

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

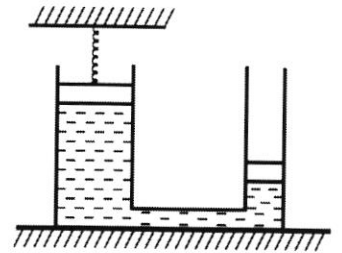
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

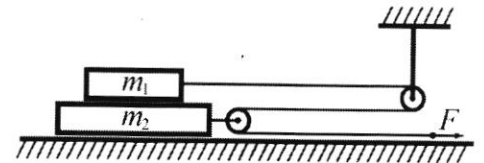
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения $g = 10$ м/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. 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 .



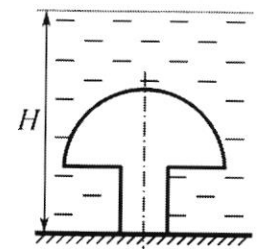
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная 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 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 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 $V = 8$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 20$ 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

~1

Дано:

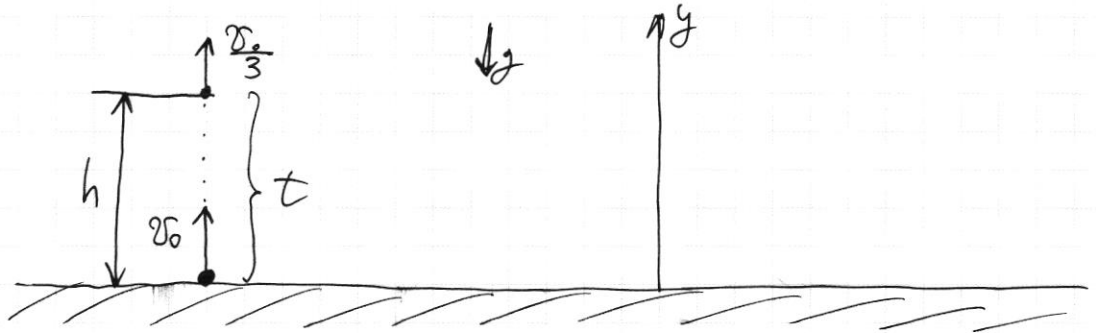
$$v_0 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Найти:

1) $t = ?$

2) $h = ?$



$$1) \vec{v}_k = \vec{v}_0 + \vec{g} \cdot t$$

$$Oy: \frac{v_0}{3} = v_0 - g \cdot t$$

$$g \cdot t = \frac{2}{3} v_0$$

$$t = \frac{2}{3} \frac{v_0}{g}$$

$$; t = \frac{2 \cdot 12}{3 \cdot 10} = \underline{\underline{0,8 \text{ (с)}}}$$

$$2) \vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{g} t^2}{2}$$

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

$$h = \frac{2}{3} \frac{v_0}{g} \cdot v_0 - \frac{g \cdot \frac{4 v_0^2}{9 g^2}}{2}$$

$$h = \frac{2}{3} \cdot \frac{v_0^2}{g} - \frac{4 v_0^2}{18 g}$$

$$h = \frac{2 v_0^2}{3 g} - \frac{2 v_0^2}{9 g}$$

$$h = \frac{6 v_0^2}{9 g} - \frac{2 v_0^2}{9 g}$$

$$h = \frac{4}{9} \frac{v_0^2}{g} ; h = \frac{4 \cdot 144}{9 \cdot 10} = \underline{\underline{6,4 \text{ (м)}}}$$

Ответ: 1) $t = \frac{2}{3} \frac{v_0}{g} = 0,8 \text{ с.}$

2) $h = \frac{4}{9} \frac{v_0^2}{g} = 6,4 \text{ м.}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~ 2

Дано:

ρ

K

h

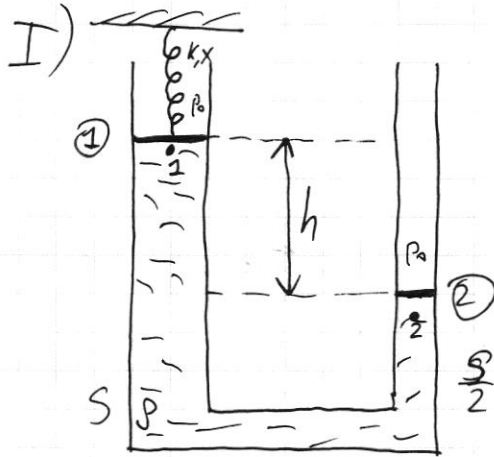
S

g

Найти:

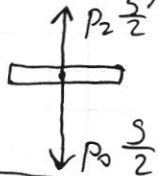
1) $x = ?$

2) $m = ?$



p_0 - атм. давление

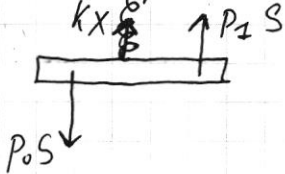
1) Рассмотрим поршень ②:



$$p_2 \frac{S}{2} = p_0 \frac{S}{2} \Rightarrow p_2 = p_0$$

Тогда $(p_1 = p_0 - \rho g h)$

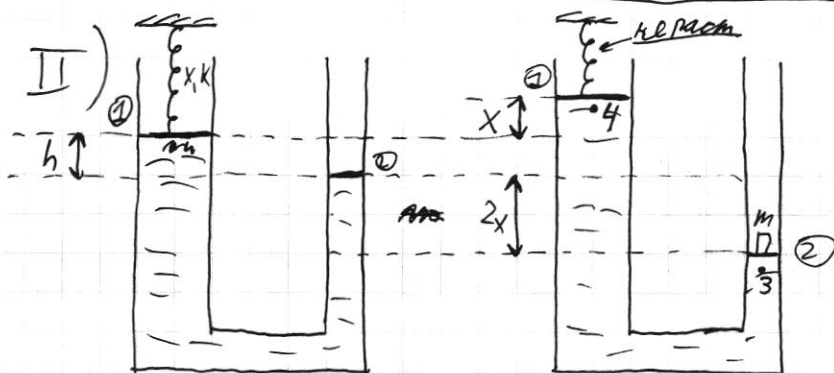
2) Рассмотрим поршень ①:



$$kx + p_1 S = p_0 S$$

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

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



1) Заменить, что такое пружина стала недеформированной поршень ① стал подниматься на x .

2) Докажем, что если (2) выполняется на $2x$, то (1) выполняется на x :

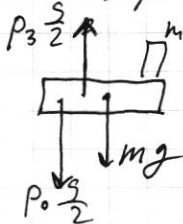
$$m_1 = m_2 \quad (\text{масса } \text{не } \text{изменяется})$$

$$\rho S h_1 = \rho S$$

$$\rho S h_1 = \rho \frac{S}{2} h_2$$

$$h_1 = h_2/2$$

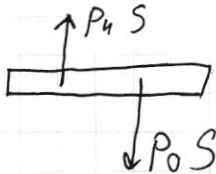
3) Рассмотрим (2):



$$P_3 \frac{S}{2} = mg + P_0 \frac{S}{2}$$

$$mg = (P_3 - P_0) \frac{S}{2}$$

4) Рассмотрим (1):



$$P_0 = P_4$$

5) Запомним, что $P_3 = P_4 + \rho g(3x+h) = P_0 + \rho g(3x+h)$

$$\text{Тогда } mg = \rho g(3x+h) \cdot \frac{S}{2}$$

$$m = \rho \left(\frac{3\rho g S h}{k} + h \right) \cdot \frac{S}{2}$$

$$m = \frac{\rho S \left(\frac{3\rho g S h}{k} + h \right)}{2} \Rightarrow m = \rho S \left(\Rightarrow m = \frac{\rho S (3\rho g S h + h k)}{2k} \Rightarrow \right)$$

$$\Rightarrow m = \frac{\rho S h (3\rho g S + k)}{2k}$$

Ответ: 1) $x = \frac{\rho g S h}{k}$

2) $m = \frac{\rho S h (3\rho g S + k)}{2k}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~3

Дано:

$h = 0,5R$

ρ

R

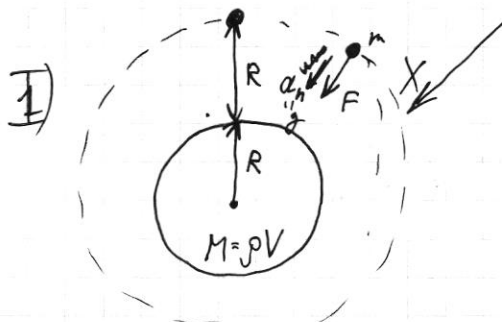
G

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

Найти:

1) $g = ?$

2) $T = ?$



~~Найти~~ На тело массой m , находящееся на расст.

$2R$ от центра направлено, выделено направление силы тяжести:

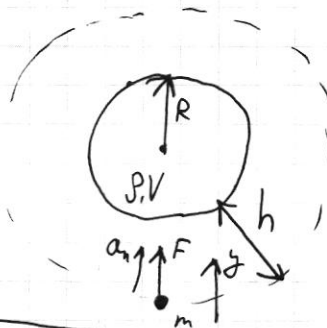
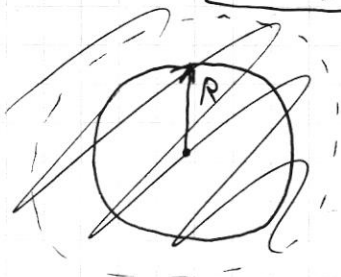
II закон Ньютона: $F = ma_n$

$\frac{GMm}{4R^2} = mg$

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

$= \frac{G\rho\pi R}{3}$; $g = \frac{G\rho\pi R}{3}$

II)



1) $a_n = \omega^2 (R+h) \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{a_n}{R+h}}$

$\omega = \frac{2\pi}{T}$

$2\pi \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{a_n}{R+h}} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{a_n}{R+h}}} \quad (1)$

2) II закон Ньютона (a_n):

$F = ma_n$

$$\frac{Gm\rho V}{(R+h)^2} = mg'$$

$$g' = \frac{G\rho V}{(R+h)^2} \quad (2)$$

3) Из (1) и (2):

$$T = \sqrt{\frac{2\pi}{g}} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2\pi}{\frac{G\rho V}{(R+h)^2}}} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2\pi}{\frac{G\rho V}{(R+h)^3}}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = \sqrt{\frac{2\pi}{\frac{G\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{(R+h)^3}}}$$

$$h = 0,5R:$$

$$T = \sqrt{\frac{2\pi}{\frac{4G\rho\pi R^3}{3(R+0,5R)^3}}} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2\pi}{\frac{4G\rho\pi R^3}{3 \cdot 3,375R^3}}} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{2\pi}{3,2G\rho\pi}}$$

$$\Rightarrow T = \sqrt{\frac{2\pi}{3,2G\rho\pi}}$$

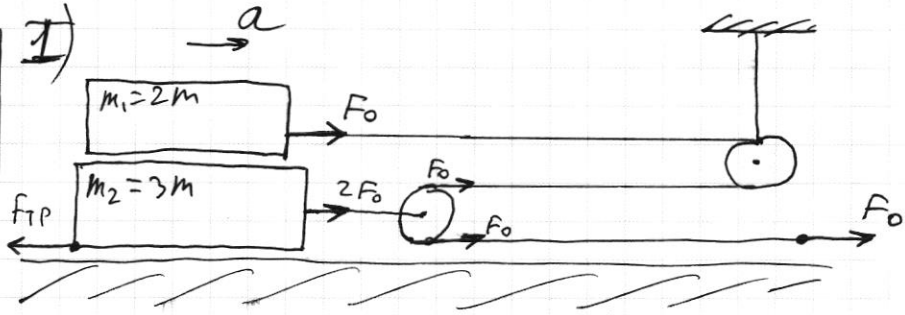
Ответ: 1) $g = \frac{G\rho\pi R}{3}$

2) $T = \sqrt{\frac{2\pi}{3,2G\rho\pi}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~ 4

Дано:
 $m_1 = 2m$
 $m_2 = 3m$
 μ

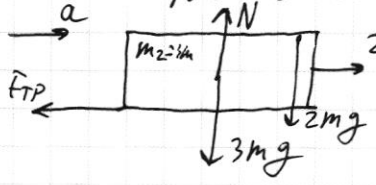


1) $F_0 = ?$
2) $F_{тр} = ?$

1) Сила трения, действующая на m_1 будет равна нулю тогда, когда не будет относительного движения между m_1 и $m_2 \Rightarrow m_1$ и m_2 будут двигаться с одинаковой ускоренной.

2) П.к. нить совсем не растягивается, то на m_2 со стороны блока (и нити) будет действовать $2F_0$, а на $m_1 - F_0$.
Сила трения нити

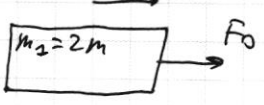
3) Рассмотрим силы, действующие на m_2 :



По II зак. Ньютона:
 $\begin{cases} N = 5mg \\ 2F_0 - F_{тр} = 3ma \end{cases}$

$F_{тр} = \mu N = 5\mu mg \Rightarrow 2F_0 - 5\mu mg = 3ma \quad (1)$

4)



$F_0 = 2ma \quad (2)$

5) Из (1) и (2):

$F_0 = 2 \cdot \frac{2F_0 - 5\mu mg}{3}$

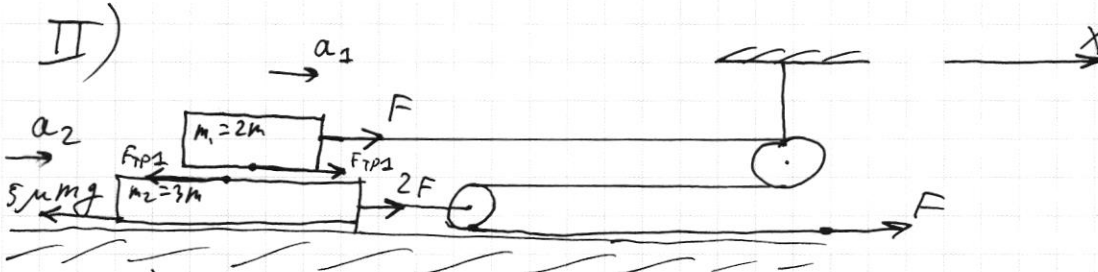
$3F_0 = 4F_0 - 10\mu mg$

$F_0 = 10\mu mg$

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



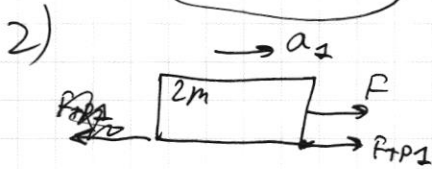
$$1) \vec{a}_{\text{отн}} = \vec{a}_1 - \vec{a}_2$$

$$\text{Ox: } a_{\text{отн}} = a_1 - a_2$$

$$a_{\text{отн}, x} \text{ равно } 0 \text{ тогда } a_{\text{отн}} < 0 \Rightarrow$$

$$a_1 - a_2 < 0$$

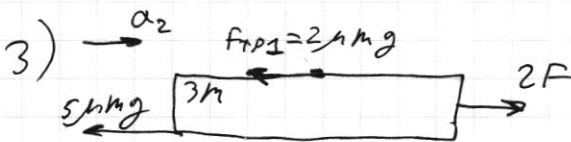
$$a_1 < a_2$$



$$\text{II ЗН(Ox): } F + F_{\text{тр}1} = 2ma_1$$

$$2\mu mg$$

$$a_1 = \frac{F + 2\mu mg}{2m}$$



$$\text{II ЗН(Ox): } 2F - \mu mg = 3ma_2$$

$$a_2 = \frac{2F - \mu mg}{3m}$$

$$4) \frac{F + 2\mu mg}{2m} < \frac{2F - \mu mg}{3m} \quad | \cdot 6m$$

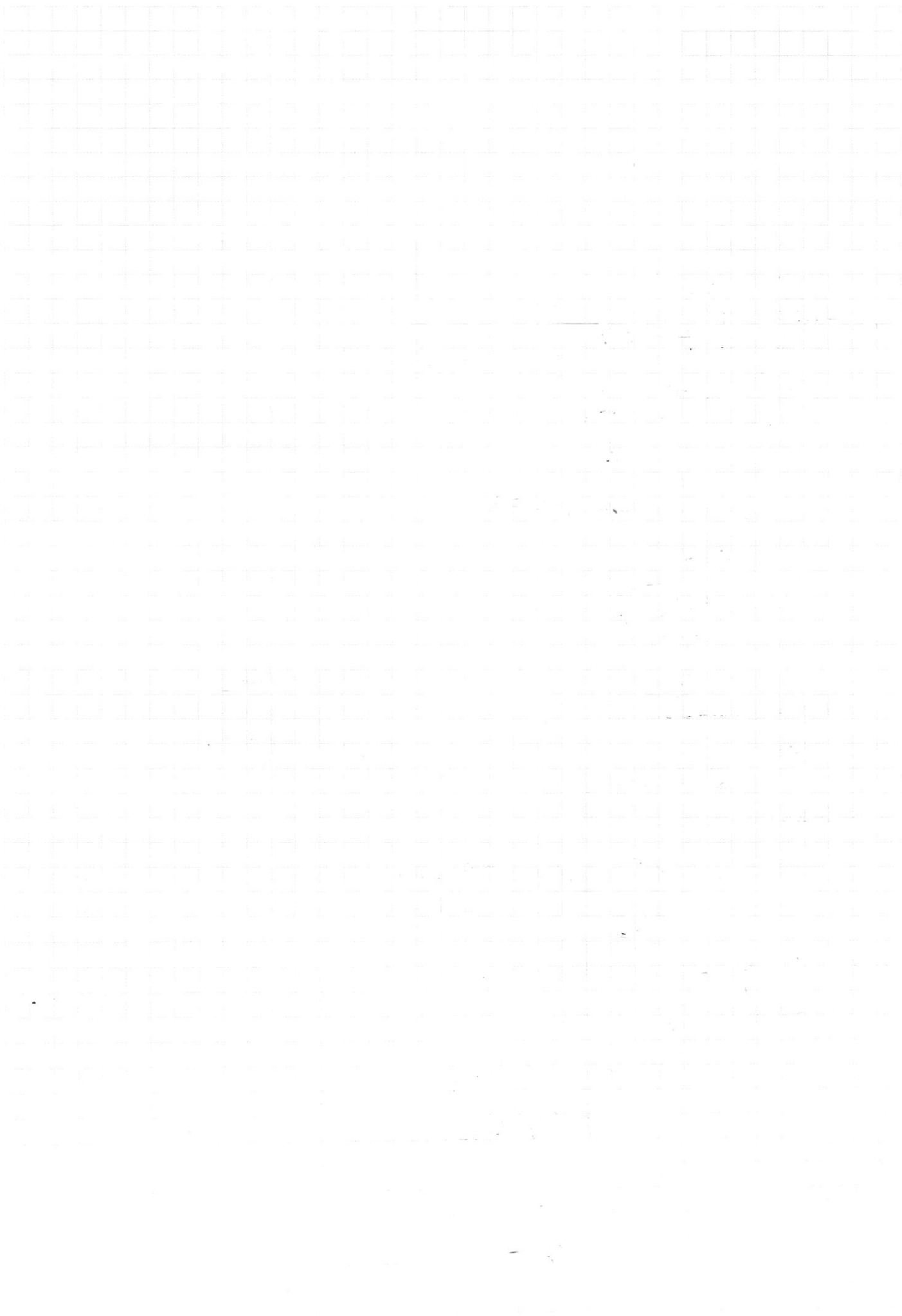
$$3Fm + 6\mu m^2 g < 4Fm - 2\mu m^2 g \quad | : m$$

$$3F + 6\mu mg < 4F - 2\mu mg$$

$$F > 20\mu mg \Rightarrow \boxed{F_{\text{min}} = 20\mu mg}$$

ответ: 1) $F_0 = 10\mu mg$

2) $F_{\text{min}} = 20\mu mg$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~ 5

Дано:

$$H = 2,5 \text{ м}$$

$$V = 8 \text{ м}^3$$

$$S = 20 \text{ см}^2$$

$$\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

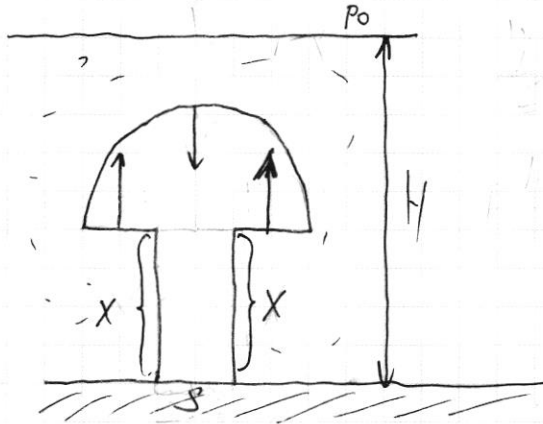
$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Найти:

1) $P_1 = ?$

2) $F = ?$



I) $P_1 = P_0 + \rho g H$

$$P_1 = 100 \text{ кПа} + 100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2,5 \text{ м}$$

$$= 100 \text{ кПа} + 2,5 \text{ кПа} = \underline{102,5 \text{ кПа}}$$

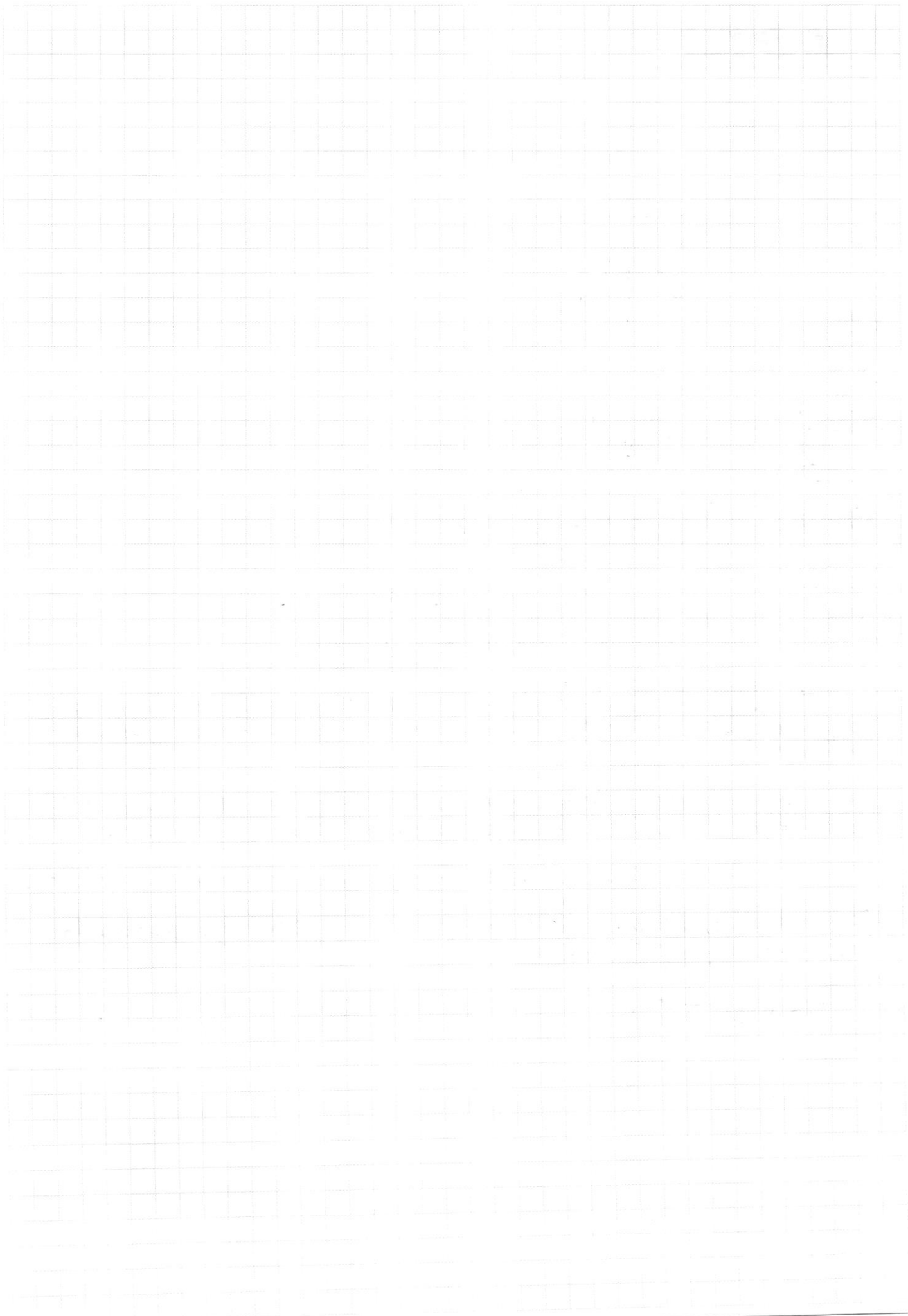
II) 1) Так как конструкция ~~асимметрична~~ асимметрична, то сила ~~давления~~ ~~воздуха~~ ~~на~~ ~~боковые~~ ~~поверхности~~ ~~с~~ ~~двух~~ ~~сторон~~ ~~уравнове-~~ ~~живается~~

2) Таким образом, вода будет ~~давить~~ ~~на~~ ~~поверхность~~ ~~и~~ ~~да-~~ ~~вить~~ ~~вверх~~ ~~на~~ ~~боковую~~ ~~поверхность~~. ~~Буд~~ ~~клей~~ ~~воздух~~ ~~не~~ ~~поднимается~~.

Если ~~да~~ ~~клей~~ ~~не~~ ~~было~~, ~~то~~ ~~конструкция~~ ~~давила~~ ~~бы~~ ~~вверх~~.

\Rightarrow равнодействующая ~~сил~~ ~~не~~ ~~равна~~, ~~действующая~~ ~~на~~ ~~кон-~~ ~~струкцию~~, ~~направлена~~ ~~вверх~~.

3) $V = xS + \frac{4}{3} \pi r^3$

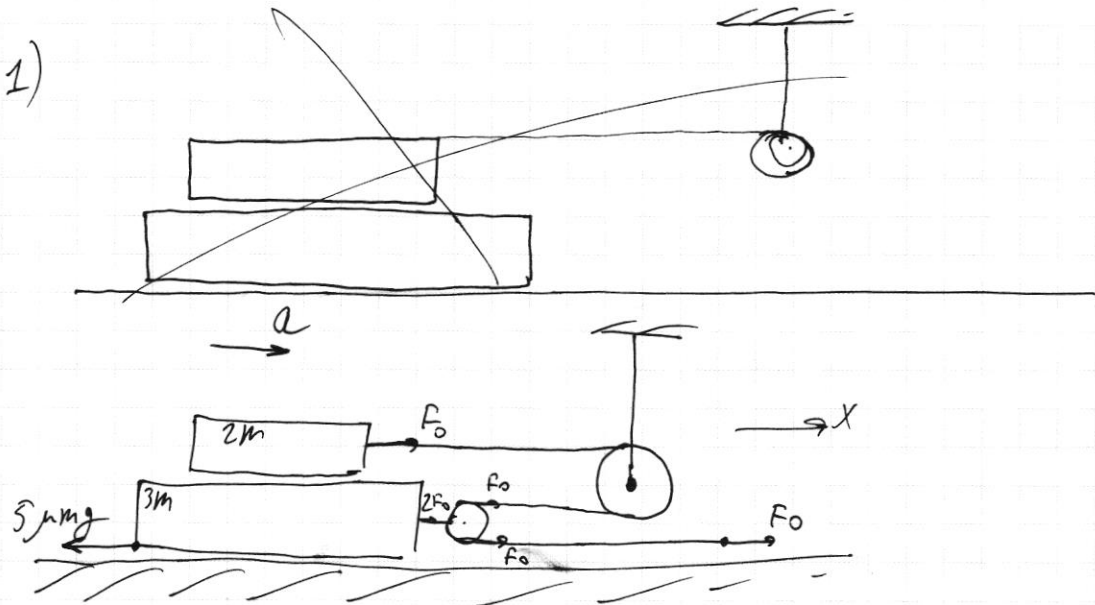


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

24
Дано:
 $m_1 = 2m$
 $m_2 = 3m$
 μ
Найти:
1) $F_0 = ?$
2) $F_{\text{нат}}$



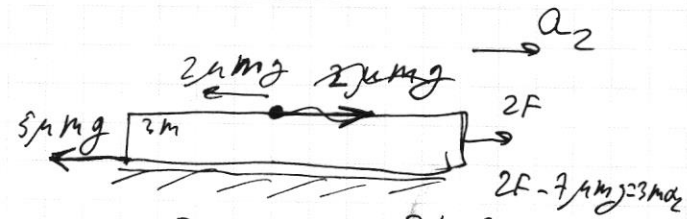
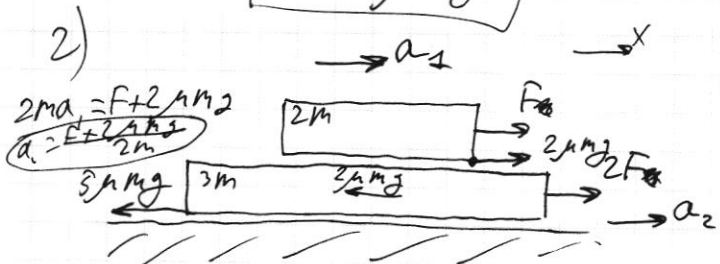
~~ИЗН (OX): $F_0 = 2ma$~~

ИЗН (OX): $\begin{cases} F_0 = 2ma \\ 2F_0 = 3ma \end{cases} \Rightarrow ma = \frac{F_0}{2}$
 $2F_0 - 5\mu mg = 3ma$

$2F_0 - 5\mu mg = \frac{3F_0}{2}$
 $\frac{F_0}{2} = 5\mu mg$

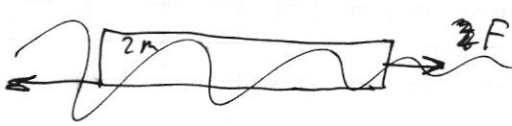
$F_0 = 10\mu mg$

$\vec{a}_{\text{отн}} = \vec{a}_{\text{обс}} - \vec{a}_{\text{пер}}$
 $\vec{a}_{\text{отн}} = \vec{a}_1 - \vec{a}_2$



$2F - 3\mu mg = 3ma_2$
 $2F - 3\mu mg = 3ma_2$
 $a_2 = \frac{2F - 3\mu mg}{3m}$
 $a_2 = \frac{2F - 3\mu mg}{3m}$

~~ИЗН~~
 $a_1 - a_2 < 0$
 $|a_1| < |a_2|$
 $a_2 = a_2$



$\frac{F + 2\mu mg}{2m} < \frac{2F - 3\mu mg}{3m} \quad | \cdot 6m$
 $3F + 6\mu mg < 4F - 14\mu mg$
 $F > 20\mu mg$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{array}{r} 144 \\ \times 4 \\ \hline 576 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 576 \overline{) 90} \\ \underline{540} \\ 360 \\ \underline{360} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 121 \\ \times 375 \\ \hline 10125 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 64 \\ \times 30 \\ \hline 1920 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ \times 15 \\ \hline 30 \\ + 150 \\ \hline 180 \\ + 360 \\ \hline 540 \end{array}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{18} + mgh \quad 1-18$$

$$9v_0^2 = v_0^2 + 18gh$$

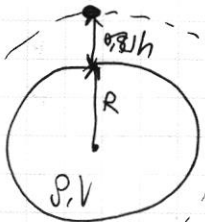
$$8v_0^2 = 18gh$$

$$h = \frac{8}{18} \frac{v_0^2}{g} = \frac{4}{9} \frac{v_0^2}{g} = \frac{4 \cdot 72^2}{9 \cdot 10} = \frac{4 \cdot 144}{3 \cdot 5 \cdot 2} = \frac{32}{5} = 6,4 \text{ (м)}$$

$$\begin{array}{r} 72 \\ \times 22 \\ \hline 144 \\ + 1440 \\ \hline 1584 \end{array}$$

3) ($h=0,5R$; R ; ρ ; $V = \frac{4}{3}\pi R^3$) (1) $g = ?$; (2) $T = ?$)

Решение:



$$1) \quad mg = \frac{GMm}{4R^2}$$

$$F = \frac{GMm}{R^2}$$

$$GMm = FR^2$$

$$G = \frac{FR^2}{M \cdot m} = \frac{M \cdot m^2}{M \cdot m^2} = \frac{M}{m^2}$$

$$g = \frac{GM}{4R^2}$$

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

2)

$$2) \quad T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R}{\omega R} = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\omega = v/R \Rightarrow v = \omega R \Rightarrow \omega = \frac{v}{R}$$

$$a_n = \omega^2 \cdot R \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{a_n}{R}}$$

$$a_{\text{тан}} = \frac{GMm}{(R+h)^2}$$

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{a_n}{R}}}$$

$$n: 10125 = \frac{4000}{10125}$$

$$\frac{2000}{5075}$$

$$\begin{array}{r} 100 \overline{) 8} \\ \underline{-20} \\ 20 \\ \underline{-20} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ 375 \\ \underline{3} \\ 10125 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 725 \overline{) 5} \\ \underline{-10} \\ 25 \end{array}$$

$$\frac{4}{10,125} = \frac{4}{10 \frac{1}{8}} = \frac{4}{\frac{10}{8}} = \frac{4 \cdot 8}{10} = \frac{32}{10} = 3,2$$

$$10,125 = 10 \frac{125}{1000} = 10 \cdot \frac{25}{200} = 10 \frac{5}{40} = 10 \frac{1}{8}$$

$$k = \frac{h}{m}$$

$$\frac{m}{m^2} \cdot \frac{H}{m} \cdot m^2 = \frac{m \cdot H}{m}$$

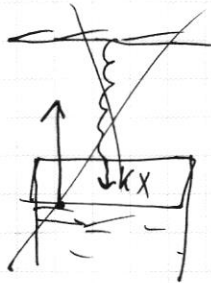
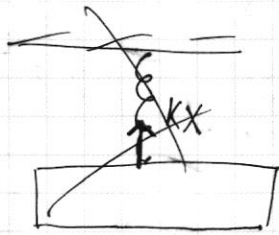
$$\frac{m \cdot H \cdot m^2}{m^2 \cdot m}$$

$$\frac{32}{128}$$

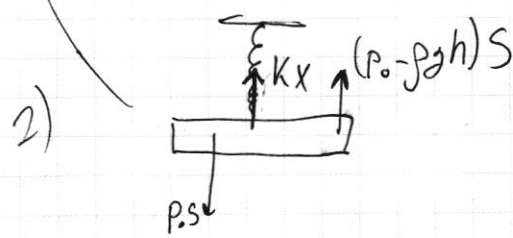
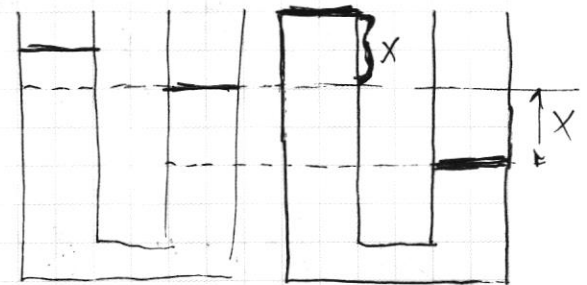
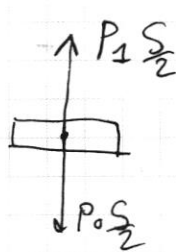
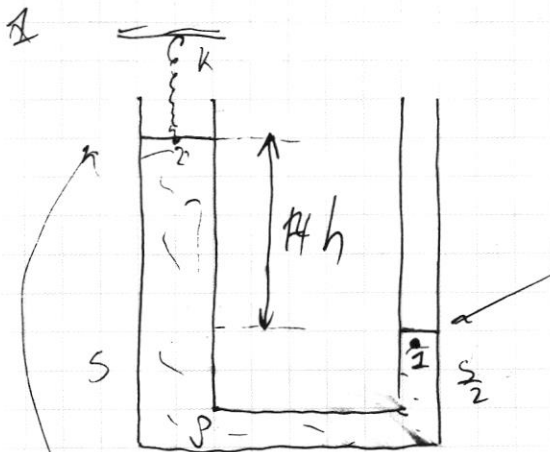
$$\frac{4}{8} = \frac{7 \cdot 8}{10} = 3,2$$

$$\frac{4}{7,2} = \frac{40}{72} = \frac{20}{36} = \frac{10}{18} = \frac{5}{9}$$

22



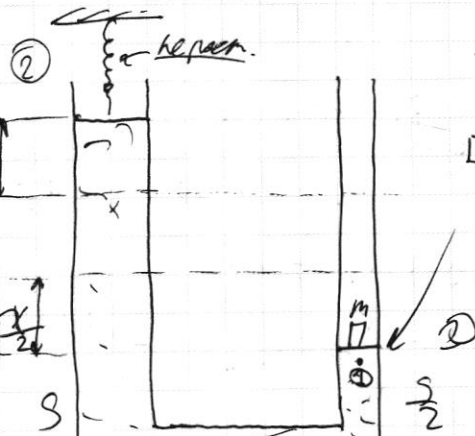
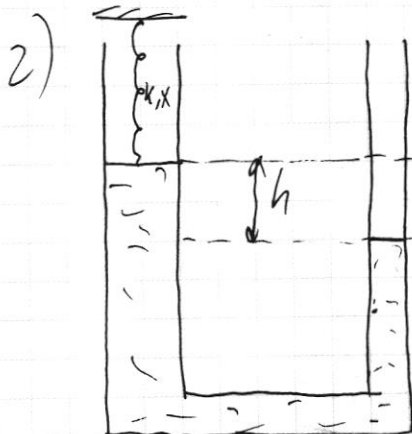
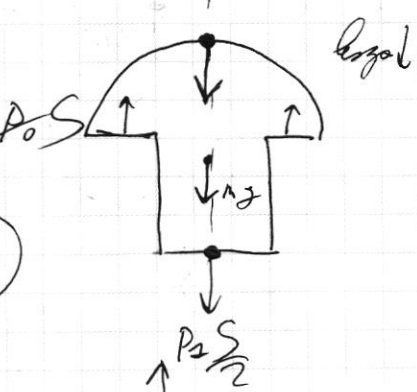
$$\frac{12}{15} = \frac{4}{3} = \frac{2 \cdot 12}{70} \cdot \frac{25}{30} = \frac{12}{15} = \frac{4}{3} = \frac{4}{5}$$



$$kx + p_0 S - pgh S = p_0 S$$

$$kx = pgh S$$

$$x = \frac{pgh S}{k}$$



$$k_1 = k_2 \Rightarrow p m_1 = m_2 \Rightarrow p \frac{s}{2} h_1 = p s h_2 \Rightarrow h_2 = \frac{h_1}{2}$$