

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

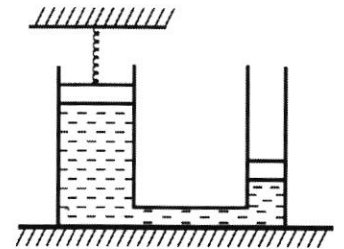
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

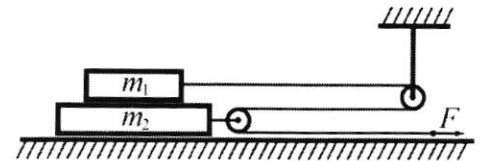
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения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



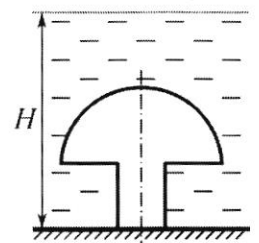
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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



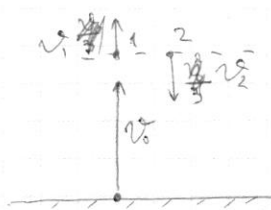
- 1) Найдите величину F_0 горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.
- 2) Найдите величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок 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) $v_1 = v_0$
 $(v_1 = |v_2|) = \frac{v_0}{3}$
 камень достигнет скорости $\frac{v_0}{3}$ при подъеме и спуске на раст.
 h от земли в силу обратимости движения

$$t_1 = \frac{\Delta v_1}{g} = \frac{v_0 - \frac{v_0}{3}}{g} = \frac{12 - \frac{12}{3}}{10} = 0,8 \text{ с}$$

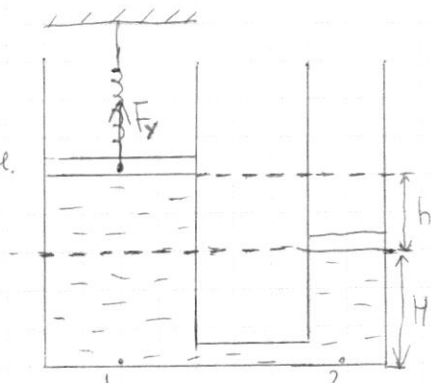
2) в т. 2 $v_2 = -\frac{v_0}{3}$ т.к. векторы \vec{v}_1 и \vec{v}_2 напр. противоположн. _{но}

$$t_2 = \frac{\Delta v_2}{g} = \frac{v_0 - v_2}{g} = \frac{12 + \frac{12}{3}}{10} = 1,6 \text{ с}$$

$$h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2} = 12 \cdot 0,8 - \frac{10 (0,8)^2}{2} = 9,6 - \frac{10 \cdot 0,64}{2} = 9,6 - 3,2 = 6,4 \text{ м}$$

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

1) герм. пруж.



1) т.к. сосуды сообщ., дав. $P_1 = P_2$ в т. 1 и 2 соотв.

$$P_1 = (H+h) \rho g + P_0 - \frac{F_x}{S}$$

$$P_2 = \rho g H + P_0$$

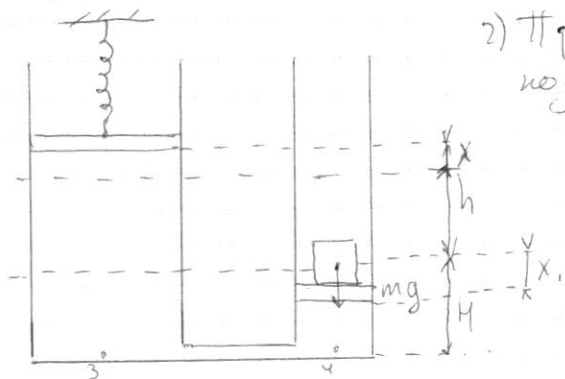
$$(H+h) \rho g + P_0 - \frac{F_x}{S} = \rho g H + P_0$$

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

$$F_x = k \cdot x; \quad \rho g h = \frac{k x}{S}$$

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

2) недеф. пруж.



2) При недеф пр. уровень в правом сосуде поднялся на x , в левом опустился на $x_1 = \frac{S}{S} x = 2x$

т.к. сосуды сообщ., $P_3 = P_4$ в точках 3 и 4 соотв.

$$P_3 = \rho g (H+h+x) + P_0$$

$$P_4 = \rho g \frac{2mg}{S} + (H-2x) \rho g + P_0$$

$$\rho g (H+h+x) + P_0 = \frac{2mg}{S} + P_0 + \rho g (H-2x)$$

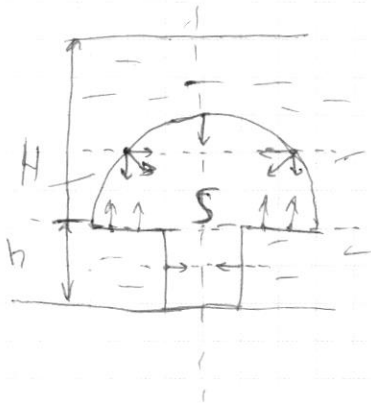
$$\rho g h + \rho g x = \frac{2mg}{S} - 2\rho g x$$

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

$$m = \frac{5\rho(3x+h)}{2} = \frac{5\rho(3\frac{\rho g h S}{k} + h)}{2} = \frac{5\rho h}{2} (3\frac{\rho g S}{k} + 1)$$

Ответ

Ответ: $x = \frac{\rho g h S}{k}$; $m = \frac{5\rho h}{2} (3\frac{\rho g S}{k} + 1)$



NS

Силы давления воды на полушар в качестве можно разложить на горизонт. и верт. проекции и, тогда в силу симметрии, горизонт. проекции компенсируются, также в силу симм. компенсируются силы действ. на цилиндрич. часть конструкции. Тогда F направ. верт.

$$P_1 = \rho g H + P_0 = 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 + 100000 = 125000$$

F_0 - сила дав. ст. на фигуру

Пусть на полушар вниз F_1 , на полушар вверх $F_2 = (S_1 - S) P_2$,

где P_2 - давл. на уровне h, S_1 - площадь круга с радиусом данной полусферы, сила давл. воды на склоеную часть, если бы вода подтекала.

$$F_3 = P_1 S$$

тогда, если бы вода подтекала

~~$$F_2(S_1 - S) - F_1 - F_2(S_1 - S)P_2 - F_3 = F_1 + F_2 + F_3 = F_A = \rho g V$$~~

$$-P_0 - F_1 + (S_1 - S)P_2 + P_1 S = \rho g V \quad F_1 - (S_1 - S)P_2 = \rho g V + P_1 S$$

Если вода не подтекает, то $-F_0 + (S_1 - S)P_2 - F_1 = \rho g V - P_1 S + F_0$

~~$$F = F_1 - F_2 = F_1 - (S_1 - S)P_2 = P_1 S + \rho g V$$~~

$$F = F_2 - F_1 = (S_1 - S)P_2 - F_1 + F_0 = \rho g V - P_1 S = 1000 \cdot 10 \cdot 0,008 - 125000 \cdot 0,002 =$$

$$= 80 - 250 = -170 \text{ Н}$$

Значит F направ. верт. вниз. $|F| = 170 \text{ Н}$

$$m_1 a_1 = F_0$$

$$2ma = F_0$$

$$2m \left(\frac{2F_0}{3m} - \frac{5g}{3} \right) = F_0$$

$$\frac{4}{3}F_0 - \frac{10}{3}g = F_0$$

$$\frac{1}{3}F_0 = \frac{10}{3}g$$

$$F_0 = 10 \text{ мг}$$

раз верхний брусок движется влево от н. и т.д. a_1, a_2 , где

a_1 - ускор. верх. бруска (вдоль F) a_2 - нижнего (вдоль F)

$$3m a_2 = 2F - F - 2mg$$

$$3ma_2 = 2F - 5mg$$

$$a_2 = \frac{2F}{3m} - \frac{5}{3}g$$

$$m_1 a_1 = F - F - mg$$

$$2ma_1 = F - 2mg$$

$$a_1 = \frac{F}{2m} - g$$

$$\frac{2}{3} \frac{F}{m} - \frac{5}{3}g > \frac{F}{2m} - g$$

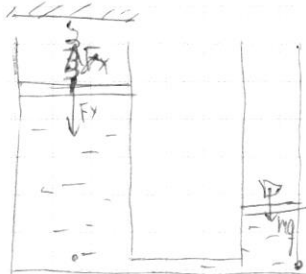
$$\frac{1}{6} \frac{F}{m} > \frac{2}{3}g$$

$$F > 4mg$$

$$F = 4mg$$

Ответ: $F_0 = 10 \text{ мг}$ $F = 4 \text{ мг}$.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$\rho g(H+h) + P_0 \pm \frac{F_x \cdot S}{S} = \rho g H + P_0$$

$$\rho g h = \frac{F_x \cdot S}{S}$$

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

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

$$\frac{k_2}{k_1} \cdot \frac{H}{k_2} \cdot \frac{m}{m} = m$$

$$\rho g(H+h) + P_0 < \rho g h S \quad \rho g h = F_x$$

$$(H+h+\Delta x) \rho g + P_0 = \frac{2mg}{S} + \rho g h + P_0$$

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

$$\frac{m^2}{H} \cdot \frac{H}{k_2} \cdot \frac{k_2}{m} = 1$$

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

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

$$\frac{k_2}{m^2} \cdot \frac{H}{k_2} \cdot \frac{m^2}{m} = k_2$$

$$2 m a_1 < 3 m$$

$$a_1 < a_2$$

$$3 m a_2 = 2 F - F_{\text{пр}2}$$

$$2 m a_1 = F - F_{\text{пр}1}$$

$$\frac{2}{3} F - \frac{5}{3} m g \mu > \frac{F}{2} - \frac{2 m g \mu}{2}$$

$$\frac{1}{6} F > \frac{2}{3} m g \mu$$

$$F > 4 m g \mu$$



$$\frac{4}{3} \pi r^3 + S \cdot h = 8043$$

$$\omega r = 20$$

$$\frac{\omega^2}{r} = a_n$$

$$\omega^2 r = a_y$$

$$x^2 + y^2 = r^2$$

$$y = \sqrt{r^2 - x^2}$$

$$P_1 - \sqrt{r^2 - x^2} \rho g$$

$$P = P_1 - \rho g h \quad h = \sqrt{r^2 - x^2}$$

$$P = P_1 - \sqrt{r^2 - x^2} \rho g$$

$$P_{cp} = P_1 - \sqrt{r^2 - \left(\frac{r}{2}\right)^2} \rho g = P_1 - r \sqrt{\frac{3}{4}} \rho g$$

~~$$P_1 S - 20 P_1 = P_1 S - r \sqrt{\frac{3}{4}} \rho g S$$~~

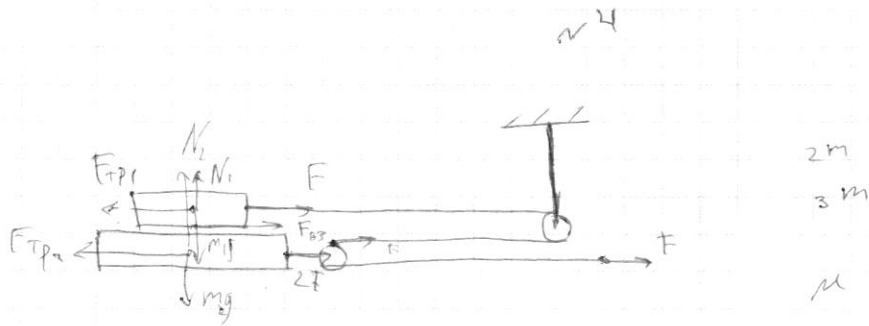
$$P_1 S - 20 P_1 = P_1 S - r \sqrt{\frac{3}{4}} \rho g S$$

$$20 P_1 - r \sqrt{\frac{3}{4}} \rho g S = 20 P_1$$

$$P_1 (S - 20) + P_0 \cdot 20 = (P_1 - r \sqrt{\frac{3}{4}} \rho g) S = \rho g V$$

$$P_1 (S - 20) - P_1 \left(r \sqrt{\frac{3}{4}} \rho g S \right) = \rho g V - P_0 \cdot 0,202$$

0,008



$$\mu (m_1 + m_2) g = F_{\text{тр}2}$$

$$3ma = 2F - F_{\text{тр}2} \quad 3ma = 2F_0 - 5mg\mu$$

$$2ma = 3F \quad 2ma = F_0$$

$$a = \frac{2F_0}{3m} - \frac{5}{3} g\mu$$

$$2m \left(\frac{2F_0}{3m} - \frac{5}{3} g\mu \right) = F_0$$

$$\frac{4}{3} F_0 - \frac{10}{3} g\mu m = F_0$$

$$\frac{1}{3} F_0 = \frac{10}{3} mg\mu$$

$$F_0 = 10 mg\mu$$

$$2F > (m_1 + m_2) g\mu$$

$$2F > 5 mg\mu$$

$$F > F_{\text{кр}} \quad 2F$$

$$3ma = 2F - 5mg\mu$$

$$2ma = \frac{2}{3} (2F - 5mg\mu)$$

$$F > F_{\text{кр}}$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\uparrow a \frac{m}{c}$
 $v_1 = \frac{v_2}{3} = 4$

$\Delta v = 8 \frac{m}{c}$
 $t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{8}{10} = 0,8 \text{ c}$

2 варианта

$$h = v_2 t - \frac{g t^2}{2} = 0,8 \cdot 12 - \frac{10 \cdot 0,8^2}{2} = 9,6 - 3,2 = 6,4 \text{ м}$$

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

$$\frac{m_1}{r^2} G = g$$

$$v = \omega R$$

$$a_t = \omega^2 R$$

$$a_t = \omega^2 R \text{ в рад.}$$

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

$$R_c = h + R = 1,5 R$$

$$a_t = g_c = \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{\frac{9}{4} R^2} G = \frac{16}{27} \pi R^2 \rho G$$

$$a_t = \frac{2g^2}{R}$$

$$a_t = \omega^2 R \cdot 1,5 R$$

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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

