

Електричен заряд

- *Електричният заряд е:*
 - фундаментална физична величина, която характеризира вътрешно присъщо свойство на елементарните частици
 - мярка за способността на телата да участват в електромагнитни взаимодействия
- *Съществува елементарен електричен заряд:*
$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$
 - Единица за електричен заряд – кулон (C)
- *Съществуват два типа електрични заряди - положителни и отрицателни.*
 - Носител на елементарния отрицателен заряд е *електрона*
 - Носител на елементарния положителен заряд е *протона*



Свойства на електричния заряд

- Зарядите са *адитивни* – зарядът на система е сума от зарядите на частите на системата
- Зарядът е *инвариантна величина* – НЕ зависи от движението
- Експериментално е установен *закон за запазване на електричния заряд* (Фарадей, 1838 г.) :
 - *Пълният заряд в електрически изолирана система не се изменя, независимо от това какви процеси се извършват в системата.*
 - основен природен закон, който НЕ следва от други закони

Точков заряд и електростатично взаимодействие

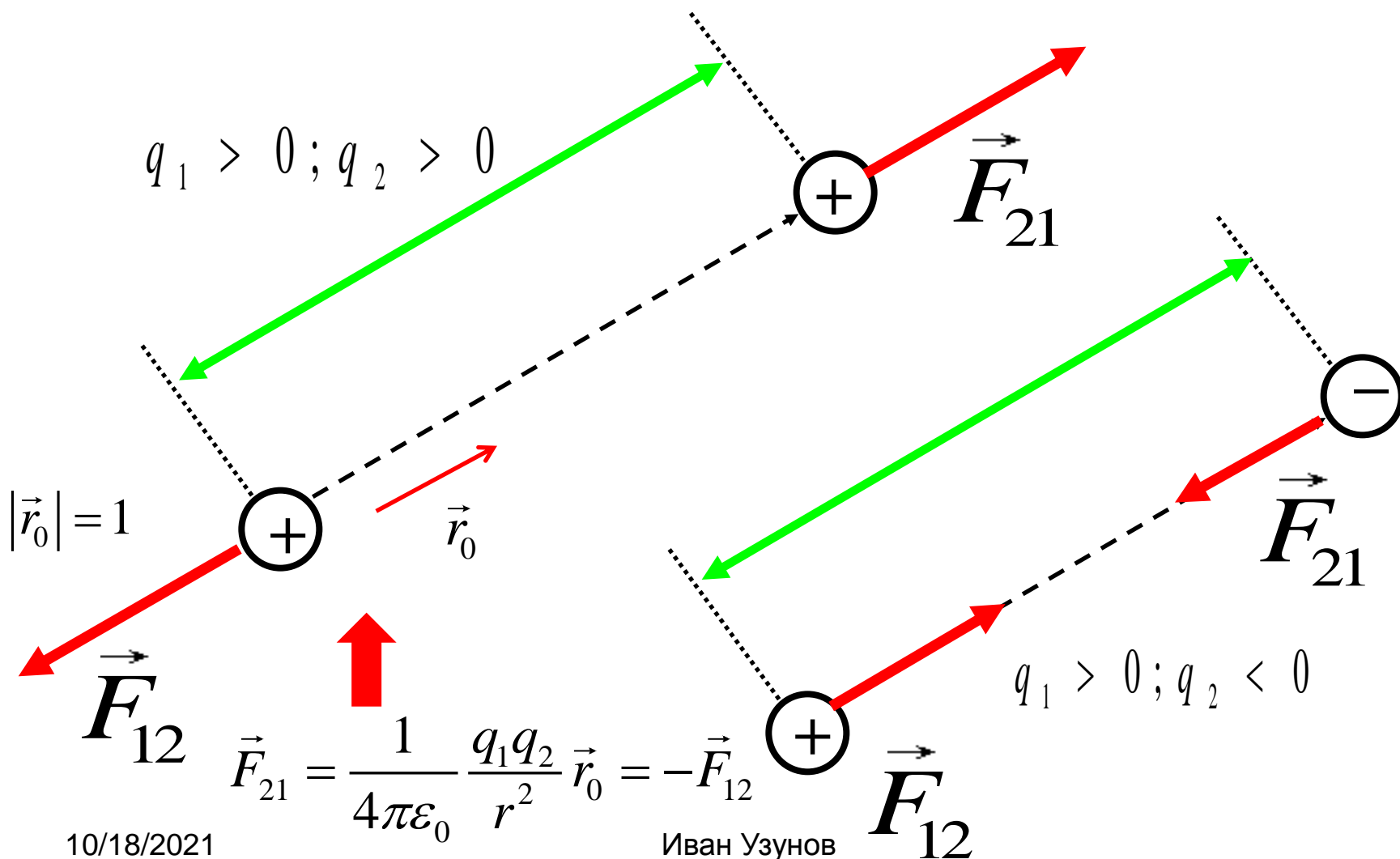
- Видове тела
 - *Ненаелектризиранни тела* – съдържат еднакво количество заряди от двата типа
 - *Наелектризиранни тела* – съдържат различно количество заряди от двата типа.
- Непрекъснато разпределени заряди
 - Повърхнинна плътност на заряда $\sigma \left[\frac{C}{m^2} \right]$
- *Точков заряд* – модел на заредено тяло, чийто размери са пренебрежимо малки в сравнение с разстоянието до други наелектризиранни тела, така че електричната сила не зависи от големината и формата на тялото.
- Взаимодействието между неподвижни точкови заряди се нарича *електростатично взаимодействие*

Електростатично взаимодействие

Едноименни точкови заряди - *електрични сили на отблъскване*

Разноименни точкови заряди - *електрични сили на привличане*

$$q_1 > 0 ; q_2 > 0$$



Закон на Кулон

- Закон на Кулон за електростатично взаимодействие (1785г.) :
Два неподвижни точкови заряда си взаимодействат с електрична сила, чиято големина е правопрпорционална на произведението от големините на зарядите и обратнопропорционална на квадрата на разстоянието между тях

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

където q_1, q_2 са големините на зарядите, r е разстоянието между тях, електричната константа и коефициента на пропорционалност k са равни на:

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} [C^2 / N \cdot m^2 = F/m]$$

$$k = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 [N \cdot m^2 / C^2]$$

Основни опитно установени зависимости

- *Принцип на суперпозицията:*
Силата на взаимодействие между два точкови заряда се определя от закона на Кулон, независимо от това дали те са подложени на въздействието на други заряди.
- *Основните опитно установени зависимости:*
 - *Закон за запазване на електричния заряд*
 - *Закон на Кулон, както и*
 - *Принцип на суперпозицията*

Електрично поле

- Концепция за *електрично поле* – фундаментална идея в класическата електродинамика - Майкъл Фарадей
 - Всеки *електричен заряд* q е източник на *електрично поле*, което изпълва пространството и му придава нови свойства
 - На всеки *електричен заряд* q_0 , поставен в *електрично поле*, действа *електрична сила*
 - *Електричната (кулонова) сила* се задава със закона на Кулон

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0 q}{r^2} \vec{r}_0$$

- *Електричното поле* характеризираме с величината *интензитет на електричното поле*
 - Тази величина е зададена във всяка точка от пространството
 - електричното поле създадено от неподвижни заряди наричаме още *електростатично поле*

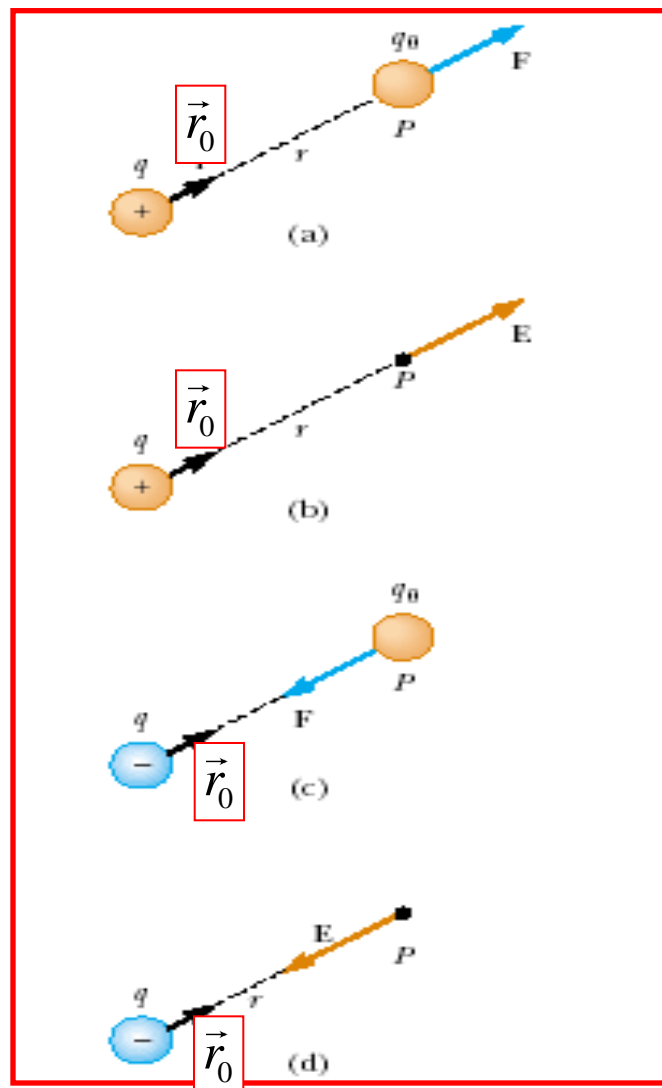
Интензитет на електричното поле на точков заряд

- Разглеждаме положителен неподвижен точков заряд q .
- Разполагаме положителен точков заряд q_0 - пробен заряд в точката P .
- *Интензитетът на електричното поле* E в точката P , създаден от заряда q , се дефинира чрез *електричната сила* F създадена от него и действаща върху точковия заряд q_0

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

- векторна величина
- мерна единица:

$$\vec{E} \left[\frac{N}{C} = \frac{V}{m} \right]$$



Интензитет на електричното поле на точков заряд

- *Интензитетът на електричното поле, създадено от неподвижен точков заряд q , в точката в която се намира пробния заряд q_0 , се дава с:*

$$\vec{E} = \vec{F}/q_0 = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^2} \right) \vec{r}_0 / q_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \vec{r}_0$$

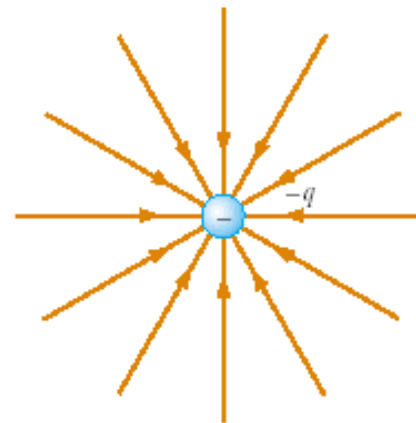
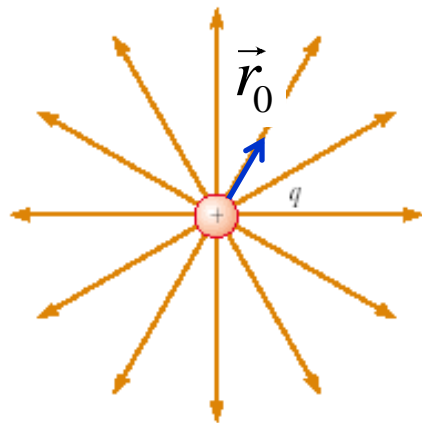
- намалява обратно пропорционално на квадрата на разстоянието r до него!

Електрични силови линии

- За нагледното представяне на посоката и големината на E се използват електрични силови линии
- Електричните силови линии са ориентирани по посока на полето мислени линии, чийто допирателни във всяка точка имат направлението на полето
 - Започват от положителни и завършват върху отрицателни заряди или в безкрайност (няма затворени силови линии)
 - Броят на силовите линии, които започват или завършват върху един заряд, е пропорционален на големината на заряда.
 - Силовите линии не се пресичат

Положителен
точков
заряд

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \vec{r}_0$$

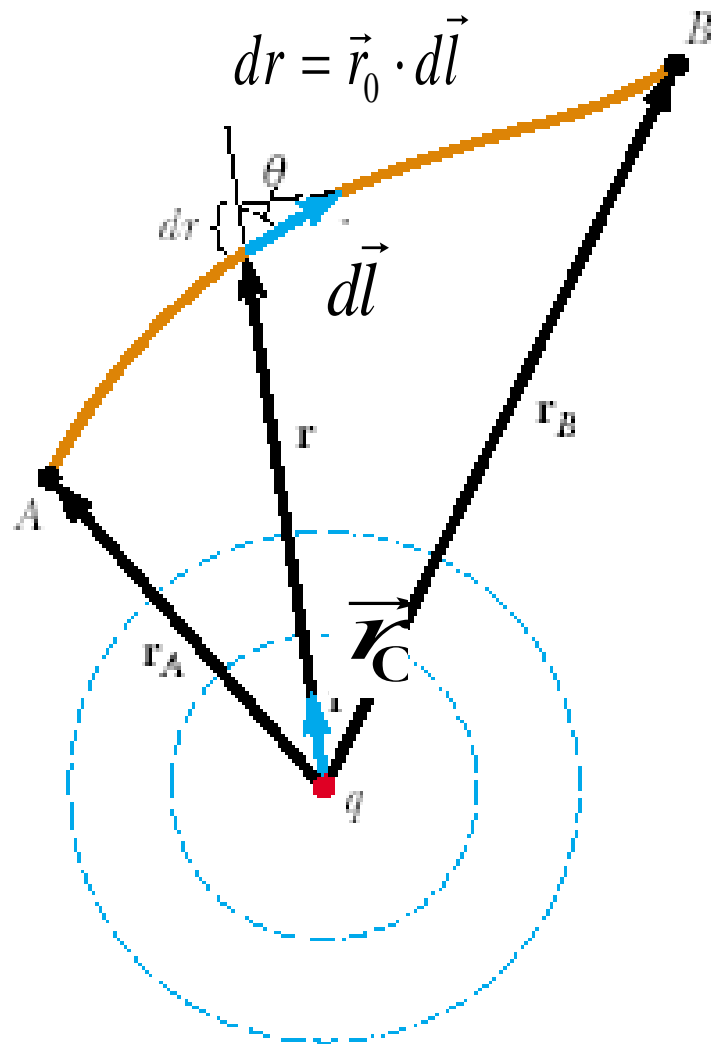


Отрицателен
точков
заряд

Работа необходима за преместване на точков заряд в електричното поле създадено от точков заряд

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \vec{r}_0$$

$$\begin{aligned} A &= \int_{r_A}^{r_B} q_0 \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_{r_A}^{r_B} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0 q}{r^2} \vec{r}_0 \cdot d\vec{l} = \\ &= \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0} \int_{r_A}^{r_B} \frac{dr}{r^2} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) \end{aligned}$$



Потенциал на електрично поле

- *Потенциал* на електричното поле, създадено от точков заряд q е:

$$\frac{A}{q_0} = \int_{r_A}^{r_B} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) = \varphi(\vec{r}_a) - \varphi(\vec{r}_b) \Rightarrow \varphi(\vec{r}) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

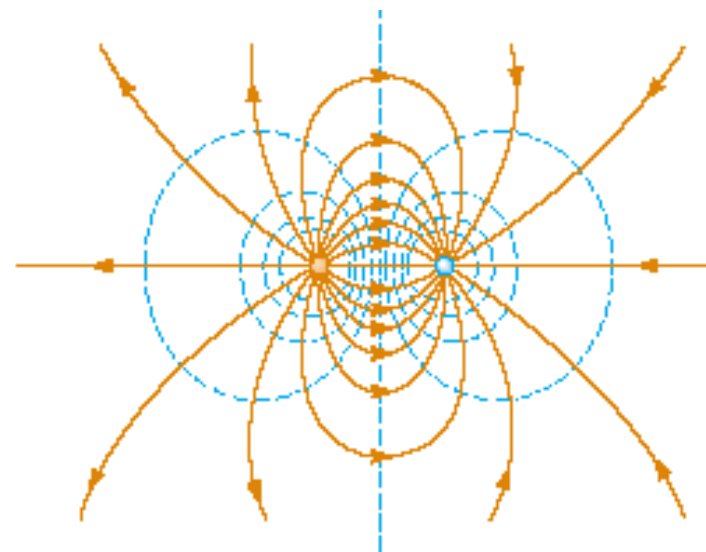
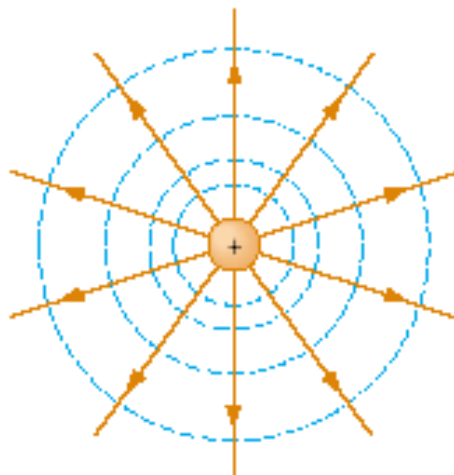
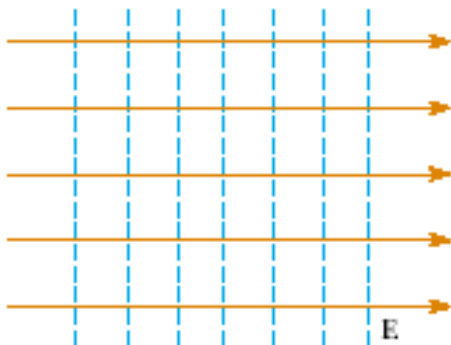
- Изключително важно:
 - *Потенциалът* характеризира електричното поле, точно както интензитета, но в отличие от него е *скаларна величина*!
 - Изборът на точката в която потенциалът е нула е условен и зависи от конкретната задача
 - *Потенциалът* удовлетворява принципа на суперпозицията
 - Единицата за *потенциал* в СИ е *волт*

- *Потенциална енергия*
- $$E_x = -\frac{d\varphi}{dx}$$

$$A = q_0 \left(\varphi(r_A) - \varphi(r_B) \right) = W(r_A) - W(r_B) = -\Delta W$$

Еквипотенциални повърхности

- *Еквипотенциални повърхности* – геометрично място на точки, които имат еднакъв *потенциал*
 - интензитетът на електричното поле (и силовите му линии) е перпендикулярен на *еквипотенциалните повърхности* !
 - при движение на пробен заряд по тях електричните сили не вършат работа
 - потенциалът намалява по посока на интензитета на електричното поле



Връзка между потенциал и интензитет на еднородно електрично поле

- *Напрежение* U между две точки в електростатичното поле е равно на разликата между *потенциалите* в двете точки

$$U = \varphi(\vec{r}_a) - \varphi(\vec{r}_b)$$

- Нека две точки се намират върху силова линия на еднородно поле на разстояние d помежду им

$$U = \int_{r_A}^{r_B} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_{x_A}^{x_B} E dx = E(x_B - x_A) = Ed \Rightarrow E = U/d$$

- Колкото по-голямо е *напрежението* между две точки, толкова по-голям е интензитета на електричното поле между тях
- Интензитетът на еднородното електрично поле е 1 V/m, ако *напрежението* между две точки от една силова линия, намиращи се на разстояние 1m е 1V.

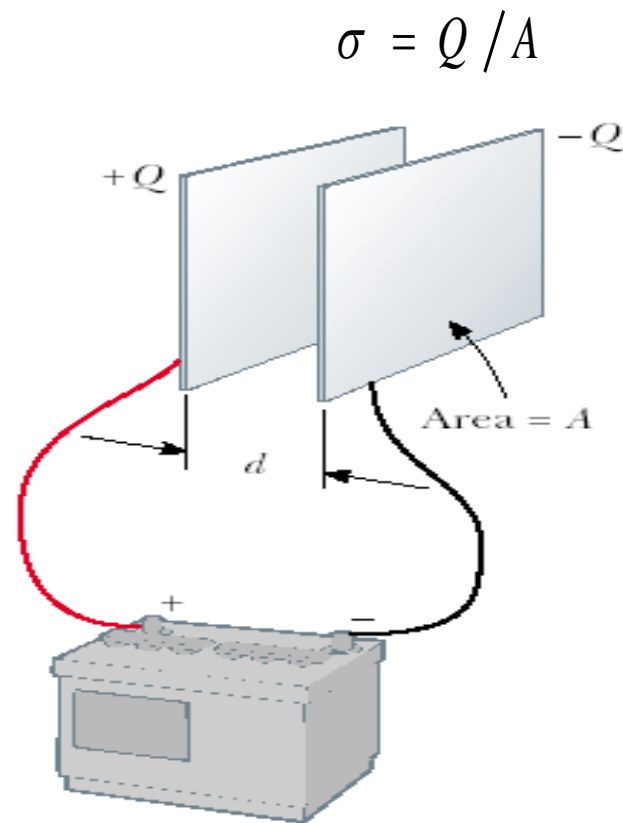
Кондензатор

- *Кондензаторите* са устройства, в които се натрупват разделени положителни и отрицателни заряди и се съхранява електрична енергия.
- Система от два проводника (електроди), заредени с еднакъв по големина и противоположен по знак електричен заряд, се нарича *кондензатор*.
 - Електродите са разположени така, че електричното поле, създадено от техните заряди, да е съсредоточено в пространството между тях
 - *Заряд на кондензатора* Q се нарича големината на заряда на положителния електрод
 - *Кондензатора* се зарежда, ако електродите му се свържат към източник на напрежение
 - Когато напрежението между електродите на кондензатора стане равно на напрежението на източника, се установява *електростатично равновесие*
 - *Потенциалната разлика между двата електрода* се нарича *напрежение* U между електродите

Плосък кондензатор

- Зареден от батерията плосък кондензатор
- Две успоредни плоски заредени метални пластини – електроди, всяка с площ A , разстояние между тях d , заряд $+Q$ и $-Q$ и повърхнинна плътност на заряда
- Между електродите съществува напрежение, равно на електродвижещото напрежение на батерията

$$U = Ed = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} d = \frac{Q}{A} \frac{d}{\varepsilon_0}$$



Кондензаторите са важен елемент в електричните вериги поради възможността им да съхраняват енергия.

Капацитет на плосък кондензатор

- Зарядът на плоския кондензатор е право пропорционален на напрежението между електродите му!

$$Q = \varepsilon_0 U A/d = C_0 U \Rightarrow C_0 [F] = Q/U [C/V]$$

- Основна характеристика на кондензатора е неговия *капацитет* C :
отношението на *заряда* Q на кондензатора и *напрежението* U между двата му електрода.
 - Измерва се във *фаради*: капацитетът на кондензатор е 1 F, ако при заряд 1 C напрежението между електродите му е 1 V.
 $10^{-12} F \div 10^{-6} F$
- Капацитетът на плосък кондензатор* е право пропорционален на електричната константа, площта на електродите и обратно пропорционален на разстоянието между тях !

$$C_0 = \varepsilon_0 A/d$$

- Капацитетът* е геометрично свойство на кондензатора, като зависи от размерите, формата и разположението на електродите