

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

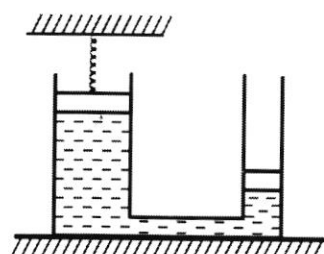
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- 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. Деформация пружины равна x . Площадь сечения левого поршня S , правого $S/3$. Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения g .

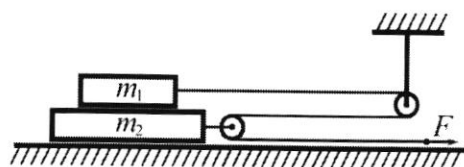


- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
- 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

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

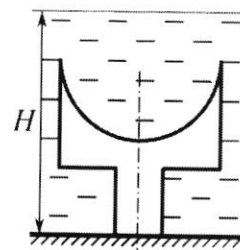
- 1) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $3R$ от центра планеты.
- 2) Найдите период T обращения спутника.

4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 3m$, $m_2 = 5m$. 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 минимальную силу F , при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

5. Ко дну бассейна глубиной $H=3$ м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции $V = 5$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 10$ 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

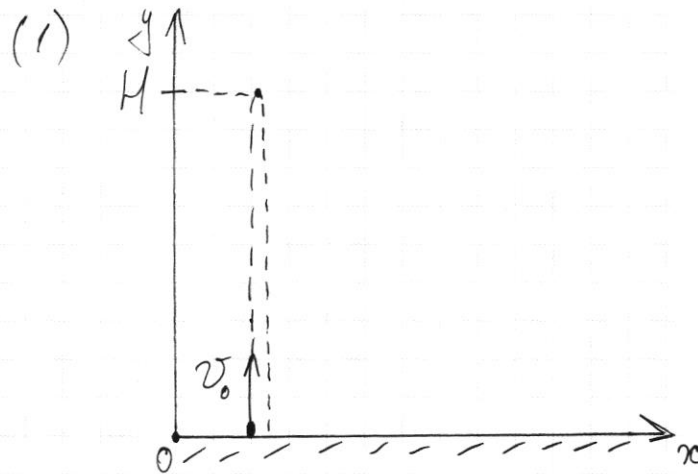
① Дано:

$$v_0 = 10 \text{ м/с.}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

1) t - ?

2) h - ?



H - макс-ая высота полёта.

$$gt = \frac{v_0}{2} \Rightarrow t = \frac{v_0}{2g} = \frac{10}{2 \cdot 10} = 0,5 \text{ (с)}$$

В силу симметрии пр-ше полёта скорость $v_1 = \frac{v_0}{2}$ может быть в 2-х случаях.

Δt - время падения тела из высоты

т. пр-ше H до высоты h , где скорость тела $v_1 = \frac{v_0}{2}$;

$$g \Delta t = \frac{v_0}{2} \Rightarrow \Delta t = \frac{v_0}{2g} = t;$$

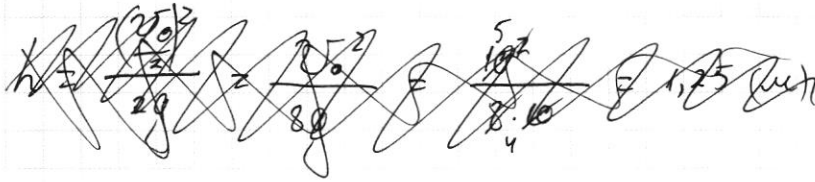
$\Rightarrow t = \tau + \Delta t$, где τ - время от начала полёта до достижения высоты H ;

$$H = \frac{v_0^2}{2g}; \quad H = \frac{g\tau^2}{2}; \quad \text{приравняем:}$$

$$\frac{v_0^2}{2g} = \frac{g\tau^2}{2}; \quad \tau = \sqrt{\frac{v_0^2}{g^2}} = \frac{v_0}{g};$$

$$\Rightarrow t = \tau + \Delta t = \frac{v_0}{2g} + \frac{v_0}{g} = \frac{10}{2 \cdot 10} + \frac{10}{10} = 1,5 \text{ (с)}$$

(2)



3-ю сор-ия энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{m\left(\frac{v_0}{2}\right)^2}{2}, \text{ где } m - \text{ масса камня.}$$

$$v_0^2 = 2gh + \frac{v_0^2}{4};$$

$$\frac{3}{4}v_0^2 = 2gh; \quad h = \frac{3v_0^2}{8g} = \frac{3 \cdot 100}{8 \cdot 10} =$$

$= 3,75 \text{ (м)}$; в эту же-же пр-ию
 на равном высоте ск-ть
 тела одинакова.

Ответ: (1) $t = 0,5 \text{ с}$; $t = 1,5 \text{ с}$ (2) $h = 3,75 \text{ м}$

③ Дано:

$$h = R;$$

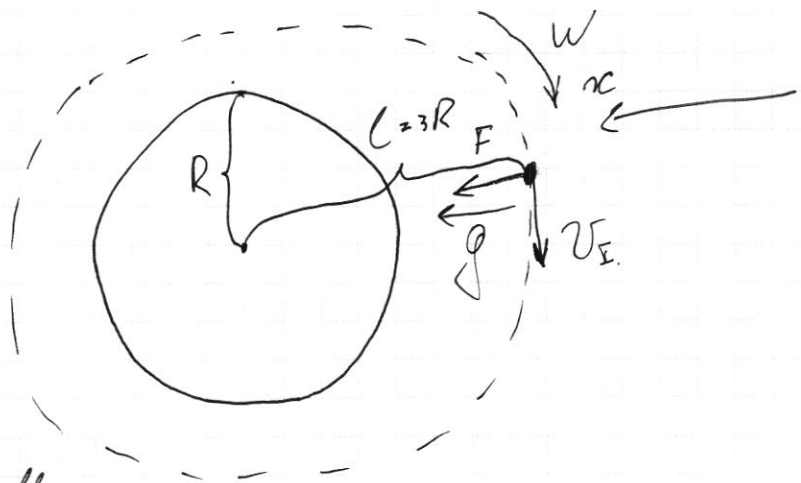
ρ ;

G ;

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

$$l = 3R$$

(1)



И з-к.

1) ок: $F = mg$; где m - масса спутника

2) $F = G \frac{M_3 m}{l^2}$, где M_3 - масса Земли.

приравняем:

$$G \frac{M_3 m}{l^2} = mg \Rightarrow g = G \frac{M_3}{l^2};$$

$$M_3 = \rho V = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho;$$

#/#/#

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$27) g = G \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{R^2} = \frac{4 \pi R \rho}{27} ;$$

(2) $\eta W = \frac{2 \pi}{T}$, где W — угловая скорость вращения.

$$27) T = \frac{2 \pi}{\omega}$$

$$2) \omega g = \frac{m M_3}{R^2} G \Rightarrow g = \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{R^2} G = \frac{4}{3} \pi R \rho G$$

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

$$v_I = R \sqrt{\frac{4}{3} \pi \rho G} ;$$

$$3) v_I = \omega R \Rightarrow \omega = \frac{v_I}{R} = \frac{R \sqrt{\frac{4}{3} \pi \rho G}}{R} =$$

$$= \sqrt{\frac{4}{3} \pi \rho G}$$

$$27) T = \frac{2 \pi}{\omega} = \frac{2 \pi \sqrt{\frac{4}{3} \pi \rho G}}{\frac{4}{3} \pi \rho G} =$$

$$= 1,5 \frac{\sqrt{\frac{4}{3} \pi \rho G}}{\rho G} ;$$

Ответ: (1) $g = \frac{4 \pi R \rho}{27}$; (2) $T = 1,5 \frac{\sqrt{\frac{4}{3} \pi \rho G}}{\rho G}$

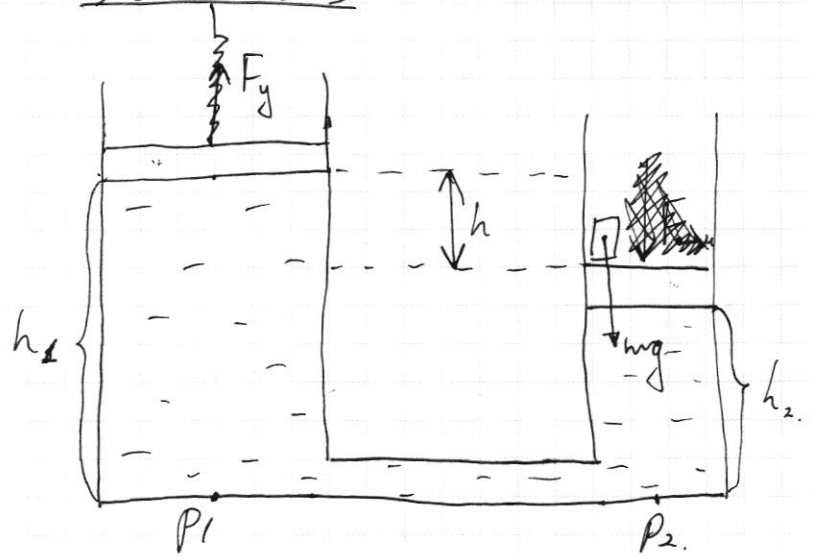
2) Дано:

$$\rho; k; x; \rho_1 = \rho;$$

$$\rho_2 = \frac{\rho}{3}; g$$

силы с которыми силы атмос. давлен.
на поршни равны.

(1)



1) h_1 - ?

2) m - ?

1) $F_y = kx$, где F_y - сила упругости

2) h_1 - уровень жидкости в левом сосуде; h_2 - уровень жидкости в правом сосуде.

p_1 и p_2 - давления в левом и правом сосуде соотв.; $h_1 - h_2 = h$

$$p_1 = \rho g h_1 - F_y = \rho g h_1 - kx;$$

$$p_2 = \rho g h_2;$$

$p_1 = p_2$ т.к. давление на на 1-ой высоте в сообщ-ых сосудах равно.

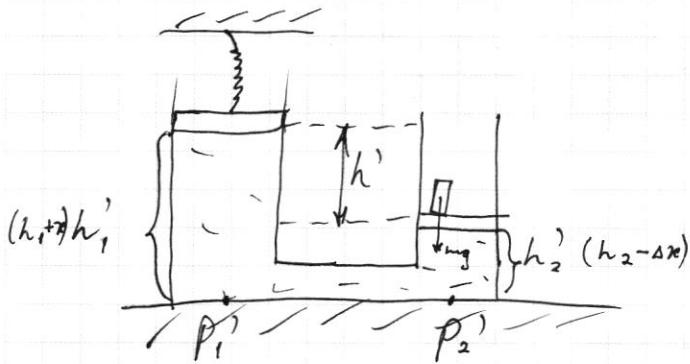
$$\Rightarrow \rho g h_1 - kx = \rho g h_2$$

$$\rho g (h_1 - h_2) = kx$$

$$\Rightarrow \left[h \frac{kx}{\rho g} \right]$$

(2) 1) h_1' - уровень ж-ти ^{в левом сосуде} после добавления груза
 h_2' - уровень ж-ти в пр-ом сосуде после добавления груза; ~~...~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\begin{cases} p_1' = \rho g h_1' \\ p_2' = \frac{3mg}{S} + \rho g h_2' \\ p_1' = p_2' \end{cases}$$

$$\rho g h_1' = \frac{3mg}{S} + \rho g h_2'$$

$$h_1' - h_2' = \frac{3m}{\rho S};$$

$$h_1' = h_1 + x; \quad h_2' = h_2 - \Delta x; \quad \Delta x = \frac{x}{3} \text{ м.к.}$$

$$\frac{S_2}{S_1} = \frac{\Delta x}{x} = \frac{1}{3}$$

$$\Rightarrow h_1 + x - h_2 + \Delta x = \frac{3m}{\rho S}$$

$$h + x + \frac{x}{3} = \frac{3m}{\rho S}$$

$$\frac{kx^3}{\rho g} + \frac{4}{3}x = \frac{3m}{\rho S}; \quad \frac{3kx + 4\rho g x}{3\rho g} = \frac{3m}{\rho S}$$

$$\Rightarrow m = \frac{kSx^3}{9g} \quad \Rightarrow m = \frac{xS(3k + 4\rho g)}{9g};$$

Ответ: (1) $h = \frac{kx}{\rho g}$; (2) $m = \frac{xS(3k + 4\rho g)}{9g}$.

④ Дано:

$$m_1 = 3m;$$

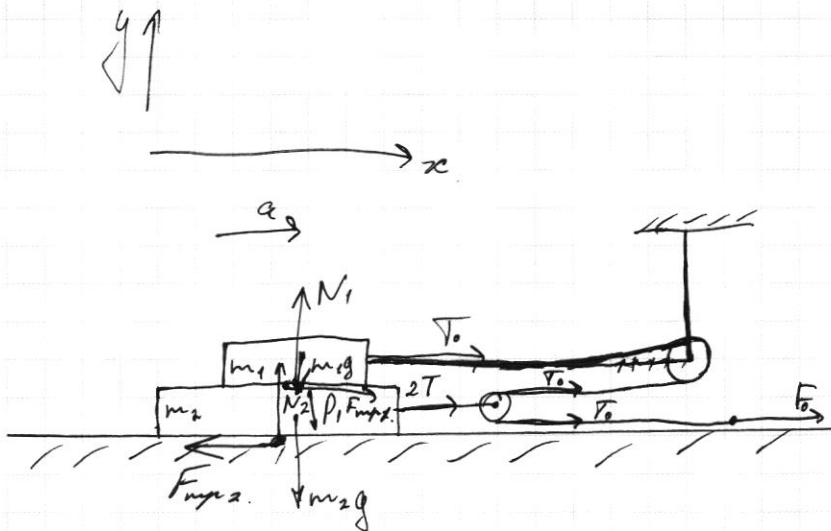
$$m_2 = 5m;$$

μ :

1) $F_0 = ?$

2) $F_{\text{тр}} = ?$

(1)



1) сила трения скольжения, действующая на верхний брусок $F_{\text{тр}2}$ будет равна нулю в том случае если он будет неподвижен относительно нижнего бруска.

$$\Rightarrow F_{\text{тр}1} < \mu m_2 g;$$

2) В з.м. для верхнего бруска:

$$\text{ок: } m_1 a_1 = T + F_{\text{тр}1}.$$

для нижнего:

$$m_2 a_2 = 2T - F_{\text{тр}2};$$

$$a_1 = a_2 = a \text{ ~~мне неясно~~ (из п. 1.)}$$

$$F_{\text{тр}2} = \mu g(m_1 + m_2); \text{ так как } T_0 = F_0.$$

$$\Rightarrow \begin{cases} m_2 a = 2F_0 - \mu g(m_1 + m_2) & (1) \\ m_1 a = F_0 + F_{\text{тр}1} & (2) \end{cases}$$

3) чтобы скользил нижний брусок

$$2T_0 \geq F_{\text{тр}2} \Rightarrow F_0 \geq \frac{\mu g(m_1 + m_2)}{2} (*)$$

разделим (1) на (2):

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{2F_0 - \mu g(m_1 + m_2)}{F_0 + F_{\text{тр}1}}$$

$$F_0 + F_{\text{тр}1} = \frac{m_1(2F_0 - \mu g(m_1 + m_2))}{m_2};$$

$$F_{\text{тр}1} = \frac{m_1(2F_0 - \mu g(m_1 + m_2))}{m_2} - F_0;$$

\Rightarrow т.к. $F_{\text{тр}1} < \mu m_2 g$ зм.

$$\frac{m_1(2F_0 - \mu g(m_1 + m_2))}{m_2} - F_0 < \mu m_2 g$$

$$0,6(2F_0 - 8 \mu g m) - F_0 < 5 \mu g m$$

$$1,2F_0 - 4,8 \mu g m - F_0 < 5 \mu g m$$

$$0,2F_0 < 9,8 \mu g m$$

$$F_0 < 49 \mu g m (**)$$

получаем

систему:

$$\begin{cases} F_0 < 49 \mu g m \\ F_0 \geq \frac{\mu g(m_1 + m_2)}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_0 < 49 \mu g m \\ F_0 \geq 4 \mu g m \end{cases}$$

$$\Rightarrow F_0 \in [4 \mu g m; 49 \mu g m)$$

если $\forall \forall$ сила трения
составления ^{вернее} равна нулю

если сила тр. некая равна нулю:

$$\begin{cases} 3ma = 2T \\ 5ma = 2T - 8 \mu g m \end{cases}$$

$$T = F_0; \quad \frac{3ma}{5ma} = \frac{F_0}{2F_0 - 8 \mu g m};$$

$$0,2F_0 \geq 4,8 \mu g m; \quad F_0 \geq 24 \mu g m$$

(2) II з.д. :

1) ос:

масса верхний движется:

$$T \geq F_{up1}$$

$$F \geq \mu m_1 g; (1)$$

масса нижний движется:

$$2T \geq F_{up2}$$

$$2F \geq \mu(m_1 + m_2)g; (2)$$

$$\begin{cases} F \geq \frac{\mu(m_1 + m_2)g}{2} \\ F \geq \mu m_1 g \end{cases}$$

$$\begin{cases} F \geq 4 \text{ мкг} \\ F \geq 3 \text{ мкг} \end{cases}$$

2) $a_1 > a_2$;

II з.д. ос:
$$\begin{cases} 5ma_1 = 2F - 8 \text{ мкг} \\ 3ma_2 = F + 3 \text{ мкг} \end{cases}$$

$$0,6 \frac{a_2}{a_1} = \frac{(F + 3 \text{ мкг})}{(2F - 8 \text{ мкг})}$$

$$a_2 = \frac{(F + 3 \text{ мкг}) a_1}{0,6(2F - 8 \text{ мкг})}$$

$$\Rightarrow a_1' > \frac{a_1(F + 3 \text{ мкг})}{0,6(2F - 8 \text{ мкг})}$$

$$0,2F > 7,8 \text{ мкг} ;$$

$$\boxed{F > 39 \text{ мкг}} \Rightarrow F_{\min} = 39 \text{ мкг}.$$

Ответ: $F_{\min} = 39 \text{ мкг}.$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5)

Дано:

$$H = 3 \text{ м}; P_0 = 100 \text{ кПа} = 100 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

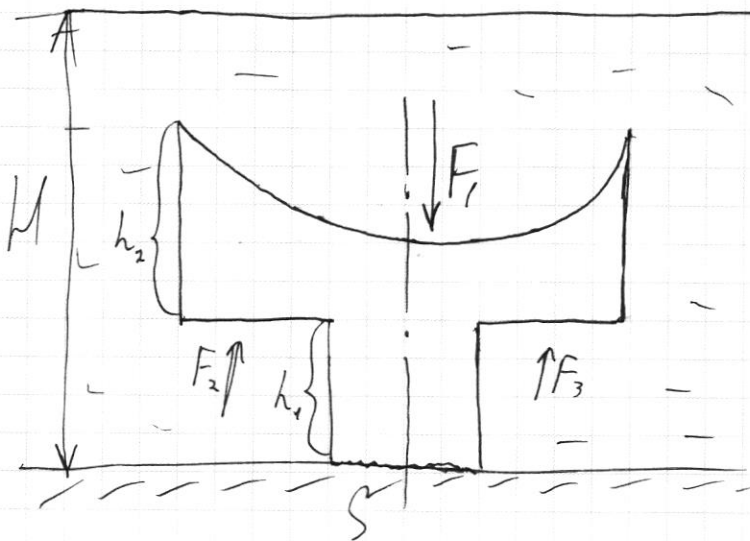
$$V = 5 \text{ дм}^3 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$S = 10 \text{ см}^2 = 10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$\rho = 12 \text{ г/см}^3 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

1) P_1 - ?

2) F - ?



$$(1) P_1 = \rho g h + P_0 = 100 \cdot 10^3 + 1000 \cdot 10 \cdot 3 =$$

$$= 100 \cdot 10^3 + 30 \cdot 10^3 = 130 \cdot 10^3 \text{ (Па)}$$

$$= 130 \text{ (кПа)}$$

(2) действие сил на боковые стороны скомпенсировано \Rightarrow вода действует снизу и сверху.

Если бы тело не было на дне, тогда $F' = \rho g V$;

$$\Rightarrow F = \rho g V - \rho g h S = \rho g (V - h S)$$

$$\Rightarrow F = \rho g V - \rho g h S = \rho g (V - h S) = 10^3 \cdot 10 (5 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10 \cdot 10^{-4}) =$$

$$= 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-3} (5 - 3) = 20 \text{ (Н)}$$

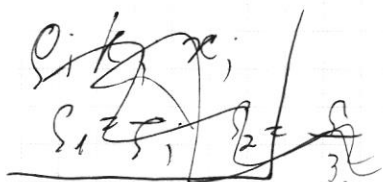
Ответ: 1) $P_1 = 130 \text{ кПа}$; 2) $F = 20 \text{ Н}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

$$\frac{3mg}{s} + \rho gh_2' = \rho gh_1 + \rho x$$



$$\rho_1 k; x; \\ s_1 = s; s_2 = \frac{s}{3}$$

$$P_1 = \rho gh_2 - kx$$

$$P_2 = \rho gh_1$$

$$\rho gh_1 = \rho gh_2 - kx \quad h_1' = \frac{3mg}{s \cdot \rho g} = \frac{3m}{\rho s}$$

$$\rho g(h_2 - h_1) = kx = \frac{3m}{\rho s}$$

$$\rho gh = kx \Rightarrow h = \frac{kx}{\rho g}$$

h-?

$$P_2' = \rho gh_2' + \frac{mg \cdot 3}{s}$$

$$P_1' = \rho gh_1'; h_1' = h_1 + x$$

$$m_1 = 3m; \\ m_2 = 5m; \\ \mu;$$

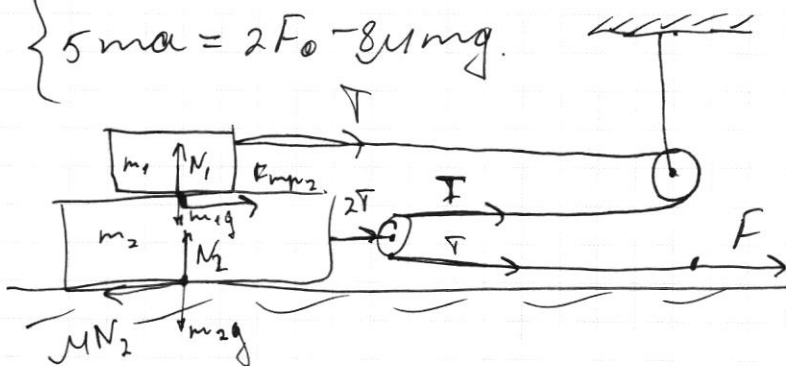
F.

$$a_1 > a_2$$

$$5ma_1 = 2F - \mu m$$

9)

$$\begin{cases} 3ma = F_0 \\ 5ma = 2F_0 - 8\mu mg \end{cases} \quad \frac{F_0}{2F_0 - 8\mu mg} = 0,6$$



1) $F_{mp} = 0$ нулевой

$$1,2F_0 - 4,8\mu mg = F_0$$

$$\frac{9,8}{0,2} = \frac{9,8 \cdot 10}{2} = \frac{98}{2} = 49$$

$$0,2F_0 = 4,8\mu mg$$

$$F_0 = 24\mu mg$$

$$h_1 + x - h_2 + \Delta x = \\ = h + x + \Delta x = \frac{3m}{\rho s}$$

$$0,6 \frac{a_2}{a_1} = \frac{F + 3\mu mg}{2F - 8\mu mg} \quad m = \frac{s(3kx + 4\rho g x)}{9g}$$

$$a_2 = \frac{(F + 3\mu mg) a_1}{(2F - 8\mu mg) 0,6}$$

$$h = h_2 - h_1$$

$$P_1 = P_0 + \rho gh$$

$$2) F = \frac{P}{s} \quad \text{или } 1) \frac{(F + 3\mu mg)}{0,6(2F - 8\mu mg)}$$

$$mg + \rho gh_2' = \rho gh_1 + \frac{3mg}{s}$$

$$h_1' = h_1 + x; h_2' = h_1 + x - \frac{3m}{\rho s}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) (2)

$$mg = \frac{mM_3}{R^2} G$$

$$g = \frac{M_3}{R^2} G = \frac{4}{3} \pi R \rho G$$

или

$$g = \frac{v^2}{R} ; \quad \frac{v^2}{R} = \frac{\frac{4}{3} \pi R^2 \rho}{R^2} G$$

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

$$v = \sqrt{\frac{4}{3} \pi R^2 \rho G}$$

$$v_{I2} = \sqrt{\frac{4}{3} \pi R^2 \rho G} =$$

$$= R \sqrt{\frac{4}{3} \pi \rho G}$$

$$\omega = \frac{v_{I2}}{R} = \sqrt{\frac{4}{3} \pi \rho G}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{4}{3} \pi \rho G}}$$

$$= \frac{2\pi \sqrt{\frac{4}{3} \pi \rho G}}{\frac{4}{3} \pi \rho G} = \frac{3 \sqrt{\frac{4}{3} \pi \rho G}}{2 \rho G}$$

~~$P_2 = \rho g (H - h_2 - h_1) - \rho g (H - h_2)$~~

или

$$P_1 = \rho g (H - h_2 - h_1) ; \quad F_1 = \rho g (H - h_2 - h_1) S_1$$

$$P_2 = \rho g (H - h_1) ; \quad F_2 = \rho g (H - h_1) S_2$$

$$0,6(2F - 8 \mu mg) = F + 3 \mu mg$$

$$1,2F - 4,8 \mu mg = F + 3 \mu mg$$

$$0,2F = 8,1 \mu mg$$

$$F = 39 \mu mg$$