

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

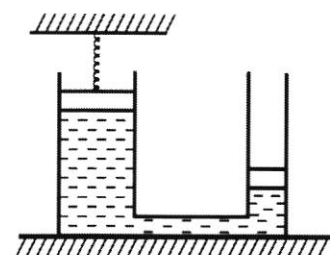
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

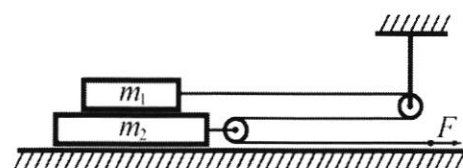
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



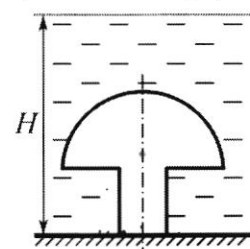
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

1. Закон изменения скорости камня движущегося по ветру:

$$v = v_0 - gt$$

$$|v| = \frac{v_0}{3} \Leftrightarrow \begin{cases} v = \frac{v_0}{3} \\ v = -\frac{v_0}{3} \end{cases}$$

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

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

$$t = 0,8 \text{ c}$$

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

$$t = \frac{4v_0}{3g}$$

$$t = 1,6 \text{ c}$$

2. Закон изменения высоты:

$$h(t) = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$h(0,8 \text{ c}) = h(1,6 \text{ c}) = h(t) = 12 \frac{\text{m}}{\text{c}} \cdot 0,8 \text{ c} - \frac{10 \frac{\text{m}}{\text{c}^2} \cdot (0,8 \text{ c})^2}{2}$$

$$h = 6,4 \text{ m}$$

Ответ: $t_{1,2} = 0,8 \text{ c}; 1,6 \text{ c}$ $h = 6,4 \text{ m}$

№ 3] g_{2R} - ускорение на расстоянии $2R$ от центра планеты.

1. $g_{2R} = G \frac{m_n}{l^2}$, где m_n - масса планеты, l - расстояние от тела до центра план.

$$m_n = V_n \cdot \rho = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$$

$$l = \cancel{R+h} \rightarrow 2R \text{ (по условию)}$$

$$g_{2R} = G \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{(2R)^2} = G \frac{\pi R \rho}{3}$$

2. $T = \frac{S}{v}$, где S - длина орбиты, v - скорость спутника.

$$S = 2\pi(R+h) = 3\pi R$$

$$a_{ц.с} = g_{1.5R}$$

$$\frac{v^2}{1.5R} = G \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{(1.5R)^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{8\pi R^2 \rho G}{9}}$$

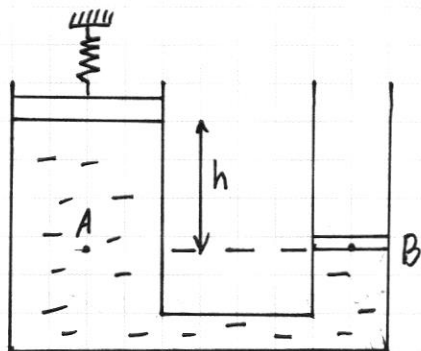
$$T = \frac{3\pi R}{\frac{R}{3} \sqrt{8\pi \rho G}} = 9 \sqrt{\frac{\pi}{8\rho G}}$$

Ответ: 1) $g_{2R} = G \frac{\pi R \rho}{3}$

2) $T = 9 \sqrt{\frac{\pi}{8\rho G}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2



1. Рассмотрим точки А и В:

$P_A = P_B$ (давление в этих точках равно)

$$P_B = P_0$$

$$P_A = P_0 + \rho g h + \frac{kx}{S}$$

$$0 = \rho g h + \frac{kx}{S}$$

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

$x = \frac{\rho g h S}{k}$ и направлен вверх, значит пружинка сжата.

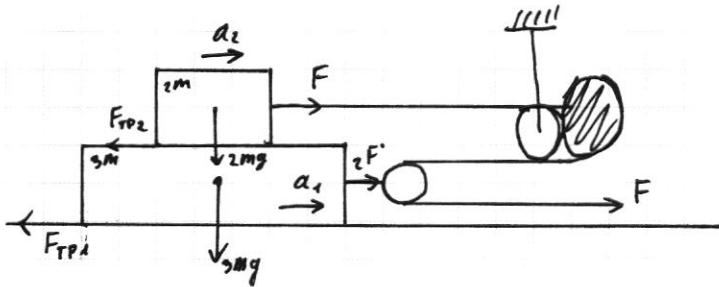
2. Если пружинка не деформирована, то левый поршень опустится на x и вытолкнет xS воды в правую часть, а т.к. вода нигде не движется ($l \frac{S}{2} = xS$) $l = 2x$, где l это высота на которую поднялся прав. поршень, разность уровней воды будет $h - 3x$.

3. Новое давление в точке В равно $P_0 + \frac{2mg}{S}$
новое давление в точке А равно $P_0 + \rho g (h - 3x)$

т.к. эти давления равны $\frac{2mg}{S} = \rho g (h - 3x)$

$$m = \frac{S \rho}{2} (h - 3x) = \frac{S \rho h}{2} \left(1 - \frac{3 \rho g S}{k}\right)$$

Ответ: $x = \frac{\rho g h S}{k}$; $m = \frac{S \rho h}{2} \left(1 - \frac{3 \rho g S}{k}\right)$



1. П.к при действии силы F_0 $F_{тр2} = 0$, то ~~сила~~ сила по горизонтали действующая на верхнее тело, должна равняться силе ~~сил~~ сил действующих по горизонтали для ниж. тела:

2. П.к нить не растяжима и невесома действуя на верёвку силой F_0 , мы действуем на верх тело силой F_0 , а на нижнее силой $2F_0$.

$$3. \text{ Из } \textcircled{1} \text{ и } \textcircled{2} \Rightarrow F_0 - F_{тр2} = 2F_0 + F_{тр2} - F_{тр1}$$

$F_0 = F_{тр1}$, т.к нижнее тело движется $F_{тр1} = 5 \text{ тг} \mu$

$$F_0 = 5 \text{ тг} \mu$$

4. Если верхний брусок движется влево относ нижнего бруска, то $a_1 > a_2$.

$$2m a_2 = F + F_{тр2}, \text{ т.к брусок движется } F_{тр2} = 2 \text{ тг} \mu$$

$$3m a_1 = 2F - F_{тр1} - F_{тр2}, \text{ аналогично } F_{тр1} = 5 \text{ тг} \mu$$

$$a_1 = \frac{2F - 7 \text{ тг} \mu}{3m}$$

$$\frac{2F - 7 \text{ тг} \mu}{3m} > \frac{F + 2 \text{ тг} \mu}{2m} \quad | \cdot 6m$$

$$a_2 = \frac{F + 2 \text{ тг} \mu}{2m}$$

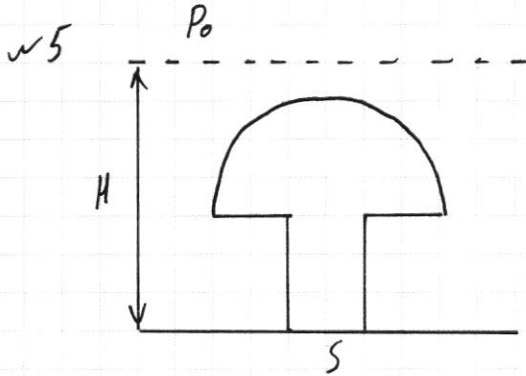
$$4F - 14 \text{ тг} \mu > 3F + 6 \text{ тг} \mu$$

$$F > 20 \text{ тг} \mu$$

$$F = 20 \text{ тг} \mu + i, \text{ где } i \ll 1$$

Ответ: $F_0 = 5 \text{ тг} \mu$; $F = 20 \text{ тг} \mu + i$, где $i \ll 1$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



1. Давление у дна складывается из давления столба воды и атмосферного давления:

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

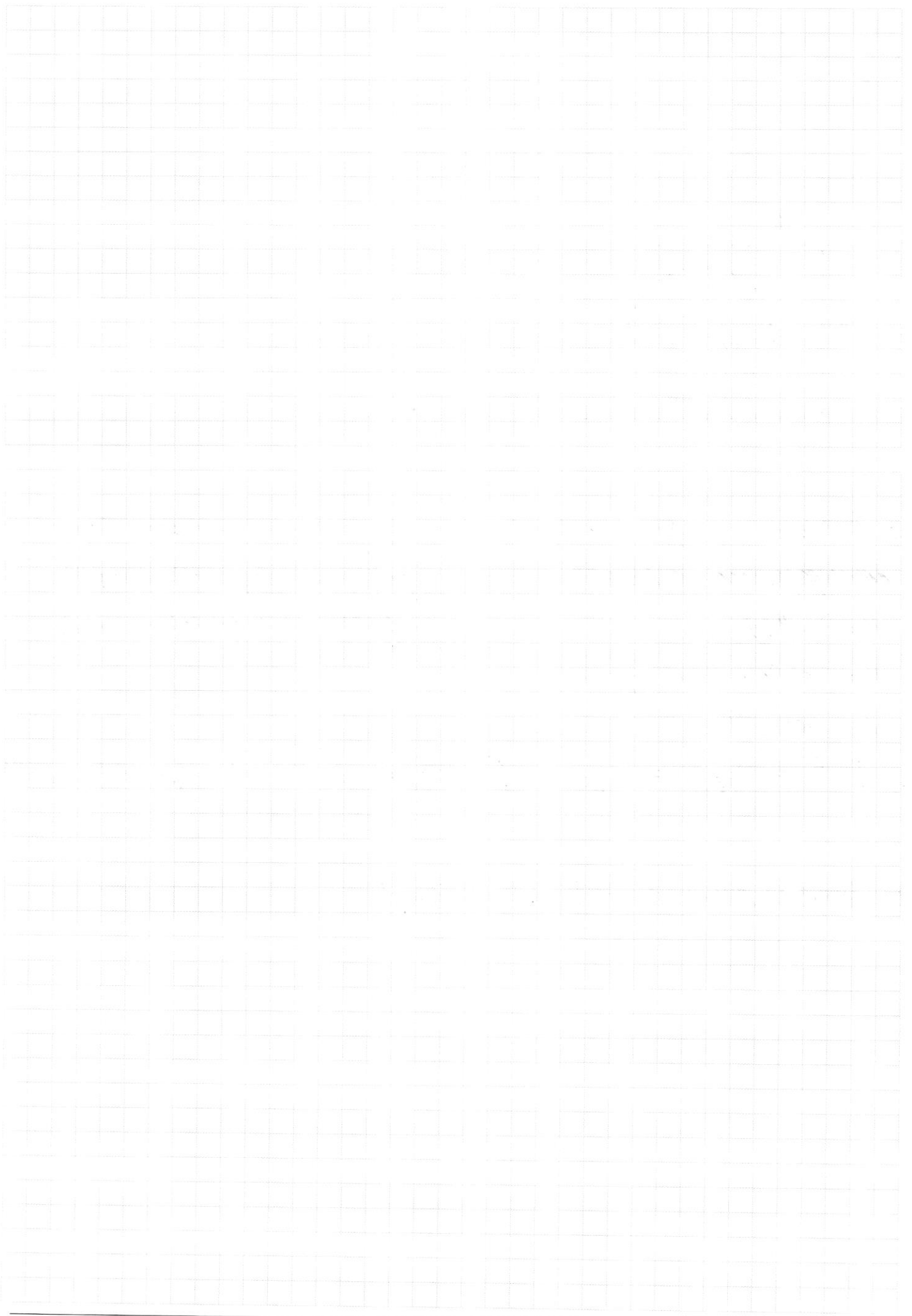
$$P_1 = 10^5 \text{ Па} + 2,5 \text{ м} \cdot 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$P_1 = 100025 \text{ Па}$$

давление по конструкции
будет отличаться от P_1

2. $F = F_A = V \rho g = 8 \text{ м}^3 \cdot 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ Н}$

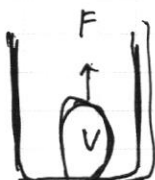
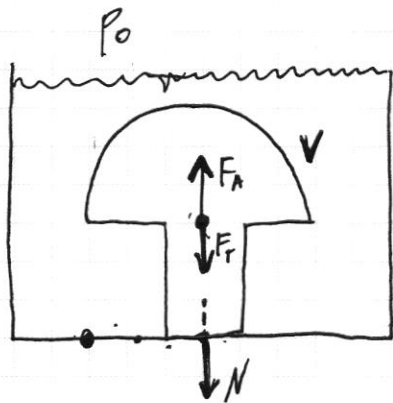
3. Направление $F - \downarrow$ т.к. $F_T < F$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$F_A - F_T - N = 0$$

$$N = F_A - F_T$$



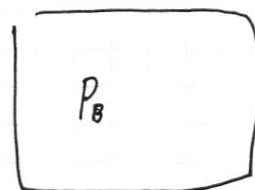
V_B

$$V = \frac{m_b \cdot H \cdot S_n - V}{S_n - S}$$

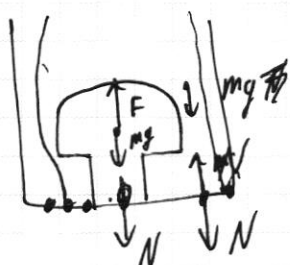
$$\frac{N}{S} = H \rho g$$

$F_A =$

$V =$



$$F - F_T - N = 0$$

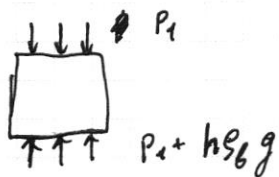
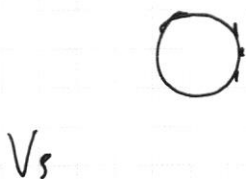
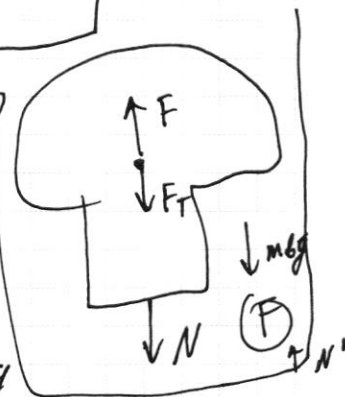


$$\frac{F_A - F_T}{S} = H \rho g$$

$$P_i = P_0 + H \rho g$$

$$F_{T1} + F_{T2} + N_{HT} = N$$

$$\frac{F - F_T}{S} = H \rho g$$

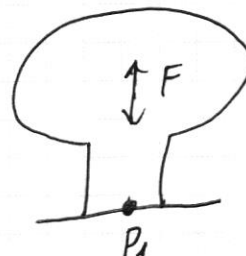
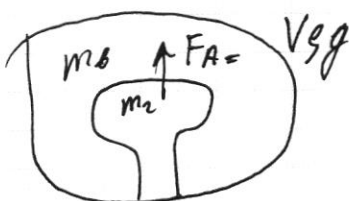


$$F = S H \rho g + F_T$$

$$h \rho g \cdot S$$



$$\frac{m_b g + m_2 g}{S}$$



$$P_i \cdot S =$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

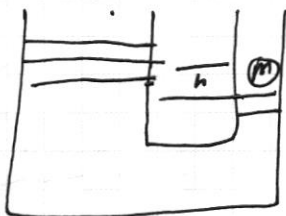
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

w1

v_0

$$v = v_0 - gt$$

$$v = \pm \frac{v_0}{3}$$



$$1) \frac{v_0}{3} = v_0 - gt$$

$$gt = \frac{2}{3} v_0$$

$$t = \frac{2v_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12}{3 \cdot 10} = \frac{4}{5} = 0,8$$

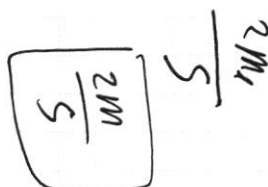
$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

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

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

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

$$h = \frac{4 \cdot 12^2}{9 \cdot 10} = \frac{32}{5} = 6,4 \text{ м}$$



$$2) -\frac{v_0}{3} = v_0 - gt$$

$$gt = \frac{4}{3} v_0$$

$$t = \frac{4v_0}{3g} = \frac{4 \cdot 12}{3 \cdot 10} = \frac{16}{10} = 1,6$$

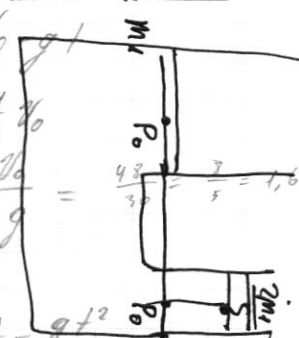
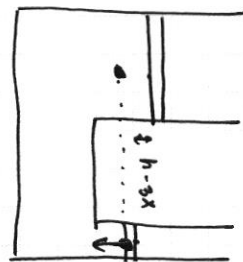
$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$h = \frac{4v_0^2}{3g} - \frac{8v_0^2}{9g}$$

$$h = \frac{4v_0^2}{3g} - \frac{8v_0^2}{9g}$$

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

$$h = \frac{4 \cdot 12^2}{9 \cdot 10} = 6,4 \text{ м}$$



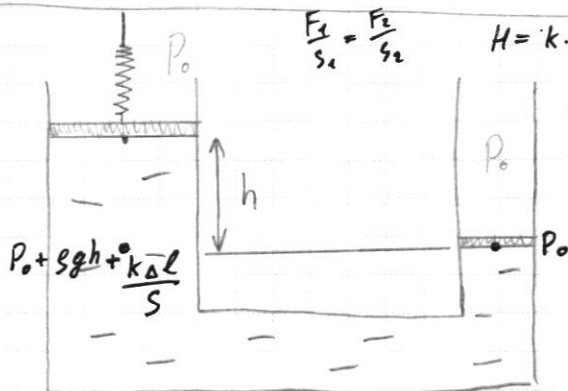
$$\frac{4 \cdot 12 \cdot 12}{9 \cdot 10} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 4}{10} = \frac{16 \cdot 2}{5} = \frac{32}{5}$$



$$h = 3x$$

w2

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



$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$H = k \cdot \Delta l$$

$$\frac{H}{M}$$

$$sg h + \frac{\Delta l k}{S} = 0$$

$$\frac{kg H M}{M^3 kg \frac{H}{M}}$$

$$S h \cdot S g$$

$$- S g h S = \Delta l k$$

$$\frac{kg H M}{M^3 kg \frac{H}{M}}$$

$$S g h = \frac{k \Delta l}{S}; \Delta l = \frac{S g h S}{k}$$

$$\frac{kg H M}{M^3 kg \frac{H}{M}}$$

$$- \frac{S g h}{k} = \Delta l$$

$$\frac{M}{c^2} = \frac{K\Gamma}{M^2} [G]$$

$$[G] = \frac{M^3}{K\Gamma c^2}$$

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2} = m_2 g$$

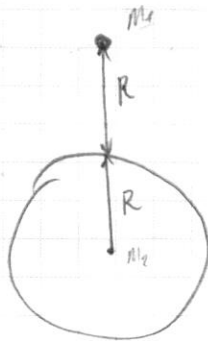
$$\frac{H m^2}{K\Gamma^2}$$

$$G \frac{m_1}{R_2} = g$$

$$\frac{M^3}{c^2 K\Gamma^2} \cdot \frac{K\Gamma^2}{M^2} = \frac{M}{c^2}$$

$$\frac{m g}{\sin \alpha} = g \sin \alpha$$

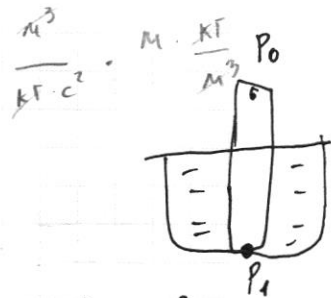
$$0 = g \sin \alpha + \frac{K\Gamma}{S} \sin \alpha$$



$$1) G \frac{m \pi}{(2R)^2} = G \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{4 R^2} = G \frac{\pi R \rho}{3}$$



$$T = \frac{2\pi(R + 0,5R)}{t}$$



$$G \frac{m_1}{R^2} \neq G$$



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

$$a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{R}$$

$$v^2 = G \frac{8 \pi R^2 \rho}{9}$$

$$\frac{v^2}{R} m_1 = m_1 g$$

$$\frac{v^2}{1,5R} = g = G \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{(1,5R)^2}$$

$$\frac{K\Gamma}{M^2} \cdot \frac{M^2}{K\Gamma \cdot c^2} = \frac{M^2 \cdot K\Gamma}{M^3}$$

$$2 \frac{v^2}{3R} = \frac{v^2}{1,5R} = G \frac{4 \cdot \pi R \rho \cdot 4}{3 \cdot 9} =$$

$$\frac{3 \cdot 3 \pi R}{R \sqrt{8 \pi \rho G}} = \frac{9 \pi}{\sqrt{8 \pi \rho G}}$$

$$\frac{M^3}{c^2 K\Gamma^2} \cdot \frac{K\Gamma}{M^3} =$$

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

$$v^2 = \frac{3 \cdot R \cdot 16 \pi R \rho G}{24 \cdot 2}$$

$$v^2 = \frac{16 R^2 \pi \rho G}{9 \cdot 2}$$

$$v = \frac{4}{3} R \sqrt{\frac{G \pi \rho}{2}}$$

$$\frac{M^3}{K\Gamma \cdot c^2}$$

$$\frac{M^3}{K\Gamma \cdot c^2} \cdot \frac{K\Gamma}{M^3} = \frac{c^2}{M}$$

$$h - 3x = h - \frac{3gghs}{k}$$

$$h \left(1 - \frac{3ggs}{k} \right)$$

$$\frac{M^2 k T M}{M^3}$$

KT

$$\frac{2m\mu}{s} = sgh \left(1 - \frac{3ggs}{k} \right)$$

$$m = \frac{hsg}{2} \left(\frac{1 - 3ggs}{k} \right)$$

$$\frac{M \cdot M^2 \cdot KT}{M^3}$$

0.5mg

$$\frac{1}{2} mg \mu + i$$

$$\frac{KT - KT \cdot \frac{H}{M} \cdot \frac{H}{M}}{KT - KT \cdot \frac{H}{M}}$$

h-3x

$$h - \frac{3gghs}{k}$$

h | 1 -

$$4F - 6mg \mu > 3F - 6mg \mu$$

$$4F > 3F$$

$$F > 0$$

$$F > 2mg \mu$$

$$2F > 5mg \mu$$

$$\frac{2F - 3mg \mu}{3M}$$

$$\frac{F - 2mg \mu}{2M}$$

$$2F - 3mg \mu$$

$$F - 2mg \mu$$

$$\frac{2}{3} \frac{1}{k}$$

$$\frac{2}{3} \frac{1}{k}$$

$$\frac{2}{3} \frac{1}{k}$$

$$\frac{2}{3} \frac{1}{k}$$

a1 < a2

$$3ma_2 = 2F + F_{Tр2} - F_{Tр1}$$

$$2ma_1 = F - F_{Tр2}$$

$$2F - 5mg \mu + 2mg \mu$$

$$F - 2mg \mu$$

$$\frac{KT \cdot M}{c^2 M} \quad KT$$

$$H \cdot M = \left(\frac{KT}{c} \right)^2$$

$$2,5 mg \mu + i$$

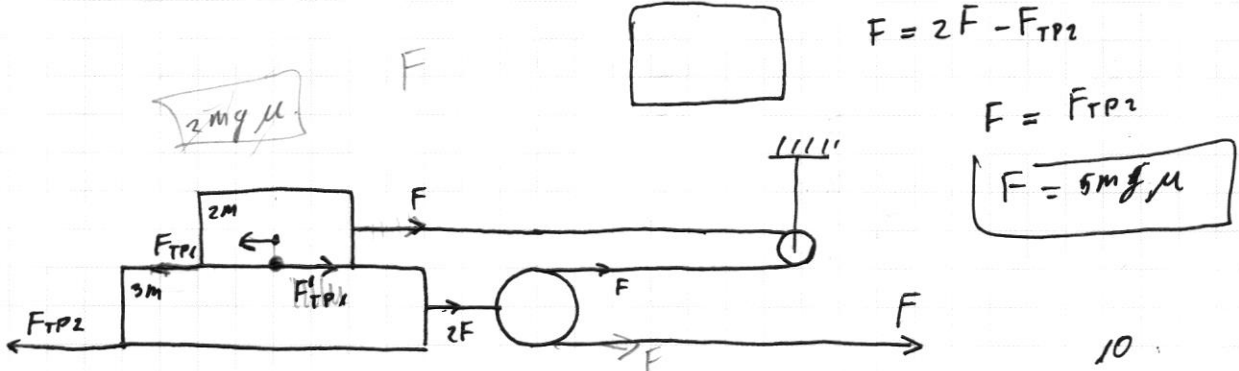
$$\frac{M \cdot KT}{M}$$

$$\frac{MKT \left(1 - \frac{H}{M} \right)}{k}$$

$$\frac{(M - H) KT}{H}$$

$$\left(\frac{M}{H} - 1 \right) KT$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

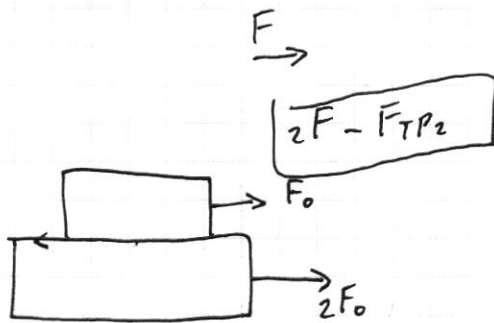


$$F = 2F - F_{TP2}$$

$$F = F_{TP2}$$

$$F = 5mg\mu$$

10

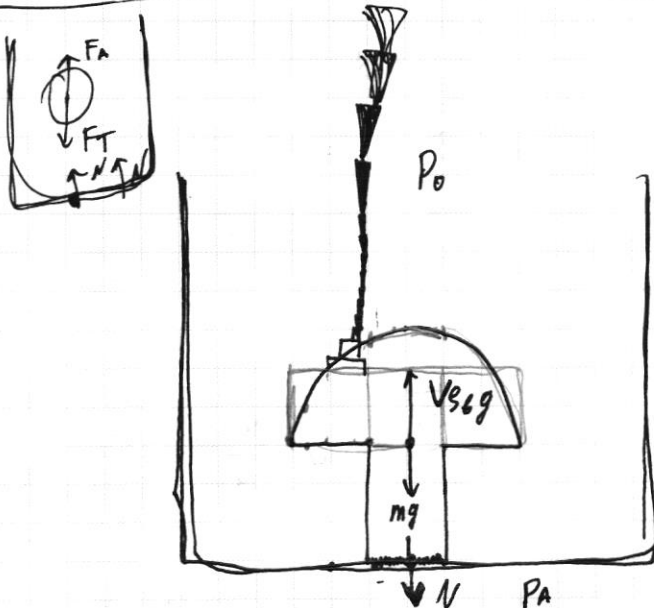


$$F_{TP1} =$$

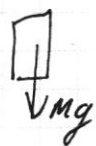
$$2F_0 + F_{TP1} > 5mg\mu$$

$$2F_0 > 5mg\mu$$

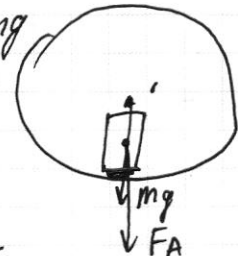
1000



(15)



$$N = mg$$



$$\frac{F_T}{S}$$

$$P_A = P_0 +$$

$$\frac{\Sigma F}{S}$$

$$\frac{m_B + m_r}{\rho}$$

$$F_{TB} + F_T$$

