

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

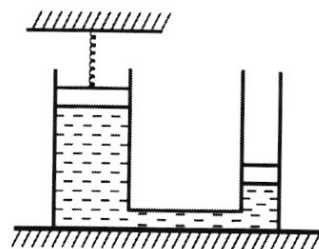
Вариант 09-01

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/с². Сопротивление воздуха не учитывать.

2. На горизонтальной поверхности расположены два цилиндрических сообщающихся сосуда (см. рис.), в которых налита жидкость плотности ρ . 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 .

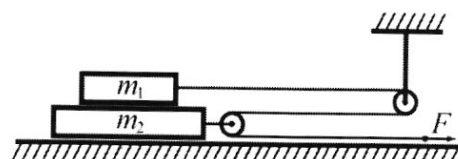


- 1) Найдите деформацию x пружины.
- 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.

3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . 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 μ . Массы нити и блоков, а также трение в осях блоков пренебрежимо малы.

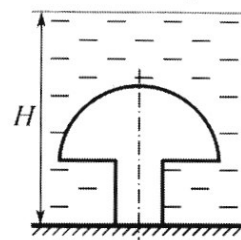


- 1) Найдите величину F_0 горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.
- 2) Найдите величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок 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 $V = 8$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 20$ см². Плотность воды $\rho = 1$ г/см³, атмосферное давление $P_0 = 100$ кПа.

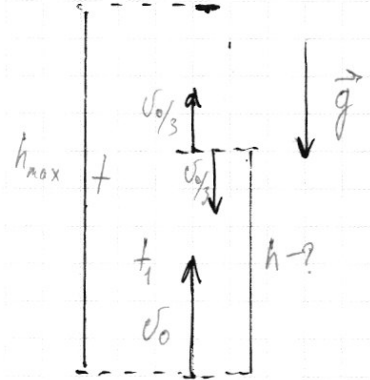
Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

- 1) Найдите давление P_1 вблизи дна.
- 2) Найдите величину F силы (с указанием направления), с которой вода действует на конструкцию.



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\begin{aligned} \checkmark 1. \quad 2) \quad h &= \frac{(v_{0/3})^2 - v_0^2}{-2g} = \frac{(v_0 - v_{0/3})(v_0 + v_{0/3})}{2g} = \\ &= \frac{\frac{2}{3}v_0 \cdot \frac{4}{3}v_0}{2g} = \frac{4v_0^2}{9g} = \frac{4 \cdot 15^2}{9 \cdot 10} = 10 \text{ м} \\ &= 6,4 \text{ м} \end{aligned}$$



$$1) \quad v_{0/3} = v_0 - g t_1$$

$$t_1 = \frac{v_0 - v_{0/3}}{g} = \frac{2v_0}{3g} = 0,8 \text{ с} - \text{ время за которое скорость камня сократится до } v_{0/3} \text{ вверх.$$

$$0 = v_0 - g t$$

$$t = \frac{v_0}{g} = 1,2 \text{ с} - \text{ время за которое тело достигнет } h_{\text{max}}.$$

$$t_2 = t + (t - t_1) = 1,6 \text{ с} - \text{ время за которое скорость камня достигнет } v_{0/3} \text{ во 2 раз}$$

Ответ: 1) $t_1 = 0,8 \text{ с}$; $t_2 = 1,6 \text{ с}$

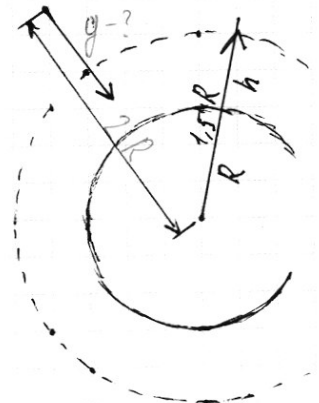
2) $h = 6,4 \text{ м}$

$$\checkmark 3 \quad 1) \quad g = G \frac{M}{(2R)^2} = G \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3}{4R^2} = \frac{1}{3} G \rho \pi R$$

$$2) \quad a_{\text{сн}} = g_{1,5R}$$

$$1,5 \omega^2 R = G \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3}{2,25 R^2}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$



$$1,5 \frac{4\pi^2}{T^2} R = G \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3}{\frac{9}{4}}$$

$$1,5 \frac{\pi}{T^2} = G \frac{4\rho}{27} ; \quad T = \sqrt{\frac{81\pi}{8G\rho}}$$

Ответ: 1) $g = \frac{1}{3} G \rho \pi R$

2) $T = \sqrt{\frac{81\pi}{8G\rho}}$

№2. Расстояние давления в точках А и В:

они равны, т.е. находились на равной высоте.

Поскольку из чего сдвигается давление в т. А.:

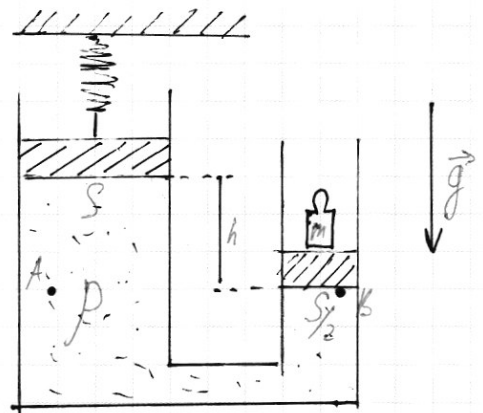
$$\rho g h = \frac{kx}{S} = 0 ; \quad x = \frac{\rho g h S}{k}$$

Для того чтобы уравнять давление без пружины на левая поршне, надо справа добавить столько же столько он сдвинулся. \Rightarrow

$$\Rightarrow \frac{kx}{S} = \frac{mg}{S/2} ; \quad m = \frac{\rho h S}{2}$$

Ответ: 1) $x = \frac{\rho g h S}{k}$

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



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

✓ 5) 1) $P_1 = \rho g H + P_0 = 125 \text{ кПа}$

2) Сила, оказываемая на конструкцию расширяется на силу со стороны атмосферы (силу Архимеда для "лесенки" конструкции)

* на стол F_A не действует, т.к. он скреплен с полом и вода под него не подтекает (маленький)

$$F = \rho g V - (\rho g H + P_0) S = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,008 \text{ м}^3 -$$

$$- (1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 2,5 \text{ м} + 100000 \text{ Па}) \cdot \frac{2}{10^5} \text{ м}^2 =$$

$$= 80 \text{ Н} - 125000 \text{ Па} \cdot \frac{2}{10^5} \text{ м}^2 = 80 \text{ Н} - 25 \text{ Н} = 55 \text{ Н}$$

Сила действует вверх.

Ответ: 1) $P_1 = 125 \text{ кПа}$

2) $F = 55 \text{ Н}$, действует вверх.

✓ 4) 1) Чтобы удержать силу пружины, на первом брусок большего ничего не должно действовать ($\sum \vec{F} = 0$) \Rightarrow

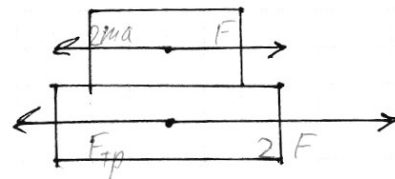
$$\Rightarrow F_0 = 2 \text{ мН} \quad (1)$$

Также на всю конструкцию действует $3F_0$ и сила $F_{гр}$ \Rightarrow

$$\Rightarrow 3F_0 = 5 \text{ мН} = 5 \text{ мН} \quad (2)$$

Выразим F_0 из (1) и (2):

$$2,5F_0 = 3F_0 - 5 \text{ мН} ; \quad \boxed{F_0 = 10 \text{ мН}}$$



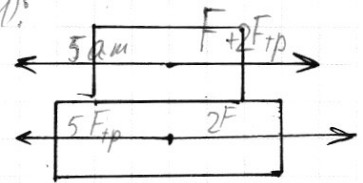
2) Делаем то же самое, только добавим $F_{тр}$ (1):

$$\begin{cases} 5am = F + 2\mu mg \\ 2F - 5\mu mg = 5am \end{cases}$$

$$F = 7\mu mg$$

Ответ: 1) $F_0 = 10\mu mg$

2) $F = 7\mu mg$

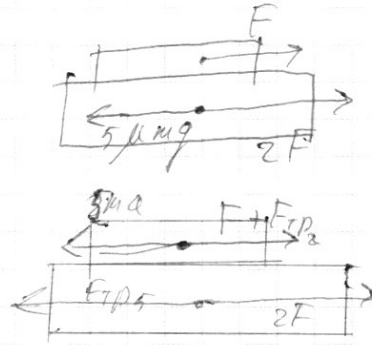


$$\frac{2 \cdot 4 \cdot 4}{4 \cdot 10^5} = \frac{32}{5} = 6,4 \quad \frac{27}{4} \cdot \frac{3}{2} = \frac{81}{8}$$

$$\begin{cases} 3F - 5 \mu m g = ma \\ 2ma = F \end{cases}$$

$$1 \quad 2,5F = 3F - 5 \mu m g$$

$$F = 10 \mu m g$$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$h = \frac{v_0/3 - v_0}{-2g} = \frac{-2/3 v_0}{2g} = \frac{v_0}{3g} = \frac{12}{30} = \frac{2}{5}$$

$$\frac{(m/c)^2}{m/c^2}$$

$$\frac{4 \cdot 10^4 \cdot 12}{5 \cdot 10^5} = \frac{32}{5} = 6,4 \text{ м}$$

$$\frac{24}{30} = \frac{4}{5}$$

$$g_{2R} = G \frac{\rho V}{4R^2} = G \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3}{4R^2} = G \frac{\rho \pi R}{3}$$

$$2,4 - 0,8 = 1,6 \text{ с}$$

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

$$\frac{H \cdot m^2}{m^3} \cdot \frac{m}{m^3} = \frac{m \cdot m^2 / m^3}{m \cdot m} = \frac{1}{m^2} = \frac{1}{c^2}$$

$$\frac{\pi}{T^2} = G \frac{\rho}{2g}$$

$$\rho g h l =$$

$$T = \sqrt{\frac{\pi \cdot 27}{46}}$$

$$\frac{\rho k x}{2g} = \frac{x \cdot \frac{\rho g h S}{x}}{2g} = \frac{\rho h S}{2}$$

$$\frac{4 \cdot 10^4 \cdot 4^3}{2} = \frac{m}{2}$$

$$P_1 = \rho g h + p_{atm} = 12,5 \cdot 1000 \cdot 10 = 125 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\frac{1,25 \cdot 10^5}{10^5} \cdot 2 = 2,5 \cdot 10$$



$$F = \rho g V - \rho g H S$$

$$S = \pi r^2$$

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

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi (\sqrt{\pi S})^3 = \frac{4}{3} \pi^2 S^2 \sqrt{S}$$

$$S_{atm} = 100 \text{ см}^2$$

$$20 \text{ см}^3 = \frac{20 \text{ см}^3}{10^6} = \frac{2}{10^5} \text{ м}^3$$



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)