

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-01

Шифр

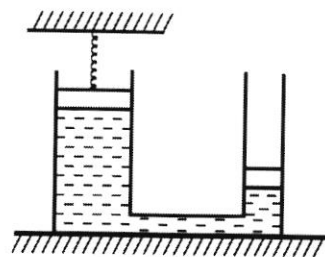
(заполняется секретарем)

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/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.

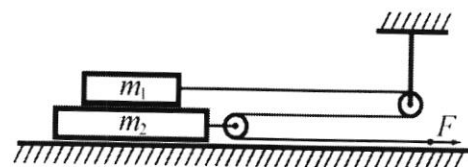
2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

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.

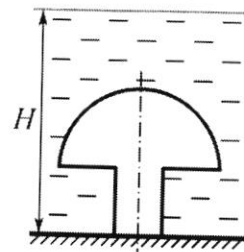
2) Найдите величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

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

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

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:

$m_1 = 2\text{м}$

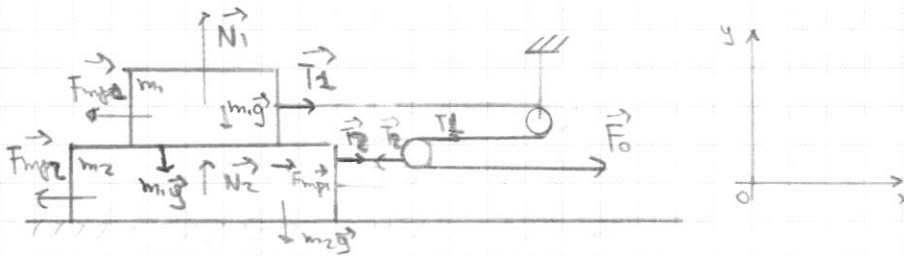
$m_2 = 3\text{м}$

μ - коэффициент трения между телами m_1 и m_2

1) $F_0 = ?$

2) $F = ?$

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 $F_{mp1} = 0 \Rightarrow \mu = 0 \Rightarrow \mu = 0$

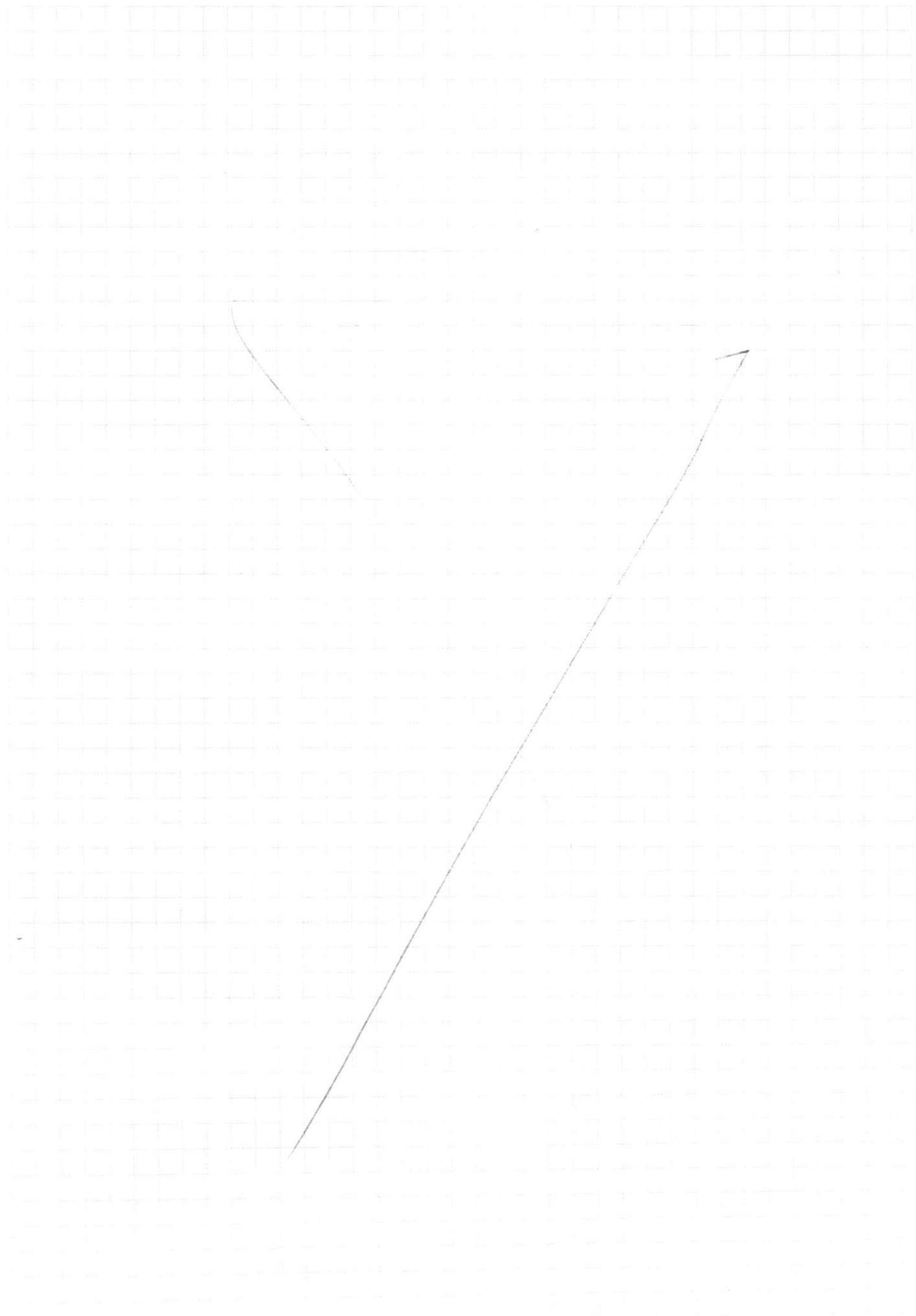
$T_2 = F_{mp2} = \mu N_2$ $N_2 = N_1 + m_2 g = g(m_1 + m_2)$

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

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 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:

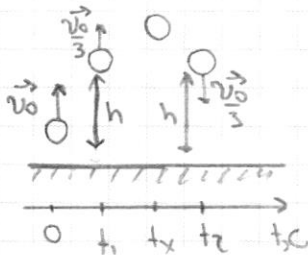
Дано:

$$v_0 = 12 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

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

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



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 этом случае $v_{\text{нач}} = 0 \text{ м/с}, v_{\text{кон}} = v_a \Rightarrow t_2 - t_x = \frac{v_{\text{кон}} - v_{\text{нач}}}{g} = \frac{v_0}{3g}$

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

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

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

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

h - путь, 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

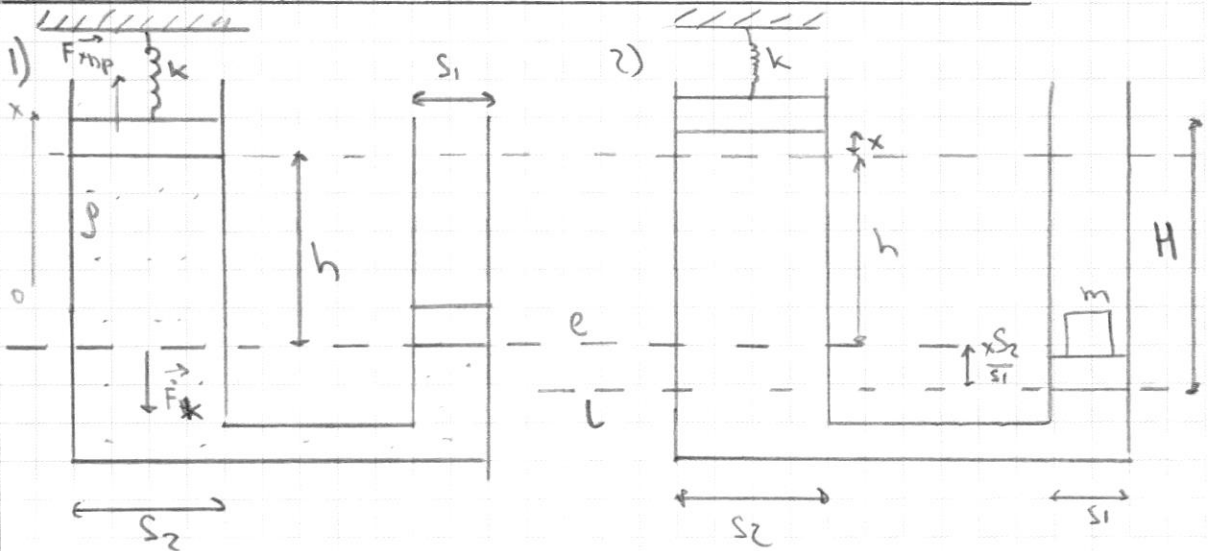
Дано:

ρ - 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
 $xS_2 \Rightarrow$ в правом сосуде объем уменьшился

на $xS_2 \Rightarrow$ в нем уровень воды упал на $\frac{xS_2}{S_1}$
 \Rightarrow Разница уровней воды $H = x + h + \frac{xS_2}{S_1} =$
 $= x(1 + \frac{S_2}{S_1}) + h = \frac{S_2 h \rho g (1 + \frac{S_1}{S_2})}{k} + h = \frac{S_2 S_1 h \rho g + S_2^2 h \rho g}{k S_1} + h =$
 $= \frac{S_2 h \rho g (S_1 + S_2) + h k S_1}{k S_1} = \frac{S h (\rho g \cdot 1.5 S + h k)}{0.5 S k} = \frac{0.5 h (\rho g \cdot 3 + k)}{0.5 k} = \frac{h (\rho g \cdot 3 + k)}{k}$

\Rightarrow На уровне l условие равновесия:

$mg = HS_2 \rho g$ (\Rightarrow) $m = \frac{h(3S\rho g + k)}{k} S_2 \rho g = \frac{S_2 h (3S\rho g + k)}{k} m$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

Дано:

$$h = 0,5R$$

R - радиус планеты

ρ - плотность планеты

G - 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

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

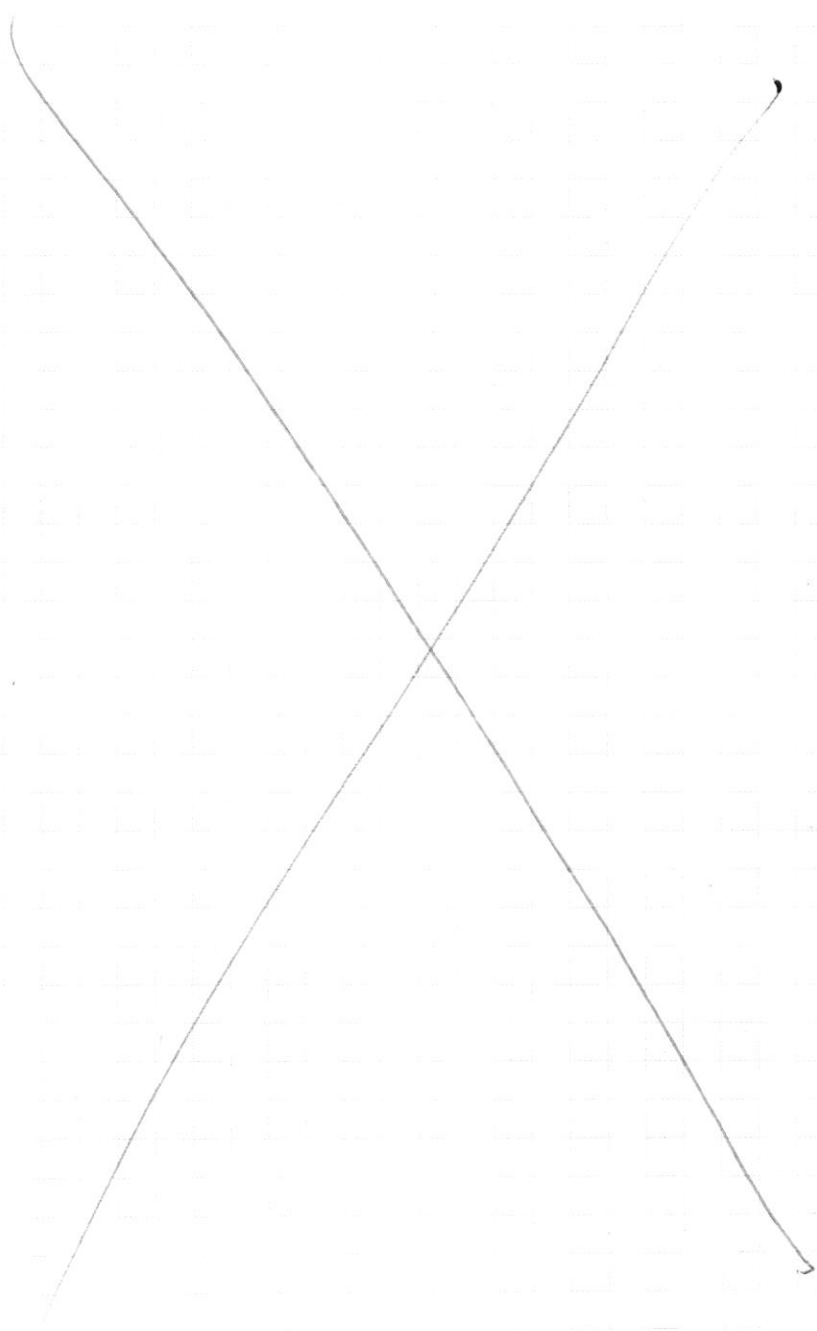
a - центростремительное ускорение \Rightarrow

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

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

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

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:

$$H = 2,5 \text{ м}$$

$$V = 8 \text{ м}^3$$

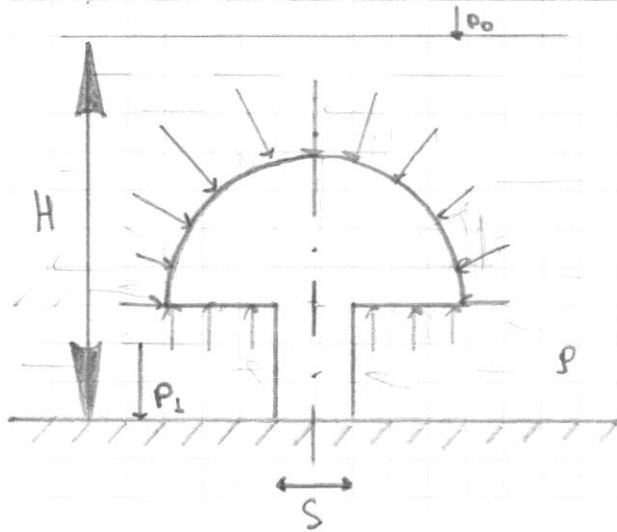
$$S = 20 \text{ см}^2$$

$$\rho = 12 \text{ т/м}^3$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Решение:



$$\begin{aligned} 1) P_1 &= P_B + P_0 = \\ &= \rho H g + P_0 = \\ &= 12 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} \cdot 2,5 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2 + 100 \text{ кПа} = \\ &= 1000 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} \cdot 2,5 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} + 100000 \text{ Па} = \\ &= 125000 \text{ Па} = 125 \text{ кПа} \end{aligned}$$

1) P_1 - ?

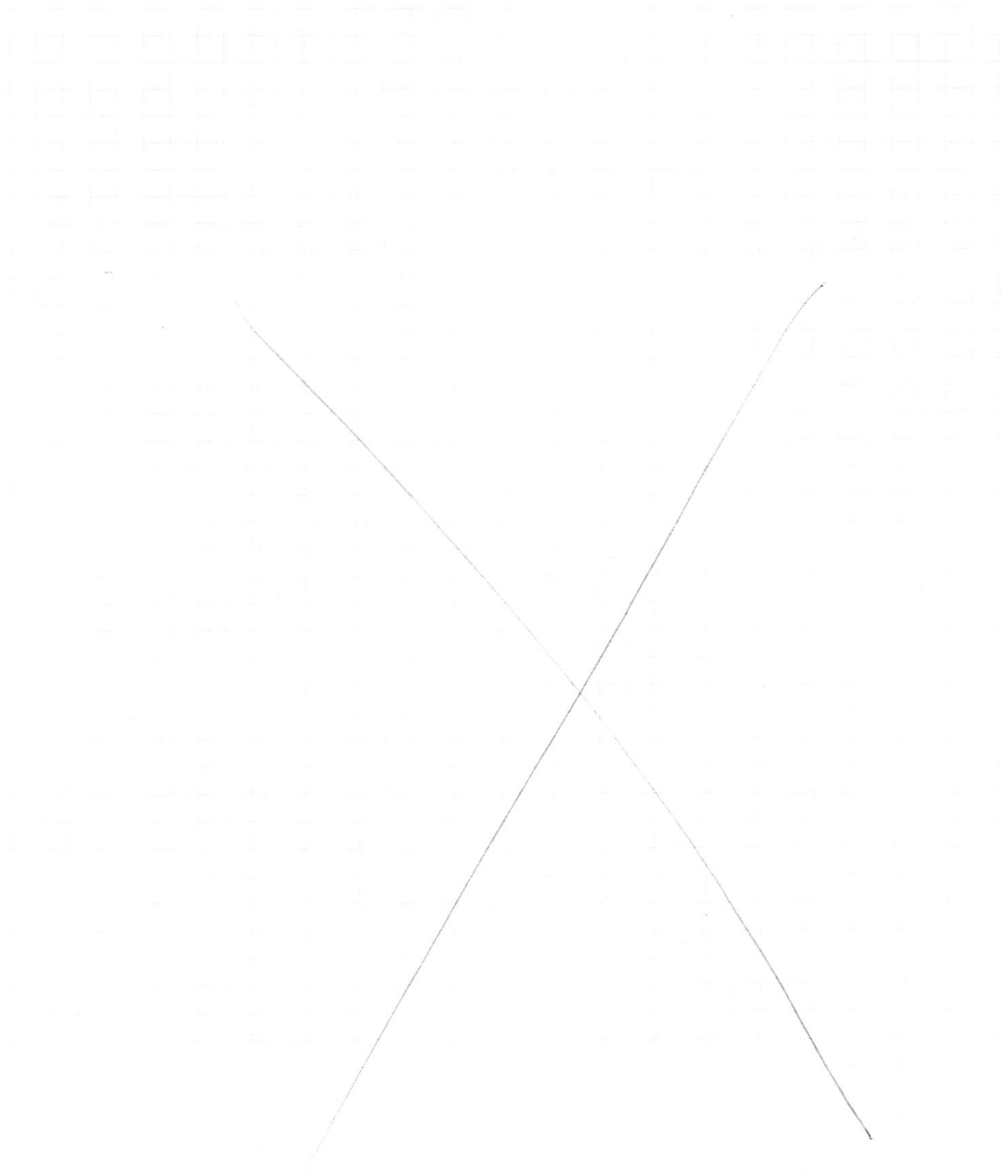
2) F - ?

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

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

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

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



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

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

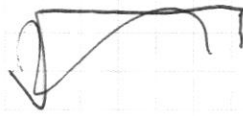
$$\omega^2 = \frac{v}{R+h} = \frac{G \frac{M}{(R+h)^2}}{(R+h)} = \frac{G \frac{\rho \frac{4}{3}\pi R^3}{(R+h)^2}}{R+h} = G \frac{\rho \frac{4}{3}\pi R^3}{(h+R)^3}$$

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

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

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

$$T = \sqrt{\frac{4.5 R^2 \pi \rho}{2\sqrt{3} R \sqrt{G \rho \pi}}}$$



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

$$H = \frac{S_1 g g}{k} + h + m_2 \frac{S_2 g g}{k} =$$

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

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

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

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

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

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

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

1) равноз.

$$v_k = v_k - gt$$

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

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

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

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

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

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

$$v_0 = g t_x$$

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

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

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

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

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

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

$$\text{чистовик}$$

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