

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

Шифр

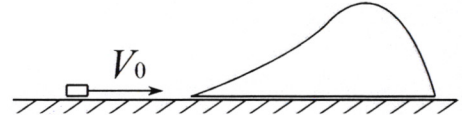
1-011

(заполняется секретарём)

Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 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 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.

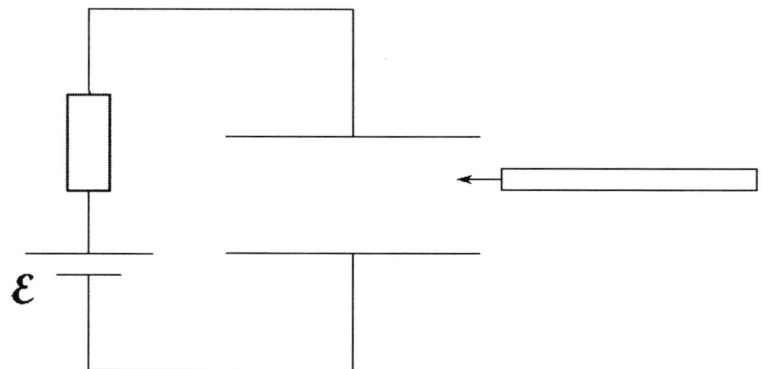


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

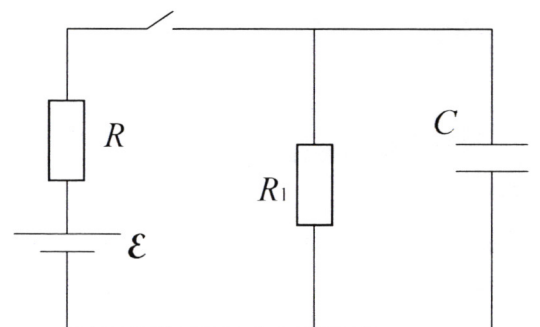
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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

3. $Q = \Delta U + A$
 $u_1 + u_2 = u_1' + u_2'$

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

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

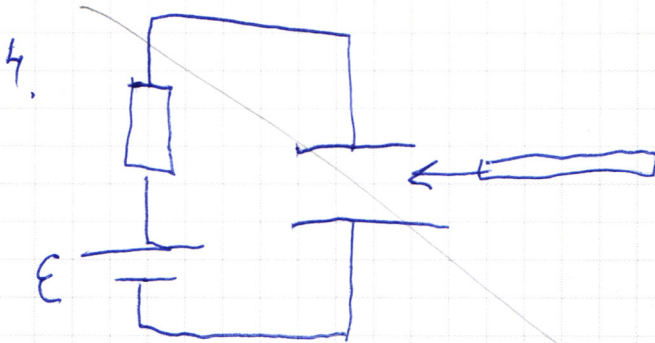
$$T = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,5} = \frac{40 + 112}{0,5} = 152 \cdot 2 = 304 \text{ K}$$

$$t = T - 273 = 304 - 273 = 31^\circ \text{C}$$

$$P' V_{005} = (\nu_1 + \nu_2) R T$$

$$P' = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T}{V_{005}} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 152 \cdot 10^3 \text{ Pa} \approx 152 \text{ kPa}$$

ответ: 31°C ; 152 kPa .



$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{2}{3} d}$$

$$C = \frac{3}{2} \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{3}{2} C_0$$

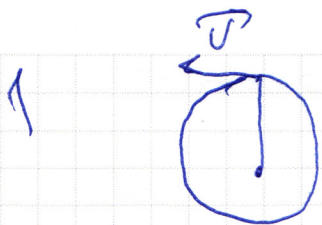
соер. попер-о:

$$\eta = \frac{\epsilon}{R + r}$$

$$u_1 = \eta R = \frac{\epsilon R}{R + r}$$

$$u_2 = \epsilon - u_1 = \epsilon \left(1 - \frac{R}{R + r}\right)$$

$$C = \frac{q}{u_2} \Rightarrow \eta = C u_2 \Rightarrow \eta = \frac{3}{2} C_0 \epsilon \left(1 - \frac{R}{R + r}\right)$$



$$m\vec{\omega} = m\vec{\omega}$$

$$\frac{mv^2}{l} = m\omega$$

$$v^2 = \omega^2 l$$

по 3СЭ:

$$E_{k0} = E_k + E_n$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + mgh \quad | : 2$$

$$mv_0^2 = mv^2 + 4mgl$$

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

$$v_0^2 = gl + 4gl = 5gl$$

$$v_0 = \sqrt{5gl}$$

$$v_0 = \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0.18} \approx 3 \text{ м/с}$$

Ответ: 3 м/с.

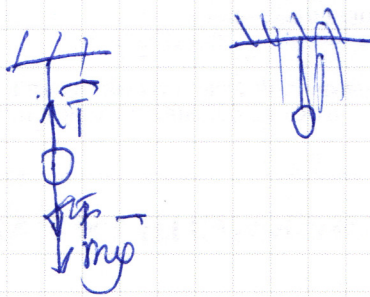
$$2. \quad m v_0 = (m + 4m) v$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgh + \frac{(m + 4m) v^2}{2}$$

$$v = \frac{v_0}{5}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = mgh + \frac{5m v^2}{2} \quad | : \frac{m}{2}$$

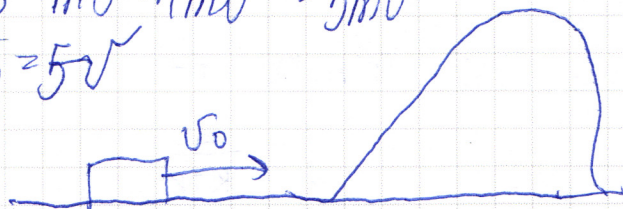
$$v_0^2 = 2gh + 10v^2 \Rightarrow 2gh = v_0^2 - \frac{1}{5} v_0^2 \left(\frac{v_0}{2} \right)^2$$

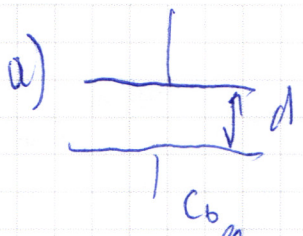


1-е ур-е сил:

$$m v_0 = m v + 4m v = 5m v$$

$$v_0 = 5v$$





при легком замыкании посылков-о вкл. конденс.

лучше вычислить разность потенциалов, только по цепи

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d_1} = \frac{\epsilon S}{\frac{d}{3}} = \frac{3\epsilon_0 S}{d}$$

$$C = \frac{C_1}{2}$$

$$C_1 = 3C_0 \Rightarrow C = 1,5C_0$$

$$\delta) \Delta q = q - q_0 = UC - UC_0 = 0,5C_0 E$$

5. $R_1 = 4R$

- C
- E
- J - ?
- U - ?
- Q - ?

Решение.

$$U = U_1$$

$U_1 = IR_1$ по закону Ома

$$I = \frac{E}{R + R_1} = \frac{E}{R + 4R} = \frac{E}{5R}$$

$$U_1 = \frac{4R}{5R} E \quad U_1 = \frac{4E}{5}$$

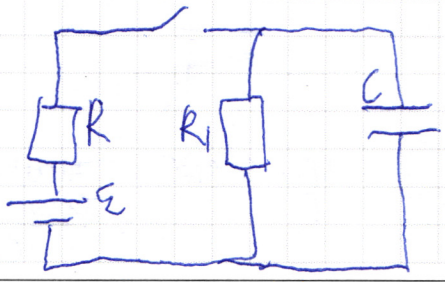
$$U = 0,8E$$

$$W_{\text{затрачено}} = \frac{CU^2}{2} = \frac{C}{2} \cdot \left(\frac{16}{25} E^2\right) = \frac{8CE^2}{25}$$

$$W_{\text{при}} = 0, \text{ т.к. } U > 0$$

$$Q = \Delta W = \frac{8CE^2}{25}$$

затрачено ток $\neq 0$, т.к. цепь разорвана,



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$z_p h = \frac{3}{5} v_0^2$$

$$h = \frac{3v_0}{10z_p}$$

$$\begin{cases} m v_0 = m v_1 + 4m v_2 \\ \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{4m v_2^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0 = 4v_2 - v_1 \\ v_0^2 = v_1^2 + 4v_2^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0 + v_1 = 4v_2 \\ v_0^2 - v_1^2 = 4v_2^2 \end{cases} \Rightarrow v_0 - v_1 = 2v_2$$

$$\begin{cases} v_0 + v_1 = 4v_2 \\ 4v_0 - 4v_1 = 4v_2 \end{cases}$$

$$3v_0 - 5v_1 = 0$$

$$v_1 = \frac{3}{5} v_0$$

Ответ: $\frac{3}{5} v_0$

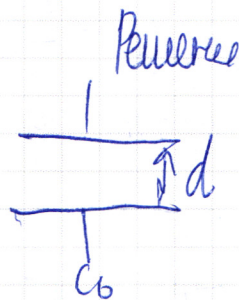
4.

$$E = 1$$

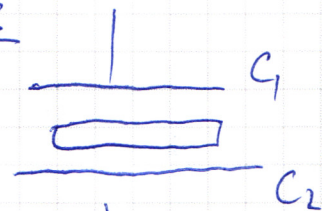
$$C_0 = \epsilon_0 \epsilon_1 \frac{d}{3}$$

$$C = ?$$

$$q = ?$$



$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$



при введении пластины $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ при послойн. вкл. конденс. $C = \frac{C_1 \epsilon_2 + C_2 \epsilon_1}{d}$

$$Q = \Delta U + A$$

$$u_1 + u_2 = u_1' + u_2'$$

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

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

$$T = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,5} = \frac{40 + 112}{0,5} = 152 \cdot 2 = 304 \text{ K}$$

$$t = T - 273 = 304 - 273 = 31^\circ$$

$$p' V_{00} = (\nu_1 + \nu_2) R T$$

$$p' = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T}{V_{00}} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 304}{5 \cdot 10^{-3}}$$

$$= \frac{152 \cdot 10^3 \text{ Па}}{5} = 1,52 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| $t = 127^\circ \text{C}$ | $t = 273^\circ \text{C}$ |
| $T_1 = 2400 \text{ K}$ | $T_2 = 280 \text{ K}$ |
| $\nu_1 = 0,1 \text{ моль}$ | $\nu_2 = 0,4 \text{ моль}$ |

$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{2}{3} d} \Rightarrow C = \frac{3}{2} \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{3}{2} C_0$$

Соед. по схеме:

$$\Rightarrow \gamma\text{-наст} \quad \gamma = \frac{\epsilon}{R + r}$$

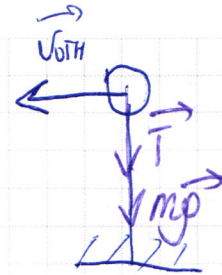
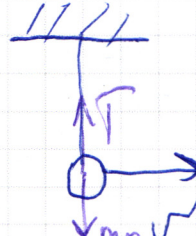
$$u_1 = \gamma R = \frac{\epsilon R}{R + r}$$

$$u_2 = \epsilon - u_1 = \epsilon \left(1 - \frac{R}{R + r} \right)$$

$$C = \frac{q}{u_2} \Rightarrow q = C u_2 \Rightarrow q = \frac{3}{2} C_0 \epsilon \left(1 - \frac{R}{R + r} \right)$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. $l = 0,18 \text{ м}$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$



$v_{отн} = v_{шарика}$

23Н: перейдем в С.О. шарика

$$m\vec{a} = \vec{T} + m\vec{g}$$

$$a = \frac{v_{отн}^2}{L} \Rightarrow T = \frac{m v_{отн}^2}{L} - mg$$

$T \geq 0$ - шарик сделает оборот

v_{min} когда $T = 0$

$$\frac{m v_{отн}^2}{L} \geq mg$$

$$v_{отн}^2 \geq gL$$

$$v_{отн} \geq \sqrt{gL}$$

$$v_{отн} = v + v_{ш.}$$

$$v + v_{ш.} \geq \sqrt{gL}$$

v_{min} когда $v = v_{min}$

$$\Rightarrow v + v_{ш.} = \sqrt{gL}$$

$$\begin{cases} m v_0 = (m+4m) v \\ \frac{m v_0^2}{2} = m g h + \frac{(m+4m) v^2}{2} \end{cases}$$

$$v = \frac{v_0}{5}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g h + \frac{5 m v^2}{2} \quad \left| \cdot \frac{2}{m} \right.$$

$$v_0^2 = 2 g h + 5 v^2$$

$$2 g h = v_0^2 - 5 v^2$$

$$2 g h = \frac{3}{5} v_0^2$$

$$h = \frac{3 v_0^2}{10 g}$$

$$\begin{aligned} v_0^2 &= 2 g h + 5 v^2 \\ 2 g h &= 5 v^2 - v_0^2 \end{aligned}$$

$$\begin{cases} m v_0 = m v_1 + 4 m v_2 \\ \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{4 m v_2^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0 = 4 v_2 - v_1 \\ v_0^2 = v_1^2 + 4 v_2^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0 + v_1 = 4 v_2 \\ v_0^2 - v_1^2 = 4 v_2^2 \\ v_0 - v_1 = v_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} v_0 + v_1 = 4 v_2 \\ 4 v_0 - 4 v_1 = 4 v_2 \\ 3 v_0 - 5 v_1 = v_2 \\ v_1 = \frac{3}{5} v_0 \end{cases}$$

в со горку: ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{4 m u^2}{2} + \frac{m v^2}{2} + \frac{m g H}{2}$$

$$v_0^2 = 4 u^2 + v^2 + g H$$

перейдем в с.о. шара:

$$T + m g = m a$$

$$a = \frac{u \omega^2}{L}$$

$$T = \frac{m u \omega^2}{L} - m g$$

$$T \geq 0$$

v_{min} , когда $T = 0$

$$u \omega^2 \geq g L$$

$$u \omega^2 = \sqrt{g L}$$

$$u + \sqrt{u} \geq \sqrt{g L}$$

v_{min} когда u u_{min} ,
а min когда
равно

$$u + \sqrt{u} = \sqrt{g L}$$

$$T = \frac{m u \omega^2}{L} - m g$$

$$T \geq 0$$

v_{min} , когда T

$$u \omega^2 \geq g L$$

$$u \omega^2 = \sqrt{g L}$$

$$u + \sqrt{u} \geq \sqrt{g L}$$

$$u + \sqrt{u} = \sqrt{g L}$$

$$2 \sqrt{u} + \sqrt{u} = \sqrt{g L}$$

$$\sqrt{u} = \frac{1}{3} (\sqrt{g L})$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$v = 9.8 \text{ м/с}$$

$$v_{\text{min}} = ?$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$m a_{\text{yc}} = T + m g$$

$$m \frac{v^2}{R} = T + m g$$

$$T = m a_{\text{yc}} - m g$$

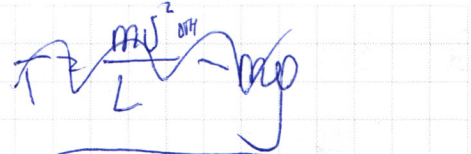
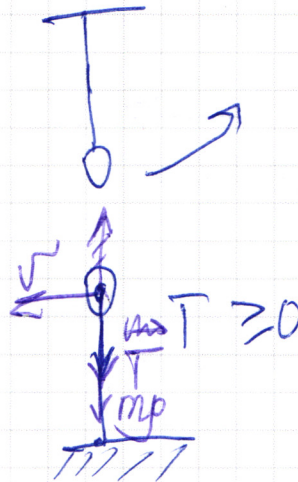
$$T = m \left(\frac{v^2}{R} - g \right) \geq 0$$

$$\frac{v^2}{R} \geq g$$

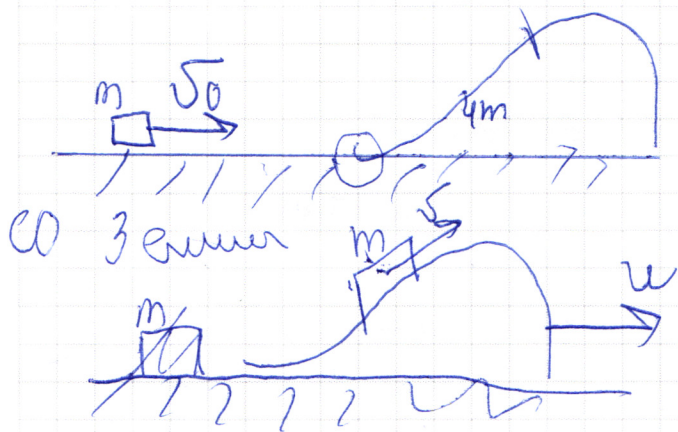
$$v^2 \geq g R$$

$$v \geq \sqrt{g R}$$

$$v \geq \sqrt{g R} = \sqrt{9.8 \cdot 10} = \sqrt{98}$$



$$\frac{m v^2}{2} = \dots$$



в с.о. земли:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{4mu^2}{2}$$

CO Земли



ЗУЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{4mu^2}{2} + \frac{mu^2}{2} + mgH$$

$$v = 8,31 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{4mu^2}{2} + \frac{mu^2}{2} + mgH$$

$$\frac{m}{2} v_0^2 = \frac{5m}{2} u^2 + mgH$$

$$v_0^2 = 5u^2 + 2gH$$

$$25u^2 - 5u^2 = 2gH$$

$$20u^2 = 2gH$$

$$10u^2 = gH$$

$$u = \sqrt{\frac{gH}{10}} = \sqrt{H}$$

$$\text{ЗУЭ: } mv_0 = 5mu$$

$$v_0 = 5u$$