

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

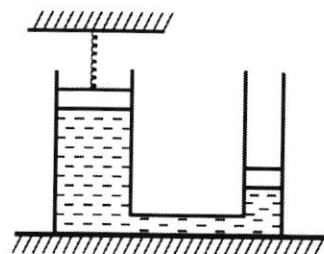
## Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

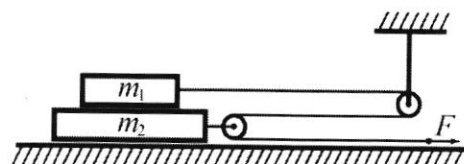
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
- Ускорение свободного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



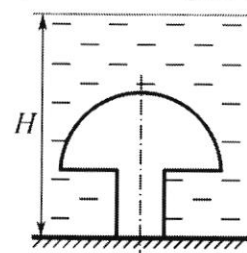
- 1) Найдите деформацию  $x$  пружины.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная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

Задача N 1

$$v = v_0 - gt$$

$$t = \frac{v_0 - v}{g}$$

$$v = \frac{v_0}{3}$$

$t = \frac{2v_0}{3g} \rightarrow$  если скорость направлена вверх,  
если скорость направлена вниз:  $-v = v_0 - gt$

$$t = \frac{v_0 + v}{g} = \frac{4v_0}{3g}$$

$$t_1 = \frac{2 \cdot 12}{3 \cdot 10} = \frac{2 \cdot 4}{10} = 0,8 \text{ с}$$

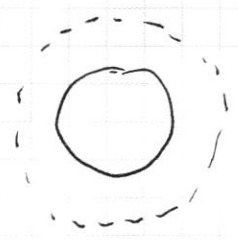
$$t_2 = \frac{4 \cdot 12}{3 \cdot 10} = 1,6 \text{ с}$$

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

$$h_1 = 12 \cdot 0,8 - \frac{10 \cdot 0,8^2}{2} = 9,6 - 3,2 = 6,4 \text{ м}$$

$$h_2 = 12 \cdot 1,6 - \frac{10 \cdot 1,6^2}{2} = 12 + 7,2 - 16 \cdot 0,8 = 19,2 - 12,8 = 6,4 \text{ м}$$

Ответ: 1)  $t = 0,8 \text{ с}$  и  $t = 1,6 \text{ с}$ ; 2)  $h = 6,4 \text{ м}$



$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$g = G \frac{m_1}{r^2}$$

$$m_1 = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$$

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

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

~~g~~  $g_{\text{спутника}} = G \cdot \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{(1.5R)^2} =$

$$= \frac{4 \cdot 2^2}{3 \cdot 3^2} \cdot \rho G \pi R = \frac{16}{27} \rho G \pi R$$

$$\omega^2 R_0 = a = g_{\text{спутника}} \quad R_0 = 1.5R$$

$$\omega^2 \cdot 1.5R = \frac{16}{27} \rho G \pi R$$

$$\omega^2 = \frac{32}{81} \rho G \pi$$

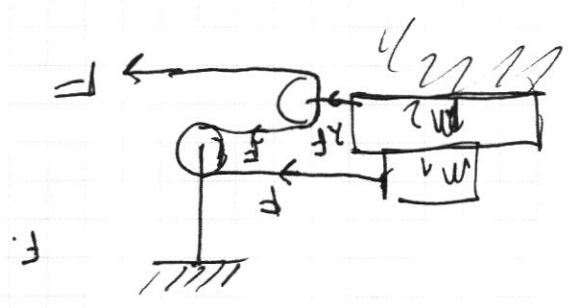
$$\omega = \frac{4\sqrt{2}}{9} \sqrt{\frac{32}{81} \rho G \pi}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\frac{4\sqrt{2}}{9} \sqrt{\frac{32}{81} \rho G \pi}}$$

$$\frac{c^2}{1} = \frac{2\pi \cdot c^2}{\omega^3} \cdot \frac{\omega^3}{c^2}$$

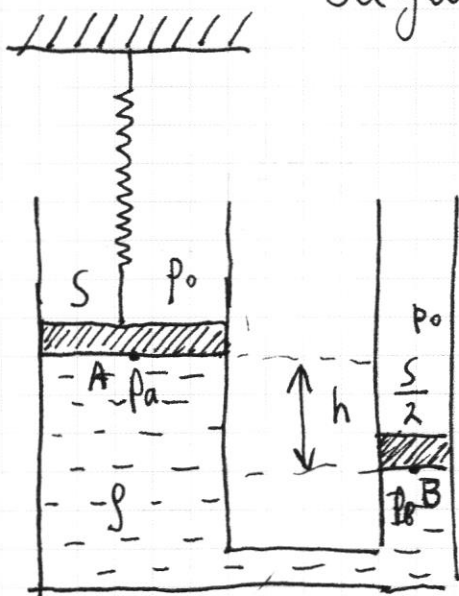
$$K \cdot \frac{c^2}{\omega^2} = X \cdot \frac{c^2}{\omega^2} \Rightarrow X = K$$

$$K \cdot \frac{c^2}{\omega^2} = \frac{K \cdot m}{\omega^2} \Rightarrow K = m$$



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

### Задача № 2



1) Пусть давление в точке А равно  $p_a$ , а в точке В -  $p_b$

$$p_b = p_a + \rho g h$$

$$F_{\text{упр}} = kx$$

Рассмотрим условия равновесия для поршней

Пусть пружина растянута

для левого:  $kx + p_a S = p_0 S$  (1)

для правого:  $p_b \frac{S}{2} = p_0 \frac{S}{2}$  (2)

$$kx + p_a S = p_b S \quad kx = \rho g h \quad x = \frac{\rho g h}{k}$$

$x > 0 \Rightarrow$  пружина растянута.

2) Рассмотрим условия равновесия для поршней ~~для левого поршня~~ <sup>левого</sup> поршня поднимающегося на  $x$  (пружина недеформирована), поэтому правый поршень опустится на  $2x$  (условие несжимаемости жидкости)

$$p_b = p_a + \rho g (h + 2x)$$

условие равновесия для левого поршня:

$$p_a S = p_0 S$$

$$p_0 \frac{S}{2} + mg = p_b \frac{S}{2} \leftarrow \text{условие равновесия для правого поршня.}$$

$$p_a S = p_0 S$$

$$p_0 \frac{S}{2} + mg = \frac{p_b S}{2}$$

$$\frac{p_a S}{2} + mg = \frac{p_0 S}{2}$$

$$2mg = \rho g (h + 3x) S$$

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

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

$$m = \frac{\rho \left( \cancel{\frac{3\rho g h}{k}} h + \frac{3\rho g h}{k} \right) S}{2} =$$
$$= \cancel{\frac{\rho S}{k}} \frac{\rho S h}{2k} (k + 3\rho g)$$

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

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача № 3

$$F_2 = G \frac{m_n m_c}{r^2}$$

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

$$g = \frac{F_2}{m_c} = G \frac{m_n}{r^2}$$

$$r = 2R$$

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

$$2) T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\omega^2 r = a = g$$

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

$$\omega^2 \cdot 1,5R = \frac{16}{27} \rho G \pi R = \frac{16}{27} \rho G \pi R$$

$$\omega = \sqrt{\frac{32}{81} \rho G \pi}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{32}{81} \rho G \pi}} = 2\pi \sqrt{\frac{81}{32 \rho G \pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{81 \pi}{8 \rho G}} = 4,5 \sqrt{\frac{\pi}{2 \rho G}}$$

Ответ: 1)  $g = \frac{\rho G \pi R}{3}$ ,  $T = 4,5 \sqrt{\frac{\pi}{2 \rho G}}$

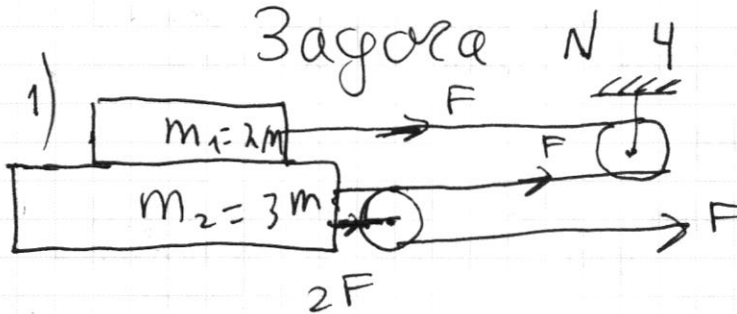
$$12 - 10 \cdot 0,8 = 12 - 8 = 4$$

$$12 - 10 \cdot 1,6 = 12 - 16 = -4$$

$$\frac{1}{2} = 12$$

$$12 \cdot 0,8 - 10 \cdot \frac{0,8^2}{2} = 9,6 - \frac{8 \cdot 0,8}{2} =$$
$$= 9,6 - 3,2 = 6,4 \text{ м}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



никий блок к другому, значит присутствует сила трения.

~~Сила трения не будет действовать между блоками без силы трения~~

Сила трения не возникает, если тела относительно друг друга неподвижны, когда сила трения не действует.

Рассмотрим 2-й закон Ньютона для нижнего и верхнего блоков.

для верхнего:  $F_0 = m_1 a_1$  (1)  $a$  - ускорение

для нижнего:  $2F_0 - F_{\text{тр}} = m_2 a_2$  (2)  $a_1 = a_2$

$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu \cdot (m_1 + m_2) g = 5 \mu mg$

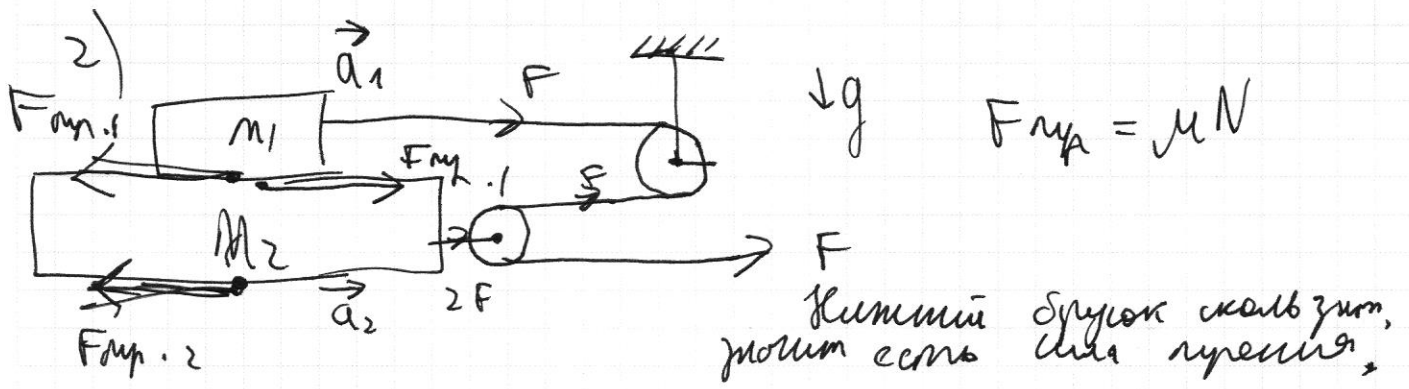
~~$F_0 = 2ma$~~   $F_0 = 2ma$  (3)

$2F_0 - 5\mu mg = 3ma$  (4)

из (3) и (4):  ~~$2F_0 - 5\mu mg = 1,5F_0$~~   $2F_0 - 5\mu mg = 1,5F_0$

$0,5F_0 = 5\mu mg$   $F_0 = 10\mu mg$





$$F_{\text{тр.1}} = \mu m_1 g = 2 \mu mg$$

$$F_{\text{тр.2}} = \mu (m_1 + m_2) g = 5 \mu mg$$

Тасуємо рівняння 2-й і 3-й для нижнього і верхнього брусків

$$a_1 = \frac{F + F_{\text{тр.1}}}{m_1}$$

$$a_2 = \frac{2F - F_{\text{тр.1}} - F_{\text{тр.2}}}{m_2}$$

нужно чтобы

Для того, чтобы ~~верхний~~ верхний брусок гвандя влево относительно нижнего бруска, ~~надо~~  $a_2 > a_1$ .

$$a_1 = \frac{F + 2 \mu mg}{2m} \quad (1) \quad a_2 > a_1$$

$$a_2 = \frac{2F - 7 \mu mg}{3m} \quad (2) \quad \frac{2F - 7 \mu mg}{3m} > \frac{F + 2 \mu mg}{2m}$$

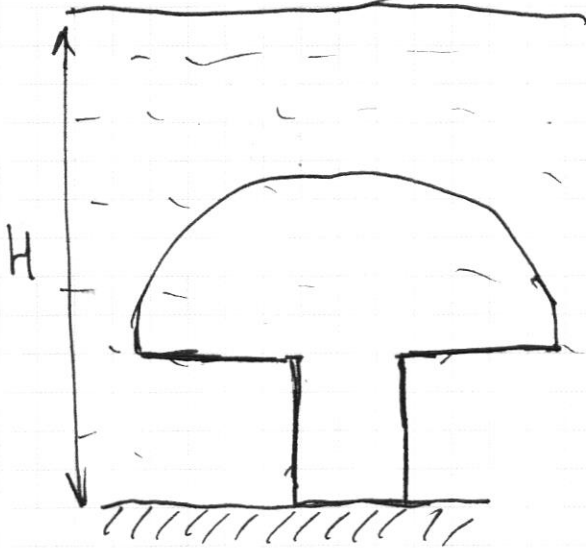
$$4F - 14 \mu mg > 3F + 6 \mu mg$$

$$F > 20 \mu mg \Rightarrow F_{\text{min}} = 20 \mu mg$$

Ответ: 1)  $F_0 = 10 \mu mg$ ; 2)  $F = 20 \mu mg$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача №5



$$1) \rho = \rho_0 + \rho g H =$$

$$= 100000 + 1000 \cdot 10 \cdot 2,5 =$$

$$= 125000 \text{ Па} = 125 \text{ кПа}$$

2) Если бы под нижней гранью конструкции подтекала вода, то на неё просто действовала вверх сила Архимеда  $F_a = \rho g V$ . Получается, что вверх не действует сила давления  $F_n = \rho \cdot S$  на нижнюю грань конструкции.

Поэтому, эквивалентная сила направлена направлена вверх и равна  $F_0 = F_a - F_n$

$$F_a = 1000 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 80 \text{ Н}$$

$$F_n = 125000 \cdot 20 \cdot 10^{-4} = 250 \text{ Н}$$

$$F_0 = 80 - 250 = -170 \text{ Н}$$

$F_0 < 0 \Rightarrow$  сила давления направлена эквивалентная сила направлена вниз.

$$F_0 = 170 \text{ Н} \quad \downarrow$$

Ответ: 1)  $\rho = 125 \text{ кПа}$ ;  $F_0 = 170 \text{ Н}$  и направлена вниз

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)