

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

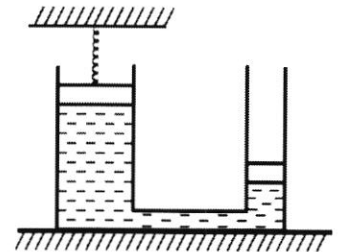
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

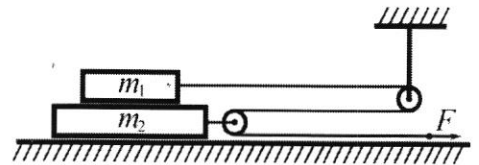
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности ρ . 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 .



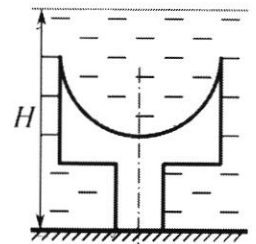
- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная 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 μ . 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 $V = 5$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 10$ см². Плотность воды $\rho = 1$ г/см³, атмосферное давление $P_0 = 100$ кПа. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



- 1) Найдите давление P_1 вблизи дна.
- 2) Найдите величину F силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.

1) По формуле для равноускоренного движения

$$|\frac{v_0}{2}| = \frac{v_0}{2} = v_0 - gt \Rightarrow t = \frac{v_0}{2g} = \frac{10 \text{ м/с}}{20 \text{ м/с}^2} = 0,5 \text{ с}$$

$$|\frac{v_0}{2}| = -\frac{v_0}{2} = v_0 - gt \Rightarrow t = \frac{1,5 v_0}{g} = \frac{15 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 1,5 \text{ с}$$

В первом случае ($t = 0,5 \text{ с}$) вектор скорости $\frac{v_0}{2}$ направлен вверх, во втором случае ($t = 1,5 \text{ с}$) - вниз

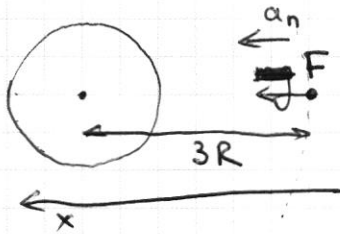
2) По формуле для равноускоренного движения:

$$h = \frac{v_0/2 - v_0}{-2g} = \frac{0,5 v_0}{2g} = \frac{v_0}{4g} = \frac{10 \text{ м/с}}{40 \text{ м/с}^2} = 0,25 \text{ м}$$

Ответ: 0,5 с и 1,5 с ; 0,25 м

задача 3.

1)



На спутник будет действовать сила F гравитационного притяжения, и он будет двигаться по окружности с ускорением $a_n = g$

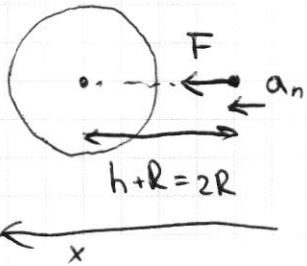
запишем второй закон Ньютона для спутника:

$$0x: ma_n = mg = F = G \frac{m \cdot \rho \frac{4}{3} \pi R^3}{9R^2}$$

m - масса спутника

Отсюда находим $g = \frac{4}{3} G \frac{\rho \pi R}{9} = \frac{4}{27} G \rho \pi R.$

2)



запишем второй з-н Ньютона:

$$0x: ma_n = F = G \frac{m \rho V}{4R^2}$$

$$a_n = G \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R}{3 \cdot 4} = \frac{3}{16} G \rho \pi R / 3$$

Для равномерного вращения по

окружности $a_n = \omega^2 R_0 = \frac{4\pi^2}{T^2} (R+h) = \frac{4\pi^2}{T^2} \cdot 2R$

~~$\frac{4\pi^2}{T^2} \cdot 2R = \frac{3}{16} G \rho \pi R$~~

~~$8\pi \cdot \frac{16}{3} = T^2 \cdot G \rho$~~

~~$T = \frac{128\pi}{3G\rho}$~~

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

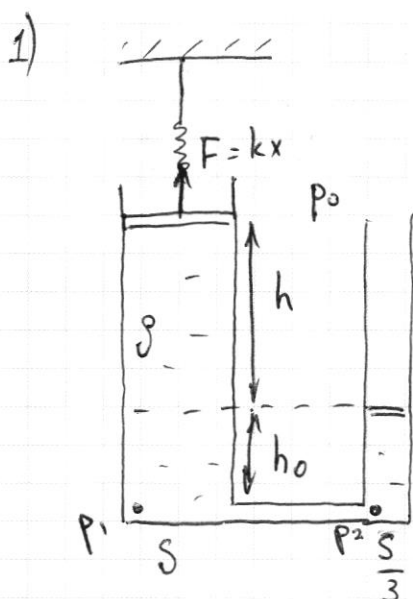
$$T^2 = \frac{4\pi \cdot 2 \cdot 3}{G \rho} = \frac{24\pi}{G \rho}$$

$$T = \sqrt{\frac{24\pi}{G \rho}}$$

Ответ: $\frac{4}{27} G \rho \pi R$; $\sqrt{\frac{24\pi}{G \rho}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2.



Жидкость находится в равновесии, следовательно давление у дна у ~~каждого~~ сосудов равны.

$$p_1 = p_2$$

$$p_1 = p_0 + \rho g (h + h_0) = \frac{kx}{S}$$

$$p_2 = p_0 + \rho g h_0$$

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

2) Запишем давление у дна для каждого из сосудов для этого случая:

$$p_1 = p_0 + \rho g (h + h_0 + x)$$

т.к. пружина недеформирована

$$p_2 = p_0 + \rho g (h_0 - 3x) + \frac{mg}{S} \cdot 3$$

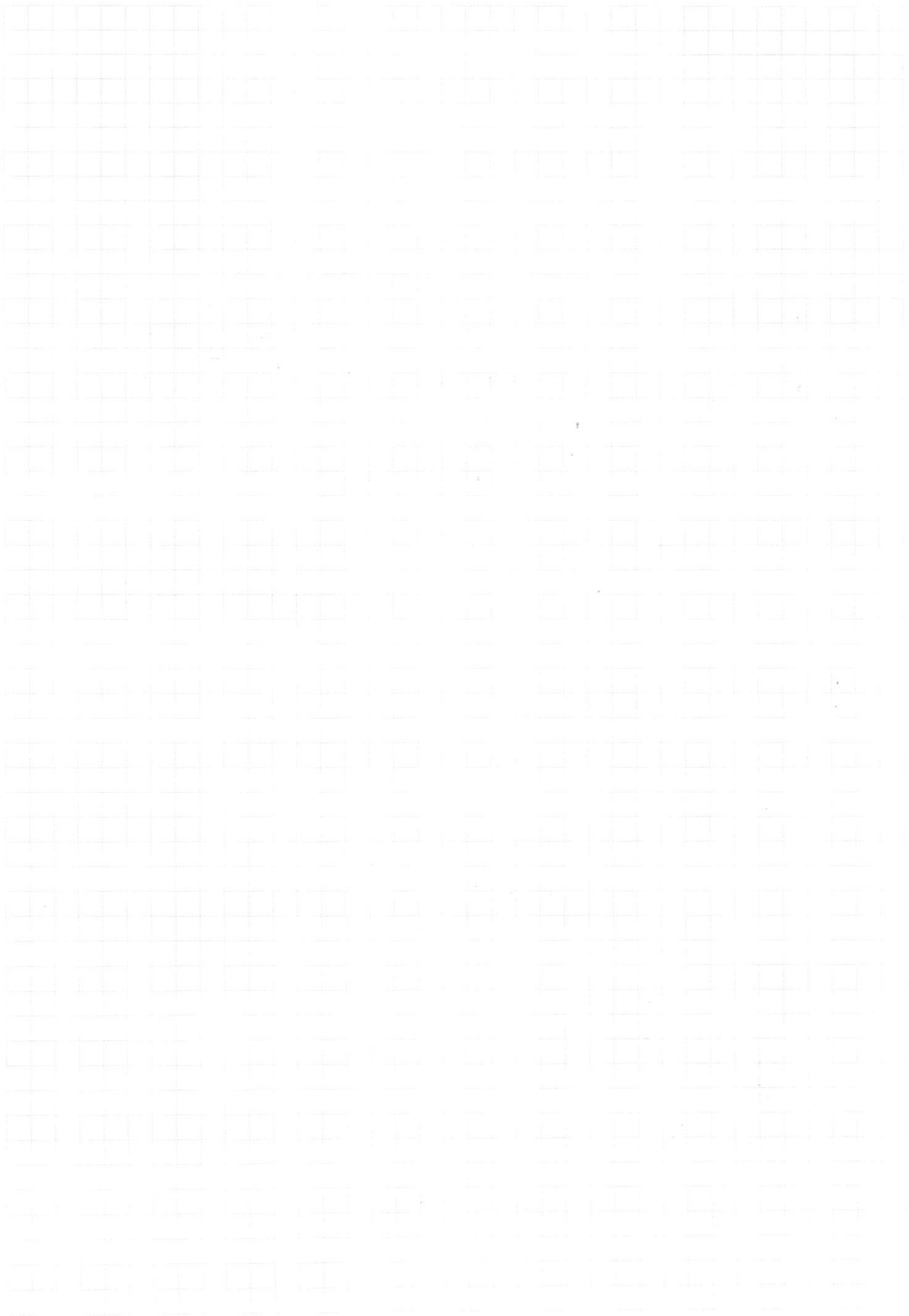
Получаем ~~из уравнения~~

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

$$\frac{kx}{S} + 4\rho g x = \frac{3mg}{S}$$

$$m = \frac{kx + 4\rho g x S}{3g}$$

Ответ: $h = \frac{kx}{\rho g S}$; $m = \frac{kx + 4\rho g x S}{3g}$



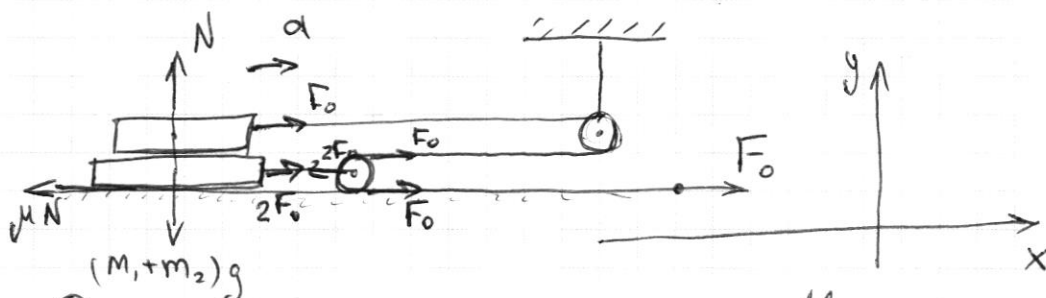
черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

задача 4.

- 1) Если сила трения, действующая на верхний брусок, равна 0, он движется вместе с нижним бруском - как одно целое.
Пусть ускорение брусков равно a :



Для всей системы Π 3-й закон Ньютона:

$$Ox: \cancel{3F_0} \rightarrow \mu(m_1+m_2)g \quad (m_1+m_2)a = 3F_0 - \mu(m_1+m_2)g$$

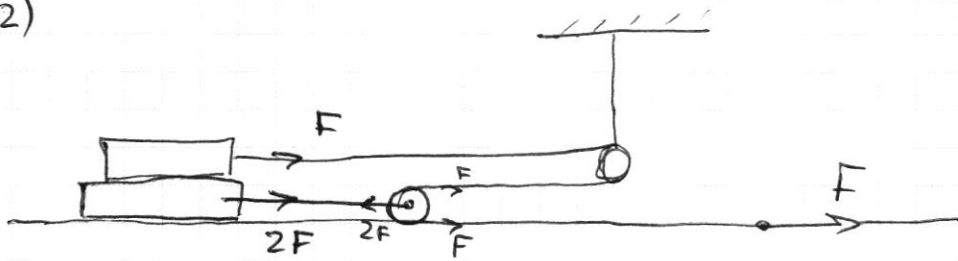
Для верхнего бруска:

$$Ox: F_0 = m_1 a \quad \rightarrow \quad a = \frac{F_0}{m_1}$$

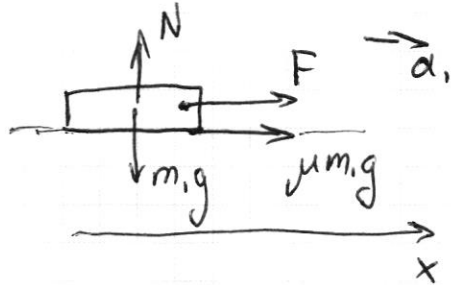
~~3F0~~ Получаем: $(m_1+m_2)\frac{F_0}{m_1} = 3F_0 - \mu(m_1+m_2)g$

$$F_0 = \mu g \frac{m_1(m_1+m_2)}{2m_1+m_2} = \mu g \frac{3m \cdot 8m}{11m} = \frac{24}{11} \mu mg$$

2)



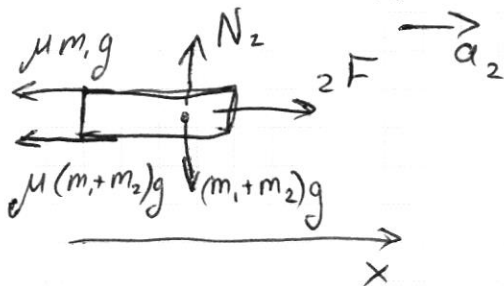
Рассмотрим силы, действующие на верхний брусок:



II закон Ньютона:

$$ох: m_1 a_1 = F + \mu m_1 g$$

На нижний брусок:



II закон Ньютона:

$$ох: m_2 a_2 = 2F - \mu (2m_1 + m_2) g$$

Чтобы выполнялось условие, $a_2 \geq a_1$.

$$a_2 = \frac{2F}{m_2} - \mu \frac{2m_1 + m_2}{m_2} g = \frac{2}{5} \frac{F}{m} - \frac{11}{5} \mu g$$

$$a_1 = \frac{F}{m_1} + \mu g = \frac{F}{3m} + \mu g$$

$$\frac{2}{5} \frac{F}{m} - \frac{11}{5} \mu g \geq \frac{F}{3m} + \mu g$$

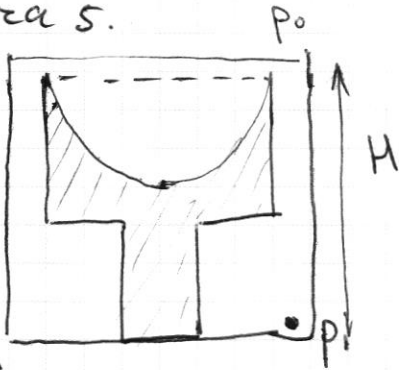
$$F \geq 16,5 \mu mg$$

Ответ: $\frac{24}{11} \cdot \mu mg$; $16,5 \mu mg$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

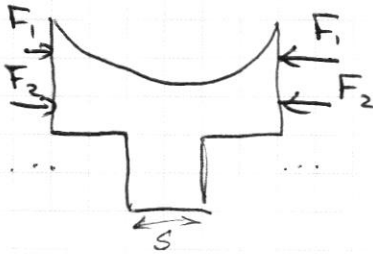
Задача 5.

1)



Давление внизу дна p_1 будет
равно $p_1 = p_0 + \rho g H =$
 $= 100000 \text{ Па} + 1000 \cdot 10 \cdot 3 \text{ Па} = 130000 \text{ Па}$
 $p_1 = 130 \text{ кПа}$

2) Сразу заметим, что все силы, действующие со стороны воды на конструкцию горизонтально, компенсируют друг друга:



Так как конструкция плотно прикреплена ко дну, сила F будет действовать ^{на нее} вертикально вниз. Если вода действует на конструкцию с силой F , можно записать

$$p_1 = p_0 + \rho g H = p_0 + \frac{F}{s} - \rho g V/s$$

~~$$\frac{F}{s} - \rho g H = \rho g H - \frac{F}{s} + \rho g V/s$$~~

$$\rho g H = \frac{F}{s} - \rho g V/s$$

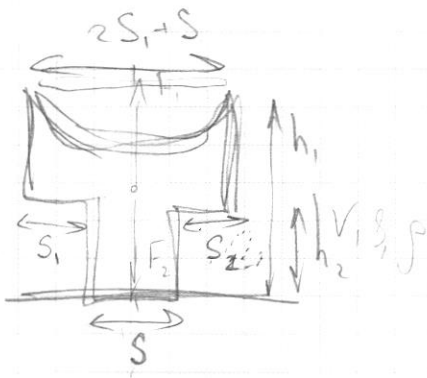
$$F = s \rho g \left(H + \frac{V}{s} \right) = \rho g H s + \rho g V = 10000 (3 \cdot 0,001 + 0,005) = 30 + 50 = 80 \text{ Н}$$

Ответ: 130 кПа ; 80 Н



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

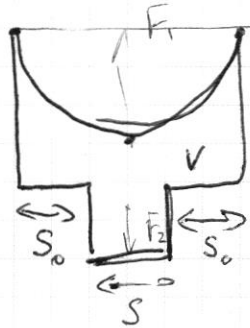
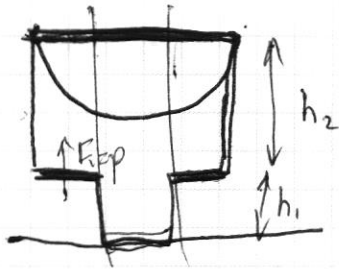


$$F_a = F_1 - F_2 \quad F = pS \quad p = \frac{F}{S}$$

$$F_1 = \rho g h_2 \cdot 2S_1$$

$$F_2 = \rho g h_1 \cdot (2S_1 + S)$$

$$F_a = F_1 - F_2$$

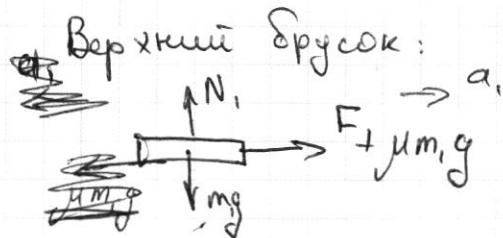
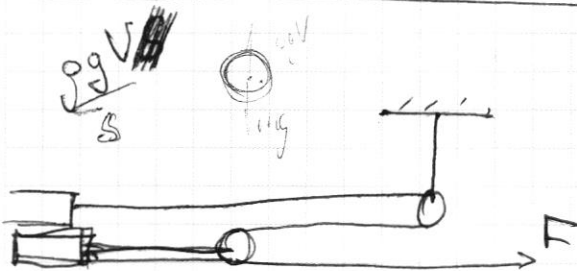


$$F_1 =$$

$$p_1 = F_2 S$$

$$F_a = \rho g V$$

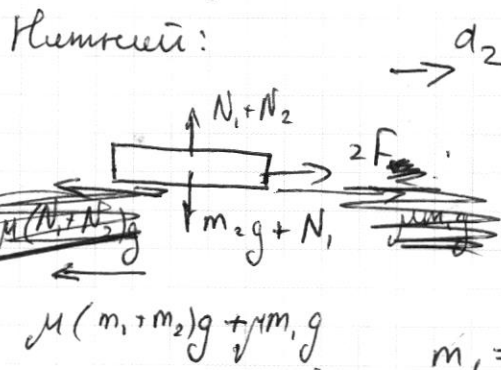
$$F_a = \rho g V$$



$$F = \mu m_1 g$$

$$m_1 a_1 = F - \mu m_1 g$$

$$m_2 a_2 = 2F - \mu(2m_1 + m_2)g$$



$$m_1 = 3m$$

$$m_2 = 5m$$

$$a_1 = \frac{F}{m_1} - \mu g = \frac{F}{3m} - \mu g$$

$$a_2 = \frac{2F}{m_2} - \frac{\mu(2m_1 + m_2)g}{m_2} = \frac{2F}{5m} - \mu g \cdot \frac{11}{5}$$

$$\frac{2}{5} - \frac{1}{3} = \frac{6-5}{15} = \frac{1}{15}$$

$$a_2 \geq a_1$$

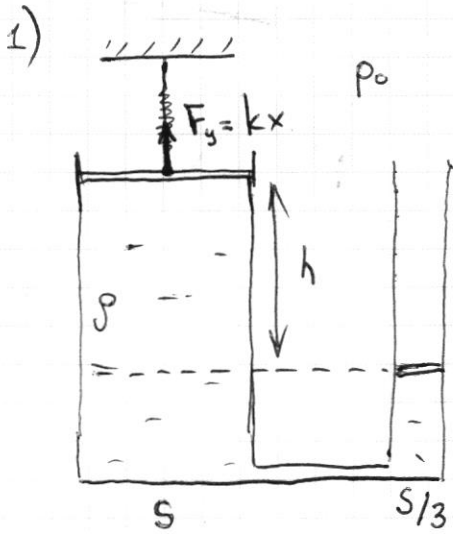
$$0,4 \frac{F}{m} - 2,2 \mu g \geq \frac{F}{3m} - \mu g$$

$$\frac{F}{m} \left(\frac{2}{5} - \frac{1}{3} \right) \geq 1,1 \mu g \rightarrow F \geq 15 \cdot m \mu g \cdot \frac{11}{10} = \frac{33}{2} \mu m g$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2.

$$F = pS \Rightarrow p = \frac{F}{S}$$

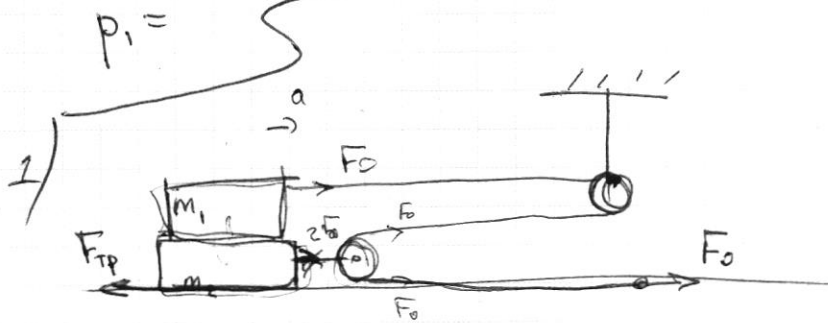


Мидкость находится в равновесии, поэтому ^{силы} давления на дно сосудов одинаковы: ~~$F_1 = F_2$~~ , $F_1 = F_2$

$$F_1 = (p_0 + \rho g(h + h_0) - \frac{kx}{S}) S$$

$$F_2 = (p_0 + \rho g h_0) \frac{S}{3}$$

Получаем



$$\cancel{3F_0} = \cancel{(m_1 + m_2)} a \quad (m_1 + m_2) a = 3F_0 - \mu (m_1 + m_2) g$$

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

$$3F_0 - \frac{F_0}{m_1} (m_1 + m_2) = \mu (m_1 + m_2) g$$

$$F_0 \left(3 - \frac{m_1 + m_2}{m_1} \right) = \mu (m_1 + m_2) g$$

$$F_0 = \frac{\mu (m_1 + m_2) g \cdot m_1}{3m_1 - m_1 + m_2} = \mu g \frac{m_1 (m_1 + m_2)}{2m_1 + m_2}$$