

Ёлектроёмкость. Единицы ёлектроёмкости. Конденсатор

Предположите, при каком условии можно накопить на проводниках большой электрический заряд.

При электризации двух проводников между ними появляется электрическое поле и возникает разность потенциалов (напряжение). С увеличением заряда проводников электрическое поле между ними усиливается.

В сильном электрическом поле возможен так называемый *пробой* диэлектрика: между проводниками проскакивает искра, и они разряжаются. Чем меньше увеличивается напряжение и соответственно напряжённость поля между проводниками с увеличением их зарядов, тем больший заряд можно на них накопить.

Запомни

Физическая величина, характеризующая способность проводников накапливать электрический заряд, называется **электроёмкостью**.

Напряжение U между двумя проводниками пропорционально электрическим зарядам, которые находятся на проводниках (на одном $+q$, а на другом $-q$). Действительно, если заряды удвоить, то напряжённость электрического поля станет в 2 раза больше, соответственно в 2 раза увеличится и работа, совершаемая полем при перемещении заряда из одной точки поля в другую, т. е. в 2 раза увеличится напряжение. Поэтому

Важно

отношение заряда q одного из проводников к разности потенциалов между проводниками не зависит от заряда. Оно определяется геометрическими размерами проводников, их формой и взаимным расположением, а также электрическими свойствами окружающей среды.

Это позволяет ввести понятие электроёмкости двух проводников.

Запомни

Ёлектроёмкостью двух проводников называют отношение заряда одного из проводников к разности потенциалов между ними:

$$C = \frac{q}{U}. \quad (14.22)$$

Ёлектроёмкость уединённого проводника равна отношению заряда проводника к его потенциалу, если все другие проводники бесконечно удалены и потенциал бесконечно удалённой точки равен нулю.

Чем больше ёлектроёмкость, тем больший заряд скапливается на проводниках при одном и том же напряжении. Обратим внимание, что сама ёлектроёмкость

не зависит ни от сообщённых проводникам зарядов, ни от возникающего между ними напряжения.

Единицей электроёмкости в СИ является фарад.

Важно

1 фарад — это электроёмкость двух проводников в том случае, если при сообщении им зарядов $+1$ Кл и -1 Кл между ними возникает разность потенциалов 1 В: $1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл/В}$.

Из-за того, что заряд в 1 Кл очень велик, ёмкость 1 Ф оказывается очень большой. Поэтому на практике часто используют доли этой единицы: микрофарад ($\mu\text{Ф}$) — 10^{-6} Ф и пикофарад (пФ) — 10^{-12} Ф.

Конденсатор

ИНТЕРЕСНО

Слово «конденсатор» в переводе на русский язык означает «сгуститель». В данном случае — «сгуститель электрического поля».

Конденсатор представляет собой два проводника, разделённые слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами проводников.

Запомни

Проводники конденсатора называются **обкладками**.

Простейший *плоский конденсатор* состоит из двух одинаковых параллельных пластин, находящихся на малом расстоянии друг от друга (рис. 14.39).

Важно

Если заряды пластин одинаковы по модулю и противоположны по знаку, то силовые линии электрического поля начинаются на положительно заряженной обкладке конденсатора и оканчиваются на отрицательно заряженной. Поэтому почти всё электрическое поле сосредоточено внутри конденсатора и однородно.

Для зарядки конденсатора нужно присоединить его обкладки к полюсам источника напряжения, например, к полюсам батареи аккумуляторов. Можно также первую обкладку соединить с полюсом батареи, у которой другой полюс заземлён, а вторую обкладку конденсатора заземлить. Тогда на заземлённой обкладке останется заряд, противоположный по знаку и равный по модулю заряду незаземлённой обкладки. Такой же по модулю заряд уйдёт в землю.



Рис. 14.39

ИНТЕРЕСНО

Заземление проводников — это соединение их с землёй (очень большим проводником) с помощью металлических листов в земле, водопроводных труб и т. д.

Важно

Под зарядом конденсатора понимают абсолютное значение заряда одной из обкладок.

Ёмкость конденсатора определяется формулой (14.22).

Электрические поля окружающих тел почти не проникают внутрь конденсатора и не влияют на разность потенциалов между его обкладками. Поэтому ёмкость конденсатора практически не зависит от наличия вблизи него каких-либо других тел.

Ёмкость плоского конденсатора. Геометрические характеристики плоского конденсатора полностью определяются площадью S его пластин и расстоянием d между ними. От этих величин и должна зависеть ёмкость плоского конденсатора.

Чем больше площадь пластин, тем больший заряд можно на них накопить: $q \sim S$. Напряжение же между пластинами согласно формуле (14.21) пропорционально расстоянию между ними. Поэтому ёмкость

$$C = \frac{q}{U} \sim \frac{S}{d}. \quad (14.23)$$

Кроме того, ёмкость конденсатора зависит от свойств диэлектрика между пластинами. Так как диэлектрик ослабляет поле, то ёмкость при наличии диэлектрика увеличивается: $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$, где ϵ — диэлектрическая проницаемость диэлектрика.

Последовательное и параллельное соединения конденсаторов.

На практике конденсаторы часто соединяют различными способами. На рисунке 14.40 представлено последовательное соединение трёх конденсаторов. Если точки 1 и 2 подключить

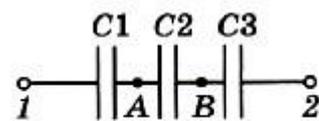


Рис. 14.40

к источнику напряжения, то на левую пластину конденсатора $C1$ перейдёт заряд $+q$ на правую пластину конденсатора $C3$ — заряд $-q$. Вследствие электростатической индукции правая пластина конденсатора $C1$ будет иметь заряд $-q$, а так как пластины конденсаторов $C1$ и $C2$ соединены и до подключения напряжения были электро нейтральны, то по закону сохранения заряда на левой пластине конденсатора $C2$ появится заряд $+q$ и т. д. На всех

пластинах конденсаторов при таком соединении будет одинаковый по модулю заряд:

$$q = q_1 = q_2 = q_3.$$

Важно

Определить эквивалентную электроёмкость — это значит определить электроёмкость такого конденсатора, который при той же разности потенциалов будет накапливать тот же заряд q , что и система конденсаторов.

Разность потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ складывается из суммы разностей потенциалов между пластинами каждого из конденсаторов:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = (\varphi_1 - \varphi_A) + (\varphi_A - \varphi_B) + (\varphi_B - \varphi_2),$$

или $U = U_1 + U_2 + U_3$.

Воспользовавшись формулой (14.23), запишем:

$$\frac{q}{C_{\text{эkv}}} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3},$$

откуда $\frac{1}{C_{\text{эkv}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$, и в общем случае

$$\frac{1}{C_{\text{эkv}}} = \sum_i \frac{1}{C_i}.$$

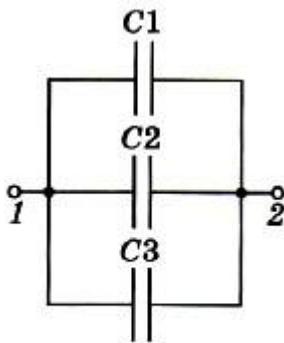


Рис. 14.41

На рисунке 14.41 представлена схема *параллельно соединённых* конденсаторов. Разность потенциалов между пластинами всех конденсаторов одинакова и равна:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = U = U_1 = U_2 = U_3.$$

Заряды на пластинах конденсаторов

$$q_1 = C_1U, q_2 = C_2U, q_3 = C_3U.$$

На эквивалентном конденсаторе ёмкостью $C_{\text{эkv}}$ заряд на пластинах при той же разности потенциалов

$$q = q_1 + q_2 + q_3.$$

Для электроёмкости, согласно формуле (14.23) запишем: $C_{\text{эkv}}U = C_1U + C_2U + C_3U$, следовательно, $C_{\text{эkv}} = C_1 + C_2 + C_3$, и в общем случае $C_{\text{эkv}} = \sum_i C_i$.

Различные типы конденсаторов. В зависимости от назначения конденсаторы имеют различное устройство. Обычный технический бумажный конденсатор состоит из двух полосок алюминиевой фольги, изолированных друг от друга и от металлического корпуса бумажными лентами, пропитанными парафином. Полоски и ленты туго свёрнуты в пакет небольшого размера.



Рис. 14.42

В радиотехнике широко применяют конденсаторы переменной ёмкости (рис. 14.42). Такой конденсатор состоит из двух систем металлических пластин, которые при вращении рукоятки могут входить одна в другую. При этом меняются площади перекрывающихся частей пластин и, следовательно, их ёмкость. Диэлектриком в таких конденсаторах служит воздух. Сейчас во многих устройствах ёмкость конденсаторов регулируется электронными устройствами.



Рис. 14.43

Значительного увеличения ёмкости за счёт уменьшения расстояния между обкладками достигают в так называемых электролитических конденсаторах (рис. 14.43). Диэлектриком в них служит очень тонкая плёнка оксидов, покрывающих одну из обкладок (полосу фольги). Другой обкладкой служит бумага, пропитанная раствором специального вещества (электролита).

ЗАДАНИЕ

1. Изучив тему, подробно записать конспект в рабочую тетрадь.
2. Вопросы (уметь устно отвечать)
 1. Что называют ёмкостью двух проводников?
 2. Почему понятие ёмкости неприменимо к диэлектрикам?
 3. От чего зависит ёмкость?
 4. Как изменяется ёмкость конденсатора при наличии диэлектрика между его обкладками?
 5. Какие существуют типы конденсаторов?
 6. Какую роль выполняют конденсаторы в технике?

Энергия заряженного конденсатора.

Применение конденсаторов

Влияет ли расположение окружающих тел на электроёмкость проводника?

От чего зависит электроёмкость проводника?

Обладает ли электрическое поле конденсатора энергией?

Энергия заряженного конденсатора. Для того чтобы зарядить конденсатор, нужно совершить работу по разделению положительных и отрицательных зарядов. Согласно закону сохранения энергии, эта работа не пропадает, а идёт на увеличение энергии конденсатора. В том, что заряженный конденсатор обладает энергией, можно убедиться, если разрядить его через цепь, содержащую лампу накаливания, рассчитанную на напряжение в несколько вольт (рис. 14.44). При разрядке конденсатора лампа вспыхивает. Энергия конденсатора превращается в тепло и энергию излучения.

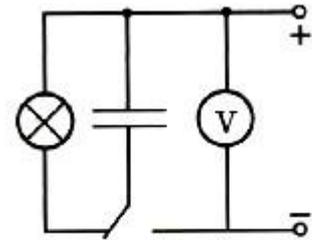


Рис. 14.44

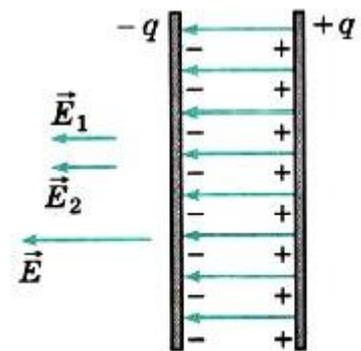


Рис. 14.45

Выведем формулу для энергии плоского конденсатора.

Напряжённость поля, созданного зарядом одной из пластин, равна $E/2$, где E — напряжённость поля в конденсаторе. В однородном поле одной пластины находится заряд q , распределённый по поверхности другой пластины (рис. 14.45). Согласно формуле (14.14) потенциальная энергия заряда в однородном поле равна:

$$W_{\pi} = q \frac{E}{2} d, \quad (14.24)$$

где q — заряд конденсатора, а d — расстояние между пластинами.

Так как $Ed = U$, где U — разность потенциалов между обкладками конденсатора, то его энергия равна:

$$W_{\pi} = \frac{qU}{2}. \quad (14.25)$$

Если заряд на пластинах остаётся постоянным, при сближении пластин поле совершает положительную работу:

$$A = W_{\pi 2} - W_{\pi 1} = \frac{q(U_2 - U_1)}{2}, \quad U_2 > U_1.$$

При этом энергия электрического поля уменьшается.

Заменив в формуле (14.25) разность потенциалов или заряд с помощью выражения (14.22) для электроёмкости конденсатора, получим

$$W_{\text{п}} = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}. \quad (14.26)$$

Можно доказать, что эти формулы справедливы для любого конденсатора, а не только для плоского.

Энергия электрического поля. Согласно теории близкодействия, вся энергия взаимодействия заряженных тел сконцентрирована в электрическом поле этих тел. Значит, энергия может быть выражена через основную характеристику поля — напряжённость.

Так как напряжённость электрического поля прямо пропорциональна разности потенциалов ($U = Ed$), то для энергии можно записать формулу

$$W_{\text{п}} = \frac{CU^2}{2} = \frac{CE^2d^2}{2}.$$

Важно

Энергия конденсатора прямо пропорциональна квадрату напряжённости электрического поля внутри его: $W_{\text{п}} \sim E^2$.

Применение конденсаторов. Зависимость электроёмкости конденсатора от расстояния между его пластинами используется при создании одного из типов клавиатур компьютера. На тыльной стороне каждой клавиши располагается одна пластина конденсатора, а на плате, расположенной под клавишами, — другая. Нажатие клавиши изменяет ёмкость конденсатора. Электронная схема, подключённая к этому конденсатору, преобразует сигнал в соответствующий код, передаваемый в компьютер.

Энергия конденсатора обычно не очень велика — не более сотен джоулей. К тому же она не сохраняется долго из-за неизбежной утечки заряда. Поэтому заряженные конденсаторы не могут заменить, например, аккумуляторы в качестве источников электрической энергии. Но это совсем не означает, что конденсаторы как накопители энергии не получили практического применения. Конденсаторы могут накапливать энергию более или менее длительное время, а при разрядке через цепь с малым сопротивлением они отдают энергию почти мгновенно. Именно это свойство широко используют на практике.

Лампа-вспышка, применяемая в фотографии, питается электрическим током разряда конденсатора, заряжаемого предварительно специальной батареей. Возбуждение квантовых источников света — лазеров осуществляется с помощью газоразрядной трубки, вспышка которой происходит при разрядке

батареи конденсаторов большой электроёмкости. Однако основное применение конденсаторы находят в радиотехнике.

ЗАДАНИЕ

1. Изучив тему, подробно записать конспект в рабочую тетрадь.
2. Вопросы (уметь устно отвечать)
 1. Чему равна энергия заряженного конденсатора?
 2. Перечислите основные области применения конденсаторов.
3. Задание (для желающих)

Образцы заданий ЕГЭ

A1. Как изменится энергия электрического поля конденсатора, если заряд на его обкладках уменьшить в 2 раза?

- 1) не изменится
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) уменьшится в 4 раза
- 4) увеличится в 2 раза

A2. Конденсатор подключён к источнику постоянного напряжения. Как изменится энергия электрического поля внутри конденсатора, если увеличить в 2 раза расстояние между обкладками конденсатора?

- 1) не изменится
- 2) увеличится в 2 раза
- 3) уменьшится в 2 раза
- 4) правильный ответ не приведён

4. Посмотреть видеозапись:

https://vk.com/video-163343884_456239088

5. Адрес моей электронной почты:

elenakutuzova8@yandex.ru