

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

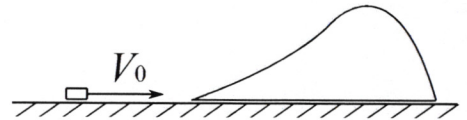
Шифр 13-008

(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.

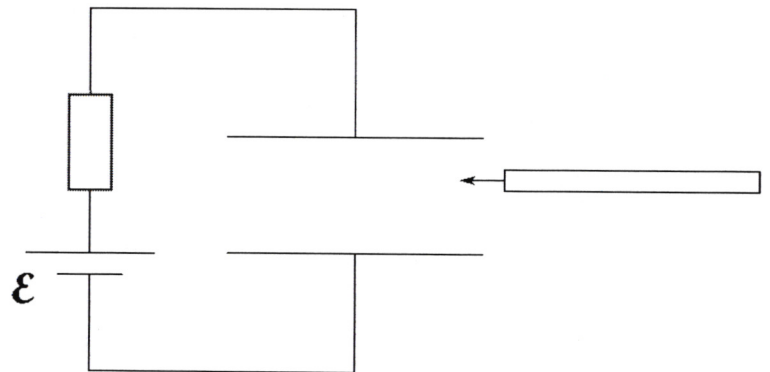


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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.

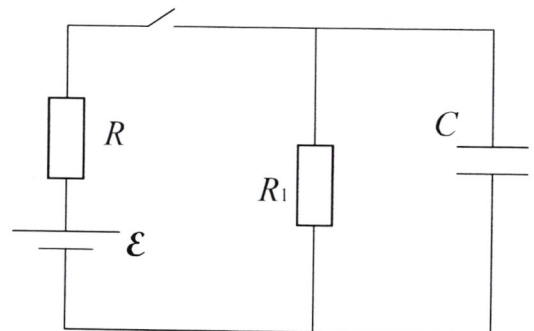
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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 .

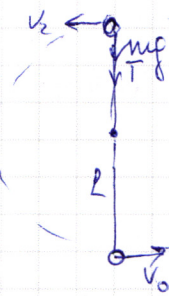


- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти установившееся напряжение на конденсаторе при замкнутом ключе.
- 3) Какое количество теплоты выделится в цепи после размыкания ключа?

N1

Дано:
 $l = 0,5 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $v_0 = ?$

Решение



Чтобы шарик совершил полный оборот, а не упал, нужно чтобы скорость в верхней точке практически не равнялась нулю
 Закон сохранения энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = 2mgl + \frac{mv_2^2}{2}$$

$$v_0^2 = 4gl + v_2^2 \quad (1)$$

v_2 - скорость в верхней точке

Нужно сообщить минимальную скорость
 Запишем второй закон Ньютона в верхней точке практически

$$m\vec{a} = \vec{T} + m\vec{g}. \quad \text{Так как скорость минимальна, } T=0$$

$$ma = mg \Rightarrow a = g.$$

а в верхней точке $\Rightarrow a = \frac{v_2^2}{l}$ (центростремительное ускорение)

$$\text{Отсюда } v_2^2 = gl.$$

Подставим в первое уравнение v_2^2

$$v_0^2 = 4gl + gl$$

$$v_0^2 = 5gl \Rightarrow v_0 = \sqrt{5gl}$$

$$v_0 = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5} \text{ м/с} = \sqrt{25} \text{ м/с} = 5 \text{ м/с}$$

Ответ: $v_0 = 5 \text{ м/с}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5
Дано:
 $R, R_1 = 3R$
 C, \mathcal{E}
1) $I = ?$
2) $U_K = ?$
3) $Q = ?$

Решение

Сразу после замыкания ключа напряжение на конденсаторе равно нулю. Поищем ток через резисторы.
Закон Ома для полной цепи:

$$1) I = \frac{\mathcal{E}}{R + R_1} = \frac{\mathcal{E}}{R + 3R} = \frac{\mathcal{E}}{4R} \text{ А}$$

2) В установившемся режиме напряжение на конденсаторе будет таким же, как напряжение на R ,

$$I_{об} = \frac{\mathcal{E}}{4R} \text{ (Закон Ома)}$$

$$U_1 = I_{об} \cdot 3R = \frac{\mathcal{E} \cdot 3R}{4R} = \frac{3\mathcal{E}}{4}$$

$$U_1 = U_K = \frac{3}{4}\mathcal{E} \text{ В}$$

3) Закон сохранения энергии
 $A_{ист} + W_0 = W_2 + Q$
 W_2 на конденсаторе равно нулю (конденсатор разрядится)
 $A_{ист} = \Delta q \mathcal{E}$, Δq - заряд, который пройдет через источник конденсатор полностью разрядится $\Rightarrow \Delta q = C U_K = \frac{C\mathcal{E}}{4}$

$$A_{ист} = \frac{3C\mathcal{E}^2}{4}$$

$$W_0 = \frac{C U_K^2}{2} = \frac{C (3\mathcal{E}/4)^2}{2} = \frac{C \cdot 9\mathcal{E}^2}{2 \cdot 16} = \frac{9C\mathcal{E}^2}{32}$$

$$\frac{3C\mathcal{E}^2}{4} + \frac{9C\mathcal{E}^2}{32} = Q$$

$$\frac{24C\mathcal{E}^2 + 9C\mathcal{E}^2}{32} = Q \Rightarrow Q = \frac{33C\mathcal{E}^2}{32} \text{ Дж}$$

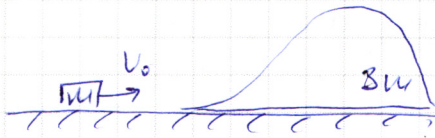
Ответ: 1) $I = \frac{\mathcal{E}}{4R} \text{ А}$
 2) $U_K = \frac{3\mathcal{E}}{4} \text{ В}$
 3) $Q = \frac{33C\mathcal{E}^2}{32} \text{ Дж}$

$n2$
 Дано:
 m, v_0
 $3m$
 1) h_{\max} ?
 2) v_k ?

Решение

Прямая линия.

Законы сохранения импульса



$$1) mv_0 = mv_2 + 3mv_2$$

В вершине 2-й шайбы будет иметь такую же скорость, что и горка. (относительно Земли).

$$mv_0 = 4mv_2 \Rightarrow v_2 = \frac{mv_0}{4m} = \frac{v_0}{4}$$

 v_2 - скорость горки

$$v_2 = \frac{v_0}{4}$$

Законы сохранения энергии

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh_{\max} + \frac{mv_2^2}{2}$$

$$v_0^2 = 2gh_{\max} + v_2^2$$

$$\therefore v_2 = \frac{v_0}{4}$$

$$v_0^2 = 2gh_{\max} + \frac{v_0^2}{16}$$

$$16v_0^2 = 32gh_{\max} + v_0^2 \Rightarrow 15v_0^2 = 32gh_{\max} \Rightarrow h_{\max} = \frac{15v_0^2}{32g} \text{ м.}$$

2) После того, как шайба свернет с горки, шайба будет двигаться со скоростью v_k , а горка так же будет двигаться со скоростью v_2 .

Законы сохранения энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_k^2}{2} + \frac{3mv_2^2}{2}$$

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

$$v_0^2 = v_k^2 + \frac{3v_0^2}{16} \Rightarrow 16v_0^2 = 16v_k^2 + 3v_0^2 \Rightarrow 13v_0^2 = 16v_k^2 \Rightarrow v_k = \frac{v_0\sqrt{13}}{4} \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $h_{\max} = \frac{15v_0^2}{32g}$ м

2) $v_k = \frac{v_0\sqrt{13}}{4}$ м/с

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3
Дано:
 $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
 $T = 300 \text{ К}$
 $T_2 = 280 \text{ К}$
 $\nu_1 = 0,2 \text{ моль}$
 $\nu_2 = 0,3 \text{ моль}$
1) $T_k = ?$
2) $p_k = ?$

Решение

До

После

1) По условию смесь теплоизолированная, следовательно $Q = 0$.
Закон сохранения энергии:
 $U_1 + U_2 = U_k$ U - внутренняя энергия
 $U_1 = \frac{1}{2} \nu_1 R T_1 = \frac{3}{2} \nu_1 R T_1$
 $U_2 = \frac{1}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} \nu_2 R T_2$
 $U_k = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T_k$
 $\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) R T_k$
 $\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = (\nu_1 + \nu_2) T_k$
 $0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280 = 0,5 \cdot T_k$
 $144 = 0,5 T_k \Rightarrow T_k = 288 \text{ К}; T_k = 15^\circ \text{ C}$

2) Конечное давление в сосуде - парциальное. Сумма парциальных давлений равно формуле в сосуде
 $p_k = p_1' + p_2'$
 $p_1' V = \nu_1 R T_k$ $p_2' V = \nu_2 R T_k$ Уравнение Менделеева - Клапейрона
 $p_1' = \frac{\nu_1 R T_k}{V}$ $p_2' = \frac{\nu_2 R T_k}{V}$
 $p_k = \frac{\nu_1 R T_k}{V} + \frac{\nu_2 R T_k}{V} = \frac{R T_k (\nu_1 + \nu_2)}{V} = \frac{8,31 \cdot 288 \cdot 0,5}{8,31 \cdot 10^{-3}} = \frac{288 \cdot 5 \cdot 10^{-1}}{10^{-3}} =$
 $= \frac{288 \cdot 5}{10^{-2}} = 144000 \text{ Па}$
Ответ: 1) $T_k = 15^\circ \text{ C}$
2) $p_k = 144000 \text{ Па}$

Изменение заряда на конденсаторе - это заряд, который протекает на резисторе

$$\Delta q = q_2 - q_0 = \frac{4C_0 \epsilon}{3} - C_0 \epsilon = \frac{4C_0 \epsilon - 3C_0 \epsilon}{3} = \frac{C_0 \epsilon}{3} \cdot \text{кл}$$

Ответ: 1) $C_{\text{эк}} = \frac{4C_0}{3}$ ф

2) $\Delta q = \frac{C_0 \epsilon}{3}$ кл

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

N4
Дано:
 C_0, ϵ
 $d_n = \frac{dk}{4}$
1) $C_{к?}$
2) $\Delta q ?$

Перед

После

d_1, d_2 - расстояние между пластинами конденсаторов C_1 и C_2

S - площадь обкладок
 dk - расстояние (исходное) между пластинами конденсатора емкостью C_0

После введения пластинки конденсатор (с полной емкостью) соединен последовательно.
Обозначим их C_1 и C_2

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d_1}, \quad C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d_2}$$

$$dk = d_n + d_1 + d_2 \quad ; \quad dk = \frac{dk}{4} + d_1 + d_2 \Rightarrow d_1 + d_2 = \frac{3dk}{4}$$

$$d_1 = \frac{3dk}{4} - d_2$$

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{\left(\frac{3}{4}dk - d_2\right)}, \quad C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d_2}$$

Поскольку они соединены последовательно, их общая емкость находим по формуле:

$$C_{к} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$C_{к} = \frac{\frac{\epsilon_0 S}{\left(\frac{3}{4}dk - d_2\right)} \cdot \frac{\epsilon_0 S}{d_2}}{\frac{\epsilon_0 S}{\left(\frac{3}{4}dk - d_2\right)} + \frac{\epsilon_0 S}{d_2}}$$

$$C_1 + C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{\frac{3}{4}dk - d_2} + \frac{\epsilon_0 S}{d_2} = \frac{\epsilon_0 S d_2 + \epsilon_0 S \left(\frac{3}{4}dk - d_2\right)}{\left(\frac{3}{4}dk - d_2\right) d_2}$$

$$= \frac{\epsilon_0 S (d_2 + \frac{3}{4}dk - d_2)}{\left(\frac{3}{4}dk - d_2\right) d_2} = \frac{\frac{3}{4}dk \epsilon_0 S}{\left(\frac{3}{4}dk - d_2\right) d_2}$$

$$C_{к} = \frac{\epsilon_0^2 S^2 \left(\frac{3}{4}dk - d_2\right) d_2}{\left(\frac{3}{4}dk - d_2\right) d_2 \cdot \frac{3}{4}dk \epsilon_0 S}$$

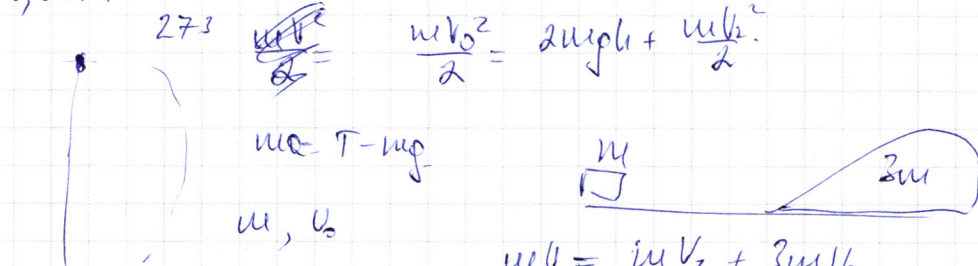
$$C_{к} = \frac{\epsilon_0 S}{\frac{3}{4}dk} = \frac{4\epsilon_0 S}{3dk} \quad ; \quad C_{к} = \frac{4\epsilon_0 S}{3 \cdot \frac{\epsilon_0 S}{C_0}} = \frac{4C_0}{3} \cdot \varphi$$

2) Заряд на конденсаторе до введения пластинки: $q_0 = C_0 U$, где $U = \epsilon$
 $q_0 = C_0 \epsilon$ (исходный заряд)

Заряд на конденсаторе после введения пластинки: $q_2 = C_{к} U_2 = C_{к} \epsilon$
 $q_2 = C_{к} \epsilon = \frac{4C_0 \epsilon}{3}$ q_2 - заряд конденсатора после введения пластинки

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$L = 0,5 \text{ м.}$



$$\frac{mv_0^2}{2} = 2mgh + \frac{mv_2^2}{2}$$

$$m\alpha = T - mg$$

m, v_0

$$mU = mV_2 + 2mV_2$$

$$U = V_2 + 2V_2$$

$$U = 3V_2$$

$$V_2 = \frac{U}{3}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2}$$

$$16v_0^2 = v_2^2$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = 2mgh$$

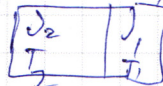
$$U_0^2 = 2gh$$

$$v_0^2 = \sqrt{2gh} = 4\sqrt{2gh}$$

$$mU_2 = 3mV_2 + mV_2$$

$$\frac{240}{840}$$

$Q = 0.$
 $V = 8,91 \cdot 10^{-1}$



$$\frac{I}{2} R_1 \neq \frac{I}{2} R_2 = \frac{I}{2} R_1 + \frac{I}{2} R_2$$

$$I_1 T_1 + I_2 T_2 = I (I_1 + I_2)$$

$$T_1 = 300$$

$$T_2 = 200 \text{ K}$$

$$0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 200 = 0,5 \cdot T$$

$$T = 72 \text{ K}$$

$$P = P_1 + P_2 = \frac{I_1^2 R_1}{4} + \frac{I_2^2 R_2}{5}$$

300
 600

$$\frac{44}{2875}$$

$$\frac{24}{140}$$

$$= 0,1788 = 0,1788$$

$$16v_0^2 + v_2^2 = 2gh + v_2^2$$

$$v_2^2 = \frac{2gh + v_2^2}{2}$$

$$\frac{2}{v_2^2} + 1 = \frac{2}{v_2^2}$$

$$mU_2 + mV_2 = \frac{2}{v_2^2}$$

$$mU_2 + 2mV_2 = \frac{2}{v_2^2}$$

$$q = CU$$

$$\frac{275}{150} = \eta$$

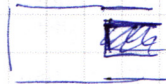
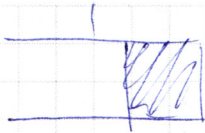
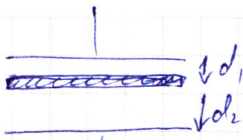
$$v_2^2 = 2gh$$

$$mU_2 = \frac{2}{v_2^2}$$

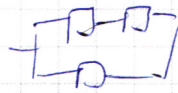
$$m\alpha = T - mg$$

$$\frac{2}{v_2^2} + 1 = \frac{2}{v_2^2}$$

$$\frac{2}{v_2^2} + 2mgh = \frac{2}{v_2^2}$$



$$C_0 = \frac{\epsilon S}{dk} \quad du = \frac{dq}{C}$$



а) $C_0 = \frac{\epsilon S}{dk}$

$$C_0 = \frac{\epsilon S}{dk} \quad C_1 = \frac{\epsilon S}{d_1} \quad C_2 = \frac{\epsilon S}{d_2}$$

$$d_1 + d_2 + \frac{dk}{4} = dk \quad dk - dk$$

↳

$$\frac{3}{4} dk = d_1 + d_2$$

$d_1 = \frac{3}{4} dk - dk$

$$d_1 = \frac{3}{4} dk - dk$$

$$C_0 = \frac{\epsilon S}{\frac{3}{4} dk - dk} \quad C_2 = \frac{\epsilon S}{dk}$$

$$C_{02} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$\frac{\epsilon S}{\frac{3}{4} dk - dk} + \frac{\epsilon S}{dk} = \frac{\epsilon S d_1 + \epsilon S (\dots)}{dk (\frac{3}{4} dk - dk)}$$

$$\frac{\epsilon S}{\frac{3}{4} dk} = C_2$$

$$C_0 = \frac{\epsilon S}{dk} \rightarrow dk = \frac{\epsilon S}{C_0}$$

$$\frac{\epsilon S d_1}{\frac{3}{4} \epsilon S} = C_2 \cdot \frac{4}{3} C_0 = C_2$$

$$\frac{\epsilon S}{0,75 dk - dk} + \frac{C_0 S}{dk} = \frac{\epsilon S d_1 + \epsilon S (\dots)}{dk (d_1 \dots)}$$

$$= \epsilon S (d_1 + \dots)$$

$\frac{b}{\sqrt{3}L}$

0,2

300

$\times 0,2$

600

2

280

$\times 3$

840

$$\frac{288 \cdot 5}{10^{-2}}$$

144

47

288

$\times 5$

144000

$$\begin{aligned} u_1 &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = 22 \\ u_2 &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = 16 \\ u_3 &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = 16 \\ u_4 &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = 16 \\ u_5 &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = 16 \end{aligned}$$

$$\frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} + \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$u_1 + u_2 = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$u_3 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$u_4 + u_5 = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$u_6 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

$$u_7 + u_8 = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 r^2}$$

Всего зарядов 8 по 2

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{E_0 \rho_0}{\rho_0} + \frac{E_0 \rho_0}{\rho_0} = \frac{E_0 \rho_0}{\rho_0}$$

$$\frac{E_0 \rho_0}{\rho_0}$$

$$\frac{E_0 \rho_0}{\rho_0}$$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)