Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

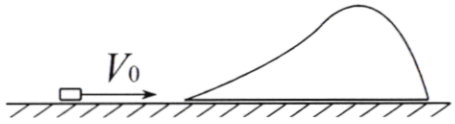
Шифр 06-039

(заполняется секретарём)

Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарику, чтобы он, двигаясь по окружности, совершил полный оборот в вертикальной плоскости? Принять g=10 м/с^2.

2. Небольшая монета массой m скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью v_0 к неподвижной незакрепленной горке массой $4m$ (см. рис.). Монета въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.



1) На какую максимальную высоту поднимается монета?

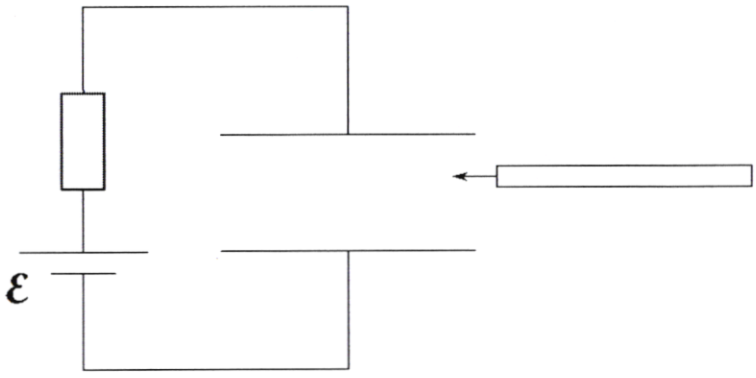
2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

3. Теплоизолированный сосуд объемом $V = 8{,}31 \cdot 10^{-3}$ м^3 разделен перегородкой на две части с различными объемами. В первой части находится гелий при температуре 127 ^{0}C в количестве $\nu_1 = 0{,}1$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7 ^{0}C в количестве $\nu_2 = 0{,}4$ моль. Перегородка прорывается.

1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?

2) Найти конечное давление в сосуде.

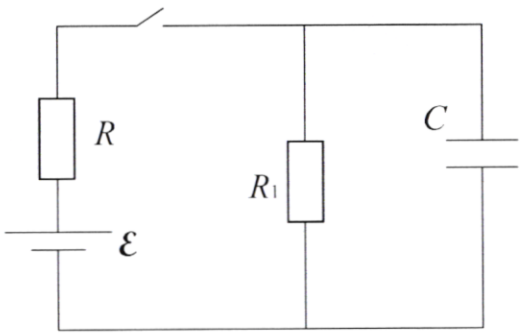
4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС ε (см. рис.). В конденсатор вводят параллельно обкладкам незаряженную проводящую пластину и располагают ее напротив обкладок. Форма поверхности пластины совпадает с формой поверхности обкладок. Толщина пластины в 3 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=4R. 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?

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-039

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

V_0 – начальная скорость (которую нужно сообщить)

V – скорость в верхней точке.

l – длина нити

ЗСЭ: $\frac{mV_0^2}{2} - 2mgl = \frac{mV^2}{2}$ (1)

Условие движения по окр.

$\frac{V^2}{l} = g$ (2)

Из (1) следует: $V^2 = V_0^2 - 4gl$

подставив в (2) получим:

$\frac{V_0^2}{l} - 4g = g$

$V_0 = \sqrt{5gl} = \sqrt{900 \cdot 10^{-2}} = 30 \cdot 10^{-1}$ м/с $= 3$ м/с

Ответ: 3 м/с.

№2

V_0 – нач. скор. монеты

V_1 – скорость монеты и горки, когда монета в выш. точке

V_2 – скорость монеты после съезда с горки

V_3 – скорость горки после съезда монеты

1) ЗСЭ: (1) $m\frac{V_0^2}{2} = mgH + 5m\frac{V_1^2}{2}$ (т.к. в выш. точке движение относительно горки заканчивается)

ЗСИ: $mV_0 = 5mV_1$ (2)

$V_1 = \frac{V_0}{5}$

$H = 0{,}4\frac{V_0^2}{g}$

2) ЗСЭ: $m\frac{V_0^2}{2} = m\frac{V_2^2}{2} + 2mV_3^2$ (3)

ЗСИ: $mV_0 = 4mV_3 - mV_2$ (4)

Из (4) следует: $V_3 = \frac{V_0 + V_2}{4}$

Подставляя V_3 в (3):

$m\frac{V_0^2}{2} = m\frac{V_2^2}{2} + m\frac{(V_0+V_2)^2}{2} \quad | : \frac{m}{2}$

$V_0^2 - V_2^2 = (V_0+V_2)^2 \Rightarrow (V_0+V_2)(V_0 - V_2 - V_0 - V_2) = 0$

~~$V_0 - V_2 = V_0 + V_2$~~

1) $V_2 = -V_0$ ~~не подходит~~ – это ответ в случае если монета переедет горку

2) $V_2 = 0$.

Ответ: $V_2 = 0$, $H = 0{,}4\frac{V_0^2}{g}$

☐ черновик ☑ чистовик (Поставьте галочку в нужном поле)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-039

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3

T_1 – температура газа с ν_1 моль

T_2 – температура газа с ν_2 моль

T_3 – конечная темпер.

P – конечное давление, V – объем сосуда

1) ЗСЭ: $\frac{3}{2}\nu_1 R T_1 + \frac{3}{2}\nu_2 R T_2 = \frac{3}{2}(\nu_1+\nu_2) R T_3$ (1)

$$\frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1+\nu_2} = T_3 = \frac{12,7 + 2,8}{0,5} = \frac{155}{5} = 31^\circ C$$

2) Уравнение состояния:

$$PV = (\nu_1+\nu_2) R T_3$$

$$P = \frac{(\nu_1+\nu_2) R}{V} T_3 = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 152\ кПа$$

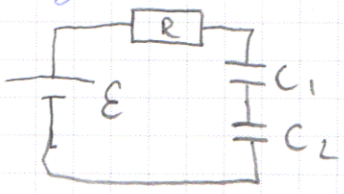
Ответ: $T_3 = 31^\circ C$, $P = 152\ кПа$

№4

В данном случае можно провести эквивалентную замену на 2 ∞ послед. соед. конденсатора

C_1 – емкость 120 конденсато

C_2 – емкость 2-го



Оставшееся расстояние $d = \frac{2}{3} d_0$

пусть d_1 – расстояние между 1 обкладкой и пластиной

тогда расстояние между ~~2ой~~ пластиной и 2 обкладкой $d - d_1$

C – общее сопротивление

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (1)$$

$$C_1 = \frac{S \varepsilon \varepsilon_0}{d_1} \quad (2); \quad C_2 = \frac{S \varepsilon \varepsilon_0}{(d - d_1)} \quad (3)$$

из уравнений (1), (2) и (3) следует

$$C = \frac{1}{\frac{d_1 + d - d_1}{S \varepsilon_0 \varepsilon}} = \frac{S \varepsilon_0 \varepsilon}{d} = \frac{3}{2} C_0.$$

q_1 – заряд начальный на конденсаторе

q_2 – конечный

$$q_1 = \varepsilon C_0$$

$$q_2 = \varepsilon C = \frac{3}{2} \varepsilon C_0$$

$$\Delta q = \frac{1}{2} \varepsilon C_0 - \text{заряд прошедший через R}$$

Ответ: $\Delta q = \frac{\varepsilon C_0}{2}$; $C = \frac{3}{2} C_0$.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

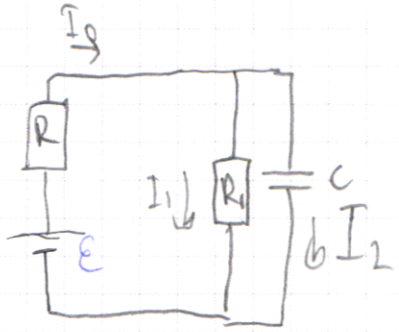
06-039

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5



По з-ну Кирхгофа

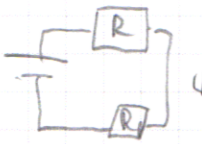
$$\begin{cases} I_2 = I_0 - I_1 \\ \mathcal{E} = I_0 R + 5 I_1 R_1 \\ \mathcal{E} - \frac{q}{C} = I_0 R \end{cases}$$

т.к. $q(0) = 0 \Rightarrow I_0 R = \mathcal{E}$, $I_1 = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R}$

2) ток в установив. режиме $\bar{I}$:

$\bar{I} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$ (т.к. конденсатор зарядился можно рассмотреть цепь без него)



Теперь чтобы найти U_C (напряж. на конденс.) подключим его обратно и т.к. оно эквивалентно R_1

$U_C = \mathcal{E} - \bar{I} R = \mathcal{E} - \frac{\mathcal{E}}{5} = \frac{4}{5}\mathcal{E}$ (по Кирхгофу)

3) По ЗСЭ: $Q = U_C \cdot q_C = U_C^2 \cdot C = \frac{16}{25}\mathcal{E}^2 \cdot C$.

Ответ: $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{R}$, $U_C = \frac{4}{5}\mathcal{E}$, $Q = \frac{16}{25}\mathcal{E}^2 C$.

☐ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-039

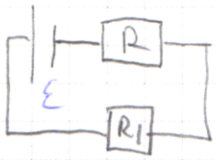
ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5

1) После замыкания ключа конденсатор ещё не заряжен => его можно не учитывать



$I = \frac{\mathcal{E}}{5R}$ (по з-ну Ома)

2) По з-ну Кирхгофа

$\mathcal{E} - \frac{q}{C} = IR$

$\frac{q}{C} = \mathcal{E} - IR = U_C$ – напряжение конденс.

$U_C = \frac{4\mathcal{E}}{5}$ ($I_{в\ уст.} = I$ начальному т.к. в абсолют случаях конденсатор на прямую не воздействует на ток)

☐ черновик ☑ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №1

(Нумеровать только чистовики)

☐ черновик ☐ чистовик Страница №__

(Поставьте галочку в нужном поле) (Нумеровать только чистовики)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

06-039

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1

$$\frac{mV_0^2}{2} - mg2l = \frac{mV^2}{2}$$

$$V = \sqrt{V_0^2 - 4gl}$$

$$\frac{V^2}{l} = g$$

$$\frac{V_0^2}{l} - 4g = g$$

$$V_0 = \sqrt{5gl}$$

$$C_0 = \frac{S}{d}\varepsilon_0\varepsilon$$

$$C_1 = \frac{3S\varepsilon_0\varepsilon}{d_0} C_0 \quad \frac{3}{2}C_0$$

$$C_2 = 3C_0$$

V_0

$$mV_0^2 = mgh + 5m\frac{V^2}{2}$$

$$mV_0 = 5mV$$

$$V_0^2 = gh + \frac{V_0^2}{10}$$

$$h = \frac{9}{10}\frac{V_0^2}{g}$$

$$m\frac{V_0^2}{2} = m\frac{V_1^2}{2} + 2mV_3^2$$

$$\underbrace{40 + 112}_{0,5} = 304 - 273$$

$$\begin{array}{r} 28 \\ \times\ 4 \\ \hline 112 \end{array}$$

$$\nu_2 T_2 + \nu_1 T_1 = (\nu_1 + \nu_2) T_3$$

$$C_1 = \frac{k}{d_1} \qquad C_2 = \frac{k}{d_0 - d}$$

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__

(Нумеровать только чистовики)

☑ черновик ☐ чистовик

(Поставьте галочку в нужном поле)