

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

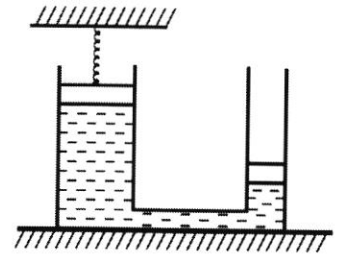
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарем)

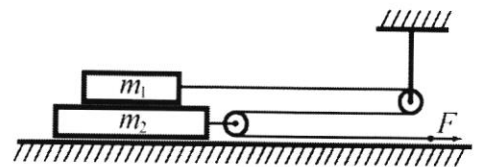
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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

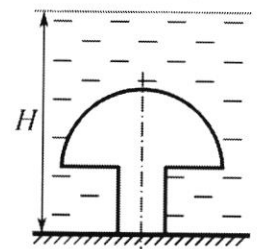


- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

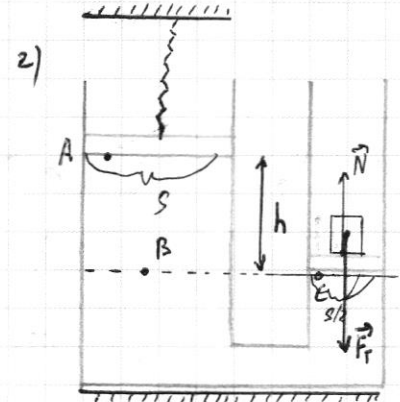
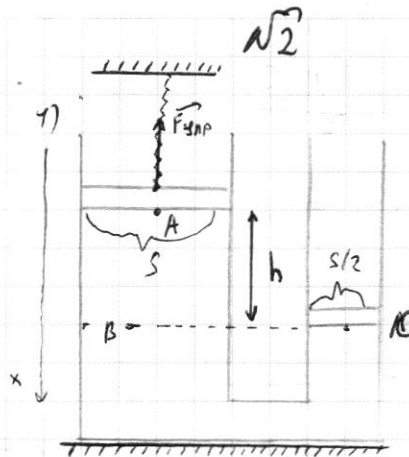


- 1) Найдите величину F_0 горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.
 - 2) Найдите величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок 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

Дано:
 $\rho; S; S/2; h; g$
ч.с.-?
2) м.?



~~Т.к. если понимать больший порывень, то~~

Если понимать верхний порывень, то вода должна
порывняться с ним, т.к. $\rho_0 \gg \rho$ (зазор не в)

$$1) \begin{cases} p_c = p_b \\ p_b = p_a + \rho g h \end{cases} \Rightarrow p_a = p_b - \rho g h$$

~~на + в точке с не приложены силы~~

$$p_c = p_a + \rho g h$$

в точке с не прилож силы, значит $p_c = p_0$

$$p_0 = p_a' + p_0 + \rho g h$$

$$p_a' = -\rho g h$$

$$p_a' = \frac{-F_{упр}}{S} = -\rho g h$$

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

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

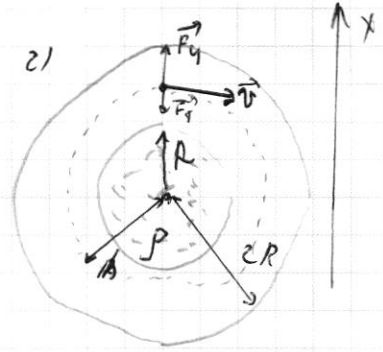
$$2) \begin{cases} p_b = p_c \\ p_b = p_a + \rho g h \end{cases} \Rightarrow \rho g h = \frac{mg}{S}$$

$$p_c = p_a + \frac{mg}{S/2} \quad m = \frac{\rho h S}{2}$$

ответ: 1) $x = \frac{\rho g h S}{k}$
2) $m = \frac{\rho h S}{2}$

$$\left. \begin{aligned} h &= 0,5R \\ R, \rho, G \\ V &= \frac{4}{3}\pi R^3 \\ g_n? \\ T? \end{aligned} \right\}$$

$$\begin{aligned} 1) m_T \cdot g &= F_{\text{пр}} \\ m_T \cdot g &= \frac{m_T \cdot m_n}{(2R)^2} \cdot G \\ g &= \frac{V_n \cdot \rho_n}{(2R)^2} \cdot G = \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{4R^2} G = \\ &= \frac{\rho \pi R G}{3} \end{aligned}$$



$$2) m\vec{a} = \vec{F}_g + \vec{F}_T \quad (\text{пр } 3k)$$

$$\text{OX: } F_g = F_T \\ m_T \frac{v^2}{R+h} = \frac{m_T \cdot m_n}{(R+h)^2} \cdot G$$

$$v^2 = \frac{(R+h) m_n}{(R+h)^2} G = \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{R+0,5R} G = \frac{\frac{4}{3} \cdot \pi R^3 \rho G}{3 \cdot 1,5 R} =$$

$$= 2\pi R^2 G \rho$$

$$T = \frac{l}{v} = \frac{2\pi(R+h)}{\sqrt{2\pi R^2 G \rho}} = \frac{3R\pi}{R\sqrt{2\pi G \rho}} = \sqrt{\frac{9\pi}{2G\rho}}$$

$$\text{Ответ: } 1) g_n = \frac{\rho \pi R G}{3}$$

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

11

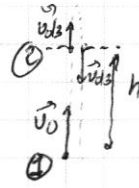
$v_0 = 12 \text{ м/с}$
 $v_1 = v_0/3$
 1) t_1 - ?
 2) h - ?

2) $E_1 = E_2 (30^\circ)$

$m \frac{v_0^2}{2} = mgh + m \frac{(v_0/3)^2}{2}$

$2gh = v_0^2(1 - \frac{1}{9})$

$h = \frac{\frac{8}{9} v_0^2}{2g} = \frac{4 \cdot 12^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{9 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 6,4 \text{ м}$



1) $\vec{r} = \vec{v}_0 + \vec{v}_0 t - \frac{gt^2}{2}$

$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$

$v_0/3 = |v_0 - gt|$

$\begin{cases} v_0 - gt_1 = v_0/3 \\ v_0 - gt_2 = -v_0/3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t_1 = \frac{2v_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12 \text{ м/с}}{3 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,8 \text{ с} \\ t_2 = \frac{4v_0}{3g} = \frac{4 \cdot 12 \text{ м/с}}{3 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 1,6 \text{ с} \end{cases}$

Ответ: 1) $\begin{cases} t_1 = 0,8 \text{ с} \\ t_2 = 1,6 \text{ с} \end{cases}$; 2) $h = 6,4 \text{ м}$

$V = d g m^3 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
 $S = 20 \text{ см}^2$
 $H = 2,5 \text{ м}$
 $\rho_0 = 100 \text{ кПа}$
 $\rho = 1 \text{ г/см}^3$

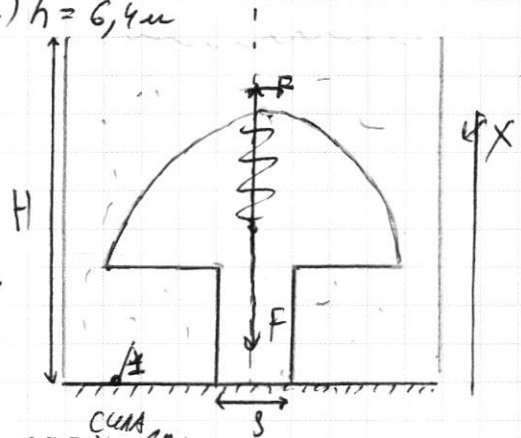
1) P_1 - ?
2) F - ?

1) $P_1 = P_A$

$P_A = p_0 + \rho g H$

$= 100 \text{ кПа} + 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 2,5 \text{ м} / 1000$
 $= 1,25 \text{ кПа}$

2) $F = F_A - \Delta F$, где ΔF , сила



давления, которая действует между из-за не протекающей воды.

$F = F_A - \Delta F = V \rho g - (\rho g H + p_0) \cdot S = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 - (1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 2,5 \text{ м} + 100 \text{ кПа}) \cdot 20 \cdot 100^{-2} \text{ м}^2 = 30 \text{ Н}$ (так как F_A

Ответ: 1) $P_A = 1,25 \text{ кПа}$

2) $F = 30 \text{ Н}$

$F = F_A - \Delta F = V \rho g - (\rho g H + p_0) \cdot S = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 - (1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 2,5 \text{ м} + 100 \text{ кПа}) \cdot 20 \cdot 100^{-2} \text{ м}^2 = -170 \text{ Н}$

$= (1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 2,5 \text{ м} + 100 \text{ кПа}) \cdot 20 \cdot 100^{-2} \text{ м}^2 = -170 \text{ Н}$

т.к. F_A вверх, и взята с (+), то $F \downarrow$; $F = 170 \text{ Н}$

Ответ: 1) $1,25 \text{ кПа} = P_1$

2) $F = 170 \text{ Н}$, $F \downarrow$ (вниз)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $m_1 = 2m$
 $m_2 = 3m$
 μ
 $F_0 = ?$
 $F = ?$
 μ_{min}

$$1) \text{ О: } m_1 \vec{a} = \vec{F}_0 + m_1 \vec{g} + \vec{N}_1$$

$$\text{ОУ: } m_1 a = F_0$$

$$a_1 = \frac{F_0}{m_1}$$

$$m_2 \vec{a} = \vec{F}_{TP} + m_2 \vec{g} + \vec{N}_2 + 2\vec{F}_0 + \vec{F}_{TP}$$

$$\text{ОУ: } (m_1 + m_2) \vec{a} =$$

$$m_2 a = 2F_0 - F_{TP}$$

$$m_2 a = 2F_0 - (m_1 + m_2) \mu g$$

$$a_2 = \frac{2F_0 - (m_1 + m_2) g \mu}{m_2}$$

$a_1 = a_2$ ($F_{TP} = 0$, значит тело не пойдёт относительно друг друга)

$$\frac{F_0}{m_1} = \frac{2F_0 - (m_1 + m_2) g \mu}{m_2}$$

$$m_1 (m_1 + m_2) g \mu = 2F_0 m_1 - F_0 m_2$$

$$F_0 = \frac{(m_1 + m_2) m_1}{2m_1 - m_2} g \mu = \frac{(2m + 3m) 2m}{4m - 3m} g \mu = 10 m g \mu$$

$$2) \text{ О: } \vec{F}_{TP} \text{ (для 1)} = \vec{F}_{TP2} \text{ (для 2)} \text{ (II SN)}$$

$$\text{О: } m \vec{a} = \vec{F}_{TP2} - \vec{F}_{TP1} + m_2 \vec{g} + \vec{N}_2$$

$$\text{ОУ: } F_{TP2} + F_{TP1} = 2F$$

$$\text{О: } m \vec{a} = F_{TP1} + m_1 \vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{F} + \vec{F}_{TP2}$$

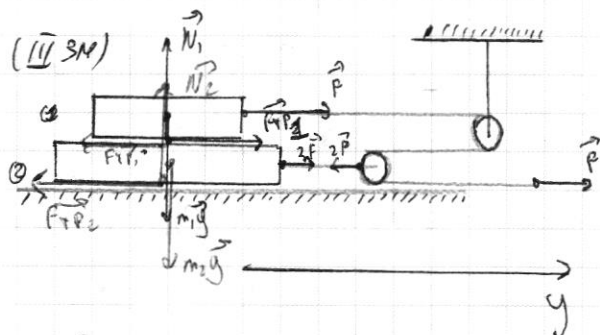
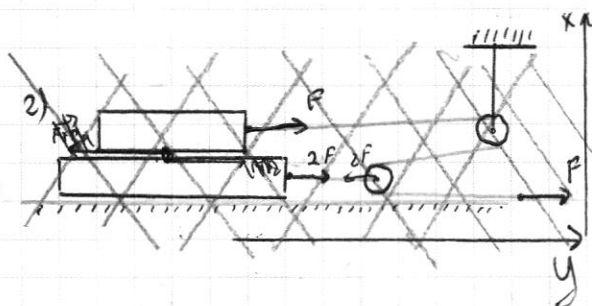
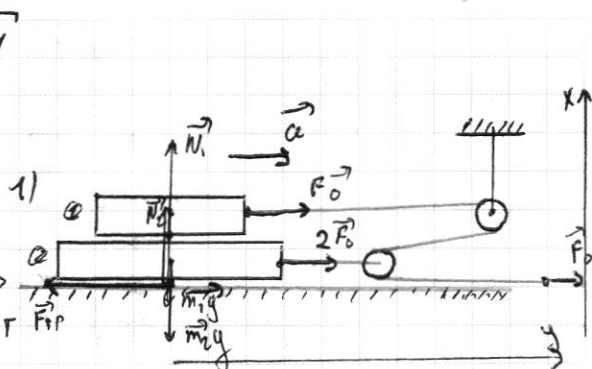
$$\text{ОУ: } F_{TP1} = F$$

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

$$(m_1 + m_2) g \mu = F$$

$$1) F_0 = 10 m g \mu$$

$$\text{Ответ: } 2) F = 3,5 m g \mu$$

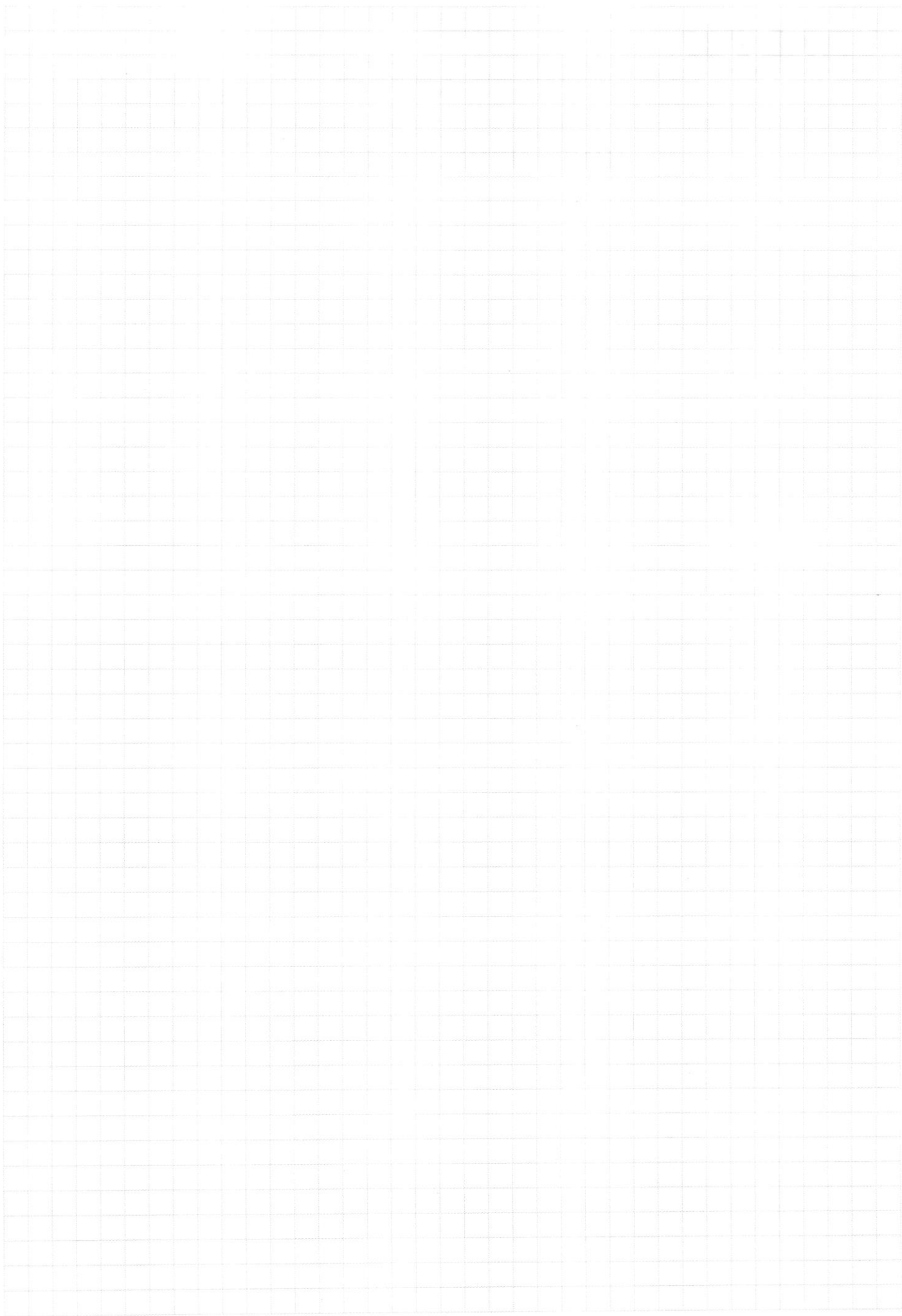


$$(m_1 + m_2) g \mu + m_1 g \mu = 2F$$

$$F = 2m_1 g \mu + m_2 g \mu =$$

$$= \frac{(4m + 3m) g \mu}{2} = \frac{7}{2} m g \mu =$$

$$= 3,5 m g \mu$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

<div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> </div>	<div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> </div>	<div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px;"> </div>
---	---	---

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$mgh + \frac{m(v_0/3)^2}{2} = m \frac{v_2^2}{2}$$

$$gh = \frac{v_0^2}{9}$$

$$gh = \frac{4}{9} v_0^2$$

144 = 42

$$h = \frac{4 \cdot 12^2}{9 \cdot 10} = \frac{4 \cdot 3 \cdot 4^2}{9 \cdot 10} = \underline{\underline{6,4 \text{ м}}}$$

$$mgh = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$v_0 = \sqrt{2gh}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 12^2}{2 \cdot 10}} = 7,2 \text{ м}$$



$$H = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$v_0 \sin \alpha = \frac{gt}{2} \Rightarrow v_0 \sin \alpha = \frac{gt}{2}$$

$$H = \frac{gt^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2H}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 7,2}{10}} = 1,2 \text{ с}$$

$$v_0 \sin \alpha = 10 \text{ м/с}^2 \cdot 1,2 \text{ с} = 12 \text{ м/с}$$

$$1) \rho g h = \frac{F_{\text{упр}}}{S}$$

$$\rho g h s = k \Delta x$$

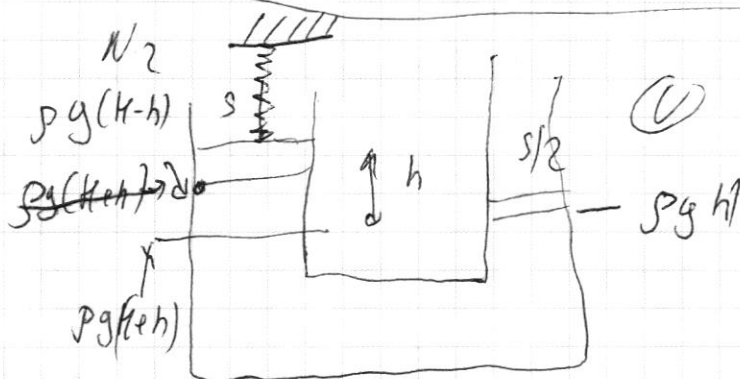
$$\Delta x = \frac{\rho g h s}{k}$$

2)

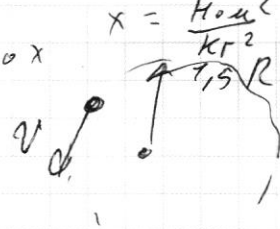
$$\rho g h = \frac{mg}{s/2} \Rightarrow$$

$$\frac{2 \rho g h}{2} \cdot s = mg$$

$$m = \rho g h s$$



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

$$n = \frac{k r^2}{u^2} \cdot x \quad x = \frac{H \cdot u^2}{k r^2}$$


$$m_T \cdot g = \frac{m_T \cdot m_n}{4R^2} \cdot G$$

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

$$\frac{m_c \cdot v^2}{1.5R} = \frac{m_c \cdot m_n}{(1.5R)^2} \cdot G$$

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

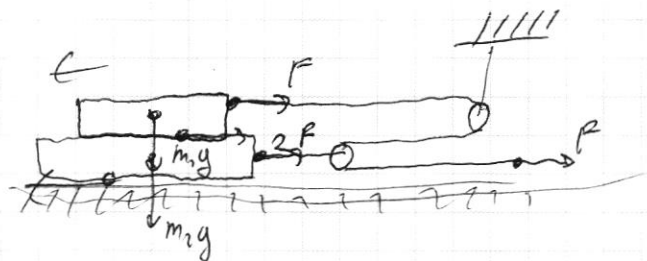
$$v = R \sqrt{2 \rho \pi G}$$

$$T = \frac{e}{v} = \frac{1.5R \cdot \pi}{R \sqrt{2 \rho \pi G}} = \frac{1.5 \sqrt{\pi}}{\sqrt{2 \rho G}}$$

(F)

$$\frac{F_0}{m_1} = \alpha$$

$$a = \frac{2F_0 - (m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2}$$



$$\frac{F_0}{m_1} = \frac{2F_0 - (m_1 + m_2)g}{m_1 + m_2}$$

$$m_1 F_0 + m_2 F_0 = 2F_0 m_1 - m_1 (m_1 + m_2)g$$

$$F_0 (m_2 - m_1) = m_1 (m_1 + m_2)g$$

$$F_0 = \frac{m_1 (m_1 + m_2)g}{m_2 - m_1} = \frac{2m \cdot 5mg}{3m - m} = 10mg$$

$$2F = (m_1 + m_2)g + m_1 g$$

$$2F = 5mg + 2mg = 7mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V = \frac{4}{3} \pi x^3 \Rightarrow V' = \frac{2}{3} \pi x^3$$

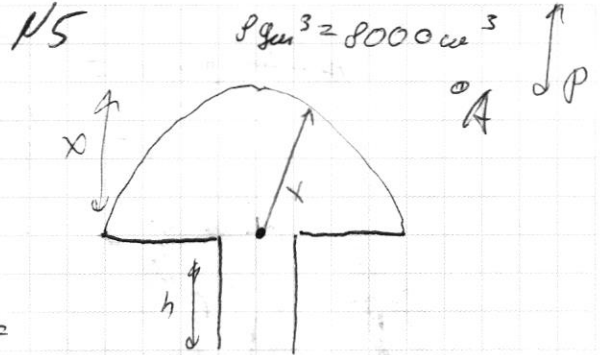
$$V_0 - V' = V_G$$

$$h = \frac{8000 \text{ см}^3 - \frac{2}{3} \pi x^3}{20 \text{ см}^2} =$$

$$= 4000 \text{ см} - \frac{\pi x^3}{30}$$

$$R_A = \rho g V$$

$$\Delta R_A = \rho g y (h + x)$$



$$v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$v_y^2 = v_0^2 - \sqrt{2gh}$$

$$\frac{1}{g} v_0^2 = v_0^2 - 2gh$$

$$v_0^2 = 2gh \cdot \frac{g}{g} = \frac{ggh}{g} = \frac{9 \cdot 10 \cdot 6,4}{9} = 9 \cdot 10 \cdot 1,6 \text{ м}^2/\text{с}^2$$

$$v_0^2 = 126 \text{ м}^2/\text{с}^2$$

80 —

$$\frac{125 \text{ } \cancel{000} \text{ } 020}{100 \text{ } \cancel{00}}$$

$$v_0 = 12 \text{ м/с}$$

$$N_1$$

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

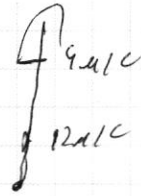
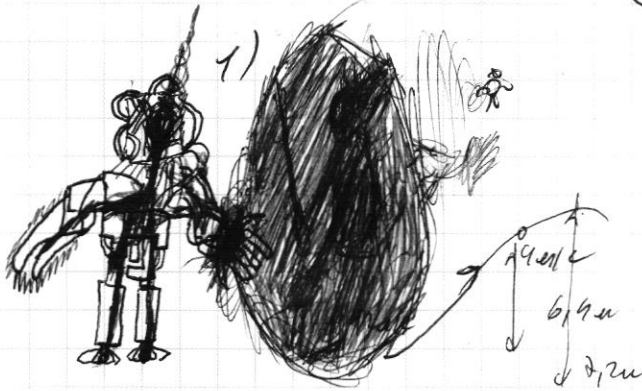
$$mgh + 2gh = \frac{\rho}{\rho_0} v_0^2$$

$$h = \frac{4 \cdot 12^2}{9 \cdot 10} = 6.4 \text{ м}$$

$$v_0^2 = v_x^2 + v_y^2 - 2gh$$

$$v_0 = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 - 2gh}$$

$$v_0 = \sqrt{v_x^2 + (v_y^2 - 2gh)}$$



$$E_1 =$$

$$V = \frac{1}{2} \rho_{\text{ж}} V^3 = \rho \cdot 10^3 = 8000 \text{ см}^3$$

$$8000 \cdot 10^3 = 10^4 \cdot 250 \cdot 20 = 30000$$

$$100000 + 25000 = 125000 \cdot 2.5$$



$$\frac{\rho}{1000} \cdot 1000 \cdot 10 = 80 \text{ Н}$$

$$\frac{100000 + 25000}{100 \cdot 100} = 50 \text{ Н}$$