

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

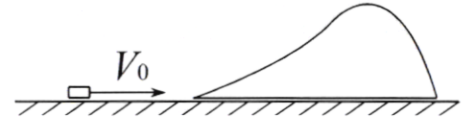
Шифр 11-001

(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.

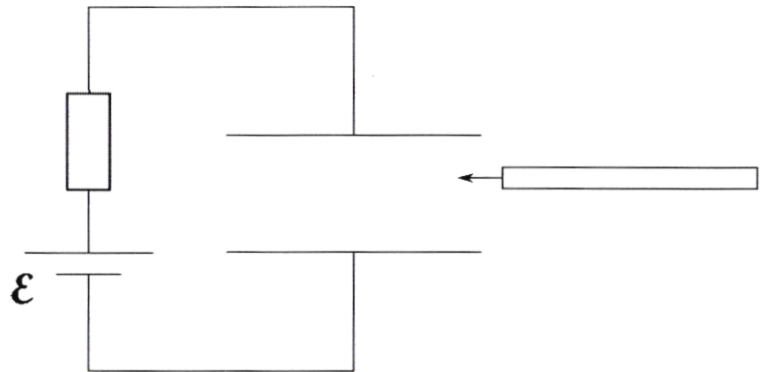


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

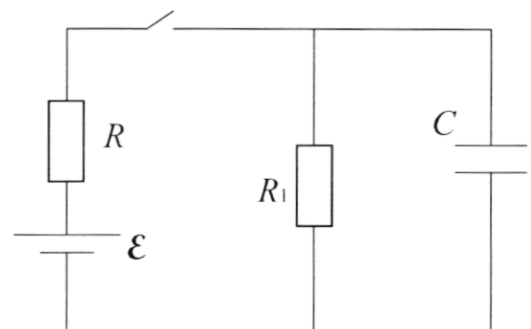
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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

1) Дано

$$l = 18 \text{ см} = 0,18 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

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

$$\frac{mv_{\text{min}}^2}{2} = 2mge + \frac{mv^2}{2} = m \frac{v^2}{2}$$

$$T \cos \alpha = mg; \quad T = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$T - F_{\text{цс}} - P_{\text{с}} - \alpha = 0$$

Когда полный оборот, то $\alpha = 2\pi$.

$$\frac{mg}{\cos \alpha} - \frac{mv^2}{r} - P_{\text{с}} - \alpha = 0$$

Из закон сохранения энергии видно, что $v = v_{\text{min}}$

$$\cos 2\pi = 1$$

$$r = 2l = 0$$

$$mg = \frac{mv_{\text{min}}^2}{r}$$

$$v_{\text{min}} = \sqrt{gr} = \sqrt{10 \cdot 0,18} = \sqrt{1,8} \text{ м/с}$$

2) Дано

$$v_0;$$

$$m;$$

$$4m;$$

$$h; \quad u?;$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{(m+4m)u^2}{2} + mgh;$$

$$mv_0 = (m+4m)u;$$

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

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{10} + mgh$$

$$\frac{2mv_0^2}{5} = mgh$$

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

$$u' = 0$$

5) Дано
 $R_1 = 4R$
 R, C, ε
 $I = ?$
 $Q = ?$

1) Сразу после замыкания ключа, почти t очень мал ток через конденсатор не идет, так как $I_2 = \frac{q}{t} = ?$

Тогда: $I_1 = I$

$$IR + IR_1 = \varepsilon$$

$$IR + I \cdot 4R = \varepsilon$$

$$I = \frac{\varepsilon}{5R}$$

2) $U = U_1 = I \cdot 4R = \frac{4\varepsilon}{5}$

3) $\frac{CU^2}{2} = Q$; $Q = \frac{8C\varepsilon^2}{25}$

4) Дано

$d_1 = \frac{d}{3}$
 C_0
 $C = ?$
 $Q = ?$

1) $C_1 = \frac{C_0}{3}$

$C = \frac{C_1 C_0}{C_1 + C_0} = \frac{3C_0}{4}$; так как пластинка проводящая

2) $\varepsilon = IR + \frac{q}{C}$

$$\varepsilon = \frac{dq}{dt} R + \frac{q}{C}$$

$$\varepsilon C - q = CR \frac{dq}{dt}$$

$$\int_0^t \frac{dt}{RC} = \int_0^q \frac{dq}{\varepsilon C - q}$$

$$\frac{t}{RC} = \ln(\varepsilon C - q) \Big|_0^q$$

$$\ln \frac{\varepsilon C - q}{\varepsilon C} = \frac{t}{RC}$$

$$e^{\frac{t}{RC}} = \frac{\varepsilon C - q}{\varepsilon C}$$

$$\varepsilon C e^{\frac{t}{RC}} = \varepsilon C - q$$

$$q = \varepsilon C (1 - e^{\frac{t}{RC}})$$

~~Следовательно~~ так как начала ~~поведения~~, мы можем взять $t \rightarrow \infty$

$$q = \varepsilon C$$

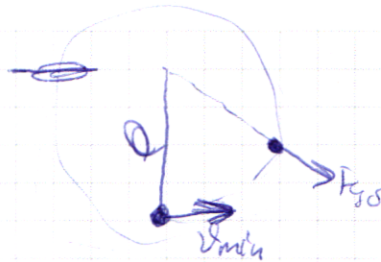
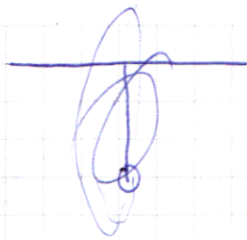
ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Дано

$$l = 18 \text{ см} = 0,18 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

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



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

$$2mgl + \frac{mv^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$



$$m \frac{v dv}{ds} = P \sin \alpha$$

$$\int_{v_{\text{min}}}^v m v dv = P \sin \alpha \cdot l d\alpha$$



$$ma = P \sin \alpha$$

$$d \ll 1$$

$$\sin \alpha \approx \alpha$$

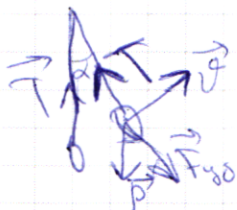
$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_{\text{min}}^2}{2} = P \sin \alpha \cdot l$$

$$\frac{mv^2}{2} = mgl(1 - \cos \alpha) + \frac{mv^2}{2}$$

$$v^2 = \sqrt{2mgl(1 - \cos \alpha)}$$

$$\frac{2mgl(1 - \cos \alpha)}{d\alpha} = P \sin \alpha \cdot l$$

$$2mgl \sin \alpha = P \cos \alpha$$



$$T - F_{y\delta} = 0$$

$$T - F_{y\delta} - P \sin \alpha = 0$$

$$T = \frac{mv^2}{l} + P \sin \alpha$$

$$\sin^2 \alpha d\alpha = \frac{1 - \cos 2\alpha}{2} d\alpha$$

$$= \frac{d\alpha}{2} - \frac{\cos 2\alpha d\alpha}{2} \Big|_0^{2\pi} = \frac{1}{2} - \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$$

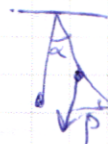
$$\cos 2\alpha = \cos(2 \cdot \frac{\pi}{2}) = \cos \pi = -1$$

$$T \sin \alpha - P \cos \alpha = ma$$

$$\frac{mv^2}{l} \sin \alpha + P \sin \alpha - P \cos \alpha = m \frac{v dv}{l d\alpha}$$

$$\int \frac{mv^2}{l} \sin \alpha d\alpha + P \int \sin^2 \alpha d\alpha - P \int \cos \alpha d\alpha = \int m v dv$$

$$\frac{mv^2}{2} \Big|_0^{v_{\text{min}}} \sin \alpha - \left(mgl(1 - \cos \alpha) \cdot \sin \alpha + P \cos \alpha - P \sin \alpha \right) = \frac{mv^2}{2}$$



$$\frac{mv_{\text{min}}^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$



$$\frac{mv^2}{2} = mgl(1 - \cos \alpha) + m \frac{v^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

~~ma = P \sin \alpha~~

$$ma = P \sin \alpha$$

$$a = g \sin \alpha$$

$$\frac{a}{\sin \alpha} = g$$

$$\frac{v dv}{v - v_{min}}$$

$$\int v dv = g l \sin \alpha$$

$$\frac{v^2}{2} - \frac{v_{min}^2}{2}$$

$$a = g \sin \alpha = g \sin \alpha$$

$$\frac{dv}{dt} = g \sin \alpha$$

$$v - v_{min} = g t \sin \alpha$$

$$T + P = 0$$

$$T - P \sin \alpha - P_0 = 0$$

$$T = P \sin \alpha + m \frac{v^2}{l}$$

$$T \sin \alpha = P \cos \alpha = m \frac{v dv}{l d\alpha}$$

$$P \sin^2 \alpha + \frac{mv^2}{l} \sin \alpha - P \cos \alpha = m \frac{v dv}{l d\alpha}$$

$$P \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = m \frac{v^2}{2} - \frac{v_{min}^2}{2} \cos^2 \alpha$$

$$v = v_{min} - \frac{v_{min}^2}{2} (1 - \cos \alpha)$$

$$a = g \sin \alpha$$

$$\frac{dv}{dt} = g \sin \alpha$$

$$\frac{v - v_{min}}{t} = g \sin \alpha$$



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



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

$$v_{min} = \frac{\alpha l}{t}$$



$$\frac{v dv}{l d\alpha} = g \sin \alpha$$



$$P \cos \alpha = \frac{mv^2}{l d\alpha}$$

$$\int P \sin \alpha d\alpha = \int m \frac{v dv}{l}$$

$$P \cdot m$$

$$v^2 = v_{min}^2 - mgl(1 - \cos \alpha)$$

$$v = \frac{\alpha l}{t}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$C = ?$ $d_1 = \frac{d}{3}$ $2d + d_1$ $C =$ $C_0 = \frac{\epsilon_0 a d}{d}$

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

$I = \frac{dq}{dt}$ $C = \frac{q}{U}$ $C =$
 $R = \epsilon$ $S = a \cdot d$
 $C =$

$\frac{dq}{dt} \cdot R =$ $C_1 = \frac{\epsilon_0 a \cdot d}{d} = \epsilon_0 a$ $C_0 =$ $S = a \cdot b$
 $C_2 = \frac{C_0 \cdot C_0}{C_0/2 + C_0} = \frac{3C_0}{4}$ $C_2 = \epsilon_0$ $C = \frac{\epsilon_0 a \cdot 2d}{3d}$

$I = \frac{\epsilon}{R}$
 $\frac{dq}{dt} = \frac{\epsilon}{R}$
 $q = \frac{\epsilon}{R} \cdot t$

$\epsilon C - q = CR \frac{dq}{dt}$
 $\int_0^t \frac{dt}{CR} = \int_0^q \frac{dq}{\epsilon C - q}$
 $\ln \frac{\epsilon C - q}{\epsilon C} = -\frac{t}{CR}$
 $\ln \frac{\epsilon C - q}{\epsilon C} = \frac{t}{CR}$
 $\epsilon C - q = \epsilon C e^{\frac{t}{CR}}$
 $q = \epsilon C (1 - e^{\frac{t}{CR}})$
 $t = 0 \Rightarrow q = 0$
 $q = \epsilon C$

$\epsilon = IR + \frac{q}{C}$
 $\epsilon = \frac{dq}{dt} R + \frac{q}{C}$
 $\epsilon C dt = CR dq + q dt$
 $\epsilon C dt - q dt = CR dq$
 $\frac{CR dq}{\epsilon C dt - q dt} = 1$ $\frac{\epsilon}{R}$

$$q = \frac{C}{U}$$

$$q = \frac{C_0}{U}$$

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \alpha \cdot d \cdot S}{d/3} = \epsilon_0 \cdot \frac{C_0}{\epsilon_0}$$

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 \cdot \alpha \cdot d}{d}$$

$$C = \frac{\epsilon_0}{3}$$

$$C + C_0 = \frac{C_0}{3} + C_0 = \frac{4C_0}{3}$$

$$\alpha = \frac{\epsilon_0}{\epsilon_0}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{5mu^2}{2} + mgh$$

$$mv_0 = 5mu$$

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

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

и

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{5mu^2}{2} + mgh$$

$$\frac{m(v_0 - u)^2}{2} = mgh$$

$$\frac{2mgh}{5} = mgh$$

$$m \frac{16v_0^2}{50} = mgh$$

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

$$h = \frac{16v_0^2}{50}$$

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

~~$$mgh + \frac{5mu^2}{2} = \frac{m(v-u)^2}{2}$$~~

$$P_1 V_1 = \nu_1 R T_1$$

$$P = P_1 + P_2 = n k T$$

$$n = \frac{N}{V} = \frac{\nu_1 + \nu_2}{V} N_A$$

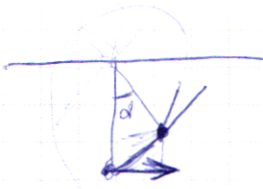
$$P_2 V_2 = \nu_2 R T_2$$

$$\frac{\nu_1 R T_1}{V_1} + \frac{\nu_2 R T_2}{V_2} = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T}{V}$$

$$I = \frac{dq}{dt}$$

~~0~~

$$q = \dots$$



$$T \cos \alpha = mg$$

$$T = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$T \sin \alpha - P \cos \alpha = m \frac{v^2}{l \alpha}$$

$$\frac{m v^2}{2} = 2mg \ell \alpha + \frac{m v^2}{2}$$

$$mg \ell \alpha - P \ell \cos \alpha = m \frac{v^2}{l \alpha} \cos \alpha$$

$$\frac{m v^2}{2} = mg \ell (1 - \cos \alpha) + \frac{m v^2}{2}$$

$$v = \omega$$

$$P \cdot \pi \cdot e = m \frac{v^2}{2} - m \frac{v_0^2}{2}$$



$$\frac{m v^2}{2} + mg \ell \alpha = 0$$

$$E = U = \frac{q}{C}$$

$$U = I \cdot 4R = \frac{4E}{5}$$

$$P \frac{d\alpha}{dt} = \frac{v^2 - v_0^2}{2l \alpha}$$

$$I = \frac{U}{4R}$$



$$\frac{P \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{v^2 - v_0^2}{2l \alpha}$$

$$\frac{1,4}{5,6} = \frac{1,4}{1,4}$$

$$\frac{1,36}{1,36} = \frac{1,36}{6}$$

$$I \cdot 5R = E$$

$$I = \frac{E}{5R}$$

$$U = 4IR = \frac{4E}{5}$$

$$T = \frac{mg}{\cos \alpha}$$

$$\frac{C \dot{q}}{2} = Q$$

$$T - F_{y0} - P \sin \alpha = 0 \quad Q = \frac{C}{2} \cdot \frac{16E^2 - 8CE^2}{25}$$

$$I = I_1 + \frac{dq}{dt}$$

$$\frac{mg}{\cos \alpha} - mg \sin \alpha = m \frac{v^2}{l}$$

$$I_1 = \frac{U}{4R} = \frac{q}{4RC}$$

$$mg = \frac{m v^2}{l}$$

$$v_{max} = \sqrt{gl}$$

$$\frac{E}{R} = \frac{q}{4RC} + \frac{dq}{dt}$$

$$q = 4EC$$

$$T \cos \alpha - F_{y0} \cos \alpha = mg$$



$$F_{y0} \cos \alpha + P \cos \alpha \cdot \sin \alpha - F_{y0}$$

$$U = \frac{q}{C} = 4E$$

$$T - F_{y0} - P \sin \alpha = 0$$



$$T = F_{y0} + P \sin \alpha$$

$$I R + I_p R = E$$

$$I = \frac{E}{5R}$$