

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

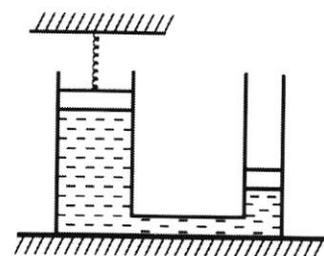
## Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

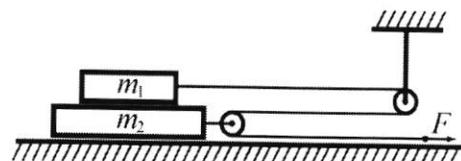
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
- Ускорение свободного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



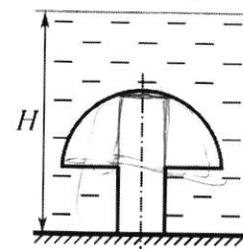
- 1) Найдите деформацию  $x$  пружины.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная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

$$\begin{array}{l}
 h = 0,5R \\
 \rho \quad G \\
 \cancel{c} = 2R \\
 \hline
 g_2 - ? \\
 T - ?
 \end{array}
 \left.
 \begin{array}{l}
 v_1 = \sqrt{G \frac{M}{r}} \\
 g = G \frac{M}{(R+r)^2} \\
 R+r = 2R = l \\
 \hline
 g_2 = G \frac{\rho V}{(2R)^2} = G \frac{\rho \cdot 4\pi R^3}{3 \cdot 4R^2} = \\
 = G \frac{\rho R \pi}{3} \\
 \hline
 v_1 = \sqrt{G \frac{\rho V}{R+0,5R}} = \sqrt{G \frac{\rho \cdot 4\pi R^3}{3 \cdot 1,5R}} = \sqrt{G \frac{8\rho\pi R^2}{9}} =
 \end{array}
 \right.$$

$$= R \cdot \frac{2}{3} \sqrt{2G\rho\pi} \quad l_{\text{окр}} = 2\pi R \cdot 1,5 \\
 T = \frac{l_{\text{окр}}}{v_1} \Leftrightarrow v = \frac{l}{t}$$

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{2\pi R \cdot 1,5}{R \cdot \frac{2}{3} \sqrt{2G\rho\pi}} = \sqrt{2\pi} \cdot \frac{3 \cdot 3}{2 \cdot 2 \sqrt{G\rho}} = \frac{9}{4} \frac{\sqrt{2\pi G\rho} \cdot 2\pi}{2\pi G\rho} = \\
 &= \frac{9}{4} \frac{\sqrt{2\pi G\rho}}{G\rho}
 \end{aligned}$$

Ответ.  $T = \frac{9\sqrt{2\pi G\rho}}{4 G\rho}$  ;  $g_2 = G \frac{\rho R \pi}{3}$

$$\begin{array}{l}
 \cancel{V_0} = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}} \\
 v = \frac{V_0}{3} \\
 g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \\
 \hline
 t_{н1} - ? \\
 h_{н1} - ?
 \end{array}
 \left.
 \begin{array}{l}
 \begin{array}{c}
 x \\
 \uparrow \\
 \text{ш1.} \\
 \frac{V_0}{3} = v \\
 \frac{V_0}{3} = v \\
 \frac{V_0}{3} = v \\
 \downarrow g \\
 \frac{V_0}{3} = v \\
 \downarrow \\
 \frac{V_0}{3} = v \\
 \downarrow \\
 0
 \end{array} \\
 \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \text{ — п.к. движение равнопере-} \\
 \text{менное.} \\
 0x + v = V_0 - g t_{н1} \\
 \frac{V_0}{3} = V_0 - g t_{н1} \\
 -\frac{V_0}{3} = V_0 - g t_{н2} \\
 \frac{2}{3} V_0 = g t_{н1} \quad \frac{4}{3} V_0 = g t_{н2} \\
 t_{н1} = \frac{2V_0}{3g} \quad t_{н2} = \frac{4V_0}{3g} \\
 t_{н1} = \frac{2 \cdot 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{16\text{с}}{10} = 1,6\text{с} \\
 t_{н2} = \frac{4 \cdot 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{16\text{с}}{10} = 1,6\text{с}
 \end{array}
 \right.$$

$$F_{at} = m \dot{v} \quad \dot{v} = \frac{F_{at}}{m}$$

$$F = \frac{m \dot{v}}{\Delta t}$$

$$F = \frac{m_1 m_2}{r^2} G$$

$$\frac{\dot{v} m}{\Delta t} = \frac{m_1 m_2}{r^2} G$$

$$F = G \frac{M_1 M_2}{r^2} + P_{atm} S_2$$

$$F = x \frac{kx}{m_2}$$

$$H = \frac{m^2}{kx} = x$$

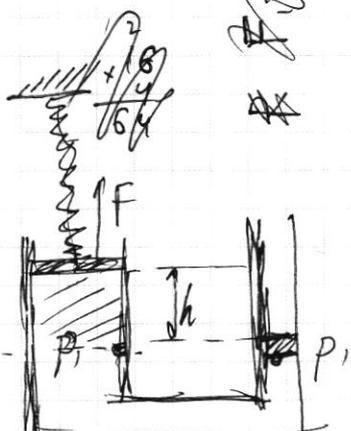
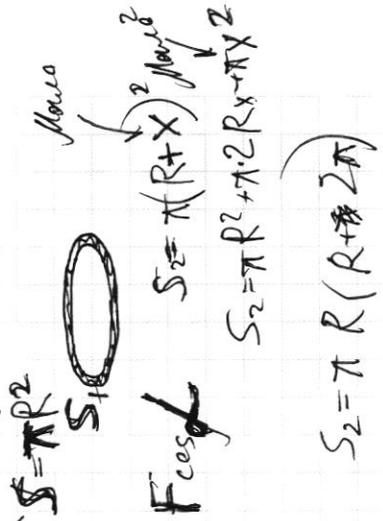
$$\dot{v} m r^2 = m_1 m_2 G \Delta t$$

$$r^2 = G \frac{m \Delta t}{\dot{v}}$$

$$\left(\frac{m}{c}\right)^2 = \dots \frac{kx}{m}$$

$$\frac{m^2}{c^2} = x \frac{kx}{m}$$

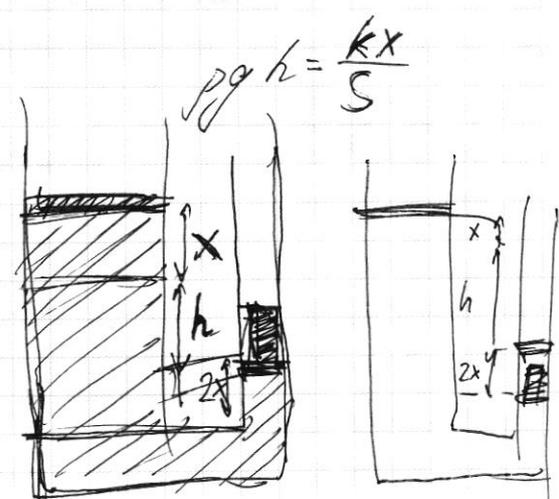
$$\frac{m^2}{c^2} H = x$$



$$0,5 P_{atm} + \rho g h = \frac{F}{S}$$

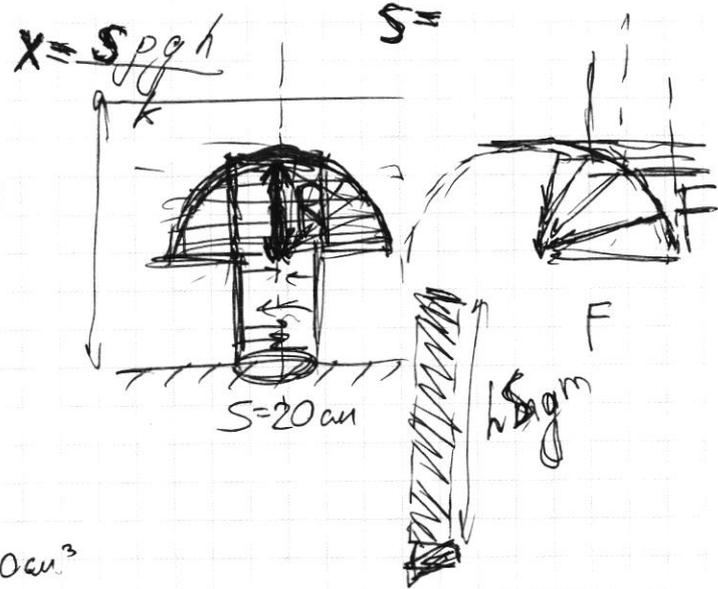
$$F = kx$$

$$V = \frac{2}{3} \pi R^3$$



$$g_m = 10 \text{ cm}$$

$$g_m^3 = 100 \text{ cm}^3$$



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

Продолжение.

~~Задача 1~~ ~~Задача 2~~

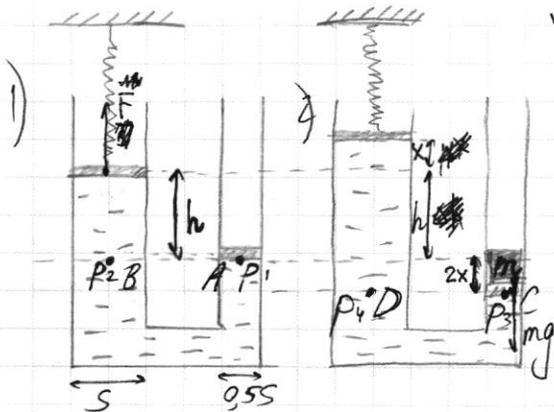
$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$s = \frac{(\frac{1}{3}v_0)^2 - v_0^2}{-2g}$$

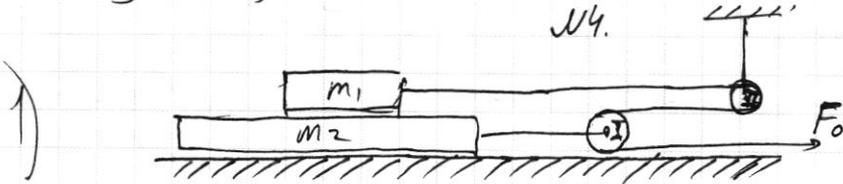
$$h_H = \frac{v_0^2(\frac{1}{9} - 1)}{-2g} = \frac{\frac{8}{9}v_0^2}{2g} = \frac{4v_0^2}{9g} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 12 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{9 \cdot 10 \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 4}{10} \text{ м} = 6,4 \text{ м}$$

Ответ.  $t_{к1} = \frac{2v_0}{3g} = 0,8 \text{ с}$ ;  $t_{к2} = \frac{4v_0}{3g} = 1,6 \text{ с}$ ;  $h_H = \frac{4v_0^2}{9g} = 6,4 \text{ м}$

№2.



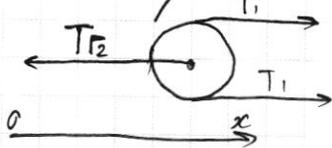
№4.



$$m_1 = 2 \text{ м} \quad m_2 = 3 \text{ м}$$

$F$	$F = \min$
$F_0 = ?$	$F = ?$

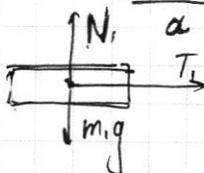
Рассмотрим силы, действующие на ~~1~~ блок.



$$\sum F = m \vec{a}$$

$$\text{оx: } T_1 + T_1 - T_2 = 0$$

Рассмотрим силы, действующие на первый блок.



$$\vec{a}: T_1 = m_1 a$$

$$\vec{y}: m_1 g - N_1 = 0$$

$$a = \frac{T_1}{m_1} = \frac{F_0}{m_1}$$

$$T_1 = F_0 - \text{из кнессомости кнессомей.}$$

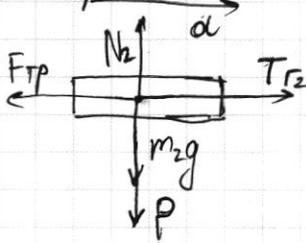
$$T_2 = 2F_0$$

$$N_1 = m_1 g$$

УЧ.

Продолжение.

Рассмотрим силы, действующие на второй брусок.



$$\vec{a}: T_{Г2} - F_{тр} = a m_2$$

$$\vec{g}: P + m_2 g = N_2$$

По третьему закону Ньютона  $P = N_1$

$$N_2 = m_2 g + m_1 g = (m_2 + m_1) g \quad F_{тр} = \mu N \quad (\text{закон трения})$$

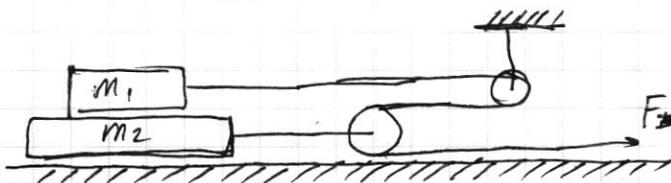
$$F_{тр} = \mu N_2 = \mu (m_2 + m_1) g$$

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

$$F_0 \left(2 - \frac{m_2}{m_1}\right) = \mu (m_2 + m_1) g \quad F_0 = \frac{\mu g (m_2 + m_1)}{2 - \frac{m_2}{m_1}}$$

$$F_0 = \frac{\mu g (2m + 3m)}{2 - \frac{3m}{2m}} = \frac{5\mu mg}{0,5} = 10\mu mg = 100\mu \text{ м} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

2)

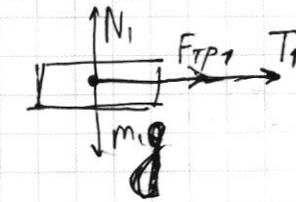


Рассмотрим ситуацию при постоянном увеличении  $F$  за момент до того как верхний брусок двинется влево относительно нижнего.

Аналогично пункту 1.

$$T_{Г2}' = 2F \quad T_{Г1}' = F$$

Рассмотрим силы, действующие на верхний брусок.



$$\vec{a}: a m_1 = F_{тр1} + T_{Г1}$$

$$\vec{g}: m_1 g - N_1 = 0 \quad N_1 = m_1 g$$

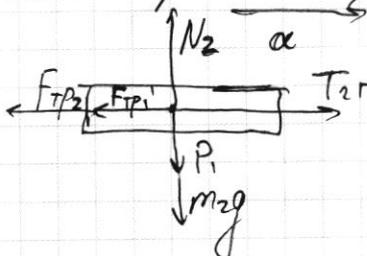
$$F_{тр} = \mu N$$

$$F_{тр1} = \mu m_1 g$$

$$a m_1 = \mu m_1 g + F$$

$$a = \mu g + \frac{F}{m_1}$$

Рассмотрим силы, действующие на нижний брусок.



Аналогично п. 1  $N_2 = (m_2 + m_1) g$   
 $\textcircled{II}$   $F_{тр1} = F_{тр1}'$   $F_{тр2} = \mu (m_1 + m_2) g$

$$F_{тр1}' = \mu m_1 g \quad \vec{a}: T_{Г2}' - F_{тр2} - F_{тр1}' = m_2 a$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$m_2 a = 2F - \mu(m_1 + m_2)g - \mu m_1 g$$

$$m_2 \left( \mu g + \frac{F}{m_1} \right) = 2F - \mu(2m_1 + m_2)g$$

$$m_2 \frac{F}{m_1} + m_2 \mu g = 2F - \mu(2m_1 + m_2)g$$

$$F \left( 2 - \frac{m_2}{m_1} \right) = 2\mu g (m_1 + m_2)$$

$$F = \frac{2\mu g (m_1 + m_2)}{2 - \frac{m_2}{m_1}} = \frac{2\mu g \cdot 5m}{0,5} = 20\mu mg =$$

$$= 200 \mu m \cdot \frac{H}{K}$$

Ответ.  $F_0 = 100 \mu m \cdot \frac{H}{K}$ ;  $F = 200 \mu m \cdot \frac{H}{K}$ .

У2.

Продолжение.

$p_1 = p_2$  (П.к. ~~точки~~ точки А и В находятся на одном уровне  
водородной жидкости.  $p_{гст} = \rho \cdot g \cdot h$

$$p_1 = p_{атм} \quad p_2 = p_{гст} - \frac{F}{S} + p_{атм}$$

$$p_{атм} = p_{гст} - \frac{F}{S} + p_{атм}$$

$$p_{гст} = \frac{F}{S}$$

$$\rho g h = \frac{F}{S}$$

Закон Гука:  $F = kx$

$$\rho g h = \frac{kx}{S}$$

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

$$V_{кит1} = V_{кит2}$$

~~Sx~~

$$0,5Sl = Sx$$

$$l = 2x$$

$$p_3 = p_4$$

$$\frac{mg}{0,5S} = \rho g (h + x + 2x)$$

$$2mg = S(h + 3x)\rho g$$

$$2m = Sp(h + 3 \frac{S}{k} \rho g h)$$

$$m = \frac{Sp^2 h}{2} + \frac{3S^2 \rho^2 g h}{2k}$$

Ответ:  $m = \frac{Sp}{2} (h + 3 \frac{S}{k} \rho g h) = \frac{Sp}{2} (h + 3 \frac{S}{k} \rho \cdot 10 \frac{H}{K} \cdot h) = \frac{Sp^2 h}{2} (1 + 3 \frac{S}{k} \rho \cdot 10 \frac{H}{K})$ ;

$$x = \frac{S}{k} \rho g h = \frac{S}{k} \rho h \cdot 10 \frac{H}{K}$$

$$F = p \cdot S(H-h) \quad F =$$

$$\frac{V}{S} = 40 \text{ cm}$$

$$10 \text{ cm}$$

$$\text{Высота } 20 \text{ cm}$$

$$0,002$$

$$R = 100 \text{ cm} = m$$

$$20 \text{ cm}^2$$

$$2,3 \cdot 20 \cdot$$

$$2,3 \cdot 0,2 \cdot 1000 \cdot 10 = F_1 = mg + p \cdot (2)^2 g (1 - \sqrt{2}) h$$

$$= 23 \cdot 2 \cdot 100 =$$

$$= 46 \cdot 100 =$$

$$= 4600 \text{ H}$$

$$2,35 \cdot 0,2 \cdot 1000 \cdot 10 =$$

$$=$$

$$F_2 = mg + p(2 - \sqrt{2})h(2l)^2 g$$

$$F_3 = mg + p(3 - \sqrt{2})h(3l)^2 g$$

$$F_3 = mg + p(4 - \sqrt{2})h(4l)^2 g$$

$$F = p g R^2 (\pi(H-h) + R(2-2\sqrt{2}))$$

$$F_1 = mg + R^3 p g (2 - 2\sqrt{2})$$

$$F_1 = mg + p 2 l g (1 - \sqrt{2})$$

$$\sum F_n = (mg)n +$$

$$m^2 = 10000 \text{ cm}$$

$$F_1 = mg + p(2)^2 g (1 - \sqrt{2}) h$$

$$F_2 = mg + p(2 - \sqrt{2})h(2l)^2 g$$

$$F_3 = mg + p(3 - \sqrt{2})h(3l)^2 g$$

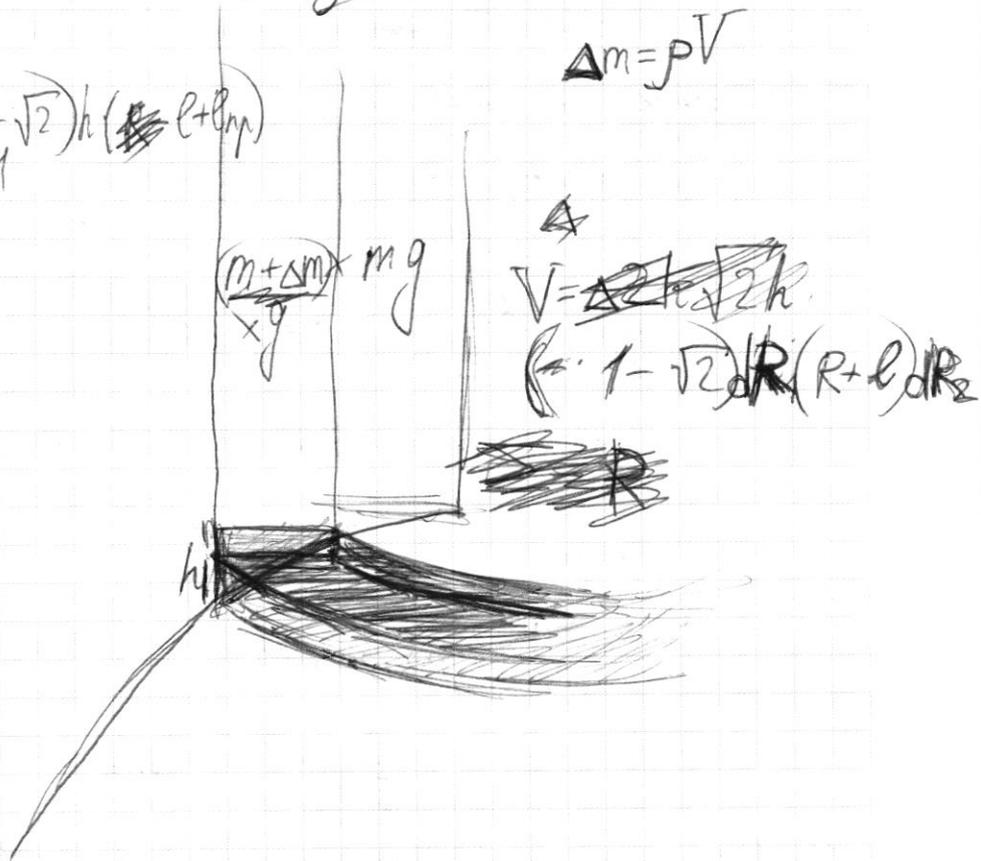
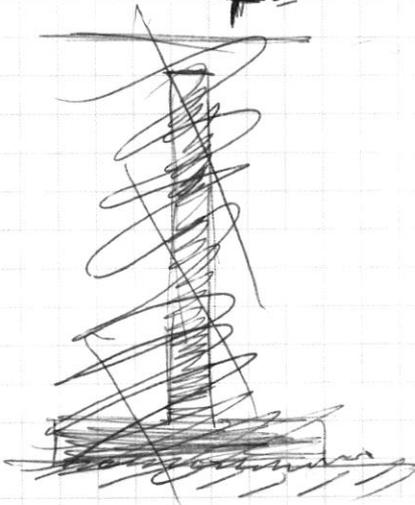
$$F_3 = mg + p(4 - \sqrt{2})h(4l)^2 g$$

$$\Delta m = \rho V$$

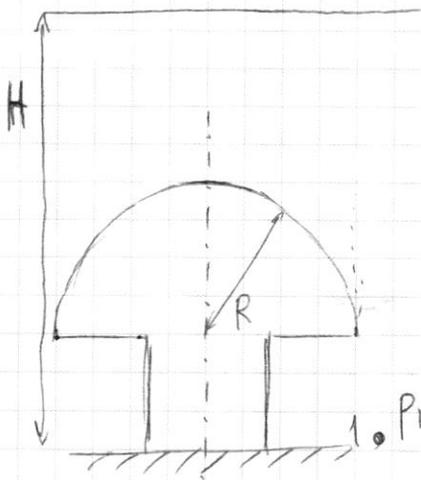
$$2 - 2\sqrt{2} \quad 2\sqrt{2} - 2 = 3 - \frac{2}{2} = 1 \quad V = (1 - \sqrt{2})h(l + R)$$

$$mg = F$$

$$F$$



У5.

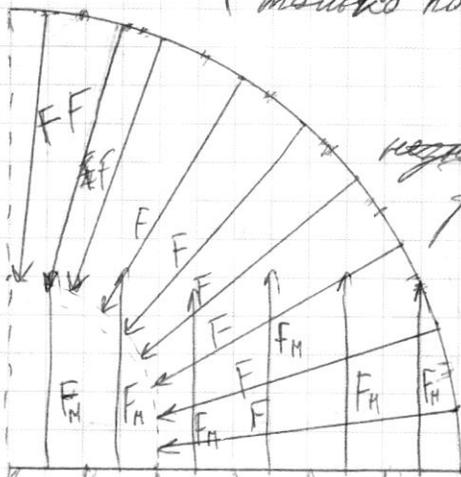


$$P_1 = \rho g H = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 0,25 \text{ м} = 25000 \text{ Па}$$

$$P_1 = \rho g H + P_{\text{атм}} = 2,5 \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} + 100000 \text{ Па} = (25000 + 100000) \text{ Па} = 125000 \text{ Па} = 125 \text{ кПа}$$

П.ч. конструкция асимметричная составляющая в силе  $F$  по горизонтальной плоскости уйдёт.  $\downarrow$

$F$  будет действовать по вертикали (только по вертикали)



Размеры конструкции незначительны по сравнению с размерами

Высота конструкции незначительна по сравнению с высотой слоя воды над ней.

Поэтому будем считать, что вертикальные составляющие сил  $F$  снизу "шляпки" компенсируются составляющими, давящими на неё сверху на той же вертикали.

Остаток только составляющие, давящие на конструкцию над её основанием.

$$h \approx \frac{V}{S} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = 0,25 \text{ м}$$

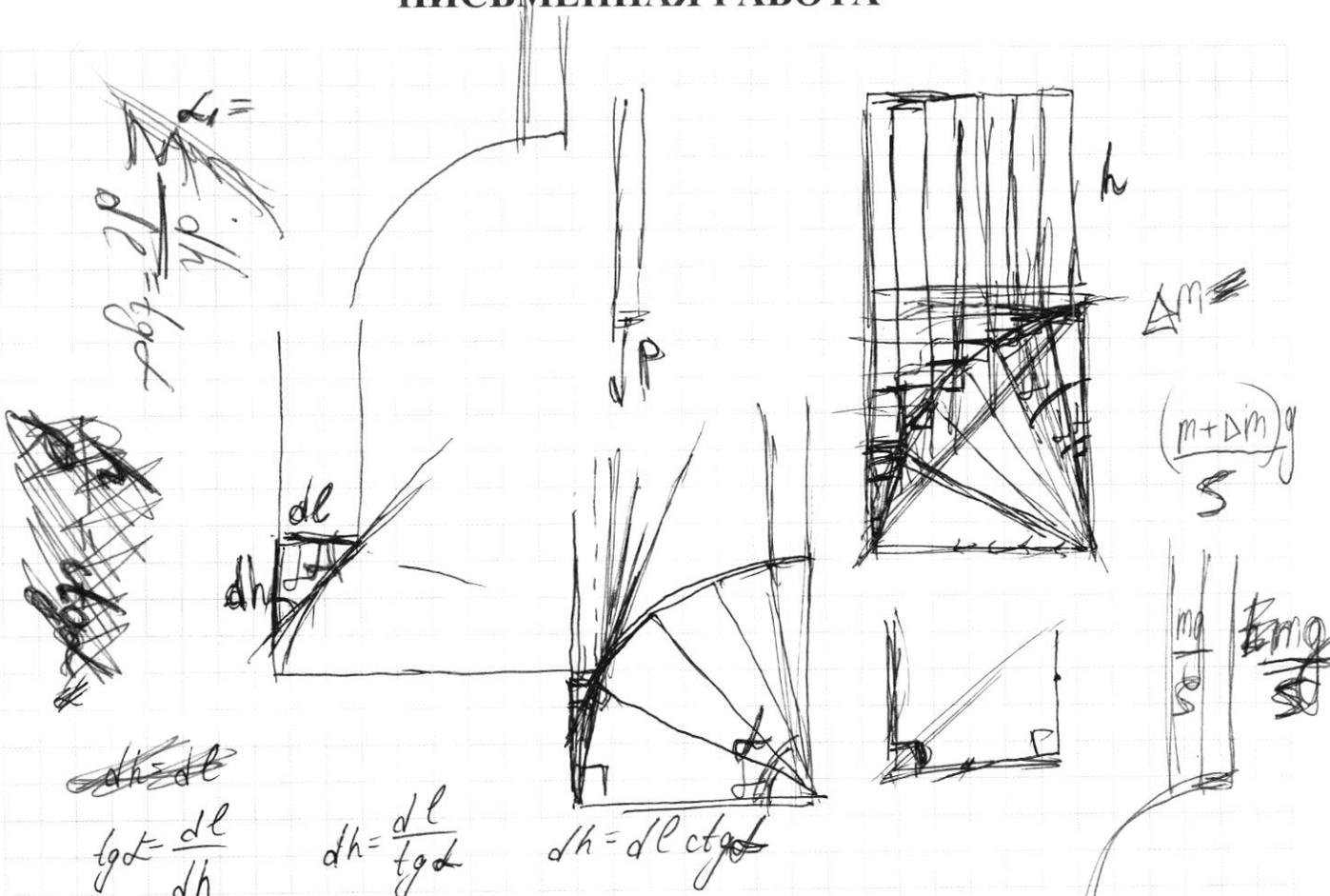
$$F = (H-h) \cdot S \cdot \rho \cdot g = 2,3 \text{ м} \cdot 0,002 \text{ м}^2 \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \approx 46 \text{ Н} \approx 45 \text{ Н}$$

$F$  направлена вниз.

Ответ.  $P_1 = 125 \text{ кПа}$ ;  $F \approx 45 \text{ Н}$  и направлена вертикально

вниз.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



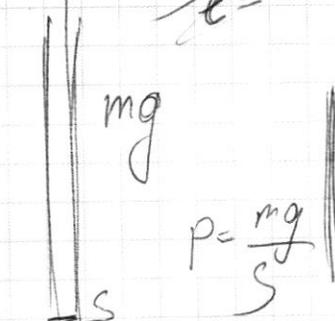
~~dh = dl~~  
 $\text{tg} \alpha = \frac{dl}{dh}$

$dh = \frac{dl}{\text{tg} \alpha}$

$dh = dl \cdot \text{ctg} \alpha$

$S = \pi R^2$   
 ~~$S = \pi 2R$~~   
 $l =$

$\frac{800 \text{ cm}^3}{20 \text{ cm}^2} = h = 40 \text{ cm}$



$\rho = \frac{mg}{S}$

$\frac{1}{\sqrt{2}} R$        $\frac{\sqrt{2}}{2} R$

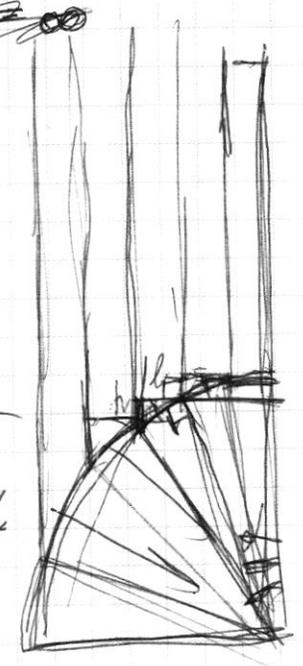
$\text{tg} \alpha_1 = \frac{h}{R}$   
 $\text{tg} \alpha_2 = \alpha_1 = \alpha$

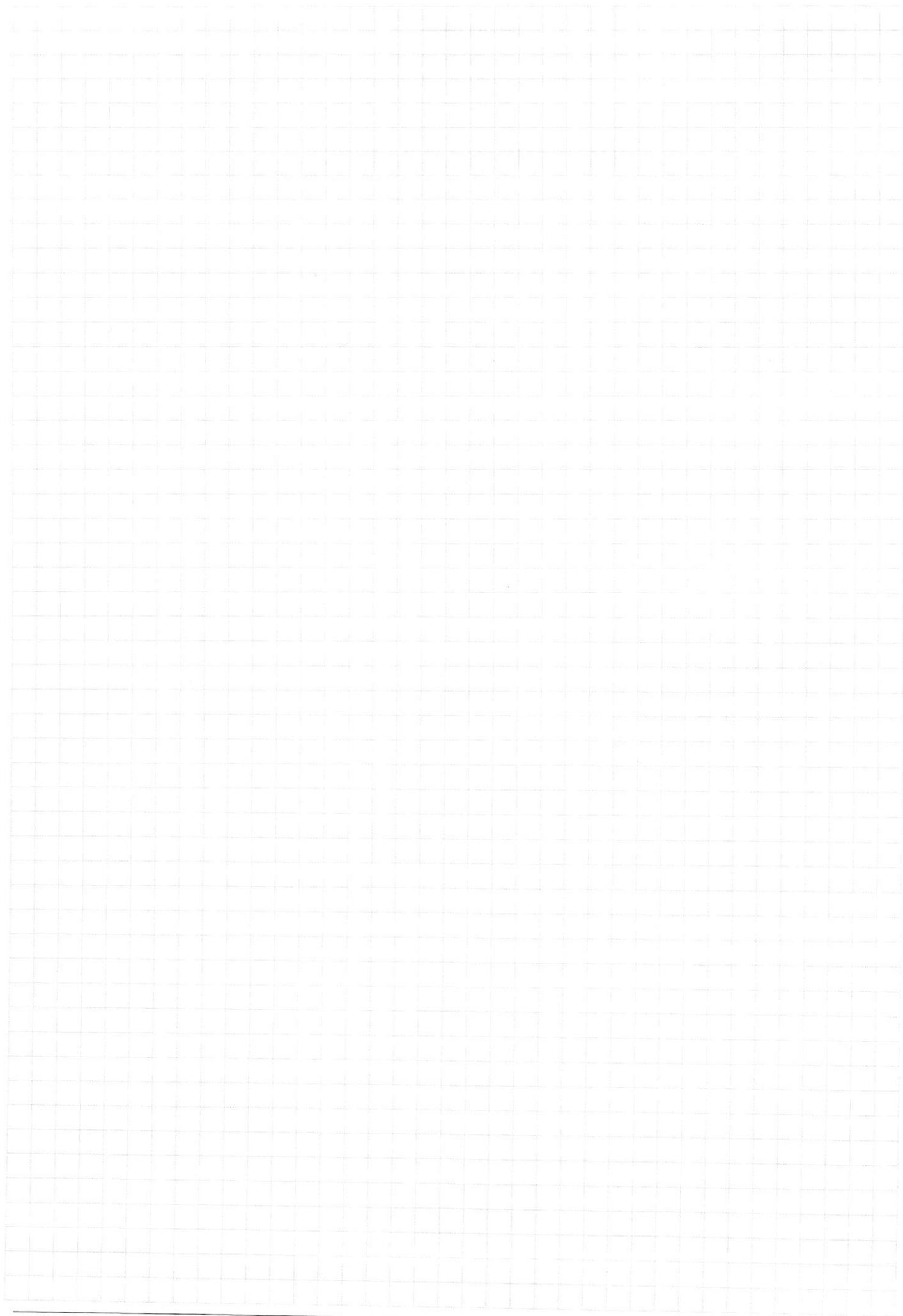
~~$\frac{\sqrt{2}}{2} R$~~        $\text{tg} \alpha = \frac{h}{l}$   
 $h = l \cdot \text{tg} \alpha$

$\text{tg} \alpha_2 = \frac{2l}{R-h}$

~~$\frac{\sqrt{2}}{2} R$~~        $h_2 =$   
 $\text{tg} \alpha_3 = \frac{3l}{R-h-h_2}$

$l = \frac{h}{\text{tg} \alpha}$





черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)