

Олимпиада «Физтех» по физике 2022

Класс 9

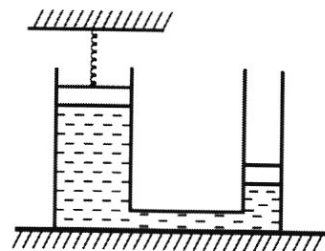
Вариант 09-01

Шифр

(заполняется секретарём)

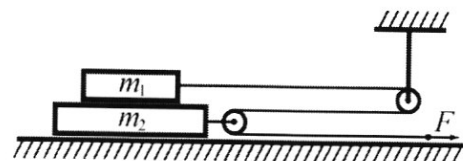
1. Школьник бросает камень вертикально вверх с начальной скоростью $V_0 = 12$ м/с.
- 1) Через какое время t после старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
 - 2) На какой высоте h , отсчитанной от точки старта скорость камня будет равна по величине $V_0/3$?
- Ускорение свободного падения $g = 10$ 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 .



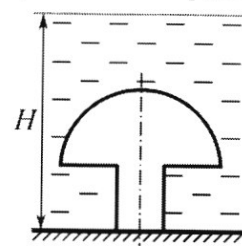
- 1) Найдите деформацию x пружины.
 - 2) Найдите массу m груза, который следует положить на правый поршень, чтобы пружина стала недеформированной.
3. Спутник обращается по круговой орбите вокруг планеты. Высота орбиты $h = 0,5R$, здесь R – радиус планеты. Плотность планеты ρ . Гравитационная постоянная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



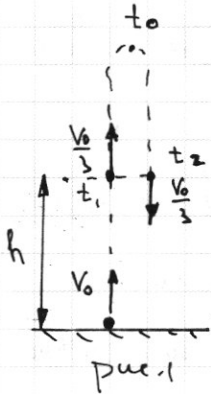
- 1) Найдите величину F_0 горизонтальной силы, которую следует приложить к свободному концу нити, чтобы нижний брусок скользил по столу, а сила трения, действующая на верхний брусок, была равна нулю.
- 2) Найдите величину F минимальной силы, при которой нижний брусок скользит по столу, а верхний брусок 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



Задача №1

- 1) Скорость камня 2 раза будет равной $\frac{v_0}{3}$ (рис.1). Тогда время через которое скорость камня впервые станет равной $\frac{v_0}{3}$:

$$v_0 - \frac{v_0}{3} = g t_1$$

$$t_1 = \frac{2v_0}{3g} = 0,8 \text{ с}$$

Время, через которое камень достигнет высшей точки:

$$g(t_0 - t_1) = \frac{v_0}{3} - 0$$

$$t_0 = \frac{v_0}{3g} + t_1 = 1,2 \text{ с}$$

Тогда время t_2 , через которое (после старта) камень второй раз станет равной $\frac{v_0}{3}$ (из обратности движения)

$$t_2 = t_0 + (t_1 - t_0) = 1,6 \text{ с}$$

- 2) Тогда высота камня со скоростью $\frac{v_0}{3}$:

$$h = \frac{v_0 + \frac{v_0}{3}}{2} \cdot t_1 = 6,4 \text{ м}$$

Ответ: 1) $t_1 = 0,8 \text{ с}$, $t_2 = 1,6 \text{ с}$
2) $h = 6,4 \text{ м}$

Задача №2.

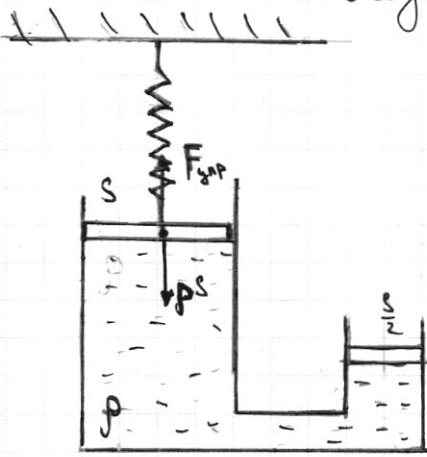


рис.1

1) Из условия равновесия правого поршня, понимаем, что давление на уровне правого поршня равно нулю, значит на уровне левого поршня оно отрицательное, то есть направлено вниз. Из условия

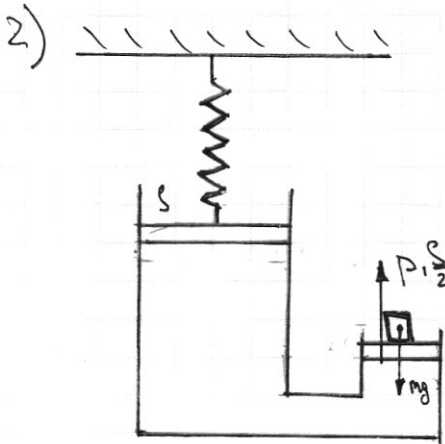
равновесия левого поршня, понимаем, что пружина растянута и сила упругости направлена вверх:

$$F_{упр} = pS$$

$$kx = \rho gh \cdot S$$

Атмосферное давление не учитываем, т.к. оно не входит на ответ.

$$x = \frac{\rho gh \cdot S}{k}$$



Как только мы ~~ее~~ поставили на правый поршень груз массой m , то ~~вершина~~ ~~пра~~ левый поршень поднимется на x (так, чтобы пружина была не деформирована). Тогда левый поршень опустится на $2x$

(из ^{условие} ~~из~~ ~~условия~~ непрерывности жидкости: $x \cdot S = 2x \cdot \frac{S}{2}$).

Теперь расстояние между уровнями $(h + 2x)$. Из условия равновесия ~~пра~~ ^{левого поршня}, понимаем, что давление на высоте левого поршня равно ~~к~~ нулю. Следовательно, давление

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

На уровне правого поршня:

$$p_1 = \rho g (h + 3x)$$

Условие равновесия правого поршня:

$$mg = p_1 \frac{S}{2} = \rho g (h + 3x) \cdot \frac{S}{2}$$

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

Ответ: 2) $m = \rho h \frac{S}{2} \left(1 + \frac{\rho g S}{k} \right)$

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

Задача 13

1) Масса планеты:

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

$$kz^{-1} c^{-2} \cdot \omega^3$$

Ускорение свободного падения на расстоянии $2R$ от центра.

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

2) Найдём ~~g~~ ускорение свободного падения на высоте $1,5R$ от центра планеты:

$$g_0 = \frac{GM}{(1,5R)^2} = G \frac{\rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{\frac{9}{4} \cdot R^2} = G \frac{\rho \cdot 16 \cdot \pi R}{27}$$

Спутник вращается с постоянной скоростью v с нормальным ускорением g_0 :

$$g_0 = \frac{v^2}{1,5^2 R}$$

$$v = \sqrt{\frac{3}{2} R g_0}$$

Тогда период обращения:

$$T = \frac{2\pi \left(\frac{3}{2}R\right)}{v} = 2\pi \frac{3R}{2\sqrt{\frac{3}{2}Rg_0}} = 3\pi \sqrt{\frac{2R}{3g_0}} =$$

$$= 3\pi \sqrt{\frac{2R \cdot 27g}{8 \cdot G \cdot \rho \cdot \frac{4}{3}\pi R^3}} = 3\pi \sqrt{\frac{g}{8GP}} = \sqrt{\frac{81\pi}{8GP}}$$

Либо период можно было найти по 3-му закону Кеплера, обобщенный Ньютоном:

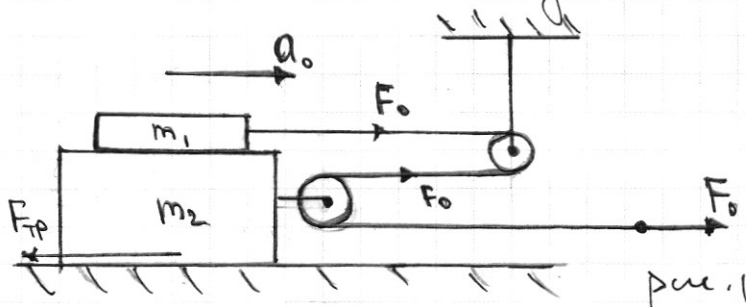
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\left(\frac{3}{2}R\right)^3}{GM}} = \sqrt{\frac{27R^3}{8GM}} \cdot 2\pi = \sqrt{\frac{27}{8 \cdot G \cdot \frac{4}{3}\pi \cdot \rho}} \cdot 2\pi =$$

$$= \sqrt{\frac{81\pi}{8GP}}$$

Ответ: 1) $g = \frac{3\pi\rho R}{3}$

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

Задача №4.



1) Если трения на верхний брусок равно нулю в том случае когда ускорение в ω m_2 груз m_1 не ~~двигается~~ ~~и движется без ускорения~~ не движется. Отсюда следует, что ~~ускорения~~ ускорения грузов равны. ~~Ус~~ Расставьте силы (рис.)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Ускорения груза m_1 и m_2

$$m_1: a_0 = \frac{F_0}{m_1}$$

$$m_2: a_0 = \frac{2F_0 - F_{TP}}{m_2}$$

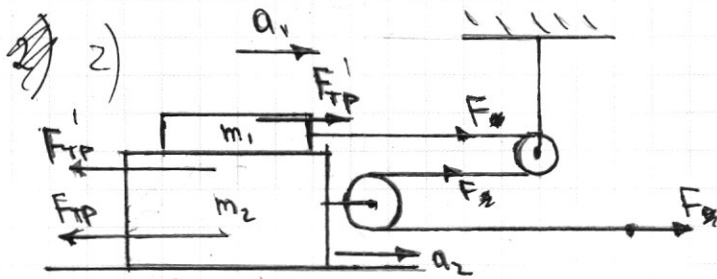
$$F_{TP} = \mu N = \mu(m_1 + m_2)g$$

Тогда:

$$\frac{F_0}{m_1} = \frac{2F_0 - \mu(m_1 + m_2)g}{m_2}$$

$$F_0 \frac{m_2}{m_1} = 2F_0 - \mu(m_1 + m_2)g$$

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



Расставим силы (рис. 2)
Сила трения между
брусками направлена
против относительного

движения. Тогда:

$$\begin{cases} a_1 = \frac{F + F_{TP}'}{m_1} \\ a_2 = \frac{2F - F_{TP} - F_{TP}'}{m_2} \end{cases}$$

$$F_{TP} = \mu N = \mu(m_1 + m_2)g = 4\mu mg$$

$$F_{TP}' = \mu N' = \mu m_1 g = 2\mu mg$$

Тогда, т.к. отрицательное движение верхнего груза происходит влево, то $a_2 \geq a_1$:

$$a_2 \geq a_1$$

$$\frac{2F - 5\mu mg - 2\mu mg}{3m} \geq \frac{F + 2\mu mg}{2m}$$

$$2F - 7\mu mg \geq \frac{3}{2}F + 3\mu mg$$

$$\frac{1}{2}F \geq 10\mu mg$$

$$F \geq 20\mu mg$$

Следовательно, минимальную силу, которую следует приложить, чтобы верхний груз не начал двигаться относительно второго:

$$F_{\min} = 20\mu mg$$

Ответ: 1) $F_0 = 10\mu mg$.

2) $F_{\min} = 20\mu mg$.

P_0

Задача №5

1) Давление вблизи дна по определению (рис.1):

$$P_1 = P_0 + \rho g H = 100 \text{ кПа} + 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 25 \text{ м} = 125 \text{ кПа}.$$

2) Сила Архимеда, она же

выталкивающая сила, направлена вверх и равна сумме всех сил давления:

$$F_{\text{Арх}} = \rho g V$$

Но в нашем случае вода не действует на "ножку" нашей конструкции, которая прижата.

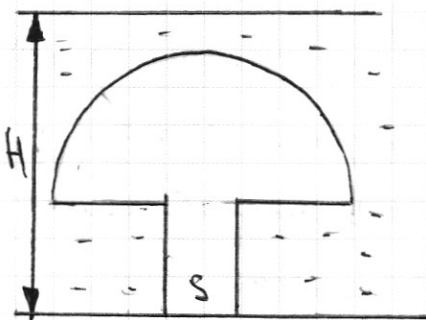


рис.1

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Поэтому из этой силы Архимеда следует вычесть
силу давления на нитку:

$$F_B = \rho g V - \rho g h \cdot S = g \left(\cancel{10^3} \cdot 1 \frac{\text{м}^2}{\text{см}^3} \cdot 8 \cdot 10^3 \text{ см}^3 - 1 \frac{\text{м}^2}{\text{см}^3} \cdot 150 \cdot 20 \text{ см}^2 \right) \\ = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot (8 \text{ кг} - 5 \text{ кг}) = 30 \text{ Н}.$$

$F_B > 0 \Rightarrow$ сила F_B направлена вертикально
вверх.

Ответ: 1) $P_1 = 125 \text{ кПа}$

2) $F_B = 30 \text{ Н}$, вверх.



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)