

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-04

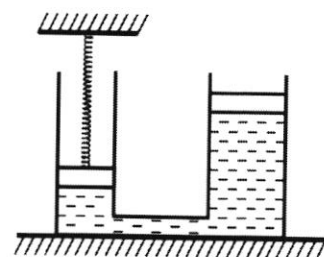
Шифр

(заполняется секретарём)

1. С высокой башни экспериментатор бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с. После достижения максимальной высоты камень пролетает рядом с экспериментатором и падает вниз на землю.

- 1) Через какое время  $t$  после броска величина скорости камня будет равна  $3V_0$ ?
- 2) Найдите путь  $S$ , пройденный камнем от момента броска до момента достижения камнем скорости  $3V_0$ . 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 которые 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  $2S$ . Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения  $g$ .

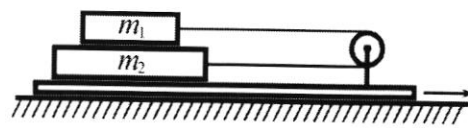


- 1) Найдите разность  $h$  уровней жидкости в сосудах.
- 2) На правый поршень положили груз массой  $m$ . Найдите массу  $M$  груза, который следует положить на левый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

3. У двух планет Альфа-1 и Альфа-2 одинаковые радиусы  $R$ , а плотности планет равны, соответственно,  $\rho_1 = \rho$  и  $\rho_2 = 3\rho$ . Гравитационная постоянная  $G$ . Объём шара  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .

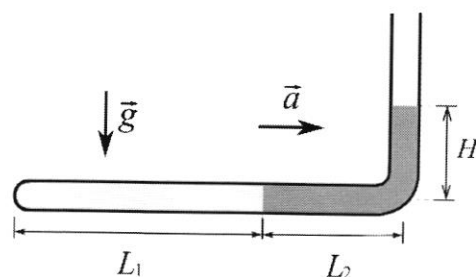
- 1) Найдите ускорение  $g$  свободного падения на расстоянии  $5R$  от центра планеты Альфа-1.
- 2) Найдите отношение  $T_2/T_1$  периодов обращения спутников, которые движутся по круговым орбитам вокруг данных планет. Высоты орбит спутников равны, соответственно  $h_1 = R$  и  $h_2 = 2R$ .

4. На горизонтальном столе находится доска, на которой укреплен неподвижный блок, а также бруски, соединённые нитью. Массы брусков  $m_1 = 2m$ ,  $m_2 = 3m$ . Коэффициент трения скольжения верхнего бруска по нижнему равен  $\mu$ , трение между доской и нижним бруском отсутствует. Доску приводят в движение с постоянным ускорением, направленным вправо. Массой нити и блока, а также трением в оси блока можно пренебречь.



- 1) Найдите максимальное ускорение  $a_0$  доски, при котором бруски не будут проскальзывать относительно друг друга.
- 2) Найдите силу  $T$  натяжения нити, если доска движется с ускорением  $a > a_0$ .

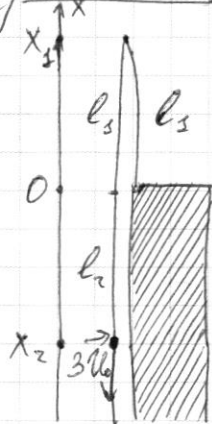
5. Тонкая изогнутая трубка состоит из горизонтального участка, запаянного с одного конца, и вертикального участка, открытого в атмосферу. Трубка заполнена двумя несмешивающимися жидкостями: плотности  $\rho_1$  в горизонтальном участке, и плотности  $\rho_2$  в горизонтальном и вертикальном участках (см. рис.). Трубка движется с ускорением  $a = g/6$ , направленным горизонтально. Геометрические размеры указаны на рисунке,  $H = L$ ,  $L_1 = 4L$ ,  $L_2 = 3L$ . Атмосферное давление  $P_0$ .



- 1) Найдите давление  $P_1$  в жидкости в месте изгиба трубки.
- 2) Найдите давление  $P_2$  в жидкости у запаянного конца трубки.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1



$$1) \vec{v}(t) = \vec{v}_0 - g t$$

Скорость, по модулю равную  $3v_0$ , камень будет иметь при падении вниз, т.е. поэтому

$$|3v_0| = -3v_0$$

$$-3v_0 = v_0 - g t$$

$$4v_0 = g t$$

$$t = \frac{4v_0}{g} = \frac{4 \cdot 12}{10} = \boxed{4.8 \text{ c}}$$

$$2) S = 2l_1 + l_2 = 2|x_3| + |x_2|$$

$x_3$  - точка максимальной высоты ~~в~~ подъёма

$x_2$  - точка, в которой камень имеет скорость  $3v_0$

$l_1$  - соответственно, расстояние от точки пуска до  $x_3$

$l_2$  - расстояние от точки пуска до  $x_2$ .

$$v(t_{\text{пог}}) = v(t_{\text{пог}}) = 0$$

$$v_0 = g t_{\text{пог}}$$

$$t_{\text{пог}} = \frac{v_0}{g} = \frac{12}{10} = 1.2 \text{ c}$$

$$x(t) = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$x_3 = v_0 t_{\text{пог}} - \frac{g t_{\text{пог}}^2}{2} = 12 \cdot 1.2 - \frac{10 \cdot 1.2^2}{2} =$$

$$S = 2 \cdot |7.2| + |-57.6| =$$

$$= 14.4 + 57.6 =$$

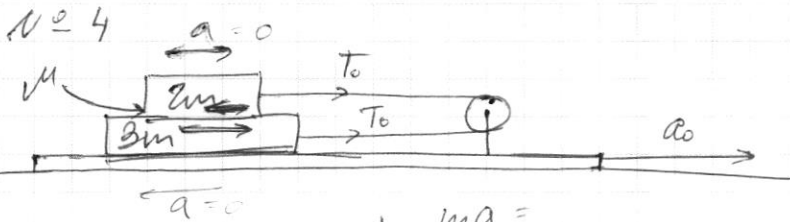
$$= \boxed{72 \text{ м}}$$

$$= 1.2 \left( 12 - \frac{10 \cdot 1.2}{2} \right) = 1.2 \cdot 6 = 7.2 \text{ м}$$

$$x_2 = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = 12 \cdot 4.8 - \frac{10 \cdot 4.8^2}{2} =$$

$$= 4.8 (12 - 24) = 4.8 \cdot (-12) = -57.6 \text{ м}$$

Ответ: 1) 4.8 с; 2) 72 м.



$$F_{fp} \leq \mu N$$

$$F_{fp} = 0$$



$$N = 2mg$$

$$1) \quad ma =$$

$$3ma_0 = T_0 - F_{fp} \quad 2ma_0 =$$

$$3ma_0 = T_0 + F_{fp}$$

$$T_0 = 3ma_0 + F_{fp}$$

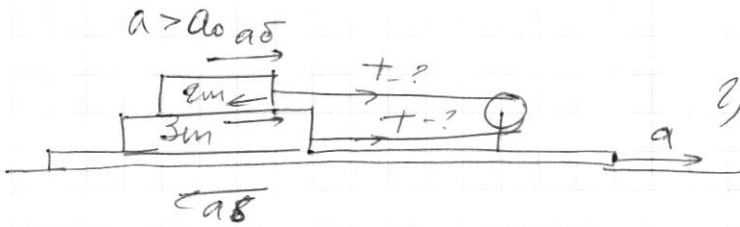
$$2ma_0 = T_0 + F_{fp}$$

$$T_0 = 2ma_0 + F_{fp}$$

$$3ma_0 + F_{fp} = 2ma_0 + F_{fp}$$

$$ma_0 = F_{fp}$$

$$a_0 = \frac{2F_{fp}}{m} = \frac{2\mu N}{m} = \frac{2\mu \cdot 2mg}{m} = \boxed{4\mu g}$$



$$2) \quad \begin{cases} 2ma_0 = T - F_{fp} \\ 3ma_0 = T + F_{fp} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2ma_0 = T - F_{fp} \\ -3ma_0 = T + F_{fp} \end{cases}$$

$$\frac{T - F_{fp}}{2m} = -\frac{T + F_{fp}}{3m}$$

$$\frac{F_{fp} - T}{2} = \frac{T + F_{fp}}{3}$$

$$\cancel{m}$$

$$3T + 2F_{fp} = 3F_{fp} - 3T$$

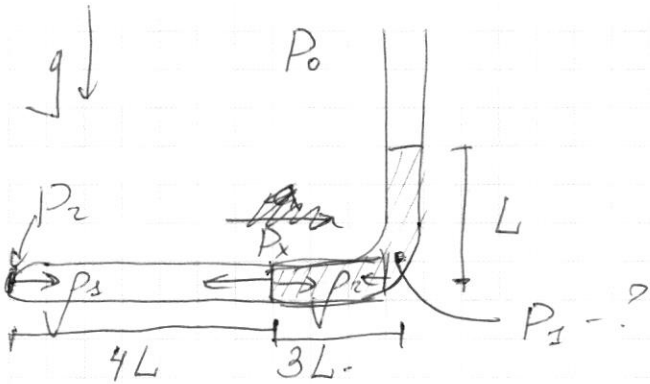
$$5T = F_{fp}$$

$$T = \frac{F_{fp}}{5} = \frac{\mu N}{5} = \frac{\mu 2mg}{5} = \boxed{0.4\mu mg}$$

$$a_0 = \frac{T - F_{fp}}{2m}$$

$$a_0 = \frac{T + F_{fp}}{-3m}$$

$$\frac{2}{5} = \frac{4}{10} = 0.4$$



$$P_1 = P_0 + \rho_2 g L$$

$$m_2 = \rho_2 \cdot 3L \cdot S =$$

$$= 3LS \cdot \rho_2$$

$$m_3 = \rho_1 \cdot 4L \cdot S =$$

$$= 4LS \cdot \rho_1$$

$$m_2 a = P_x S + P_1 S$$

$$m_1 a = P_2 S - P_x S$$

$$\frac{g}{6} \quad P_x S = m_2 a + P_1 S$$

$$m_1 a = P_2 S - m_2 a - P_1 S$$

$$4LS \rho_1 \frac{g}{6} = P_2 S = (m_1 + m_2) a + P_1 S$$

$$P_2 S = (4LS \rho_1 + 3LS \rho_2) \frac{g}{6} + P_0 S + \rho_2 g L S$$

$$P_2 = gL \left( \frac{4}{6} \rho_1 + \frac{3}{6} \rho_2 \right) + P_0 + \rho_2 g L$$

$$P_2 = gL \left( \frac{2}{3} \rho_1 + \frac{1}{2} \rho_2 \right) + P_0 + \rho_2 g L$$

$$P_2 = gL \left( \frac{2}{3} \rho_1 + \frac{3}{2} \rho_2 \right) + P_0$$

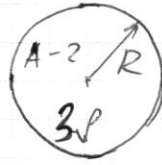
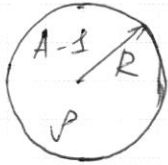
$$\frac{2 \cdot 2}{3 \cdot 2} \rho_1 + \frac{3 \cdot 3}{2 \cdot 3} \rho_2 =$$

$$= \frac{4}{6} \rho_1 + \frac{9}{6} \rho_2 =$$

$$= \frac{1}{6} (4\rho_1 + 9\rho_2)$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

### Задача №3



$$g = \frac{G \cdot M}{v^2}, \text{ где } M - \text{масса планеты, } v - \text{расстояние от ее центра до объекта.}$$

$M_1$  - масса Аюгра-1  
 $M_2$  - масса Аюгра-2

$$1) M_1 = V \rho_1 = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$$

$$g = \frac{G \cdot 4 \pi R^3 \rho}{3 \cdot (5R)^2} = \boxed{\frac{4}{75} G \pi R \rho}$$

2)  $v_1$  - первая космическая скорость.  
Её можно получить, приняв  $g$  за нормальное ускорение при движении тела по окружности (орбите планеты)

$a_n = \frac{v_1^2}{R}$ , тогда  $\Pi$  закон Ньютона для тела на орбите:

$$a_n = \frac{v_1^2}{R}$$

$$m \frac{v_1^2}{R} = mg \quad m \frac{v_1^2}{v} = mg$$

$$T = \frac{l}{v_1}, \quad l - \text{длина орбиты}$$

$v_{11}$  - первая косм. скорость для Аюгра-1  
 $v_{12}$  - первая косм. скорость для Аюгра-2  
 $l_1$  - длина орбиты спутника Аюгра-1  
 $l_2$  - длина орбиты спутника Аюгра-2

$$v_{11} = \sqrt{g_1 v_1} = \sqrt{\frac{G M_1 v_1}{v_1^2}} = \sqrt{\frac{G M_1}{v_1}} = \sqrt{\frac{G \cdot 4 \pi R^3 \rho}{3 \cdot 4 R^2}} = \sqrt{\frac{G \pi R \rho}{3}}$$

$$= \sqrt{\frac{G \cdot 4 \pi R^3 \rho}{3 \cdot 2R}} = \sqrt{\frac{2 G \pi R^2 \rho}{3}} = R \sqrt{\frac{2}{3} G \pi \rho}$$

$$M_2 = V \rho_2 = \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot 3\rho = 4 \pi R^3 \rho$$

$$v_{12} = \sqrt{g_2 v_2} = \sqrt{\frac{G M_2}{v_2}} = \sqrt{\frac{G \cdot 4 \pi R^3 \rho}{3R}} = 2R \sqrt{\frac{1}{3} G \pi \rho}$$

$$l_1 = 2\pi \cdot 2R = 4\pi R$$

$$l_2 = 2\pi \cdot 3R = 6\pi R$$

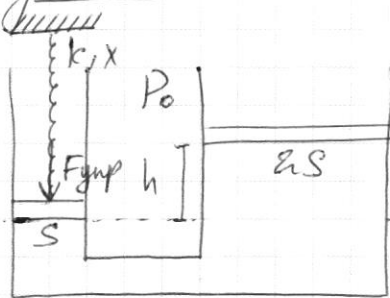
продолжение на стр. 3.

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{e_2 v_{11}}{v_{12} e_1} = \frac{e_2}{e_1} \cdot \frac{v_{11}}{v_{12}} = \frac{GTR}{4TR} \cdot \frac{\sqrt{\frac{2}{3} GTR}}{\sqrt{\frac{1}{3} GTR}}$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{\frac{2}{3}}}{\sqrt{\frac{1}{3}}} \cdot \frac{\sqrt{GTR}}{\sqrt{GTR}} = \frac{3}{4} \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{3}{1}} = \boxed{\frac{3\sqrt{2}}{4}}$$

Ответ: 1)  $\frac{4}{75} GTR$ ; 2)  $\frac{3\sqrt{2}}{4}$ .

### Задача № 2



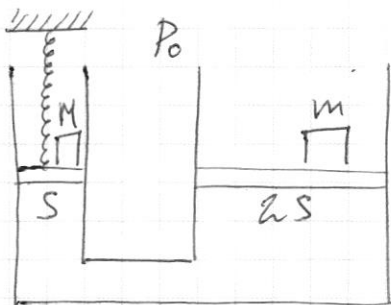
1)  $P_0$  - атмосферное давление

В сообщающихся сосудах давление на одном уровне одинаковое  
Равенство давлений для уровней, на которых опущен левый поршень

$$P_0 + \frac{F_{гип}}{S} = P_0 + \rho g h$$

$$\rho g h = \frac{F_{гип}}{S}$$

$$h = \frac{F_{гип}}{\rho g S} = \boxed{\frac{kx}{\rho g S}}$$



2)  $x = 0 \Rightarrow F_{гип} = 0$

$$P_0 + \frac{M}{S} = P_0 + \frac{m}{2S}$$

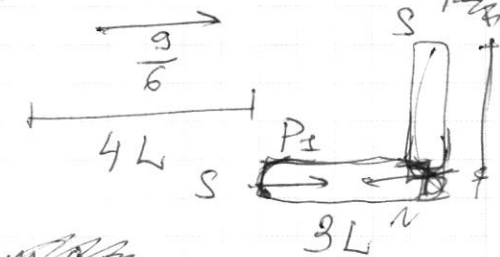
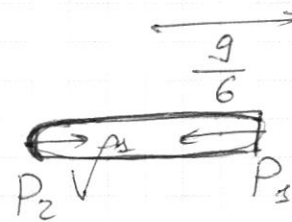
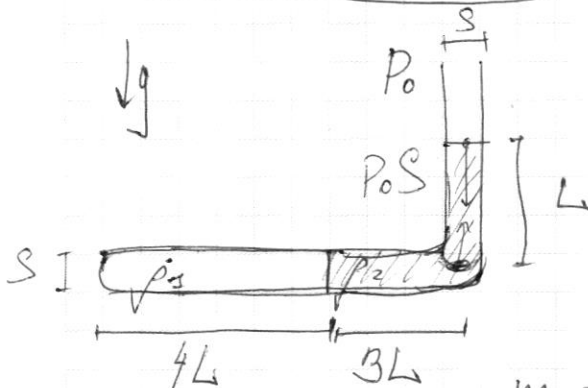
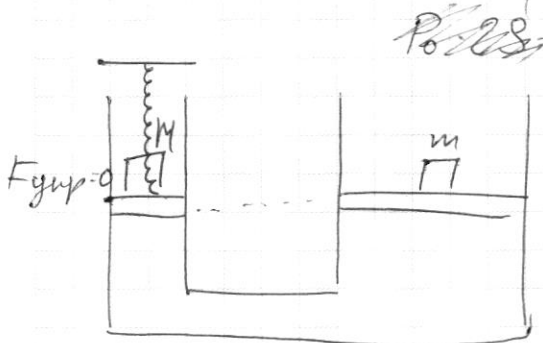
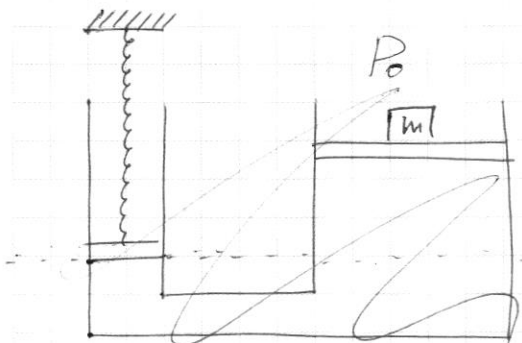
$$\frac{M}{S} = \frac{m}{2S}$$

$$M = \boxed{\frac{m}{2}}$$

Ответ: 1)  $\frac{kx}{\rho g S}$ ; 2)  $\frac{m}{2}$ .



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~$P = \frac{F}{S}$~~   
 ~~$P_0 + \frac{F_{\text{упр}}}{S} = P_0 + \rho g h = P_0 + \rho g h + \frac{mg}{2S}$~~   
 ~~$F_{\text{упр}} = \rho g h S$~~   
 ~~$kx = \rho g h S$~~   
 ~~$h = \frac{kx}{\rho g S}$~~   
 ~~$P_0 + \frac{F_{\text{упр}}}{S} = P_0 + \rho g h = P_0 + \rho g h + \frac{mg}{2S}$~~   
 ~~$Mg = \rho g h S + mg$~~

1)  $P_0 + \frac{F_{\text{упр}}}{S} = P_0 + \rho g h$

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

2)  $mg - 2S = MgS$   
 $\frac{mg}{2S} = \frac{Mg}{S}$   
 $M = \frac{m}{2}$

1)  $P_0 + \rho_2 g L$

2)

~~$P_0 + \rho_2 g L$~~   
 ~~$P_0 + \frac{Mg}{S} = P_0 + \rho g h + \frac{mg}{2S}$~~   
 $\frac{Mg}{S} = \rho g h + \frac{mg}{2S}$

$m_1 = \rho_1 \cdot 4L \cdot S = 4LS \rho_1$

$m_1 g = P_2 S + P_1 S$

$4L \rho_1 \cdot \frac{g}{6} = P_2 S + P_1 S$

$\frac{2}{3} \rho_1 g L = P_2 + P_1$

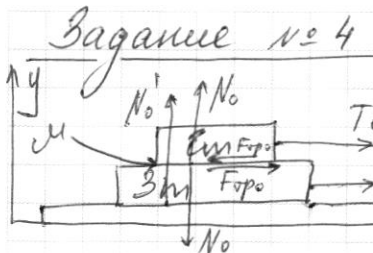
$\frac{2}{3} \rho_1 g L = P_2 + P_0 + \rho_2 g L$

$P_2 = \frac{2}{3} \rho_1 g L - P_0 - \rho_2 g L$

$P_2 = gL \left( \frac{2}{3} \rho_1 - \rho_2 \right) - P_0$

~~$P_2 = \rho_2 \cdot 3L \cdot S = 3LS \rho_2$~~

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1)  $T_0$  - сила натяжения нити при  $a_0$

т.к. проскальзывание профилей нет, их ускорения равны  $a_0$

т.к. проскальзывание блоков относительно друг друга нет, их ускорения относительно стола равны  $a_0$

$N_0$  - сила реакции опоры при  $a_0$ ,  $N_0'$  - с. реакц. см. со стороны стола.  
 $F_{тр0}$  - сила трения между блоками при  $a_0$

$$F_{тр} \leq \mu N$$

II закон Ньютона для верхнего блока:

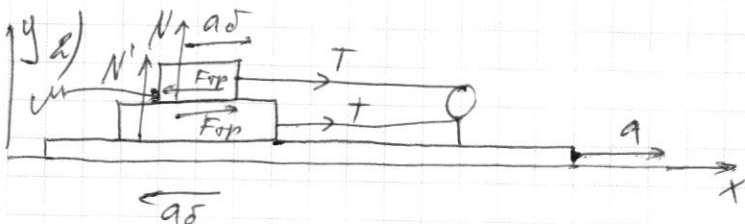
$$\begin{aligned} \vec{m}a_0 &= \vec{F}_{тр} + \vec{m}g + \vec{T}_0 + \vec{N}_0 \\ y: 0 &= 0 + \mu mg + 0 + N_0 \\ N_0 &= \mu mg \\ x: \mu ma_0 &= -F_{тр} + 0 + T_0 + 0 \\ \mu ma_0 &= T_0 - \mu mg \\ T_0 &= \mu ma_0 + \mu mg \end{aligned}$$

II закон Ньютона для нижнего блока:

$$3\vec{m}a_0 = \vec{F}_{тр0} + 3\vec{m}g + \vec{T}_0 + \vec{N}_0 + \vec{N}_0'$$

$$\begin{aligned} x: 3\mu ma_0 &= F_{тр0} + 0 + T_0 + 0 + 0 \\ 3\mu ma_0 &= \mu mg + T_0 \\ T_0 &= 3\mu ma_0 - \mu mg \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu ma_0 + \mu mg &= 3\mu ma_0 - \mu mg \\ ma_0 &= 4\mu mg \\ a_0 &= 4\mu g \end{aligned}$$



~~II закон Ньютона для верхнего блока:~~

т.к. блоки связаны нерастяжимой нитью, их ускорения равны по модулю, но противоположно направлены.  
продолжение на 4 стр. 6



~~I з. №6~~ II з. Ньютона для верхнего блока:

$$2m\vec{a} = 2m\vec{g} + \vec{T} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

$$y: 0 = N - 2mg$$
$$N = 2mg$$

$$x: 2ma = T - F_{\text{тр}}$$

$$a = \frac{T - 2\mu mg}{2m} = \frac{T}{2m} - \mu g$$

II з. Ньютона для нижнего блока:

$$3m\vec{a} = 3m\vec{g} + \vec{T} + \vec{N} + \vec{N}' + \vec{F}_{\text{тр}}$$

$$x: -3ma = T + F_{\text{тр}}$$

$$a = -\frac{T + 2\mu mg}{3m}$$

$$\frac{T - 2\mu mg}{2m} = -\frac{T + 2\mu mg}{3m}$$

$$\frac{3T - 6\mu mg}{2m} = \frac{-2T - 4\mu mg}{3m}$$
$$T = 10\mu mg$$

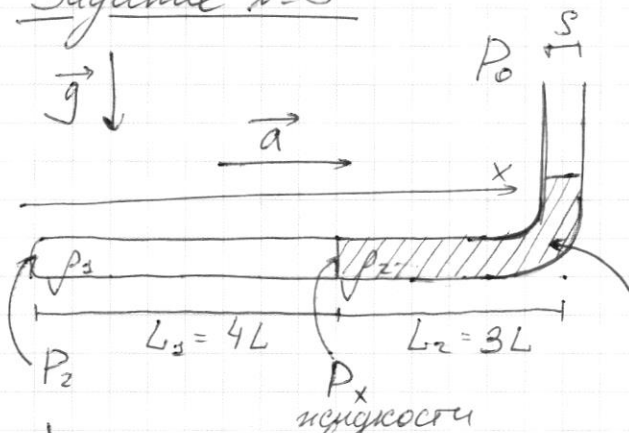
$$3T - 6\mu mg = -2T - 4\mu mg$$

$$5T = 2\mu mg \Rightarrow T = \boxed{0.4\mu mg}$$

Ответ: 1)  $4\mu g$ ; 2)  $0.4\mu g$ .

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №5



~~$\vec{a} = \frac{g}{6}$~~   $a = \frac{g}{6}$

~~$P_x = \rho_2 g L$~~   
 $P_x$  - давление на стенке жидкости

$P_1 = P_0 + \rho_2 g H = \boxed{P_0 + \rho_2 g L}$

т.к.  $\vec{a}$  направлено горизонтально, оно не влияет на давление жидкости сверху.

- 2)  $m_1$  - масса воды с плотностью  $\rho_1$   
 $m_2$  - масса части воды с плотностью  $\rho_2$ , которая расплывается на участке  $L_2$   
 $S$  - площадь поперечного сечения трубки.

$m_1 = \rho_1 \cdot L_1 \cdot S = 4LS \cdot \rho_1$      $m_2 = \rho_2 \cdot L_2 \cdot S = 3LS \cdot \rho_2$

Запишем II закон Ньютона для жидкостей с массой  $m_1$  и массой  $m_2$  (проекции на ось  $Ox$ )

$$\begin{cases} m_1 a = P_2 S - P_x S \\ m_2 a = P_x S - P_1 S \end{cases} \quad \begin{cases} P_x S = P_2 S - m_1 a \\ P_x S = m_2 a + P_1 S \end{cases}$$

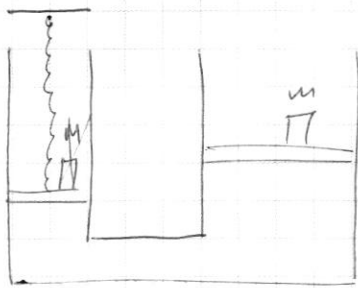
$P_2 S - m_1 a = m_2 a + P_1 S$   
 $P_2 S = (m_1 + m_2) a + P_1 S$

$P_2 S = (4LS \cdot \rho_1 + 3LS \cdot \rho_2) \cdot \frac{g}{6} + (P_0 + \rho_2 g L) S$

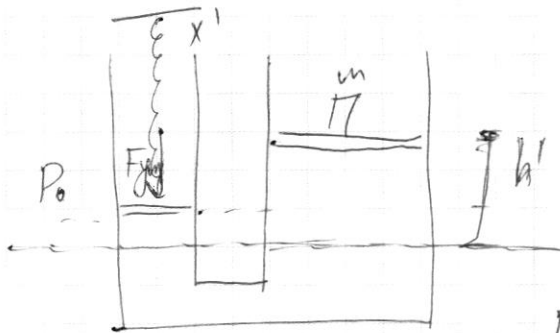
$P_2 = \left( \frac{4}{6} \rho_1 + \frac{3}{6} \rho_2 + \rho_2 \right) g L + P_0$

$P_2 = \boxed{\left( \frac{2}{3} \rho_1 + \frac{3}{2} \rho_2 \right) g L + P_0}$

Ответ: 1)  $P_1 = P_0 + \rho_2 g L$ ; 2)  $P_2 = P_0 + \left( \frac{2}{3} \rho_1 + \frac{3}{2} \rho_2 \right) g L$ .



$$h \left( \frac{kx}{\rho g S} \right)$$



~~$$P_0 + \frac{kx'}{S} = \frac{mg}{2S} + \rho g h' + P_0$$~~

$$\rho g h_1 + \frac{kx'}{S} = \frac{mg}{2S} + \rho g h_2$$

~~$$h_2 = h - \Delta h$$~~

$$h_2 = h - \Delta h_2 = h - \Delta h_2$$

$$h_1 = \Delta h_1 = 2 \Delta h_2$$

$$\Delta h_1 = 2 \Delta h_2$$

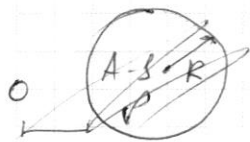
$$\Delta h_1 = 2 \Delta h_2$$

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

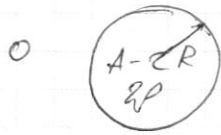
$$\rho g \Delta h_2 + \frac{kx'}{S} = \frac{mg}{2S} + \rho g h$$



№ 3



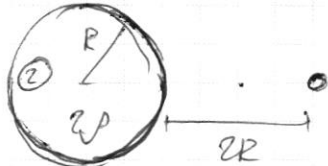
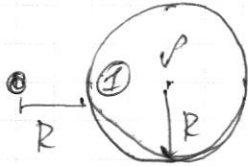
$P_0 \frac{F_{\text{грав}}}{g}$



$F_{\text{грав}} = G \frac{4\pi R^3 \rho}{3 \cdot 25 R^2}$

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

$F_T = G \frac{M M}{r^2} \quad M_i = V \cdot \rho = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$



$\frac{T_2}{T_1} = ?$

$T = \frac{e}{v_1}$



$m \frac{v_1^2}{R} = mg$

$v_1^2 = gR$

$v_s = \sqrt{gR}$

$T_1 = \frac{g \ell}{v_1}$

$\frac{T_2}{T_1} = ?$

$v_{I1} = \sqrt{\frac{G \cdot \frac{4}{3} R^3 \rho T}{2R}} = \sqrt{\frac{4GR^2 \rho T}{6}} = 2R \sqrt{\frac{G \rho T}{6}}$

$v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R^2}} = \sqrt{\frac{GM}{R}}$

$v_{I2} = \sqrt{\frac{G \cdot \frac{4}{3} R^3 \cdot 2 \rho T}{3R}} = \sqrt{\frac{8GR^2 \rho T}{9}} = \frac{2R}{3} \sqrt{2G \rho T}$

$\ell_1 = 2\pi \cdot 2R = 4\pi R$   
 $\ell_2 = 2\pi \cdot 3R = 6\pi R$

$T_1 = \frac{2\pi R}{\sqrt{\frac{4GR^2 \rho T}{6}}} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{4G \rho T}{6}}}$

$T_2 = \frac{6\pi R}{\frac{2R}{3} \sqrt{2G \rho T}} = \frac{3 \cdot 6\pi}{2 \sqrt{2G \rho T}} = \frac{9\pi}{\sqrt{2G \rho T}}$

$\frac{T_2}{T_1} = \frac{9\pi}{\sqrt{2G \rho T}} \cdot \frac{\sqrt{\frac{4G \rho T}{6}}}{2\pi} = \frac{9}{2} \sqrt{\frac{4}{6}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{9}{2} \sqrt{\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{2}} = \frac{9}{2} \sqrt{\frac{1}{12}} = \frac{9}{4} \sqrt{\frac{1}{3}}$

$\frac{9}{4} = \frac{3 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{\frac{1}{3}}}{4} = \frac{3 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{\frac{1}{3}}}{4} = \frac{3 \cdot 1}{4} = \frac{3}{4}$

$g = 3 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{3}$

$\frac{9}{4} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{\frac{1}{3}} = \frac{3 \cdot \sqrt{\frac{1}{3}}}{4} = \frac{3 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}}{4} = \frac{3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{3}}{4} = \frac{\sqrt{3}}{4}$

~~$v_{I1} = R \sqrt{\frac{2}{3} G \rho T}$~~

$v_{I1} = R \sqrt{\frac{2}{3} G \rho T}$

$v_{I2} = \frac{2R}{3} \sqrt{\frac{1}{3} G \rho T}$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №1  
1)  $v = v_0 - gt$

$$3v_0 = v_0 - gt$$

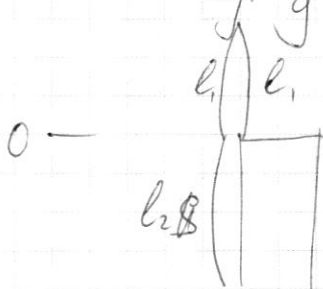
$$3v_0 = gt + v_0$$

$$4v_0 = gt$$

$$t = \frac{4v_0}{g} = 0.4 \frac{v_0}{g} = \frac{4 \cdot 12}{10} = \underline{4.8 \text{ с}}$$

$$\begin{array}{r} \times 4.8 \\ 12 \\ \hline 48 \\ \times 12 \\ 48 \\ \hline 196 \\ + 48 \\ \hline 57.6 \end{array}$$

2)  $v_0 = gt_{\text{ног}}$   
 $t_{\text{ног}} \cdot \frac{v_0}{g} = \frac{12}{10} = 1.2 \text{ с}$



$$S = 2l_1 + l_2$$

$$l_2 = |x_2| = 57.6$$

$$x_2 = v_0 t_{\text{ног}} - \frac{gt_{\text{ног}}^2}{2} =$$

$$= 12 \cdot \frac{12}{10} - \frac{10 \cdot 144}{2 \cdot 100} =$$

$$= \frac{144}{10} - \frac{144}{20} = \frac{144}{20} \left(1 - \frac{1}{2}\right) =$$

$$= \frac{144}{20} = \frac{72}{10} = 7.2$$

$$S = 2 \cdot 7.2 + 57.6 = \underline{72 \text{ м}}$$

$$= 14.4 + 57.6 = \underline{72 \text{ м}}$$

$$l_2 = |7.2| = 7.2 \text{ м}$$

$$x_2 = v_0 t - \frac{gt^2}{2} =$$

$$= 12 \cdot 4.8 - \frac{10 \cdot 4.8^2}{2} =$$

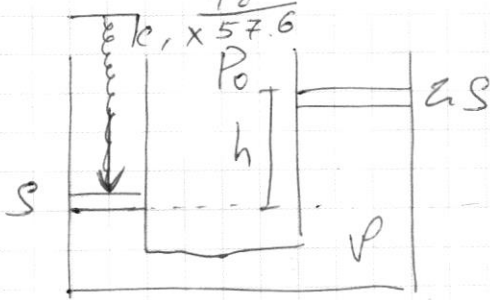
$$= 4.8 \left(12 - \frac{48}{2}\right) = 4.8 \cdot (-12) =$$

$$= -57.6$$

~~$$48 + 57.6 = 54.6$$~~

$$\begin{array}{r} + 14.4 \\ 57.6 \\ \hline 72.0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 4.8 \\ 12 \\ \hline + 196 \\ 48 \\ \hline \end{array}$$



$$P_0 S + F_{\text{упр}} = (P_0 + \rho g h) 2S$$

$$P_0 S + kx = 2P_0 S - 2\rho g h S$$

$$kx = P_0 S - 2\rho g h S$$

$$2\rho g h S = P_0 S - kx$$

$$h = \frac{P_0}{2\rho g h} - \frac{kx}{2\rho g h S} = \frac{1}{2\rho g h} \left(P_0 - \frac{kx}{S}\right)$$