



# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

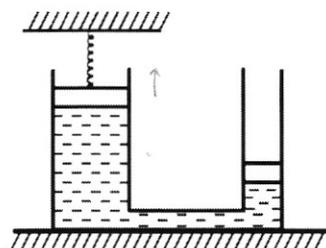
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 10$  м/с.

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.

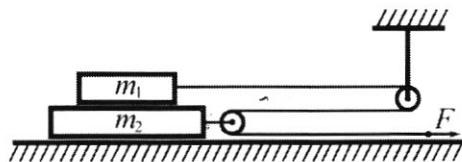
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = R$ , здесь  $R$  – радиус планеты.

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.



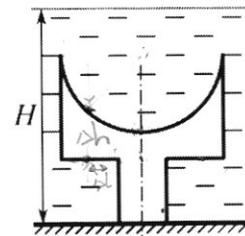
1) Найдите величину  $F_0$  горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.

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.

$$\frac{V_0}{2} = |V_0 - gt|$$

1)  $V_0 - gt > 0$ , получим

$$\frac{V_0}{2} = V_0 - gt$$

$$\frac{V_0}{2} = gt$$

$$t = \frac{V_0}{2g} = \frac{10}{2 \cdot 10} = 0,5 \text{ (с)}$$

2)  $V_0 - gt < 0$ , получим

$$\frac{V_0}{2} = -V_0 + gt$$

$$\frac{3V_0}{2} = gt$$

$$t = \frac{3V_0}{2g} = \frac{3 \cdot 10}{2 \cdot 10} = 1,5 \text{ (с)}$$

$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$ , подставим в эту формулу оба значения  $t$ :

$$h = 10 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} = 5 - 1,25 = 3,75 \text{ (м)}$$

Ответ: 1)  $t_1 = 0,5 \text{ (с)}$ ,  $t_2 = 1,5 \text{ (с)}$ ; 2)  $h = 3,75 \text{ (м)}$ .

№ 3.

Известно, что  $G \frac{m_1 m_2}{r^2} \approx m_2 g \Rightarrow$

$g = G \frac{m_1}{r^2}$ , где  $m_1, m_2$  - массы планет

и спутника;  $r$  - расстояние между центром планеты и спутником

$$1) g = \frac{G M_{\text{П}}}{(3R)^2} = \frac{G \rho \frac{4}{3} \pi R^3}{9R^2} = \frac{4 G \rho \pi R}{27}$$

2) спутник вращается вокруг планеты с угловой скоростью  $\omega$ , т.е. с угловой скоростью свободного падения на расстоянии  $2R$  ( $h+R$ ) от центра планеты, след.

$$\frac{v^2}{2R} = g, \quad v - \text{скорость спутника}$$

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

Получим:

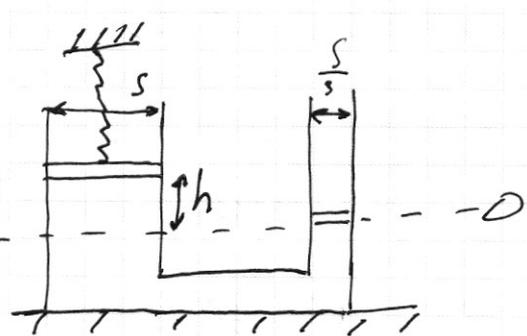
$$\frac{v^2}{2R} = \frac{G \rho \pi R}{3} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 G \rho \pi R^2}{3}}$$

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

Ответ: 1)  $g = \frac{4 G \rho \pi R}{27}$  2)  $\frac{4\pi}{\sqrt{\frac{2 G \rho \pi R^2}{3}}} = T$

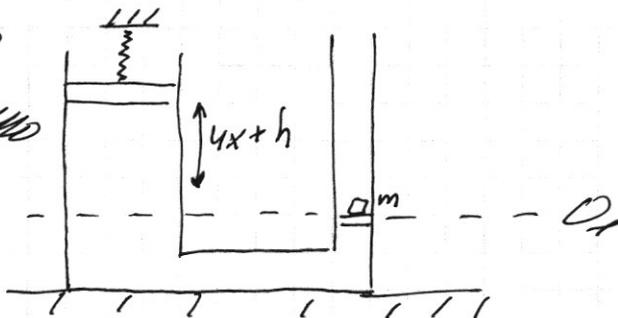
N 2.

1)  $\rho g h = \frac{k \cdot x}{S}$  (равенство давлений на уровне D)

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


## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) пружина станет недеформированной  
когда левый поршень поднимется  
вверх на расстояние  $x$ , при этом  
правый поршень опустится на  
расстояние  $3x$  вниз, т.е. между  
ними будет расстояние  $4x + h$   
Запишем равенство  
давлений относительно  
уровня  $O_1$ :



$$\rho g (4x + h) = \frac{mg}{\frac{5}{3}}$$

$$m = \frac{\rho S x (4 + \frac{5}{3})}{\rho g S}$$

ответ: 1)  $h = \frac{kx}{\rho g S}$ ; 2)  $m = \frac{\rho S x (4 + \frac{5}{3})}{3}$

н5.

1)  $P_1 = P_0 + \rho g H = 10^5 + 10^4 \cdot 3 =$   
 $= 13 \cdot 10^4 \text{ (Па)}$  или  $130 \text{ (кПа)}$ .

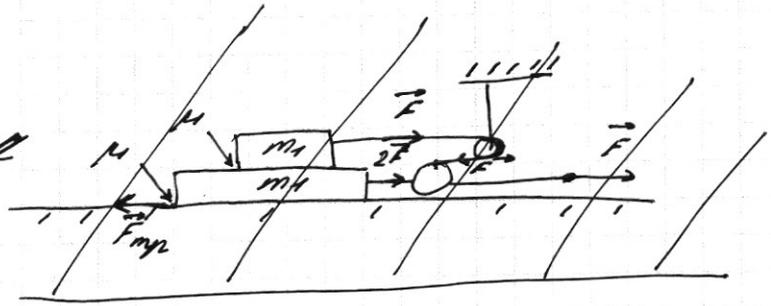
2) сила, с которой вода действует  
на поршень, равна силе  
архимеда, а  $F_A = \rho g V = 50 \text{ (Н)}$ ,  $F_A$   
направлена вертикально вверх.

ответ: 1)  $130 \text{ (кПа)} = P_1$  2)  $F = 50 \text{ (Н)}$ , направлена

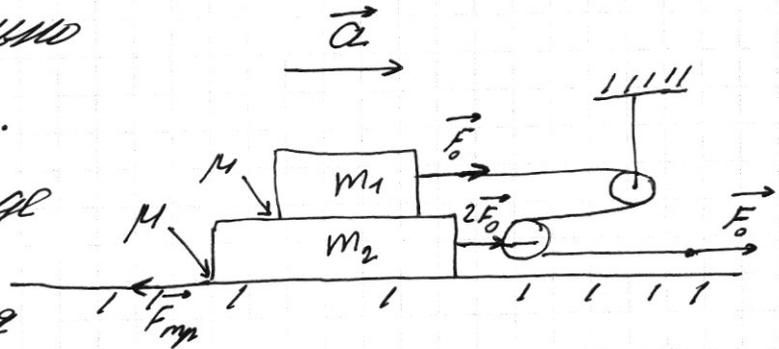
Вертикально вверх.

N 4.

1) чтобы на  
 верхний брусок  
 не действов. сила  
 трения, нужно,  
 чтобы он не  
 сдвинулся относительно  
 верхнего бруска.



$\vec{a}_B = \vec{a}_0 + \vec{a}_H$ , где  
 $\vec{a}_B, \vec{a}_0, \vec{a}_H$  - ускорения



верхнего бруска, ускорение верхнего бруска  
 относительно нижнего и ускорение  
 нижнего бруска соответственно

$\vec{a}_0 = \vec{a}_B - \vec{a}_H$ , т.к.  $\vec{a}_B$  и  $\vec{a}_H$   
 сонаправлены, то, чтобы  $|\vec{a}_0| = 0$ ,  
 нужно, чтобы  $|\vec{a}_B| = |\vec{a}_H| = a$

Запишем 2 закон Ньютона для нижнего  
 бруска:  $2F_0 - \mu(m_1 + m_2)g = m_2 a$

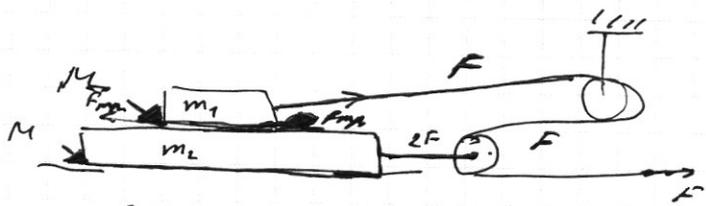
Запишем 2 закон Ньютона для  
 верхнего бруска:  $F_0 = m_1 a$

Получим систему: 
$$\begin{cases} F_0 = 3ma \\ 2F_0 - 2\mu mg = 5ma \end{cases} \Rightarrow$$

$$F_0 = 24\mu mg$$

ответ: а)  $F_0 = 24\mu mg$ .

$$\vec{a}_{к.д.} = \vec{a}_0 + \vec{a}_{р.д.}$$



$$\begin{cases} 2F - \mu(m_1 + m_2)g = m a_{р.д.} \\ F + \mu m_1 g = m a_{р.д.} \end{cases}$$

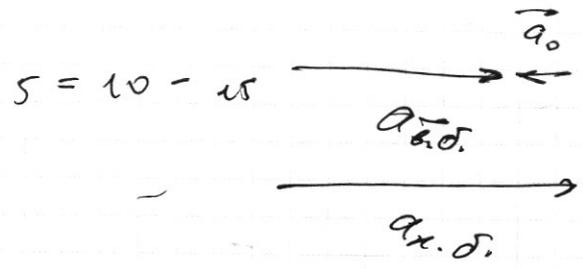
$$\begin{cases} 2F - 8\mu g m = 5ma \\ F + 3\mu g m = 3ma \end{cases} \quad \begin{matrix} 10 \cdot 9,5 - \frac{10 \cdot 9,5^2}{2} \\ 5 - \frac{10 \cdot 9,5^2}{2} \end{matrix}$$

$$\frac{2F - 8\mu g m}{5ma} = \frac{F + 3\mu g m}{3ma} \quad \text{нога.}$$

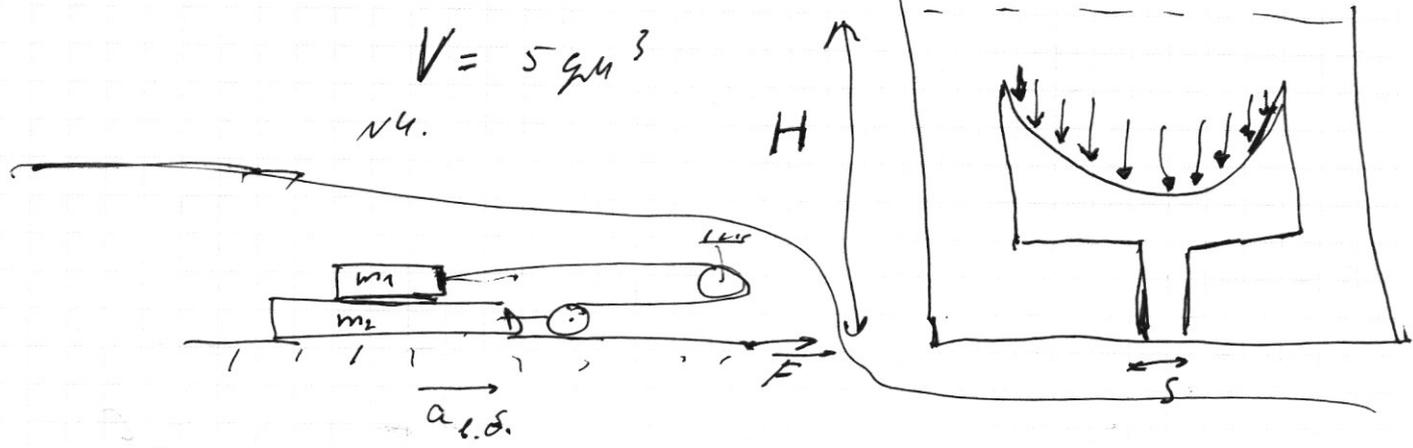
$$6F - 24\mu g m = 5F + 24\mu g m$$

а.в.д. будет равна а.в.д. и будет F

$$\begin{cases} 2F - 8\mu m g = 5ma \\ F = 3m g \end{cases}$$



$$\begin{aligned} \vec{a}_{к.д.} &= \vec{a}_0 + \vec{a}_{р.д.} \\ \vec{a}_0 &= \vec{a}_{к.д.} - \vec{a}_{р.д.} \end{aligned}$$



$$\begin{cases} 2F - 8\mu m g = 5ma \\ F = 3m g \end{cases}$$

$$\frac{F}{3m} = \frac{5ma + 8\mu m g}{3m} \quad \frac{2F - 8\mu m g}{5m} \quad \circ$$

$$6F - 24\mu m g = 5F \quad \text{, } F = 24\mu m g. \quad \circ$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2.

$$1) \rho g h = \frac{kx}{S}$$

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

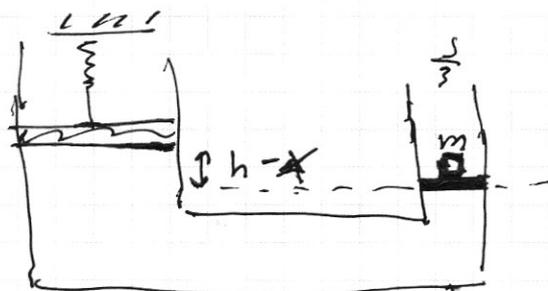
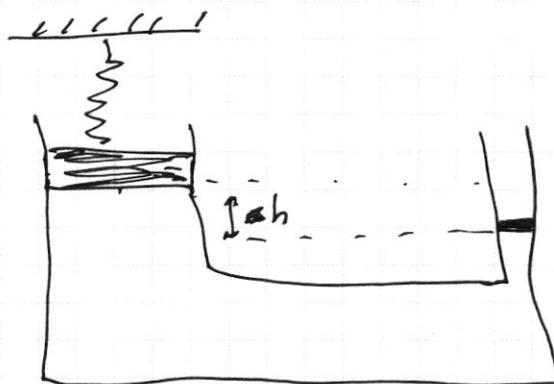
2) пружина, которая левый  
поршень выдвинула на  
x вниз:

$$\rho g (h - x) = \frac{mg}{S}$$

$$\rho \left( \frac{kx}{\rho g S} - x \right) = \frac{3mg}{S}$$

$$\rho x \left( \frac{k}{\rho g} - 1 \right) = \frac{3m}{S}$$

$$m = \frac{\rho x S \left( \frac{k}{\rho g} - 1 \right)}{3}$$



пружина растягн.

$$\rho g (\Delta h + x) = \frac{3mg}{S}$$

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

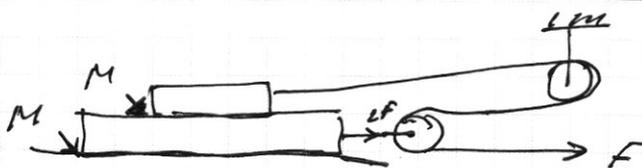
~~(m1 + m2)~~

$$2F_{\text{spring}} = M(m_1 + m_2)g$$

$$F_{\text{spring}} = \frac{\rho \mu m g}{2} = 4 \mu m g$$

$$2F - \rho \mu m g = \rho m a$$

$$F = m a$$



$$\begin{cases} 2F - \rho \mu m g = \rho m a \\ F = m a \end{cases}$$

$$2F - \rho \mu m g = \frac{F}{3}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

↑  $v_0$

$$\frac{v_0}{2} = |v_0 - gt|$$

$$\frac{v_0}{2} = v_0 - gt$$

$$\frac{v_0}{2} = gt$$

$$t = \frac{v_0}{2g} = \frac{10}{20} = \frac{1}{2} \text{ (с)}$$

$$\frac{v_0}{2} = gt - v_0$$

$$\frac{3v_0}{2} = gt \Rightarrow t = \frac{3v_0}{2g} = \frac{30}{20} = 1,5 \text{ (с)}$$

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}, \text{ подставляем значение } t,$$

$$h = 10 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} = 5 - \frac{2,5}{2} = 5 - 1,25 = 3,75 \text{ (м)}$$

пружина станет не деформирована  
погда уровень отступит вниз  
на  $x$ ,  $\rho g (\Delta h - x) = \frac{3m \cdot g}{5}$   
 $\frac{\rho g (\Delta h - x)}{\rho g} = \frac{3m}{5}$

№2.

$$kx \cdot 0,5 - \rho g \Delta h = 0$$

$$\Delta h = \frac{kx \cdot 0,5}{\rho g}$$

$$10 \cdot 1,5 - \frac{10 \cdot \rho g}{1,5^2} =$$

$$15 - \frac{2 \cdot 2,5}{2} = 15 - 1,25$$

$1 \text{ гм} = 0,1 \text{ м}$   
 $1 \text{ гм} = 10 \text{ см}$   
 $1 \text{ см} = 10$   
 $1 \text{ м} = 100 \text{ см}$   
 $5 \text{ гм}^3 = 5 \cdot 10^3 \text{ см}^3 = 5 \cdot 0,1^3 \text{ м}^3 =$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Черновик  
не детализированной,  
пружина стянута  
когда левый поршень поднимается  
вверх на расстояние  $x$ .  
заливаем вещество  
давлением на уровне  
 $\frac{5}{3}$

$D_1: \rho g(x+h) = \frac{mg}{\frac{5}{3}}$

$\rho(x + \frac{kx}{\rho g s}) = \frac{3m}{5}$

$m = \frac{\rho s x (1 + \frac{k}{\rho g s})}{3}$

$\frac{v_0}{2} = v_0 - gt$   
 $gt = \frac{v_0}{2}$

Ответ: 1)  $h = \frac{kx}{\rho g s}$ ; 2)  $m = \frac{\rho s x (1 + \frac{k}{\rho g s})}{3}$

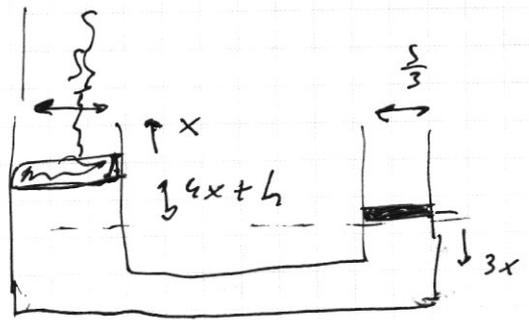
N5.

1)  $P_1 = P_0 + \rho g H = 10^5 + 3 \cdot 10^4 = 13 \cdot 10^4$  (Па) или 130 (кПа)

2) сила с которой вода действует на поршень равно силе Архимеда, а  $F_A = \rho g V = 1000 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 50$  (Н),  $F_A$  направлена вертикально вверх.

Ответ: 1)  $P_1 = 130$  кПа; 2)  $F = 50$  (Н) и направлена вертикально вверх.

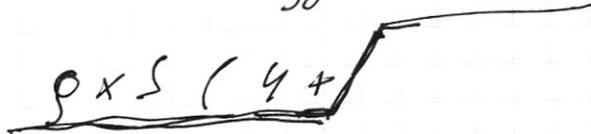
при этом в равновесии  
 цилиндр ~~на~~ <sup>отсутствует</sup> на  
 высоте  $3x$ , между ними  
 расстоянием  $4x + h$   
 равновесия. ~~записываем~~ <sup>записываем</sup> ~~откуда~~  $a_1$ :



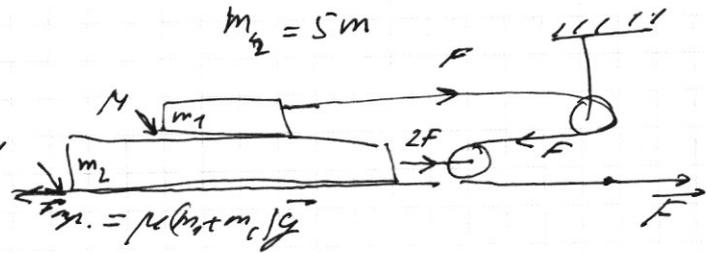
$$x \cdot \rho = \rho \cdot \frac{h}{3}$$

$$\rho g (4x + h) = \frac{3m g}{S}$$

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



$m_1 = 3m$   
 $m_2 = 5m$



1) чтобы на верхней  
 поверхности не действовало  
 сила трения, нужно

чтобы они не двигались относительно друг друга, т.е.  
 $|\vec{a}_0| = 0$ ,  $\vec{a}_{в.д.} = \vec{a}_0 + \vec{a}_{к.д.}$

2) запишем  $\vec{a}_0 = \vec{a}_{в.д.} - \vec{a}_{к.д.} \Rightarrow |\vec{a}_{к.д.}| =$   
 на нижней поверхности:  $|\vec{a}_{к.д.}| = a$ , т.к. они движутся  
 в противоположных

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

$$2F - 2\mu mg = 5ma$$

2 экв. на в. д.

$$F = m_1 a$$

$$F = 3ma$$

$$\begin{cases} 2F - 2\mu mg = 5ma \\ F = 3ma \end{cases}$$

$$\frac{F}{3m} = \frac{2F - 2\mu mg}{5m}$$

$$6F - 24\mu mg = 5F$$

$$F = 24\mu mg$$

Получим.

системы:

$$h^2 \times 2 - a^2 = 0$$

$$5 - 10t = 5t^2$$

$$D = 25 - 4 \cdot 2 \cdot (-1) = 3$$

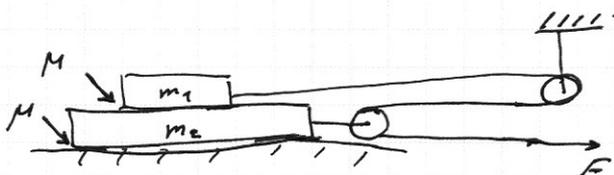
$$\frac{v_0^2}{2g} = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

$$t_1 = \frac{2-1}{2} = 1$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\vec{a}_{к.д.} = \vec{a}_0 + \vec{a}_{в.д.}$$

$$\vec{a}_0 = \vec{a}_{к.д.} - \vec{a}_{в.д.}$$



$$2F - \rho_{лж} g = m_{а.в.д.}$$

$$\vec{a}_{к.д.} \quad \vec{a}_0$$

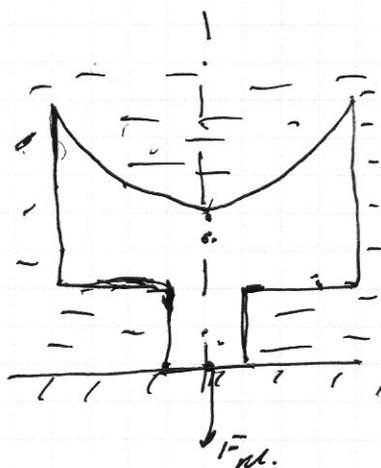
$$F_A = F_m + F_{кл}$$

$$F_A = F_m + F_{кл}$$

$$\rho g V = \rho_1 g V + F_{кл}$$

$$F_{кл} = gV(\rho - \rho_1)$$

№5.



№4.

$$\frac{2F_0 - \rho_{лж} g}{5m} = \frac{F_0}{3m}$$

$$6F_0 - 2\rho_{лж} g = 5F_0$$

$$10 \cdot 1,5 - \frac{10 \cdot 1,5^2}{2} = 15 - \frac{22,5}{2} = 15 - 11,25 = 3,75$$

$$\frac{м^2}{с^2} \cdot м =$$

