

# Олимпиада «Phystech.International» по физике

Декабрь 2017 года

Класс 11

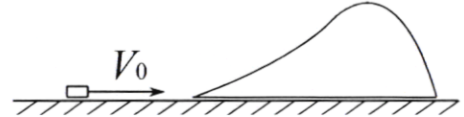
Шифр 5-035

(заполняется секретарём)

## Вариант 11-03

1. Небольшой шарик висит на легкой нити длиной 50 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 шайба массой  $m$  скользит по гладкому горизонтальному столу со скоростью  $v_0$  к неподвижной незакрепленной горке массой  $3m$  (см. рис.). Шайба въезжает на горку, движется по ней без трения и отрыва и съезжает с горки в обратном направлении.

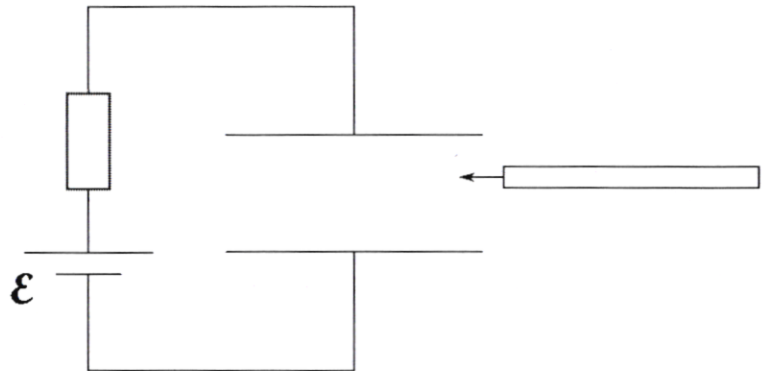


- 1) На какую максимальную высоту поднимается шайба?
- 2) С какой скоростью шайба съезжает с горки?

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  $27^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_1 = 0,2$  моль. Во второй части находится гелий при температуре  $7^\circ \text{C}$  в количестве  $\nu_2 = 0,3$  моль. Перегородка прорывается.

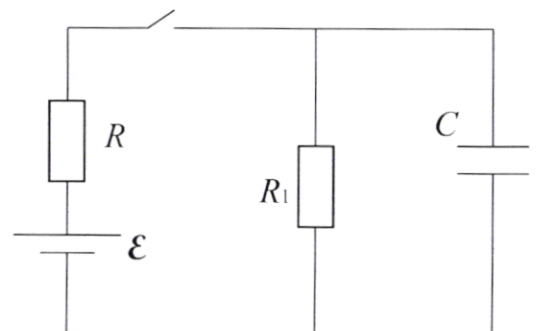
- 1) Какая температура (в градусах Цельсия) установится в сосуде после наступления термодинамического равновесия?
- 2) Найти конечное давление в сосуде.

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 4 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  $R$ ,  $R_1=3R$ . 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:

$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

$T_1 = 27^\circ \text{C}$

$\nu_1 = 0,2 \text{ моль}$

$T_2 = 7^\circ \text{C}$

$\nu_2 = 0,3 \text{ моль}$

---

1)  $T_3 = ?$

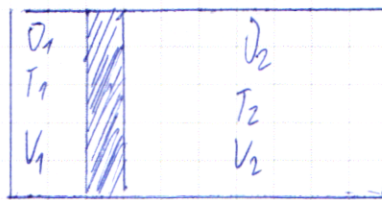
2)  $p_k = ?$

СИ

300 К

280 К

Температура



1)  $\nu_1$  - молей в первой части сосуда

$\nu_2$  - молей во второй части сосуда

Нужно предположить, что внутренняя энергия до горения, равна внутренней энергии после образования горючей смеси. т.е.

$$\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} \nu_3 R T_3, \text{ где } \nu_3 = \nu_1 + \nu_2$$

$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = \nu_3 T_3$$

$$T_3 = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_3} = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,2 \cdot 300 + 0,3 \cdot 280}{0,5} =$$

$$= \frac{2 \cdot 300 + 3 \cdot 280}{5} = \frac{600 + 840}{5} = \frac{1440}{5} = 288 \text{ К} =$$

$$= 15^\circ \text{C}$$

2)  $p_k V = \nu_3 R T_3$

$$p_k = \frac{\nu_3 R T_3}{V} = \frac{0,5 \cdot 8,31 \cdot 288}{8,31 \cdot 10^{-3}} = 5 \cdot 288 \cdot 10^2 =$$

$$= 1440 \cdot 10^2 = 144 \text{ кПа}$$

Ответ: 1)  $15^\circ \text{C}$ , 2)  $144 \text{ кПа}$

Дано: Решение

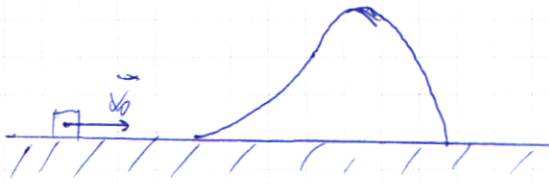
$m$

$v_0$

$3m$

1)  $n_{max} - ?$

2)  $v_2 - ?$



$$1) \frac{mv_0^2}{2} = \frac{4mv_1^2}{2} + mgh_{max} - 3C \rightarrow$$

$$mv_0 = 4mv_1 - 3C \quad \text{--- 3C}$$

$$v_0 = 4v_1$$

$$v_1 = \frac{v_0}{4}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{4mv_1^2}{2} + mgh_{max}$$

$$v_0^2 = 4v_1^2 + 2gh_{max}$$

$$v_0^2 = \frac{4v_0^2}{16} + 2gh_{max}$$

$$v_0^2 - \frac{v_0^2}{4} = 2gh_{max}$$

$$n_{max} = \frac{3v_0^2}{8g}$$

$$2) \frac{4mv_1^2}{2} + mgh_{max} = \frac{3mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$$

$$v_1^2 + 2gh_{max} = v_2^2$$

$$v_2^2 = \frac{v_0^2}{16} + 2 \cdot g \cdot \frac{3v_0^2}{8g} = \frac{v_0^2}{16} + \frac{3v_0^2}{4} = \frac{13v_0^2}{4}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{13}{4}} \cdot v_0$$

Ответ:  $n_{max} = \frac{3v_0^2}{8g}$ ,  $v_2 = \sqrt{\frac{13}{4}} \cdot v_0$

✓1

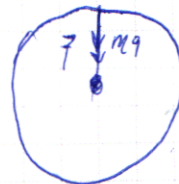
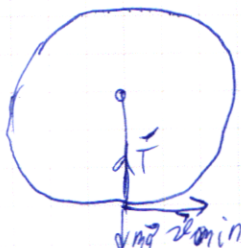
Дано: СЧ

$l = 50 \text{ см} \quad 50 \cdot 10^{-2} \text{ м}$

$g = 10 \text{ м/с}^2$

$v_{min} - ?$

Решение





## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$T - mg = ma_{\text{н}} + \text{Скорость}$$

Чтобы шарик погрузился до вершины  
горы  $\frac{mv_0^2}{2} = mgh$ , где  $h = 2R$ , тогда

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

$$v_0^2 = 4gR$$

$$v_0 = 2\sqrt{gR}$$

Чтобы шарик прокатился до вершины по  
отрезку  $v > v_0$ , значит

$$v_{\text{min}} = v_0 = 2\sqrt{gR} = 2\sqrt{10 \cdot 5 \cdot 10^{-2}} = 2\sqrt{5} =$$

$$= 4,47 \text{ м/с}$$

Ответ: 4,47 м/с

№ 5

Дано:

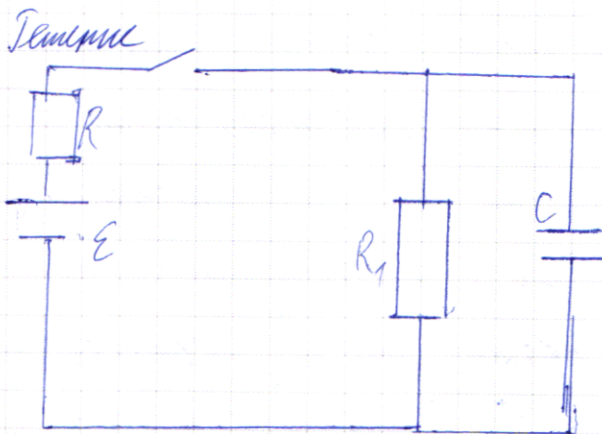
$$r = R$$

$$R_1 = 3R$$

C

E

R



1) I - ?

2) U<sub>C</sub> - ?

3) Q - ?

1) Определим силу тока в цепи

$$I = \frac{E}{R_1 + r} = \frac{E}{3R + R} = \frac{E}{4R}$$

2) По н. конденсатор и резистор соединены параллельно  $R_1$ , подключенные параллельно, то нам известно напряжение на резисторе с сопротивлением  $R_1$ .  $U_R = I \cdot R_1 = I \cdot 3R = \frac{\epsilon}{4R} \cdot 3R = \frac{3}{4} \epsilon$

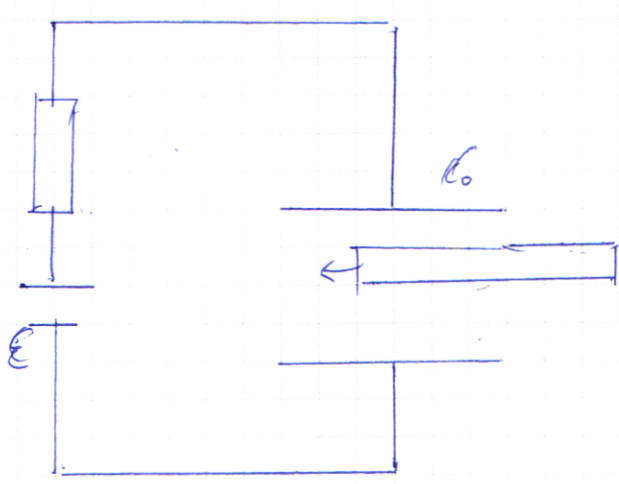
3) Когда ключ разомкнут, в цепи выделится следующая мощность  $Q = U_{кв}^2 = \frac{C U_{кв}^2}{2} = \frac{C \cdot 9\epsilon^2}{16 \cdot 2} = \frac{9C\epsilon^2}{32}$

ответ: 1)  $I = \frac{\epsilon}{4R}$ , 2)  $U_{кв} = \frac{3}{4} \epsilon$ , 3)  $Q = \frac{9C\epsilon^2}{32}$

№ 4

Дано:  
 $C_0$   
 $\epsilon_0$   
 $d_{пл} = \frac{d}{4}$   
 1)  $C_0$  - ?  
 2)  $q$  - ?

Решение



1) после ввода пластины, данный конденсатор можно представить как два последовательно соединенных конденсатора. Пусть  $d_1$  - это расстояние между пластинами первого конденсатора,  $d_2$  - расстояние между пластинами второго конденсатора, а  $d_1 + d_2 = \frac{3}{4} d$ , где  $d$  - это расстояние между пластинами начального конденсатора.

тогда  $C_1 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_1}$ , а  $C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_2}$ , ёмкости первого и второго конденсатора.



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

П. и. конденсаторы подключены последовательно,

$$\text{то } \frac{1}{C_3} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}$$

$$\text{т.е. } C_3 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{(\epsilon \epsilon_0 S)^2}{\epsilon \epsilon_0 S \left( \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)} = \frac{(\epsilon \epsilon_0 S)^2}{\epsilon \epsilon_0 S \frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2}} =$$

$$= \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{\frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2}} = \frac{4}{3} \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \frac{4}{3} C_0$$

2)  $Q_p = I \cdot U \cdot t$  — работа выполняемая на резисторе

$Q_k = \frac{qU}{2}$  — работа выполняемая на конденсаторе

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

$$q_1 = \epsilon \cdot C_3$$

$$q = \frac{\epsilon \cdot C_3}{2} = \frac{4 \cdot \epsilon C_0}{8} = \frac{2 \epsilon C_0}{3}$$

$$\text{ответ: } C_3 = \frac{4}{3} C_0; \quad q = \frac{2 \epsilon C_0}{3}$$

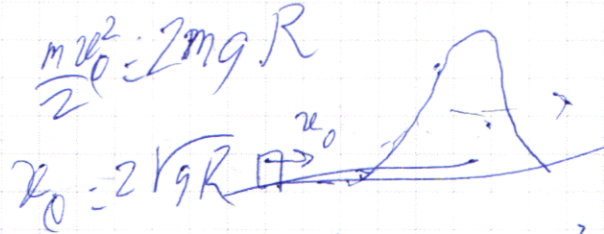
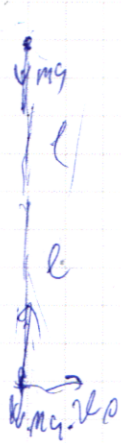


черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА



$$2mgh_{max} + m v_0^2 = m v_0^2$$

$$2gh_{max} + v_0^2 = v_0^2$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{3m v_0^2}{2} + mgh_{max}$$

$$m v_0 = 4m v_1$$

$$v_0 = 4v_1$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{4m v_0^2}{32} + mgh_{max}$$

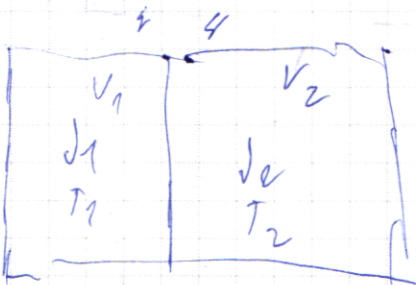
$$v_0^2 = \frac{v_0^2}{4} + 2gh_{max}$$

$$\frac{3}{4} v_0^2 = 2gh_{max}$$

$$n_{max} = \frac{3 v_0^2}{8g}$$

$$\frac{mgh_{max} + \frac{4m v_0^2}{2}}{2} = \frac{mgh_{max} + \frac{4m v_0^2}{2} + \frac{3m v_0^2}{2}}{2}$$

$V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$   
 $T_1 = 300 \text{ К}$      $V_1 = 0,2 \text{ макс}$   
 $T_2 = 280 \text{ К}$      $V_2 = 0,3 \text{ макс}$



$$pV = (V_1 + V_2) R T_3$$

$$p_1 V_1 = V_1 R T_1$$

$$p_3 V_3 = V_1 R T_2$$

$$p_1 V_1 = V_1 R T_1$$

$$p_1 = 2 p_3 T_1$$

$$\frac{p_3 V_1}{V_1 T_1} = \frac{p_3 V_2}{V_2 T_2}$$

$$\frac{p_1 V_1}{V_1 T_1} = \frac{p_1 V_2}{V_2 T_2} \quad p = (V_1 + V_2) T_3$$

$$4m v_2 = 3m v_1$$

$$p_1 V_2$$

$$p_2 V = V_2 R T_2$$

$$p_2 = 2 p_3 T_2$$

$$p_1 V_1 = V_1 R T_1$$

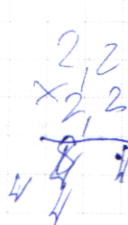
$$p_2 V_2 = V_2 R T_1$$

$$p_3 V = V_3 R T_3$$

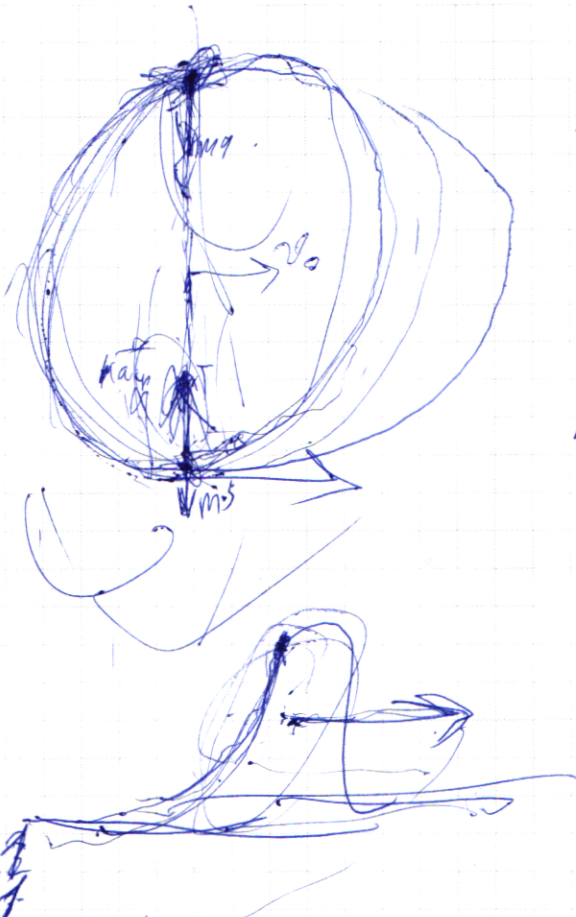
$$p_2 V_2 = V_2 R T_1$$

$$V_1 + V_2 = V \quad 2,84$$

$$V_3 = V_2 + V_1$$



2,2



$$\frac{mv_0^2}{2} = mg2R + \cancel{\frac{mv_0^2}{2}}$$

$$v_0^2 = 4gR$$

$$v_0 = 2\sqrt{gR}$$

$$mg - T = -\frac{mv_0^2}{R}$$

$$mg + T = \frac{mv_0^2}{R}$$

$$mg = T$$

$$mg + T = ma_{\text{up}}$$

$$mg - T = ma_{\text{down}}$$

$$a_{\text{up}} = 2g$$

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

$$v_0 = \sqrt{2gR}$$

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

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

3.1  
1.2  
0.9  
9.84

$$v_0 = \sqrt{10} = 3,1 \text{ m/s}$$

$$q = UC$$

$$q = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 50 \cdot 10^{-2} C}$$

$$\frac{1}{C_{\text{н}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C_{\text{н}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

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

$$C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_2}$$

$$C = \frac{q_1}{\epsilon \left( \frac{R-1}{R} \right)}$$

$$d_1 + d_2 = \frac{3}{4} d$$

$$C_2 = \frac{q_2}{\epsilon \left( \frac{R-1}{R} \right)}$$

C =

$$\frac{\frac{\epsilon \epsilon_0 S^2}{d_1 d_2}}{\frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_1} + \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_2}}$$

$$= \frac{(\epsilon \epsilon_0 S)^2}{d_1 d_2} = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d_1 + d_2}$$

$$w_2 = \frac{q_2^2}{2C_2}$$

$q_1 = q_2 = ?$

$$\frac{q_1}{\epsilon C_0} = \frac{d_1}{\epsilon} \quad \frac{q_2}{\epsilon C_0} = \frac{d_2}{\epsilon}$$

$$= \frac{2 \epsilon \epsilon_0 S}{3 d} = \frac{4}{3} C_0$$

$$\frac{q_1}{C_0}$$



**ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА**

$$p_1 V_1 = \nu_1 R T_1$$

$$p_3 V = \nu_1 R T_3$$

$$p_2 V_2 = \nu_2 R T_2$$

$$p_4 V = \nu_2 R T_4$$

$$p_5 V = \nu_3 R T_5$$

$$c m_1 \Delta T = c m_2 \Delta T$$

$$\nu_1 \Delta T_1 = \nu_2 \Delta T_2$$

$$(p_3 + p_4) V = R (\nu_1 T_3 + \nu_2 T_4) = p_5 V = \nu_3 R T_5$$

$$\nu_1 T_3 + \nu_2 T_4 = \nu_3 T_5$$

$$\frac{p_3 V}{T_1} = \frac{p_4 V}{T_3}$$

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p_4 V}{T_4}$$

$$\frac{\nu_2 R T_5}{V} = \frac{\nu_1 R T_3}{V} + \frac{\nu_2 R T_4}{V} = \frac{\nu_1 R \frac{p_3 V T_1}{p_1 V_1}}{V} + \frac{\nu_2 R \frac{p_4 V T_2}{p_2 V_2}}{V} =$$

$$\frac{\nu_2 T_5}{V} = \frac{\nu_1 p_3 T_1}{p_1 V_1} + \frac{\nu_2 p_4 T_2}{p_2 V_2}$$

$$p_1 V_1 = \nu_1 R T_1$$

$$p_2 V_2 = \nu_2 R T_2$$

$$p_3 V = \nu_1 R T_3$$

$$p_4 V = \nu_2 R T_4$$

$$\frac{3}{2} \nu_1 R T_1 + \frac{3}{2} \nu_2 R T_2 = \frac{3}{2} \nu_3 R T_3$$

$$\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 = \nu_3 T_3$$

$$T_3 = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2} = \frac{0,5 \cdot 300 + 0,5 \cdot 280}{0,5 + 0,5} = \frac{2 \cdot 300 + 3 \cdot 280}{5} =$$

$$\frac{1440}{5} = 288 \text{ K} = 25^\circ \text{C}$$

$$p_5 V = (\nu_1 + \nu_2) R T_3 = p = 0,5 \cdot 288 \cdot 10^3 =$$

$$= 144000 \text{ Pa} = 144 \text{ kPa}$$

$$q = ?$$

$$C_0 = \frac{q_0}{U}$$

$$C_1 = \frac{q_1}{U}$$

$$q_1 - q_0 = ?$$

$$(C_1 - C_0) = \frac{(q_1 - q_0)}{U}$$

$$\frac{q}{\epsilon} R =$$

$$I^2 R t =$$

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

$$q = q$$