

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

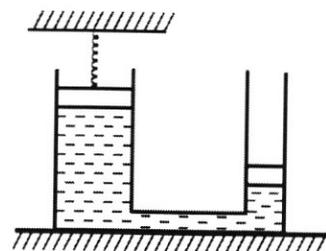
Вариант 09-02

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 .

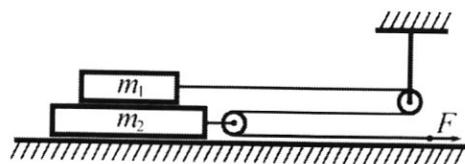


- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
- 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная G . Объём шара $V = \frac{4}{3}\pi R^3$.

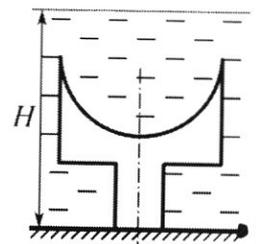
- 1) Найдите ускорение g свободного падения на расстоянии $3R$ от центра планеты.
- 2) Найдите период T обращения спутника.

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.

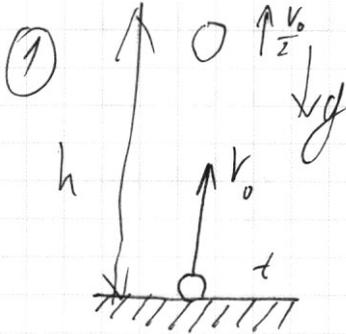
5. Ко дну бассейна глубиной $H=3$ м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции $V = 5$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 10$ см². Плотность воды $\rho = 1$ г/см³, атмосферное давление $P_0 = 100$ 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.

(Handwritten scribble)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

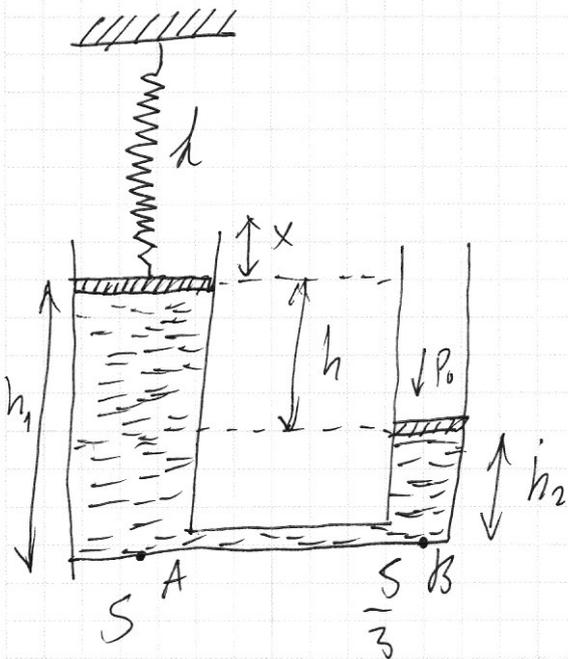


$$1) \quad v_0 - gt = \frac{v_0}{2} \Rightarrow gt = \frac{v_0}{2} \quad v_0 = 2gt \quad t = \frac{v_0}{2g} = \frac{10 \text{ м/с}}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,5 \text{ с}$$

$$2) \quad h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \cdot \frac{v_0}{2g} - \frac{g \cdot v_0^2}{4g^2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{4g} = \frac{4v_0^2 - v_0^2}{4g} = \frac{3v_0^2}{4g} = \frac{3 \cdot 10^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{4 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = \frac{30 \text{ м}}{4} = 7,5 \text{ м}$$

Ответ: 1) $t = 0,5 \text{ с}$; 2) $h = 7,5 \text{ м}$

(2)



Очевидно, что пружина растянута, иначе, когда мы поставим груз на правый поршень, то она будет ещё более растянута, но это не является условием равновесия.

1) Это зонау равновесия

$$P_A = P_B$$

$$\Rightarrow P_0 + \rho g h_1 - \frac{kx}{S} = P_0 + \rho g h_2$$

$$h_1 - h_2 = h$$

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2)

ΔV - объем воды, который перемещается из правой сосуда в левый.

$$\Delta V = \xi X = \frac{\xi}{3} \cdot y$$

$$\Rightarrow y = 3x$$



По закону Паскаля: $P_A = P_B$.

$$\Rightarrow P_0 + \rho g(h_1 + x) = P_0 + \rho g(h_2 - y) + \frac{mg}{\frac{S}{3}}$$

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

$$\rho h_1 + \rho x = \rho h_2 - 3\rho x + \frac{3m}{S}$$

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

$$h_1 - h_2 = h$$

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

$$3m = \rho h S + 4\rho x S$$

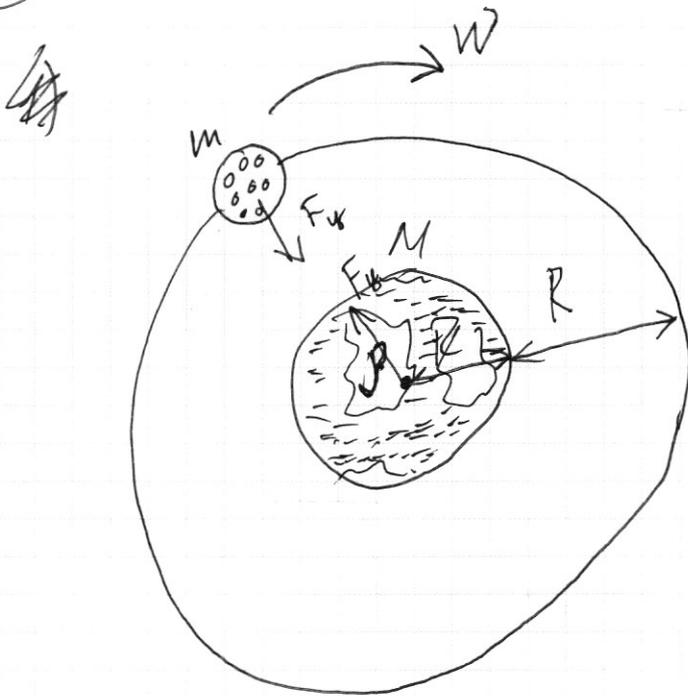
$$m = \frac{\rho h S + 4\rho x S}{3} = \frac{\rho S (h + 4x)}{3}$$

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

$$= \frac{\cancel{\rho S} \frac{hx}{\cancel{\rho g S}} + 4x \rho S}{3} = \frac{hx}{g} + \frac{4\rho S x}{3} = \frac{hx + 4\rho g S x}{3g} =$$

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

3) Ответ: 1) $h = \frac{hx}{\rho g S}$; 2) $m = \frac{(h + 4\rho g S)x}{3g}$.



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

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

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

$$1) F_{гxm} = F_{гmx} = mg = G \frac{M \cdot m}{r^2} = G \cdot \frac{M \cdot m}{(3R)^2}$$

$$mg = G \cdot \frac{M \cdot m}{(3R)^2}$$

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

$$= \frac{G \cdot \frac{4}{3} \cdot \rho \pi R}{9} = \frac{4G\rho\pi R}{27} = g = \frac{4G\rho\pi R}{27}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) $F_{ц} = F_{притяж}$

~~$2mw^2R$~~

$$2mw^2R = G \cdot \frac{M \cdot m}{(2R)^2}$$

~~$F_{ц} = mw^2R$~~

~~$F_{ц} = mw^2R$~~

$$F_{ц} = mw^2 \cdot 2R = 2mw^2R$$

$$F_{притяж} = G \cdot \frac{M \cdot m}{(2R)^2}$$

$$2w^2R = \frac{GM}{4R^2} \Rightarrow 8w^2R^3 = GM = G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$$

$$8w^2 = \frac{4G\rho}{3} \Rightarrow 2w^2 = \frac{1}{2} G\rho$$

$$w^2 = \frac{G\rho}{6}$$

$$w = \sqrt{\frac{G\rho}{6}}$$

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

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = \left(\sqrt{\frac{G\rho}{6}}\right)^2$$

$$\frac{4\pi^2}{T^2} \cdot \frac{G\rho}{6} \Rightarrow G\rho T^2 = 24\pi^2$$

$$G\rho T^2 = 24\pi^2$$

$$T^2 = \frac{24\pi^2}{G\rho}$$

$$T = \sqrt{\frac{24\pi^2}{G\rho}}$$

Ответ: 1) $g = \frac{4G\rho R}{27}$; 2) $T = \sqrt{\frac{24\pi^2}{G\rho}}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{cases} 2F_0 = 6ma \\ 2F_0 = 8Mg + 5ma \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 6ma = 8Mg + 5ma \\ \boxed{a = 8Mg} \end{cases}$$

~~По 2 закону Ньютона~~

$$\boxed{F_0 = 3ma = 3m \cdot 8Mg = 24Mg}$$

~~А~~

~~По 2 закону Ньютона для верёвочки~~

2) По 2 закону Ньютона для верёвочки

~~По 2 закону Ньютона для верёвочки~~

~~А~~

$$\begin{cases} F_{упр1} = MN_1 & N_1 = m_1g = 3mg \\ F_{упр1} = M \cdot 3mg = 3Mg \end{cases}$$

~~По 2 закону Ньютона для верёвочки~~

По 2 закону Ньютона для верёвочки на ось x:

$$T + F_{упр1} = m_1 a_1 \Rightarrow F + 3Mg = 3ma_1 \quad (1)$$

Ито 2 закон Ньютона для второго груза на ось X:

$$2T - F_{уп2} - F_{уп1} = m_2 a_2 \Rightarrow 2F - 8 \text{ Мн} - 3 \text{ Мн} = 5 m a_2$$

$$2F = 11 \text{ Мн} + 5 m a_2 \quad (2)$$

Уmode первого груза движение будет направлено вправо, т.е. $a_1 \leq a_2$ (3).

Решаем систему уравнений (1), (2), (3):

$$\begin{cases} F + 3 \text{ Мн} = 3 m a_1 & | \cdot 2 \\ 2F = 11 \text{ Мн} + 5 m a_2 \\ a_1 \leq a_2 \end{cases}$$

$$\text{Или} \begin{cases} 2F + 6 \text{ Мн} = 6 m a_1 \\ 2F = 11 \text{ Мн} + 5 m a_2 \\ a_1 \leq a_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 6 m a_1 - 6 \text{ Мн} = 11 \text{ Мн} + 5 m a_2 \\ a_1 \leq a_2 \end{cases}$$

$$6 m a_1 - 5 m a_2 = 17 \text{ Мн}$$

$$6 a_1 - 5 a_2 = 17 \text{ М} \Rightarrow a_1 + 5(a_1 - a_2) = 17 \text{ М}$$

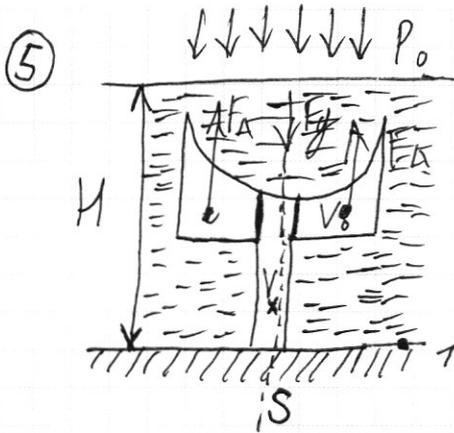
$$a_1 - a_2 \leq 0 \Rightarrow \boxed{a_1 \geq 17 \text{ М}}$$

$$\begin{aligned} F &= 3 m a_1 - 3 \text{ Мн} \geq 3 m \cdot 17 \text{ М} - 3 \text{ Мн} = \\ &= 51 \text{ Мн} - 3 \text{ Мн} = 48 \text{ Мн} \end{aligned}$$

$$\boxed{F_{\min} = 48 \text{ Мн}}$$

Ответ: 1) $F_0 = 24 \text{ Мн}$; 2) $F = 48 \text{ Мн}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Разобьем фигуру на 2 части:
фигуру, находящуюся под площадью S и остальную часть. Заметим,
что на ~~всю~~ первую фигуру действует
сила давления сверху, а на вторую
действует сила Архимеда со стороны воды.

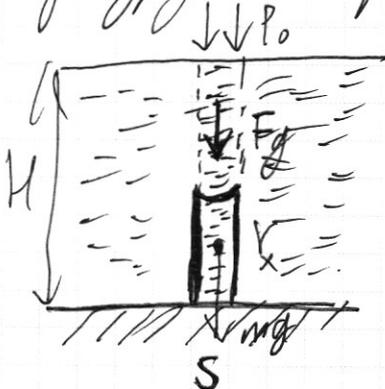
$$1) P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \text{ кПа} + 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3 \text{ м} =$$

$$= 100 \text{ кПа} + 30000 \text{ Па} = 100 \text{ кПа} + 30 \text{ кПа} = 130 \text{ кПа}$$

$$2) F_A = \rho g V_0$$

$$V_0 + V_x = V$$

Чтобы найти силу, ~~то~~ действующую на вторую
фигуру со стороны воды, заметим её на воду:



$$P_0 S + \rho g H S = F_g + \rho g V_x$$

$$F_g = P_0 S + \rho g H S - \rho g V_x$$

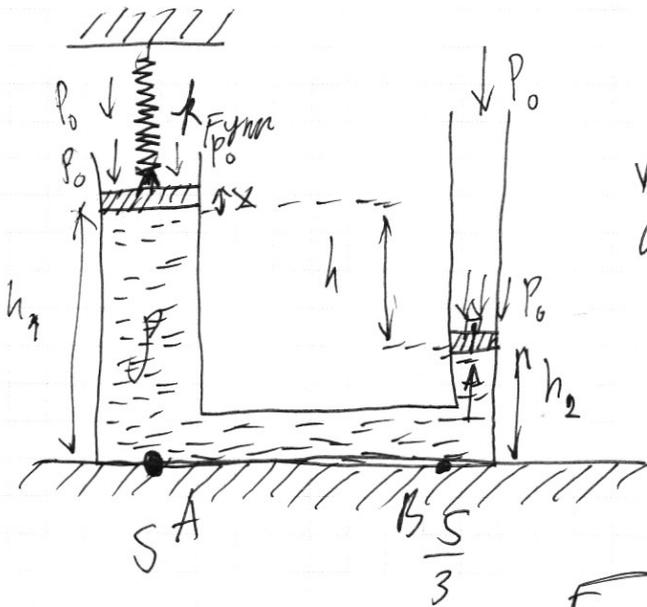
$$F = F_g - F_A = P_0 S + \rho g H S - \rho g V_x - \rho g V_0 =$$

$$= P_0 S + \rho g H S - \rho g V = (P_0 + \rho g H) S - \rho g V = P_1 S - \rho g V =$$

$$= 130 \text{ кПа} \cdot 0,001 \text{ м}^2 - 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,005 \text{ м}^3 = 130 \text{ Н} - 50 \text{ Н} = 80 \text{ Н (вниз)}$$

Ответ: 1) $P_1 = 130 \text{ кПа}$; 2) $F = 80 \text{ Н}$ (смг ↓).

2



$\downarrow g$

Очевидно, что поверхность равновесна, иначе, когда мы поворачиваем чашу на прямой поверхности, то она будет еще более стоять, то есть, не является сферической.

По закону Паскаля:

$$P_A = P_B$$

$$F_{\text{spring}} = kx \Rightarrow P_0 + \rho g h_1 - \frac{kx}{S} = P_0 + \rho g h_2$$

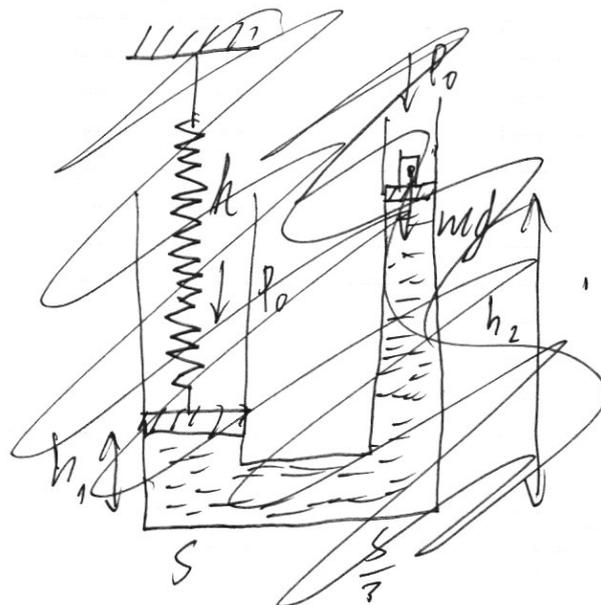
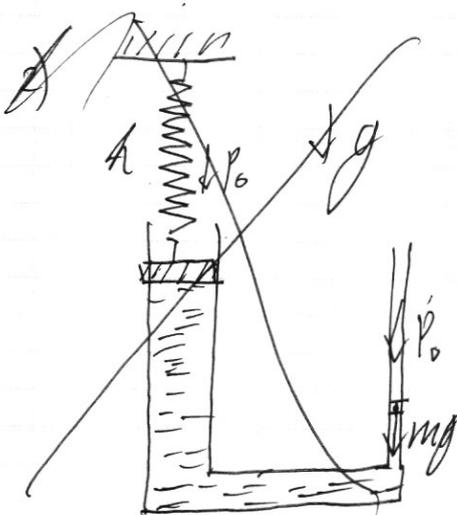
$$1) P_0 + \rho g h_1 - \frac{kx}{S} = P_0 + \rho g h_2$$

$$h = h_1 - h_2$$

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

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

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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① ①



1)

kg

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

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

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

$$2gt = v_0$$

$$t = \frac{v_0}{2g} = \frac{10 \text{ м/с}}{2 \cdot 10 \text{ м/с}^2} =$$

0,5c

2)

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

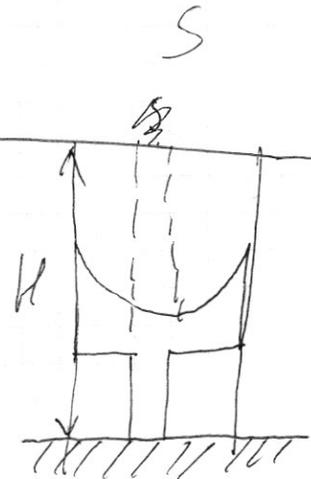
$$= v_0 \cdot \frac{v_0}{2g} - \frac{g \cdot \frac{v_0^2}{4g^2}}{2} = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{8g} = \frac{4v_0^2 - v_0^2}{8g} = \frac{3v_0^2}{8g}$$

$$= \frac{3 \cdot 10 \cdot 10}{8 \cdot 10} = \frac{15}{4} = 3,75 \text{ м.}$$

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

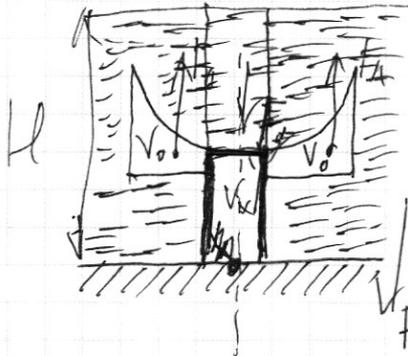
$H; V; P; S; P_0; g$

$$F = \rho g H S - \rho g V = \rho g (SH - V) + P_0 S$$



P_0 ↓↓↓↓

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$2V_0 + V_x = V$
 $F_A = \rho g V_0$

$F_g = P_0 S + \rho g S H - V_x \rho g$

~~$F_x = 2F_A - F_g$~~

$F = 2F_A - F_g =$

$= 2\rho g V_0 - P_0 S - \rho g S H + V_x \rho g =$

$= (2V_0 + V_x) \rho g - P_0 S - \rho g S H = \rho g V - P_0 S - \rho g S H =$

$= 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 0,005 \text{ м}^3 - 100,000 \text{ Па} \cdot 0,001 \text{ м}^2 - 1000 \cdot 10 \cdot 0,001 \cdot 3 =$

$5 \text{ дм}^3 = 0,1 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 5 = 0,005 \text{ м}^3$

$10 \text{ см}^2 = 0,1 \text{ м} \cdot 0,01 \cdot 10 =$
 $= 0,001 \text{ м}^2$

$= 50 \text{ Н} - 100 \text{ Н} - 30 = -80 \text{ Н}$

$\downarrow F = 80 \text{ Н}$

$\frac{100000}{200} \cdot \frac{200}{50} = \frac{100000}{10000}$

$130 \text{ Н} - 50 \text{ Н} = 80 \text{ Н}$

$10 \text{ см}^2 = 0,001 \text{ м}^2$

$5 \text{ дм}^3 = 5 \text{ л} = \frac{1}{200} \text{ м}^3 =$
 ~~$0,05 \text{ м}^3$~~
 $= 0,005 \text{ м}^3$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)