

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

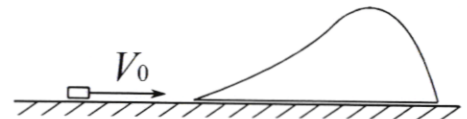
Шифр 7-004

(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.

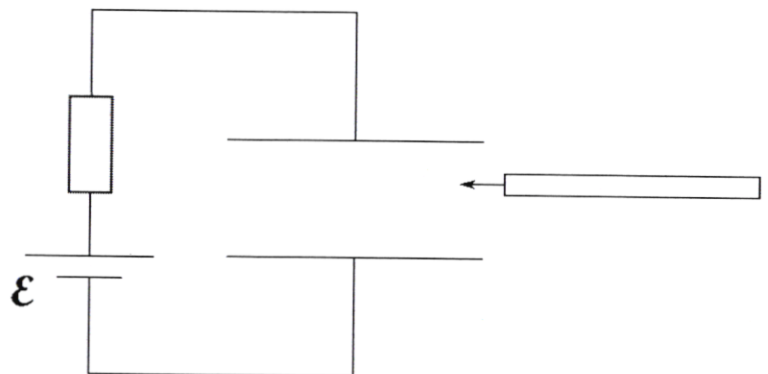


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба? $h?$
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки? $v?$

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.

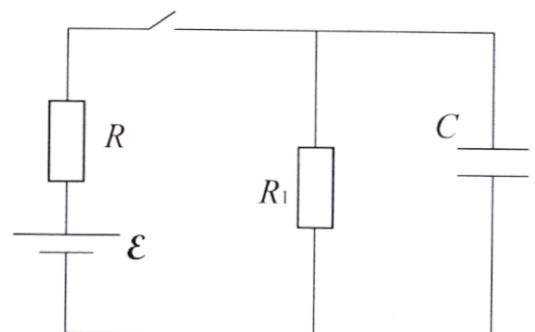
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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?

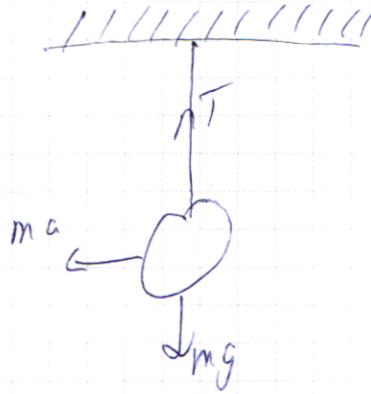
5. В цепи, схема которой показана на рисунке, ключ разомкнут. Параметры цепи указаны на схеме. Внутреннее сопротивление источника «содержится» в R , $R_1=3R$. Ключ замыкают. После достижения в цепи установившегося режима ключ размыкают. Известными величинами считать C , ε , R .



- 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

Задача 1
 $l = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $v_{\text{min}} = ?$



Закон сохранения энергии

$$E_k = E_p + E_{\text{п}}$$

$$\frac{mV_1^2}{2} = \frac{mV_2^2}{2} + mg \cdot 2l$$

$$V_1^2 = V_2^2 + 4gl$$

$$V_1^2 = gl + 4gl$$

$$V_1 = \sqrt{5gl} = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5} = \sqrt{25} = 5 \text{ м/с}$$

Ответ $v_1 = 5 \text{ м/с}$

Задача 5

$$R_1 = 3R$$

C

E

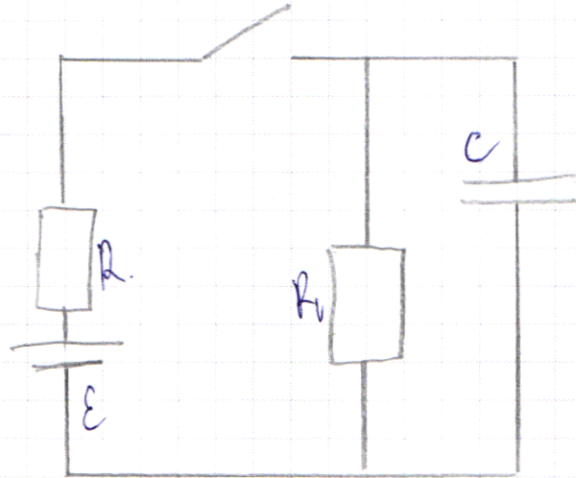
R

$I_1 = ?$

$V_c = ?$

Q = ?

Решение



$$I = \frac{E}{R}$$

сразу после замыкания
сопротивление конденсатора равно 0

$$I_1 = \frac{E}{R + R_1} = \frac{E}{4R}$$

$$U_c = I_1 R_1 = \frac{3E}{R}$$

$$Q = \frac{CU_c^2}{2} = \frac{C \cdot 9E^2}{2 \cdot 16} = \frac{9CE^2}{32}$$

Ответ $I = \frac{E}{4R}$ $V_c = \frac{3E}{R}$ $Q = \frac{9CE^2}{32}$

Задача 2

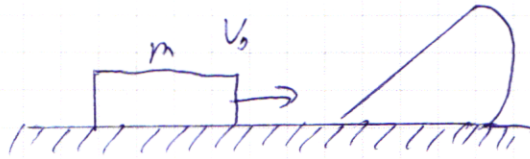
Дано

m

$3m$

$h - ?$

$V_{\text{final}} - ?$



Умножив

$$m v_0 + 0 = (m + 3m) v_1$$

$$m v_0 = 4m v_1$$

$$v_1 = \frac{m v_0}{4m} = \frac{v_0}{4}$$

Закон сохранения энергии для шарика

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{4m v_1^2}{2} + mgh$$

Высота $h = \frac{3v_0^2}{8g}$

$$\begin{cases} m v_0 = m v_1 + 8m v_2 \\ \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{8m v_2^2}{2} \end{cases}$$

$$v_0 = v_1 + 8v_2 \quad v_1 = \frac{v_0 - 8v_2}{3}$$

$$v_0^2 = v_1^2 + 3v_2^2$$

$$v_0^2 = v_1^2 + \frac{3(v_0 - v_1)^2}{9}$$

$$3v_0^2 = 3v_1^2 + (v_0 - v_1)^2$$

$$3v_0^2 = 3v_1^2 + v_0^2 - 2v_0 v_1 + v_1^2 =$$

$$4v_1^2 - 2v_0 v_1 - 2v_0^2 = 0$$

$$2v_1^2 - v_0 v_1 - v_0^2 = 0$$

$$\begin{aligned} v_1 &= v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + 4v_0^2} \\ &= \frac{v_0 \pm 3v_0}{4} = \frac{-v_0}{2} \end{aligned}$$

Ответ = $h = \frac{3v_0^2}{8g}$ $v_1 = -\frac{v_0}{2}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

го

нов

③ $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

$T = 24^\circ\text{C} = 300\text{K}$

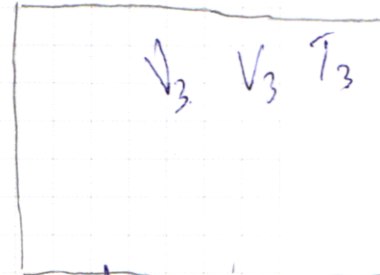
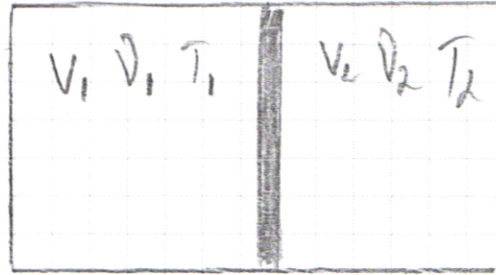
$\nu_1 = 0,2 \text{ моль}$

$T_2 = 280\text{K}$

$\nu_2 = 0,3 \text{ моль}$

$T_{\text{final } 3} - ?$

$P_{\text{final } 3} - ?$



$\nu_1 + \nu_2 = \nu_3$

$P_1 V_1 = \nu_1 R T_1$

$P_2 V_2 = \nu_2 R T_2$

$\frac{\nu_1 T_1}{P_1} + \frac{\nu_2 T_2}{P_2} = \frac{\nu_3 T_3}{P_3}$

$\nu_3 = \frac{\nu_1 + \nu_2}{2} = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ моль}$

$P_3 V_3 = \nu_3 R T_3$

$P_3 (\nu_1 + \nu_2) = \nu_3 R T_3$

$P_3 (\nu_1 + \nu_2) = \frac{\nu_1 + \nu_2}{2} R T_3$

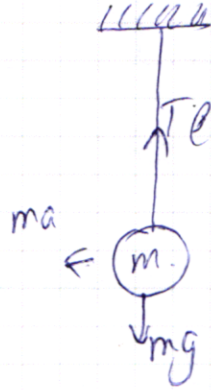


черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

① $l = 50 \text{ см.}$
 $v_{\text{min}} = ?$

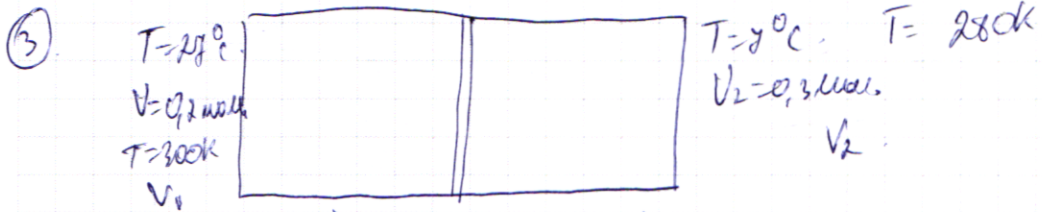


$$ma = T - mg$$

$$\frac{mv^2}{R} = T - mg$$

② m
 V_0
 $3m$

$$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$



$T_{\text{final}} = ?$
 $P_{\text{final}} = ?$

$$pV = \nu RT$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$V_1 + V_2 = V_0$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} + \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3}$$

$$V_1 = \frac{\nu RT}{P}$$


$$\frac{T_1}{P_1} + \frac{T_2}{P_2} = \frac{T_3}{P_3}$$

$$V_1 + V_2 = V_3$$

5. *или*

2. m
 V_0

$$H = \frac{gt^2}{2}$$

$$P = mV_0$$




$$mV_0 + 0 = (m + 3m)V_1$$

$$mV_0 = 4mV_1$$

$$V_1 = \frac{V_0}{4}$$

→ скорость шайбы и горки.

$$\frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_1^2}{2} + mgh$$

$E_k = E_k + E_m$

$$\frac{mV_0^2 - mV_1^2}{2} = mgh$$

$$\frac{V_0^2 - V_1^2}{2g} = h$$

$$\frac{V_0^2 - \frac{V_0^2}{16}}{2g} = h$$

$$h = \frac{16V_0^2 - V_0^2}{16 \cdot 2g} = \frac{15V_0^2}{32g}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$V_3$$

$$T_1 = 300\text{K}$$

$$T_2 = 280\text{K}$$

$$p_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$V_1 + V_2 = V_3$$

$$p_3 V_3 = \nu R T_3 \rightarrow ?$$

$$p_3 = ?$$

$$T_3 = ?$$

$$V_1 + V_2 = V_3$$

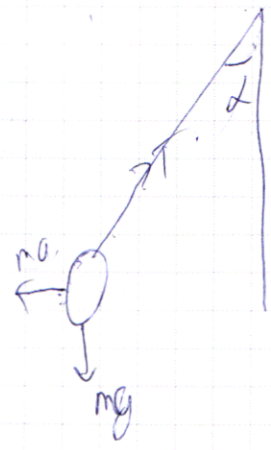
$$\frac{\nu R T_1}{p_1} + \frac{\nu R T_2}{p_2} = \frac{\nu R T_3}{p_3}$$

~~$$\frac{p_1 V_1}{T_1} + \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_3 V_3}{T_3}$$~~

~~$$\frac{T_1}{p_1} + \frac{T_2}{p_2} = \frac{T_3}{p_3}$$~~

~~$$\frac{p_1 V_1}{T_1} + \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_3 (V_1 + V_2)}{T_3}$$~~

$$\frac{300}{p_1} + \frac{280}{p_2} = \frac{T_3}{p_3}$$



$\sin \alpha = 3/60$

③

$$V = 8,31 \cdot 10^{-3}$$

$$R = 8,31$$

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$V_1 + V_2 = V_3$$

$$\frac{V_1 + V_2}{2} = V_3$$

$$\frac{0,3 + 0,2}{2} = 0,25 = V_3$$

$$\frac{V_1 R T_1}{P_1} + \frac{V_2 R T_2}{P_2} = \frac{V_3 R T_3}{P_3}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + m g 2l$$

$$v_1^2 = v^2 + 2gl$$

$$v^2 = gl + 2gl$$

$$v_1 = \sqrt{3gl} = \sqrt{30 \cdot 10^{-2} \cdot 10 \cdot 3} = 2500$$

$$l = 100 \text{ cm}$$

③

$$P_1 V_1 = \nu R T_1$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$V_1 + V_2 = V_3$$

$$\frac{V_1 + V_2}{2} = V_3$$

$$V_3 = \frac{2+3}{2} = 2,5 \text{ моль}$$

$(a - b)(a + b) = a^2 - b^2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5) Дано

R

$R_1 = 3R$

C

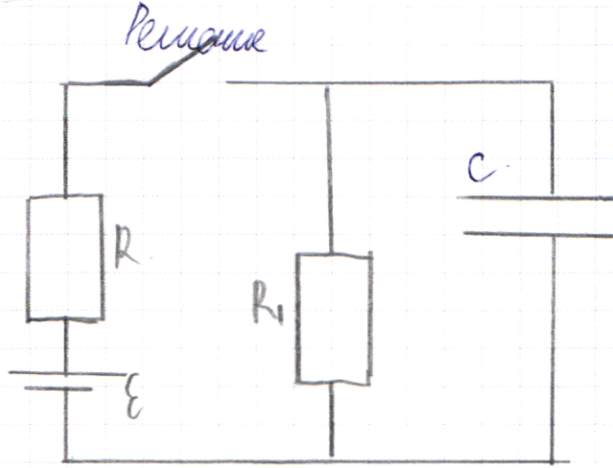
\mathcal{E}

R

$I = ?$

$U = ?$

$Q = ?$



$I = \frac{\mathcal{E}}{R}$

сразу после замыкания
сопротивление конденсатора равно 0

$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R + R_1} = \frac{\mathcal{E}}{4R}$

$U_C = I_1 R_1 = \frac{3\mathcal{E}}{4}$
установившееся напряжение

$Q = \frac{CU_C^2}{2} = \frac{C \cdot 9\mathcal{E}^2}{2 \cdot 16} = \frac{9CE^2}{32}$

↓ количество теплоты

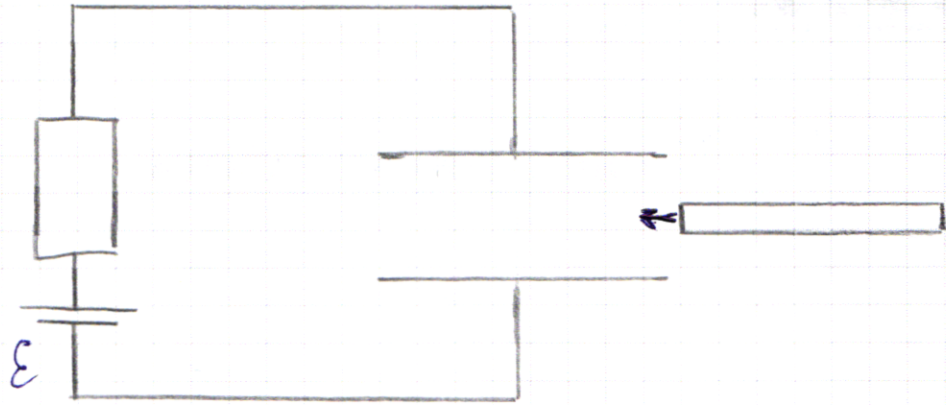
4

C_0

ϵ

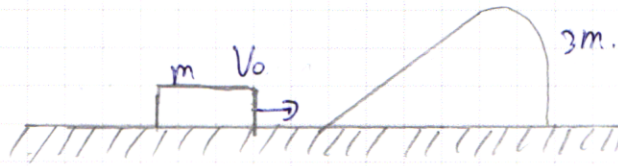
$C - ?$

$Q - ?$



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

②
Dano
m.
3m.



h-?
V_{final}-?

Записи: $P_1 + P_2 = P_3$

$$m v_0 + 0 = (m + 3m) v_1$$

$$m v_0 = 4m v_1$$

$$v_1 = \frac{m v_0}{4m} = \frac{v_0}{4}$$

v_1 - скорость шаров
и горки после
столкновения.

Закон сохран. энергии для шаров:

$$E_k = E_{k_1} + E_{p_1}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgh + \frac{m v_1^2}{2}$$

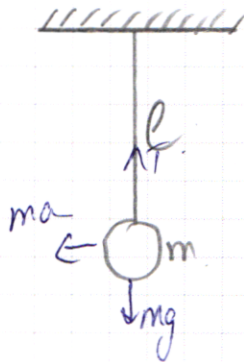
$$\frac{m v_0^2 - m v_1^2}{2} = mgh$$

$$h = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2g} = \frac{v_0^2 - \frac{v_0^2}{16}}{2g} = \frac{15v_0^2}{16 \cdot 2g} = \frac{15v_0^2}{32g}$$

максимальная
высота шара.

$$E_k = E_1 + E_{p_1}$$

① Задача
 $l = 5 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $v_{\text{min}} = ?$



$$a = \frac{v^2}{r}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{m v_2^2}{2} + mg \cdot 2l$$

$$v_1^2 = v_2^2 + 4gl$$

$$v_1^2 = gl + 4gl$$

$$v_1 = \sqrt{5gl} = \sqrt{5 \cdot 0,5 \cdot 10} = \sqrt{25} = 5 \text{ м/с}$$

Объем $v_{\text{min}} = 5 \text{ м/с}$

③ $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$

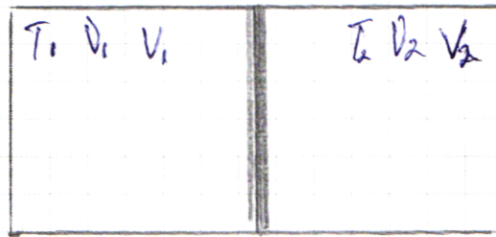
$V_1 = 0,2 \text{ моль}$

$T_2 = 9^\circ\text{C} = 280\text{K}$

$V_2 = 0,3 \text{ моль}$

$T = ?$

$P = ?$



$V_1 + V_2 = V_3$

и

$P_1 V_1 = \nu_1 R T_1$

$P_2 V_2 = \nu_2 R T_2$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{V_1 + V_2}{2} = V_3$$

$$V_1 + V_2 = 2V_3$$

$$V_1 + V_2 = 2V_3$$

$$\frac{P_1 V_1}{P_1 V_1} + \frac{P_2 V_2}{P_2 V_2} = \frac{2P_3 V_3}{P_3 V_3}$$

$$\frac{T_1}{P_1 V_1} + \frac{T_2}{P_2 V_2} = \frac{2T_3}{P_3 (V_1 + V_2)}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)