

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

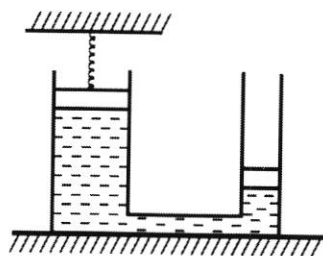
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарем)

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/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности  $\rho$ . 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  $g$ .



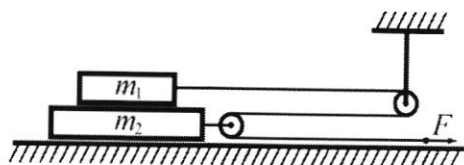
- 1) Найдите деформацию  $x$  пружины.
- 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . 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  $\mu$ . 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.

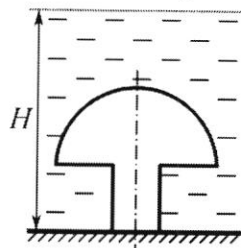
2) Найдите величину  $F$  минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

5. Ко дну бассейна глубиной  $H=2,5$  м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции  $V = 8$  дм<sup>3</sup>, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей  $S = 20$  см<sup>2</sup>. Плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>, атмосферное давление  $P_0 = 100$  кПа.

Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

1) Найдите давление  $P_1$  вблизи дна.

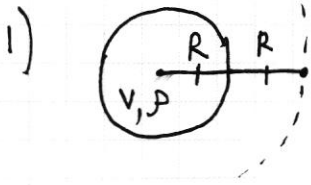
2) Найдите величину  $F$  силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.



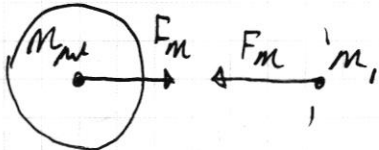
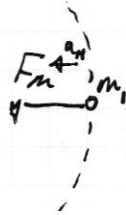
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

Дано:  $V, \rho, R$



$$F_m = G \frac{m_1 \cdot m_{m_2}}{r^2}$$



$$F_m = m_1 a_H, \quad a_H = g$$

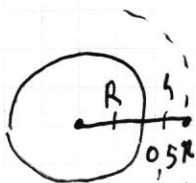
$$G \frac{m_1 \cdot m_{m_2}}{(2R)^2} = m_1 g$$

$$g = G \frac{m_{m_2}}{4R^2} = G \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{3R^2}$$

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

Ответ:  $\frac{G}{3} \cdot \pi R \rho$

2)



система спутника

$$F'_m = G \frac{m_{m_2} \cdot m_{m_1}}{r^2}$$

$$F'_m = m_{m_2} \cdot a_H$$

$$G \frac{m_{m_2} \cdot m_{m_1}}{2,25 R^2} = m_{m_2} \cdot a_H$$

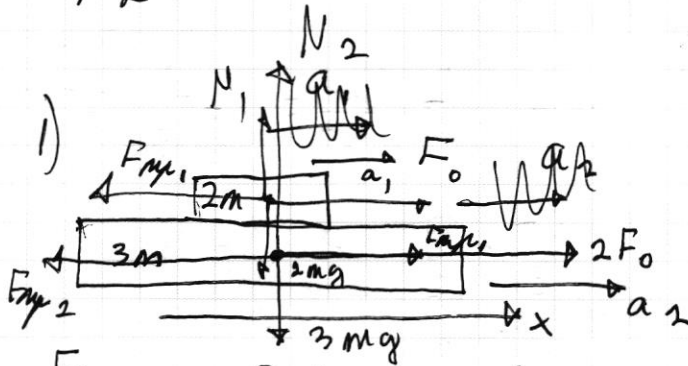
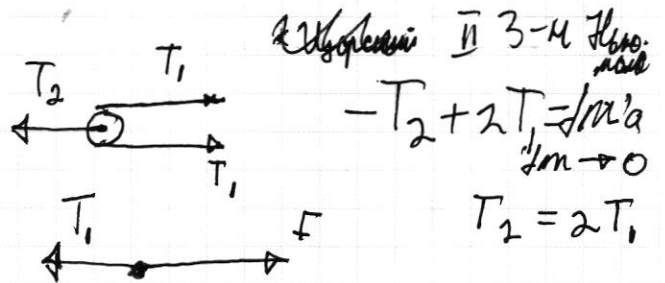
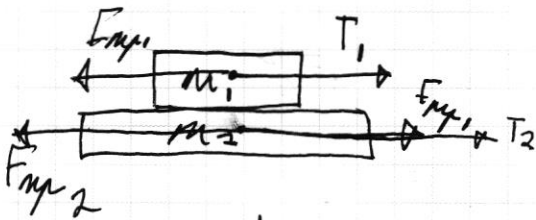
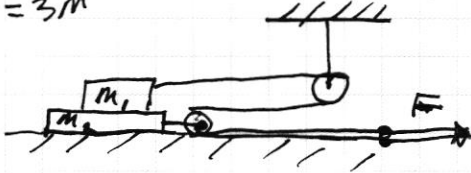
$$a_H = \frac{G m_{m_1}}{2,25 R^2}; \quad a_H = \omega^2 R \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{G m_{m_1}}{2,25 R^3}} =$$

$$= \frac{2}{\cancel{13} \cancel{m}} \sqrt{\frac{4G\rho\pi}{3\cancel{m}}} = \frac{4}{3} \sqrt{\frac{G\rho\pi}{3\cancel{m}}}$$

$$T = \frac{2\sqrt{6}}{w} = \frac{\cancel{2}\sqrt{6} \cdot \sqrt{3\cancel{m}}}{4 \cdot \sqrt{G\rho\pi}} = \frac{3\sqrt{6}\sqrt{3\cancel{m}}}{2\sqrt{G\rho\pi}} = \frac{3\sqrt{3\pi}}{2\sqrt{G\rho}}$$

Ответ:  $\frac{3}{2} \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$   $\left( \frac{3}{2} \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}} \right)$

NO 4  
 Dano:  
 $m_1 = 2m$   
 $m_2 = 3m$   
 $M$



$$-T_1 + F = ma$$

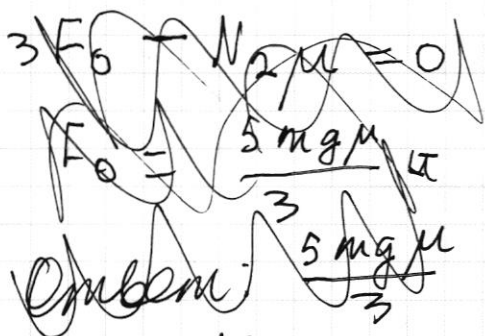
$am \rightarrow 0$   
 $T_1 = F$

$F_{mp1} = 0$  (по укл.)

$$\begin{cases} 1: F_0 = 2ma_1 \\ 2: 2F_0 - F_{mp2} = 3ma_2 \end{cases}$$

~~По условию между  $a_1 = 2a_2$  так как где  $F_{mp1} = 0$   $a_1 = a_2 \Rightarrow a_1 \rightarrow 0$   $a_2 \rightarrow 0$~~

$F_{mp2} = N_2 m \Rightarrow$  нижний блок скользит  
 $y: N_2 = (m_1 + m_2)g = 5mg$



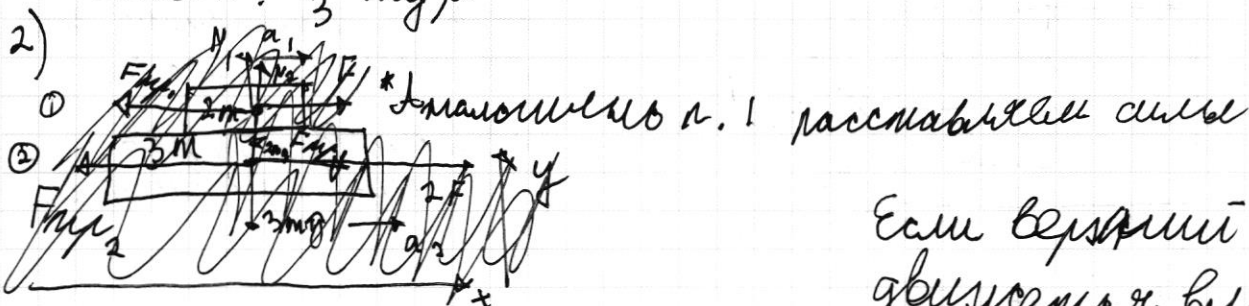
Ответ:  $\frac{10}{3} mg\mu$

Для осуществления укл.  $F_{тр,0}$

$$a_1 = a_2$$

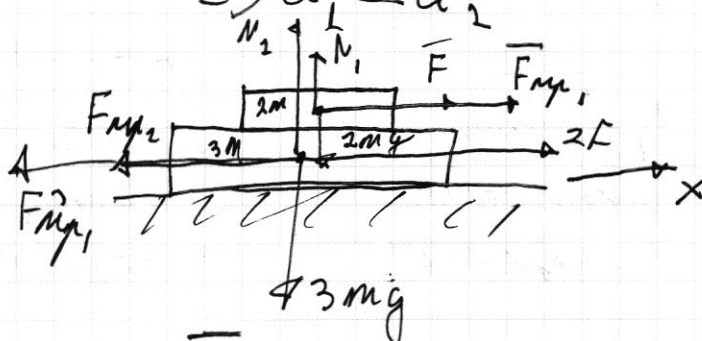
$$\begin{cases} F_0 = 2ma \\ 2F_0 - N_2\mu = 3ma \end{cases} \Rightarrow 3F_0 = 2N_2\mu$$

$$F_0 = \frac{10mg\mu}{3}$$



Если верхний блок движется влево

относительно нижнего  $\Rightarrow a < a_2$



$F_{тр1} > 0$  (направлена в ту же сторону, что и направление движения нижнего)

1)

$$\begin{cases} x: F + F_{тр1} = 2ma_1 \\ F_{тр1} = N_1\mu \\ y: N_2 = 2mg \end{cases}$$

2)

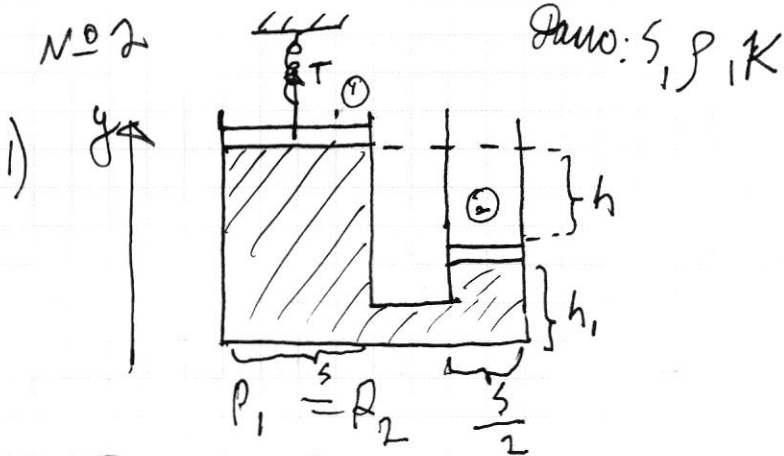
$$\begin{cases} x: 2F - F_{тр1} - F_{тр2} = 3ma_2 \\ F_{тр2} = N_2\mu \\ y: N_2 = (m_1 + m_2)g = 5mg \\ a_2 > a_1 \end{cases}$$

$F_{мин} = \dots$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2F - 2mg\mu - 5mg\mu = 3ma_2 \\ a_1 \geq a_2 ; F_{мин} \Rightarrow a_1 = a_2 = a \\ F + 2mg\mu = 2ma_1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3F + 5mg\mu = \\ = 4F - 14mg\mu \\ F = 20mg\mu \end{cases}$$

Ответ:  $20mg\mu$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Пружина растянута  
м.к. Т направлена вверх  
по оси y чтобы  
компенсировать  
разницу уровней  $h_1$   
 $h_2$ .

$$P_{атм} + \frac{T}{S} + \rho g h_1 = \rho g (h_1 + h) - P_{атм}$$

$P_1$  давление, действующее на поршень  $S$

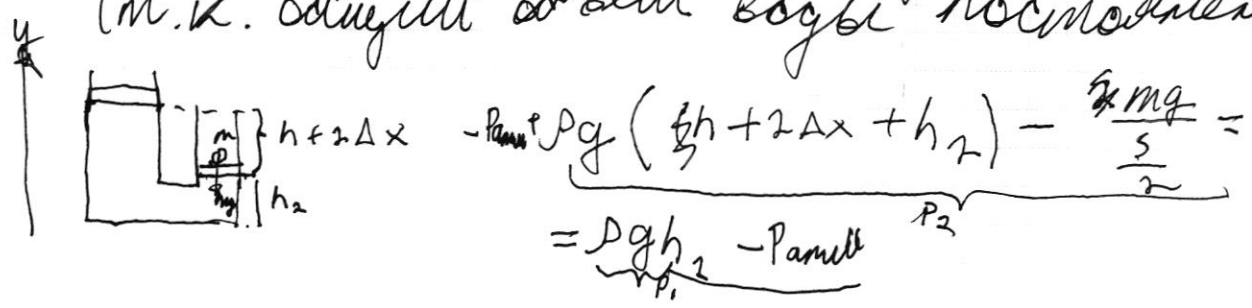
$P_2$  давление, действующее на поршень  $\frac{S}{2}$

$$T = \rho g h S$$

$$k \Delta x = \rho g h S$$

$$|\Delta x| = \frac{\rho g h S}{k} \quad \text{Ответ: } \frac{\rho g h S}{k}$$

2) При недеформированном состоянии пружинки  $\Delta h$  между уровнями воды равна  $h + 2\Delta x$  (м.к. общий объем воды постоянен).



$$\rho g(h+2\Delta x) = \frac{2mg}{s}$$

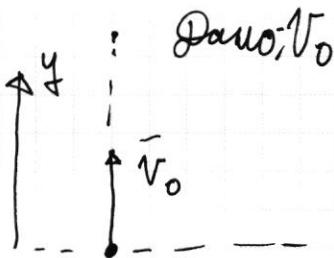
$$\frac{\rho g(h+2\Delta x)}{2g} = m$$

$$m = \frac{\rho(h+2\Delta x)}{2} = \frac{\rho h(1 + \frac{2g\rho s}{k})}{2}$$

Ответ:  $\frac{\rho h(1 + \frac{2g\rho s}{k})}{2}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



1)  $v_0 - gt = \left| \frac{v_0}{3} \right|$  (т.к. скорость  $\frac{v_0}{3}$  достигается два раза в полете)

$gt = \frac{2}{3} v_0$  или  $gt = \frac{1}{3} v_0$

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

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

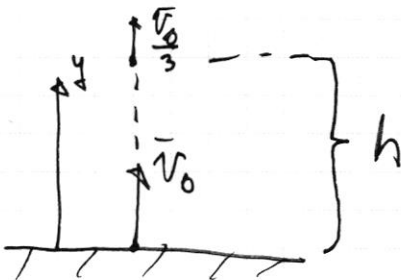
Ответ: 0,8 с, 1,6 с

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

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

$h = 12 \cdot 0,8 - \frac{10 \cdot 0,64}{2} = 9,6 - 3,2 = 6,4 \text{ м}$

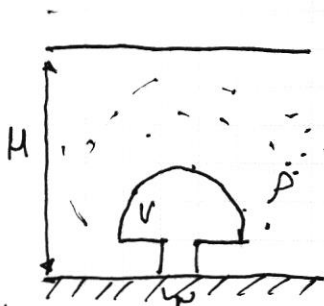
2)



№5

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

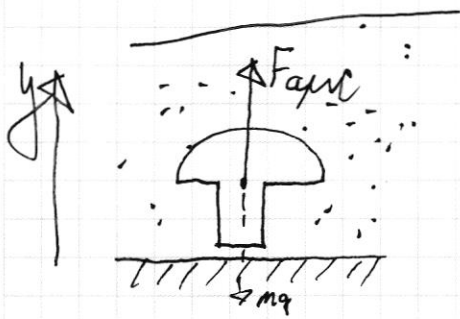
2)



Дано:  $H, h, \rho, \rho_1, \rho_2, S$   
 $P_{\text{атм}}$

Реша конструкцию, а именно наличие выступов параллельно дну, что, наличие давления воды со стороны воды, действующее на конструкцию, у выступов вода будет приложена на выступы (т.к. по Паскалю вода осуществляет давление со всех сторон)

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



\* Конструкцию осесимметричную  $\Rightarrow$  рассматриваем  $\Rightarrow$  выполняем  $\Rightarrow$   $\Rightarrow$   $\Rightarrow$   
 \* Если конструкция не прикреплена к днищу, на нее действует сила Архимеда (направленная строго <sup>вверх</sup> по оси  $y$ ), создаваемая из-за разницы давлений воды в разных точках тела

$$F_{арк} = \rho \cdot V_m$$

Когда же мы "прикладываем" данную конструкцию к днищу сосуда, сила, действующая со стороны воды на днище сосуда <sup>вниз</sup> более не действует.

Плоским образом, результирующая  $\vec{F}_{рез}$  с которой вода действует на конструкцию;

$$20 \text{ м}^3 = 0,002 \text{ м}^3 \cdot 8 \cdot 10^3 = 0,008 \text{ м}^3$$

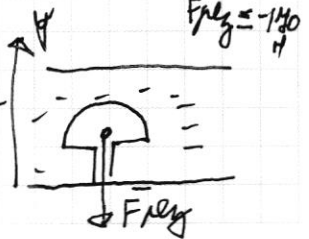
\*  $|\vec{F}_{рез}| = |F_{арк} - P \cdot S|$  где  $P$  - давление жидкости на дне

$|\vec{F}_{рез}| = |\rho g V_k - P \cdot S| =$   $S$  - площадь основания

$$= |1000 \cdot 10 \cdot 0,008 - 0,002 \cdot 125000| = 140 \text{ Н}$$

$\vec{F}_{рез} \neq 0 \Rightarrow$   $\vec{F}_{рез} = -140 \text{ Н}$

направлена вниз по оси  $y$



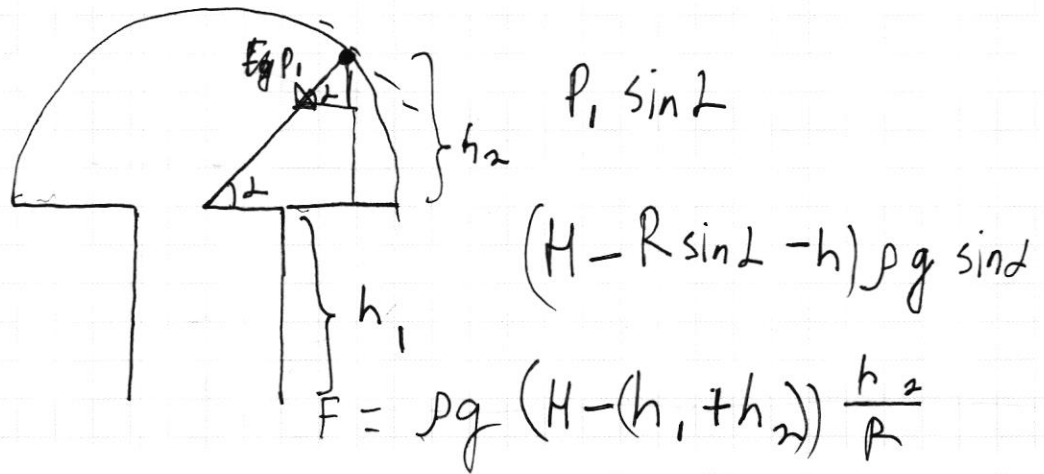




черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$F_0 = 2m a$$

$$m m a - F m a$$

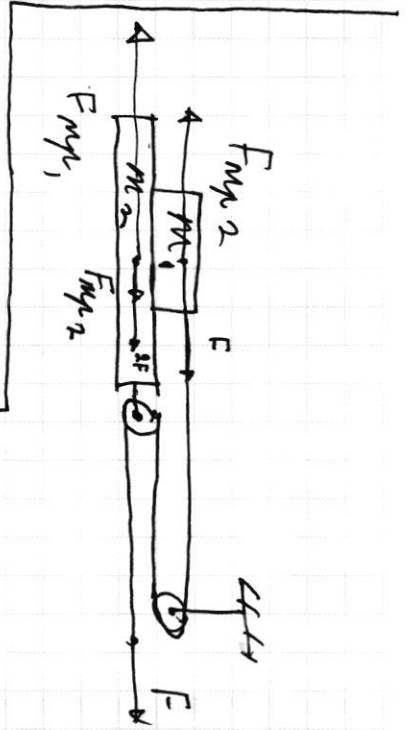
2.2.2

0,1 · 0,1 · 0,1

10  
0,1 · 0,02

2 · 10 = 0,02 · 0,1

0,2 · 0,2 · 0,2 = 0,008



$$-F_{m\mu_2} + F = 2ma$$

$$-F_{m\mu_1} + F_{m\mu_2} + 2F = \frac{3}{2}ma$$

80

$$3F - F_{m\mu_1} = 3,5ma$$

250

①

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

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

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

$$12 \cdot 0,8 - \frac{10 \cdot 6,4}{2} = 9,6 - 3,2 = 6,4$$

$$\rho g h_0 + \frac{T}{S} = \rho g h_1 + \rho g h$$

$$T = \rho g h S$$

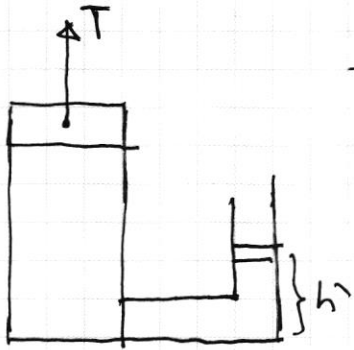
$$\Delta x = \frac{\rho g h S}{K}$$

$$\rho g (h_2 + h + 2\Delta x) - \frac{2mg}{S} = \rho g h_2$$

$$\frac{S \rho g (h + 2\Delta x)}{2} = m$$

$$\frac{S \rho h (1 + \frac{2 \rho g S}{K})}{2}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



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

$$= S\rho h \left( 1 + \frac{2\rho g S}{\kappa} \right)$$

$$\frac{T}{S} + \rho g h' = \rho g h' + \rho g h$$

$\Delta x$

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

$\frac{1}{3} \rho$

$$\frac{15}{15} = 1$$

$$\rho g \left( (h - 2\Delta x) + h' \right) - \frac{2mg}{S} =$$

$$= \rho g h''$$

$$\rho g h - \rho g 2\Delta x - \frac{2mg}{S} = 0$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

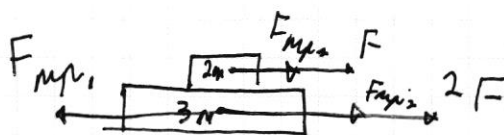
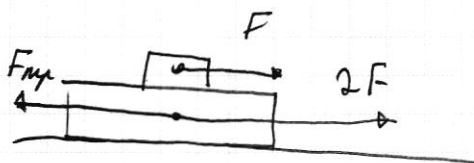
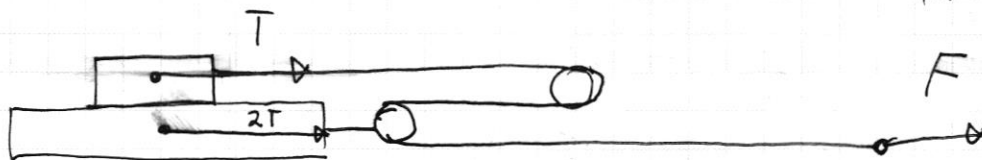
12

12  
8  
—  
96



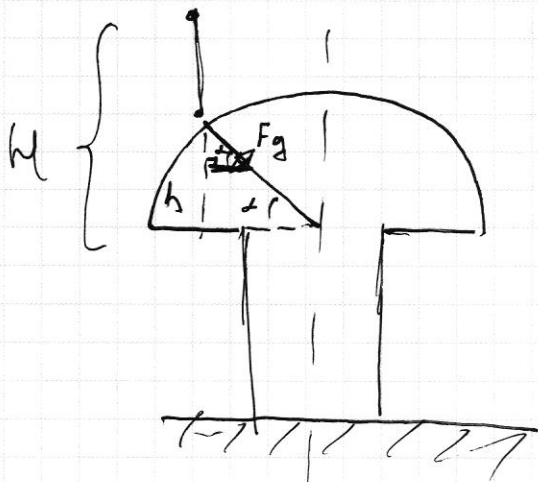
$$3F_0 = 6m a$$

$$6F_0 - 2M_0 \mu = 6m a$$



$$- F_{мр1} + F_{мр2} + 2F = 3m \cdot \frac{a}{2}$$

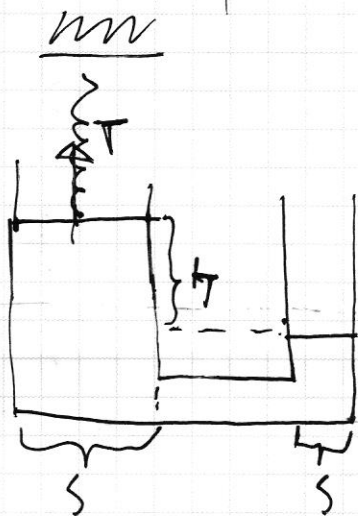
$F_{мр}$



$F_{g \sin \alpha}$

$$\rho g h \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{h}{R}$$



$$\frac{\rho g h^2}{R}$$

