


Предмет: Класс: 11 Дата: 17.12.2017	Номер участника: <b>Ф11-К-8</b>	 0 0 4 6 9 1 3 0
---	------------------------------------	--



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

5-003 ШИФР (заполняется секретарём)
---

## Анкета участника Олимпиады «Phystech.International» 2017 года

Указанная анкета предъявляется участником вместе с документом, удостоверяющим личность, при входе на олимпиаду, а затем вкладывается в письменную работу. Анкета без подписей недействительна. Работа без предоставления анкеты недействительна и не проверяется.


Коновалова	Татьяна	Юрьевна	26.08.2000
Фамилия	Имя	Отчество	Дата рождения
Беларусь	Могилёв	Могилевская область	
Страна	Город	Регион	
Беларусь	Могилёв	Могилевская область	
Страна школы	Город школы	Регион школы	
Лицей при БРУ			
Полное название образовательного учреждения			
+375-29-308-55-61	отсутствует	tanya_konovalova_2000@bk.ru	
Мобильный телефон	Домашний телефон	E-mail	

### Согласие на обработку персональных данных

Я согласен(-на) на сбор, хранение, использование, распространение (передачу) и публикацию своих персональных данных, а также олимпиадных работ, в том числе в сети "Интернет". Я согласен(-на), что мои персональные данные будут ограниченно доступны сотрудникам института для решения административных и иных рабочих задач. Я проинформирован(а), что под обработкой персональных данных понимаются действия (операции) с персональными данными в рамках выполнения Федерального закона №152 от 27.07.2006, конфиденциальность персональных данных соблюдается в рамках исполнения Операторами законодательства Российской Федерации. Я согласен(-на) на получение информационных писем от сотрудников Московского физико-технического института на E-mail, указанный при регистрации.

Я подтверждаю, что все указанные мной данные верны и в указанном виде будут использованы при печати дипломов олимпиад в случае их получения. Я подтверждаю, что ознакомлен с Положением и Регламентом проведения олимпиады «Phystech.International», а также с правилами оформления и условиями проверки работы.

« 17 » декабря 2017 г

  
Подпись участника олимпиады

 ФИО законного представителя	отец Степень родства	 Подпись законного представителя
--	-------------------------	--



## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1) Дано:  
 $l = 0,5 \text{ м}$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 $v_{0 \text{ min}} = ?$



Решение:

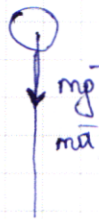
Закон сохранения энергии:

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

(скорость  $v$  в верхней точке сохраняется, т.к. шарик повиснет на нити, и если её не будет, то он просто упадет)

$$\frac{v_0^2}{2} = 2gl + \frac{v^2}{2} \Rightarrow v_0^2 = 4gl + v^2$$

Рассмотрим положение шарика в верхней точке:



2 Закон Ньютона:  $ma = mg$

$T = 0$ , т.к. шар имеет минимальную скорость

$$a = g$$

$$\frac{v^2}{e} = g$$

$$v^2 = lg$$

$$v_0^2 = 4gl + lg = 5gl$$

$$v_0 = \sqrt{5gl} = \sqrt{5 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,5 \text{ м}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

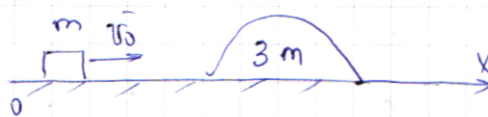
Ответ:  $v_{0 \text{ min}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) Дано:

$m, v_0, 3 \text{ м}$

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

$v_{\text{ш}} = ?$



Решение:

Закон сохранения импульса в проекции на ось  $Ox$ :

$$mv_0 = (m + 3m)v'$$

$$v' = \frac{mv_0}{4m} = \frac{v_0}{4}$$

Закон сохранения энергии:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{(m+3m) v'^2}{2} + mg H_{\max}$$

$$m v_0^2 = 4m v'^2 + 2 \rho H_{\max} m$$

$$v_0^2 - 4v'^2 = \frac{2 \rho H_{\max}}{4v'^2} = \frac{v_0^2 - 4 \cdot \frac{v_0^2}{16}}{2\rho} = \frac{v_0^2 - \frac{v_0^2}{4}}{2\rho} = \frac{3v_0^2}{8\rho}$$

Закон сохранения импульса в проекции на ось  $Ox$ :

$$4m v' = 3m v_r - m v_{ш}, \quad \text{где } v_r - \text{ скорость горки после взрыва шайбы}$$

$$4v' = 3v_r - v_{ш}$$

$v_{ш}$  - скорость с которой взорвется шайба

$$\frac{4v_0}{4} = 3v_r - v_{ш} \Rightarrow v_0 = 3v_r - v_{ш}$$

Закон сохранения энергии:

$$\frac{4m v'^2}{2} + mg H_{\max} = \frac{3m v_r^2}{2} + \frac{m v_{ш}^2}{2}$$

$$\frac{4m \frac{v_0^2}{16}}{2} + mg \cdot \frac{3v_0^2}{8\rho} = \frac{3m v_r^2}{2} + \frac{m v_{ш}^2}{2}$$

$$\frac{v_0^2}{8} + \frac{3v_0^2}{8} = \frac{3v_r^2}{2} + \frac{v_{ш}^2}{2}$$

$$\frac{4v_0^2}{8} = \frac{3v_r^2}{2} + \frac{v_{ш}^2}{2}$$

$$v_0^2 = 3v_r^2 + v_{ш}^2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v_0 = 3v_r - v_{ш} \\ v_0^2 = 3v_r^2 + v_{ш}^2 \end{array} \right. \Rightarrow v_r = \frac{v_0 + v_{ш}}{3}$$

$$v_0^2 = 3 \cdot \frac{(v_0 + v_{ш})^2}{9} + v_{ш}^2$$

$$3v_0^2 = v_0^2 + v_{ш}^2 + 2v_0 v_{ш} + 3v_{ш}^2$$

$$2v_{ш}^2 + 2v_{ш} v_0 - 2v_0^2 = 0$$

$$2v_{ш}^2 + v_{ш} v_0 - v_0^2 = 0$$

$$D = v_0^2 + 8v_0^2 = 9v_0^2$$

$$v_{ш1} = \frac{-v_0 + 3v_0}{4} = \frac{v_0}{2}$$

$$v_{ш2} = \frac{-v_0 - 3v_0}{4} = -v_0, \text{ не подходит}$$

Ответ:  $H_{\max} = \frac{3v_0^2}{8\rho}$ ;  $v_{ш} = \frac{v_0}{2}$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

3) Дано:  $V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$   
 $T_1 = 300 \text{ К}$   
 $\nu_1 = 0,2 \text{ моль}$   
 $T_2 = 280 \text{ К}$   
 $\nu_2 = 0,3 \text{ моль}$   


---

 $T_k = ?$   
 $p_k = ?$

Решение:

Закон термодинамического равновесия:

$$\nu_1 c (T_1 - T_k) = \nu_2 c (T_k - T_2), \text{ где}$$

$c$  - молярная теплоёмкость газа

$$\nu_1 T_1 - \nu_1 T_k = \nu_2 T_k - \nu_2 T_2$$

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

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

$$T_k = \frac{0,2 \text{ моль} \cdot 300 \text{ К} + 0,3 \text{ моль} \cdot 280 \text{ К}}{0,2 \text{ моль} + 0,3 \text{ моль}} = \frac{60 \text{ моль} \cdot \text{К} + 84 \text{ моль} \cdot \text{К}}{0,5 \text{ моль}}$$

$$= \frac{144 \text{ моль} \cdot \text{К}}{0,5 \text{ моль}} = 288 \text{ К}$$

$$p_k V = \nu R T_k \quad ; \quad \nu = \nu_1 + \nu_2 = 0,2 \text{ моль} + 0,3 \text{ моль} = 0,5 \text{ моль}$$

$$p_k = \frac{\nu R T_k}{V}$$

$$p_k = \frac{0,5 \text{ моль} \cdot 8,31 \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 288 \text{ К}}{8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} =$$

$$= 144 \text{ кПа}$$

Ответ:  $T_k = 288 \text{ К}$ ;  $p_k = 144 \text{ кПа}$ .

4) Дано:

$$\epsilon_0; \epsilon$$

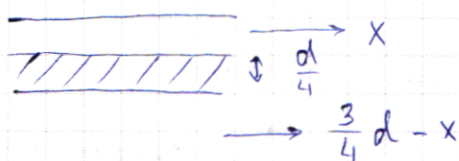
$$l = \frac{d}{4}$$

$C = ?$

$q = ?$

Решение:

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



При расположении пластин конденсатор «трансформируется» в два последовательно соединённых конденсатора с ёмкостями  $C_1$  и  $C_2$  ( $d_1 = x$ ;  $d_2 = \frac{3}{4} d - x$ ).

$$C = \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)^{-1}; \quad C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{x} \left( \frac{\epsilon_0 S}{x} \right)$$

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{\frac{3}{4}d - x} = \frac{4\epsilon_0 S}{3d - 4x}$$

$$C = \left( \frac{x}{\epsilon_0 S} + \frac{3d - 4x}{4\epsilon_0 S} \right)^{-1} = \left( \frac{4x + 3d - 4x}{4\epsilon_0 S} \right)^{-1} = \left( \frac{3d}{4\epsilon_0 S} \right)^{-1} =$$

$$= \frac{4\epsilon_0 S}{3d}$$

Из формулы видно, что емкость полученного конденсатора не зависит от взаимного расположения пластин относительно обкладок (внутри конденсатора).

$$q_1 = C_1 \cdot \epsilon = \frac{\epsilon_0 S}{d} \cdot \epsilon; \quad q_2 = C \cdot \epsilon = \frac{4\epsilon_0 S}{3d} \epsilon$$

$$q = q_2 - q_1 = \frac{4\epsilon_0 S}{3d} \epsilon - \frac{\epsilon_0 S}{d} \epsilon = \frac{4\epsilon_0 S \epsilon}{3d} - \frac{3\epsilon_0 S \epsilon}{3d} =$$

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

Ответ:  $C = \frac{4\epsilon_0 S}{3d} = \frac{4}{3} C_0; \quad q = \frac{\epsilon}{3} C_0$ .

5) Дано:

$R, C, \epsilon$

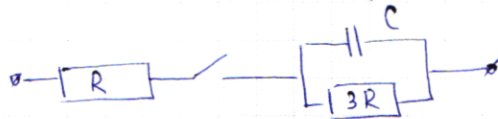
$R_1 = 3R$

$I = ?$

$U_k = ?$

$Q = ?$

Решение:



$$R_{\text{общ}} = R + 3R = 4R; \quad I = \frac{\epsilon}{4R}$$

Напряжение на конденсаторе равно напряжению на конденсаторе и резисторе ( $3R$ ), т.к. параллельное соединение.

Тогда, с учётом того, что резистор ( $R$ ) и блок, состоящий из конденсатора и резистора ( $3R$ ), соединены последовательно, получим:

$$\frac{\epsilon}{4R} = \frac{U_k}{3R} \Rightarrow U_k = \frac{3R \cdot \epsilon}{4R} = \frac{3}{4} \epsilon$$

Закон сохранения энергии:

$$Eq = \frac{CU_k^2}{2} + Q; \quad Eq - \text{ работа источника тока}$$

$$Q = Eq - \frac{C \cdot 9\epsilon^2}{16 \cdot 2} = \frac{C \cdot 9\epsilon^2}{16} - \frac{9C\epsilon^2}{32} = \frac{9C\epsilon^2}{32}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$Q = \frac{32 C \epsilon^2 - 9 C \epsilon^2}{32} = \frac{23 C \epsilon^2}{32} \quad \frac{18 C \epsilon^2 - 9 C \epsilon^2}{32} = \frac{9 C \epsilon^2}{32}$$

Ответ:  $\gamma = \frac{\epsilon}{4R}$ ;  $U_k = \frac{3}{4} \epsilon$ ;  $Q = \frac{9 C \epsilon^2}{32}$

$$Q = \epsilon q = \frac{9}{16} \frac{C \epsilon^2}{2}$$
$$Q = \frac{9}{4} C \epsilon^2 - \frac{9 C \epsilon^2}{32} = \frac{24 C \epsilon^2 - 9 C \epsilon^2}{32} = \frac{15 C \epsilon^2}{32}$$

Ответ:  $\gamma = \frac{\epsilon}{4R}$ ;  $U_k = \frac{3}{4} \epsilon$ ;  $Q = \frac{15 C \epsilon^2}{32}$



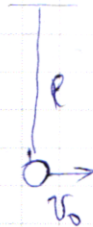
черновик     чистовик  
(Поставьте галочку в нужном поле)

Страница №\_\_  
(Нумеровать только чистовики)



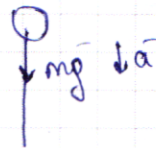
## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

1)  $l = 0,5 \text{ м}$   
 $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$   
 $v_0 \text{ min. ?}$



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

(м.к. нить, значит скорость должна сократиться)



$$ma = mg$$

$$a = g$$

$$\frac{v^2}{r} = g \Rightarrow v = \sqrt{gr}$$

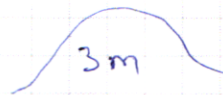
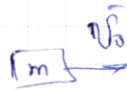
$$\frac{50}{2 \cdot 5} = 5$$

$$\frac{v_0^2}{2} = 2lg + \left(\frac{\sqrt{gr}}{2}\right)^2$$

$$v_0^2 = 4lg + gl = 5gl$$

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

2)  $m, v_0$   
 $3 \text{ м}$   
 $H_{\text{max}} \text{ ?}$



$$v' = \frac{v_0}{4}$$

м.к.

зсц:  $mv_0 = (m + 3m)v'$

$$v' = \frac{mv_0}{4m} = \frac{v_0}{4}$$

зсц<sub>1</sub>:  $\frac{mv_0^2}{2} = mgr H_{\text{max}} + \frac{4m v'^2}{2}$

зсц<sub>2</sub>:  $\frac{4m v'^2}{2} = \frac{3m v'^2}{2} + \frac{m v^2}{2}$   
 $4m v'^2 = 3m v'^2 + m v^2$

$$3) V = 8,31 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$T_1 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$V_1 = 0,2 \text{ моль}$$

$$T_2 = 280 \text{ K}$$

$$V_2 = 0,3 \text{ моль}$$

$$T_K = ?$$

$$M = 0,004 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$m = \nu M$$

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$m_1 = \nu_1 M = 0,2 \text{ моль} \cdot 0,004 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 0,0008 \text{ кг}$$

$$m_2 = \nu_2 M = 0,3 \text{ моль} \cdot 0,004 \frac{\text{кг}}{\text{моль}} = 0,0012 \text{ кг}$$

$$m_1 c (T_K - T_1) + m_2 c (T_K - T_2) = (m_1 + m_2) c T_K$$

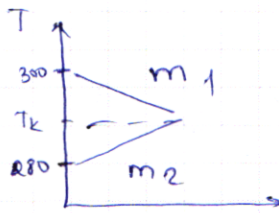
$$\nu, M, T$$

$$\begin{array}{r} 0,0008 \\ + 0,0012 \\ \hline 0,0020 \end{array}$$

$$\nu = \frac{0,002}{0,004} = 0,5 \text{ моль}$$

$$\begin{array}{r} \times 300 \\ 0,2 \\ \hline 60,0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 280 \\ 0,3 \\ \hline 84,0 \end{array}$$



$$m_1 c (T_1 - T_K) = m_2 c (T_K - T_2)$$

$$m_1 T_1 - m_1 T_K = m_2 T_K - m_2 T_2$$

$$m_1 T_1 + m_2 T_2 = T_K (m_1 + m_2)$$

$$T_K = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} =$$

$$\frac{0,0008 \text{ кг} \cdot 300 \text{ K} + 0,0012 \text{ кг} \cdot 280 \text{ K}}{0,0008 \text{ кг} + 0,0012 \text{ кг}}$$

$$\frac{240 + 336}{2,0} = \frac{576}{2} = 288$$

$$pV = \nu RT$$

$$p = \frac{\nu RT}{V}$$

$$\frac{288 \times 84}{144}$$

c

$$\begin{array}{r} 1440 \mid 5 \\ -10 \\ \hline 44 \\ -40 \\ \hline 40 \end{array}$$

$$4) C_0$$

$$\epsilon$$

$$L = \frac{d}{4}$$

$$C_1 = ?$$

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

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S^2}{3d} + \frac{\epsilon_0 \epsilon S^2}{d}$$

$$pV = \nu RT$$

$$R = \frac{pV}{\nu T} =$$

$$0,5 \cdot 288 \cdot 10^0 =$$

$$= 0,5 \cdot 288 \cdot 10^3 = 500 \cdot 288$$

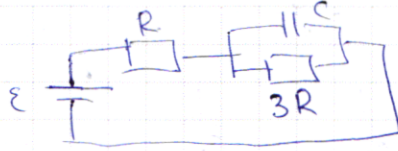
$$500$$

$$\begin{array}{r} 44 \\ \times 288 \\ 1500 \\ \hline 144000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 500 \\ \times 288 \\ \hline 4000 \\ 10000 \\ \hline 144000 \end{array}$$

## ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

5)  $R_1 = 3R$   
 $C, \epsilon, R$   
 $I = ?$



$$I = \frac{\epsilon}{R + 3R} = \frac{\epsilon}{4R}$$

$$U_{\text{вы}} = I \cdot 4R = \epsilon$$

$$\frac{3\epsilon}{4} = U_C$$

$$\epsilon q = Q + \frac{cu^2}{2} \quad ; \quad q = cu$$

$$\epsilon cu = + \frac{cu^2}{2} + Q$$

$$I_R = I_{C+3R}$$

$$\frac{U_R}{R} = \frac{U_{C+3R}}{3R}$$

$$3U_R = U_{C+3R}$$

$$\frac{U_{C+3R}}{U_R} = 3$$

2) ЗСЭ:  $\frac{mV_0^2}{2} = m \cdot g \cdot H_{\text{max}} + \frac{(m+3m)V'^2}{2}$

ЗСЧ:  $mV_0 = 4mV'$

ЗСЧ:  $(m+3m)V' = 3mV_2 - 3mV_1$

3)  $q\epsilon = \frac{cu^2}{2} + Q$

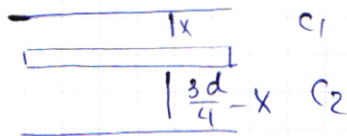
$$q = \frac{I}{\Delta t} = \frac{U}{R \Delta t}$$

1)  $ma = mg + T$

$$Q = I^2 R \Delta t + I^2 3R \Delta t = R$$

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

$$4) C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$



$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{x}$$

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{\frac{3d}{4} - x} = \frac{\epsilon_0 S \cdot 4}{3d - 4x}$$

$$C_{\text{общ}} = \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right)^{-1} = \left( \frac{x}{\epsilon_0 S} + \frac{3d - 4x}{\epsilon_0 S \cdot 4} \right)^{-1} = \left( \frac{4x + 3d - 4x}{\epsilon_0 S \cdot 4} \right)^{-1} = \frac{4 \epsilon_0 S}{3d}, \text{ т. е.}$$

Ёмкость полученного конденсатора не зависит от расположения пластин относительно обкладок.

$$\frac{\epsilon}{2} \frac{C_0 U^2}{2} + \frac{C_{\text{общ}} U^2}{2} = q \epsilon \Delta W = \epsilon q$$

$$C_{\text{общ}} \epsilon^2 - C_0 \epsilon^2 = 2 \epsilon q$$

$$q = \frac{C_{\text{общ}} \epsilon - C_0 \epsilon}{2}$$

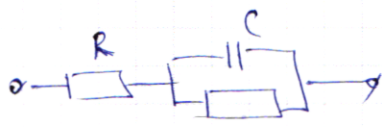
$$5) R = r + x$$

$$C, \epsilon, R$$

$$R_1 = 3R$$

$$J = \frac{\epsilon}{3R + R}$$

$$q = \epsilon \epsilon$$



$\epsilon q$  - работа источника

$$1) J = \frac{\epsilon}{4R} = \frac{U'}{3R}$$

$$q = \Delta C U$$

$$2) U'_0 = \frac{3R \epsilon}{4R} = \frac{3}{4} \epsilon$$

$$q = (C - C_0) \epsilon$$

$$\epsilon q = \frac{C U_0^2}{2} + Q$$

$$q \epsilon = \frac{C_{\text{общ}} \epsilon^2}{2} - \frac{C_0 \epsilon^2}{2}$$

$$q = C U_0$$

$$q = \frac{(C_{\text{общ}} - C_0) \epsilon}{2}$$

$$\frac{\epsilon \cdot 3}{4} \epsilon C = \frac{C \cdot 9 \epsilon^2}{16} + Q$$

$$\frac{12 \epsilon^2 C - 9 C \epsilon^2}{16} = Q = \frac{3 \epsilon^2 C}{16}$$

### ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

$$4) q \varepsilon = \frac{C u^2}{2} - \frac{C_0 u^2}{2} = \frac{u^2 (C - C_0)}{2} \quad q \varepsilon = \frac{C u^2}{2} - \frac{C_0 u^2}{2} + Q$$

$$q = \frac{\varepsilon (C - C_0)}{2} \quad q = C \varepsilon \quad \varepsilon q = \frac{\varepsilon^2 (C - C_0)}{2} + Q$$

$$\varepsilon q =$$

$$5) \varepsilon q = \frac{C u^2}{2} + Q ; Q = \varepsilon q - \frac{C_0}{16} \varepsilon^2 = Q$$

$$q = C \varepsilon \quad C \varepsilon$$

$$\frac{C u^2}{2} = \varepsilon q + Q$$

$$Q = \frac{C u^2}{2} - \varepsilon q = \frac{C_0}{16} \varepsilon^2 - \varepsilon^2 C$$

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

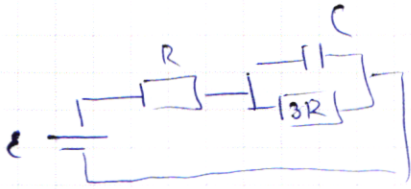
$$\varepsilon C \varepsilon = \frac{C_0}{16 \cdot 2} \varepsilon^2 + Q$$

$$Q = C \varepsilon^2 - \frac{C_0 \varepsilon^2}{32} = \frac{32 C \varepsilon^2 - C_0 \varepsilon^2}{32} = \frac{23 C \varepsilon^2}{32}$$

$$\frac{-32}{9} \quad + \frac{23}{9} \quad + \frac{23}{9}$$

$$q = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon^2 g \cdot C}{16}$$

$$q = C u_k$$



$$P_{\text{общ}} = 4R$$

$$J = \frac{\varepsilon}{4R}$$

$$\frac{\varepsilon}{4R} = \frac{U_k}{3R} \Rightarrow U_k = \frac{3\varepsilon}{4}$$

$$Eq = \frac{CU_k^2}{2} + Q \quad ; \quad q = C \cdot U_k$$

$$\frac{\varepsilon \cdot C \cdot 3\varepsilon}{4} = \frac{C \cdot 3\varepsilon^2}{4}$$

$$Q = \frac{3}{4} C \varepsilon^2 - \frac{C \cdot 9\varepsilon^2}{32} = \frac{24C\varepsilon^2 - 9C\varepsilon^2}{32}$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ - 9 \\ \hline 15 \end{array} \quad \begin{array}{r} 15 \\ + 9 \\ \hline 24 \end{array}$$