

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

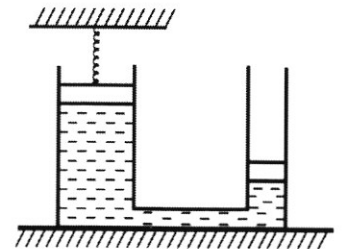
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

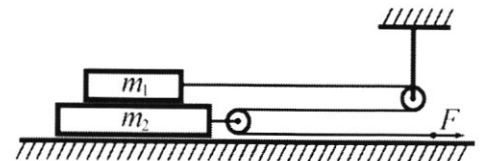
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



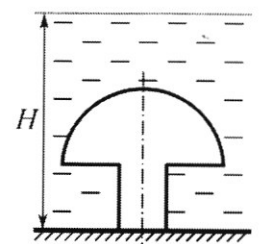
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

$v_0 = 12 \text{ м/с}$
 $v_0/3$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $t = ? \text{ м.с.}$

$t_1 = t_2 - t_0 = t_2 - t_1 = \frac{v_0}{g}$
 $t_2 = 2t_1$
 $h_0 = \frac{g t_1^2}{2} = \frac{g \frac{v_0^2}{g^2}}{2} = \frac{v_0^2}{2g}$
 $t_1 - t = t_2 - t_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{v_0}{3g} \Rightarrow$
 $t = t_1 - \frac{v_0}{3g} = \frac{3v_0}{3g} - \frac{v_0}{3g} = \frac{2v_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12}{3 \cdot 10} = 0,8 \text{ м.с.}$
 $t = t_1 + \frac{v_0}{3g} = \frac{3v_0}{3g} + \frac{v_0}{3g} = \frac{4v_0}{3g} = \frac{4 \cdot 12}{3 \cdot 10} = 1,6 \text{ м.с.}$

$\Delta h = \frac{g(t_1 - t)^2}{2} = \frac{g \frac{v_0^2}{9g^2}}{2} = \frac{v_0^2}{18g} = \frac{144}{18 \cdot 10} = 0,8 \text{ м.}$

$H = h_0 - \Delta h = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{18g} = \frac{9v_0^2 - v_0^2}{18g} = \frac{8v_0^2}{18g} = \frac{4v_0^2}{9g} = \frac{4 \cdot 144}{9 \cdot 10} = 6,4 \text{ м.}$

Ответ: $H = 6,4 \text{ м}$

№4

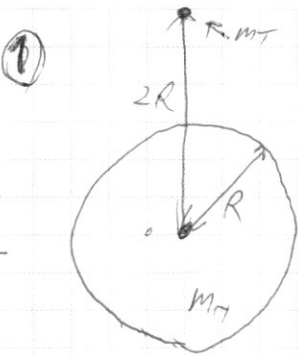
$m_1 = 2 \text{ м}$
 $m_2 = 3 \text{ м}$
 μ
 $F_0 = ?$
 $F = ?$

$F_{f1} = 0 \Rightarrow a_1 = a_2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow \frac{2F_0 - F_{f2}}{m_2} = \frac{F_0}{m_1}$
 $\frac{2F_0 - \mu(m_1 + m_2)g}{m_2} = \frac{F_0}{m_1}$
 $\frac{2F_0 - 5\mu mg}{3m} = \frac{F_0}{2m}$
 $4F_0 - 10\mu mg = 3F_0$
 $F_0 = 10\mu mg$

F_{f1} - вправо m_1 и m_2 , F_{f2} - влево $\Rightarrow a_1 \leq a_2$:
 $\frac{2F - 5\mu mg}{3m} \geq \frac{F + 2\mu mg}{2m}$
 $4F - 10\mu mg \geq 3F + 6\mu mg$
 $F \geq 16\mu mg$
 м.к. $F = F_{min} : F = 16\mu mg$

Ответ: 1) $F_0 = 10\mu mg$ 2) $F = 16\mu mg$

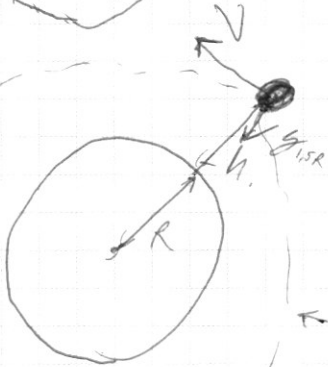
$\sqrt{3}$
 $h = 0,5R$
 $\rho, G, 2R$
 $g_{2R}?$
 $T=?$



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

$$\Rightarrow g = G \frac{\rho \frac{3}{4} \pi R^3}{4 R^2} = G \cdot \frac{3}{16} \rho \pi R$$

②



$$g_{1,5R} = \frac{V^2}{1,5R} \Rightarrow V = \sqrt{1,5 g_{1,5R} R}$$

$$g_{1,5R} = G \frac{\rho \frac{3}{4} \pi R^3}{(1,5)^2}$$

$$T = l_0 / V = \frac{2\pi \cdot 1,5R}{\sqrt{1,5 g_{1,5R} R}}$$

← l₀ — длина окружности

$$= \frac{2\pi \cdot 1,5R}{\sqrt{G \frac{\rho \frac{3}{4} \pi R^3}{(1,5)^2} \cdot 1,5R}} = \frac{2\pi \cdot 1,5R}{\sqrt{G \frac{\rho \frac{3}{4} \pi R^3}{1,5^2} \cdot 1,5R}}$$

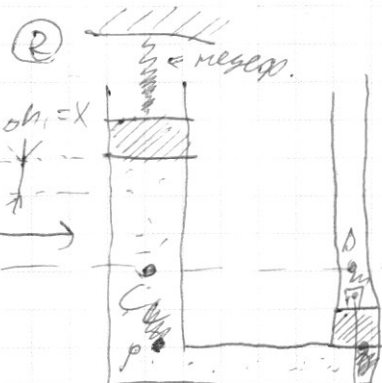
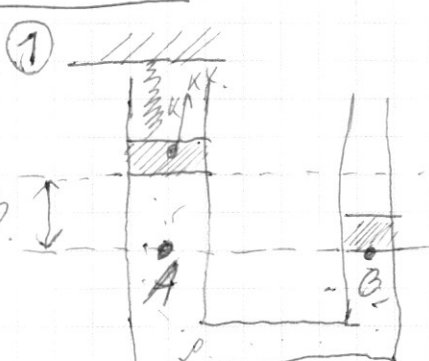
$$= 3 \sqrt{\frac{2\pi}{\rho G}}$$

(Problem: 1) $g_{2R} = \frac{3}{16} G \rho \pi R$ 2) $T = 3 \sqrt{\frac{2\pi}{\rho G}}$

√2

$\rho, k, h, g, \frac{g}{2}, g$
 $x, m=?$

уда воздуха открыта ⇒ ρ_о ^{на высоте} ~~равно~~ ^{но} ~~не~~ ^{из} ~~меняется~~



$$\Delta h_2 = \Delta h_1 \cdot \frac{g}{g/2} = 2x$$

① $p_A = p_B \Rightarrow \rho g h - kx/s = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \rho g h = \frac{kx}{s}$$

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

② $p_C = p_D \Rightarrow \rho g (h+x) = -\rho g \cdot 2x + \frac{mg}{s}$

$$\rho (h+3x) = \frac{2m}{s} = \frac{2\rho g h s}{k}$$

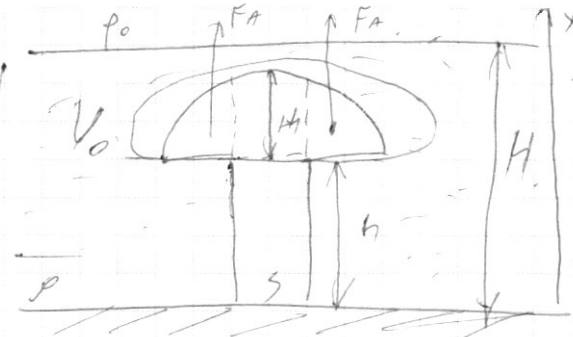
$$\rho s (h+3x) = \frac{2m}{k} = \frac{2\rho g h s}{k} = \rho s h \left(\frac{k+3\rho g s}{k} \right)$$

$$2 = \frac{\rho s h (k+3\rho g s)}{2k}$$

Problem: 4 = $\frac{\rho g h s}{k}$ 2) $m = \frac{\rho s h (k+3\rho g s)}{2k}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5
 $M = 2,5 \text{ т}$
 $V = 8 \text{ м}^3$
 $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $\rho = \frac{2}{100}$
 $h = 10 \text{ м}$



$$V_0 = \frac{2}{3} \pi \Delta h^3 =$$

$$= V - hS \Rightarrow h = \frac{V - \frac{2}{3} \pi \Delta h^3}{S}$$

$$P_1 = \rho_0 + \rho g M = 1000 \text{ кг/м}^3 + 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2,5 \text{ т} = 125 \text{ кг/м}^2$$

P_1 -)
 F -)

Сила выталкивания:

$$F_v = \rho_0 g \left(\frac{2}{3} \pi \Delta h^3 - \Delta h S \right) - \rho g S \cdot (M - \Delta h - h) -$$

$$- \rho_0 S = \rho g S \left(\frac{2}{3} \pi \Delta h^3 - \Delta h S - M S + \Delta h S + h S \right) - \rho_0 S =$$

$$= \rho g S \left(\frac{2}{3} \pi \Delta h^3 - M S + V - \frac{2}{3} \pi \Delta h^3 \right) - \rho_0 S =$$

$$= \rho g S (V - M S) - \rho_0 S = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \left(8 \text{ м}^3 - \left(\frac{1}{10} \right)^3 - 2,5 \text{ т} \cdot \right.$$

$$\left. \cdot 20 \text{ м}^2 \cdot \left(\frac{1}{100} \right)^2 \right) - 1000000 \text{ кг} \cdot 20 \text{ м}^2 \cdot \frac{1}{100} =$$

учитываем давление = -170 м т.е. 170 м вверх.
 если в задаче и не считать в виду или (если без ρ_0)
 и не считать ρ_0 (все так же поставим - 30 м вверх,
 на воду, а в воздухе там же будет
 на конструкцию)

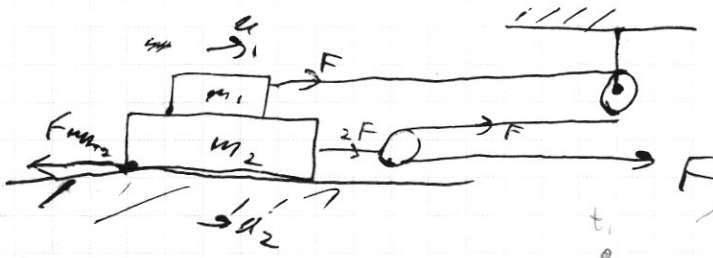
1) 125 кг/м²
 учитываем
 Ответ: 2) ρ_0 : 170 м вверх
 ρ_0 : 30 м вверх



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$F_{тр1} = 0 \Rightarrow a_1 = a_2$

$$\frac{2F - F_{тр2}}{m_2} = \frac{F}{m_1}$$

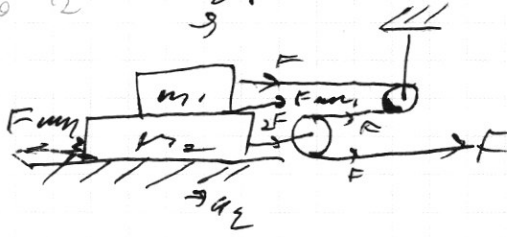
$$\frac{2F - \mu(m_1 + m_2)g}{m_2} = \frac{F}{m_1}$$

$$\frac{2F - \mu(2m + 3m)g}{3m} = \frac{F}{2m} \Rightarrow 2F - \mu 5mg = \frac{3F}{2}$$

$$4F - 2\mu \cdot 5mg = 3F$$

$$F = 2\mu 5mg = 10\mu mg$$

$h = h_0 - \Delta h = \frac{v_0^2}{2g} - \frac{v_0^2}{2g} = 0$
 $\Delta h = \frac{g(t' - t)^2}{2} = \frac{g \cdot 9s^2}{2} = \frac{9 \cdot 9.8 \cdot 9}{2} = 400.5$
 $t' - t = t_1 - t = \frac{v_0}{3g} \Rightarrow t = t_1 - \frac{v_0}{3g} = 5 - \frac{10}{3 \cdot 9.8} = 5 - 0.34 = 4.66$
 $t_2 = 2t_1 = 2 \cdot 5 = 10$
 $h_0 = \frac{g t_1^2}{2} = \frac{9.8 \cdot 25}{2} = 122.5$



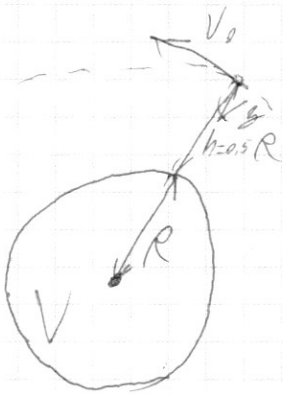
$a_1 \leq a_2 \Rightarrow$

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

$4F - \mu 10mg \geq 3F + \mu 6m \cdot 2$
 $F \geq 16\mu mg$
 $F_{min} = 16\mu mg$

$$100000 + 1009 \cdot 10 - 2,5 = 100000 + 25000 = 125000$$

Рольб №2



$$g = \frac{V_0^2}{R_0}$$

$$T = \frac{C_0}{V_0} = \frac{2\pi R_0}{\sqrt{g R_0}}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 15 \\ \hline 15 \\ \hline 225 \\ \hline 3 \quad 2 \\ 6,75 \\ \hline 27,00 \end{array} \quad \begin{array}{r} 2,5 \\ 3 \\ \hline 6,75 \end{array}$$

$$g = G \frac{\rho V}{r^2} = G \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3}{(1,5)^2 R^2} = G \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R}{2,25}$$

$$\frac{m}{L^2} = x \frac{\frac{kg}{m^3} \cdot m^3}{m^2}$$

$$x = \frac{m^3}{kg \cdot L^2}$$

$$= G \frac{\rho^4 \pi R}{6,75}$$

$$= G \frac{m}{2,25} \rho \pi R$$

$$T = \frac{2\pi \cdot 1,5 R}{\sqrt{G \frac{\rho^4 \pi R}{(1,5)^2} \cdot 1,5 R}} = \frac{2\pi \cdot 1,5 R}{\sqrt{G \rho \pi R^2 \cdot 4}} = \frac{2\pi \cdot 1,5 R}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{G \rho \pi R^2}} = \frac{2\pi \cdot 1,5 R}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{G \rho \pi R^2}}$$

$$g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$\frac{2\pi \cdot 1,5 R}{\sqrt{2} \cdot \sqrt{G \rho \pi R^2}}$$

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

$$\sqrt{\frac{1}{\frac{G \rho \pi R^2}{2\pi \cdot 1,5 R}}}$$



$$1000 \cdot 10 \left(\frac{8}{1000} - \frac{2,5 \cdot 20}{10000} \right) =$$

$$= 10(8 - 5) = 30 M,$$

$$100000 \cdot 20 \cdot \frac{1}{10000} =$$

$$= 200 M$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница № ___
(Нумеровать только чистовики)

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)