

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарем)

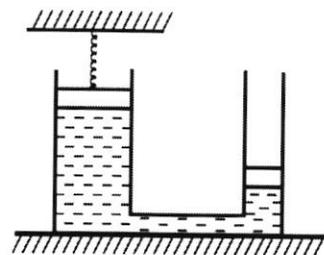
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.

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.

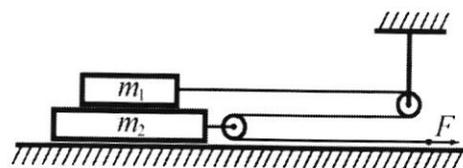
2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

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.

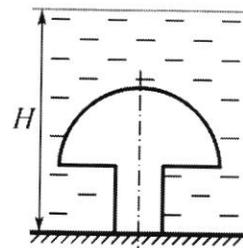
2) Найдите величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

5. Ко дну бассейна глубиной $H=2,5$ м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объем 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

$\sqrt{1}$
 $g = 10 \frac{м}{с^2}$
 $v_0 = 12 \frac{м}{с}$
 $v_1 = \frac{1}{3} v_0$
 $t - ?$
 $h - ?$

1) $|\vec{v}_1| = \frac{1}{3} v_0$, но они могут быть разной кинер
 $v_0 - g t \Rightarrow \pm \frac{v_0}{3} = v_0 - g t$
 $t = \frac{3v_0 \mp v_0}{3g} = \frac{36 \mp 12}{30} = 1,2 \mp 0,4 \text{ с}$
 2) $y(t) = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$
 $h = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = \frac{3v_0^2 \mp v_0^2}{3g} = \frac{v_0^2 (3 \mp 1)^2}{18g}$

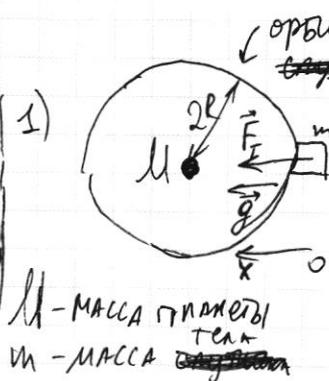
~~$h = \frac{v_0^2}{18g} (18 \mp 6) = 6v_0^2$~~

$h = \frac{v_0^2}{18g} (18 \mp 6 - (9 \mp 6)) = \frac{v_0^2}{18g} \cdot 8 = \frac{4 \cdot 12^2}{9 \cdot 10} = \frac{64}{10} = 6,4 \text{ м}$

Ответ: 1) $t_1 = 1,6 \text{ с}$
 $t_2 = 0,8 \text{ с}$

2) $h = 6,4 \text{ м}$

$\sqrt{3}$
 $h = \frac{1}{2} R; R$
 $G: \rho \cdot V = \frac{4}{3} \pi R^3$
 $R_0 = \frac{1}{2} R$
 $g - ?$
 $T - ?$

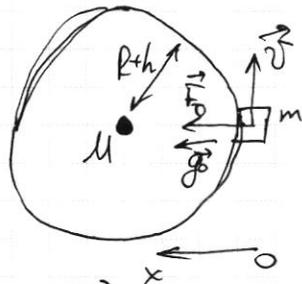


$F_T = G \frac{Mm}{R_0^2}; M = \rho V = \frac{4}{3} \rho \pi R^3$
 $F_T = mg; R_0 = 2R$
 $G \cdot \frac{4 \rho \pi R^3 m}{3 \cdot 4 R^2} = mg$
 $g = \frac{\rho \pi R}{3}$

ОУД - основное уравнение динамики (следствие из II закона Ньютона)

√3

2) $h = \frac{1}{2}R$



Т.к. тело движется по окружности \Rightarrow
 \Rightarrow есть только ~~нормальное~~ $a_n = g_0$ (у центростремительн.)
 $a_n = \omega^2 R \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{a_n}{R}}$
 ~~$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$~~

ОуД: $\vec{F}_0 = m\vec{g}_0$

Ок: $F_0 = mg_0$

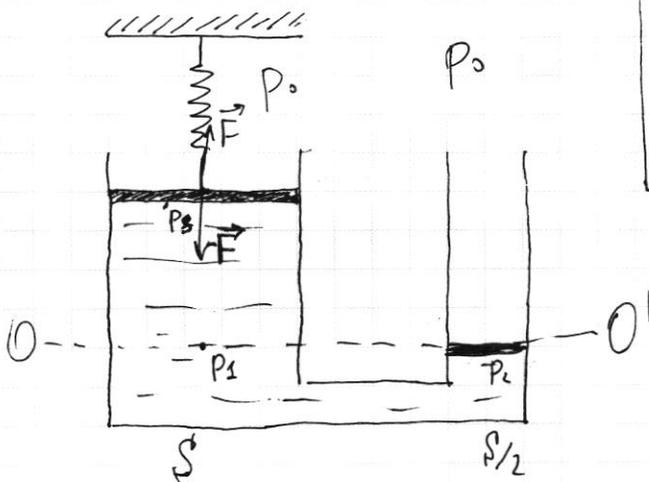
3-и тяготение

$$F_0 = G \frac{\mu m}{(R+h)^2} \rightarrow g_0 = G \frac{\mu}{(R+h)^2} = G \frac{4\rho\pi R^3}{3(R+h)^2}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{R}{a_n}} = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g_0}} = 2\pi \sqrt{\frac{3R(R+h)^2}{4\rho\pi R^3}} = 2\pi \sqrt{\frac{3 \cdot \frac{1}{2}}{4\rho\pi}} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{3\pi}{\rho}}$$

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

√2



1) Закон Гука: $F = kx$
 1) $x = ?$
 2) $m = ?$ $x_1 = 0$
 $p_0 + p_3 = \frac{-F}{S} = -\frac{kx}{S}$

Так как сосуда соосны \Rightarrow OO' - линия, где давление в сосудах равно

$p_1 = p_2$; $p_2 = p_0$

$p_1 = p_3 + \rho gh = p_0 + \frac{kx}{S} + \rho gh$

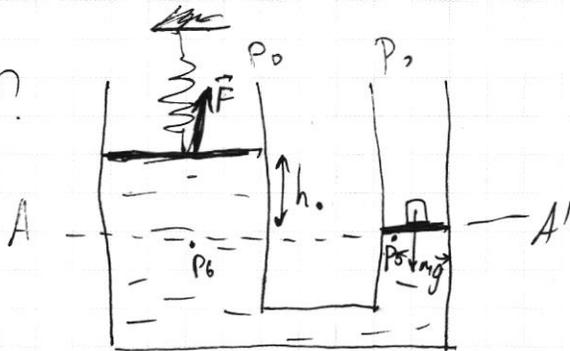
$p_1 = p_2 \Rightarrow p_0 = p_0 + \rho gh - \frac{kx}{S}$

$\frac{kx}{S} = \rho gh \Rightarrow x = \frac{\rho gh S}{k}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

√2

2) m?



вдоль AA' одинаковое
давление т.к. СС
(P5 = P6)

$$P_5 = P_0 + \frac{2mg}{S}$$

$$P_6 = P_0 - \frac{F}{S} + \rho g h_0$$

$$P_5 = P_6 \Rightarrow \frac{2mg}{S} = -\frac{F}{S} + \rho g h_0$$

$$F = \rho g h_0 S - 2mg$$

~~F = kx~~ - закон Гука $\Rightarrow F(0) = 0$

$$0 = \rho g h_0 S - 2mg$$

$$2mg = \rho g h_0 S \Rightarrow m = \frac{\rho g h_0 S}{2g} = \frac{\rho h_0 S}{2}$$

т.к. в (1) гер была x, а изменение уровней h \Rightarrow

~~$\Rightarrow h \approx 2x \Rightarrow x = \frac{h}{2}$, а при $x=0$, $h_0 = \frac{h}{2}$~~

~~$m = \frac{\rho S h}{4}$~~

$$\Rightarrow h_0 = x + h = h \left(1 + \frac{\rho g S}{k}\right)$$

$$m = \frac{\rho S}{2} h \frac{k + \rho g S}{k} = \frac{k + \rho g S}{2k} \rho S h$$

Ответ: 1) $x = \frac{\rho g h S}{k}$

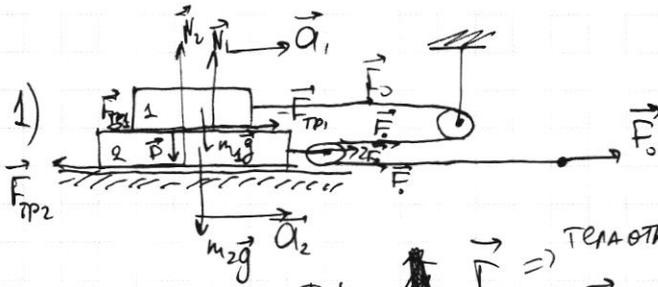
2) $m = \frac{k + \rho g S}{2k} \rho h S$

√4

$m_1 = 2m$

$m_2 = 3m$

- 1) $F_0 = ?$
- 2) $F = ?$



$v_{01} = 0$
 $v_{02} = 0$

Т.к $\vec{F}_{тр1} = \vec{0} \Rightarrow \vec{a}_1 = \vec{a}_2$

ОУД1: $m_1 \vec{a}_1 = \vec{F}_0 + \vec{0} + \vec{N}_1 + m_1 \vec{g}$

Ox: $m_1 a_1 = F_0 \Rightarrow a_1 = \frac{F_0}{2m}$

Oy: $N_1 = m_1 g$

ОУД2: $m_2 \vec{a}_2 = 2\vec{F}_0 + m_2 \vec{g} + \vec{P} + \vec{F}_{тр2} + \vec{N}_2$

Закон Кулона - Амонтона: $F_{тр2} = \mu N_2$

III закон Ньютона: $\vec{P} = -\vec{N}_1 = m_1 \vec{g}$

Ox: $m_2 a_1 = 2F_0 + 0 + 0 - \mu N_2 + 0$

Oy: $N_2 = m_1 g + m_2 g = 5mg$

$3ma_1 = 2F_0 - 5\mu mg$

$\frac{3}{2}F_0 = 2F_0 - 5\mu mg \quad | \cdot 2$

$F_0 = 10\mu mg$

2) т.о. движется влево или т.о. $\Rightarrow a_1 < a_2$ или $\vec{a}_1 \uparrow \vec{a}_2$ (\vec{a}_1 - влево)

a) $a_1 < a_2$

ОУД1: $m_1 \vec{a}_1 = \vec{F} + \vec{F}_{тр1} + \vec{N}_1 + m_1 \vec{g}$

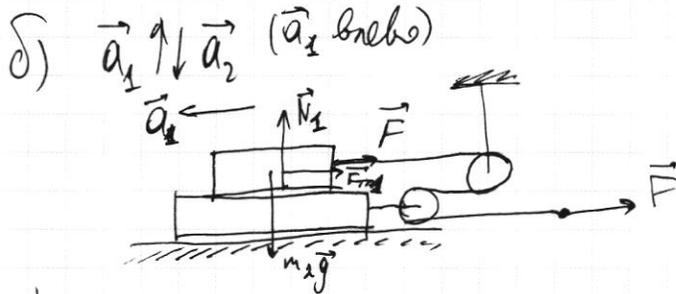
ОУД2: $m_2 \vec{a}_2 = 2\vec{F} - \vec{F}_{тр1} + m_2 \vec{g} + \vec{P} + \vec{N}_2 + \vec{F}_{тр2} + m_2 \vec{g}$

Ox (учитывая III закон): $\begin{cases} 2ma_1 = F - 2\mu m_1 g \\ 3ma_2 = 2F - 2\mu m_1 g - 5\mu m_2 g \end{cases}$

$\frac{F - 2\mu m_1 g}{2} < \frac{2F - 2\mu m_1 g - 5\mu m_2 g}{3}$ - верно при $F > 0$

$\begin{cases} F > 2\mu m_1 g \\ 2F > 3\mu m_2 g \end{cases} \rightarrow \begin{cases} F > 2\mu m_1 g \\ F > 1,5\mu m_2 g \end{cases} \rightarrow \min F = 2\mu m_1 g$
 (если больше, то F чуть больше чем $2\mu m_1 g$)

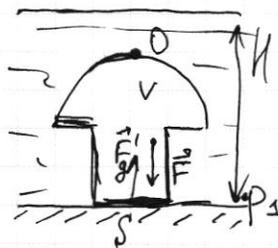
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Нарисовав все силы действующие на ①, то
видим, что $\vec{a}_1 \uparrow \vec{F}_{\text{горизонталь}} \Rightarrow |\vec{a}_1| < 0 \Rightarrow \vec{a}_1 \uparrow \vec{a}_2$,
что \neq предположению

Ответ: 1) $F_0 = 10 \text{ мН}$
2) $F = 2 \text{ мН}$ (если точнее, то $(F - 2 \text{ мН}) \rightarrow 0$)

- $\sqrt{5}$
- $V = 8 \text{ см}^3$
- $S = 20 \text{ см}^2$
- $\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
- $p_0 = 100 \text{ кПа}$
- $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
- $p_1 = ?$
- $F = ?$



1) $p_1 = p_0 + \rho g H = 100 \text{ кПа} + 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 =$
 $p_1 = 125 \text{ кПа}$
Ответ: $p_1 = 125 \text{ кПа}$

2) заметим, что F_a , если бы тело было не приклеено,
то показывала бы силу, с которой вода выталкивает
тело, а так же разность сил давлений, но,

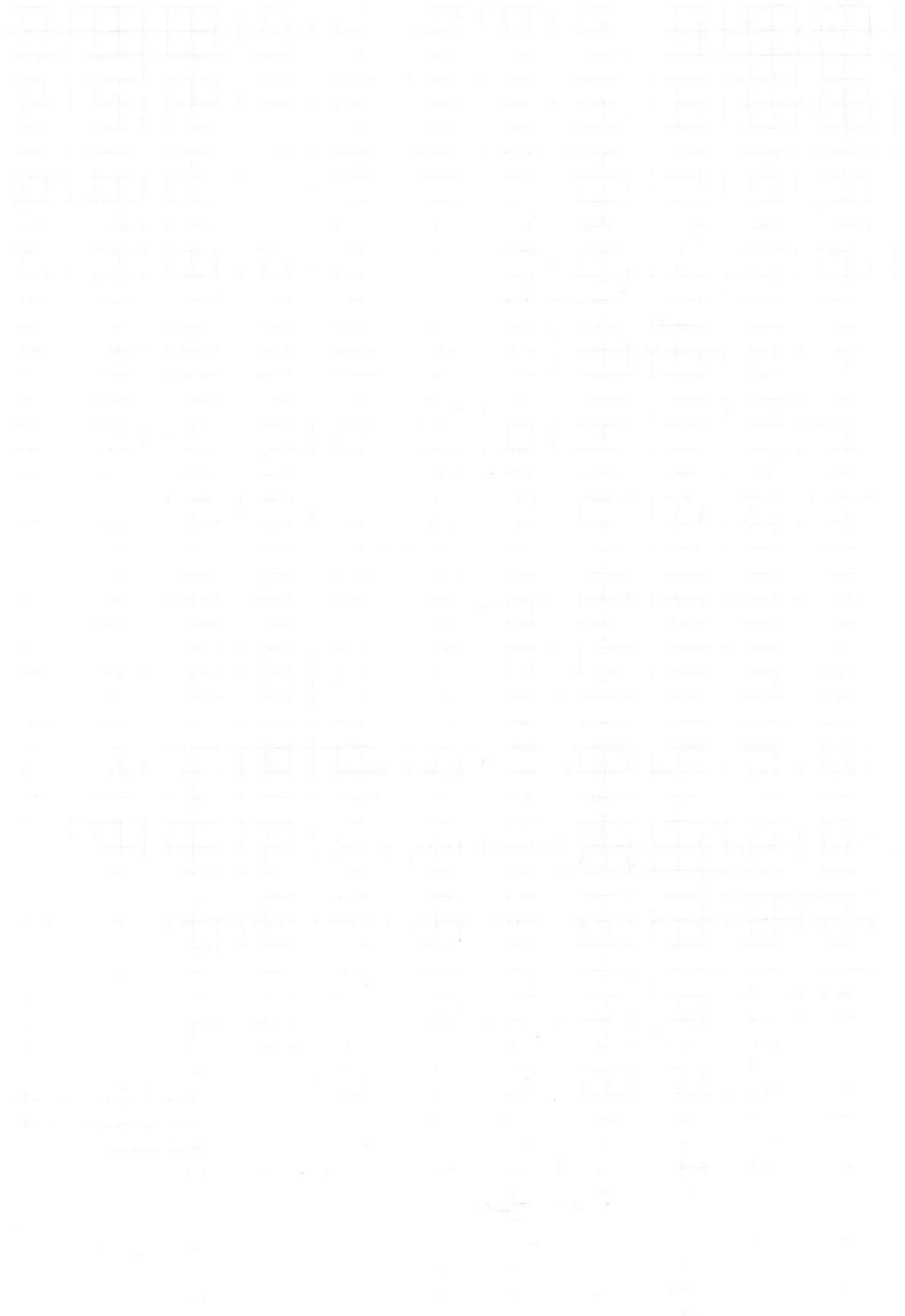
т.к. тело приклеено, \Rightarrow убирается F_g' с уровня $H \rightarrow$

$\rightarrow F + F_g' = F_a \Rightarrow F = F_a - F_g' = \rho V g - p_1 S = 1000 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 10 - 125 \cdot 20 \cdot 10^{-4}$
здесь F направлена вверх (сонаправлена с \vec{F}_a)

$F = 80 - 25 \cdot 10^{-2} \cdot 10^4 = 79,75 \text{ Н}$

$F = 80 - 250 = -170 \text{ Н} \Rightarrow \vec{F} \uparrow \vec{F}_a \Rightarrow \vec{F}$ направлена вверх и $|\vec{F}| = 170 \text{ Н}$

Ответ: 2) $F = 170 \text{ Н}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4
2
3
4
5 ⊙

$$v = v_0 - g\tau = \pm \frac{v_0}{3}$$

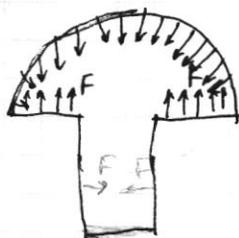
$$g \tau = \frac{\pm v_0 + v_0}{3g}$$

$$h = v_0\tau - \frac{g\tau^2}{2} = \frac{\pm 6v_0^2 + 18v_0^2}{18g} - \frac{10v_0^2 + 6v_0^2}{18g} = \frac{8v_0^2}{18g} = \frac{4g \cdot 4^2}{9 \cdot 10} = 6,44$$

$$mg_0 = G \frac{Mm}{4R^2} \Rightarrow g_0 = G \frac{\rho \pi R^3}{3R^2} = \frac{1}{3} G \rho \pi R$$

$$T a_n = \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{a_n R} = \sqrt{G \frac{M}{R^2}} = \sqrt{G \frac{\rho \pi R^3}{3R^2}}$$

$$p_1 = p_0 + \rho h g = 10^5 + 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 = 125 \text{ кПа}$$



$$[G] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг} \cdot \text{м}^2}$$

$$[\rho] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\sqrt{\frac{1}{\text{Н} \cdot \frac{\text{м}}{\text{кг} \cdot \text{м}}}}$$

$$\text{Н} = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

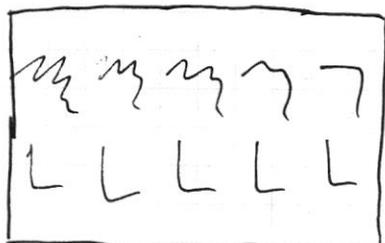
$$7 \cdot 3 = 21$$

$$60$$

$$x_1 + x_2 = -p - n$$

$$x_1 x_2 = q - n$$

$$(x_1 - 1)(x_2 - 1) = p + q + 1$$



$$1^2 + p + n + q - n = 0$$

$$p + q = -1$$

$$(q - n)^2 + (p + n)(q - n) + (q - n) = 0$$

$$(q - n) + p + n + 1 = 0$$

$$q + p + 1 = 0$$

$$x^2 + nx - 1 - n = 0$$

$$(x - 1)(x + 1 + n) = 0$$

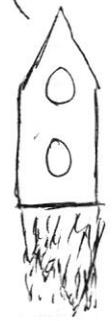
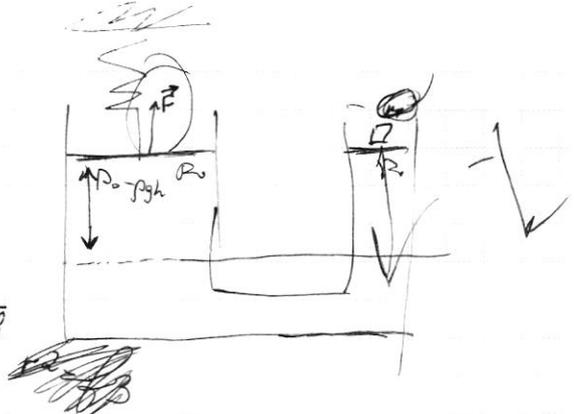
ВВ = Василий Васильевич

$$p_0 - \rho gh = \frac{F}{S}$$

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

$$r^2 = 63$$

$$\sqrt[3]{r} = \sqrt[3]{63}$$



$$ac = S \quad R = 4$$

$$a^2 + c^2 = R^2 \quad S = 6$$

$$a + c = \sqrt{R^2 + 2S} = \sqrt{16 + 12} = 2\sqrt{7}$$

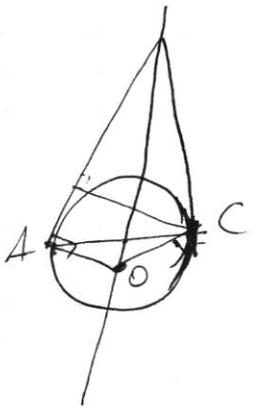
$$|a - c| = \sqrt{R^2 - 2S} = 2$$

$$a = 4\sqrt{7} \quad a^4 - a^2 R^2 + S^2 = 0$$

$$c = \sqrt{7} - 1 \quad a^2 = \frac{R^2 - 4S^2}{h} = \frac{16 - 4 \cdot 36}{h} = \frac{16 - 144}{h} = \frac{-128}{h}$$

$$v_0 t_n - \frac{g t_n^2}{2} = 0$$

$$t_n = \frac{2v_0}{g} = \frac{2 \cdot 12}{10} = 2.4$$



$$dS p_i = p_0 + \rho g dh$$



$$\int_0^H p dh = \int_0^H (p_0 + \rho g h) dh$$

$$p_0 = p_0 + \frac{\rho g H}{2}$$

F =

$$g_0 = G \frac{16 \rho \pi R}{27}$$

$$2\pi \sqrt{\frac{R}{g_0}} = \sqrt{\frac{4\pi \cdot 27}{4 \cdot 16 \pi \rho G}} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

