

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

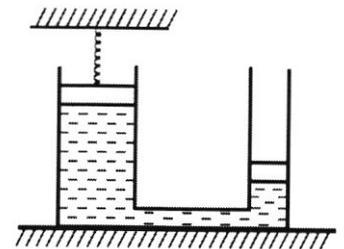
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

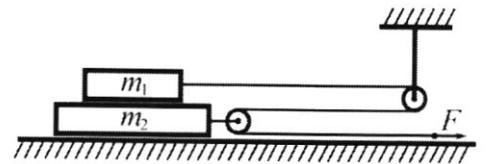
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения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

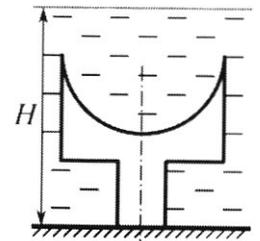


- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная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

№ 1

Камушек падает с высоты h через время $\tau = \frac{v_0}{g} = 1\text{ с}$.

1) Если время падения $\leq \tau$: Т.к. $a = -g$:

$$v(t) = v_0 - gt, \text{ где } t - \text{ время падения}$$

$$v(t_1) = \frac{v_0}{2}; \quad v(t_1) = v_0 - gt_1; \quad \frac{v_0}{2} = v_0 - gt_1; \quad \underline{t_1 = \frac{v_0}{2g} = 0,5\text{ с}}$$

2) Если время падения $> \tau$: Камушек падает столько же τ , а после становится движением с ускорением g в течение времени $(t - \tau)$. Тогда:

$$v(t) = g(t - \tau), \text{ где } t - \text{ полное время падения}$$

$$v(t_2) = \frac{v_0}{2}; \quad v(t_2) = g(t_2 - \tau); \quad \underline{t_2 = \frac{v_0}{2g} + \tau = 1,5\text{ с}}$$

Знайдем ср. скорость $v_{ср}$:

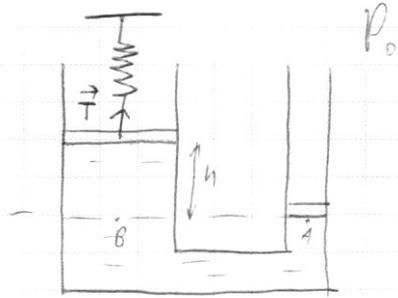
$$h(t) = v_0 t - \frac{gt^2}{2}; \quad h(t_1) = 10\text{ м/с} \cdot 0,5\text{ с} - \frac{10\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,25\text{ с}^2}{2} = 5\text{ м} - 1,25\text{ м} = \underline{3,75\text{ м}}$$

$$h(t_2) = 10\text{ м/с} \cdot 1,5\text{ с} - \frac{10\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2,25\text{ с}^2}{2} = 15\text{ м} - 11,25\text{ м} = \underline{3,75\text{ м}}$$

Ответ: $t_1 = 0,5\text{ с}$; $t_2 = 1,5\text{ с}$; $h = 3,75\text{ м}$.

№2

1)



Т.к. вода в левом колене больше, чем в правом, поверхность деформирована.

$$P_A = P_0; \quad P_B = \rho g h + P_0 - \frac{T}{S}$$

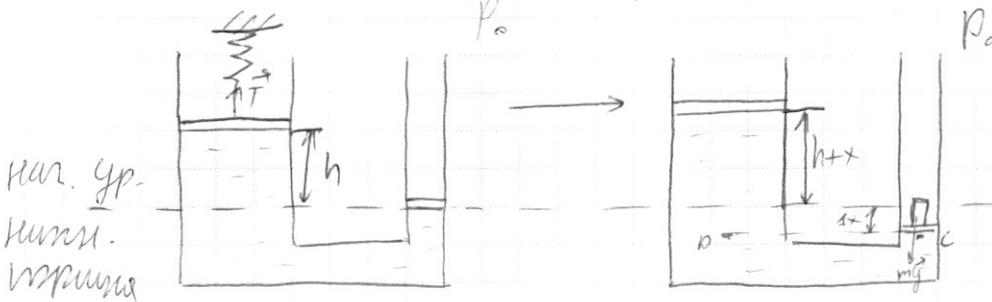
Ум. равновесия: $P_A = P_B$

$$P_0 = \rho g h + P_0 - \frac{T}{S} \quad ; \quad h = \frac{T}{\rho S g} \quad , \text{ где } T = F_{\text{упр. пр.}} = kx$$

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

#3а минимальное перемещение пружины ~~на~~ ^{вниз}

2) Из того, что пружина стала недеформированной \Rightarrow на пружину не действует сила, а значит ~~пружины~~ ^{и пружины} трутся на высоте x . Т.к. сила в статике пружины не действует, трутся же на 2-м рисунке:



Условие равновесия, трутся: $\Delta x \cdot \frac{S}{3} = x \cdot S \Rightarrow \Delta x = 3x$

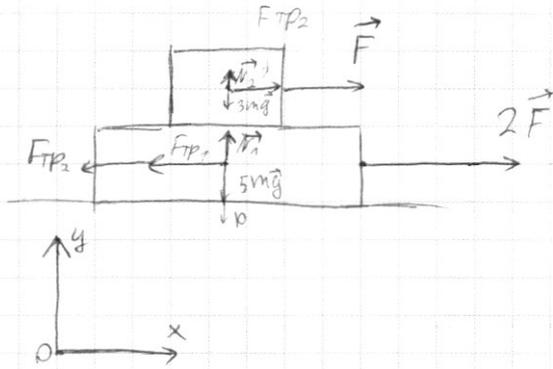
$$P_c = \frac{3mg}{S} + P_0 \quad ; \quad P_D = \rho g (h+x+\Delta x) + P_0 \quad ; \quad \text{Ум. равновесия: } P_c = P_D$$

$$\frac{3mg}{S} + P_0 = \rho g (h+4x) + P_0 \Rightarrow m = \frac{\rho S (h+4x)}{3}$$

Ответ: $h = \frac{kx}{\rho S g} \quad ; \quad m = \frac{\rho S (h+4x)}{3}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4 (продолжение)



$$O_y: \begin{cases} N_2 = 3mg \\ N_1 = 3mg + 5mg = 8mg \end{cases}$$

$$F_{тр1} = \mu N_1 = 4mg$$

$$F_{тр2} = \mu N_2 = 3mg$$

$$O_x: F + 3mg =$$

$$\begin{cases} F + F_{тр2} = 3ma \\ 2F + F_{тр2} - F_{тр1} = 5ma \end{cases}$$

$$\begin{cases} F + 3mg = 3ma \\ 2F + 3mg - 4mg = 5ma \end{cases}$$

$$\frac{F + 3mg}{2F - 1mg} = \frac{3}{5}$$

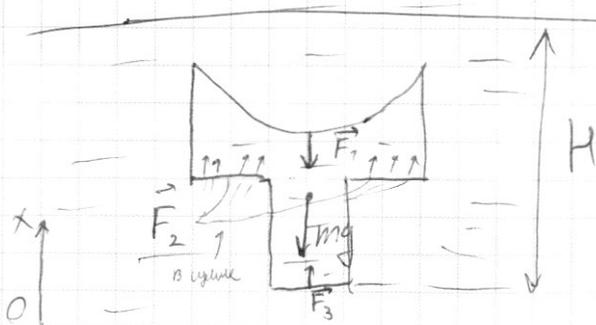
$$5F + 15mg = 6F - 33mg$$

$$F = 48mg$$

Ответ: $F_0 = 24mg$; $F = 48mg$

№5

Вне начала рассмотрим объект в воздухе и те силы, что и ниже конструкции, в предположении, что та на ней же лежит и что она не упирается в дно. Рассмотрим силы, действующие на эту конструкцию: m - её масса, F_1, F_2, F_3 - силы давления стенок, F_4 - сила давления дна.



~~Блок с жидкостью~~
Блок в воздухе
и рассмотрим
силы давления
стенок, F_1, F_2, F_3 -
силы давления
дна, F_4 - сила
давления дна.

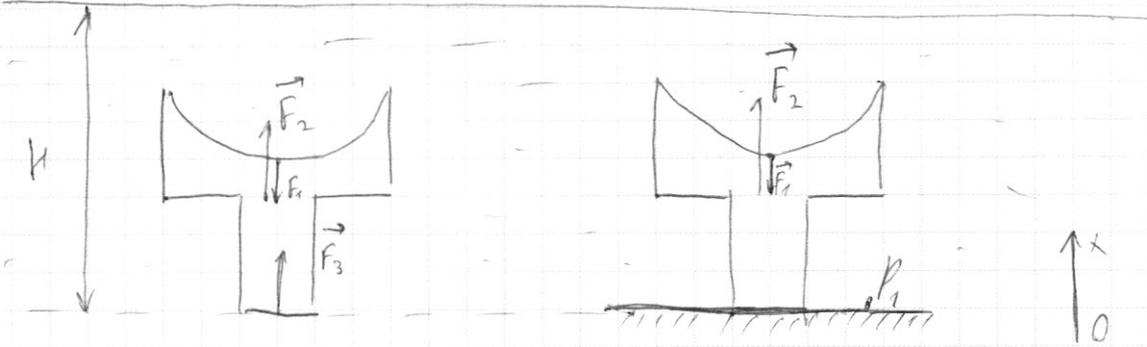
$$O_x: F_2 + F_3 - F_1 - mg = 0$$

Т.к. очевидно, что вода внутри
всё жидкая

№5 (продолжение)

Сила Архимеда, действ. на эту воздушную подушку ~~$F_A = F_2 + F_3$~~
 $\rightarrow F_A = F_2 + F_3 - F_1 = mg$. Отсюда, что масса не счи. выталкивания

будет действовать на эту подушку, если ее не прикрепить P_0 ко дну. Рассмотрим этот и наш случай:



Как мы видим, вода уже не может действов. силой F_3 , поэтому нам нужно ее вычитать из F_A , которая, исходя из задачи и направления оси P_x , направлена вверх. Найдём давление у дна:

$$P_1 = P_0 + \rho g h = (1000 \cdot 10 \cdot 3) \text{ Па} + 100.000 \text{ Па} = 130.000 \text{ Па}$$

$$\text{Откуда } F_3 = P_1 S = 13 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = \del{1300} 130 \text{ Н}$$

Т.к. F_3 направл. с F_A , то надо вычитать F_A , чтобы

вычитать по модулю F_3 из F_A .

$$F'_A = F_A - F_3 = V \rho g - P_1 S = 50 \text{ Н} - \del{1300} 130 \text{ Н} = \del{1350} 80 \text{ Н}$$

Т.к. F'_A ^{горизонт} ~~направлена~~ вниз, то и $F_A \Rightarrow$ ось ~~направлена~~ ^{по вертикали} \Rightarrow

$\Rightarrow F'_A$ направлена ~~направлена~~ вниз

Откуда: $P_1 = 130 \text{ кПа}$; $|F'_A| = \del{1350} 80 \text{ Н}$ и направлена ~~направлена~~ вниз.

P.S. Запомним, что силы F_1 , F_2 и F_3 не приложены в одной конкретной точке.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1

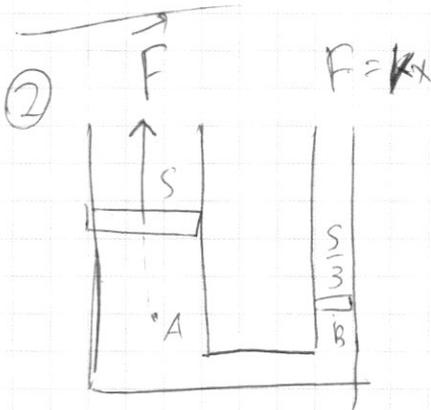
v_0 ↑ $v(t) = v_0 - gt$, где $gt < v_0$

$v(t_1) = 0,5v_0$; $0,5v_0 = gt_1$; $t_1 = 0,5c$

~~$v(t_2) = 0$~~ $t_2 = 1,5c$

$h = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = 10 \text{ м/с} \cdot 0,5c - \frac{10 \cdot 0,25c^2}{2} = 5 \text{ м} - 1,25 \text{ м} = 3,75 \text{ м}$

$h = v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = 15 \text{ м/с} \cdot c - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 2,25c^2}{2} = 15 \text{ м} - 5 \cdot 2,25 = 15 \text{ м} - 11,25 = 3,75 \text{ м}$

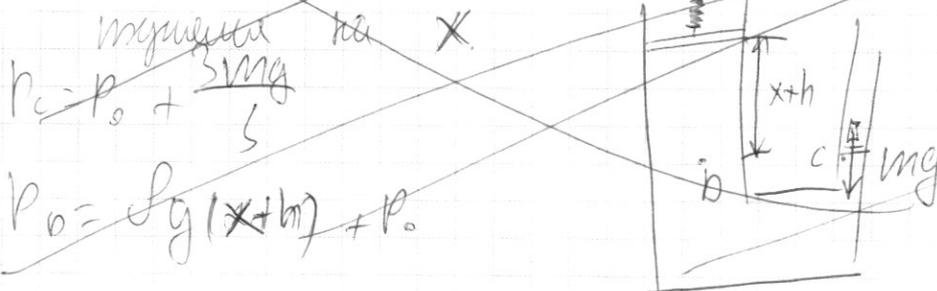


$P_A = \rho h g + \frac{F}{S} + P_0$
 $P_B = P_0$ т.к. трубки легкие.

т.к. жидкость однородна усл. равновесия:

$P_A = P_B$; $\rho g h = \frac{F}{S}$; $h = \frac{F}{\rho g S} = \frac{kx}{\rho g S}$

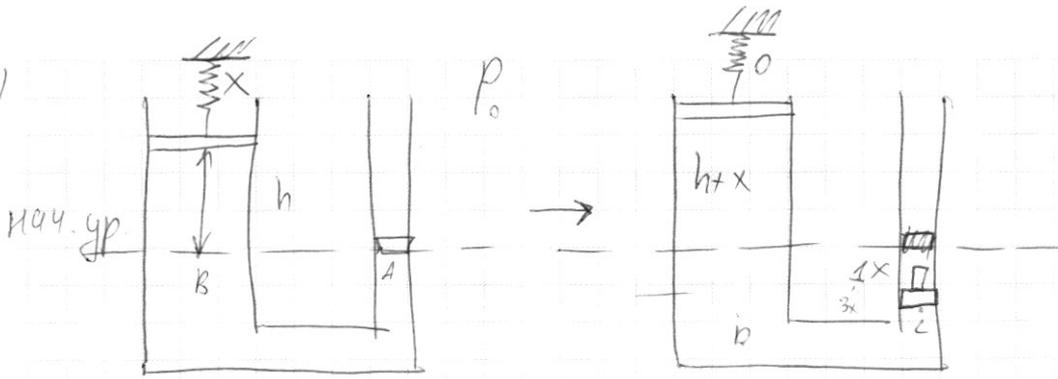
~~Условие нулевой скорости кинет. энергии можно вводить~~



~~$P_c = P_0 + \frac{\Sigma mg}{S}$~~

~~$P_0 = \rho g (x+h) + P_0$~~

2/



Усл. равновесия: $xS = \Delta x \cdot \frac{S}{3} \Rightarrow \Delta x = 3x$

Усл. равновесия: $p_c = p_b$; $p_c = \frac{3mg}{S} + p_0$ $p_b = \rho g(h+4x) + p_0$

$\frac{3mg}{S} = \rho g(h+4x)$

$m = \frac{\rho(h+4x)S}{3}$ *масса перемещенного керосина*

3

↓

1) $F = ma$; $F = G \frac{mM}{(3R)^2}$

$a = g$

$T = \frac{2\pi}{\omega}$



$G \frac{mM}{9R^2} = mg = G \cdot \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{9R^2} =$

$= G \frac{4\pi R \rho}{27}$

$g_{2R} = G \cdot \frac{4\pi R \rho}{27}$

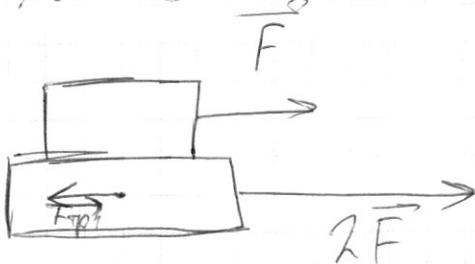
$g = \omega^2 R$ $\omega = \sqrt{\frac{G \pi R \rho}{3R}}$

$T = \frac{2\pi \sqrt{3}}{\sqrt{G \pi R \rho}} = \frac{2\sqrt{3\pi}}{\sqrt{G \rho}}$

~~$T = \frac{2\pi \sqrt{3R}}{\sqrt{G \rho}} = 2\sqrt{\frac{3\pi R}{G \rho}}$~~

нет, тоже получается в разе. потому перенесу вверх.

4) РАССТАВИМ силы для 1го. $F_{тр1} = 8m g \mu$



$$\begin{cases} 2F_0 - F_{тр1} = 5m a \\ F_0 = 3m a \end{cases}$$

$6F_0 - 24\mu m g = 5F_0$
 $F_0 = 24\mu m g$
 $\frac{2F_0 - 8\mu m g}{F_0} = \frac{5}{3}$

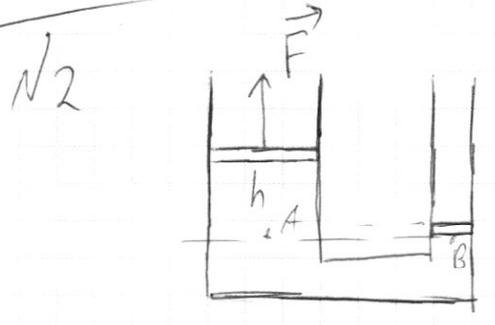
$$\frac{2F_0 - 8 \mu mg}{F_0} = \frac{5}{3} ; 6F_0 - 24 \mu mg = 5F_0 ; \boxed{F_0 = 24 \mu mg}$$

2a. μ \swarrow \nearrow *одинаково* *равные* $F_{тр2} = \mu N_2 = 3 \mu mg$

$$\begin{cases} F + 3 \mu mg = 3ma \\ 2F = 3 \mu mg - 8 \mu mg = 5ma \end{cases}$$

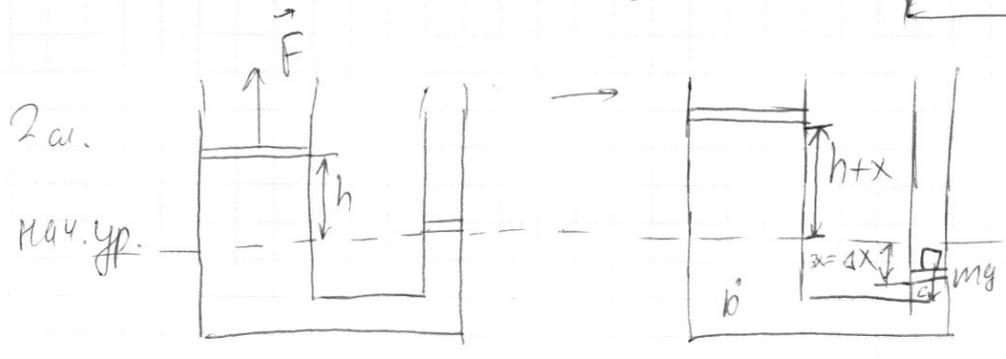
$$5F + 15 \mu mg = 6F - 33 \mu mg \quad \frac{F + 3 \mu mg}{2F - 11 \mu mg} = \frac{3}{5}$$

$$\boxed{F = 48 \mu mg}$$



1a. $P_A = \rho gh - \frac{F}{S} + P_0 ; P_B = P_0$
 $P_A = P_B$

$$\rho gh = \frac{F}{S} ; \boxed{h = \frac{kx}{\rho S g}}$$



$$x \cdot S = 4x \cdot \frac{S}{3}$$

$$4x = 3x$$

$$P_c = \frac{mg}{S} + P_0 \quad P_0 = \rho g (4x + h) + P_0 ; P_c = P_0$$

$$\frac{mg}{S} + P_0 = \rho g (4x + h) + P_0$$

$$\boxed{m = \rho g S (4x + h)}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Пересчит.

№3 ~~Умножить на 4~~

1) $M = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$
 $F = ma$, $F = G \frac{mM}{(3R)^2}$; $a = g$

$G \frac{mM}{9R^2} = mg$; $g = G \cdot \frac{1}{9R^2} \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \rho =$
 $= G \cdot \frac{4\pi R \rho}{27}$

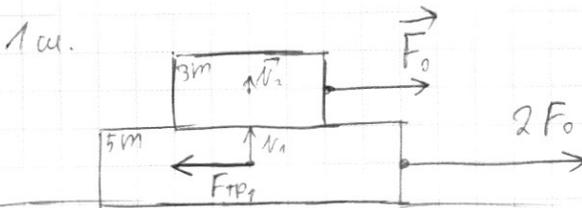
2) Пусть ω - угловая скорость вращения шупа, тогда $2\omega R$ - его скорость. Т.к. он движется по орбите \Rightarrow
 $\Rightarrow g_{2R}$ является центростремительным ускорением.

$g_{2R} = G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \rho \cdot \frac{1}{4R^2} = G \cdot \frac{\pi R \rho}{3}$; $g_{2R} = \frac{v^2}{2R} = \frac{4\omega^2 R^2}{2R} = 2\omega^2 R$

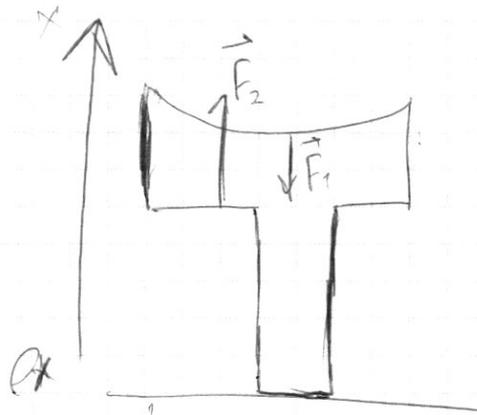
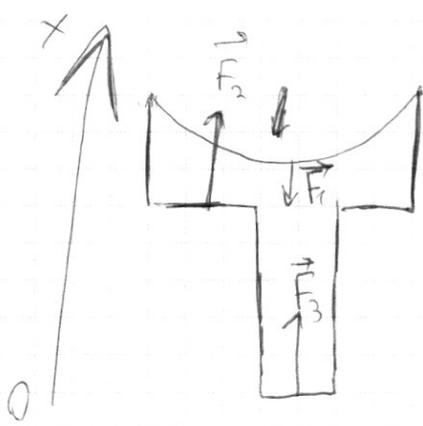
$\frac{G\pi R \rho}{3} = 2\omega^2 R$; $\omega = \sqrt{\frac{G\pi \rho}{6}}$

$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi \cdot \sqrt{6}}{\sqrt{G\pi \rho}} = \frac{2\sqrt{6\pi}}{\sqrt{G\rho}}$

$\sqrt{4}$



$N = 8 \text{ мН} \Rightarrow F_{\text{тр}1} = 8 \text{ мН}$
 $\begin{cases} 2F_0 = 8 \text{ мН} = 5 \text{ мН} \\ F_0 = 3 \text{ мН} \end{cases}$



Вычисл F_A' крив.
ВВЕРХ

$$\vec{F}_A = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

$$\vec{F}_3 = \rho V \vec{g}$$

$\rightarrow A \vec{F}_3$ — сила крив.

$$\vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{F}_A' = \vec{F}_A - \vec{F}_1$$

$$O_x: F_2 + F_3 - F_1 = F_A$$

$$O_x: F_2 - F_1 = F_A'$$

$$F_3 = F_A - F_1' \quad ; \quad F_A' = F_A - F_3$$

т.к. $F_A' > 0$, то

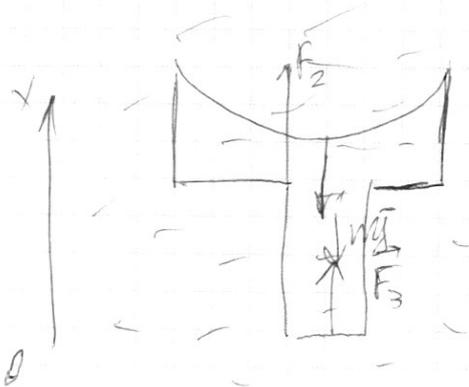
~~$$F_A = 5 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$~~

$$V = 5 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 5000 \text{ см}^3$$

$$m = 5 \text{ кг} \quad F_A = 50 \text{ Н}$$

$$F_3 = 130000 \text{ Па} \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 = 1,3 \text{ Н}$$

$$F_A' = 48,7 \text{ Н}$$



Рассмотрим кривую поверхность отдельно, то и ниже тело.

От кривой не зависит $\Rightarrow \sum F = 0$.
Сила тяжести — вниз. $F_1 + F_2 + F_3$ и mg , где $m = \rho V$.

Вычисл $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{F}_A = m \vec{g}$

$$F_2 + F_3 - F_1 - m g = 0$$

$$m g = F_2 + F_3 - F_1 = F_A \Rightarrow \text{Те же силы, что и выше}$$

То и по кривой тело, если ρ то же, то же m и mg .
Давление $\times D$

