

# Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

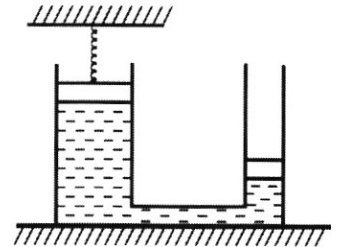
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 = 12$  м/с.

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.

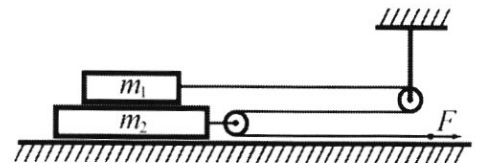
2) Найдите массу  $m$  груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

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.

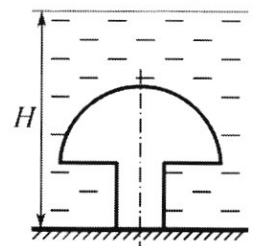
2) Найдите величину  $F$  минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок движется влево относительно нижнего бруска.

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.

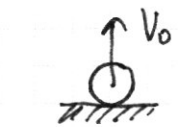
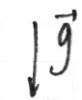
Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

1) Найдите давление  $P_1$  вблизи дна.

2) Найдите величину  $F$  силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.



## Задача 1



Мяч движется равноускоренно с ускорением  $g$ . Тогда его скорость через время  $t$  равна  $v = v_0 - gt$

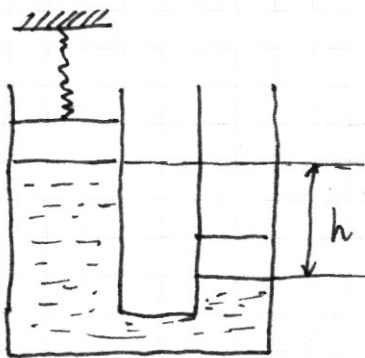
$$v_0/3 = v_0 - gt \Rightarrow t = \frac{2}{3} \frac{v_0}{g} = 0,8 \text{ с.}$$

Но за время полёта каждое значение скорости достигалось дважды, на одной и той же высоте. Скорость лишь меняла направление

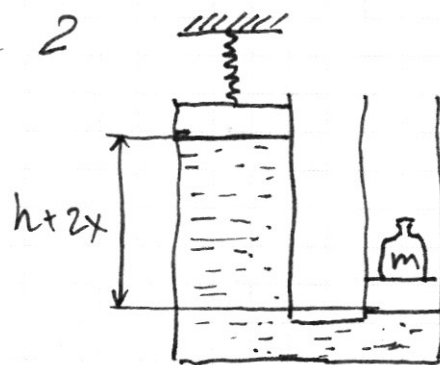
Тогда  $-v_0/3 = v_0 - gt \Rightarrow t = \frac{4}{3} \frac{v_0}{g} = 1,6 \text{ с.}$

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 6,4 \text{ м}$$

Ответ: через 0,8 с. и через 1,6 с.; 6,4 м



## Задача 2

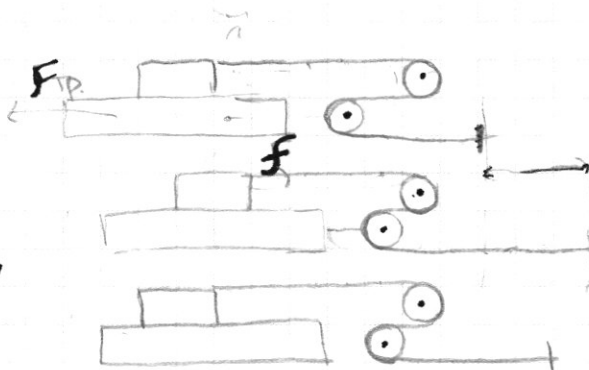
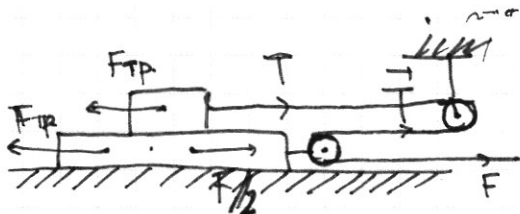


В первом случае, т.к. давления на высоте правого поршня равны, в левом сосуде пружина уравновешивает столб воды. Сила тяжести воды действует вниз, а сила упругости, соответственно, вверх:

$$mg - F_{\text{упр.}} = 0$$

$$\text{Тогда } kx = \rho g h S \Rightarrow x = \frac{\rho g h S}{k}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$m\ddot{a} = \mu mg$$

$$\frac{F_0}{3} = 2\mu mg \rightarrow F_0 = 6\mu mg$$

$$m\ddot{a} > \mu mg$$

$$F = 6\mu mg = 2\mu mg$$

$$g = \frac{6 \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{9 R^2} = \frac{16}{27} 6g \pi R$$

$$g = \omega^2 \cdot \frac{3}{2} R = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot \frac{3}{2} R = \frac{6\pi^2 R}{T^2} = \frac{16}{27} 6g \pi R$$

$$T^2 = \frac{81}{8} \frac{\pi}{\rho \cdot 6} \Rightarrow T = \frac{9}{2} \sqrt{\frac{\pi}{288}}$$



$$g = \frac{6 \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \rho}{4R^2} = \frac{6\pi R \rho}{3}$$

$$a_2 = \frac{\frac{F}{2} - 3\mu mg}{3m} = \frac{F}{6m} - 3\mu g$$

$$\frac{F}{6m} - \mu g > \frac{T}{2m} - \mu g$$

$$F > 3T$$

$$a_1 = \frac{T - 2\mu mg}{2m} = \frac{T}{2m} - \mu g$$

$$3T = 6\mu mg \rightarrow T = 2\mu mg$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Во втором случае, когда пружина недеформирована, левый поршень поднимется на  $x$ , а правый — опустится на  $x$  по сравнению с первым случаем. Здесь уже действуют две силы: справа и слева. Т.к. давления равны, то:

$$\frac{mg}{S/2} = \rho g (h + 2x).$$

$$\text{Отсюда } m = \frac{\rho S}{2} (h + \frac{2\rho g h S}{k}) = \rho h S (\frac{1}{2} + \frac{\rho g S}{k})$$

$$\text{Ответ: } x = \frac{\rho g h S}{k}; \quad m = \rho h S (0,5 + \frac{\rho g S}{k})$$

### Задача 3.

Ускорение свободного падения на расстоянии  $H$  от центра ~~зем~~ планеты можно вычитать по формуле  $g = \frac{G \cdot M_p}{H^2}$ , где

$M_p$  — масса планеты.

$$\text{Тогда при } H = 2R \quad g = \frac{G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho}{4R^2} = \frac{G \pi R \rho}{3}$$

На высоте орбиты спутника тоже действует ускорение свободного падения, которое является для него центростремительным.

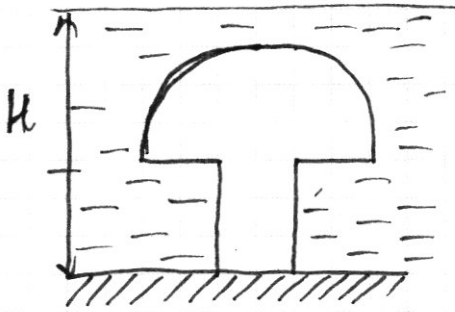
$$\text{Тогда } g = \frac{G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho}{(R+h)^2} = \frac{16}{27} G \rho \pi R$$

$$\text{и } g = a_{ц} = \omega^2 R = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot (R+h)$$

Выбранная из этих двух уравнений  $T$ , находим!  $T = 4,5 \sqrt{\frac{\pi}{2\rho v}}$

Ответ:  $g = \frac{3\pi R \rho}{3}$  ;  $T = 4,5 \sqrt{\frac{\pi}{2\rho v}}$

### Задача 5



На дно действует сумма атмосферного давления и давления воды, т.е.

$$P_1 = P_0 + p_1, \text{ где } p_1 = \rho g h - \text{давление воды.}$$

Тогда  $P_1 = 100 \text{ кПа} + 25 \text{ кПа} = 125 \text{ кПа}$

Тогда  $P_1 = 100 \text{ кПа} + 25 \text{ кПа} = 125 \text{ кПа}$

На конструкцию действует сила Архимеда, из которой исключим силу со стороны основания, приклеив его ко дну. Т.е.

$$F = F_A - p_1 S = 30 \text{ Н.}$$

Значит, сила направлена вверх.

Ответ:  $125 \text{ кПа}$  ; Вверх,  $F = 30 \text{ Н}$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)  $\uparrow v_0$

$$v/3 = v - gt$$

$$t = \frac{2v}{3g} = \frac{2 \cdot 12}{3 \cdot 10} = \frac{4}{5} = 0,8$$

$$\frac{1}{\frac{12}{0,8} \cdot 9,6}$$

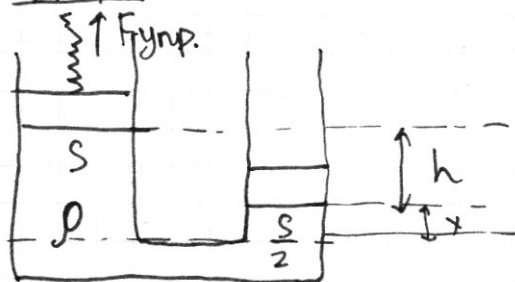
$$-v/3 = v - gt$$

$$t = \frac{4}{3} \frac{v}{g} = 1,6 \text{ с.}$$

$$h = v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 12 \cdot 0,8 - \frac{10 \cdot 0,64}{2} = 9,6 - 3,2 = 6,4 \text{ м}$$

Ответ: через 0,8 с. и через 1,6 с.; 6,4 м

2)



В правом:  $x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot g$

В левом:  $S(h+x) \cdot \rho \cdot g - k \Delta x$

$$x \cdot \frac{\rho}{2} g = (h+x) \cdot \rho g - k \Delta x$$

$$S \rho g (h+x - \frac{x}{2}) = k \Delta x$$

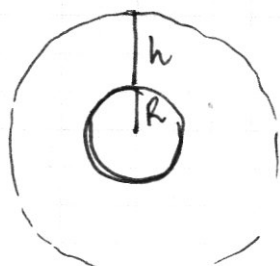
$$S \rho g (h + \frac{x}{2}) = k \Delta x$$

$$S \cdot h \cdot \rho \cdot g = k \Delta x$$

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

$$S(h+x) \cdot \rho g = x \cdot \frac{\rho}{2} \cdot g + mg$$

3)

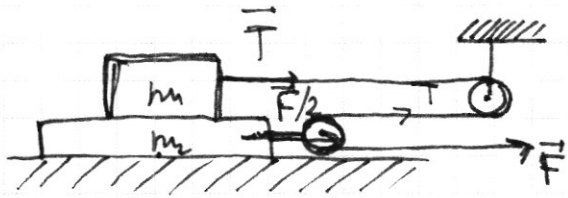


$$g = \frac{G \cdot M n}{(R+h)^2} = \frac{G \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot \rho}{2,25 R^2} =$$

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

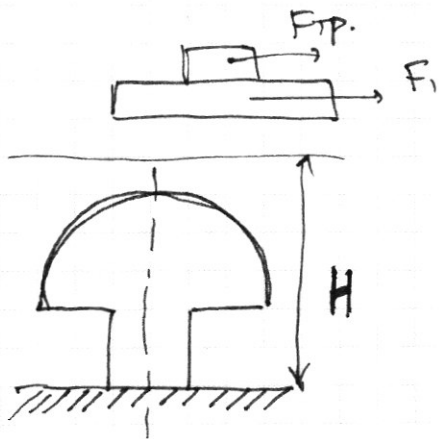
$$T = \sqrt{\frac{27 \pi \cdot 3}{4 \cdot 26 \rho}} = \sqrt{\frac{8 \pi}{8 \cdot 6 \rho}} = 4,5 \sqrt{\frac{\pi}{26 \rho}}$$

$$g = \omega^2 (R+h) = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot 1,5R = \frac{16}{27} G \pi \rho R$$



Пока  $F/2 < \mu_3 m_1 g$  нижний брусок не движется,  
 $T = F$  (пока  $F < \mu_2 m_2 g$  система не движется)

Если  $\mu_2 m_2 g \leq F < \mu_3 m_1 g$  верхний брусок движется  
 с ускорением. Если  $F = \mu_3 m_1 g$ , ~~система~~ ~~остановится~~  
 грузы не будут двигаться равноускоренно



$$V = 8 \text{ dm}^3 = 8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

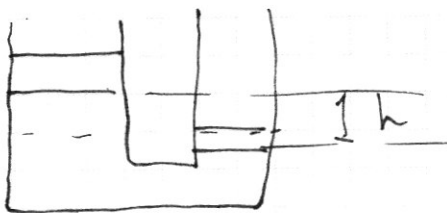
$$20 \text{ cm}^2 = 0.002 \text{ m}^2$$

$$p_1 = p_0 + \rho_1 = 100 \text{ kPa} + \rho g h =$$

$$= 10^5 + 25 \cdot 10^4 = 125 \cdot 10^4 = 125 \text{ kPa}$$

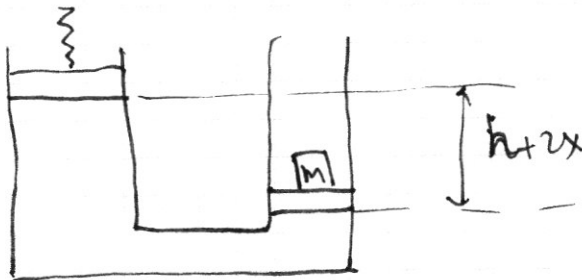
$$F = F_A - \rho g h S = F_A - \rho g S =$$

$$= \rho g V - \rho g h P_1 S = 80 - \frac{250}{30} = \frac{140}{30} \text{ H}$$



$$kx = \rho g h \cdot S \quad \frac{2mg}{S} = \rho g (h + x)$$

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



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

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

$$= \rho g h S + \frac{2\rho^2 S^2 g h}{k} =$$

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



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)



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)

