

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

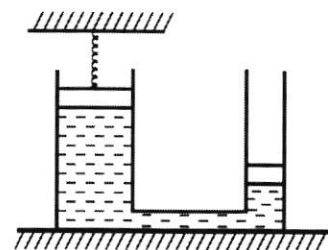
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.

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.

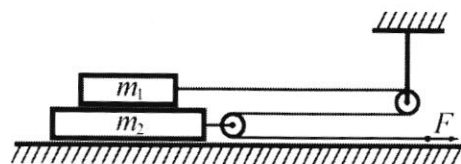
2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

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.

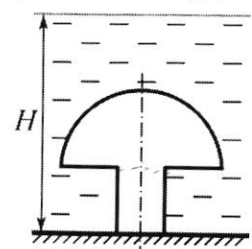
2) Найдите величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

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

<p>Задача 1</p> <p>Дано: $g = 10 \text{ м/с}^2$ $V_0 = 12 \text{ м/с}$</p> <p>Найти:</p> <p>1) t - ? 2) h - ?</p>	<p>Решение!</p> <p>по условию сопротивление воздуха можно не учитывать, поэтому можно использовать кинематические формулы.</p> <p>Итак, вспомним, что при бросании камня вертикально вверх его скорость уменьшается по следующей формуле:</p> $v = V_0 - gt$ <p>так как из-за ускорения свободного падения, направленного вертикально вниз, скорость уменьшается.</p>	
--	---	--

Значит, из приведенной выше формулы введем t в данный момент

$$gt = V_0 - v$$

$$t = \frac{V_0 - v}{g}$$

заметьте, что $v = \frac{V_0}{3}$ - по условию, то все величины известны, можно вычислить время.

$$t = \frac{V_0 - \frac{V_0}{3}}{g} = \frac{12 \text{ м/с} - \frac{12 \text{ м/с}}{3}}{10 \text{ м/с}^2} = \frac{8 \text{ м/с}}{10 \text{ м/с}^2} = 0,8 \text{ с}$$

теперь вспомним формулу для вычисления высоты, на которой находится тело.

$$h = h_0 + V_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

по условию, бросок совершается с земли, поэтому земли возмущает в радиусе начала отсчета, поэтому $h_0 = 0 \text{ м}$. Так как мы знаем, что для достижения скорости $v = \frac{V_0}{3}$ потребовалось $t = 0,8 \text{ с}$, то можно подставить все известные величины в формулу и посчитать h , то

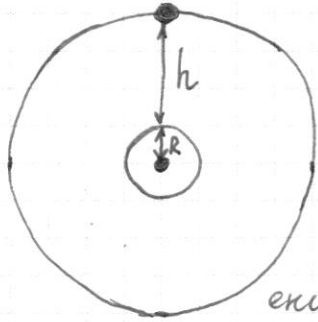
$$h = 12 \text{ м/с} \cdot 0,8 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/с}^2 (0,8 \text{ с})^2}{2} = 9,6 \text{ м} - 3,2 \text{ м} = 6,4 \text{ м}$$

ответ: 1) $t = 0,8 \text{ с}$

2) $h = 6,4 \text{ м}$

Задача 3.

Дано: $h = 0,5R$ - высота орбиты; R - радиус планеты;
 ρ - плотность планеты;
 G - гравитационная постоянная



Найти: 1) g - ?
 2) T - ?

Решение:
 вспомним формулу для нахождения силы притяжения двух тел $F = G \frac{mM}{r^2}$, где m ; M - массы тел, r - расстояние между ними.

Так же стоит вспомнить второй закон Ньютона $F = ma$. Зная это, можно составить уравнение, где m - масса тела, которое находится на расстоянии r , M - масса планеты, $a = g$ - ускорение, сообщенное телу вследствие притяжения.

$$mg = G \frac{mM}{(2R)^2}$$

$$M = \rho V, \text{ где } V - \text{объем планеты}$$

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3, \text{ то } M = \frac{4\pi R^3 \rho}{3}$$

$$g = G \frac{M}{4R^2}$$

$$g = G \frac{4\pi R^3 \rho}{3 \cdot 4R^2} \Rightarrow g = G \frac{\pi R \rho}{3}, \text{ так как все величины, указанные в правой части уравнения известны, то } g \text{ найдено.}$$

Далее вспомним формулу, по которой можно найти период.

$$T = \frac{2\pi R}{v} \Rightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 R^3}{v^2} \quad a_y = \frac{v^2}{R}$$

$$T^2 = \frac{4\pi^2 R^3}{a_y R} \Rightarrow a_y = \frac{4\pi^2 R}{T^2}, \text{ и выше представим формулу закона Ньютона } F = ma \text{ и } F = G \frac{mM}{r^2}, \text{ где масса спутника } m', \text{ то}$$

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R}{a_y}}$$

$$m'a_y = G \frac{m'M}{(h+R)^2}$$

$$h + R = 0,5R + R = 1,5R.$$

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R \cdot 3,75}{4\pi R \rho G}}$$

$$a_y = G \frac{M}{1,5^2 R^2} \Rightarrow a_y = G \frac{4\pi R^3 \rho}{3 \cdot 1,25 R^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a_y = G \frac{4\pi R \rho}{3,75}$$

$$= \sqrt{\frac{3,75 \pi}{\rho G}}$$

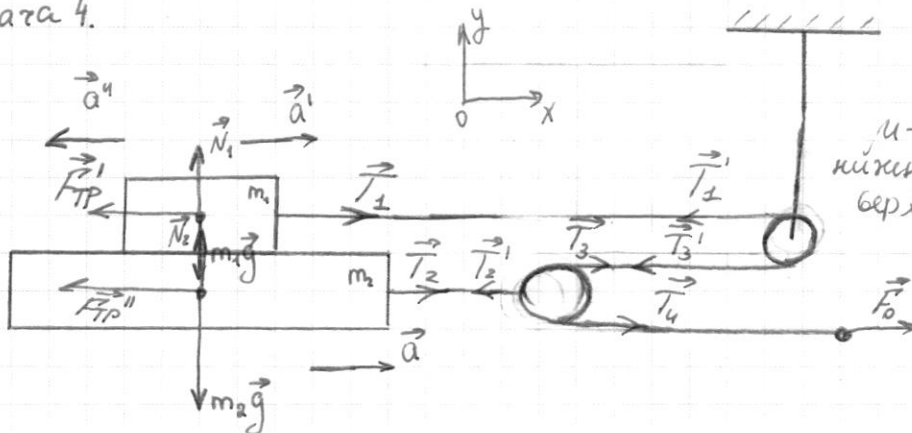
$$= 1,5 \sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}}$$

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

2) $T = 1,5 \sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4.



Дано:

$$m_1 = 2\text{ т}$$

$$m_2 = 3\text{ т}$$

μ - коэффициент трения
кишкинго бруска по столу и
верхнего по нижнему

$\vec{F} = m\vec{a}$ -
второй закон
Ньютона

заметим, что кити кевасом, поэтому $T_1 = T_1' = T_3 = T_3' = T_4 = T = F_0$;
 $T_2 = T_2'$ Так же стоит заметить, что киткий блок-подвесной,
поэтому $T_2 = 2T$

рассмотрим силы, которые действуют на киткий диск:

$$\begin{aligned} \text{Oy: } -m_2g - m_1g + N_2 &= 0 & \text{Ox: } T_2 - F_{\text{тр}}' - F_{\text{тр}}'' &= m_2a \\ N_2 &= (m_2 + m_1)g & 2T - F_{\text{тр}}' - F_{\text{тр}}'' &= m_2a \end{aligned}$$

рассмотрим силы, действующие на верхний брусок.

$$\begin{aligned} \text{Oy: } -m_1g + N_1 &= 0 & \text{Ox: } T - F_{\text{тр}}' &= m_1a' \\ N_1 &= m_1g \end{aligned}$$

Заметим, что $F_{\text{тр}}' = 0$ когда 1) $T = m_1a'$
2) $a' = a$

Значит, $T = m_1a = 2ma$

подставим в уравнение Ox2 при условии, что $F_{\text{тр}} = \mu N_2$,

$$F_{\text{тр}}'' = \mu N_2 = \mu (m_2 + m_1)g = \mu g (3\text{ т} + 2\text{ т}) = 5\mu mg, \text{ то}$$

$$2 \cdot 2ma - 0 - 5\mu mg = 3ma$$

$$4ma - 3ma = 5\mu mg$$

$$a = 5\mu g, \text{ то } F_0 = T = 2\text{ т} \cdot 5\mu g = 10\mu mg.$$

Рассмотрим чисто движение вертешо друска.
Он движется влево с ускорением a'' . Рассматриваем шкивину, поэтому $a'' = a$, то у меня будет только уравнение

$$\text{оx1: } -F_{TP}' + T = -m_1 a''$$

$$T = F_{TP}' - 2ma$$

$$\text{из ox2: } 2T - F_{TP}' - F_{TP}'' = 3ma$$

$$F_{TP}' = \mu m_1 g = 2 \mu mg$$

$$F_{TP}'' = 5 \mu mg.$$

$$2T - 2 \mu mg - 5 \mu mg = 3ma$$

$$2T - 7 \mu mg = 3ma$$

$$a = \frac{2T - 7 \mu mg}{3m}$$

$$T = 2 \mu mg - \frac{2m(2T - 7 \mu mg)}{3m} = 2 \mu mg - \frac{4}{3}T + \frac{14}{3} \mu mg$$

$$\frac{7}{3}T = \frac{20}{3} \mu mg$$

$$T = \frac{20}{7} \mu mg$$

$$F = T = \frac{20}{7} \mu mg.$$

$$\text{Ответ: 1) } F_0 = 10 \mu mg$$

$$2) F = \frac{20}{7} \mu mg$$

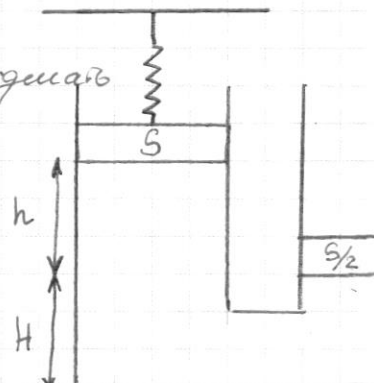
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 2.

Зная, что система находится в равновесии, можно сделать вывод о том, что давление на дно сосудов во всех его частях одинаково.

Заметим, что по условию поршни легкие, поэтому не нужно учитывать их давление на дно.

Для начала рассмотрим правый сосуд.



Итак, из рисунка и из условия видно, что на правый поршень ~~всегда~~ не действуют никакие внешние силы, то есть формулу $p = \rho g h$, можно сделать вывод, что давление на дно $p = \rho g H$.

Рассмотрим левый сосуд. Помимо давления столба жидкости, на дно так же действует сила упругости, которая вычисляется по формуле $F_{упр} = kx$, при этом давление, оказываемое пружиной $p_1 = \frac{F_{упр}}{S}$, а давление столба жидкости $p_2 = \rho g(H+h)$

рассмотрим внимательно левый поршень. Распишем силы действующие на него, их равнодействующую.

$F = ma$ или так,

$$p = p_1 + p_2$$

$$\rho g H = \frac{F_{упр}}{S} + \rho g(H+h)$$

$$F_{упр} = -\rho g h S$$

рассмотрим левый поршень. Распишем силы.

$F = ma$

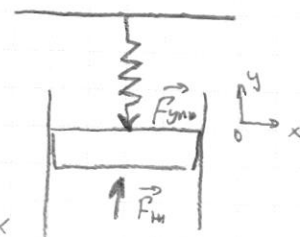
$$F_{тн} - F_{упр} = F$$

$$F_{тн} = p_2 S$$

$$p_2 S - F_{упр} = F$$

Зная, что давление в правой и левой частях одинаково,

$$p = \frac{F}{S} \Rightarrow \rho g H = p_2 - \frac{F_{упр}}{S} \Rightarrow F_{упр} = \rho g(H+h)S - \rho g H S$$



значит, $F_{упр} = \rho g h S$

$F_{упр} = kx$ - закон Гука

$$x = \frac{F_{упр}}{k} = \frac{\rho g h S}{k}$$

тогда пружина стала недеформированной, нулю, тогда $x = 0$,

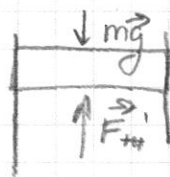
$F_{упр} = 0 \cdot k = 0$ Н, масса $F_{упр} = mg$, масса сила упругости заменится силой тяжести.

Тогда левый поршень опустится на расстояние x , то ρ ~~давление~~ ~~статда~~ ~~ширины~~ ~~слева~~ ~~будет~~

$\rho' = \rho g (H+h-x)$, сила давления $F'_{\#} = \rho' S$,

$F'_{\#} - mg = F'$, давление

$\rho' = \frac{mg}{S} = \frac{F'}{S}$, притом правый столб жидкости



поднимется на x , то $\rho'' = \rho g (H+x)$.

$$\rho'' = \frac{F'}{S}$$

$$\rho g (H+x) = \rho g (H+h-x) - \frac{mg}{S}$$

$$\rho H + \rho x = \rho H + \rho h - \rho x - \frac{m}{S}$$

$$2\rho x S = \rho h S - m$$

$$m = \rho h S - 2\rho x S = \rho S \left(h - \frac{2\rho g h S}{k} \right)$$

значит,

ответ: 1) $x = \frac{\rho g h S}{k}$

2) $m = \rho S \left(h - \frac{2\rho g h S}{k} \right)$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5.

$$p = \rho g h, \text{ то}$$

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

$$P_1 = 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 2,5 \text{ м} + 100 \text{ кПа} = 125 \text{ кПа}$$

Дано: $H = 2,5 \text{ м}$

$$V = 8 \text{ дм}^3 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

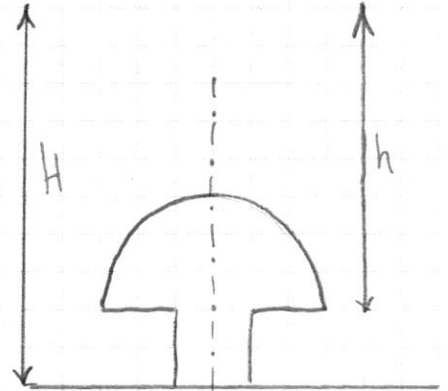
$$S = 20 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\rho = 1 \text{ т/м}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

Заметим, что сила, с которой вода действует на тело — это сила Архимеда, являющаяся модулем разности сил, прижимающих тело и сил, выталкивающих тело.

Рассмотрим вкратце более простую ситуацию, когда тело не прижато к поверхности дна, тогда силу Архимеда, действующую на него можно будет с лёгкостью рассчитать по формуле $F_A = \rho g V$, тогда отбросим эту силу как F_A' .



Что же будет, если тело частично прижато к поверхности? Эта ситуация и будет описана во второй разобранной ситуации, которая, как раз, и представлена на рисунке.

Итак F_A' — сила, выталкивающая тело, а F_A'' — сила, прижимающая тело. Пусть F_A' — сила, действующая на тело снизу, а F_A'' — сила, действующая на тело сверху, то

$F_A = F_A' - F_A''$. Заметим, что площадь верхней поверхности тела никак не увеличивается, то F_A'' в первом и во втором случае одинакова и также велика, в то время как F_A' увеличивается, т.к. вкратце ~~она~~ действовало на всю нижнюю поверхность (первый случай) ^{давление}

пусть площадь этой поверхности S' , а потом (второй случай, когда тело прижато) площадь поверхности станет S'' , причём $S' - S'' = S$ — площадь прижатой части. Заметим, что в обоих разобранных случаях давление никак не меняется, т.к. $p = \rho g h$, а плотность жидкости не менялась, ускорение свободного падения тоже, и h не менялась, т.к. мы рассматриваем тело в одном и том же месте, тогда для начала запишем силу Архимеда для 2 случаев, тогда будет известна величина F .

$$F = F_A' - F_A''; \text{ тогда } F_A' = F_A' - F_A'' - \text{первый случай.}$$

теперь вытисни су уравнения первого случая уравнение второго и су чав.

$$F'_A - F = F'_{\uparrow} - F_{\downarrow} - F''_{\uparrow} + F_{\downarrow}$$

$$\rho g V - F = \rho S' - \rho S''$$

$$\rho g V - F = \rho (S' - S'')$$

$$\rho g V - F = \rho S$$

$$F = \rho g V - \rho S$$

$$F = \rho g V - \rho g h S$$

$$F = \rho g (V - h S)$$

$$F = \rho g (V - H S)$$

$$F = 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \left(8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 - 2,5 \text{ м} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \right) = 30 \text{ Н}$$

сила положительная (значение), то знак, то мы её находим как результирующую F_{\uparrow} и F_{\downarrow} , то $F_{\uparrow} > F_{\downarrow}$, то сила направлена вверх

Ответ: 1) $P_1 = 125 \text{ кПа}$

2) $F = 30 \text{ Н}$, вверх

Заметим, что объем конструктора $V = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, а высота станины гидростата $2,5 \text{ м}$, то расстояние $H - h$ очень мало, поэтому $H \sim h$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{F_2}{F_1}$$

$$p = \rho g h$$

$$F = p S = \rho g h S$$

$$F = k x$$

$$\frac{10 \cdot 0,8 \cdot 0,8}{2} = \frac{12}{9,6} \cdot 1$$

$$= \frac{8 \cdot 0,8}{2} = 4 \cdot 0,8 = 3,2$$

$$v_0 = R \sqrt{g}$$

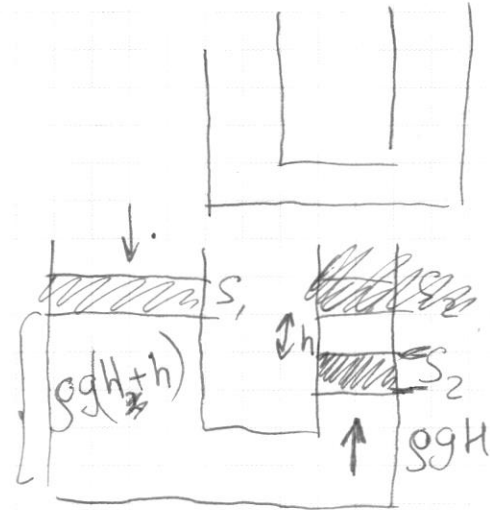
$$\frac{S_1}{S_2} = 2 \quad \frac{h_2}{h_1} = 2$$

$$h_2 = 2 h_1$$

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{F_2}{F_1}$$

$$h \quad p = \frac{F}{S}$$

$$\rho g h$$



$$p_1 = p_2$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}$$

$$F_1 h = F_2 h$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}$$

$\frac{1}{3} \pi R^3$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{2}{1}$$

$$2 F_2 = F_1$$

$$F_1 = F_2$$

$$S_1 (h+h) \rho g = S_2 \rho g h$$

$$S_1 h + S_1 h = S_2 h$$

$$S_1 h = S_2 h$$

$$S_2 h - S_1 h = S_1 h$$

$$h (S_2 - S_1) = S_1 h$$

$$h$$

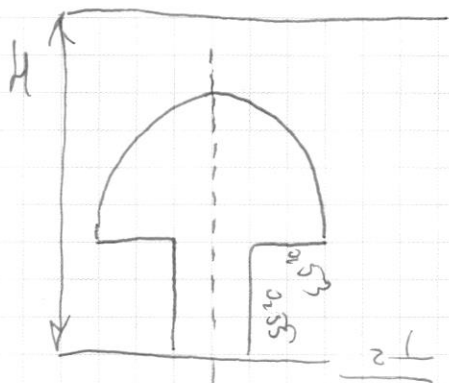
$$F_1 = p S_1, S_1 = S_1 - S_2$$

$$F_1 = p S_1 - F_2$$

$$F_1 = p S_1 - F_2$$

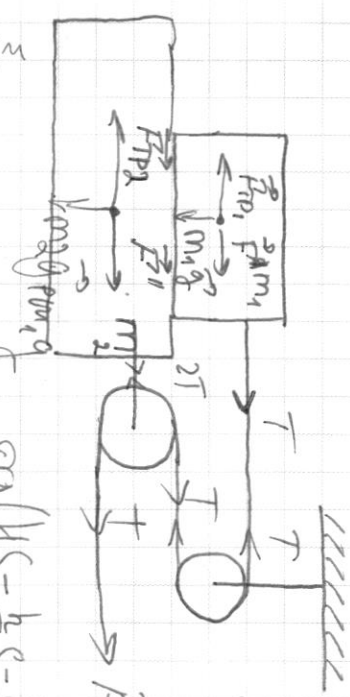
$$S_1 h + S_1 h = \frac{S_2}{2} h$$

divy - 5468

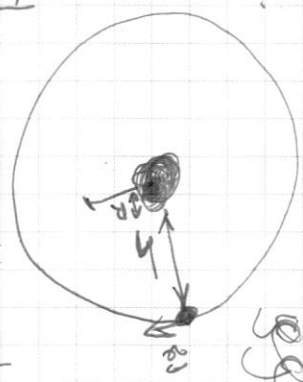


$H = 2,5 \text{ m}$
 $V = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 $S = 20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$
 $\rho = 1000 \text{ m}^3/\text{m}^3$
 $P_0 = 100 \text{ nPa}$

$1 \text{ m} = 10 \text{ g}$
 $0,1 \text{ m} = 1 \text{ g}$
 $10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ g}$
 $1 \text{ cm} = 100 \text{ m}$
 $1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$
 $1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$



$T^2 = 4n^2 R^2$
 $v^2 = a_g R$
 $T^2 = \frac{v^2}{a_g} = \frac{4n^2 R^2}{a_g}$
 $T = \frac{2nR}{\sqrt{a_g}}$



$g(H-h) \cdot R - g(H-\frac{h}{2}) \cdot (R-S)$
 $g(H-h) \cdot R - g(H-\frac{h}{2}) \cdot (R-S) = 0$
 $g(H-h) \cdot R = g(H-\frac{h}{2}) \cdot (R-S)$
 $(H-h) \cdot R = (H-\frac{h}{2}) \cdot (R-S)$
 $H \cdot R - h \cdot R = H \cdot R - \frac{h}{2} \cdot R - H \cdot S + \frac{h}{2} \cdot S$
 $-h \cdot R = -\frac{h}{2} \cdot R - H \cdot S + \frac{h}{2} \cdot S$
 $-\frac{h}{2} \cdot R = -H \cdot S + \frac{h}{2} \cdot S$
 $\frac{h}{2} \cdot R = H \cdot S - \frac{h}{2} \cdot S$
 $\frac{h}{2} \cdot R + \frac{h}{2} \cdot S = H \cdot S$
 $\frac{h}{2} \cdot (R+S) = H \cdot S$
 $h = \frac{2 \cdot H \cdot S}{R+S}$

$g = G$
 $mg = G \cdot m$
 $g = \frac{G \cdot m}{m}$

$\frac{h}{2} = \frac{S}{R+S} \cdot 2H$
 $\frac{h}{2} = \frac{314}{2226} \cdot 2 \cdot 1,91$
 $\frac{h}{2} = \frac{314}{2226} \cdot 3,82$
 $\frac{h}{2} = 0,53$
 $h = 1,06$

$\frac{1,25}{3,25} = \frac{1,5}{5}$
 $\frac{1,5}{5} = 0,3$
 $\frac{1,25}{3,25} = 0,38$

$F = p \cdot S$
 $p = \frac{F}{S}$
 $p_1 = \rho g H + \rho g h$
 $p_2 = \rho g H + \rho g h$

