

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

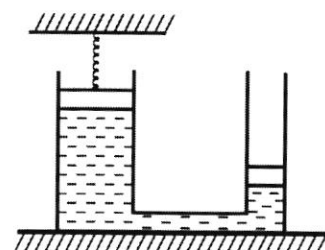
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

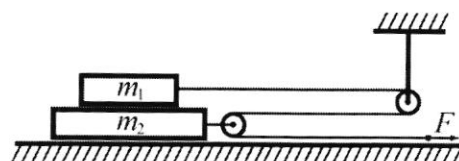
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
- Ускорение свободного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



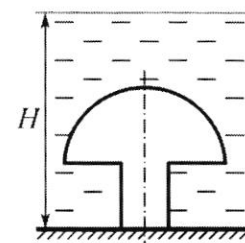
- 1) Найдите деформацию  $x$  пружины.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная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

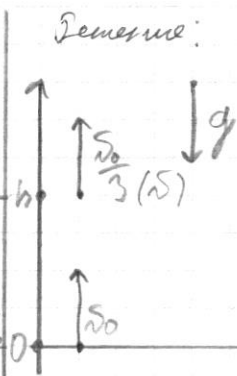


- 1) Найдите давление  $P_1$  вблизи дна.
- 2) Найдите величину  $F$  силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Дано:  
 $\alpha = 90^\circ; v_0 = 12 \text{ м/с}$

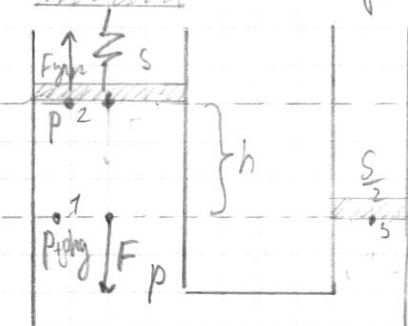
Найти:  
1)  $t$  при  $v_x = \frac{v_0}{3}$   
2)  $h$  при  $v_x = \frac{v_0}{3}$



Из формулы кинематики:  
 $v = v_0 - gt$   
 $t = \frac{v_0 - v}{g} = \frac{12 - 4}{3} = 0,8 \text{ с}$   
 $h = \frac{v^2 - v_0^2}{-2g} = \frac{16 - 144}{-20} = 6,4 \text{ м}$   
 (т.к.  $v_0$  и  $v \perp g$ )

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

2. Дано:



$\frac{S_1}{S_2} = 2; h_1 - h_2 = h; p; F_{тр} = 0; k$

Найти:  $x$  — удлинение;  
 $m_2$  — масса;

Решение: Силы давления <sup>на наружной</sup> <sup>поверхности</sup> компенсируют друг друга т.к. поверхности одинаковы,

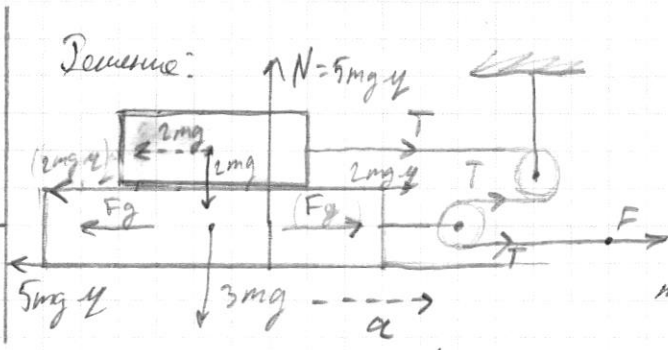
(поверхности поршней) Разность высот  $h$  вызывает силу  $F$ , которая в условиях статического равновесия компенсируется  $F_{упр}$ .

$kx = -pS + (p + \rho h g)S = \rho h g S \Rightarrow x = \frac{\rho h g S}{k}$ . При  $F_{упр} = 0 \Rightarrow x = 0 \Rightarrow$   
 $m_2 g = p h g S = p(h+x)gS \Rightarrow m_2 = p(h+x)S = pS(h + \frac{\rho h g S}{k})$

Ответ:  $x = \frac{\rho h g S}{k}; m_2 = pS(h + \frac{\rho h g S}{k})$

$NЧ$   
 $m_1 = 2m$   
 $m_2 = 3m$   
 $y$

граници:  
 $F_0$ ;  $F_{min}$



три обручечки у  
 безвесе бруска БТР ско-  
 льжения, сила с кото-  
 рой нуль действующая  
 на него равна  $Fg =$  силе действующей

условие скольжения наи-  
 ного тела:  $(F_{max})$

на нижний брусок, при том  
 $T = Fg \leq 2mg$ , где  $2mg$  - сила при  
 которой тело скользит по ↓

$$5mg = 3T + 2mg$$

$$3T = \frac{5}{3}mg = F_0 \text{ - это в случае } (\uparrow \text{ - верхнее тело, } \downarrow \text{ - нижнее)}$$

равномерного движения ↓ при  $F_0 \geq \frac{5}{3}mg$  у ↓ <sup>какой-то</sup> ~~направление~~ <sup>уменьшился</sup>  
 решение, но при ↑ тело ~~будет~~ при увеличении  $F$  ~~будет~~ <sup>будет</sup> ~~когда~~  
 будет скользить движением влево относительно ↓ ⇒  
 БТР по ↓ ~~когда~~ <sup>когда</sup> ~~направление~~ (влево) ⇒  $Fg$  - влево.

Н.С.О.

Если начнем на грани движения ↑ ~~направление~~ ↓

$$\begin{cases} 2ma = T + 2mg \\ 3ma = 2T - 5mg - 2mg \end{cases}$$

$$ma = \frac{T + 2mg}{2}$$

$$\frac{3T + 6mg}{2} = 2T - 7mg \quad | \cdot 2$$

$$3T + 6mg = 4T - 14mg$$

$$T = 20mg = F_{max} = F_{min}$$

(при  $F_{max} \geq 20mg$  ~~направление~~ <sup>направление</sup> ~~скольжения~~ <sup>скольжения</sup> по ↓)

Ответ:  $F_0 \in [\frac{5}{3}mg; 20mg]$ ,  $F_{min} = 20mg$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5) Дано:

$$h = 2,5 \text{ м};$$

$$V_k = 8 \text{ м}^3;$$

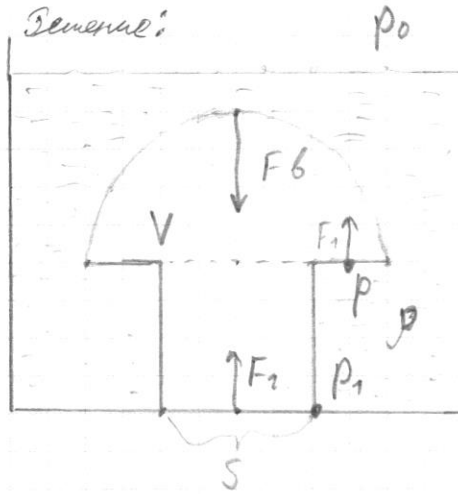
$$S = 20 \text{ см}^2; \rho = 12 \text{ т/м}^3;$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа};$$

Найти:

$$P_1; F.$$

Решение:



$$P_1 = P_0 + \rho h g = 100.000 + 25.000 = 125 \text{ кПа}.$$

Сила Архимеда выталкивает как выталкивает воду нижнего дна и ее верхнего  $\Rightarrow$

$$F_A = F_{1x} + F_{2x} - F_{3x} = \rho V g,$$

но в нашем случае  $F_2 = 0$  т.к. дно S находится от

$$\text{воды} \Rightarrow F_x = F_{Ax} - F_{2x} = \rho V g - \rho h S g = (\text{давление } P_0 \text{ действует во всей гидростатике} \Rightarrow \text{капелька}) = 1000 \text{ т/м}^3 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} - 1000 \text{ т/м}^3 \cdot 2,5 \text{ м} \cdot 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 80 \text{ Н} - 25 \text{ Н} = 55 \text{ Н} > 0 \Rightarrow$$

$$F_x \uparrow \text{ с осью} \Rightarrow F \text{ направ. вверх} \quad \text{Ответ: } P_1 = 125 \text{ кПа}; F = 55 \text{ Н} \text{ (вверх)}$$

3. Дано:

$$h = 0,5R; R; \rho;$$

$$G; V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$g$ -? ;  $T$ -?

Решение:



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

$$g_{(R)} = \frac{F_{гравит.}}{m} = G \frac{M m}{(R)^2 m} = G \frac{4\pi R^3 \rho}{3 \cdot R^2} = \frac{4\pi R \rho}{3}$$

Условие спуска безмассового тела  $(mg = ma_y)$  на орбите  $g = a_{центрострем.}$  (Н.С.О.)!!

$$a_{y(STR)} = \frac{v^2}{1,5R} = g_{(1,5R)} = \frac{G \pi R \rho}{3 \cdot 2,25} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{0,6 \pi R^2 \rho G}{2 \pi R^3 \cdot 2,25}} = \frac{R \sqrt{0,5 \pi \rho G}}{2 \pi \cdot 3 \cdot 2,25}$$

$$v = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R \sqrt{0,5 \pi R \rho G}}{R \sqrt{0,5 \pi R \rho G}} = \sqrt{\frac{0,6 \pi R \rho G}{3 \cdot 2,25}}$$

$$g_{(1,5R)} = \frac{6 \pi R^3 \rho}{3 \cdot 2,25 R^2}$$

$$\text{Ответ: } g_{(1,5R)} = \frac{6 \pi R \rho}{3}; T = \sqrt{\frac{0,6 \pi R \rho G}{3 \cdot 2,25}}$$





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

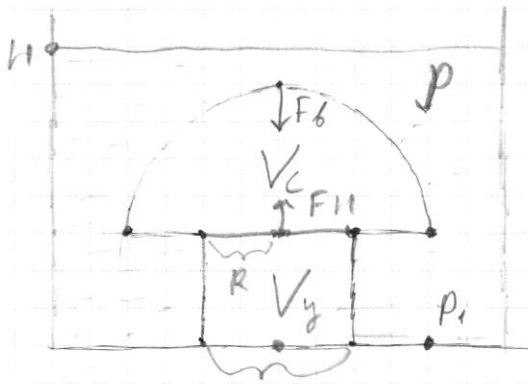
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

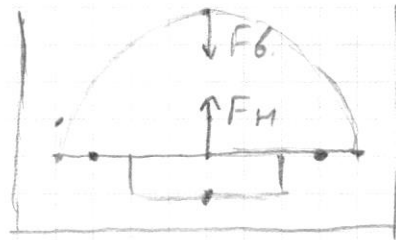
Страница №       
(Нумеровать только чистовики)



$$S = 2\pi R^2$$

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

$$p_1 = \rho g h$$



$$F_b - F_H = F_A$$

$$\rho g h^3 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$20 \text{ cm}^2 = 20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$V_y = 20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m} =$$

$$\left\{ \begin{aligned} V_c &= \frac{4}{3} \pi R^3 \\ V_y &= S h \\ V &= V_c + V_y \end{aligned} \right.$$

$$g = \frac{S^2}{1,5R} = \frac{6\pi R p}{3} \quad S = \frac{4,5 R^2 \pi p G}{3}$$

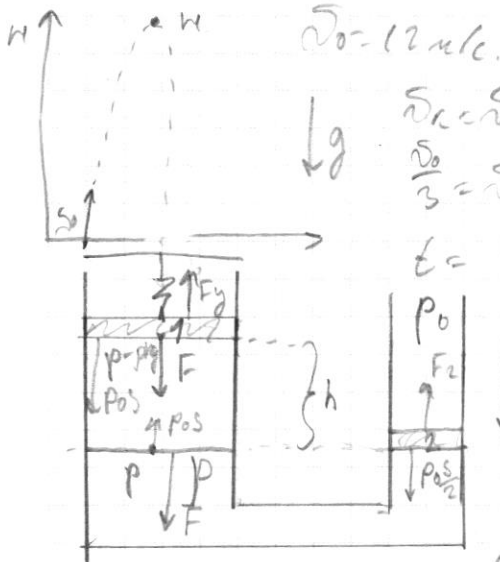
$$S = \frac{2\pi R}{1} \Rightarrow T = \frac{2\pi R}{S} = \frac{2\pi R}{4,5 R^2 \pi p G}$$

$$\frac{S^2}{1,5R} = \frac{6 \cdot 4\pi R^3 p}{2,25R}$$

$$\frac{3 \cdot 4\pi R p}{3 \cdot 2,25}$$



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$v_0 = 12 \text{ м/с}$

$$h = \frac{v_0^2 - v^2}{2g} = \frac{144 - 16}{2 \cdot 9.8} = \frac{128}{19.6} = 6.4 \text{ м}$$

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 9.6 - 3.2 = 6.4$$

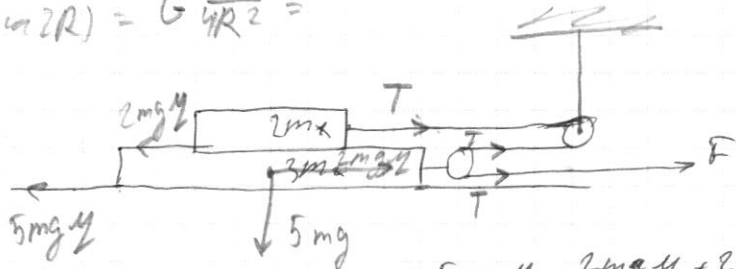
$$\frac{v_0}{3} = v_0 - gt \Rightarrow t = \frac{v_0 - v_0/3}{g} = \frac{2 \cdot 12}{9.8} = 3.2$$

$$S_1 = 2S_2$$

$$\frac{\rho S_1}{2} = \rho_0 S_2$$

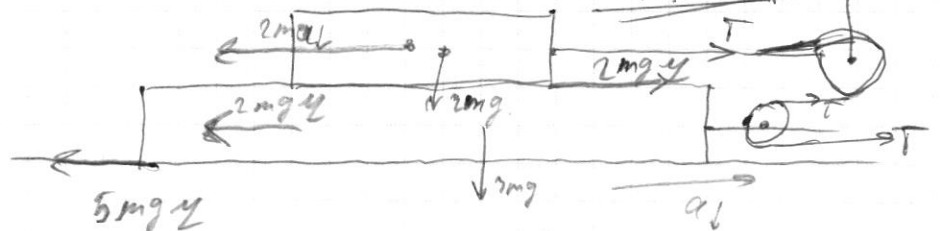
$mg = \rho h g S$   
 $\Delta h_1 = 2 \Delta h_2$   
 при  $x=0$ .  $h = h_1 + x$

$F_T = G \frac{M \cdot m}{R^2} \Rightarrow g = G \frac{M}{R^2}$   
 $g(1 + 2R) = G \frac{M}{4R^2} =$



$5mg = 3T$   
 $T = \frac{5}{3} mg$

$5mg = 2mg + 2T$   
 $2T = 3mg \Rightarrow T = 1.5mg$   
 НСО!!!



$3am = 2T - 7mg$   
 $2ma = T + 2mg$   
 $ma = ma = \frac{T + 2mg}{2}$

$\frac{3T + 6mg}{2} = 2T - 7mg$   
 $3T + 6mg = 4T - 14mg$   
 $T = 20mg$



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)

