

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

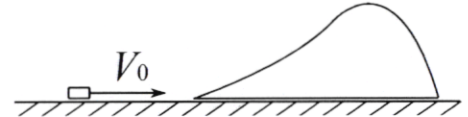
Шифр 3-009

(заполняется секретарём)

Вариант 11-03

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 50 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарiku, чтобы он, двигаясь по окружности, совершил полный оборот в вертикальной плоскости? Принять $g=10 \text{ м/с}^2$.

2. Небольшая шайба массой m скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью v_0 к неподвижной незакрепленной горке массой $3m$ (см. рис.). Шайба въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.

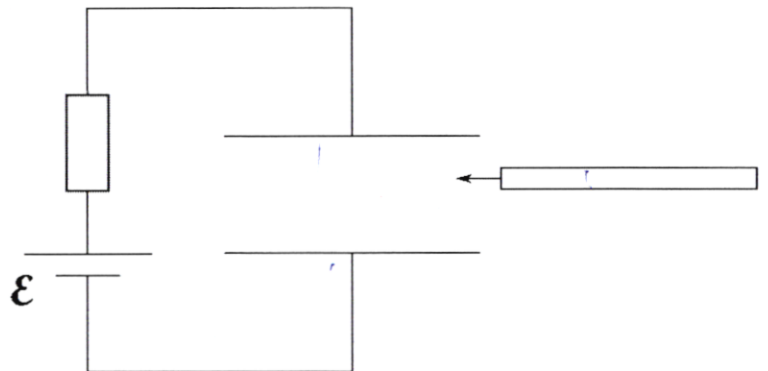


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

3. Теплоизолированный сосуд объемом $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ разделен перегородкой на две части с различными объемами. В первой части находится гелий при температуре 27°C в количестве $\nu_1 = 0,2$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7°C в количестве $\nu_2 = 0,3$ моль. Перегородка прорывается.

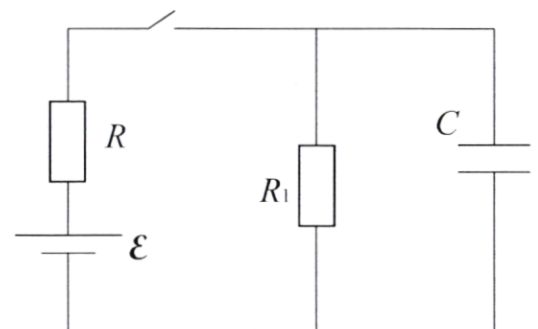
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС ε (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина пластины в 4 раза меньше расстояния между обкладками.



- 1) Найти емкость конденсатора с пластиной.
- 2) Какой заряд пройдет через резистор после начала введения пластины?

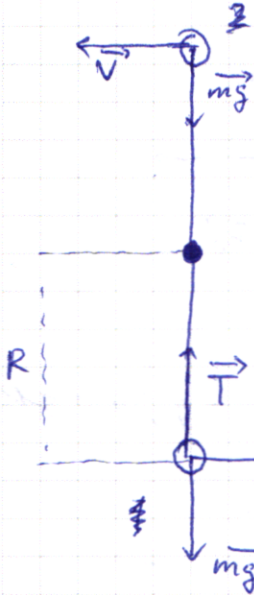
5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в R , $R_1=3R$. Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать C , ε , R .



- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1



$$R = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м.}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2;$$

$$v_{\text{мин}} \equiv v_0 - ?$$

Решение.

По закону сохранения энергии, кинетическая энергия шарика в нижней точке окружности равна сумме потенциальной и кинетической энергии в верхней точке окружности:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mg \cdot 2R = \frac{mv^2}{2} + 2mgR;$$

где R - длина нити, m - масса шарика, v_0 и v - ^{линейная} скорость шарика в нижней и верхней точки окружности соответственно. Отсюда:

$$v_0^2 = v^2 + 4gR$$

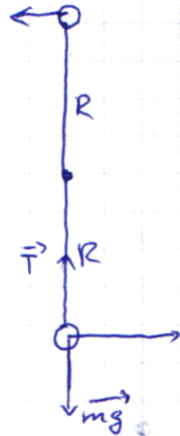
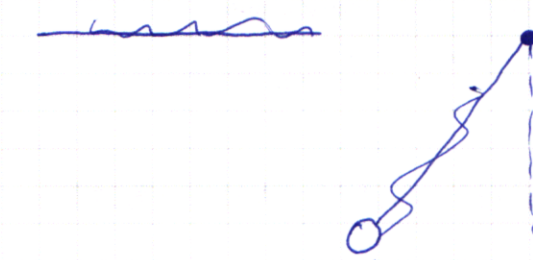
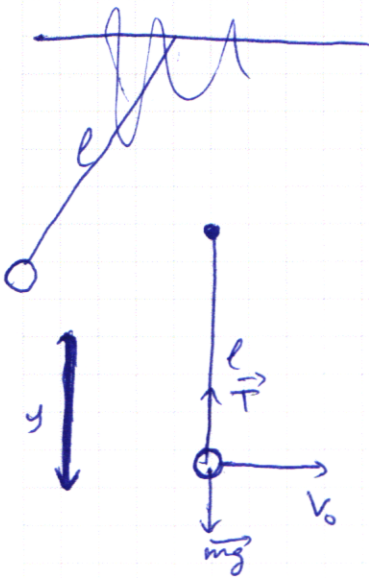
Скорость v равна скорости равномерного движения по окружности с радиусом R и центростремительным ускорением g :

$$g = \frac{v^2}{R} = g; \quad v = \sqrt{gR};$$

Тогда получим:

$$v_0^2 = gR + 4gR = 5gR; \quad v_0 = \sqrt{5gR} = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5} = 5 \text{ м/с.}$$

Ответ: 5 м/с.



~~$x = A \sin \omega t$~~
 ~~$y = A \cos \omega t$~~
 ~~$m v_0^2 = m g \cdot 2l = 2mg l$~~

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + m g \cdot 2R = \frac{m v^2}{2} + 2mgR$$

$$m v_0^2 = m v^2 + 4gR ; \quad \sqrt{v^2 = 4gR} \quad \sqrt{gR} \quad \frac{v^2}{R} = g ; v^2 = gR$$

$$v_0^2 = gR + 4gR = 5gR ; v_0 = \sqrt{5gR} = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5} = 5 \text{ м/с.}$$

v_1	v_2
ν_1	ν_2
T_1	T_2

~~$P_1 v_1 = \nu_1 R T_1$~~
 ~~$P_2 v_2 = \nu_2 R T_2$~~

$$m = m_1 + m_2$$

~~$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m}$~~ $v = v_1 + v_2$

$$\frac{m_1}{M} = \nu_1 ; m_1 = \nu_1 M ; m_2 = \nu_2 M$$

~~$P_1 = \nu_1 R$~~

$$P V = (\nu_1 + \nu_2) R T \left\{ \begin{array}{l} P_1 v_1 = \nu_1 R T_1 \\ P_2 (v - v_1) = \nu_2 R T_2 \end{array} \right.$$

~~$P_1 v_1 = \nu_1 R T_1$~~

~~$P = \frac{m_1 + m_2}{v_1 + v_2} R T$~~

~~$P_2 v_2 = \nu_2 R T_2$~~

~~$P = \nu_1 + \nu_2$~~

~~$P = \frac{m}{M} R T$~~

~~$m_0 \cdot \nu \cdot N_A = m$~~

$$M = m_0 N_A$$

$$\frac{m_0 \nu N_A}{m} = \nu$$

~~$P V = \frac{m_0 \nu N_A}{M} R T$~~

$$P V = \frac{m}{m_0 N_A} R T = N K T$$

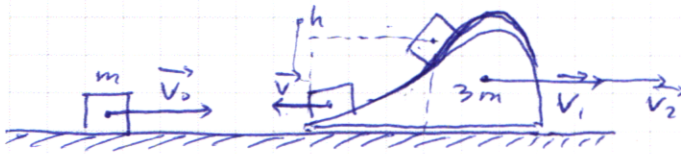
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 2

$v_0; m; m_2 = 3m; \mu = 0$

1) $h - ?$; 2) $v - ?$

Решение.



1) Сначала шайба имеет импульс mv_0 , который при подходе ^{полностью} передается горке, и кинетическую энергию, которая превращается в потенциальную энергию шайбы и кинетическую энергию горки. Получается (v_1 - скорость горки после подлета, h - макс. высота)

$$\begin{cases} mv_0 = 3mv_1 \\ \frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{3mv_1^2}{2} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} v_1 = \frac{v_0}{3} \\ \frac{v_0^2}{2} = gh + \frac{v_0^2}{6} \end{cases} \Rightarrow gh = \frac{v_0^2}{3};$$

$$h = \frac{v_0^2}{3g}$$

2) После съезда ~~снова~~ потенциальной энергией шайбы превращается в кинетическую ^{изменение скорости} энергии шайбы и горки. ~~Конечные скорости~~ ^{конечная скорость шайбы} горки (v_2) и шайбы (v) находим из закона сохранения импульса.

$$\begin{cases} mv = -3mv_2 \\ mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{3mv_2^2}{2} \end{cases}; \quad v_2 = -\frac{v}{3} \Rightarrow \begin{cases} v_2 = -\frac{v}{3} \\ \frac{v_0^2}{3} = \frac{v^2}{2} + \frac{v^2}{6} = \frac{2v^2}{3} \end{cases}$$

$$v_0^2 = 2v^2; \quad v = \frac{v_0\sqrt{2}}{2}$$

Ответ! 1) $\frac{v_0^2}{3g}$; 2) $\frac{v_0\sqrt{2}}{2}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

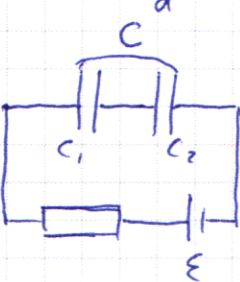
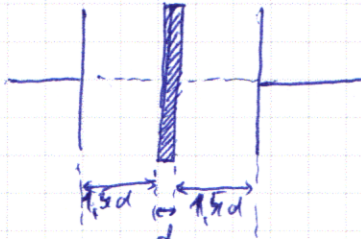
Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 4.

$C_0; \varepsilon;$

1) $C - ?$; 2) $q - ?$



Решение.

1) Конденсатор с пластиной между обкладками можно рассматривать как пару одинаковых конденсаторов, соединенных ~~параллельно~~ последовательно.

Ищем:

$$C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{4d} \quad (S - \text{площадь каждой обкладки, } d - \text{толщина пластины)}$$

$$C_1 = C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{1.5d} = \frac{4}{1.5} C_0; \quad C_2 = 2C_1 = 2C_2 = \frac{4C_0}{3} = \frac{4.6C_0}{3}$$

2) Заряд, прошедший через резистор, равен разности заряда получившегося батареи и заряда конденсатора ~~уменьшенному на ЭДС источника~~.

$$\Delta q = q - q_0 = \varepsilon(C - C_0) = \varepsilon C_0 \left(\frac{4.6}{3} - 1 \right) = \frac{13}{3} \varepsilon C_0$$

Ответ: 1) $\frac{4.6C_0}{3}$; 2) $\frac{13}{3} \varepsilon C_0$.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№ 3

p_1	p_2
T_1	T_2
ν_1	ν_2

\cong

$p; V; T; \nu$

$$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3; \nu_1 = 0,2 \text{ моль}; \nu_2 = 0,3 \text{ моль}$$

$$T_1 = 300 \text{ К}^\circ; T_2 = 280 \text{ К}^\circ$$

1) t - ? ; 2) p - ?

Решение.

1) Внутренняя энергия ~~газа~~
газа при наличии перегородки и без него

неизменна:

$$(\nu_1 + \nu_2)RT = \nu_1 RT_1 + \nu_2 RT_2$$

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280}{0,5} = 288 \text{ К}^\circ;$$

$$t = T - 273 = 15^\circ \text{C}$$

2) Конечное давление в сосуде найдем из уравнения Менделеева - Клапейрона:

$$pV = \nu RT; p = \frac{\nu RT}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 288}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 144000 \text{ Па}$$

Ответ: 1) 15°C ; 2) $1,44 \cdot 10^5 \text{ Па}$.



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ 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)