

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

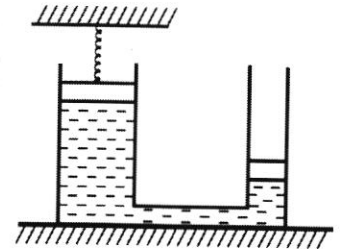
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

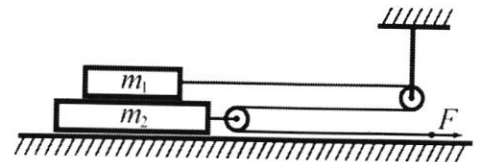
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
 - 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



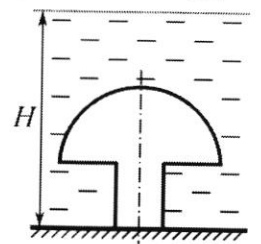
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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



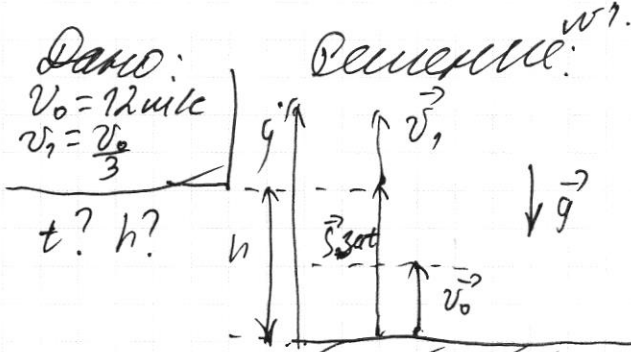
- 1) Найдите величину F_0 горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.
- 2) Найдите величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок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



$$\vec{v}_1 = \vec{v}_0 + \vec{g}t \quad 2\vec{g}\vec{s} = \vec{v}_1^2 - \vec{v}_0^2$$

$$y: \frac{v_0}{3} = v_0 - gt$$

$$2gh = v_0^2 - v_1^2$$

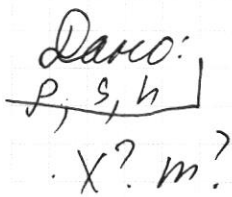
$$t = \frac{2v_0 - v_1}{g} =$$

$$h = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2g} = \frac{(12-4)(12+4)}{2 \cdot 10} = 6,4 \text{ м}$$

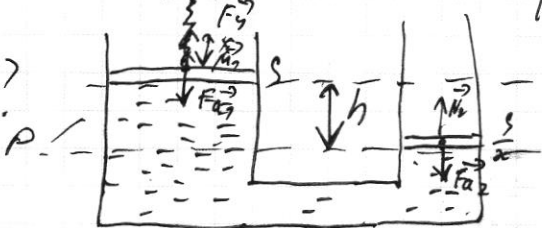
$$= \frac{2 \cdot 12 \text{ м/с}}{3 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,8 \text{ с}$$

Ответ: 0,8 с; 6,4 м

УЗ.



Решение:

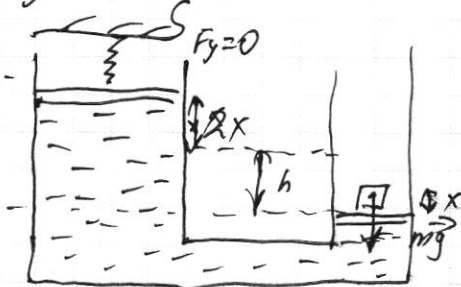


$P = \frac{F}{S}$ В двух сосудах атмосфера давит поршнями силой атмосферное давление P_A Пружина растянута

$$Pgh - F_y + P_A = P_A$$

$$Pgh = \frac{KX}{S} \Rightarrow X = \frac{SPgh}{K}$$

Кем деформация



III-к. пружина не перемещивалась, то вода в правом сосуде опускается на X, а в левом поднимается на X разность высот $h+2X$

$$Pg(h+2X) + P_A = P_A + \frac{2mg}{S}$$

$$2mg = SP(h+2X) \Rightarrow m = SP \left(\frac{h}{2} + \frac{SPgh}{K} \right) =$$

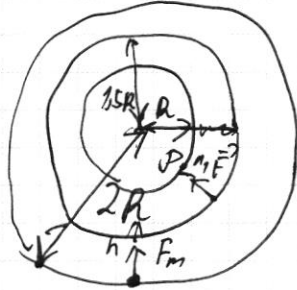
$$m = \rho S \left(\frac{hk + 2Spgh}{2k} \right) = \frac{\rho S (hk + 2Spgh)}{2k}$$

Ответ: $N = \frac{Spgh}{k}$; $M = \frac{\rho S (hk + 2Spgh)}{2k}$

УЗ.

Дано:
R, ρ, G
h = 0,5R
g? T?

Решение:



$$m\vec{a} = \vec{F}_m$$

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

$$= \frac{\rho \pi R G}{3}$$

$$T = 2\pi R$$

$$T = \frac{2\pi \cdot 1,5R}{V}$$

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

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

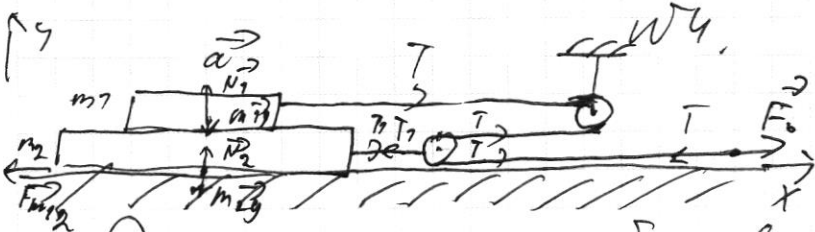
$$m\vec{a} = \vec{F}$$

$$m_1: a = \frac{MG}{2 \cdot 1,5^2 R^2} = \frac{V^2}{1,5R}$$

$$V = 2R \sqrt{\frac{\rho \pi G}{4,5}}$$

$$= \frac{4,5 \sqrt{0,5 \rho \pi G}}{\rho G}$$

Ответ: $g = \frac{\rho \pi R G}{3}$; $T = \frac{4,5 \sqrt{0,5 \rho \pi G}}{\rho G}$



Дано:
 $m_1 = 2m$ $m_2 = 3m$, μ
 F_0 ? F ?

Для того, чтобы ~~верх~~ сила трения действующая на верхний брусок была равна 0, ускорения верхнего и нижнего бруска должны быть одинаковыми $a_1 = a_2 = a$

Хитростью $T = F_0$ $\mu = 0$ $\Rightarrow T_1 = 2T$

$$2ma = 2m\vec{a} = N_1 + T_{\text{верх}} \Rightarrow 2ma = T = F_0 \quad a = \frac{F_0}{2m}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

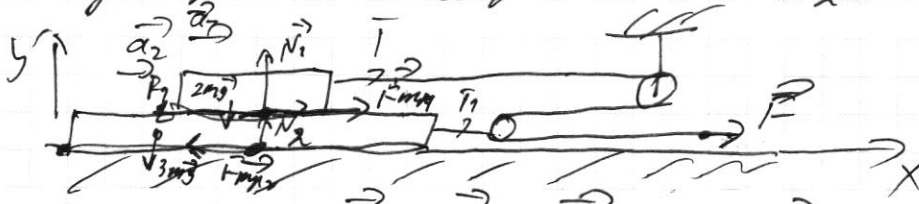
$$3m\vec{a} = \vec{N}_2 + \vec{T}_1 + \vec{F}_{\text{тр}_2} + 3m\vec{g} + 2m\vec{g} \Rightarrow \frac{1}{2} F_0 = m \frac{1}{3} mg$$

$$x: 3ma = 2T - \mu N_2 \quad F_0 = 10 m g$$

$$y: N_2 = 5mg$$

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

Для того, чтобы верхнее тело двигалось влево относительно нижнего, а нижнее скользило по стелу, ускорение ~~вмест~~ нижнего тела должно быть больше ускорения верхнего $a_2 > a_1$



$$2m\vec{a}_1 = \vec{T} + \vec{N}_1 + \vec{F}_{\text{тр}_1} + 2m\vec{g} \quad F_{\text{тр}_1} = \mu \cdot N_1 = 2\mu mg$$

$$x: 2ma_1 = F + \mu N_1 \quad 2ma_1 = F + \mu N_1 = F + 2\mu mg$$

$$y: N_1 = 2mg$$

$$a_1 = \frac{F + 2\mu mg}{2m}$$

$$3m\vec{a}_2 = \vec{T}_1 + \vec{N}_2 + 3m\vec{g} + 2m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}_2} + \vec{F} \quad F_1 = F_{\text{тр}_1} = 2\mu mg$$

$$x: 3ma_2 = 2F - \mu N_2 \Rightarrow a_2 = \frac{2F - \mu 5mg}{3m}$$

$$y: N_2 = 5mg$$

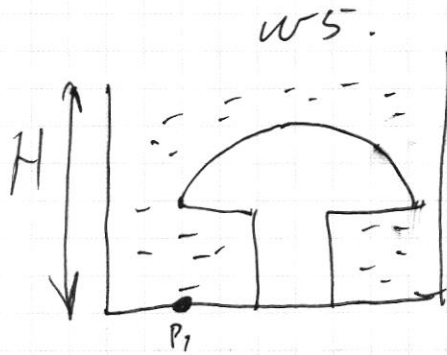
$$a_2 > a_1, \quad \frac{2F - \mu 5mg}{3m} > \frac{F + 2\mu mg}{2m}$$

$$F_0 > 20\mu mg$$

Если $F_0 \neq 20\mu mg + 0,00 \dots 1$, то условие выполняется, но $20\mu mg + 0,00 \dots 1 \approx 20\mu mg \Rightarrow F \approx 20\mu mg$

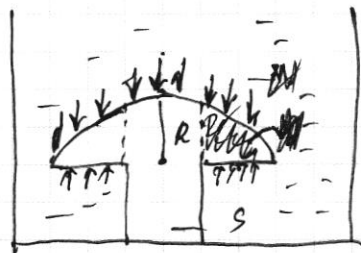
Ответ: $F_0 \geq 10\mu mg$; ~~$F = 20\mu mg$~~ $F \approx 20\mu mg$

Дано:
 $H = 2,5 \text{ м}$
 $V = 8 \text{ м}^3$
 $S = 20 \text{ м}^2$
 $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$
 $P_0 = 100 \text{ кПа}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $P_1?$ $F?$



$$P_1 = \rho g H + P_0 = \frac{1000 \cdot 10 \cdot 2,5 + 100 \text{ кПа}}{1000} = 125 \text{ кПа}$$

$$\approx 125000 \text{ Па}$$



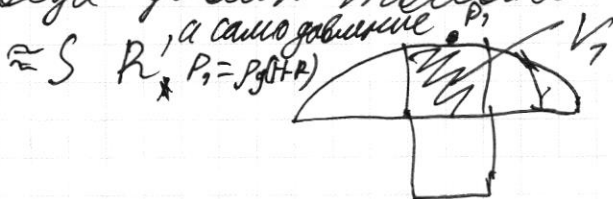
Сила архимеда действует на части конструкции под, которые погружены в воду

$$P = \frac{F}{S}$$

$$\frac{4}{3} \pi R^3 = V$$

$$R = 10^3 \sqrt[3]{\frac{12}{\pi}} \text{ см} \approx 15 \text{ см}$$

Пусть объем части сферической поверхности, на которую вода давит только сверху, равен $V_1 \approx$



Пусть давление на вершине на

$$F_A = \rho g (V - V_1) - \frac{P_1 S}{\rho} = \rho g (V - V_1 - \frac{S(H-R)}{\rho}) =$$

$$\approx 1000 \cdot 50 \text{ Н}$$

Сила направлена вверх

Ответ: 125 кПа ; 50 Н (вверх)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$v_0 = 12 \text{ м/с}$



н1.

$$t = \frac{v_0 - \frac{v_0}{3}}{g} = \frac{12 - 4}{10} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ с} = \frac{4}{5}$$

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = \frac{12 \cdot 4}{5} - \frac{10 \cdot 4 \cdot 4}{2 \cdot 5 \cdot 5} = \frac{12 \cdot 4}{5} - \frac{4 \cdot 4}{5} = \frac{44}{5} - \frac{16}{5} = \frac{28}{5} = 5,6 \text{ м}$$

$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$
y: $v_y = v_0 - gt$

н2.

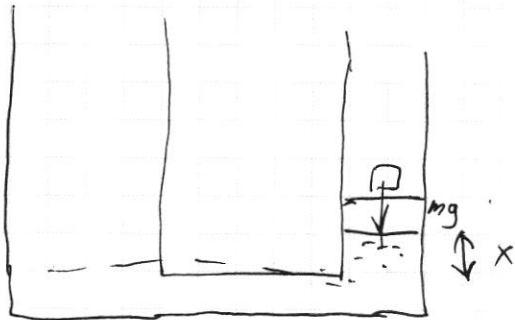
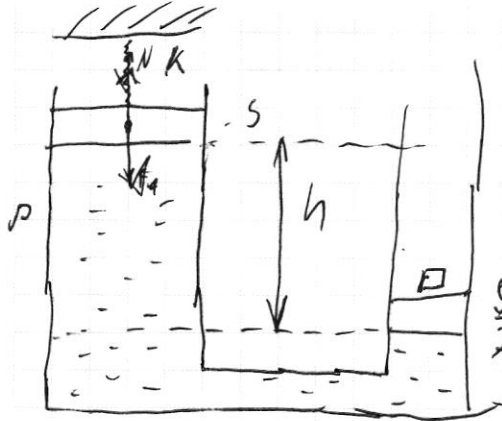
$$P = \frac{F}{S}$$

$$Pgh + \frac{F_A}{S} - \frac{kx}{S} = \frac{2F_A}{S}$$

$$Pgh + P_A - \frac{kx}{S} = P_A$$

$$Pgh = \frac{kx}{S}$$

$$x = \frac{SPgh}{k}$$



$$P_g(h + 2x) + P_A = P_A + \frac{mg}{S}$$

$$P_g(h + \frac{SPgh}{k}) = \frac{mg}{S}$$

$$m = \frac{SP(hk + SPgh)}{g}$$

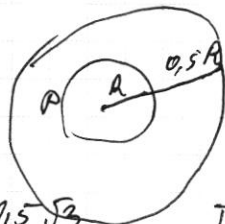
н5

н3.

$$\bar{v} = \frac{1,5 \sqrt{3} \pi R \sqrt{P \pi G B}}{P \pi G}$$

$$= \frac{1,5 \sqrt{3} \pi R \sqrt{P \pi G}}{P G}$$

$$T = \frac{2 \pi R \sqrt{P \pi G}}{v}$$



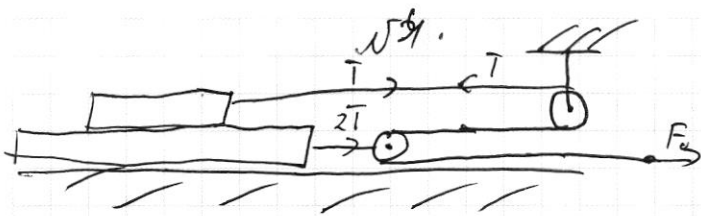
$$T = \frac{2 \pi R}{v}$$

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$M = PV = P \frac{4}{3} \pi R^3$$

$$m a = \frac{M G}{4 R^2} = g = \frac{P \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot G}{4 R^2} = \frac{P \pi G R}{3}$$

$$\frac{v^2}{R} = \frac{P \cdot \frac{4}{3} \pi R^2 \cdot G}{2,25 R^2} = \frac{4 R^2}{15 \sqrt{3}} \sqrt{P \pi G}$$



$$T = F_0 \rightarrow x$$

$$a_1 = a_2 = a$$

$$2ma = m_1 a = T = F_0$$

$$3ma = m_2 a = 2T + F_{fr} + N$$

$$y: N = 5mg \quad x: 3ma = 2F_0 - \mu N \quad 3ma = 2F_0 - 1.5mg$$

$$\frac{5}{2} F_0 = 2F_0 - 1.5mg \quad \frac{1}{2} F_0 = 1.5mg \quad F_0 = 10\mu mg$$

$$0 = 2F - 1.5mg \quad 2F = 1.5mg$$

~~max F~~

$$F = 2.15mg$$



$$F = F_{an} = 2mg\mu$$

$$a_2 > a_1$$

$$3ma_2 = 2F_0 - 5mg$$

$$a_2 > 0$$

$$2F_0 > 5mg$$

$$F_0 > 2.5mg$$

$$2F_0 - 5\mu mg, \quad \frac{F_0 - 2\mu mg}{2} ma_1 = F_0 - 2\mu mg$$

$$F_0 > 4\mu mg$$

$$4F_0 - 10\mu mg > 3F_0 - 6\mu mg$$

$$2ma_1 = F_0 + 2\mu mg$$

$$3ma_2 = 2F_0 - 5mg - 2\mu mg$$

$$4F_0 - 14\mu mg > 3F_0 + 6\mu mg$$

$$a_2 = \frac{2F_0 - 5mg - 2\mu mg}{3m}$$

$$F_0 > 20\mu mg$$

$$2F_0 = 5\mu mg$$

$$2a_1 m = F_0$$

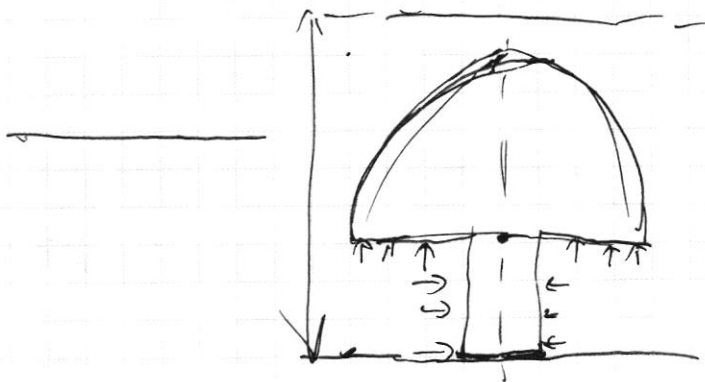
$$2a_2 m = F_0 +$$

$$a_1 m = \frac{20\mu mg + 2\mu mg}{2} = 11\mu mg$$

$$3a_2 m = 40\mu mg - 5mg - 2\mu mg$$

$$a_2 m = 11\mu mg$$

NS.



$$P_{gr} + P_0 = 1000 \cdot 10 \cdot 2.5 + 100000$$

$$25000 + 100000 =$$

$$= 125000 \text{ kPa}$$

$$\frac{2}{3} \pi R^3 = 81 \cdot 3$$

$$R^3 = \frac{4 \cdot 3}{\pi} \quad R = \sqrt[3]{\frac{12}{\pi}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\pi r^2 = 2000$$

$$r = \sqrt{\frac{2000}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{500}{\pi}}$$

$$R = 3\sqrt{\frac{72}{\pi}} \quad l = \sqrt{\frac{72}{\pi}} - 2\sqrt{\frac{3}{\pi}}$$

$$3\sqrt{\frac{72}{\pi}} > 2\sqrt{\frac{3}{\pi}}$$

$$\dots \frac{72}{\pi} \Rightarrow \frac{9}{\pi} \cdot 8 \cdot 2\sqrt{\frac{3}{\pi}}$$

2

$$\frac{300}{314}$$

300/0,09

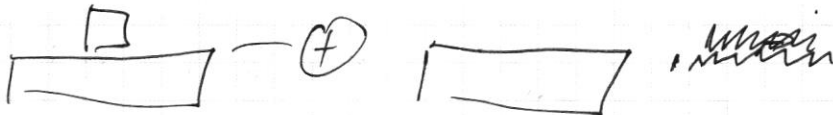
$$\sqrt{91}$$

$$2\sqrt{1}$$

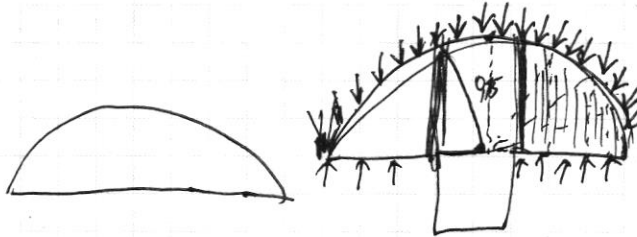
$$\sqrt{9,09}$$

$$\frac{2,3}{10} = 0,23$$

1 > 0,5



Для того, чтобы вершина



$$P g h$$

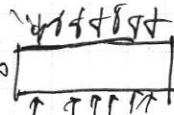
$$h = R \sin \alpha$$

$$\pi R^2 = 2000$$

$$R = 2\sqrt{\frac{500}{\pi}}$$

$$2 \frac{2,1}{1,17}$$

$$\frac{42}{1,17} = 2 \text{ см}$$



$$P = P g R \sin \alpha$$

$$P = P g R \sin \alpha$$

$$P = P g l$$

$$P = P g (H - h) = P g (H - R \sin \alpha)$$

$$P g h - P g h \sin \alpha = P g h S = P g V_{\text{min}}$$

$$2 \text{ см} + 15 \text{ см}$$

$$F = P g \sum H S$$

$$225 - 4 = 221$$

$$\sqrt{220} = 2\sqrt{55}$$

24

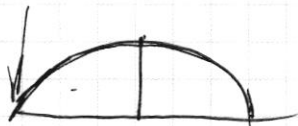
$$\pi r^2 = 2000 \text{ см}^2$$

$$r = 2\sqrt{\frac{500}{\pi}}$$

$$\frac{4}{3} \pi R^3 = 2000 \text{ см}^3$$

$$\pi r^2 = \frac{2000}{3}$$

$$r = 1000 \sqrt{\frac{2}{11}}$$



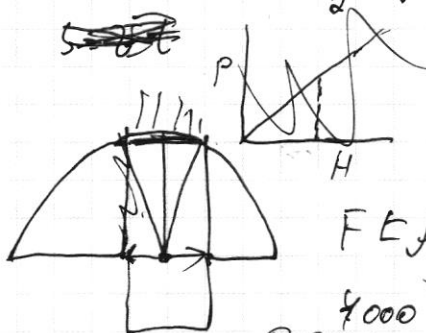
$$\frac{\pi R}{2} \cdot 2\pi R = \pi R^2$$

$$P_g H - P_g \Delta$$

$$\pi R - \pi R^2 =$$

$$S = \frac{\pi R}{2} \cdot \pi \left(\frac{\pi R}{2}\right)^2 = \frac{\pi^3 R^2}{4}$$

$$F = PS = P_g S \quad P = P_g / (H - R \sin \alpha)$$



$$F = P_g V$$

$$8000 \text{ cm}^3 = \frac{\pi R^3}{3} \quad R = 10 \sqrt[3]{\frac{24}{\pi}} \text{ cm}$$

$$\pi R^2 = 20 \quad 2r = \sqrt[4]{\frac{20}{\pi}}$$

$$4 \sqrt[4]{\frac{20}{\pi}} \cdot 10 \sqrt[3]{\frac{12}{\pi}}$$

$$20 \text{ cm}^2 \cdot 10 \sqrt[3]{\frac{12}{\pi}} = 200 \sqrt[3]{\frac{12}{\pi}} \text{ cm}^3$$

$$8000 - 200 \sqrt[3]{\frac{12}{\pi}}$$

$$10000$$

$$\sqrt[3]{4} \sqrt[6]{27^2} =$$

$$= 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3$$

$$2 \left(10 - \sqrt[3]{\frac{12}{\pi}} \right) \sqrt[3]{\frac{69}{27}}$$

$$10$$

$$\sqrt[3]{\frac{69}{27}}$$

$$= \frac{\sqrt[3]{69}}{3}$$



$$P_g / 25$$

$$2,3$$

$$16 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm} =$$

$$= 320 \text{ cm}^3$$

$$800 - 320 \text{ cm}^3$$

$$7000 - 10000 \text{ cm}^3$$

$$1000000 \quad 4,8 \text{ m} = 4,8$$

$$\frac{16}{100} = 0,16 \quad 2,5 = 2,34$$

$$P_g H \cdot 20 \text{ cm}^3 \quad \frac{10000 \cdot 20 \cdot 2,34}{1000000}$$

$$200 \text{ cm}^3 \quad 9000000 \quad \frac{1000000}{1000000}$$

$$0,234 \text{ m}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)