

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-01

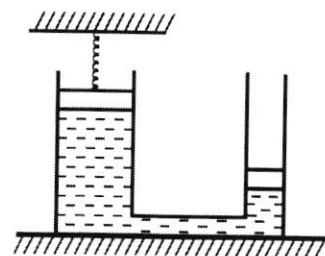
Шифр

(заполняется секретарём)

3. 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.

4. 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  $g$ .

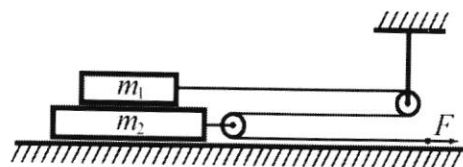


- 1) Найдите деформацию  $x$  пружины.
- 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

5. 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.

6. 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.

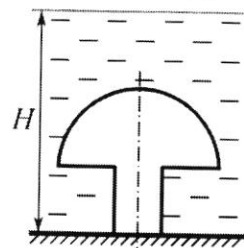


- 1) Найдите величину  $F_0$  горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.
- 2) Найдите величину  $F$  минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

7. 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.

направл. вверх

$$1) \frac{V_0}{3} = V_0 - g t_1 \Rightarrow g t_1 = V_0 - \frac{V_0}{3} \Rightarrow \underline{t_1} = \frac{2 V_0}{3 g} = \frac{24 \text{ c}}{30} = \frac{4}{5} = \underline{0,8 \text{ c}} - \frac{V_0}{3}$$

$$2) \underline{h} = \frac{(V_0 + \frac{V_0}{3}) t_1}{2} = \underline{6,4 \text{ м}} - t_1 \text{ такое же, как в (1) и.к. расе}$$

спатрируется точно такой же участок движения.

$$1) -\frac{V_0}{3} = V_0 - g t_2 \Rightarrow g t_2 = V_0 + \frac{V_0}{3} \Rightarrow \underline{t_2} = \frac{4 V_0}{3 g} = \underline{1,6 \text{ c}} - \text{когда } \frac{V_0}{3} \text{ на-}$$

равлена вниз.

2)  $\frac{V_0}{3}$  вверх и вниз • будут на одной и той же высо-  
те в силу обратности движения.

√3.

1) ~~центр масс планеты в центре планеты~~  
П.к. планета шар, сила, действ. на тело массой  $m$

на расстоянии  $2R$  от ~~центр~~<sup>м</sup> ра планеты равна

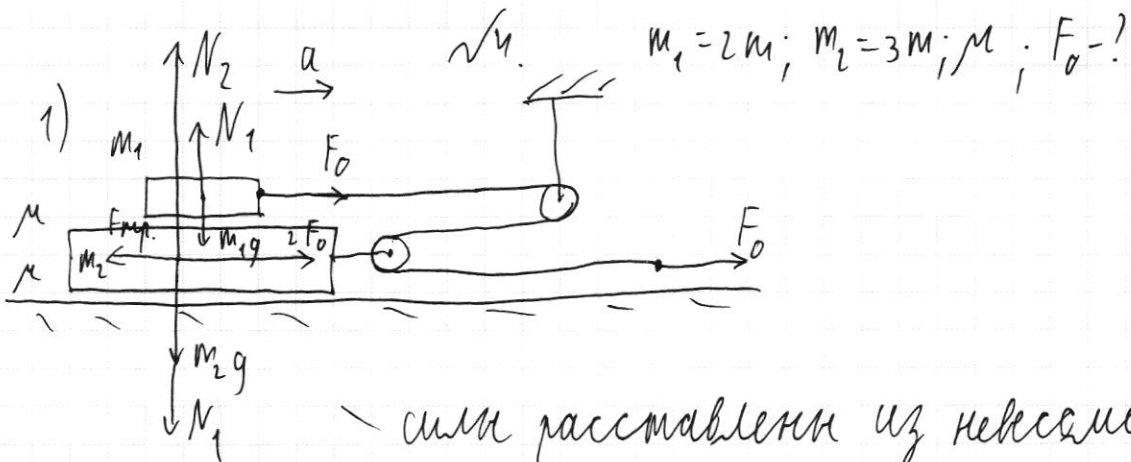
$$F = \frac{G M \cdot \frac{4 \pi R^3 \rho}{3}}{4 R^2} = \frac{G m \pi R \rho}{3} \Rightarrow \text{ускорение этого тела}$$

$$(\text{из } \approx 2\text{-го } z\text{-на Нютом.) равно } g = \frac{G m \pi R \rho}{3 m} = \frac{G \pi R \rho}{3}$$

$$2) a_{\text{см.}} = \frac{G \cdot \frac{4 \pi R^3 \rho}{3}}{1,5^2 R^2} = \frac{4 G \pi R \rho}{3 \cdot 1,5^2} = \frac{4 G \pi R \rho}{6,75} \sim 0,6 G \pi R \rho \Rightarrow$$

$$\omega_{\text{см.}} = \sqrt{\frac{a_{\text{см.}}}{1,5 R}} \Rightarrow T = \frac{2 \pi}{\omega_{\text{см.}}} = 2 \pi \sqrt{\frac{1,5 R}{a_{\text{см.}}}} = 2 \pi \sqrt{\frac{1,5 R}{0,6 G \pi R \rho}} = 2 \pi \sqrt{\frac{1,5}{0,6 G \pi \rho}} =$$

$$= \pi \sqrt{\frac{1}{G \pi \rho}}$$



силы расставлены из невесомости нитки;  
 $F_{\text{нпр.}}$  - сила, действ. на груз со стороны стола;  
 $F_{\text{нпр}} = \mu N_2 = \mu(m_2 g + N_1) = \mu g(m_2 + m_1)$

м.к. брусок едет из 2-го з-на Ньют. на вертикаль. ось для ~~для~~ <sup>ки</sup>  
 $\frac{2F_0 - F_{\text{нпр}}}{m_2} = a = \frac{F_0}{m_1}$  а одинаковое м.к. брусок не скажут о н. друг друга.

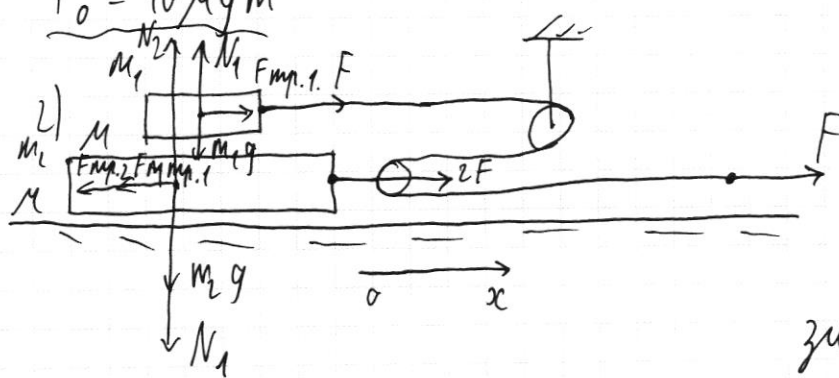
2-й з-н Ньют. на горизонт. ось для  $m_2$       2-й з-н Ньют. на горизонт. ось для  $m_1$

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

$$4F_0 m - \mu g \cdot 2m \cdot 5m = F_0 \cdot 3m$$

$$F_0 m = 10\mu g m^2$$

$$F_0 = 10\mu g m$$



$$F_{\text{нпр.1}} = \mu N_1 = \mu g m_1$$

$$F_{\text{нпр.2}} = \mu N_2 = \mu(\mu g(m_1 + m_2))$$

м.к скажут из 2-го з-на Ньют. на вертикаль. ось

$$a_{m_1 x} = \frac{F + F_{\text{нпр.1}}}{m_1}; \quad a_{m_2 x} = \frac{2F - F_{\text{нпр.1}} - F_{\text{нпр.2}}}{m_2}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$a_{m2x} > a_{m1x}$   
( $\geq$ )  
после  
"сравнения"

$$\frac{2F - F_{mp1} - F_{mp2}}{m_2} > \frac{F + F_{mp1}}{m_1}$$

$$4Fm - 4\mu g m^2 - 10\mu g m^2 \geq 3Fm + 6\mu g m^2$$

$$Fm \geq \mu g m^2 (6 + 4 + 10)$$

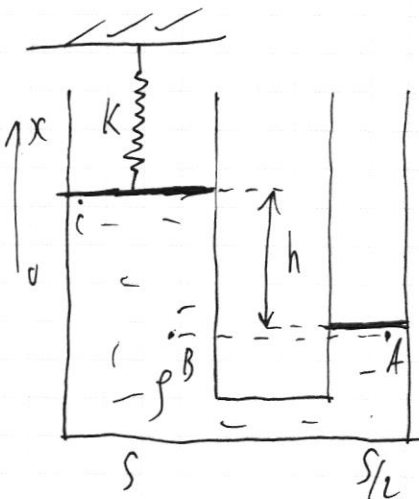
$$F \geq 20\mu g m$$

√5.

$$1) \underline{P_1} = P_0 + \rho g H = 100 \text{ кПа} + \frac{10000 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м} \cdot 2,5 \text{ м} \cdot \text{Н}}{\text{м}^3 \cdot \text{с}^2 \cdot \text{кг}} =$$

$$= 100 \text{ кПа} + 25000 \text{ Па} = \underline{125 \text{ кПа}}$$

√2.



$P_A = P_{атм}$ . М.к. по правый порш<sup>и</sup> его не-подвижен.

$$P_C = P_A - \rho g h.$$

Силы, действ. на левый поршень

$$\text{по } x \text{ ох: } F_{пруж.} + P_C S - P_{атм.} S = 0$$

$$F_{пруж.} + P_{атм.} S - \rho g h S - P_{атм.} S = 0 \Rightarrow$$

$F_{пруж.} = \rho g h S$ ; пруж. действ. на левый поршень вверх  $\Rightarrow$   
она растянута на  $\Delta l = x = \frac{F_{пруж.}}{k} = \frac{\rho g h S}{k}$

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2) ~~пруж. недеформ.~~  $\Rightarrow P_c = P_{атм.}$ ;  $P_A = P_c + \rho g h = P_{атм.} + \rho g h$ ;

~~Силы, действ. на правый поршень по ох:~~

~~$$\frac{P_A S}{2} = \frac{P_{атм.} S}{2} + mg$$~~

~~$$P_{атм.} S + \rho g h S = \frac{P_{атм.} S}{2} + 2mg$$~~

~~$$m = \frac{\rho h S}{2}$$~~

2) левый порш. поднялся на  $x \Rightarrow$  правый опустился на  $2x \Rightarrow$  разность высот стала  $h + 3x = h + \frac{3\rho g h S}{k}$ .

~~$P_A = P_{атм.}$~~   $P_c = P_{атм.}$  м.к. пруж. недеформ.

$$P_A = P_c + \rho g (h + 3x) = P_{атм.} + \rho g h + \frac{3\rho^2 g^2 S}{k} h$$

Условие равновесия для правого поршня:

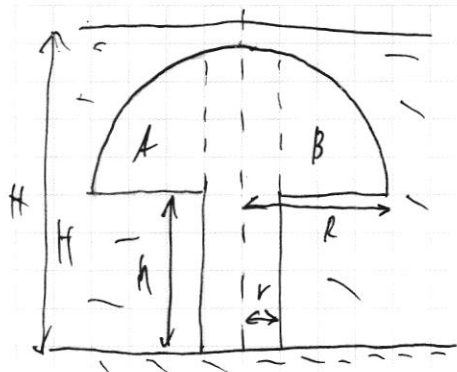
$$\frac{P_A S}{2} = \frac{P_{атм.} S}{2} + mg$$

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

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

↗ k

2) F действ. вдоль оси симметрии вилы или <sup>м</sup> стержня  
F ≠ F<sub>арх</sub> м.к. вода не полностью обтекает конструк-  
& цилиндр.



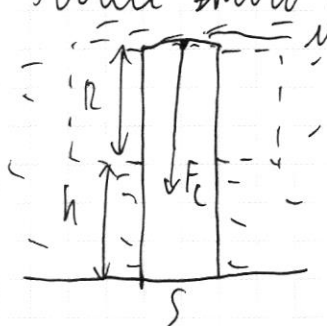
сейчас мы не учитываем  $P_0$  т.к.  
в задаче требуется только  $F$   
со стороны воды.

силы по горизонтали компенсируются в силу симметрии

$$\text{т.к. } S = \pi r^2 \neq \Rightarrow r = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

Если рассмотрим конструкцию из склеенных A и B,  
то мы увидим фигуру, которую вода полностью  
обтекает  $\Rightarrow F_{AB} = F_{\text{Арх}} \approx \left( \frac{2}{3} \pi R^3 - SR \right) \rho g$

После этого останется "столб" высотой  $h+R$ :



(вода есть до высоты  $h$  и над  
столбом)  $\Rightarrow F_c = \rho g (H - h - R) S$   
или

$$\text{Таким образом, } F = F_{AB} - F_c = \frac{2}{3} \pi R^3 \rho g - SR \rho g - \rho g HS + \rho g h S + \rho g R S$$

$$h S + \frac{4}{3} \pi R^3 = S V$$

$$h = \frac{S - \frac{4}{3} \pi R^3}{S} V - \frac{\frac{4}{3} \pi R^3}{S}$$

$$F = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho g S - \rho g HS^2 + \rho g h S \quad F = \frac{2}{3} \pi R^3 \rho g S - \rho g HS + \rho g \left( V - \frac{4}{3} \pi R^3 \right) S$$

$$= \frac{2}{3} \pi R^3 \rho g S - \rho g HS + \rho g V S - \frac{4}{3} \pi R^3 \rho g S = \rho g V S - \rho g HS =$$

$$= \rho g (V - HS) = \frac{1000 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н}}{\text{м}^3 \cdot \text{к}} (0,008 \text{ м}^3 - 2,5 \text{ м} \cdot 0,002 \text{ м}^2) =$$

$$= 10 \text{ Н} (8 - 5) = 30 \text{ Н} \text{ вверх}$$



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)





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

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

$$\begin{array}{r} \times 1,5 \\ 1,5 \\ 7,5 \\ 2,25 \end{array}$$

~~40006~~

$$\begin{array}{r} 400,0 \overline{) 675} \\ 3375 \overline{) 0,5892} \\ 6250 \\ \underline{00} \\ 6075 \\ 1750 \\ 1350 \end{array}$$

$$a_{\text{см.}} = \omega^2 R = \omega \omega R$$

$$\begin{array}{r} 15 \overline{) 6} \\ 12 \overline{) 2,5} \\ 30 \end{array}$$

$$F_{\text{арх}} = V \rho g$$

$$\delta \rho \mu^3 = \frac{2}{3} \pi R^3$$

$$R^3 = \frac{8 \rho \mu^3 \cdot 3}{256}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{12}{96}} \rho \mu$$

$$\frac{40 \mu \text{гм} - 5 \mu \text{гм} - 8 \mu \text{гм}}{3 \text{м}} = \frac{32 \mu \text{гм}}{3 \text{м}} = \frac{32}{3} \mu \text{г} = 11 \mu \text{г}$$

$$20 \rightarrow 23 / \frac{22 \mu \text{гм}}{2 \text{м}} = \mu \text{г}$$

$$\rho g h$$

$$\frac{\rho g h}{R} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{м}}{\text{м}^3 \cdot \text{кг} \cdot \text{м}}$$

$$\frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{м} \cdot \text{Н}}{\text{м}^3 \cdot \text{Н} \cdot \text{м}}$$

$$\times \frac{\text{кг} \cdot \text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{м}^3 \cdot \text{кг}}$$

