

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

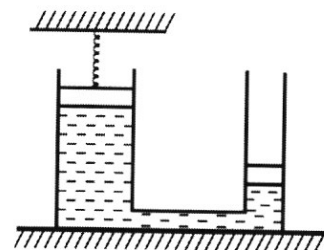
## Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

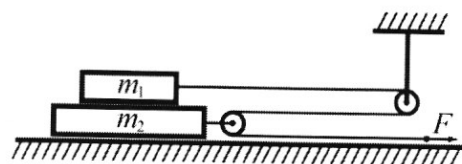
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
- Ускорение свободного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

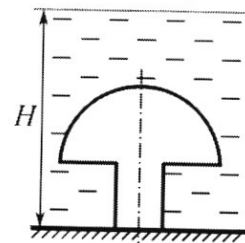


- 1) Найдите деформацию  $x$  пружины.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная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

N1  

$$\frac{v_0}{3} = 4 \frac{m}{c}$$

на самом деле все ветви накладываются друг на друга, неверный рисунок сделан для наглядности.

Поскольку траектория полёта - парабола, то точку с данной скоростью и высотой он пройдёт дважды.

$$t_1 = \frac{v_0 - \frac{v_0}{3}}{g} = 0,8c$$

$$t_2 = \frac{v_0 + \frac{v_0}{3}}{g} = 1,6c$$

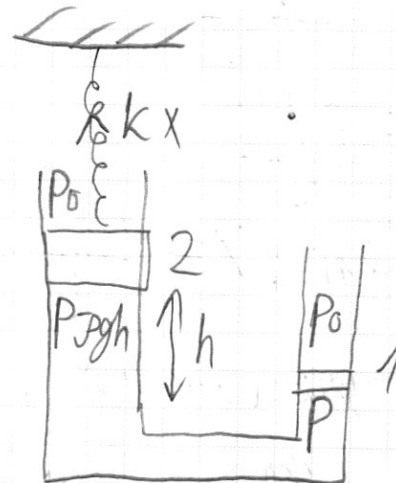
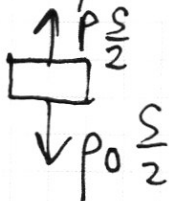
$$h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 9,6 - 3,2 = 6,4 m$$

$$h = v_0 t_2 - \frac{g t_2^2}{2} = 19,2 - 12,8 = 6,4 m$$

Ответ:  $t_1 = 0,8c$ ;  $t_2 = 1,6c$ ;  $h = 6,4 m$ .

N2  $p_0$  - атм. давление.

1) Рассмотрим поршень 1:



так как поршень невесомый, то на него действуют две силы:  $p_0 \frac{S}{2}$  снаружи и  $p \frac{S}{2}$  изнутри ( $p$  - неизв. давление).

$$\sum F_i = 0, \text{ так как } a = \infty, \text{ т.е. } p_0 \frac{S}{2} = p \frac{S}{2} \Rightarrow p_0 = p$$

2) Рассмотрим поршень 2:  $p_0 S = (p_0 - \rho g h) S + kx$

$$p_0 S = p_0 S - \rho g h S + kx$$

$$\rho g h S = kx$$

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

3)  $x=0 \Rightarrow kx=0$

поэтому рассмотрим  
второй поршень:

$$p_0 S = (p - \rho g h) S$$

$$p_0 = p - \rho g h$$

$$p = p_0 + \rho g h$$

4) рассмотрим первый поршень:

$$p_0 \frac{S}{2} + mg = (p_0 + \rho g h) \frac{S}{2}$$

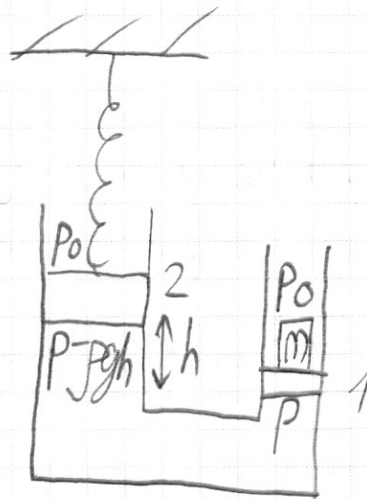
$$p_0 \frac{S}{2} + mg = p_0 \frac{S}{2} + \frac{\rho g h S}{2}$$

$$mg = \frac{\rho g h S}{2}$$

$$m = \frac{\rho h S}{2}$$

$$\text{Ответ: } x = \frac{\rho g h S}{k}; m = \frac{\rho h S}{2}.$$

$p$  в пунктах (1) и (2) не одно и то же, что  
 $p$  в пунктах (3) и (4). они разные



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\sqrt{3}$   $m$  - масса планеты;  $M$  - масса спутника

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

$$1) r = 2R; g = G\frac{M}{r^2} = G\frac{\frac{4}{3}\pi\rho R^3}{3R^2} = \frac{G\pi\rho R}{3}$$

2)  $M\omega^2 R = F$ , где  $F$  - сила грав. взаим.,  $\omega$  - угл. ср.

$$M\omega^2 R = G\frac{Mm}{(R+h)^2}$$

$$\omega^2 R = \frac{4G\pi\rho R^3}{6,75R^2} \Rightarrow \omega = 2\sqrt{\frac{G\pi\rho}{6,75}}$$

$$\omega T = 2\pi$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \sqrt{\frac{6,75\pi}{G\rho}}$$

Ответ:  $g = \frac{G\pi\rho R}{3}; T = \sqrt{\frac{6,75\pi}{G\rho}}$

Или  $m_1 = 2m; m_2 = 3m$

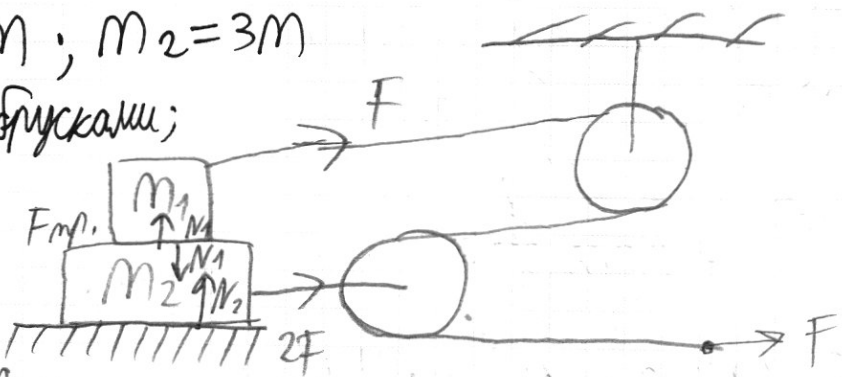
1)  $F_{\text{впр.}}$  - между блоками;

$F_{\text{впр.о}}$  - между  $m_2$  и полом.

$$F_{\text{впр.}} = 0$$

$$F_{\text{впр.о}} = \mu N_2$$

$$F_{\text{впр.о}}$$



$$2) N_1 - m_1 g = 0 \Rightarrow N_1 = m_1 g = 2mg$$

$$3) N_2 - N_1 - m_2 g = 0 \Rightarrow N_2 = N_1 + m_2 g = 5mg$$

4) Пусть  $m_2$  движется с ускорением  $a_2$ ;  $m_1$  с ускорением  $a_1$ . Но так как  $F_{\text{впр.}} = 0 \Rightarrow a_1 = a_2 = a$

$$\begin{cases} 5) 2F_0 - F_{\text{тр.0}} = m_2 a \\ 6) F_0 = m_1 a \Rightarrow F_0 = 2ma \end{cases}$$

$$5) 4ma - 5\mu mg = 3ma$$

$$ma = 5\mu mg$$

$$a = 5\mu g$$

$$F_0 = 10\mu mg$$

7) Вопрос 2: чтобы произошло данное событие нужно,

чтобы  $a_2 > a_1$ . Так как мы рассматриваем крайний случай, то  $a_2 = a_1$ . При этом  $F_{\text{тр.}}$  — скольжения, так как брусок  $m_2$  пришел в движение.

8)  $F_{\text{тр.}} = \mu N_1 = 2\mu mg$

$$8) 2F - F_{\text{тр.}} - F_{\text{тр.0}} = m_2 a$$

$$9) F + F_{\text{тр.}} = m_1 a$$

$$8) 2F - 7\mu mg = 3ma$$

$$9) F + 2\mu mg = 2ma$$

$$\frac{8)}{9)} \Rightarrow \frac{2F - 7\mu mg}{F + 2\mu mg} = \frac{3}{2}$$

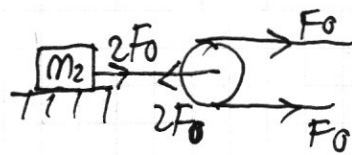
$$3F + 6\mu mg = 4F - 14\mu mg$$

$$20\mu mg = F$$

Ответ:  $F_0 = 10\mu mg$ ;  $F = 20\mu mg$ .

\* а при нахождении  $F_0$  и  $a$  при нахождении  $F$  не одно и то же. Они разные.

\* так как нить одна, то на всех участках сила натяжения одинакова. У бруска  $m_2$   $T = 2F_0$ , так как диск невесомый  $\Rightarrow \sum F_i = 0$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

$$P_1 = \rho_0 + \rho g H = 125000 \text{ Па} = 125 \text{ КПа}$$

Пластик как клей

затвердел

⇒ под давлением

конструкцией вода

не затекает ⇒ силы

со стороны дна на конструкцию (силы давления воды)

нет. Рассмотрим силы давления на конструкцию:

на каждую точку действуют силы давления. Их

очень много (обозначим маленькими стрелками

и не подписываем). Они имеют несколько

результантных сил (подписываем). При этом

горизонтальные проекции дающих сил взаимноуничтожаются,

и остаются только вертикальные

(так как конструкция симметрична).

Рассмотрим эти силы: приблизим конструкцию

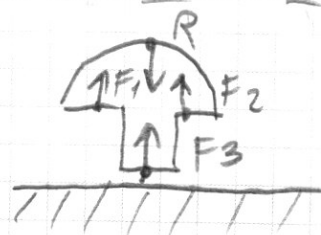
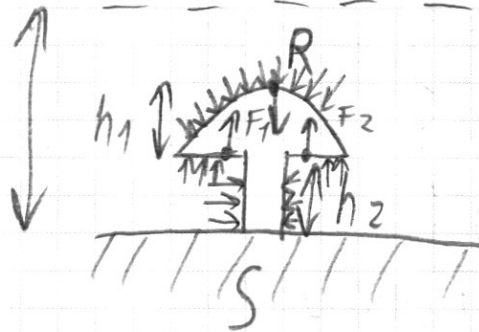
от дна так, чтобы туда затекла вода.

$\vec{R}$  — сила со стороны

кулака;  $\vec{F}_1 = \vec{F}_2$  — силы

со стороны "шляпки";

$F_3$  — сила от дна.



Так как мы применили конструкцию, теперь мы можем сказать, что равнодействующая всех сил — сила Архимеда:

$$\vec{R} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{F}_a$$

Мы можем только посчитать некоторые силы:

$$F_3 = (\rho_0 + \rho g) M S = \rho_1 S = 250 \text{ Н}$$

$$F_a = \rho V g = 80 \text{ Н}$$

проекции:  $R = -R$ ;  $F_1 = F_1$ ;  $F_2 = F_2$ ;  $F_3 = 250 \text{ Н}$ ;  
 $F_a = 80 \text{ Н}$

$$-R + F_1 + F_2 + 250 = 80$$

$$F_1 + F_2 - R = -170 \text{ Н}$$

Но в действительности

$F_3$  не существует,

а, следовательно, результирующая сила ( $F$ )

~~не равна~~ не равна  $F_a = \rho V g$ . Заметим, что  $F_a$  — результирующая всех сил, действующих\*

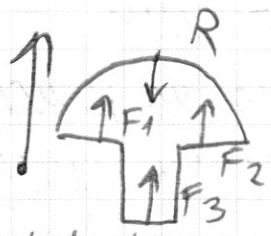
на тело:  $\vec{F}_a = \vec{R} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$ . В итоге

$F$  (исковая сила) =  $\vec{R} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ . А значение данного выражения мы знаем.

$F = 170 \text{ Н}$ , направлена вниз.

Ответ:  $\rho_1 = 125 \text{ кПа}$ ;

$F = 170 \text{ Н}$ , направлена вниз.



нарисовал  $F_a$  слева, чтобы не перепутать рисунок



\* когда вода обтекает тело со всех сторон

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

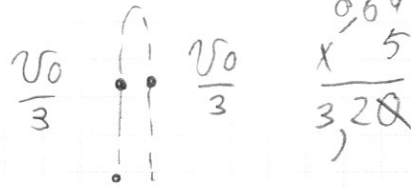
$$\frac{v_0}{3} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t_1 = \frac{v_0 - \frac{v_0}{3}}{g} = 0,8 \text{ с}$$

$$t_2 = \frac{v_0 + \frac{v_0}{3}}{g} = 1,6 \text{ с}$$

$$h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 9,6 - 3,2 = 6,4 \text{ м}$$

Ответ:  $t_1 = 0,8 \text{ с}$ ;  $t_2 = 1,6 \text{ с}$ ;  $h = 6,4 \text{ м}$        $19,2 - 12,8 = 6,4$



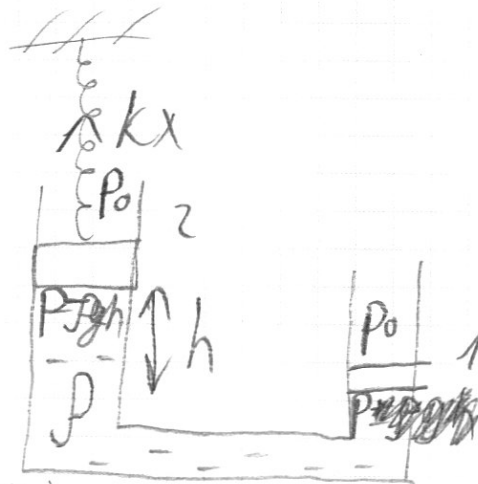
$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$  (зге)  
R - расст. между  
2 материал. точк.

№2 По-амм. габ.  
1) Рассм. пружинь 1:



так как пружинь невесомый,  
по на него действуют две  
силы  $P_0 S$  сверху и  
 $P S$  снизу ( $\rho$ -наизв. давление)



$$\sum F_i = 0, \text{ иначе } a = \infty, \text{ т.е. } P_0 S = P \frac{S}{2} \Rightarrow P_0 = P$$

2) Рассм. пружинь 2:  $P_0 S = (P_0 - \rho g h) S + kx$

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

$$\rho g h S = kx$$

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

~~$3 F_0 = 5 \rho g S = 5 m a$   
 $a = \dots$~~   
 ~~$2 F_0 = 5 \rho g S = 0$        $F_0 = 3,5 \rho g S$~~   
 ~~$2,5 \rho g S = 2 m$~~



$$3) X=0 \Rightarrow kx=0$$

вот так мы рассмотрим второй вариант;

$$P_0 S = (P - \rho g h) S$$

$$P_0 = P - \rho g h$$

$$P = P_0 + \rho g h$$

4) рассмотрим первый вариант;

$$P_0 \frac{S}{2} + mg = (P_0 + \rho g h) \frac{S}{2}$$

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

$$mg = \frac{\rho g h S}{2}$$

$$m = \frac{\rho h S}{2}$$

Ответ:  $x = \frac{\rho g h S}{k}$ ;  $m = \frac{\rho h S}{2}$ .

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

~~$$g = G \frac{M}{(R+h)^2}$$~~

$$1) r = 2R; g = G \frac{m}{r^2} = G \frac{\rho \pi R^3}{3R^2} = G \rho \pi R$$

$$2) M \omega^2 R = F, \text{ где } F - \text{ув. взаим. } \omega - \text{угл. ср.}$$

$$M \omega^2 R = G \frac{M m}{(R+h)^2}$$

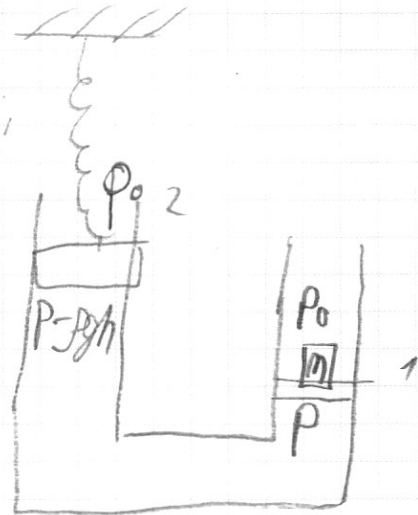
*M - масса спутника*

$$\omega^2 R = \frac{G m}{2,25 R^2}; \omega^2 R = \frac{4 G \rho \pi R^3}{6,75 R^2}; \omega^2 = \frac{4 G \rho \pi}{6,75}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{4 G \rho \pi}{6,75}}$$

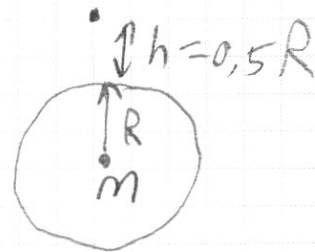
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{6,75}{4 G \rho}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \sqrt{\frac{6,75 \pi}{G \rho}}$$



$$\lambda \frac{2,25}{3} = 6,75$$

$$g = G \frac{M}{(R+h)^2}$$



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

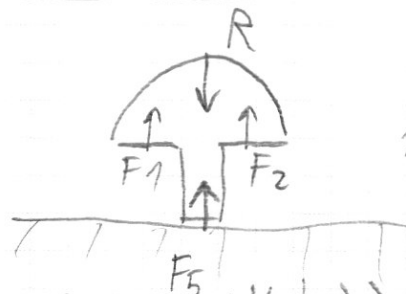
Запишем:  $2S_1(\rho_0 + \rho g(H - h_2)) = S_0(\rho_0 + \rho g(H - h_2 - \frac{h_1}{2}))$

Если конструкцию приподнять, то под дно конструкции. замерим  
вода, и результирующая итерная сила Архимеда

$$\vec{R} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_5 = \vec{F}_a$$

$$F_a = \rho V g = 80 \text{ Н}$$

$$F_5 = (\rho_0 + \rho g H) S = 250 \text{ Н}$$



$$\frac{125000}{10} \cdot \frac{500}{25}$$

$$2 \cdot 10^{-3} \cdot 125 \cdot 10^3 = 250$$

~~$$\frac{S_0}{\sqrt{2}}(\rho_0 + \rho g(H - h_2 - \frac{h_1}{2})) - 2S_1(\rho_0 + \rho g(H - h_2)) - (\rho_0 + \rho g H)S = \rho V g$$~~

$$-|\vec{R}| + |\vec{F}_1| + |\vec{F}_2| + 250 = 80 \Rightarrow |\vec{F}_1| + |\vec{F}_2| - |\vec{R}| = -170 \text{ Н}$$

Но! силы  $F_5$  и следовательно результирующая  
сила архимеда не равна  $F_a = \rho V g$ .

Выходит, что  $|\vec{F}_1| + |\vec{F}_2| - |\vec{R}| = 170 \text{ Н}$ , а это и  
есть сила, действующая со стороны воды.

$F = 170 \text{ Н}$ , ~~равна~~  
направлена вниз

$$P_1 = \rho_0 + \rho g H = 125000 \text{ Па} = 125 \text{ кПа}$$

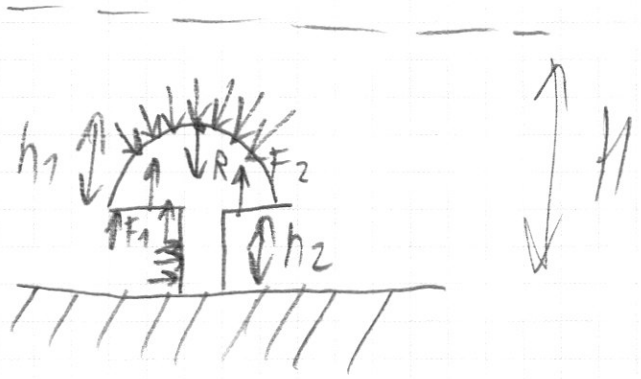


$$d \text{ м}^3 = (10 \text{ см})^3 = 1000 \text{ см}^3$$

$$8 \text{ дм}^3 \cdot \rho = 8000 \cdot 2 = 8 \text{ кг} \cdot 10 = 80 \text{ Н}$$

$$2 \sqrt{\frac{252}{6,25}} = \frac{\sqrt{6,25 \cdot 252}}{2 \sqrt{6,25}} = \frac{\sqrt{6,25 \cdot 252}}{2 \cdot 2,5} = \frac{\sqrt{6,25 \cdot 252}}{5} = \sqrt{\frac{6,25 \cdot 252}{25}} = \sqrt{\frac{6,25 \cdot 252}{6,25 \cdot 4}} = \sqrt{\frac{252}{4}} = \sqrt{63} = 7,94$$

№5



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Исч  $m_1 = 2m$ ;  $m_2 = 3m$

1)  $F_{\text{тр.}} = 0$

$F_{\text{тр.0}} = \mu N_2$

2)  $N_1 - m_1 g = 0$

$N_1 = m_1 g$   
 $= 2mg$

3)  $N_2 - N_1 - m_2 g = 0$

$N_2 = N_1 + m_2 g = 5mg$

4) пусть  $m_2$  движется с ускорением  $a_2$ ;  $m_1$  с  $a_1$ . Но так как  $F_{\text{тр.}} = 0 \Rightarrow a_1 = a_2 = a$

5)  $2F_0 - F_{\text{тр.0}} = m_2 a$

6)  $F_0 = m_1 a \Rightarrow F_0 = 2ma$

5)  $4ma - 5\mu mg = 3ma$

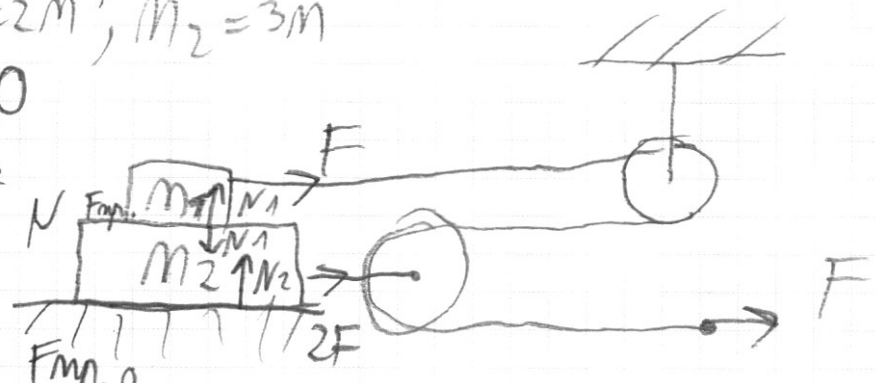
$ma = 5\mu mg$

$a = 5\mu g$

$F_0 = 10\mu mg$

7) Вопрос 2: чтобы произошло данное событие нужно, чтобы  $a_2 > a_1$ . Так как мы рассматриваем крайний случай, то  $a_2 = a_1$ . При этом  $F_{\text{тр.}}$  — скольжения, так как брусок  $m_2$  пришел в движение.

$F_{\text{тр.}} = \mu N_1 = 2\mu mg$



$$\begin{cases} 8) 2F - F_{mp.} - F_{mp.0} = m_2 a \\ 9) F_{mp.} + F = m_1 a \end{cases}$$

$$\begin{cases} 8) 2F - 2\mu mg = 3ma \\ 9) F + 2\mu mg = 2ma \end{cases}$$

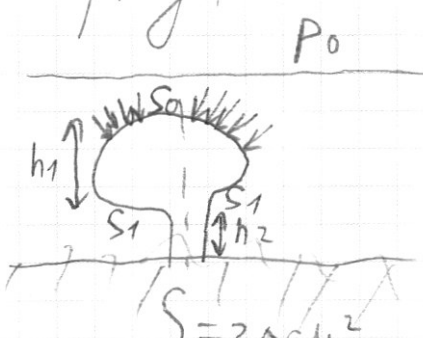
$$\frac{8)}{9)} \Rightarrow \frac{2F - 2\mu mg}{F + 2\mu mg} = \frac{3}{2}$$

$$3F + 6\mu mg = 4F - 4\mu mg$$

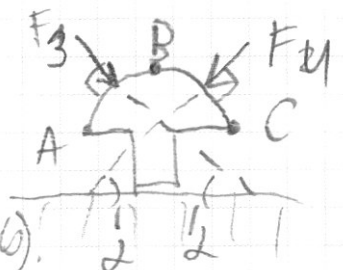
$$20\mu mg = F$$

Ответ:  $F_0 = 10\mu mg$ ;  $F = 20\mu mg$ .

$\sqrt{5}$  на верхнюю поверхность действует множество сил давления со стороны воды. Так как конструкция симметрична по вертикальной оси взаимодействия останутся только вертикальные.



Можно найти равнодействующую на каждую из половин. Действуют эти  $F_3$  и  $F_4$  в точках, соответ. серединам дуг AB и BC, перпендикулярно им, т.е. под углом  $\alpha = 45^\circ$  к дуге (на рис. показано).



тогда  $R = 2F_3 \sin \alpha = 2F \sin \alpha$ , т.к.  $F_3 = F_4 = F$ .

$$R = 2F \sin 45^\circ = \sqrt{2}F$$

$$F = \frac{S_0}{2} \cdot (P_0 - \rho g h_2 - \rho g \frac{h_1}{2} + \rho g H)$$

$$F_1 = F_2 = S_1 \cdot (\rho g H - \rho g h_2)$$

