

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

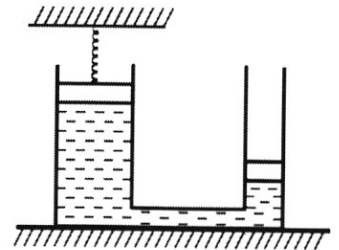
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

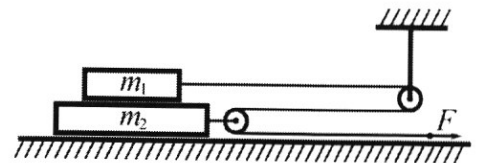
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения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



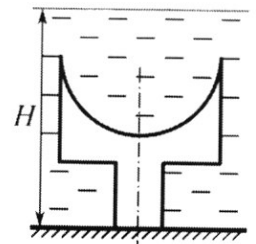
- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная 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.



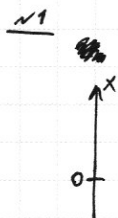
- 1) Найдите величину F_0 горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.
- 2) Найдите минимальную силу F , при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется 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



проекция скорости камня на ось Ox, в момент t

$$1) v_x(t) = v_0 - g t$$

т.к. бросок вертикальный, скорости камня равны $\frac{v_0}{2}$,
равнозначно $v_x = \pm \frac{v_0}{2}$

$$t = \frac{v_0 \pm \frac{v_0}{2}}{g} = \begin{cases} 0,5 \text{ c} \\ 1,5 \text{ c} \end{cases}$$

$$2) x(t) = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$$

↑
координата (по оси Ox)
в момент
вр. t

по п.1 скорость камня равна $\frac{v_0}{2}$, в мом. вр. t

при $t = 0,5 \text{ c}$: $h = 3,75 \text{ м}$
при $t = 1,5 \text{ c}$: $h = 3,75 \text{ м}$

Ответ: $t = \begin{cases} 0,5 \text{ c} \\ 1,5 \text{ c} \end{cases}$
 $h = 3,75 \text{ м}$

№3

1) т.к. центр масс планеты находится в ее центре

$$g = G \frac{M}{(3R)^2}, \text{ где } M - \text{масса планеты}$$

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

$$g = G \frac{4}{3^3} \cdot \frac{\pi R^3 \rho}{R^2} = \frac{4}{27} \pi R \rho G$$

2) g' - ускор. свободного падения на высоте h от поверхности ш.

$$g' = G \frac{M}{(R+h)^2} = \frac{4}{3} \frac{\pi R^3 \rho G}{4 R^2} = \frac{\pi \rho G R}{3}$$

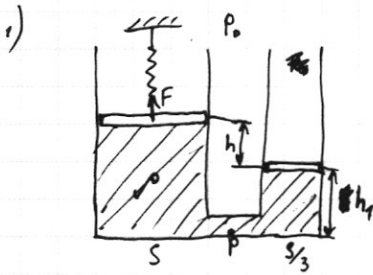
т.к. g' - центростремительное уск. $g' = \frac{v^2}{R+h}$, где v - скорость спутника $\Rightarrow v = \sqrt{(R+h)g'}$

$$T = \frac{2\pi(R+h)}{v} = \frac{2\pi(R+h)}{\sqrt{g'(R+h)}} = 2\pi \sqrt{\frac{R+h}{g'}} = 2\pi \sqrt{\frac{6R}{\pi \rho G R}} = \sqrt{\frac{24\pi}{\rho G}}$$

Ответ: $g = \frac{4}{27} \pi R \rho G$; $T = \sqrt{\frac{24\pi}{\rho G}}$

№2

т.к. если положить груз на пружину поршень цилиндра станет недеформированой, в начале пружина растянута



т.к. сообщ. сосуды

$$p = P_0 + h_1 \rho g$$

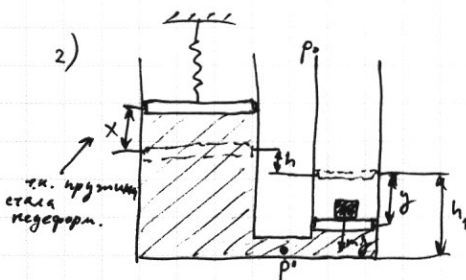
$$p = P_0 + (h_1 + h) \rho g - \frac{F}{S}$$

$$F = kx$$

↓

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

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



т.к. объем жидкости не изменился

$$x \cdot S = y \cdot \frac{S}{3}$$

$$y = 3x$$

$$p' = P_0 + \rho g (h_1 - y) + \frac{mg}{S/3}$$

$$p' = P_0 + \rho g (x + h_1)$$

↓

$$-\rho g y + \frac{3mg}{S} = \rho g x + \rho g h$$

$$\frac{3mg}{S} = 4\rho g x + \frac{kx}{S}$$

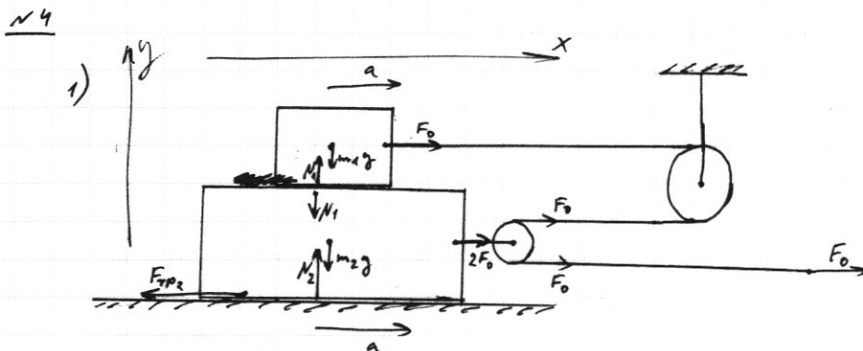
$$3mg = 4\rho g x S + kx$$

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

Ответ: $h = \frac{kx}{\rho g S}$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



ускорения равны, т.к. сила трения между блоками равна 0. (т.е. ^{верхний неподвижен} ~~нижний~~ относительно ^{нижнего} ~~нижнего~~)

II з. Ньютона:

OX: $a_{m_1} = F_0$

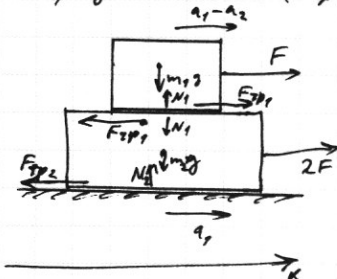
$a_{m_2} = 2F_0 - F_{тр2} = 2F_0 - \mu N_2$

oy: $N_2 = m_2 g + N_1$
 $N_1 = m_1 g$ $\Rightarrow N_2 = (m_1 + m_2)g$

$$\frac{m_2}{m_1} = 2 - \frac{\mu(m_1 + m_2)g}{F_0}$$

$$F_0 = \frac{\mu(m_1 + m_2)g}{2 - \frac{m_2}{m_1}} = \frac{\mu g \cdot 8m_1}{2 - \frac{3}{5}} = 24\mu m_1 g$$

2) a_2 - уск. верхнего отн. к инертному неподвижному телу
 a_1 - уск. нижнего (вправо)



II з. Ньютона:

OX: $a_1 m_2 = 2F - F_{тр1} - F_{тр2} = 2F - \mu m_1 g - \mu(m_1 + m_2)g$

$(a_1 - a_2)m_1 = F + F_{тр1} = F + \mu m_1 g$

$a_2 = a_1 - \frac{F}{m_1} - \mu g$

$a_2 = \frac{2F}{m_2} - \mu g \frac{m_1}{m_2} - \mu g \frac{m_1}{m_2} - \mu g - \frac{F}{m_1} - \mu g$

$a_2 = \frac{F}{m} \left(\frac{2}{5} - \frac{1}{3} \right) - \mu g \left(\frac{2 \cdot 3}{5} + 2 \right) = \frac{F}{m} \cdot \frac{1}{15} - \mu g \cdot \frac{16}{5}$

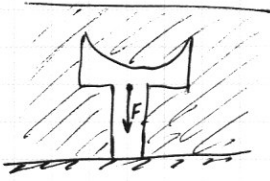
$a_2 \geq 0 \Rightarrow \frac{F}{m} \cdot \frac{1}{15} \geq \mu g \cdot \frac{16}{5}$

$F_{min} = 48\mu m_1 g$ (Order: $F_0 = 24\mu m_1 g$; $F_{min} = 48\mu m_1 g$)

15

1) $P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \cdot 10^3 + 1000 \cdot 10 \cdot 3 \text{ Па} = 130 \text{ кПа}$

2)



рассмотрим случай, когда эта конструкция так же погружена в воду на H , но не прикреплена к дну (вода подталкивает под нее)

тогда вода действует на конструкцию ~~с силой~~ с силой F_A направленной вверх
 $F_A = \rho g V$ (сила Архимеда)

заметьте, что F_A можно представить $\vec{F}_A = \vec{F} + \vec{F}'$



где F' - сила с которой вода действует на нижнюю поверхность

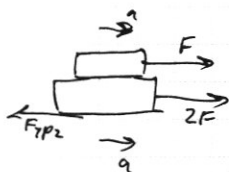
~~F = F' - F_A~~ $F = F' - F_A = P_1 S - \rho g V$ направлена вниз

~~F = 130 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-4} - 1000 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 130 - 50 \text{ Н} = 80 \text{ Н}~~

$F = 130 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-4} - 1000 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 130 - 50 \text{ Н} = 80 \text{ Н}$

Ответ: $P_1 = 130 \text{ кПа}$
 $F = 80 \text{ Н}$ (направлена вниз)

4.



$$a m_1 = F_0$$

$$a m_2 = 2F_0 - F_{TP2}$$

$$F_{TP2} = \mu(m_1 + m_2)g$$

$$\frac{m_2}{m_1} = 2 - \frac{\mu(m_1 + m_2)g}{F_0}$$

$$\frac{\mu(m_1 + m_2)g}{F_0} = 2 - \frac{m_2}{m_1}$$

$$F_0 = \frac{\mu(m_1 + m_2)g}{2 - \frac{m_2}{m_1}} = \frac{\mu g (3m + 5m)}{2 - \frac{5m}{3m}} = \frac{3\mu g \cdot 8m}{2 \cdot 3 - 5}$$

$$F_0 = 24 \mu mg$$

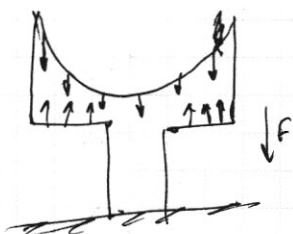


$$(a_1 - a_2) m_1 = F + F_{TP1}$$

$$a_1 m_2 = 2F - F_{TP1} - F_{TP2}$$

$$\left(\frac{2F - \mu m_1 g - \mu(m_1 + m_2)g}{m_2} - a_2 \right) m_1 = F + \mu m_1 g$$

$$\frac{2F}{m_2} - \frac{2\mu m_1 g}{m_2} - \mu g = \frac{F}{m_1} + \mu g + a_2$$

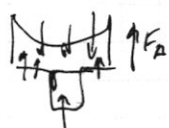


$$a_2 = \frac{2F}{m_2} - \frac{2\mu g m_1}{m_2} - 2\mu g - \frac{F}{m_1} = \left(\frac{2\sqrt{1}}{5} \frac{1}{3} \right) \frac{F}{m} - \mu g \left(2 + \frac{2 \cdot 3}{5} \right)$$

$$a_2 = \frac{2 \cdot 3 - 1 \cdot 5}{15} \frac{F}{m} - \mu g \left(\frac{10 + 6}{5} \right) = \frac{1}{15} \frac{F}{m} - \frac{16}{5} \mu g$$

$$a_2 \geq 0$$

$$\frac{1}{15} \frac{F}{m} \geq \frac{16}{5} \mu g$$



$$F_A = P_1 S - F$$

$$F = P_1 S - \rho g V m$$

$$P_1 = P_0 + \rho g H = 10^5 + 1000 \cdot 10 \cdot 3 = 10^5 + 3 \cdot 10^4 = \frac{F}{m} \geq 48 \mu g$$

$$= (100 + 30) \cdot 10^3$$

$$P_1 = 130 \mu Pa$$

$$F \geq 48 \mu mg$$

$$F_{min} = 48 \mu mg$$

$$5 \cdot 10^{-3} m^3$$

~~$$F = 130 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 650$$~~

$$F = 130 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-4} - 1000 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-3}$$

$$F = 130 - 50 = 80 H$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3. масса шара $M = \rho V = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$
т.к. шар в центре масс.

$$g = G \frac{M}{(3R)^2} = \frac{4 \pi R^3 \rho G}{3 \cdot 9 \cdot R^2} = \frac{4}{27} \pi R \rho G$$

и $g = \frac{v^2}{R+h} \Rightarrow v = \sqrt{g(R+h)}$

$$\frac{2\pi(R+h)}{v} = T \Rightarrow T = \frac{2\pi \sqrt{g(R+h)}}{\sqrt{g \frac{4\pi R \rho G}{27}}} = \frac{2\pi \sqrt{27}}{\sqrt{4\pi R \rho G}}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{27R}{g}}$$

и.к. вертикально

$$v_x = v_0 - gt$$

$$\frac{v_0}{2} = v_0 - gt \Rightarrow gt = \frac{v_0}{2} \quad t_1 = \frac{10}{2 \cdot 10} = 0,5 \text{ с}$$

$$-\frac{v_0}{2} = v_0 - gt \Rightarrow gt = \frac{3}{2} v_0 \quad t_2 = \frac{3 \cdot 10}{2 \cdot 10} = 1,5 \text{ с}$$

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

$$h_1 = v_0 t_1 - \frac{gt_1^2}{2} = 10 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} = 5 - \frac{2,5}{2} = \frac{5 \cdot 2 - 2,5}{2} = \frac{7,5}{2} = 3,75 \text{ м}$$

$$h_2 = v_0 t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = 10 \cdot 1,5 - \frac{10 \cdot 1,5^2}{2} = 15 - \frac{22,5}{2} = \frac{30 - 22,5}{2} = \frac{7,5}{2} = 3,75 \text{ м}$$

Or. i. $t = \begin{cases} 0,5 \text{ с} \\ 1,5 \text{ с} \end{cases}$
 $h = 3,75 \text{ м}$

2.

$$\rho g h' = \rho g (h+h) - \frac{F}{S}$$

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

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

с пружиной пружиной не зависит \Rightarrow изгибающаяся пружина растягивается.

$$kx = \frac{\rho g S}{3} y$$

$$y = 3x$$

4.

$$F_0 = \mu m_1 g (m_1 + m_2)$$

$$F_0 = 24 \mu g m$$

$$F_0 = \frac{2F_0}{m_2} - \mu g (m_1 + m_2)$$

$$N_2 = m_2 g + N_1 = (m_1 + m_2) g$$

$$F_0 = \left(\frac{1}{2} - \frac{m_1}{m_2} \right) (m_1 + m_2) g$$

$$m = \frac{kx - 2x \rho g S}{3g}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Blank grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)