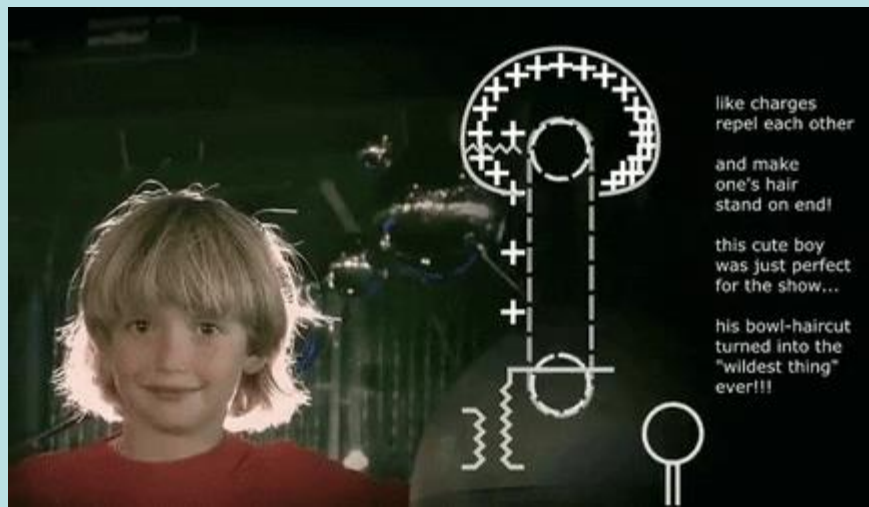
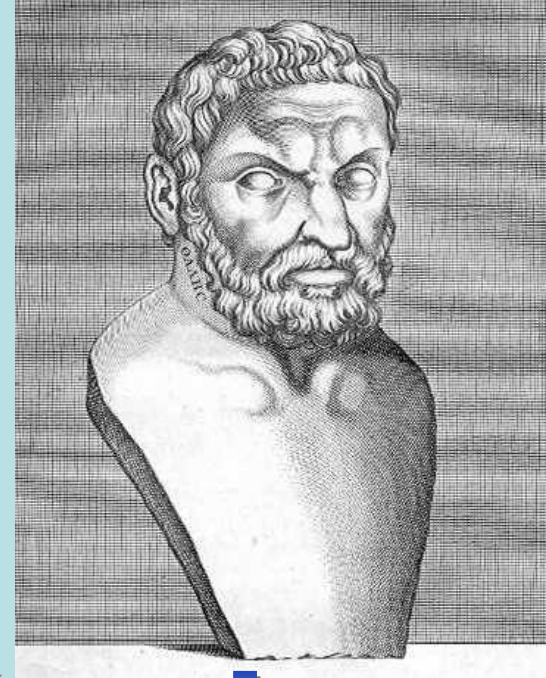


# Elektrosztatika



# Tartalom

1. Alapjelenségek
2. Elektromos állapot
3. Atomok felépítése
4. Vezetők
5. Szigetelők
6. Elektromos megosztás
7. Töltések a vezetőkön
8. Faraday-kalitka
9. Coulomb törvénye
10. Elemi töltés
11. Elektromos térerősség
12. Homogén elektromos mező
13. Elektromos fluxus
14. Feladatok



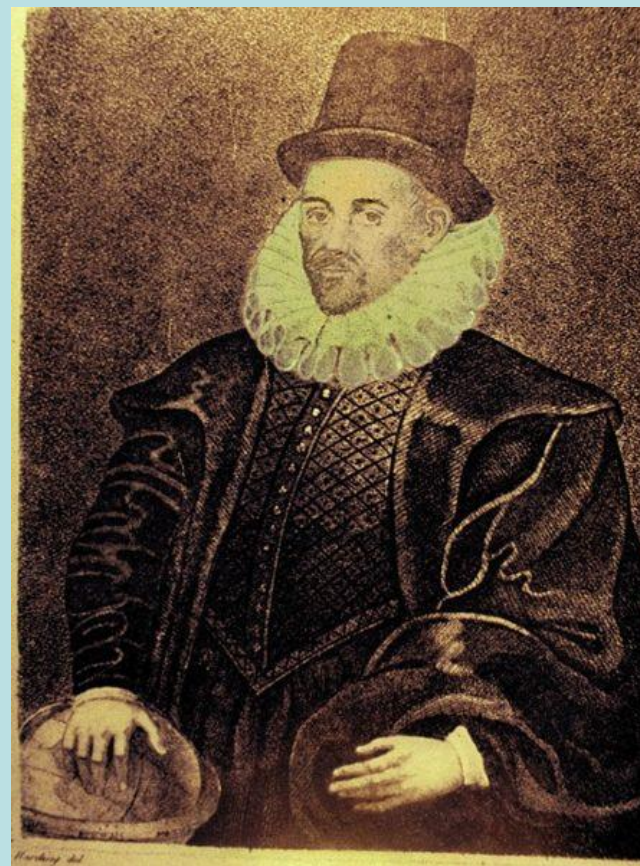
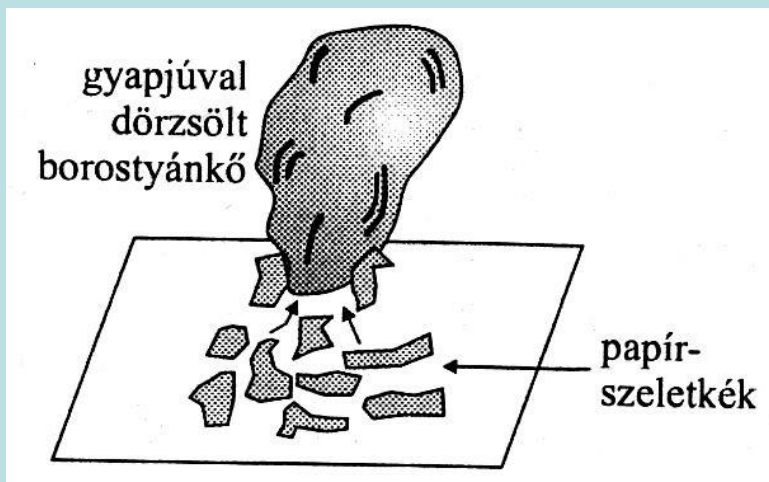
# Ősi megfigyelések

A gyapjúval megdörzsölt borostyánkő (fák megkövült gyantája) különleges hatásáról először a Milétoszi Thálesz tesz említést. (~ i.e. 600)

# Elektromos hatás

A borostyánkő görög neve alapján (borostyánkő görögül: ηλεκτρον [elektron]) a jelenséget Gilbert elektromos hatásnak nevezte el.

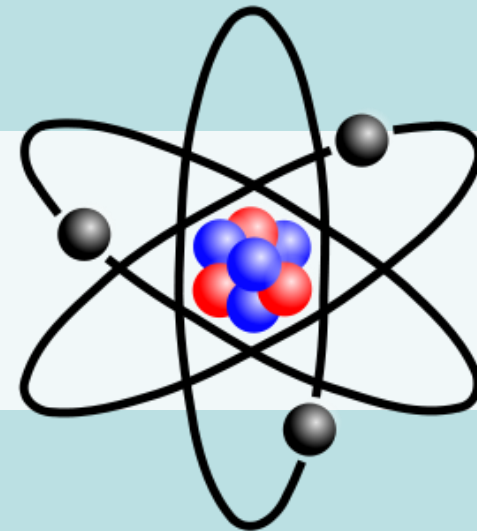
Borostyánkő hatás: *electricus*



William Gilbert  
(1544-1603)

# Atomok felépítése

- Anyag alaptulajdonsága
- Anyag: atomokból áll



atom ( $\sim 10^{-10}$  m)

atommag ( $\sim 10^{-15}$  m)

elektronfelhő

protonok (+)

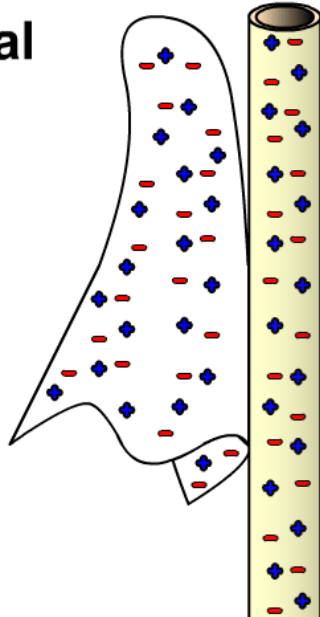
neutronok

elektronok (-)

Az atomok pozitív protonokból és semleges neutronokból álló atommagot és negatív elektronokból álló „elektronfelhőt tartalmaznak”

# Dörzselektromosság

Neutral Rag



Neutral PVC Pipe



Dörzsölés hatására töltések kerülnek át egyik testről a másikra.

Öltözködés közben a hajunk és a pulóver ellentétes elektromos állapotú lesz.

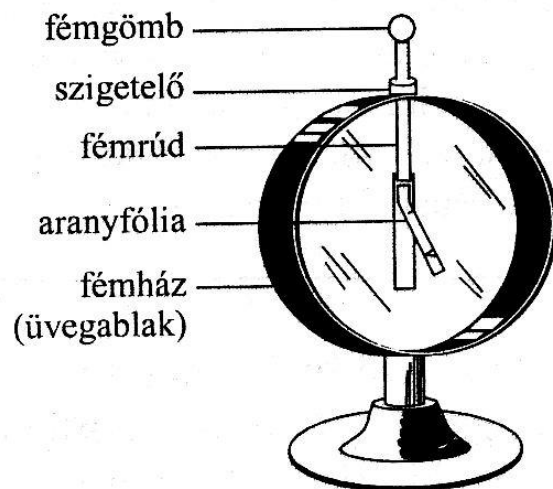
# Megdörzsölt léggömb hatásai



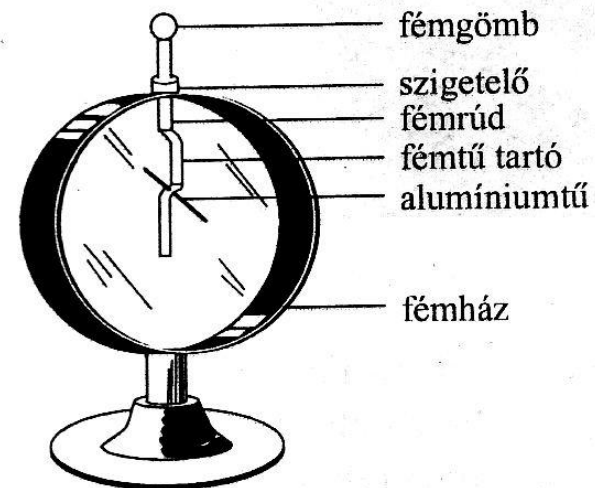
A szőrmével dörzsölt léggömb maga felé vonzza a hengeres dobozt és eltéríti a vízszugarat.

# Elektroszkóp

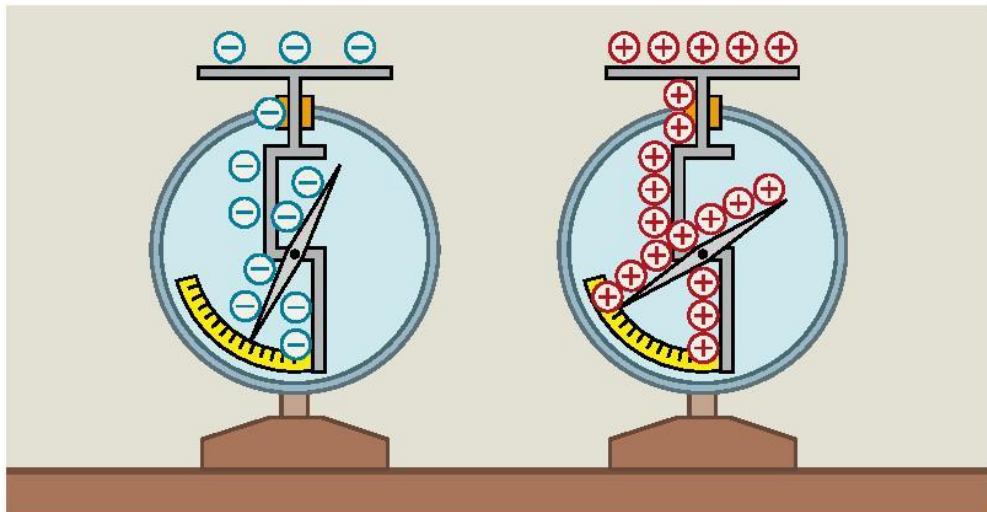
Elektromos töltés jelenlétének kimutatása



a.



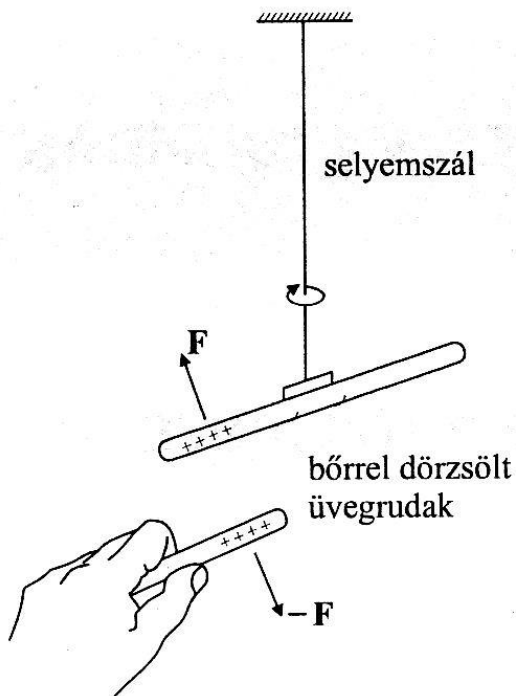
b.



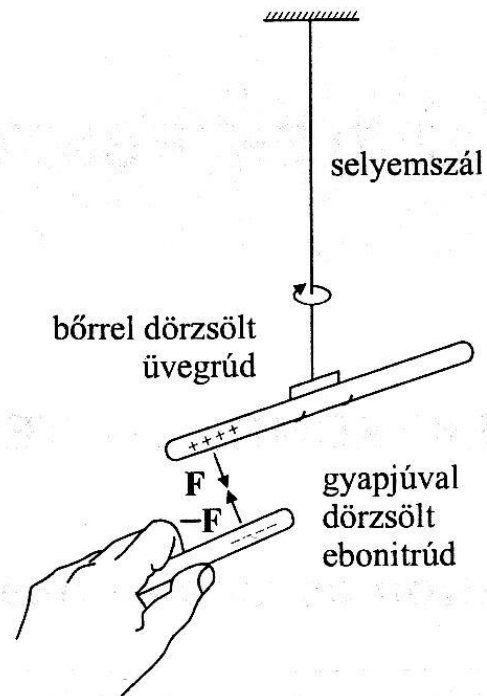


# Elektromos állapot

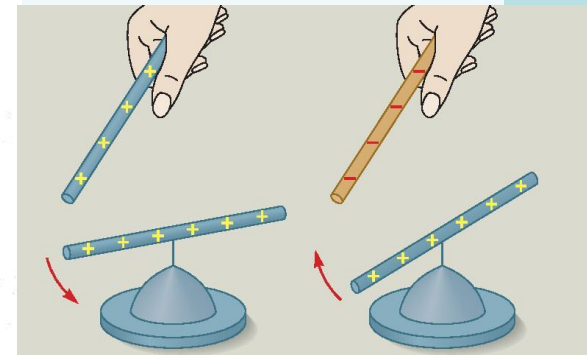
- Dörzsölés → elektromos állapot
- Feltételezés: elektromos töltések jelenléte



a.



b.



# + és - töltések

bőrrel dörzsölt üveg: + (**pozitív** töltések)

gyapjúval dörzsölt borostyánkő: - (**negatív** töltések)

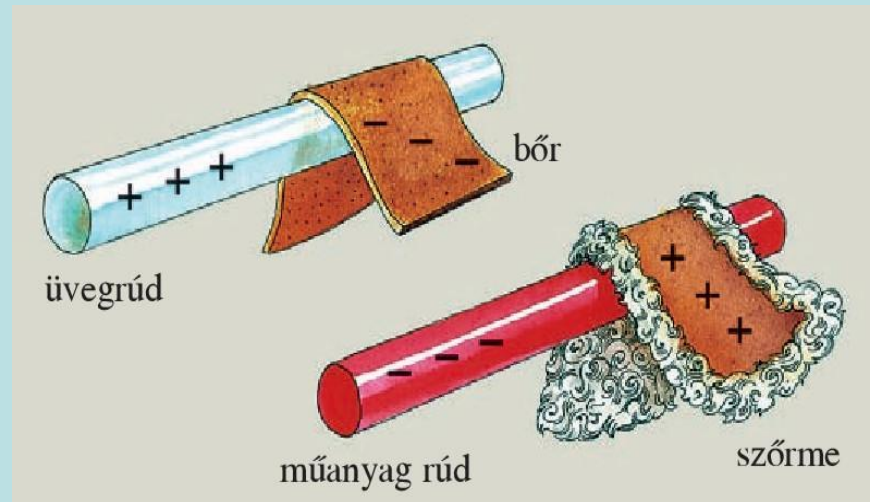
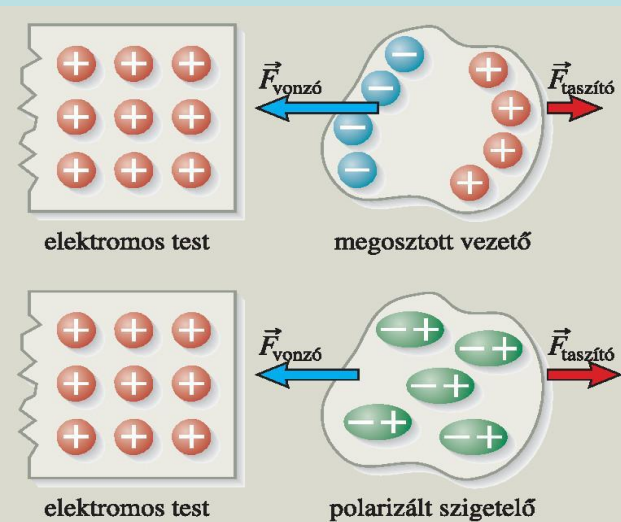
Elektromos töltés jele:  $Q$  vagy  $q$

Egynemű töltések: **taszítás**

Különnemű töltések: **vonzás**

Töltés közelében lévő testben: **megosztás (vezetők), polarizáció (szigetelők)**

Dörzsölés: különmemű töltések **szétválasztása és egyesek eltávolítása**  
(A dörzsölés során létrejövő érintkezés a töltések átmehetnek egyik testről a másikra)



# Gondolkodtató kérdések

**Kérdés:** Miért nem célszerű a tv-képernyőt száraz ruhával portalanítani?

**Válasz:** Amikor száraz ruhával töröljük feltöltődik. Magához vonzza a levegőben lévő porszemcséket. Ezért törölgetés után jobban porosodik.

**Kérdés:** Miért nem simul le a frissen mosott száraz haj, ha műanyag fésűvel fésüljük?

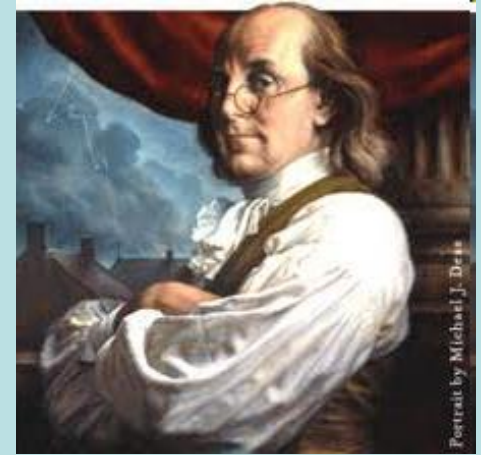
**Válasz:** Fésülés során, mivel dörzsölődnek, mind a fésű, mind a hajszálak elektromos állapotba kerülnek. A hajszálak elektromos állapota megegyező, ezért közöttük taszító hatás lép fel, a hajszálak szétágaznak.

# Benjamin Franklin

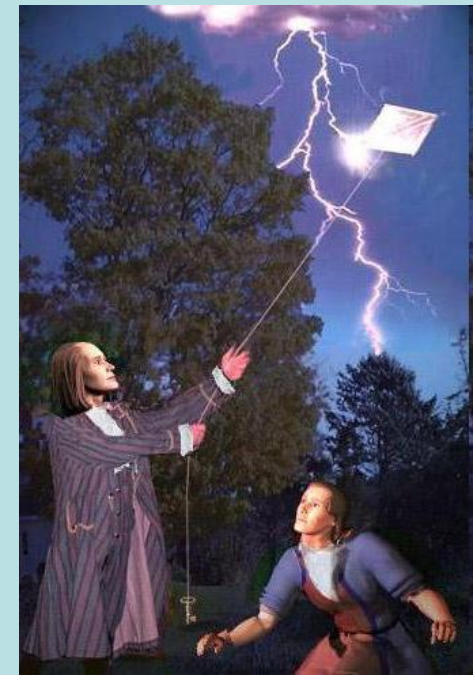
- A töltések pozitív és negatív elnevezése Benjamin Franklintól származik, *aki tévesen feltételezte, hogy csak egyfajta mozgásra képes töltésfajta létezik*, és ennek többletét nevezte pozitívnak, a hiányát negatívnak.

- Az elnevezést a mai napig megtartottuk, annak ellenére, hogy **választása szerencsétlenül sikerült**, hiszen a fémekben a mozgásra képes elektronokról kiderült, hogy a töltésük negatív.

- Franklin elektromos kísérletei vezettek a **villámhárító** feltalálásához. Észrevette, hogy a hegyes végű vezetők képesek csendesen levezetni a kisülést, még hozzá jóval távolabbi helyen is.



1706 - 1790

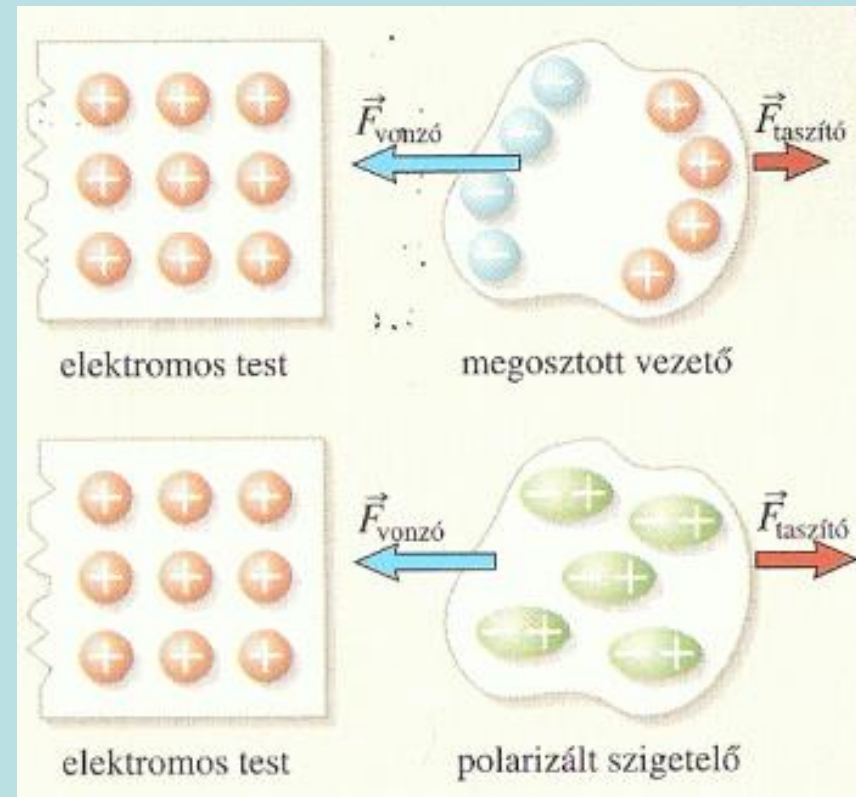


# Elektromos megosztás, polarizáció

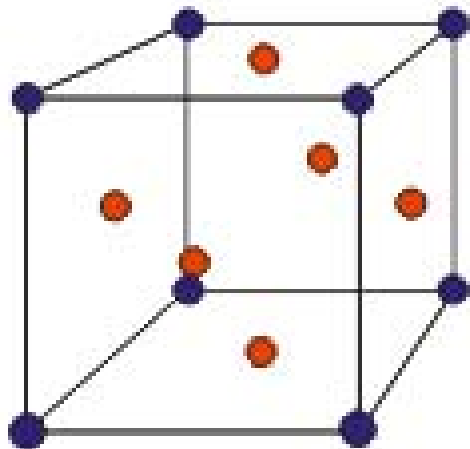
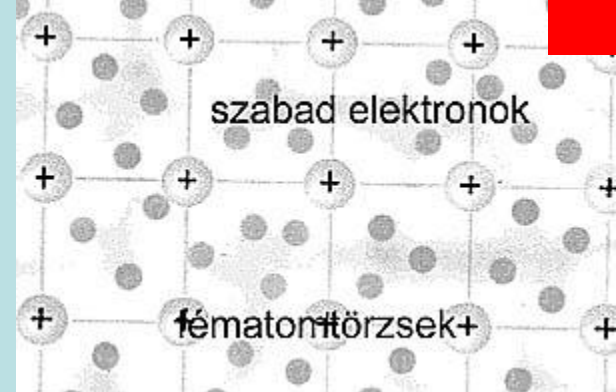
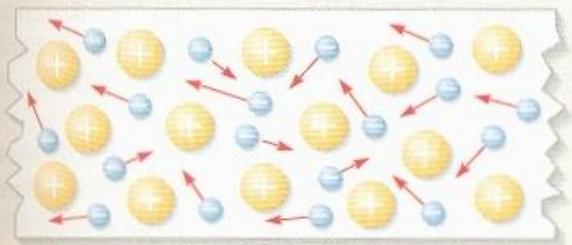
Egy elektromos állapotú test a semleges testet is vonzza. A vezetőkön elektromos megosztást, a szigetelőkön elektromos polarizációt idéz elő.

Elektromos megosztás, amikor az elektromos mező megszünteti az eredetileg semleges fémtestben az elektronok egyenletes eloszlását.

Szigetelő anyagoknál dipólusokat hoz létre azáltal, hogy a molekulákon belül a szimmetrikus elhelyezkedésű töltések súlypontját eltolja. A szigetelő elektromosan polarizálódik.

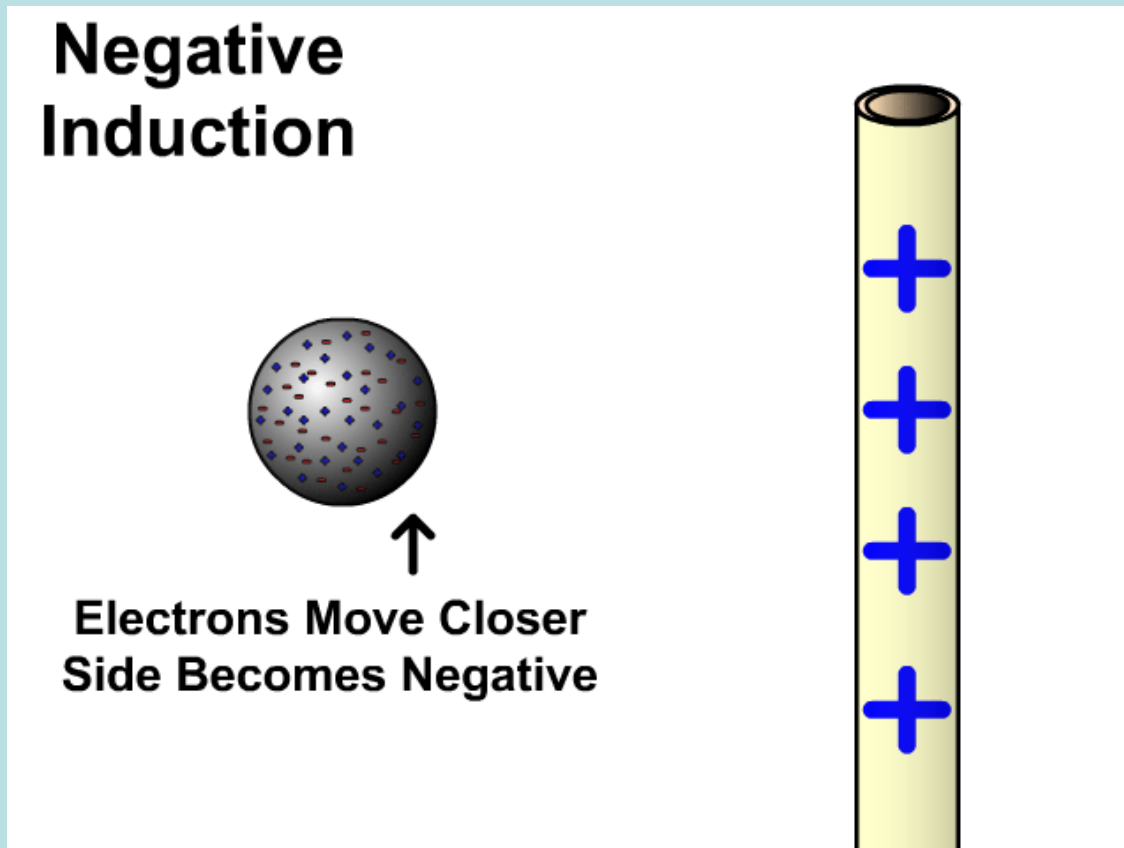


# Vezetők



- A **fémekben** elmozdulásra képes szabad elektronok és helyhez kötött pozitív ionok vannak.
- Az elektromos állapot gyorsan terjed (a töltéshordozók egy része könnyen mozog).
- Jó vezetők: fémek, szén, emberi test, föld, sók vizes oldatai ...

# Elektromos megosztás (influenca) fémekben

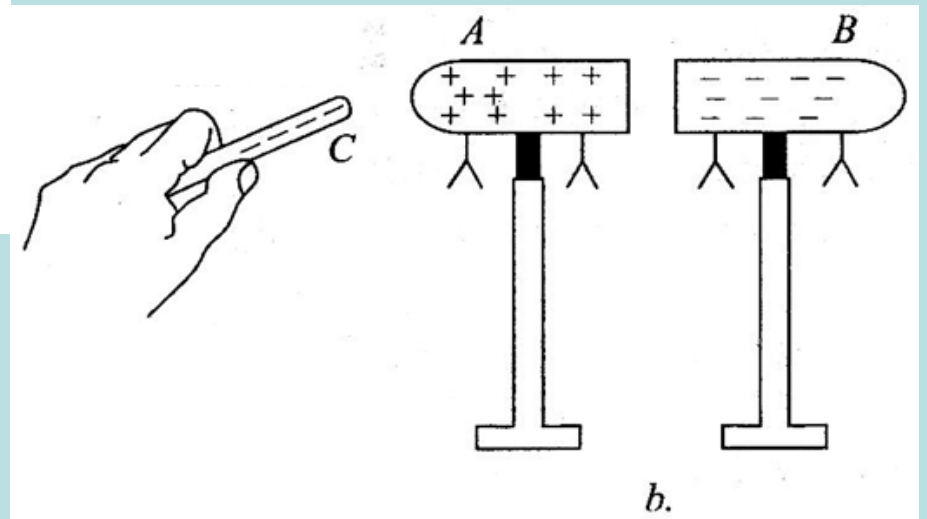
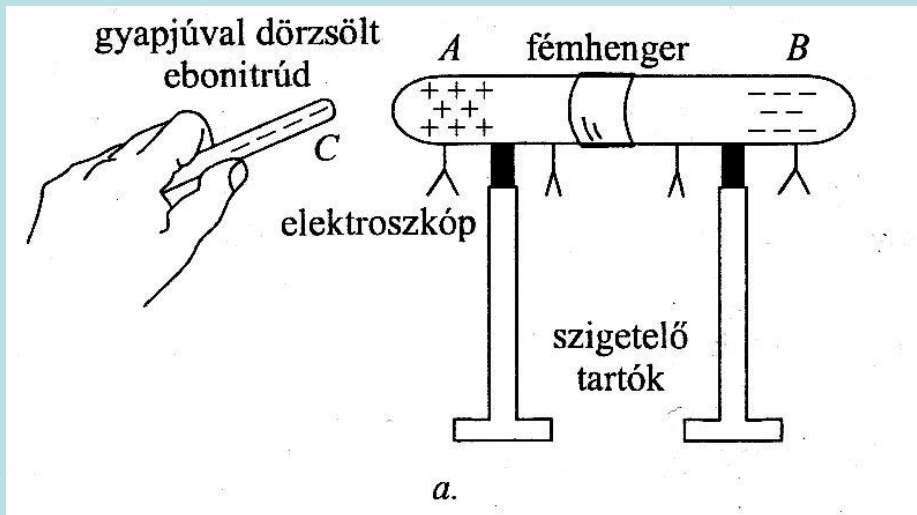


Amikor a fémgömbök felé töltött testekkel közelítünk az elektronok a vezetőben elmozdulnak, a pozitív töltések nem mozdulnak.

# Elektromos megosztás (influenencia) fémekben

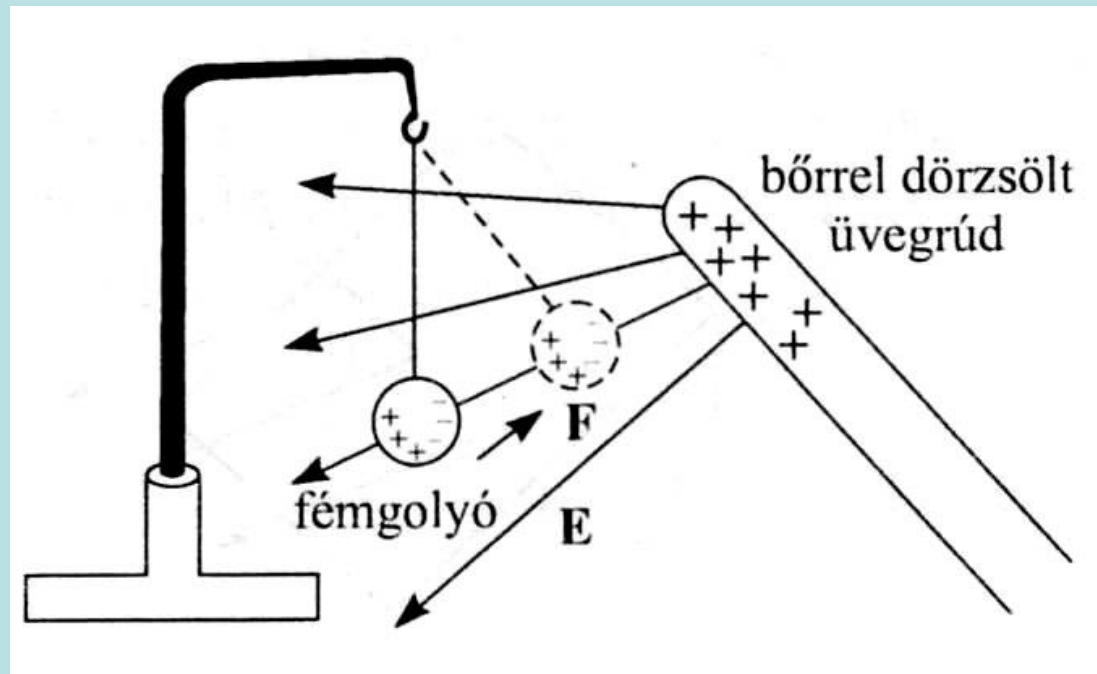
Elektromos megosztás (influenencia)

→ indukált töltés





# Megosztás jelensége



*A megosztás jelenségével magyarázható, hogy a semleges fémgolyót vonzza a töltött üvegrúd.*

# Töltések a vezetőkön

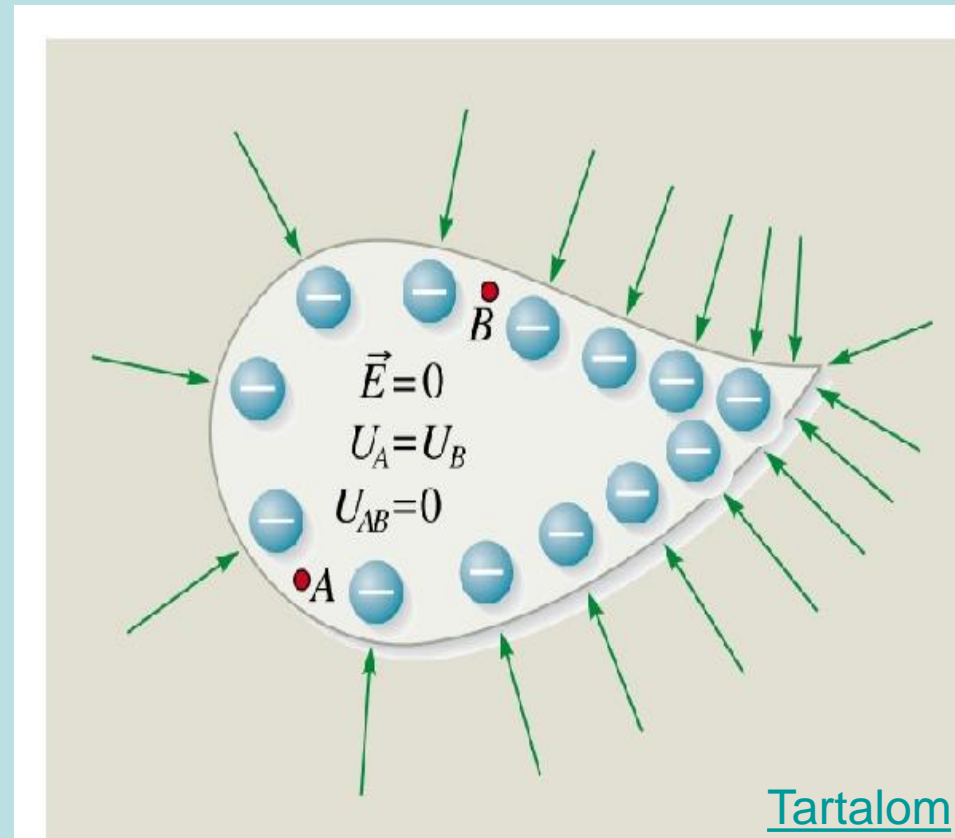
**A vezetőre vitt többlettöltések a taszítás miatt mindig a vezető külső felületén helyezkednek el.**

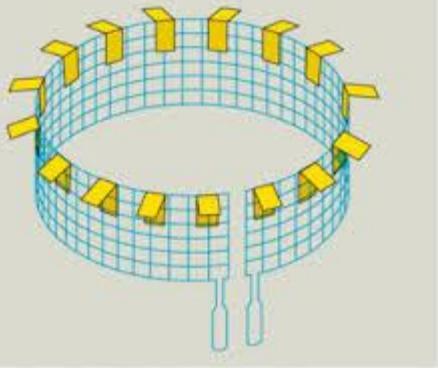
A legnagyobb töltéssűrűség a csúcsokon alakul ki. Sztatikus elektromos állapotban a vezető belsejében a térerősség zérus.

**A vezetőfelülettel körülvelt térrész elektromosan árnyékolt.**

Sztatikus állapotban az erővonalak csak a vezető felületére merőlegesek lehetnek.

Nyugalmi elektromos állapotban a vezető pontjai között nincsen feszültség.





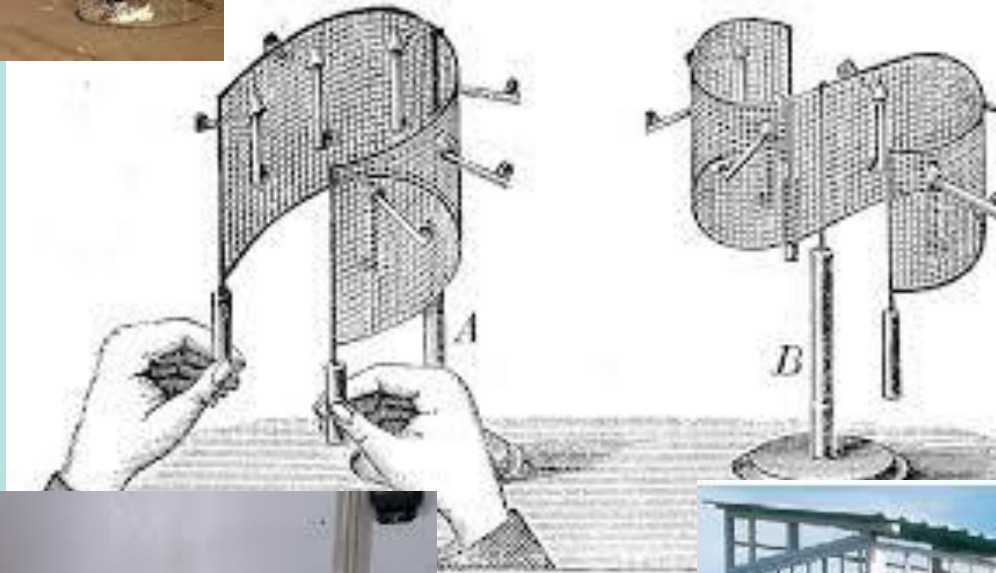
# Faraday-kalitka



1791-1867

- A **Faraday-kalitka** az elektromágneses hatás kiküszöbölésére szolgáló, **fémhálóval körülvett térrész, amelybe** a fémháló védőhatása folytán a külső elektromos erőtér nem hatol be („árnyékolás”).
- Ezzel magyarázható például az is, hogy a vasbeton szerkezetből készült épületekben legtöbbször nincs elég térerő a mobiltelefonok működéséhez.

# Faraday-kalitka



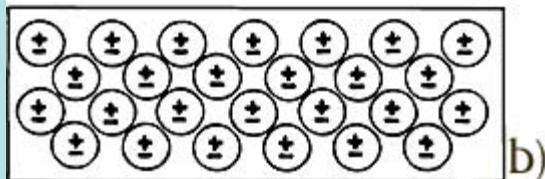
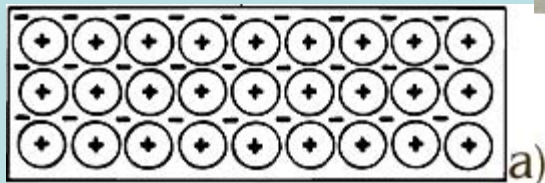
Tartalom

# Szigetelők

A szigetelők olyan anyagok, amelyekben **nincsenek szabad töltéshordozók** és így bennük nincs szabad töltésáramlás.

Ha egy szigetelőt dörzsöléssel feltöltünk, **csak a dörzsölt terület válik elektromosan töltötté**. A töltés nem terjed át az anyag más részeire.

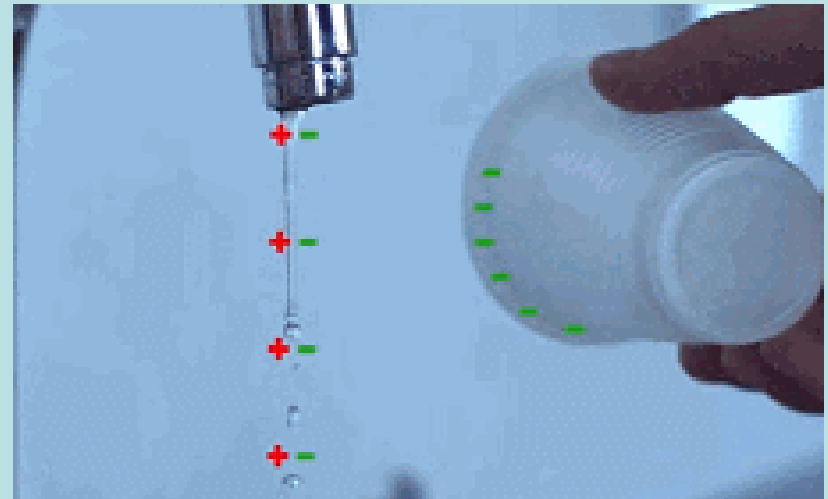
Jó szigetelők: borostyánkő, kvarc, üveg, sok olaj, levegő(?) ...



# Polarizált szigetelők



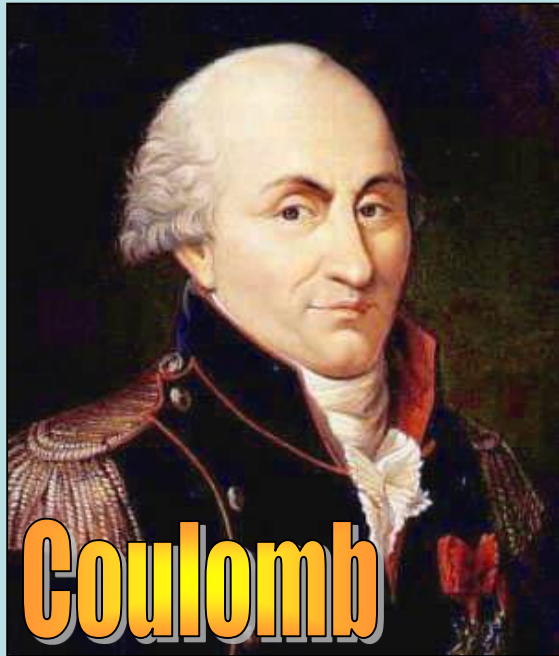
A bőrrel dörzsölt üvegrúd és a műszállal dörzsölt ebonitrúd a tollpihét vonzza. A tollpihe részecskéi polarizálódnak.



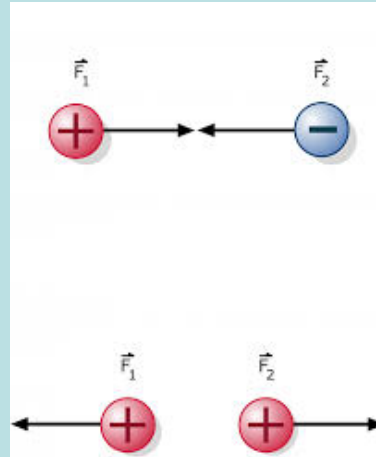
A korábban megdörzsölt műanyagpohár a keskeny sugárban folyó vizet eltéríti. A vízmolekulák polarizálódnak. (A tiszta víz nem vezető.)

# Coulomb törvénye

A Coulomb-törvény két pontszerű test közötti elektrosztatikus erőt írja le.

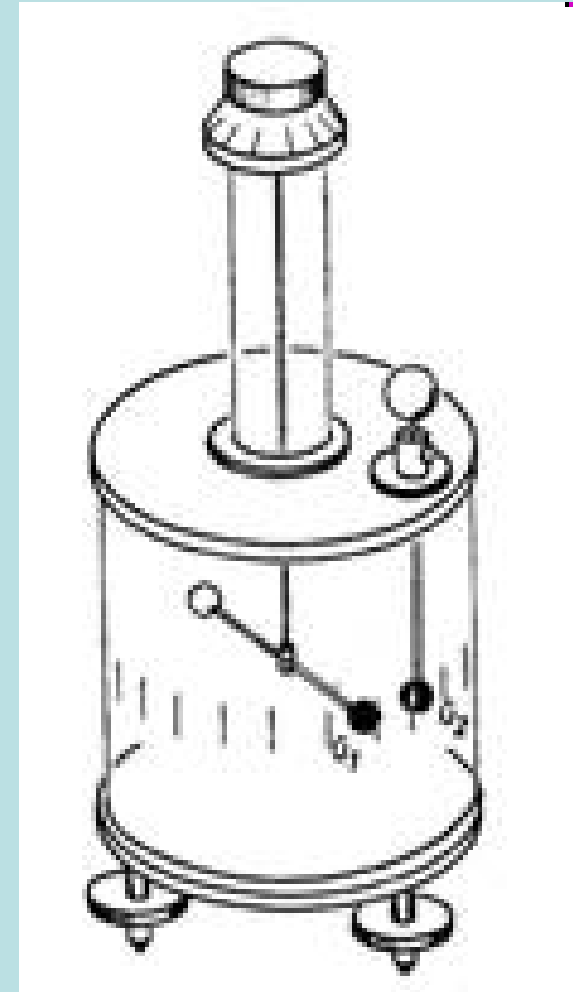


$k = ?$



$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

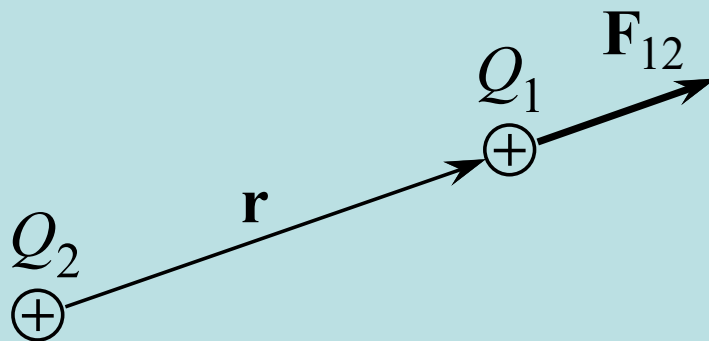
Két elektromosan töltött test között fellépő erő egyenesen arányos a két töltésmennyiség szorzatával, és fordítottan arányos a köztük lévő távolság négyzetével.



# Elektromos töltés mértékegysége

A  **$k$  arányossági tényező** megállapításához definiálni kellett az egységnyi töltésmennyiséget. A töltés SI-mértékegysége a *coulomb* nevet kapta. Jele: C.

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$



Az **1 C pontszerű töltés** a vele egyenlő nagyságú pontszerű töltésre 1 m távolságból légtüres térben  $9 \cdot 10^9$  newton erőt fejt ki.

**1 C igen nagy töltés.**

Azaz két pontszerű 1 C töltés egymástól 1 méter távolságra akkora erővel hat egymásra amekkora erővel meg tudnánk emelni egy 900 000 000 kg tömegű testet.



# Gondolkodtató kérdések

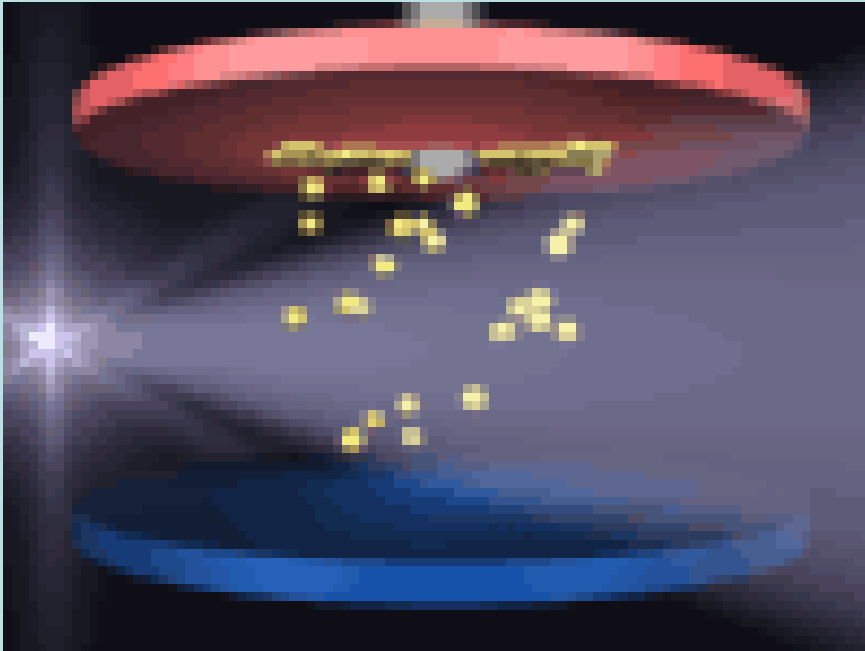
**Kérdés:** Miért nyújt villámvédelmet a fém karosszériájú autó?

**Válasz:** A fémtestben kialakított üreg belsejébe a külső elektromos mező nem hatol be. Ezt a hatást nevezzük árnyékolásnak. Az árnyékoló hatás védi a fémből készült repülőgépek és gépkocsik utasait viharban a villámoktól.

**Kérdés:** Miért helyezik az érzékeny elektromos műszereket fémházba?

**Válasz:** A fémház kizárja a külső elektromos tér hatását, amely hatás különben zavarná a műszer működését, és téves értékeket mutatna.

# Millikan kísérlet (1911)



Elektromosan töltött olajcseppeket juttattak kondenzátor lemezek közé.

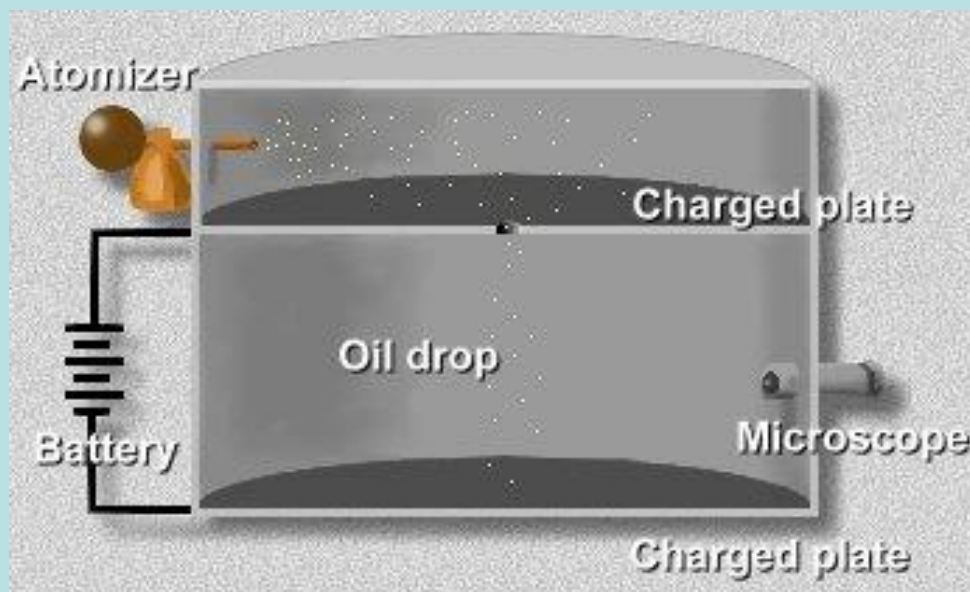
Így vizsgálták a cseppek töltését.

**Millikan méréseinek eredménye:  
Minden csepp töltése egy úgynevezett „elemi töltésnek” az egész számú többszöröse volt!**



**Robert Andrews  
Millikan** 1868-1953  
Nobel-díj 1923-ban

# Elemi töltés



$$q \cdot E = m \cdot g$$
$$q = \frac{m \cdot g}{E}$$



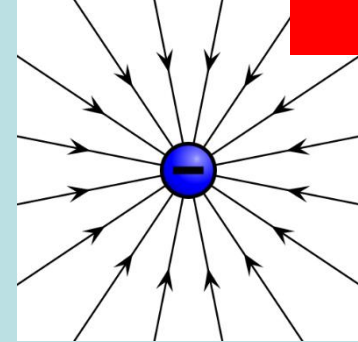
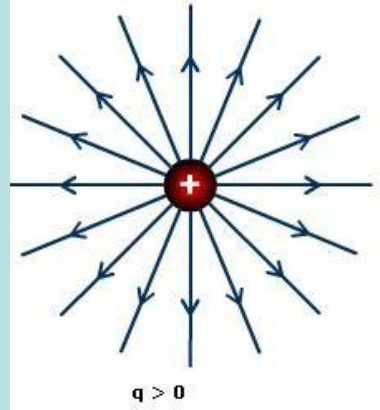
Az elektron töltése az elektromos töltés legkisebb adagja, az úgynevezett **elemi töltés:  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$** .

# Töltésmegmaradás törvénye

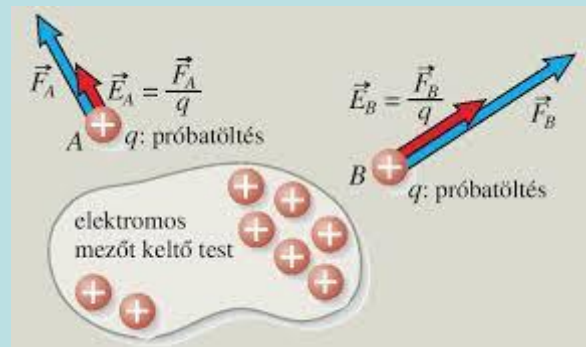
Ha az összedörzsölt semleges testek egyikén  $Q$  többlettöltés jelenik meg, akkor a másik testen  $-Q$  töltés található.

A folyamatokban részt vevő töltéshordozó részecskék ugyanúgy viszik magukkal töltésüket, mint tömegüket csak a töltések előjelesen összegződnek.

A töltésmegmaradás törvénye: **Zárt rendszerben az elektromos töltések előjeles összege mindig állandó.**



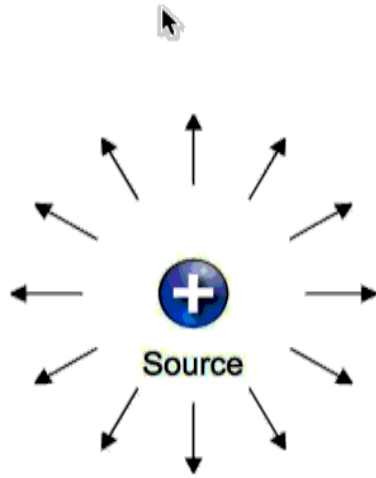
# Elektromos térerősség



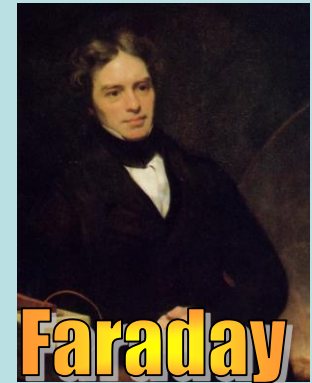
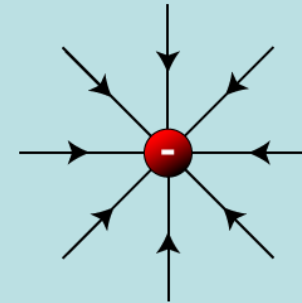
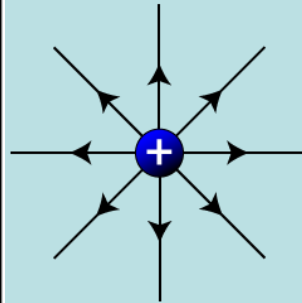
## Elektromos mező erősségének meghatározása

# Az elektromos töltések módosítják a teret.

## Elektromos mező



In the **electric field model**, a source charge creates an electric field everywhere in space.



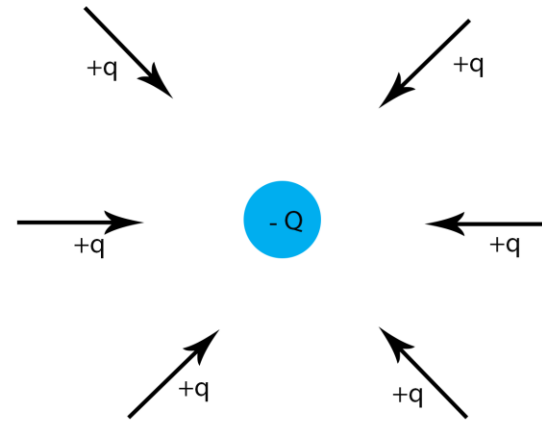
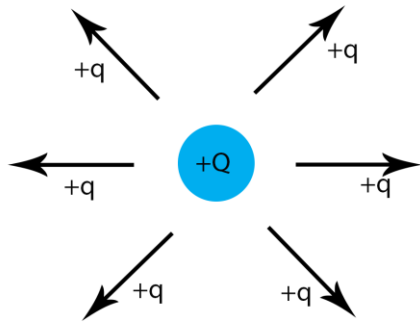
A töltések maguk körül **elektromos mezőt** hoznak létre.

Az elektromos kölcsönhatáshoz nem kell a testeknek közvetlenül érintkezniük.

Akkor is létrejön, ha légüres térben végezzük el a kísérletet.

**A mezőt** először Faraday vizsgálta, tudjuk, hogy ez a mező nem atomi felépítésű, **egy bele helyezett próbatöltés segítségével lehet vizsgálni** a próbatöltésre ható erőt. Ott erősebb a mező, ahol a próbatöltésre nagyobb erő hat.

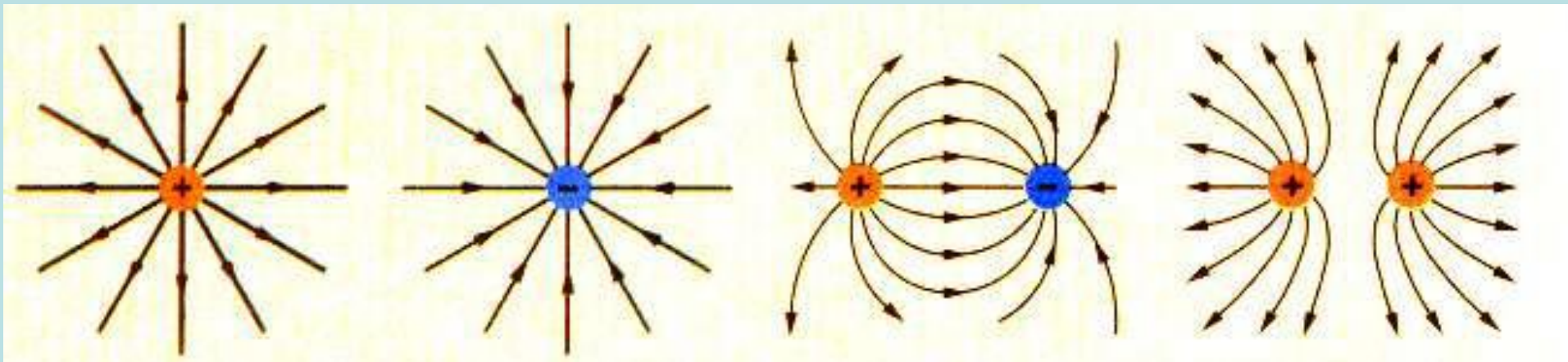
# Elektromos erővonalak iránya



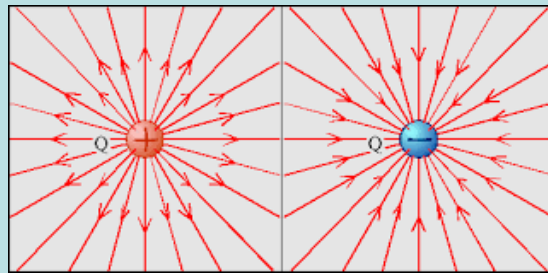
Az elektromos erővonalak mindig a pozitív töltéshordozóra ható erő irányába mutatnak.

# Elektromos erővonalak tulajdonságai

- A pozitív töltés esetén a töltésből indulnak az erővonalak, negatív töltés esetén a töltés felé mutatnak az erővonalak
- Kettő vagy több töltés által létrehozott térben „elhajlanak” az erővonalak



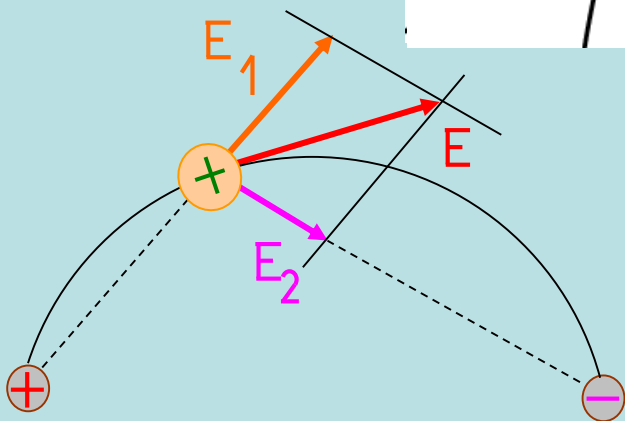
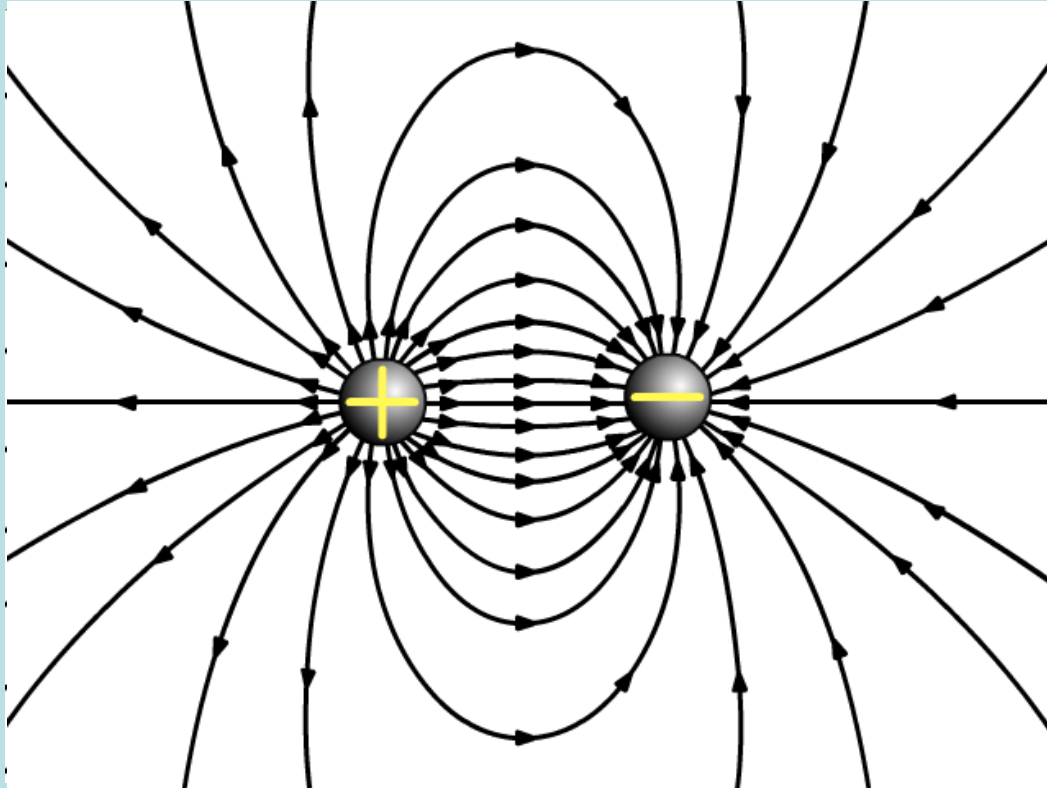
*Ponttöltés elektromos tere.  
A nagyobb töltést sűrűbb erővonalakkal szemléltetjük.*



*Egyforma nagyságú, ellentétes előjelű és azonos előjelű töltések elektromos tere.*



# Próbatöltés mozgása görbült erővonalak mentén

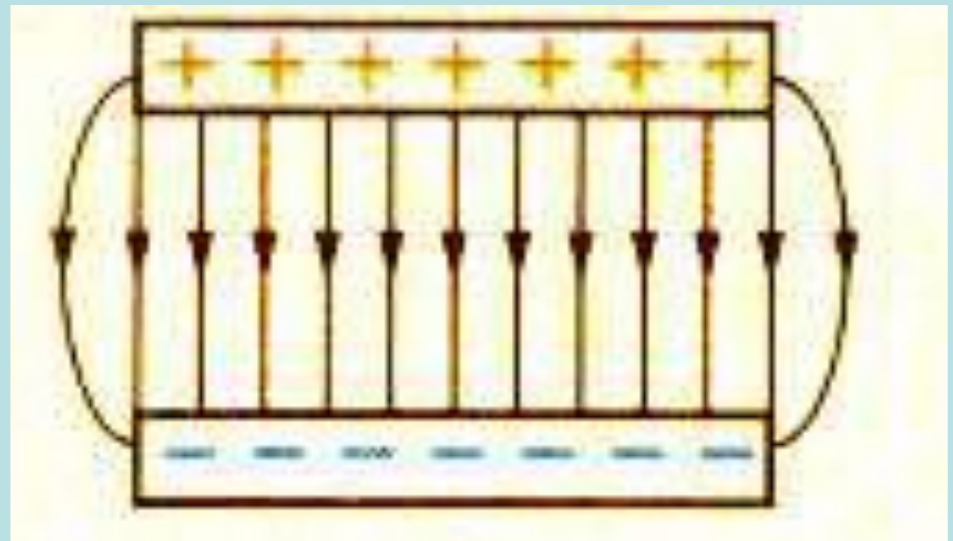


Görbült erővonalak esetében az erővonalakhoz húzott érintő adja meg a térerősség irányát (pozitív töltésre ható erő irányát).

# Homogén elektromos mező

A homogén elektromos mezőről akkor beszélünk, ha a mező minden pontjában ugyanolyan nagyságú és irányú a térerősség.

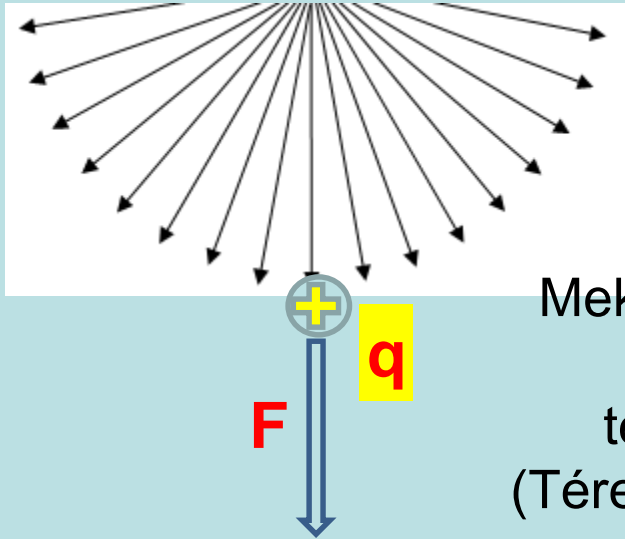
Mivel a homogén mezőben a térerősség vektor mindenhol ugyanakkora, ezért a homogén mező erővonalai párhuzamosak és az erővonalak sűrűsége mindenhol ugyanakkora.



*Homogén elektromos mező*

# Az elektromos térerősség

Legtöbbször nem ismerjük a tér forrását, csak az elektromos teret érzékeljük.



Mekkora ebben a pontban a térerősség?  
(Térerősség jele:  $E$ )

A térerősség ebben a pontban az egységnyi pozitív töltésre ható erő.

Meghatározása: a  $q$  próbatöltésre töltésre ható **erő osztva a töltés nagyságával**. (Egységnyitöltésre ható erő)

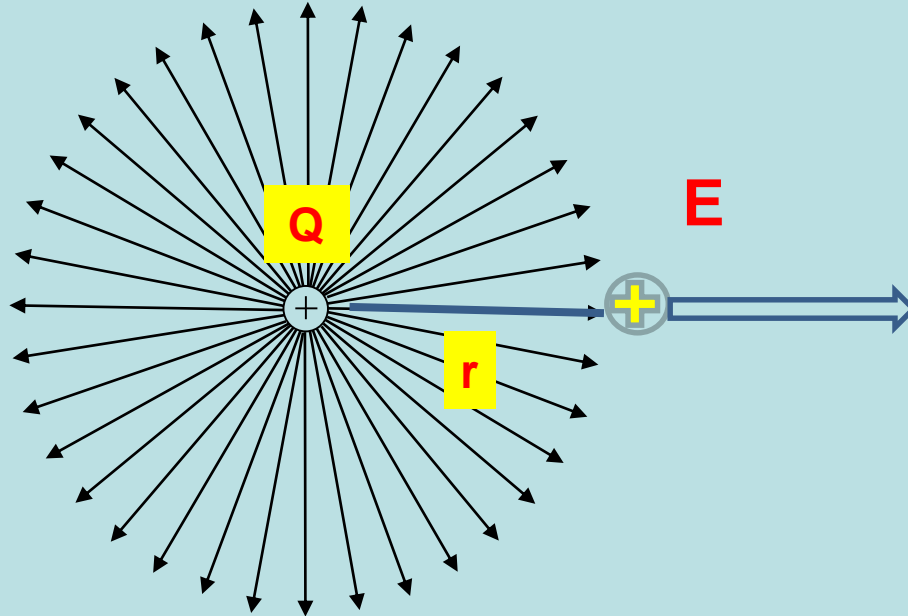
$$\text{Kiszámítása: } E = \frac{F}{q} \quad \text{Mértékegysége: } \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$q$ : próbatöltés, amellyel érzékeljük, vizsgáljuk a teret

$F$ : a próbatöltésre ható erő

# Elektromos térerősség

## a teret létrehozó $Q$ töltéstől $r$ távolságra



Ismerjük a tér forrását!

Mekkora a térerősség  
a teret létrehozó  $Q$   
töltéstől  $r$  távolságban?  
 $E=?$

*Számítás:*

$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2}$$

**Q:** a teret létrehozó töltés

**r:** a  $Q$  töltéstől mért távolság

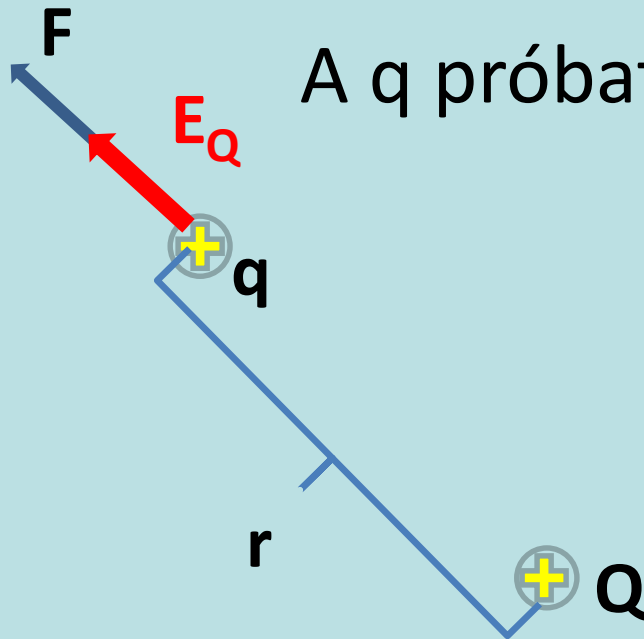
**E:** a térerősség  $Q$ -tól  $r$  távolságban

A **térerősség vektormennyiség**. Irányának (megállapodás szerint) a pozitív próbatöltésre ható erőt tekintjük.

A nyugvó töltések által keltett elektromos mező a helytől függ, az időtől nem, ezért elektrosztatikus mezőnek nevezzük.

# Elektromos térerősség

## a teret létrehozó $Q$ töltéstől $r$ távolságra (Számítás)



A  $q$  próbatöltésre ható Coulomb erő

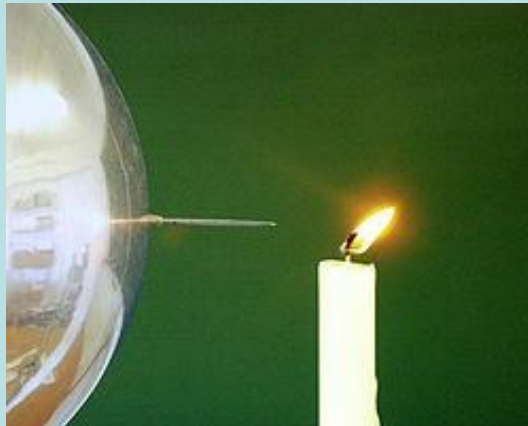
$$F = k \cdot \frac{Q \cdot q}{r^2}$$

$$E = \frac{F}{q} = \frac{k \cdot \frac{q \cdot Q}{r^2}}{q} = k \cdot \frac{Q}{r^2}$$

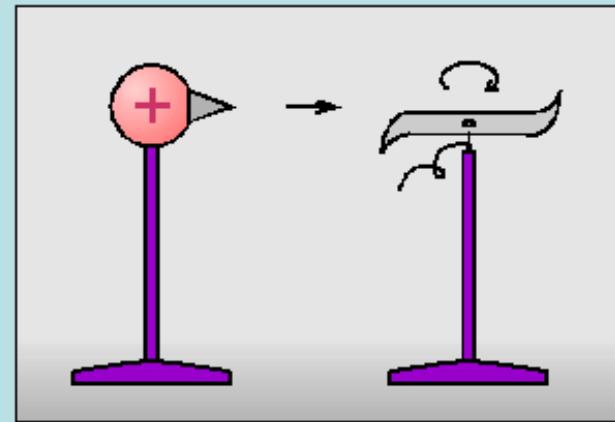
# Elektromos csúcs hatás

A nagy töltéssűrűség erős inhomogén teret hoz létre a csúcs közelében. Az elektromos mező polarizálja a levegő molekuláit, magához vonzza, majd feltöltődés után eltaszítja ezeket. Az ionizált levegő vezetőként viselkedik csúcsok közelében.

Kísérletek:



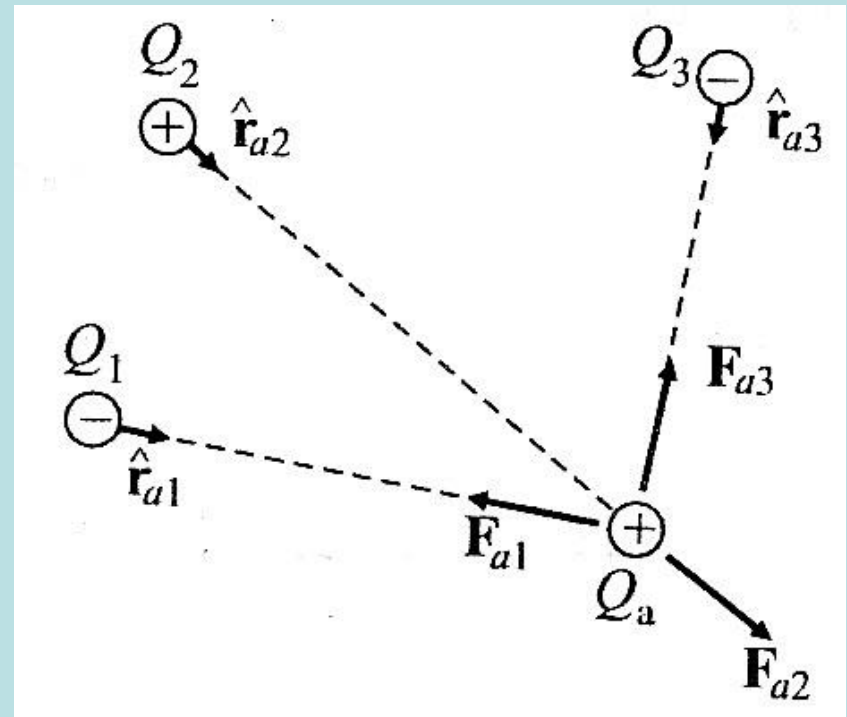
*Elektromos szél*



*Segner-kerék*

# A szuperpozíció elve

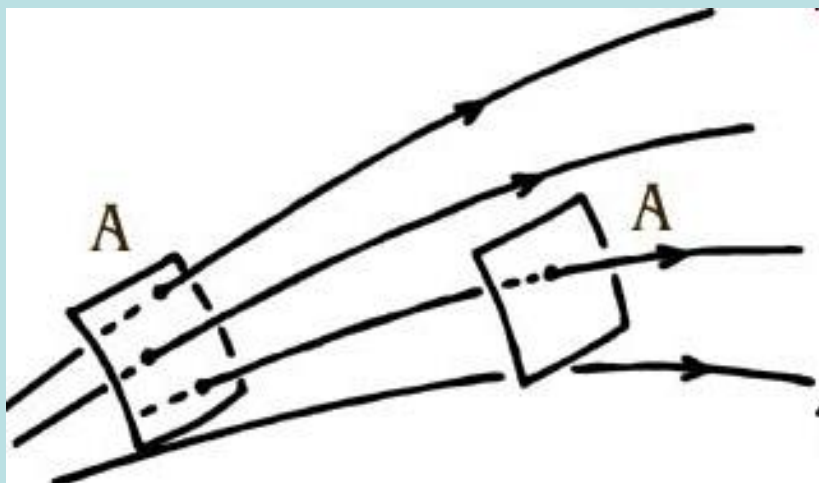
Ha több töltés hoz létre valamilyen mezőt, akkor érvényes a szuperpozíció elve, **mindegyik töltés a másiktól függetlenül létrehozza a maga elektromos mezejét**, és az egyes elektromos mezők térerősségének vektori összege adja az eredő térerősséget.



# A fluxus fogalma

Az egy felületen áthaladó összes erővonal száma a felület elektromos fluxusának számértékét adja.

Jele :  $\Psi$  (pszí) Mértékegysége :  $\frac{\text{N}}{\text{C}} \cdot \text{m}^2$



A térerősség irányára merőleges  $A$  nagyságú felület fluxusa:  $\Psi = E \cdot A$

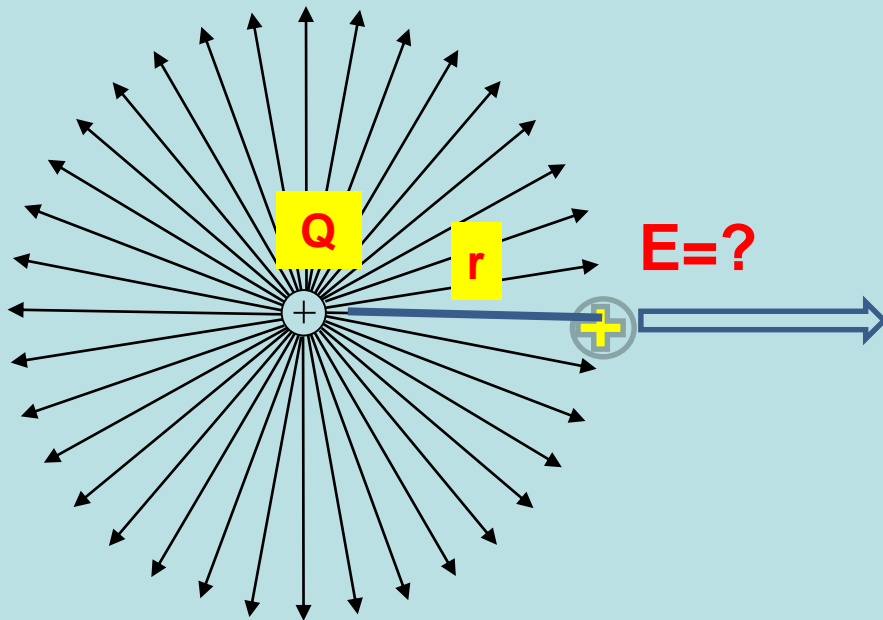


# Feladatok előtt

## A térerősség számítása. Összehasonlítás

Ismerjük a tér forrását!

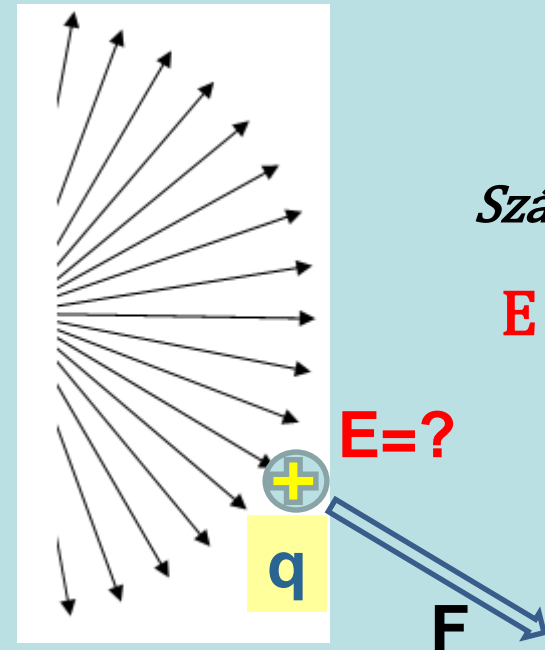
Térerősség a forrástól  $r$  távolságra:



*Számítás:*

$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Nem feltétlen ismerjük a tér forrását, csak azt tudjuk, hogy elektromos tér van jelen.



*Számítás:*

$$E = \frac{F}{q}$$

# Feladat

1) Egymástól 20 cm távolságra levő pontszerű testek  $4,2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  és  $-3 \cdot 10^{-7} \text{ C}$  töltéssel rendelkeznek. Milyen nagyságú és milyen irányú elektromos erőt fejtenek ki egymásra?

Adatok:

$$r = 20 \text{ cm}$$

$$Q_1 = 4,2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

$$Q_2 = -3 \cdot 10^{-7} \text{ C}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

Képlet:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Számolás:

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4,2 \cdot 10^{-8} \cdot (-3 \cdot 10^{-7})}{0,2 \cdot 0,2} =$$

Válasz:

A két töltés  $2,835 \cdot 10^{-3} \text{ N}$  nagyságú **vonzóerőt** fejt ki egymásra.

# Feladat

2) Határozzuk meg az elektromos mező térerősségének nagyságát és irányát abban a pontban, amelyben a mező a  $2 \cdot 10^{-7}$  C töltésű részecskére  $3 \cdot 10^{-4}$  N erőt fejt ki függőlegesen lefelé.

Képlet:

Töltésre ható erő osztva a töltés nagyságával adja a térerősséget.

Adatok:

$$q = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$$

$$F = 3 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

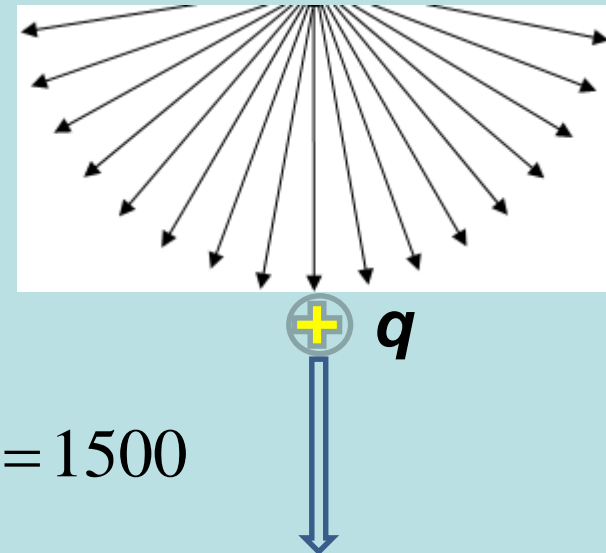
$$E = \frac{F}{q}$$

Számolás:

$$E = \frac{3 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-7}} = \frac{3}{2} \cdot 10^3 = 1500$$

Válasz:

A mező térerősségének nagysága 1500 N/C  
iránya lefelé mutat.



# F e l a d a t

3)  $2 \cdot 10^4$  N/C térerősségű mezőben lévő elektronikusan feltöltött porszemre  $6,4 \cdot 10^{-13}$  N nagyságú elektromos erő hat.  
Hány elektron töltésével rendelkezik a porszem?

Adatok:

Képlet:

$$F = E \cdot q \quad \text{A porszem töltése: } q = \frac{F}{E}$$

Számolás:

$$E = 2 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$$F = 6,4 \cdot 10^{-13} \text{ N}$$

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

A porszem töltése:

$$q = \frac{6,4 \cdot 10^{-13} \text{ N}}{2 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{C}}} = 3,2 \cdot 10^{-17} \text{ C}$$

Ez hány darab  
elektron töltése?

$$n = \frac{3,2 \cdot 10^{-17} \text{ C}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} = 200 \text{ darab}$$

Válasz:

A porszem 200 darab elektron töltésével rendelkezik.

# Feladat

5) Homogén mezőben a térerősségre merőleges  $0,2 \text{ m}^2$ -es felületen 600 erővonal halad át. Mekkora ebben a mezőben a térerősség értéke?

Adatok:

$$A = 0,2 \text{ m}^2$$

$$\psi = 600 \frac{\text{N}}{\text{C}} \text{ m}^2$$

Képlet:

$$\psi = E \cdot A$$

Számolás:

$$E = \frac{600}{0,2}$$

Válasz:

A mező térerőssége  $3000 \text{ N/C}$ .

# Feladat

6) Mennyi a fluxusa az 5000 N/C térerősségű homogén elektromos mezőben a térerősségre merőlegesen elhelyezkedő 30 cm<sup>2</sup> nagyságú felületnek?

Adatok:

$$A = 30\text{cm}^2$$

$$E = 5000\frac{\text{N}}{\text{C}}$$

Képlet:

$$\psi = E \cdot A$$

Számolás:

$$\psi = 5000 \cdot 0,003$$

Válasz:

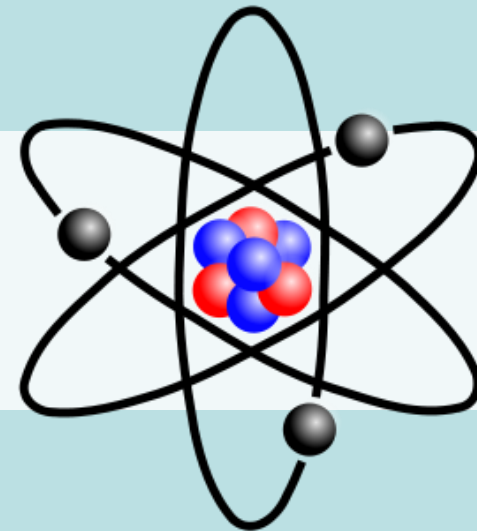
A keresett fluxus: 15 Nm<sup>2</sup>/C.

# Alapfogalmakat tartalmazó diák

Összefoglalás

# Atomok felépítése

- Anyag alaptulajdonsága
- Anyag: atomokból áll



atom ( $\sim 10^{-10}$  m)

atommag ( $\sim 10^{-15}$  m)

elektronfelhő

protonok (+)

neutronok

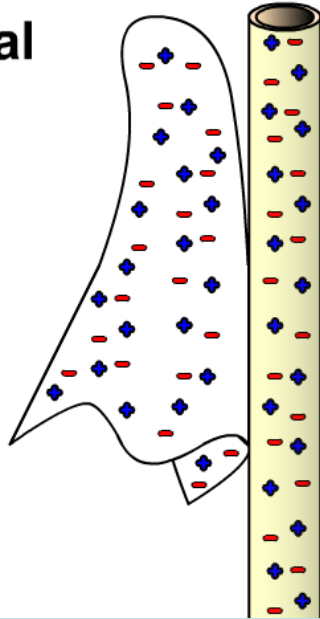
elektronok (-)

Az atomok pozitív protonokból és semleges neutronokból álló atommagot és negatív elektronokból álló „elektronfelhőt tartalmaznak”



# Dörzselektromosság

Neutral Rag



Neutral PVC Pipe

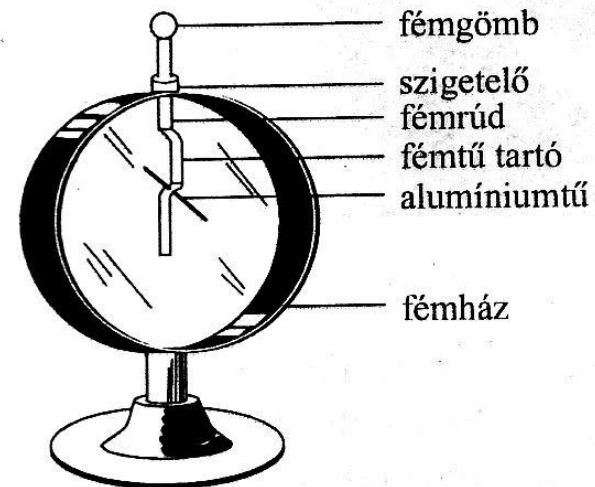
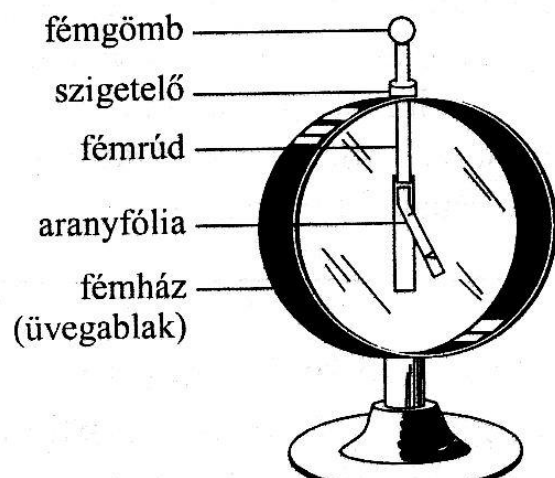


Dörzsölés hatására töltések kerülnek át egyik testről a másikra.

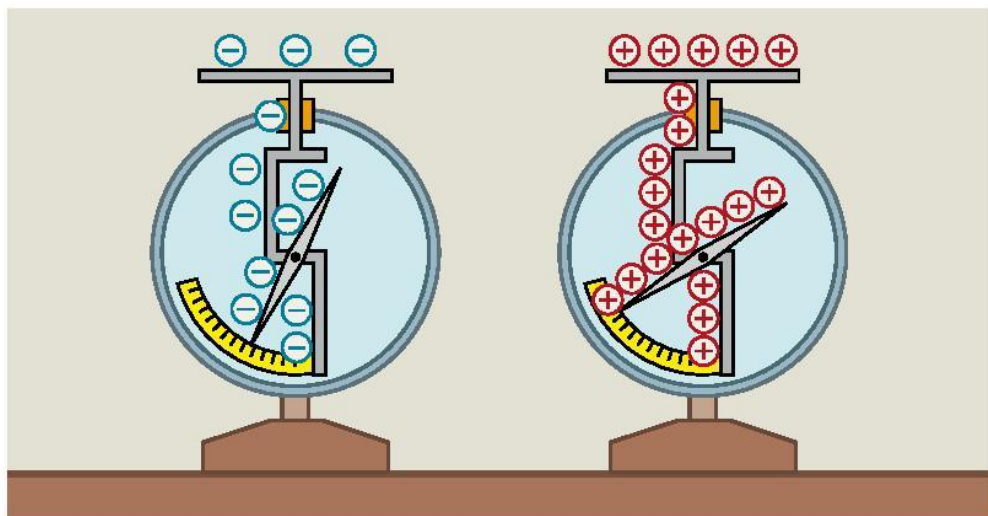
Öltözködés közben a hajunk és a pulóver ellentétes elektromos állapotú lesz.

# Elektroszkóp

Elektromos töltés jelenlétének kimutatása



b.



# + és - töltések

bőrrel dörzsölt üveg: + (**pozitív** töltések)

gyapjúval dörzsölt borostyánkő: - (**negatív** töltések)

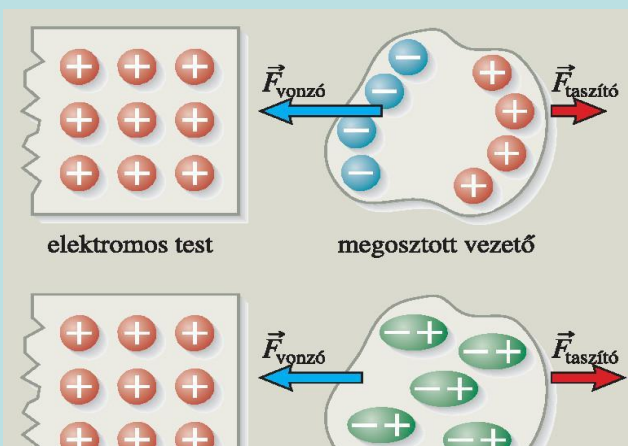
Elektromos töltés jele:  $Q$  vagy  $q$

Egynemű töltések: **taszítás**

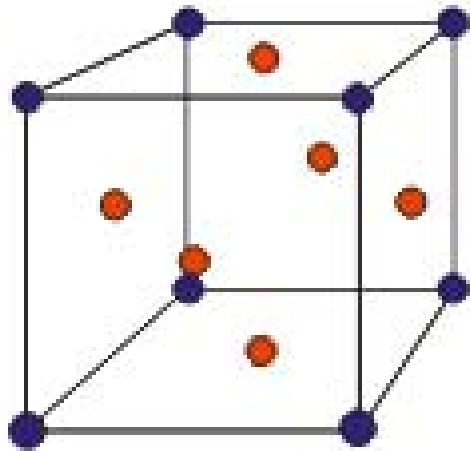
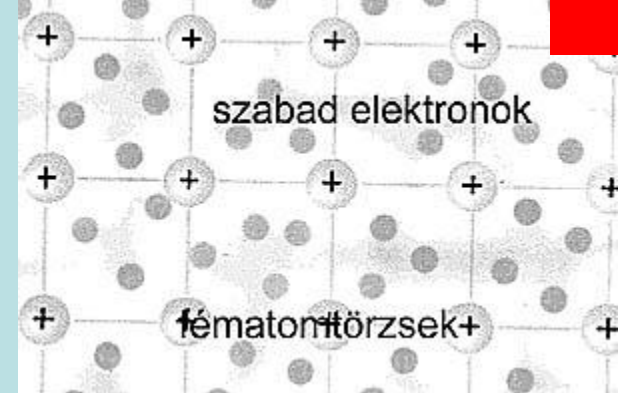
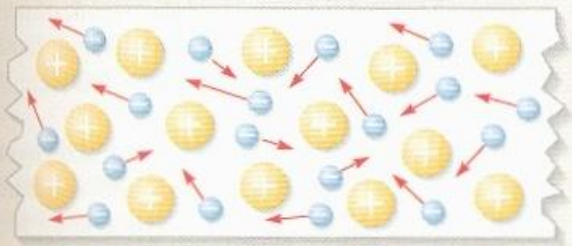
Különnemű töltések: **vonzás**

Töltés közelében lévő testben: **megosztás (vezetők), polarizáció (szigetelők)**

Dörzsölés: különmemű töltések **szétválasztása és egyesek eltávolítása**  
(A dörzsölés során létrejövő érintkezés a töltések **átmehetnek egyik testről a másikra**)

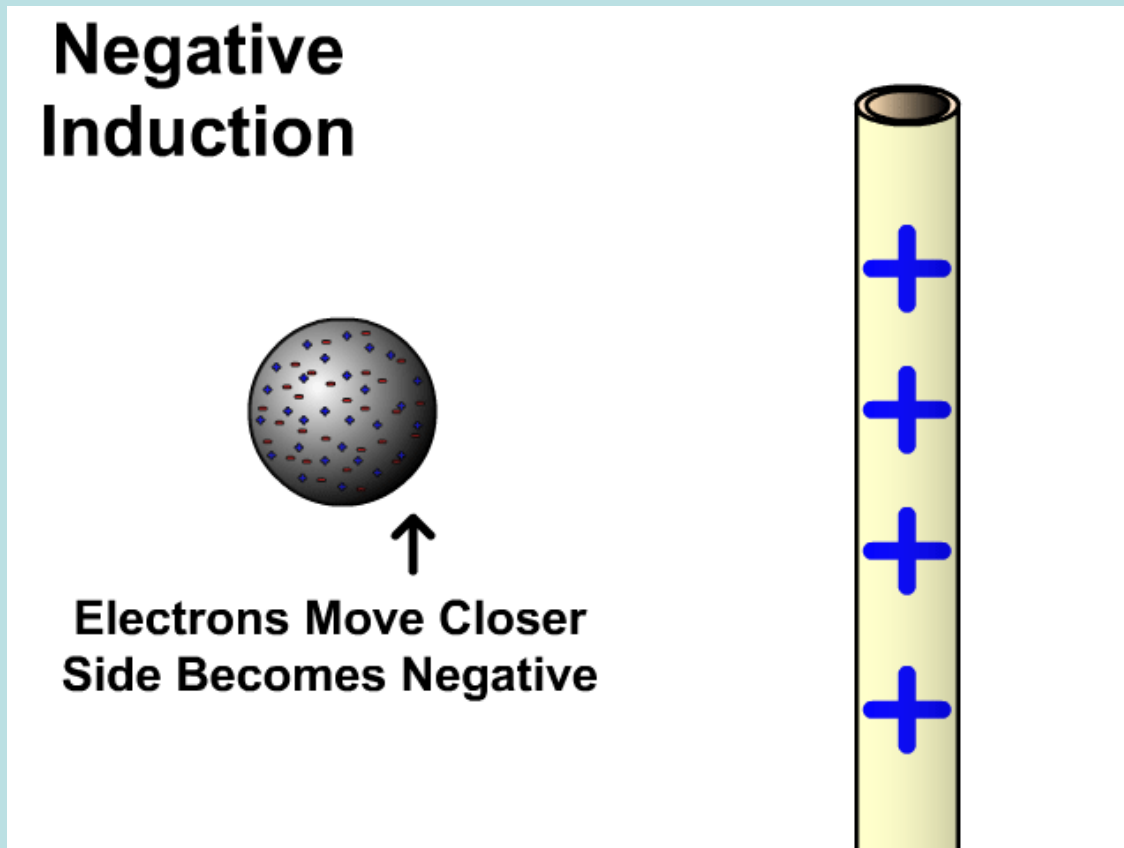


# Vezetők



- A **fémekben** elmozdulásra képes szabad elektronok és helyhez kötött pozitív ionok vannak.
- Az elektromos állapot gyorsan terjed (a töltéshordozók egy része könnyen mozog).
- Jó vezetők: fémek, szén, emberi test, föld, sók vizes oldatai ...

# Elektromos megosztás (influenca) fémekben

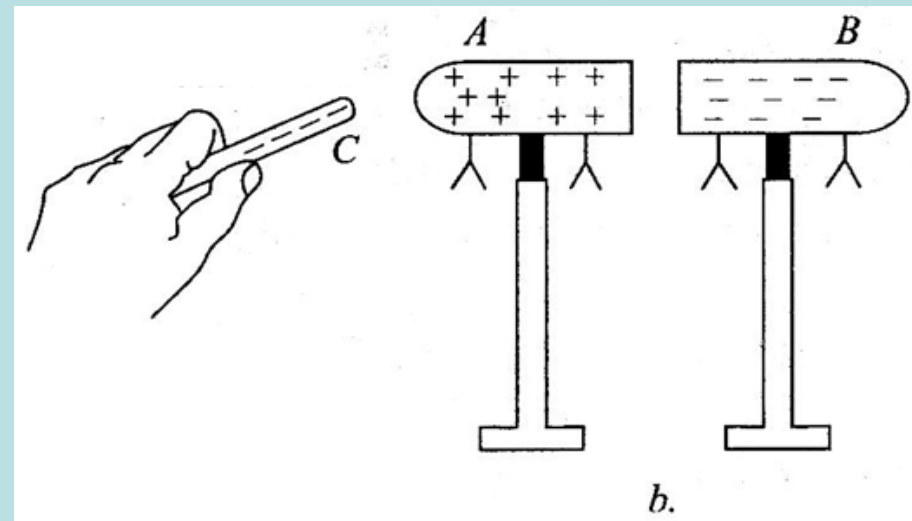
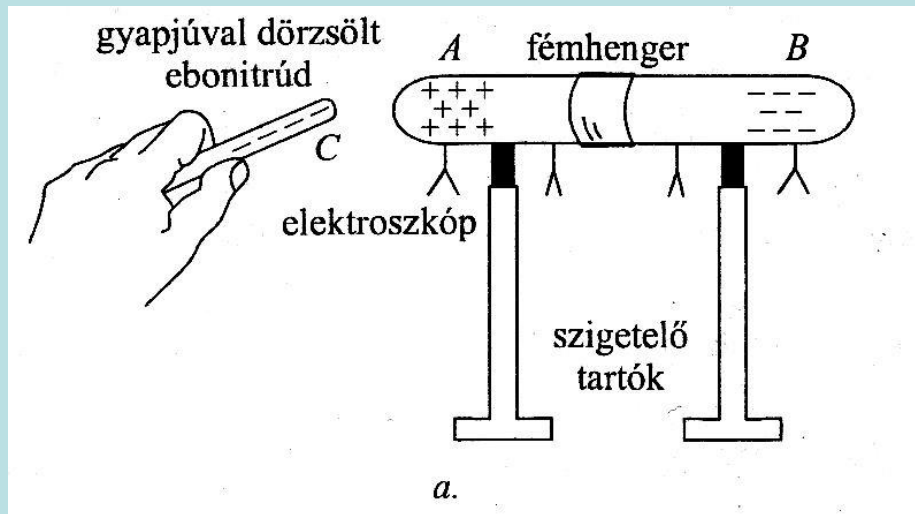


Amikor a fémgömbök felé töltött testekkel közelítünk az elektronok a vezetőben elmozdulnak, a pozitív töltések nem mozdulnak.

# Elektromos megosztás (influenencia) fémekben

Elektromos megosztás (influenencia)

→ indukált töltés



# Töltések a vezetõn

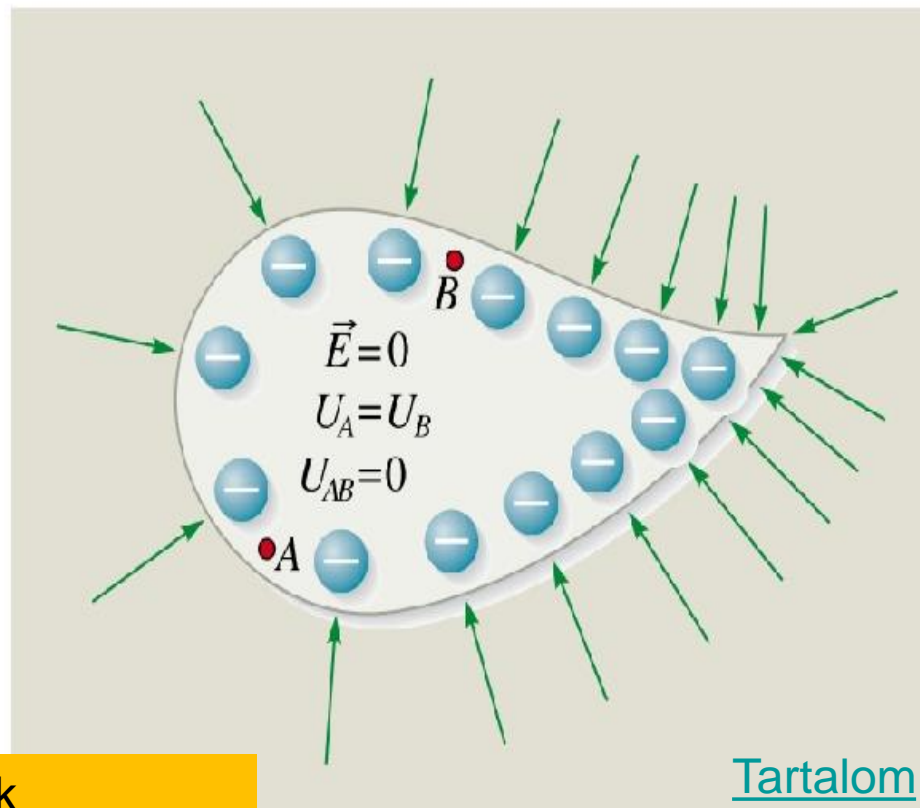
**A vezetõre vitt többlettöltések a taszítás miatt mindig a vezetõ külsõ felületén helyezkednek el.**

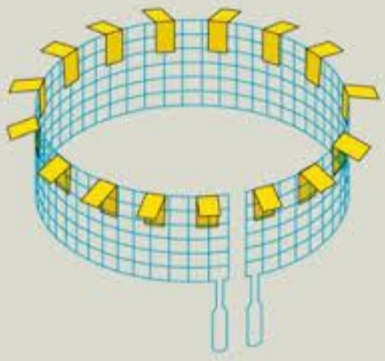
A legnagyobb töltéssûrûség a csúcsokon alakul ki. Sztatikus elektromos állapotban a vezetõ belsejében a térerõsség zérus.

**A vezetõfelülettel körülvett térrész elektromosan árnyékolt.**

Sztatikus állapotban az erõvonalak csak a vezetõ felületére merõleges helyzetûek lehetnek.

Nyugalmi elektromos állapotban a vezetõ pontjai között nincsen feszültség.





# Faraday-kalitka



1791-1867

- A **Faraday-kalitka** az elektromágneses hatás kiküszöbölésére szolgáló, **fémhálóval körülvett térrész, amelybe** a fémháló védőhatása folytán a külső elektromos erőtér nem hatol be („árnyékolás”).
- Ezzel magyarázható például az is, hogy a vasbeton szerkezetből készült épületekben legtöbbször nincs elég térerő a mobiltelefonok működéséhez.



# Szigetelők

A szigetelők olyan anyagok, amelyekben **nincsenek szabad töltéshordozók** és így bennük nincs szabad töltésáramlás.

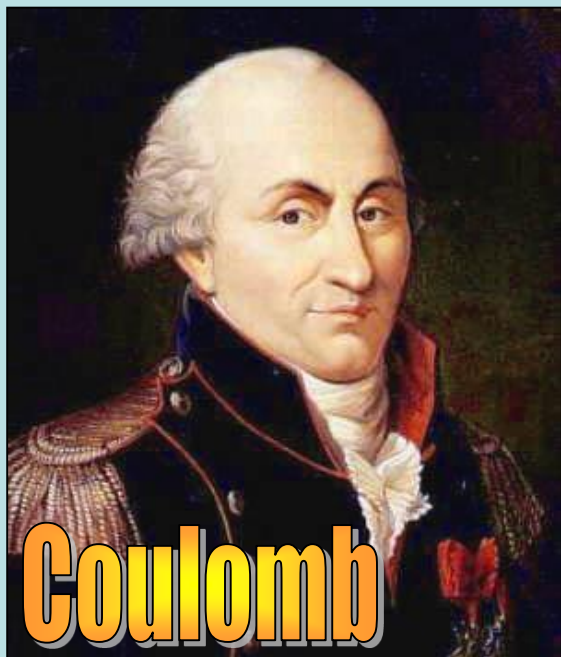
Ha egy szigetelőt dörzsöléssel feltöltünk, **csak a dörzsölt terület válik elektromosan töltötté**. A töltés nem terjed át az anyag más részeire.

Jó szigetelők: borostyánkő, kvarc, üveg, sok olaj, levegő(?) ...

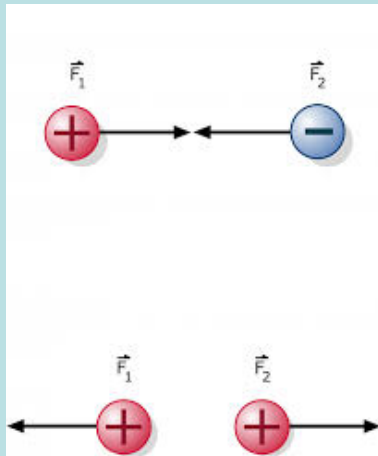


# Coulomb törvénye

A Coulomb-törvény két pontszerű test közötti elektrosztatikus erőt írja le.

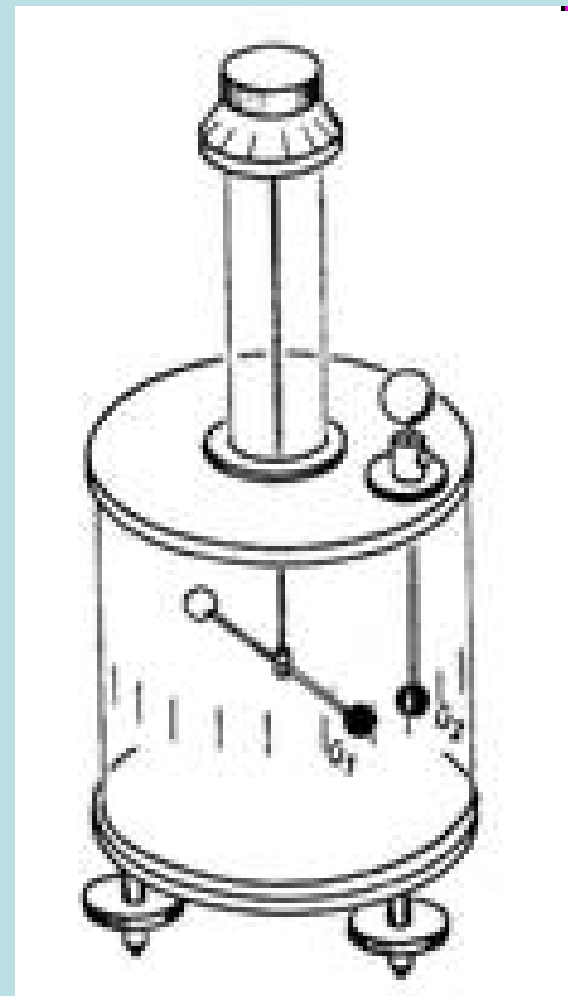


$k = ?$



$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

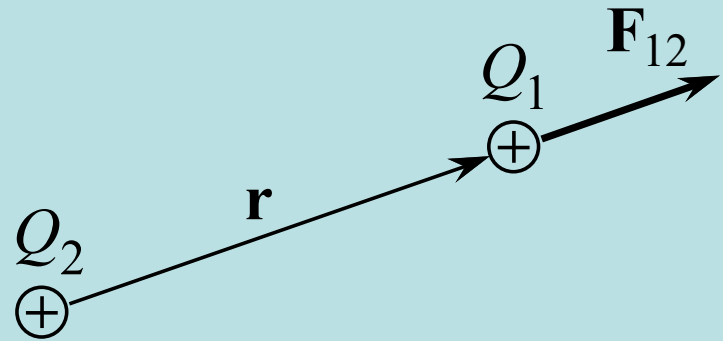
Két elektromosan töltött test között fellépő erő egyenesen arányos a két töltésmennyiség szorzatával, és fordítottan arányos a köztük lévő távolság négyzetével.



# Elektromos töltés mértékegysége

A  **$k$  arányossági tényező** megállapításához definiálni kellett az egységnyi töltésmennyiséget. A töltés SI-mértékegysége a *coulomb* nevet kapta. Jele: C.

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

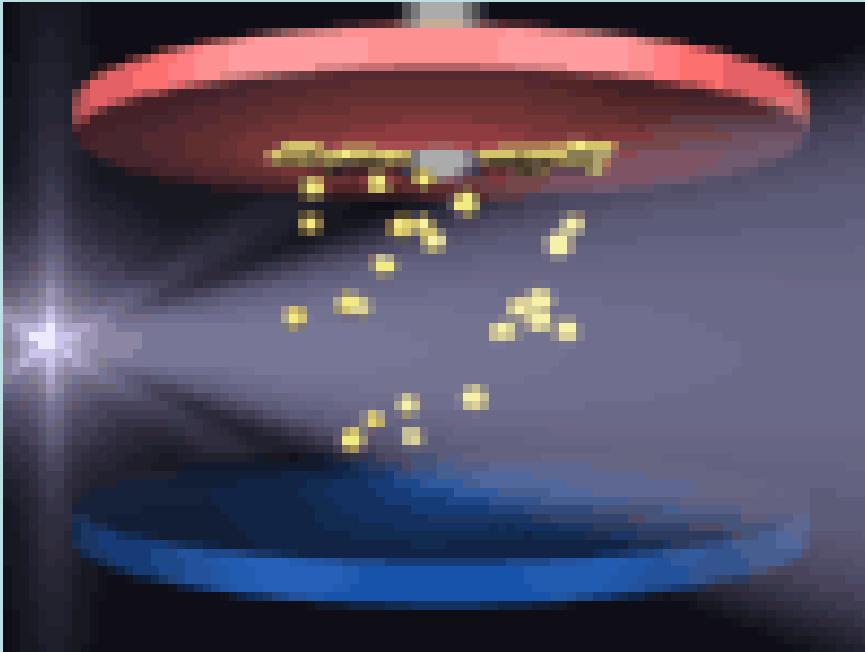


Az **1 C pontszerű töltés** a vele egyenlő nagyságú pontszerű töltésre 1 m távolságból légtüres térben  $9 \cdot 10^9$  newton erőt fejt ki.

**1 C igen nagy töltés.**

Azaz két pontszerű 1 C töltés egymástól 1 méter távolságra akkora erővel hat egymásra amekkora erővel meg tudnánk emelni egy 900 000 000 kg tömegű testet.

# Millikan kísérlet (1911)



Elektromosan töltött olajcseppeket juttattak kondenzátor lemezek közé.

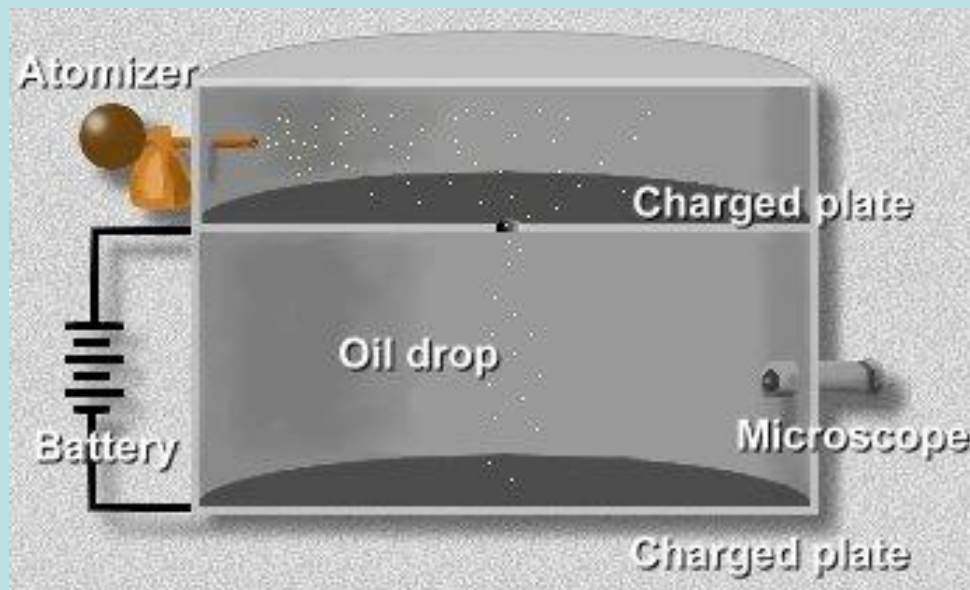
Így vizsgálták a cseppek töltését.

**Millikan méréseinek eredménye:  
Minden csepp töltése egy úgynevezett „elemi töltésnek” az egész számú többszöröse volt!**



**Robert Andrews  
Millikan** 1868-1953  
Nobel-díj 1923-ban

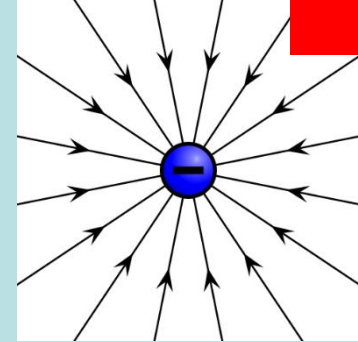
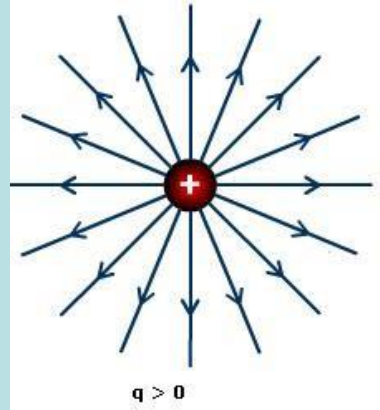
# Elemi töltés



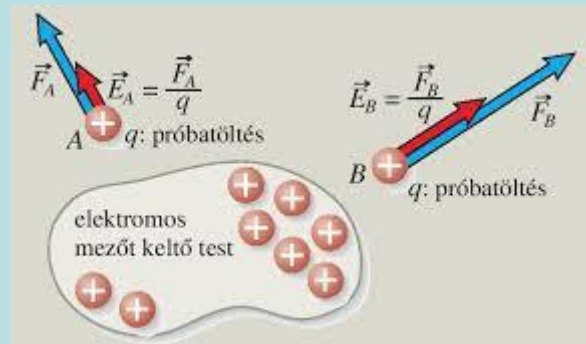
$$q \cdot E = m \cdot g$$
$$q = \frac{m \cdot g}{E}$$



Az elektron töltése az elektromos töltés legkisebb adagja, az úgynevezett **elemi töltés:  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$** .



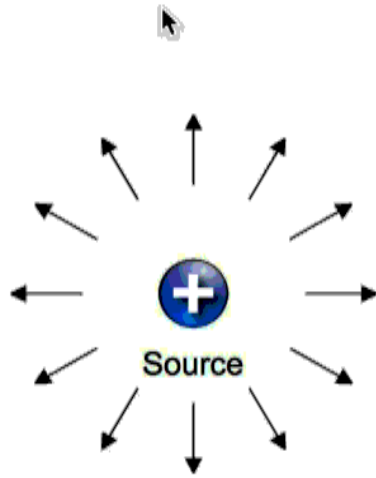
# Elektromos térerősség



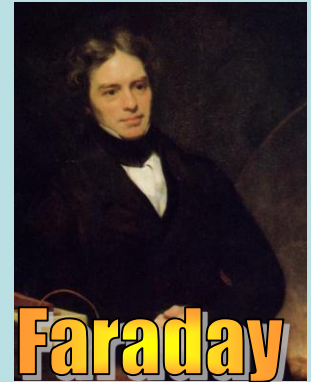
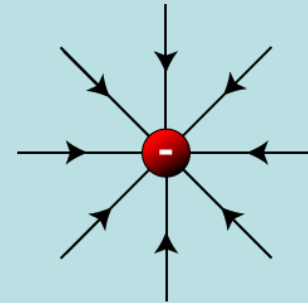
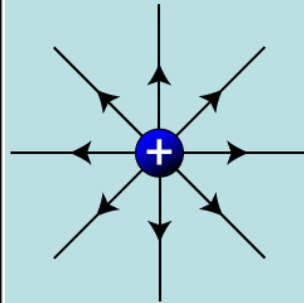
## Elektromos mező erősségének meghatározása

# Az elektromos töltések módosítják a teret.

## Elektromos mező



In the **electric field model**, a source charge creates an electric field everywhere in space.



A töltések maguk körül **elektromos mezőt** hoznak létre.

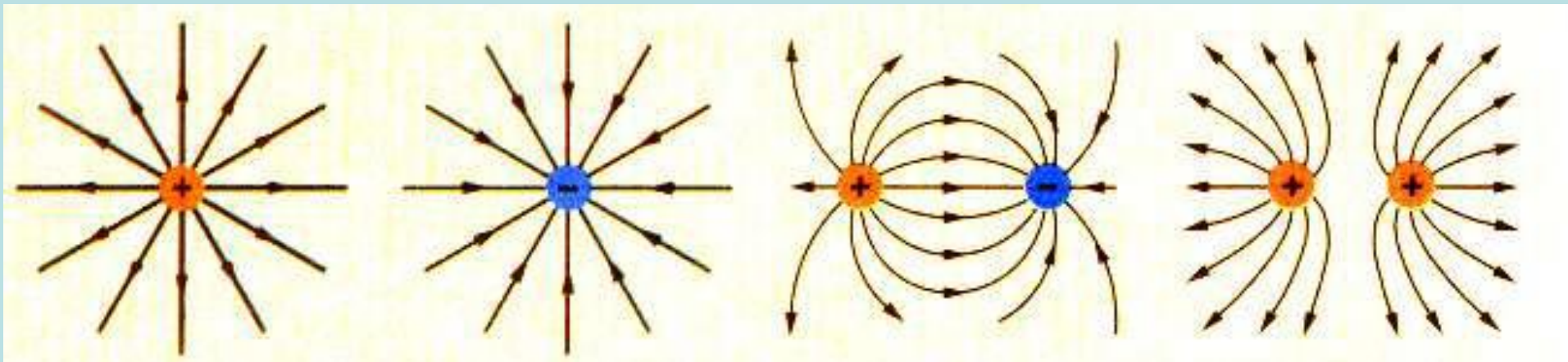
Az elektromos kölcsönhatáshoz nem kell a testeknek közvetlenül érintkezniük.

Akkor is létrejön, ha légüres térben végezzük el a kísérletet.

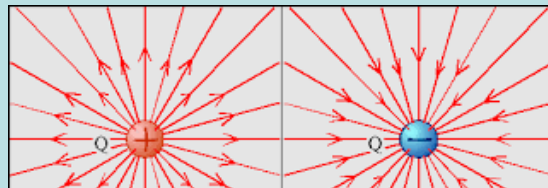
**A mezőt** először Faraday vizsgálta, tudjuk, hogy ez a mező nem atomi felépítésű, **egy bele helyezett próbatöltés segítségével lehet vizsgálni** a próbatöltésre ható erőt. Ott erősebb a mező, ahol a próbatöltésre nagyobb erő hat.

# Elektromos erővonalak tulajdonságai

- A pozitív töltés esetén a töltésből indulnak az erővonalak, negatív töltés esetén a töltés felé mutatnak az erővonalak
- Kettő vagy több töltés által létrehozott térben „elhajlanak” az erővonalak



*Ponttöltés elektromos tere.  
A nagyobb töltést sűrűbb erővonalakkal szemléltetjük.*



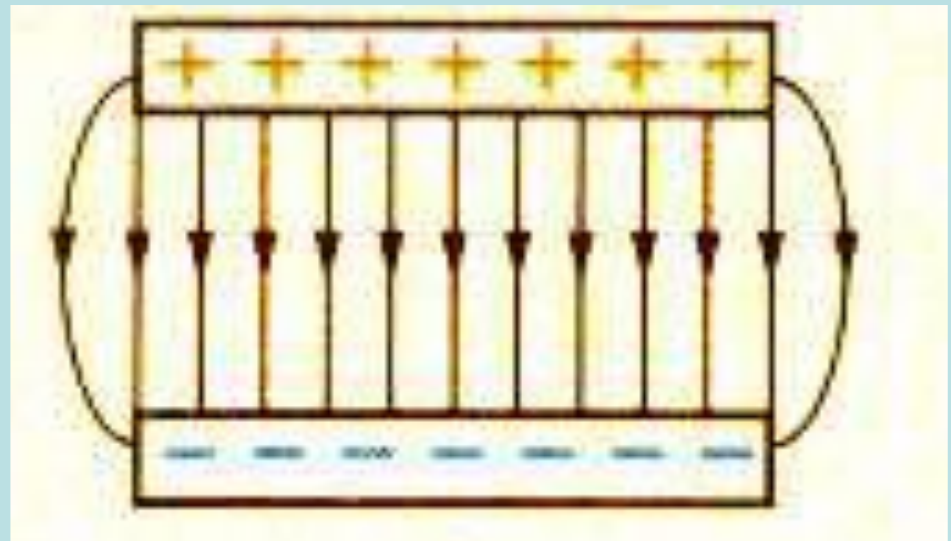
*Egyforma nagyságú, ellentétes előjelű és azonos előjelű töltések elektromos tere.*



# Homogén elektromos mező

A homogén elektromos mezőről akkor beszélünk, ha a mező minden pontjában ugyanolyan nagyságú és irányú a térerősség.

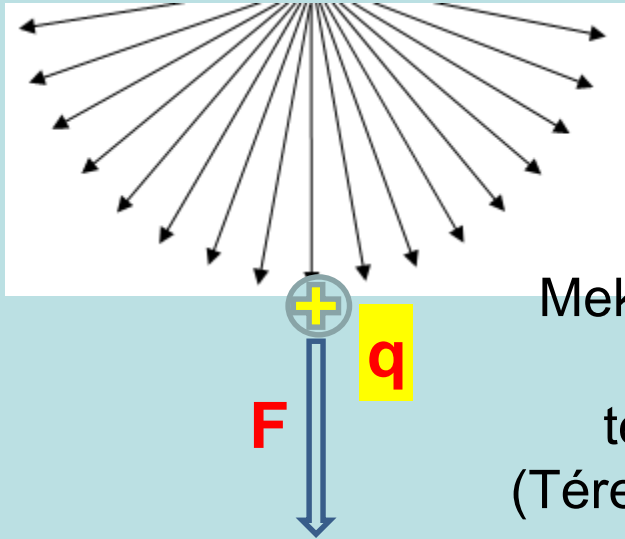
Mivel a homogén mezőben a térerősség vektor mindenhol ugyanakkora, ezért a homogén mező erővonalai párhuzamosak és az erővonalak sűrűsége mindenhol ugyanakkora.



*Homogén elektromos mező*

# Az elektromos térerősség

Legtöbbször nem ismerjük a tér forrását, csak az elektromos teret érzékeljük.



Mekkora ebben a pontban a térerősség?  
(Térerősség jele:  $E$ )

A térerősség ebben a pontban az egységnyi pozitív töltésre ható erő.

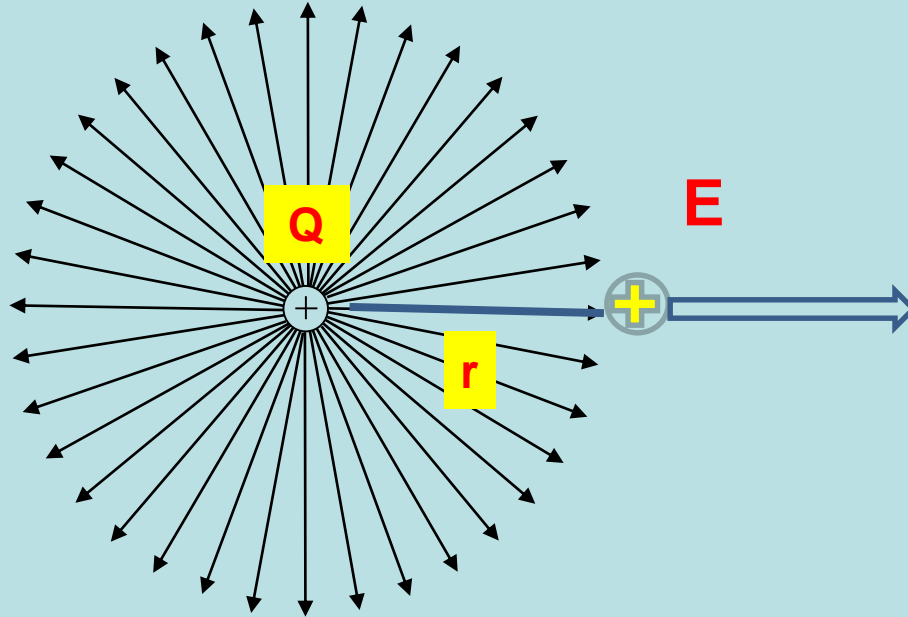
Meghatározása: a  $q$  próbatöltésre töltésre ható **erő osztva a töltés nagyságával**. (Egységnyitöltésre ható erő)

$$\text{Kiszámítása: } E = \frac{F}{q} \quad \text{Mértékegysége: } \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

$q$ : próbatöltés, amellyel érzékeljük, vizsgáljuk a teret  
 $F$ : a próbatöltésre ható erő

# Elektromos térerősség

## a teret létrehozó $Q$ töltéstől $r$ távolságra



Ismerjük a tér forrását!

Mekkora a térerősség  
a teret létrehozó  $Q$   
töltéstől  $r$  távolságban?  
 $E=?$

*Számítás:*

$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2}$$

**Q:** a teret létrehozó töltés

**r:** a  $Q$  töltéstől mért távolság

**E:** a térerősség  $Q$ -tól  $r$  távolságban

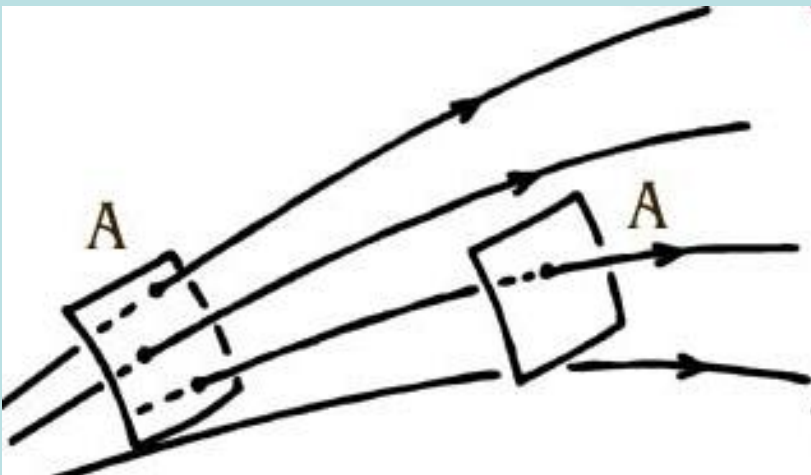
A **térerősség vektormennyiség**. Irányának (megállapodás szerint) a pozitív próbatöltésre ható erőt tekintjük.

A nyugvó töltések által keltett elektromos mező a helytől függ, az időtől nem, ezért elektrosztatikus mezőnek nevezzük.

# A fluxus fogalma

Az egy felületen áthaladó összes erővonal száma a felület elektromos fluxusának számértékét adja.

$$\text{Jele : } \Psi \text{ (pszí) } \quad \text{Mértékegysége : } \frac{\text{N}}{\text{C}} \cdot \text{m}^2$$



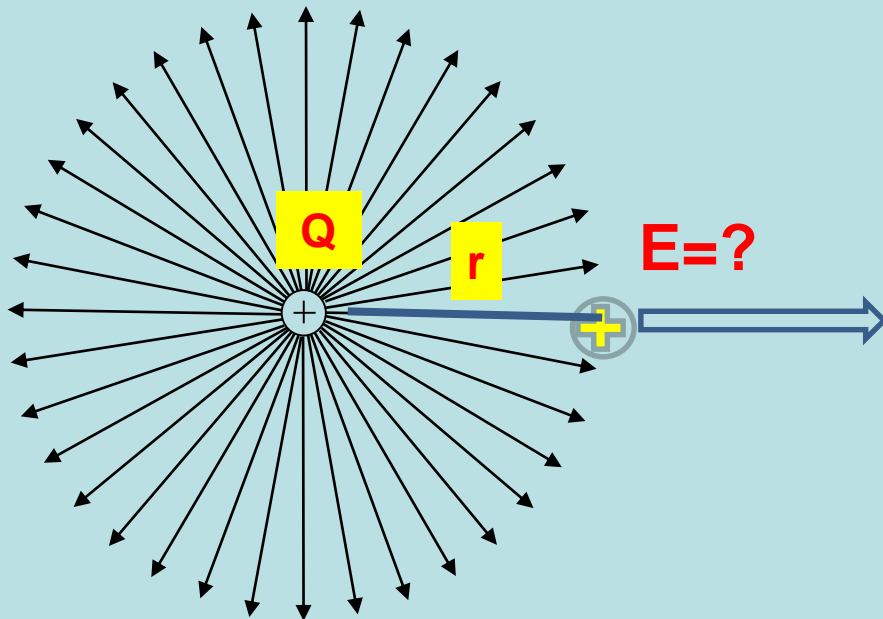
A térerősség irányára merőleges **A** nagyságú felület fluxusa:  $\Psi = E \cdot A$

# Feladatok előtt

## A térerősség számítása. Összehasonlítás

Ismerjük a tér forrását!

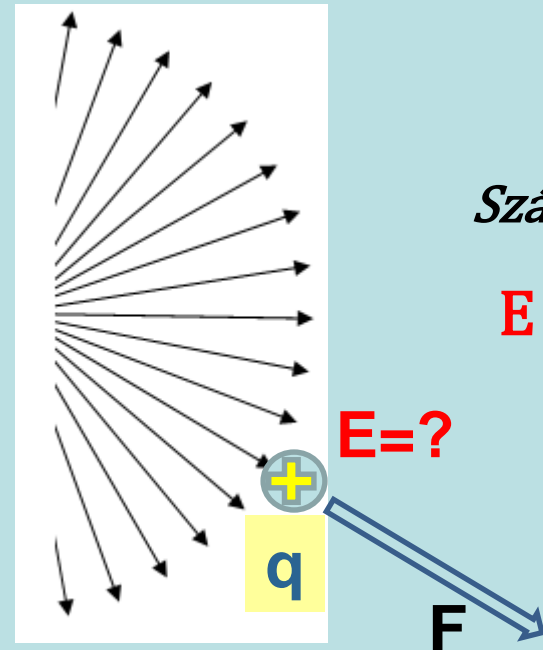
Térerősség a forrástól  $r$  távolságra:



*Számítás:*

$$E = k \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Nem feltétlen ismerjük a tér forrását, csak azt tudjuk, hogy elektromos tér van jelen.



*Számítás:*

$$E = \frac{F}{q}$$