

## **Основные типы задач по теме: «Конденсаторы» и их отображение в ЕГЭ по физике.**

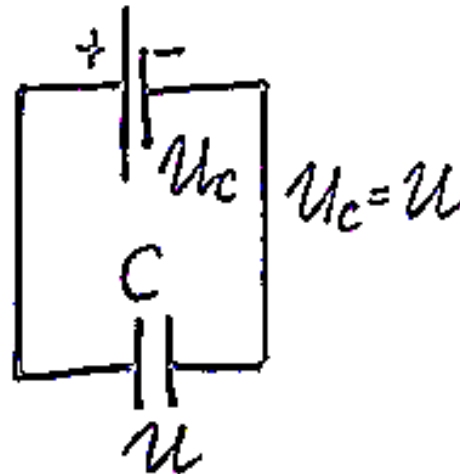
Учитель физики ГБОУ "Школа "Дмитровский" имени Героя Советского Союза В.П. Кислякова»  
Федькушева Наталия Александровна



## 1. Зарядка конденсатора.

В рамках электростатики (из учебника Мякишева Г. Я. «Электродинамика»):

Для зарядки конденсатора нужно присоединить его обкладки к полюсам источника напряжения, например к полюсам батареи аккумуляторов. Можно также соединить одну обкладку с полюсом батареи, другой полюс которой заземлен, а вторую заземлить. Тогда на заземленной обкладке останется заряд, противоположный по знаку и равный по модулю заря-

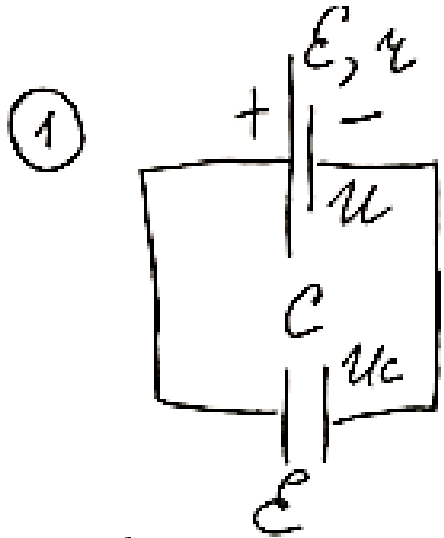


## 1. Зарядка конденсатора.

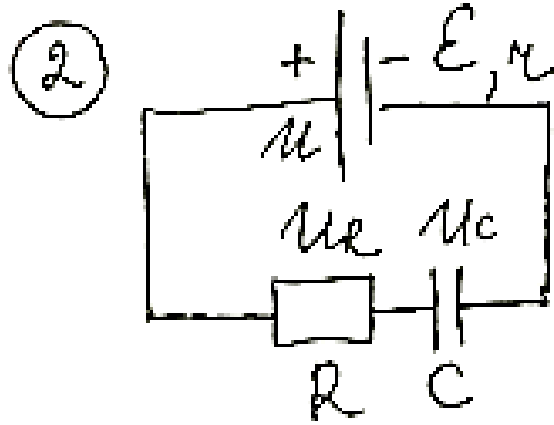
В рамках электродинамики (после изучения закона Ома для полной цепи):

**Когда конденсатор полностью заряжен, ток через участок цепи, содержащий конденсатор, не течёт, так как конденсатор – разрыв цепи постоянного тока.**

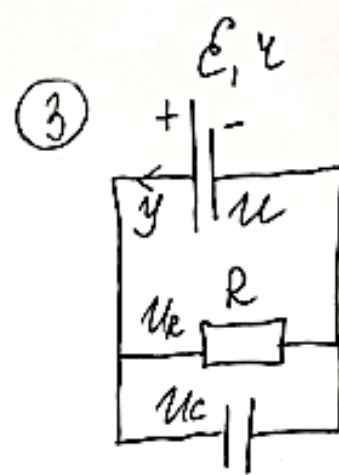
(Ток между двумя любыми точками проводника не течёт, если разность потенциалов между этими точками равна нулю).



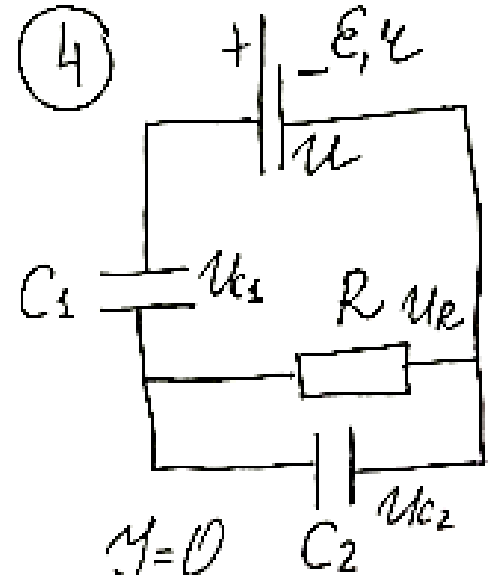
$$\begin{aligned}
 \mathcal{Y} &= 0 \\
 U &= U_C \\
 U &= \mathcal{E} - \mathcal{Y}R \Rightarrow U_C = U = \mathcal{E}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \mathcal{Y} &= 0 \\
 U &= U_C + U_R \\
 U_R &= \mathcal{Y}R = 0 \\
 U &= \mathcal{E} - \mathcal{Y}R; U_C = U = \mathcal{E}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 U_C &= U \\
 U &= U_R = \mathcal{Y}R \\
 \mathcal{Y} &= \frac{\mathcal{E}}{R + \mathcal{E}} \\
 U_C = U_R &= \frac{\mathcal{E}R}{R + \mathcal{E}}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \mathcal{Y} &= 0 \\
 U_{C1} &= \mathcal{E} \\
 U_{C2} = U_R &= \mathcal{Y}R = 0
 \end{aligned}$$

## 2. Соединение конденсаторов.

- Параллельное соединение конденсаторов (из учебника Мякишева Г. Я. «Электродинамика»):

### Параллельное соединение конденсаторов

При параллельном соединении двух конденсаторов емкостью  $C_1$  и  $C_2$  их обкладки соединяют попарно друг с другом (рис. 1.103). Под емкостью батареи понимают отношение заряда, сообщенного батарее, к разности потенциалов между обкладками конденсаторов. Разность потенциалов  $U$  при параллельном соединении одинакова для обоих конденсаторов. Заряд же батареи равен:

$$q = q_1 + q_2,$$

где  $q_1$  — заряд первого конденсатора, а  $q_2$  — второго. Емкость батареи равна:

$$C = \frac{q}{U} = \frac{q_1}{U} + \frac{q_2}{U}.$$

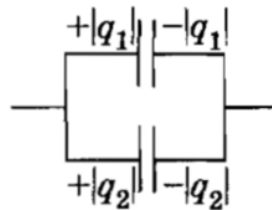


Рис. 1.103

Так как

$$C_1 = \frac{q_1}{U} \text{ и } C_2 = \frac{q_2}{U},$$

то

$$C = C_1 + C_2. \quad (1.26.1)$$

При параллельном соединении конденсаторов их общая емкость равна сумме емкостей отдельных конденсаторов.

Если параллельно соединены  $n$  конденсаторов, то

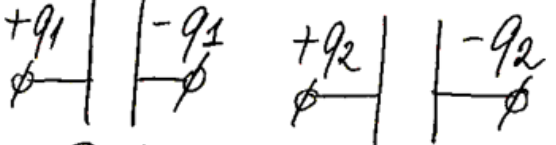
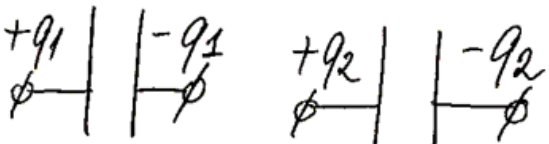
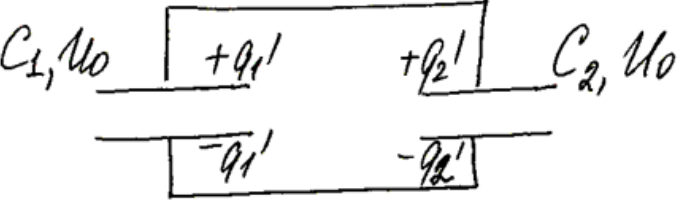
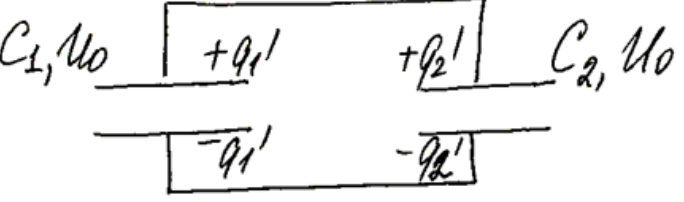
$$C = \sum_{i=1}^N C_i. \quad (1.26.2)$$

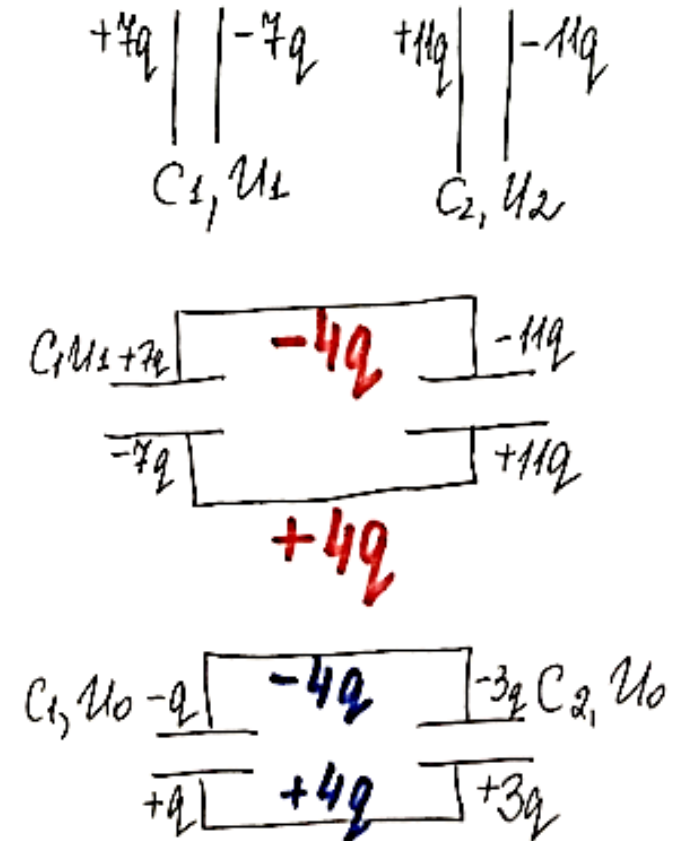
## 2. Соединение конденсаторов.

- Параллельное соединение конденсаторов:

Ток между двумя любыми точками проводника не течёт, если разность потенциалов между этими точками равна нулю.

**Перераспределение заряда между конденсаторами будет происходить до тех пор, пока напряжения на конденсаторах не станут одинаковыми и равными  $U_0$ .**

Конденсаторы соединили одноимённо заряженными пластинами.	Конденсаторы соединили разноименно заряженными пластинами.
 <p style="text-align: center;"><math>C_1, U_1</math>      <math>C_2, U_2</math></p>	 <p style="text-align: center;"><math>C_1, U_1</math>      <math>C_2, U_2</math></p>
	
<p>Закон сохранения заряда:  <math>q_1 + q_2 = q_1' + q_2'</math></p>	<p>Закон сохранения заряда:  <math> q_1 - q_2  = q_1' + q_2'</math></p>



## 2. Соединение конденсаторов.

- Последовательное соединение конденсаторов (из учебника Мякишева Г. Я. «Электродинамика»):

### Последовательное соединение конденсаторов

Схема последовательного соединения двух конденсаторов изображена на рисунке 1.104. В этом случае отрицательно заряженная обкладка первого конденсатора соединена с положительно заряженной второго. Заряды обоих конденсаторов

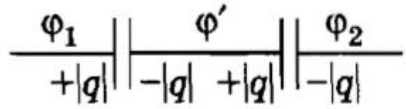


Рис. 1.104

одинаковы. Действительно, если заряд крайней обкладки первого конденсатора равен  $+|q|$ , то на противоположной обкладке вследствие электростатической индукции появится заряд  $-|q|$ . Так

как проводник между конденсаторами и соединяемые им обкладки в целом нейтральны, то заряд внутренней обкладки второго конденсатора равен  $+|q|$ .

Емкость батареи из последовательно соединенных конденсаторов

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2},$$

где  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  — потенциалы крайних обкладок. Емкости отдельных конденсаторов равны:

где  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  — потенциалы крайних обкладок. Емкости отдельных конденсаторов равны:

$$C_1 = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi'}, \text{ и } C_2 = \frac{q}{\varphi' - \varphi_2},$$

где  $\varphi'$  — потенциал внутренних обкладок.

Найдем сумму величин, обратных емкостям конденсаторов:

$$\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{\varphi_1 - \varphi'}{q} + \frac{\varphi' - \varphi_2}{q} = \frac{1}{C}.$$

Следовательно, при последовательном соединении конденсаторов величина, обратная емкости батареи, равна сумме величин, обратных емкостям отдельных конденсаторов:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}. \quad (1.26.3)$$

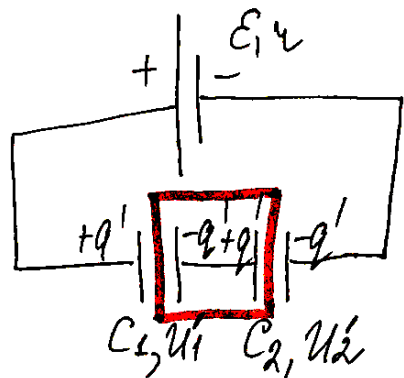
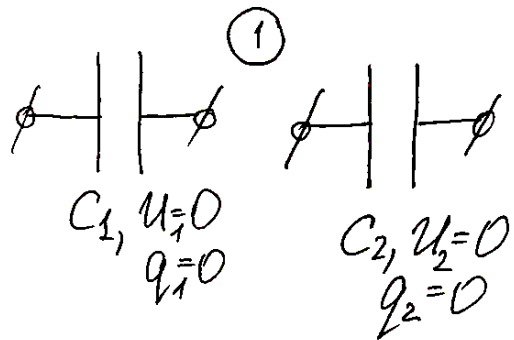
В общем случае для  $n$  конденсаторов справедливо равенство:

$$\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}. \quad (1.26.4)$$

Емкость батареи последовательно соединенных конденсаторов меньше емкости конденсатора с минимальной емкостью в батарее.

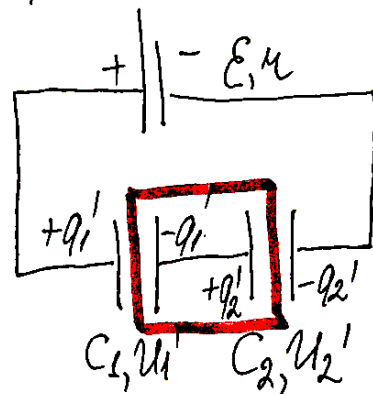
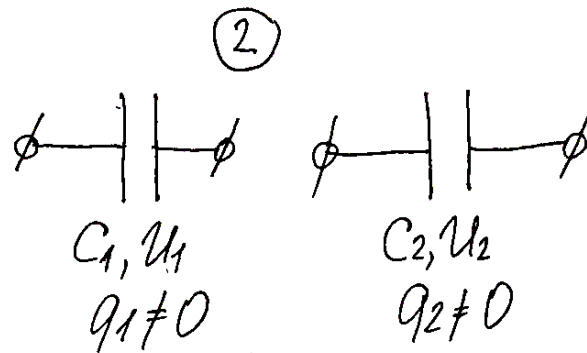
## 2. Соединение конденсаторов.

- Последовательное соединение конденсаторов:



$$\mathcal{E} = U_1 + U_2$$

$$\text{ЗСЗ: } \underbrace{q_1 + q_2}_0 = \underbrace{-q_1 + q_2}_0$$



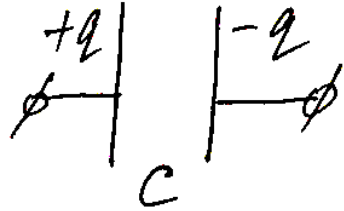
$$\mathcal{E} = U_1 + U_2$$

$$\text{ЗСЗ: } \underbrace{q_1 + q_2}_{\text{взеты с соответствующими знаками}} = \underbrace{-q_1 + q_2}$$

### 3. Изменение ёмкости конденсатора.

- Конденсатор подключили к источнику, зарядили, отключили от источника.

$q = const$   
 $\Rightarrow d \uparrow$



$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$   
 $\epsilon = const$   
 $\epsilon_0 = const$   
 $S = const$   
 $d \uparrow$

$\Rightarrow C \downarrow$

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

$\Rightarrow U \uparrow$

~~$W = \frac{CU^2}{2}$~~   
 $W = \frac{q^2}{2C}$   
 $W = \frac{qU}{2}$   
 $q = const$   
 $C \downarrow, U \uparrow$

$W \uparrow$

$E = \frac{U}{d}$   
 $U \uparrow, d \uparrow$

?

$U = \frac{q}{C}$   
 $E = \frac{q}{Cd}$   
 $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$

$E = \frac{qd}{\epsilon \epsilon_0 S}$   
 $E = \frac{q}{\epsilon \epsilon_0 S}$

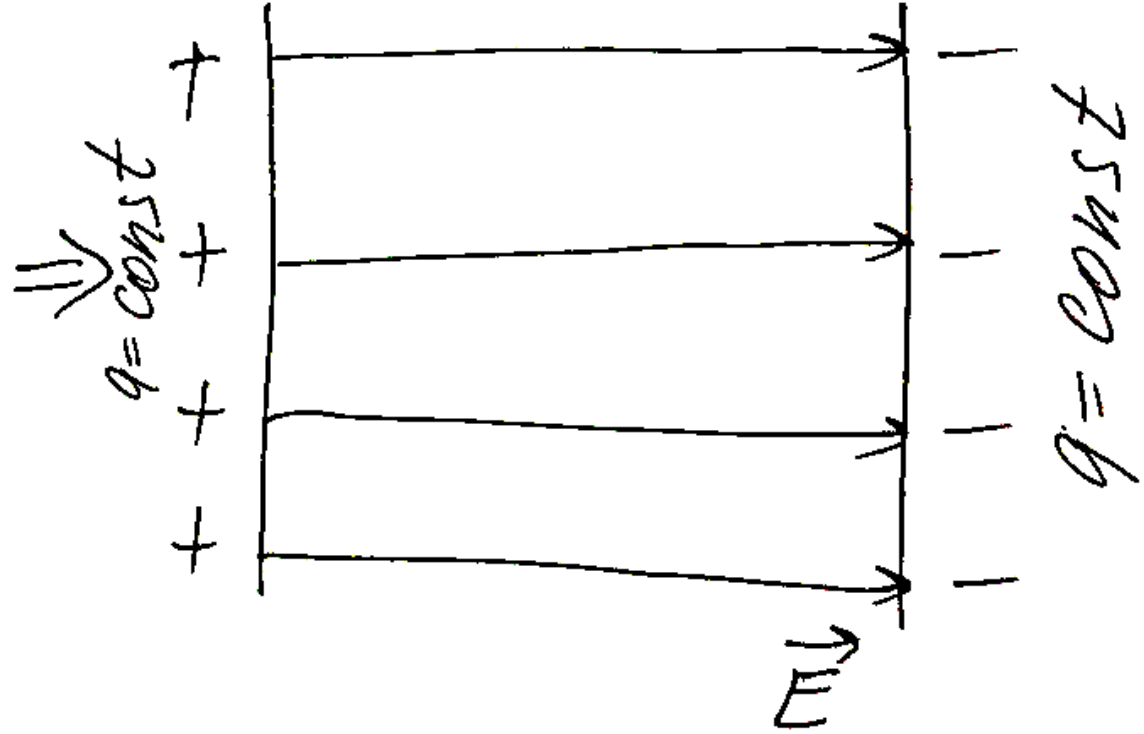
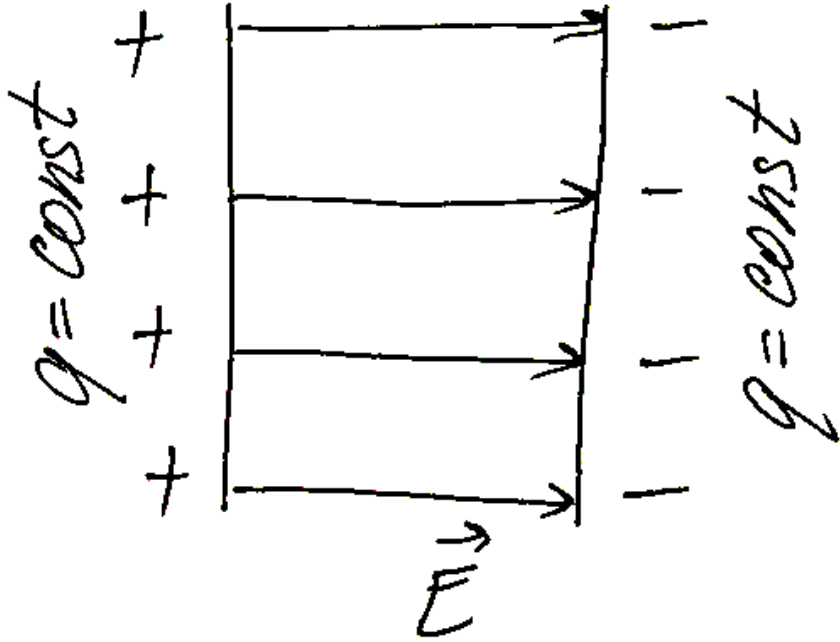
$q = const$   
 $\epsilon = const$   
 $\epsilon_0 = const$   
 $S = const$

$E = const$



### 3. Изменение ёмкости конденсатора.

- Конденсатор подключили к источнику, зарядили, отключили от источника.



## 3. Изменение ёмкости конденсатора.

- Конденсатор подключили к источнику, зарядили, отключили от источника.

2)  $\epsilon \uparrow$

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

$$\epsilon_0 = \text{const}$$

$$S = \text{const}$$

$$d = \text{const}$$

$$\epsilon \uparrow$$

$C \uparrow$

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

$$q = \text{const}$$

$$C \uparrow$$

$$U \downarrow$$

~~$$W = \frac{CU^2}{2}$$~~

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

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

$$q = \text{const}$$

$$C \uparrow, U \downarrow$$

$$W \downarrow$$

$$E = \frac{q}{\epsilon \epsilon_0 S}$$

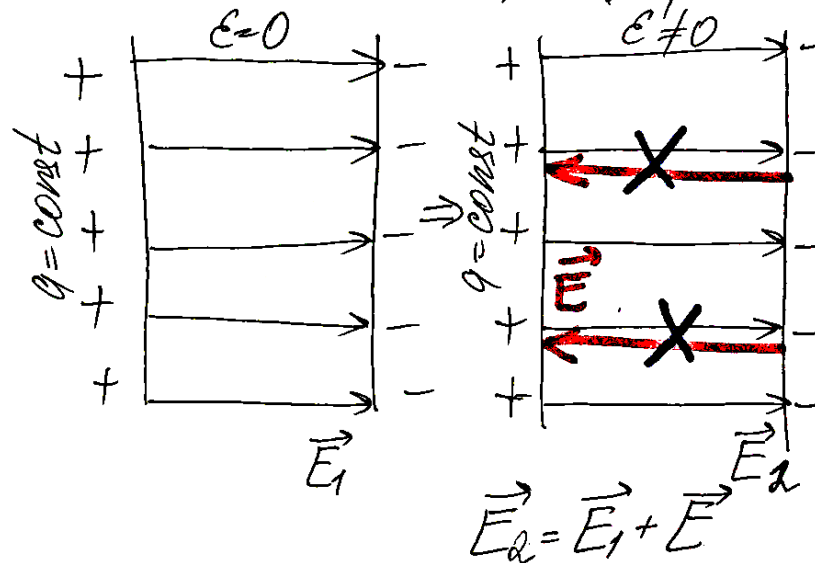
$$q = \text{const}$$

$$\epsilon_0 = \text{const}$$

$$S = \text{const}$$

$$\epsilon \uparrow$$

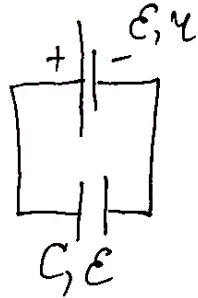
$E \downarrow$



## 3. Изменение ёмкости конденсатора.

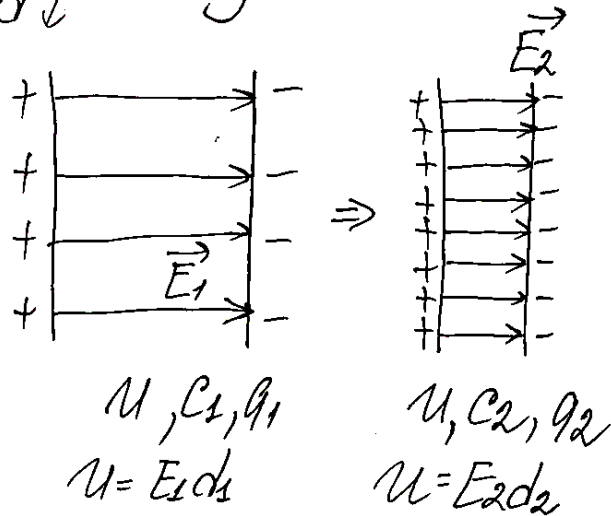
- Конденсатор подключили к источнику, зарядили, не отключают от источника.

$$U = \text{const}$$



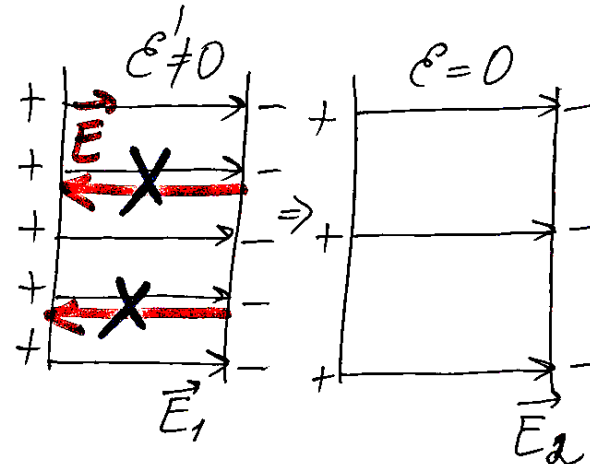
$$1) d \downarrow \Rightarrow C \uparrow \Rightarrow q \uparrow$$

$$E = \frac{U}{d} \quad \left. \begin{array}{l} U = \text{const} \\ d \downarrow \end{array} \right\} E \downarrow$$



$$2) \epsilon \downarrow \Rightarrow C \downarrow \Rightarrow q \downarrow$$

$$E = \frac{U}{d} \quad \left. \begin{array}{l} U = \text{const} \\ d = \text{const} \end{array} \right\} E = \text{const}$$



## 1. Движение заряженной частицы между пластинами конденсатора.

Где взять?

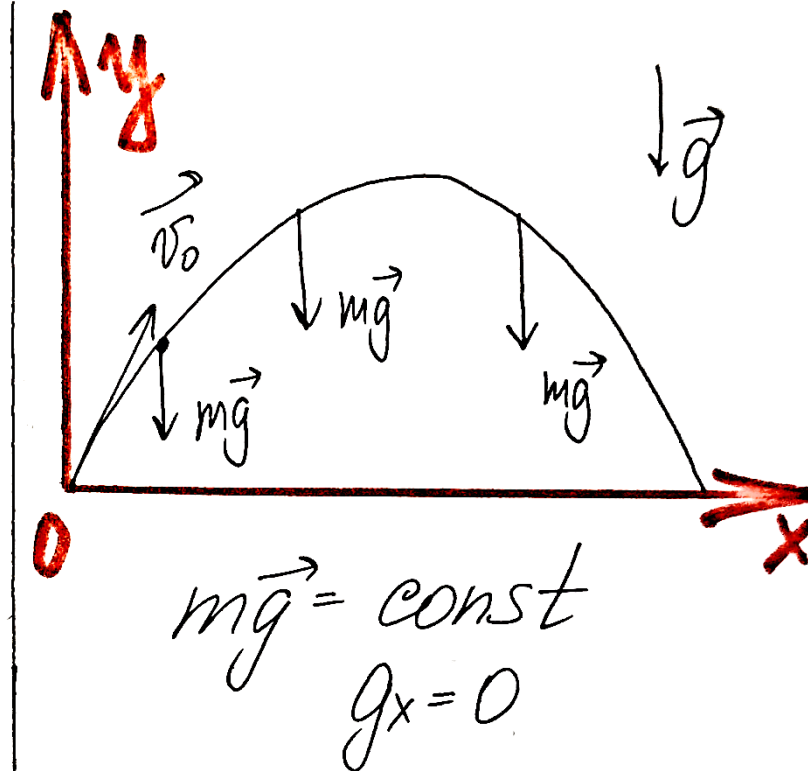
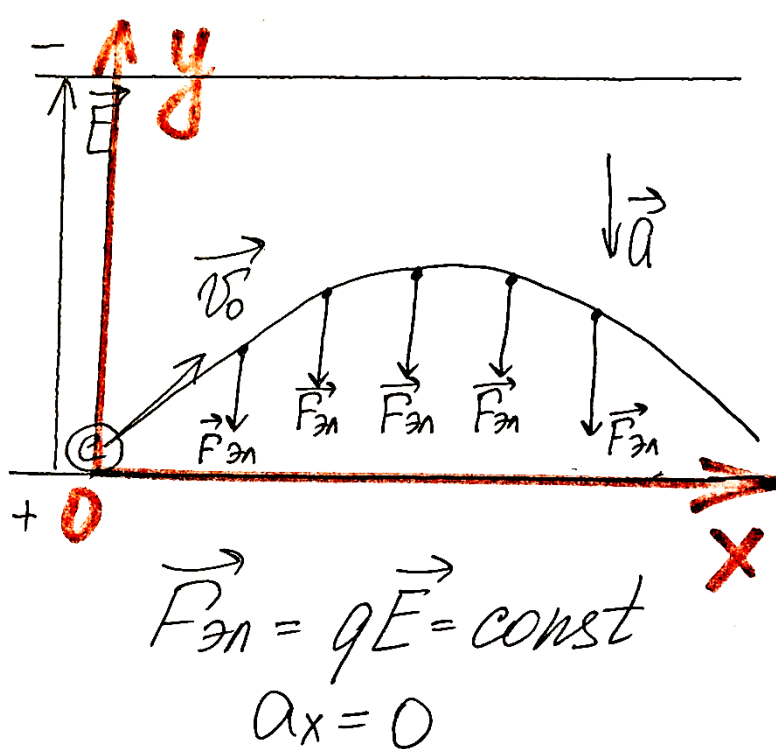
- 1) М. Ю. Демидова, В. А. Грибов, А. И. Гиголо, Физика, ЕГЭ, 500 задач, 2021.
- 2) <http://vkotov.narod.ru/03.pdf>



## 1. Движение заряженной частицы между пластинами конденсатора.

Движение частицы между обкладками конденсатора можно разложить на две составляющих:

- 1) Равномерное движение по оси  $Ox$  (так как проекция ускорения  $\vec{a}$  на ось  $Ox$  равна нулю)
- 2) Равнопеременное (равноускоренное) движение по оси  $Oy$  с ускорением  $\vec{a}$ .



## **2. Соединение конденсаторов.**

Где взять?

- 1) Черноуцан А. И., ФИЗИКА. Задачи с ответами и решениями.
- 2) Бендриков Г. А., Буховцев Б. Б., Керженцев В. В., Мякишев Г. Я., ФИЗИКА. ЗАДАЧИ ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В ВУЗЫ.

## **3. Перераспределение зарядов между обкладками конденсаторов.**

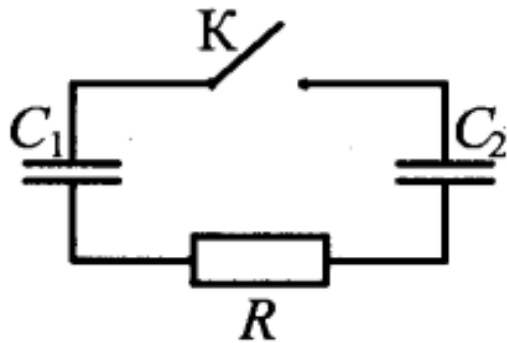
Где взять?

- 1) М. Ю. Демидова, В. А. Грибов, А. И, Гиголо, Физика, ЕГЭ, 500 задач, 2021.
- 2) <http://vkotov.narod.ru/03.pdf>
- 3) Черноуцан А. И., ФИЗИКА. Задачи с ответами и решениями.
- 4) Бендриков Г. А., Буховцев Б. Б., Керженцев В. В., Мякишев Г. Я., ФИЗИКА. ЗАДАЧИ ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В ВУЗЫ.

### 3. Перераспределение зарядов между обкладками конденсаторов.

**Перераспределение заряда между конденсаторами будет происходить до тех пор, пока напряжения на конденсаторах не станут одинаковыми и равными  $U_0$ .**

Заряженный конденсатор  $C_1 = 1$  мкФ включен в последовательную цепь из резистора  $R = 300$  Ом, незаряженного конденсатора  $C_2 = 2$  мкФ и разомкнутого ключа К (см. рис.). После замыкания ключа в цепи выделяется количество теплоты  $Q = 30$  мДж. Чему равно первоначальное напряжение на конденсаторе  $C_1$ ?



1. Первоначальный заряд конденсатора  $q = C_1 U$ .
2. В результате перезарядки конденсаторов после замыкания ключа их заряды равны соответственно  $q_1$  и  $q_2$ , причем  $q_1 + q_2 = C_1 U$  (по закону сохранения электрического заряда). (1)

3. В результате перезарядки на конденсаторах устанавливаются одинаковые напряжения, так как ток в цепи прекращается и напряжение на резисторе  $R$  становится равным нулю. Поэтому

$$\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}. \quad (2)$$

4. По закону сохранения энергии выделившееся в цепи количество теплоты равно разности значений энергии конденсаторов в начальном и конечном состояниях:

$$Q = \frac{C_1 U^2}{2} - \left( \frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2} \right). \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1)–(3), получаем:

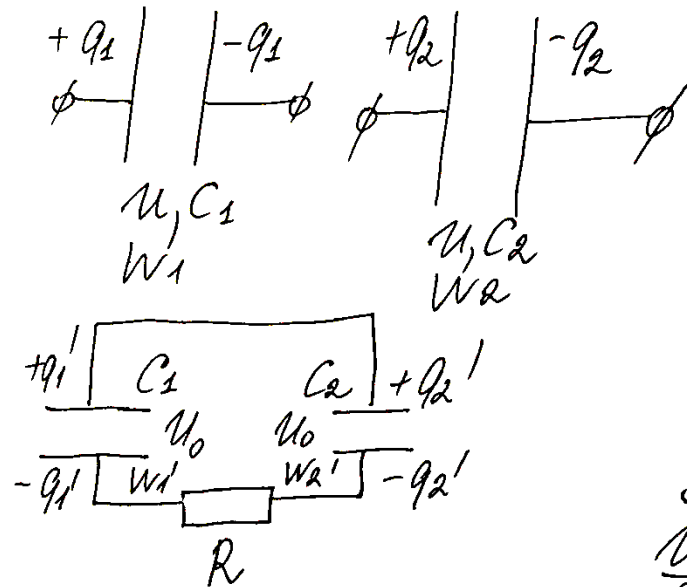
$$U = \sqrt{\frac{2Q(C_1 + C_2)}{C_1 C_2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 30 \cdot 10^{-3} (10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6})}{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}} = 300 \text{ В.}$$

Ответ:  $U = 300$  В.

### 3. Перераспределение зарядов между обкладками конденсаторов.

Перераспределение заряда между конденсаторами будет происходить до тех пор, пока напряжения на конденсаторах не станут одинаковыми и равными  $U_0$ .

Конденсаторы емкостями 2 мкФ и 10 мкФ заряжают до напряжения 5 В каждый, а затем «плюс» одного из них подключают к «минусу» другого и соединяют свободные выводы резистором 1000 Ом. Какое количество теплоты выделится в резисторе?



ЗСЗ:

$$|q_1 - q_2| = q_1' + q_2'$$

$$U/(C_1 + C_2) = U_0(C_1 + C_2)$$

$$U_0 = \frac{U(C_1 - C_2)}{C_1 + C_2}$$

ЗСЭ:  $W_1 + W_2 = W_1' + W_2' + Q$

$$\frac{U^2}{2}(C_1 + C_2) = \frac{U_0^2}{2}(C_1 + C_2) + Q$$

$$\frac{U^2}{2}(C_1 + C_2) = \frac{U^2(C_1 - C_2)^2}{2(C_1 + C_2)^2} + Q$$



## 4. Работа источника.

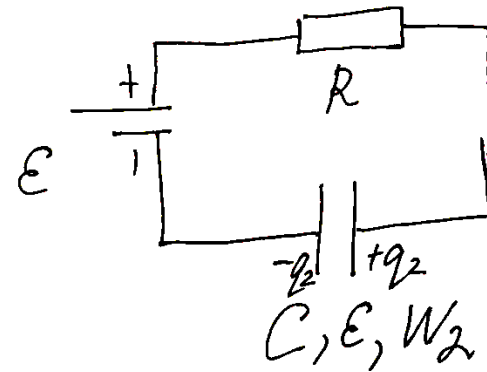
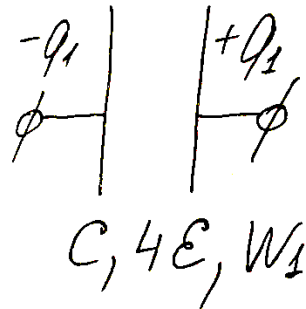
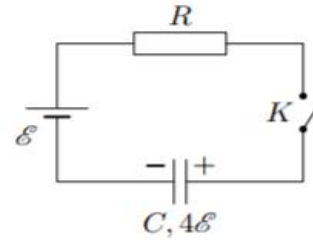
Где взять?

- 1) М. Ю. Демидова, В. А. Грибов, А. И. Гиголо, Физика, ЕГЭ, 500 задач, 2021.
- 2) <https://mathus.ru/phys/qc.pdf>

**Работа источника вне зависимости от знака записывается слева от равно в законе сохранения энергии.**

Задача 6. Конденсатор ёмкостью  $C$ , заряженный до напряжения  $4\mathcal{E}$ , разряжается через резистор с большим сопротивлением  $R$  и батарею с ЭДС  $\mathcal{E}$  (см. рисунок). Найдите количество теплоты, выделившейся при разрядке конденсатора.

$$\frac{z}{z_{\text{общ}}} = \partial$$



ЗСЭ:

$$W_1 + A_{\text{ист}} = W_2 + Q$$

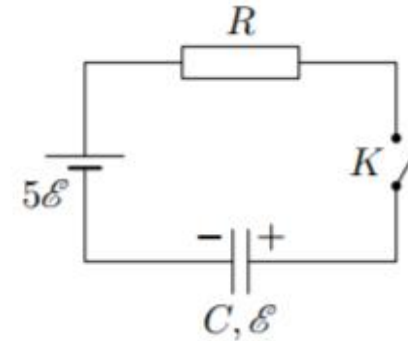
$$W_1 = \frac{C(4\mathcal{E})^2}{2} = 8C\mathcal{E}^2$$

$$W_2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}$$

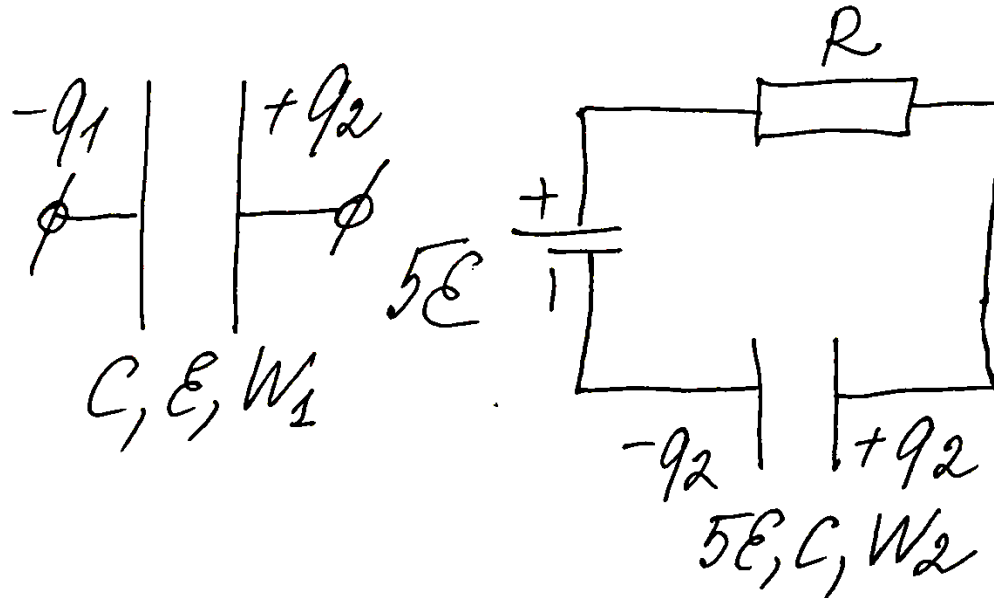
$$A_{\text{ист}} = \Delta q \mathcal{E}; \quad \Delta q = q_2 - q_1; \quad A_{\text{ист}} = (C\mathcal{E} - 4\mathcal{E}C)\mathcal{E} = -3C\mathcal{E}^2$$

## 4. Работа источника.

ЗАДАЧА 5. Конденсатор ёмкостью  $C$ , заряженный до напряжения  $\mathcal{E}$ , подключается через резистор с большим сопротивлением  $R$  к батарее с ЭДС  $5\mathcal{E}$  (см. рисунок). Определите количество теплоты, которое выделится в цепи при зарядке конденсатора до напряжения  $5\mathcal{E}$ .



$\varepsilon_{\text{ист}} = 0$



ЗЦЗ!  
 $W_1 + A_{\text{ист}} = W_2 + Q$   
 $W_1 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2}; W_2 = \frac{25CC^2}{2}$

$A_{\text{ист}} = \Delta q \cdot 5\mathcal{E}$

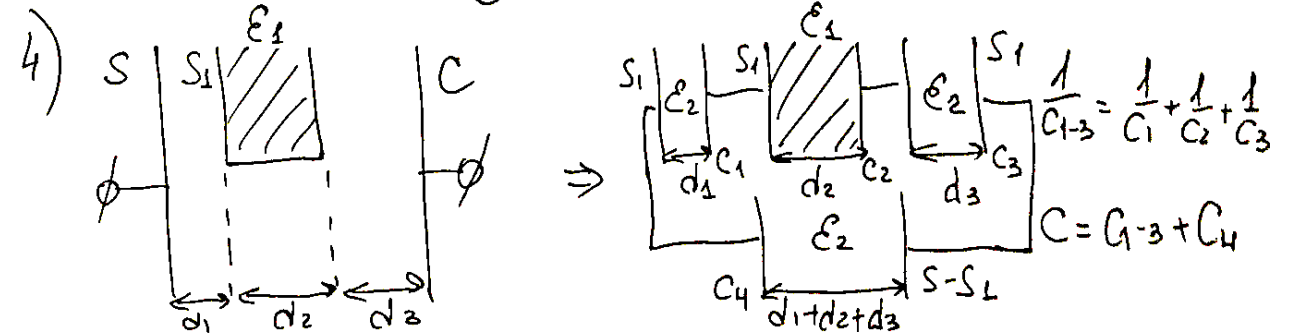
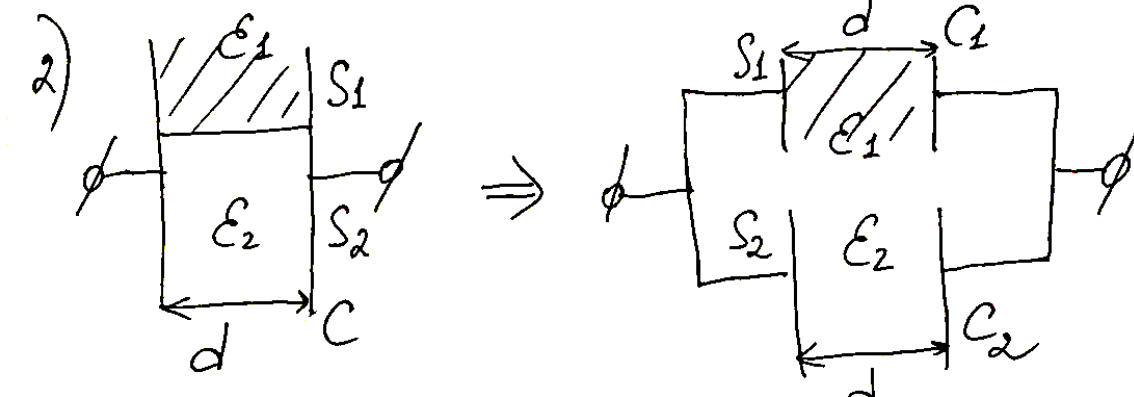
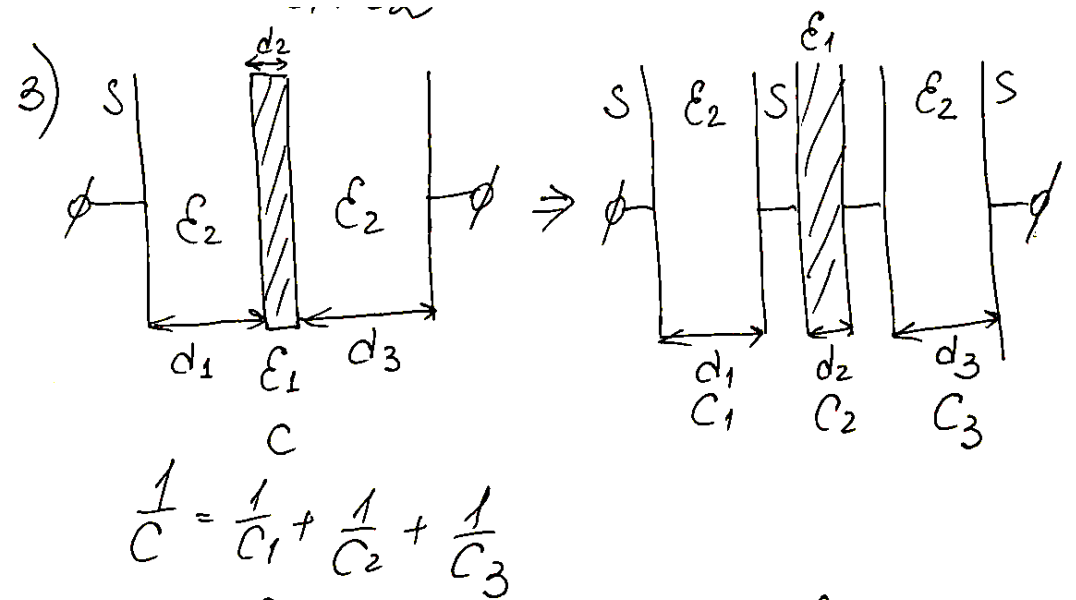
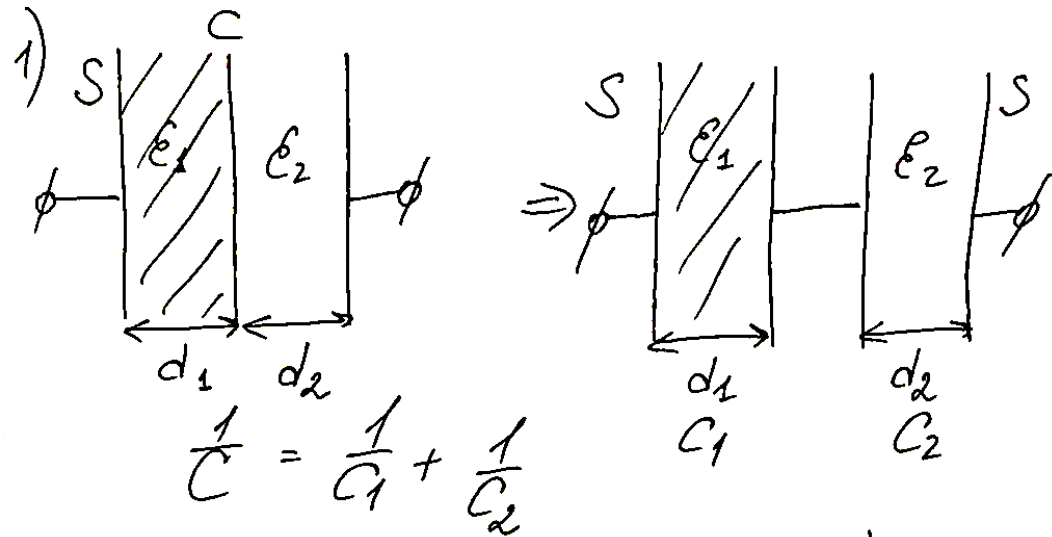
$\Delta q = q_2 - q_1; A_{\text{ист}} = 5\mathcal{E}(5C\mathcal{E} - C\mathcal{E}) = 20CC^2$

## 4. Системы конденсаторов.

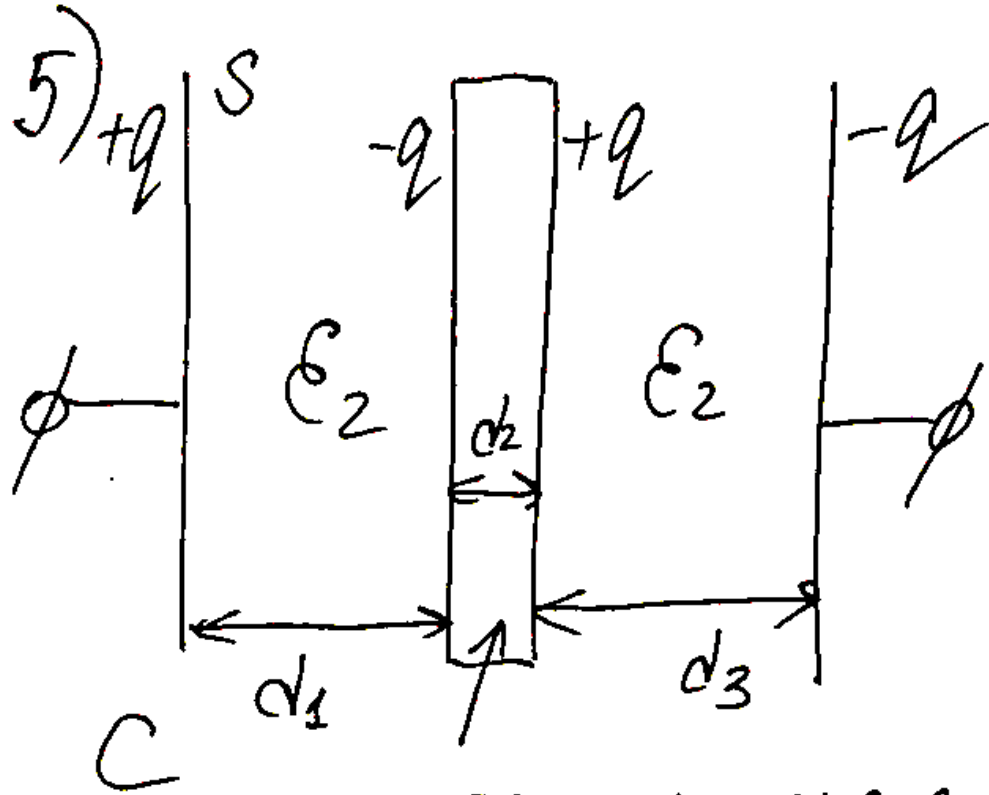
Где взять?

1) Черноуцан А. И., ФИЗИКА. Задачи с ответами и решениями.

2) Бендриков Г. А., Буховцев Б. Б., Керженцев В. В., Мякишев Г. Я., ФИЗИКА. ЗАДАЧИ ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В ВУЗЫ.

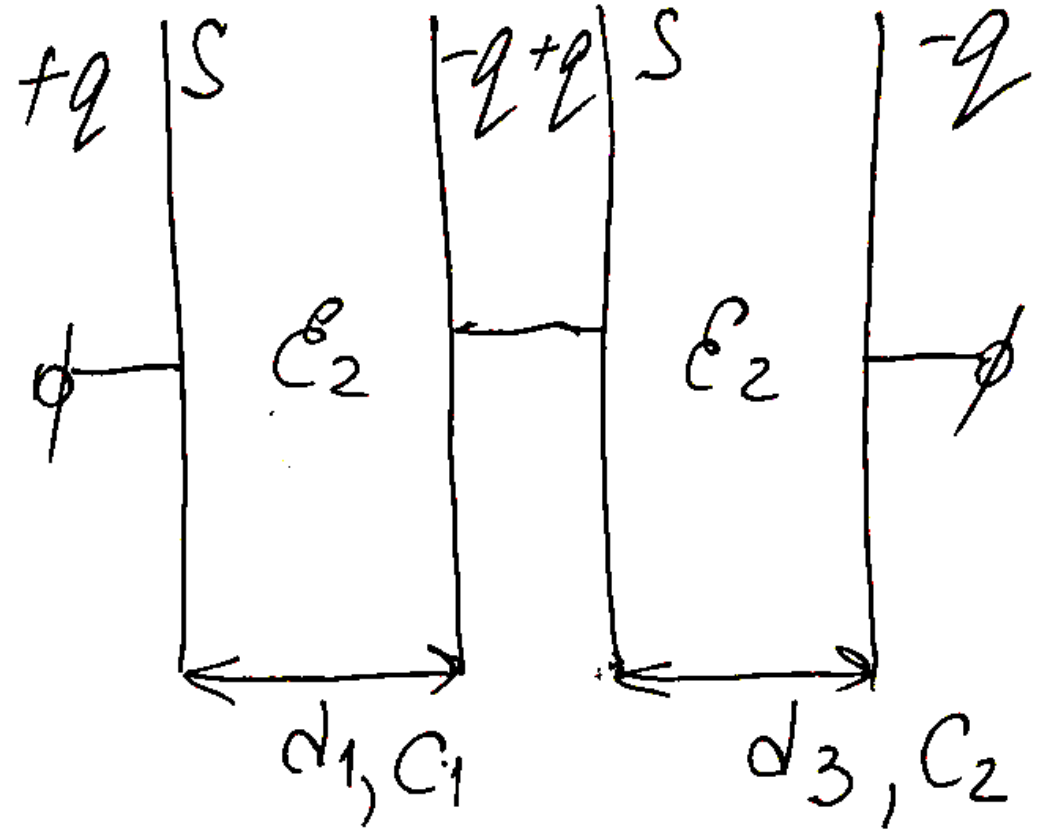


## 4. Системы конденсаторов.



металлические  
пластины

$\Rightarrow$



$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

## 5. Работа внешних сил.

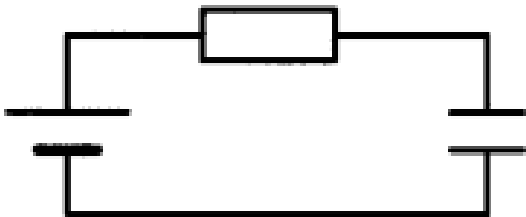
Где взять?

1) Черноуцан А. И., ФИЗИКА. Задачи с ответами и решениями.

2) М. Ю. Демидова, В. А. Грибов, А. И. Гиголо, Физика, ЕГЭ, 500 задач, 2021.

**Работа внешних сил записывается слева от равно в законе сохранения энергии, берется со знаком плюс во всех случаях, кроме ситуации, когда мы сближаем пластины (работа электрического поля считается положительной, работа внешних сил считается отрицательной)**

Источник постоянного напряжения с ЭДС 100 В подключен через резистор к конденсатору переменной емкости, расстояние между пластинами которого можно изменять (см. рис.). Пластины медленно раздвинули. Какая работа была совершена против сил притяжения пластин, если за время движения пластин на резисторе выделилось количество теплоты 10 мкДж и заряд конденсатора изменился на 1 мкКл?



Закон сохранения энергии:  $W_n + A_{\text{бат}} + A = W_k + Q$ , где  $W_n$  и  $W_k$  — энергия электрического поля конденсатора соответственно в начале и в конце процесса,  $A_{\text{бат}}$  — работа источника тока,  $A$  — работа, совершенная против сил притяжения пластин,  $Q$  — количество теплоты, выделившееся на резисторе;

$$W_n = \frac{1}{2} C_1 \epsilon^2, W_k = \frac{1}{2} C_2 \epsilon^2, A_{\text{бат}} = \epsilon \Delta q = \epsilon (C_2 \epsilon - C_1 \epsilon) = \epsilon^2 \Delta C,$$

где  $\Delta C$  — изменение емкости конденсатора.

Из этих уравнений получаем  $\frac{1}{2} \epsilon^2 \Delta C + A = Q$ .

По условию  $\Delta q = \epsilon \Delta C = -1$  мкКл.

Следовательно,  $A - Q = 50$  мкДж и  $A = 60$  мкДж.

**Ответ:**  $A = 60$  мкДж.

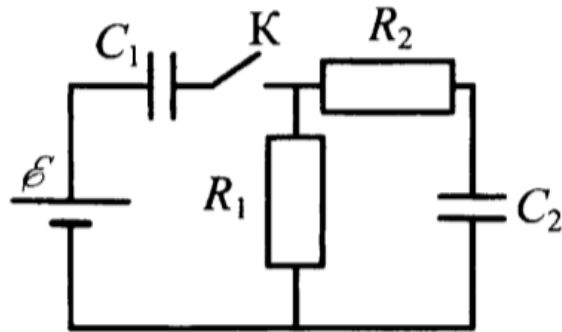
## 5. Конденсатор в цепи постоянного тока.

Где взять?

Везде)

**Когда конденсатор полностью заряжен, ток через участок цепи, содержащий конденсатор, не течёт, так как конденсатор – разрыв цепи постоянного тока.**

В цепи, изображенной на рисунке, ЭДС батареи равна 100 В, сопротивления резисторов  $R_1 = 10$  Ом и  $R_2 = 6$  Ом, а емкости конденсаторов  $C_1 = 60$  мкФ и  $C_2 = 100$  мкФ.



В начальном состоянии ключ К разомкнут, а конденсаторы не заряжены. Через некоторое время после замыкания ключа в системе установится равновесие. Какое количество теплоты выделится в цепи к моменту установления равновесия? Внутреннее сопротивление батареи пренебрежимо мало.

1. После установления равновесия ток через резисторы прекратится, конденсатор  $C_1$  будет заряжен до напряжения, равного ЭДС батареи, а  $C_2$  — разряжен (его пластины соединены между собой через резисторы):

$$U_{1\max} = \mathcal{E}, \quad U_{2\max} = 0.$$

2. При этом через батарею пройдет заряд  $q$ :  $q = C_1 \mathcal{E}$ .

3. Энергия заряженного конденсатора  $C_1$  равна  $W$ :  $W = C_1 \frac{\mathcal{E}^2}{2}$ .

4. Работа сторонних сил источника тока пропорциональна заряду, прошедшему через него:  $A = q\mathcal{E} = C_1 \mathcal{E}^2$ .

5. Эта работа переходит в энергию конденсаторов и теплоту:

$$Q = A - W = C_1 \frac{\mathcal{E}^2}{2}.$$

6. Подставляя значения физических величин, получим

$$Q = 0,3 \text{ Дж.}$$

Ответ:  $Q = 0,3$  Дж.

## 5. Конденсатор в цепи постоянного тока.

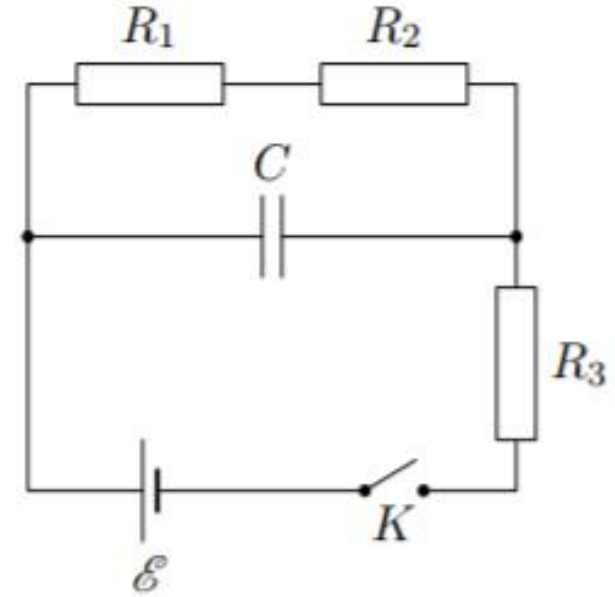
**Когда конденсатор полностью заряжен, ток через участок цепи, содержащий конденсатор, не течёт, так как конденсатор – разрыв цепи постоянного тока.**

Задача 22. (МФТИ, 1997) В электрической схеме (см. рисунок) в начальный момент ключ  $K$  замкнут.

1) Какое количество тепла выделится в цепи после размыкания ключа?

2) Какое количество тепла выделится на резисторах  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ ?

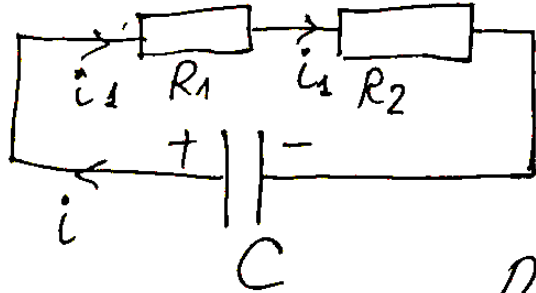
Сопротивления  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , ёмкость конденсатора  $C$  и ЭДС батареи  $\mathcal{E}$  считать заданными. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.



$$1) Q = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \frac{(R_1+R_2)}{(R_1+R_2+R_3)^2}; 2) Q_1 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \frac{R_1(R_1+R_2)}{(R_1+R_2+R_3)^2}; Q_2 = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} \frac{R_2(R_1+R_2)}{(R_1+R_2+R_3)^2}; Q_3 = 0$$

## 5. Конденсатор в цепи постоянного тока.

Когда конденсатор полностью заряжен, ток через участок цепи, содержащий конденсатор, не течёт, так как конденсатор – разрыв цепи постоянного тока.



После замыкания ключа в любой момент времени разрядки конденсатора  $i_1 = i_2 = i$ , т.к.

$R_1$  и  $R_2$  соединены последовательно.

За  $\Delta t \rightarrow 0$  на  $R_1$  выделяется  $\Delta Q_1 = i^2 R_1 \Delta t$   
 $\left\{ \begin{array}{l} R_2 \text{ выделяется } \Delta Q_2 = i^2 R_2 \Delta t \end{array} \right.$

За время  $t$  разрядки конденсатора  
 на  $\int R_1$  выделяется  $Q_1 \sim R_1$   
 $\left\{ \begin{array}{l} R_2 \text{ выделяется } Q_2 \sim R_2 \end{array} \right. \Rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}$



## 5. Конденсатор в цепи постоянного тока.

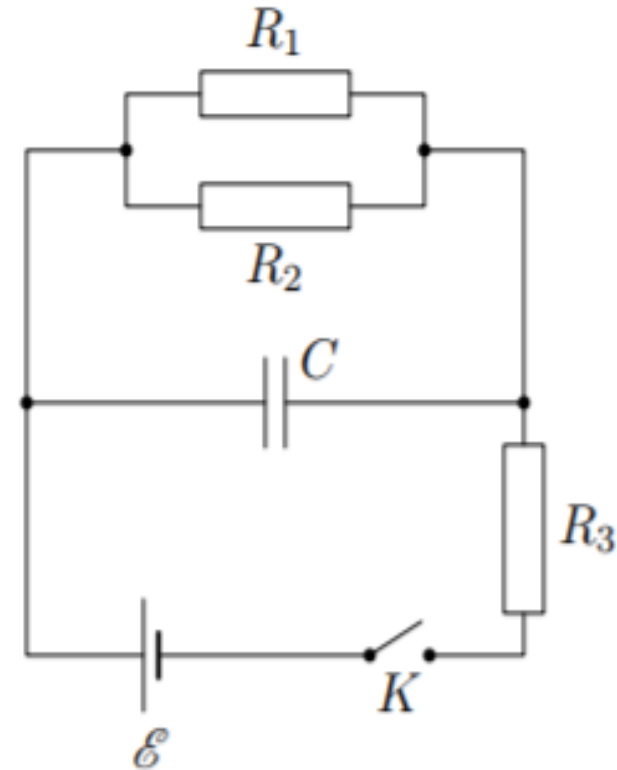
**Когда конденсатор полностью заряжен, ток через участок цепи, содержащий конденсатор, не течёт, так как конденсатор – разрыв цепи постоянного тока.**

ЗАДАЧА 23. (МФТИ, 1997) В электрической схеме (см. рисунок) в начальный момент ключ  $K$  замкнут. После размыкания ключа на резисторе  $R_1$  выделяется тепло  $Q_1$ .

- 1) Какое количество тепла выделится на резисторе  $R_2$ ?
- 2) Чему равна ЭДС батареи  $\mathcal{E}$ ?

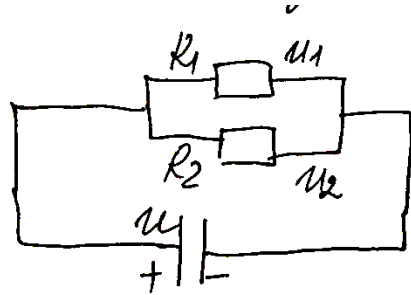
Сопротивления  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  и ёмкость конденсатора  $C$  известны.

$$1) Q_2 = Q_1 \frac{R_1}{R_2}; \quad 2) \mathcal{E} = \sqrt{\frac{2Q_1 C}{R_1 + R_2} \frac{R_1 R_2}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}}$$



## 5. Конденсатор в цепи постоянного тока.

Когда конденсатор полностью заряжен, ток через участок цепи, содержащий конденсатор, не течёт, так как конденсатор – разрыв цепи постоянного тока.



После замыкания ключа в любой момент времени разрядки конденсатора  $U_1 = U_2 = U$ , т.к.  $R_1$  и  $R_2$  соединены параллельно

За  $\Delta t \rightarrow 0$  на  $\left\{ \begin{array}{l} R_1 \text{ выдана } \Delta Q_1 = \frac{U^2 \Delta t}{R_1} \\ R_2 \text{ выдана } \Delta Q_2 = \frac{U^2 \Delta t}{R_2} \end{array} \right.$

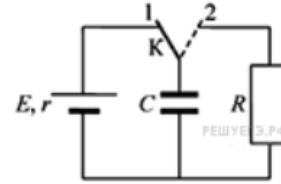
За время  $t$  разрядки конденсатора

на  $\left\{ \begin{array}{l} R_1 \text{ выдана } Q_1 \sim \frac{1}{R_1} \\ R_2 \text{ выдана } Q_2 \sim \frac{1}{R_2} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_2}{R_1}$

## 5. Конденсатор в цепи постоянного тока.

Задание 31 № 5386

В схеме, показанной на рисунке, ключ  $K$  долгое время находился в положении 1. В момент  $t_0 = 0$  ключ перевели в положение 2. К моменту  $t > 0$  на резисторе  $R$  выделилось количество теплоты  $Q = 25$  мкДж. Сила тока в цепи в этот момент равна  $I = 0,1$  мА. Чему равно сопротивление резистора  $R$ ? ЭДС батареи  $E = 15$  В, её внутреннее сопротивление  $r = 30$  Ом, ёмкость конденсатора  $C = 0,4$  мкФ. Потерями на электромагнитное излучение пренебречь.



**Решение.**

- Пока ключ находится в положении 1, конденсатор заряжен до напряжения  $U = E$ . Энергия электромагнитного поля в конденсаторе  $\frac{CE^2}{2}$ .
- После переключения ключа в положение 2 конденсатор начинает разряжаться, в цепи течёт ток, равный по закону Ома  $I = \frac{U}{R} \Leftrightarrow R = \frac{U}{I}$ , где  $U$  — остаточное напряжение на конденсаторе в момент времени  $t$ .
- По закону сохранения энергии энергия, накопленная на конденсаторе, равна сумме оставшейся на конденсаторе энергии и выделившегося тепла:

$$\frac{CE^2}{2} = \frac{CU^2}{2} + Q \Leftrightarrow U = \sqrt{E^2 - \frac{2Q}{C}}.$$

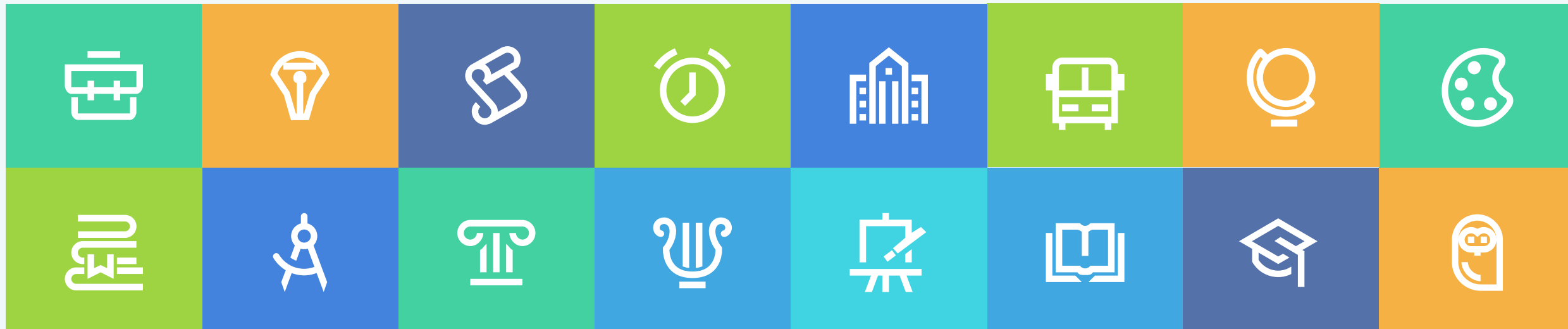
Найдём сопротивление резистора:

$$R = \frac{1}{I} \sqrt{E^2 - \frac{2Q}{C}}.$$

Тогда после подстановки получим:

$$R = \frac{1}{10^{-4} \text{ А}} \cdot \sqrt{(15 \text{ В})^2 - \frac{2 \cdot 25 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}}{0,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}}} = 10^5 \text{ Ом} = 100 \text{ кОм}.$$

Ответ:  $R = 100$  кОм.



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**