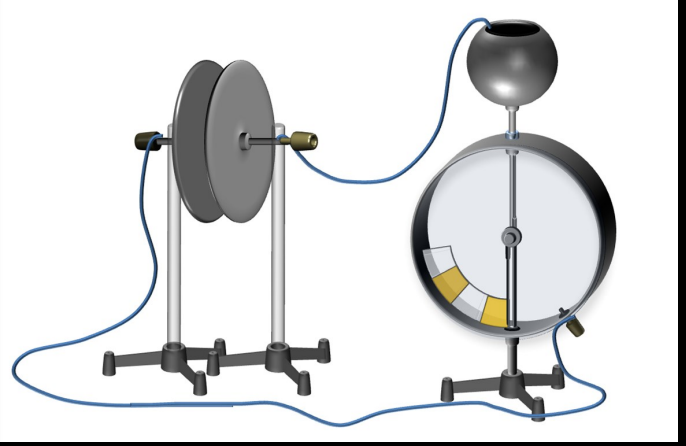


25.09.2019

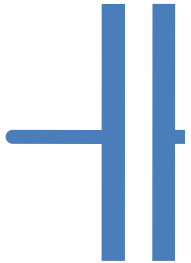
ПОДГОТОВКА К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ЧАСТИ 1 И 2 ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ.

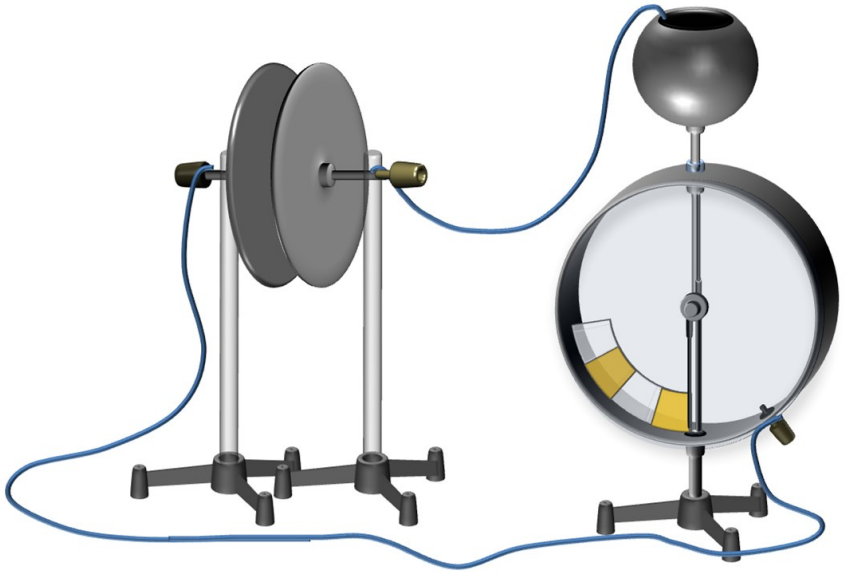
ЗАРЯДКА, РАЗРЯДКА И ПЕРЕЗАРЯДКА КОНДЕНСАТОРА.

Панченко Марина Николаевна,
учитель физики МБОУ «Гимназии №36»
методист по физике МКУ информационно-аналитического центра образования г. Ростова-на-Дону.
(u-235_u-238@mail.ru)

ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРОЁМКОСТЬ?

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





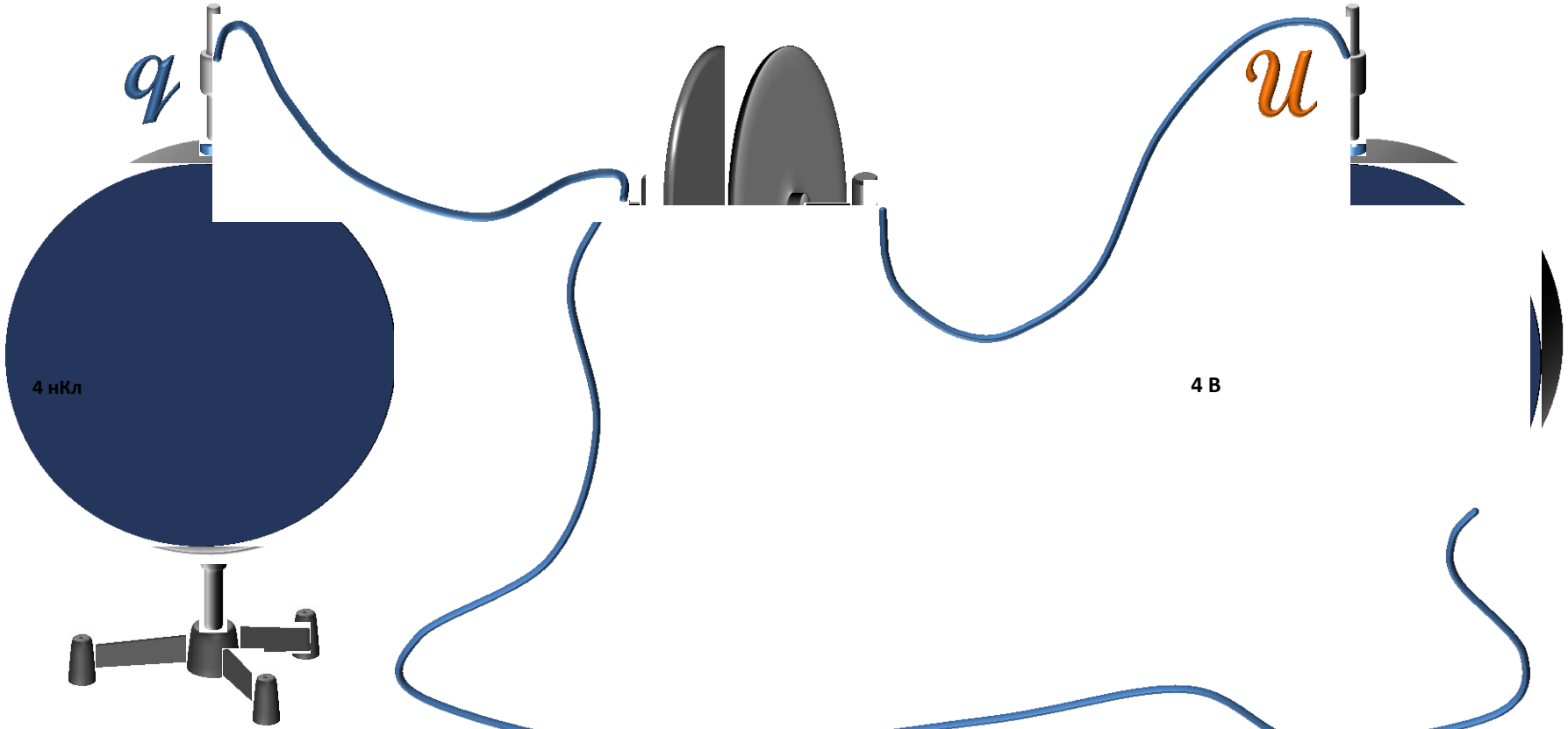
$C \sim S$

$C \sim \varepsilon$

$C \sim \frac{1}{d}$

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$$

КАК ЗАВИСИТ ЭЛЕКТРОЁМКОСТЬ КОНДЕНСАТОРА ОТ ВЕЛИЧИНЫ ЗАРЯДА И НАПРЯЖЕНИЯ?



Модель Акимова Максима Дмитриевича, учителя физики,
МБОУ Лицей №9, г. Сальск Ростовская область

КАК ЗАВИСИТ ЭЛЕКТРОЁМКОСТЬ ОТ ЗАРЯДА И НАПРЯЖЕНИЯ?

Используя результаты предыдущего опыта определите электроёмкость плоского воздушного конденсатора:

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

	1 опыт	2 опыт	3 опыт
заряд, q	1 нКл	1,5 нКл	2 нКл
напряжение, U	2 В	3 В	4 В
электроёмкость C			

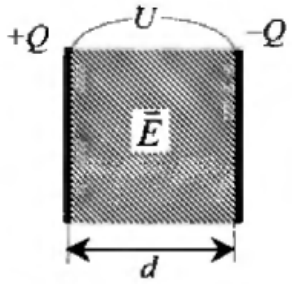
Вывод: **Электроёмкость конденсатора не зависит от величины заряда и напряжения на его пластинах.**



Конденсаторы

Конденсатор служит для накопления электрического заряда. Он представляет собой два проводника, разделённых слоем диэлектрика.

Плоский конденсатор — система двух разноимённо заряженных пластин.



Разность потенциалов U (В) между обкладками конденсатора (напряжение между пластинами):

$$U = Ed\,,$$

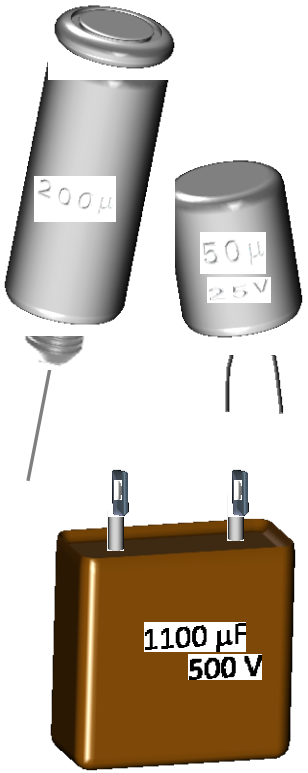
где E (В/м) — напряжённость однородного электрического поля, d (м) — расстояние между пластинами конденсатора.

Электроёмкость конденсатора. Электроёмкость плоского конденсатора C (Ф):

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}\,,$$

где $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\ \text{Кл}^2/(\text{Н} \cdot \text{м}^2)$; ε — диэлектрическая проницаемость среды, S (м^2) — площадь каждой пластины.

Учтите: у воздушного конденсатора $\varepsilon = 1$.



Электроёмкость конденсатора, заряд и напряжение

$$C = \frac{Q}{U} \text{ или } C = \frac{q}{U}.$$

Помните: электроёмкость конденсатора зависит только от параметров S, d, ε и не зависит от заряда Q (q) и напряжения U.

Энергия конденсатора $W_э$ (Дж):

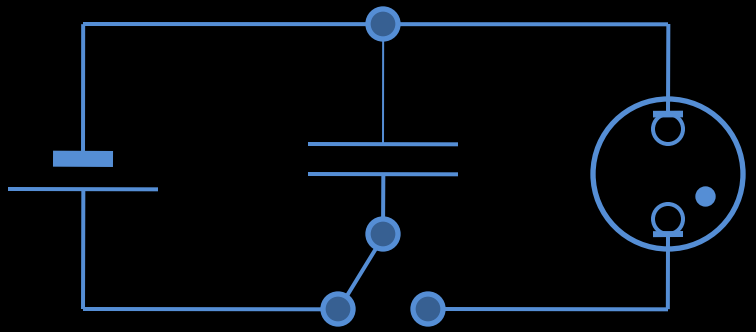
$$W_э = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$

Подсказки к задачам

Конденсатор отключен от источника	$q = q'$
Конденсатор подключен к источнику	$U = U'$
Количество теплоты и энергия конденсатора	$Q = \Delta W_э$

ПРИМЕНЕНИЕ КОНДЕНСАТОРОВ

Конденсатор применяют в качестве источника энергии в вспышке фотоаппарата.

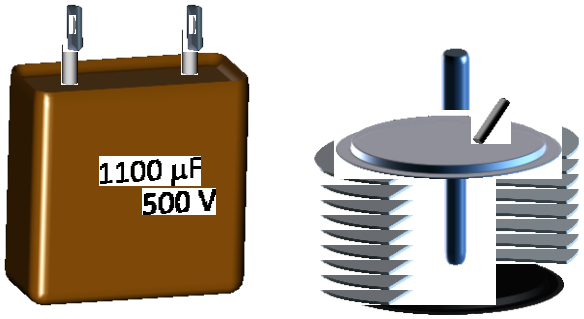


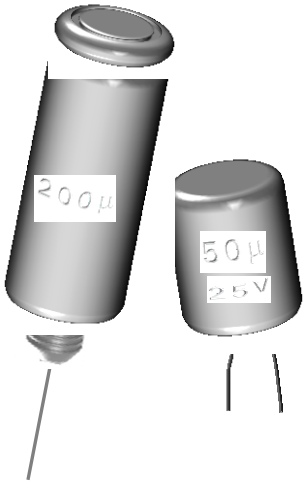


ЕГЭ. ЗАДАНИЯ НА СООТВЕТСТВИЕ.

1. Плоский конденсатор подключили к источнику тока, а затем увеличили расстояние между пластинами. Что произойдёт при этом с электроёмкостью конденсатора, напряжением на его обкладках и энергией? Установите соответствие между пунктами левого и правого столбцов.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ
А) Электроёмкость	1) увеличится
Б) Напряжение на обкладках	2) уменьшится
В) Энергия	3) не изменится





2. Плоский конденсатор зарядили и отключили от источника тока, а затем пространство между пластинами конденсатора заполнили жидким диэлектриком. Что произойдёт при этом с зарядом на обкладках конденсатора, электроёмкостью конденсатора и напряжением на его обкладках? Установите соответствие между пунктами левого и правого столбцов.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ
А) Заряд конденсатора	1) увеличится
Б) Электроёмкость	2) уменьшится
В) Напряжение на обкладках	3) не изменится

ЕГЭ. ЗАДАНИЯ НА СООТВЕТСТВИЕ.

Задача 1.

Плоский воздушный конденсатор зарядили, отключили от источника тока, а затем уменьшили расстояние между его пластинами. Что произойдет при этом с электроемкостью конденсатора, его энергией и напряженностью поля между его обкладками?

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

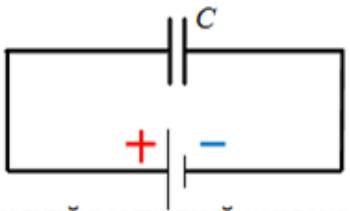
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ
А) Электроемкость конденсатора	1) увеличится
Б) Энергия конденсатора	2) уменьшится
В) Напряженность поля между обкладками	3) не изменится

А	Б	В

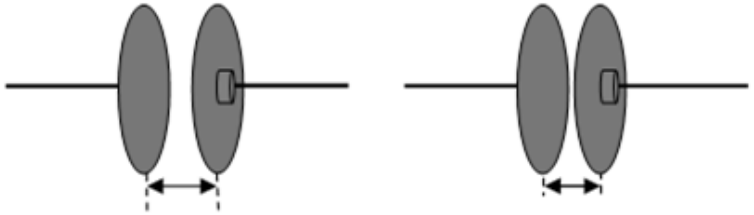
Получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов (без пробелов и каких-либо символов)

Решение

Реконструкция условия задачи.

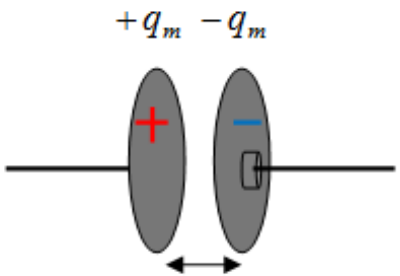


Плоский воздушный конденсатор зарядили и отключили от источника тока



Затем уменьшили расстояние между его пластинами. Что произойдет при этом с электроемкостью конденсатора, его энергией и напряженностью поля между его обкладками?

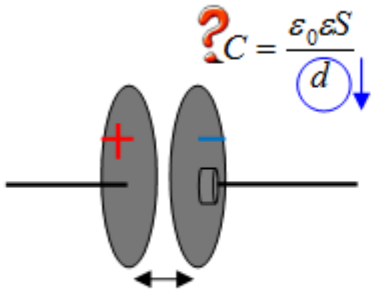
ЕГЭ. ЗАДАНИЯ НА СООТВЕТСТВИЕ.



Конденсатор отключили
от источника тока
$\Rightarrow q = const$

Рис 1.

Если конденсатор отключили от источника тока, то заряд на его обкладках не изменится (рис 1.)



Расстояние между пластинами
уменьшили

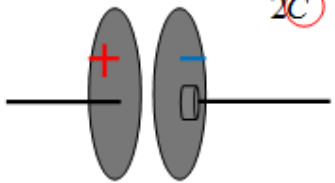
Рис 2.

Расстояние между обкладками конденсатора уменьшили, следовательно, электроемкость конденсатора увеличится (рис 2.)

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d} \qquad \uparrow C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d} \downarrow$$

ЕГЭ. ЗАДАНИЯ НА СООТВЕТСТВИЕ.

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

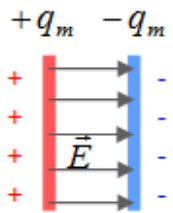


Расстояние между пластинами уменьшили

Рис 3.

При этом энергия конденсатора (рис 3.) уменьшится

$$W = \frac{q_m^2}{2C} \qquad \downarrow W = \frac{q_m^2}{2C} \uparrow$$



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

Рис 4.

По определению $\uparrow C = \frac{q_m}{U} \downarrow$ *т.к. электроемкость увеличилась, то напряжение уменьшится (рис 4.)*

Напряженность поля между обкладками конденсатора не изменится

$$E = \frac{U}{d} \downarrow$$

Ответ:

А	Б	В
1	2	3

ЭЛЕКТРОЁМКОСТЬ ПЛОСКОГО КОНДЕНСАТОРА

Определите, как изменяются характеристики при изменении параметров плоского конденсатора, отключенного от источника постоянного тока:

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

Подсказки к задачам

Конденсатор отключен от источника	$q = q'$
Конденсатор подключен к источнику	$U = U'$

Формула расчета электроёмкости плоского конденсатора?	С уменьшением расстояния между пластинами конденсатора	При удалении стеклянного диэлектрика из конденсатора	С увеличением площади пластин конденсатора
заряд, *q*	?	?	?
напряжение, *U*	?	?	?
электроёмкость , *C*	?	?	?

ЭЛЕКТРОЁМКОСТЬ ПЛОСКОГО КОНДЕНСАТОРА

Определите, как изменяются характеристики при изменении параметров плоского конденсатора, подключенного к источнику постоянного тока:

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

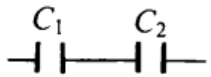
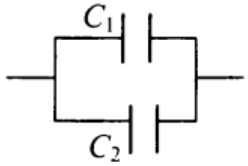
Подсказки к задачам

Конденсатор отключен от источника	$q = q'$
Конденсатор подключен к источнику	$U = U'$

Формула расчета электроёмкости плоского конденсатора?	С уменьшением расстояния между пластинами конденсатора	При удалении стеклянного диэлектрика из конденсатора	С увеличением площади пластин конденсатора
заряд, q	?	?	?
напряжение, U	?	?	?
электроёмкость , C	?	?	?



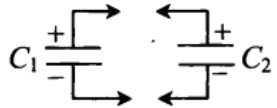
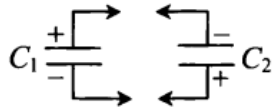
Соединения конденсаторов

	Последовательное соединение	Параллельное соединение
Схема		

	Последовательное соединение	Параллельное соединение
Напряжение	$U = U_1 + U_2$	$U = U_1 = U_2$
Заряд	$q = q_1 = q_2$	$q = q_1 + q_2$
Электроёмкость	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$	$C = C_1 + C_2$



Подсказки к задачам

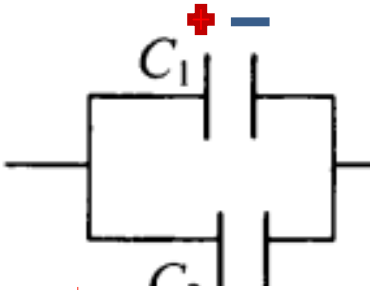
Задачи	*Подсказки*
1. Два конденсатора, электроёмкости которых C_1 и C_2,, заряжены до напряжения U_1 и U_2. Найдите разность потенциалов после соединения конденсаторов одноимёнными полюсами.	Соединение конденсаторов одноимёнными полюсами  $q' = C_1U_1 + C_2U_2;\ C' = C_1 + C_2$ $U' = \frac{q'}{C'} = \frac{C_1U_1 + C_2U_2}{C_1 + C_2}$
2. Два конденсатора, электроёмкости которых C_1 и C_2, заряжены до напряжения U_1 и U_2. Найдите разность потенциалов после соединения конденсаторов разноимёнными полюсами.	Соединение конденсаторов разноимёнными полюсами  $q' = C_1U_1 - C_2U_2;\ C' = C_1 + C_2$ $U' = \frac{q'}{C'} = \frac{C_1U_1 - C_2U_2}{C_1 + C_2}$

ЕГЭ. ПРИМЕР ЗАДАЧИ С РАЗВЕРНУТЫМ РЕШЕНИЕМ.

«Соединение конденсаторов»

Задача 2.

Конденсатор, электрическая ёмкость которого $C_1 = 5$ мкФ, заряжен так, что разность потенциалов между его пластинами $U_1 = 120$ В. Второй конденсатор, электрическая ёмкость которого $C_2 = 7$ мкФ, имеет разность потенциалов между пластинами $U_2 = 240$ В. Одноимённо заряженные пластины конденсаторов попарно соединили проводниками. Каков модуль разности потенциалов U между пластинами каждого конденсатора?



Параллельное соединение
$U = U_1 = U_2$
$q = q_1 + q_2$
$C = C_1 + C_2$

$$C = \frac{q}{U}, \longrightarrow q = CU$$

$$q = q_1 + q_2$$

$$q' = C_1U_1 + C_2U_2;\ C' = C_1 + C_2$$

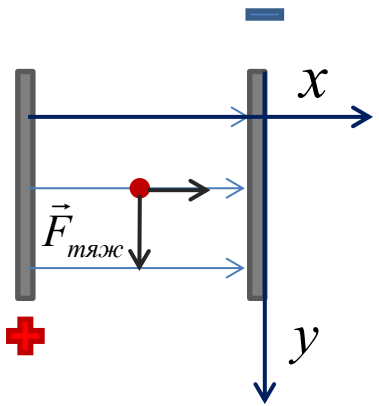
$$U' = \frac{q'}{C'} = \frac{C_1U_1 + C_2U_2}{C_1 + C_2}$$

ЕГЭ. ПРИМЕР ЗАДАЧИ С РАЗВЕРНУТЫМ РЕШЕНИЕМ.

«Заряженная частица в электрическом поле конденсатора»

Задача 3.

Конденсатор состоит из двух неподвижных, вертикально расположенных, параллельных, разноимённо заряженных пластин. Пластины расположены на расстоянии $d = 5$ см друг от друга. Напряжённость поля внутри конденсатора равна $E = 10^4$ В/м. Между пластинами на равном расстоянии от них помещён шарик с зарядом $q = 10^{-5}$ Кл и массой $m = 20$ г. После того как шарик отпустили, он начинает падать и через некоторое время ударяется об одну из пластин. Оцените время падения Δt шарика.



Ускоренное движение

$$\vec{F}_{гяж} + \vec{F}_{К} = m\vec{a}$$

$$x: F_к = ma_x \qquad F_к = Eq$$

$$y: F_{тяж} = ma_y \qquad F_{тяж} = mg$$

$$a_x = \frac{qE}{m}; a_y = g$$

Учтите: время движения шарика по горизонтали и вертикали одинаково

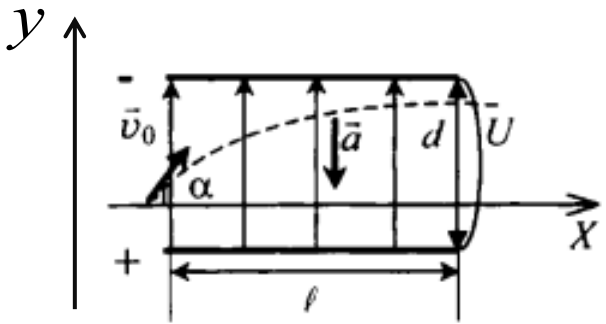
$$s_x = \frac{d}{2} = \frac{a_x \cdot \Delta t^2}{2}$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{d \cdot m}{qE}}$$

ЕГЭ. ПРИМЕР ЗАДАЧИ С РАЗВЕРНУТЫМ РЕШЕНИЕМ.

Задача 4.

1. В плоский конденсатор длиной l с расстоянием между обкладками d влетает электрон с энергией E_k и зарядом q под углом α к пластинам. Чему равно напряжение между пластинами, при котором электрон на выходе из конденсатора будет двигаться параллельно им? Силу тяжести не учитывать.



По аналогии с броском под углом к горизонту

$$\upsilon_{0x} = \upsilon_0 \cos\alpha$$

$$\upsilon_{0y} = \upsilon_0 \sin\alpha$$

$$\upsilon_y = \upsilon_{0y} + a_y \cdot t_{под}$$

$$0 = \upsilon_0 \cdot \sin\alpha - a \cdot t_{под} \rightarrow t_{под} = \frac{\upsilon_0 \cdot \sin\alpha}{a} \quad (1)$$

$$\upsilon_{0x} \cdot t_{под} = \upsilon_0 \cdot t_{под} \cdot \cos\alpha \quad (2)$$

$$F = Eq \qquad E = \frac{U}{d} \rightarrow F = \frac{U}{d} q \quad (3)$$

$$F = ma \quad (4) \qquad (3) = (4)$$

$$ma = \frac{U}{d} q \quad (5) \qquad E_{кин} = \frac{m\upsilon^2}{2} \quad (6)$$

5) и (6)

$$U = \frac{E_{кин} d \cdot \sin 2\alpha}{q\ell}$$

КОНДЕНСАТОР В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Помните: постоянный ток через конденсатор не идёт, но заряд на нём накапливается, и напряжение между обкладками поддерживается. Напряжение на конденсаторе такое же, как напряжение на параллельном ему участке цепи.

Внимание. Ток не проходит через те резисторы, которые соединены с конденсатором последовательно. При расчёте электрической цепи их сопротивления не учитывают.



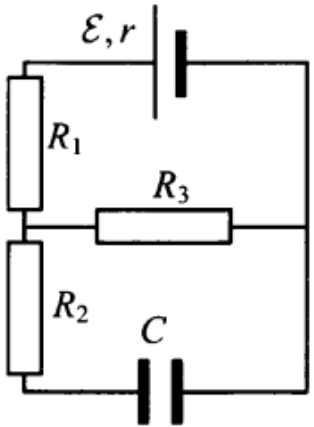
Подсказки к задачам

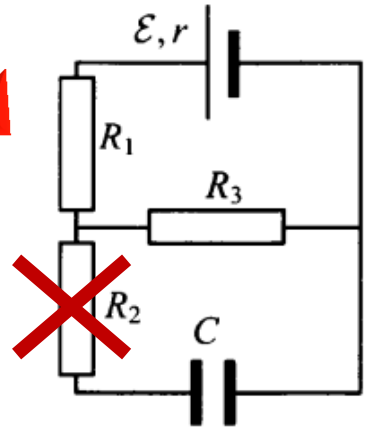
Электроёмкость, заряд и напряжение	$C = \frac{q}{U}$
Напряжённость и напряжение	$E = \frac{U}{d}$
Энергия конденсатора	$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$
Количество теплоты	$Q = \Delta W$

КОНДЕНСАТОР В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Задача 5.

Конденсатор ёмкостью 2 мкФ присоединен к источнику постоянного тока с ЭДС 3,6 В и внутренним сопротивлением 1 Ом. Сопротивления резисторов $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 7$ Ом, $R_3 = 3$ Ом. Чему равно напряжение между обкладками конденсатора?





$$R = R_1 + R_3$$

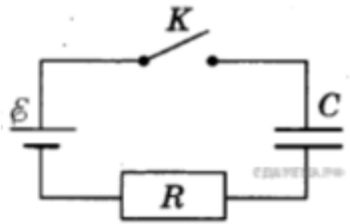
$$I = \frac{\varepsilon}{\mathrm{R} + \mathrm{r}}$$

$$U_c = U_3 = I \cdot R_3$$

ЕГЭ. ЗАДАНИЯ С ВЫБОРОМ ДВУХ ВЕРНЫХ ОТВЕТОВ.

Задача 6.

Конденсатор подключен к источнику тока последовательно с резистором R = 20 кОм (см. рисунок). В момент времени t = 0 ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью ±1 мкА, представлены в таблице



t, с	0	1	2	3	4	5	6
I, мкА	300	110	40	15	5	2	1

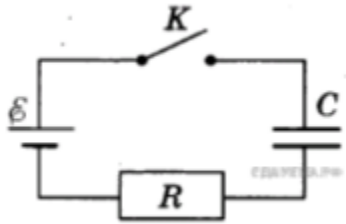
Выберите два верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

1) Ток через резистор в процессе наблюдения увеличивается.
2) Через 6 с после замыкания ключа конденсатор полностью зарядился.
3) ЭДС источника тока составляет 6 В.
4) В момент времени t = 3 с напряжение на резисторе равно 0,6 В.
5) В момент времени t = 3 с напряжение на конденсаторе равно 5,7 В.

ЕГЭ. ЗАДАНИЯ С ВЫБОРОМ ДВУХ ВЕРНЫХ ОТВЕТОВ.

Задача 6.

Конденсатор подключен к источнику тока последовательно с резистором R = 20 кОм (см. рисунок). В момент времени t = 0 ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью ±1 мкА, представлены в таблице



t, с	0	1	2	3	4	5	6
I, мкА	300	110	40	15	5	2	1

Выберите два верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

1) Ток через резистор в процессе наблюдения увеличивается.
2) Через 6 с после замыкания ключа конденсатор полностью зарядился.
3) ЭДС источника тока составляет 6 В.
4) В момент времени t = 3 с напряжение на резисторе равно 0,6 В.
5) В момент времени t = 3 с напряжение на конденсаторе равно 5,7 В.

$$\varepsilon = U_C + U_R$$

$$\varepsilon = \frac{q}{C} + iR$$

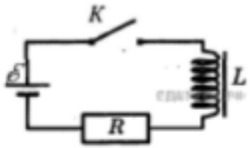
$$t = 0$$

$$q = 0$$

$$i = \frac{\varepsilon}{R}$$

ЕГЭ. ЗАДАНИЯ С ВЫБОРОМ ДВУХ ВЕРНЫХ ОТВЕТОВ.

Задача 7. Катушка индуктивности подключена к источнику тока с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением через резистор $R = 60$ Ом (см. рисунок). В момент $t = 0$ ключ K замыкают. Значения силы тока в цепи, измеренные в последовательные моменты времени с точностью ±0,01 А, представлены в таблице.



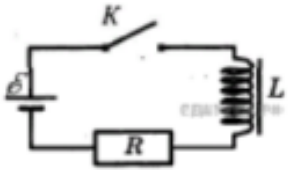
t, с	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
I, А	0	0,12	0,19	0,23	0,26	0,28	0,29	0,30	0,30

Выберите два верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

1) В опыте наблюдаются колебания силы тока в цепи.
2) Через 6 с после замыкания ключа ток через катушку достиг минимального значения.
3) ЭДС источника тока составляет 18 В.
4) В момент времени $t = 2{,}0$ с ЭДС самоиндукции катушки равно 2,4 В.
5) В момент времени $t = 3{,}0$ с напряжение на резисторе равно 15 В.

ЕГЭ. ЗАДАНИЯ С ВЫБОРОМ ДВУХ ВЕРНЫХ ОТВЕТОВ.

Задача 7. Катушка индуктивности подключена к источнику тока с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением через резистор $R = 60$ Ом (см. рисунок). В момент $t = 0$ ключ K замыкают. Значения силы тока в цепи, измеренные в последовательные моменты времени с точностью ±0,01 А, представлены в таблице.



t, с	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
I, А	0	0,12	0,19	0,23	0,26	0,28	0,29	0,30	0,30

Выберите два верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

1) В опыте наблюдаются колебания силы тока в цепи.
2) Через 6 с после замыкания ключа ток через катушку достиг минимального значения.
3) ЭДС источника тока составляет 18 В.
4) В момент времени $t = 2{,}0$ с ЭДС самоиндукции катушки равно 2,4 В.
5) В момент времени $t = 3{,}0$ с напряжение на резисторе равно 15 В.

$$\varepsilon = \varepsilon_{инд} + U_R$$

$$\varepsilon = \frac{L \cdot \Delta I}{\Delta t} + IR$$

$$t \to \infty$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} \to 0$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R}$$

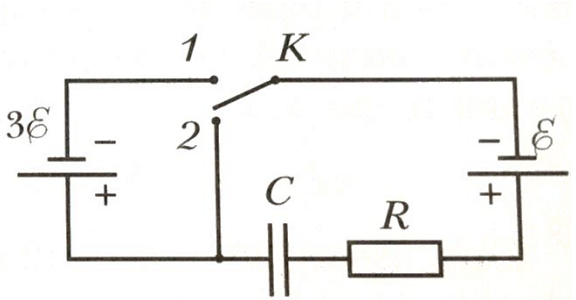
ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

$$W_{эл0} + W_{магн0} + A_{ист} + A_{мех} = W_{эл} + W_{магн} + Q_{Дж} + Q_{изл}$$

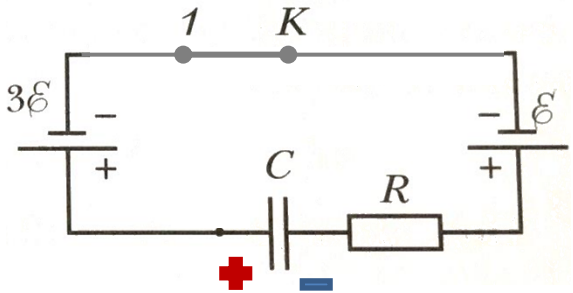
было — изменение — стало — выделилось

Задача 8.

Определите количество теплоты, которое выделится на резисторе R после переключения ключа К из положения 1 в положение 2 в схеме, указанной на рисунке. Потерями энергии на излучение пренебречь.



Решение:



Будем считать, что ключ К в положении 1 находится давно.

$$I = 0 \qquad U_R = 0$$

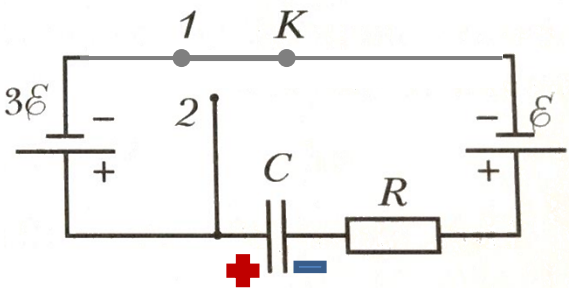
Напряжение на конденсаторе (между левой и правой пластинами) равно:

$$U = 3\varepsilon - \varepsilon = 2\varepsilon$$

При этом левая пластина заряжена положительно, а правая отрицательно.

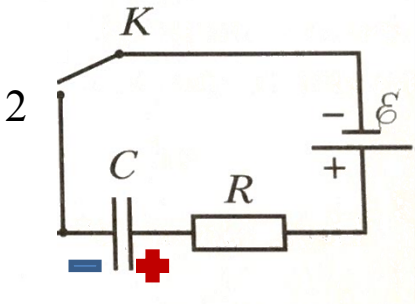
Начальный заряд конденсатора равен: $q_0 = C \cdot U = C \cdot 2\varepsilon \quad (1)$

Начальная энергия заряженного конденсатора $W_0 = \dfrac{q_0^2}{2C} = 2C \cdot \varepsilon^2 \quad (2)$



разрядка

перезарядка



После переключения ключа К в положение 2 начнется перезарядка конденсатора, и в цепи потечет электрический ток. На резисторе выделится определенное количество теплоты.

Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока между левой и правой пластинами конденсатора не установится разность потенциалов, равная ЭДС источника: . $\Delta\varphi = \varepsilon$

Заряд конденсатора станет равным: . $q_k = C \cdot \varepsilon$ (3)

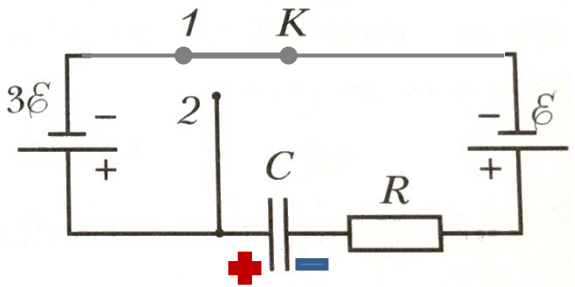
При этом левая пластина заряжена отрицательно, а правая положительно.

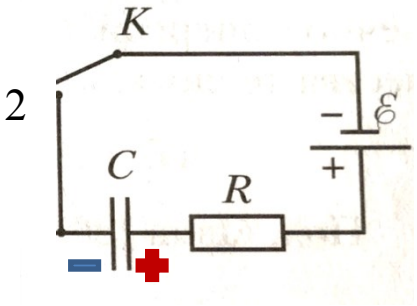
За время перезарядки конденсатора по цепи пройдет заряд : $\Delta q = q_0 + q_k$ (4)

При **разрядке** конденсатора **до нулевой разности потенциалов** протекает заряд q_0 , а при **перезарядке** конденсатора **до конечной разности потенциалов** противоположной полярности протекает заряд q_k

$$q_0 = C \cdot U = C \cdot 2\varepsilon \quad (1)$$

$$W_0 = \frac{q_0^2}{2C} = 2C \cdot \varepsilon^2 \quad (2)$$





$$q_k = C \cdot \varepsilon \quad (3)$$

$$\Delta q = q_0 + q_k \quad (4)$$

За время перезарядки сторонние силы совершают работу, равную произведению ЭДС источника на прошедший через него заряд: $$A = \varepsilon \cdot \Delta q = \varepsilon \cdot (q_0 + q_k) = \varepsilon \cdot (2C \cdot \varepsilon + C \cdot \varepsilon) = 3C \cdot \varepsilon^2 \quad (5)$$

Конечная энергия конденсатора равна: $$W_k = \frac{q_k^2}{2C} = \frac{C \cdot \varepsilon^2}{2} \quad (6)$$

Согласно закону сохранения энергии, сумма начальной энергии W_0 конденсатора и работы сторонних сил по переносу заряда A равна сумме конечной энергии W_k конденсатора и выделившегося на резисторе количества теплоты Q:

$$W_0 + A = W_k + Q \quad (7)$$

Подставив (2), (5), (6) в (7), получаем ответ: $$Q = 2C \cdot \varepsilon^2 + 3C \cdot \varepsilon^2 - \frac{C \cdot \varepsilon^2}{2} = \frac{9}{2} C \cdot \varepsilon^2$$

Литература

1. Демидова М.Ю. ЕГЭ. Физика. Типовые экзаменационные материалы: 30 вариантов. - М: Издательство «Национальное образование», 2016.

2. Грачев А.В. Физика: 10 класс: учебник для учащихся общеобразовательных организаций / А.В. Грачев, В.А. Погожев, А.В. Селивестров. – 3-е изд., перераб. – М.: Ветана-Граф, 2014.

3. Громцева О.И., ЕГЭ. Физика. Полный курс А,В,С. Самостоятельная подготовка к ЕГЭ. – М: Издательство «Экзамен», 2013.

4. Панченко М.Н. Структурно-логическая форма представления решений задач. //Научно-методический журнал для учителей физики, астрономии и естествознания «Физика» №10, 2011. - г. Москва. Издательство «Первое сентября».

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



Панченко Марина Николаевна,
учитель физики МБОУ гимназии №36
методист по физике МКУ информационно-аналитического центра образования г. Ростова-на-Дону.
(u-235_u-238@mail.ru)