

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

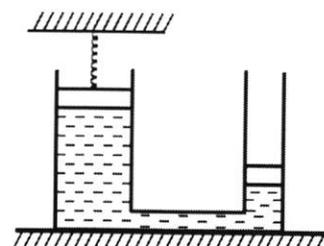
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

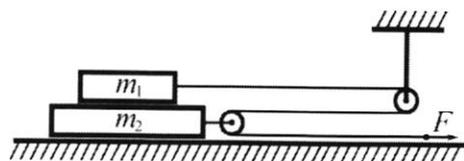
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения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



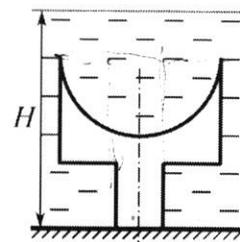
- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная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

Дано: ①

Решение

$$\begin{array}{l} V_0 = 10 \text{ м/с} \\ V_k = 5 \text{ м/с} \\ t_n = ? \\ h = ? \end{array}$$

Вспомогательные законы
сохранения энергии:

$$E_{k1} = E_{k2} + E_n$$

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_k^2}{2} + mgh \quad | : 2$$

$$\frac{V_0^2 - V_k^2}{2g} = h$$

$$h = \frac{100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} - 25 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{75 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 3,75 \text{ м}$$

Формула для равновесия -
скорости движения:

$$h = V_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$2h - 2V_0 t + gt^2 = 0$$

$$D = 4V_0^2 - 8gh = 400 - 40 \cdot 7,5 = 100$$

$$t_1 = \frac{2V_0 - 10}{2g} = \frac{20 - 10}{20} = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ с}$$

$$t_2 = \frac{2V_0 + 10}{2g} = \frac{20 + 10}{20} = 1,5 \text{ с}$$

Подставим значения в формулу для равноускоренного движения, чтобы найти искомый корень.

$$h = V_k t + \frac{gt^2}{2} = 5 \cdot 0,5 + \frac{10 \cdot 0,25}{2} = 3,75$$

(этот корень ищем)

$$h = 5 \cdot 1,5 \text{ с} + \frac{g t_2^2}{2} = 7,5 \text{ с} + \frac{10 \cdot 2,25}{2} =$$

18,75
 t_2 - ищем

18,75 \neq 3,75, ищем корень

Даны: $h \approx 3,75 \text{ м}$; $t \approx 0,5 \text{ с}$

3

Дано:

$h \approx R$

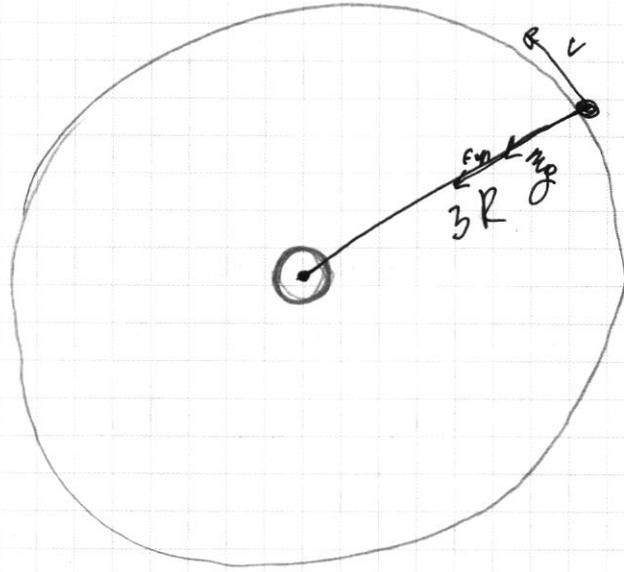
R - радиус ^{шарика} ~~сферы~~

ρ ; $G \approx 1$; $V \approx \frac{4}{3} \pi R^3$

$f_1 \approx 3R$

$g_1 - ?$

$T - ?$



Будем считать, что центр мал шарика, находящегося в центре шарика

У в равновесии

$F_{1r} \approx \frac{\delta M M_1}{g R^2}$ M_1 - масса шарика

$m g \approx F_{1r}$

$m g \approx \frac{\delta M M_1}{g R^2} \quad | : m \quad M_1 \approx \rho \cdot V \approx \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$

$g \approx \frac{\delta M_1}{g R^2}$

$g \approx \frac{\delta \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{3 \cdot g R^2} = \frac{4 \delta \rho \pi R}{27}$

Запишем второй закон Ньютона для шарика:

$\omega^2 (R+h) \approx \frac{\delta M_1 M_1}{(R+h)^2}$

$a_g \approx \omega^2 \cdot (R+h)$
↓ центр шарика

$\omega^2 \approx \frac{\delta M_1}{(R+h)^3} \quad R \approx h$

$\omega = \sqrt{\frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \delta}{3 \cdot g R^3}} = \sqrt{\frac{\delta \rho \pi}{6}}$

Формула угловой скорости:
 $\omega \approx \frac{2\pi}{T}$ $T \approx \frac{2\pi \cdot V_0}{\sqrt{\delta \rho \pi}}$
 $T \approx \frac{2\pi}{\omega}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

② Дано:
 $\rho; k; x; \frac{S}{3}; S$
 g
 $h; m - ?$

Решение:

Есть жидкость, h_1
манометр в
равновесии, то силы
давления на дно будут равны

$$F_B = \rho g h_1 S$$

$$F_A = \frac{\rho g h_2 S}{3}$$

$$F_B = F_A$$

$$\rho g h_1 S = \frac{\rho g h_2 S}{3}$$

$$h_1 = \frac{h_2}{3}$$

жидкости

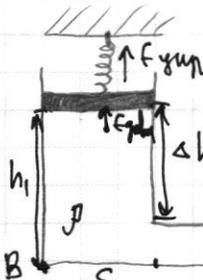
$$F_{\text{давл.}} + F_{\text{упр}} = 0$$

$$F_{\text{давл.}} = -F_{\text{упр}}$$

$$\rho g h_1 = -kx$$

$$h_1 = \frac{-kx}{\rho g}$$

$$\Delta h = \frac{-kx}{\rho g} + \frac{3kx}{\rho g} = \frac{2kx}{\rho g}$$



Результат:

$$\Delta h = h_1 - h_2$$

$$F_{\text{упр}} = kx$$

(Атмосферное давление в этой задаче не учитываем)

На левой поверхности действует сила упругости со стороны пружины и сила давления со стороны

$$F_{\text{давл.}} = \rho g h_1$$

Чтобы кружка стала гидростатически
магд, чтобы $F_{упр} \geq 0$, так как $F_{упр} = kx$, а
 $x \geq 0$ в данном случае

Для того, чтобы $F_{упр} \geq 0$ надо сделать так, чтобы
изменить перетяжка в левый сосуд. Этого ~~я~~

Такое условие будет выполняться так

$$mg > F_{грав} z$$

$$F_{грав} z = \rho g h_2 S$$

$$m \geq \frac{\rho g h_2 S}{g}$$

$$m \geq \frac{\rho g k x S}{\rho g}$$

$$m > kx S$$

$$\text{Ответ: } \leq h_2 \frac{2 k x}{\rho g} ; m > k x S$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ответ: $g \approx \frac{48 \rho \pi R}{27} ; T \approx \frac{2 \pi \sqrt{6}}{\sqrt{48 \rho \pi}}$

4)

Дано:

$m_1 = 3 \text{ м}$

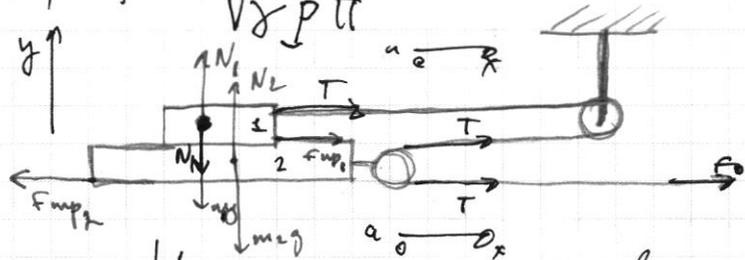
$m_2 = 5 \text{ м}$

μ

$F_0 = ?$

$f = ?$

Задача 1:



Второй закон Ньютона для второго

бруска:

$T = f_0$

ОХ: $2T - F_{\text{тр}2} = m_2 a_2 \quad (1)$

$F_{\text{тр}2} = N_2 \cdot \mu \quad (2)$

ОУ: $N_2 = m_2 g + N_1 \quad (3)$

ОУ (для бруска): $N_1 = m_1 g \quad (4)$

$N_2 = m_2 g + m_1 g = g(m_1 + m_2)$

$F_{\text{тр}1} = 0$ (по условию)

Запишем второй закон Ньютона для ~~второго~~ первого бруска:

Ньютона для ~~второго~~

$a_1 = a_2$

ОХ: $m_1 \cdot a_1 = T$

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

Подставим в (1)

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

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

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

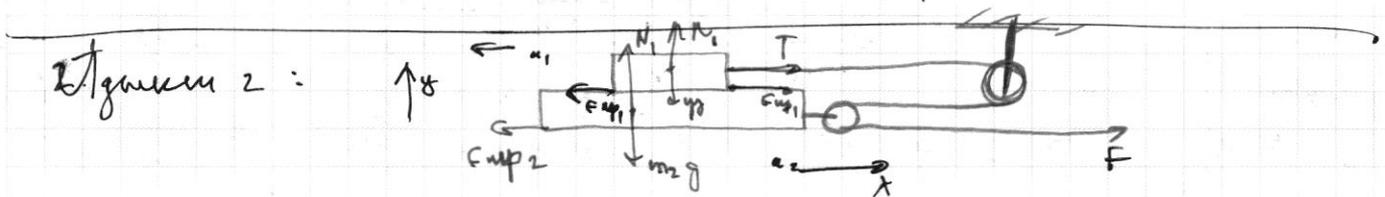
$\left. \begin{matrix} m_1 = 3 \text{ м} \\ m_2 = 5 \text{ м} \end{matrix} \right\} \text{указать это}$

$$-M \cdot g (8m) = \frac{5mT - 6mT}{3m} \quad | \cdot -1$$

$$Mg8m = \frac{Tm}{3m}$$

$$T = Mg \cdot 24m$$

$$T = f_0, \text{ значит } f_0 = Mg \cdot 24m$$



Перенесем уравнение (1), добавив к нему силу $F_{\text{тр}1}$, направленную влево:

$$OX: 2T - f_{\text{тр}1} - f_{\text{тр}2} = m_2 a \quad (1)$$

$$F_{\text{тр}2} = N_1 \cdot \mu; \quad N_1 = m_1 g = f_{\text{тр}2} = \mu g M$$

$$F_{\text{тр}2} = \mu g (m_1 + m_2)$$

Запишем второй закон Ньютона для первого бруска:

$$m_1 a = T + F_{\text{тр}1}$$

$$a = \frac{T + F_{\text{тр}1}}{m_1} = \frac{T + \mu g M}{m_1} = \frac{T + 3\mu g M}{3m}$$

Подставив в уравнение (1) ускорение m_1

$$2T - Mg(-8m) - 3m\mu g = \frac{5m(T + 3\mu g M)}{3m}$$

$$-13m\mu g = \frac{5T + 15m\mu g M - 6T}{3}$$

$$-13m\mu g = -\frac{T + 15m\mu g M}{3} \quad | \cdot -1$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$13 \text{ мкс} = \frac{T - 15 \text{ мкс}}{3}$$

$$39 \text{ мкс} = T - 15 \text{ мкс}$$

$$T = 54 \text{ мкс} \quad [T = f], \text{ умножим } f = 54 \text{ мкс}$$

$$\text{Ответ: } f_0 = 1 \text{ мкс} \cdot 24; \quad f = 54 \text{ мкс}$$

Дано: $V = 5 \text{ см}^3$ (5)

$$S = 10 \text{ см}^2$$

$$\rho = 12 / \text{см}^3$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$P_1 = ?$$

$$F = ?$$

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

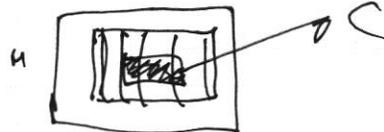
$$100000 \text{ Па} +$$

$$1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot$$

$$3 \text{ м} = 130000 \text{ Па} =$$

$$130 \text{ кПа}$$

Помогите мне эту задачу решить
сверху:



Сила давления ρ действует только на поверхность S , поэтому то же самое

$$\text{наибольшая сила выталкивания}$$

$$F_{\text{выт}} = (P_0 + P_{\text{гид}}) \cdot S$$

$V_2 S H$ (формула объема)

$$H = \frac{V}{S}; \quad P_{\text{гравит}} = \rho \cdot g \cdot V = \frac{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,00005 \text{ м}^3}{0,001 \text{ м}^2}$$

$$F_{\text{гравит}} = \frac{0,5}{0,001} = 5000 \text{ Па}$$

$$F = (100000 \text{ Па} + 5000 \text{ Па}) \cdot 0,001 \text{ м}^2$$

$$F = (105000 \text{ Па}) \cdot 0,001 \text{ м}^2 =$$

$$105 \text{ Па}$$

$$\text{Ответ: } P_1 = 1304 \text{ Па}; \quad F = 105 \text{ Па}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Дано:
 $V_0 = 10 \text{ м/с}$
 $V_k = \frac{V_0}{2}$
 $t = ?$
 $h = ?$



$$h = V_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$h = \frac{V_k^2 - V_0^2}{-2g} = \frac{25 - 100}{-20} = \frac{-75}{-20} = 3,75 \text{ м}$$

~~$h = 10 \cdot 3,75$~~

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_k^2}{2} + mgh$$

~~$h = 10 \cdot 3,75 \text{ с} - \frac{10 \cdot 14,0625}{2} \quad V_0^2 = V_k^2 + 2gh$~~

$$h = \frac{(V_k + V_0)t}{2}$$

$$3,75 = \frac{(10 + 5)t}{2}$$

$$15 + 2 = 7,5$$

$$t = 2 \cdot \frac{7,5}{15} = 1 \text{ с}$$

$$100 - 25 = h$$

$$2gh = 2 \cdot 9,8 \cdot h = 19,6h$$

$$100 - 25 = 19,6h$$

$$75 = 19,6h$$

$$h = \frac{75}{19,6} \approx 3,82 \text{ м}$$

$$h = V_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$2h - 2V_0 t + gt^2 = 0$$

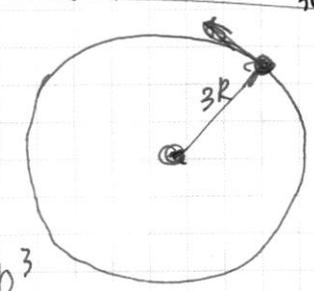
$$D = 4V_0^2 - 4g \cdot 2h = 400 - 40 \cdot 7,5 = 100$$

$$t_{1,2} = \frac{20 \pm 10}{20} = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ с}$$

3. $h = R$
 R - радиус
 ρ - плотн.; $V = \frac{4}{3}\pi R^3$
 $\rho = 3\rho$
 $T = ?$
 $g = ?$

Период будем считать, что
 центр масс не смещается,
 мая в центре
 $m \cdot g = \frac{\gamma M_{ш}}{g R^2}$

$$g = \frac{\gamma M_{ш}}{g R^2} = \frac{\gamma \cdot \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{g R^2}$$



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

Задание: найти частоту колебаний

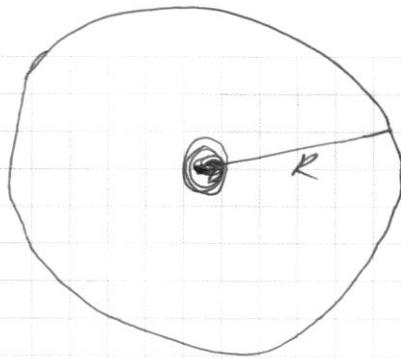
49
200

$$\omega^2 \cdot R = \frac{\gamma M}{4R^2}$$

$$\omega^2 = \frac{\gamma M}{2R \cdot 4R} = \frac{\gamma \rho \cdot 4\pi R^3}{3 \cdot 8 R^3}$$

$$\frac{4\pi \rho}{2 \cdot 4} = \sqrt{\frac{\pi \rho \gamma}{6}}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi \sqrt{6}}{\pi \rho \gamma}$$



2. Дано:

$P -$
 $K = kx$
 $S = \frac{1}{3} \rho g$

$\Delta h - ?$

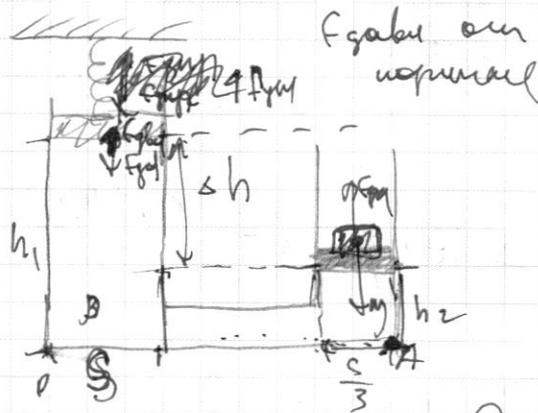
$m - ?$

$x = 0$

$F_{упр} = kx$
 $F_{грав} = \rho g h_1 S$
 $F_{грав} = \rho g h_2 S$

$$h_1 = \Delta h + h_2$$

$$F_A = \frac{\rho g h_2 S}{3}$$



$F_{грав} = F_{упр}$
 $m = \frac{\rho g h_2 S}{3 \cdot g}$
 $\rho g h_1 S = kx$

$$h_1 = \frac{kx}{\rho g S}$$

Задание: найти частоту колебаний

$$F_0 = \frac{\rho g h_1 S}{3} = \frac{\rho g h_2 S}{3} \quad h_1 = \frac{h_2}{3}$$

$$\rho g h_1 S = \rho g h_2 S \quad h_2 = \frac{h_1}{3}$$

$$m = \frac{\rho g k x S}{\rho g S \cdot 3 \cdot g} = \frac{\rho k x}{3 \rho g}$$

$F_{упр} = kx$
 $kx = \rho g h_1 S$
 $h_1 = \frac{kx}{\rho g S}$

$h_1 = \frac{h_2}{3}$ манометр

$$h_1 = \Delta h + h_2 \quad h_2 = \frac{h_1}{3}$$

$$\Delta h = h_1 - h_2 \quad \Delta h = h_1 - \frac{h_1}{3} = \frac{2h_1}{3}$$

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

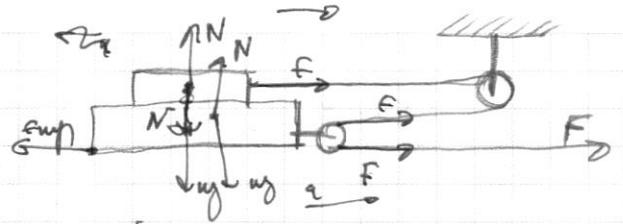
$$\frac{3 \cdot kx}{\rho g S} - \frac{kx}{\rho g S} = \frac{2kx}{\rho g S}$$

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № _____
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $m_1 = 3m$
 $m_2 = 2.5m$
 μ
 F_0



$T = T$
~~Самые высокие значения в системе~~

$$5ma = 2f - f_{\text{тр}}$$

$$f_{\text{тр}} = \mu N$$

$$N_1 = 2.5mg$$

$$N_2 = N_1 - mg$$

$$N_2 = 2mg$$

$$3ma = 2f - f_{\text{тр}}$$

$$\frac{5\mu f}{3\mu} = 2f - \mu \cdot 2mg$$

$$a = \frac{f}{3m}$$

$$\frac{5f}{3} - 2f = -\mu \cdot 2mg$$

$$\frac{5 \cdot \frac{f}{3} - f}{3\mu} - 2f = -\mu \cdot 2mg$$

$$\frac{5f - 6f}{3} = -\mu \cdot 2mg$$

$$\frac{-5f - 6f}{3} = -\mu \cdot 2mg$$

$$F = 6\mu mg$$

$$\frac{-11f}{3} = -\mu \cdot 2mg$$

$$11f = 6\mu mg$$

$$f = \frac{6\mu mg}{11}$$

$$F_{up} \geq M \mu g$$

$$3ma \approx F + f_{up}$$

$$F_{up} \approx 3\mu g \cdot M$$

$$a \approx \frac{F + f_{up}}{3m}$$

$$5ma \approx 2F - f_{up}$$

$$\frac{5m \cdot (F + f_{up})}{3m} - 2F \approx -f_{up}$$

$$\frac{5F}{3} + \frac{5\cancel{3}\mu g M}{3} - 2F \approx -2\mu g M$$

$$\frac{5F - 6F}{3} + 5\mu g M \approx -2\mu g M$$

$$-\frac{F}{3} \approx -7\mu g M \quad | \cdot (-1)$$

$$\frac{F}{3} \approx 7\mu g M$$

$$F \approx 21\mu g M$$

$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 3 \\ \hline 39 \\ + 11 \\ \hline 54 \end{array}$$

Аз 21μgM

$$ma \approx \mu g + f_{up}$$

$$ma_1 \approx \begin{cases} 2T - f_{up} \approx \frac{5\mu T}{3m} \\ a_1 \approx \frac{T}{m_1} \end{cases}$$

$$-\frac{T}{3} \approx f_{up}$$

$$-f_{up} \approx \frac{5T}{3} - 2T$$

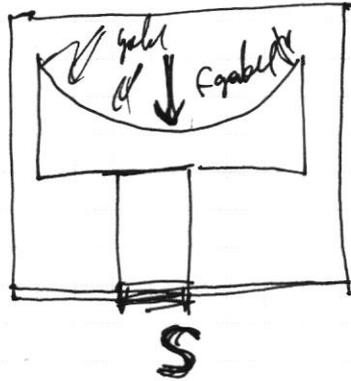
$$\frac{T}{3} \approx f_{up}$$

$$\frac{5T - 6T}{3} \approx \frac{T}{3}$$

$$T \approx 3f_{up}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

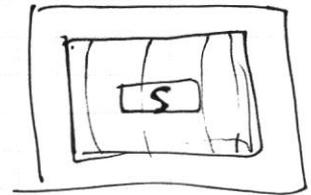
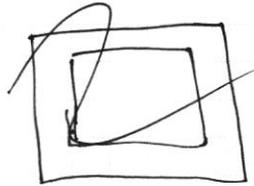
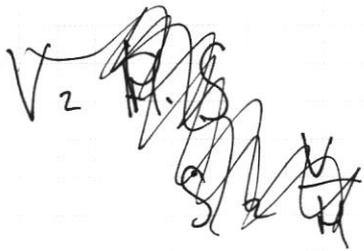
$H = 3 \text{ м}$
 $V_2 = 5 \text{ м}^3$
 $S = 10 \text{ см}^2$
 $\rho = 1.2 / \text{м}^3$
 $P = 100 \text{ кПа}$
 $g = 10$



$P_1 = ?$
 $E = ?$

$P_1 = P_0 + \rho g H$ (давление в центре газа)

Давление, которое действует на эту часть

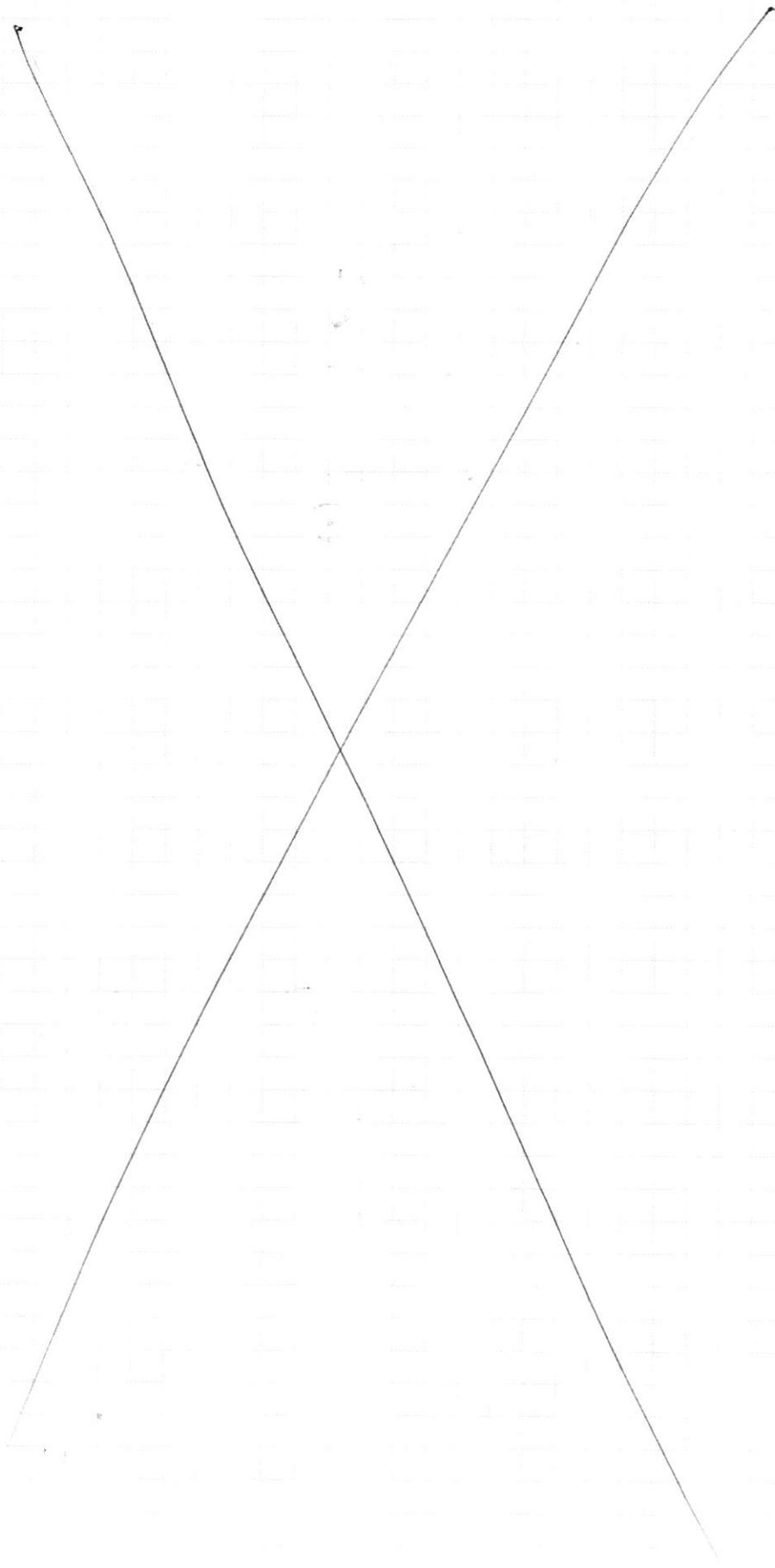


$F = \frac{P}{S} (P_0 + P_{\text{газ}}) S$

V_2
 100000
 30000



$V_2 \cdot S \cdot H$
 $M = \frac{5000}{100} = 250$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)