

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

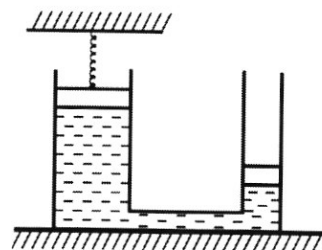
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

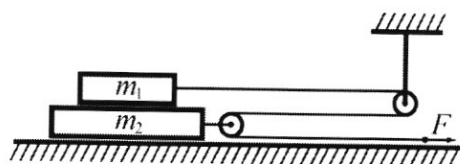
- 1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
 - 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 Ускорение свободного падения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

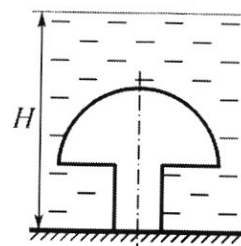


- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
- 3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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

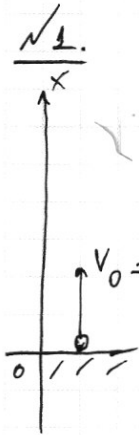
- 4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков $m_1 = 2m$, $m_2 = 3m$. Коэффициент трения скольжения нижнего бруска по столу и верхнего бруска по нижнему равен μ . Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.



- 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



В проекции на ОХ: камень ($g = 10 \text{ м/с}^2$)

$$x(t) = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

x - координата по оси ОХ

$$v(t) = v_0 - gt$$

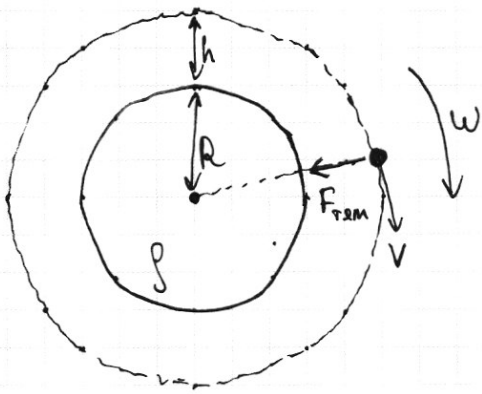
t - время, отсчитываемое от старта
 v - скорость камня (в проекции на ОХ)

$$1) |v(t)| = \frac{v_0}{3} = 4 \text{ м/с} \Leftrightarrow \begin{cases} v_0 - gt = \frac{v_0}{3} \\ gt - v_0 = \frac{v_0}{3} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t = \frac{2}{3} \frac{v_0}{g} = 0,8 \text{ с} \\ t = \frac{4}{3} \frac{v_0}{g} = 1,6 \text{ с} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t_1 = 0,8 \text{ с} \\ t_2 = 1,6 \text{ с} \end{cases}$$

$$2) \begin{cases} h_1 = x(t_1) \\ h_2 = x(t_2) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} h_1 = 12 \text{ м/с} \cdot 0,8 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,64 \text{ с}^2}{2} = 6,4 \text{ м} \\ h_2 = 12 \text{ м/с} \cdot 1,6 \text{ с} - \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 2,56 \text{ с}^2}{2} = 6,4 \text{ м} \end{cases} \Leftrightarrow h = 6,4 \text{ м}$$

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

№3



$h = 0,5R$; r - расстояние до центра планеты

v - скорость спутника

ω - угловая скорость спутника (отн. центра массы)

$F_{гем}$ - сила тяжести, действующая со стороны планеты на спутник

$a_{цср}$ - центростремительное ускорение спутника

a - ускорение спутника

M - масса планеты; m - масса спутника.

$$F_{гем} = G \frac{mM}{(R+h)^2}; \quad ma = F_{гем} \Rightarrow a = a_{цср} = \frac{F_{гем}}{m} = G \frac{M}{(R+h)^2}. \quad (*)$$

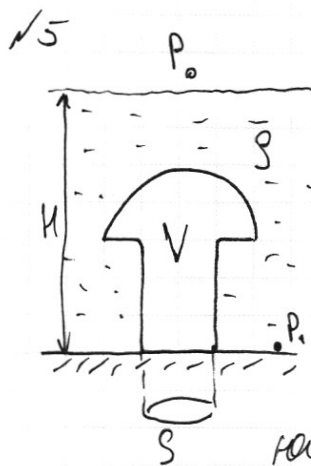
$$\left\{ \begin{array}{l} M = V\rho \\ V = \frac{4}{3}\pi R^3 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho \\ (*) \\ h = 0,5R \end{array} \right\} \Rightarrow a_{цср} = G \frac{4\pi R^3 \rho \cdot 2^2}{3 \cdot 3^2 R^2} = G \frac{16\pi R \rho}{27}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{цср} = \omega^2 R \\ T = \frac{2\pi}{\omega} \end{array} \right\} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{a_{цср}}{R}}} = \frac{2\pi \cdot 3 \cdot \sqrt{3}}{4\sqrt{G\pi\rho}} = \frac{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{27}}{2\sqrt{G\rho}} = \sqrt{\frac{27\pi}{4G\rho}}$$

$$g(r) = \frac{F_{гем}(r)}{m} = \frac{GM}{r^2} = \frac{4\pi R^3 \rho G}{3r^2}. \quad g(2R) = \frac{4\pi R^3 \rho G}{3 \cdot 4R^2} = \frac{\pi R \rho G}{3}$$

Ответ: $g(2R) = \frac{\pi R \rho G}{3}$; $T = \sqrt{\frac{27\pi}{4G\rho}}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



Решение

$$P_1 = P_0 + \rho g h = 100 \text{ кПа} + 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2,5 \text{ м} =$$

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

Известно, что если тело полностью погружено в жидкость, то на него со стороны жидкости действуют силы, с которыми вода действует на тело, $F_{\text{арх}} =$

$= V \rho g$, направлена вверх (вода статична). Но на $F_{\text{арх}}$ не действует

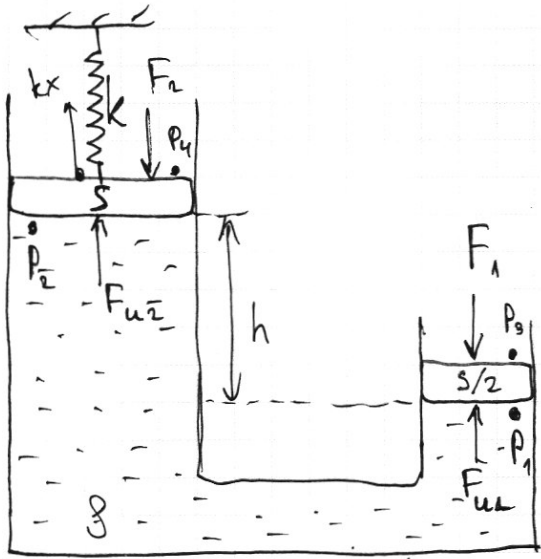
$P_1 \cdot S$ направлена вверх. Тогда в нашей ситуации

$$F = V \rho g - P_1 S = 8 \text{ м}^3 \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \text{ м/с}^2 - 125 \text{ кПа} \cdot 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 =$$

$$= 80 \text{ Н} - 250 \text{ Н} = -170 \text{ Н вверх, т.е. } 170 \text{ Н вниз}$$

Ответ: $P_1 = 125 \text{ кПа}$, $F = 170 \text{ Н}$ (вниз)

№2



F_1 - сила давления, действующая на правый поршень сверху
 F_2 - сила давления, действующая на левый поршень сверху
 F_{u1} - сила давления, действующая на правый поршень снизу
 F_{u2} - сила давления, действующая на левый поршень снизу
 $P_{1,2,3,4}$ - давление в обозначенных точках;
 $(P_0 - \text{атм. давл.})$

Ищем: $(P_0 - \text{атм. давл.})$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_3 = P_4 \\ P_1 = P_2 + \rho g h \\ F_1 = P_2 S \\ F_{u2} = P_2 S \\ F_{u1} = P_3 \frac{S}{2} \\ F_1 = P_3 \frac{S}{2} \\ F_2 = P_4 S \\ F_{u2} + kx = F_2 \text{ (масса поршня)} \\ F_{u1} = F_1 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{u2} = P_2 S \\ F_{u1} = \frac{1}{2} (P_2 S + \rho g h S) \\ F_1 = P_3 \frac{S}{2} \\ F_2 = P_3 S \\ F_{u2} + kx = F_2 \\ F_{u1} = F_1 \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} P_2 + \rho g h = P_3 \\ P_2 + \frac{kx}{S} = P_3 \end{array} \right. \Rightarrow$$

$\Rightarrow \frac{kx}{S} = \rho g h \Rightarrow x = \frac{S \rho g h}{k}$ (растяжение). Если пружина перестала равновесия, то левый поршень вылез на x , правый ниже на $x \cdot \frac{S}{S/2} = 2x \Rightarrow h \Rightarrow h + 3x$. Ищем:

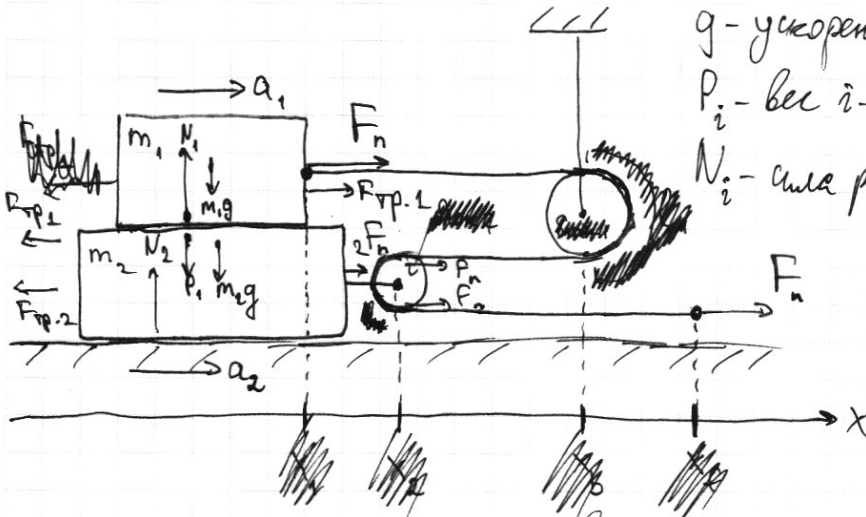
$$\left\{ \begin{array}{l} P_0 \frac{S}{2} + mg = (P_2' + (h+3x)\rho g) \frac{S}{2} \\ P_0 S = P_2' S \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} P_0 = \frac{2mg}{S} + P_2' + (h+3x)\rho g \\ P_0 = P_2' \end{array} \right. \Rightarrow \frac{2mg}{S} = (h+3x)\rho g$$

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

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№4

$$m_1 = 2m; m_2 = 3m$$



F_n - сила, прикладываемая к концу нити.
 g - ускорение свободного падения
 P_i - вес i -ого груза
 N_i - сила реакции опоры, действующая на i -ый грузик

$F_{тр.1}$ - сила трения между 1 и 2 грузиком
 $F_{тр.2}$ - сила трения между 2 грузиком и полом.

a_i - ускорение i -ого груза (проекции на Ox - вертикальное ускорение нет)
 Длина нити const; (l_i - длина нити, отделяющей i -ый блок)

$$(x_f - x_2) + l_2 + (x_b - x_2) + l_1 + (x_b - x_1) = const \Leftrightarrow x_f - 2x_2 - x_1 = const$$

* 1) $F_{тр.1} = 0 \Rightarrow$ 1 грузик скользит отн. 2 грузика $\Rightarrow a_1 = a_2$
 Ищем:

$$\begin{cases} m_1 a_1 = F_n \\ m_2 a_2 = 2F_n - F_{тр.2} \\ F_{тр.2} = \mu N_2 \\ N_2 = P_1 + m_2 g \\ P_1 = N_1 = m_1 g \\ F_n = F_0 \\ a_1 = a_2 \\ m_1 = 2m; m_2 = 3m \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} a_1 = a_2 = \frac{F_0}{2m} \\ F_{тр.2} = \mu g 5m \\ a_2 (= a_1) = \frac{2F_0 - F_{тр.2}}{3m} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{F_0}{2m} = \frac{2F_0 - \mu g 5m}{3m} \Rightarrow 3F_0 = 4F_0 - 10\mu m g \Rightarrow F_0 = 10\mu m g$$

2) Нижний брусок скользит по столу $\Rightarrow F_{\text{тр.2}} = \mu(m_1 + m_2)g = 5\mu g$; ^{влево}
 верхний брусок движется влево отн. нижнего $\Rightarrow a_1 \leq a_2$, на верхний
 брусок $F_{\text{тр.1}} = \mu m_1 g = 2\mu g$ вправо, на нижний $2\mu g$ влево

Сила трения ^{по отношению к столу} на нижний брусок (в направлении к ОХ):

$$\begin{cases} m_2 a_2 = 2F - 7\mu g \\ m_1 a_1 = F + 2\mu g \\ a_1 \leq a_2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 3m a_2 = 2F - 7\mu g \\ 2m a_1 = F + 2\mu g \\ a_2 - a_1 \geq 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a_2 = \frac{2F - 7\mu g}{3} \\ a_1 = \frac{F + 2\mu g}{2} \\ a_2 - a_1 \geq 0 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} a_2 = \frac{1}{3}(2\frac{F}{m} - 7\mu g) \\ a_1 = \frac{1}{2}(\frac{F}{m} + 2\mu g) \\ a_2 - a_1 = 4\frac{F}{m} - 14\mu g - 3\frac{F}{m} - 6\mu g = \frac{F}{m} - 20\mu g \geq 0 \end{cases} \Leftrightarrow \boxed{F \geq 20\mu g}$$

Ответ: $F_0 = 10\mu g$
 $F = 20\mu g$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$12 \cdot 0,6 - 4 \cdot 0,8 = 8 - 3,2 = 4,8$$

$$2 \cdot 12 \cdot 0,8 - 4 \cdot 4 \cdot 0,8 = 19,2 - 12,8 = 6,4$$

$$\frac{m \cdot \kappa}{c^2} = \frac{\kappa^2}{m^2} \cdot \frac{m^3}{c^2 \cdot \kappa}$$

$$\frac{m}{c^2} = \frac{m \cdot \kappa / s^2}{c^2 \cdot \kappa}$$

$$\frac{m^3}{c^2 \cdot \kappa} \cdot \frac{\kappa}{m^3} = \frac{1}{c^2}$$

$$\frac{m \cdot \kappa}{c^2} = 1$$

$$\frac{\kappa}{m \cdot c^2} = \dots$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

???

$\frac{3}{-4} = 2$
 $\frac{\kappa \cdot \kappa}{c^2}$
 $\frac{m}{c}$

$$125 \cdot 10^3 \cdot \frac{\kappa}{c^2} \cdot 20 \cdot 10^4$$

250 H

$$108 = 2101 - 200 \cdot \frac{m}{c^2} = 901$$

$$\frac{m^3 \cdot m \cdot \kappa}{c^2 \cdot \kappa \cdot \kappa} = \frac{m^4}{c^2}$$

$$\frac{\kappa \cdot m}{c^2} = m \cdot \frac{\kappa}{c^2}$$

$$2a + c + d = 3b \Rightarrow$$

$$b = -c$$

$$c = -e$$

$$2a - e + d - 3e = 1$$

$$2a + d - 4e = 1$$

2	0	0	a
-3	1	0	b
1	0	-2	c
1	0	0	d
0	1	-2	e

$$\frac{27 \cdot 27}{6 \cdot 6}$$

$$\frac{27 \cdot 27}{4 \cdot 6}$$

2m → 10/1mg

5mg ← 3m

→ 20/1mg



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)