

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

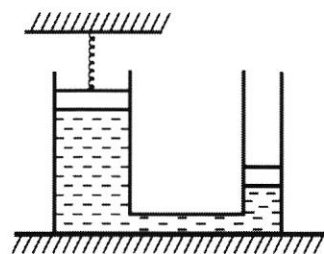
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

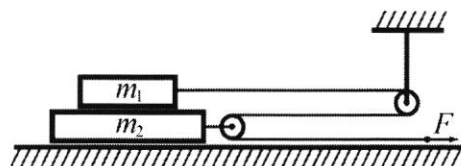
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



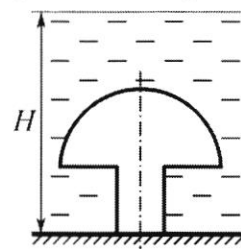
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

1. Дано:

$$v_0 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

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

$$t_{v_0/3} - ? ;$$

$$h_{v_0/3} - ?$$

Решение:

$v_{\text{иск}} = v_0/3$; $v_{\text{иск}}$ - скорость искомая для t и h .

$$v_{\text{иск}} = v_0/3 = \frac{12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Т.к. камень брошен вертикально вверх, рассмотрим 2 случая:

I случай:

$$\uparrow v_0 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad g \downarrow$$

II случай:

$$\uparrow v_0 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad g \downarrow$$

где $v_{\text{н}} = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ - скорость на

$$I) v_{\text{иск}} = v_0 - g t \Rightarrow t = \frac{v_{\text{иск}} - v_0}{-g} = \frac{4 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{-10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = \frac{-8 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{-10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,8 \text{ с.}; t = t_{v_0/3} = 0,8 \text{ с.}$$

$$h_{v_0/3} = S = v_0 t_{v_0/3} - \frac{g t_{v_0/3}^2}{2} = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 0,8 \text{ с} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (0,8 \text{ с})^2}{2} = 0,8 \text{ с} \cdot (12 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,8 \text{ с}) = 0,8 \text{ с} \cdot 8 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 6,4 \text{ м.}$$

II) Найдем $h_{\text{макс}}$, где $h_{\text{макс}}$ - максимальная высота:

$$v_{\text{к}} = v_0 - g t_1, \text{ где } v_{\text{к}} = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}} = v_{\text{н}}; t_1 -$$

время, за которое камень достигнет $h_{\text{макс}}$.

$$v_{\text{к}} = v_0 - g t_1 = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot t_1 = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{0 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{-10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,2 \text{ с.}$$

$$h_{\text{макс}} = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 1,2 \text{ с} - \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (1,2 \text{ с})^2}{2}$$

$$= 1,2 \text{ с} \cdot (12 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1,2 \text{ с}) = 1,2 \text{ с} \cdot 6 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 7,2 \text{ м.}$$

Найдём t_2 , где t_2 - время, за которое камень достигнет $v_0/3$ со скоростью $v_H = 0 \frac{м}{с}$.

$$v_0/3 = v_{\text{иск}} = v_H + g t_2 \Rightarrow t_2 = \frac{v_{\text{иск}} - v_H}{g} = \frac{4 \frac{м}{с} - 0 \frac{м}{с}}{10 \frac{м}{с^2}} = 0,4 \text{ с.}$$

$t_{\text{об}} = t_1 + t_2$, где $t_{\text{об}}$ - время, за которое камень достигнет $v_0/3$ во второй раз:

$$t_{\text{об}} = t_1 + t_2 = 1,2 \text{ с} + 0,4 \text{ с} = 1,6 \text{ с.}$$

$h_{\text{спуска}} = \frac{g t_2^2}{2}$, где $h_{\text{спуска}}$ - расстояние, которое пролетит камень за $t_2 = 0,4 \text{ с}$ со скоростью $v_H = 0 \frac{м}{с}$.

$$h_{\text{спуска}} = \frac{10 \frac{м}{с^2} \cdot (0,4 \text{ с})^2}{2} = 5 \frac{м}{с^2} \cdot 0,4^2 \text{ с}^2 = 0,8 \text{ м.}$$

$h_2 = h_{\text{макс}} - h_{\text{спуска}}$, где h_2 - высота камня, имеющую скорость $v_0/3$.

$$h_2 = 7,2 \text{ м} - 0,8 \text{ м} = 6,4 \text{ м.}$$

Ответ: $t = 0,8 \text{ с}$; $h = 6,4 \text{ м}$ или $t_{\text{об}} = 1,6 \text{ с}$, $h_2 = 6,4 \text{ м}$.

3. Дано: Решение:

$$h = 0,5R;$$

$$R; \rho; G;$$

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

$$1) g_{2R} = ?;$$

$$2) T_{\text{сп}} = ?$$

$$g_{2R} = \frac{G \cdot M_{\text{пл}}}{(2R)^2}, \text{ где } M_{\text{пл}} - \text{масса планеты.}$$

$$M_{\text{пл}} = V_{\text{пл}} \cdot \rho_{\text{пл}} = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho.$$

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

$$T_{\text{сп}} = \frac{L_{\text{орб}}}{v_{\text{сп}}}, \text{ где } L_{\text{орб}} - \text{длина окр.-ти орбиты,}$$

$v_{\text{сп}} - \text{скорость спутника.}$

$$L_{\text{орб}} = 2 \pi r, \text{ где } r - \text{радиус окр.-ти орбиты.}$$

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

$$L_{\text{орб}} = 2 \pi \cdot 1,5R = 3 \pi R.$$

Т.к. спутник обращается вокруг планеты \Rightarrow

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

⇒ он имеет I-ю космическую скорость - $v_I = \sqrt{\frac{GM}{R}}$

$$v_I = \sqrt{\frac{G \cdot M_{\text{пл}}}{R_{\text{орб}}}} = \sqrt{\frac{\frac{4}{3} \cdot G \cdot \pi R^3}{1,5R}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G \cdot \pi \cdot R^2}{4,5 \cdot 1}} =$$

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

$$T_{\text{сп}} = \frac{L_{\text{орб}}}{v_{\text{сп}}} = \frac{3\pi R}{R \sqrt{\frac{4 G \pi}{4,5}}} = \frac{3(\sqrt{\pi})^2}{\sqrt{\frac{4 G}{4,5}} \cdot \sqrt{\pi}} = \frac{9 \cdot \sqrt{\pi}}{\sqrt{\frac{4 G}{4,5}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{9 \pi \cdot 4,5}{4 G}} = 1,5 \sqrt{\frac{4,5 \pi}{G}} = 4,5 \sqrt{\frac{0,5 \pi}{G}}$$

Ответ: $g_{2R} = \frac{G \pi R \rho}{3}$; $T_{\text{сп}} = 4,5 \sqrt{\frac{0,5 \pi}{G}}$

2. Дано:

ρ_x ; k ;

h ; $S_{\text{пр}} = S$;

$S_1 = \frac{S}{2}$;

g .

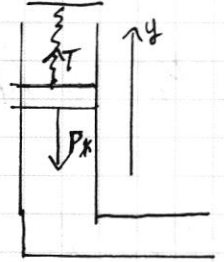
1) x - ?

2) m - ?; $x_H = 0$.

Решение:

Найдём вес $P_{\text{жид-ти}} = F_{\text{гид-ти}} \text{ под поршнем}$

$$F_{\text{гид-ти}} = m \cdot g = V \cdot \rho \cdot g = S h \rho \cdot g.$$



$T = F_{\text{упр}} = kx$ - сила натяжения пружины.

23-и Ньютона:

$ma = T - P_x$; система находится в равновесии $\Rightarrow a = 0$.

$$0 = T - P_x$$

$$P_x = T$$

$$S h \rho \cdot g = kx \Rightarrow x = \frac{S h \rho \cdot g}{k}.$$

Чтобы $x_H = 0$, надо повысить уровень

жид-ти на x :

$h_n = h + x$, где h_n - новая высота столба воды,

Условие равновесия:

$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$, где F_1 и S_1 - параметры для левого поршня,
 F_2 и S_2 - параметры для правого поршня.

$F_2 = mg$; $S_2 = \frac{S}{2}$; $S_1 = S$; $F_1 = P_{нж}$ - вес нового пистона.

$$\frac{P_{нж}}{S} = \frac{2mg}{S} \quad | \cdot S \neq 0$$

$$P_{нж} = 2mg$$

$$P_{нж} = m_x \cdot g = V_x \cdot \rho_x \cdot g = h_n \cdot S \cdot \rho_x \cdot g =$$

$$= (h + 2x) S \rho_x g$$

$$(h + 2x) S \rho_x g = 2mg \quad | : g \neq 0$$

$$(h + 2x) S \rho_x = 2m$$

$$m = \frac{(h + 2x) S \rho_x}{2}$$

Ответ: $x = \frac{5h\rho_x g}{k}$; $m = \frac{(h + 2x) S \rho_x}{2}$

5. Дано: С У

$$H = 2,5 \text{ м}$$

$$V = 8 \text{ дм}^3$$

$$S = 20 \text{ см}^2$$

$$\rho_b = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

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

1) P_1 - ?

2) F - ?

$$\frac{8}{10000} \text{ м}^3$$

$$\frac{20}{10000} \text{ м}^2$$

$$1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$10^5 \text{ Па}$$

Решение:

$P_1 = P_0 + P_b$, где P_b - давление воды на дно.

$$P_b = \rho_b g H = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2,5 \text{ м} =$$

$$= 25 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

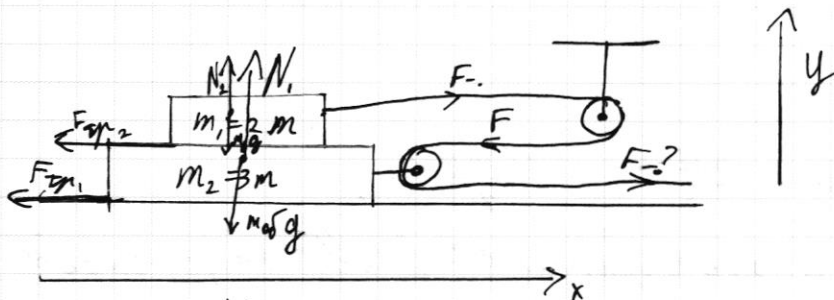
$$P_1 = P_0 + P_b = 10^5 \text{ Па} + 25 \cdot 10^3 \text{ Па} =$$

$$= 100 \cdot 10^3 \text{ Па} + 25 \cdot 10^3 \text{ Па} = 125 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

Ответ: $P_1 = 125 \cdot 10^3 \text{ Па}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

4.



Дано: M ; $m_1 = 2m$;

$m_2 = 3m$.

Найти: F_{fr1} ?; $F_{fr2} = 0$;

F_{spring} ?; $\vec{a}_1 = -a_x$

2 з - и Ньютона:

0y) $ma = N - m_{об}g$, где $m_{об}$ - общая масса $= m_1 + m_2$;

Т.к. конструкция движется только вдоль оси x , то $a = 0$:

$$0 = N_1 - m_{об}g$$

$$(m_1 + m_2)g = N_1$$

$$5mg = N_1$$

0y) $ma = N_2 - m_1g$, где $a = 0$, т.к. конструкция движется только вдоль оси x :

$$0 = N_2 - m_1g$$

$$m_1g = N_2$$

$$2mg = N_2$$

$$0x) m_{об}a = F - F_{fr1};$$

$$F_{fr1} = N_1 \mu$$

$$5ma = F - N_1 \mu$$

$$F = 5ma - 5mg\mu = 5m(a - g\mu).$$

$$0x) \quad m_1 a = F - F_{\text{тр}_2}, \text{ т.к. по условию } F_{\text{тр}_2} = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_1 a = F$$

$$2ma = F$$

Т.к. сила F равна:

$$2ma = 5m(a - gM) \quad | : m \neq 0$$

$$2a = 5a - 5gM$$

$$5gM = 3a$$

$$a = \frac{5gM}{3}$$

$$2ma = F_0 = 2m \cdot \frac{5gM}{3} = \frac{10mgM}{3}$$

Чтобы верхний брусок двигался влево, надо, чтобы

$F_{\text{мин}} > F_{\text{тр}_2 \text{ макс}}$; $F_{\text{тр}_2 \text{ макс}}$ - максимальная сила трения

$$F_{\text{тр}_2 \text{ макс}} = N\mu$$

$$N = mg = 2mg$$

$$F_{\text{тр}_2 \text{ макс}} = 2mg\mu \Rightarrow F_{\text{мин}} > 2mg\mu$$

$$\text{Ответ: } F_0 = \frac{10mgM}{3}; F_{\text{мин}} > 2mg\mu$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. $v_0 = 12 \text{ м/с}$ $v_{\text{иск}} = v_0/3 = 4 \text{ м/с}$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 $t_{v_0/3} = ?$
 $h_{v_0/3} = ?$

$$v_{\text{иск}} = v_k = v_0 - gt \Rightarrow t = \frac{v_{\text{иск}} - v_0}{-g} =$$

$$= \frac{4 - 12}{-10} = 0,8 \text{ с.}$$

$$h = s = v_0 t - \frac{g t^2}{2} = 12 \cdot 0,8 - 5 \cdot 0,8^2 =$$

Отв.: $t = 0,8 \text{ с}$, $h = 6,4 \text{ м.}$

2. $\rho_k = \rho$ 1).

$\Delta h_{\text{жид.}}$

$k_{\text{жид.}} = k$

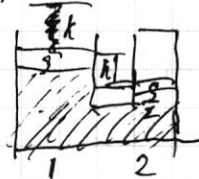
$S_1 = S$

$S_2 = \frac{S}{2}$

$g_2 = g$

$\Delta l = x = ?$

$m_2 = ?$



Условие равновесия:

$\rho_k g V_1 - k \Delta l = \rho g V_2$

$kx = \rho g S_1 h_1 - \rho g \frac{S_2}{2} h_2$

$kx = \rho g S (h_1 - \frac{h_2}{2})$

$h = \Delta h = h_1 - h_2 = h_1 - \frac{h_2}{2} - \frac{h_2}{2}$

$\Rightarrow h_1 - \frac{h_2}{2} = \Delta h - \frac{h_2}{2}$

3. $h = 0,5 R$

$\rho_1 = \rho_{\text{жид.}}$

$\rho = \rho_{\text{жид.}}$

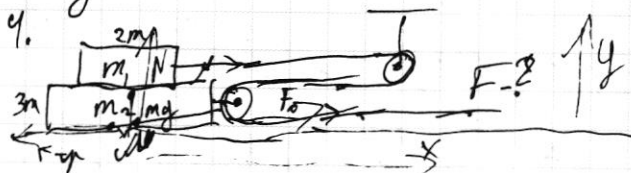
$G_1 = \gamma_{\text{жид.}} = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$

$g_{2R} = ?$, $T_{\text{от.}} = ?$

$g_{2R} = \frac{G M_{\text{жид.}}}{(2R)^2} = \frac{G V \rho}{4R^2} = \frac{G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{4R^2} =$

$= \frac{4}{3} G \pi R \rho \cdot \frac{1}{4} = \frac{1}{3} G \pi R \rho$

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



2) - и Ньютона:

0x) $F_0 = F_{\text{жр}} = m a$

0y) $N - mg = m a$; $N = mg$

$F_{\text{жр}} = N \mu = mg \mu = F_0$
 $m = 5m g \mu$

5. $M = 2,5 \mu$.

$V = 8 \text{ cm}^3 = \frac{8}{1000} \text{ m}^3$

$S = 20 \text{ cm}^2 = \frac{20}{10000} \text{ m}^2$

$\rho_B = 12 \text{ g/cm}^3$

$\rho_0 = 100 \text{ kPa}$

$g = 10 \text{ m/s}^2$

$P_1 = ?$

$R_1 = R_B + R_0$

$P_B = \rho_B g h = 10 \cdot 1000 \cdot 2,5 = 25 \text{ kPa}$

$P_1 = R_B + P_0 = (25 + 100) \text{ kPa} = 125 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

$g \cdot V = S \cdot h + \frac{4}{3} \pi R^3 / 2 = S h + \frac{2}{3} \pi R^3 =$

$= 0,002 \text{ m}^3 + \frac{6,28}{3} R^3 = 0,008 \text{ m}^3$

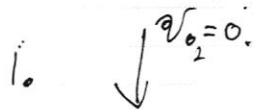
$R = h?$

$\frac{6,28}{3} R^3 = 0,006$

$0,002 R + 2,093 R^3 = 0,008$

$R(2 + 2093 R^2) = 8$

$R(1 + 1,0465 R^2) = 4$



$v_{01}/3 = 4 \text{ m/s}$

$v_{02} + g t \Rightarrow t = \frac{4 - 0}{10} = 0,4 \text{ s}$

$v = \sqrt{g R}$

$= \sqrt{1,5 R \cdot \frac{G M}{(1,5 R)^2}} = \sqrt{\frac{G M}{1,5 R}}$

$= \sqrt{\frac{4 G M R^2}{3 \cdot 1,5 R}} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{G M}{R}}$

$v = \sqrt{\frac{G M}{R}}$

$\frac{v}{2} = \frac{v^2}{c^2}$

$v_{\text{max}} = v_{01} t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 12 t_1 -$

$= 5 t_1^2 \Rightarrow v_k = 0 = v_{01} - g t_1 \Rightarrow$

$\Rightarrow t_1 = \frac{10 - 12}{-10} = 1,2 \text{ s}$

$t = 1,2 + 1,4 = 2,6 \text{ s}$

$t_{\text{tot}} = t_1 + t = 1,6 \text{ s}$

$h_{\text{спуска}} = \frac{g t^2}{2} = 5 \cdot 0,4 \cdot 0,4 =$

$= 0,8 \Rightarrow h_{\text{в.}} = 0,2 - 0,8 = -6,4$

3. $v = \frac{L}{T} = \frac{2 \pi R + h \rho}{2 \pi \sqrt{\frac{R}{g}}}$

$= \frac{R + h}{\dots}$

$F_{R+h} = \frac{G \cdot M}{R^2 + 2 R h + h^2} \Rightarrow F_{\text{пр}} = g_{3h} \cdot m_{\text{сн.}}$

$m_{\text{сн.}} = F_{\text{пр}} \cdot m$

$a_y = g_{3h} = \frac{v^2}{R + h} = \frac{v^2}{3h} = \frac{4}{3} \cdot \frac{G \cdot \pi \cdot R^3 \cdot \rho}{3 \cdot 9 h^2}$

$\frac{4}{3} \cdot \frac{G \cdot \pi \cdot R^3 \cdot \rho}{3 \cdot 9 h^2} = \frac{v^2}{3h} \Rightarrow v^2 = 4 G \pi R^3 \cdot \rho$

$l = \rho_{\text{окр}} 3h = 6 \pi R \cdot T = \frac{l}{v} = \frac{6 \pi R}{2 \sqrt{4 G \pi R^3 \rho}} = 3 \sqrt{\frac{\pi R}{G \rho}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2. $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$ $\rho_1 = \rho_2 \Rightarrow \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$

$F_{\text{упр}} = \rho g V = h \cdot 2 S \rho g = 2 h S \rho g = F_{\text{упр}}$

2) $x=0$. $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$ $\frac{F_1}{S} = \frac{2 F_2}{S}$

$x=0 = \frac{S h \rho x g}{k} = 2 F_{\text{упр}}$

- $k \neq 0$, $g = \text{const}$
- $S = \text{const}$, $\rho x = \text{const} \Rightarrow h = ?$

$h_x = h + x$

$F_{\text{упр}_2 \text{ max}} = N \mu = 2 m g \mu$

$m a > 2 m g \mu$

$2 m a > 2 m g \mu$

$2 a > 2 g \mu$

$a > g \mu$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)