

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

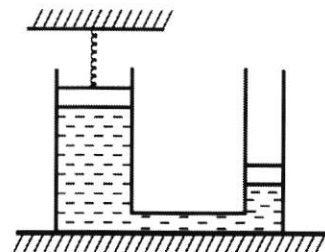
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.

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/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности  $\rho$ . 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.

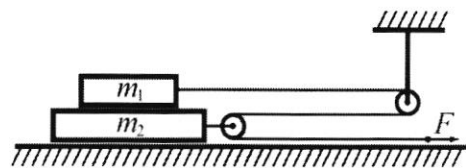
2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . 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  $\mu$ . 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.

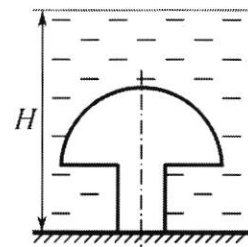
2) Найдите величину  $F$  минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

5. Ко дну бассейна глубиной  $H=2,5$  м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции  $V = 8$  дм<sup>3</sup>, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей  $S = 20$  см<sup>2</sup>. Плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>, атмосферное давление  $P_0 = 100$  кПа.

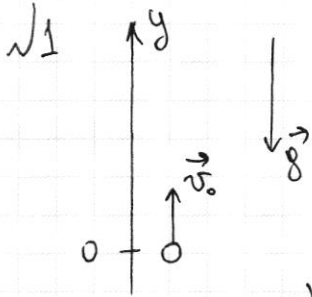
Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

1) Найдите давление  $P_1$  вблизи дна.

2) Найдите величину  $F$  силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1) v(t) = v_0 - gt = \frac{v_0}{3} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow gt = \frac{2}{3} v_0 \Leftrightarrow t = \frac{2v_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12^4/c}{3 \cdot 10^4/c^2} = 0,8 \text{ с.}$$

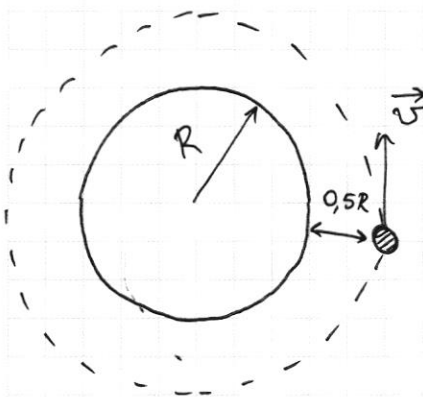
$$2) h(t) = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = (\text{т.к. считаем от точки броска})$$

$$= 12^4/c \cdot 0,8 \text{ с} - \frac{10^4/c^2 \cdot 0,8^2 \text{ с}^2}{2} = 0,8 \text{ с} \left( 12^4/c - \frac{10^4/c^2 \cdot 0,8 \text{ с}}{2} \right) =$$

$$= 0,8 \text{ с} \cdot (12^4/c - 4^4/c) = 6,4 \text{ м.}$$

Ответ: 1) 0,8 с ; 2) 6,4 м.

№3



1) По закону всемирного тяготения,

$$F = G \frac{Mm}{r^2}, \text{ где } M - \text{масса Земли,}$$

$m$  - масса спутника,

$F$  - сила грав. взаимодействия между спутником и Землей,

$r$  - расстояние между ними!

По 2-му закону Ньютона,

$$ma = G \frac{Mm}{r^2} \Leftrightarrow a = G \frac{M}{r^2} = g, \text{ где } a -$$

ускорение ~~действ. на спутника.~~

$$M = \rho V = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho; \quad r = 2R \Rightarrow$$

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

2) Пусть  $g'$  - ускорение спутника на орбите выс.  $h$ .  
 из н.1,  $g' = G \cdot \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{(R+h)^2} = G \cdot \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{(1,5R)^2} = \frac{16}{27} G \pi R \rho$ .

П.ч.  $g'$  - центростремительное,  $g' = \frac{v^2}{R+h}$ , где  $v$  - линейная скорость спутника.

$$\frac{v^2}{R+h} = G \cdot \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{(R+h)^2} \Leftrightarrow v^2 = G \cdot \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{R+h} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow v^2 = \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{\frac{3}{2}R} \cdot G = \frac{8}{9}\pi R^2 \rho \cdot G \Leftrightarrow v = \frac{R}{3} \cdot \sqrt{8\pi \rho G}$$

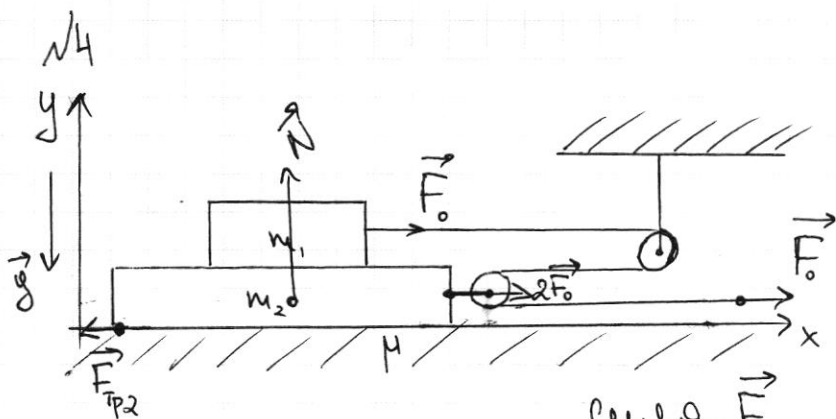
Длина орбиты спутника -  $L$  - равна:

$$L = 2\pi(R+h) = 2\pi \cdot \frac{3}{2}R = 3\pi R$$

Значит, период равен:

$$T = \frac{L}{v} = \frac{3\pi R}{\frac{2}{3}R \sqrt{8\pi \rho G}} = \frac{9}{2} \sqrt{\frac{\pi}{3\rho G}}$$

Ответ: 1)  $g = \frac{1}{3} G \pi R \rho$  ; 2)  $T = \frac{9}{2} \sqrt{\frac{\pi}{3\rho G}}$



1) Из конструкции системы блоков, на верхний груз действует сила  $\vec{F}$ , на нижний -  $2\vec{F}$ .

Чтобы нижний груз шло влево,  $2^{\text{й}}$  верхний не

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

действовала сила трения, необходимо, чтобы верхний груз был неподвижен относительно машины. Т.е. грузы старгуют без нач. скорости, то:

$a_1 = a_2$ , где  $a_1$  и  $a_2$  - ускорения верх. и ниж. грузов соотв.

По 2-му з. Ньютона:

$$Q_1 = F_1 \quad a_1 = \frac{F_0}{m_1}$$

$$x: \begin{cases} a_2 m_2 = 2F_0 - F_{\text{тр}2} \\ y: \begin{cases} N - (m_1 + m_2)g = 0 \\ F_{\text{тр}2} = \mu N \end{cases} \end{cases}$$

где  $F_{\text{тр}2}$  - сила трения машины, грузы

по з. Ампера - Кулона

$$a_2 m_2 = 2F_0 - \mu (m_1 + m_2)g \Leftrightarrow$$

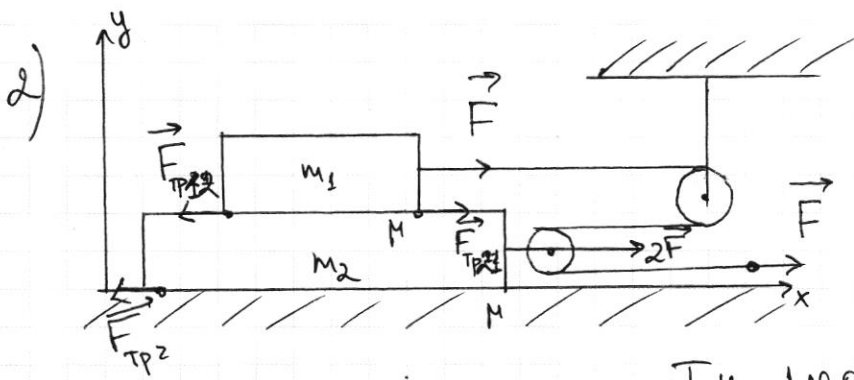
$$\Leftrightarrow a_2 = \frac{2F_0 - \mu (m_1 + m_2)g}{m_2}$$

$$\frac{F_0}{m_1} = \frac{2F_0 - \mu (m_1 + m_2)g}{m_2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{F_0}{2m} = \frac{2F_0 - \mu (2m + 3m)g}{3m} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{F_0}{2} - \frac{2}{3}F_0 = -\frac{5\mu mg}{3} \Leftrightarrow \frac{1}{6}F_0 = \frac{5\mu mg}{3} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow F_0 = 10\mu mg$$



Чтобы верхний груз сдвинулся влево от нижнего, необходимо чтобы  $a_1 < a_2$ .

Т.к. необходимо найти минимальную силу  $F$ , возьмем  $a_1 = a_2$ .

Отн. пруж. 2.3. Ньютона и закон Амальтона - Кулона:

Верхний:

$$x: \begin{cases} m_1 a_1 = F + F_{TP21} \\ -m_1 g + N_1 = 0 \\ F_{TP21} = \mu N_1 \end{cases}$$

Нижний:

$$x: \begin{cases} m_2 a_2 = 2F - F_{TP12} - F_{TP21} \\ N_2 - (m_1 + m_2)g = 0 \\ F_{TP12} = \mu N_2 \end{cases}$$

где  $F_{TP21}$  - сила трения от нижнего к верхнему,  
 $F_{TP12}$  - сила трения от верхнего к нижнему,  
 $N_2$  и  $N_1$  - сила норм. реакции опоры на ниж. и верх. соств.

По 3.з. Ньютона,  $|\vec{F}_{TP21}| = |\vec{F}_{TP12}|$  и  $\vec{F}_{TP21} = -\vec{F}_{TP12}$

Верхний:

$$a_1 = \frac{F + \mu N_1}{m_1} = \frac{F + \mu m_1 g}{m_1}$$

Нижний:

$$a_2 = \frac{2F - (m_1 + m_2)g + \mu m_1 g}{m_2}$$

$$\frac{F + 2\mu mg}{2m} = \frac{2F - 5\mu mg + 2\mu mg}{3m}$$

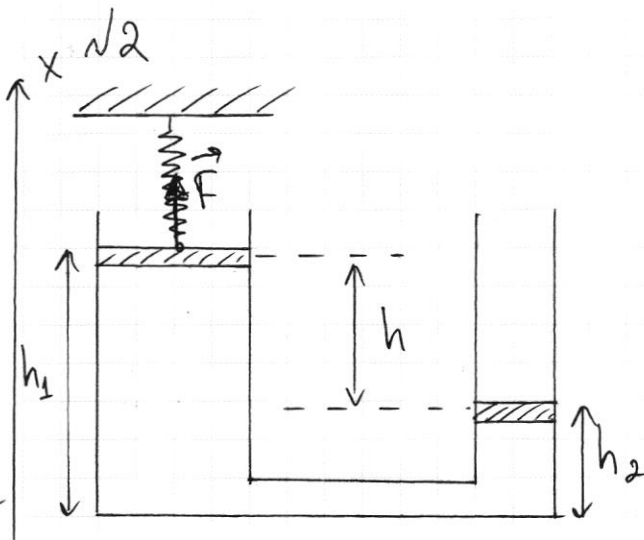
~~$$\frac{F}{2} - \frac{2\mu mg}{2} = \frac{2F}{3} - \frac{3\mu mg}{3} \Leftrightarrow \frac{F}{2} - \frac{2F}{3} = \mu mg - \mu mg$$~~

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{F}{2} + \mu mg = \frac{2}{3}F - \frac{7}{3}\mu mg \Leftrightarrow \frac{1}{6}F = \frac{10}{3}\mu mg \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow F = 20\mu mg.$$

Ответ: 1)  $F_0 = 10\mu mg$  ; 2)  $F = 20\mu mg$ .



1) Пружина поршня, левый и правый, находится на высотах  $h_1$  и  $h_2$  соотв.

Пружина пружины растянута  $\Rightarrow F$ , сила упругости, направ. вверх.

По закону Гука,  $F = kx$

Пружина поршня левый поршень вверх, создавая «отрицательное» давление.

~~$$p_1 = p_0 - \frac{F}{S} = p_0 + \frac{kx}{S}$$~~

$$p_1 = \rho g h_1 - \frac{F}{S} = \rho g h_1 + \frac{kx}{S},$$

где  $p_1$  - гидростат. давление у основания левого цилиндра.

$p_2 = \rho g h_2$ , где  $p_2$  - гидростат. давление у осн. правого цилиндра

$$p_1 \cdot S = p_2 \cdot \frac{S}{2} \Leftrightarrow \left( \rho g h_1 + \frac{kx}{S} \right) S = \rho g h_2 \cdot \frac{S}{2}$$

(Т.е. силы, с которыми столбы жидкости в цилиндрах действуют друг на друга, равны, т.е. система в равновесии).

$$\rho g h_1 + \frac{kx}{S} = \frac{\rho g h_2}{2} \Leftrightarrow \frac{kx}{S} = \rho g$$

№5

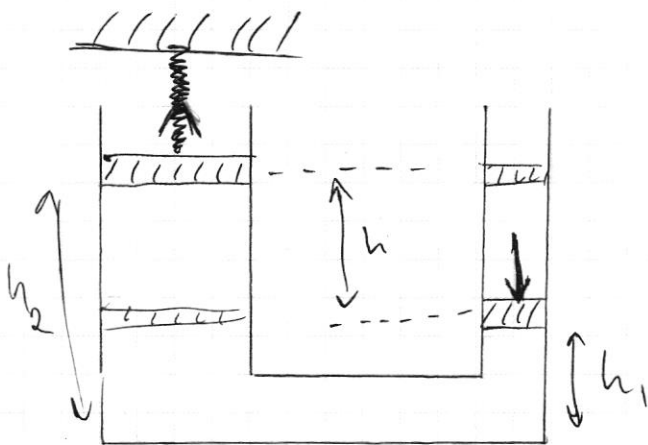
$$\begin{aligned} 1) p_1 &= P_0 + \rho g H = 100000 \text{ Па} + 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 2,5 \text{ м} = \\ &= 125000 \text{ Па} = 125 \text{ кПа} . \end{aligned}$$

Ответ: 125 кПа.

$$\frac{F}{2} - \frac{2\mu g}{2} = \frac{2F}{3} - \frac{3\mu g}{3}$$

$$\frac{F}{2} + \mu g = \frac{2F}{3} - \frac{7}{3}\mu g$$

$$\frac{m \cdot u}{c^2 \cdot m^2} \quad \frac{m \cdot u}{c^2 \cdot m^2}$$



$$p = \frac{F}{S}, \quad F = pS$$

$$\frac{m}{m^3} \cdot \frac{u}{c^2} \cdot u$$

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

$$\frac{\rho g h_2 - \frac{k \alpha x}{S}}{S} = \rho g h_1$$

$$\frac{k \alpha x}{S} = \rho g (h_2 - h_1)$$

$$p_0 - \frac{k \alpha x}{S}$$

$$p_0$$

$$h_2 S = h_1 \frac{S}{2}$$

$$\left( \rho g h_2 - \frac{k \alpha x}{S} \right) S = \rho g h_1 \cdot \frac{S}{2}$$

$$h_2 \cdot S = h_1 \cdot \frac{S}{2} \quad h_1 = 0$$

10000



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

√1  
~~y(t) =~~  $h(t) = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$

$$v(t) = g t + v_0 = \frac{v_0}{3}$$

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

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

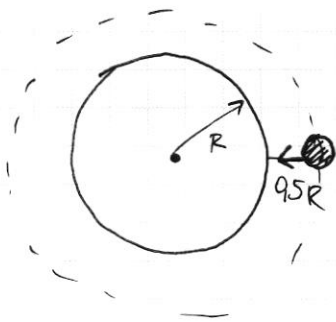
$$\frac{2^4}{3 \cdot 4} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}$$

h

$$0,8 \left( 12 - \frac{10 \cdot 0,8}{2} \right)$$

$$0,8 \cdot (12 - 4)$$

√3



$$F = G \frac{M_1 m_2}{r^2}$$

$$ma = G \frac{M m}{r^2}$$

$$Q = G \frac{M}{r^2}$$

← R + 0,5R

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

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

Путь g'

$$g' = \frac{v^2}{R}$$

$$\frac{\frac{4}{3} \cdot \frac{4}{9} \cdot \frac{1}{8}}{\frac{4}{4} \cdot \frac{1}{9}} = \frac{16}{27} \cdot \frac{\sqrt{300}}{\sqrt{300}}$$

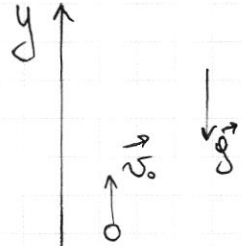
$$\frac{m}{c^2} \cdot \frac{m^3}{c^2 \cdot m} = \frac{m^4}{c^4}$$

$$v^2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{2}{3} = \frac{8}{9}$$

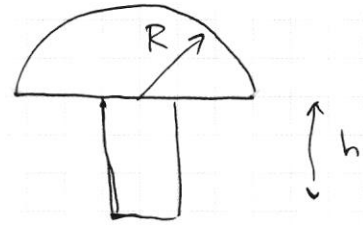
$$\frac{4}{3} \cdot \frac{3}{2} = \frac{4}{2} = 2$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

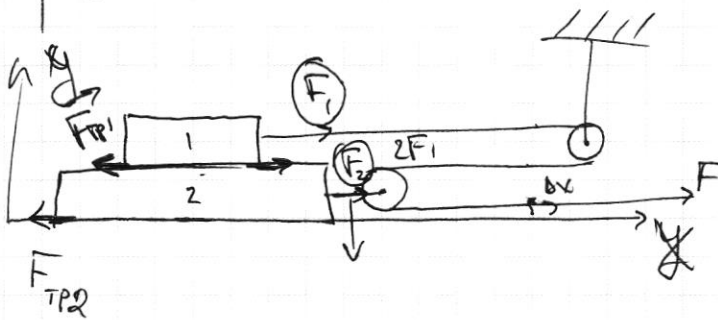
1)  $v(t) = v_0 + gt = v_0 \cdot \frac{1}{3} \Leftrightarrow$



1)  $v(t) = v_0 - gt = \frac{v_0}{3}$



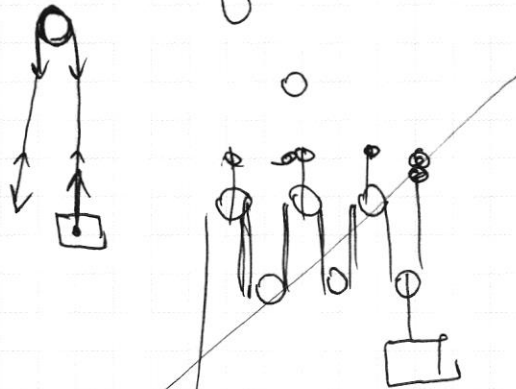
$$S \cdot h + \frac{4}{3} \pi R^3 = V$$



$$a_1 = a_2$$

$$a_1 = \frac{F_1}{m_1}, \quad a_2 = \frac{F_2}{m_2}$$

$$a_1 < a_2$$



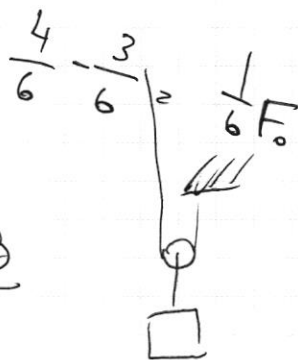
$$\begin{cases} a_2 m_2 = F_2 - F_{TP2} \\ N_2 + Mg = 0 \\ F_{TP2} = \mu N_2 \end{cases}$$

$$F_{TP2} = \mu (m_1 + m_2) g$$

$$a_2 m_2 = F_2 - \mu (m_1 + m_2) g = \frac{F_1}{m_1}$$

$$F_0 \left( \frac{1}{2\mu} - 2 \right)$$

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



$$\frac{4}{6} \pi R^3 + S h = V$$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)