

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

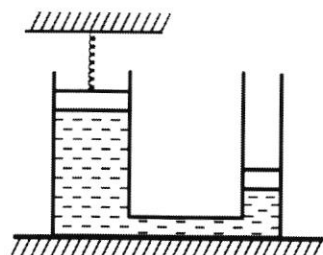
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.

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.

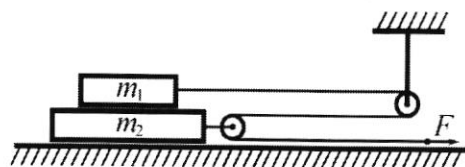
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты.

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.



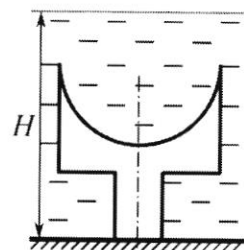
1) Найдите величину F_0 горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.

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

Задача 1.

$$V_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

$$\frac{V_0}{2}$$

1) $t = ?$

2) $h = ?$

Решение:

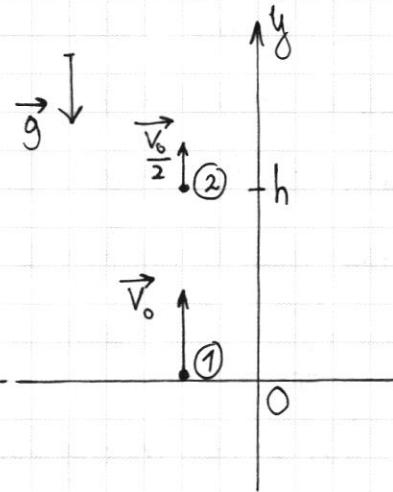
$$1) \vec{V}(t) = \vec{V}_0 + \vec{g}t$$

$$O_y: V = V_0 - gt$$

$$V = \frac{V_0}{2}, \quad \frac{V_0}{2} = V_0 - gt$$

$$gt = \frac{V_0}{2} \Rightarrow t = \frac{V_0}{2g}$$

$$t = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,5 \text{ с}$$



2) З.С.Э. ① - ②.

$$\frac{mV_0^2}{2} = mgh + \frac{m \frac{V_0^2}{4}}{2}, \text{ где } m - \text{масса камня}$$

$$\frac{V_0^2}{2} = gh + \frac{V_0^2}{8} \cdot 0,8$$

$$4V_0^2 = 8hg + V_0^2 \Rightarrow 8hg = 3V_0^2$$

$$h = \frac{3}{8} \cdot \frac{V_0^2}{g}$$

$$h = \frac{3}{8} \cdot \frac{(10 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 3,75 \text{ м}$$

Ответ: 1) $t = 0,5 \text{ с}$ 2) $h = 3,75 \text{ м}$.

Задача 2

$$\rho; S; \frac{S}{3};$$

$$g; k; x$$

1) $h = ?$

2) $m = ?$

Решение:

1) Пусть h_1 - высота столба жидкости в левом сосуде,
 h_2 - высота столба в правом.

$$h = h_1 - h_2$$

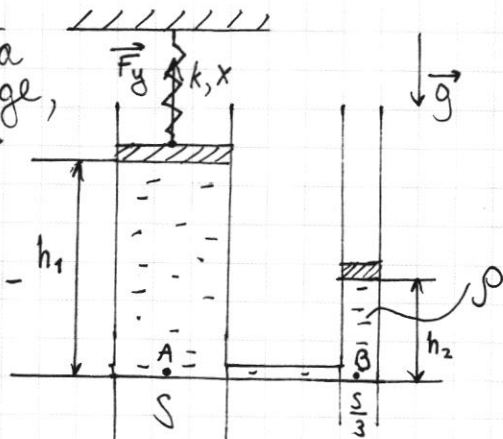
По з-ну сообщающихся сосу-
дов:

$$p_A = p_B \text{ (давл-е в точках}$$

A и B, т.е. у дна, равны)

$h_1 > h_2$, \Rightarrow пружина растянута, сила \vec{F}_y упругости направ-
лена вверх, $|\vec{F}_y| = k \cdot x$

$$p_A = \rho g h_1 - \frac{kx}{S}, \quad p_B = \rho g h_2 \text{ (массой легкой поршней пре-}$$



Задача 2 (продолжение)

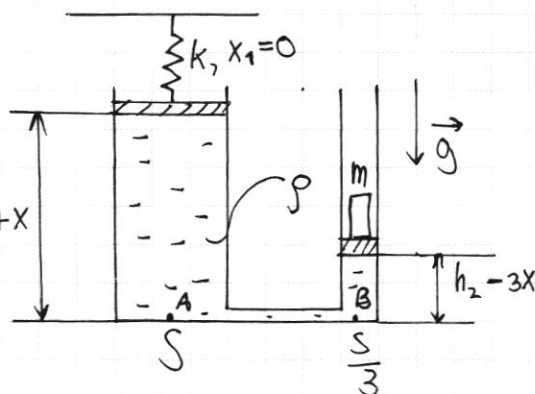
$$\rho_A = \rho_B$$

$$\rho g h_1 - \frac{kx}{S} = \rho g h_2$$

$$\rho g (h_1 - h_2) = \frac{kx}{S}, \quad h = h_1 - h_2,$$

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

2) В левом сосуде уровень жидкости поднялся на x , в него перешёл объём воды Sx , уровень воды в правом сосуде понизился на x , следовательно $h_1 + x$ $h_2 - 3x$



По з-ку сообщающихся сосудов: $\rho_A = \rho_B$

$$\rho g (h_1 + x) = \rho g (h_2 - 3x) + \frac{mg}{S/3}$$

$$\rho g (h_1 + x) = \rho g (h_2 - 3x) + \frac{3mg}{S}$$

$$\frac{3mg}{S} = \rho g ((h_1 - h_2) + 4x), \quad h_1 - h_2 = h = \frac{kx}{\rho g S}$$

$$m = \frac{\rho S (\frac{kx}{\rho g S} + 4x)}{3} = \frac{\frac{kx}{g} + 4\rho S x}{3}$$

Ответ: 1) $h = \frac{kx}{\rho g S}$

2) $m = \frac{\frac{kx}{g} + 4\rho S x}{3}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

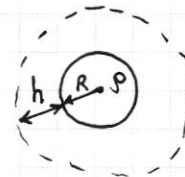
Задача 3.

$h=R;$
 $\rho; G;$
 $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

Решение:

1) $g_0 = G \frac{M}{R^2}$ — ускор-е свободного падения

у поверхности планеты, здесь M — масса планеты, тогда



1) $g=?$

2) $T=?$

$$M = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$g = G \frac{M}{(3R)^2} = G \frac{M}{9R^2} \Rightarrow g = G \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{9R^2}$$

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

2) $g_1 = G \frac{M}{(R+h)^2} = G \frac{M}{(R+R)^2} = G \frac{M}{4R^2}$ — ускорение свободного падения на высоте h от поверхности планеты (т.е. на орбите спутника).

$g_1 = \frac{v^2}{2R} = G \frac{M}{4R^2}$, где v — скорость спутника.

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

с другой стороны: $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{v}{R}$

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

$T = 2\pi R \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{2G\rho\pi R^2}{3}}} =$

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

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

Ответ: 1) $g = \frac{4}{27} G \rho \pi R$ 2) $T = \sqrt{\frac{6\pi}{G\rho}}$

Задача 5

$H = 3 \text{ м}$

$V = S g \text{ м}^3$

$S = 10 \text{ см}^2$

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

$P_0 = 100 \text{ кПа}$

$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

1) $P_1 = ?$

2) $\vec{F} = ?$

Решение:

1) $P_1 = P_0 + \rho g H$ — дави-е вблизи

дна (складывается из гидростатической и атмосферной)

$P_1 = 100 \text{ кПа} + 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3 \text{ м} = 130 \text{ кПа}$

2) Сила, с которой вода действует на конструкцию будет складываться из:

I. Силы суммарной силы, давящей сверху на полусферу

и II. Подъемной силы, действующей снизу на "шляпку" конструкции.

конструкции.

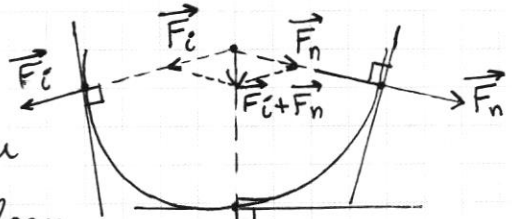
$\vec{F}_{\text{под}} = \vec{F} = \vec{F}_{\text{под}} + \vec{F}_{\text{дав}}$

Пусть h — высота "котика", тогда

$P_A = P_B = P_0 + \rho g (H - h)$

$F_{\text{под}} = (P_0 + \rho g (H - h)) (S_1 - S)$, где S_1 — площадь всей "шляпки" с нижней стороны. $\vec{F}_{\text{под}}$ направлена вверх.

Силы, действующие на "шляпку" сверху будут направлены перпендикулярно поверхности полусферы в данной точке (см. рис.). Сумма всех этих сил ("давящая" сила) будет направлена вертикально вниз, в этом можем убедиться, складывая попарно силы, находящиеся



действующие на одной горизонтальной прямой.

По теореме косинусов:

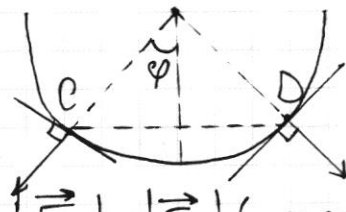
$R_j = F_k^2 + F_m^2 - 2 F_k F_m \cdot \cos(180^\circ - 2\varphi)$

$R_j = 2 F_m^2 + 2 F_m^2 \cdot \cos 2\varphi$

$R_j = 2 F_m^2 (1 + \cos 2\varphi)$

$F_{\text{дав}} = \sum 2 F_m^2 (1 + \cos 2\varphi)$

Ответ: 1) $P_1 = 130 \text{ кПа}$



$|F_k| = |F_m|$ (т.к. дави-е в точках C и D одно и то же)

$F_k = F_m = (P_0 + \rho g H_{k,m}) S_e$, где S_e — площадь малого "элементарного" кус-а.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5 (продолжение)

$$F_{\text{дав}} = \sum 2F_{m,k}^2 (1 + \cos 2\varphi) = \sum 2(P_0 + \rho g H_{m,k}) S_e (1 + \cos 2\varphi)$$

(S_e — площадь «кусочка» полусферы, на который действует сила $F_{m,k}$, $H_{m,k}$ — глубина, на которой расположен данный «кусочек») $\vec{F} = \vec{F}_{\text{пог}} + \vec{F}_{\text{дав}}$ будет действовать в вертикальной плоскости, т.к. силы, действующие на все боковые поверхности конструкции (т.е. горизонтально), взаимно уничтожатся.

Ответ: 1) $P_1 = 130 \text{ кПа}$.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 4.

$$m_1 = 3m$$

$$m_2 = 5m$$

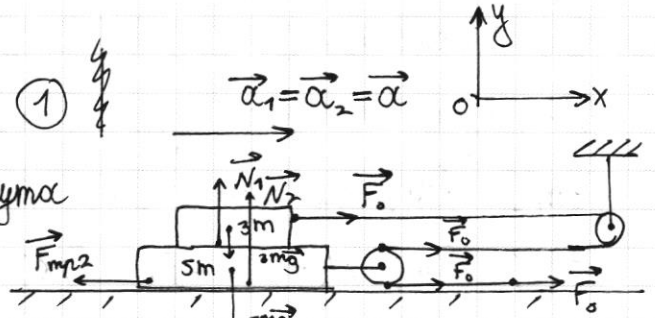
μ

1) $F_0 = ?$

2) $F = ?$

Решение:
1) Расставим силы, с учётом того, что нить везде натянута одинаково.

П.к. сила трения, действующая на верхний брусок должна быть равна нулю, т.е. ускорение ему сообщает сила F_0 , при этом бруски должны двигаться как единое целое с ускорением \vec{a} .



2-й з-н Ньютона для брусков:

"3m": $Oy: N_1 = 3mg$ $Ox: F_0 = 3ma$

"5m": $Oy: N_2 = 5mg + P_1$ $Ox: 2F_0 = 5ma$ $2F_0 - F_{mp2} = 5ma$

$\vec{P}_1 = -\vec{N}_1$ — по 3-ю з-ну Ньютона (сила, с которой верхний брусок давит на нижний).

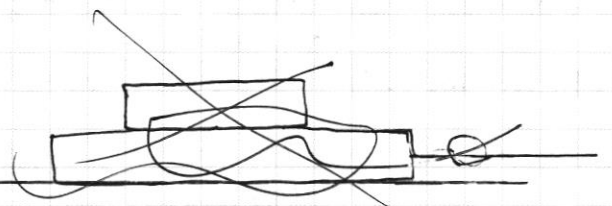
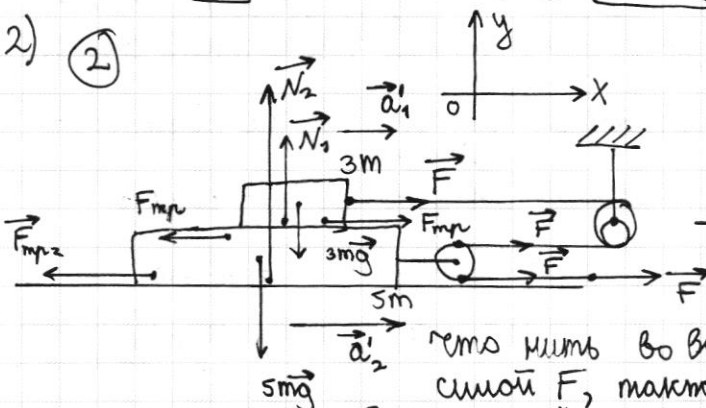
$F_{mp2} = \mu N_2$ — по з-ну Кулона-Амонта

$$N_2 = 5mg + P_1 = 5mg + N_1 = 8mg \Rightarrow F_{mp2} = 8\mu mg$$

$$2 \cdot 3ma - 8\mu mg = 5ma \Rightarrow ma = 8\mu mg \Rightarrow a = 8\mu g$$

$$F_0 = 3ma = 3m \cdot 8\mu g = \boxed{24\mu mg}$$

2) ②



Расставим силы, с учётом того, что нить во всех точках натянута одинаково с силой F , также сила трения, действующая на брусок "3m" направлена против относительного

Задача 4 (продолжение)

перемещения, т.е. вправо. По 3-й з 3-й з-ну Ньютона такая же по модулю сила, но направленная влево действует на нижний брусок.

Пусть \vec{a}'_1 и \vec{a}'_2 - ускорения верхнего и нижнего брусков соответственно (все в ИСО Земли).

2-й з-н Ньютона для брусков:

„3m“: $Oy: N_1 = 3mg, Ox: F_{тр} + F = 3ma'$

„5m“: $Oy: N_2 = 5mg + P_1, Ox: 2F - F_{тр} - F_{тр2} = 5ma'_2$

$$F_{тр} = \mu N_1 = 3\mu mg, F_{тр2} = 8\mu mg$$

($|\vec{P}_1| = |\vec{N}_1| = 3mg, F_{тр} = \mu N$ - по 3-й з-ну Ньютона-Амонтакса)

$$3\mu mg + F = 3ma' \Rightarrow a'_1 = \frac{3\mu mg + F}{3m}$$

$$2F - 11\mu mg = 5ma'_2 \Rightarrow a'_2 = \frac{2F - 11\mu mg}{5m}$$

При $a'_2 > a'_1$ верхний брусок будет скользить влево относительно нижнего с ускорением $\vec{a}'_1 - \vec{a}'_2 = \vec{a}_{отн}$
 т.е. при $a'_1 = a'_2$ может быть как покой, так и равномерное движение верхнего бруска относительно нижнего.

$$a'_2 = a'_1 : \frac{2F - 11\mu mg}{5m} = \frac{F + 3\mu mg}{3m} \cdot 15m$$

$$3(2F - 11\mu mg) = 5(F + 3\mu mg)$$

$$6F - 33\mu mg = 5F + 15\mu mg, \quad \boxed{F = 48\mu mg}$$

(Все силы трения уже достигли максимума)

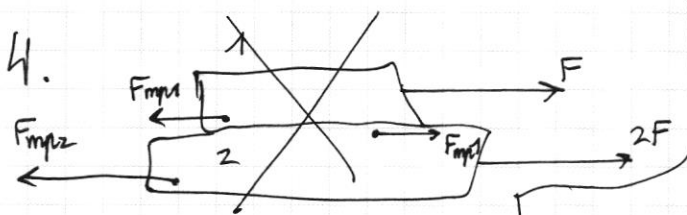
т.е. т.е. при увеличении силы F , ускорение нижнего бруска будет возрастать быстрее, чем ускорение верхнего, например, при $F = 49\mu mg$

$$a'_2 = \frac{98\mu mg - 11\mu mg}{5m} = \frac{87}{5}\mu g, \quad a'_1 = \frac{49\mu mg + 3\mu mg}{3m} = \frac{52}{3}\mu g$$

$$a'_2 = 17\frac{2}{5}\mu g, \quad a'_1 = 17\frac{1}{3}\mu g \quad (17\frac{2}{5} = 17,4, \quad 17\frac{1}{3} \approx 17,33), \quad \boxed{a'_2 > a'_1}$$

Ответ: 1) $F_0 = 24\mu mg$ 2) $F = 48\mu mg$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1: 0x: F - 3\mu mg = 3m\alpha'_1$$

$$2: 0x: 2F - 8\mu mg + 3\mu mg = 5m\alpha'_2$$

$$F - 3\mu mg = 3m\alpha'_1$$

$$2F - 5\mu mg = 5m\alpha'_2$$

$$\alpha'_2 > \alpha'_1$$

$$2F - 5\mu mg > F - 3\mu mg$$

$$\frac{2F - 5\mu mg}{5m} > \frac{F - 3\mu mg}{3m}$$

$$3(2F - 5\mu mg) > 5(F - 3\mu mg)$$

$$6F - 15\mu mg > 5F - 15\mu mg$$

μmg

$$\alpha_1 = \alpha_2$$

$$2F_0 - 5\mu mg = 5m\alpha_2$$

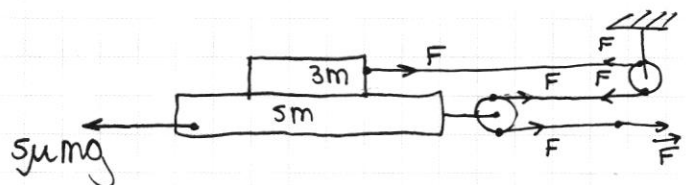
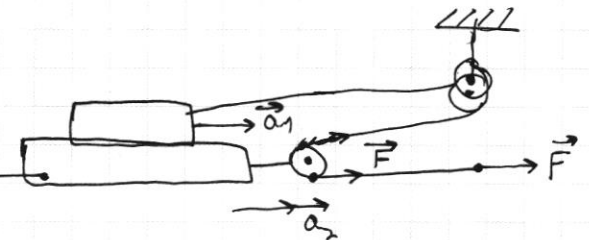
$$F_{тр} = F_0 = 3m\alpha_1$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = a$$

$$F_0 = 3m \cdot 5\mu g = 15\mu mg$$

$$ma = 5\mu mg$$

$$a = 5\mu g$$



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

$$ma =$$

$$6ma - 5\mu mg = 5ma$$

5.

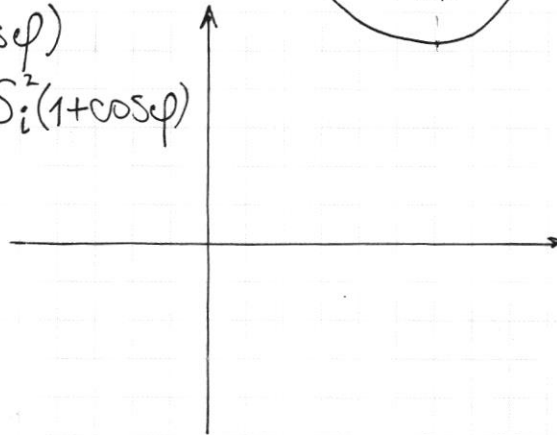
$$S_i \cdot \rho_i$$

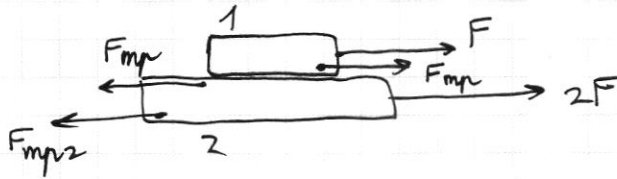
$$\rho_i = \rho_0 + \rho g h_i$$

$$2F_i^2 - 2F_i^2 \cdot \cos(180^\circ - 2\varphi)$$

$$F = 2F_i^2 (1 + \cos\varphi)$$

$$F = 2(\rho_0 + \rho g h_i)^2 S_i^2 (1 + \cos\varphi)$$





$$1: \text{Ox: } F + F_{mp} = 3m a_1'$$

$$F + 3\mu mg = 3m a_1'$$

$$a_1' = \frac{F + 3\mu mg}{3m}$$

$$2: \text{Ox: } 2F - 3\mu mg - 8\mu mg = 5m a_2'$$

$$a_2' = \frac{2F - 11\mu mg}{5m}$$

$$a_2' > a_1'$$

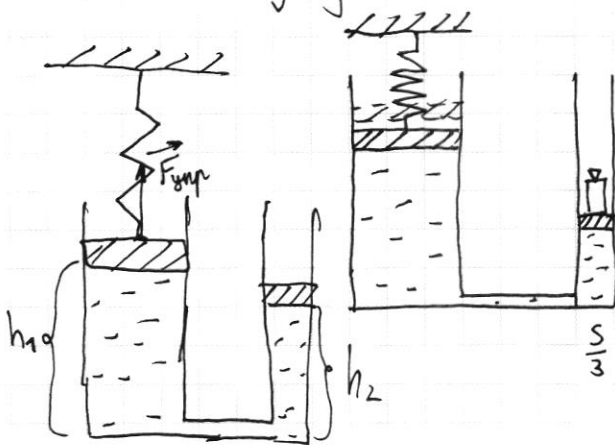
$$\frac{F + 3\mu mg}{3m} < \frac{2F - 11\mu mg}{5m} \quad | \cdot 15$$

$$5(F + 3\mu mg) < 3(2F - 11\mu mg)$$

$$5F + 15\mu mg < 6F - 33\mu mg$$

$$6F - 33\mu mg > 5F + 15\mu mg$$

$$14F > 48\mu mg$$

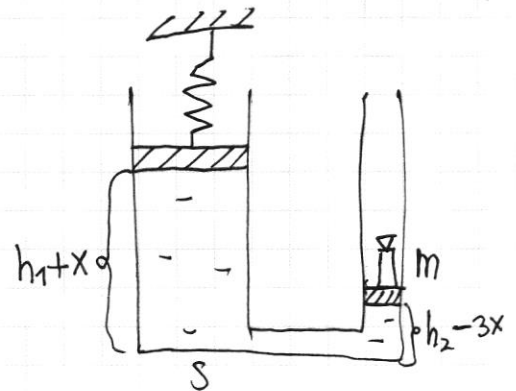


$$\rho g h_1 + \left(\rho \frac{kx}{S}\right) = \rho g h_2 + p_0$$

$$\rho g (h_1 - h_2) = \frac{kx}{S}$$

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

2.



$$\frac{S \cdot x}{S} = Sx - \frac{3}{S} = 3x$$

$$3m = \rho S \left(\frac{kx}{\rho g S} + 4x \right)$$

$$3m = \frac{kx}{g} + 4\rho S x$$

$$\rho g (h_1 + x) = \frac{mg}{S} + \rho g (h_2 - 3x)$$

$$\rho g h_1 + \rho g x - \rho g (h_2 - 3x) = \frac{3mg}{S}$$

$$\rho g (h_1 - h_2 + 4x) = \frac{3mg}{S} \quad \rho \left(\frac{kx}{\rho g S} + 4x \right) = \frac{3m}{S}$$

3.

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

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

$$v = \sqrt{G \frac{M}{4R}} = \sqrt{G \cdot \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3}{4R}} = \sqrt{G \rho \frac{4}{3} \pi R^2 \cdot \frac{1}{4}} = \sqrt{\frac{1}{3} G \rho \pi R^2}$$

$$T = 2\pi R : \sqrt{\frac{G \rho \pi R^2}{3}} = 2\pi R \cdot \sqrt{\frac{3}{G \rho \pi R^2}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^2 \cdot 3}{G \rho \pi R^2}} = \sqrt{\frac{12\pi}{G \rho}}$$

$$M \cdot \frac{m^2}{k^2} \cdot \frac{k}{m^3} \cdot x$$

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

$$G = \frac{g R^2}{M} = \frac{m^2}{c^2} \cdot \frac{m^2}{k^2} = \frac{m^4}{c^2 \cdot k^2}$$

$$\frac{k^2 \cdot m}{c^2} \cdot m^2 = \frac{k^2 \cdot m}{c^2} \cdot \frac{m^2}{m^2} = k \cdot \frac{m^3}{k^2}$$

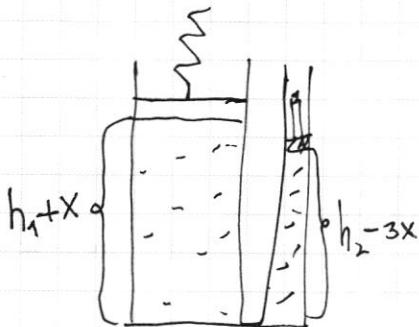
$$\frac{1}{k \cdot \frac{m^2}{k^2} \cdot \frac{m^3}{k^2}}$$

$$\frac{k}{k \cdot m} = \frac{k \cdot m}{c^2} \cdot \frac{1}{k \cdot m}$$

$$\frac{1}{k \cdot m} = \frac{k \cdot m}{k} = \frac{k \cdot m}{c^2}$$

2.

$$\frac{\rho g h_1 S - kx}{S} = \frac{\rho g h_2 \frac{S}{3}}{\frac{S}{3}}$$



$$(h_2 - h_1) = \frac{kx}{\rho g S}$$

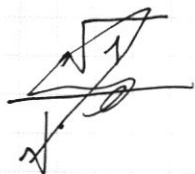
$$\frac{kx}{S} + \rho g h_1 = \rho g h_2$$

$$\rho g (h_1 + x) = \rho g (h_2 - 3x) + \frac{3mg}{S}$$

$$\rho g (h_1 - h_2) + \rho g x + \rho g 3x = \frac{3mg}{S}$$

$$\rho g (h_1 - h_2 + 4x) = \frac{3mg}{S}$$

$$3m = \frac{\rho (h_1 - h_2 + 4x) S}{3} = \frac{\rho (h + 4x) S}{3}$$



$$\sqrt{1} = \frac{2G \rho \pi R^2}{3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. ЗСЭ: $\frac{mv_0^2}{2} = \frac{m \frac{v_0^2}{4}}{2} + mgh$

$$v(t) = v_0 - gt$$

$$\frac{v_0}{2} = v_0 - gt \quad gt = \frac{v_0}{2}$$

$$t = \frac{v_0}{2g} = 0,5 \text{ c}$$

$$5 \text{ м} - 1,25 \text{ м}$$

$$\frac{v_0^2}{2} = \frac{v_0^2}{8} + hg \cdot 0,8$$

$$4v_0^2 = v_0^2 + 8hg$$

$$8hg = 3v_0^2$$

$$h = \frac{3v_0^2}{8g} = \frac{3 \cdot (10 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{8 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{300}{80} = \frac{15}{4} = 3\frac{3}{4} = 3,75 \text{ м}$$

$$10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,5 \text{ c} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,25 \text{ c}^2 \quad \frac{300}{80} = 3,75$$

2.

$$1) p_A = \frac{kx}{S} + \rho gh_1$$

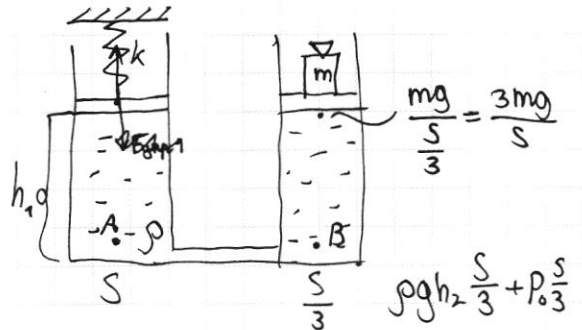
$$p_B = \rho gh_2$$

$$\frac{kx}{S} + \rho gh_1 = \rho gh_2$$

$$\rho_0 S + \rho gh_1 S = N_1 + kx$$

$$\left. \begin{aligned} p_A &= \rho gh_1 - \frac{kx}{S} \\ p_B &= \rho gh_2 \end{aligned} \right\} p_A = p_B$$

$$h_1 - h_2 = \frac{kx}{\rho g S}$$



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

$$\rho gh_2 \frac{S}{3} + \rho_0 \frac{S}{3}$$

$$\rho gh_1 - \frac{kx}{S} = \rho gh_2$$

$$\rho g(h_1 - h_2) = \frac{kx}{S}$$

$$\frac{3mg}{S} + \rho gh_2 = \rho gh_1$$

$$\frac{3mg}{S} = \rho g(h_1 - h_2)$$

$$3mg \cdot \frac{1}{S} = \rho g \cdot \frac{kx}{\rho g S} = \frac{kx}{S}$$

3.

1) $g_0 = G \frac{M}{R^2}$ — у поверхности

$$g = G \frac{M}{(3R)^2} = G \frac{M}{9R^2} = G \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{9R^2} = G \cdot \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R}{9} = \frac{4}{27} G \rho \pi R$$

2) $\omega = \frac{2\pi}{T}$
 $v = \omega R \Rightarrow \omega = \frac{v}{R}$

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

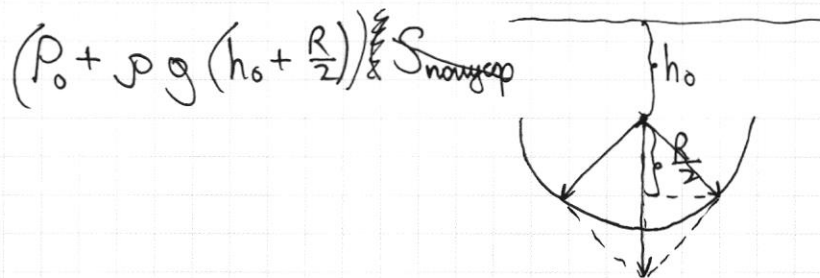
$$g_1 = G \frac{M}{(R+h)^2} = G \frac{M}{4R^2} = \frac{v^2}{R}$$

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА





черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)