

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

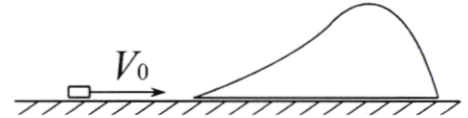
Шифр 5-017

(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.

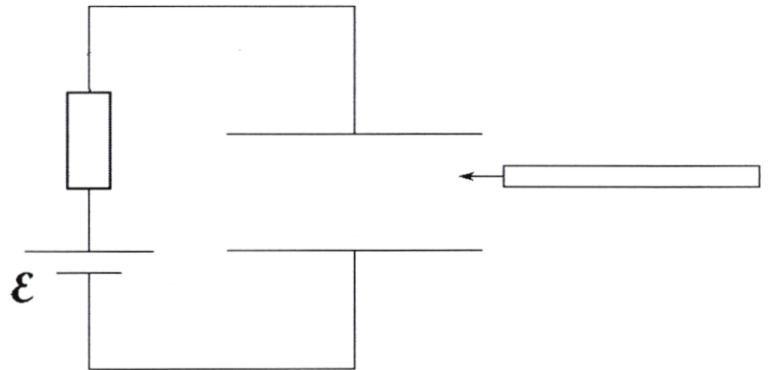


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

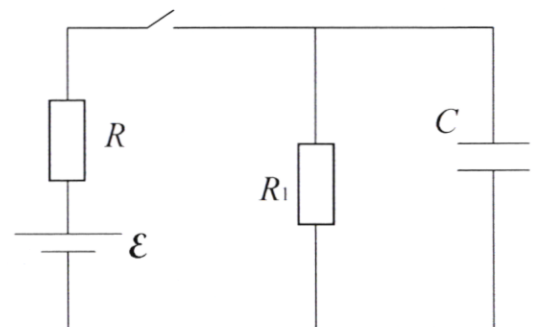
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

4. Плоский воздушный конденсатор емкостью C_0 подсоединен через резистор к источнику с ЭДС \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 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 , \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?

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3. Дано:
 $V_0 = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$
 $T_1 = 400^\circ\text{C}$
 $\nu_1 = 0,1 \text{ моль}$
 $T_2 = 280^\circ\text{C}$
 $\nu_2 = 0,4 \text{ моль}$
 1) $T_3 = ? (^\circ\text{C})$
 2) $P = ?$

Сл

Решение

по формуле Менделеева-Клапейрона:
 400K
 280K
 $PV = \nu RT$
 $P_1 V_1 = \nu_1 R T_1$ - для 1 газа
 $P_2 V_2 = \nu_2 R T_2$ - для 2 газа
 $P V_0 = \nu_0 R T_3$ - после прохода перегородки
 $\nu_0 = \nu_1 + \nu_2$
 $P(V_1 + V_2) = P_1 V_1 + P_2 V_2$
 $P = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2}{V_0}$

$$P_1 V_1 = 0,1 \cdot 8,31 \cdot 400$$

$$P_2 V_2 = 0,4 \cdot 8,31 \cdot 280$$

$$P = \frac{8,31 \cdot (40 + 112)}{8,31 \cdot 10^{-3}} = (40 + 112) \cdot 10^3 = 152 \cdot 10^3 \text{ Па} = 152 \text{ кПа}$$

$$1) T_3 = \frac{P V_0}{\nu_0 R} = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_0} = \frac{152 \cdot 10^3 \cdot 8,31 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 8,31} = \frac{152}{0,5} = 304 \text{ K} = 31^\circ\text{C}$$

Ответ: 1) 31°C ; 2) 152 кПа

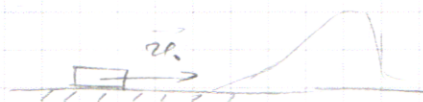
2. Дано:

$m \cdot v_0$; 4 м

1) $h = ?$

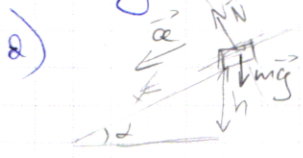
2) $2P_k = ?$

Решение



по закону сохранения энергии
 $\frac{m v_0^2}{2} = m g h$

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



По второму закону Ньютона
 $F_{TP} = 0$
 $m\vec{a} = \vec{N} + m\vec{g}$
 $O_y: N = mg \cdot \cos \alpha$
 $O_x: ma = mg \cdot \sin \alpha$
 $a = g \cdot \sin \alpha$
 $v_k = g \cdot \cos \alpha$

На высоте h скорость останется, т.е. $v = 0$
 Значит, ~~такая~~ скорость ~~может~~ в момент старта с горки равна v_0 , т.е. $v_k = v_0$

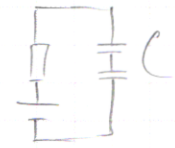
4. Дано:

Решение

$$\begin{array}{l} C_0; \epsilon \\ S = \frac{r_0}{3} \\ \frac{DC - ?}{2) q - ?} \end{array} \left| \begin{array}{l} C = \frac{q}{4\pi} \\ U = \epsilon \\ I = \frac{\epsilon}{R + R_c} \end{array} \right.$$

По закону Ома для участка цепи

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{r_0}$$



$$r = m \cdot r_0 - S = \frac{2}{3} r_0$$

$$\frac{C_0}{C_1} = \frac{r_0}{\frac{2}{3} r_0} = \frac{3}{2}$$

$$1) C = \frac{2}{3} C_0 = \frac{2}{3} C_0$$

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

Ответы: 1) $C = \frac{2}{3} C_0$; 2) $q = \frac{2}{3} C_0 \epsilon$

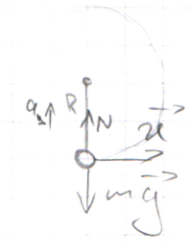
1. Дано:

Решение

$$l = R = 0,18 \text{ м}$$

$$q = 10 \text{ мкКл}$$

$$v - ?$$



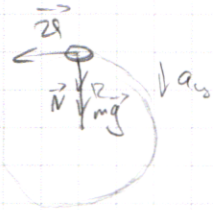
$$a_{ц} = \omega^2 R = \frac{v^2}{R} = \frac{2\pi^2}{R}$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

$$T = \frac{t}{N} = \frac{2\pi}{\omega}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

В 1 момент $a=0$ (равновесие) $\Rightarrow 0 = N - mg$, т.е. $N = mg$



В момент, когда шарик прошел половину окружности

$$ma_y = mg + N = 2mg$$

т.е. $a_y = 2g$

$$v = \sqrt{aR} = \sqrt{2gR} = \sqrt{3,6} = 0,6\sqrt{10} \text{ м/с} \approx 1,8 \text{ м/с}$$

Ответ: $0,6\sqrt{10} \text{ м/с}$

5. Дано:

$$R_1 = 4R$$

$$R, C, E$$

1) $I_3 = ?$

2) $U_C = ?$

3) $Q = ?$

Решение

$$Q = I^2 R t$$

$$R_{30} = R_0 + r$$

$$I = \frac{E}{R_{30}} \quad (\text{по закону Ома})$$

$$R_0 = \frac{R_1 R}{R_1 + R} = \frac{4R^2}{5R} = \frac{4}{5} R$$

1) $I_3 = \frac{5E}{4R}$

2) $C = \frac{q}{U} \quad I = \frac{q}{t}$

$$q = \frac{I}{2}$$

$$U = \frac{q}{C} = \frac{I}{C} = \frac{5E}{4RC}$$

3) $Q = \frac{4R^2}{R} t$

$$W = \frac{C U^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

Ответ: 1) $\frac{5E}{4R}$, 2) $\frac{5E}{4RC}$

2. Решение

↓ к. шарка не закреплена по закону
сохранения импульса

$$m v_0 + 0 = (m + 4m) v + m(v_0 - v) + 4m v$$

$$\cancel{v_0 = v_0 + 4v}$$

$$m v_0 + 0 = m v_1 + 4m v_2$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = m g h + \frac{m v_1^2}{2}$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1. Дано:

$$R = 0,18 \text{ м}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\alpha = ?$$

$$a = \alpha R = \frac{2gR}{R}$$

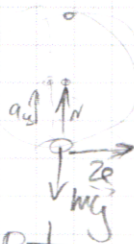
$$v = \omega R$$

$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{g}{R} \cdot \frac{2R}{g} \quad v = gt = 2gRt$$

$$S = \frac{1}{2} \alpha R t^2$$

$$v = \frac{2S}{R}$$

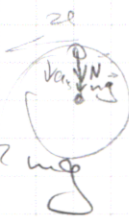
Решение



$$v = \omega R = \frac{2gR}{t}$$

$$ma = N - mg$$

$$v = \frac{t}{N} = \frac{t}{I} \text{ ст}$$



$$ma = N + mg = 2mg$$

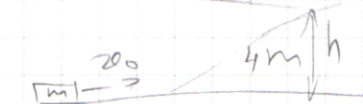
$$a = 2g$$

$$a = \frac{v^2}{R} = 2g$$

$$2gR = \frac{v^2}{g} \Rightarrow v = \sqrt{2gR} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,18} = 0,6 \sqrt{10}$$

2. Дано:

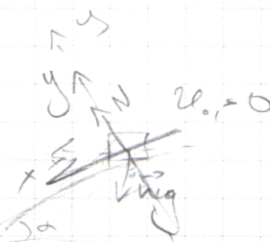
$$u_0 = ?$$



$$ma = F$$

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

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



$$m a = (m + 4m) a$$

$$v_0 = 5u$$

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

$$u_k = v_0$$

$$a = \alpha l \quad \text{from } ma = mg \cdot \sin \alpha$$

$$\alpha = \alpha l \quad \alpha = g \cos \alpha$$



$$F_{TP} = 0$$

$$N = mg \cos \alpha \quad \frac{mv_0^2}{2} = mgh \cdot \frac{m \cos^2 \alpha}{2}$$

$$ma = mg \sin \alpha$$

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

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

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

Решить

$$3. V_0 = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T_1 = 124^\circ\text{C} = 400\text{K}$$

$$\nu_1 = 0,1 \text{ моль}$$

$$T_2 = 4^\circ\text{C} = 280\text{K}$$

$$\nu_2 = 0,4 \text{ моль}$$

1) $T_3 = ?$ ($^\circ\text{C}$)

2) $P = ?$

$$P(V_1 + V_2) = P_1 V_1 + P_2 V_2$$

$$P = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{P_1 \nu_1 + P_2 \nu_2}{\nu_0}$$

$$P_1 V_1 = 0,1 \cdot 8,31 \cdot 400$$

$$P_2 V_2 = 0,4 \cdot 8,31 \cdot 280$$

$$112 = 112$$

304-293

$$P = \frac{8,31(40 + 112) \cdot 10^3}{8,31} = 152 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

$$PV_0 = \nu_0 RT_3 \quad T_3 = \frac{PV_0}{\nu_0 R} = \frac{152 \cdot 10^3 \cdot 8,31 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 8,31} = \frac{152}{0,5} = 304\text{K} = 31^\circ\text{C}$$

Ответ: 1) 31°C ; 2) 152 кПа

4. C_0

E

$$S = \frac{R}{3}$$

$c \rightarrow$

$q = ?$

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

$$S = \frac{q}{E} = \frac{C \cdot E}{E}$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{r_0}$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{r_0} = \dots$$

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

$$r = \frac{3}{2}$$

$$\frac{C_0}{C} = \frac{3}{2}$$



$$q = C E = \frac{2}{3} C_0 E$$

$$C = \frac{2}{3} C_0$$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5. Дано: C, ε, R Решение

$R_1 = 4R$ $Q = I^2 R t$

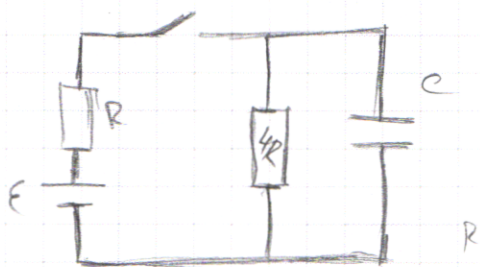
I $\frac{CU^2}{2} = \frac{CU^2}{2} + Q$

U $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$

$Q = ?$

I при замыкании ключа = $\frac{\varepsilon}{R+r}$

$R_0 = \frac{R \cdot R}{R+R} = \frac{4R^2}{5R} = \frac{4}{5}R$



1) I после замыкания

$I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{\varepsilon}{R+r}$



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

5-017

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №
(Нумеровать только чистовики)