

ELEKTROKÉMIA

ELEKTROMOSAN TÖLTÖTT RÉSZECSKÉKET TARTALMAZÓ HOMOGEN ÉS HETEROGEN RENDSZEREK A TERMODINAMIKÁBAN

Homogén vs. inhomogén rendszer: ha a rendszert jellemző fizikai mennyiségek értéke független vagy függ a helytől.

Fázis: a rendszer azonos fizikai és kémiai tulajdonságú részei. Ez csak megközelítőleg igaz. Pontosabban: rendszerünkben a belső határfelületekkel elválasztott homogén alrendszerek.

A termodinamikában foglalkozunk heterogén rendszerekkel, de a rendszert alkotó fázisok maguk homogén, izotróp fázisok.

Eddigiekben (ld. 1-TD alapok.pdf file):

„Összefoglalva a vizsgált rendszereink kiindulópontja: egyfázisú, egykomponensű, kémiailag inert, izotróp rendszert vizsgálunk, melynek felülete elhanyagolható a rendszer méreteihez képest, valamint a rendszerre nem hat külső tér (gravitációs vagy elektromágneses).



a TD formalizmusát ilyen egyszerű rendszereken dolgozzuk ki

Később a megkötéseket fokozatosan lazítjuk!

- több fázis (fázisegyensúly)
- több komponens (anyagátmeneti egyensúly)
- kémiai reakció (reakció egyensúly)
- a felület már nem elhanyagolható (felületi jelenségek, felületi feszültség)
- elektromos töltés is van jelen (elektrokémia)!”

A töltött részecskék hatásának bevezetése is természetesen a lehető legegyszerűbb, homogén termodinamikai rendszereken történik.

Heterogén rendszerekre történő általánosítást egy következő lépésben kell megtenni!

Ha termodinamikai rendszerünk tartalmazhat töltött részecskéket, akkor a további menetrend:

- elektromosságtani alapfogalmak
- homogén elektrokémiai rendszerek
 - egyensúly
 - transzport (irreverzibilis termodinamika)
- heterogén elektrokémiai rendszerek
 - egyensúly
 - kinetika (irreverzibilis termodinamika)
- elektrokémiai alkalmazások

ALAPFOGALMAK

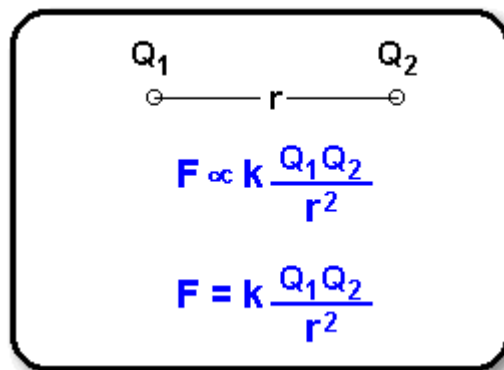
Elektromos töltés 1.

Az elektromos töltés az anyag alapvető (skaláris) tulajdonsága, akárcsak a tömeg, egyes elemi részecskék jellemzője. Kétféle neme létezik, pozitív és negatív. Az elektromos töltések egymásra erőhatást gyakorolnak, az azonos neműek taszítják, a különbözőek vonzzák egymást.

A természetben előforduló töltések mindig az adott nagyságú elemi töltés (e) egész számú többszörösei.

A proton egy pozitív elemi töltéssel, az elektron egy negatív elemi töltéssel rendelkezik.

Coulomb törvény



The diagram shows two point charges, Q_1 and Q_2 , represented by small circles. A horizontal line connects them, with the distance between them labeled as r . Below the diagram, the force between them is given by the following equations:

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

Ne feledjük! Az erő vektor! Jele \underline{F} .

Elektromos áram

Az elektromosan töltött részecskék (rendezett?) egyirányú áramlása.
Mértékegysége, az amper (A), SI alapegység!

Ezért a töltés mértékegységét az áramerősség mértékegységéből vezetjük le!

Az ampert az áram által létesített erővel definiáljuk: *1 amper* áram folyik abban a vezetékpárban, amelynek 1 méteres szakaszára a másik (1 méter távolságban, vákuumban haladó) szál $10^{-7} \text{ m} * \text{kg} * \text{s}^{-2}$ (mágneses) erőt fejt ki.

Áramsűrűség

Valamely vezetőben folyó áram erősségének és a vezető keresztmetszetének hányadosa.

$$J = \frac{I}{A}$$

Mértékegysége: $A \cdot m^{-2}$.

Elektromos töltés 2.

Mértékegysége a coulomb (C).

1 coulomb az az elektromos töltés mennyiség, amely a vezető egy adott keresztmetszetén 1 s idő alatt áthalad, ha a vezetőben 1 A erősségű áram folyik.

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}$$

Az elektromos töltés mértékegységeként használható nem-SI egység: amperóra (Ah). $1 \text{ Ah} = 3600 \text{ A} \cdot \text{s}$

Az elektromos áramerősség és a töltés közötti pontos kapcsolat:

$$I = \frac{\partial Q}{\partial t}$$

Az elemi részecskék (protonok és elektronok) töltése:

A proton töltése: $Q_P = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Az elektron töltése: $Q_E = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Pontosabb érték: $Q_E = -1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Nagyon fontos kapcsolódó mennyiség a Faraday-állandó (F), mely 1 mólnyi elemi töltés töltését adja meg:

$$F = e N_A = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 96485 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Gyakorlati céljainkra elegendő az $F = 96500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$ pontosság.

Ne feledjük el a töltésmegmaradás tételét sem!

Coulomb törvény 2.

$$\mathbf{F} = k \frac{Q_1 Q_2}{r^3} \mathbf{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^3} \mathbf{r}$$

Az állandók értékei:

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

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \text{ m}^{-2}$, a vákuum permittivitása (dielektromos állandója)

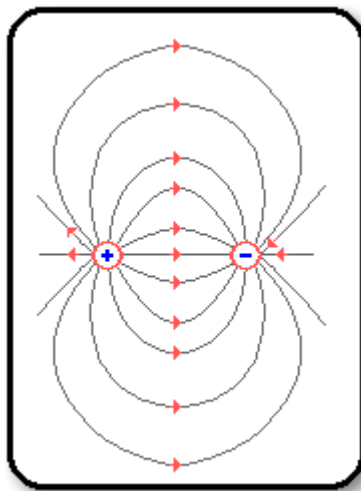
Elektromos térerősség

A tér egy adott pontjához rendelt vektor, melyre igaz, hogy egy egységnyi pozitív töltés és a vektor szorzata a töltésre ható erőt adja meg. Az elektromos térerősség a tér minden egyes pontjához rendelt vektorfüggvény. Jele: \underline{E} , vagy \mathbf{E} .

$$\mathbf{F} = Q\mathbf{E}$$

Mértékegysége: $\text{N} \cdot \text{C}^{-1}$.

Az elektromos térerősség szemléltethető az elektromos térerősség-vonalakkal.

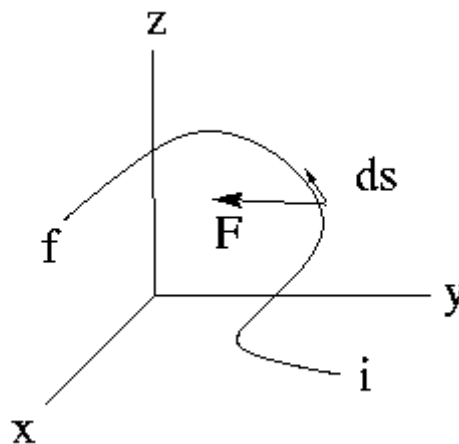


Erők szuperpozíciójának elvéből következik, hogy a szuperpozíció elve érvényes az elektromos térerősségre is.

Elektromos potenciál

Munka elektromos térben: Q töltés mozdítása A pontból B pontba az elektrosztatikus erővel szemben.

$$\begin{aligned}W_{AB} &= -\int_A^B \mathbf{F} ds = -\left[\int_{x_A}^{x_B} F_x dx + \int_{y_A}^{y_B} F_y dy + \int_{z_A}^{z_B} F_z dz \right] \\ &= -Q \int_A^B \mathbf{E} ds = -Q \left[\int_{x_A}^{x_B} E_x dx + \int_{y_A}^{y_B} E_y dy + \int_{z_A}^{z_B} E_z dz \right]\end{aligned}$$



Megmutatható, hogy a két pont közötti munka független az úttól. Ez matematikailag azt jelenti, hogy létezik egy olyan skalárfüggvény, melynek a gradiense maga az elektromos térerősség.

$$- \text{grad } \varphi = \mathbf{E},$$

s így a munka a próbatöltés potenciális energiájának megváltozásával egyenlő:

$$W_{AB} = Q \int_A^B \text{grad } \varphi ds = Q[\varphi(B) - \varphi(A)].$$

Az egyenletet Q -val elosztva az elektromos térben A és B pontok közötti potenciálkülönbség, vagy feszültség definíciójához jutunk:

$$\frac{W_{AB}}{Q} = -\int_A^B \mathbf{E} ds = \int_A^B \text{grad } \varphi ds = [\varphi(B) - \varphi(A)].$$

Nullapont gyanánt végtelen távoli pont potenciálját szokás választani. Így egy B pont potenciálját egy próbatöltésnek végtelen távolról (0 pont) a B pontba juttatásához szükséges munka és a próbatöltés hányadosa adja meg.

$$\frac{W_{0B}}{Q} = -\int_0^B \mathbf{E} ds = \int_0^B \text{grad} \varphi ds = [\varphi(B) - \varphi(0)] = \varphi(B)$$

Az elektromos potenciál mértékegysége: 1 V

Származtatása: $1\text{V} = 1\frac{\text{J}}{\text{C}} = 1\frac{\text{Nm}}{\text{As}}$.

A feszültség jele: U .

Ohm-törvény, elektromos ellenállás, elektromos vezeték

Az áram erőssége (egy homogén vezetőben) arányos a vezető két vége közti potenciálkülönbséggel (feszültséggel):

$$I \sim U$$

Az arányossági tényező a vezeték (G), melynek reciproka az ellenállás (R).

$$I = \frac{U}{R} = I = GU$$

Mértékegységek:

R , ellenállás: Ω , ohm,

G , vezeték: S, siemens

Fajlagos ellenállás, fajlagos vezeték

Egy vezető ellenállása egyenesen arányos a vezető hosszával és fordítottan arányos a keresztmetszettel:

$$R \sim \frac{l}{q}$$

Az arányossági tényező a fajlagos ellenállás (ρ):

$$R = \rho \frac{l}{q}$$

Mértékegysége Ωm .

A fajlagos ellenállás reciproka a fajlagos vezetés (κ):

$$\frac{1}{\rho} = \kappa.$$

Mértékegysége Sm^{-1} .

Kirchoff törvények

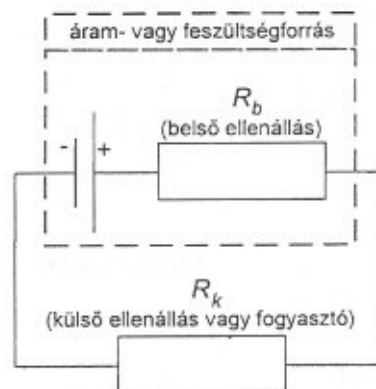
Kirchoff 1. törvény: csomóponttörvény. Egy stacionárius árammal átjárt hálózat bármely P csomópontjába belépő, befolyó áramok összege egyenlő a P-ből kilépő áramok intenzitásainak összegével.

Kirchoff 2. törvény: a huroktörvény. Egy stacionárius árammal átjárt hálózat bármely zárt áramkörében az egyes szakaszokhoz tartozó $I_k R_k$ feszültségesések összege egyenlő az áramkörben ható E_k elektromotoros erők összegével, ha I_k -kat és E_k -kat a választott körüljárási iránynak megfelelő előjellel látjuk el.

Ellenállások (fogyasztók) soros és párhuzamos kapcsolása

ÁBRA: Szalma J. jegyzet

4.7. ábra



Egyszerű áramkör

Soros eset:

$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$

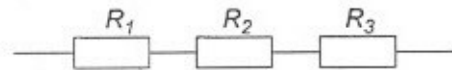
$$U_1 = IR_1 \quad U_2 = IR_2 \quad U_3 = IR_3$$

$$U = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

4.8. ábra

Soros kapcsolás



Párhuzamos eset:

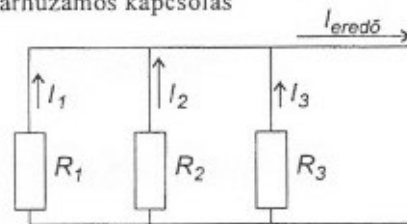
$$U_1 = U_2 = U_3 = U$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2} \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Párhuzamos kapcsolás

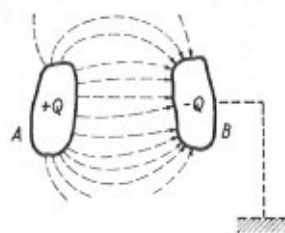


Ellenállások kapcsolása

Kondenzátor kapacitása

Kondenzátor: vegyünk két vezetőt (testet), az egyik legyen a töltés $+Q$, a másikon $-Q$. Ezt a rendszert kondenzátornak (sűrítőnek) nevezzük.

ÁBRA: Budó: Kísérleti Fizika II.



159,1. ábra

A kondenzátorra arányosság áll fenn a töltés és a két test közötti potenciálkülönbség (feszültség) között, az arányossági tényezőt kapacitásnak nevezzük.

$$Q = CU$$

Általában egy vezető (test) kapacitása a rá vitt töltés és a hatására létrejövő potenciál hányadosa (a test potenciálja a végtelen távoli ponthoz képest):

$$C = \frac{Q}{U}$$

Mértékegysége: $C/V=F$

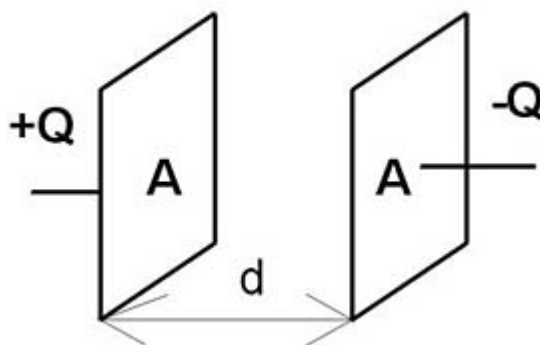
Síkkondenzátor homogén elektromos mezőt hoz létre, melynek térerőssége

$$E = U/d,$$

kapacitása vákuumban

$$C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d},$$

ahol a lemezek távolsága d , felülete A .



Sorba kapcsolt kondenzátorok eredő kapacitása

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2},$$

párhuzamosan kapcsoltaké:

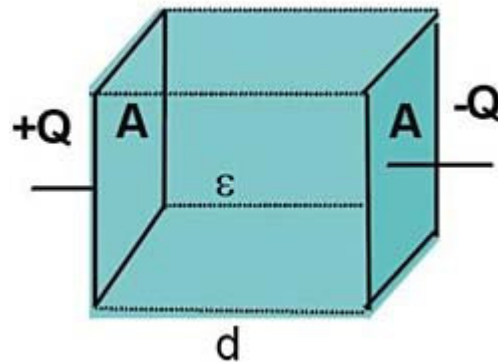
$$C = C_1 + C_2.$$

Szigetelővel töltött kondenzátor kapacitása:

$$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$

ahol ε a permittivitás.

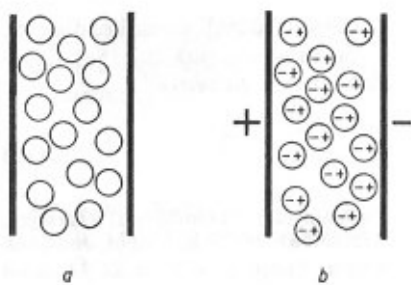
Tehát a kapacitás $\varepsilon/\varepsilon_0 = \varepsilon_r$ -szorosára nő, ahol ε_r a relatív permittivitás (dielektromos állandó).



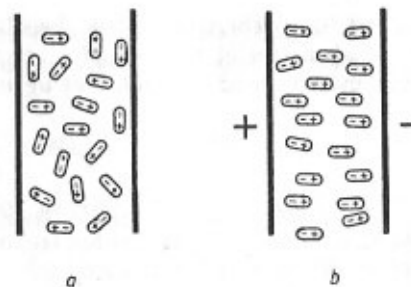
A kapacitás növekedése a feszültség csökkenését jelenti azonos Q mellett.

Miért csökken a feszültség a kondenzátor fegyverzetei között? A szigetelő részecskéinek orientációja és polarizálódása következtében.

ÁBRA: Budó: Kísérleti Fizika II.



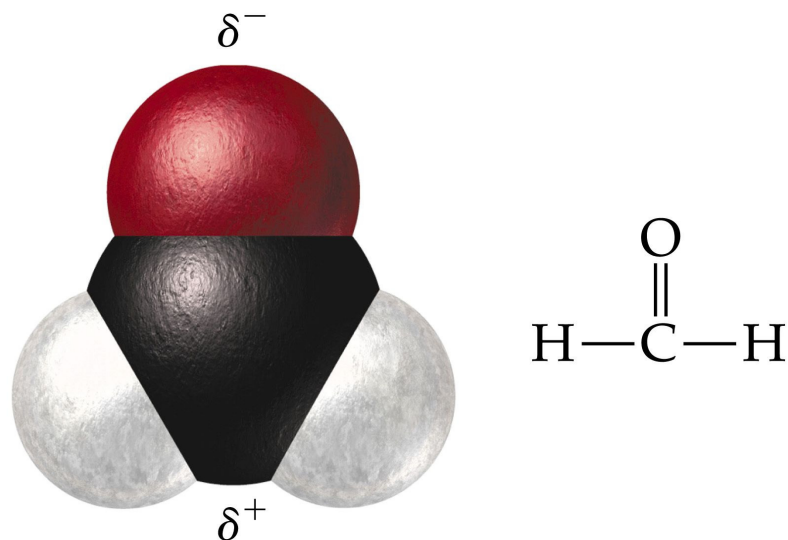
165,1. ábra



165,2. ábra

Elemi dipólusok

A dielektrikumok részecskéiben, molekuláiban a pozitív és negatív töltéshordozó elemi részecskék súlypontjai gyakran nem esnek egybe, ekkor mikroszkopikus szinten jön létre töltésszétválás. Parciális pozitív és parciális negatív töltéssel jellemezhetők a molekulák.



Dipólusnyomaték

A töltésszétválás mértékét jellemzi a dipólusmomentum, mely a töltés nagyságának és a töltések súlypontjai távolságának szorzata.
Vektormennyiség!

Jele: μ , mértékegysége Cm. Nem SI mértékegysége a debye, D.

1 debye = $3,34 \cdot 10^{-30}$ Cm.

A gázfázisú vízmolekulák dipólusmomentuma 1,86 D.

Polarizálhatóság

Elektromos térben dipólusmomentummal nem rendelkező molekulák esetén is létrejön az ún. indukált dipólusmomentum. Nagyon leegyszerűsítve az indukált dipólusmomentum vektor arányos a molekulára ható térerősséggel, az arányossági tényező a molekula polarizálhatósága (α).

Mértékegysége: $\text{C}^2\text{m}^2\text{J}^{-1}$