

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

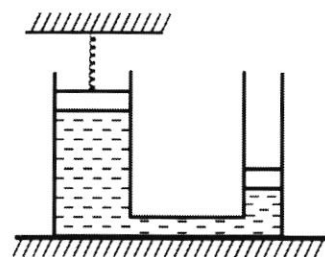
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарем)

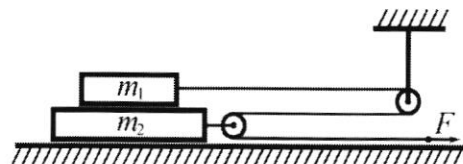
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения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



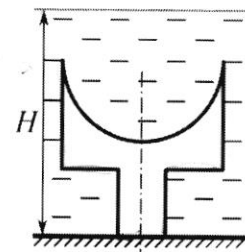
- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная 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.



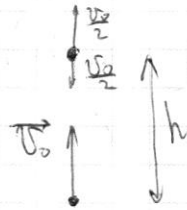
- 1) Найдите давление P_1 вблизи дна.
- 2) Найдите величину F силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Дано:

$v_0 = 10 \text{ м/с}$
$t = ?$ $h = ?$

Решение:



У камня за полет
будет скорость $\frac{v_0}{2}$ 2 раза:
когда он будет лететь
вверх и когда будет ле-
теть вниз. Запишем

оба случая:

$$1) \frac{v_0}{2} = v_0 - gt_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{2g} = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ (с)}$$

$$2) \frac{v_0}{2} = v_0 - gt_2 \Rightarrow t_2 = \frac{3v_0}{2g} = \frac{30}{20} = 1,5 \text{ (с)}$$

$$h = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = 10 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} = 5 - \frac{2,5}{2} =$$

$$= 5 - 1,25 = 3,75 \text{ (м)}$$

При t_2 h будет такой же, т.к. такая ско-
рость может быть только на одной высоте.

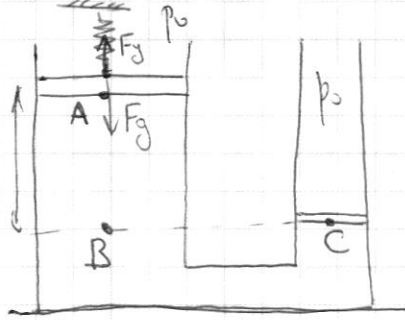
Ответ: $t_1 = 0,5 \text{ с}$; $t_2 = 1,5 \text{ с}$; $h = 3,75 \text{ м}$

2. Дано:

ρ, k, x
 S

$h = ?$
 $m = ?$

Решение:



Пружина растягивается, т.к. если бы она была сломана, то уровень воды в правой стороне был бы выше, чем в левой.

Дать больше или меньше.

Найдем давление в Т.А:

$$p_A = p_0 - \frac{F_g}{S} = p_0 - \frac{kx}{S}$$

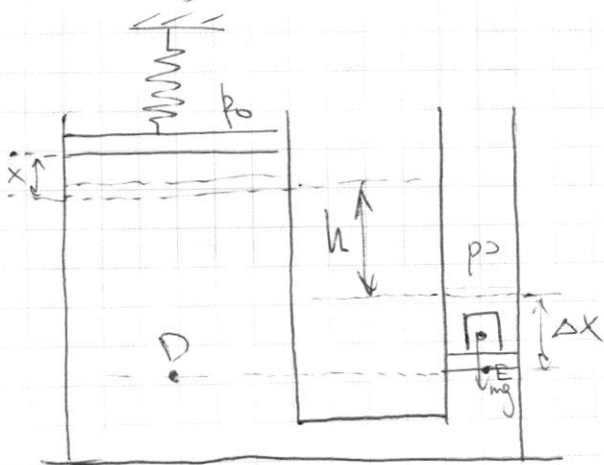
$$\text{В Т.В: } p_B = p_A + \rho gh = p_0 - \frac{kx}{S} + \rho gh$$

$$\text{В Т.С: } p_C = p_0$$

$$p_B = p_C \Rightarrow p_0 - \frac{kx}{S} + \rho gh = p_0 \Rightarrow \rho gh = \frac{kx}{S} \Rightarrow h = \frac{kx}{\rho g S}$$

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

Поставим массу m на правой поршень так, чтобы пружина была недеформированной.



Чтобы пружина была недеформированной, то левый поршень поднимется на x . Тогда из левого утекло вода объемом $V_0 = xS$

$$\Delta x = \frac{V_0}{\frac{S}{3}} = \frac{3xS}{S} = 3x$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Тогда:

давление в т. Е: $p_E = \rho \frac{mg}{S} = \frac{3mg}{S} + p_0$

давление в т. D: $p_D = p_0 + \rho g (x + h + 3x)$

$$p_E = p_D \Rightarrow \frac{3mg}{S} + p_0 = p_0 + \rho g (h + 4x)$$

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

$$mg = \rho g (h + 4x) S$$

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

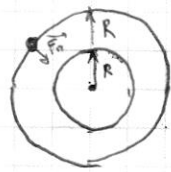
Ответ: 1) $h = \frac{kx}{\rho g S}$; 2) $m = \frac{kx + 4\rho g x S}{3}$

3. Дано:

$h = R$
ρ, G
$g = ?$
$\sigma_T = ?$

Решение:

$$F = G \frac{mM}{R^2}$$



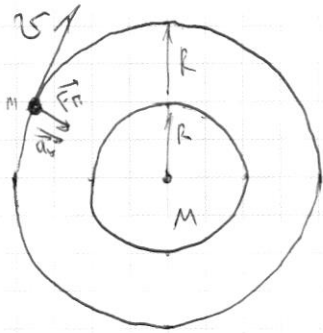
Найдем g на расстоянии $3R$ от центра планеты:

$$g = G \frac{M}{(3R)^2}, \text{ где } M - \text{масса планеты}$$

$M = \rho V_n$, где V_n - объем планеты

$$M = \rho \frac{4}{3} \pi R^3 \Rightarrow g = G \frac{4\rho \pi R^3}{3 \cdot 9R^2} = G \frac{4\rho \pi R}{27}$$

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



*** Задача

Для спутника:

$$F_n = ma_s$$

$$G \frac{mM}{4R^2} = ma_s \Rightarrow a_s = G \frac{M}{4R^2}$$

$$v = \sqrt{a_s R \cdot 2} \quad (a_s = \frac{v^2}{2R})$$

$$v = \sqrt{G \frac{M}{4R^2} \cdot 2R} = \sqrt{G \frac{M}{2R}}$$

$$v = \frac{2\pi \cdot 2R}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi \cdot 2R}{v} = \frac{4\pi R}{\sqrt{G \frac{M}{2R}}}$$

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

4. Дано:

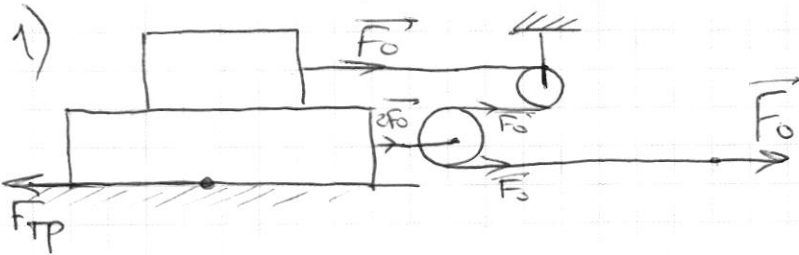
$$m_1 = 3m$$

$$m_2 = 5m$$

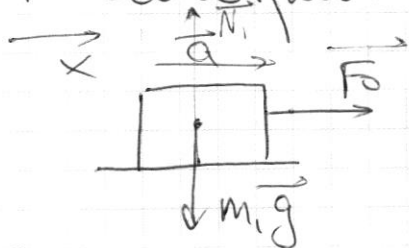
M

$F_0 = ?$ $F = ?$

Решение:



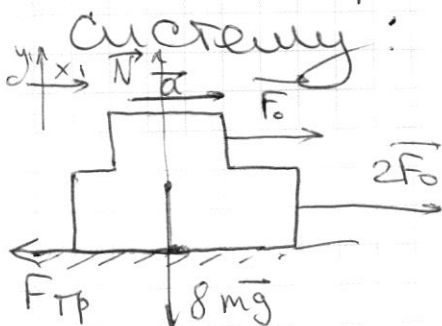
Рассмотрим верхний брусок:



$$x; F_0 = m_1 a$$

$$F_0 = 3ma \Rightarrow a = \frac{F_0}{3m}$$

Рассмотрим 2 бруска как одну



Т.к сила трения между брусками равна 0, то значит верхний брусок относительно нижнего не движется

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

есть \Rightarrow вся машина будет двигаться с тем же ускорением, что и верхний брусок.

$$x_1: 3F_0 - F_{тр} = 8ma$$

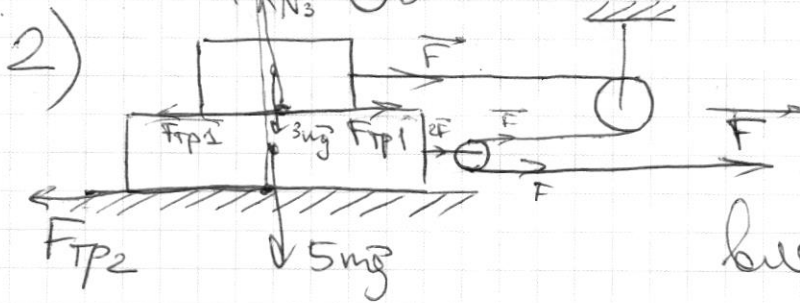
$$y_1: \cancel{N} - N - 8mg = 0 \Rightarrow N = 8mg$$

$$3F_0 - N\mu = 8ma$$

$$3F_0 - 8mg\mu = 8m \frac{F_0}{3m}$$

$$3F_0 - 8mg\mu = \frac{8F_0}{3} \Rightarrow \frac{1}{3}F_0 = 8mg\mu \Rightarrow$$

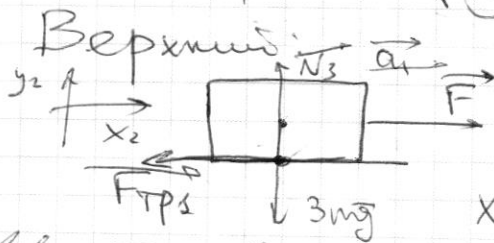
$$\Rightarrow F_0 = 24mg\mu$$



Т.к. верхний брусок отп. минимума потенциала влево, то $F_{тр1}$ будет

направлена вправо (для минимума джеса)

Рассмотрим бруски по отдельности:



(Ускорение не может быть направлено влево)

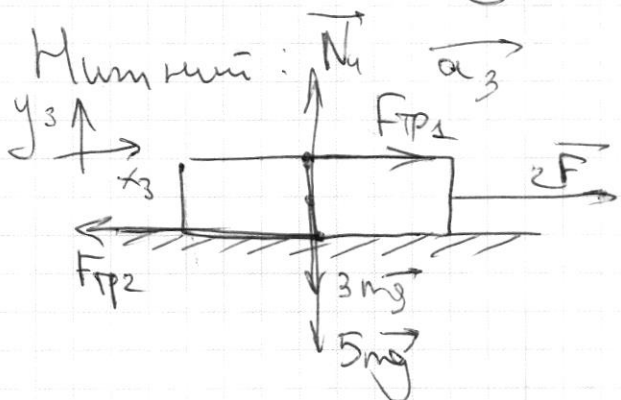
$$x_2: F - F_{тр1} = 3ma_1$$

Чтобы в этом равенстве F была минимальной $a_1 = 0$.

$$F - F_{\text{тр}1} = 0 \Rightarrow F = F_{\text{тр}1} = 3mg\mu$$

$$y_2: N_3 - 3mg = 0 \Rightarrow N_3 = 3mg$$

$$F = N_3\mu = 3mg\mu$$



$$x_2: 2F + F_{\text{тр}1} - F_{\text{тр}2} = 5m a_3$$

$$y_3: N_4 - 3mg - 5mg = 0$$

$$N_4 = 8mg$$

$$2F + 3mg\mu - N_4\mu = 5m a_3$$

$$2F + 3mg\mu - 8mg\mu = 5m a_3$$

Чтобы в этом равенстве F было минимальным, нужно чтобы $a_3 = 0$

$$2F - 5mg\mu = 0$$

$$2F = 5mg\mu \Rightarrow F = 2,5mg\mu$$

При других вариантах F будет больше, т.к. ускорение не может быть направлено влево (т.к. $F \geq F_{\text{тр}1} = 3mg\mu \Rightarrow 2F \geq F_{\text{тр}2} - F_{\text{тр}1}$)

В рассмотренном минимальном случае F полагается меньше чем в верхнем $\Rightarrow F = 2,5mg\mu$ - минимальное.

Ответ: 1) $F_0 = 24mg\mu$; 2) $F = 2,5mg\mu$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5. Дано:

$$H = 3 \text{ м}$$

$$V = 5 \text{ гм}^3$$

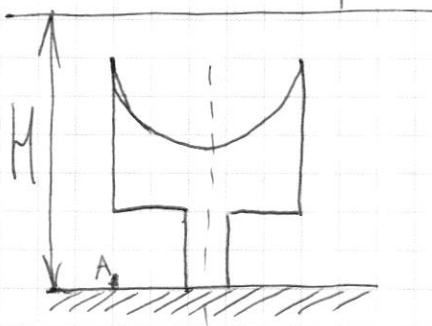
$$S = 10 \text{ см}^2$$

$$\rho = 1 \text{ г/см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$p_0 = 100000 \text{ Па}$$

$$p_1 = ?, F = ?$$

Решение: p_0



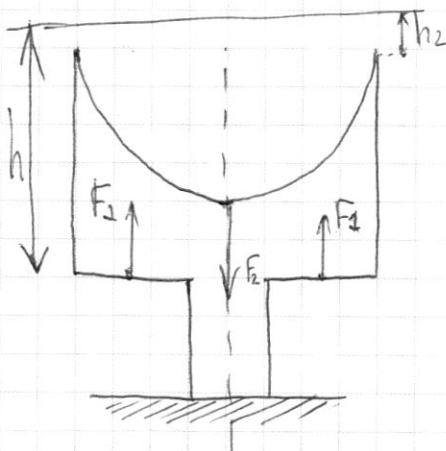
Найдём давление
на дне д.т.А:

$$p_A - p_1 = \rho g H =$$

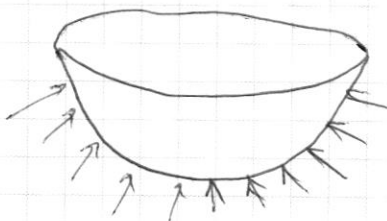
$$= 100$$

$$p_A = p_1 = p_0 + \rho g H = 100000 +$$

$$+ 1000 \cdot 10 \cdot 3 = 130000 \text{ (Па)}$$



тело из



$$F = 2F_1 - F_2 \quad (F = pS) \quad (F = pS)$$

$F_1 = \rho g h S_1$, где S_1 - площадь
одной выпирающей части

Рассмотрим полусферу как
воду. Тело покажется

Горизонтальные силы друг
с другом сокращаются

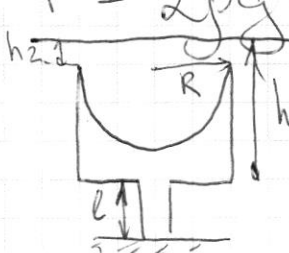
А вёр сумма вертикаль-
ных сил действующих на полусферу
со стороны закрушение равна
силе действующей на её срез
(горизонтальную часть)

Площадь этого среза (горизонтальной части) равна:

$$S_c = S + 2S_1 = \pi R^2, \text{ где } R - \text{ радиус полусферы}$$

Тогда:

$$F = 2\rho g h S_1 - \rho g h_2 S_c, \text{ где } h_2 - \text{ расстояние между верхним краем конструкции и уровнем воды.}$$

$$F = 2\rho g h S_1 - \rho g h_2 (S + 2S_1)$$


$$V = (h - h_2)(S + 2S_1) + lS - \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$h + l = H$$

$$V = hS + 2hS_1 - h_2S - 2S_1h_2 + lS - \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$\pi R^2 = (S + 2S_1) \Rightarrow R = \sqrt{\frac{S + 2S_1}{\pi}}$$

$$V = SH + 2hS_1 - 2S_1h_2 - h_2S - \frac{4}{3}(S + 2S_1)\sqrt{\frac{S + 2S_1}{\pi}}$$

$$V = SH + 2S_1(h - h_2) - h_2S - \frac{4}{3}(S + 2S_1)\sqrt{\frac{S + 2S_1}{\pi}}$$

$$F = 2\rho g h S_1 - \rho g h_2 S_1 - \rho g h_2 S$$

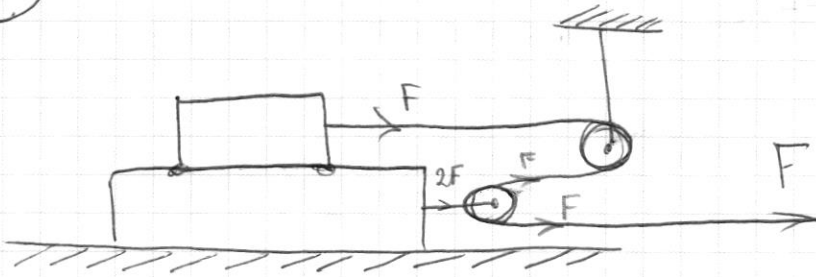
$$F = 2\rho g S_1(h - h_2) - \rho g h_2 S$$

$$F = \rho g (2S_1(h - h_2) - h_2 S)$$

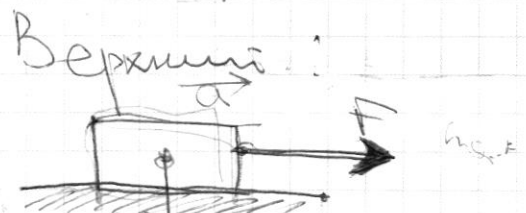
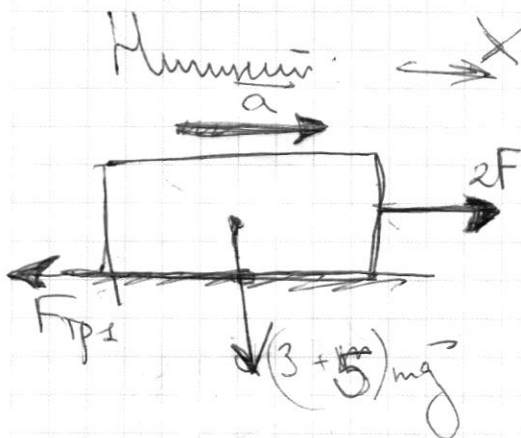
$$V = SH + \frac{F}{\rho g}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4



$F_{тр}$ появляется при движении \Rightarrow если $F_{тр} = 0$, то блок пойдёт на ~~лево~~ ~~нижне~~.



$F = 3ma$

$F = 8ma \Rightarrow a = \frac{F}{3 \cdot 8m}$

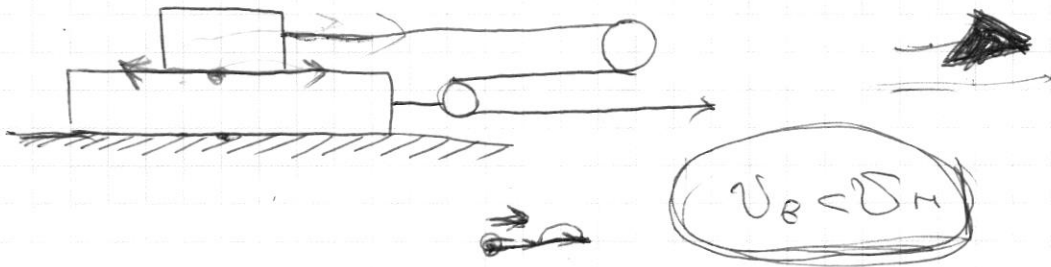
Т.к. блок стоит то у него тоже ускорение a .

$2F - F_{тр1} = 8ma$
 $2F - F_{тр1} = 8ma > 2F$
 $2F - \mu \cdot 8m = 8ma$
 $2F - \mu \cdot 8m = 8m \cdot \frac{F}{3m}$

$2F - \mu \cdot 8m = 8F/3$
 $-\mu \cdot 8m = F(\frac{8}{3} - 2) \Rightarrow$

$F = \frac{\mu \cdot 8m}{\frac{2}{3}}$

~~?~~ $F_{тр} \neq 0$



$$v_e < v_m$$

Минимум? $F_{тр2}$ — Т.к. от него будет

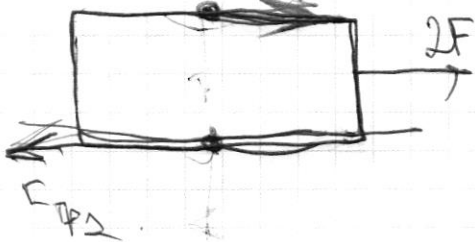
Если $a=0$

$$2F - F_{тр2} = F_{тр1}$$

$$F = F_{тр2} = 3mg\mu$$

$$9mg\mu = 8mg\mu$$

$$3mg\mu + 2F - 5mg = 3.5$$



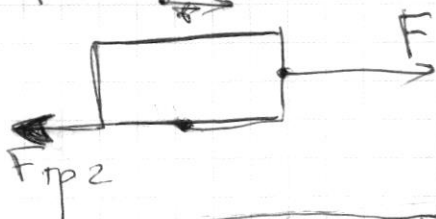
$$F_{тр2} + 2F - F_{тр1} = 8mga$$

$$2F = 8mg(a + \mu) - 3mg\mu$$

$$2F = mg(8a + 5\mu)$$

$$F = mg(4a + 2.5\mu)$$

Верхний:



$$F - F_{тр2} = 3mg\mu$$

$$F_{тр2} = 3mg\mu$$

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

$$F = 3mg(\mu + \mu)$$

$$F - 3mg\mu + 2F - F_{тр1} = 8mga$$

$$3F - \mu'm$$

$$\frac{mg(8a + 5\mu)}{2} = 3mg(\mu + \mu)$$

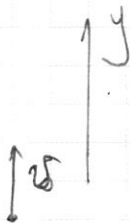
$$4a + 2.5\mu = 3\mu + 3\mu$$

$$0.5\mu = 4a - 3\mu \Rightarrow 3.5\mu = 4a \Rightarrow a = \frac{3.5\mu}{4}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1

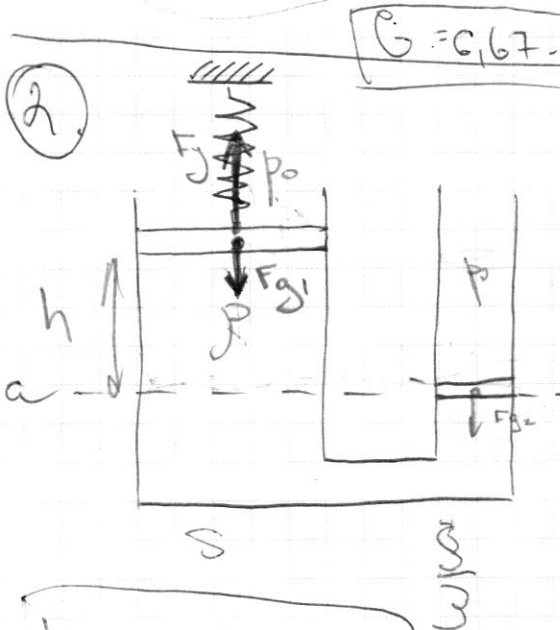
$$1) \frac{v_0}{2} = v_0 - at \Rightarrow at = \frac{v_0}{2} \Rightarrow t = \frac{v_0}{2a} = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ (с)}$$



$$2) -\frac{v_0}{2} = v_0 - at \Rightarrow at = \frac{3}{2}v_0 \Rightarrow t = \frac{3 \cdot v_0}{2a} = \frac{30}{20} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ (с)}$$

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 10 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5 \cdot 0,5}{2} = 5 - \frac{2,5}{2} = \dots$$

2



$$G = 0,67 \cdot 10^{-11}$$

$$F = pS$$

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

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

$$F_g - F_y = F_{g_1}$$

$$p_0 S - kx = F_{g_1}$$

$$a. \frac{F_{g_1}}{S} + \rho g h = \frac{p_0 S}{S}$$

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

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

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

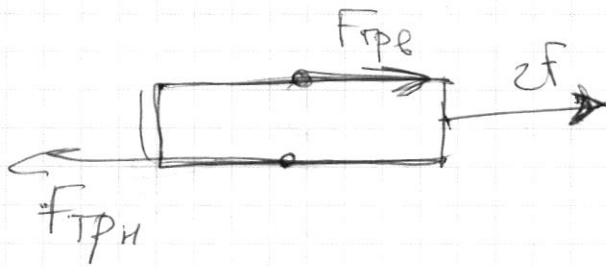
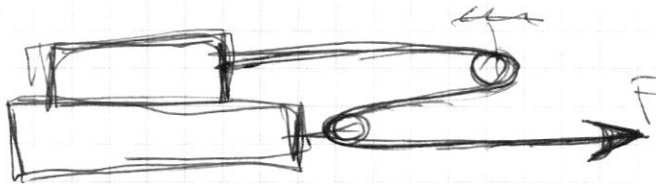
чем меньше
площадь тем
больше давление

~~$$F = pS$$~~

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



шарик



$$2F + F_{грв} - F_{грн} = 0$$

чтобы шарик

$$F - F_{грн} = 0$$

$$F = F_{грн}$$

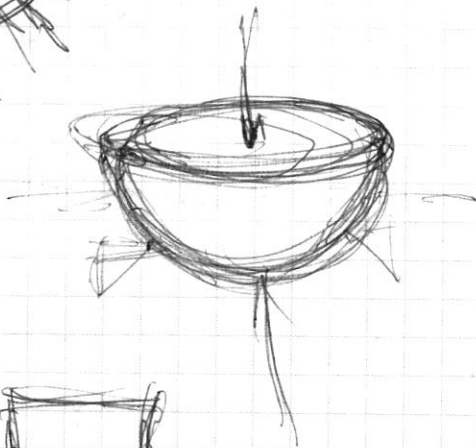
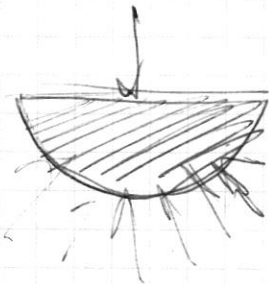
и тогда $2F + F_{грв} = F_{грн}$

$$1) F = 3 \text{ мг}$$

$$2) 2F = 8 \text{ мг} - 3 \text{ мг}$$

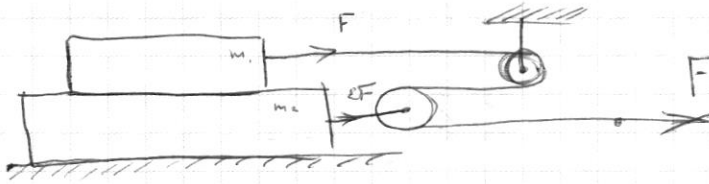
$$F = \frac{5 \text{ мг}}{2}$$

3) 3 мг и 5 мг

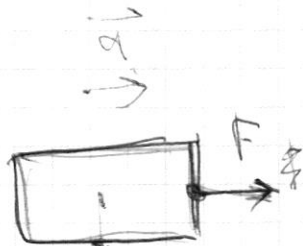
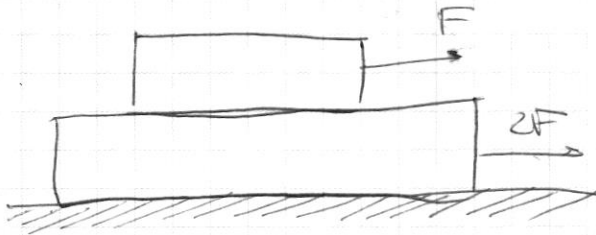


$$P = \frac{F}{S} \quad F = PS$$

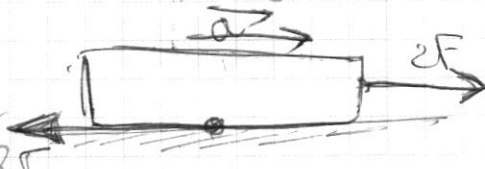
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



~~...~~ Пусто



$$F = 3mg \quad a = \frac{F}{3m}$$

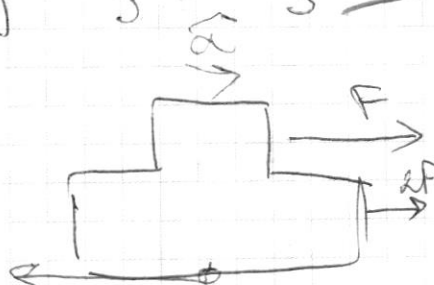


$$2F - F_{\text{тр}} = \frac{5}{3} ma$$

$$2F - 8mg\mu = 5ma$$

$$2F - 8mg\mu = \frac{5m}{3} a$$

$$2F - 8mg\mu = \frac{5}{3} F \Rightarrow \frac{1}{3} F = 8mg\mu \Rightarrow F = \frac{24mg\mu}{11}$$



$$3F - F_{\text{тр}} = 8ma$$

$$3F - 8mg\mu = \frac{8m}{3} a$$

$$3F - 8mg\mu = \frac{8}{3} F \Rightarrow 8mg\mu = \frac{1}{3} F \Rightarrow F = 24mg\mu$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Т.к. не может быть $F_{\text{ар}} > F$ то min
ускорение $= 0$. Пусть $v = 0$.

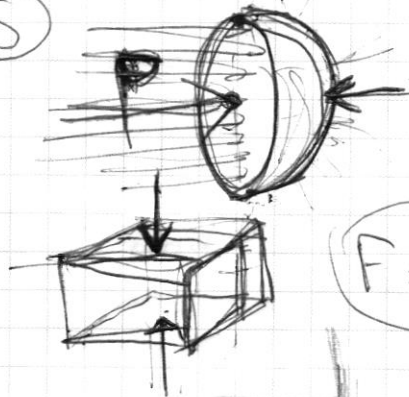
$F = 3mg \mu$



Пусть $a = 0$. $F = 2,5mg \mu$, но тогда брусок
вероятно поедет назад



5

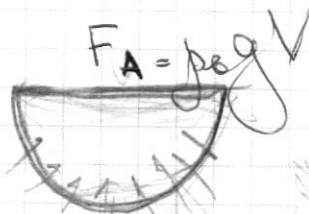
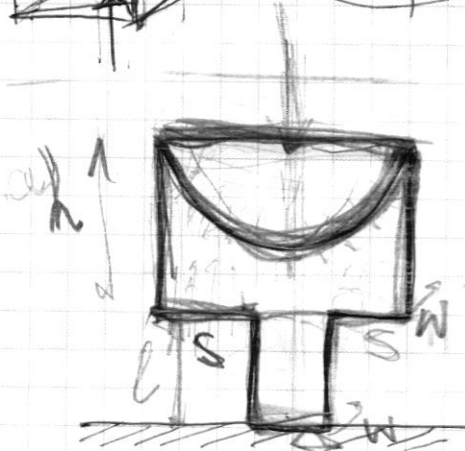


все вертикальные со краем
а горизонт

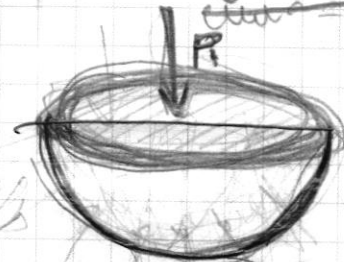
$F = pS$

πR^2

сила
давления
"давление"

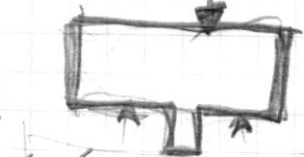


$F_A = \rho g V$



$\Sigma F_2 = F_3$

$(\rho_0 + \rho g h) 2S - \rho_0 \pi R^2 L = F_3$
 $2S + k$

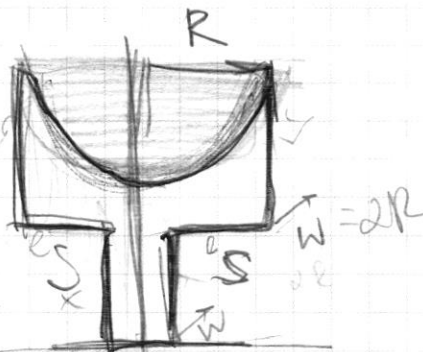


шток не равен
а в покое

$$(p_0 + \rho g h) 2S - p_0(2S + k) =$$

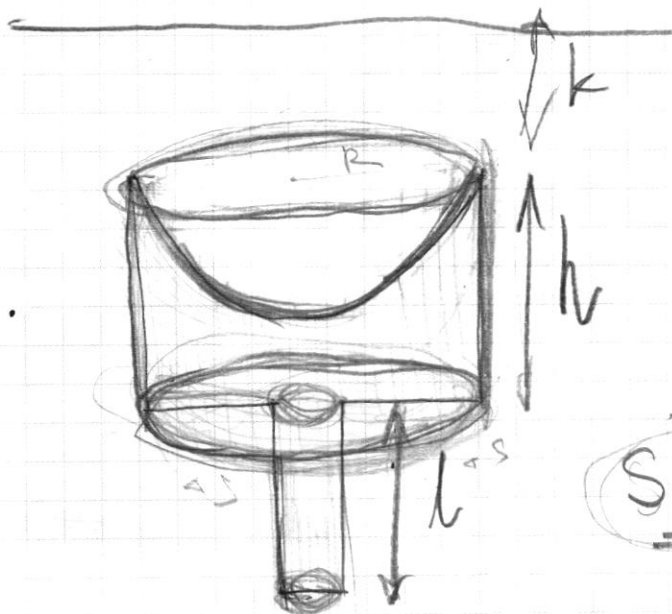
$$= 2\rho g h S - \rho_0 k$$

$h \rho S ?$



$$\pi R^2 = 2S + k$$

$$S = \frac{\pi R^2 - k}{2}$$



$$k + h + l = 3m$$

$$h_0 (S + 2\Delta S) + S l - \frac{3}{4} \pi R^2 S = V$$

$$h (S + 2\Delta S) + S l - \frac{3}{4} \pi \frac{(S + 2\Delta S)^3}{\pi^3} = V$$

$$(S + 2\Delta S) \left(h - \frac{3}{4} \left(\frac{S + 2\Delta S}{\pi} \right)^2 \right) + S l = V$$