

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

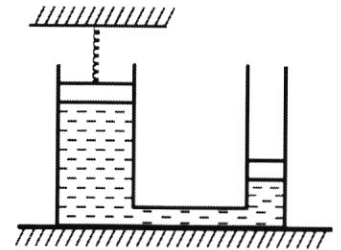
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарем)

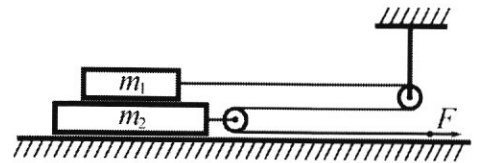
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 10$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/2$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/2$ ?
- Ускорение свободного 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. Деформация пружины равна  $x$ . Площадь сечения левого поршня  $S$ , правого  $S/3$ . Трение поршней о стенки сосудов пренебрежимо мало. Ускорение свободного падения  $g$ .

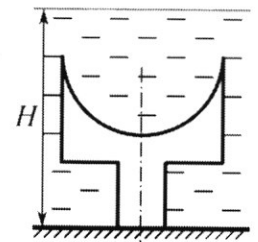


- 1) Найдите разность  $h$  уровней жидкости в сосудах.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная постоянная  $G$ . Объём шара  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .
- 1) Найдите ускорение  $g$  свободного падения на расстоянии  $3R$  от центра планеты.
  - 2) Найдите период  $T$  обращения спутника.

4. На горизонтальном столе находятся бруски, соединённые нитью с системой блоков (см. рис.). Массы брусков  $m_1 = 3m$ ,  $m_2 = 5m$ . 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 минимальную силу  $F$ , при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.
5. Ко дну бассейна глубиной  $H=3$  м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции  $V = 5$  дм<sup>3</sup>, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей  $S = 10$  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

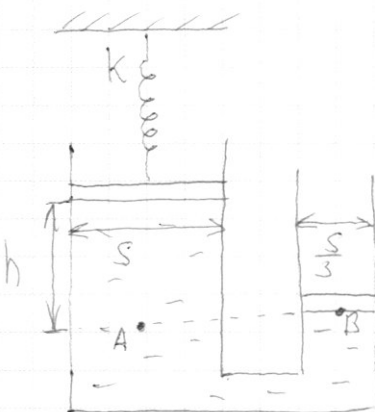
1. Упр-е движ-е ск-ти при равноускоренном движении:  
 $v_k = v_0 - gt$ ; по усл  $v_k = \frac{v_0}{2} \Rightarrow v_0 = 2gt \Rightarrow t = \frac{v_0}{2g} = 0,5c$

Заком сохранения энергии:  $W_{k1} = W_n + W_{k2}$   
 $\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{m(\frac{v_0}{2})^2}$        $v_0^2 = 2gh + \frac{v_0^2}{4} \Rightarrow \frac{3}{4}v_0^2 = 2gh$

$\Rightarrow h = \frac{3v_0^2}{8g} = 3,75 \text{ м}$

Ответ:  $t = 0,5c$ ;  $h = 3,75 \text{ м}$ .

2.



1) Сила упругости пружины:

$F_y = kx$  (пружина растянута)

Левый поршень оказывает на воду давление:

$p_1 = p_0 - \frac{F_y}{S} \Rightarrow p_1 = p_0 - \frac{kx}{S}$ , где  $p_0$  - атм. давление

Заметим, что  $p_A = p_B = p_0$

$p_A = p_1 + \rho gh = p_0 - \frac{kx}{S} + \rho gh$

$\Rightarrow p_0 = p_0 - \frac{kx}{S} + \rho gh \Rightarrow \rho gh = \frac{kx}{S}$

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

2) При недеформированной пружине разность ур-й воды составит:

$h_1 = h + x + \frac{xS}{\frac{S}{3}} = h + 4x$ ; Правый поршень оказывает на воду давление:

$p_2 = \frac{mg}{\frac{S}{3}} = \frac{3mg}{S}$ ;  $p_2 = \rho gh_1 \Rightarrow \rho g(h + 4x) = \frac{3mg}{S}$

$\Rightarrow m = \frac{\rho g S(h + 4x)}{3g} = \frac{\rho S(h + 4x)}{3} = \frac{\frac{kx}{g} + 4x\rho S}{3} = \frac{x}{3} \left( \frac{k}{g} + 4\rho S \right)$

Ответ: 1)  $h = \frac{kx}{\rho g S}$ ; 2)  $m = \frac{x}{3} \left( \frac{k}{g} + 4\rho S \right)$

$$3. \quad g = \frac{GM}{(3R)^2} = \frac{G\rho V}{(3R)^2} = \frac{G\rho \frac{4}{3}R^3 \pi}{9R^2} = \frac{4}{27} G\rho R$$

Ускорение свободного падения на высоте орбиты  $h = R$ :

$$g_1 = \frac{G\rho \pi \frac{4}{3}R^3}{4R^2} = \frac{1}{3} G\rho R$$

Центростремительное ускорение:  $a_{cs} = g_1 = \frac{1}{3} G\rho R = \frac{v^2}{2R}$

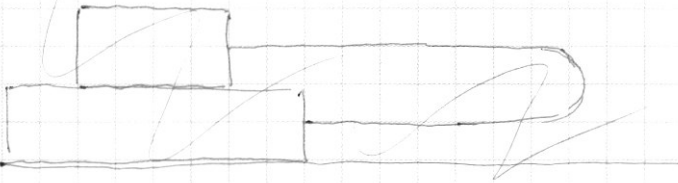
$$v = \omega R \quad v = \omega \cdot 2R = \frac{2\pi \cdot 2R}{T} \Rightarrow T = \frac{4\pi R}{v};$$

$$v^2 = \frac{2}{3} G\rho R^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2}{3} G\rho} \cdot R$$

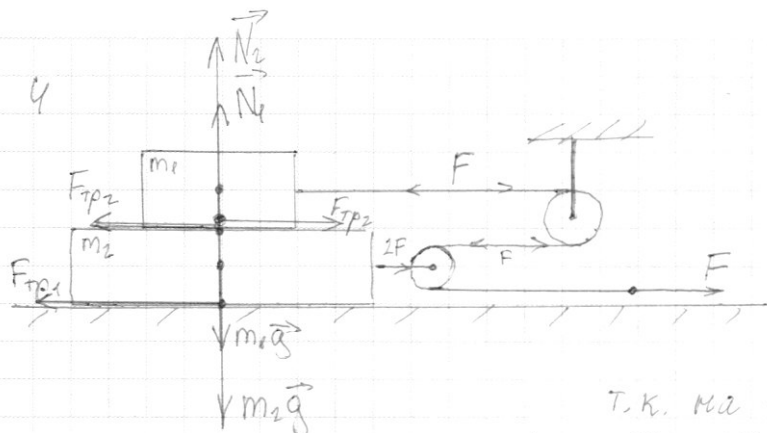
$$\Rightarrow T = \frac{4\pi}{\sqrt{\frac{2}{3} G\rho}} = \sqrt{\frac{24\pi^2}{G\rho}} = 2\sqrt{\frac{6\pi^2}{G\rho}}$$

Ответ: 1)  $g = \frac{4}{27} G\rho R$ ; 2)  $T = 2\sqrt{\frac{6\pi^2}{G\rho}}$

4.



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$1) N_1 = m_1 g + m_2 g = g(m_1 + m_2) = 8mg$$

$$F_{тр1} = N_1 \mu = 8mg\mu$$

Т.к. на верхний брусок не действует сила трения, то его ускорение равно ускорению нижнего  $= a_B$ ;

По 2-му закону Ньютона:  $a_B = a_H = \frac{F_0}{m_1} = \frac{2F_0 - F_{тр1}}{m_2}$

$$\Rightarrow \frac{F_0}{3m} = \frac{2F_0 - 8mg\mu}{5m} \Rightarrow F_0 = 24mg\mu$$

2) Т.к. верхний брусок движется влево относительно нижнего, то ускорение нижнего  $>$  ускорение верхнего  $a_H > a_B$

Сила трения действует влево на верхний брусок:  $F_{тр2} = \mu N_2 = 3mg\mu$

По 2-му закону Ньютона:

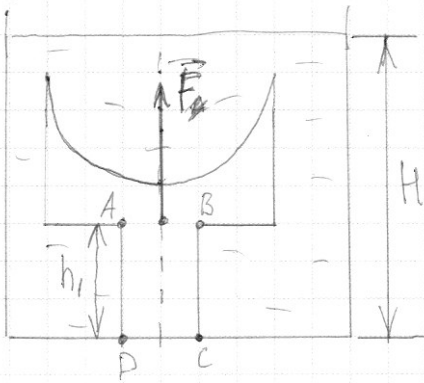
$$a_B = \frac{F + 3mg\mu}{m_1}; \quad a_H = \frac{2F - 8mg\mu - 3mg\mu}{m_2}; \quad \text{т.к. } a_H > a_B$$

$$\Rightarrow \frac{F + 3mg\mu}{3m} < \frac{2F - 11mg\mu}{5m} \Rightarrow F > 48mg\mu$$

$\Rightarrow$  Минимальная сила  $F \rightarrow 48mg\mu$

Ответ:  $F_0 = 24mg\mu$ ;  $F \rightarrow 48mg\mu$

5.



$$1) P_1 = P_0 + \rho g H = 130 \text{ кПа}$$

2) ~~Продол~~ На опору без нижней части ABCD, действует сила Архимеда:

$$F_A = \rho g (V - V_{ABCD})$$

При наличии опоры ABCD и отсутствии подтекающей воды под часть DC площади S,

вода не действует на часть AB площади S.

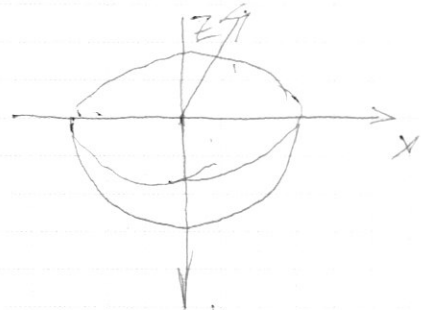
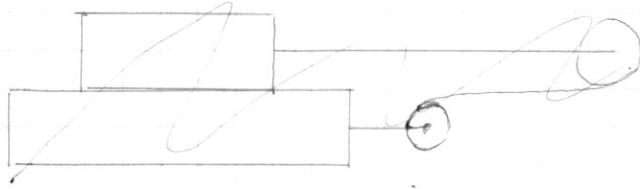
$$\Rightarrow F = F_A - \rho g (H - h_1) \cdot S \Rightarrow F = \rho g (V - S h_1) - \rho g (H - h_1) S =$$

$$= \rho g (V - H S) = 20 \text{ Н}, \text{ т.к. } F > 0 \Rightarrow \text{она направлена вверх.}$$

Ответ:  $P_1 = 130 \text{ кПа}$ ;  $F = 20 \text{ Н}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

а,



$$S = r^2 \pi$$

$$U = Sh_1 + \pi R^2 h_2 - \frac{2}{3} \pi R^3$$

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

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

$$F_1 = (\pi R^2 - S)(H - h_1) \rho g$$

$$F_2 = \int_{-R}^R \rho g y(x) dx$$

$$F = S \rho g \int_{-R}^R \int_{-\sqrt{R^2-x^2}}^{\sqrt{R^2-x^2}} dz dx$$

$$y(x) = \sqrt{R^2 - x^2}$$



$$F_A = \rho g(U - Sh_1) - \rho g(H - h_1) \cdot S$$

$$F_A = \rho g U - \rho g S h_1 - \rho g H S + \rho g h_1 S \quad R_z^2 = R^2 - x^2$$

$$\cancel{R_z^2} \quad \cancel{R_z^2} \quad \cancel{z} \quad \cancel{z}$$

$$8m g \mu \cdot \frac{1}{3} = F \cdot \frac{1}{3}$$

$$a_0 = \frac{F}{3m} = a_H = \frac{2F - 8m g \mu}{5m}$$

$$5F = 6F - 24m g \mu$$

$$F$$

$$\frac{F_0 + 3m g \mu}{m_1} < \frac{2F_0 - 11m g \mu}{m_2}$$

$$\frac{F_0 + 3m g \mu}{3m} < \frac{2F_0 - 11m g \mu}{5m}$$

$$5F_0 + 15m g \mu < 6F_0 - 33m g \mu$$

$$48m g \mu < F_0$$

$$p_R = \frac{F}{\pi R^2}$$

$$F = p S$$

$$\int_{-\sqrt{R^2-x^2}}^{\sqrt{R^2-x^2}} \rho g \sqrt{R^2-x^2-z^2} dz$$

$$p(x) = \rho g \cdot y(x) = \rho g \sqrt{R^2 - x^2}$$

$$p(z) = \rho g \sqrt{R^2 - z^2}$$

$$p(x, z) = \rho g \sqrt{R^2 - x^2 - z^2}$$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



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)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

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

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Blank grid area for writing the answer.

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)