

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

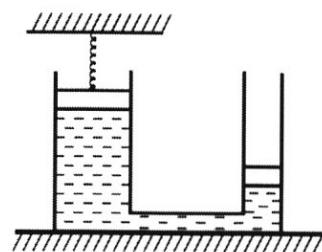
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

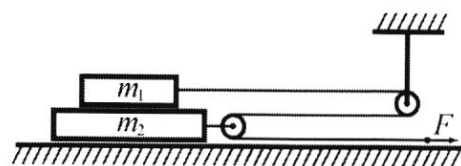
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
- Ускорение свободного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



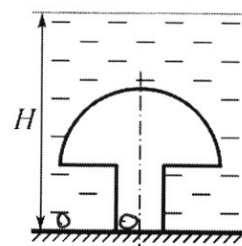
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная постоянная  $G$ . Объём шара  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .
- 1) Найдите ускорение  $g$  свободного падения на расстоянии  $2R$  от центра планеты.
  - 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

$$\omega = 1$$

Дано:

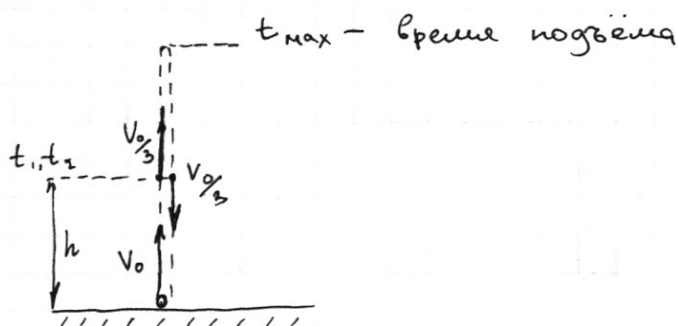
$$V_0 = 12 \text{ м/с}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$t - ?$$

$$h - ?$$

$$\text{где } V = V_0/3$$



- 1)  $t_{\max}$  — время подъёма до максимальной точки, так же равно половине всего полёта, так как полёт симметричен.

$$t_{\max} = \frac{V_0}{g} = 1,2 \text{ с}$$

- 2) момента времени, когда  $V = V_0/3$ , будет 2 ( $t_1$  и  $t_2$ ) один, когда скорость направлена вверх, а второй, когда скорость направлена вниз.

$$t_{\max} - t_1 = \frac{V_0}{3g} \Rightarrow t_1 = \frac{V_0}{g} - \frac{V_0}{3g} = \frac{2V_0}{3g} = \frac{2 \cdot 12 \text{ м/с}}{3 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 0,8 \text{ с}$$

$$t_2 = 2t_{\max} - t_1 \Rightarrow t_2 = \frac{2V_0}{g} - \frac{2V_0}{3g} = \frac{4V_0}{3g} = \frac{4 \cdot 12 \text{ м/с}}{3 \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 1,6 \text{ с}$$

из симметричности полёта

- 3) при этом  $h$  для обоих времён одно из сим-

метричности

нашего полёта

$$h = \frac{V_0^2 - \frac{V_0^2}{9}}{2g} = \frac{8V_0^2}{18g} = \frac{8 \cdot 12 \cdot 12}{18 \cdot 10} = \frac{8 \cdot 2 \cdot 4}{10} = 6,4 \text{ м}$$

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

$$h = 6,4 \text{ м.}$$

$$\omega = 4$$

Дано:

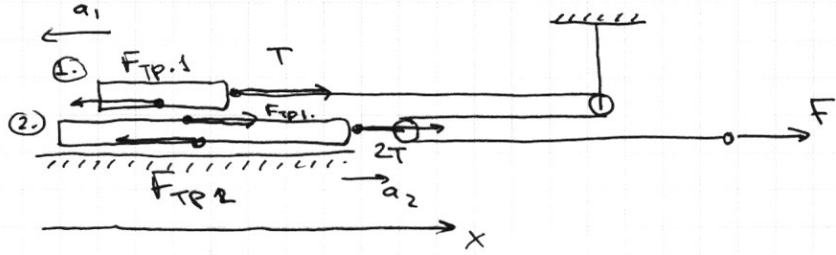
$$\begin{cases} m_1 = 2m \\ m_2 = 3m \end{cases}$$

$\mu$

$F_0$  - ?

$F$  - ?

1)



• из неравности нулей следует 2 факта

1.  $F = T$

2.  $2a_2 = a_1$  (коэффициент см. на картинке)

2) Рассмотрим 1ый пункт. Если  $F_{тр.1}$  (см. рисунок) равна 0, то это значит, что верхний брусок покоится относительно нижнего  $\Rightarrow a_1 = a_2 = 0$

Оба бруска движутся равномерно  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  на 2 чуз:  $2T - F_{тр.2} = m \cdot 0 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 2T = F_{тр.2} \Rightarrow 2F_0 = (m_1 + m_2)g \cdot \mu$

$$F_0 = \frac{(m_1 + m_2)g \cdot \mu}{2} = \frac{5mg \cdot \mu}{2} = 2,5 mg \cdot \mu$$

при этом  $F_{тр.1} = 2mg \cdot \mu > F_0 \Rightarrow$  тело сверху придёт в движение с  $a > 0$

~~на 1 тело:  $T - 0 = m_1 a_1$   
на 2 тело:  $2T - F_{тр.2} + 0 = m_2 a_2$   
 $m_1 a_1 - F_{тр.2} = 3m a_2$~~

$$(T \leq F_{тр.1}) + (2F_0 \leq F_{тр.2})$$

$$\Rightarrow \begin{cases} F_0 \leq 2mg \cdot \mu \\ 2F_0 \leq 3mg \cdot \mu \end{cases} \Rightarrow$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~3) Даны массы грузов~~

$$N = 4$$

Дано:

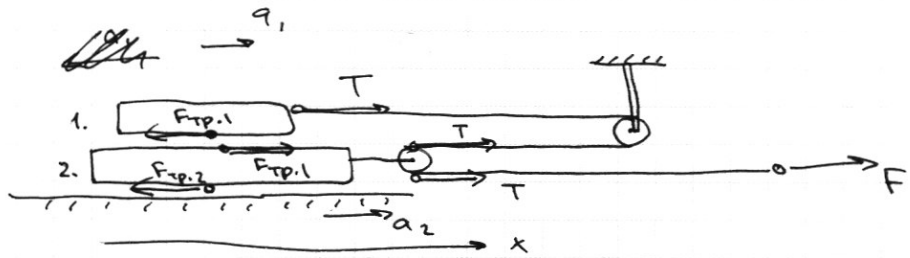
$$m_1 = 2m$$

$$m_2 = 3m$$

$\mu$

$F_0$  - ?

$F$  - ?



1) на ось  $x$  для  $\Pi 1$ .

$$F = T$$

$$3T \rightarrow F_{\text{тр.2}} = 5m \cdot a \quad \leftarrow \text{на всю систему}$$

Но  $a = 0$ , т.к. из кин. связи системы

$2a_2 = a_1$ , а т.к.  $F_{\text{тр.1}} = 0$ , то 1 тело не должно двигаться отн. второго

$$3T = F_{\text{тр.2}} \Rightarrow 3F_0 = 5mg \mu \Rightarrow \boxed{F_0 = \frac{5}{3} mg \mu}$$

$F_0 < F_{\text{тр.1 max}} \Rightarrow$  всё в порядке и 1 тело не поедет.

2) на ось  $x$  для  $\Pi 2$ :

$$\begin{cases} 2T + F_{\text{тр.1}} - F_{\text{тр.2}} = 3ma_2 \\ T - F_{\text{тр.1}} = 2ma_1 \end{cases} \Rightarrow$$

$$8F_0 - 4F_{\text{тр.1}} - 4F_{\text{тр.2}} = 3F_0 - 3F_{\text{тр.1}}$$

$$5F_0 = F_{\text{тр.1}} + 4F_{\text{тр.2}} = 2mg\mu + 20mg\mu \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{F_0 = \frac{22}{5} mg \mu} \quad \text{— при грузом } F_0 \text{ движение}$$

с ускорением невозможно. из-за кин. связи системы.

Задача 2

Дано:

$\rho, k, h$

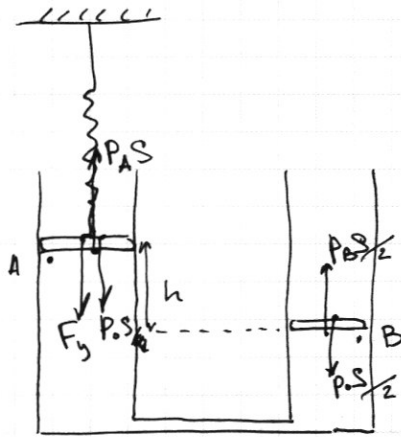
$S, g$

$P_0$  - атм.

$x$  - ?

$m$  - ?

1)



1) на лев. поршне:

$$P_B \cdot \frac{S}{2} = P_0 \frac{S}{2} \Rightarrow P_B = P_0$$

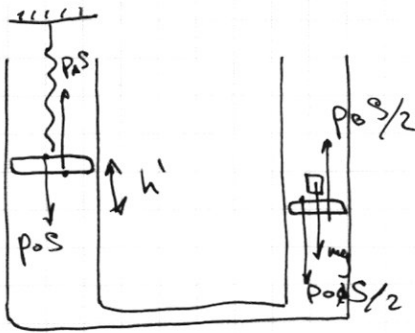
2) на л. поршне:

$$P_A S = F_y + P_0 S$$

$$F_y = kx = S(P_A - P_0) = S(P_0 + \rho g h - P_0) = S \rho g h$$

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

3)



из 3-го закона сохранения  
 левой поршень <sup>опустился</sup> ~~поднялся~~  
 на  $x \Rightarrow$  правый поршень  
 поднялся на:

$$y \frac{S}{2} = x \cdot S \Rightarrow y = 2x$$

$$\Rightarrow h' = h - x - y = h - 3x$$

(если  $h' < 0$ ,  $y$  нас просто  
мен. знак)

~~давайте~~

$$P_A S = P_0 S \Rightarrow P_A = P_0$$

$$P_0 \frac{S}{2} = mg + P_0 \frac{S}{2}$$

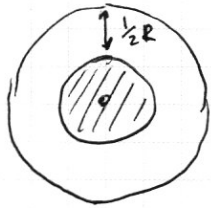
$$mg = \frac{S}{2} (P_0 - P_B) = \frac{S}{2} (P_0 - P_0 + \rho g h - \rho g 3x)$$

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

$$P_0 - (P_0 - (h - 3x) \rho g) = P_0 - P_0 + \rho g h - \rho g 3x$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$\omega = 3$



1)  $F_T = G \frac{m_3 m_T}{r^2} = g^* \Rightarrow$

$\Rightarrow g = G \frac{m_3}{r^2} = G \cdot \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho}{r^2} = \frac{4}{3} \pi R \rho G$

$g^* = G \frac{m_3}{(2r_3)^2} = \frac{g}{4} = \frac{\pi R \rho G}{3}$

2)  $g^*$  на орбите  $\Rightarrow g^* = \frac{g}{(1,5)^2}$

$g^* = \frac{v^2}{1,5R} = \frac{(\omega R)^2}{1,5R} = \omega^2 \cdot 1,5R$

$\begin{cases} 2\pi R = vt \\ 2\pi R = \omega R t \\ t = \frac{2\pi}{\omega} \end{cases}$

$\frac{g}{1,5 \cdot 1,5} = \omega^2 \cdot 1,5 R \Rightarrow \omega = \frac{\sqrt{8g}}{\sqrt{2,25} R}$

$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi \sqrt{2,25} R}{\sqrt{8g}} = \frac{6\pi \sqrt{3R}}{2\sqrt{2g}} = \frac{6\pi \sqrt{3R}}{2\sqrt{\frac{2\pi R \rho G}{3}}} = \frac{6\pi \sqrt{3}}{2\sqrt{\frac{2}{3}\pi \rho G}}$

$\omega = 5$

Дано:

$H = 2,5 \text{ м}$

$V = 8 \text{ гм}^3$

$S = 20 \text{ см}^2$

$\rho = 1 \text{ г/см}^3$

$\rho_0 = 100 \text{ кПа}$

$P_1 = ?$

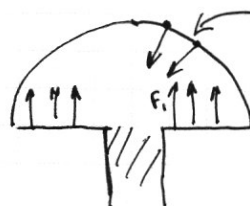
$F = ?$

1)  $P_1 = \rho g H + p_0 =$

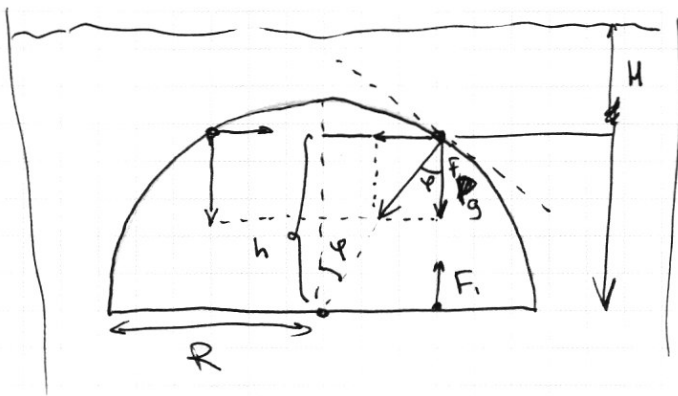
$= 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 + 100.000 =$

$= 25.000 + 100.000 = 125.000 \text{ Па}$

2) Все горизонтальные силы равны в силу симметрии и скомпенсированы



рассмотрим подробнее силы на поверхность.

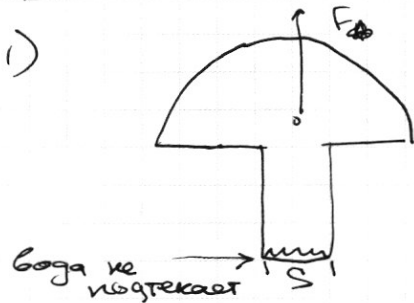


~~$$F_{F_3} = \rho(H-h)g \cdot \cos\varphi =$$

$$= \rho(H - \frac{R}{\cos\varphi})g \cdot \cos\varphi$$

$$F = F_1 - F_2 = \rho g H - \rho g H \cos\varphi + \rho R g \cos^2\varphi$$~~

$$1) \quad V = S \cdot h_0 + \frac{2}{3} \pi R^3$$



Если бы конструкция была непроницаема, то на неё действовало бы  $F_{Арх}$  вверх.

Сила Архимеда это по факту разность "нижних" и "верхних" давлений жидкости и "верхних"  $\rightarrow$

$$\Rightarrow F = F_A - S P_1 = \rho V g - S (\rho g H + p_0) =$$

$$= \frac{8000 \text{ м}^3 \cdot 1 \text{ г/см}^3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{1000} - 0,002 \cdot 125.000 \text{ Па} =$$

$$= 80 \text{ Н} - 20 \cdot 10^{-4} \cdot 125 \cdot 10^3 \text{ Н} = 80 - 2 \cdot 125 \text{ Н} =$$

$$= (80 - 250) \text{ Н} = -170 \text{ Н} \Rightarrow \text{сила } F \text{ направлена вниз}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №       
(Нумеровать только чистовики)





черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Blank grid area for writing the answer.

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)