

Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

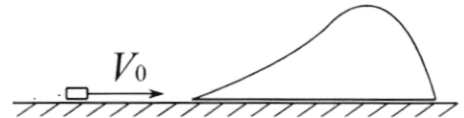
Шифр 5-005

(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?

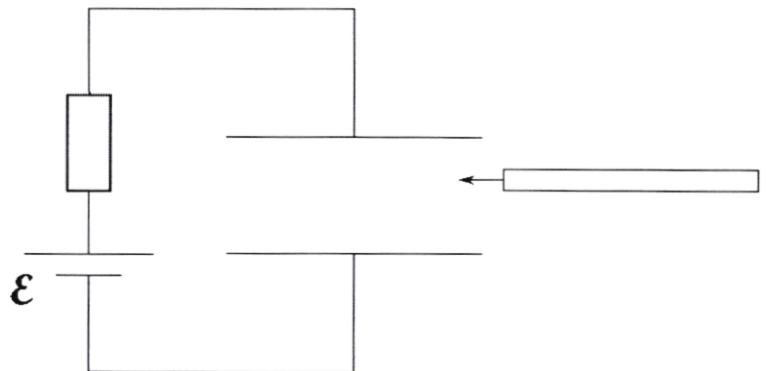
2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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°C в количестве $\nu_1 = 0,1$ моль. Во второй части находится гелий при температуре 7°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.

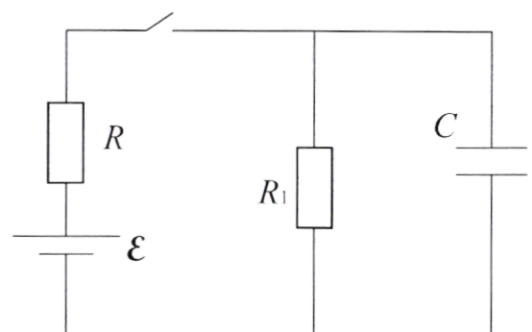
2) Какой заряд пройдет через резистор после начала введения пластины?

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

Задача 2

1. Запишем закон сохранения импульса для того случая, когда тело оторвется на зорке:

$m v_0 = 5m v'$, т.к. тело едет вместе с зоркой.

имеется высота.

$v' = \frac{v_0}{5}$. Запишем ЗСЭ: $\frac{m v_0^2}{2} = \frac{5m v'^2}{2} + m g H_m = \frac{m v_0^2}{10} + m g H_m$

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

2. Запишем ЗСЭ для конечного состояния:

$m v_0 = -m v_1 + 4.5 m v_2$, где v_1 - скорость локетки

$$v_0^2 = v_1^2 + 16 v_2^2 - 8 v_1 v_2$$

v_2 - скорость зорки.

ЗСЭ:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{4.5 m v_2^2}{2}$$

$$v_2 = \frac{2}{3} |v_1| \Rightarrow |v_1| = \frac{3}{5} v_0$$

$$\text{Ответ: } 1. H_m = \frac{2 v_0^2}{5g}; 2. |v_1| = \frac{3}{5} v_0$$

Задача 3

1. Так как система закрыта и теплоизолирована, то ни один из газоб не совершает работу. Газ с меньшей температурой будет нагреваться за счёт уменьшения внутренней энергии более тёплого. Для того, чтобы более наглядно это показать, запишем первое начало термодинамики:

$Q_1 = \Delta U_1$; $Q_2 = \Delta U_2$. Т.к. система замкнута:

$$Q_1 + Q_2 = 0 \Rightarrow \Delta U_2 = -\Delta U_1 \Rightarrow \nu_2 (T - T_2) = \nu_1 (T_1 - T)$$

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = 31^\circ \text{C}$$

2. Для того, чтобы найти конечное

давление воспользуемся законом Менделеева-Клапейрона:

$$p_k V = \nu R T = (\nu_1 + \nu_2) R T. \quad \nu = \nu_1 + \nu_2, \text{ т.к. и там, и там } \nu \text{ моль.}$$

$$p_k = \frac{(\nu_1 + \nu_2) R T}{V} = 1,52 \cdot 10^5 \text{ Па} = 1,52 \text{ атм}$$

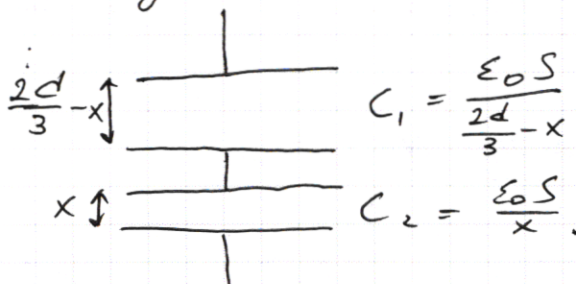
Ответ: 1. $T = 31^\circ \text{C} = 304 \text{ К}$; 2. $p_k = 1,52 \text{ атм}$

Задача 4

1. Существует формула для емкости: $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$.

В нашем случае: $C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$, т.к. конд. воздушный.

Эквивалентная схема для конденсатора (с учетом того, что стержни проводника можно заменить пластинами, а внутренность проводом)



Соединение конденсаторов последовательно, след.:

$$C' = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{(\epsilon_0 S)^2}{\frac{(2d/3 - x)x}{\epsilon_0 S} + \frac{\epsilon_0 S x}{2d/3 - x}} = \frac{3}{2} \frac{\epsilon_0 S}{d} = \frac{3}{2} C_0 \text{ - новая емкость}$$

2. Воспользуемся ЗСЭ: (с учетом того, что в уст. режиме на конденсаторе $u = \epsilon$)

$$W_2 = W_{\pm} + |A_{\text{уст.}}| \Rightarrow |A_{\text{уст.}}| = |\Delta W|. \quad W_1 = \frac{\epsilon^2 C_0}{2} \text{ - уст. режим слагаемая}$$

$$A_{\text{уст.}} = \frac{\epsilon^2 C_0}{4} = 2 q_{\text{уст.}} \Rightarrow q_{\text{уст.}} = \frac{\epsilon C_0}{4} \quad W_2 = \frac{\epsilon^2 C'}{2} = \frac{3 \epsilon^2 C_0}{4}$$

заряд, который переместит среднюю стержень. Он равен заряду, прошедшему через резистор. $q_R = q_{\text{уст.}} = \frac{\epsilon C_0}{4}$.

Ответ: 1. $C' = \frac{3}{2} C_0$; 2. $q_R = \frac{\epsilon C_0}{4}$

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Задача 5

(то есть весь ток идет через него)

1. Как только ключ замыкают, он берет себя как провод, т.к. не сопротивляется. Следовательно: $I_{\epsilon} = \frac{\epsilon}{R}$, т.к. R_1 замкнут.

2. Когда конденсатор зарядился, он берет себя как диэлектрик (не пропускает ток). Тогда напряжение на нем будет равно напряжению на R_1 . $I = \frac{\epsilon}{R+R_1} = \frac{\epsilon}{5R}$.

$$U_{R_1} = U_C = \frac{4\epsilon}{5}$$

3. Кол-во теплоты Q_R будет равно энергии конденсатора в момент размыкания. $Q_R = W_C = \frac{U_C^2 \cdot C}{2} = \frac{8}{25} \epsilon^2 C$

$$\text{Ответ: } 1. I_{\epsilon} = \frac{\epsilon}{R}; 2. U_C = \frac{4}{5} \epsilon; 3. Q_R = \frac{8}{25} \epsilon^2 C$$

Задача 1

Нарисуем рисунок (когда тело в верхней точке):

Для того, чтобы скорость, которую мы сообщаем была минимальна, T должно быть $= 0$.

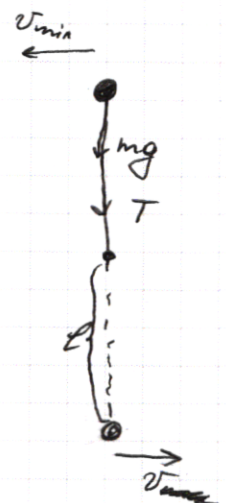
Тогда тело по инерции еще будет двигаться.

II-й и III-й Ньютона в верхней точке:

$$m a_y = mg + T = mg \Rightarrow a_y = g = \frac{v_{\min}^2}{l} \Rightarrow v_{\min}^2 = gl$$

Запишем ЗС \Rightarrow :

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{mv_{\min}^2}{2} + 2mgl \Rightarrow v = \sqrt{5gl} = 3 \text{ м/с} \quad \text{Ответ: } v = 3 \text{ м/с}$$





черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$1) m a_{\text{ц}}^2 = T - mg$$

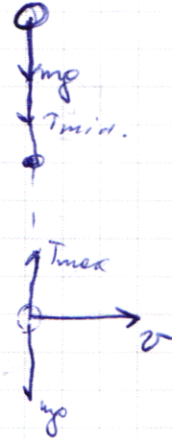
$$\frac{m v^2}{2} = mgH = mg2l$$

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

$$\Delta U_1 + A = 0$$

$$A = -\Delta U_1$$

$$A = \Delta Q_2 = \Delta U_2$$



$$2) m v_0 = -m v_1 + 4m v_2$$

$$v_0^2 = v_1^2 + 16v_2^2 - 8v_1v_2 = v_1^2 + 4v_2^2$$

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

$$\frac{12v_2^2}{3} = \frac{8v_1v_2}{2}$$

$$v_2 = \frac{2}{3}v_1$$

$$v_0 = -v_1 + \frac{8}{3}v_1 = \frac{5}{3}v_1 \Rightarrow v_1 = \frac{3}{5}v_0$$

$$m v_0 = 4.5 m v' = v' = \frac{v_0}{5}$$

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{10} = \frac{10-2}{20} = \frac{2}{5}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{5m v'^2}{2} + mgH_m = \frac{v_0^2}{10} + gH_m$$

$$gH_m = \frac{2}{5}v_0^2 \quad H_m = \frac{2v_0^2}{5g}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ \times 280 \\ 4 \\ \hline 1120 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 152 \\ \times 2 \\ \hline 304 \\ - 273 \\ \hline 31 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 7 \\ \times 4 \\ \hline 28 \\ + 127 \\ \hline 155 \end{array}$$

$$3) p_1 V_1 = p_2 V_2 = (p_1 + p_2) RT$$

$$\Delta U_1 = \Delta U_2$$

$$\frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_2) = \frac{3}{2} \nu_2 R (T_1 - T_2)$$

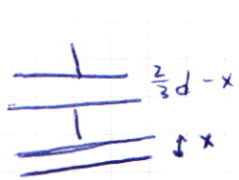
$$p_1 V_1 = \nu_1 RT_1$$

$$(\nu_1 + \nu_2) T = \nu_1 T_1 + \nu_2 T_2$$

$$p_2 (V_2 - V_1) = \nu_2 RT_2$$

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,1 \cdot 400 + 0,4 \cdot 280}{0,5} = 304 \text{ K} = 31^\circ \text{C}$$

$$p_2 = \frac{(\nu_1 + \nu_2) RT}{V} = \frac{152 \cdot 8,31}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 152 \text{ kPa} = 1,52 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1,52 \text{ атм}$$



$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}, \quad C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{\frac{\epsilon_0 S}{\frac{2}{3}d-x} \cdot \frac{\epsilon_0 S}{x}}{\frac{\epsilon_0 S}{\frac{2}{3}d-x} + \frac{\epsilon_0 S}{x}} = \frac{(\epsilon_0 S)^2}{\frac{\epsilon_0 S x + \epsilon_0 S \frac{2}{3}d-x}{\frac{2}{3}d-x}}$$

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

$$W_1 = \frac{\epsilon^2}{C_0}, \quad W_2 = \frac{\epsilon^2}{C} = \frac{2\epsilon^2}{3C_0}$$

$$\frac{3}{4} - \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{3} \frac{\epsilon^2}{C_0} = \epsilon q \quad \boxed{q = \frac{1}{3} \frac{\epsilon}{C_0}}$$

$$5) \quad 1. \quad \boxed{I = \frac{\epsilon}{R}}; \quad 2. \quad I_{\text{yct}} = \frac{\epsilon}{R+R_1} = \frac{\epsilon}{5R}; \quad 3. \quad \boxed{U_{\text{yct}} = I_{\text{yct}} \cdot R_1 = \frac{4}{5} \epsilon}$$

$$3. \quad W = \frac{U^2 C}{2} = \frac{16 \epsilon^2 C}{50 \cdot 25} = \frac{8}{25} \epsilon^2 C$$

$$1) \quad T = mg$$

$$v_{\text{cp}} = \frac{v_m}{2}$$

$$L = 2\pi l$$

$$T = \frac{L}{v_{\text{cp}}} = \frac{2\pi l}{\frac{v_m}{2}} = \frac{4\pi l}{v_m}$$

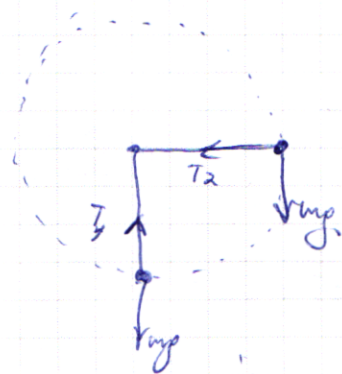
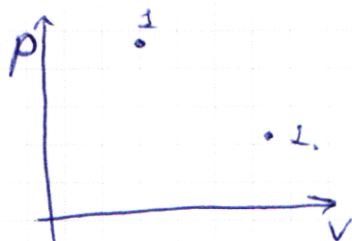
$$\omega = \frac{v_m}{2l} = \frac{v_{\text{cp}}}{l} \Rightarrow \frac{v_{\text{cp}}}{l} = \frac{4\pi l}{T \cdot l} \Rightarrow \frac{4}{T} = \frac{v_{\text{cp}}}{l}$$

$$v_{\text{cp}} = \frac{v_m}{2}$$

$$m a_y = mg \Rightarrow v^2 = gl$$

$$\frac{m v_m^2}{2} = 2mg \cdot l + \frac{gl}{2} = \frac{5}{2} gl$$

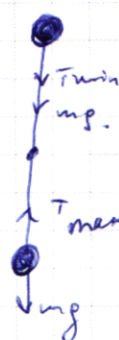
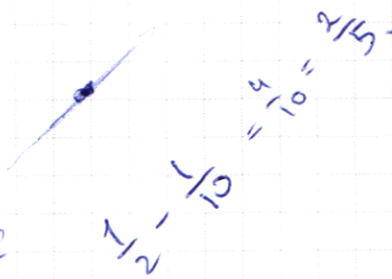
$$v_m = \sqrt{5gl} = 30 \text{ м/с}$$



$$\begin{array}{r} 180 \\ \times 2 \\ \hline 360 \\ \times 2 \\ \hline 720 \end{array}$$

$$\frac{76}{6}$$

$$\frac{4}{2} + \frac{1}{2} = \frac{5}{2}$$



$$\begin{array}{r} 180 \\ \times 5 \\ \hline 900 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 18 \\ \times 5 \\ \hline 90 \end{array}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

5-005

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)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

5-005

ШИФР

(заполняется секретарём)

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Grid area for writing the answer.

черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)



черновик чистовик
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №__
(Нумеровать только чистовики)