

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

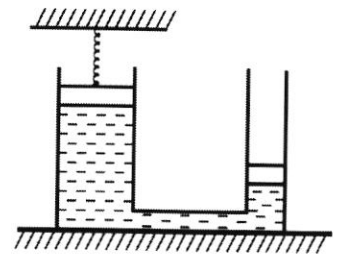
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

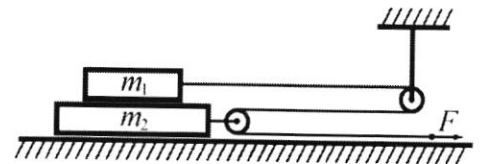
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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

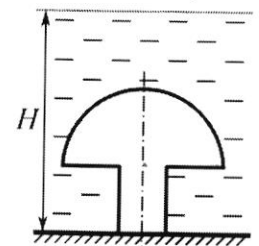


- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

Запишем зависимость скорости от времени:

$$v = v_0 - gt$$

$$\frac{v_0}{3} = v_0 - gt$$

$$\frac{2}{3}v_0 = gt$$

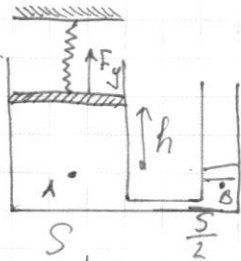
$$t = \frac{2v_0}{3g} = 0,8 \text{ с}$$

Запишем закон движения равноускоренного.

$$x = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = v_0 \cdot \frac{2v_0}{3g} - g \frac{\frac{4v_0^2}{9g^2}}{2} = \frac{2v_0^2}{3g} - \frac{2v_0^2}{9g} = \frac{4v_0^2}{9g} = \frac{4 \cdot 12^2}{9 \cdot 10} = 6,4 \text{ м}$$

Ответ: через 0,8 с, на высоте 6,4 м

№2.



Запишем закон Паскаля для точек А и В.

$$P_A = P_B$$

$$\rho g h - \frac{F_y}{S} = 0, \text{ (пружина растянута на } x \text{) где}$$

$$F_y \text{ - сила упругости } F_y = kx.$$

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

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

Поршень должен подняться на x для уменьшения ^{силы} давления пружины, ~~и~~ запишем неизменность объема воды.

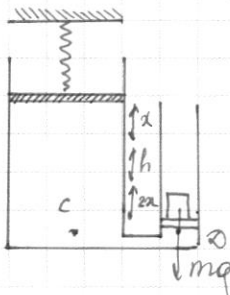
$V_1 = V_2$, где V_1 - объем воды, пришедшей в S , а V_2 - объем воды, ушедший из $\frac{S}{2}$.

$$Sx = \frac{S}{2} \cdot x, \text{ где } x, \text{ - изменение уровня воды в } \frac{S}{2}.$$

$$x_1 = 2x$$

Знаем разницу уровней в новой ситуации $x + x_1 + h =$
 $= h + 3x$.

Запишем закон Паскаля для точек C и D.



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

$$\frac{2mg}{S} = \rho g \cdot \frac{3\rho g h S}{k} + \rho g h$$

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

Ответ: $x = \frac{3\rho g h S}{k}$, $m = \rho h S \left(\frac{3\rho g S}{k} + 1 \right)$

✓ 3.

Запишем закон Всемирного Тяготения:

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

$$F_T = g \cdot m, \quad \text{— сила тяжести}$$

$$F_T = F, \quad \text{они равны по природе (это одно и то же)}.$$

$g = \frac{m_2}{r^2} \cdot G$, где g — ускорение свободного падения на расстоянии r от центра планеты, m_2 — масса Земли

$$g = \frac{m_2}{4R^2} \cdot G = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{4R^2} \cdot G = \frac{1}{3} \rho \cdot \pi \cdot R G$$

Для спутника g — центростремительное ускорение,

$g = \frac{\omega^2}{R_1}$, где ω — угловая скорость спутника, $R_1 = 1,5R$ — радиус орбиты, по которой он движется

$$\omega^2 = g \cdot 1,5R = \frac{1}{3} \rho \cdot \pi \cdot R \cdot G \cdot 1,5R = 0,5 \pi \rho R^2 G$$

Время обращения равно

~~$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,5 \pi \rho R^2 G} = \frac{4}{\rho R^2 G}$$~~

~~$$T^2 = \frac{4\pi^2}{\omega^2} = \frac{4\pi^2}{0,5 \pi \rho R^2 G}$$~~

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3 (продолжение)

Для спутника g является центростремительным ускорением.

$$g = \frac{m_2}{r^2} \cdot G = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{1,5^2 R^2} G = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R}{\frac{9}{4}} G = \frac{4}{3} \cdot \frac{4}{9} \cdot \rho \pi R G = \frac{16}{27} \rho \pi R G$$

Для движения по окружности.

$\omega^2 \cdot R_1 = g$, где $R_1 = 1,5R$ - радиус, ω - угловая скорость

$$\omega^2 = \frac{g}{R} = \frac{\frac{16}{27} \rho \pi R G}{1,5 R} = \frac{32}{81} \rho G \pi$$

$$T^2 = \frac{(2\pi)^2}{\omega^2}$$

$$T = \sqrt{\frac{4\pi^2}{\frac{16}{27} \rho \pi R G}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot \frac{81}{2}}{16 \rho \pi G}} = \sqrt{\frac{2\pi \cdot 81}{16 \rho G}} = \sqrt{\frac{81\pi}{8 \rho G}} = \sqrt{\frac{9}{2} \frac{\pi}{\rho G}} = 4,5 \sqrt{\frac{\pi}{2\rho G}}$$

Ответ: $g = \frac{1}{3} \pi \rho R G$, $T = 4,5 \sqrt{\frac{\pi}{2\rho G}}$

WS.

Посчитаем давление на глубине H :

$$P_i = P_0 + \rho g H = 100 \text{ кПа} + 100 \cdot 10 \cdot 2,5 \text{ Па} = 102,5 \text{ кПа}$$

Представим, что конструкция это вода такой же формы. Эта вода будет находиться в равновесии в том же самом месте, а значит сила давления со стороны воды будет та же.



Затем по закону Ньютона (конструкция асимметрична, значит силы бокового давления урав-

повешено.

$$mg + F_g = N$$

$$\rho g V + F_g = P_1 S \quad (\text{с какой силой вода давит на дно, с такой-}$$

же силой ^{дно} давит на воду)

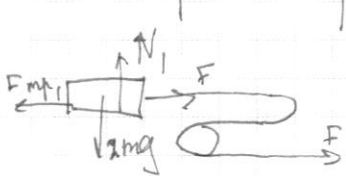
$$F_g = P_1 S - \rho g V = 102,5 \cdot 1000 \cdot 20 \cdot 10^{-4} - 1000 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 10^{-5} =$$

$$= 102,5 \cdot 20 \cdot 10^{-3} - 80 = 205 - 80 = 125 \text{ Н}$$

Ответ: $P_1 = 102,5 \text{ кПа}$, $F_g = 125 \text{ Н}$ - направлена вниз.

в 4.

Рассмотрим, при каком минимальном значении F верхний брусок движется

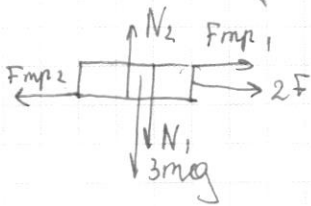


Запишем I закон Ньютона:

$$\begin{cases} N_1 = 2mg \\ F = F_{тр1} \end{cases} \quad \begin{cases} N_1 = 2mg \\ \mu N_1 = F \end{cases} \quad F = 2\mu mg$$

Необходимо прикладывать минимальную силу $2\mu mg$, чтобы сдвинуть верхний брусок.

Рассмотрим, при каком значении F нижний брусок начинает двигаться:



Запишем II закон Ньютона:

$$\begin{cases} N_2 = N_1 + 3mg \\ F_{тр1} + 2F = F_{тр2} \end{cases} \quad \begin{cases} N_2 = 5mg \\ F + 2F = F_{тр2} \end{cases} \quad (F_{тр1} = F)$$

$$3F = \mu N_2$$

$$F = \frac{5}{3} \mu mg$$

Ответ: $F_0 = \frac{5}{3} \mu mg$, $F = 2\mu mg$.



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)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\frac{m}{\mu^3} \cdot \frac{m^3}{\mu^3} = \frac{m^4}{\mu^6}$

$V = V_0 - gt$

$\frac{V_0}{3} = V_0 - gt$

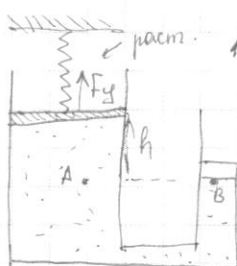
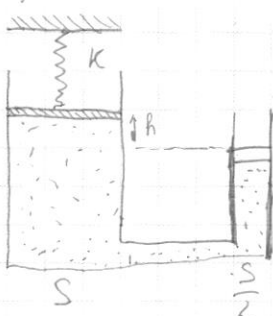
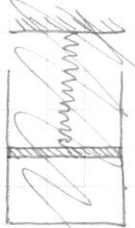
$\frac{2}{3}V_0 = gt \quad t = \frac{2V_0}{3g}$

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

$x = V_0 t - \frac{gt^2}{2} = V_0 \cdot \frac{2V_0}{3g} - \frac{g \cdot (\frac{2V_0}{3g})^2}{2} = \frac{2V_0^2}{3g} - \frac{2V_0^2}{9g} = \frac{4V_0^2}{9g}$

$12 \cdot 0,8 - \frac{10 \cdot 0,64}{2} = 9,6 - 3,2 = 6,4 \text{ м}$

$\frac{12}{5,6} = 2,14$



$P_A = P_B$

$0 = -\frac{F_y}{S} + \rho gh$

$\frac{kx}{S} = \rho gh$

$\frac{1620}{4} = \frac{16}{1,25} \cdot 10$

$x = \frac{\rho gh S}{k}$

Предполагаю, чтобы правильно подглядела на x

$Sx = \frac{S}{2} \cdot x_1 \quad x_1 = 2x$

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

$m = \rho (3x+h) S$

$= \frac{3\rho^2 g h S^2}{k} + \rho h S$

$\mu_c = \frac{1}{c} \cdot \mu$

$\frac{1}{c} = \mu/c \cdot \mu/c$



$F = P_{\text{жид}} \cdot S = \rho g h S$

$F = \mu c \cdot \mu c$

$F = \mu c \cdot \mu c$

$F = \mu c \cdot \mu c$

$F = \mu c \cdot \mu c$

$\frac{13}{15} \cdot 10 = \frac{12}{15} \cdot 10 = 8$

$\frac{12}{5} \cdot 2 = 4,8$

$\frac{12}{5} \cdot \mu$

$\frac{12}{5} \cdot \mu$

$\frac{12}{5} \cdot \mu$

$\frac{12}{5} \cdot \mu$

$\frac{12}{5} \cdot \mu$

$\frac{12}{5} \cdot \mu$

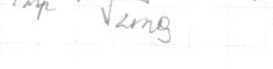
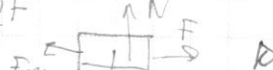
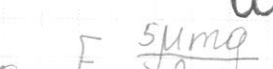
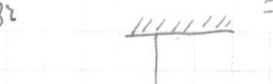
$\frac{12}{5} \cdot \mu$

$\frac{12}{5} \cdot \mu$

$\frac{12}{5} \cdot \mu$

$\frac{12}{5} \cdot \mu$

$\frac{12}{5} \cdot \mu$



$F_n = \frac{m_1 m_2}{2^2} \cdot G$

$q' = \frac{m_2}{2^2} \cdot G$

$= \frac{2}{5} \pi R \rho G$

$G = \frac{F \cdot 2^2}{m_1 m_2}$

$= \frac{H \cdot \mu^2}{k^2} = \frac{k \cdot \mu^3}{k^2 \cdot c^2}$

$= \frac{\mu^3}{k \cdot c^2}$

$\frac{2}{c} \cdot \mu$

$\frac{2}{c} \cdot \mu$

$\frac{2}{c} \cdot \mu$

$\frac{2}{c} \cdot \mu$

$\frac{2}{c} \cdot \mu$

$N_2 = N_1 + 3mg \quad N_2 = smg$

$2F = F_{\text{жид}} \quad \mu \cdot smg = 2F$

$\mu \cdot 2mg = F$

$\mu \cdot 2mg = F$

$\mu \cdot 2mg = F$

$\mu \cdot 2mg = F$

$\mu \cdot 2mg = F$

$\mu \cdot 2mg = F$

$P_0 + \rho g h$ $V =$ $w = \frac{v}{R} = \rho g h$ $w =$ ~~...~~ $\text{Anglim} \cdot \frac{1}{2}$
 $w = \frac{2\pi R}{T}$ $T = w \cdot 2\pi R$
 $w = gR$ $T = gR \cdot 2\pi = \frac{4}{3}\pi R^2 \rho g$
 $v = \omega R$ $v = gR$

$F_g - \rho g S \cdot h$ $v = g \cdot h$ $w = gR$ $v = \omega R$
 $v = gR^2$ $\frac{2 \cdot \rho g S R \cdot h}{\rho} = T$ $\frac{3\pi R}{v} = T$ $\frac{3\pi R}{gR^2} = T$ $\frac{3\pi R}{gR^2} = \frac{3\pi R}{2\pi R^2 \rho g}$
 $\frac{1}{\rho g S} = m$ $\frac{1}{\rho} = m$ S $F_2 + mg - F_1$ $F_2 = \rho g (H-h-R) \cdot \pi R^2$
 $- \rho \cdot \frac{2}{3}\pi R^3 g = \rho g \pi R^2 (H-h-R - \frac{2}{3}R)$
 $F_g = F_2 - \rho g (H-h) \cdot (\pi R^2 - S)$ $V = Sh + \frac{2}{3}\pi R^3$
 $\frac{F_g}{S} = P_1$ $h = \frac{V - \frac{2}{3}\pi R^3}{S}$

$\frac{\rho g}{S} \left(\pi R^2 (H - \frac{2}{3}R) + \frac{\pi R^2 (V - \frac{2}{3}\pi R^3)}{S} \right) - \rho g \left(H - \frac{V - \frac{2}{3}\pi R^3}{S} \right) \cdot (\pi R^2 - S) = \rho g H$
 $2F_1 = \mu \cdot 5mg + \mu \cdot 2mg$ $F = \rho g \mu mg$ $F_{gs} = mg$
 $F_{mp1} = 2\mu mg$ $F_{mp2} = 3\mu mg$ $F_{mp} = F$ $F = 2\mu mg$ $F = 2\mu mg \cdot \frac{250}{20} = 5000$

$\rho g V = \rho g H \cdot S - F_g$ $F_g = \rho g H S - \rho g V = \rho g (250 \cdot 20 - 800) = \rho g \cdot 4200 = 4200H$
 $g = \frac{w}{v} = \frac{a}{R \cdot \omega}$

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$q = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{4R^2} \quad G = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{3\pi R G \rho} \quad q = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}{\frac{9}{4}R^2} = 4\pi R G \rho \cdot \frac{16}{27}$

$\frac{16}{24\pi R G \rho} = \frac{16}{27} \cdot \frac{3}{2} \cdot \pi R G \rho$

$\frac{2\pi}{4} \sqrt{\frac{2\pi \rho G}{9}} = \frac{9}{2} \sqrt{\frac{\pi}{2\rho G}}$

$\frac{4 \cdot 81}{32} = \frac{81}{8}$

$100 \cdot 1000 \cdot 10^{-6}$
 $0,1 \cdot 20^{-2}$
 $2,5$

$100 \cdot 10 \cdot 2,5 = 2500$

$2500 \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 10000 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 10^{-3} =$

$10 \cdot 5000 \cdot 10^{-3} = 205 \cdot 10^{-2} = 80$

$102,5 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 80$
 2050