

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

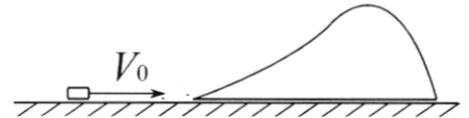
Шифр 5-013

(заполняется секретарём)

## Вариант 11-04

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 18 см. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарик, 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.

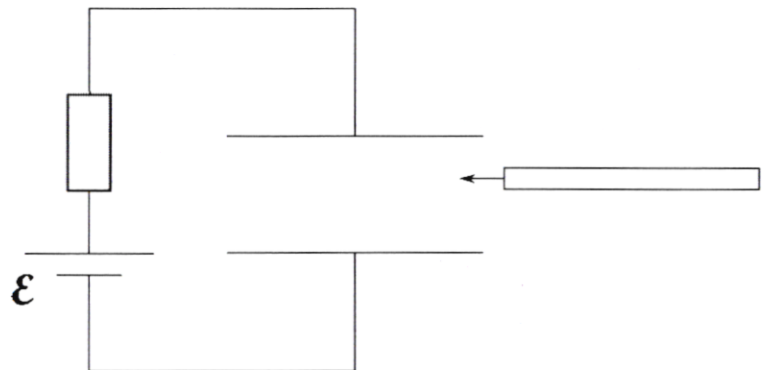


- 1) На какую максимальную высоту поднимается монета?
- 2) С какой скоростью монета съезжает с горки?

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.

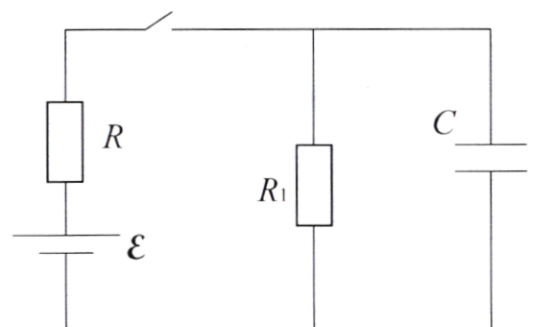
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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

N1 Для совершения оборота скорость в верхней точке должна быть такой что

$$\frac{v^2}{R} = g \Rightarrow v = \sqrt{gR}$$

По закону сохранения энергии

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

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mgR}{2} + \frac{2mg(2R)}{2}$$

$$v_0^2 = 5gR$$

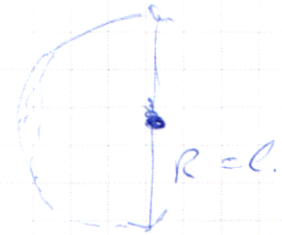
$$v_0 = \sqrt{5gR}$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

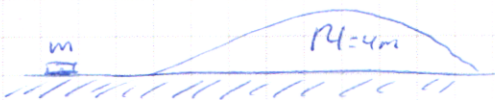
$$R = 0,18 \text{ м}$$

$$v_0 = 3 \text{ м/с}$$

Ответ: (3) м/с



N2



(1) В системе отсчёта той же силы, зрения, можно использовать закон сохранения механической энергии.

В момент отрыва точки масса m

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh + \frac{(m+M)v_1^2}{2} \quad - \text{ЗЛТ}$$

$$mv_0 = (m+M)v_1 \quad - \text{ЗЛУ}$$

Из полученной системы уравнений:

$$v_0 = \frac{mv_1}{(m+M)}$$

$$v_1 = \frac{2v_0}{5}$$

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

$$gh = \frac{v_0^2}{2} - \frac{v_0^2}{2} \left( \frac{m}{m+M} \right)$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \left( 1 - \frac{m}{m+M} \right) = \frac{v_0^2}{2g} \left( \frac{M}{m+M} \right)$$

$$h = \frac{v_0^2}{2g} \left( \frac{4}{5} \right) = \boxed{\frac{2v_0^2}{5g}}$$

Рассмотрим систему относительно системы отсчета, движущейся

с постоянной скоростью  $v_1$  относительно земли. Такая система будет являться инерциальной. В ней в момент остановки монеты относительно корки (при максимальной высоте) корка и монета будут неподвижны. Рассмотрим столкновение монеты

$$m v_3 = -M v_4 \quad - \text{ЗУИ}$$

$$\frac{m v_3^2}{2} + \frac{M v_4^2}{2} = mgh \quad - \text{ЗЭП}$$

Для момента, когда монетка сведет с корки полностью.

$$\frac{m v_3^2}{2} + \frac{m^2 v_3^2}{2M} = mgh$$

$$\frac{v_3^2}{2} + \frac{m}{M} \left( \frac{v_3^2}{2} \right) = gh$$

$$gh = \frac{2}{5} v_0^2$$

$$v_3^2 = \frac{2gh}{1 + \frac{m}{M}} = \frac{8}{5} gh; \quad \boxed{v_3 = \frac{4}{5} v_0}$$

$v_3$  - скорость монеты относительно подвижной системы отсчета.

Скорость в исходной системе:  $v_k = v_1 - v_3$

$$v_k = v_0 \left( \frac{1}{5} - \frac{4}{5} \right) = -\frac{3}{5} v_0$$

направлено обратно начальной.

$$1) h = \frac{2v_0^2}{5g}$$

Ответ: 2)  $-\frac{3}{5} v_0$  от-н. земли сведет



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№3. Если как одинаковой газ находится в обеих частях сосуда, то уравнение теплового баланса, выведет мак.

$$\nu_1 (T_1 - t_k) = \nu_2 (T_2 + t_k)$$

$$\nu_1 T_1 - \nu_1 t_k = \nu_2 T_2 + \nu_2 t_k$$

$$\nu_1 t_k + \nu_2 t_k = \nu_1 T_1 + \nu_2 T_2$$

$$t_k = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}$$

$$t_k = 2(1,37 + 7,3) = 31^\circ$$

Найдём конечное давление из уравнения

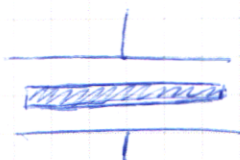
$$pV = \nu RT$$

$$p = \frac{\nu R (t_k + 273)}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot (31 + 273)}{8,31 \cdot 10^{-3}}$$

$$= 10^3 \cdot 0,5 \cdot 304 = 152 \text{ кПа.}$$

Ответ: 1)  $t_k = 31^\circ\text{C}$   
2)  $p_c = 152 \text{ кПа.}$

№4



При внесении пластины заряд в ней перераспределился

Пом внутри будет отсутствовать

Поле снаружи останется таким же

Ёмкость по определению  $C = \frac{q}{\Delta\varphi}$

$$q = \epsilon S \cdot E$$

$$\Delta\varphi = E \cdot r \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Из-за вынесеня пластины уменьшится  $\epsilon$ . Оно будет равно  $\frac{2}{3}d$  - нормальной толщины (расстоянию между обкладками).

$$C_0 = \frac{\epsilon \epsilon_0}{d} ; \quad C = \frac{\epsilon S \epsilon_0}{\frac{2}{3}d} = \frac{3}{2} \left( \frac{\epsilon \epsilon_0}{d} \right) = \frac{3}{2} C_0$$

Это равносильно сближению пластин.

Напряжение на конденсаторе не должно измениться, так как на нем падает все P.D.L.

И, соотношение

$$q = C U \Rightarrow q = C E$$

при уменьшении  $C$  перенесет заряд.

$$q_1 = C_0 E$$

$$q_2 = C E$$

$$\Delta q = q_2 - q_1 = \left( \frac{3}{2} C_0 E - C_0 E \right) = \frac{C_0 E}{2}$$

Ответ: 1)  $1.5 C_0$

2)  $\Delta q = \frac{1}{2} C_0 E$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

№5. В момент замыкания ключа конденсатор еще не заряжен и его сопротивление  $\infty$ .

Тогда все ТРС будет падать на резисторе  $R$  («решим короткого замыкания»)

$$\mathcal{E} = iR \quad \boxed{i = \frac{\mathcal{E}}{R}}$$

При установившемся режиме

по законам Кирхгофа

$$\mathcal{E} = IR + IR_1, \quad \text{т.к. } R_1 \rightarrow \infty, \quad i \rightarrow 0.$$

$$\mathcal{E} = IR + U_C$$

$$I = \frac{U_C}{R_1} = \frac{U_C}{\infty} = 0 \quad \left. \begin{array}{l} U_C = IR \\ I = \frac{U_C}{R_1} \end{array} \right\} U_C = \frac{4}{5} \mathcal{E}$$

~~Тогда~~ После размыкания ключа останется контур с резистором и конденсатором.



$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{16}{50} CE^2$$

Именно это значение выделили на резисторе при разрядке конденсатора.

Ответ:

1)  $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$

2)  $U_C = \frac{4}{5} \mathcal{E}$

3)  $\frac{16}{50} CE^2$



черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)





ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

5-013

ШИФР

(заполняется секретарём)

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



$$M \cdot V_2 = m \cdot V_0 = m \cdot V_0$$

$$\frac{m \cdot V_0^2}{2} = m \cdot g \cdot h + \frac{(M+m) \cdot V^2}{2}$$

$$m \cdot V_0^2 = (m + M) \cdot V$$

$$\frac{m \cdot V_0^2}{2(m+M)} + m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot V_0^2}{2}$$

$$V_1 = \frac{m \cdot V_0}{m + M}$$

$$\frac{(m+M) \cdot m^2 \cdot V_0^2}{2(m+M)^2} = \frac{m^2 \cdot V_0^2}{2(m+M)}$$

$$p = \frac{\rho \cdot g \cdot h}{2}$$

$$V = \frac{g \cdot h}{2}$$

$$g \cdot h = 2 \cdot V$$

$$V = \frac{g \cdot h}{2}$$



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

5-013

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)