



# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

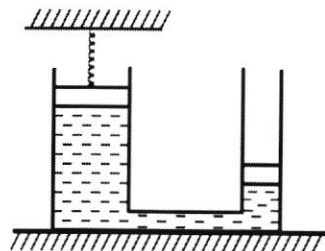
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 10$  м/с.

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/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности  $\rho$ . 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.

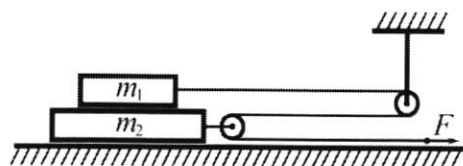
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = R$ , здесь  $R$  – радиус планеты.

Плотность планеты  $\rho$ . 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  $\mu$ . 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.

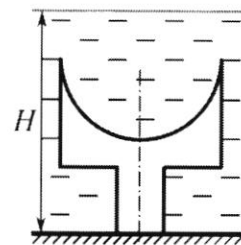
2) Найдите минимальную силу  $F$ , при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

5. Ко дну бассейна глубиной  $H=3$  м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции  $V = 5$  дм<sup>3</sup>, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей

$S = 10$  см<sup>2</sup>. Плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>, атмосферное давление  $P_0 = 100$  кПа. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

1) Найдите давление  $P_1$  вблизи дна.

2) Найдите величину  $F$  силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.



*Handwritten calculations:*  
 $75$   
 $20$   
 $15 \times 8 = 20$   
 $20$   
 $10$   
 $20$

*Handwritten calculations:*  
 $10 \cdot 100 = 2$   
 $10$   
 $1$   
 $20$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1 Дано:

$$V_0 = 10 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

вертикаль вверх ( $\alpha = 0^\circ$ )

$t = ?$

$h = ?$

см

Решение

$$\frac{60-9}{10} = 4 - \frac{1}{10}$$

Плохо бросили вертикально вверх  $\Rightarrow$  горизонтальной скорости нет  $\Rightarrow$

$$V = V_y = V_0 - gt \quad (V = V_0 + at)$$

~~Сделали~~

(1) ~~Сделали~~  $V_{\text{смена}}$   $\frac{V_0}{2}$  по модулю в 2 моменты:  $t_1$  и  $t_2$

$$V = \frac{V_0}{2} \quad \text{и} \quad V = -\frac{V_0}{2} \Rightarrow$$

$$t_1: \frac{V_0}{2} = V_0 - gt_1 \quad \left| \quad t_2: -\frac{V_0}{2} = V_0 - gt_2$$

$$gt_1 = \frac{V_0}{2}$$

$$gt_2 = 1,5 V_0$$

$$t_1 = \frac{V_0}{2g}$$

$$t_2 = 1,5 \frac{V_0}{g}$$

$$t_2 = 1,5 \text{ сек}$$

$$t_1 = 0,5 \text{ сек}$$

(2)  $h:$

Э.С.Э.

$$\frac{mV_0^2}{2} = mgh + \frac{m\left(\frac{V_0}{2}\right)^2}$$

( $E_{\text{кин}}$ ) ( $E_{\text{кин}}$   $V_0$   $V = \frac{V_0}{2}$ )

$$h = \frac{V_0^2 - \left(\frac{V_0}{2}\right)^2}{2g}$$

$$h = \frac{100 - 25}{20}$$

$$h = 3,75 \text{ м}$$

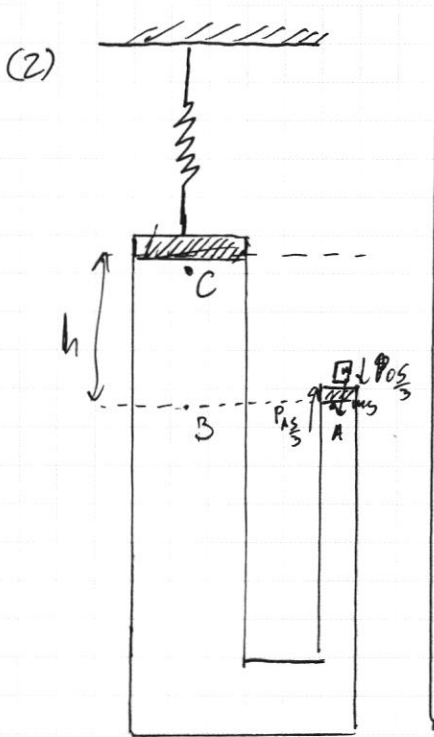
Ома: 1) ~~0,5~~  $t_1 = 0,5 \text{ сек}$  ( $V$  становится вверх)

$t_2 = 1,5 \text{ сек}$  ( $V$  становится вниз)

2)  $h = 3,75 \text{ м}$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Силы действующие на поршень сверху вниз: ( $\Sigma F = 0$ )

$$mg + P_0 \cdot \frac{S}{3} = P_A \cdot \frac{S}{3}$$

$$P_A = P_0 + \frac{3mg}{S}$$

$P_A = P_B$  (закон Паскаля)

$$P_C = P_B - \rho gh \Rightarrow P_C = P_0 + \frac{3mg}{S} - \rho gh$$

Силы действующие на поршень снизу вверх: ( $\Sigma F = 0$ )

$$P_0 S = P_C S \quad (F_{\text{грав}} = 0)$$

$$P_0 = P_C$$

$$P_0 = P_0 + \frac{3mg}{S} - \rho gh$$

$$\frac{3mg}{S} = \rho gh$$

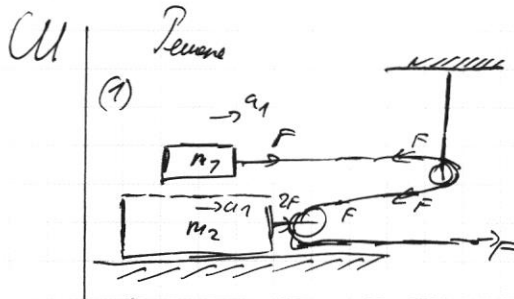
$$m = \frac{\rho h S}{3}$$

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

$$m = \frac{kx}{3g}$$

Итак:  $h = \frac{kx}{\rho g S}$ ;  $m = \frac{kx}{3g}$

№4 Дано  
 $m_1 = 3m$   
 $m_2 = 5m$   
И  
 $F_0 = ?$   
 $F = ?$



II закон Ньютона для массы:

$$2F - N \mu = m_2 a_1$$

$$N = (m_1 + m_2)g; \quad 2F - \mu(m_1 + m_2)g = m_2 a_1$$

III закон Ньютона для массы блок 1:

$$F = m_1 a_1 \quad (F_{\text{тр}} = 0) \Rightarrow$$

III закон Ньютона для массы блок 2:

$$\Rightarrow \text{силы взаимодействия масс} = a_1$$

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

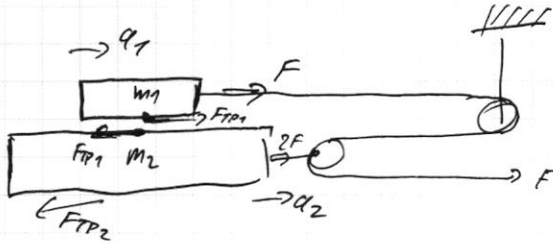
$$F \left(2 - \frac{m_2}{m_1}\right) = \mu g \cdot (m_1 + m_2)$$

$$F \cdot \left(2 - \frac{5}{3}\right) = \mu g \cdot 8m$$

$$F = 24 \mu g m$$

$$\Rightarrow F_0 = 24 \mu g m$$

2)

II з.н. для  $m_1$ :

$$F + m_1 g_M = m_1 a_1 \Rightarrow$$

$$F + 3m g_M = 3m a_1 \Rightarrow$$

II з.н. для  $m_2$ :

$$a_1 = \frac{F}{3m} + g_M$$

$$2F - (m_1 + m_2) g_M - m_1 g_M = m_2 a_2$$

$$2F - (2m_1 + m_2) g_M = m_2 a_2$$

$$2F - 11m g_M = 5m a_2$$

$$a_2 = \frac{2F}{5m} - \frac{11}{5} g_M$$

Здесь должно gelten  $a_1 < a_2$   ~~$a_1 < a_2$~~   $\Rightarrow$

$$\frac{F}{3m} + g_M < \frac{2F}{5m} - \frac{11}{5} g_M \quad | \cdot 15m$$

$$5F + 15g_M m < 6F - 33g_M m$$

$$48g_M m < F$$

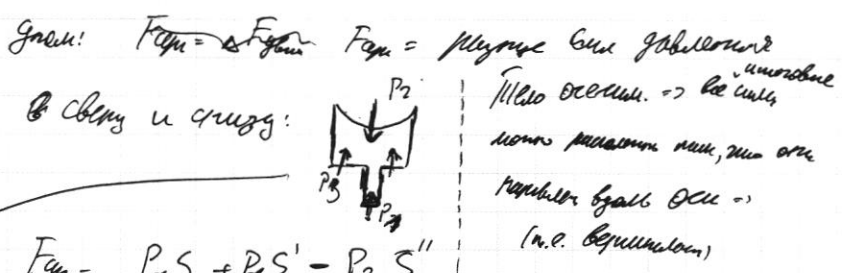
$$F_{\min} = 48g_M m \Rightarrow F = 48g_M m$$

$$\text{Она: } F_0 = 24g_M m; F = 48g_M m$$

$$F_0 = 24g_M m$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5	СИ	Решение	Решение
$H = 3 \text{ м}$	$3 \text{ м}$	1) $P_1 = P_{\text{повн}} + \rho g h$	Воздух не вытесняет воду полностью и вода не давит на дно.
$V = 5 \text{ м}^3$	$5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$	$P_{\text{повн}} = P_0$ $h = H$	у дна сосиски, которая соединяется с водой.
$S = 10 \text{ см}^2$	$10^{-3} \text{ м}^2$	$P_1 = P_0 + \rho g H$	Эта трубка еще более тонкая, чем была изначально.
$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$	$1000 \text{ кг/м}^3$	$P_1 = P_0 + \rho g H$	или, а наоборот еще сосиски соединяется с водой.
$P_0 = 100000 \text{ Па}$	$10^5 \text{ Па}$	$P_1 = 100000 + 10 \cdot 10^{-3} \cdot 3 = 100000 + 30000 = 130000 \text{ Па}$	Где: $F_{\text{полн}} = F_{\text{полн}}$ $F_{\text{полн}} = \text{полн}$ еще более тонкая.
$g = 10 \text{ м/с}^2$	$10 \text{ м/с}^2$		или более тонкая. $\rightarrow$ все силы.
$P_1 = ?$			можно рассчитать так, что она.
$F = ?$			каждый будет еще $\rightarrow$ (н.е. вертикально).

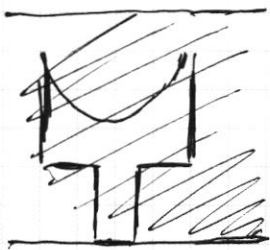


$$F_{\text{полн}} = P_1 S + P_3 S' - P_2 S''$$

В трубе воздух не вытесняет воду полностью, а только  $P_3 S' - P_2 S''$ , что равно  $|F_{\text{полн}} - P_1 S| = ?$

Взвешивание трубки с водой можно считать

Итого  $F_{\text{полн}} - P_1 S$  ( $F_{\text{полн}} = \rho g V$ )



$F_B = F_{\text{полн}} - P_1 S$  (направление воды вверх, то есть давление)

будет вверх, значит это направление вверх)

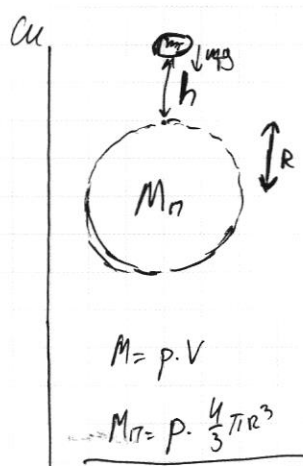
$$F_{\text{полн}} = \rho g V = 1000 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 50 \text{ Н}$$

$$P_1 S = 13 \cdot 10^4 \cdot 10^{-3} = 130 \text{ Н}$$

$$F_B = -80 \text{ Н} \Rightarrow \text{равно } 80 \text{ Н} \text{ и направлено вверх}$$

Ответ:  $P_1 = 130000 \text{ Па}$ ;  $F_B = 80 \text{ Н}$  (вверх)

$N_3$   
 $h=R$   
 $\rho$   
 $G$   
 $V = \frac{4}{3}\pi R^3$   
 $g(3R) = ?$   
 $T_{em} = ?$



$$m_1 g = F_{Tg2}$$

$$m_1 g = \frac{m \cdot M \pi G}{(R+h)^2}$$

$$g = \frac{M \pi G}{(R+h)^2}$$

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

1)  $R+h = 3R \Rightarrow$

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

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

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

(2)  $T_{em} = \frac{2\pi}{\omega_{em}}$



$\sum F_{cm}$

$$m_1 g_1 = m a_{g.c.}$$

$$g_1 = a_{g.c.}$$

$$a_{g.c.} = \omega^2 R$$

$$\omega = \sqrt{\frac{a_{g.c.}}{R}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g_1}{R}}$$

$$g = \frac{\rho \cdot 4\pi R^3 G}{3(R+h)^2} \quad (R+h=2R) \Rightarrow$$

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

$$g_1 = \frac{\rho \pi R G}{3}$$

$$T_{em} = \sqrt{\frac{\rho \pi G}{3}}$$

$$T_{em} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{\rho \pi G}{3}}}$$

$$T_{em} = 2\pi \sqrt{\frac{3}{\rho \pi G}}$$

$$T_{em} = \sqrt{\frac{12\pi}{\rho G}} \Rightarrow T = \sqrt{\frac{12\pi}{\rho G}} = 2\sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}}$$

Ans:  $g_{(3R)} = \frac{\rho \cdot 4\pi R G}{27}$ ;  $T = \sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}}$   ~~$T = 2\sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}}$~~



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1	СИ	Земле
<del><math>v_0 = 10 \text{ м/с}</math></del>		$v_y = v$ ( $v_x = 0$ ) - вера движется вертикально вверх.
<del><math>\alpha = 90^\circ</math></del>		$v_y = v_0 - gt$ ( $v = v_0 + at$ )
<del><math>g = 10 \text{ м/с}^2</math></del>		$\frac{v_0}{2} = v_0 - gt$ $t = t_1$
<del><math>t_1 (v = \frac{v_0}{2})</math></del>		$gt = \frac{v_0}{2}$
<del><math>h (v = \frac{v_0}{2})</math></del>		$t_1 = \frac{v_0}{2g}$
		$t_1 = 0,5 \text{ сек} \Rightarrow t = 0,5 \text{ сек}$
		<del><math>S = v_0 t - \frac{gt^2}{2}</math></del>
		<del><math>h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}</math></del>
		$h = \frac{10 \cdot 0,5}{2} = 2,5$
		$h = 3,75 \text{ м}$
		Ответ: $t = 0,5 \text{ сек}; h = 3,75 \text{ м}$

№3	СИ	Земле
$h = R$		
$\rho$		
$G$		
$V = \frac{4}{3} \pi R^3$		
$g(3R)$		
$T_{\text{вращ}} = ?$		
		$mg = F_{\text{тяг}}$
		$mg = \frac{m_m M \pi}{R^2} G$
		$g = \frac{M \pi G}{R^2}$
		$g = \frac{\rho \cdot 4\pi R^3}{3} G$
		$M = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$
		$M = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$
		$g' = \frac{M \pi G}{9R^2}$
		$g' = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{9R^2} G$
		$g' = \frac{\rho \cdot 4\pi R}{27} G$
		$\omega = \frac{2\pi}{T}$
		$a_{\text{вращ}} = g' \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g'}{R}} = \sqrt{\frac{\rho \cdot 4\pi R}{27}} = \sqrt{\frac{4\rho\pi}{27}}$

(2)  $T = \frac{2\pi}{\omega_{\text{нн}}}$  (2)  $T = \frac{2\pi}{\omega_{\text{нн}}}$

$g = a_{\text{исл}} = \omega^2 R$   $g = a_{\text{исл}} = \omega^2 R$

$\omega = \sqrt{\frac{g}{R}}$   $\omega = \sqrt{\frac{g}{R}}$

$\omega = \sqrt{\frac{R}{\frac{4\pi R G}{R^2}}}$   $\omega = \sqrt{\frac{R \cdot 4\pi R G}{3R}}$

$\omega = \sqrt{\frac{R^3}{4\pi R G}}$   $\omega = 2\sqrt{\frac{R \pi G}{3}}$

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

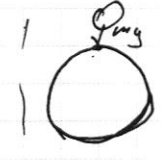
$\omega = \sqrt{\frac{3}{G 4\pi}}$   $T = \pi \sqrt{\frac{3}{\rho \pi G}} = \sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}}$

$T = \frac{4\pi \sqrt{\pi G}}{\sqrt{3}}$   $T = \sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}}$

$T = 4\pi \sqrt{\frac{\pi G}{3}}$   $T = \sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}}$

Объем:  $g'_{(\rho g)}$   $\rho \cdot \frac{4\pi R}{27} G$  ;  $T = \sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}}$   $T = \sqrt{\frac{3\pi}{\rho G}}$

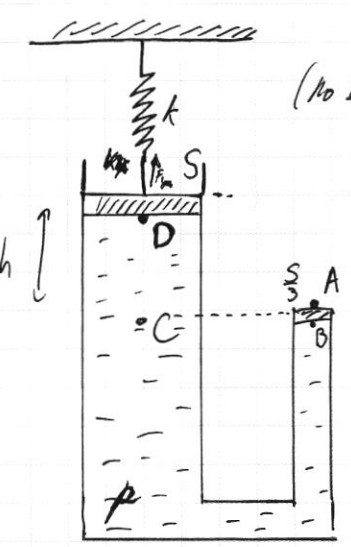
$\Sigma F = ma$  II закон Ньютона  
 $mg = ma_{\text{исл}}$   
 $g = a_{\text{исл}}$



№2  
 P  
 k  
 x  
 S<sub>1</sub> = S  
 S<sub>2</sub> =  $\frac{S}{3}$   
 g  
 h = ?  
 m = ?

СИ

Решение



Получим на уровне, где уровень жидк равный по высоте:

(по II закону Ньютона:  $\Sigma F = ma = 0$ , т.е. равновесие)

$P_A \cdot \frac{S}{3} = P_B \cdot \frac{S}{3}$

$P_A = P_B$  (глубина равна)

$P_B = P_A = P_0$

$P_C = P_B = P_0$  (по закону Паскаля)

$P_D = P_0 + \rho g h$  (по закону Паскаля)

$P_0 = P_C - \rho g h = P_0 - \rho g h$

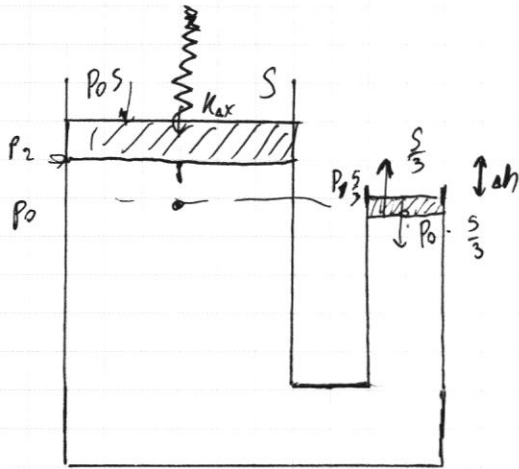
Получим на уровне, где уровень жидк равный по высоте: (по II закону Ньютона:  $\Sigma F = ma = 0$ , равновесие)

$P_0 S = P_D S + kx$  (м.е. нулевым перемещением)

$P_0 S = P_0 S - \rho g h S + kx$

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

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$p_0 \cdot \frac{S}{3} = p_1 \cdot \frac{S}{3}$$

$$p_0 = p_1$$

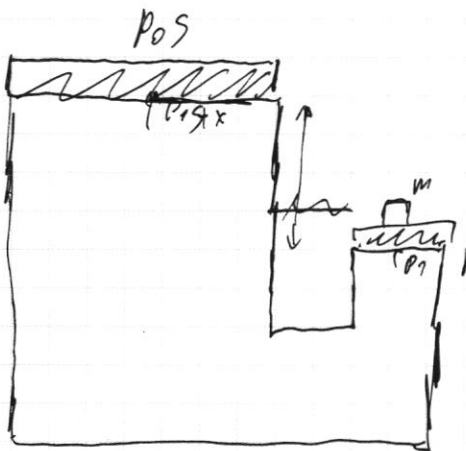
$$p_2 = p_0 - \rho g \Delta h$$

$$k_{ax} = (p_0 - \rho g \Delta h) S$$

$$k_{ax} + p_0 S = p_0 S - \rho g \Delta h S$$

$$k_{ax} = \rho g \Delta h S$$

$$\Delta h = \frac{k_{ax}}{\rho g S}$$



$$mg + p_0 \cdot \frac{S}{3} = p_1 \cdot \frac{S}{3}$$

$$p_1 = p_0 + \frac{mg \cdot 3}{S}$$

$$p_0 S = p_1 \left( p_0 + \frac{mg \cdot 3}{S} - \rho g h \right) S$$

$$\frac{mg \cdot 3}{S} = \rho g h$$

$$\frac{m}{S} \cdot 3 = \rho h$$

$$m = \frac{\rho h S}{3}$$

$$m = \frac{k_{ax}}{g \cdot 3}$$

$$m = \frac{k_{ax}}{2g}$$

