

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

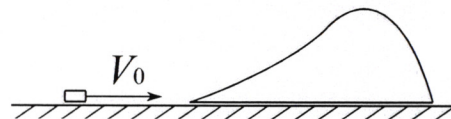
Шифр 1-001

(заполняется секретарём)

Вариант 11-04

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

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.

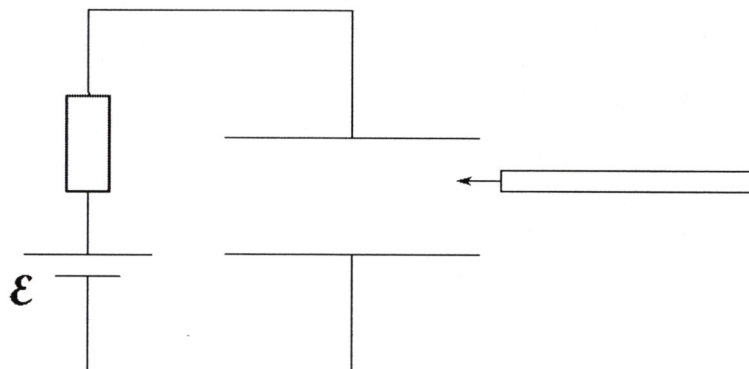


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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

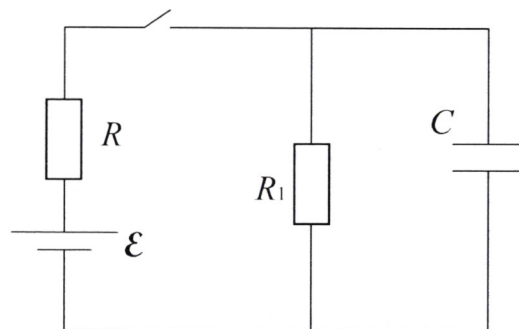
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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?

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Дано:

$$l = 0,18 \text{ м.}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

Найти:

v .

$$E_n = E_k$$

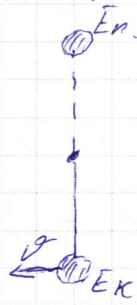
$$mgh = \frac{mv^2}{2}$$

$$2gh = v^2$$

$$v = \sqrt{2gh} =$$

$$= \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,18} = 2\sqrt{1,8} \text{ м/с.}$$

Решение:



Ответ: $v = 2\sqrt{1,8} \text{ м/с.}$

№5.

Дано:

$$R_1 = 4R$$

$$C; E; R$$

Найти:

$$1) I; 2) U;$$

$$3) Q$$

Решение:

1) В момент замыкания ключа ток

пойдёт через контур

1, 2, 5, 6. С-МО

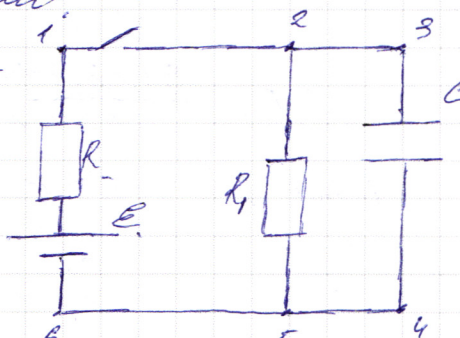
$$\text{Т.к. } E = \frac{I}{(R+R)}, \text{ то}$$

$$I = E(R+R) = E \cdot 5R = 5ER \text{ (А)}$$

2) Т.к. конденсатор и резисторы R_1 подключены параллельно, то $U_{R_1} = U_C = R_1 \cdot I = 4R \cdot 5ER = 20ER^2 \text{ (В)}$.

3) При размыкании ключа ток пойдёт через контур 2, 3, 4, 5. С-МО $Q = UI \Delta t$.

$$C = \frac{Q}{U} \Rightarrow Q = CU; Q = UI \Delta t = U \frac{dQ}{dt} \cdot \Delta t = UQ = CU^2 = 400ER^2 \text{ (Кл)}$$



Ответ: $I = 5RE$ (А); $U = 20R^2E$ (В); $Q = 400R^4E^2$ (Дж).

№3

Дано:

$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

$T_1 = 400 \text{ К}$

$T_2 = 280 \text{ К}$

$V_1 = 0,1 \text{ моль}$

$V_2 = 0,4 \text{ моль}$

Найти:

1) T; 2) P.

Решение:

1) $c m_2 \Delta T_2 = c m_1 \Delta T_1$

$c V_2 \cdot \mu \cdot \Delta T_2 = c V_1 \cdot \mu \cdot \Delta T_1$

$V_2 \Delta T_1 = V_1 \Delta T_2$

~~$0,1(400 - x) = 0,4(280 - x)$~~

$0,1(400 - x) = 0,4(280 - x)$

$40 - 0,1x = 0,4x - 112$

$0,5x = 152$

$x = 304$, и-по $T = x = 304 \text{ К}$.

2) $PV = \nu RT$

$PV = (V_1 + V_2) R \cdot T$

$P = \frac{(V_1 + V_2) R \cdot T}{V}$

$P = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 0,5 \cdot 304 \cdot 10^3 = 152 \cdot 10^3 \text{ Па}$

Ответ: $T = 304 \text{ К}$; $P = 152 \cdot 10^3 \text{ Па}$

№4

Дано:

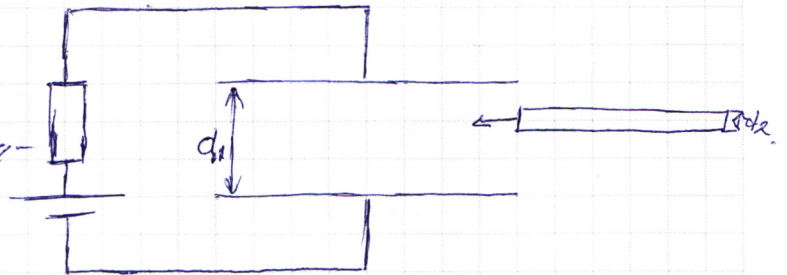
ϵ ; C ; $d_1 = 3d_2$

Найти:

1) C_1 ; 2) Q .

Решение:

При введении проводящей пластинки:



$C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{1}{x}}$

$C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{1}{y}}$; $C_1 = \frac{x \cdot \epsilon \epsilon_0 S}{\epsilon \epsilon_0 S}$; $C_2 = \frac{y \cdot \epsilon \epsilon_0 S}{\epsilon \epsilon_0 S}$

$C_1 = x \cdot \epsilon$; $C_2 = y \cdot \epsilon$; и-по т.к. $C_{\text{рез}} = C_1 + C_2$ и

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{x+y}{xy} = \frac{2}{3}, \text{ ТО } \text{Сред} = 6 \text{ с.}$$

Ответ: Сред. = 6 с., т.е. с увеличивается в 6 раз.

№2.

Дано:

$$v_1 = v_0$$

$$m_2 = 4m$$

$$m_1 = m$$

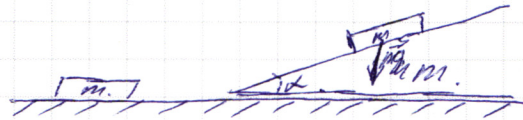
Найти:

h_{max} и v_c .

Решение:

$$1) \text{ Числа } z = mg \cos \alpha$$

$$a_z = \frac{mg \cos \alpha}{4m} = \frac{g \cos \alpha}{4} = 2,5 \cos \alpha \text{ м/с}^2$$



$$m a_m = mg \sin \alpha$$

$$a_m = \frac{mg \sin \alpha}{m} = g \sin \alpha$$

$$v_m = v_0 - 10 \sin \alpha \cdot t$$

$$v_z = 2,5 \cos \alpha \cdot t$$

$$v_0 - 10 \sin \alpha \cdot t = 2,5 \cos \alpha \cdot t$$

$$\frac{v_0}{2,5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha} = t$$

$$h = (v_0 t - \frac{a_m t^2}{2}) \cdot \sin \alpha = \frac{v_0^2 g^2}{2,5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha} - \frac{v_0^2 10 g^2 \sin \alpha}{2(2,5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha)^2}$$

$$\frac{v_0^2 (5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha) \cdot \sin \alpha}{2(2,5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha)^2} \cdot \sin \alpha = \frac{v_0^2 (5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha) \cdot \sin \alpha}{2(2,5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha)^2}$$

$$2) mgh = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow 2gh = v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2g v_0^2 (5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha) \cdot \sin \alpha}{2(2,5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha)^2}} = \frac{\sqrt{10 v_0^2 (5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha) \cdot \sin \alpha}}{2,5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha}$$

$$\text{Ответ: } h_{\text{max}} = \frac{v_0^2 (5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha) \cdot \sin \alpha}{2(2,5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha)^2}, \quad v_c = \frac{\sqrt{10 v_0^2 (5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha) \cdot \sin \alpha}}{2,5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha}$$



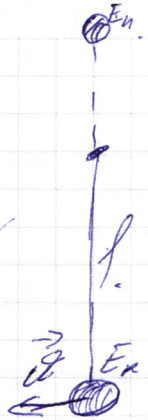
черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№1.

Дано:
 $l = 0,48 \text{ м.}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
Найти:
 v .



$$E_n = E_k \Rightarrow mgh = \frac{mv^2}{2}$$

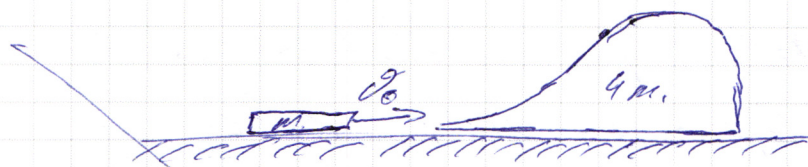
$$gh = \frac{v^2}{2}$$

$$2gh = v^2 \Rightarrow v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,48} = \sqrt{9,6} = 2\sqrt{1,8} \text{ м/с}$$

№2.

Дано:
 v_0, v_1
 $m_2 = 4 \text{ м.}$
 $m_1 = m$
Найти:
 h
 $v_{\text{мг}}, v_{\text{цм}}$.

Решение:



~~$$mv_0 = (m+4m)v \Rightarrow v = \frac{mv_0}{m+4m} = \frac{m}{5m} \cdot v_0 = 0,2v_0$$

$$mv_0^2 = (m+4m)v^2 \Rightarrow v = 0,2v_0, \text{ а } mv_1^2 = 0,8v_0^2 \text{ — некорректно, а } mv_1^2 = 0,8v_0^2 \text{ — некорректно, а } mv_1^2 = 0,8v_0^2 \text{ — некорректно}$$

$$mgh = \frac{m \cdot 0,64v_0^2}{2} \Rightarrow 2gh = 0,64v_0^2 \Rightarrow 20h = 0,64v_0^2 \Rightarrow h = \frac{0,64v_0^2}{10 \cdot 2} = 0,032v_0^2$$

$$mgh = \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow 2gh = v_0^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2gh}{m}} = \sqrt{0,64v_0^2} = 0,8v_0$$~~

№:

Дано:

$$R_1 = 4R$$

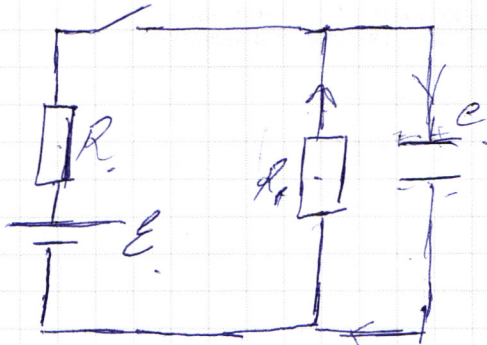
$$C, E, R$$

Найти:

1) I

2) U

3) Q



$$q = \frac{U}{R} \Rightarrow U = R \cdot I$$

$$1) E = \frac{I}{R+R_1} = \frac{I}{R+4R} = \frac{I}{5R} \Rightarrow I = 5RE \cdot A$$

2) Т.к. с параллельно R_1 , то $U_C = U_{R_1}$

и-то: $U_C = U_{R_1} = R \cdot I = 4R \cdot 5RE = 20R^2 E \cdot B$

3) $Q_R = U I \Delta t = R I^2 \Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t$

~~$C = \frac{q}{U} \Rightarrow E = \frac{C U^2}{2}$, где $C = \frac{q}{U}$, где $q = I \Delta t$~~

~~и-то $E = \frac{I \Delta t \cdot U^2}{4R} = \frac{U I \Delta t}{2}$~~

~~$W = \frac{q}{2C} \Rightarrow P = \frac{Q}{\Delta t} = 2UI$~~

$C = \frac{q}{U} \Rightarrow q = CU = C \cdot 20R^2 E$

$Q = UI \Delta t = U \frac{q}{\Delta t} \cdot \Delta t = Uq$, и-то $Q = C \cdot 20R^2 E =$

$= C \cdot 400R^2 E = 400 C R^2 E^2 \cdot B$

✓

№

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3.

Дано:

$$V = 8,34 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T_{H_2} = 127^\circ \text{C}$$

$$\nu(H_2) = 0,4 \text{ моль}$$

$$T_{H_2} = 4^\circ \text{C}$$

$$\nu(H_2) = 0,4 \text{ моль}$$

Найти:

1) T_K

2) P_K

Решение:

$$PV = \frac{m}{\mu} R T$$

$$V_K = V_1 + V_2; m_K = m_1 + m_2$$

$$P_1 V_1 = \nu_1 R T_1; P_2 V_2 = \nu_2 R T_2$$

$$P_1 V_1 = 0,4 \cdot R \cdot 400; P_2 V_2 = 0,4 \cdot R \cdot 280$$

$$P_1 V_1 = R \cdot 160; P_2 V_2 = R \cdot 112$$

$$P_1 V_1 = R \cdot 160; P_2 (8,34 \cdot 10^{-3}) = R \cdot 112$$

$$\frac{P_1 V_1}{160} = \frac{P_2 (8,34 \cdot 10^{-3})}{112}$$

№4

Дано:

$$C = C_0 \epsilon$$

$$\epsilon_1 d_1 = 3 \epsilon_2 d_2$$

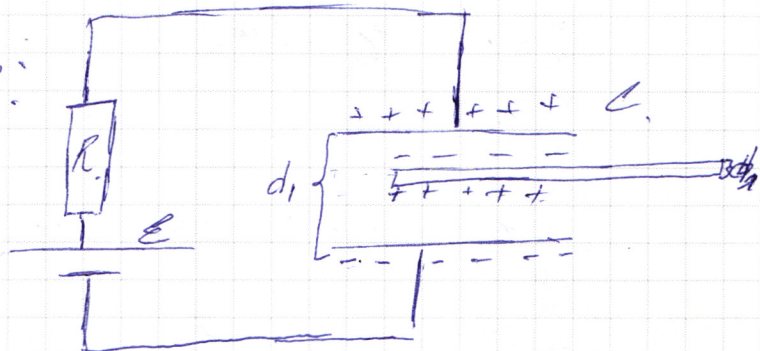
Найти:

1) C

2) q

Решение:

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$



№2

Дано:

$$v_1 = v_0$$

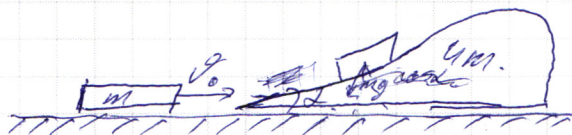
$$m_2 = 4m$$

$$m_1 = m$$

Найти:

$v_m, v_{m,t}$

Решение:



$$v_0 - 10g \sin \alpha t = 2,5 \cos \alpha t$$

$$v_0 = t(2,5 \cos \alpha + 10g \sin \alpha) \quad F = mg \cos \alpha$$

$$4ma = mg \cos \alpha$$

$$\frac{v_0}{t} = 2,5 \cos \alpha + 10g \sin \alpha \quad a = \frac{g \cos \alpha}{4} = 2,5 \cos \alpha$$

$$s = v_0 t + \frac{(2,5 \cos \alpha + 10g \sin \alpha) t^2}{2}$$

$$ma_m = mg \sin \alpha$$

$$a_m = -g \sin \alpha = -10 \sin \alpha$$



$$\begin{cases} 1) \quad mg \cos \alpha = 4ma \\ \quad a = 2,5 \cos \alpha \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2) \quad ma = mg \sin \alpha \\ \quad a = g \sin \alpha = 10 \sin \alpha \end{cases}$$

$$v_m = v_0 - 10g \sin \alpha \cdot t$$

$$v_2 = 2,5 \cos \alpha \cdot t$$

$$v_0 - 10 \sin \alpha \cdot t = 2,5 \cos \alpha \cdot t$$

$$\frac{v_0}{2,5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha} = t$$

$$h = \left(\frac{v_0^2}{2,5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha} - \frac{v_0^2 \cdot 10 \sin \alpha}{2(2,5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha)^2} \right) \cdot \sin \alpha =$$

$$= \frac{v_0^2 (5 \cos \alpha + 20 \sin \alpha - 10 \sin \alpha) \sin \alpha}{2(2,5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha)^2} = \frac{v_0^2 (5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha) \cdot \sin \alpha}{2(2,5 \cos \alpha + 10 \sin \alpha)^2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

2,5 cos α = 10 sin α
 cos α = 4 sin α
 1 - sin² α = 16 sin² α
 15 sin² α = 1
 sin² α = 1/15
 sin α = 1/√15

√3
 $V = 8,34 \cdot 10^{-2}$

28
 x 14
 112

$PV = \nu RT$

$P \cdot 8,34 \cdot 10^{-2} = 0,5 \cdot R \cdot T$

$P = 10^5 = 0,5 T$

$R_1 V_1 = 0,1 R_2 T_2$

$R_1 V_1$

$0,1(400 - x) = 0,4(280 + x)$ ~~$0,2 = 0,14x$~~

$0,5x = 112 + 40$

$0,5x = 152$

$x = 304$

$V = \nu R$

$\epsilon V_1 \Delta T_1 = \epsilon V_2 \Delta T_2$

$V_1 \Delta T_1 = V_2 \Delta T_2$

$V_1(124 - x) = V_2(14 + x)$

$12,4 - 0,4x = 2,8 + 0,4x$

$0,5x = 10,4$

$V_1 \Delta T_1 = V_2 \Delta T_2$

$V_1(124 - x)$

$0,1(400 - x) = 0,4(x - 280)$

$40 - 0,1x = 0,4x - 112$

$0,5x = 152$

$x = 304$

$$1) \quad C = \frac{E E_0 S}{d} \Rightarrow d = \frac{E E_0 S}{C} \quad x+y.$$

$$C_1 = C_2 = \frac{E E_0 S}{\frac{1}{3}d} = \frac{E E_0 S}{\frac{1}{3} \frac{E E_0 S}{C}} = 3C, \quad \text{сл. - мо сред.} = \frac{6}{C}.$$

$$\Rightarrow d = \frac{E E_0 S}{3C}$$

$$C_1 = C_2 = \frac{E E_0 S}{\frac{d}{3}} = \frac{E E_0 S}{\frac{E E_0 S}{3C}} = 3C, \quad \text{сл. - мо сред.} = 6C.$$

$$2) \quad C_1 = \frac{E E_0 S}{x d} \quad C_2 = \frac{E E_0 S}{y d} = \frac{x C}{y} + y C$$

$$C_2 = \frac{C}{y} \quad \frac{C}{x} + \frac{C}{y} = \frac{C y + C x}{x y} = \frac{C(x+y)}{x y} = \frac{C}{3}$$