

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

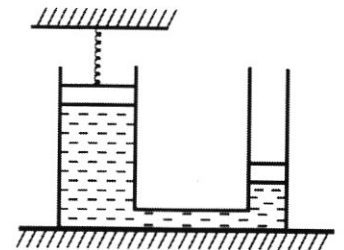
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарем)

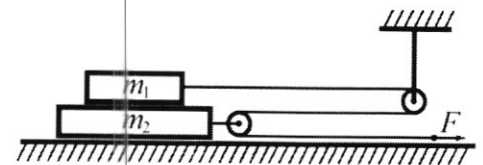
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



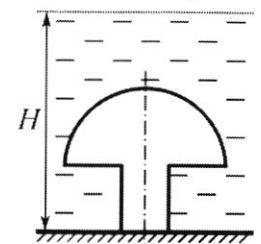
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

N1

Дано:

$$v_0 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v = v_0/3$$

$t = ?$

$h = ?$

Решение:



$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{mv^2}{2} = mgh + \frac{m}{2} \cdot \frac{v_0^2}{9}$$

$$\frac{4}{9} mv_0^2 = mgh$$

$$h = \frac{4v_0^2}{9g} = \frac{4 \cdot 144 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{9 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{288}{45} = 6,4 \text{ м}$$

$$1) h = \frac{(v_0 + \frac{v_0}{3})t_1}{2}$$

$$3h = \frac{4v_0 t_1}{3}; 3h = 2v_0 t_1; t_1 = \frac{3}{2} \frac{h}{v_0} = \frac{3}{2} \cdot \frac{6,4 \text{ м}}{12 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 0,8 \text{ с}$$

$$2) h = \frac{(v_0 - \frac{v_0}{3})t_2}{2}; 2h = \frac{2v_0 t_2}{3}; t_2 = 3 \frac{h}{v_0} = 1,6 \text{ с}$$

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

N2

Дано:

$$\rho, k, h, S, g$$

$x = ?$

$m = ?$

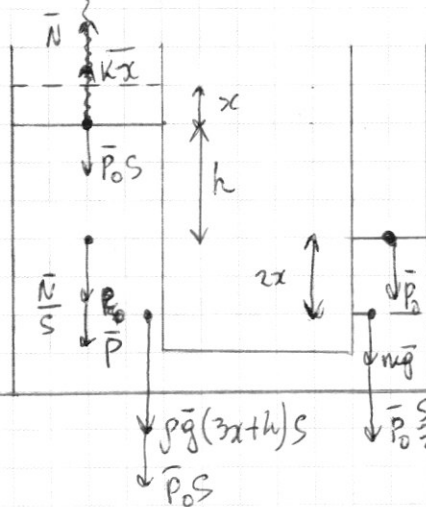
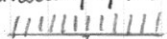
Если не

учитывать P_0 , то

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

Решение:

P_0 - атмосферное давление



$$N = P_0 S - kx; P = \rho g h$$

$$P_0 = \frac{N}{S} + P = P_0 - \frac{kx}{S} + \rho g h$$

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

$$x = \frac{\rho g S h}{k}; \text{пружина растянута}$$

$$Sx = \frac{S}{2} h_1; h_1 = 2x$$

$$mg + P_0 \frac{S}{2} = \rho g (3x+h) S + P_0 S$$

$$mg = \rho g (3x+h) S + P_0 \frac{S}{2} =$$

$$= 3\rho g \cdot \frac{\rho g S^2 h}{k} + \rho g S h + \frac{P_0 S}{2}$$

$$m = 3\rho \cdot \frac{\rho g S^2 h}{k} + \rho S h + \frac{P_0 S}{2g} = \rho S h \left(1 + \frac{3\rho g S}{k} \right) + \frac{P_0 S}{2g}$$

Если не учитывать атмосферное давление

$$\text{Ответ: } x = \frac{\rho g S h}{k}; m = \rho S h \left(1 + \frac{3\rho g S}{k} \right) + \frac{P_0 S}{2g}$$

№3

Дано:

Решение:

$h=0,5R$

$$G \frac{mM}{4R^2} = mg; g = \frac{GM}{4R^2}; M = \rho V = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$$

ρ, G

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

$g=?$

$T=?$

$$\frac{24GMm}{3\rho R^2} = m \frac{2v^2}{R}; vT = 2v^2 \cdot \frac{3}{2R} = 3\pi R; v = \frac{3\pi R}{T}$$

$$\frac{2GM}{3R^2} = v^2 = \frac{9\pi^2 R^2}{T^2}; 2GMT^2 = 27\pi^2 R^3 = 2GT^2 \cdot \frac{4}{3} \rho \pi R^3$$

$$81\pi^2 R^3 = 8GT^2 \rho \pi R^3$$

$$T^2 = \frac{81\pi}{8G\rho}; T = \frac{9}{2} \sqrt{\frac{\pi}{2G\rho}}$$

Ответ: $g = \frac{1}{3} G\rho\pi R; T = \frac{9}{2} \sqrt{\frac{\pi}{2G\rho}}$

№4

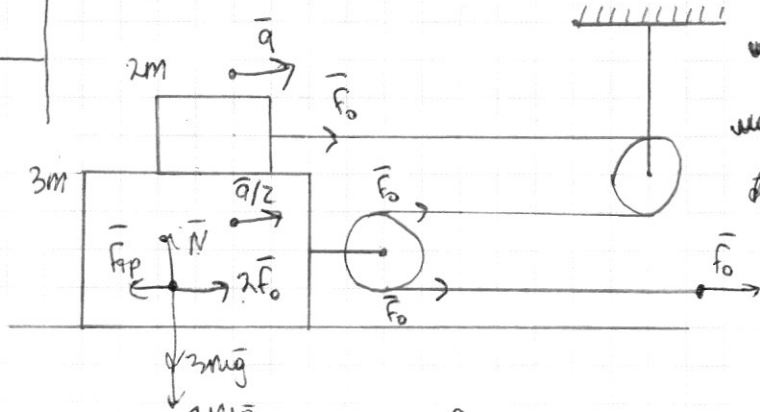
Дано:

Решение:

m, μ

$F_0=?$

$F=?$



Один конец веревки был закреплён
в неподвижной точке, а другой
конец привязан к движущему
бруску и перекинутым через
одно колесо.

Найти

$$2F_0 + 2mg + 2\mu F_0 = 2ma$$

$$F_0 + 3mg + \mu F_0 = 3m \cdot \frac{a}{2}$$

[Handwritten notes and scribbles, mostly illegible]

№4 продолжение

$$1) F_0 = 2m \cdot \frac{3}{2}a = 3ma$$

$$2F_0 - 5 \mu mg = 3m \cdot \frac{a}{2} = \frac{F_0}{2}$$

$$\frac{3F_0}{2} = 5 \mu mg; F_0 = \frac{10}{3} \mu mg$$

$$2) 2F - 7 \mu mg = 3m \frac{a_1}{2}$$

$$2m \cdot \frac{a_1}{2} - F - 2 \mu mg = 0$$

$$ma_1 - F - 2 \mu mg = 0$$

$$F = ma_1 - 2 \mu mg$$

$$2ma_1 - 4 \mu mg - 7 \mu mg = 3m \frac{a_1}{2}$$

$$4ma_1 - 8 \mu mg - 14 \mu mg = 3ma_1$$

$$ma_1 = 22 \mu mg$$

$$F = 22 \mu mg - 2 \mu mg = 20 \mu mg$$

Ответ: $F_0 = \frac{10}{3} \mu mg$; $F = 20 \mu mg$.



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 № 3
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Дано:

$$H = 2,5 \text{ м}$$

$$V = 8 \text{ см}^3$$

$$S = 20 \text{ см}^2$$

$$\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

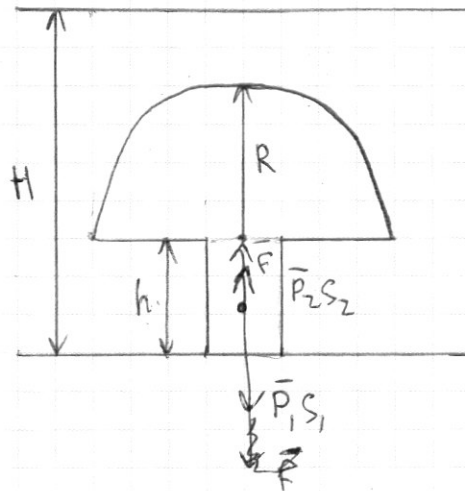
$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$P_1 = ?$

$F = ?$

Решение:



$$P_1 = P_0 + \rho g H = 10^5 + 10 \cdot 10 \cdot 2,5 = 10^5 + 25000 = 125 \text{ кПа}$$

$$V = Sh + \frac{2}{3} \pi R^3; \quad \frac{3}{2}(V - Sh) = \pi R^3 \Rightarrow \frac{R^3}{R} = \pi R^2$$

$$P_2 S_2 = P_1 S_1 + F; \quad R = \sqrt{\frac{3(V - Sh)}{2\pi}}$$

$$S_1 = 4\pi R^2; \quad S_2 = \pi R^2 - S$$

$$P_2 = \rho g (H - h)$$

$$P_1 = \frac{P_0 + \rho g (H - h) + P_0 + \rho g (H - h - R)}{2} =$$

$$= \frac{2P_0 + \rho g (H - h + H - h - R)}{2} = \frac{2P_0 + \rho g (2H - 2h - R)}{2}$$

$$\rho g (H - h) (\pi R^2 - S) = \frac{2P_0 + \rho g (2H - 2h - R)}{2} \cdot \pi R^2 - F$$

$$F = -\rho g (H - h) (\pi R^2 - S) + (2P_0 + \rho g (2H - 2h - R)) \pi R^2 = -\rho g (H - h) \pi R^2 + \rho g (H - h) S + 2P_0 \pi R^2 + 4\rho g (H - h) \pi R^2 - 2\rho g \pi R^3$$

$$P_1 = \frac{F}{S} + \rho g (H - h - R); \quad \frac{F}{S} = \rho g (h + R) + \frac{2P_0 S}{S} = \rho g (h + R) + P_0$$

$$F = -\rho g (H - h) \cdot \frac{3(V - Sh)}{2R} + \rho g (H - h) S + 4P_0 \cdot \frac{3(V - Sh)}{2R} + 4\rho g (H - h) \cdot \frac{3(V - Sh)}{2R} - 2\rho g \cdot \frac{3(V - Sh)}{2R}$$

$$F = -\rho g (H - h) \frac{3(V - Sh)}{2R} + \rho g (H - h) S + 2P_0 \frac{3(V - Sh)}{R} + 4\rho g (H - h) \cdot \frac{3(V - Sh)}{2R} - 3\rho g (V - Sh) =$$

$$= \frac{9\rho g (H - h) (V - Sh)}{2R} + 6P_0 \frac{V - Sh}{R} + \rho g S H - \rho g S h - 3\rho g V + 3\rho g S h =$$

$$= \frac{9\rho g (H - h) (V - Sh)}{2R} + \frac{6P_0}{\rho g} \frac{V - Sh}{R} + \rho g S H - 3\rho g V + 2\rho g S h = \rho g S (h + R) + \frac{P_0 S}{\rho g}$$

$$\frac{9(H - h)(V - Sh)}{2R} + \frac{6P_0(V - Sh)}{\rho g R} + S H - 3V + 2Sh = Sh + SR + \frac{P_0 S}{\rho g}$$

$$9(H - h)(V - Sh) \rho g + 12P_0(V - Sh) + 2\rho g S H R - 6V \rho g R + 2\rho g S h R = 2\rho g S R^2 + P_0 S R$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

3

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{3}{2}(V-sh)$
 $g(MV-shh - hV+sh^2) \rho g + 12P_0R - 12P_0Sh$
 $F = (\dots)$
 $\rho g(M-h-R) = \dots$
 $P_1 S_1 = \frac{P_0 + \rho(M-h-R) + P_0 + \rho g(M-h)}{2}$
 $P_2 S_2 + F = P_1 S_1$
 $P_2 S_2 = \rho g(M-h)(\pi R^2 - S)$

$\frac{R}{h} = d$
 $R = dh$
 $\frac{h}{R} = d$
 $h = dR$
 $h+R = R(1+d)$

$V = SdR + \frac{2}{3}\pi R^3$
 $\frac{2}{3}\pi R^3 = V-sh$
 $\pi R^3 = \frac{3(V-sh)}{2}$
 $dh = R^3 \sqrt{\frac{3(V-sh)}{2}}$
 $V = Sh + \frac{2}{3}\pi R^3$

$= \frac{2P_0 + P_1 S - F + \rho g(M-h) S}{\pi R^2} \cdot \pi R^2$
 $\rho g(M-h)(\pi R^2 - S) + F = 2\pi R^2(2P_0 + P_1 - \frac{F}{S} + \rho g(M-h))$
 $\rho g(M-h)(\pi R^2 - S) + F = 4\pi R^2 P_0 + 2\pi R^2 P_1 - 2\frac{\pi R^2}{S} F + \pi R^2 \rho g(M-h)$
 $F(1 + 2\frac{\pi R^2}{S}) = 4\pi R^2 P_0 + 2\pi R^2 P_1 + \rho g(M-h)S$
 $F(1 + 2\frac{\pi R^2}{S}) = 2\pi R^2(2P_0 + P_1) + \rho g(M-h)S + \pi R^2 \rho g(M-h)$
 $F(1 + 2\frac{\pi R^2}{S}) = 2\pi R^2(2P_0 + P_1) + \rho g(M-h)S(1 + \frac{\pi R^2}{S})$

$2\rho gSR(M-h) - 2\rho gSRF$
 $(V-sh)(\rho g(M-h) + 12P_0) - 6V\rho gR$
 $F = P_1 S - \rho g(M-h-R)S =$

$V = Sh + \frac{2}{3}\pi R^3 = Sh + \frac{2}{3}dSR$
 $\frac{V}{S} = h + \frac{2}{3}R$
 $\frac{\pi R^2}{S} = d$
 $\pi R^2 = dS$
 $F = \rho gS(h+R) + P_0 S$
 $F(1+2d) = 2dS(2P_0 + P_1) + \rho g(M-h)S(1+d)$
 $(\rho g\frac{R}{3} + \rho g\frac{V}{S} + P_0)S(1+2d)$
 $h = \frac{V}{S} - \frac{2}{3}R$
 $M-h = M - \frac{V}{S} + \frac{2}{3}R$

$= P_0 S + \rho g h S - \rho g h S + \rho g h S + \rho g R S$
 $h+R - \frac{R}{3} = x - \frac{R}{3} = \frac{V}{S}; x = \frac{R+V}{3S}$
 $F = \rho g S x + P_0 S = \rho g S (\frac{R+V}{3S}) + P_0 S$
 $= \rho g \frac{SR}{3} + \rho g V + P_0 S$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

Дано:

$$H = 2,5 \text{ м}$$

$$V = 8 \text{ м}^3$$

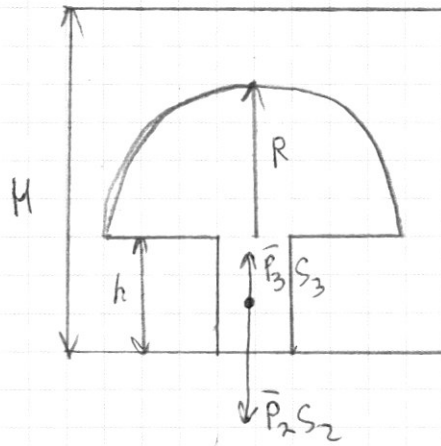
$$S = 20 \text{ см}^2$$

$$\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Решение:



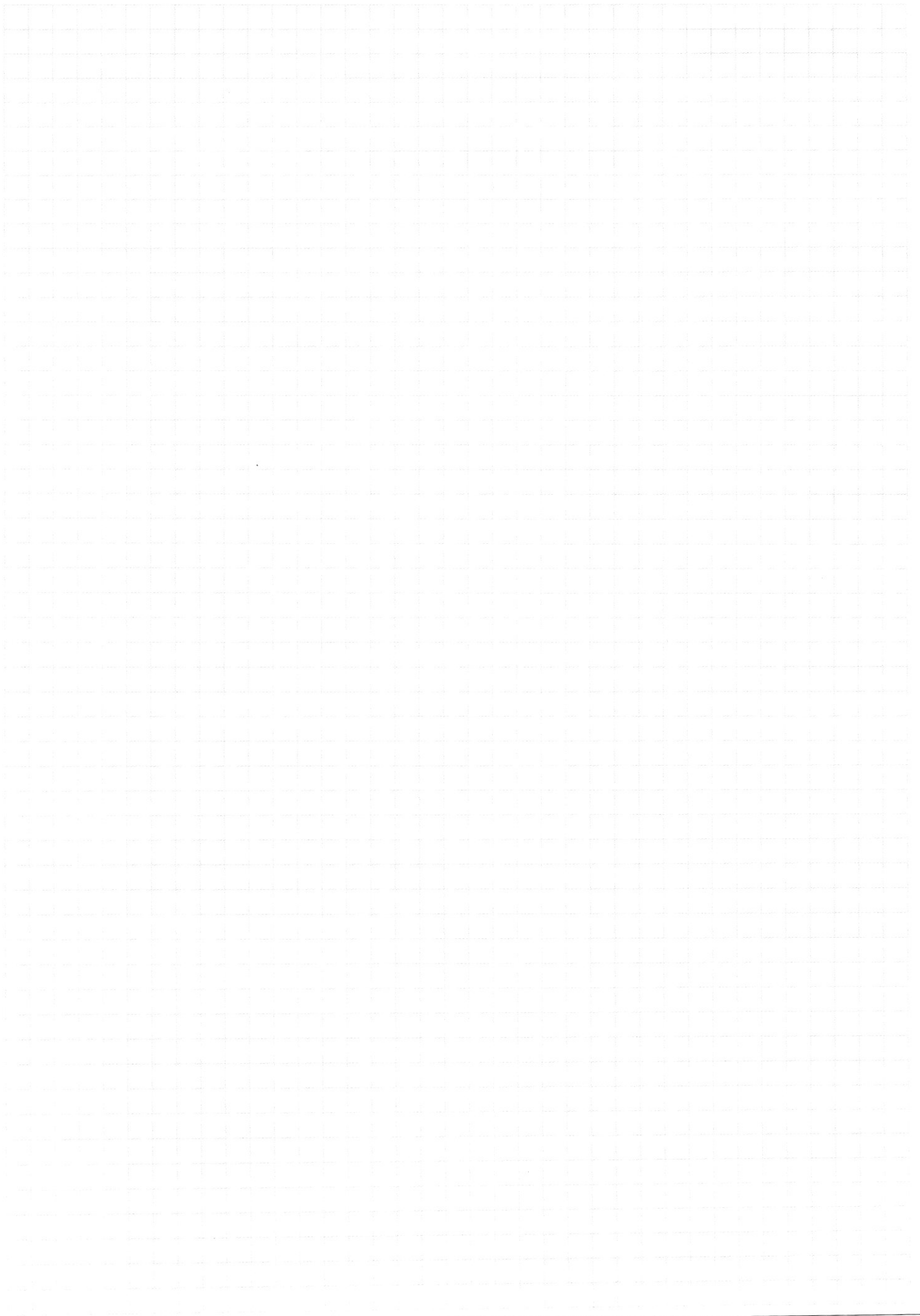
$$P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \text{ кПа} + 10^4 \cdot 2,5 \cdot 10^3 =$$

$$= 100 \text{ кПа} + 25 \text{ кПа} = 125 \text{ кПа}$$

$$V = Sh + \frac{2}{3} \pi R^3$$

$P_1 = ?$

$F = ?$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)