

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

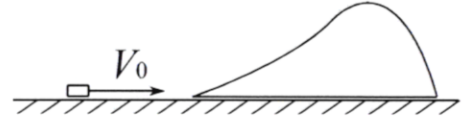
Шифр 06-014

(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.

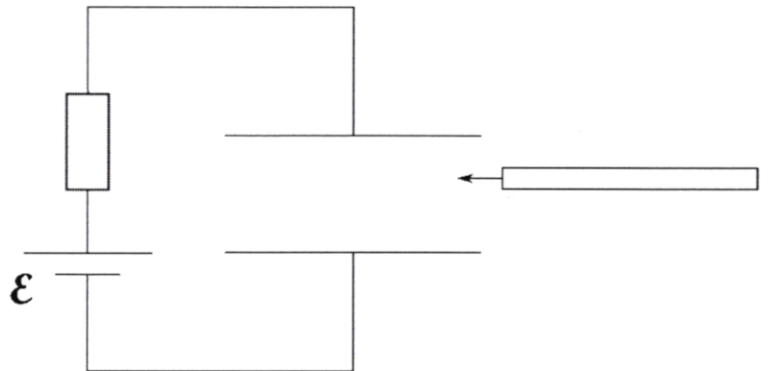


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

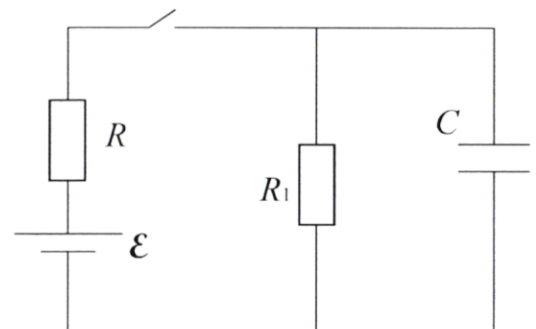
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС \mathcal{E} (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.



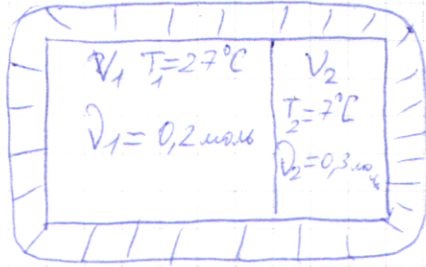
- 1) Найти емкость конденсатора с пластиной.
- 2) Какой заряд пройдет через резистор после начала введения пластины?

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 , \mathcal{E} , 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?

3.



$Q=0$

работа газа равна нулю

$\Delta U_1 = \Delta U_2$

$\frac{3}{2} \nu_1 R T - \frac{3}{2} \nu_1 R T_1 = \frac{3}{2} \nu_2 R T - \frac{3}{2} \nu_2 R T_2$

$T \left(\frac{3}{2} \nu_1 R - \frac{3}{2} \nu_2 R \right) = \left(\frac{3}{2} \nu_1 R - \frac{3}{2} \nu_2 R \right) (T_1 - T_2)$

$\frac{3}{2} \nu_2 R T + \frac{3}{2} \nu_1 R T_1 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T$

$T = \frac{\frac{3}{2} \nu_2 T_2 + \frac{3}{2} \nu_1 T_1}{\frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2)}$

$\frac{\nu_2 T_2 + \nu_1 T_1}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,3 \cdot 280 + 300 \cdot 0,2}{0,5} = \frac{84 + 60}{0,5} = 288 \text{ K}$

$pV = \nu RT$

$p = \frac{\nu RT}{V}$

$T = t + 273$

$t = 288 - 273 = 15^\circ \text{C}$

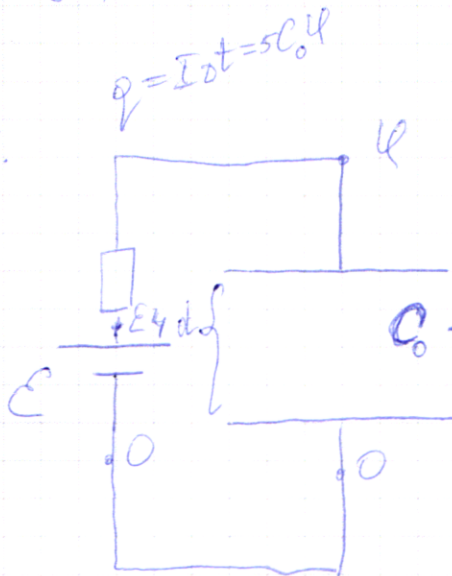
$\frac{1,831 \cdot 288}{8,31 \cdot 10^{-3}}$

$\frac{288 \cdot 10^3 \text{ Pa}}{288 \text{ K Pa}}$

$\times \frac{28}{3} = \frac{84}{3}$

$\frac{144 \cdot 2}{0}$

4.



$q = I \Delta t = 5C_0 \varphi$

$\frac{\mathcal{E} - \varphi}{R} = \frac{5C_0 \varphi}{\Delta t}$

$Q = I^2 R \Delta t$

$q = C \varphi$

$q_R = ?$

$C \Delta t - \varphi \Delta t = 5C_0 \varphi R$

$\varphi = \frac{\mathcal{E} \Delta t}{5C_0 R + \Delta t}$

$C_0 = \frac{\mathcal{E} \mathcal{E}_0 S}{4d} = \frac{q}{\mathcal{E}}$

$C = \frac{\mathcal{E} \mathcal{E}_0 S}{4d} + \frac{\mathcal{E} \mathcal{E}_0 S}{d} = \frac{5\mathcal{E} \mathcal{E}_0 S}{4d}$

$= 5C_0$

$C_0 = \frac{q}{\mathcal{E}}$

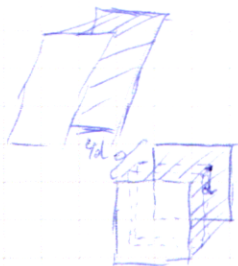
$q = \mathcal{E} C_0$

$q_2 = 5C_0 \mathcal{E} = 5C_0 \mathcal{E}$

$5C_0 = \frac{q_2}{\mathcal{E}}$

$\frac{\mathcal{E} \mathcal{E}_0 4d \cdot a}{4d}$

$\frac{\mathcal{E} \mathcal{E}_0 d \cdot a}{d}$

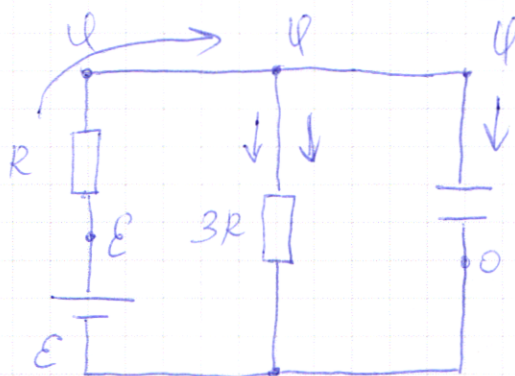
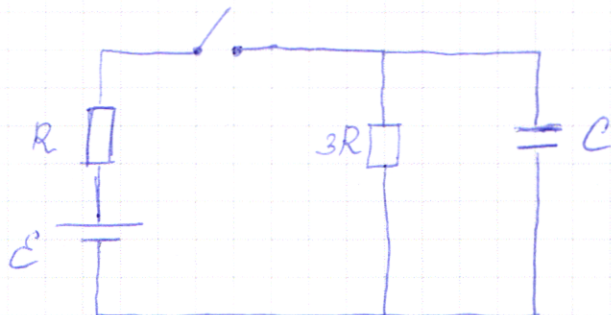


$S_1 = d \cdot a$

$S_2 = 4d \cdot a$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5.



$$A_{\text{внеш}} = \Delta W + Q$$

$$q(\varepsilon)$$

$$0 < \varphi < \varepsilon$$

$$\frac{\varepsilon - \varphi}{R} = \frac{\varphi}{3R} + I(t)$$

ток на

$$I =$$

конд. скачком не
меняется $I(0) = 0$

$$q = C\varphi$$

$$I \Delta t = C\varphi$$

$$I = \frac{C\varphi}{\Delta t}$$

$$\Delta t \approx 0 \quad I = \infty$$

$$3\varepsilon - 3\varphi = \varphi$$

$$3\varepsilon = 4\varphi$$

$$\varphi = \left(\frac{3}{4}\varepsilon\right)$$

$$Q = I^2 4R t$$

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{4R}$$

$$t = \infty$$

$$I_{\text{уст}} = 0$$

$$U_{3R} = U_C$$

$$3\varepsilon =$$

$$q = C\varepsilon$$

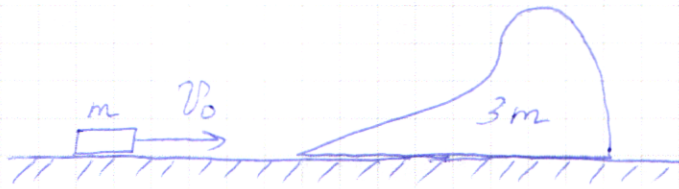
$$q(\varepsilon_2 - \varepsilon_1) = \frac{C\varphi^2}{2} - \frac{C\varphi_0^2}{2} + Q$$

$$\frac{3\varepsilon}{4} \cdot C\varepsilon_2^2 - C\varepsilon_1^2 = \frac{C\varphi^2}{2} - 0 + Q$$

$$Q = \frac{C\varepsilon_2^2}{2} - \frac{C\varepsilon_1^2}{2} = C \cdot \frac{9}{16} \varepsilon^2 - C \cdot \frac{9}{32} \varepsilon^2$$

$$= \frac{18\varepsilon^2 C - 9\varepsilon^2 C}{32} = \left(\frac{9}{32} C\varepsilon^2\right)$$

2.



$$m v_0 = 4m u$$

u — скорость горки
с тольбой отн земли

~~$$m v_0 = m v_0'$$~~

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgH + \frac{m u^2}{2}$$

$$H = \frac{v_0^2 - u^2}{2g} = \frac{v_0^2 - \frac{1}{16} v_0^2}{2g} = \frac{15 v_0^2}{32g}$$

$$mgH + \frac{m u^2}{2} = \frac{m(u - v)^2}{2}$$

$$2gH + u^2 = u^2 - 2uv + v^2$$

$$v^2 - 2uv - 2gH = 0$$

$$D = 4u^2 + 8gH = 4 \cdot \frac{1}{16} v_0^2 + 8 \cdot \frac{15 v_0^2}{32g} = \frac{16 v_0^2}{4} = 4 v_0^2 = (2v_0)^2$$

$$v_{1/2} = \frac{2u \pm 2v_0}{2} = \frac{2 \cdot \frac{1}{4} v_0 \pm 2v_0}{2} = \frac{1 \pm 4v_0}{4} = \left(\frac{5}{4} v_0 \right) \text{ and } \left(-\frac{3}{4} v_0 \right)$$

$$\begin{array}{r} \\ \times 3,16 \\ \hline 316 \\ 1896 \\ \hline 9,98 \\ \hline 9,98 \end{array}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 1.

Дано:

$$l = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

v_{\min} - ? чтобы шарик совершил
полный оборот.

1) По Th. об изменении кин. энергии:

$$A_{\text{всех сил}} = K_2 - K_1$$

$$A_{mg} = K_2 - K_1$$

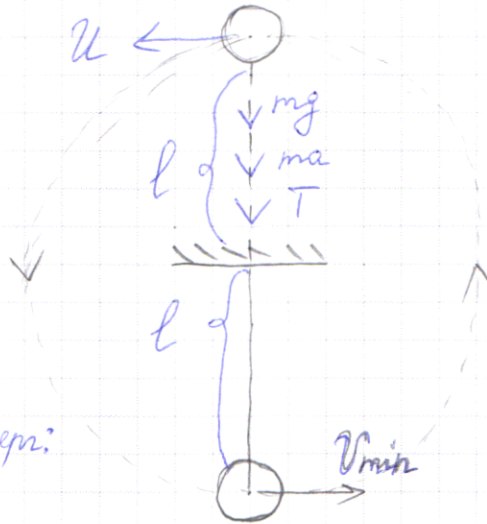
$$-2mgl = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_{\min}^2}{2}$$

$$4mgl = mv_{\min}^2 - mv^2$$

2) $v_{\min} = \sqrt{4gl + v^2}$ ♥

4) $v_{\min} = \sqrt{4gl + gl} = \sqrt{5gl}$

$$v_{\min} = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5} = \sqrt{10} \text{ м/с} \approx 3,16 \text{ м/с}$$



3) Чтобы шарик совершил
полный оборот нить в верхней
точке не должна ослабнуть.

$$ma = mg + T, \text{ где } a = \frac{v^2}{l}$$

$$T \geq 0$$

$$T = ma - mg$$

$$\frac{mv^2}{l} - mg \geq 0$$

$$\frac{mv^2}{l} \geq mg$$

$$v^2 \geq gl$$

ОТВЕТ: $v_{\min} = \sqrt{5gl} = \sqrt{10} \approx 3,16 \text{ м/с}$

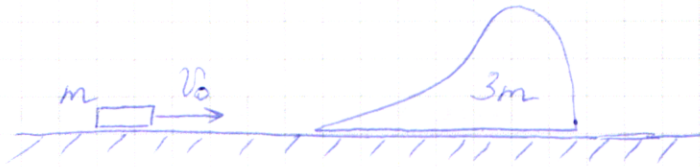
Задача 2.

Дано:

$m, 3m, v_0$

1) $H_{\max} - ?$

2) $v - ?$



1) Применяя ЗСИ: $m v_0 = (m + 3m) u$

$u = \frac{v_0}{4}$. u — скорость горки с ма́йбо́м отн. земли.

2) Далее ЗСЭ для системы:

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g H_{\max} + \frac{m u^2}{2}$$

Стоит учесть что, шарик достигнет максимальной высоты H_{\max} тогда, когда остановится, а когда он остановится, то будет иметь скорость горки u .

3) $\frac{v_0^2 - u^2}{2g} = H_{\max} \Rightarrow H_{\max} = \frac{v_0^2 - \frac{1}{16} v_0^2}{2g} = \frac{15 v_0^2}{32g}$

ЗСЭ во II раз: $m g H_{\max} + \frac{m u^2}{2} = \frac{m (u - v)^2}{2}$

$(u - v)$ — скорость ма́йбо́а отн. земли.

$$2g H_{\max} + u^2 = u^2 - 2uv + v^2$$

$$\frac{v^2}{2} - \frac{1}{2} v_0 v - \frac{15}{16} v_0^2 = 0$$

$$D = \frac{1}{4} v_0^2 + \frac{15}{4} v_0^2 = 4 v_0^2 = (2 v_0)^2$$

$$v_{1/2} = \frac{\frac{1}{2} v_0 \pm 2 v_0}{2} = \frac{1 \pm 4}{4} v_0 = \left[\begin{array}{l} \frac{5}{4} v_0 \times \\ -\frac{3}{4} v_0 \checkmark \end{array} \right.$$

$$v = -\frac{3}{4} v_0$$

ОТВЕТ: 1) $H_{\max} = \frac{15 v_0^2}{32g}$

2) $v = -\frac{3}{4} v_0$, знак "-" означает противоположность скорости отн. горки.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

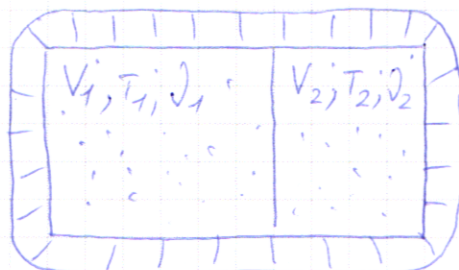
Задача 3.

Дано:

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

$$T_1 = 300 \text{ К}, \nu_1 = 0,2 \text{ моль}$$

$$T_2 = 280 \text{ К}, \nu_2 = 0,3 \text{ моль}$$



1) $t = ? \text{ } ^\circ\text{C}$

2) $p = ?$

1) $Q = 0$, так как сосуд изолирован.

2) $A = 0$, газы работу после процесса перемешивания не совершают.

3) Значит, $\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T$

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

$$t = T - 273 \text{ К} = 288 - 273 = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

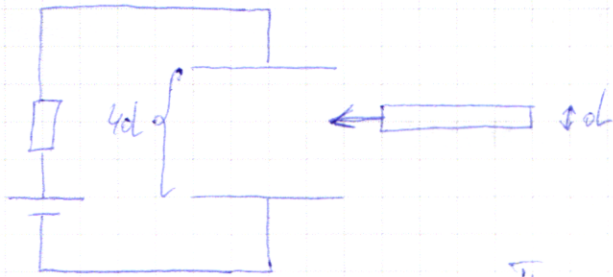
4) $pV = \nu RT$

$$p = \frac{\nu RT}{V} = \frac{1 \cdot 8,31 \cdot 288}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 288 \text{ кПа}$$

ОТВЕТ: 1) $t = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$

2) $p = 288 \text{ кПа}$.

Задача 4.



Дано: $C_0, \epsilon, \epsilon_d, d$.
 d - толщина пластины.
 1) C - ?
 2) q_R - ?

При введении пластины емкость будет суммироваться как с параллельно соединенными конденсаторами.

$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{4d} \quad C_{\text{плст}} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}, \text{ где } S - \text{площадь}$$

$$1) C = C_0 + C_{\text{плст}} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{4d} + \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{5 \epsilon \epsilon_0 S}{4d} = 5C_0$$

2) $q_1 = C_0 \epsilon$ так как резистор с конд. соединены последовательно.
 $q_2 = C \epsilon = 5C_0 \epsilon$

ОТВЕТ: 1) $C = 5C_0$

2) $q_R = 5C_0 \epsilon$

Задача 5.

Дано:

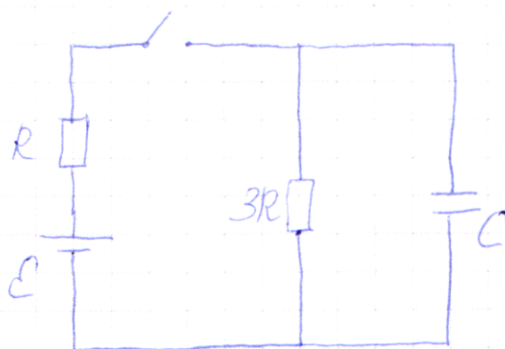
$R, 3R, C, \epsilon$

1) I_0 - ?

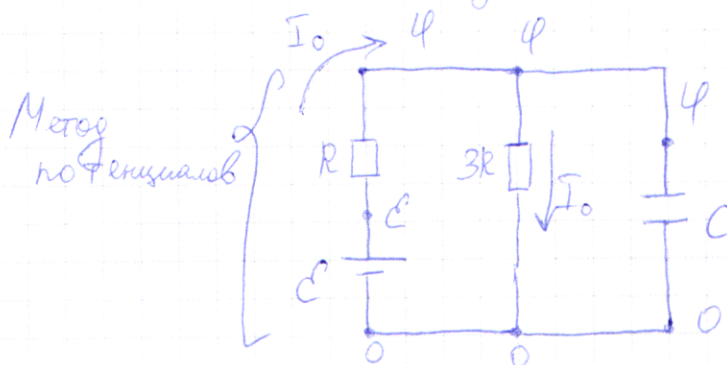
2) $U_{\text{сет}}$ - ?

3) Q - ? после

✓ замыка



После замык. ключа:



1) При $t=0$

$$I(0) = 0$$

Ток на конденсаторе скачком не меняется.

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Значит, $\mathcal{E} = I_0(R + 3R)$

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}}{4R}$$

2) В уст. состоянии $I_c = 0$

$$U_{3R} = U_c$$

По методу потенциалов: $\frac{\mathcal{E} - \varphi}{R} = \frac{\varphi}{3R} \Rightarrow \varphi = \frac{3}{4}\mathcal{E}$

$$U_c = \frac{3}{4}\mathcal{E}$$

3) $A_{\text{внешн}} = \Delta W + Q \Rightarrow Q = A - \Delta W$

$$Q = C\mathcal{E}_2^2 - \underbrace{C\mathcal{E}_1^2}_{=0} - \frac{CU_c^2}{2} - \underbrace{\frac{C\mathcal{E}^2}{2}}_{=0}$$

$$Q = C\mathcal{E}_0^2 - \frac{CU_c^2}{2} = C \cdot \frac{9}{16}\mathcal{E}^2 - C \cdot \frac{9}{32}\mathcal{E}^2 = \frac{9}{32}C\mathcal{E}^2$$

ОТВЕТ: 1) $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{4R}$

2) $U_c(\text{уст}) = \frac{3}{4}\mathcal{E}$

3) $Q = \frac{9}{32}C\mathcal{E}^2$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)