

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-02

Шифр

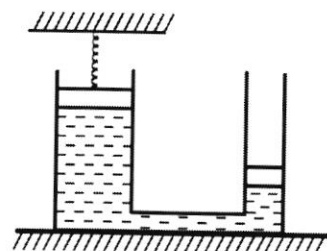
(заполняется секретарём)

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.

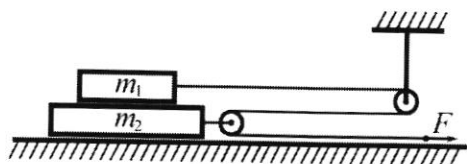
2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

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.

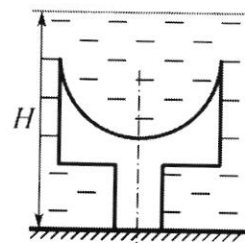
4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 3m$, $m_2 = 5m$. Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен μ . Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



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.

N1

$$v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v' = \frac{v_0}{2}$$

$$t = ?$$

$$h = ?$$

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

1) Скорость тела может быть равной $\frac{v_0}{2}$, когда она направлена вверх и когда вниз.

2) В 1 сл.:

$$v_0 - gt = v'$$

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

$$t = \frac{v_0}{2g} = \frac{10}{2 \cdot 10} = 0,5 \text{ с.}$$

3) Если тело остановилось:

$$v_0 - gT = 0$$

$$T = \frac{v_0}{g}$$

4) Во 2 сл.:

$$g(t - T) = v', \text{ где } t - T = \text{время, которое тело движется после остановки}$$

$$t = \frac{v'}{g} + T$$

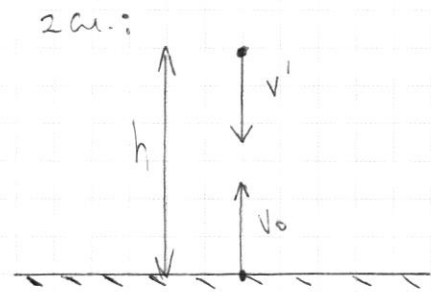
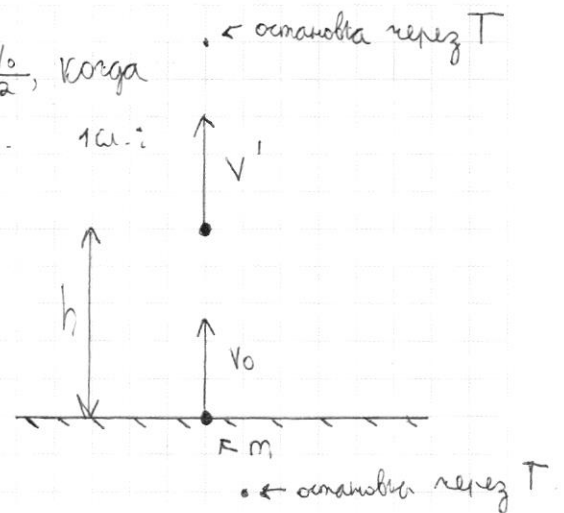
$$t = \frac{v_0}{2g} + \frac{v_0}{g} = \frac{3v_0}{2g} = \frac{3 \cdot 10}{2 \cdot 10} = 1,5 \text{ с.}$$

5) 3-й закон энергии:

$$m \frac{v_0^2}{2} = mgh + m \frac{(\frac{v_0}{2})^2}$$

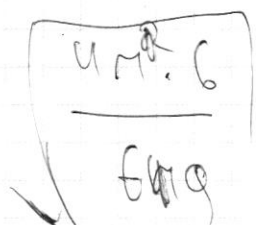
$$h = \frac{3v_0^2}{8g} = \frac{3 \cdot 10^2}{8 \cdot 10} = 3,75 \text{ м.}$$

Ответ: 1) $t = 0,5 \text{ с}$ или $t = 1,5 \text{ с}$ 2) $h = 3,75 \text{ м}$.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N1
 $v_0 = 10 \frac{m}{c}$
 $t = ?$



100 000 +

10 000.2

300/00

← остановка

$\frac{v_0}{2}$

v_0

$\leftarrow m$

$$\frac{496 m R^3}{270^2}$$

$$\frac{69.9 m R^3}{2.9 R^2} = \frac{496 m R}{2.9}$$

1) До остановки:

$$v_0 - g t = v$$

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

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

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

$$t_1 = \frac{v_0}{2g}$$

$$\sqrt{\frac{6}{g} \cdot 4m}$$

$$\sqrt{\frac{24m}{g}}$$

$$\frac{R^2}{\omega^2} = 4$$

$$m \frac{v_0^2}{2} = m g h + m \frac{v_0^2}{2}$$

$$m \frac{v_0^2}{2} = m g h + \frac{m v_0^2}{8}$$

$$4 m v_0^2 = 8 g h m + m v_0^2$$

$$3 m v_0^2 = 8 g h m$$

$$3 v_0^2 = 8 g h$$

$$h = \frac{3 v_0^2}{8g}$$

$$\sqrt{\frac{6}{g} \cdot 2m}$$

$$\frac{3 \cdot 100}{80} = \frac{3 \cdot 5}{4}$$

$$= \frac{15}{4} \frac{v_0^2}{2} = g h + \frac{v_0^2}{8}$$

$$\left(\frac{\omega^2}{v^2} \cdot H \right)$$

$$\frac{\omega^2}{v^3} \cdot \frac{v_0}{\omega}$$

$$\omega^2 = \frac{6 \cdot 9 \cdot \pi^2}{20 \cdot 4}$$

$$\omega^2 = \frac{6\pi}{2}$$

2) После остановки:

$$v = g t$$

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

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

3) Остановка

$$v_0 = g t$$

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

$$t_2 = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{2g} = \frac{3v_0}{2g}$$

$$\frac{46-1}{4} = 4 - 0.25 = 3.75 m \cdot 2$$

$$4 v_0^2 = 8 g h + v_0^2$$

$$3 v_0^2 = 8 g h$$

$$h = \frac{3 v_0^2}{8g}$$

$$\omega^2 = \frac{6 \cdot 4 \cdot \pi^2}{4 \cdot 2 \cdot 3}$$

$$\frac{6\pi}{3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№2.

$h, m = ?$ 1) Условие равновесия поршня

" $\frac{S}{3}$ " в 1 сл.:

$$\frac{P_0 S}{3} = \frac{P_2 S}{3}$$

$$P_0 = P_2$$

Поршня "S" в 1 сл.:

$$P_1 S = -KX + P_0 S$$

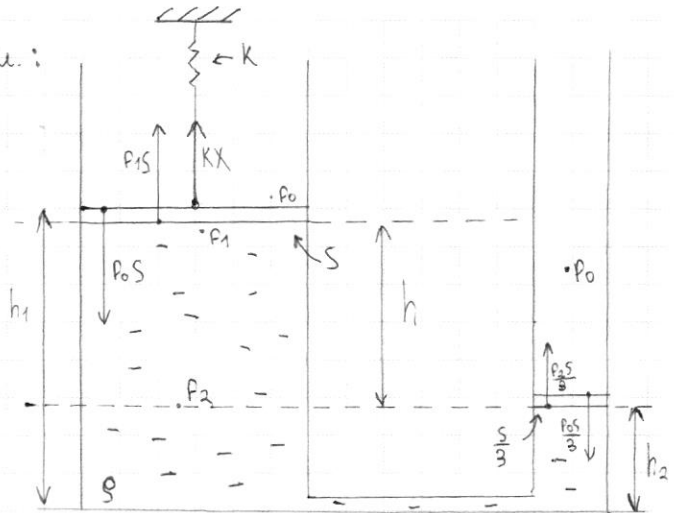
$$P_1 = P_0 - \frac{KX}{S}$$

$$P_2 = P_1 + \rho g h$$

$$P_0 = P_0 - \frac{KX}{S} + \rho g h$$

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

1 сл.:



↑ точки приложения сил $P_1 S, P_0 S, \frac{P_0 S}{3}, \frac{P_2 S}{3}$

силы для условия равновесия поршня

2) Так $h_1 > h_2$, то $P_2 > P_1$ и $P_0 > P_0 - \frac{KX}{S}$.

Верно, значит сила упругости пружины (KX)

направлена вниз. Пружина растянута.

3) Условие равновесия поршня "S" во

2 сл.:

$$P_0 S = P_3 S$$

$$P_0 = P_3$$

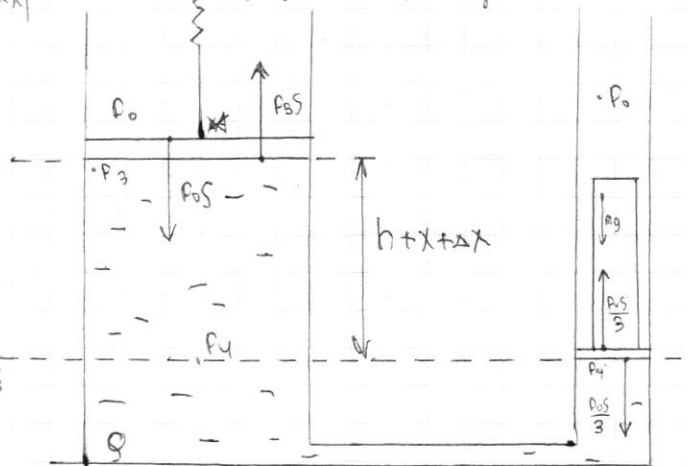
Силы на поршень (пружина "m" и поршня " $\frac{S}{3}$ ") во 2 сл.:

$$mg + \frac{P_0 S}{3} = \frac{P_4 S}{3}$$

$$P_4 = P_0 + \frac{3mg}{S}$$

2 сл.:

← K, пружина не растянута



↑ точки приложения сил $P_3 S, P_0 S, mg, \frac{P_4 S}{3}, \frac{P_0 S}{3}$

силы на поршень.

4) Если пружина не растянута, то весь поршень "S" переместится вверх на X. Будет поршень

" $\frac{S}{3}$ " сместится при этом на ΔX . Тогда условие нестисжимости жидкости:

$$\frac{\Delta X S}{3} = X S \Rightarrow \Delta X = 3X$$

5)

$$P_4 = P_3 + \rho g (h + X + \Delta X)$$

$$P_0 + \frac{3mg}{S} = P_0 + \rho g (h + 4X) \Rightarrow m = \frac{\rho g S (h + 4X)}{3g} = \frac{\rho S (h + 4X)}{3}$$

Ответ: 1) $h = \frac{KX}{\rho g S}$ 2) $m = \frac{\rho S (h + 4X)}{3}$

N4

$$F_1 - F_0 = 3ma_0$$

$$F_{m1} = \frac{72 \mu mg - 23F_0}{4}$$

$$2F_0 - 9 \mu mg + F_1 = 5a_0 m$$

$$F_{m1} \geq F_0$$

$$F_{m1} = F_0$$

$$2F_0 - F_{m1} = 4$$

$$2F_0 - 9 \mu mg + F_{m1}$$

$$F_{m1} = 2F_0 - 9 \mu mg$$

$$2F_0 - 9 \mu mg + F_{m1}$$

$$F_0 \leq \frac{9 \mu mg}{3}$$

$$F_{m1} = F_0$$

$$5F_1 - 5F_0 = 13F_0 - \frac{72 \mu mg + 9F_1}{3} = \frac{3(2F_0 - 9 \mu mg + F_1)}{5}$$

$$a_b = 3a_H$$

$$72 \mu mg - 23F_0 = 4F_1$$

$$72 \mu mg - 23F_0 = 4F_0$$

$$72 \mu mg \geq 27F_0$$

$$F_0 \leq \frac{8}{3} \mu mg$$

$$\frac{F_{m1} - F_0}{3m} = \frac{2F_0 + F_{m1} - 9 \mu mg}{5m}$$

$$5F_{m1} - 5F_0 = 6F_0 + 3F_{m1} - 24 \mu mg$$

$$F_{m1} \leq 4 \mu mg$$

$$2F_0 \leq 9 \mu mg$$

$$F_{m1}$$

$$72 \mu mg - 23F_0 = 4F_0$$

$$F_0 \leq 4 \mu mg$$

$$F_0 \leq F_{m1}$$

$$72 \mu mg \geq 27F_0$$

$$F_{m1} = 2F_0$$

$$F_{m2} = F_{m1} + 2F_0$$

$$F_0 = \frac{72}{27} \mu mg$$

$$72 \mu mg - 12F_0 - 5F_0 = 4F$$

$$F_{m1} = F_{m2} - 2F_0$$

$$F \leq \frac{72 \mu mg}{27}$$

$$F = \frac{72 \mu mg - 17F_0}{4}$$

$$F_{m1}$$

$$\frac{F - F_0}{3} = \frac{3(2F_0 + F - 9 \mu mg)}{5} \quad 2F_0 - 9 \mu mg + F = 0$$

$$5F - 5F_0 = 12F_0 + 9F - 72 \mu mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 4.

$$F_0, F = ?$$

1) II З.Н. для верх. бруска в осн.:

$$Oy: -3mg + N_1 = 0$$

$$3mg = N_1$$

Для системы "3m+5m":

$$Oy: -8mg + N_2 = 0$$

$$N_2 = 8mg$$

2) Если $F_{\text{тр}1} = 0$, то верх. брус. находится отн. неподв., но если он движ. равен:

$$a_H = a_B$$

3) II З.Н. для верх. брус. в осн.:

$$Ox: F_0 = 3m a_B \Rightarrow a_B = \frac{F_0}{3m}$$

Для нижнего брус.:

$$Ox: 2F_0 - F_{\text{тр}2} = 85m a_H$$

$$2F_0 - 8mg = 5m a_H \Rightarrow a_H = \frac{2F_0 - 8mg}{5m}$$

$$4) \frac{F_0}{3m} = \frac{2F_0 - 8mg}{5m} \Rightarrow F_0 = 24mg$$

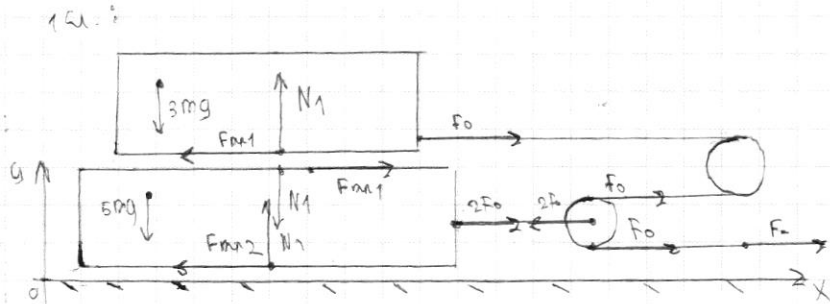
5) По 2 вопросу: если нижн. брус. перемещаясь на x, то и блок, и верх. брус. переместятся на x. Веревки выводоводимы 3x. Значит к 10 земли верх. брус. переместится на 3x влево. $\Rightarrow a_B = 3a_H$

6) II З.Н. для верх. брус. в осн.:

$$Ox: F_0 - F_{\text{тр}1} = -3m a_B \Rightarrow a_B = \frac{F_{\text{тр}1} - F_0}{3m}$$

$$\text{Для нижнего брус. в осн. } Ox: 2F_0 + F_{\text{тр}1} - 8mg = 5m a_H \Rightarrow a_H = \frac{2F_0 + F_{\text{тр}1} - 8mg}{5m}$$

$$7) a_B = 3a_H; \frac{F_{\text{тр}1} - F_0}{3m} = 3 \left(\frac{2F_0 + F_{\text{тр}1} - 8mg}{5m} \right) \Rightarrow F_{\text{тр}1} = \frac{72mg - 23F_0}{4}$$



Примечание учителя

$$F_0 \text{ будет ниль, когда } F_{\text{тр}1} = F$$

$$\frac{72mg - 23F}{4} = F \Rightarrow F = \frac{8}{3} mg$$

$$\text{Ответ: } 1) F_0 = 24mg \quad 2) F = \frac{8}{3} mg$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

N 5.

$$H = 3 \text{ м}$$

$$V = 5 \text{ см}^3$$

$$S = 10 \text{ см}^2$$

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

$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

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

$$P_1, F = ?$$

$$1) P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \cdot 10^3 + 10^3 \cdot 10 \cdot 3 \\ = 130 \text{ кПа}$$

2) По контурам, все силы гидростатиче на концы - что "удавается"

3) Бассейном равновесие такой конструкции с площадью воды, т.к. сила, с которой

вода дейст. на концы, не зависит от площади концы.

4) Такой язык воды будет в равновесии:

Предположим, что \vec{F} направлен вниз.

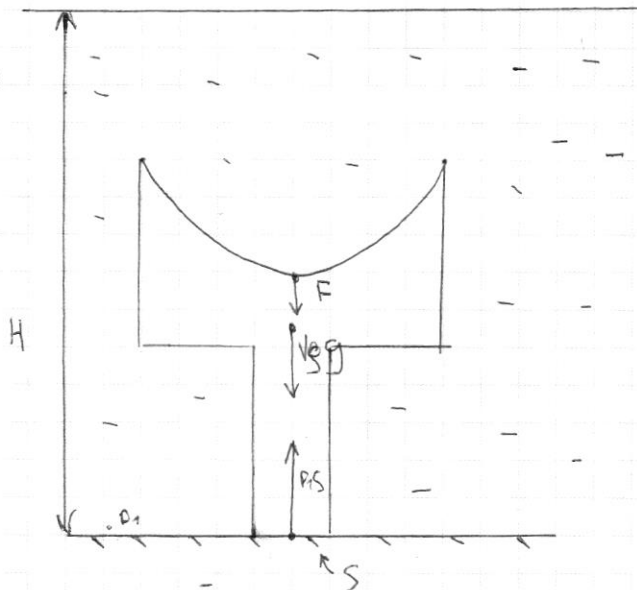
Тогда:

$$F + V \rho g = P_1 S$$

$$F = P_1 S - V \rho g = 130 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \cdot 10 = 80 \text{ Н}$$

$F > 0$, значит F направлена вниз.

Ответ: 1) $P_1 = 130 \text{ кПа}$. 2) $F = 80 \text{ Н}$, вниз.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

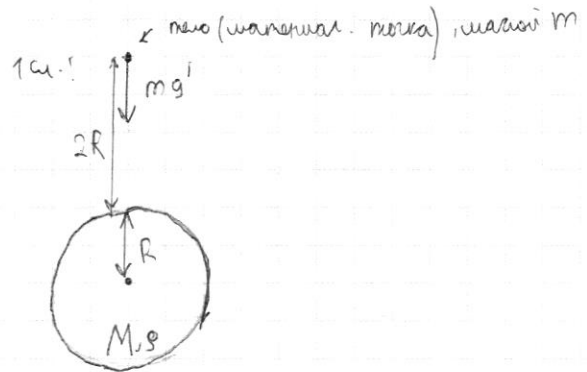
№3 1) II З.Н. где масса "m" в 1а.:

$$g' = ? \quad m g' = G \frac{m M}{(3R)^2}$$

$$T = ? \quad g' = \frac{G m M}{9 R^2 m}$$

$$g' = \frac{G M}{9 R^2} = \frac{G \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{9 R^2} =$$

$$g' = \frac{4 \rho G \pi R}{27}$$



2) II З.Н. где спутника в 2а.:

$$m a_y = G \frac{m M}{(2R)^2}$$

$$a_y = \frac{G M}{4 R^2}$$

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

~~$$\omega = \sqrt{\frac{G \pi \rho}{6}}$$~~

~~$$3) T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{G \pi \rho}{6}}} = \sqrt{\frac{24\pi}{G}}$$~~

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

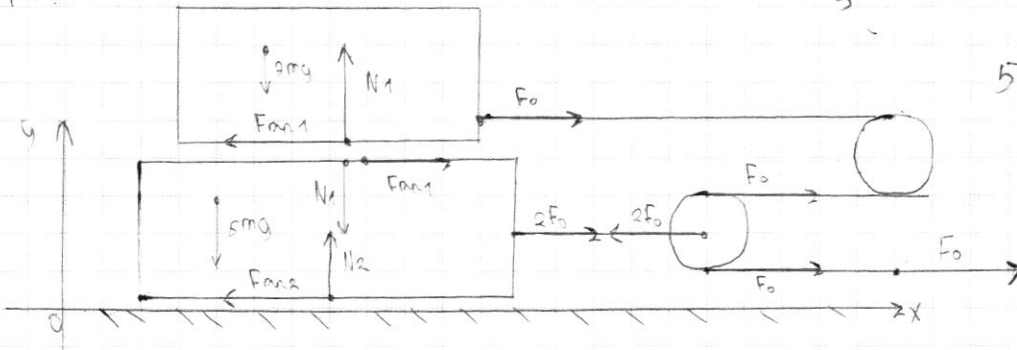
$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{G \pi \rho}{6}}} = \sqrt{\frac{24\pi}{G}}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4
 $F_0, F = ?$

1 м.:



$$\frac{F_0}{3} = \frac{2F_0 - 9mg}{5}$$

$$5F_0 = 6F_0 - 24mg$$

$$F_0 = 24mg$$

1) Услов. равновес. верх. брус. в 1 м.:

$$Oy: 3mg = N_1$$

система "3m+5m":

$$Oy: 8mg = N_2$$

2) Услов. равновес. ниж. брус.:

$$Ox: F_{тр2} = 2F_0 + F_{тр1}$$

$$F_{тр1} = 0, \text{ когда } 2F_0 = F_{тр2}$$

3) Если ниж. брус. соскользнет, то $F_{тр2}$ = сила трения скольжения, тогда:

$$F_{тр2} = \mu N_2$$

$$2F_0 = 6mg\mu$$

$$F_0 = 4mg\mu$$

4) Если нижний брус переместится по x, то это сделают и блок и (нижний) верхний брус. Выведем закон 3х нижн. Значит в СО земли верхний брус переместится на 3х. $a_b = 3a_n$ - соотношение между ускор. брусков.

5) ПЗН для верх. брус. во 2 м.:

$$Oy: 3ma_b = F_{тр1} - F_0 \Rightarrow a_b = \frac{F_{тр1} - F_0}{3m}$$

$$Oy: 5ma_n = 2F_0 + F_{тр1} - F_{тр2} \Rightarrow \frac{2F_0 + F_{тр1} - 8mg}{5m}$$

для нижнего брус.

$$F_{тр2} = \text{силе трения скольжения} = 6\mu mg$$

Получаемые значения:

$$\frac{F_{тр1} - F_0}{3m} = \frac{3(2F_0 + F_{тр1} - 8mg)}{5m}$$

$$\Rightarrow F_{тр1} = \frac{24mg - 17F_0}{4}$$

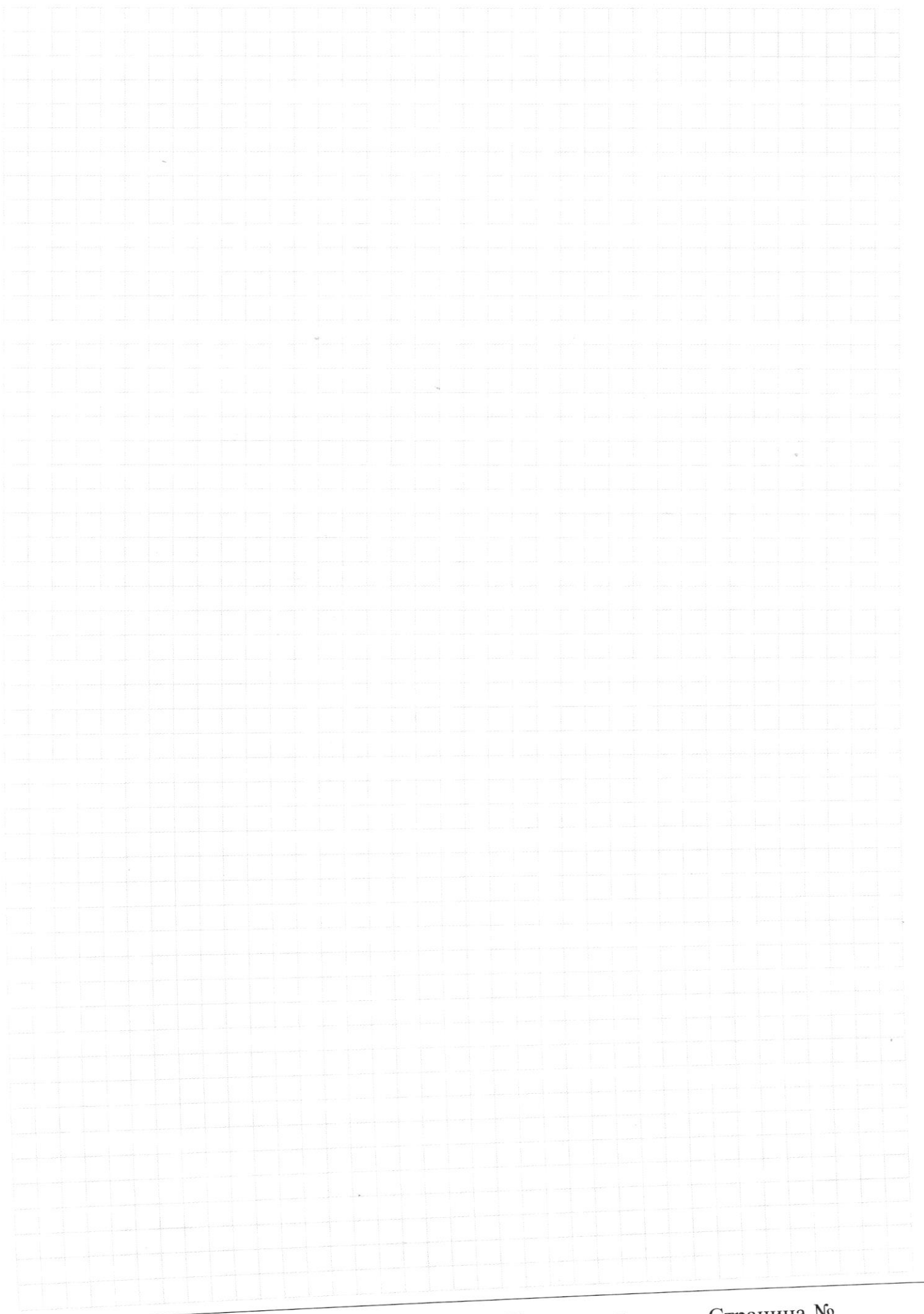
Услов. верх. брус. движ. влево, чтобы:

$$F_{тр1} \geq F_0$$

$$\frac{24mg - 17F_0}{4} \geq F_0$$

$$F_0 \leq \frac{8}{5}mg$$

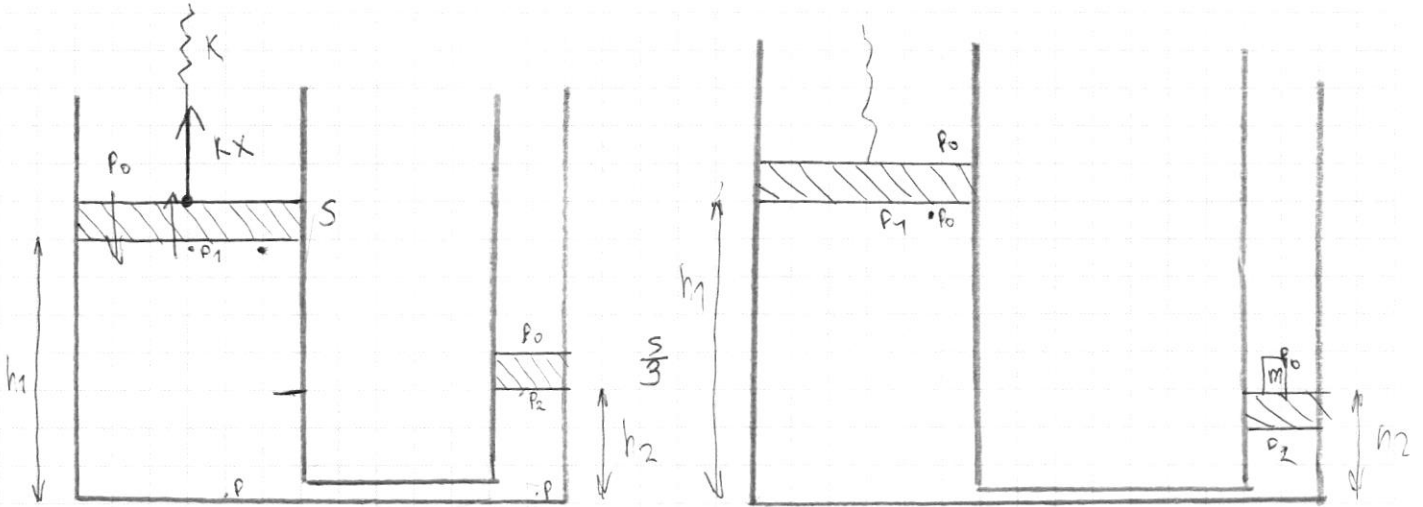
черновик ЧИСТОВИК
(Поставьте галочку в нужном поле)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$p_0 = p_2$$

$$p = p_2 + \rho g h_2$$

$$p = p_0 + \rho g h_2$$

$$p_1 S + kx = p_0 S$$

$$p_1 = p_0 - \frac{kx}{S}$$

$$p = p_1 + \rho g h_1$$

$$p = p_0 - \frac{kx}{S} + \rho g h_1$$

$$p = p_0 + \rho g h_2$$

S_1

$$0,005 \cdot 1000 \cdot 16 = 50 \text{ Н}$$

$P_1 S$

U_0

$$\frac{130 \cdot 10 \cdot 1000}{10000}$$

$$0 = \frac{kx}{S} + \rho g (h_1 - h_2)$$

$$-\frac{kx}{S} = \rho g (h_1 - h_2)$$

$$h_2 - h_1 =$$

P_1

P_1

$$\frac{S P_1}{3} = \frac{p_0 S}{3} + mg$$

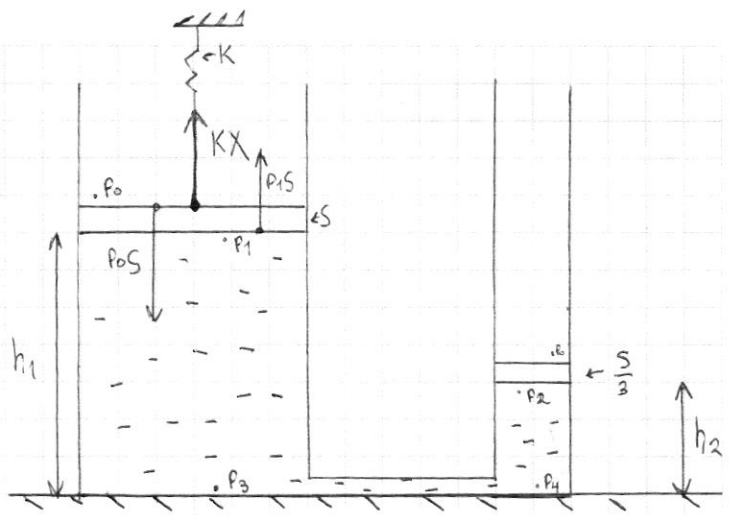
$$S P_1 = p_0 S + 3mg$$

$$-\frac{kx}{S} = \rho g (h_1 - h_2)$$

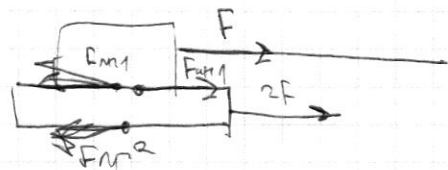
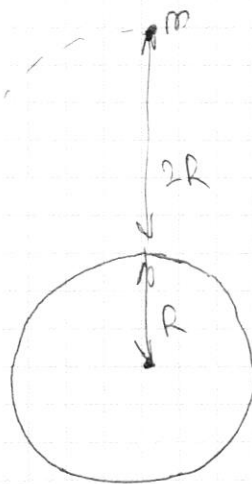
$$\frac{kx}{\rho g S} = h_1 - h_2$$

$$P_1 = p_0 + \frac{3mg}{S}$$

N_2
 $h=2$



$$m \omega^2 2R = m$$

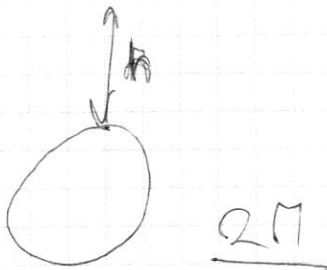


$$F_{m1} \leq N 3g_m$$

$$F_{m1} \leq 3mgM$$

$$F_{m2} \leq 8mgM$$

$$2F + F_{m1} = F_{m2}$$



2π

$$mg' = G \frac{mM}{(3R)^2}$$

$$g' = \frac{GM}{9R^2}$$

$$g' = \frac{G \cdot g \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{9R^2}$$

$$g' = \frac{4Gg\pi R}{9}$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N 2

$h, m = 2$

1) Дл.к. $h_1 > h_2$, так $P_1 < P$

2) Услов. равновес. поршня "S":

$$\frac{P_1 S}{3} = \frac{P_0 S}{3} \quad \leftarrow \text{в 1 к. :}$$

$$P_1 = P_0$$

Поршня "S":

$$KX + P_1 S = P_0 S$$

$$P_1 = P_0 - \frac{KX}{S}$$

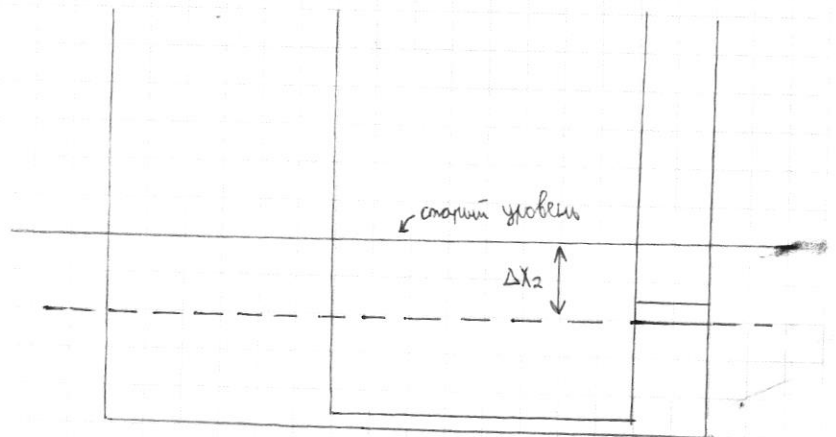
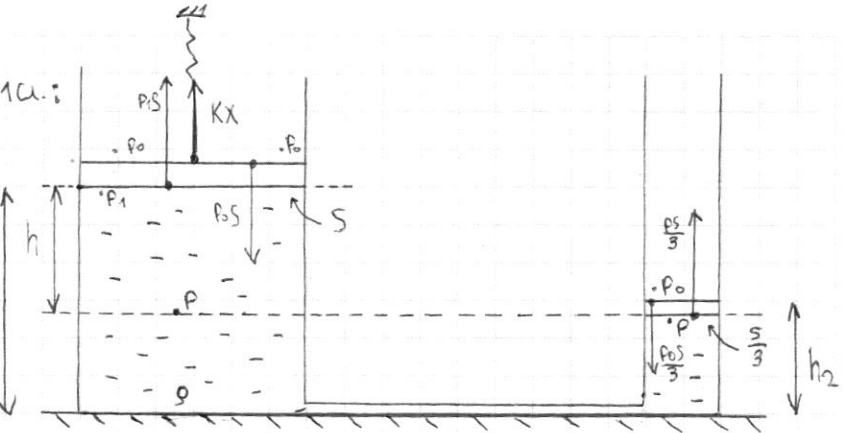
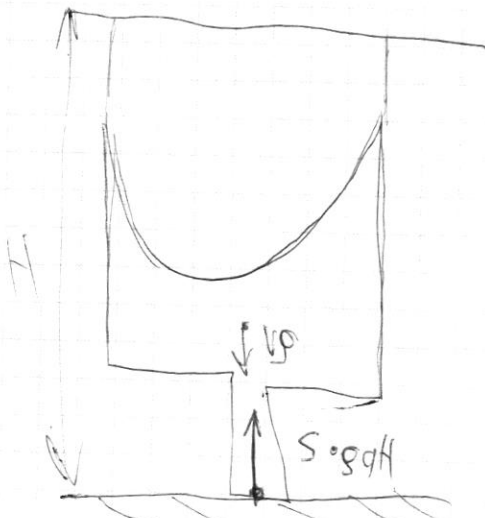
$$P_1 < P_0$$

$P_1 < P$. Значит начальные силы упругости поршня направлены.

3) $P_1 + \rho g h = P$

$$P_0 - \frac{KX}{S} + \rho g h = P_0 \Rightarrow h = \frac{KX}{\rho g S}$$

4)



N2

$h, m = 2$ 1) Условие равновесия поршня "S" в 1 ц.:

$$\frac{P_1 S}{3} = \frac{P_0 S}{3}$$

$$P_1 = P_0$$

Условие "S" в 2 ц.:

$$KX + P_2 S = P_0 S$$

$$P_2 = P_0 - \frac{KX}{S}$$

2) П.к. $h_1 > h_2$, то $P_1 > P_2$; $P_0 > P_0 - \frac{KX}{S}$. Это верно, значит сила пружины направлена влево. ~~Пружина~~ Пружина растянута на X.

3) $P_1 = P_2 + \rho g h$

$$P_0 = P_0 - \frac{KX}{S} + \rho g h \Rightarrow h = \frac{KX}{\rho g S}$$

4)

$$3mg + P_0 S = P_1 S$$

$$P_0 + \frac{3mg}{S}$$

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

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

