

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

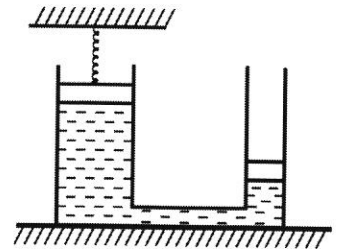
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

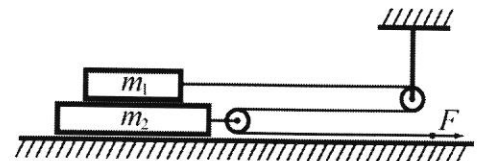
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



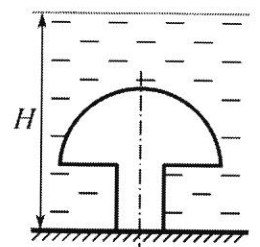
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

$$h(t) = V_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

h - высота тела

$$V(t) = V_0 - gt$$

$$V_0/3 \Rightarrow V_0/3 = V_0 - gt \quad t = \frac{2V_0}{3g} = 0,8 \text{ с}$$

Если тело падает, то $V(t) = -V_0/3$

$$-V_0/3 = V_0 - gt; \quad t = \frac{4V_0}{3g} = 1,6 \text{ с}$$

Подставим полученные t в закон движения

$$h(t) = \frac{2V_0^2}{3g} - \frac{4gV_0^2}{3 \cdot 6g} = \frac{2V_0^2}{3g} - \frac{4V_0^2}{18g} = \frac{12V_0^2 - 4V_0^2}{18g} = \frac{4V_0^2}{9g}$$

$$\frac{4 \cdot 12^2}{9 \cdot 9,8} = \boxed{6,4 \text{ м}}$$

$$h(t) = \frac{4V_0^2}{3g} - \frac{16V_0^2}{18g} = \frac{4V_0^2}{9g} = \boxed{6,4 \text{ м}}$$

Ответ: $t_1 = 0,8 \text{ с}$

$t_2 = 1,6 \text{ с}$

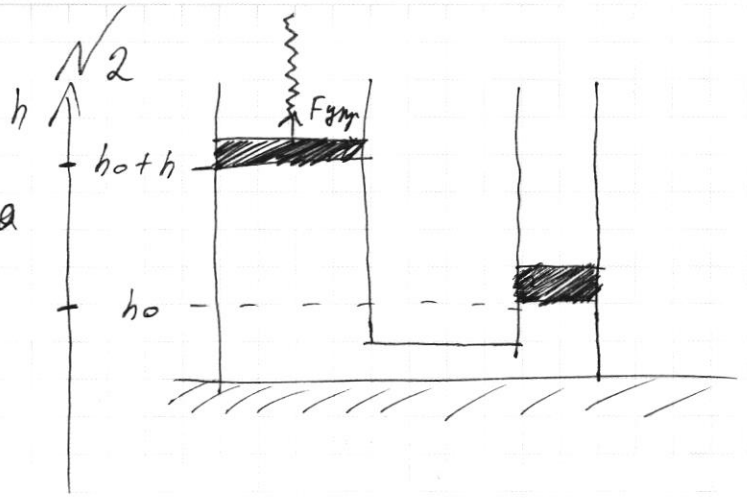
$h = 6,4 \text{ м}$

$$1) P = \rho g h = \frac{F}{S}$$

$P_{\text{слева}} = P_{\text{справа}}$ т.к. система
в равновесии

$$P_{\text{слева}} = P_1 = \rho g (h_0 + h) - \frac{F_{\text{упр}}}{S}$$

$$P_{\text{справа}} = P_2 = \rho g h_0$$



$$P_1 = P_2 \Rightarrow \rho g h = \frac{F_{\text{упр}}}{S} ; F_{\text{упр}} = \rho g h S$$

$$F_{\text{упр}} = k x \Rightarrow x = \frac{F_{\text{упр}}}{k}$$

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

2) Если $F_{\text{упр}} = 0$, то:

$$P_1 = \rho \vec{g} (h_0 + h)$$

$$P_2 = \rho \vec{g} h_0 + \frac{2m\vec{g}}{S}$$

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \rho \vec{g} h = + \frac{2m\vec{g}}{S} ; \rho h = + \frac{2m}{S}$$

$$2m = +\rho h S ; m = \frac{+\rho h S}{2}$$

~~(h - "на высоте" т.к. ось выстроена
вверх, а mg действует вниз)~~

Ответ: $x = \frac{\rho g h S}{k}$

$$m = \frac{\rho h S}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

расстояние до ц.м. планеты $\sqrt{3}$
 $= h + R = 1,5 R$

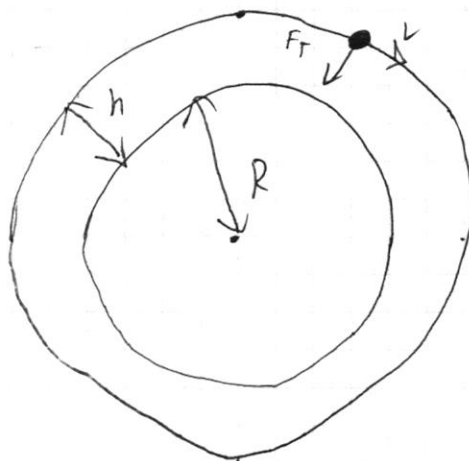
$$1) F_T = G \frac{mM}{r^2} = mg$$

$$\frac{GM}{r^2} = g; r = 2R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow g = \frac{GM}{4R^2}$$

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

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



$$2) T = \frac{2\pi}{\omega}; \cancel{g}$$

$$a_{\perp} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$

$$m a_{\perp} = F_T \Rightarrow m \omega^2 r = G \frac{mM}{r^2} \Rightarrow \omega^2 = \frac{GM}{r^3} = \frac{4G \rho \pi R^3}{(1,5R)^3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{4 \rho \pi G}{3 \cdot 1,5^3} = \frac{4 \rho \pi G}{2 \cdot 1,5^4} = \frac{2 \rho \pi G}{1,5^4}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{1,5^4}{2 \rho \pi G}} = 2,25 \sqrt{\frac{1}{2 \rho \pi G}}$$

Ответ: $g = G \frac{\rho \pi R}{3}$

$$T = 2,25 \sqrt{\frac{1}{2 \rho \pi G}}$$

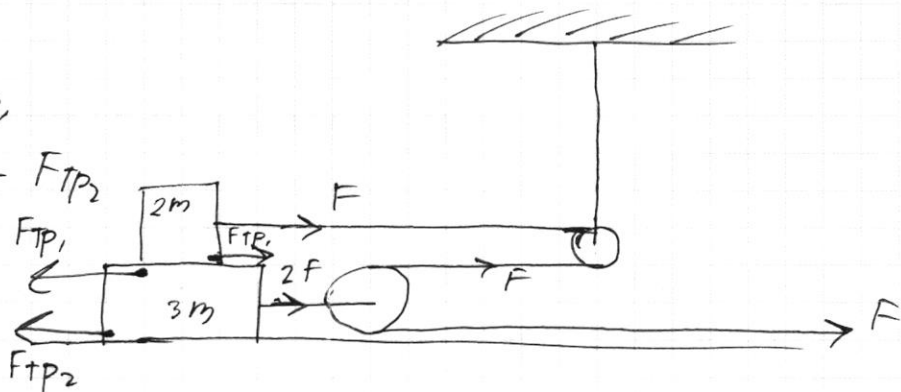
$$F_{TP_{max}} = \mu N$$

√4

$$\text{II закон: } \begin{cases} 2ma_1 = F + F_{TP_1} \\ 3ma_2 = 2F - F_{TP_1} - F_{TP_2} \end{cases}$$

$$F_{TP_1} = 2mg \cdot \mu = 2\mu mg$$

$$F_{TP_2} = (m_1 + m_2) \cdot \mu g = 5\mu mg$$



a_1 - ускорение груза 2м

a_2 - ускорение груза 3м

$$\begin{cases} 2ma_1 = F + 2\mu mg \\ 3ma_2 = 2F - 5\mu mg \end{cases} \begin{array}{l} \cdot 3 \\ \cdot 2 \end{array}$$

Поскольку грузы скользят $a_1 = a_2$

$$6ma = 3F + 6\mu mg = 4F - 10\mu mg ;$$

$$F_{min} = 20\mu mg$$

Тогда $F_{TP_1} = 0$:

$$\text{II закон: } \begin{cases} 2ma_1 = F \\ 3ma_2 = 2F - 5\mu mg \end{cases} \begin{array}{l} \cdot 3 \\ \cdot 2 \end{array}$$

Т.к. $F_{TP_1} = 0 \Rightarrow$ грузы движутся вместе $\Rightarrow a_1 = a_2$

$$3F = 4F - 10\mu mg; \quad F = 10\mu mg = F_0$$

Ответ: $F_0 = 10\mu mg$

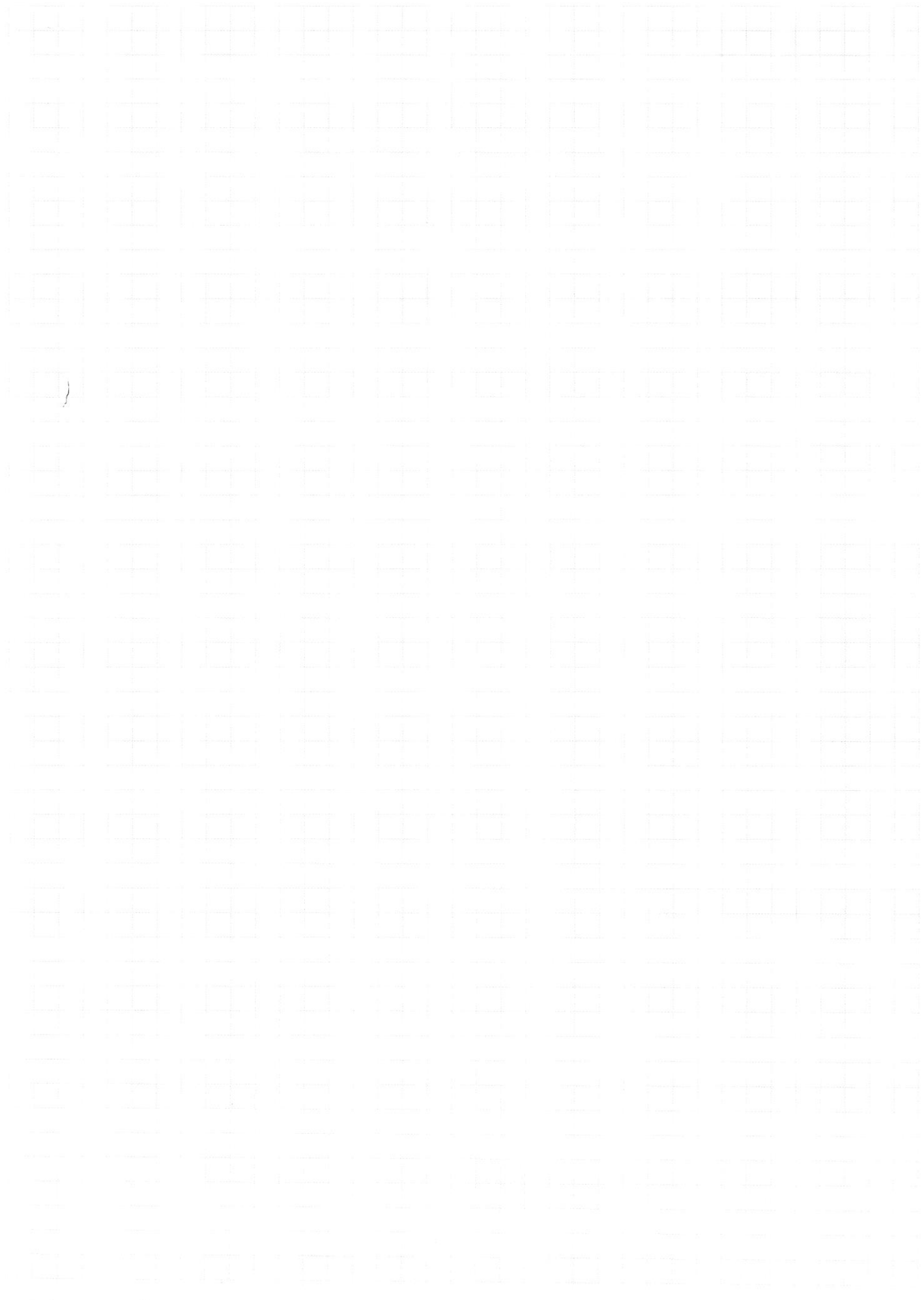
$$F_{min} = 20\mu mg$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

$$P_1 = P_0 + \rho g h = 100 \text{ кПа} + 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2,5 \text{ м} =$$
$$= 100 \text{ кПа} + 25 \text{ кПа} = 125 \text{ кПа}$$

Ответ: $P_1 = 125 \text{ кПа}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$x(t) = V_0 t - \frac{g t^2}{2} \quad \checkmark 1$$

$$V(t) = V_0 - g t ; \quad V_0/3 = V_0 - g t ; \quad g t = \frac{2}{3} V_0$$

$$t = \frac{2 V_0}{3 g}$$

1) $V_{\text{конец}} = 4 \text{ м/с}$

$0,8 \cdot 10 = 8 \text{ м/с}$

$$g t = \frac{4 V_0}{3} ; \quad t = \frac{4 V_0}{3 g} = 1,6 \text{ с}$$

$$t = 2 \cdot 12$$

$$t = \frac{2 \cdot 12}{3 \cdot 10} = \frac{2 \cdot 4}{10} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ с}$$

2) $y = V_0 t - \frac{g t^2}{2} = 12 \cdot 0,8 - \frac{6,4}{2} = 9,6 - 3,2 = 6,4$

$$y = 12 \cdot \frac{2,56}{10} - \frac{10 \cdot 2,56^2}{2} = 19,2 - 5 \cdot 2,56 = 19,2 -$$

$$y = V_0 t - \frac{g t^2}{2} = \frac{4 V_0}{3 g} - \frac{g \cdot 16 V_0^2}{2 \cdot 9 g^2} = \frac{4 V_0}{3 g} - \frac{8 V_0^2}{9 g} = \frac{4 V_0^2}{18 g} - \frac{16 V_0^2}{18 g} = \frac{4 V_0^2 - 16 V_0^2}{18 g} = \frac{-12 V_0^2}{18 g} = -\frac{2 V_0^2}{3 g}$$

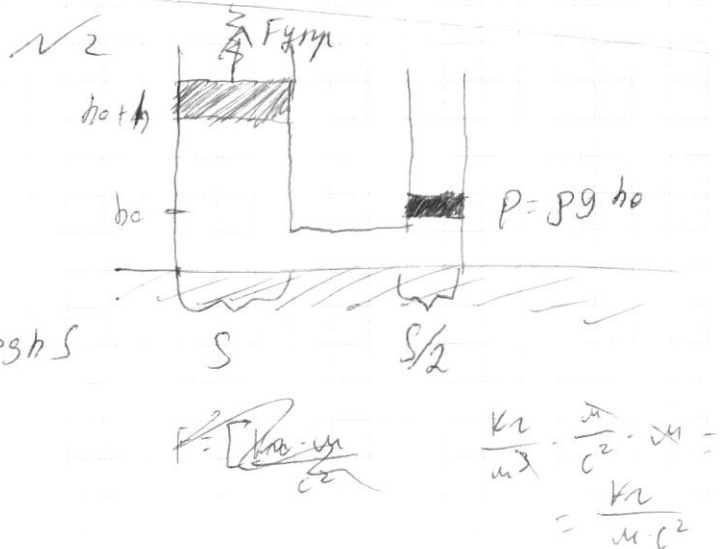
$$P = \rho g h = \frac{F}{S}$$

$$F_{\text{упр}} = k x ; \quad x = \frac{F}{k}$$

$$P = \rho g (h + h_0) - \frac{F_{\text{упр}}}{S} = \rho g h_0$$

$$\rho g h = \frac{F_{\text{упр}}}{S} ; \quad F_{\text{упр}} = \rho g S h = \rho g h S$$

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

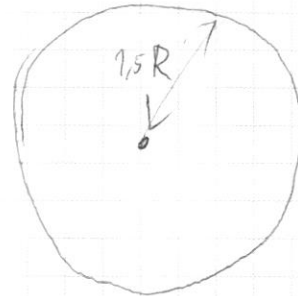


$$F_{\text{пр}} = G \frac{Mm}{R^2} = mg ; g = \frac{GM}{R^2} = \frac{GM}{4R^2}$$



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

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



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

$$a_{\perp} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R^2 = \omega^2 r$$

$$v = [\text{м/с}]$$

$$\omega = [\text{рад/с}]$$

$$F = \frac{GMm}{2.25 R^2} = \omega^2 R ; \frac{GM}{(1.5R)^3} = \omega^2$$

$$M = \frac{4 \rho \pi R^3}{3} ; \frac{GM}{(1.5R)^3} = \frac{G \cdot 4 \rho \pi R^3}{3 \cdot 1.5^3 R^3} = \omega^2$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{4 \rho \pi G}{3 \cdot 1.5^3}}$$

$$\omega^2 = \frac{4 \rho \pi G}{3 \cdot 1.5^3}$$

$$= \pi \sqrt{\frac{3 \cdot 1.5^3}{4 \rho \pi G}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1.5^3}{4 \rho \pi G}} = \sqrt{\frac{1.5^4}{2 \rho \pi G}}$$

$$= 1.5^2 \sqrt{\frac{1}{2 \rho \pi G}}$$

$$= 2.25 \sqrt{\frac{1}{2 \rho \pi G}}$$

$$P_1 = P_0 + \rho g h = 100 \text{ кПа} + 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2,5 \text{ м} = 100 \text{ кПа} + 10000 \cdot 2,5 =$$

$$= 10^5 \text{ Па} + 125 \text{ кПа}$$

$$F_A = \rho g V = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 80 \frac{\text{кг}}{\text{с}^2}$$

$$\frac{4 \cdot 144}{90} = \frac{4 \cdot 6 \cdot 4^2}{3^2 \cdot 10} = \frac{2 \cdot 4^2}{3} = \frac{4^3}{10} = 6,4$$

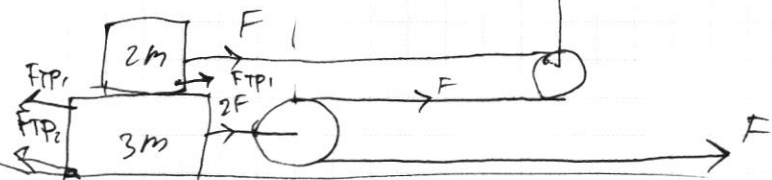
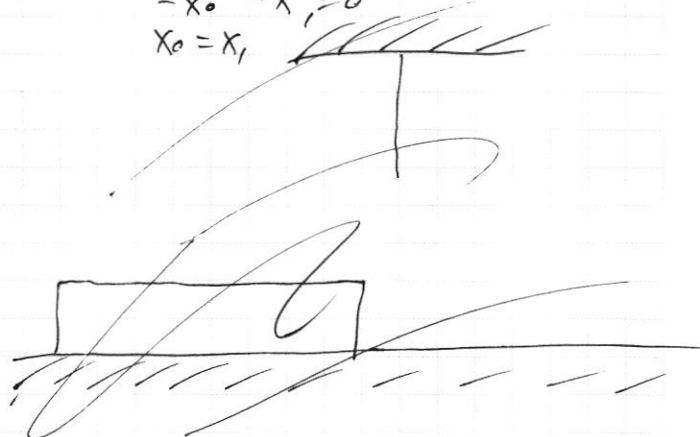
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$L = \text{const} - \text{const} + \text{const} - x_0 + \text{const} - x_1$$

$$-x_0 - x_1 = 0$$

$$x_0 = x_1$$



$$F_{TP} = \mu N$$

max

II закон:

$$2ma_1 = F + F_{TP1}$$

$$3ma_2 = 2F - F_{TP1} - F_{TP2}$$

$$F_{TP1} = \mu \cdot N; N = 2mg$$

$$F_{TP1} = 2\mu mg$$

$$F_{TP2} = 5mg \cdot \mu = 5\mu mg$$

$$1. \quad 2ma_1 = F + 2\mu mg$$

$$2. \quad 3ma_2 = 2F - 2\mu mg - 5\mu mg = 2F - 7\mu mg$$

Пока грузы стоят на месте $a_1 = a_2$

$$3F + 6\mu mg = 4F - 7\mu mg; \quad F = 20\mu mg \quad \leq F_{min}$$

II закон:

$$2ma_1 = F + 2\mu mg$$

$$3ma_2 = 2F - 5\mu mg$$

$$a_1 = a_2$$

$$\begin{cases} 2ma = F \\ 3ma = 2F - 5\mu mg \end{cases} \begin{array}{l} \cdot 3 \\ \cdot 2 \end{array}$$

$$3F = 4F - 10\mu mg; \quad F_0 = 10\mu mg$$