

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

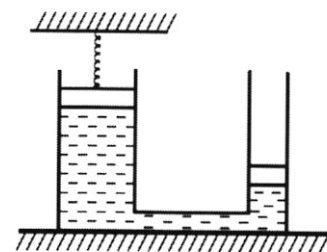
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.

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.

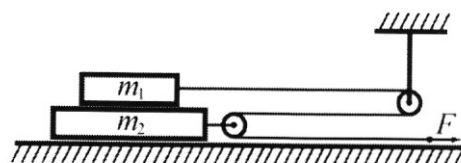
2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

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.

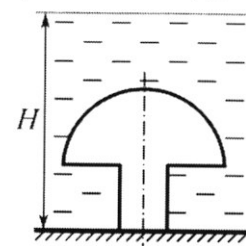
2) Найдите величину  $F$  минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

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

**Дано:**  
 $v_0 = 12 \text{ м/с}$   
 $v_1 = v_0/3$   
 $g = 10 \text{ м/с}^2$

**Решение:**  
 $v_1 = v_0/3 = 4 \text{ м/с}$   
 у тела будет 2 момента времени, когда оно будет иметь такую же скорость ( $v_1$ ).  
 Они по 3 с/е будут на одной высоте  $h$ .

**Уравнения:**  
 $\Delta v = a \cdot \Delta t$   
 $h = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$

**График:**

**Вопросы:**  
 $t = ?$   
 $h = ?$

**Решение для t:**  
 $t_1 = \frac{v_0 - v_1}{g}$  первый момент, скорость направлена вертикально вверх  
 $t_1 = \frac{12 - 4}{10} = 0,8 \text{ с.}$   
 $t_2 = \frac{v_0 + v_1}{g}$  второй момент, тело летело до верхней точки и падает вертикально вниз  
 $t_2 = \frac{12 + 4}{10} = 1,6 \text{ с.}$

**Решение для h:**  
 $h = v_0 t_1 - \frac{g t_1^2}{2}$  т.к. высота у обеих точек одинаковая,  
 $h = 12 \cdot 0,8 - \frac{10 \cdot 0,64}{2}$  найдем для первой  
 $= 9,6 - 3,2 = 6,4 \text{ м}$

Ответ: 1) 0,8 с. и 1,6 с. 2) 6,4 м

**Дано:**  
 $S_1 = S$   
 $S_2 = S/2$   
 $g$   
 $x = ? \text{ м} = ?$

**Решение:**  
 $S_1$  - площадь левого сосуда;  $S_2$  - площадь правого  
 Известно, что на одинаковой глубине давление всегда одно и тоже. Пусть высота воды в правом колене  $H$ . Тогда  
 $\rho g H = \rho g (H + h) - kx/S_1$   
 $0 = \rho g h - \frac{kx}{S_1}$

**График:**



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

М.2 продолжение

$$\rho g h = \frac{kx}{S}$$

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

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

далее найдем массу груза. Предположим, пружина больше не деформирована. Тогда левое колено должно подняться на  $x$ , а правое - "отправится" в левое нужное кол-во воды. ~~на высоту, на которую отпустили~~  
 $x$  - уменьшение высоты в правом колене.

$$x S_1 = l S_2$$

$$x S = \frac{l S}{2}$$

$$x = \frac{l}{2}$$

$$l = 2x$$

Т.е. в итоге перепад высот в сосудах станет равен  $h + 3x$ .

Снова запишем уравнение для равновесия на дно;  $H_1$  - новый уровень воды в правом колене:

$$(H_1 + h + 3x) \rho g = H_1 \cdot \rho g + \frac{mg}{S_2}$$

$$h \rho g + 3 \frac{\rho^2 g^2 h S}{k} = \frac{2mg}{S}$$

$$\frac{(h \rho g + 3 \frac{\rho^2 g^2 h S}{k}) S}{2g} = m; \quad m = \frac{h \rho S}{2} + \frac{3 \rho^2 g h S^2}{2k}$$

Ответ: 1)  $\frac{\rho g h S}{k}$ ; 2)  $\frac{h S \rho}{2} (1 + \frac{3 \rho g S}{2k})$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$L_3$   
 $h = 0,5R$   
 $R$   
 $\rho$   
 $G$   
 $V_m = \frac{4}{3}\pi R^3$   
 $R_g = 2R$   


---

 $g = ?$   
 $T = ?$

$$F_{гг} = \frac{Mm}{R^2} G$$

$m$  - масса лобового тела

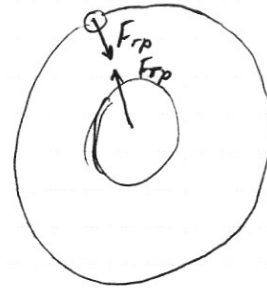
$$F_{гг} = mg$$

$$\frac{M G m}{R_g^2} = mg$$

$$g = \frac{M G}{R_g^2}$$

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

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



$$v_n = \sqrt{a_g R}$$

$$T = \frac{2\pi R}{v_n}$$

~~Handwritten scribbles~~

~~Handwritten scribbles~~  $\frac{m^3}{k \cdot c^2}$

На высоте  $h$  на спутник будет действовать  $g_n$  в качестве центростремительного ускорения

$$g_n = \frac{\rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 G}{0,25R^2} = \frac{16 \rho \pi R G}{3}$$

Поэтому его линейная скорость  $v_n$  будет равна

$$\sqrt{\frac{16 \rho \pi R^2 G}{3}} = 4R \sqrt{\frac{\rho \pi G}{3}}$$

$$T = \frac{2\pi R}{v_n}; \quad T = \frac{2\pi R}{4R \sqrt{\frac{\rho \pi G}{3}}} = \frac{\pi \sqrt{3}}{2\sqrt{\rho \pi G}} = \frac{\sqrt{3}\pi}{2\sqrt{\rho G}}$$

Ответ: 1)  $\frac{\rho \pi R G}{3}$  2)  $\frac{\sqrt{3}\pi}{2\sqrt{\rho G}}$

~~Handwritten scribbles~~

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4

$$F_{тр} = N\mu$$

$$F = ma$$

$$m_1 = 2m$$

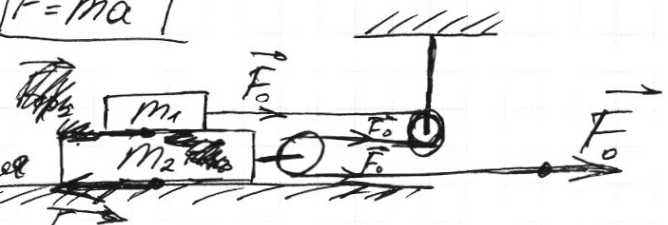
$$m_2 = 3m$$

$\mu$

$F_0 = ?$

$F_0 = ?$

Для определения  
сила трения есть  
сила, препятствующая  
телу отн. поверхности.  
Её отсутствие ( $\mu = 0$ )  
может значить лишь то,  
что тело не движется  
относительно поверхности.  
В первом случае  
в 1) пункте верхний брусок  
должен для того  
двигаться с тем же  
ускорением, что  
и нижний.



Пусть к свободному концу нити мы  
применим силу  $F_0$ . Тогда, из-за безразличия  
массы и блоков, сила натяжения нити будет также  
равна  $F_0$ . Уравнение ускорений будет выглядеть так:

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

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

$$3mF_0 = 4mF_0 - 10\mu g m^2 \quad | : m$$

$$3F_0 = 4F_0 - 10\mu g m$$

$$F_0 = 10\mu g m$$

Теперь пусть мы тянем с силой  $F$  и выполняются усл. 2)

$$F_{тр1} = \mu(m_1 + m_2)g$$

$$F_{тр2} = F_{тр3} = \mu m_1 g$$

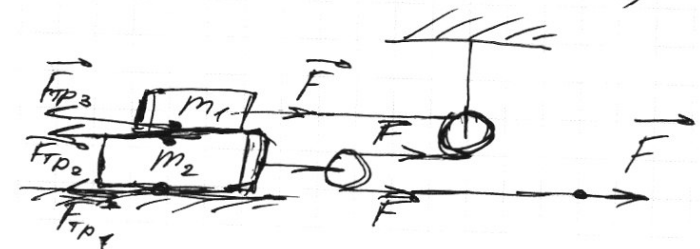
$$\begin{cases} 2F = F_{тр2} + F_{тр1} \\ F = F_{тр3} \end{cases}$$

$$F = F_{тр3}$$

$$F = F_{тр1}$$

$$F = \mu g \cdot 5m$$

Ответ: 1)  $10\mu g m$  2)  $5\mu g m$







черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 5

$$H = 2,5 \text{ м}$$

$$V = 8 \text{ дм}^3 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$S = 20 \text{ см}^2 = 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$\rho = 12 / \text{см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$P_0 = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$P_1 = ?$$

$$F = ?$$

По определению  
давление у дна - атм. М

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

$$P_1 = 1 \cdot 10^5 + 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 = 1 \cdot 10^5 + 2,5 \cdot 10^4 =$$

$$= 12,5 \cdot 10^4 \text{ Па} = 125 \text{ кПа}$$

По закону Паскаля давление в  
жидкости/газе распространяется  
одинаково во всех направлениях.

Сила, с которой вода Архимедова,  
сила, с которой вода действует  
на тело направлена вверх и

является в равном смысле силой Архимеда.

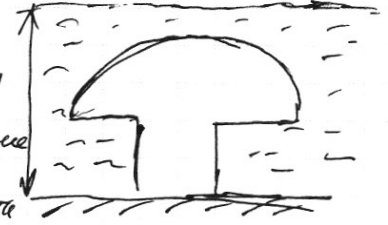
Пода можно записать уравнение, но важно  
учесть, что на участок площадью  $S$  - приложен  
ко дну и вода не действует на него вверх.

$$F = V \rho g - S \rho g H$$

$$F = 8 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 10 - 20 \cdot 10^{-4} \cdot 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 =$$

$$= 80 - 50 = 30 \text{ Н}$$

Ответ: 1) 125 кПа; 2) 30 Н



$$8 \cdot 10 \cdot 10^{-2} = 8 \cdot 10^{-1} \text{ дм}$$

$$10^{-3} \text{ дм}^3$$