

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

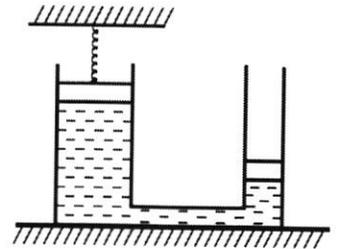
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

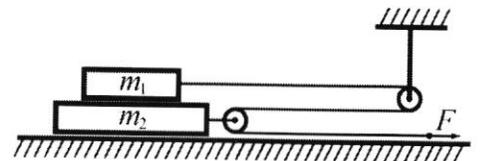
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
- Ускорение свободного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

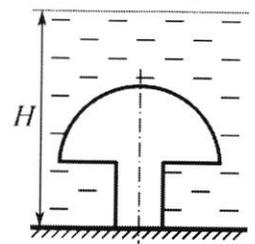


- 1) Найдите деформацию  $x$  пружины.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная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

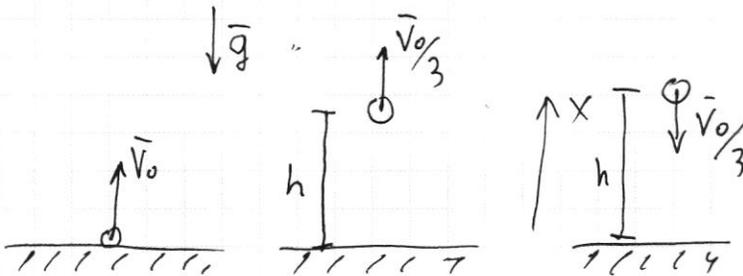


## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

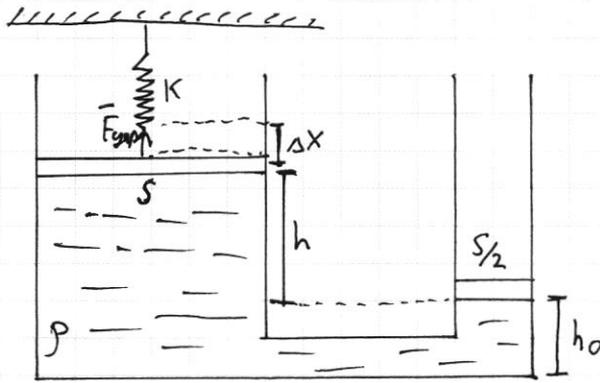
1. Дано:  
 $v = \frac{v_0}{3}$ ;  
 $v_0 = 12 \text{ м/с}$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$   
 $t = ?$   
 $h = ?$

1)  $v(t) = v_0 - gt$   
 в момент  $t_1$ :  
 $\frac{v_0}{3} = v_0 - gt_1$   
 $t_1 = \frac{2v_0}{g} = \frac{2 \cdot 12}{10} = 2,4 \text{ с}$   
 в момент  $t_2$ :  
 $-\frac{v_0}{3} = v_0 - gt_2$   
 $t_2 = \frac{4v_0}{g} = \frac{4 \cdot 12}{10} = 4,8 \text{ с}$   
 Ответ:  $2,4 \text{ с}$ ;  $4,8 \text{ с}$

2)  $mgh + \frac{(v_0/3)^2 m}{2} = \frac{mv_0^2}{2}$   
 $h = \frac{4v_0^2}{9g} = \frac{4 \cdot 12^2}{9 \cdot 10} = \frac{4 \cdot 144}{90} = \frac{576}{90} = 6,4 \text{ м}$   
 Ответ:  $6,4 \text{ м}$



2.



Дано:  
 $\rho, S, \frac{S}{2}, g, K, h$   
 $\Delta X - ?$   
 $m - ?$

$$1) \rho g(h+h_0) - \frac{F_{\text{spr}}}{S} = \rho g h_0$$

$$\rho g h + \cancel{\rho g h_0} - \frac{\Delta X K}{S} = \cancel{\rho g h_0}$$

$$\boxed{\Delta X = \frac{\rho g h S}{K}}$$

$$2) \rho g(h+h_0+\Delta X) = \rho g(h_0-2\Delta X) + \frac{mg}{S}$$

$$\rho g h + \cancel{\rho g h_0} + \rho g \Delta X = \cancel{\rho g h_0} - 2\Delta X \rho g + \frac{2mg}{S}$$

$$\frac{(\rho g h + 3\Delta X \rho g) S}{2g} = m$$

~~$$m = \frac{\rho g S (h + 3\Delta X)}{2g} = \frac{h \rho S}{2} \left(1 + \frac{3\rho g S}{K}\right)$$~~

$$\boxed{m = \frac{h \rho S}{2} \cdot \left(1 + \frac{3\rho g S}{K}\right)}$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3.

Дано:  
 $h = 0,5R$   
 $R, \rho, G$   
 $g = ?$   
~~g = ?~~  
 $T = ?$

$$1) g = G \frac{M}{r^2} = G \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho}{(2R)^2} = G \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho}{4 \cdot R^2} =$$

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

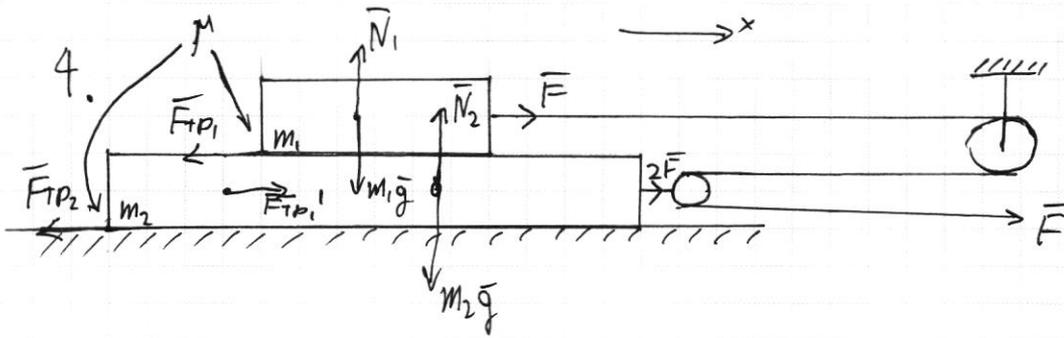
$$g = \frac{G \pi R \rho}{3}$$

$$2) T = \frac{2\pi(R+h)}{v} \quad ; \quad v = \sqrt{G \frac{M}{R+h}} = \sqrt{G \frac{\frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{R+h}}$$

$$T = \frac{2\pi(R+h)}{\sqrt{\frac{G \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \cdot \rho}{R+h}}} = \frac{2\pi \cdot 1,5R}{\sqrt{\frac{G \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \cdot \rho}{1,5R}}}$$

~~$$= \frac{1,5\pi}{\sqrt{G \frac{\pi \rho}{4,5}}} = \frac{1,5 \sqrt{4,5\pi}}{\sqrt{G \rho}} = 1,5 \cdot \sqrt{\frac{4,5\pi}{G\rho}}$$~~

$$T = 1,5 \sqrt{\frac{4,5\pi}{G\rho}}$$



Дано:

$$2F + F_{TP1}' - F_{TP2} = m_2 a_2$$

$$F - F_{TP1} = m_1 a_1$$

$$a_2 = a_1 = a$$

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

~~$$F - \mu m_1 g = m_1 a$$~~

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

~~$$2Fm_1 + \mu m_1 g (m_1 - (m_1 + m_2)) = m_2 (F - \mu m_1 g)$$~~

~~$$2Fm_1 - \mu m_1 m_2 g = Fm_2 - \mu m_1 m_2 g$$~~

~~$$F(2m_1 - m_2) = 0$$~~

~~$$2F + \mu m_1 g - \mu(m_1 + m_2)g = m_2 a \quad \text{---}$$~~

~~$$F - \mu m_1 g = 0$$~~

~~$$3F - \mu(m_1 + m_2)g = 0$$~~

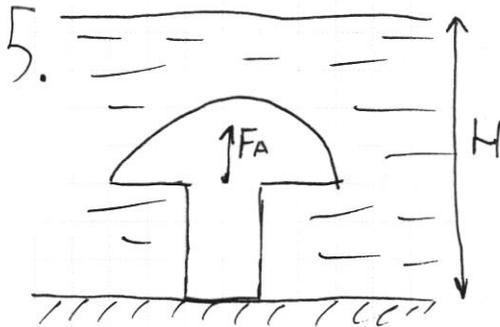
~~$$F = \frac{\mu(m_1 + m_2)g}{3} = \frac{5\mu m g}{3}$$~~

$$F = \frac{5}{3} \mu m g$$

~~Сделано~~

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~4.  $F = F_{TP1} + F_{TP2} = m_2 g$~~   
 ~~$F = F_{TP1} + F_{TP2} = m_2 g$~~



1)  ~~$P_0 = P_1 + \rho g H$~~

$$P_1 = P_0 + \rho g H$$

$$P_1 = 100 \cdot 10^3 + 10^3 \cdot 10 \cdot 2,5 =$$

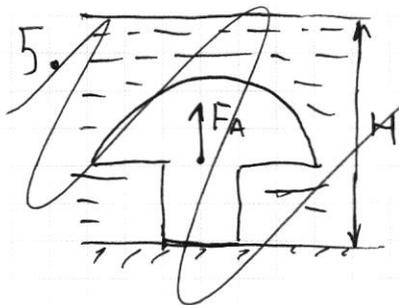
$$= 125 \cdot 10^3 \text{ Па} = 125 \text{ кПа}$$

Ответ: 125 кПа

2)  $F = F_A = \rho g V$

$$F = \frac{1 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 8}{10^3} = 80 \text{ м вверх}$$

Ответ: 80 м вверх



1)

$$P_i = P_0 + \rho g H$$

$$P_i = 100 \cdot 10^3 + 10^3 \cdot 10 \cdot 2,5 = 125 \cdot 10^3 \text{ Па} = 125 \text{ кПа}$$

Ответ: 125 кПа

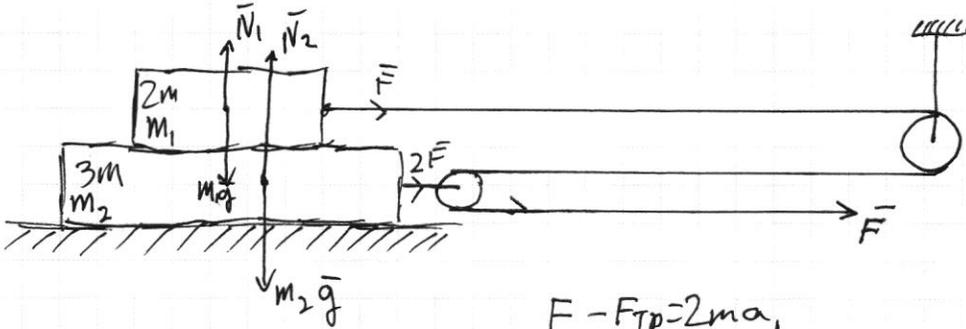
2)

$$F = F_A = V \cdot \rho \cdot g$$

$$F = \frac{8 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10}{10^3} = 80 \text{ м вверх}$$

Ответ: 80 м вверх

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$F - F_{\text{тр}} = 2ma_1$$

$$F - 2\mu mg = 2ma_1$$

$$2F + F_p - F_{\text{тр}2} = 3ma_2$$

$$2F + \mu mg - 3\mu mg = 3ma_2$$

$$\frac{F - \frac{1}{2}\mu mg}{2m} = a_1$$

$$\frac{2F}{3m} - \mu mg = a_2$$

$$v = \sqrt{G \frac{M}{R}}$$

~~$$2\pi R = v = \frac{2\pi R}{\sqrt{G \frac{M}{R}}} = 2\pi R$$~~

~~$$v = \frac{2\pi \cdot 1,5R}{v} = \frac{3\pi R}{\sqrt{G \frac{M}{1,5R}}} \Rightarrow$$~~

~~$$v = \frac{2\pi(h+R)}{\sqrt{G \frac{M}{h+R}}} = \frac{2\pi(h+R)\sqrt{h+R}}{\sqrt{G \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \cdot \rho}} = \frac{1,5\pi R \sqrt{1,5R}}{\sqrt{G \cdot \frac{2}{3}\pi R^3 \cdot \rho}}$$~~

~~$$= \frac{1,5\sqrt{1,5R}}{G \cdot \frac{2}{3} \cdot R^2 \cdot \rho} = \frac{4,5\sqrt{1,5R}}{2GR^2 \cdot \rho}$$~~

$$T = \frac{2\pi \cdot 1,5R}{\sqrt{G \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{R}}} = \frac{1,5\sqrt{\pi}}{\sqrt{G \frac{\rho}{3}}} = \boxed{\frac{1,5\sqrt{3\pi}}{\sqrt{G\rho}}}$$

PLAN

$$mg = G \frac{Mm}{R^2}$$

$$g = G \frac{M}{R^2} = G \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{4R^2} = G \frac{\pi R \rho}{3}$$

3.

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

$$T = \frac{2\pi r}{\sqrt{G \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{r}}}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

7. *Скорость будет равна  $\frac{V_0}{3}$  в момент  
возврата.  $V_0 - gt = \frac{V_0}{3}$   
во время подъёма.  
Во время спуска и  
во время подъёма.*

$$\frac{2}{3g} V_0 = t \approx \frac{2 \cdot 12}{3 \cdot 10} = 0,8 \text{ с}$$

$$h = V_0 t - \frac{gt^2}{2} = 12 \cdot 0,8 - 5 \cdot 0,64 =$$

$$= 0,8(12 - 5 \cdot 0,8) =$$

$$= 0,8 \cdot 8 = 6,4 \text{ м}$$

$$mgh + \frac{(V_0/3)^2 m}{2} = \frac{m V_0^2}{2}$$

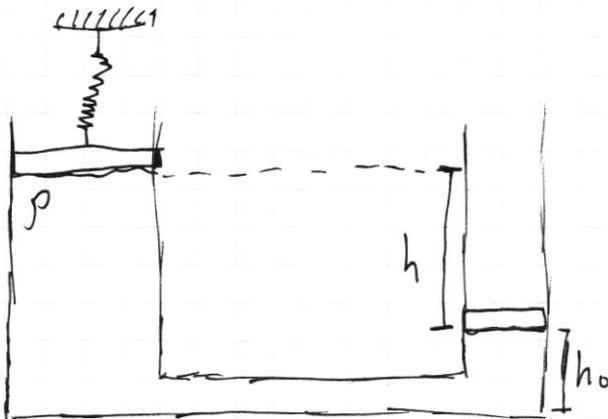
$$\frac{6}{10} \frac{54}{10} = 0,6 \frac{24}{10} =$$

$$h = \frac{V_0^2 - \frac{V_0^2}{9}}{2g} = \frac{\frac{8}{9} V_0^2}{2g} = \frac{V_0^2}{9g} = \frac{144}{90} = 1,6 \text{ м}$$

21

$$h = \frac{48 V_0^2}{9} = \frac{4 V_0^2}{9g} = \frac{4 \cdot 144}{9 \cdot 10} = 16 = 6,4 \text{ м}$$

2.



$$\rho g h_0 = \rho g (h + h_0) - \frac{\Delta x K}{S}$$

$$\Delta x = \frac{\rho g h S}{K}$$

$$\rho g (h_0 + h + \Delta x) = \rho g (h_0 - 2\Delta x) + \frac{mg}{S}$$

$$\frac{S \rho g (h + 3\Delta x)}{2g} = m$$

3.

~~$g = \frac{GM}{R^2}$~~

~~$g = \frac{GM}{R^2}$~~

$\frac{v^2}{R} = G \frac{M}{R^2}$

$V = \sqrt{G \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{1,5R}}$

~~$V = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{G \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{3R}}$~~

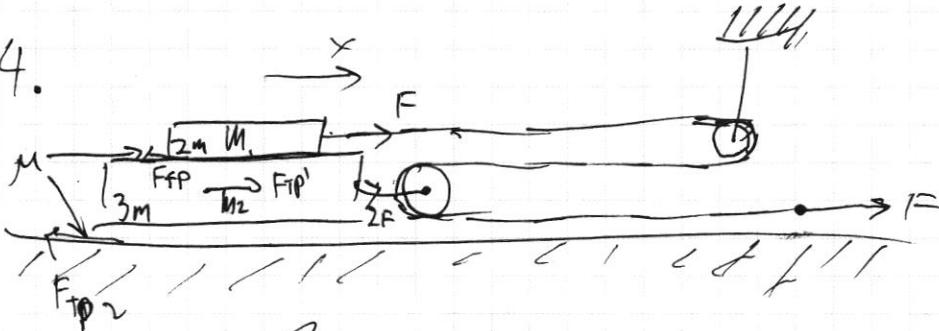
$\frac{2\pi R \cdot 1,5R}{\sqrt{G \frac{\frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{1,5}}}$

$\frac{1,5 \sqrt{4,5T}}{\sqrt{G \pi \rho}}$

~~$V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$~~

$\sqrt{\frac{G \frac{4}{3}\pi R^3 \rho}{1,5}}$

4.



~~$F - m_1 g = m_1 a$~~

~~$2F - m_2 g = m_2 a$~~

~~$F - m_1 g = -m_1 a$~~

