

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

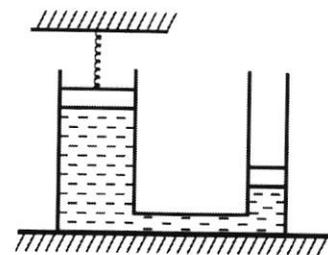
## Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарем)

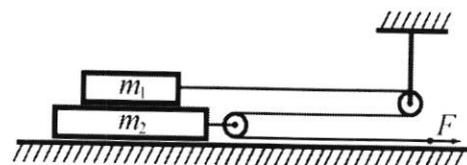
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
- Ускорение свободного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



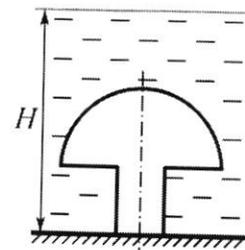
- 1) Найдите деформацию  $x$  пружины.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная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

$$= \frac{4,5\sqrt{R}}{\sqrt{25} \cdot 2\sqrt{R} \cdot g} = \frac{4,5\sqrt{R}}{\sqrt{2} \sqrt{R} \cdot g} = \sqrt{\frac{81 R^2}{25 \cdot 2 \sqrt{R} \cdot g}} = \sqrt{1,62 \sqrt{R} : g} \text{ с}$$

Ответ: а)  $g = \frac{1}{3} \sqrt{R} \cdot g \text{ м/с}^2$ ; б)  $T = \sqrt{1,62 \frac{\sqrt{R}}{g}} \text{ с}$

№4

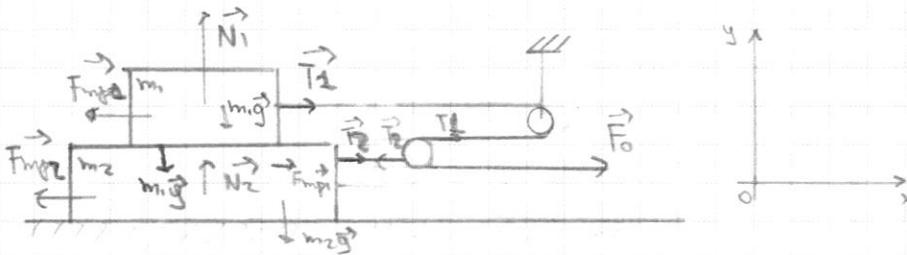
Дано:

$m_1 = 2\text{м}$

$m_2 = 3\text{м}$

$\mu$  - коэффициент трения между телами  $m_1$  и  $m_2$

Решение:



1)  $T_1 + T_2 = F_0$  II закон Ньютона для  $m_2$ :

ОХ:  $T_2 = F_{mp2} - F_{mp1}$  ОУ:  $N_2 = m_1 g + m_2 g$

II закон Ньютона для  $m_1$ :

ОХ:  $T_1 = F_{mp1}$  ОУ:  $N_1 = m_1 g$

$F_{mp} = \mu N$ , по условию  $F_{mp1} = 0 \Rightarrow \cancel{F_1} = 0 \Rightarrow \cancel{F_1}$

$T_2 = F_{mp2} = \mu N_2 \quad N_2 = N_1 + m_2 g = g(m_1 + m_2)$

$\Rightarrow T_2 = \mu g(m_1 + m_2) = 5\text{м}\mu g$

Поскольку трение на  $m_1$  не действует, то

относительно  $m_2$   $m_1$  покоится  $\Rightarrow T_1 = \mu m_1 g =$

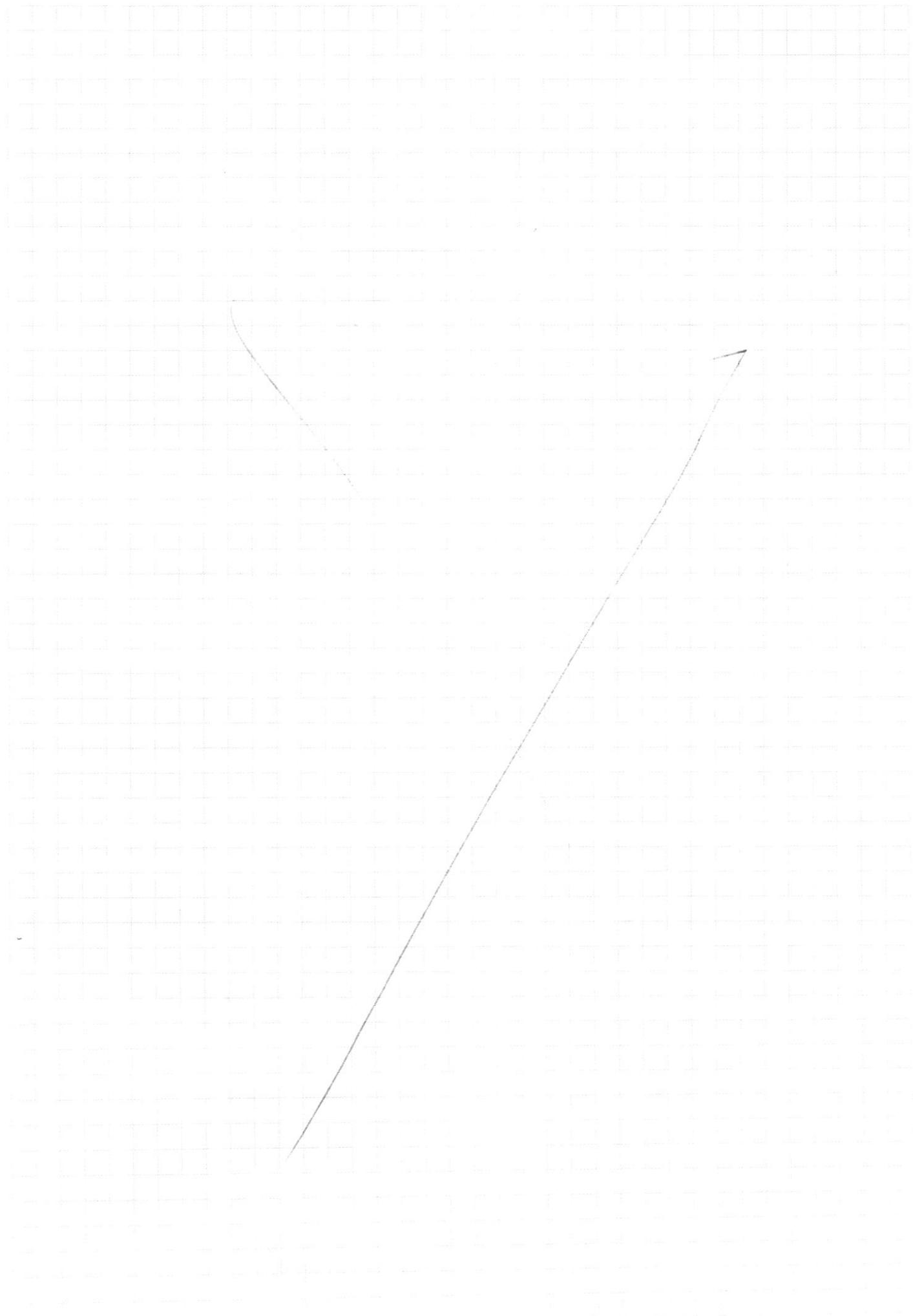
$= 2\text{м}\mu g \Rightarrow F_0 = T_1 + T_2 = 2\text{м}\mu g + 5\text{м}\mu g = 7\text{м}\mu g$

2) Если верхнее тело движется влево от

относительно  $m_2$ , то оно движется с

меньшей скоростью, чем  $m_2$

✓



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Решение:

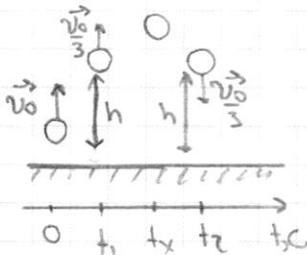
Дано:

$$v_0 = 12 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$v_a = \frac{v_0}{3}$$

$$v_b = \frac{v_0}{3}$$



$$a) v_{\text{нач}} = v_0, v_{\text{кон}} = v_a$$

Сначала тело движется вверх равнозамедленно  $\Rightarrow v_{\text{кон}} = v_{\text{нач}} - gt_1 \Leftrightarrow t_1 = \frac{v_{\text{нач}} - v_{\text{кон}}}{g} = \frac{3v_0 - v_0}{3g}$  (1)

После того, как тело достигло максимальной высоты, оно движется вниз равноускоренно  $\Rightarrow v_{\text{кон}} = v_{\text{нач}} + g(t_2 - t_x)$ . В этот случай  $v_{\text{нач}} = 0 \text{ м/с}$ ,  $v_{\text{кон}} = v_a \Rightarrow t_2 - t_x = \frac{v_{\text{кон}} - v_{\text{нач}}}{g} = \frac{v_0}{3g}$

$t_x$  - время, за которое тело будет двигаться равнозамедленно  $\Rightarrow v_{\text{кон}} = v_{\text{нач}} - gt_x$ , где  $v_{\text{кон}} = 0 \text{ м/с}$ ,  $v_{\text{нач}} = v_0 \Rightarrow t_x = \frac{v_{\text{нач}} - v_{\text{кон}}}{g} = \frac{v_0}{g}$

$$\Rightarrow t_2 = \frac{v_0}{3g} + t_x = \frac{4v_0}{3g} \quad (2)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} t = \frac{2v_0}{3g} & (1) \\ t = \frac{4v_0}{3g} & (2) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t = 0,8 \text{ с} & (t_1) \\ t = 1,6 \text{ с} & (t_2) \end{cases}$$

б) В обоих случаях  $h$  - высота тела, на момент, когда его скорость равна  $v_b$ .

$$h - \text{пути, пройденный телом за время } t_1 \Rightarrow h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 12 \cdot 0,8 - 3,2 = 9,6 - 3,2 = 6,4 \text{ м}$$

Объемы: а)  $t=0,2c$  или  $t=1,6c$ ; б)  $h=6,4m$

№2

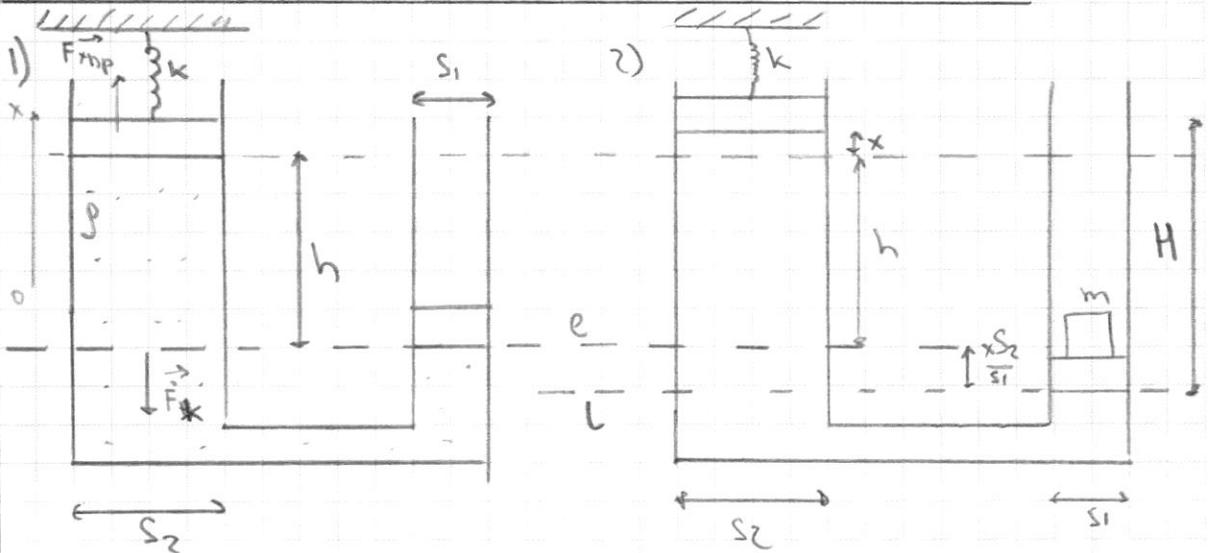
Дано:

$\rho$  - плотность  
жидкости  
 $h$  - разность  
уровней  
 $k$  - жестк.  
мест. пруж.

$S_1 = S_2$

$S_2 = S$

Решение:



1)  $x$  - где-то  
маленькая  
пружина -?

2)  $m$  -?

1) Условие равновесия жидкости на уровне  $e$ :

$F_{упр} = -F_{ж}$  ОХ:  $F_{упр} = F_{ж}$  ( $\Rightarrow$ )

$\Rightarrow kx = m_{ж}g$   $m_{ж} = V_{ж} \rho = S_2 h \rho$  ( $S_2 h$  - объем  
 $\Rightarrow kx = S_2 h \rho g$  ( $\Rightarrow x = \frac{S_2 h \rho g}{k} = \frac{S_2 h \rho g}{k}$  "уменьшится")

2) Так как пружина недеформирована, то  $F_{упр} = 0$  и. Уровень в левом сосуде да-  
же не поднимется на  $x \Rightarrow$  объем увеличился на

$x S_2 \Rightarrow$  в правом сосуде объем уменьшился  
на  $x S_2 \Rightarrow$  в нем уровень воды упал на  $\frac{x S_2}{S_1}$   
 $\Rightarrow$  Разница уровней воды  $H = x + h + \frac{x S_2}{S_1} =$   
 $= x(1 + \frac{S_2}{S_1}) + h = \frac{S_2 h \rho g (1 + \frac{S_2}{S_1})}{k} + h = \frac{S_2 S_1 h \rho g + S_2^2 h \rho g}{k S_1} + h =$

$= \frac{S_2 h \rho g (S_1 + S_2) + h k S_1}{k S_1} = \frac{S h (\rho g \cdot 1.5 S + h k)}{0.5 S k} = \frac{0.5 h (\rho g \cdot 3 + k)}{0.5 k} = \frac{h (\rho g \cdot 3 + k)}{k}$

$\Rightarrow$  На уровне  $l$  условие равновесия:

$mg = H S_2 \rho g$  ( $\Rightarrow m = \frac{h (3 S \rho g + k)}{k} S_2 \rho g = \frac{S_2 \rho g h (3 S \rho g + k)}{k}$  кг

Ответ: 1)  $x = \frac{S_2 h \rho g}{k}$  м ; 2)  $m = \frac{h (3 S^2 \rho g + k S \rho)}{k}$  кг

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

Дано:

$$h = 0,5R$$

$R$  - радиус планеты

$\rho$  - плотность планеты

$G$  - универсальная гравитационная постоянная

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

Решение:

$$1) g = G \frac{M}{R^2} \text{ м/с}^2, \text{ где } M - \text{масса планеты, } R - \text{радиус планеты}$$

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

$$\Rightarrow g = G \frac{4\pi R^3 \rho}{3R^2} \text{ Если считать}$$

расстояние от центра планеты  $2R$ , то

$$g = G \frac{4\pi R^3 \rho}{3 \cdot 4R^2} = \frac{1}{3} G \pi R \rho \text{ м/с}^2$$

1)  $g$  - ?

2)  $T$  - ?

2)  $T = \frac{l}{v}$ , где  $l$  - длина траектории,  $v$  - скорость спутника. По закону всемирного тяготения:

$$F = G \frac{Mm}{(R+h)^2} = G \frac{4\pi R^3 \rho m}{3(R+h)^2}, \text{ также по II закону}$$

Ньютона:  $F = ma$ , где  $m$  - масса спутника

$$\Rightarrow G \frac{4\pi R^3 \rho m}{3(R+h)^2} = ma \Leftrightarrow a = G \frac{4\pi R^3 \rho}{3(R+h)^2}$$

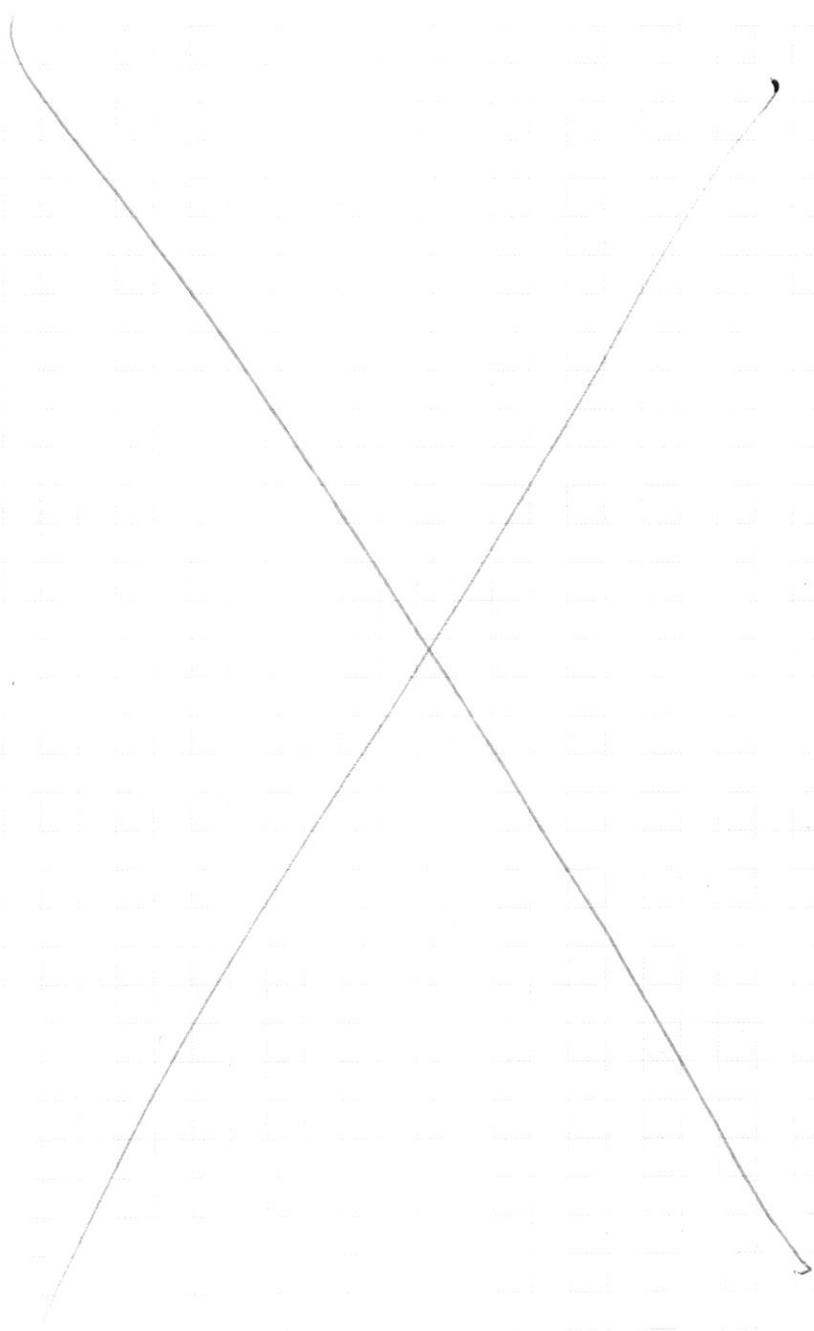
$a$  - центростремительное ускорение  $\Rightarrow$

$$a = \frac{v^2}{R+h} \Rightarrow \frac{v^2}{R+h} = G \frac{4\pi R^3 \rho}{3(R+h)^2}$$

$$\Leftrightarrow v^2 = \frac{4\pi R^3 \rho G}{3(R+h)} = \frac{4\pi R^3 \rho G}{4,5R} = \frac{8}{9} \pi R^2 \rho G$$

$$\Rightarrow v = \frac{2\sqrt{2}}{3} R \sqrt{\pi \rho G} \Rightarrow T = \frac{l}{v} = \frac{2\pi(R+h) \cdot 3}{2\sqrt{2} R \sqrt{\pi \rho G}} = \frac{3\pi(R+h)}{R\sqrt{2}\pi\rho G}$$

Ответ: 1)  $g = \frac{1}{3} G \pi R \rho$ , 2)  $T = \frac{3\pi(R+h)}{R\sqrt{2}\pi\rho G}$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Дано:

$$H = 2,5 \text{ м}$$

$$V = 8 \text{ м}^3$$

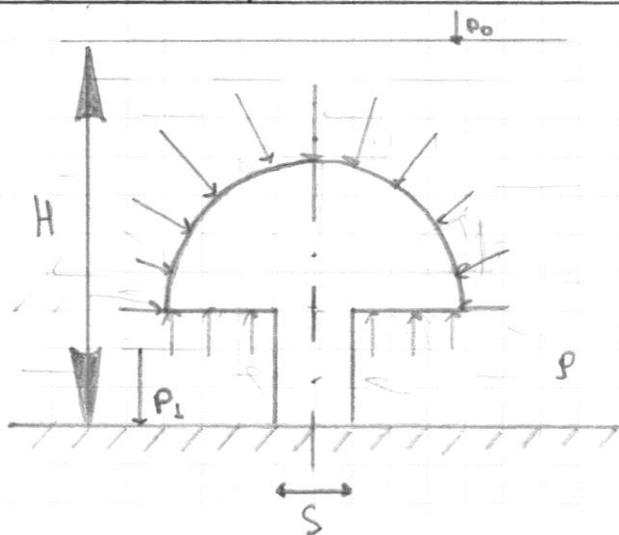
$$S = 20 \text{ см}^2$$

$$\rho = 12 \text{ см}^3$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Решение:



$$1) P_1 = P_B + P_0 =$$

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

$$= 12 \frac{\text{т}}{\text{см}^3} \cdot 2,5 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2 + 100 \text{ кПа} =$$

$$= 1000 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} \cdot 2,5 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 100000 \text{ Па} =$$

$$= 125000 \text{ Па} = 125 \text{ кПа}$$

1)  $P_1$  - ?

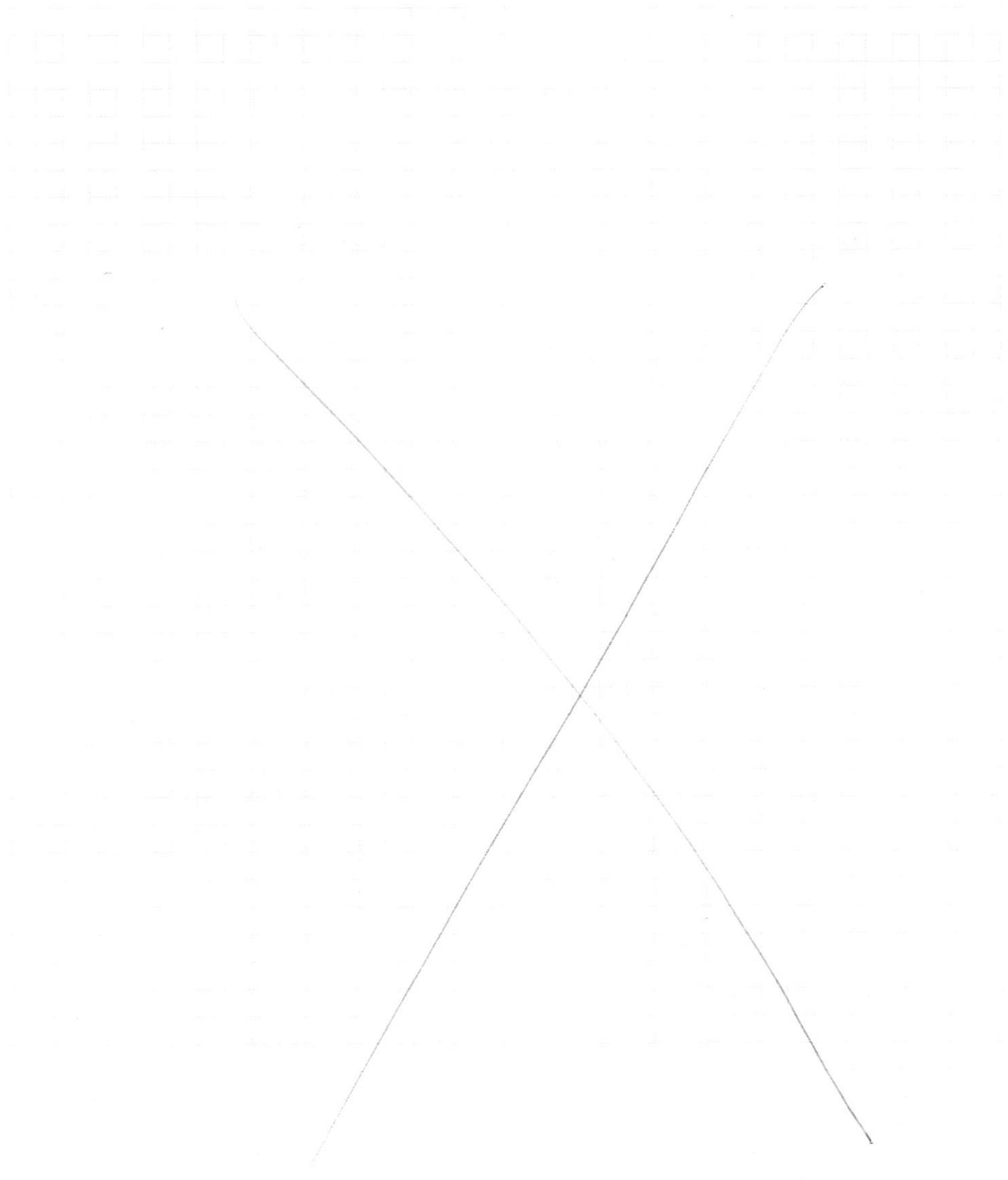
2)  $F$  - ?

2) Клей удерживает конструкцию в противодействии силе давления воды на дно

$F_0 = P_1 S$  - вода также выталкивает с силой  $F_A$

вытеснить тело из жидкости  $\Rightarrow F_A = V \rho g = 8 \text{ м}^3 \cdot$

$$12 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 0,008 \text{ м}^3 \cdot 10000 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 80 \text{ Н}$$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

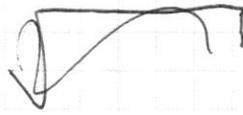
$$\omega = \frac{2\pi r}{T} \quad T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\omega^2 = \frac{v}{R+h} = \frac{G \frac{M}{(R+h)^2}}{(R+h)} = \frac{G \frac{\rho \frac{4}{3}\pi R^3}{(R+h)^2}}{R+h} = G \frac{\rho \frac{4}{3}\pi R^3}{(h+R)^3}$$

$$T = \frac{2\pi(R+h)}{v} \quad v^2 = a(R+h) = G \frac{\rho \frac{4}{3}\pi R^3}{(R+h)} = G \frac{4\rho \pi R^3}{4.5 R} = G 8\rho \pi R^2$$

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

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^2 + h^2 \rho^2}{2\sqrt{3}}}$$



$$\frac{2\pi \cdot 1.5R \cdot 3}{2\sqrt{3} R \sqrt{G \rho \pi}} = \frac{4.5\pi R}{\sqrt{2} \sqrt{G \rho \pi}}$$

$$H = \frac{S_1 h g g}{k} + h + \frac{S_2 h g g}{k} =$$

$$= \sqrt{\frac{81 \pi^2}{50 G \rho \pi}} = \sqrt{\frac{1.62 \pi}{G \rho}}$$

$$= \frac{3S_1 h g g}{k} (1+h) = h \left( \frac{3S_1 g g}{k} + 1 \right) =$$

$$H = x \left( 1 + \frac{S_2}{S_1} \right) + h = \frac{S_2 h g g \left( 1 + \frac{S_2}{S_1} \right)}{k} + h = \frac{S_2 h g g (S_1 + S_2) + h k S_1}{k S_1}$$

$$= \frac{S_1 h g g \cdot 1.5S + h k \cdot 0.5S}{k \cdot 0.5S} = \frac{3S_1 h g g + h k}{k} = \frac{h(3S_1 g g + k)}{k}$$

$$H = x + h + x \frac{S_2}{S_1} = 3 \cdot \frac{S_1 h g g}{k} + h = \frac{3S_1 h g g + h k}{k} = \frac{h(3S_1 g g + k)}{k}$$

$$\frac{\mu \left( \mu^2 \frac{kr}{\mu^3} \cdot \frac{H}{kr} + \frac{H}{\mu} \right)}{\mu/\mu} = \frac{H + H}{H/\mu} = \frac{H}{H/\mu} = \mu$$

$$\mu \cdot \mu^2 \frac{kr}{\mu^3} = kr$$

$$H \quad F = G \frac{kr \cdot kr}{\mu \cdot \mu} \quad G = \frac{H \mu^2}{kr^2} \quad \sqrt{G^{-1}} = \frac{kr^2}{H \mu^2} \quad \sqrt{\frac{\mu^3}{kr}} = \frac{\mu^3}{kr} \quad \sqrt{\frac{H \mu^2}{kr^2}} = \frac{\mu}{kr}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v_k = v_0, v_k = \frac{v_0}{3}$$

1) равноз.

$$v_k = v_k - gt$$

$$\sqrt{\frac{81 \sqrt{1}^2}{25 \sqrt{1}^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{81 \sqrt{1}}{50 \rho G}}$$

$$g = \frac{4}{3} \sqrt{1} \rho G$$

$$g = G \frac{M}{r^2} = G \frac{\rho V}{r^2} = \sqrt{1,62 \frac{\sqrt{1}}{\rho G}}$$

$$\frac{24}{30} = \frac{4}{5} = 0,8$$

$$\frac{48}{30} = \frac{8}{5} = 1,6$$

$$v_0 = g t_x$$

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

$$\frac{v_0}{3} \rightarrow 0$$

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

$$t = \frac{24}{3g} = \frac{12}{30} = \frac{2}{5} = 0,4$$

$$\frac{40 \frac{16}{25}}{2} = \frac{\frac{80}{25}}{1} = \frac{16}{5} = \frac{32}{10} = 3,2$$

$$\times \frac{12}{8} = \frac{12}{96}$$

$$chop \cdot g = \Sigma$$

$$\frac{Sh_{pg}}{k} + h + \frac{Sh_{pg} S}{958} = \frac{Sh_{pg} + h k}{k} + 2Sh_{pg}$$