

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

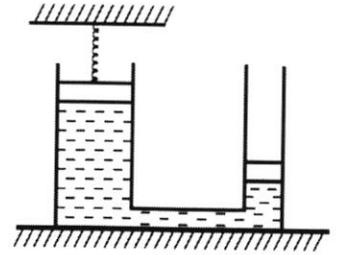
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

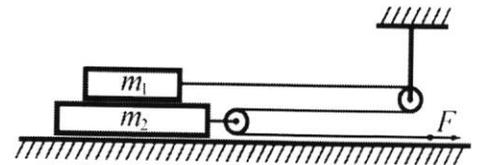
- ✓ 1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



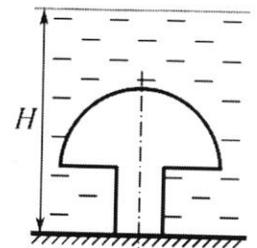
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
- ✓ 3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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



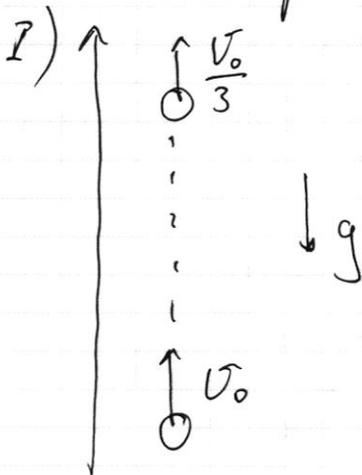
- 1) Найдите давление P_1 вблизи дна.
- 2) Найдите величину F силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

в.т.

$$v_0 = 12 \text{ м/с} \quad g = 10 \text{ м/с}^2$$

1) Рассмотрим два случая.

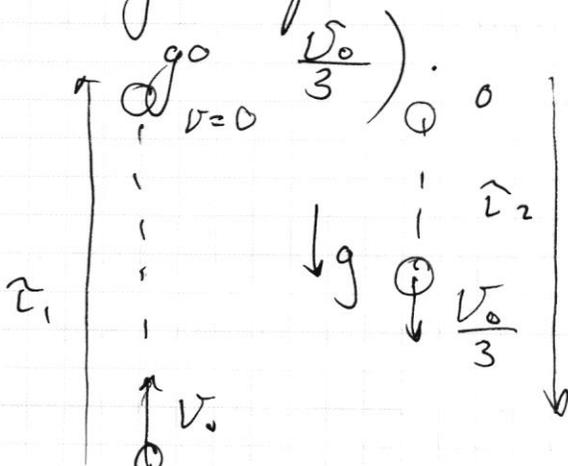


$$v_0 - gt = \frac{v_0}{3}$$

$$\frac{v_0}{3} - \frac{v_0}{3} = gt$$

$$\frac{2v_0}{3g} = t = \frac{24}{30} = 0,8 \text{ с}$$

II) Разобьём t на $\tau_1 + \tau_2$ (τ_1 - время до верхней точ., τ_2 - от верх. точ. до той



$$v_0 - g\tau_1 = 0$$

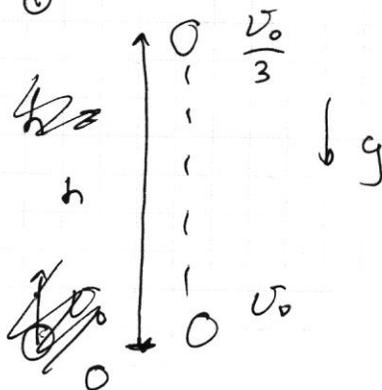
$$\tau_1 = \frac{v_0}{g} = 1,2 \text{ с.}$$

$$\frac{v_0}{3} = 0 + g\tau_2$$

$$\tau_2 = \frac{v_0}{3g} = 0,4 \text{ с.}$$

$$t = 1,6 \text{ с.}$$

2)



$$h = \frac{\left(\frac{v_0}{3}\right)^2 - (v_0)^2}{-2g} = \frac{\frac{v_0^2}{9} - v_0^2}{-2g} = \frac{v_0^2 - \frac{v_0^2}{9}}{2g} =$$

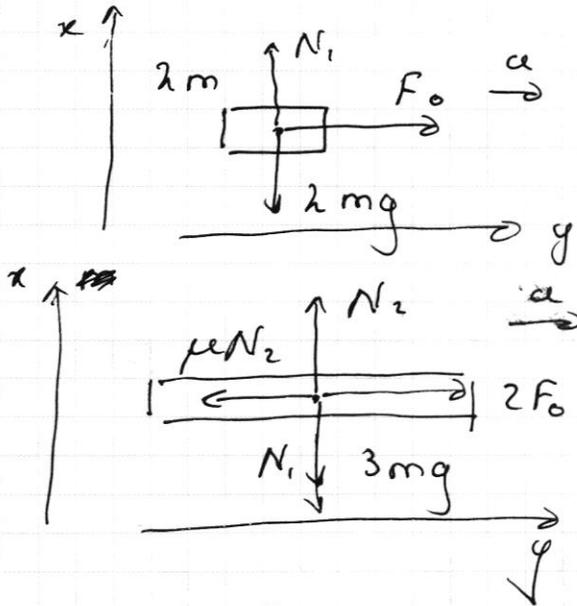
$$= \frac{\delta V_0^2}{g \cdot 2g} = \frac{\delta \cdot 144}{2 \cdot 180} = 2 \cdot 3,2 = 6,4 \text{ м}$$

Ответ: $t = 0,8 \text{ с}$; $t = 1,6 \text{ с}$; $h = 6,4 \text{ м}$.
 √4.

$$m_1 = 2 \text{ т} \quad m_2 = 3 \text{ т} \quad \mu$$

1) Расставим силы.

Бруски будут двиг. с одинак. ускор. (обознач. a), т.к. масса у 2т больше.



1) Для 2т:

$$\begin{aligned} \text{оx: } N_1 &= 2mg \\ \text{II-й з-к Ньютона: } 2ma &= F_0 \end{aligned}$$

2) Для 3т:

$$\begin{aligned} \text{оx: } N_2 &= N_1 + 3mg = 5mg \\ \text{II-й з-к Ньютона: } 3ma &= 2F_0 - \mu 5mg \end{aligned}$$

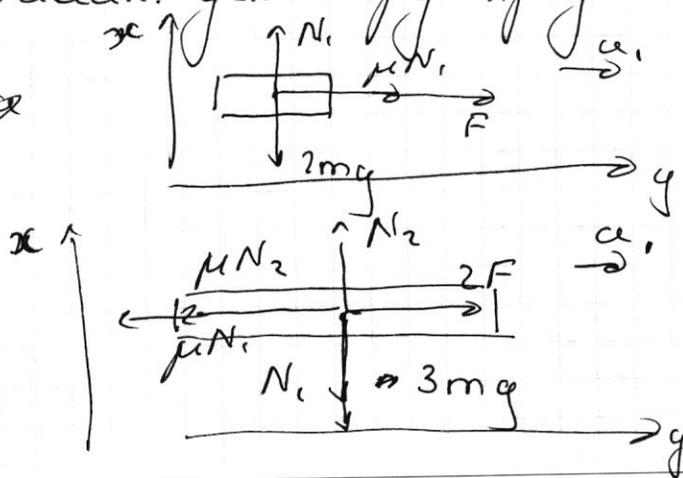
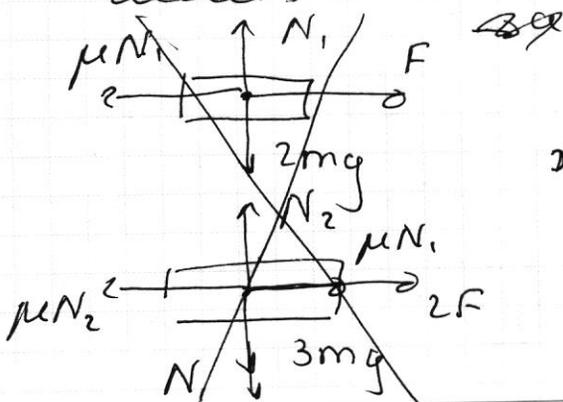
$$2ma = F_0$$

$$3ma = 2F_0 - \mu 5mg$$

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

$$F_0 = 10\mu mg$$

2) Рассм. сит., когда $F_{\text{тр}} 2\text{т}$ больше или так, Предельный коэффициент трения. Но брус. двиг. с одинак. уск. При Предельный коэффициент трения.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Дана $2m$:

оа: $N_1 = 2mg$

II-й з-н Ньютона:

оу: $2ma_1 = F + \mu 2mg$

2) Дана $3m$:

оа: $N_2 = 5mg$

II-й з-н Ньютона:

оу: $3ma_1 = 2F - \mu 5mg - \mu 2mg$

3) $2ma_1 = F + \mu 2mg$

$3ma_1 = 2F - 4\mu mg$

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

$20\mu mg = F$

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

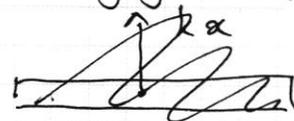
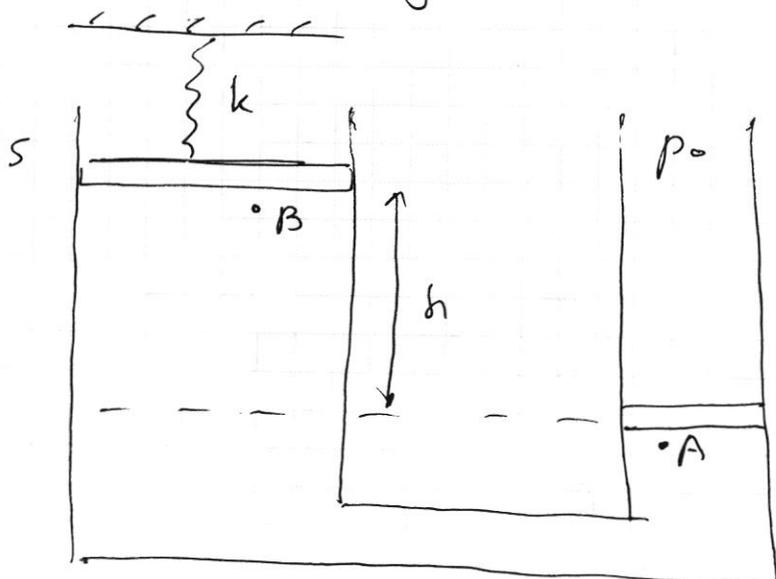
$\rho, k, h, S, \frac{S}{2}, g$

1) ρ_0 - атм. давл.

ρ_B - давл. в м пог S

ρ_A - давл. пог $S/2$

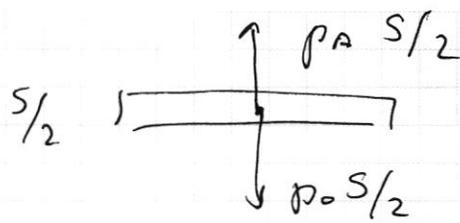
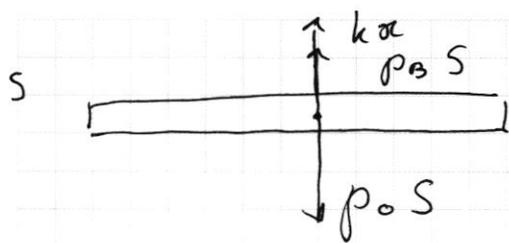
$\rho_B + \rho g h = \rho_A$



Пружина рас-
тянется, т.к.

её сила меньше её

$S/2$ обр., то левый
пери. опуст.,
правый подним.



$$kx + \rho_B S = \rho_0 S$$

$$\rho_0 \frac{S}{2} = \rho_A \frac{S}{2}$$

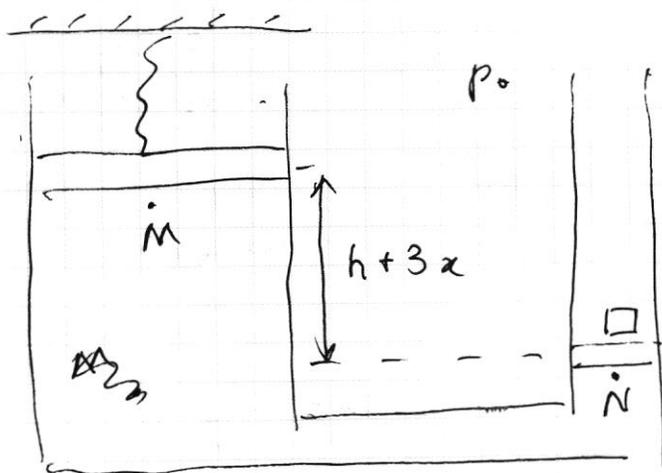
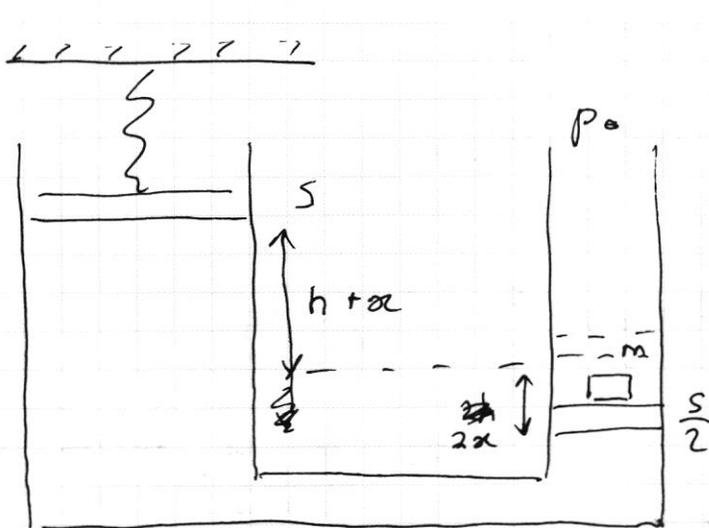
$$kx + \rho_B S = \rho_A S$$

$$kx + \rho_B S = \rho_B S + \rho g h S$$

$$kx = \rho g h S$$

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

2)

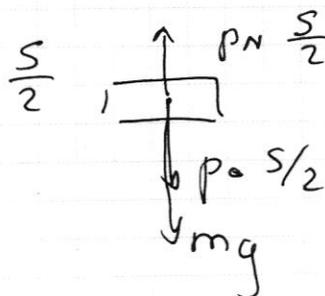
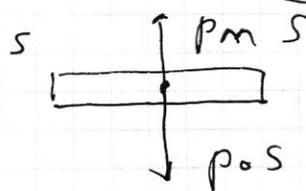


$$\rho_m + \rho g (h + 3x) = \rho_n$$

Чтобы пружина
была недеформированной
левый порш.
должен подн.
на x . Правый
тогда опуст.
на:

$$x S = x_n \frac{S}{2}$$

$$x_n = 2x$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\rho_m S = \rho_0 S$$

$$\rho_m \frac{S}{2} = \rho_0 \frac{S}{2} + mg$$

$$\rho_m \frac{S}{2} - mg = \rho_0 \frac{S}{2}$$

$$\rho_m S - 2mg = \rho_0 S$$

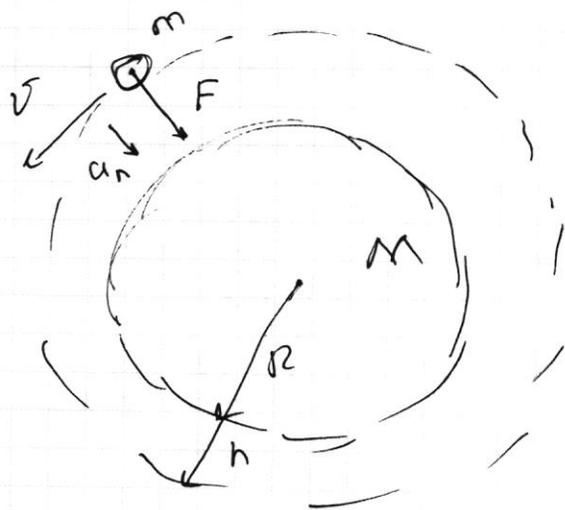
$$\rho_m S = \rho_m S - 2mg$$

$$\rho_m S = \rho_m S + \rho g (h + 3a) S - 2mg$$

$$2mg = \rho g (h + 3a) S$$

$$m = \rho \left(h + \frac{3\rho g h S}{5k} \right)$$

Ответ: $a = \frac{2\rho g h S}{5k}$; $m = \frac{\rho \left(h + \frac{3\rho g h S}{5k} \right)}{2}$



ω 3. * Спутника движется с пост. склр. (нет сил, кроме гравит. вращающ.) ⇒ танг. уск. нет.

Обозначим массу спутника за m, планеты - M.

2) Уск. Γ

$$l = R + h = 1,5R$$

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

$$a_n = \frac{v^2}{Rl} - \text{норм. уск.}$$

уск. с мисс. совп. спутника (полное совп. т.к. $a_c = 0$)

$$F = A \cdot m a_n \quad (\text{По II-му закону Ньютона})$$

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

$$m a_n = \frac{GMm}{l^2}$$

$$\frac{v^2}{l} = \frac{GM}{l^2}$$

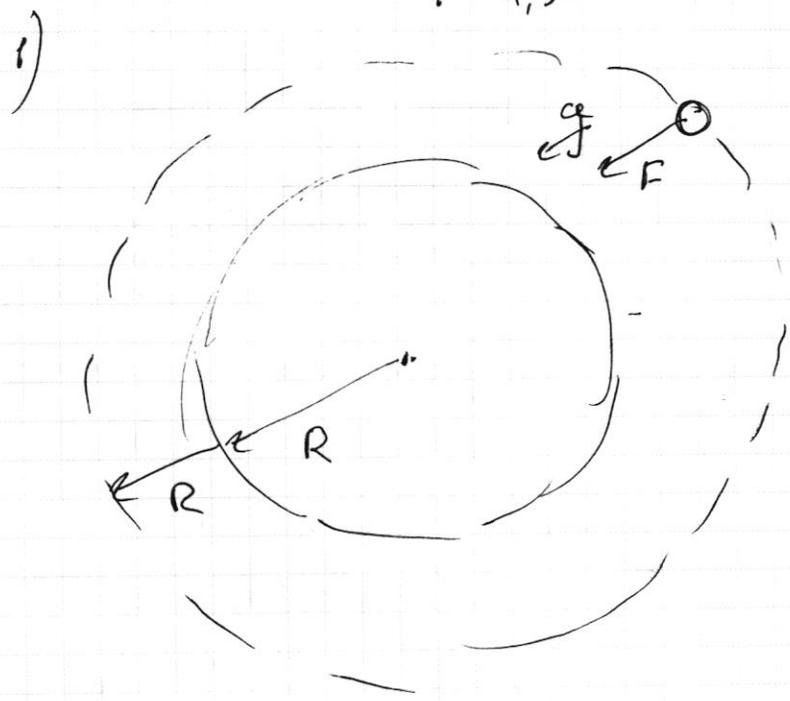
$$v^2 = \frac{GM}{l}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{l}} = \sqrt{\frac{G \frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{1,5R}} =$$

$$= \frac{2}{3} R \sqrt{\frac{G \frac{4}{3} \pi \rho}{1,5}} = 2R \sqrt{\frac{G \pi \rho}{4,5}}$$

$$T = \frac{2\pi l}{v} = \frac{2\pi \cdot 1,5R}{v} = 3\pi R : 2R \sqrt{\frac{G \pi \rho}{4,5}} =$$

$$= \frac{3\pi R}{2 \sqrt{\frac{G \pi \rho}{4,5}}} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{\pi \cdot 4,5}{G \rho}}$$



Поместим спутник массой m на расст. $2R$ от центра планеты.

$$F = mg$$
~~$$F = \sqrt{GM}$$~~

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

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

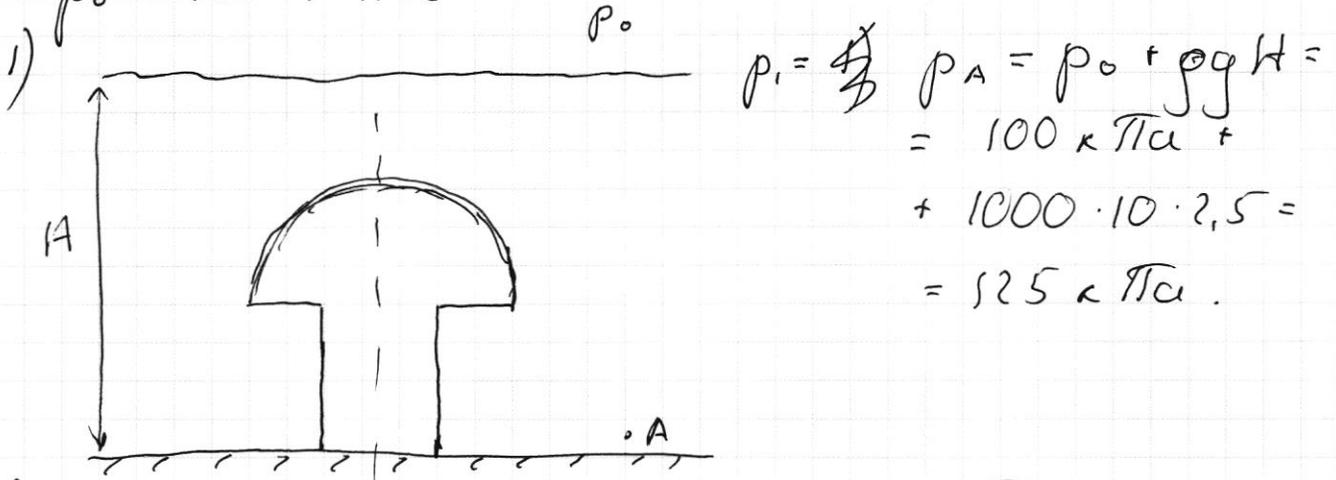
$$\text{Ответ: } T = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{4,5\pi}{G \rho}} ; \quad g = \frac{G \pi R \rho}{3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ш 5.

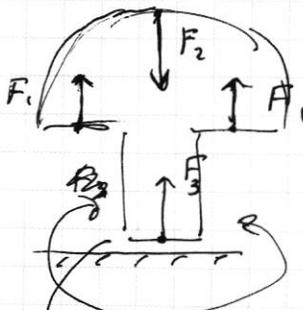
$$H = 2,5 \text{ м}, V = 8 \text{ дм}^3, S = 20 \text{ см}^2, \rho = 12 / \text{см}^3,$$

$$p_0 = 100 \text{ кПа}$$



2) Сила со стороны жидкости числ. равна $\rho g V = 1000 \cdot 10 \cdot \frac{8}{1000} = 80 \text{ Н}$. Направл. вверх, т.к. за конструкция всплывет. $V_{\text{пл}} = 8 \text{ дм}^3$, которой плыв. заплом. V констр.

Если обе конструкции в покое не откинешься, то на неё две действ. F_A . ~~Косвенно~~ ~~описана~~ ~~получит~~. ~~в воду~~, то F_A была бы результ. от этих ископ. сил.



$$F_A = 2F_1 + F_3 - F_2 \quad \uparrow \text{вверх}$$

Когда прижмешь, F_3 проп.

$$F = 2F_1 - F_2 = F_A - F_3$$

Боковые силы уравновешив.

мом., когда откинешься

$$F = F_A - \rho g H S = \rho g V - \rho g H S =$$

$$= 80 \text{ Н} - 125000 \cdot 10 \cdot \frac{20}{1000000}$$

$$= \cancel{80 \text{ Н}} - \cancel{1000} \cdot \cancel{10} \cdot 2,5 \cdot \frac{20}{\cancel{100} \cdot \cancel{100}} =$$

$$= \cancel{80} - \cancel{50} = \cancel{30} \text{ (Н)} \text{ (вверх)}$$

Ответ: $\rho_1 = 125 \text{ кг/м}^3$; $F = 30 \text{ Н}$.

$$= 80 - 12,5000 \cdot \frac{20}{\cancel{100} \cdot \cancel{100}} = 80 - 250 =$$

$$= -170 \text{ (Н)}$$

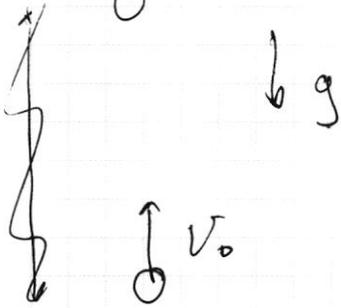
$$F = 170 \text{ Н} \text{ вниз}$$

Ответ: $\rho_1 = 125 \text{ кг/м}^3$; $F = 170 \text{ Н}$ (вниз).

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

I) $v_0 = 12 \text{ м/с}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$



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

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

$$t = \frac{2v_0}{3g} = \frac{24}{30} = \frac{2,4}{3} = 0,8 \text{ с.}$$

$$h = \frac{\left(\frac{v_0}{3}\right)^2 - (v_0)^2}{2g} = \frac{v_0^2 - \frac{v_0^2}{9}}{2g} = \frac{\frac{8v_0^2}{9}}{2g}$$

$$= \frac{144}{160} = 0,9 \text{ м}$$

$$\frac{8 \cdot 144}{9 \cdot 20} = 144$$

$$\frac{9v_0^2 - v_0^2}{g} = 180$$

II) $\frac{v_0}{g} = t_1 = 1,2 \text{ с.}$

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

$\frac{12}{30} = t_2$

$$\frac{144}{45} = 3,2$$

$$\frac{4 \cdot 144}{90} = 2 \cdot 3,2$$

$4 - 45 =$

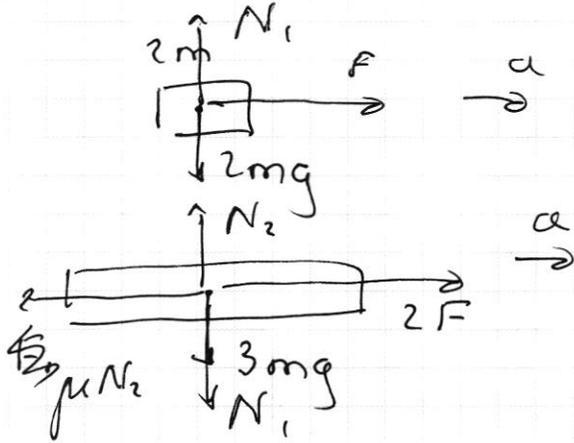
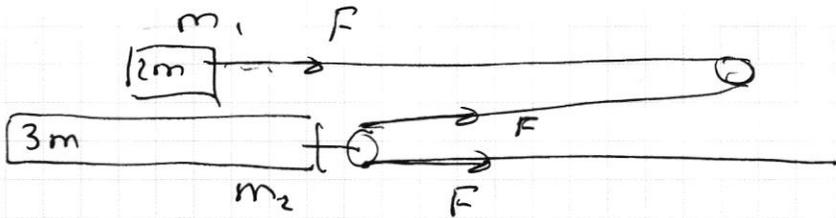
$$\frac{4 \cdot 144}{45} =$$

$$\frac{45}{3,2} = 14,06$$

$$m_1 = 2m$$

$$m_2 = 3m$$

μ



$$N_1 = 2mg$$

$$2ma = F$$

$$N_2 = 5mg$$

$$F_{\text{fr}} = \mu 5mg$$

$$3ma = 2F - \mu 5mg$$

$$2ma = F$$

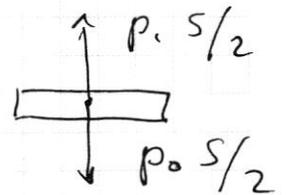
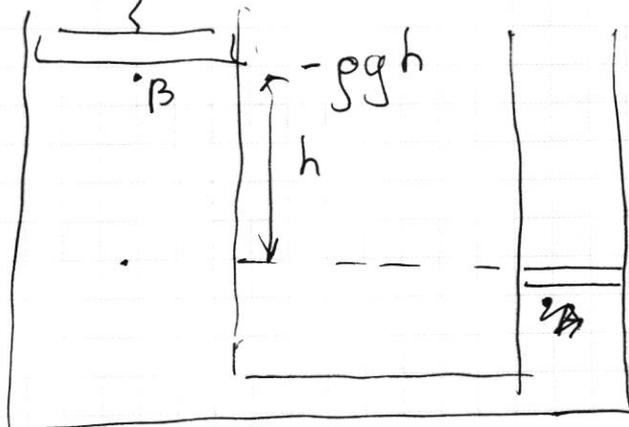
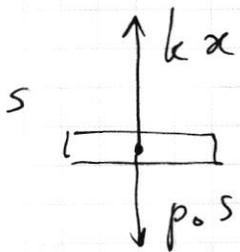
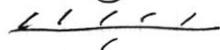
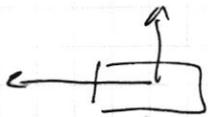
$$3ma = 2F - \mu 5mg$$

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

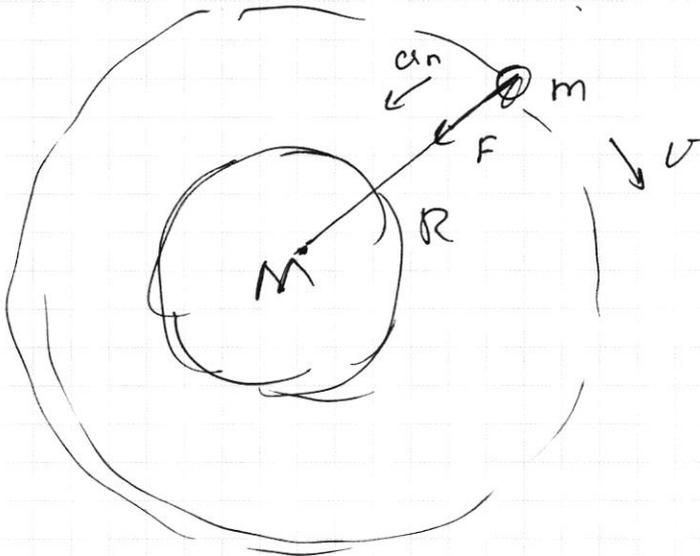
$$F = 10\mu mg$$

$\rho, k, h, S, \frac{S}{2}$

$x - ?$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

$$F = ma$$

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

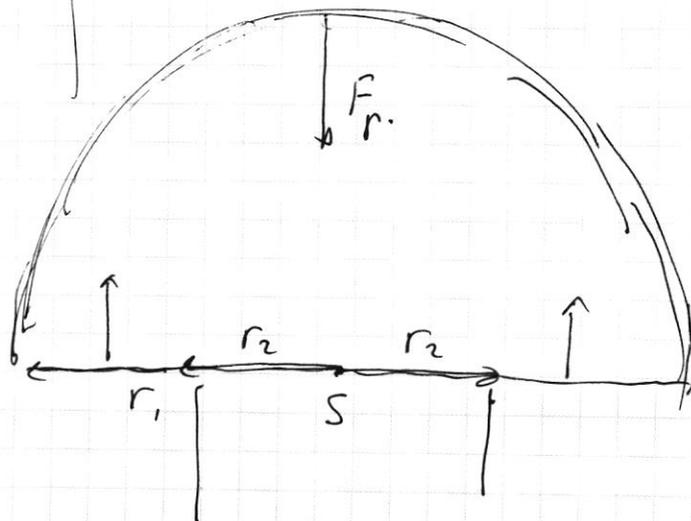
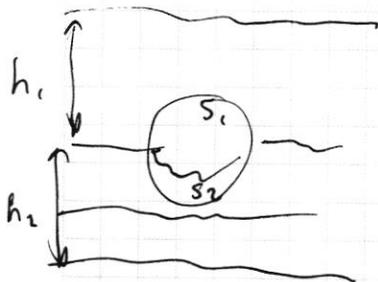
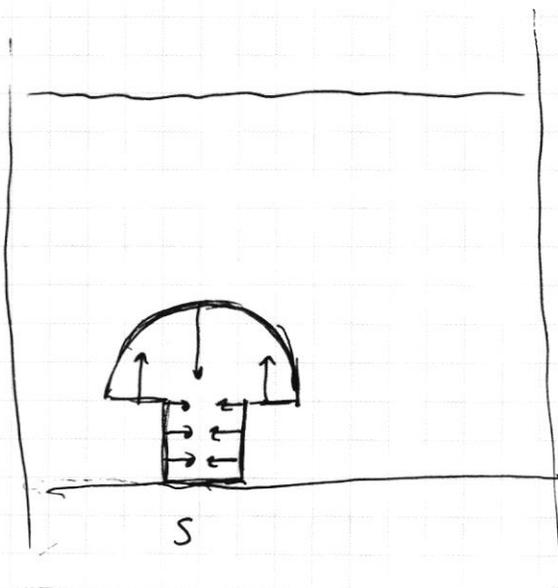
$$m a = \frac{GMm}{R^2}$$

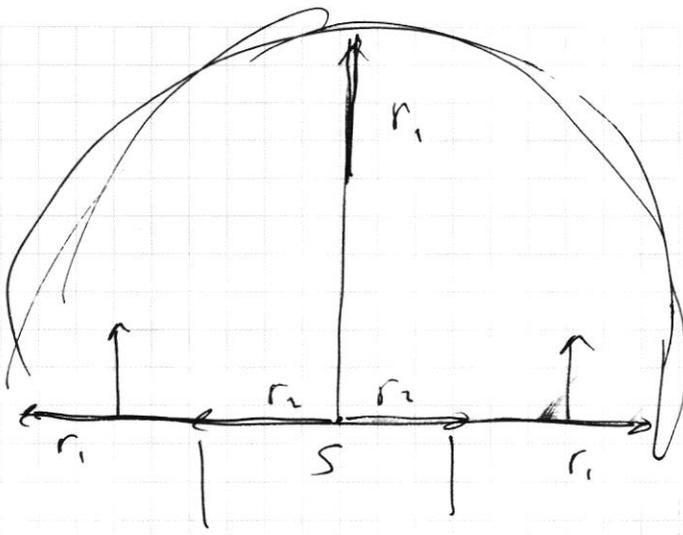
$$a = \frac{GM}{R^2}$$

$$\frac{v^2}{R} = \frac{GM}{R^2}$$

$$\rho g (h_1 + h_2) S_2 - v^2 = \frac{GM}{R}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

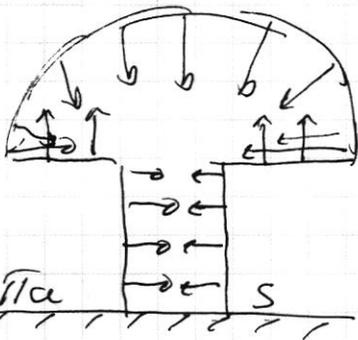




8000

400

100 кПа

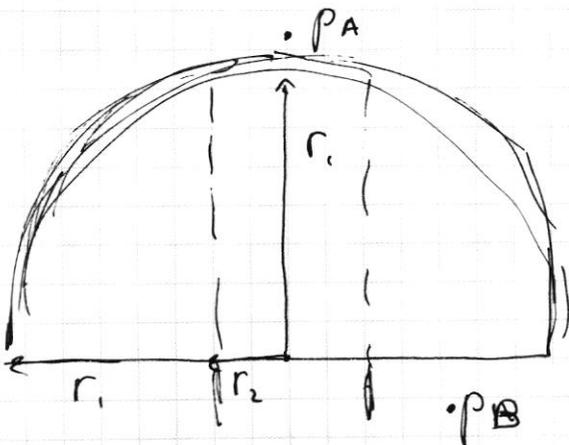
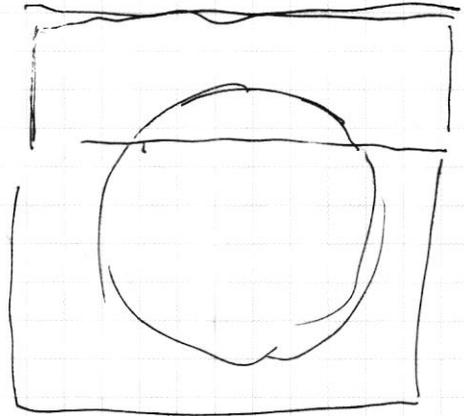


125 кПа

S

$$\pi r_2^2 = S$$

$$V =$$

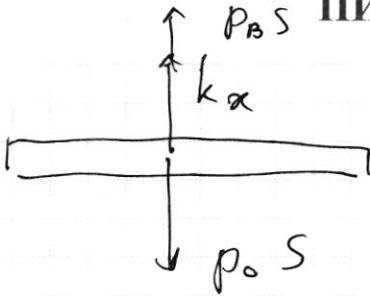


$$P_A + \rho g r_1 = P_B$$

$$\rho g F_A = \rho g \frac{1}{2} S U_1 -$$

$$F_A = \frac{45}{32} \frac{90}{145} = \frac{145}{1440}$$

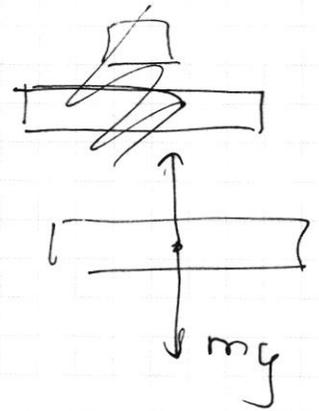
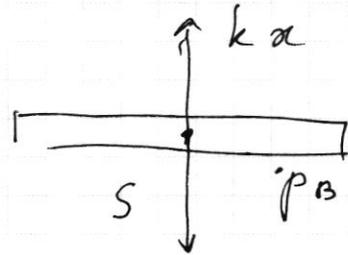
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~$$p_B + \rho g h = p_A$$~~

~~$$k\alpha + p_B S = p_0 S$$~~

$$\boxed{\begin{aligned} p_B S + k\alpha &= p_0 S \\ p_A \frac{S}{2} &= p_0 \frac{S}{2} \end{aligned}}$$

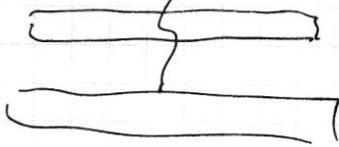


~~$$p_B S + k\alpha = p_A S$$~~

~~$$p_A p_0 S + k\alpha = p_B S + \rho g h S$$~~

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

$$2 \frac{mg}{S} = \rho g (h + 3\alpha)$$



$$V = \sqrt{\frac{6M}{2R}}$$

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

$$H = 2,5 \text{ м}$$

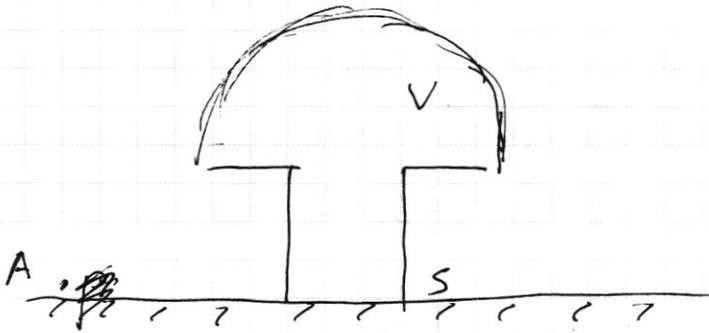
$$V = 8 \text{ м}^3$$

$$S = 20 \text{ м}^2$$

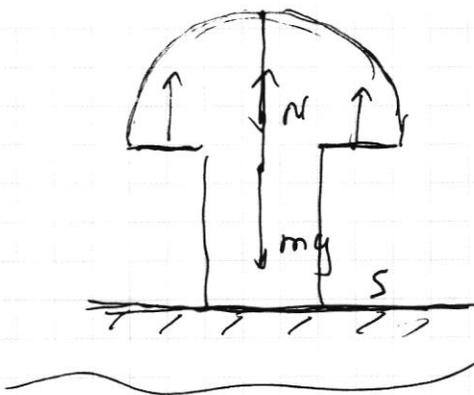
$$\rho = 12 / \text{м}^3$$

$$p_0 = 100 \text{ кПа}$$

$$g = 10$$



$$p_A = p_0 + \rho g H = 100 \text{ кПа} + 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 = 100\,000 + 25\,000 = 125 \text{ кПа}$$

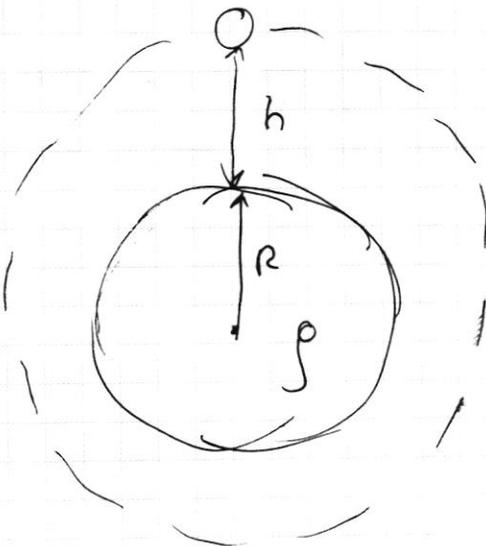


УЗ.

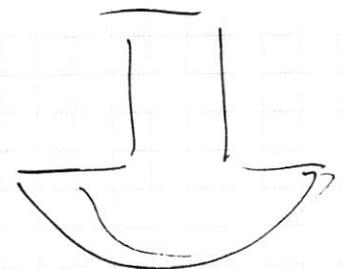
$$h = 0,5R$$

G

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



~~2022~~



Еще диаметр. шаров. в бочке.