

КАПАЦИТЕТ

КОНДЕНЗАТОРИ

Лектор: проф. д-р Т. Йовчева

КАПАЦИТЕТ НА ЕДИНИЧЕН ПРОВОДНИК

Единичен проводник – проводник, намиращ се далеч от други заредени или проводящи тела в пространството, така че техните електрични полета да не му влияят.

Капацитетът C е свойство на всеки проводник и числено е равен на количеството електричество (заряд), с което трябва да се зареди проводника, за да промени потенциала си φ с 1 волт (1 V).

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

Способността на проводника да натрупва повече заряд се отчита с по-голям капацитет на проводника.

- Капацитетът C зависи от:
 - размерите на проводника;
 - формата на проводника;
 - диелектричната проницаемост на средата, в която се намира проводника.
- Капацитетът C не зависи от големината на заряда.

Потенциалът на сферичен проводник, поставен във вакуум се изразява така:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}$$

Тогава неговият капацитет ще е:

$$C = \frac{q}{\varphi} = 4\pi\epsilon_0 r$$

Мерната единица на капацитет

е фарад: $[F] = \frac{C(\text{кулон})}{V(\text{волт})}$

Тъй като абсолютната диелектрична проницаемост във вакуум е много малка величина

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F / m}$$

то сферичен проводник с капацитет $1F$ трябва да има много голям радиус.

Въвеждат се производни мерни единици:

<i>милифарад</i>	$1 \text{ mF} = 10^{-3} \text{ F}$
<i>микрофарад</i>	$1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$
<i>нанофарад</i>	$1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}$
<i>пикофарад</i>	$1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$
<i>фемтофарад</i>	$1 \text{ fF} = 10^{-15} \text{ F}$

$$C = 4\pi\varepsilon_0 r$$

$$r = 9 \text{ m}$$



$$\varphi = 10^9 \text{ V}$$

$$C = 10^{-9} \text{ F}$$



$$r = 9 \text{ km}$$



$$\varphi = 10^6 \text{ V}$$

$$C = 10^{-6} \text{ F}$$



$$r = 9 \times 10^6 \text{ m}$$



$$\varphi = 10^3 \text{ V}$$

$$C = 10^{-3} \text{ F}$$



$$r = 9 \times 10^9 \text{ m}$$



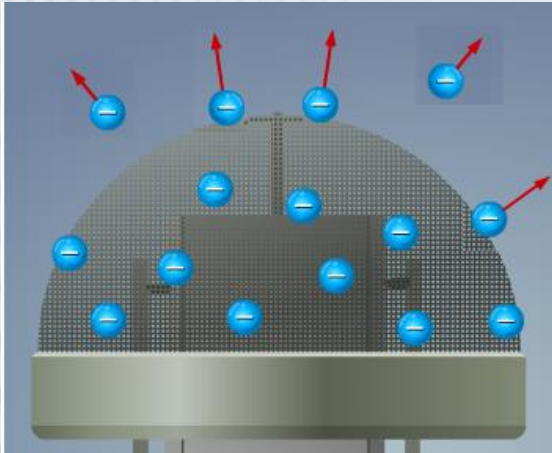
$$\varphi = 1 \text{ V}$$

$$C = 1 \text{ F}$$



ПОКАЗАНО Е НАГЛЕДНО КАК ПОТЕНЦИАЛЪТ И КАПАЦИТЕТЪТ НА СФЕРИЧЕН ПРОВОДНИК ЗАВИСЯТ ОТ РАДИУСА НА СФЕРАТА.

КОНДЕНЗАТОРИ



Използването на единичен проводник за натрупване на заряд е неудобно:

➤ *Натрупването на количество заряд в единичен проводник е нищожно малко.*

То е затруднено от силите на взаимно отблъскване между частиците и от електричен разряд - мълния.

➤ *Капацитетът на единичен проводник не е постоянен.*

Полето на единичен проводник действа в цялото пространство извън проводника.

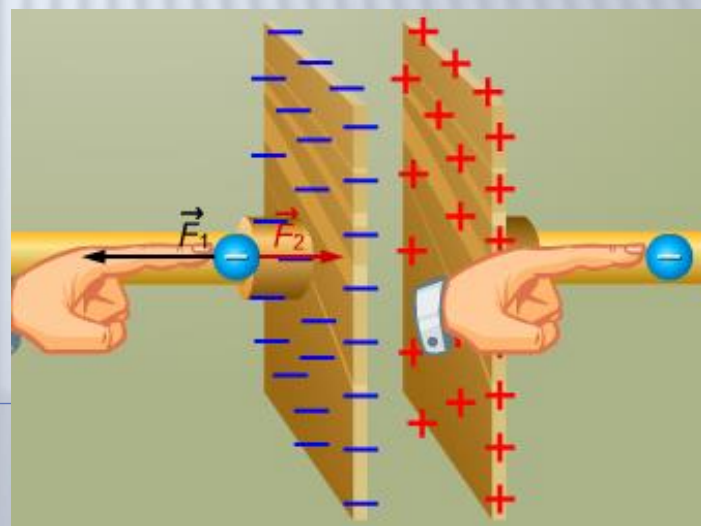


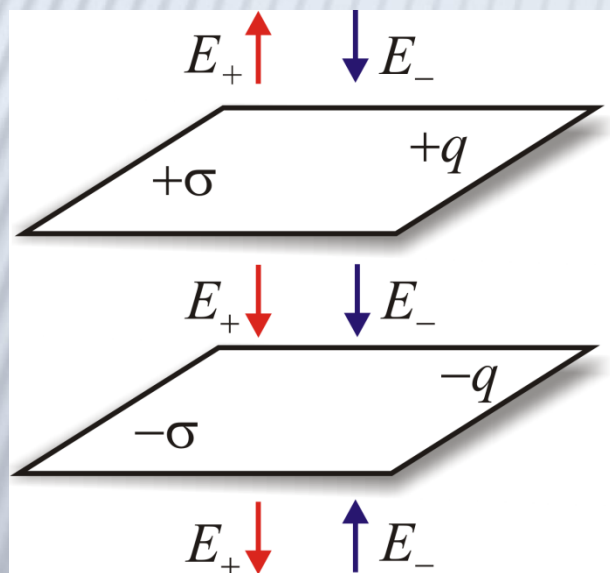
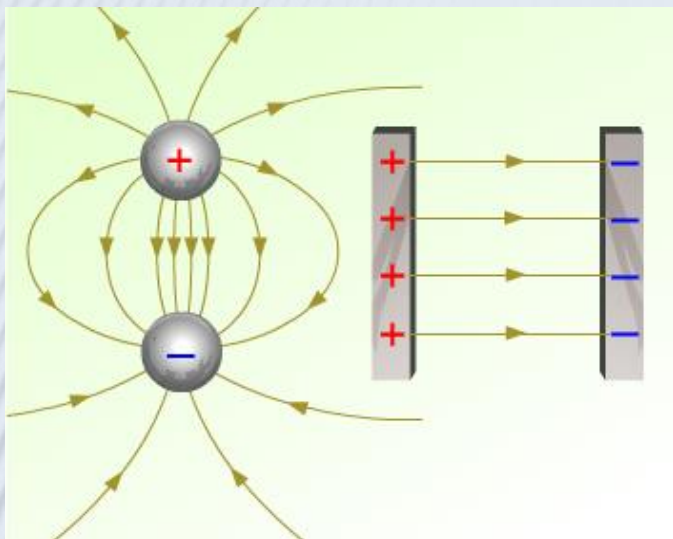
За създаване на система с постоянен капацитет, проводниците трябва така да се комбинират, че полето създадено от тях да бъде затворено в някаква част от пространството.

Това са специални устройства, наречени *кондензатори*.

Система от две метални пластини, заредени хомогенно с равни по големина и противоположни по знак заряди $+q$ и $-q$ и отделени една от друга със слой диелектрик, се нарича *кондензатор*. Двете пластини, от които е съставен кондензаторът, се наричат *електроди*.

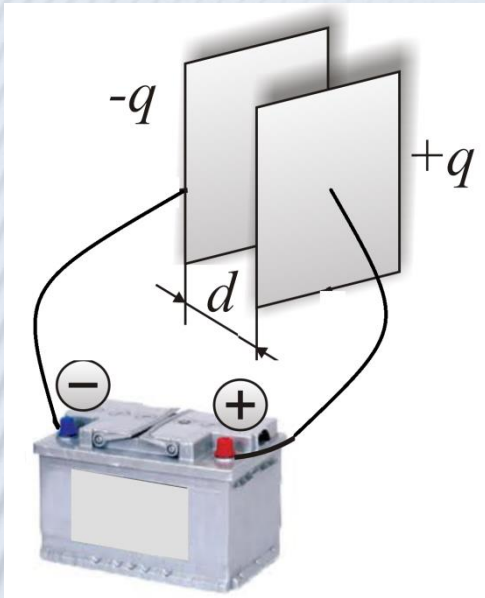
В такава система лесно се натрупват заряди.





- Електричното поле на кондензатора е съсредоточено само между пластините, за разлика от полето, създадено от сфери например. Извън тази област полетата се унищожават взаимно.
- Следователно, електричното поле на кондензатора се затваря между неговите пластини, а извън тях полетата взаимно се компенсират.
- Електричното поле на кондензатора не зависи от положението на други тела.

КАПАЦИТЕТ

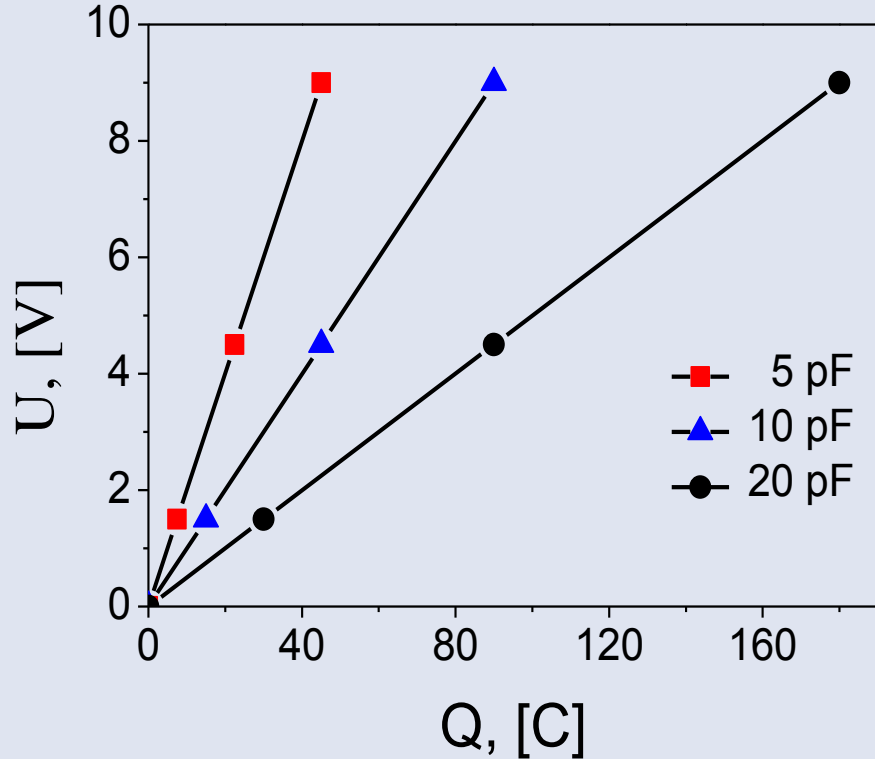


Основна характеристика на кондензатора е неговият *капацитет*

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

q е зарядът на всеки един от електродите,
 $\varphi_1 - \varphi_2$ е потенциалната разлика между тях.

- Капацитетът на един кондензатор определя количеството заряд, което може да бъде натрупано при единица потенциална разлика между пластините на кондензатора.
- Капацитетът зависи само от вътрешната структура на кондензатора, но не и от заряда и напрежението.



На графиката са изобразени зависимостите $U=f(Q)$ за кондензатори с три различни капацитета:

5 pF, 10 pF и 20 pF,

които са зареждани с три различни напрежения:



ВИДОВЕ КОНДЕНЗАТОРИ

Според формата на електродите има три вида кондензатори.

- ❖ *Плосък кондензатор*
- ❖ *Сферичен кондензатор*
- ❖ *Цилиндричен кондензатор*

В тези случаи лесно може да се пресметне капацитетът на кондензатора като се използва връзката между интензитет и потенциал на електричното поле и се отчете симетрията на полето.

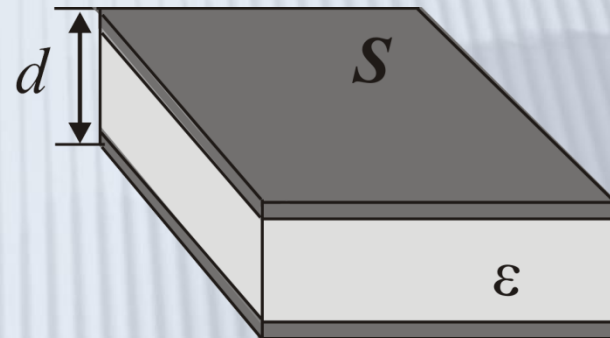
$$E = -\frac{d\varphi}{dr}$$

$$d\varphi = -E dr$$

$$C = \frac{q}{d\varphi}$$

ПЛОСЪК КОНДЕНЗАТОР

Две успоредни метални пластини (равнини) с площ S , разположени на малко разстояние d , запълнено от диелектрик с константа ϵ .

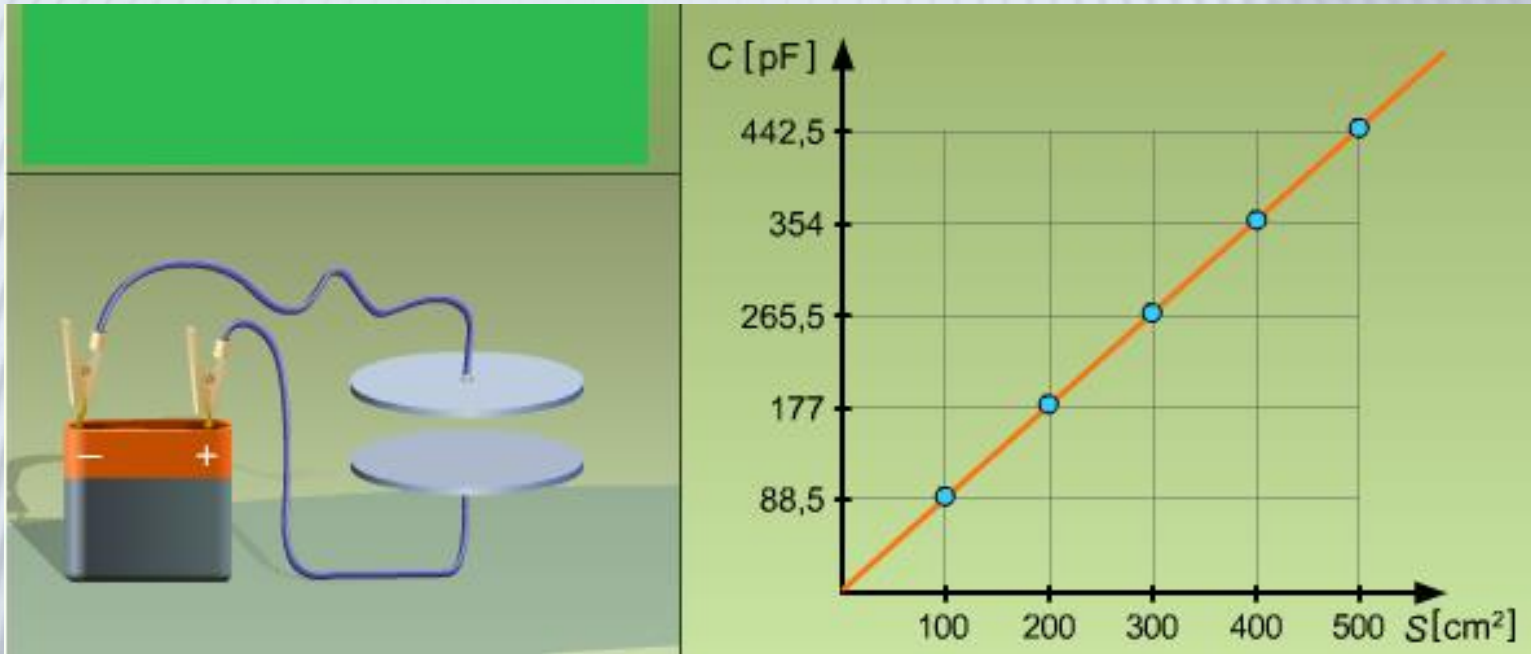


Капацитетът на плосък кондензатор е

$$C = \epsilon_0 \epsilon \frac{S}{d}, \quad \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F / m}$$

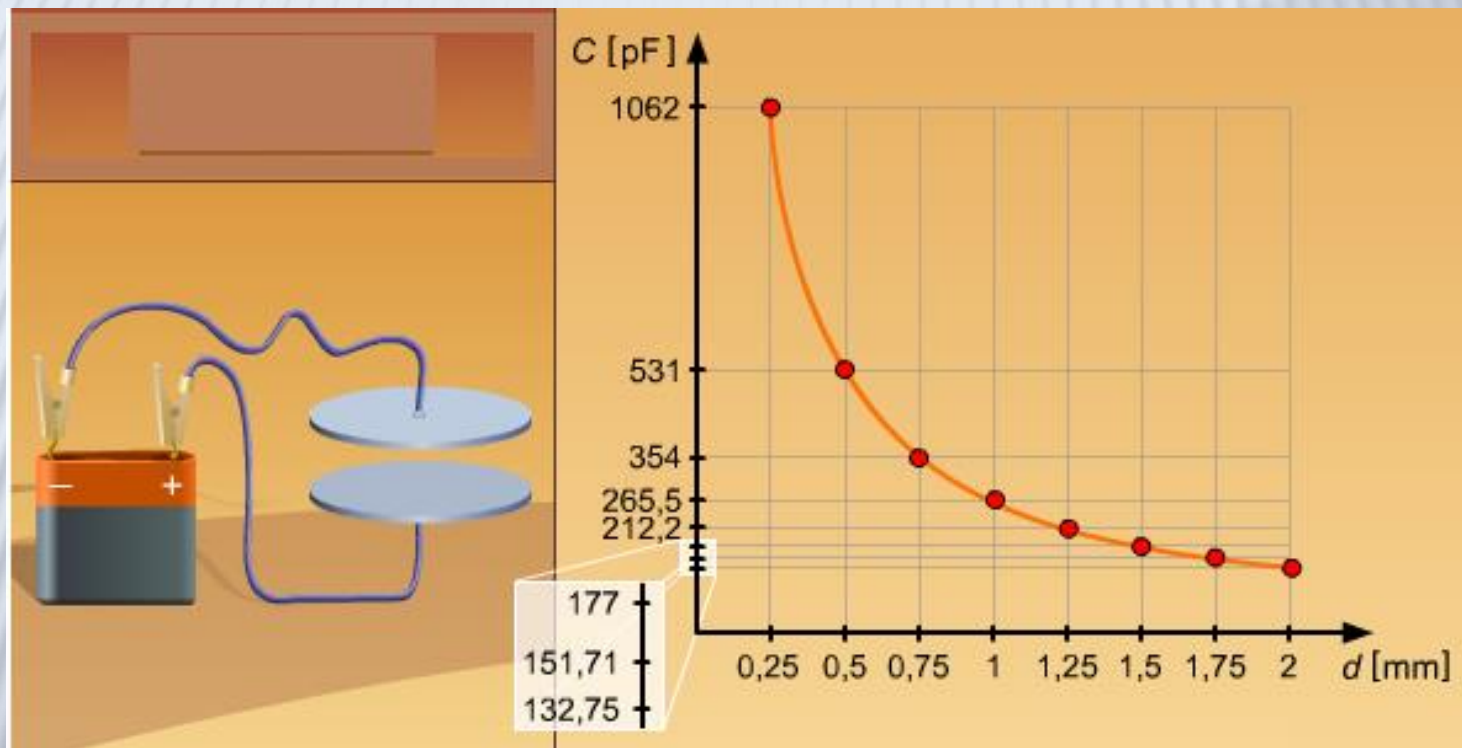
$$C = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{S}{d}$$

- ✦ Капацитетът е пропорционален на площта S на плочите.



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

- Капацитетът е обратно пропорционален на разстоянието d между плочите.



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

- Капацитетът е пропорционален на относителната диелектрична проницаемост на диелектрика, поставен между плочите.

Знаем, че: $\varepsilon = \frac{E_0}{E}$

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

$$\varepsilon = \frac{U_0}{U}$$

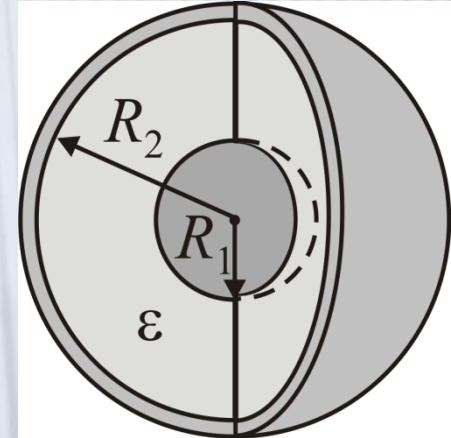
Капацитетът на кондензатор с диелектрик нараства ε пъти:

$$C = \varepsilon C_0 \Leftrightarrow C_0 = \frac{Q}{U_0}; \quad C = \frac{Q}{U}$$

Вещество	Относителната диелектрична проницаемост, ε
Въздух, вакуум	1,0
Тефлон	2,1
Кехлибар	2,7
Ебонит	2,7
Влакно	5,0
Порцелан	6,5

СФЕРИЧЕН КОНДЕНЗАТОР

Две концентрични метални сфери с радиуси R_1 и R_2 , между които е поставен диелектрик с относителна диелектрична проникваемост ϵ .

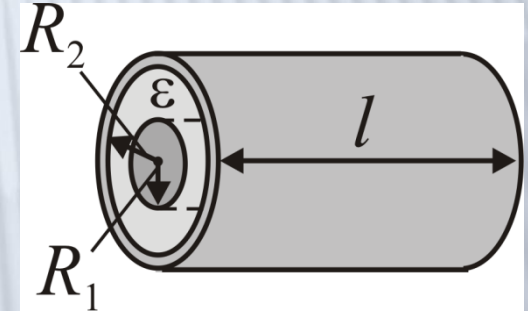


Капацитетът на сферичен кондензатор е

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$$

ЦИЛИНДРИЧЕН КОНДЕНЗАТОР

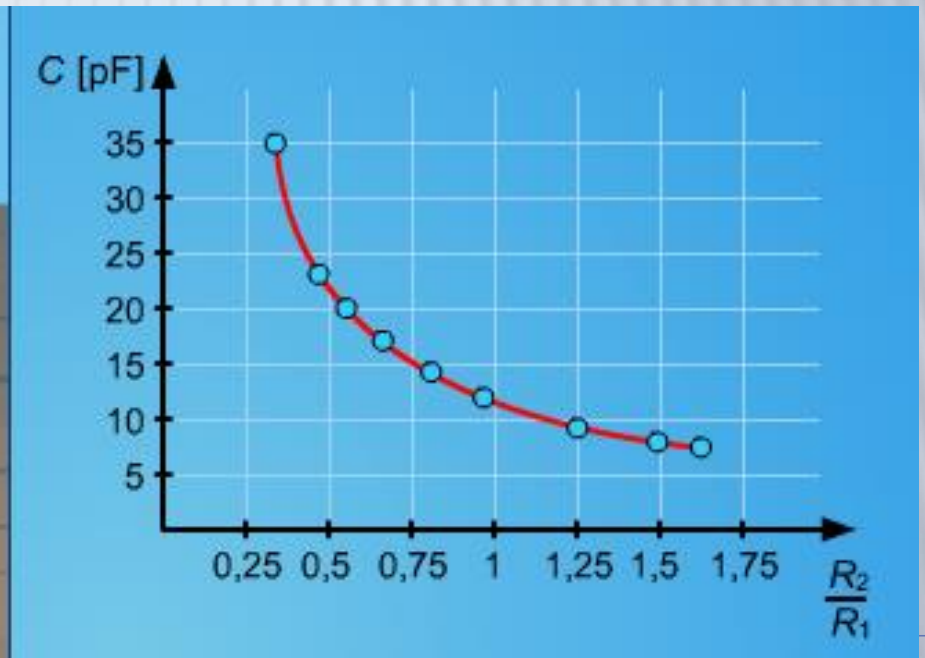
Два коаксиални цилиндъра с дължина l и радиуси R_1 и R_2 , между които е поставен диелектрик с относителна диелектрична проникваемост ε .



Капацитетът на цилиндричен кондензатор е

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon l}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

- ✦ Капацитетът е пропорционален на относителната диелектрична проницаемост ϵ на диелектрика, поставен между плочите и на дължината l на цилиндрите.
- ✦ Капацитетът зависи от радиусите R_1 и R_2 на двата цилиндъра.



ПОСТОЯННИ И ПРОМЕНЛИВИ КОНДЕНЗАТОРИ

Кондензаторите с постоянен капацитет се наричат *„постоянни кондензатори“*.

Техният капацитет се определя по време на тяхното производство и след това не може да бъде променян.

В зависимост от използвания диелектрик съществуват няколко вида постоянни кондензатори:

- *Въздушен*, когато диелектрият е въздух.
- *Хартиен*, когато диелектрият е напоен с парафин хартия.
- *Електролитен*, когато диелектрият е тънък слой метален оксид.
- *Керамичен*, когато диелектрият е от различни видове специална керамика.
- *Слюден*, когато диелектрият е слюда.

Кондензаторите с променлив капацитет се наричат „*променливи кондензатори*“ и могат да изменят своя капацитет в определени граници.

Промяната в капацитета се извършва чрез промяна на ефективната площ на плочите на кондензатора — плочите се изместват една спрямо друга.

Диелектрият при променливите кондензатори е въздух (въздушни кондензатори) или керамика.



ПРОБИВ НА КОНДЕНЗАТОРИ

Пробивно напрежение U_{np} - напрежението, при което интензитетът на електричното поле E_{np} в кондензатора става толкова голям, че от молекулите на диелектрика се откъсват електрони и между двата електрода прескача искра.

Настъпва електричен пробив на диелектрика и кондензаторът се поврежда.

Максималната стойност на потенциалната разлика, при която кондензаторът може да бъде използван, зависи от вида на диелектрика и от разстоянието между плочите d , но не зависи от площта на плочите.

Величината, която характеризира устойчивостта на даден материал е интензитетът на пробивното поле E_{np} , който се измерва в V/m:

$$E_{np} = \frac{U_{np}}{d}$$

СВЪРЗВАНЕ НА КОНДЕНЗАТОРИ

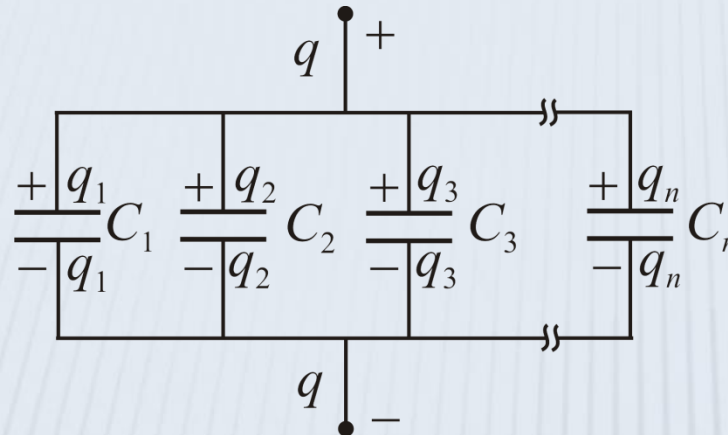
В електричните вериги кондензаторите се отбелязват със символа $\text{—}|\text{—}$.

При свързване на два или повече кондензатора се получава *кондензаторна батерия*.

Два или повече кондензатора могат да се свържат по два начина:

- *успоредно*
 - *последователно*.
-

УСПОРЕДНО СВЪРЗВАНЕ НА КОНДЕНЗАТОРИ



1. Разликата в потенциалите на всеки кондензатор е една и съща:

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$$

2. Зарядът q (от източника) се разпределя между всички кондензатори:

$$q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n$$

Като се отчетат тези две особености, капацитетът на n на брой успоредно свързани кондензатори може да се изрази така:

$$C = \frac{q}{U} = \frac{q_1}{U} + \frac{q_2}{U} + \frac{q_3}{U} + \dots + \frac{q_n}{U}$$

$$C = \sum_{i=1}^n C_i$$

Еквивалентният капацитет C е по-голям от най-големия капацитет на кондензатор в системата.

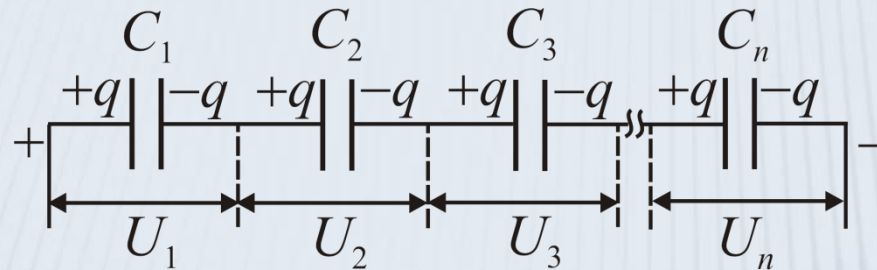
Кондензаторът се характеризира и с *максимално работно напрежение* – максималното напрежение, което може да се приложи на кондензатора, при което все още не е настъпил пробив на диелектрика му.

За увеличаване на капацитета, при постоянно работно напрежение за всеки кондензатор, се използва успоредно свързване на кондензатори, т.е.

$$U_{\text{раб.}} = U_i (i = 1, 2, \dots, n)$$

$$C = \sum_i C_i$$

ПОСЛЕДОВАТЕЛНО СВЪРЗВАНЕ НА КОНДЕНЗАТОРИ



1. Напрежението на източника се разпределя между всички кондензатори:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

2. Зарядът на всеки кондензатор е един и същ:

$$q = q_1 = q_2 = q_3 = \dots = q_n$$

Като се отчетат тези две особености, капацитетът на n на брой последователно свързани кондензатори може да се изрази така:

$$C = \frac{q}{U} \rightarrow U = \frac{q}{C}, \quad U_1 = \frac{q}{C_1}, \quad U_2 = \frac{q}{C_2}, \dots$$

$$U = \frac{q}{C} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3} + \dots + \frac{q}{C_n}$$

$$\frac{1}{C} = \sum_i \frac{1}{C_i}$$

Еквивалентният капацитет C е по-малък от най-малкия капацитет на системата.

За намаляване на работното напрежение на кондензатора се използва последователно свързване на кондензатори.

При това свързване всеки кондензатор ще работи при по-ниско напрежение от напрежението на източника U .