

Электроёмкость

Конденсаторы

Електроємкость провідника

- **Електроємкость - це здатність провідників або системи з декількох провідників накопичувати електричні заряди, а відповідно, і електроенергію, яка в подальшому може бути використана.**

- **Емкость уединенного проводника — физическая величина, равная отношению электрического заряда уединенного проводника к его потенциалу:**
$$C = \frac{q}{\varphi}$$
- **Емкость проводника не зависит от рода вещества и заряда, но зависит от его формы и размеров, а также от наличия вблизи других проводников или диэлектриков.**

Электроемкость сферы

- Если уединенным проводником является заряженная сфера, то

$$C = \frac{q}{\varphi_{\text{ш}}} ; \varphi_{\text{ш}} = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R}$$

- Тогда $C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R$

ЗАДАЧА №1. Определить емкость Земли, считая ее радиус равным 6370 км.

Дано:

$$R = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}$$

Емкость шара определяется по формуле:

$$C = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R$$

$$C = 4 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6,37 \cdot 10^6 = 710 \text{ мкФ}$$

Если двум изолированным друг от друга проводникам сообщить заряды q_1 и q_2 , то между ними возникает некоторая разность потенциалов $\Delta\varphi$, зависящая от величин зарядов и геометрии проводников. Разность потенциалов $\Delta\varphi$ между двумя точками в электрическом поле часто называют напряжением и обозначают буквой U . Наибольший практический интерес представляет случай, когда заряды проводников одинаковы по модулю и противоположны по знаку: $q_1 = -q_2 = q$. В этом случае можно ввести понятие электрической емкости.

Емкостью системы

из двух проводников называется физическая величина, определяемая как отношение заряда q одного из проводников к разности потенциалов $\Delta\varphi$ между ними:

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi} = \frac{q}{U}.$$

В системе СИ единица емкости называется *фарад* (Ф):

$$1 \text{ Ф} = \frac{1 \text{ Кл}}{1 \text{ В}}.$$

Существуют такие конфигурации проводников, при которых электрическое поле оказывается сосредоточенным (локализованным) лишь в некоторой области пространства. Такие системы называются *конденсаторами*, а проводники, составляющие конденсатор, называются *обкладками*.

Виды конденсаторов

- По геометрии: плоские, сферические, цилиндрические.
- По диэлектрику: воздушные, бумажные, слюдяные, керамические, электролитические.
- По емкости: постоянные, переменные

Вид конденсатора:

Простейший конденсатор – система из двух плоских проводящих пластин, расположенных параллельно друг другу на малом по сравнению с размерами пластин расстоянии и разделенных слоем диэлектрика. Такой конденсатор называется **плоским.**

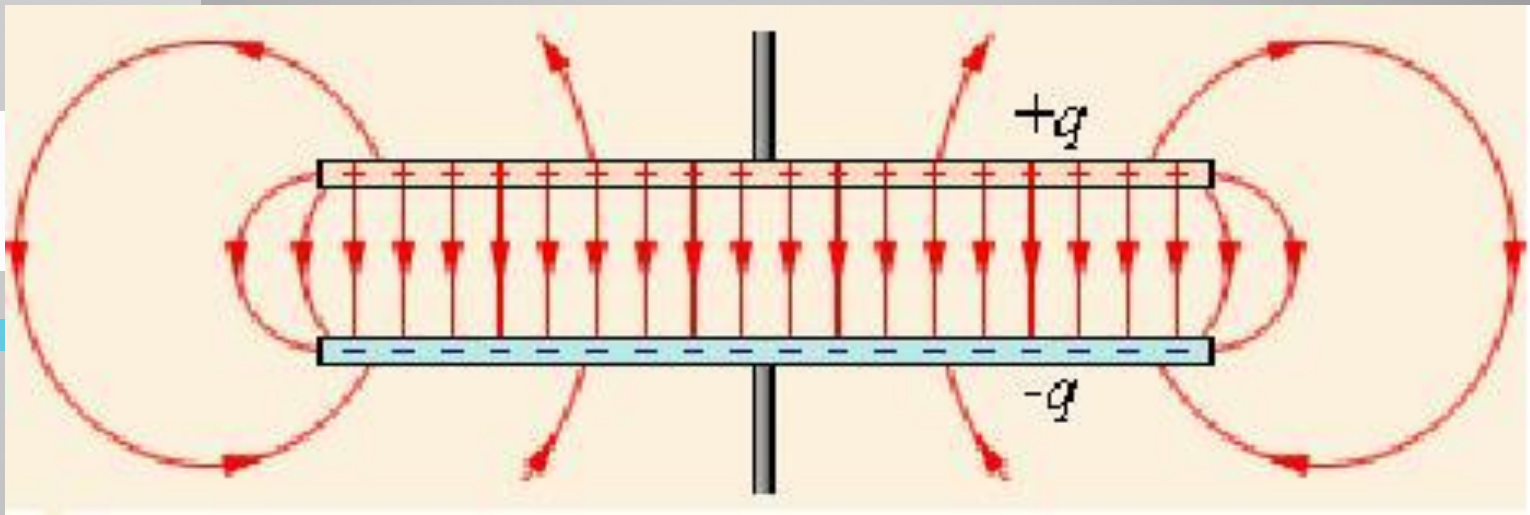


рис. 1

Поле плоского конденсатора.

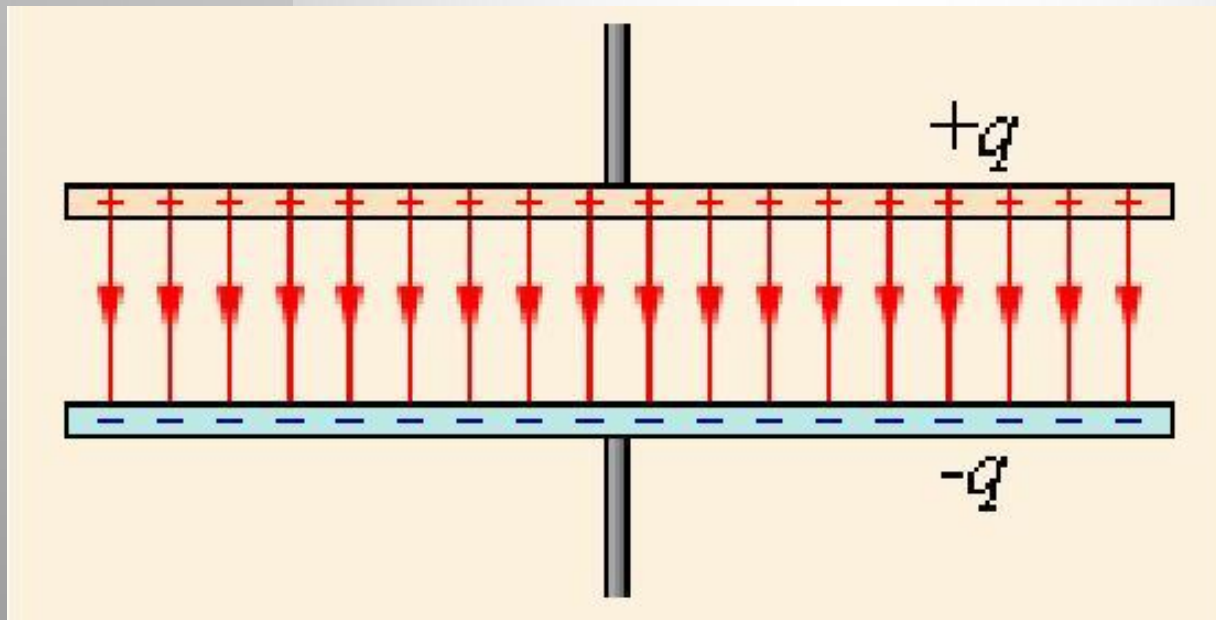


рис. 2

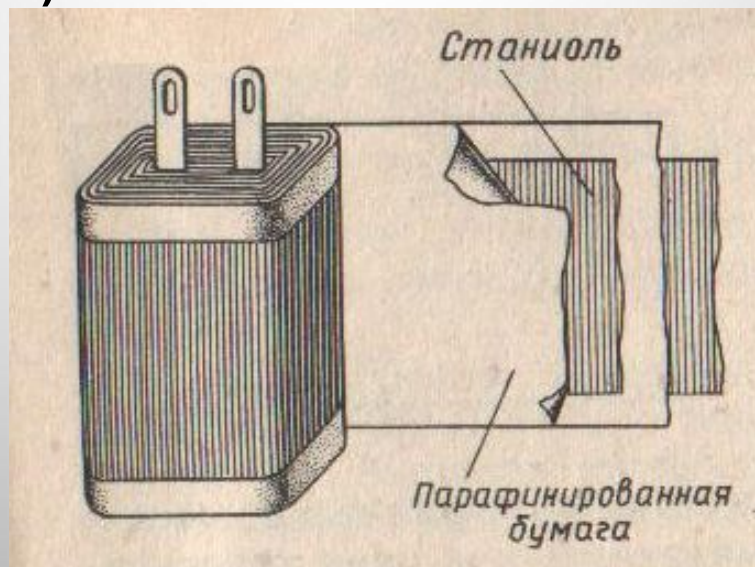
Идеализированное представление поля плоского конденсатора. Такое поле не обладает свойством потенциальности.

Каждая из заряженных пластин
плоского конденсатора создает вблизи
поверхности электрическое поле,
модуль напряженности которого
выражается соотношением

$$E_1 = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}.$$

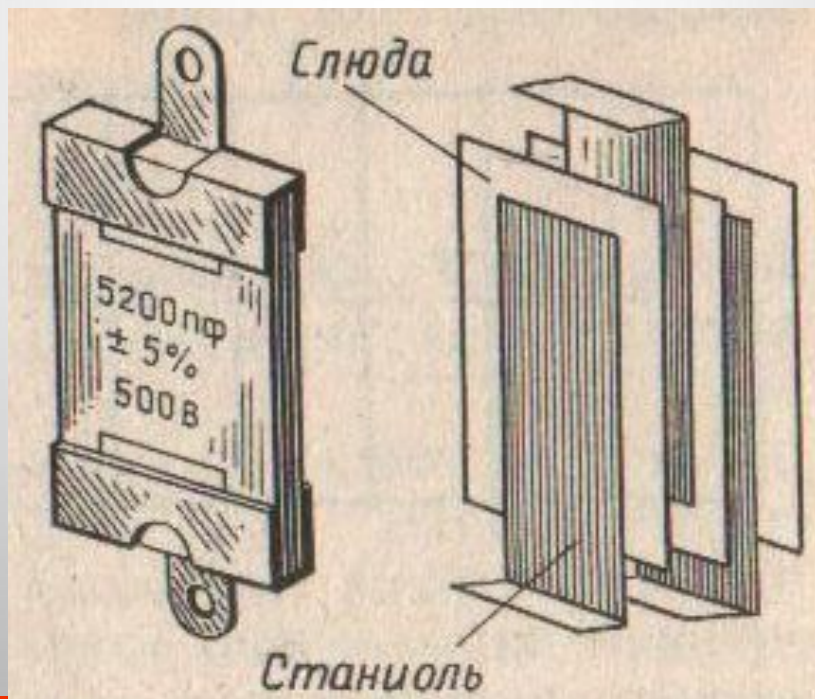
Бумажный конденсатор

В настоящее время широко применяются бумажные конденсаторы для напряжений в несколько сот вольт и ёмкостью в несколько микрофарад. В таких конденсаторах обкладками служат две длинные ленты тонкой металлической фольги, а изолирующей прокладкой между ними – несколько более широкая бумажная лента, пропитанная парафином. Бумажной лентой покрывается одна из обкладок, затем ленты туго свёртываются в рулон и укладываются в специальный корпус. Такой конденсатор, имея размеры спичечного коробка, обладает ёмкостью 10мкФ (металлический шар такой ёмкости имел бы радиус 90км).



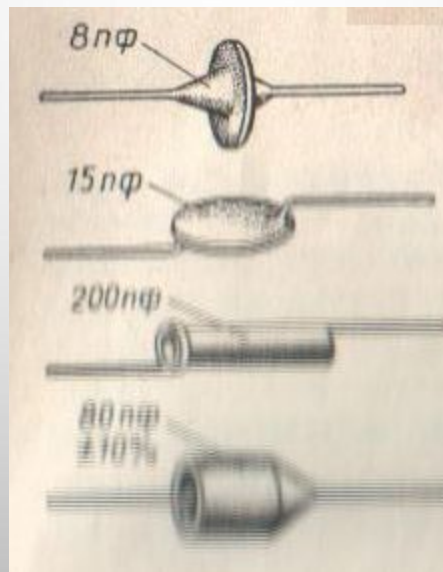
Слюдяной конденсатор

В радиотехнике применяются слюдяные конденсаторы небольшой ёмкости (от десятков до десятков тысяч пикофарад). В них листки станиоля прокладываются слюдой так, что все нечётные листки станиоля, соединённые вместе, образуют одну обкладку конденсатора, тогда как чётные листки образуют другую обкладку. Внешний вид и отдельные части такого конденсатора показаны на рисунке. Эти конденсаторы могут работать при напряжениях от сотен до тысяч вольт.



Керамический конденсатор

В последнее время слюдяные конденсаторы в радиотехнике начали заменять керамическими. Диэлектриком в них служит специальная керамика. Обкладки керамических конденсаторов изготавливаются в виде слоя серебра, нанесённого на поверхность керамики и защищённого слоем лака. Керамические конденсаторы изготавливаются на ёмкости от единиц до сотен пикофарад и на напряжения от сотен до тысяч вольт.



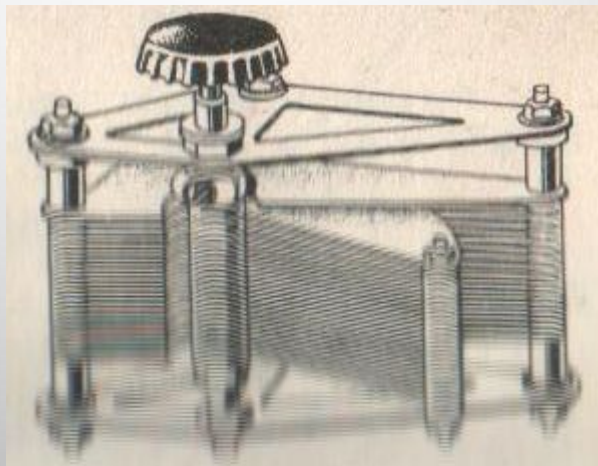
Электролитические конденсаторы

Широкое распространение получили так называемые электролитические конденсаторы, диэлектриком в которых служит тончайший окисный слой на поверхности алюминия или тантала, находящийся в контакте со специальным электролитом. Эти конденсаторы имеют большую ёмкость (до нескольких тысяч микрофарад) при небольших размерах.



Конденсаторы переменной емкости с воздушным или твёрдым диэлектриком

Часто используются конденсаторы переменной емкости с воздушным или твёрдым диэлектриком. Они состоят из двух систем металлических пластин, изолированных друг от друга. Одна система пластин неподвижна, вторая может вращаться вокруг оси. Вращая подвижную систему, плавно изменяют ёмкость конденсатора.



Электроемкость плоского конденсатора
прямо пропорциональна площади
пластин (обкладок) и обратно
пропорциональна расстоянию между
ними. Если пространство между
обкладками заполнено диэлектриком,
электроемкость конденсатора
увеличивается в ϵ раз:

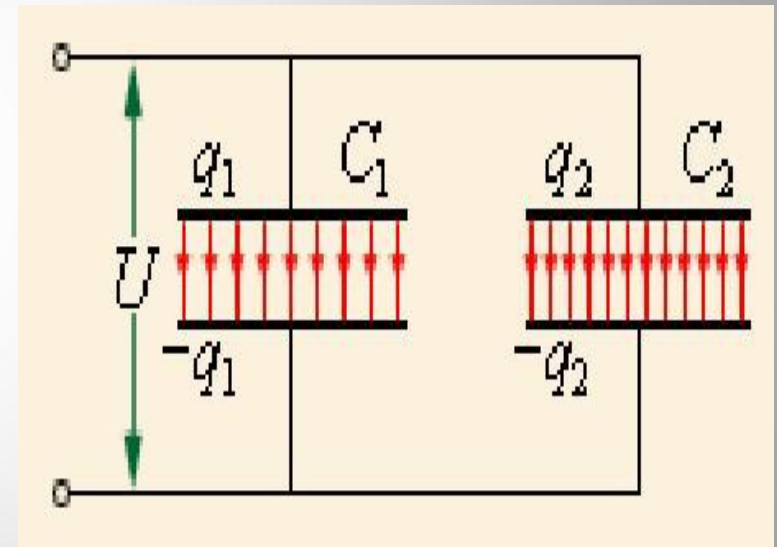
$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}.$$

Соединение конденсаторов в батарею

Конденсаторы могут соединяться между собой, образуя батареи конденсаторов.

Параллельное соединение конденсаторов

- При **параллельном соединении** конденсаторов напряжения на конденсаторах одинаковы:
 $U_1 = U_2 = U$, а заряды равны $q_1 = C_1 U$ и $q_2 = C_2 U$



$$C = \frac{q_1 + q_2}{U} \quad \text{или} \quad C = C_1 + C_2$$

ЗАДАЧА № 2. Батарея из двух конденсаторов 20 и 30 мкФ, соединенных параллельно, заряжена до напряжения 220 В. Определите емкость батареи и заряд каждого конденсатора.

Дано:

$$U = 220 \text{ В}$$

$$C_1 = 20 \text{ мкФ}$$

$$C_2 = 30 \text{ мкФ}$$

$$C_{\text{б}} - ?$$

$$q_1; q_2 - ?$$

**Так как конденсаторы
соединяются**

параллельно, то $C_{\text{б}} = C_1 + C_2$

$$U = U_1 = U_2$$

$$C_{\text{б}} = 20 \text{ мкФ} + 30 \text{ мкФ} = 50 \text{ мкФ}$$

$$q_1 = C_1 U; q_2 = C_2 U$$

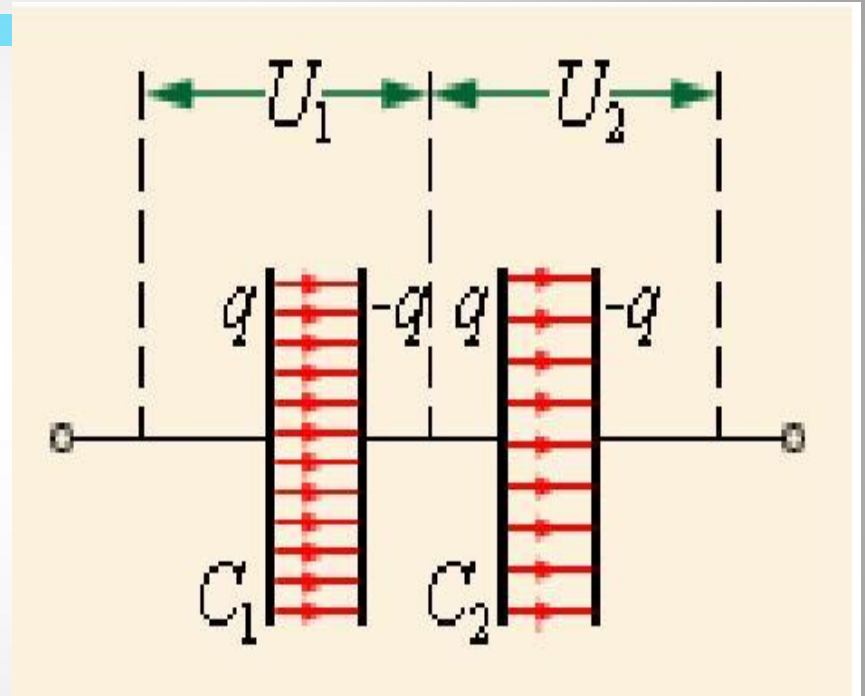
$$q_1 = 4,4 \text{ мКл}; q_2 = 6,6 \text{ мКл}$$

Последовательное соединение конденсаторов

- При последовательном соединении одинаковыми оказываются заряды обоих конденсаторов: $q_1 = q_2 = q$, а напряжения на них равны

$$U_1 = \frac{q}{C_1} \quad U_2 = \frac{q}{C_2}.$$

$$C = \frac{q}{U_1 + U_2} \quad \text{или} \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}.$$



ЗАДАЧА № 3. батарея из двух конденсаторов 4 и 6 мкФ, соединенных последовательно, заряжена до напряжения 220 В. Определить емкость и заряд батареи конденсаторов.

Дано:

$$C_1 = 4 \text{ мкФ}$$

$$C_2 = 6 \text{ мкФ}$$

$$U = 220 \text{ В}$$

$$C_{\text{б}} - ?$$

$$q_{\text{б}} - ?$$

Так как конденсаторы соединяются последовательно, то

$$\frac{1}{C_{\text{б}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}; \quad q_1 = q_2 = q_{\text{б}}$$

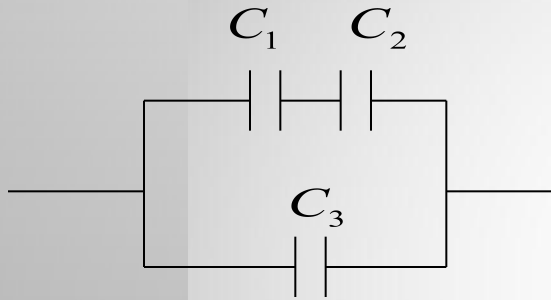
$$\frac{1}{C_{\text{б}}} = \frac{1}{4 \text{ мкФ}} + \frac{1}{6 \text{ мкФ}} = \frac{2+3}{12 \text{ мкФ}} = \frac{5}{12 \text{ мкФ}}$$

$$C_{\text{б}} = \frac{12 \text{ мкФ}}{5} = 2,4 \text{ мкФ}$$

$$q = C \cdot U = 2,4 \cdot 220 = 528 \text{ мкКл}$$

Формулы для параллельного и последовательного соединения остаются справедливыми при любом числе конденсаторов, соединенных в батарею.

Задача № 3. Определить емкость батареи конденсаторов, изображенной на рисунке.



• Дано:

$$C_1 = 20 \text{ мкФ}$$

$$C_2 = 80 \text{ мкФ}$$

$$C_3 = 50 \text{ мкФ}$$

Энергия заряженного конденсатора

- Электрическое поле конденсатора сосредоточено между его обкладками, следовательно и энергия электрического поля локализована там же.

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

Задача № 4. Определить емкость конденсатора, если напряжение на его обкладках 100 В, а энергия 2 Дж.

Дано:

U=100 В

W=2 Дж

Энергия эл.поля конденсатора

$$W = \frac{CU^2}{2} \Rightarrow C = \frac{2W}{U^2}$$

C-?

$$C = \frac{2 \cdot 2 \text{ Дж}}{10^4 \text{ В}^2} = 4 \cdot 10^{-4} = 400 \text{ мкФ}$$