

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-04

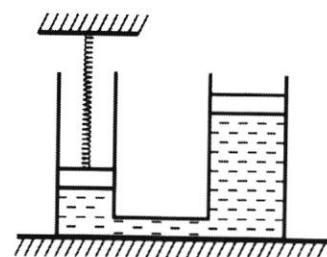
Шифр

(заполняется секретарём)

1. С высокой башни экспериментатор бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с. После достижения максимальной высоты камень пролетает рядом с экспериментатором и падает вниз на землю.

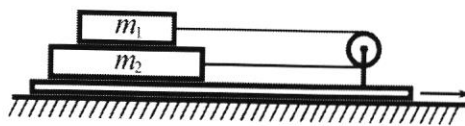
- 1) Через какое время  $t$  после броска величина скорости камня будет равна  $3V_0$ ?
- 2) Найдите путь  $S$ , пройденный камнем от момента броска до момента достижения камнем скорости  $3V_0$ . Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которые 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. Деформация пружины равна  $x$ . Площадь сечения левого поршня  $S$ , правого  $2S$ . Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения  $g$ .



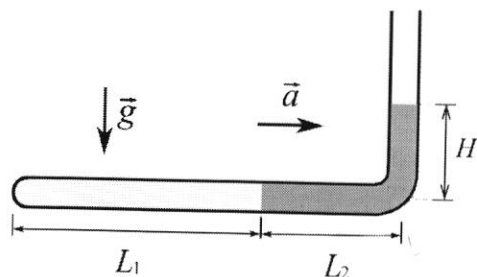
- 1) Найдите разность  $h$  уровней жидкости в сосудах.
  - 2) На правый поршень положили груз массой  $m$ . Найдите массу  $M$  груза, который следует положить на левый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. У двух планет Альфа-1 и Альфа-2 одинаковые радиусы  $R$ , а плотности планет равны, соответственно,  $\rho_1 = \rho$  и  $\rho_2 = 3\rho$ . Гравитационная постоянная  $G$ . Объём шара  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .
- 1) Найдите ускорение  $g$  свободного падения на расстоянии  $5R$  от центра планеты Альфа-1.
  - 2) Найдите отношение  $T_2/T_1$  периодов обращения спутников, которые движутся по круговым орбитам вокруг данных планет. Высоты орбит спутников равны, соответственно  $h_1 = R$  и  $h_2 = 2R$ .

4. На горизонтальном столе находится доска, на которой укреплен неподвижный блок, а также бруски, соединённые нитью. Массы брусков  $m_1 = 2m$ ,  $m_2 = 3m$ . Коэффициент трения скольжения верхнего бруска по нижнему равен  $\mu$ , трение между доской и нижним бруском отсутствует. Доску приводят в движение с постоянным ускорением, направленным вправо. Массой нити и блоком, а также трением в оси блока можно пренебречь.



- 1) Найдите максимальное ускорение  $a_0$  доски, при котором бруски не будут проскальзывать относительно друг друга.
- 2) Найдите силу  $T$  натяжения нити, если доска движется с ускорением  $a > a_0$ .

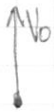
5. Тонкая изогнутая трубка состоит из горизонтального участка, запаянного с одного конца, и вертикального участка, открытого в атмосферу. Трубка заполнена двумя несмешивающимися жидкостями: плотности  $\rho_1$  в горизонтальном участке, и плотности  $\rho_2$  в горизонтальном и вертикальном участках (см. рис.). Трубка движется с ускорением  $a = g/6$ , направленным горизонтально. Геометрические размеры указаны на рисунке,  $H = L$ ,  $L_1 = 4L$ ,  $L_2 = 3L$ . Атмосферное давление  $P_0$ .



- 1) Найдите давление  $P_1$  в жидкости в месте изгиба трубки.
- 2) Найдите давление  $P_2$  в жидкости у запаянного конца трубки.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



Логично, что скорость камень будет набирать при падении вниз. Также напротив эксперимента скорость камня  $V_0$  (направление вниз)

Камень остановится через время  $gt = V_0$

$$t = \frac{V_0}{g}$$

Дальше  $eV_0$   $3V_0$  он разогнется  $3g$

$$gt_2 = 3V_0 \quad t_2 = \frac{3V_0}{g}$$

$\rightarrow$   $3g$   $t + t_2 = \frac{4V_0}{g}$  камень наберет скорость  $3V_0$

$$\frac{4V_0}{g} = \frac{4 \cdot 12}{10} = 4,8 \text{ c}$$

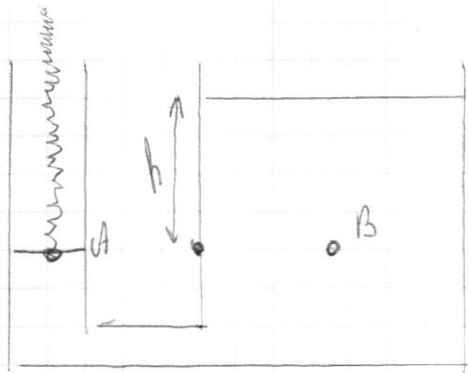
А путь он проделает

$$\frac{V_0^2}{2g} + \frac{(3V_0)^2}{2g} = \frac{10V_0^2}{2g}$$

$$= \frac{10 \cdot 12^2}{20} = \frac{12^2}{2} = 72 \text{ метра}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ +12 \\ \hline 24 \\ +12 \\ \hline 36 \end{array} \frac{12}{10}$$

Ответ: 4,8 c, 72 метра



Логично, что пружина стала  
 жатой в правом колене уровень  
 воды ~~меньше~~ больше  
 Т.к атмосферное давление в  
 обоих портах, то его не учитываем  
 (сократится)

1) Оценим давления в т.А и т.В

$$P_A = P_B$$

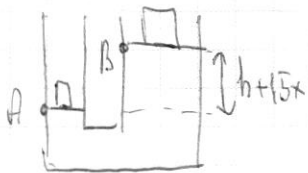
$$\frac{kx}{S} = \rho gh$$

$$h = \frac{kx}{\rho Sg}$$

2) Если пружина не деформирована, то уровень воды в левом колене  
 опустился на  $x \Rightarrow$  в правом поднялся на  $\frac{x}{2}$  (из условия нежимаемости)

$$\Rightarrow \text{теперь разность уровней } h + 1,5x = x \left( \frac{k}{\rho Sg} + 1,5 \right)$$

$$\Rightarrow \frac{Mg}{S} = \frac{mg}{2S} + \rho g x \left( \frac{k}{\rho Sg} + 1,5 \right) \text{ (для т.А и т.В)}$$



$$M = \frac{\left( \frac{mg}{2S} + \rho g x \left( \frac{k}{\rho Sg} + 1,5 \right) \right) S}{g} =$$

$$= \frac{mg}{2S} \left( \frac{m}{2S} + \rho x \left( \frac{k}{\rho Sg} + 1,5 \right) \right) S =$$

$$\text{Ответ: } \frac{kx}{\rho Sg}, \frac{m}{2} + \rho x S \left( \frac{k}{\rho Sg} + 1,5 \right) = \frac{m}{2} + \rho x S \left( \frac{k}{\rho Sg} + 1,5 \right)$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

- 1) Найдём массу планеты Альфа-1      масса Альфа-2
- $$M_{\alpha-1} = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho \quad 4\pi R^3 \rho$$

⇒ ускорение на высоте  $3R$

$$g = \frac{G M_{\alpha-1}}{(5R - R)^2} = \frac{G \cdot 4\pi R^3 \rho}{3 \pi R^2} =$$

$$= \frac{G \rho 3R}{3 \cdot 4} = \frac{G \rho 3R}{12}$$

- 2) Заметим, что  $T_2/T_1 = \omega_2/\omega_1$ , где  $\omega_1$  — угловая скорость 1  
 $\omega_2$  — угловая скорость 2



для того, кто летит на  $R$

$$\text{его } g_1 = \frac{G \cdot 4\pi R^3 \rho}{3 R^2} =$$

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

для того, кто летит на  $2R$

$$g_2 = \frac{G \cdot 4\pi R^3 \rho}{4 R^2} = \frac{G \pi R \rho}{1}$$

$$g_2 m_2 = m_2 a_y$$

$$g_2 = a_y, \quad a_y = \omega_2^2 R$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{G \cdot \pi \cdot \rho \cdot R}{R}} = \sqrt{G \cdot \pi \cdot \rho}$$

$$g_1 m_1 = m_1 a_y$$

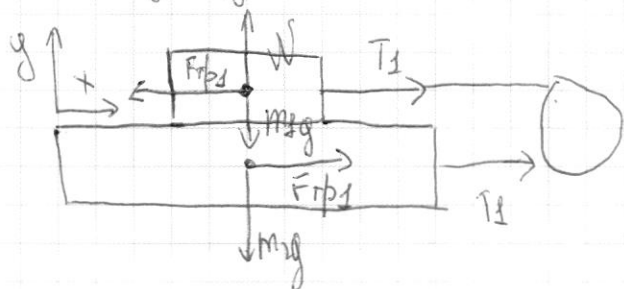
$$g_1 = a_y, \quad a_y = \omega_1^2 R$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{G \cdot 4\pi \rho}{3}}$$

$$\Rightarrow T_2/T_1 = \frac{\sqrt{\frac{G \cdot \pi \cdot \rho}{R}}}{\sqrt{\frac{G \cdot 4\pi \rho}{3}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{4}{3}} \quad \text{— Ответ}$$

1) Когда бруски не проскальзывают они оба движутся с ускорением  $a_0$  и в одну сторону



$$F_{тр2} \leq \mu N \leq \mu m_2 g$$

Т.к.  $\Rightarrow$  максимальное для силы трения тогда это  $\mu m_2 g$

На ось X

$$\mu m_2 g - T_1 = m_1 a$$

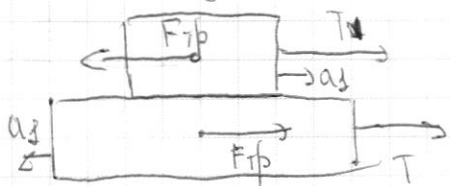
$$\left. \begin{aligned} \mu m_2 g + T_1 &= m_2 a_0 \\ T_1 - \mu m_2 g &= m_1 a_0 \end{aligned} \right\} -$$

$$2\mu m_2 g = m_2 a_0 - m_1 a_0$$

$$a_0 = \frac{2\mu m_2 g}{m_2 - m_1} =$$

$$= \frac{2\mu \cdot 2m/g}{4} = 4\mu g$$

2) Когда  $a > a_0$ , то



$$T - F_{тр} = m_1 a$$

$$T_1 - \mu m_2 g = m_1 a$$

$$\mu m_2 g + T_1 = m_2 a$$

$$T_1 = a \frac{(m_1 + m_2)}{2} - \text{Ответ}$$

$$T_1 - \mu m_2 g = m_1 a$$

$$T_1 - \mu m_2 g = m_1 a$$

$$\mu m_2 g + T_1 = m_2 a$$

$$2T_1 = a(m_1 + m_2)$$

$$T_1 = \frac{a(m_1 + m_2)}{2} - \text{Ответ}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

У5

Найдите ~~равен~~ общее ускорение



$$\begin{aligned}
 a_0 &= \sqrt{g^2 + a^2} = \\
 &= \sqrt{g^2 + \frac{g^2}{36}} = \\
 &= \sqrt{\frac{37g^2}{36}} = \\
 &= \frac{g}{6} \sqrt{37}
 \end{aligned}$$

$\Rightarrow$  на эту величину  $\frac{S_2 g \sqrt{37}}{6} \cdot L$  - Ответ

на  $z$  заданного конуса  $\frac{S_1 L g}{6} + \frac{S_2 L g}{6} + \frac{S_2 g \sqrt{37} L}{6} =$

$$= \frac{4S_1 L g + 3S_2 L g + S_2 g \sqrt{37} L}{6}$$

Ответ

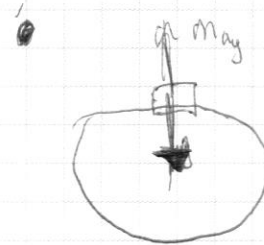
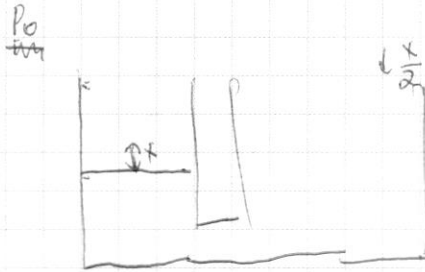


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

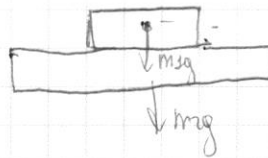


## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



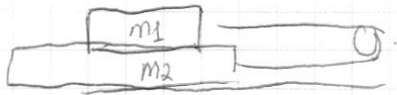
G

$$\frac{G m^2}{R^2}$$



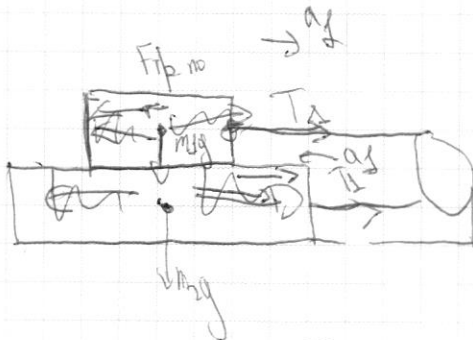
$$\frac{G m_1 m_2}{R^2} \text{ — сцепка}$$

$$\frac{G m_1}{R^2} \text{ — сцепка}$$



$$F_{\text{тр}} \leq \mu m g$$

$m_1 g$



$$\mu m_1 g - T_1 = m_1 a$$

$$\mu m_2 g - T_2 = m_2 a$$

$$\mu m_1 g + T_2 = m_2 a$$

$$\mu m_1 g - T_1 = m_1 a$$

$$-T_1 - \mu m_2 g = m_2 a$$

$$2\mu m_1 g = a(m_1 + m_2)$$

$$a = \frac{2\mu m_1 g}{m_1 + m_2}$$

$$2 \text{ шт } F_{\text{тр}}$$

$$T_1 = m_1 a$$

$$T_1 - \mu m_1 g = m_1 a$$

$$T_1 + \mu m_2 g = m_2 a$$



$m_2$

$$M_1 = \frac{3}{4} n R^3$$

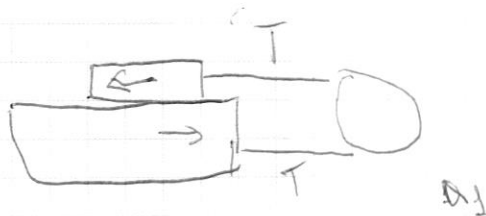
$$M_2 = \frac{3}{4} n R^3$$

$$g_1 = \frac{6 \cdot \frac{3}{4} n R^3}{3 \cdot 5R} = \frac{6 \cdot \frac{3}{4} n R^3}{15R}$$

$$T_1 = \omega$$



$$g = \omega$$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ)»

ШИФР
------

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

--

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)