

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

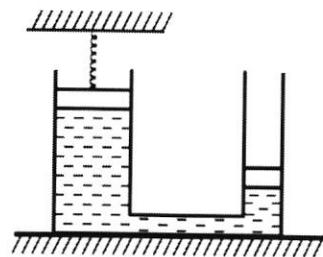
## Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

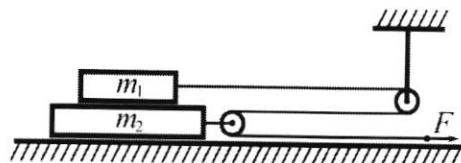
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 10$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/2$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/2$ ?
- Ускорение свободного 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  $g$ .



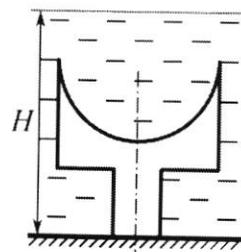
- 1) Найдите разность  $h$  уровней жидкости в сосудах.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . 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

Дано:  $v_0 = 10 \frac{м}{с}$   
 $v_1 = \frac{v_0}{2}$   
 $g = 10 \frac{м}{с^2}$   
 $t = ?$   
 $h = ?$

$v(t) = v_0 + at$   
 $h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$

$v_1 = v_0 - gt$   
 $\frac{v_0}{2} = v_0 - gt$   
 $gt = \frac{v_0}{2}$   
 $t = \frac{v_0}{2g} = \frac{10 \frac{м}{с}}{2 \cdot 10 \frac{м}{с^2}} = 0,5 с$

$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 10 \cdot 0,5 - \frac{10 \cdot 0,5^2}{2} = 5 м - 1,25 м = 3,75 м$

$t_1 = 0,5 с$   
 $t_2 = \frac{3 \cdot 10 \frac{м}{с}}{2 \cdot 10 \frac{м}{с^2}} = 1,5 с$

$h = 15 м - 11,25 м = 3,75 м$

Ответ: скорость шара равна по величине  $\frac{v_0}{2}$  через 0,5 с и 1,5 с после старта. На высоте 3,75 м.

№2

Дано:  $\rho, k, \pi$   
 $S_1 = S$   
 $S_2 = \frac{S}{3}$   
 $g$   
 $h = ?$   
 $m = ?$

$P_1 = P_2$   
 $P_1 = \frac{F_1}{S}$   
 $P_2 = \frac{3F_2}{S}$

$F_1 = \rho \cdot h_1 \cdot S \cdot g - k\pi$   
 $F_2 = \rho h_2 \cdot \frac{S}{3} \cdot g$   
 $\frac{F_1}{S} = \frac{3F_2}{S}$   
 $\rho h_1 S g - k\pi = \rho h_2 S g$   
 $\rho S g (h_1 - h_2) = k\pi$   
 $\rho S g h = k\pi$   
 $h = \frac{k\pi}{\rho S g}$

Для случая с грузом:  $\rho h_1 S g - \rho h_2 S g = k\pi$   
 $\rho S g (h_1 - h_2) = k\pi$   
 $\rho h_2 \cdot \frac{S}{3} g + mg = \rho h_1 S g$   
 $3mg = \rho S g (h_1 - h_2)$   
 $m = \frac{\rho S g h}{3g} = \frac{k\pi}{3g}$

Ответ:  $h = \frac{k\pi}{\rho S g}$ ;  $m = \frac{k\pi}{3g}$

Дано:

$$h=R$$

$$\rho, G$$

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

$$g = ? \text{ (при } 3R)$$

N3

$$F_m = mg$$

$$F_m = G \frac{m \cdot M}{(3R)^2}$$

$$mg = G \frac{m \cdot M}{(3R)^2}$$

$$= G \frac{4\rho\pi R}{27}$$

$M$  - масса планеты

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

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

$$g = G \frac{M}{(3R)^2} = G \frac{\rho \frac{4}{3}\pi R^3}{9R^2} =$$

пусть масса спутника -  $m_c$

Его движение - движение по окружности

$$m_c a_{ц} = G \frac{m_c M}{(h+R)^2}$$

$$a_{ц} = G \frac{\rho \frac{4}{3}\pi R^3}{4R^2} = G \frac{\rho \pi R}{3}$$

$$h+R = 2R, \text{ т.к. } h=R \quad v = \omega \cdot 2R$$

$$\omega T = 2\pi \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{G\rho\pi R}{6}}} = \sqrt{\frac{4\pi R}{G\rho\pi R/6}} =$$

$v$  - скорость спутника

$$a_{ц} = \frac{v^2}{2R}$$

$$a_{ц} = \omega^2 \cdot 2R$$

$$\omega^2 = \frac{a_{ц}}{2R}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{a_{ц}}{2R}} = \sqrt{\frac{G\rho\pi R/3}{2R}} = \sqrt{G \frac{\rho\pi}{6}}$$

$$T = \sqrt{\frac{24\pi}{G\rho}}$$

Ответ:  $g = G \frac{4\rho\pi R}{27}$ ;  $T = \sqrt{\frac{24\pi}{G\rho}}$

N4

Дано:

$$m_1 = 3m$$

$$m_2 = 5m$$

$$\mu$$

$$F_{\theta} = ?$$

$$F_m = ?$$



пусть мощность ~~...~~

$$k \cdot \Delta x = k \Delta x_1 + k \Delta x_2$$

$$F_1 = k \Delta x_1 \quad F_2 = k \Delta x_2$$

$$F_{уп1} = \mu \cdot N_1 = \mu \cdot 3mg$$

$$F_{уп2} = \mu \cdot N_2 = \mu \cdot 8mg$$

$F_{уп1} = 0$ , если блок движется с равной скоростью (и ускоренно)

Дано:

$$H = 3 \text{ м}$$

$$V = 5 \text{ гм}^3$$

$$S = 10 \text{ см}^2$$

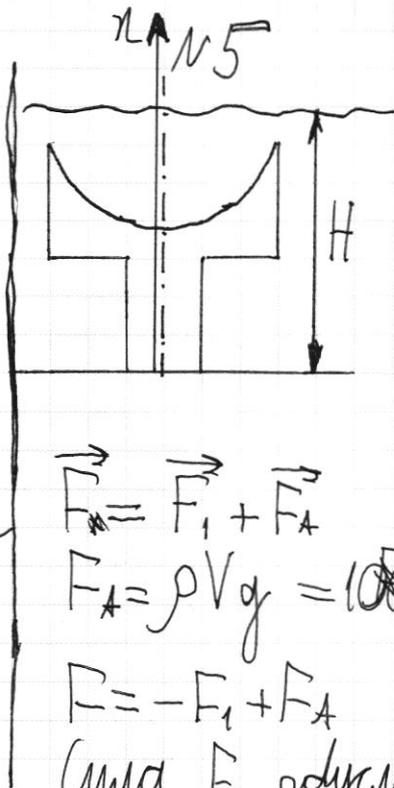
$$\rho = 1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$P_0 = 100 \text{ кПа}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$P_1 = ?$$

$$F = ?$$



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

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$P_0 = 100000 \text{ Па}$$

$$P_1 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3 \text{ м} + 100000 \text{ Па} = 130 \text{ кПа}$$

$$V = 5 \text{ гм}^3 = 0,005 \text{ м}^3$$

$$F_A = \rho V g = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,005 \text{ м}^3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = 50 \text{ Н}$$

$$1 \text{ м}^2 = 10000 \text{ см}^2$$

$$1 \text{ м}^3 = 1000000 \text{ см}^3$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_A$$

$$F = -F_1 + F_A$$

$$F = -130 \text{ Н} + 50 \text{ Н} = -80 \text{ Н}$$

Сила  $F_1$  обусловлена атмосферным давлением воды на зоне с мнем. ~~Давление~~ ~~мем~~

Сила давления, которой не хватает, должна

составлять  $P_1 \cdot S$   $S = 10 \text{ см}^2 = 0,001 \text{ м}^2 = \frac{10}{10000} \text{ м}^2$

$$F_1 = P_1 \cdot S = 130000 \cdot \frac{10}{10000} = 130 \text{ Н}$$

$$F = -F_1 + F_A = -130 \text{ Н} + 50 \text{ Н} = -80 \text{ Н}$$

~~Ответ~~ Сила направлена вниз и равна 80 Н.

Ответ:  $P_1 = 130 \text{ кПа}$ ; сила  $F$  направлена вниз и равна 80 Н.

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned}
 m_1 a &= F_{10} & F_1 + F_2 &= F_0 \\
 m_2 a &= F_2 & F_2 &= F_{20} - F_{\text{нр}} \\
 (m_1 + m_2) a &= F_0 \\
 F_{10} &= F_0 & F_{20} &= 2F_0 \\
 \begin{cases} m_1 a = F_0 \\ m_2 a = 2F_0 - 8mg\mu \end{cases}
 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} 3m a = F_0 \quad | \cdot 2 \\ 5m a = 2F_0 - 8mg\mu \end{cases}$$

$$\begin{cases} 6m a = 2F_0 \\ 5m a = 2F_0 - 8mg\mu \end{cases} \quad -m a = -8mg\mu$$

$$\begin{cases} 6m a = 2F_0 \\ 5m a = 2F_0 - 8mg\mu \end{cases} \quad a = 8g\mu$$

$$m_1 a = F_0 \quad F_0 = 3m a = 3 \cdot 8g\mu = 24mg\mu$$

Находим  $F_n$

$$a_1 < a_2$$

приравняем  $a_1$  и  $a_2$  для получения минимального значения

$$m_1 a_1 = F_n + 3mg\mu$$

$$m_2 a_2 = 2F_n - 8mg\mu - 3mg\mu$$

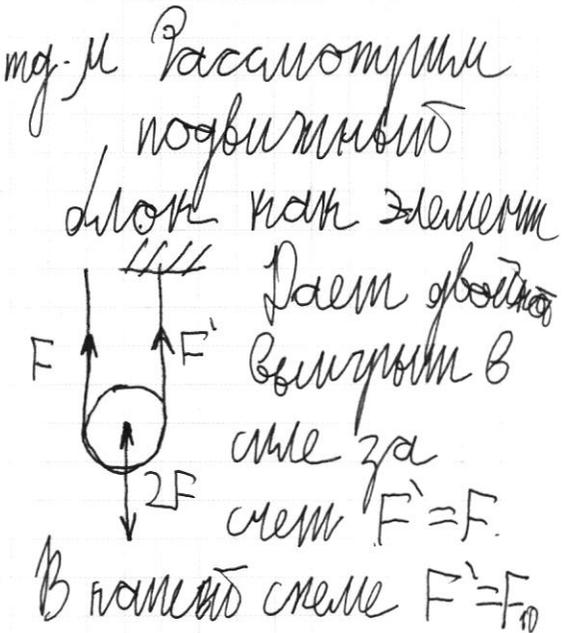
$$3m a = F_n + 3mg\mu \quad | \cdot 2$$

$$5m a = 2F_n - 8mg\mu - 3mg\mu$$

$$6m a = 2F_n + 6mg\mu$$

$$5m a = 2F_n - 11mg\mu$$

$$m a = 17mg\mu \quad a = 17g\mu$$



$$3m \cdot 17g\mu = F_n + 3mg\mu$$

$$51mg\mu - 3mg\mu = F_n$$

$$F_n = 48mg\mu$$

Ответ:  $F_0 = 24mg\mu$

$F_n = 48mg\mu$





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)

