

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-02

Шифр

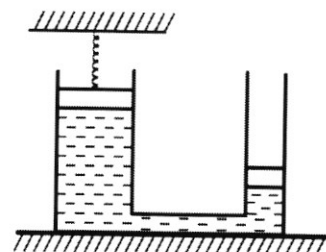
(заполняется секретарём)

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.

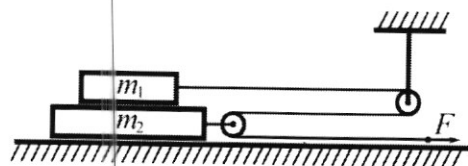
2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

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.

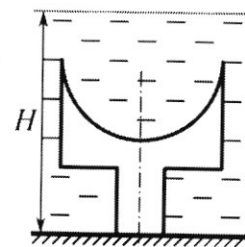
4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 3m$, $m_2 = 5m$. Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен μ . Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



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.

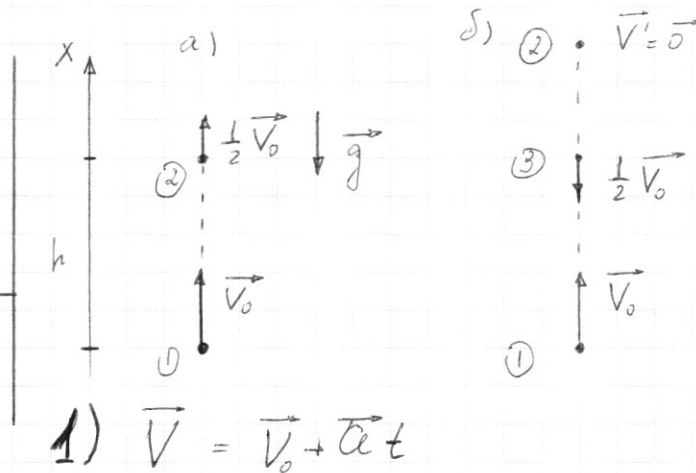


1) Найдите давление P_1 вблизи дна.

2) Найдите величину F силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1
 $V_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $|V| = |\frac{V_0}{2}|$
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
 1) $t - ?$
 2) $h - ?$



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

ОХ: а) $\frac{1}{2}V_0 = V_0 - gt_a$

$gt_a = \frac{1}{2}V_0$

б) $-\frac{1}{2}V_0 = V_0 - gt_s$

$gt_s = \frac{3}{2}V_0$

$$t_a = \frac{V_0}{2g}$$

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

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

$$t_s = \frac{3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,5 \text{ с}$$

2) $h = \frac{V_x^2 - V_{0x}^2}{2a_x}$

а) $h_a = \frac{(\frac{1}{2}V_0)^2 - V_0^2}{2 \cdot (-g)} = \frac{\frac{1}{4}V_0^2 - V_0^2}{-2g} = \frac{-\frac{3}{4}V_0^2}{-2g} = \frac{3V_0^2}{8g}$

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

б) $h_b = \frac{(-\frac{1}{2}V_0)^2 - V_0^2}{2 \cdot (-g)} = \frac{\frac{1}{4}V_0^2 - V_0^2}{-2g} = \frac{-\frac{3}{4}V_0^2}{-2g} = \frac{3V_0^2}{8g}$

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

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

$$h = \frac{3 \cdot 100 \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}}{8 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 3,75 \text{ м}$$

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



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

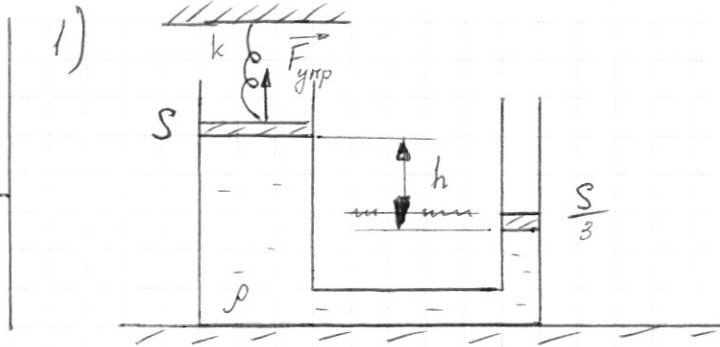
№2

ρ, k, x, g

$$S_u = S, S_n = \frac{S}{3}$$

1) h - ?

2) m - ?



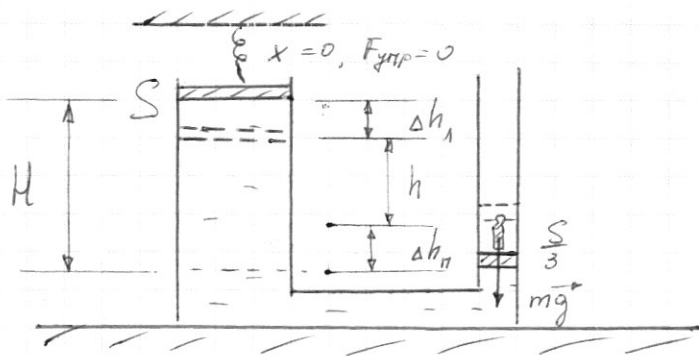
$$\frac{F_{\text{упр}}}{S} = \rho g h$$

$$F_{\text{упр}} = kx$$

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

$$h = \frac{kx}{\rho g S} \quad \text{— ответ 1}$$

2)



Δh_1 - изм. уровня жидкости в левом сосуде

Δh_2 - изм. уровня жидкости в правом сосуде

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

$$H = h + \Delta h_2 + \Delta h_1$$

III. к. пружина недеформирована $\Delta h_1 = x$

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 \Rightarrow S_1 \Delta h_1 = S_2 \Delta h_2$$

$$\Delta h_2 = \frac{S_1}{S_2} \cdot \Delta h_1 = \frac{S \cdot 3}{S} \cdot x = 3x$$

$$H = h + 3x + x = h + 4x$$

$$m = \frac{\rho S H}{3}$$

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

$$m = \frac{1}{3} \cdot (\rho S \cdot \frac{kx}{\rho g S} + 4x \rho S)$$

$$m = \frac{1}{3} \left(\frac{k}{g} + 4\rho S \right) x \quad \text{— ответ 2}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.

$$R, h=R, G$$

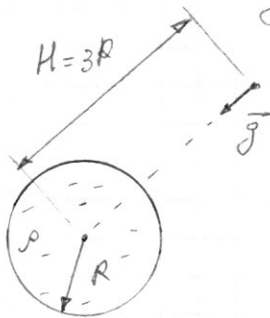
$$\rho, V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

1) $H=3R$

$g_H = ?$

2) $T = ?$

1)



g_H - искомого ускорения на расст. H

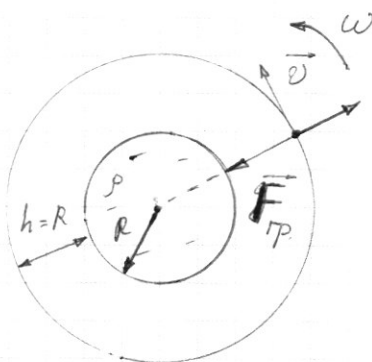
$$g_H = G \frac{M}{H^2} = G \frac{M}{9R^2}$$

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

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

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

2)



$\vec{F}_{гп}$ - сила гравитационного
взаимодействия

\vec{F}_c - сила инерции (центробежная)

$$F_{гп} = F_c$$

$$F_{гп} = G \frac{Mm}{(R+h)^2} = G \cdot \frac{\frac{4}{3}\pi \rho R^3 \cdot m}{4R^2} = \frac{\pi}{3} G \rho R \cdot m$$

$$F_c = m a_c = m \omega^2 (R+h) = m \omega^2 \cdot 2R = 2m \omega^2 R$$

$$\frac{\pi}{3} G \rho R \cdot m = 2m \omega^2 R$$

$$\omega^2 = \frac{\pi G \rho}{6}$$

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

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{6}{\pi G \rho}}$$

$$T = 2 \cdot \sqrt{\frac{6\pi}{G \rho}}$$

Ответ: 1) $g_H = \frac{4\pi}{27} G \rho R$

2) $T = 2 \sqrt{\frac{6\pi}{G \rho}}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

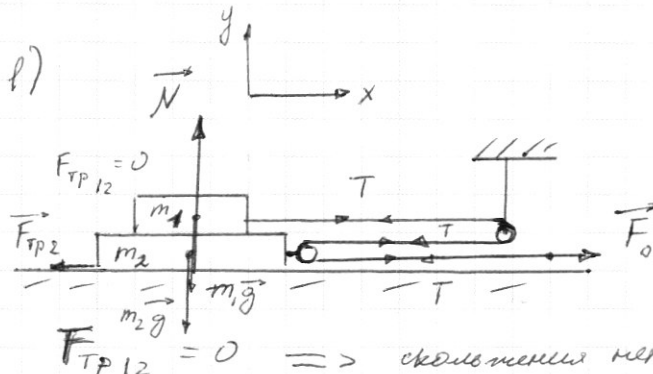
$$m_1 = 3m$$

$$m_2 = 5m$$

μ

1) $F_0 - ?$

2) $F - ?$



Нить имеет пренебрежимо малую массу
 \Rightarrow сила натяжения $T = \text{const}$
 во всех точках

$F_{\text{тр}12} = 0 \Rightarrow$ скольжения нет $\Rightarrow a_1 = a_2 = a$

Для тела m_1 : $m_1 \vec{a} = \vec{T} + m_1 \vec{g} + \vec{N}_1$

Для тела m_2 : $m_2 \vec{a} = 2\vec{T} + \vec{F}_{\text{тр}2} + (m_1 + m_2) \vec{g} + \vec{N}$

$$F_{\text{тр}2} = \mu N$$

ОУ: $N = m_1 g + m_2 g = g(m_1 + m_2)$

$$F_{\text{тр}2} = \mu (m_1 + m_2) g$$

ОХ: $T = F_0$

$$\begin{cases} m_1 a = F_0 \\ m_2 a = 2F_0 - \mu (m_1 + m_2) g \end{cases} \Rightarrow$$

$$\begin{cases} 3ma = F_0 & (1) \\ 5ma = 2F_0 - \mu \cdot 8mg & (2) \end{cases}$$

$$\frac{(1)}{(2)} \quad \frac{3ma}{5ma} = \frac{F_0}{2F_0 - 8\mu mg}$$

$$3 \cdot (2F_0 - 8\mu mg) = 5F_0$$

$$6F_0 - 24\mu mg = 5F_0$$

$$F_0 = 24\mu mg$$

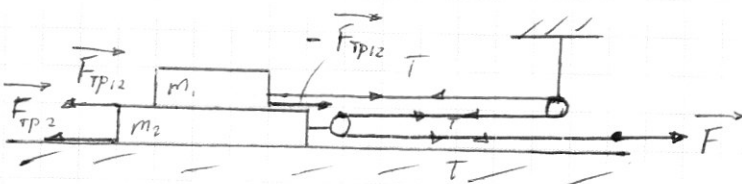
2) Верхний блок движется влево от начала \Rightarrow

$$\Rightarrow a_1 < a_2$$

Предельный случай:

Тогда $F = \min$

$$a_1 = a_2 = a$$



и 4 (продолжение)

$$\text{Для тела } m_1: m_1 \vec{a} = \vec{T} + (-\vec{F}_{\text{тр}12}) + m_1 \vec{g} + \vec{N}_1$$

$$\text{Для тела } m_2: m_2 \vec{a} = 2\vec{T} + \vec{F}_{\text{тр}2} + \vec{F}_{\text{тр}12} + (m_1 + m_2)\vec{g} + \vec{N}$$

$$F_{\text{тр}2} = \mu (m_1 + m_2) g$$

$$F_{\text{тр}12} = \mu m_1 g$$

$$T = F$$

$$\text{ОХ: } \begin{cases} m_1 a = F + \mu m_1 g + \mu m_1 g \\ m_2 a = 2F - \mu (m_1 + m_2) g - \mu m_1 g \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 3ma = F + 3\mu mg & (1) \\ 5ma = 2F - 11\mu mg & (2) \end{cases}$$

$$\frac{(1)}{(2)} \quad \frac{3ma}{5ma} = \frac{F + 3\mu mg}{2F - 11\mu mg}$$

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

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

$$\boxed{F = 48 \mu mg}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5.

$$H = 3 \text{ м}$$

$$V = 5 \text{ м}^3 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$S = 10 \text{ м}^2 = 10^{-3} \text{ м}^2$$

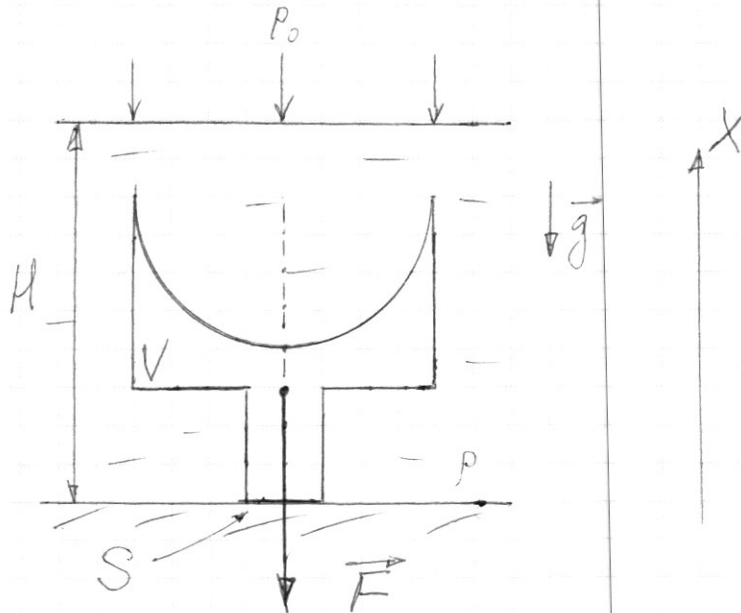
$$\rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$

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

1) P_1 - ?

2) F - ?



~~$P_1 = \rho g H$~~ $P_1 = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3 \text{ м} = 3 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 30 \text{ кПа}$

1) $P_1 = P_0 + \rho g H$

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

$$= 10^2 \text{ кПа} + 3 \cdot 10^4 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 10^2 \text{ кПа} + 30 \text{ кПа} =$$

$$= 130 \text{ кПа}$$

2) $F_x = F_A - F_{P_1}$

F_A — сила Архимеда; F_{P_0} — сила ~~давления~~ давления

F_{P_1} обусловлена тем что конструкция

прикреплена ко дну участка S и ~~атмосферное~~

~~атмосферное~~ давление P_1 не действует на этот

участок $\Rightarrow F_{P_1} = P_1 \cdot S$ (направлена вниз)

$$F_A = \rho g V$$

н 5 (продолжение)

$$F_x = \rho g V - P_1 S$$

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

$$F_x = \rho g (V - HS) - P_0 S$$

$$F_x = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot (5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 - 3 \text{ м} \cdot 10^{-3} \text{ м}^2) - 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 =$$

$$= 10^4 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ Н} - 10^2 \text{ Н} = 20 \text{ Н} - 100 \text{ Н} = -80 \text{ Н}$$

$F_x < 0 \Rightarrow$ направлена вниз

Ответ: 1) $P_1 = 130 \text{ кПа}$;

2) $F = 80 \text{ Н}$, направлена вниз.