

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

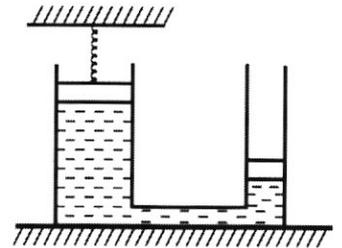
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

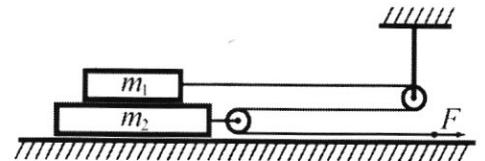
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



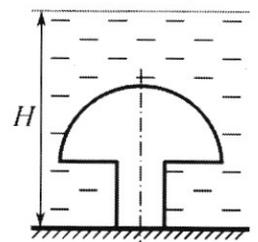
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

$$v_0 = 12 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$t = ?$$

$$h = ?$$

① сверху - $\frac{v_0}{3}$ снизу - v_0

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

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

2 сверху - $\frac{v_0}{3}$ снизу - v_0

$$t = \frac{v_0}{g} + \frac{v_0}{3g} =$$

$$= \frac{12}{10} + \frac{12}{3 \cdot 10} = 1,2 + 0,4 = 1,6 \text{ с}$$

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

$$t = \frac{2}{3g} v_0 = \frac{2 \cdot 12}{3 \cdot 10} = \frac{4}{5} \text{ с} = 0,8 \text{ с}$$

~~h не зависит от скорости~~

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 12 \cdot 0,8 - \frac{10 \cdot 0,8^2}{2} =$$

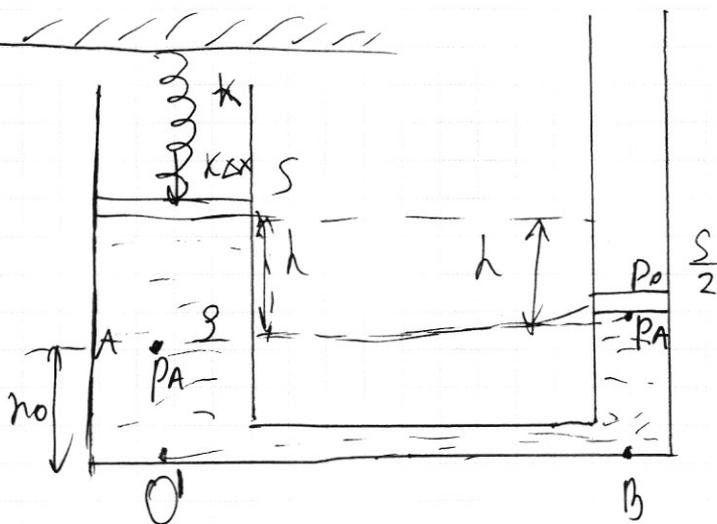
$$h = \frac{(v_0/3)^2 - v_0^2}{-2g} = \frac{16 - 144}{-20} = \frac{-128}{-20} = \frac{-64}{-10} =$$

$$= 6,4 \text{ м}$$

Ответ: $0,8 \text{ с}$; $6,4 \text{ м}$

$$\begin{array}{r} 128 \\ -16 \\ \hline 112 \end{array}$$

№ 2



ΣF по ОУ для правого поршня:

$$p_A \cdot \frac{S}{2} = p_0 \cdot \frac{S}{2}$$

\Downarrow
 $p_A = p_0$

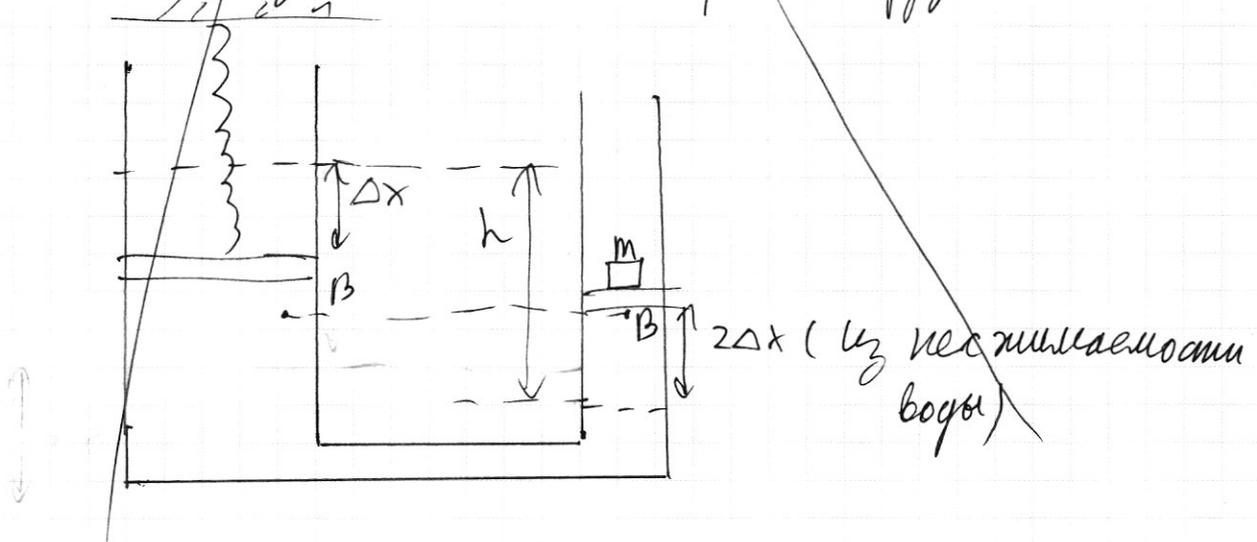
Для левого:

$$(p_A + \rho g h) S = k \Delta x + p_0 S$$

$$p_A S + \rho g h S = k \Delta x + p_0 S$$

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

② После возникновения на поршне груза:



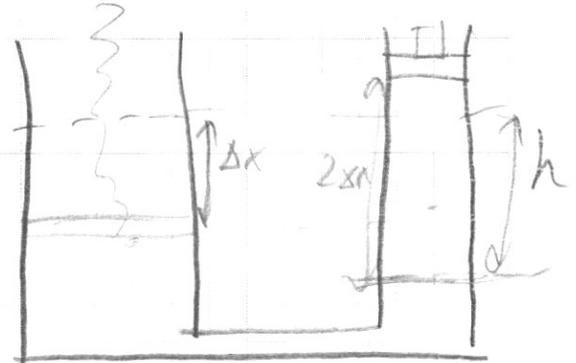
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

ΣF для 2-ух поршней:

~~$$\rho_0 \cdot \frac{S}{2} + mg = \rho_B \cdot \frac{S}{2}$$~~

~~$$\rho_0 S + 2mg = \rho_B S$$~~

~~$$\rho_0 S = \rho_B + \rho g(h - 2\Delta x) S$$~~



(С предположением, что пружинка стальная):

$$\rho_0 = \rho_B$$

$$\rho_0 = \frac{k \Delta x}{S} + \rho g h + \rho g h_0 + \rho_0$$

$$\rho_B = \rho_0 + \rho g h_0$$

~~$$\frac{k \Delta x}{S} + \rho g h = 0$$~~

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

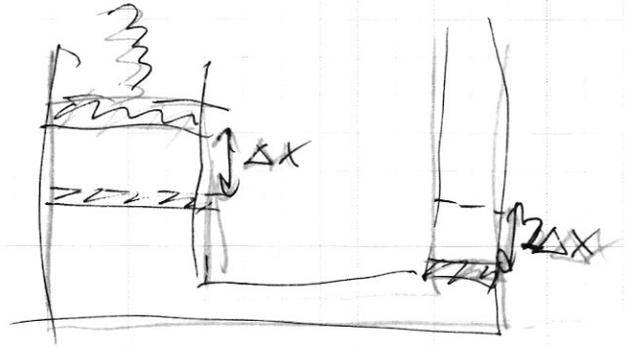
\Downarrow
 $m k \Delta x < 0 \sim$ пружинка
 растянута

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

②

$$\Delta p_0 = \Delta p_B$$

$$\Delta p_0 = k \Delta x$$



$$\frac{k \Delta x}{S} + \rho g \Delta x$$

$$\Delta p_B = \frac{2mg}{S} - \rho g \cdot 2\Delta x$$

$$\frac{k \Delta x}{S} + \rho g \Delta x = \frac{2mg}{S} - \rho g \cdot 2\Delta x$$

$$k \Delta x + \rho g \Delta x S + \rho g 2\Delta x S = 2mg$$

$$\frac{\Delta x (k + 3\rho g S)}{2g} = m$$

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

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

$$\textcircled{1} \quad mg = G \frac{m M_n}{(2R)^2}$$

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

$$g = G \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R}{4}$$

$$g = G \rho \pi \frac{R}{3}$$

$$a_n = \frac{v^2 \cdot R}{R \cdot R} = \omega^2 R$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

②

$$m a_n = G \frac{m M_n}{(1,5 R)^2}$$

~~$$\omega R$$~~

~~$$\omega (1,5 R)$$~~

$$\omega^2 \cdot 1,5 R = G \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3}{(1,5)^2 R^2}$$

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

$$\omega^2 \cdot 1,5 = G \frac{\rho \frac{4}{3} \pi}{(1,5)^2}$$

$$\Rightarrow T = \sqrt{\frac{\pi}{8 G \rho}}$$

$$\omega^2 R = G \frac{4\pi R^3}{3 \cdot (1,5)^2 R^2}$$

$$\omega^2 = G \frac{4\pi R}{3 \cdot (1,5)^2}$$

$$\omega^2 \cdot 1,5 R = G \frac{4\pi R^3}{3 \cdot (1,5)^2 \cdot R^2}$$

$$\omega^2 \cdot 1,5 = G \frac{4\pi}{3 \cdot (1,5)^2}$$

$$\omega^2 = G \frac{4\pi}{3 \cdot (1,5)^3}$$

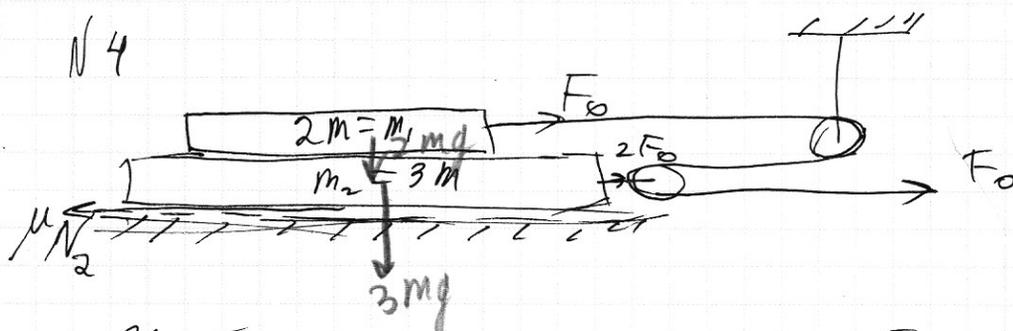
$$\frac{4\pi^2}{T^2} = G \frac{4\pi}{3 \cdot (1,5)^3}$$

$$T^2 = \frac{\pi \cdot 3 \cdot (1,5)^3}{G}$$

$$T = \sqrt{\frac{\pi \cdot 3 \cdot 3^3}{G}}$$

$$\text{Ответ: } T = \sqrt{\frac{\pi}{G \cdot 8}} ; g = G \pi \frac{R}{3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Чтобы сила трения на верхний брусок была равна нулю, необходимо, чтобы он не двигался относительно нижнего бруска т.е. относительно земли двигался с $a_1 = a_2$. (по Ox)

Для бруска 2 по Ox :

$$3mg + 2mg = N_2$$

$$N_2 = 5mg$$

По Ox :

$$2F_0 - 3ma_1 = 2F_0 - \mu \cdot 5mg$$

Для бруска 1:

по Oy :

$$2mg = N_1$$

по Ox :

$$F_0 = 2m \cdot a_2 = 2m \cdot a_1$$

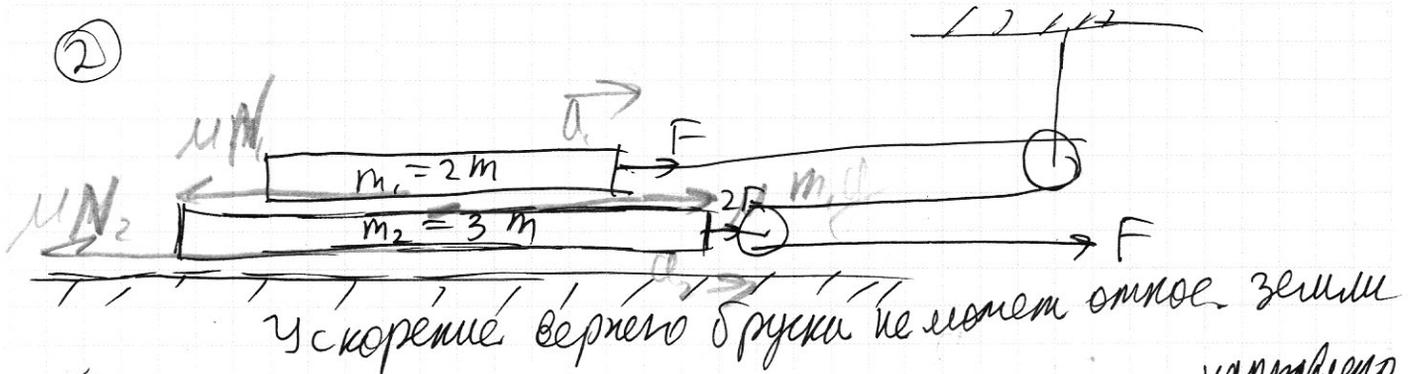
$$\begin{cases} F_0 = 2ma_1 \\ 3ma_1 = 2F_0 - \mu \cdot 5mg \end{cases}$$

$$3ma_1 = 4ma_1 - \mu \cdot 5mg$$

$$5\mu mg = ma_1$$

$$a_1 = 5\mu g$$

$$F_0 = 10\mu gm$$



$$\begin{cases} 2ma_1 = F - \mu 2mg \\ 3ma_2 = 2F + \mu \cdot 2mg - \mu \cdot 5mg \\ a_2 > a_1 \end{cases}$$

направлено
вправо
| $F_{тр}$ дает a_1 в
влево $5\mu mg \Rightarrow$ влево

a_1 и a_2 вправо
просто
 $a_2 > a_1$

$$a_1 = \frac{F - 2\mu mg}{2m}$$

$$a_2 = \frac{2F - 3\mu mg}{3m}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$a_1 = \frac{F - 2\mu mg}{2m}$$

$$a_2 = \frac{F - 3\mu mg}{3m}$$

$$a_2 > a_1$$

$$a_2 - a_1 > 0$$

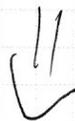
$$\frac{F - 3\mu mg}{3m} - \frac{F - 2\mu mg}{2m} > 0$$

$$\frac{F}{3m} - \mu g - \frac{F}{2m} + \mu g > 0$$

$$\frac{F}{3m} - \frac{F}{2m} > 0$$

$$\frac{F}{3} - \frac{F}{2} > 0$$

$$\frac{1}{3} - \frac{1}{2} > 0$$



Невозможно



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

①

$$P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \text{ кПа} + 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$= 100 \text{ кПа} + 25 \text{ кПа} = 125 \text{ кПа}$$

②

Если бы было подтекание:

~~мгдт~~

сумма сил ~~не~~ ^{мы не прикинули координату} (то, это надо найти)

$$F_A = \rho_0 V g = F_1 + F_2$$

если считать, то $F \uparrow$

сумма сил ~~вверх~~ "пошку" \uparrow ~~прибав~~

$$\rho_0 V g = F_1 + (\rho_0 + \rho g H) S$$

$$F = \rho_0 V g - \rho_0 S - \rho_0 g H S \approx 1000 \cdot 10 \cdot 2$$

$$F = \rho_0 g (V - H S) - \rho_0 S$$

Ответ:

$$F = 1000 \cdot 10 \cdot \frac{8}{1000} - (100 \cdot 10^3 + 1000 \cdot 10 \cdot 2,5) \cdot \frac{20}{100^2}$$

$$= \frac{20}{100^2} = 80 - \frac{100 \cdot 10^3 \cdot 20}{100^2} - \frac{100^2 \cdot 2,5 \cdot 20}{100^2} =$$

$$= 80 - \frac{10^3 \cdot 20}{100} - 50 = 30 - \frac{100 \cdot 10 \cdot 20}{100} =$$

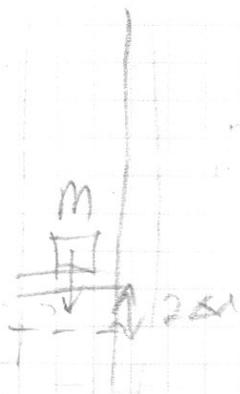
$$= 30 - 200 = -170 \text{ Н}$$

↓
F действует вниз

Ответ: $p_1 = 125 \text{ кПа}$; $F \downarrow = 170 \text{ Н}$



$$(3g h) S = k \Delta x$$



~~$$k \Delta x$$~~

$$3g(h - 3\Delta x) = \frac{mg}{2}$$

$$p_0 S = p_A' S + 3g(h - 3\Delta x) S$$

$$p_A' S = p_0 S + 2mg$$

$$p_0 S = p_0 S + 2mg + 3g(h - 3\Delta x) S$$

$$2mg = 3g(h - 3\Delta x) S$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\omega = \sqrt{G \frac{9 \frac{4}{3} \pi}{(1,5)^3}}$$

$$\frac{\mu}{c^2} = \frac{kr}{m^2}$$

$$\omega^2 R_x = G \frac{9 \frac{4}{3} \pi R^3}{R_x^2}$$

$$\left[\frac{\mu^3}{c^2 kr} \right] = [G]$$

$$\omega^2 = G \frac{9 \frac{4}{3} \pi R^3}{R_x^3}$$

$$\omega^2 = G \frac{9 \frac{4}{3} \pi}{(1,5)^3}$$

$$\frac{c^2 kr}{\mu^3}$$

$$\frac{\pi R^3}{T^2} = G \frac{9 \frac{4}{3} \pi R^3}{(1,5)^3}$$

$$\frac{\pi}{T^2} = G \frac{9}{3 \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^3}$$

$$T^2 = \frac{\pi}{G \cdot 9} \cdot 3 \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^3$$

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

$$T = \sqrt{\frac{\pi}{8 G}}$$

$$\sqrt{\frac{\pi}{8 G}}$$