

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

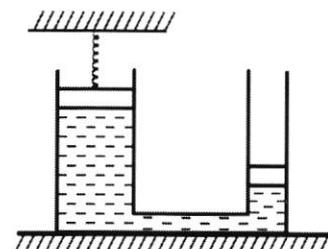
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

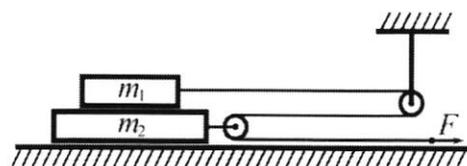
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 10$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/2$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/2$ ?
- Ускорение свободного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



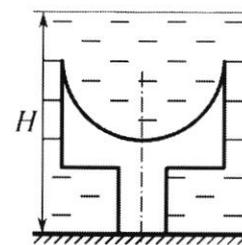
- 1) Найдите разность  $h$  уровней жидкости в сосудах.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . 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  $\mu$ . 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 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  $V = 5$  дм<sup>3</sup>, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей  $S = 10$  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

№1.  
 $v_0 = 10 \text{ м/с}$   
 1)  $t - ?$   $v = \frac{v_0}{2}$   
 2)  $h - ?$   $v = \frac{v_0}{2}$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

Решение:



1) Заметим, что если скорость равна по величине  $v = \frac{v_0}{2}$ , то может быть:

$$v_y = \frac{v_0}{2} \quad \text{и} \quad v_y = -\frac{v_0}{2}$$

(оу направлено вверх, см. рис).

$\Rightarrow$  Будем 2 варианта.

1) ~~1)  $t_1$~~

$$v = v_0 - gt$$

$$\text{I: } \frac{v_0}{2} = v_0 - gt_1 \Rightarrow gt_1 = \frac{v_0}{2} \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{2g} = \frac{10 \text{ м/с}}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,5 \text{ с}$$

$$\text{II: } -\frac{v_0}{2} = v_0 - gt_2 \Rightarrow gt_2 = \frac{3}{2} v_0 \Rightarrow t_2 = \frac{3v_0}{2g} = \frac{3 \cdot 10 \text{ м/с}}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 1,5 \text{ с}$$

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

Запишем закон сохранения энергии.

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{m\left(\frac{v_0}{2}\right)^2}{2} \quad \text{Заметим, что } \frac{v_0}{2} \text{ в квадрате } \Rightarrow$$

высота при двух вышних равенствах будет одинакова.

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

$$\frac{3v_0^2}{4} = 2gh$$

$$h = \frac{3v_0^2}{8g} = \frac{3 \cdot (10 \text{ м/с})^2}{8 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \frac{30}{8} \text{ м} = 3,75 \text{ м}$$

Ответ:  $t_1 = \frac{v_0}{2g} = 0,5 \text{ с}$

$$t_2 = \frac{3v_0}{2g} = 1,5 \text{ с}$$

$$h = \frac{3v_0^2}{8g} = 3,75 \text{ м}$$

№ 2.

$\rho, k, x$

$S$  - левая

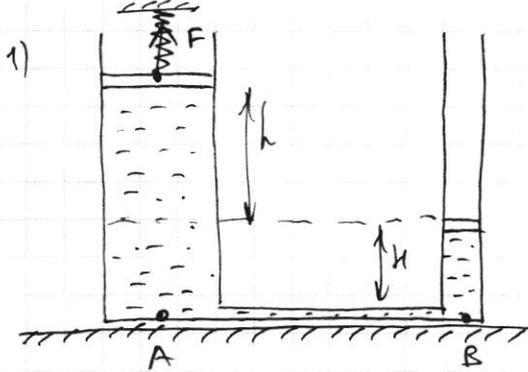
$\frac{S}{3}$  - правая

$g$

1)  $h$  - ?

2)  $m$  - ?

Решение:



1) Трубка крутилась растягивалась.

$\Rightarrow$  Сила, действующая на левый поршень, направлена

вверх. ~~Которая вытесняет~~  
что для сохранения уровня

Давление слева = давлению справа  $\Rightarrow$  если слева высота уровня  
выше  $\Rightarrow$  чтобы давление было ~~выше~~, то оно равновесно.

$$F = kx - 3 \cdot \rho g h$$

$$P_A = \rho g (h + H) - \frac{F}{S} + p_0$$

$$P_B = \rho g H + p_0$$

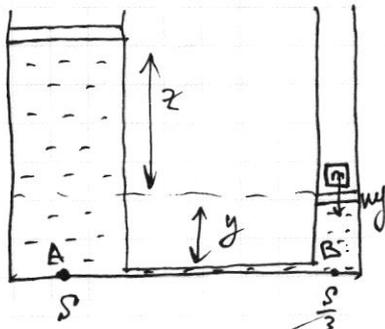
$$P_A = P_B - \text{з. координации сосудов}$$

$$p_0 + \rho g h + \rho g H - \frac{F}{S} = \rho g H + p_0$$

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

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

2) Если удлинение пружины = 0, то  $F = 0$ . ( $F$  - сила упр пр.)



$$P_A = \rho g (y + z) + p_0$$

$$P_B = \rho g y + \frac{mg}{S/3} + p_0$$

$$P_A = P_B - \text{з. coord. сосудов}$$

$$\cancel{p_0 + \rho g y + \rho g z} = \cancel{\rho g y} + \frac{3m}{S} + \cancel{p_0}$$

$$\rho g z = \frac{3m}{S} \Rightarrow m = \frac{S \rho g z}{3}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2 (Продолжение).

Теперь надо найти  $x$ .

Число во врата не изменилось.

$$\text{Было: } H \cdot \frac{\rho}{3} + H \cdot \rho + h \cdot \rho$$

$$\text{Стало: } y \cdot \frac{\rho}{3} + y \cdot \rho + z \cdot \rho$$

$$\frac{4}{3}H + h = \frac{4}{3}y + z$$

Рассмотрим каждую сторону.

Сначала при

Итак, мы знаем, что вальшой паршемь нормаль вверху на  $x$ ,

т.к. крутильная сила не равна 0

$$\Rightarrow \text{перешло из уравн: } \frac{kx}{\rho} = \frac{x \cdot \rho}{3} = 3x$$

$$\Rightarrow y = H - 3x$$

$$y + z = H + h + x$$

Итого новая равность получится:

$$z = H + h + x - H + 3x = h + 4x = \frac{kx}{\rho g} + 4x$$

$$z = x \left( 4 + \frac{k}{\rho g} \right)$$

$$\Rightarrow m = \frac{x \left( 4 + \frac{k}{\rho g} \right) \cdot \rho g}{3} = \frac{x \left( 4 \rho g + \frac{k}{g} \right)}{3}$$

$$\text{Ответ: } h = \frac{kx}{\rho g}$$

$$m = \frac{x}{3} \left( 4 \rho g + \frac{k}{g} \right)$$

№3.

$h = R$ , где  $R$  - радиус планеты  
 $\rho$ ,  $G/V = \frac{4}{3}\pi R^3$

1)  $g$  - ?  
 $x = 3R$

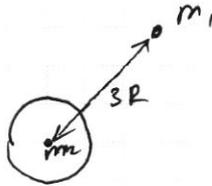
2)  $T$  - ?

Решение:

1) По закону всемирного тяготения:

$$F_{T\text{г}} = G \cdot \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2}$$

$m_1$  - масса объекта  
 $m_2$  - масса планеты



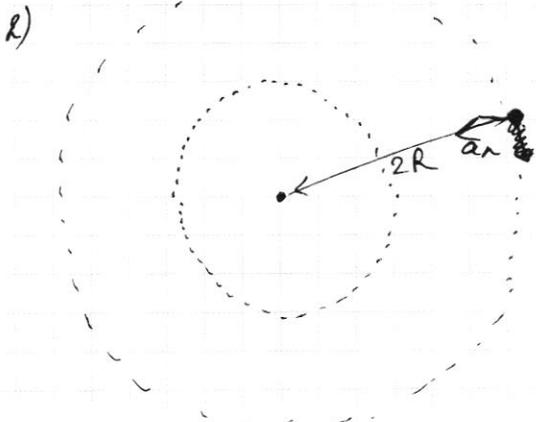
$$F_{T\text{г}} = G \cdot \frac{m_1 m_2}{(3R)^2}$$

Также  $F_T = m_1 g$

$$\Rightarrow g = G \frac{m_2}{(3R)^2}$$

$$m_2 = V \cdot \rho = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$$

$$g = G \cdot \frac{4\pi R^3 \rho}{3 \cdot 9R^2} = \frac{4G\pi R \rho}{27}$$



$T$  - ?

$$a_n = g'$$

$$g' = G \cdot \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{(2R)^2} = \frac{6\pi R \rho}{3}$$

$$\frac{v^2}{2R} = a_n$$

$$v^2 = 2R \cdot a_n$$

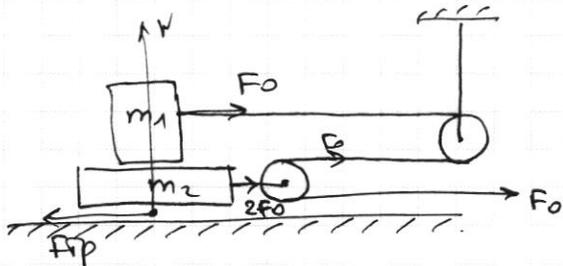
$$2\pi \cdot 2R = v \cdot T \Rightarrow T = \frac{4\pi R}{v} = \frac{4\pi R}{\sqrt{2R a_n}} = \frac{4\pi R}{\sqrt{2R \cdot \frac{6\pi R \rho}{3}}} =$$

$$= \frac{4\pi}{\sqrt{\frac{2 \cdot 6\pi \rho}{3}}}$$

Ответ:  $g = \frac{4G\pi R \rho}{27}$

$$T = 4\pi \sqrt{\frac{3}{2 \cdot 6\pi \rho}}$$

4



$m_1 = 3m$   
 $m_2 = 5m$   
 $\mu$   
 1)  $F_0 = ?$   
 2)  $F = ?$

Решение:

1) Если у верхнего бруска такое же ускорение, как у нижнего, то

$$F_{sp} = 0$$

$$F_0 = m_1 a$$

$$2F_0 - F_{sp} = m_2 \cdot a$$

$$F_{sp} = \mu N, \text{ т.к. } a \neq 0$$

$$N = m_1 g + m_2 g$$

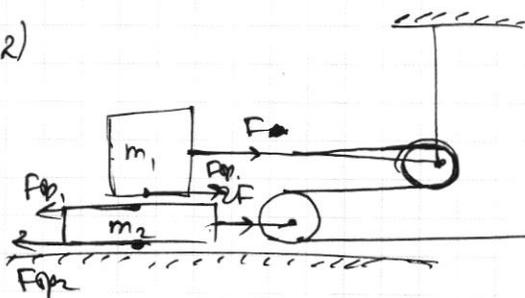
$$F_{sp} = (m_1 + m_2) g$$

$$\frac{F_0}{2F_0 - F_{sp}} = \frac{m_1}{m_2} \Rightarrow \frac{F_0}{2F_0 - \mu g (3m + 5m)} = \frac{3m}{5m}$$

$$\frac{F_0}{2F_0 - 8\mu mg} = \frac{3}{5} \Rightarrow 5F_0 = 6F_0 - 24\mu mg$$

$$F_0 = 24\mu mg$$

2)



Относительно нижнего бруска верхний движется влево.

Методом сил для бруска сверху получим зависимость от  $F_0$ .

$\Rightarrow$  сила трения, действующая не в 1 направлении

$\Rightarrow$  не  $m_1 < m_2$  - влево.

Если оба, нижний верхний движется влево  $\Rightarrow a_1 < a_2$ .

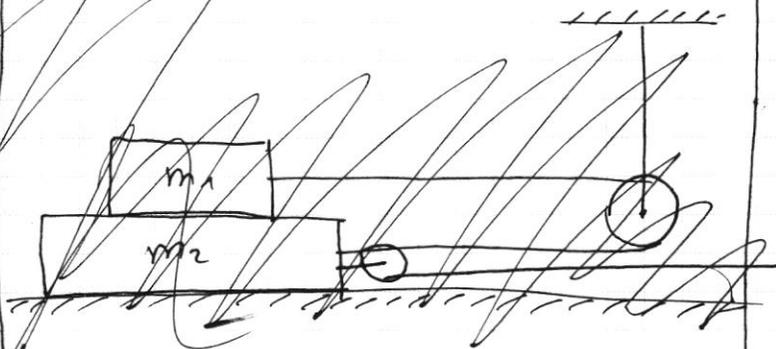
$$m_1 a_1 = F + F_{sp1}$$

$$m_2 a_2 = 2F - F_{sp1} - F_{sp2}$$

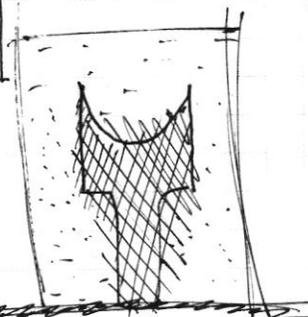
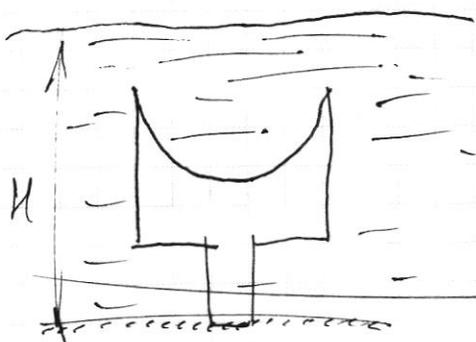
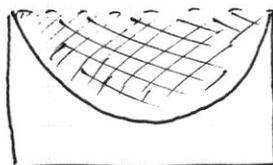
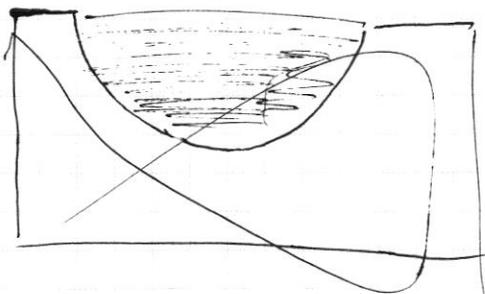
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4.  
 $m_1 = 3m$   
 $m_2 = 5m$   
 $\mu_{\text{стат}} = \mu_{\text{дн}} = \mu$   
 1)  $F_0$  - ?  
 $F_{\text{тр1}} = 0$   
 2)  $F$  - ?  
 (сильно)  
 верхний элемент  
 выско.

Решение:



$$F = \rho g V - \rho g H S$$



$$108 - = 1081 - 108 =$$

$$= \frac{1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м}^3 \cdot 10 \text{ м}^2 \cdot 10 \text{ м}}{5} - 13000 \text{ Н} \cdot 10 \text{ м} = 20000 \text{ Н} - 13000 \text{ Н} = 7000 \text{ Н}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4 (Продолжение)

$$F_{\text{тр}1} = \mu m_1 g$$

$$F_{\text{тр}2} = \mu N = \mu (m_1 + m_2) g$$

$$a_1 = \frac{F}{m_1} + \mu g$$

$$a_2 = \frac{2F}{m_2} - \mu g \cdot \frac{m_1}{m_2} - \frac{\mu g (m_1 + m_2)}{m_2} = \frac{2F}{m_2} - \mu g \cdot \frac{m_1}{m_2} - \mu g \frac{m_1}{m_2} - \mu g =$$

$$= \frac{2F}{m_2} - \frac{2m_1}{m_2} \cdot \mu g - \mu g$$

Условие движения вправо 1 ось 2:

$$a_1 < a_2$$

$$\Rightarrow \frac{F}{m_1} + \mu g < \frac{2F}{m_2} - \frac{2m_1}{m_2} \mu g - \mu g$$

$$\frac{F}{3m} + \mu g < \frac{2F}{5m} - \frac{2 \cdot 3m}{5m} \mu g - \mu g$$

$$\frac{F}{3m} + \mu g < \frac{2F}{5m} - \mu g \left(1 + \frac{6}{5}\right)$$

$$\frac{F}{3m} + \mu g \left(2 + \frac{6}{5}\right) < \frac{2F}{5m}$$

$$\frac{F}{3m} + 3,2 \cdot \mu g < \frac{2F}{5m}$$

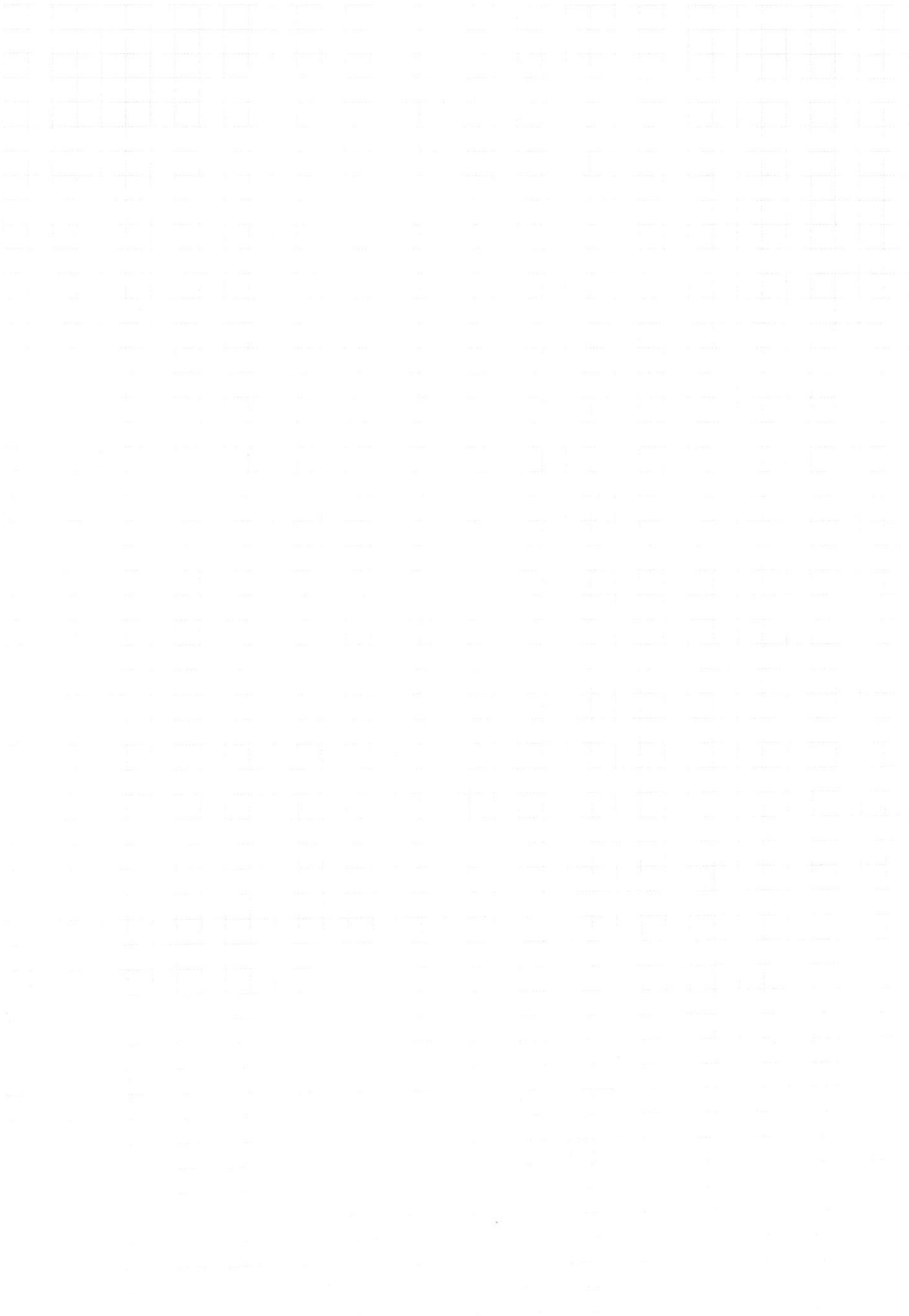
$$3,2 \mu g < \frac{F}{15m}$$

$$\Rightarrow F > 3,2 \mu g \cdot 15m$$

$$F > 48 \mu g \Rightarrow \text{миним. } F = 48 \mu g$$

$$\begin{array}{r} \times 15 \\ 3,2 \\ \hline 15 \cdot 32 = 480 \\ \hline 10 \end{array} = \frac{15 \cdot 32}{5} = \frac{480}{5} = 96$$

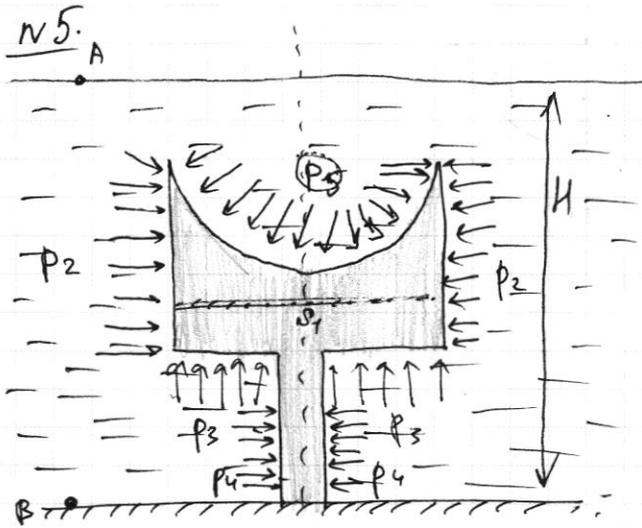
Ответ:  $F_0 = 24 \mu m g$ ;  $F = 48 \mu m g$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$H = 3 \text{ м}$   
 $V = 5 \text{ гм}^3$   
 $S = 10 \text{ см}^2$   
 $\rho = 1 \text{ г/см}^3$   
 $P_0 = 100 \text{ кПа}$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   
 1)  $P_1 = ?$   
 2)  $F = ?$

Решение:

1)  $P_A = P_0$

$P_1 = P_B = P_A + \rho g H = P_0 + \rho g H$  - давление у дна

$P_1 = P_0 + \rho g H = 100\,000 \text{ Па} + 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 3 \text{ м} =$

$= 100\,000 \text{ Па} + 30\,000 \text{ Па} = 130 \text{ кПа}$

2) Рассмотрим на рисунке стрелки, как давит вода

$P_5$  - давление на сгр.

$P_2$  - давление на боковые сгр.

$P_3$  - давление сверху на поверхность

$P_4$  - давление боковое на поверхность.

Рассмотрим дащие или давление.

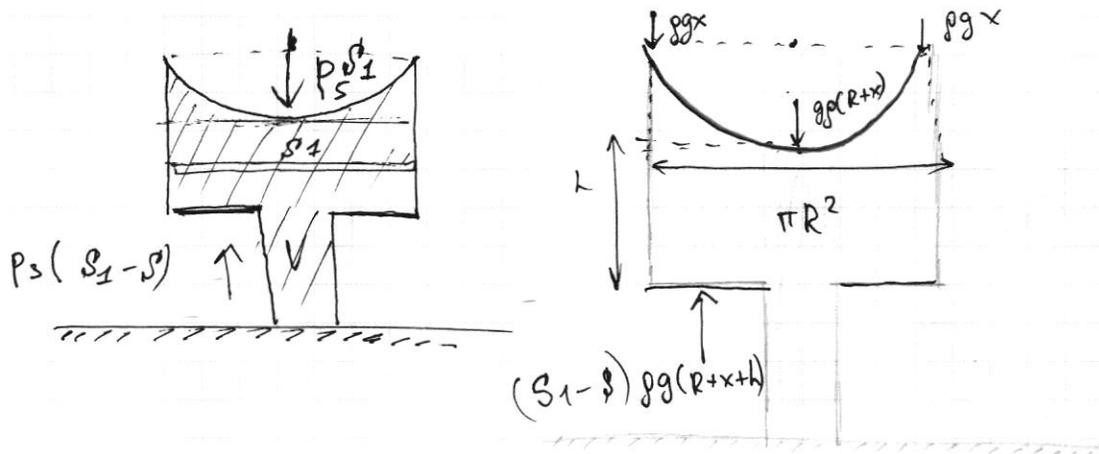
$P_5$ : давление на боковую поверхность сгр. манометра.

$\Rightarrow$  нас интересует:  $P_5$  направлена вниз.

$P_2$ : давление на боковую поверхность нас не интересует, тк сила манометра и  $P_2$  справа и слева будут скомпенсированы.

$P_3$ : направлено вверх  $\Rightarrow$  нас интересуют

$P_4$ : направлено горизонтально. Концентрично расположено  $\Rightarrow$  действие стенок и сила концентричная



Предполагаем, что было бы подтекание.

Тогда:  $F_A = \rho g V$  - действующая вверх

Но подтекания нет  $\Rightarrow$  еще  $F_1 = P_1 \cdot S$  - действ. вниз  
в (1) соприкосновения кельежки и дна.

$$\Rightarrow F = \rho g \left( -V + S \left( h + \frac{P_0}{\rho g} \right) \right) = \text{~~80 Н~~} 80 \text{ Н}$$

Ответ:  $P_1 = P_0 + \rho g H = 130 \text{ кПа}$

$$F = -\rho g V + S (P_0 + \rho g H) = 80 \text{ Н}$$

Направлено вниз.