

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

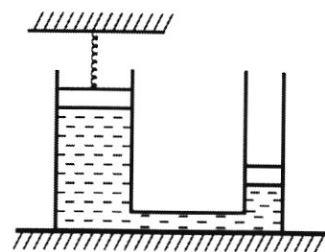
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

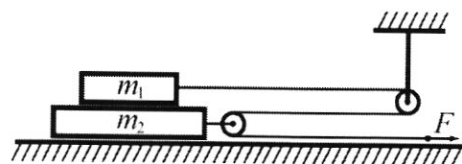
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.
- 1) Через какое время  $t$  после старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
  - 2) На какой высоте  $h$ , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине  $V_0/3$ ?
- Ускорение свободного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



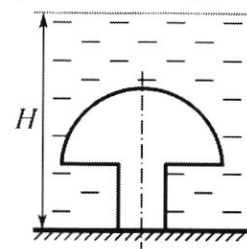
- 1) Найдите деформацию  $x$  пружины.
  - 2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты  $h = 0,5R$ , здесь  $R$  – радиус планеты. Плотность планеты  $\rho$ . Гравитационная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

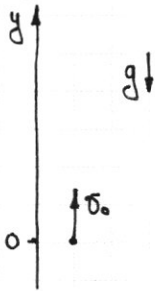
5. Ко дну бассейна глубиной  $H=2,5$  м приклеена осесимметричная конструкция (см. рис.). Клей затвердел. Верхняя поверхность конструкции – полусфера. Объём конструкции  $V = 8$  дм<sup>3</sup>, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей  $S = 20$  см<sup>2</sup>. Плотность воды  $\rho = 1$  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 1.



1) Уравнения движения:

$$v = v_0 - gt \quad , \text{ т.к. скорость может быть направлена}$$

и вверх (знак "+") и вниз (знак "-"), то:

$$|v| = |v_0 - gt|$$

$$\frac{v_0}{3} = |v_0 - gt|$$

$$\frac{v_0}{3} = v_0 - gt \quad \text{или} \quad \frac{v_0}{3} = gt - v_0$$

$$\frac{2}{3}v_0 = gt$$

$$\frac{4}{3}v_0 = gt$$

$$t = \frac{2v_0}{3g}$$

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

$$t = \frac{2 \cdot 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,8 \text{ с}$$

$$t = \frac{4 \cdot 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 1,6 \text{ с}$$

2) Уравнение перемещения (координаты):

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

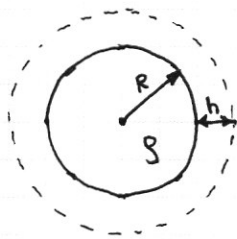
т.к. нас интересует  $h$  с  $\frac{v_0}{3}$ , то  
подставил время из 1) (достаточно  
подставить одно из них, при  
2-ом  $h$  будет тем же).

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

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

Ответ: 1) 0,8 с; 1,6 с; 2) 6,4 м.

Задача 3.



1) Ускорение свободного падения на  $2R$ :

$$g = \frac{M_{\text{пл.}}}{r^2} \cdot G \quad r - \text{расст. от центра планеты.}$$

$$g = \frac{M_{\text{пл.}}}{4R^2} \cdot G \quad M_{\text{пл.}} = \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho$$

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

2) Найдем  $g$  на такой орбите: ( $h = 0,5R$ )

$$g' = \frac{M_{\text{пл.}}}{r^2} \cdot G$$

$$g' = \frac{4\pi R^3 \rho G}{3 \cdot \frac{9}{4} R^2} = \frac{16GR\rho}{27}$$

$$\text{Тогда: } v^2 = g' \cdot 1,5R$$

$$v = \sqrt{1,5g'R} = \sqrt{\frac{3 \cdot GR^2 \rho \cdot 16}{2 \cdot 27}} = \frac{2R}{3} \sqrt{G\rho \cdot 2}$$

Длина орбиты:

$$l = 1,5R \cdot 2\pi = 3\pi R$$

Период обращения:

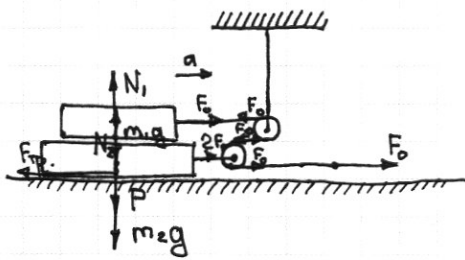
$$T = \frac{l}{v} = \frac{3\pi R}{\frac{2R}{3} \sqrt{G\rho \cdot 2}} = \frac{9}{2} \sqrt{\frac{\pi}{2\rho G}}$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{GR\rho}{3}; \quad 2) \frac{9}{2} \sqrt{\frac{\pi}{2\rho G}}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

### Задание 4.

1)



Если нет трения между брусками, значит они в покое относительно друг друга, значит они движутся с одинаковыми скоростями и ускорениями и значит можем рассмотреть их как единую систему:

2-ой з-н Н.: (для сист.)  
 $x: (m_1 + m_2)a = 3F_0 - F_{тр.}$  (1)

$y: N_2 = (m_1 + m_2)g$  (2) , также:  $F_{тр.} = N_2 \cdot \mu$  (3)

2-ой з-н Н. (для верх. брус.):

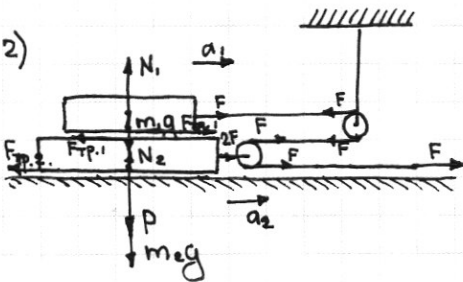
$x: m_1 a = F_0 \Rightarrow a = \frac{F_0}{m_1}$  (4)

Подставим все в (1):

$$\frac{m_1 + m_2}{m_1} F_0 = 3F_0 - \mu(m_1 + m_2)g$$

$$F_0 = \frac{\mu(m_1 + m_2)g}{3 - \frac{m_1 + m_2}{m_1}} = 2\mu \cdot 5mg = 10\mu mg$$

2)



Очевидно, что нижний брусок движется вправо (т.к. движущаяся сила вправо). (с  $a_2$ )

Также очевидно, что верхний брусок относительно земли движется вправо (с  $a_1$ ), (т.к. все <sup>силы</sup> вправо).

Т.к. верх. брус. движется влево относ. нижн., то:  $a_1 \leq a_2$

2-ой з-н Ньютона  
для верх. бр.:

$x: m_1 a_1 = F + F_{тр.1};$

$y: m_1 g = N_1;$

для нижн. бр.:

$x: m_2 a_2 = 2F - F_{тр.1} - F_{тр.2};$

$y: m_2 g + P = N_2;$

$F_{тр.1} = \mu N_1$

$N_1 = P$

$F_{тр.2} = \mu N_2$

Выразим  $a_1$  и  $a_2$  подставляя все неизвестные:

$$a_1 = \frac{F + F_{\text{тр.1}}}{m_1} = \frac{F + \mu m_1 g}{m_1} = \frac{F}{m_1} + \mu g = \frac{F}{2m} + \mu g$$

$$a_2 = \frac{2F - F_{\text{тр.1}} - F_{\text{тр.2}}}{m_2} = \frac{2F - \mu m_1 g - (m_1 + m_2) \mu g}{m_2} = \frac{2F}{m_2} - \frac{2\mu m_1 g}{m_2} - \mu g = \frac{2F}{3m} - \frac{4\mu g}{3} - \mu g$$

$$a_1 < a_2$$

$$\frac{F}{2m} + \mu g \leq \frac{2F}{3m} - \frac{7}{3} \mu g$$

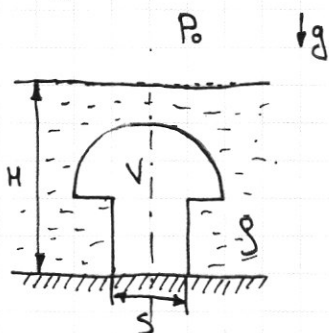
$$\frac{F}{6m} \geq \frac{10}{3} \mu g$$

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

$$F_{\text{min}} = 20 \mu m g$$

Ответ: 1)  $10 \mu m g$ ; 2)  $20 \mu m g$ .

Задание 5.



1) Давление вблизи дна:

$$P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \text{ кПа} + 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2,5 \text{ м} = 125 \text{ кПа}$$

2) Сила с которой вода действует на конструкцию:

Заметим, что если бы конструкция не была прикреплена, то:

$$F = F_a = \rho V g.$$

Т.к.  $F_a$  - сумма всех сил давлений, то чтобы найти результирующую  $F$ , нужно вычесть из  $F_a$  все существующие силы давлений.  
(т.к. прикл. на  $S$ )

$$F = F_a - P_1 \cdot S$$

$$F = \rho V g - P_1 \cdot S = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,008 \text{ м}^3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - 125000 \text{ Па} \cdot$$

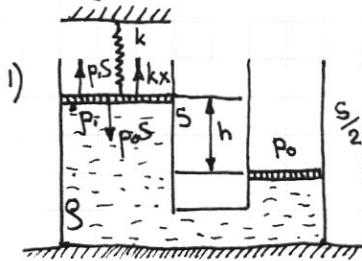
$$0,002 \text{ м}^2 = 80 \text{ Н} - 250 \text{ Н} = -170 \text{ Н}.$$

$$F = 170 \text{ Н} \text{ вниз. (т.к. } F_a \text{ вверх, а знак "-")}$$

Ответ: 1)  $125 \text{ кПа}$ ; 2)  $170 \text{ Н}$ ; вниз.

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задание 2.



↓g

Т.к. система в равновесии, то давление под правым поршнем -  $p_0$  (атмосферное)

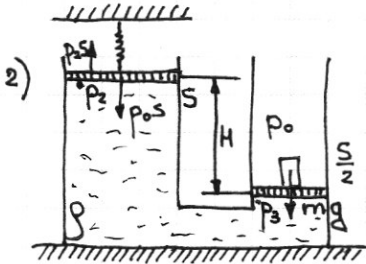
тогда силы действующие на левый поршень:

$$p_0 S = p_1 S + kx$$

$$p_1 = p_0 - \rho g h$$

$$p_0 S = (p_0 - \rho g h) S + kx$$

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



↓g

Т.к. пружина больше не растянута, то в левом сосуде вода поднялась на  $x$ , то, т.к. площадь правого в 2 раза меньше, то в нем опустилась на  $2x \Rightarrow H = h + 2x$ .

Давление под правым поршнем:

$$p_3 = p_0 + \frac{2mg}{S}$$

Давление под левым поршнем:

$$p_2 = p_0 + \frac{2mg}{S} - \rho g H = p_0 \quad (\text{т.к. силы упр. кат.})$$

⇓

$$2mg = \rho g H S$$

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

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



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)

