

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

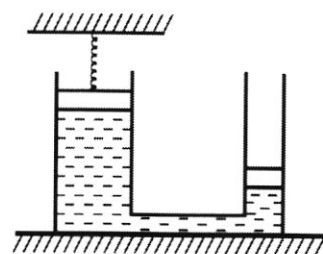
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

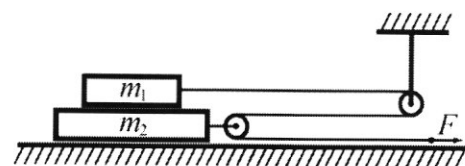
- 1.** Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



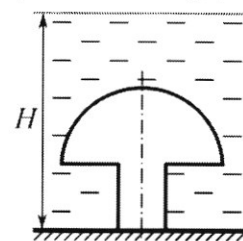
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
- 3.** Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная 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) $\uparrow \frac{v_0}{3}$

$\uparrow v_0$

По формуле $v = v_0 + at$, где
 v_0 - нач скорость, a - ускоре-
ние, t - время.

$$\frac{v_0}{3} = v_0 - gt = 4 = 12 - 10t$$
$$t = 0,8 \text{ с.}$$

2) По формуле $\frac{v_k^2 - v_0^2}{2a} = S$, где v_0 и v_k
скорости в начале и в конце
соответственно, a - ускорение, S -
пройденное расстояние.

Тогда $\frac{(\frac{v_0}{3})^2 - v_0^2}{-2g} = S$.

$$\frac{4^2 - 12^2}{-20} = S$$

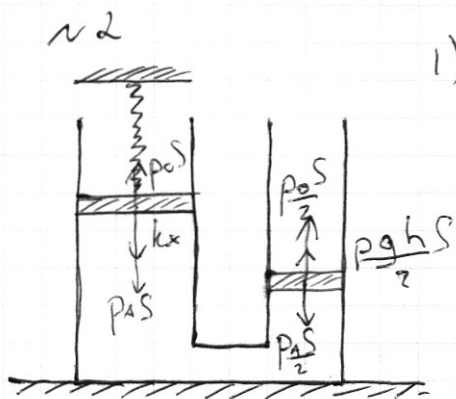
$$\frac{16 - 144}{-20} = S$$

$$\frac{144 - 16}{20} = S$$

$$\frac{36 - 4}{5} = S$$

$$\frac{32}{5} \text{ м} = 6,4 \text{ м} = S$$

Ответ: 0,8 с; 6,4 м.



1) Пусть внутреннее давление в жидкости - p_0 . Тогда на правой $\frac{S}{2}$ поршень действует $\frac{p_0 S}{2}$; $\frac{p_A S}{2}$; и из-за разницы высот $\frac{\rho g h \cdot S}{2}$ (p_A - атм. давление). На левой поршень действует kx (пучет вниз); $p_A S$; $p_0 S$

Тогда:

$$\frac{p_A S}{2} = \frac{\rho g h S}{2} + \frac{p_0 S}{2}$$

$$kx + p_A S = p_0 S$$

$$p_A - p_0 = \rho g h$$

$$kx = (p_0 - p_A) S = -\rho g h S$$

$x = -\frac{\rho g h S}{k}$ - значит кружина действует с силой kx вверх, значит она растянута. (на $\frac{\rho g h S}{k}$)

2) Если кружина стала недеформированной, значит поднялась вверх на x . Тогда из-за того, что вода не растягивается, а площадь сечения правого поршня в 2 раза меньше, чем левого, правой опустится на $2x$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~ 2

2) Тогда пусть ~~мы~~ теперь выт-
решее давление p_0 .

Запишем силы

Правый поршень:

$$mg + p_A \frac{S}{2} = p_0 \frac{S}{2} + \rho g(h + 3x) \frac{S}{2}$$

Левый поршень:

$$p_0 S = p_A S$$

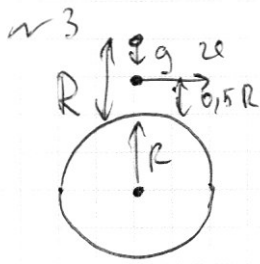
Тогда $p_0 = p_A$, т.к. $S \neq 0$.

$$mg = \rho g(h + 3x) \frac{S}{2}$$

$$m = \rho(h + 3x) \frac{S}{2}$$

$$m = \rho \left(h + 3 \frac{\rho g h S}{k} \right) \cdot \frac{S}{2} = \frac{\rho h S}{2} \cdot \left(1 + 3 \frac{\rho g S}{k} \right)$$

Ответ: $\frac{\rho g h S}{2}$; $\frac{\rho h S}{2} \left(1 + 3 \frac{\rho g S}{k} \right)$



1) найдем g .

$$mg = \frac{m \cdot M}{(2R)^2} \cdot G, \text{ где } M -$$

масса планеты.

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

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

2)

Найдем период T .
Путь тело движалось со скоростью v .

Запишем 2-ой закон Ньютона:

$$m a_y = \frac{m \cdot M}{(1,5R)^2} \cdot G$$

$$\frac{m v^2}{1,5R} = \frac{m \cdot M}{(1,5R)^2} \cdot G$$

$$v^2 = \frac{M}{1,5R} \cdot G = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3}{1,5R} \cdot G = \frac{8}{9} \cdot \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot G$$

$$v = \sqrt{\frac{8}{9} \cdot \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot G} = \frac{2}{3} R \cdot \sqrt{2\rho \cdot \pi \cdot G}$$

ω - угл. скорость спутника.

$$\omega \cdot 1,5R = v$$

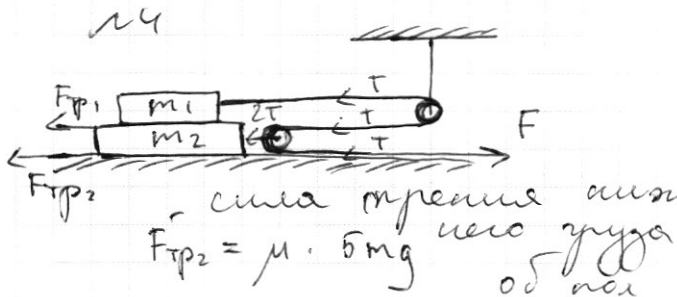
$$\frac{2\pi}{T} = \omega - \text{время}$$

$$\frac{2\pi}{\frac{2\pi}{1,5R}} = \frac{3\pi R}{v} = T$$

$$T = \frac{3\pi R}{\frac{2}{3} R \sqrt{2\rho \pi \cdot G}} = \frac{9}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\rho \pi \cdot G}}$$

Объем: $\frac{\rho \cdot \pi \cdot R \cdot G}{3}$; $\frac{9}{2\sqrt{2\rho \pi \cdot G}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$m_2 a = -\mu \cdot 5mg + 2F$$

$$m_1 a = F$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{2F - \mu \cdot 5mg}{F}$$

$$F \frac{m_2}{m_1} = 2F - \mu \cdot 5mg$$

$$\left(2 - \frac{m_2}{m_1}\right) F = \mu \cdot 5mg$$

$$0,5F = \mu \cdot 5mg$$

$$F = \frac{20}{10} \mu mg$$

ускорение m_2

$a_2 > a_1$ - ускорение m_2

$$m_2 a_2 = 2F - \mu \cdot 5mg - \mu \cdot 2mg$$

$$m_1 a_1 = F + \mu \cdot 2mg$$

$$\frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{a_2}{a_1} = \frac{2F - \mu \cdot 5mg - \mu \cdot 2mg}{F + \mu \cdot 2mg} =$$

$$= 1,5 \frac{a_2}{a_1} = \frac{2F - 7\mu mg}{F + \mu \cdot 2mg}$$

$$\frac{a_2}{a_1} = 2$$

$$1,5 \cdot 2 = \frac{2F - 7\mu mg}{F + \mu \cdot 2mg}$$

$$1,5 \cdot 2 \cdot (F + \mu \cdot 2mg) = 2F - 7\mu mg$$

$$1,5 \cdot 2 \cdot (F + 2x) = 2F - 7x$$

$$\frac{2F - 7x}{F + 2x} \geq 1,5$$

Именно $x = \mu mg$

$$2F - 7x > 1,5 F + 2x \cdot 1,5$$

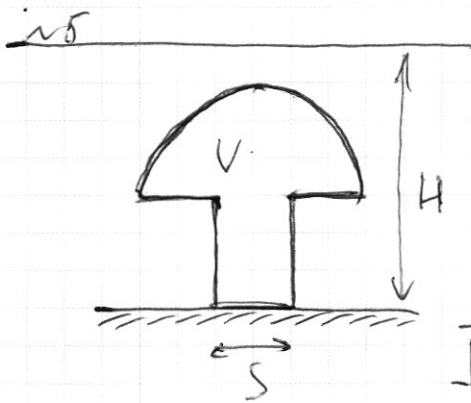
$$0,5F - 7x > 3x$$

$$0,5 > 10x$$

$$F > 20x$$

$$F > \frac{20}{10} \mu mg$$

Ответ: $10\mu mg$; $F > 20\mu mg$.



Давление на дне шлюза
 определяется из атмосферного и →
 $P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \text{ кПа} + 25 \text{ кПа} =$
 $= 125 \text{ кПа}.$
 Давление между
 ксетами.

Пусть сила направлена влево

$$F_B = F_A - P_0 \cdot S = \rho \cdot g \cdot V_{\text{пл}} - P_0 \cdot S =$$

$$= 1000 \cdot 10 \cdot \frac{8}{1000} - P_0 \cdot S = 80 \text{ Н} - 125000 \cdot \frac{20}{10000} =$$

$$= 80 \text{ Н} - 250 \text{ Н} = -170 \text{ Н}$$

Заметим, что сила, с которой вода действует на конструкцию, это сила Архимеда, но без силы давления воды на ту часть конструкции, которая прижата ко дну. Сила получилась отрицательной, а значит направлена вниз.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

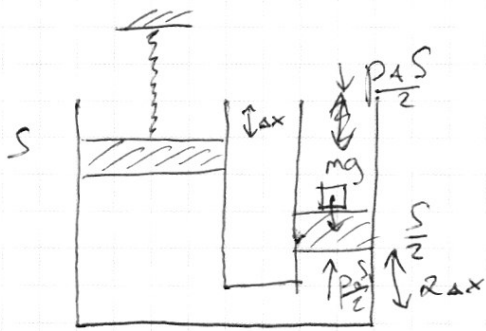
(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)





$$h_2 = h + 3\Delta x$$

$$mg + \frac{p_A S}{2} = \rho g h_2 \frac{S}{2} + p_0 \frac{S}{2}$$

$$p_0 S = p_A S$$

$$mg - \rho g h_2 \frac{S}{2} = (p_0 - p_A) \frac{S}{2}$$

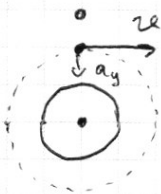
$$S(p_0 - p_A) = 0$$

$$mg = \rho g h_2 \frac{S}{2}$$

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

$$= \rho h \left(1 + \frac{3\rho g S}{k} \right) \frac{S}{2}$$

23



$$m a_y = \frac{M m}{R^2} \cdot G$$

$$\frac{v^2}{R} = \frac{M}{R^2} \cdot G$$

$$v^2 = \frac{M G}{R}$$

$$\omega \cdot R = v$$

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

$$\frac{2\pi}{\frac{v}{R}} = T = \frac{2\pi R}{v}$$

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

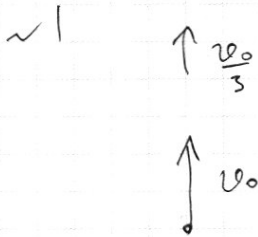
$$\Rightarrow g = \frac{M}{4R^2} G$$

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

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

$$\frac{\frac{4}{3}}{\frac{3}{2}} = \frac{\frac{4}{3}}{\frac{2}{3}} = \frac{8}{9} \quad T = \frac{2\pi R}{\sqrt{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^2 \cdot G}} = 2 \sqrt{\frac{2\pi}{\rho \cdot \pi \cdot G}}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



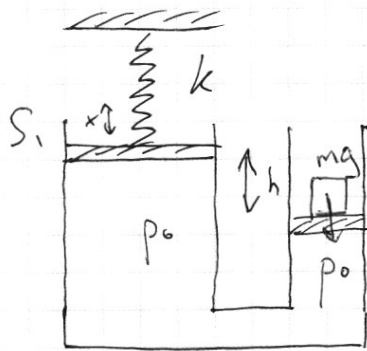
$$v = v_0 + at$$

$$12 = 3 = 12 - 10t$$

$$t = 0,9 \text{ c.}$$

$$\frac{v_k^2 - v_0^2}{2a} = S$$

~2



$$\frac{12^2 - 9}{2 \cdot 10} = S = \frac{144 - 9}{20} = \frac{135}{20} = 6,75 \text{ м.}$$

$$S_2 \quad \rho_0 S_2 + \rho_0 g h S_2 = p_A \cdot S_2$$

$$\rho_0 S_1 + k \cdot \Delta x = p_A \cdot S_1$$

$$S_1 = 2S_2$$

$$\rho_0 + \rho_0 g h = p_A$$

$$(\rho_0 - p_A) S_1 = -k \cdot \Delta x$$

$$\rho_0 - p_A = -\rho_0 g h$$

$$\rho_0 g h S_1 = k \cdot \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{\rho_0 g h S_1}{k}$$