

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

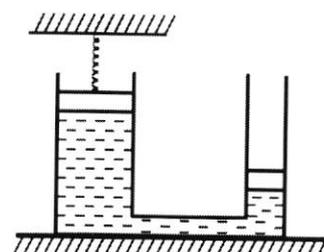
Вариант 09-02

Шифр

(заполняется секретарём)

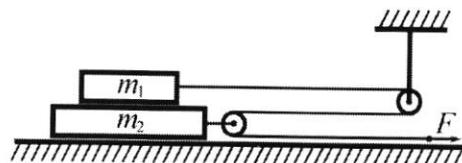
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 10$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/2$?
- Ускорение свободного падения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



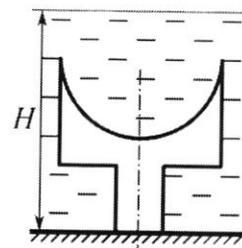
- 1) Найдите разность h уровней жидкости в сосудах.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная 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 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 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 $V = 5$ дм³, площадь соприкосновения конструкции с дном через клей $S = 10$ 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

$$1. 1) \quad \frac{V_0}{2} = V_0 - gt$$

$$gt = \frac{V_0}{2}$$

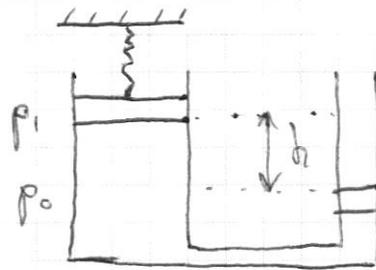
$$t = \frac{V_0}{2g} = \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 0,5 \text{ с} \quad \text{Ответ: } 0,5 \text{ с}$$

$$2) \quad 2gh = V_0^2 - \left(\frac{V_0}{2}\right)^2$$

$$2gh = \frac{3V_0^2}{4}$$

$$h = \frac{3V_0^2}{8g} = \frac{3 \cdot (10 \frac{\text{м}}{\text{с}})^2}{8 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 3,75 \text{ м} \quad \text{Ответ: } 3,75 \text{ м}$$

2. P — атмосферное давление
 p_1 — давление под левым поршнем
 p_0 — давление под правым поршнем



1) 2-ой закон Ньютона:

$$p_1 S = p_0 S + kx \Rightarrow p_1 S = p_0 S - kx$$

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

$$p_0 = P - \frac{kx}{S} + \rho g h \quad \text{Также } p_0 = P, \text{ м.к. } p_0 \frac{S}{3} = P \frac{S}{3}$$

$$\Rightarrow P = P - \frac{kx}{S} + \rho g h \quad \frac{kx}{S} = \rho g h \quad h = \frac{kx}{\rho g S} \quad \text{Ответ: } \frac{kx}{\rho g S}$$

2) $P = p_1 \quad p_0 = p_1 + \rho g h = P + \rho g h$ ~~Также $p_0 S = P S + mg$~~

~~$$\Rightarrow p_0 = P + \frac{mg}{S}$$~~

~~$$\text{Средством. } P + \rho g h = P + \frac{mg}{S}$$~~

~~$$\text{Ответ: } \rho g h S$$~~

Также $p_0 \frac{S}{3} = \frac{P S}{3} + mg$

$$p_0 S = P S + 3mg \Rightarrow p_0 = P + \frac{3mg}{S}$$

$$P + \frac{3mg}{S} = P + \rho g h \Rightarrow m = \frac{\rho g h S}{3} \quad \text{Ответ: } \frac{\rho g h S}{3}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

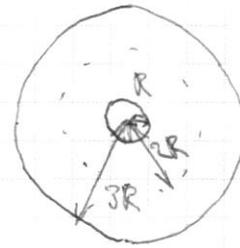
3. 1) m — некоторая масса

M — масса планеты

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

$$F_{\text{ог}} = G \frac{Mm}{(3R)^2}$$

$$g = G \frac{M}{9R^2} = G \frac{\rho \frac{4}{3} \pi R^3}{9R^2} = \frac{4}{27} G \rho \pi R$$



Ответ: $\frac{4}{27} G \rho \pi R$

2) u — скорость спутника, $F_{\text{ог}}$ — сила тяжести спутника,

$$F_{\text{ог}} = m_1 a_{\text{ц}} = m_1 \frac{u^2}{2R}$$

$$G \frac{Mm_1}{(2R)^2} = m_1 \frac{u^2}{2R}$$

$$u = \sqrt{\frac{GM}{2R}} = \sqrt{\frac{G \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{2R}} = \sqrt{\frac{2}{3} G \rho \pi} \cdot R$$

Длина орбиты — $4\pi R$

$$T = \frac{4\pi R}{u} = \frac{4\pi R}{\sqrt{\frac{2}{3} G \rho \pi} \cdot R} = \sqrt{\frac{16\pi^2}{\frac{2}{3} G \rho \pi}} = \sqrt{\frac{24\pi}{G \rho}}$$

Ответ: $\sqrt{\frac{24\pi}{G \rho}}$

4. T — сила натяжения нити
 N_1 и N_2 — силы реакции опоры

$$N_1 = M_1 g$$

$$N_2 = (M_1 + M_2) g$$

1) По к. $F_{тр1} = 0 \Rightarrow$

$$\vec{r}_1 = \vec{r}_2 \Rightarrow \vec{\alpha}_1 = \vec{\alpha}_2$$

Система уравнений:

$$\begin{cases} M_1 \alpha_1 = T \\ M_2 \alpha_2 = 2T - F_{тр2} \end{cases}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 \Rightarrow \frac{T}{M_1} = \frac{2T - F_{тр2}}{M_2}$$

$$\frac{T}{3M} = \frac{2T - \mu(M_1 + M_2)g}{5M}$$

$$\Rightarrow 5T = 6T - 3\mu(M_1 + M_2)g$$

$$T = 3\mu(M_1 + M_2)g = 24 \mu mg$$

$$F_0 = T = 24 \mu mg \quad \text{Ответ: } 24 \mu mg$$

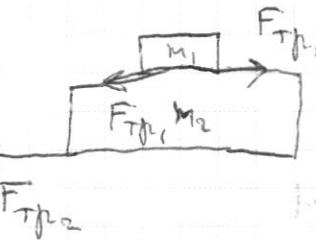
2) $\begin{cases} T + F_{тр1} = M_1 \alpha_1 \\ 2T - F_{тр1} - F_{тр2} = M_2 \alpha_2 \end{cases}$

F достигается при

$$\alpha_2 \geq \alpha_1$$

$F \rightarrow$ — мин, когда $\alpha_2 = \alpha_1$

$$\frac{T + F_{тр1}}{M_1} = \frac{2T - F_{тр1} - F_{тр2}}{M_2}$$



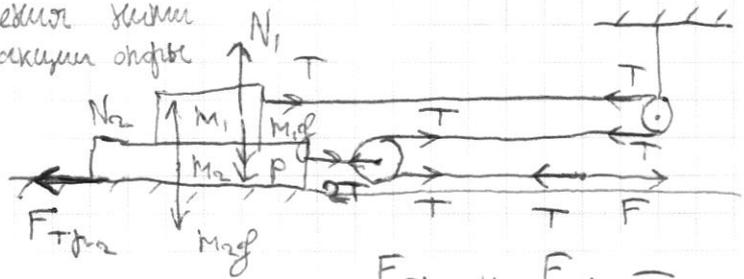
$$F_{тр1} = \mu N_1 = \mu M_1 g \quad \text{и} \quad F_{тр2} = \mu N_2 = \mu(M_1 + M_2)g$$

$$\frac{T + \mu M_1 g}{3M} = \frac{2T - \mu M_1 g - \mu(M_1 + M_2)g}{5M}$$

$$5T + 15 \mu mg = 6T - 9 \mu mg - 24 \mu mg$$

$$T = (15 + 9 + 24) \mu mg = 48 \mu mg$$

$$\text{Ответ: } 48 \mu mg$$



$F_{тр1}$ и $F_{тр2}$ — силы трения

v_1 и v_2 — скорости грузов

a_1 и a_2 — ускорения грузов

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

~~$$5. 1) P_1 = \rho g h = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3 \text{ м} =$$~~

$$5. 1) P_1 = \rho g H + P_0 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 3 \text{ м} + 100000 \text{ Па} = 130000 \text{ Па}$$

Ответ: 130000 Па

2) Если бы конструкция не была закреплена, то

$F = \rho g V$, но вода не касается с ~~всех~~ конструкцией снизу на площади S , \Rightarrow из общей силы необходимо вычесть силу давления на нижнюю часть конструкции.

$$F = \rho g V - P_1 S = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,005 \text{ м}^3 - 130000 \text{ Па} \cdot 0,001 \text{ м}^2 = -80 \text{ Н}$$

Т. к. значение отрицательно, \Rightarrow сила направлена вертикально вниз, потому что конструкция симметрична, и все горизонтальные компоненты сокращаются.

Ответ: 80 Н, направлена вертикально вниз.



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)

