

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

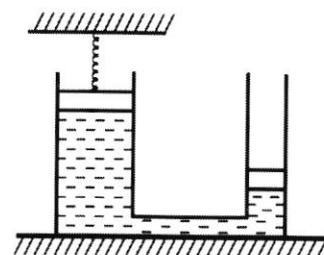
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

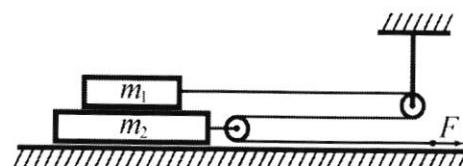
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



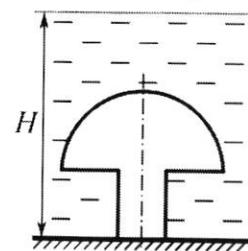
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

Дано:

$$v_0 = 12 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$t_1, h - ?$

Решение:

Введём ось $y \perp$ земл.

Понято, что моментов со

скоростью $v_0/3$ будет 2.

(на взлёте и падении). Примем оба они будем

в одной и той же точке T_0 на подъеме от $v_0/3$ и до
вершины камень будет лететь то же время, что и от вершины
до предельной высоты.

$$\text{оу: } v_0/3 = v_0 - g t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{v_0 - v_0/3}{g}$$

Время всего полёта найдем из формулы: $0 = v_0 t - \frac{g t^2}{2}$ (т.к. $s'_{\text{пог}} = 0$)

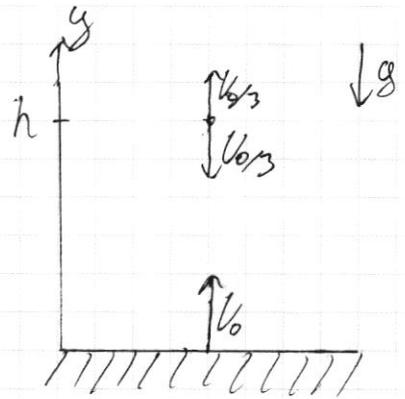
$\Rightarrow t = 0$ или $t = \frac{2v_0}{g}$ ($t = 0$ нам не интересно). $\Rightarrow t_2 = t - t_1$ (т.к.

момента от v_0 до $v_0/3$ и от $v_0/3$ до v_0 равны по времени) \Rightarrow это

следует из формулы $v = v_0 + g t$. $\Rightarrow t_2 = \frac{2v_0 - v_0 + v_0/3}{g} = \frac{v_0 + v_0/3}{g}$

$$\text{оу: } h = \frac{(v_0/3)^2 - v_0^2}{-2g} = \frac{4v_0^2}{9g} \quad h = 6,4 \text{ м} \quad t_1 = 0,8 \text{ с} \quad t_2 = 1,6 \text{ с}$$

Ответ: $h = 6,4 \text{ м}; t_1 = 0,8 \text{ с}; t_2 = 1,6 \text{ с}$





черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

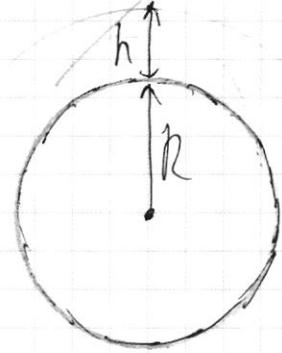
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

Дано: $h = 0,5R$
 $R; \rho; G$
 $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

Решение:
 Из закона всемирного тяготения
 $g = \frac{M_n \cdot G}{R_1^2}$, где R_1 расстояние от
 центра масс \odot
 массы на орбите. \Rightarrow

$g; T - ?$ $g_1 = \frac{M_n \cdot G}{4R^2}, M_n = \rho \cdot V_n;$
 $V_n = \frac{4}{3}\pi R^3 \Rightarrow M_n = \frac{4}{3}\pi \rho R^3 \Rightarrow$
 $\Rightarrow g_1 = \frac{4\pi \rho R^3 \cdot G}{3 \cdot 4R^2} = \frac{\pi \rho \cdot R \cdot G}{3}$



Из закона всемирного тяготения; $\frac{V_c^2}{R + 0,5R} = \frac{M_n G}{(R + 0,5R)^2} \Rightarrow$
 (т.к. g - центрострем. ускор.)

$\Rightarrow V_c = \sqrt{\frac{M_n \cdot G}{1,5R}} = \sqrt{\frac{4\pi \rho \cdot R^3 \cdot G}{4,5R}} = \sqrt{\frac{40}{45} \cdot \pi \rho R^2 \cdot G} \Rightarrow$

$T = \frac{3\pi R}{V_c}$, где $3\pi R$ - длина орбиты. $\Rightarrow T = \sqrt{\frac{9\pi^2 R^2 \cdot 45}{40\pi \rho R^2 \cdot G}} =$
 $\sqrt{\frac{9 \cdot 45 \cdot \pi}{40 \cdot \rho \cdot G}} = \sqrt{\frac{81 \cdot \pi}{8\rho \cdot G}} = 18 \sqrt{\frac{\pi}{2\rho G}}$

Ответ: $g_1 = \frac{\pi \rho \cdot R \cdot G}{3}; T = 18 \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2\rho G}}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

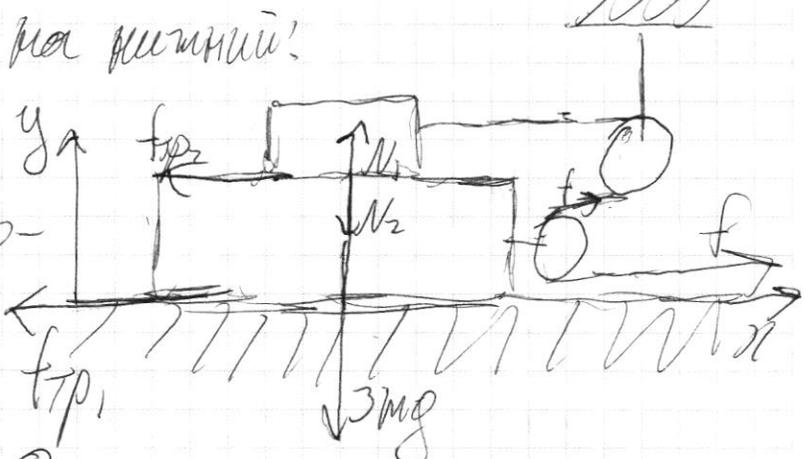
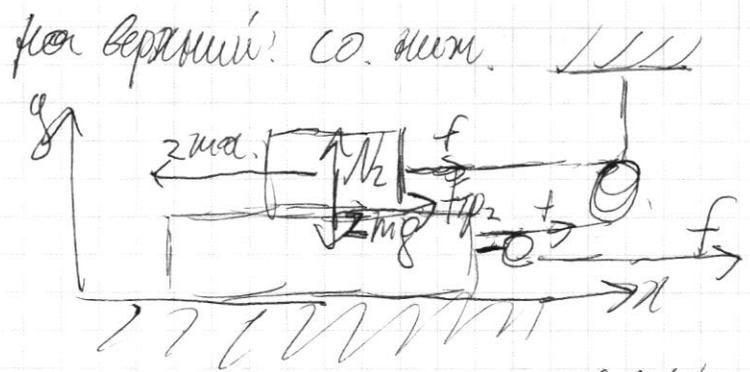
$\sqrt{4}$
 Дано: $m_1 = 2m$
 $m_2 = 3m$
 μ
 $f_0, f - ?$

Решение:
 сила трения будет равна нулю когда верхний брусок будет покоиться относительно нижнего и сила инерции будет уравновешивать f_0 (в со. нит. бруска).
 Введём оси: x и y .

на верхний: $0x: -2ma + f_0 = 0 \Rightarrow f_0 = 2ma$; $0y: 2mg = N_2$
 на нижний: $0y: -3mg - N_2 + N_1 = 0 \Rightarrow N_1 = N_2 + 3mg = 2mg + 3mg = 5mg$.
 на нижний: $0x: -f_{тр} + 2f_0 = 3ma \Rightarrow -\mu N_1 + 2f_0 = 3ma \Leftrightarrow$
 $\Leftrightarrow -\mu \cdot 5mg + 2f_0 = 3ma \Rightarrow a = \frac{5mg + 2f_0}{3m}$

При установке в 0:
 $f_0 = 2m \left(\frac{5mg + 2f_0}{3m} \right) = \frac{10mg + 4f_0}{3} = f_0 \Rightarrow f_0 =$
 $\Rightarrow a = \frac{-\mu \cdot 5mg + 2f_0}{3m}$; при установке в 0:
 $f_0 = 2m \left(\frac{-\mu \cdot 5mg + 2f_0}{3m} \right) = \frac{-10\mu mg + 4f_0}{3} = f_0 \Rightarrow$
 $f_0 = 10\mu mg$ Ответ: $f_0 = 10\mu mg$.

№4 2) Дано:
 $m_1 = 2m$
 $m_2 = 3m$
 μ
 $f_0, F = ?$



Решение:
 Поскольку нас интересует f_{min} значит нам достаточно равномерного движения влево \Rightarrow
 Σf на верхний брусок = 0.

На верхний: $o_y: 2mg = N_2$ ($f_{p2} = 2\mu mg$)
 $o_x: -2ma + f + f_{p2} = 0 \Rightarrow -2ma + f + 2\mu mg \Rightarrow f = 2ma - 2\mu mg$ (1)

На нижний: $o_y: -N_1 - 3mg + N_2 = 0 \Rightarrow N_1 = N_2 + 3mg = 5mg$
 $o_x: -f_{p1} - f_{p2} + 2f = 3ma = -\mu \cdot 5mg - 2\mu mg + 2f \Rightarrow$

$a = \frac{2f - 7\mu mg}{3m}$ При подстановке в (1):

$f = 2\left(\frac{2f - 7\mu mg}{3}\right) - 2\mu mg \Rightarrow f = \frac{4f - 14\mu mg - 6\mu mg}{3} \Rightarrow$

$f = 20\mu mg$. Ответ: $f = 20\mu mg$.

№5.

Дано:

$$H = 2,5 \text{ м}$$

$$V = 8 \text{ см}^3$$

$$S = 20 \text{ см}^2$$

$$\rho = 12 \text{ г/см}^3$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

P_1, F .

Решение. 1.

$$P_1 = \rho g H + P_0 = 125 \text{ кПа.}$$

Ответ: $P_1 = 125 \text{ кПа.}$

2. Сила Архимеда

обусловлена разностью давлений ΔP

на разных глубинах. Поскольку нижняя

часть прижата ко дну, то сила Архимеда

будет действовать только на

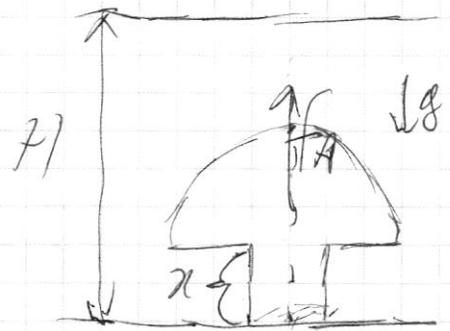
полусферу. $F_A = \rho g V$ в формуле, F_A только

одна векторная величина $\Rightarrow F_A$ будет направлена

по z только в обратном направлении. ($F_A = F$)

Пусть высота ножки - x . Тогда,

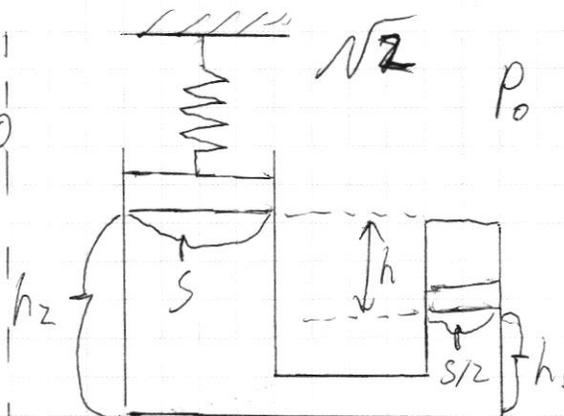
$$F_A = (V - x \cdot S) \cdot \rho \cdot g.$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Дано:
 $\rho; h; s; s/2; g$
 $\chi, m - ?$

Решение,
Будем считать, что
 h - величина.
Пусть h_2, h_1 - высоты



столбов воды в левом и правом
поршнях соответственно.

Тогда: $P_0 - P_{\Pi} + \rho g h_2 = P_0 + \rho g h_1$ (где P_{Π} - давление поршня)
 $\Rightarrow P_0 - P_0 + \rho g (h_2 - h_1) = P_{\Pi} \Rightarrow P_{\Pi} = \rho g h = \frac{F_{\Pi}}{S} = \frac{k \cdot \chi}{S} \Rightarrow$
 $\Rightarrow \chi = \frac{\rho g h \cdot S}{k}$

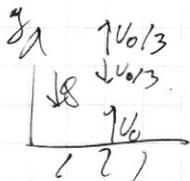
Чтобы пружина была не деформирована нужно чтобы
груз оказывал давление равное давлению поршня.

Будет: $\rho g h = \frac{mg}{S/2} \Rightarrow m = \frac{\rho g h \cdot S}{2g} = \frac{\rho \cdot h \cdot S}{2}$

Примечание: P_0 - атмосферное давление.

Ответ: $\chi = \frac{\rho g h \cdot S}{k}$; $m = \frac{\rho \cdot h \cdot S}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$v_{0/3} = v_0 - g \cdot t \Rightarrow t = \frac{v_0 - v_{0/3}}{g}$$

$$0 = v_0 t - \frac{g t^2}{2} \Rightarrow t = 0 \text{ or } t = \frac{2v_0}{g}$$

$$\omega = \frac{v}{R} \text{ м/с}$$

$$\frac{2\sqrt{h}}{\omega}$$

$$-v_0 = -v_{0/3} + g t \Rightarrow t =$$

$$t(v_0 - \frac{g t}{2}) \Rightarrow v_0 - \frac{g t}{2} = 0 \Rightarrow t = \frac{2v_0}{g}$$

$$\frac{v_0^2}{g} - v_0^2$$

$$-\frac{g v_0^2}{g} = -\frac{g v_0^2}{-18g} \Rightarrow \frac{4v_0^2}{9g}$$

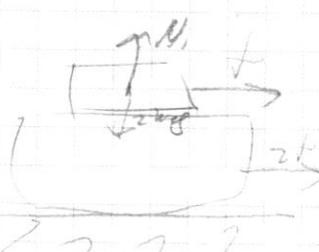
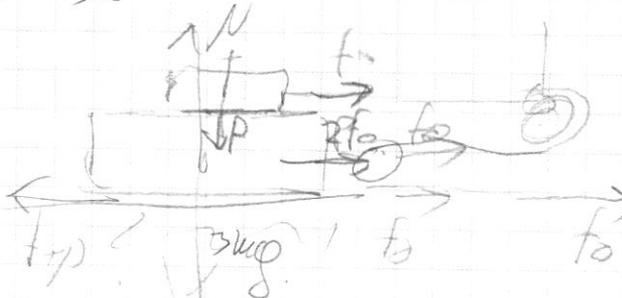
$$12 - 4 \cdot 8$$

$$\begin{array}{r} \times 144 \\ \hline 536190 \\ - 540154 \\ \hline 360 \end{array}$$

Программировать



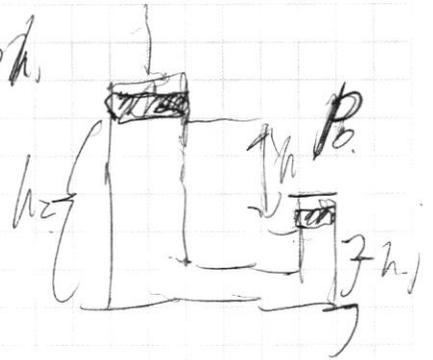
$$\frac{40045}{3600,8}$$



$$v = \frac{4}{3} g R^2 + 20 \cdot R$$



$$P_0 \cdot g \cdot H - P_{int} + \rho g h_2 = P_0 \cdot g \cdot (H+h) + \rho g h_1$$



$$P_0 - P_{int} + \rho g h_2 = P_0 + \rho g h_1$$

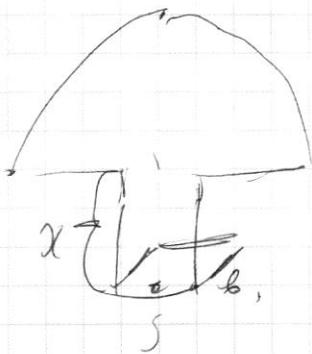
$$\rho g (h_2 - h_1) = P_0 - P_0 + P_{int}$$

$$\rho g h = P_{int} = \frac{f}{S}$$

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

$$m = S \rho h \cdot \frac{v_1^2 - v_2^2}{2} \cdot m$$

$$\rho g h = \frac{mg}{S/2} \Rightarrow m = \frac{S \rho g h}{2g}$$



$$k = k \cdot m$$

$$1000 \cdot 10 \cdot 35 + 100000 = 125000$$

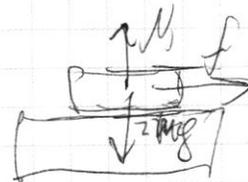
$$25000$$

$$\frac{m v^2}{2} = k m$$

$$v = 5$$

$$1 \cdot 10^{-6}$$

$$x \cdot S + m = f \Rightarrow$$



$$f_0 = 10 \text{ мф.}$$

$$f_A =$$