

9. IDŐBEN ÁLLANDÓ ERŐTEREK

ELEKTROMOS MEZŐ

- Amikor két test elektromosan hat egymásra, valójában a töltések körül kialakult elektromos mezők hatnak a testekre. (Coulomb törvény)
- Térerősség: $[E] = \frac{N}{C}, \frac{V}{m}$

- Az elektromos mezőt jellemezhetjük a behelyezett elektromos töltésű részecskére kifejtett erőhatás segítségével. A sztatikus elektromos térbe behelyezett próbatöltésre ható erő (F) és a próbatöltés (q) hányadosa állandó, a mezőre jellemző mennyiség.

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

- **Vektormennyiség:**
 - iránya mindig megegyezik a pozitív töltésű próbatestre ható erő irányával.
 - Az elektromos mezőt gyakran szokták **erővonalakkal** szemléltetni.
 - Az erővonalak érintője mindenütt olyan irányú, mint a térerősség
 - **sűrűségük (fluxus)** pedig egyenesen arányos a térerősség nagyságával.
 - Fluxus: $\psi = E_n \cdot A$
 - E_n az E térerősség A felületre merőleges összetevője → A térerősséggel párhuzamos felület fluxusa zérus!
- Ha Q pozitív, az erővonalak sugárirányban kifelé indulnak belőle, ha negatív, akkor a test felé mutatnak.
- vezető belsejében a térerősség zérus! → Faraday-kalitka (árnykolás)
- vezető felületén a térerősség merőleges a felületre

- Feszültség: $[U] = V$
 - Az elektromos mezőben egy töltött test A-ból B-be történő átvitele közben a mező ellenében végzett munka és az átvitt töltésmennyiség hányadosa B pont A-hoz viszonyított **feszültsége**

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$$

- A feszültség előjeles mennyiség, U_{AB} feszültség pozitív, ha az A pontból B pontba elmozduló pozitív próbatöltésen a mező pozitív munkát végez, vagyis ha a térerősség az AB szakasszal 90° -nál kisebb szöget zár be

$$U = E \cdot d \cdot \cos\alpha$$

- Az erőterek **konzervatívak**, egy próbatöltésen végzett **munka független az úttól**, vagyis súrlódásmentes környezetben a benne Q próbatöltésen körút mentén végzett munka 0-val egyenlő, valamint az erőtér két pontja között bármilyen útvonalon végzett munka megegyezik.
- **Potenciál:** pontonként jellemzi a mezőt, számértékben megadja az egységnyi pozitív próbatöltés elektromos helyzeti energiáját a zérus potenciálú helyhez viszonyítva. (végtelen távoli pont/földelés)
 - Fém tárgyaknak a földdel való vezető összeköttetését **földelésnek** nevezzük. Ekkor a fém földpotenciálon van.
 - A földelést úgy valósítják meg, hogy egy széles fémlemez juttatnak a talajba olyan mélyre, ahol a föld állandóan nedves, így biztosítják a jó vezetést.
 - A földelendő tárgyakat ehhez a lemezhez csatlakoztatják fémesen.
 - A földelő vezeték jelzésére a zöld-sárga színt használják.
- Az elektromos mező bármely két pontja közti feszültség egyezik a két pont

- potenciáljának különbségével.
- Az ekvipotenciális felületek az elektromos mezőben olyan felületek, amelyek mentén a potenciál állandó, pontjaik közt tehát nincs feszültség. Potenciál szerint jellemzik a mezőt, energiaszinteket mutatnak.
 - Az erőtereket (mezőket) két típusra oszthatjuk fel:
 - Homogén mező:
 - Homogén mezőnek nevezzük két lap alakú elektróda között létrejövő erőteret.
 - Az erőteret a lapok között kialakuló párhuzamos erővonalú erőterszerkezet jellemzi.
 - Ilyen mező jellemzően a kondenzátor lemezei (fegyverzet) jön létre.
 - A kondenzátorok jellemző tulajdonsága a kapacitás: $[C] = F$ (farad)
 - jelentése, hogy egy adott testre mennyi töltést kell felvinni egységnyi elektromos potenciál eléréséhez ($C=Q/U$).
 - A kapacitás vezetőre jellemző állandó érték, két test közül annak nagyobb a kapacitása, amelyre több töltést kell vinni ugyanakkora potenciál eléréséhez.
 - A két vezetőből és a köztük lévő szigetelőből álló rendszert kondenzátornak nevezzük.
 - Ha a fegyverzetek egymással párhuzamos síklapok, síkkondenzátornak nevezzük.
 - A kondenzátor kapacitásán az egyik fegyverzet töltésének és a fegyverzetek közötti feszültségnek a hányadosát értjük.
 - Kondenzátorok kapacitását a következő képlettel is kiszámíthatjuk:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$
 - ahol ϵ_r a szigetelő réteg relatív dielektromos állandója, Az A lemezek területe, d a köztük lévő távolság.
 - Az ekvipotenciális vonalak (azok a vonalak, amelyek mentén a két elektród között azonos a munkavégző-képesség) a homogén mezőben a két lemez között a lemezekkel párhuzamosak.
 - Inhomogén mező:
 - Az inhomogén mező a pontszerű töltésekre jellemző.
 - A töltés körül az ekvipotenciális vonalak Q középpontú gömbhéj mentén helyezkednek el, ezért a térerősség d^2 -el arányos (Q ponttól való távolság)
 - Q töltésből induló összes erővonal száma: $\Psi = \frac{Q}{\epsilon_0}$

MÁGNESES MEZŐ:

- A mágneses mező forrása lehet mágnes vagy elektromos áram (áramjárta vezető, elektromágnes).
 - tekercs \rightarrow vasmag \rightarrow relé, csengő, automata biztosíték, hangszóró, elektromágnes
- a mágneses mező örvényes
- a mágnesek egymásra és a vastárgyakra is erőt gyakorolnak
- legerősebb hatást kifejti \rightarrow pólus
- egyforma pólusok taszítják, különbözőek vonzzák egymást
- **mágneses megosztás:** mágnes közelébe vitt vastárgy mágnesként viselkedik, a avasban kis rendezetlen mágneses tartományok rendeződnek, így mágneses dipólusként viselkedik
- a lágyvas elveszíti a mágnesességét
- Egy vas- vagy acéltárgy tartósan felmágneseződhet, ha hosszabb ideig van mágneses

térben.

- a patkómágnes szárai közt jó közelítéssel homogén mező található
- A **mágneses pólusok** nem választhatók el egymástól (hiába darabolunk fel állandó mágneset vagy elektromágneset, mindig kétpólusú mágneseket kapunk).
 - Ezért a mágneses mező vizsgálatára mágneses dipólust alkalmazunk, az erre kifejtett forgatónyomaték segítségével jellemezzük a mágneses mező erősségét.
 - Vizsgáló dipólusként árammal átjárt lapos tekercset, **magnetométert** alkalmazunk.
 - Mérések szerint egy mágneses mező adott pontjában a magnetométerre ható maximális forgatónyomaték (M_{\max}) egyenesen arányos a magnetométeren folyó áram erősségével (I), a magnetométer területével (A), menetszámával (N), és függ a mágneses mező erősségétől:

$$M_{\max} = B \cdot N \cdot I \cdot A$$

- Mágneses indukció: $[B] = \frac{V \cdot s}{m^2} = T$ (teszla).
 - A **mágneses mező erősségét** jellemző B arányossági tényezőt **mágneses indukciónak** nevezzük.
 - A mágneses indukció vektormennyiség.
 - Egy mágneses mező egyes pontjaiban a mezőt a mágneses tér erősségét jellemző \underline{B} mágneses indukcióvektorral jellemezzük.
 - Megállapodás szerint a tér egy adott pontjában a mágneses indukció irányát az odahelyezett, egyensúlyban lévő mágneses dipólus mutatja.
 - A mágneses mező szemléletes jellemzésére szolgálnak a mágneses indukcióvonalak.
 - Megállapodás szerint:
 - - az indukcióvonalak érintőjének iránya megegyezik a mágneses indukcióvektor irányával;
 - - az indukcióvonalakra merőleges egységnyi felületen az indukcióvonalak száma egyenlő a mágneses indukció számértékével.
 - Egy mágneses mezőben lévő A felületre jellemző a rajta áthaladó indukcióvonalak száma, amelyet a felület **mágneses fluxusának** nevezünk. $[\varphi] = \text{Wb}$ (weber)
 - Homogén mezőben a B mágneses indukció irányára merőleges A felület fluxusa:
- Ha a mágneses indukció nem merőleges a felületre, akkor az indukcióvektor felületre merőleges összetevőjével kell számolni a fluxust.
- tekercsben a mágneses indukció: (jobbkez-szabály) (μ_r – a vasmagos tekercs permeabilitása)

$$\varphi = B \cdot A$$

- körvezető mágneses indukciója: (jobbkez-szabály)

$$B = \mu_0 \frac{I}{2R}$$

- hosszú egyenes vezető indukciója: (r - vezetőtől mért távolság) (jobbkez-szabály)

$$B = \mu_0 \frac{I}{2r\pi}$$

- Ampère törvénye:

- Homogén mágneses mezőben az áram járta vezetőre akkor hat max. erő, ha a mágneses mező merőleges a vezetőre. Az erő merőleges a mező és a vezető által alkotott síkra. (jobbkez-szabály)
 - Ha az áram merőleges a mágneses tér irányára, a vezetőre ható erő (F) nagysága egyenesen arányos az áramerősséggel (I) és a mezőben levő vezető hosszával (l).

$$F = B \cdot I \cdot l$$

- Lorentz-erő: (a mágneses mező által a mozgó töltésre kifejtett erő)
 - pl.: a Napból töltött részecskék felcsavarodnak a Föld mágneses indukciójára, a katódsugárcsőes tégely

$$F = B \cdot Q \cdot v \leftarrow \text{mert } I = \frac{Q}{t} \text{ és } l = v \cdot t$$

- **Hans Oersted** dán professzor (1820) → **kapcsolat elektromos és a mágneses jelenségek között**

GRAVITÁCIÓS MEZŐ:

- A gravitációs mezőt az **általános tömegvonzás** elmélete támasztja alá.
- Az általános tömegvonzás elméletét Newton 1687-ben megjelent könyvében írta le. Gondolatmenete arra a feltevésre épült, hogy bármely két test között fellép-kölcsönös vonzóerővel jellemezhető- gravitációs kölcsönhatás.
- a gravitációs erő csak vonzásban nyilvánul meg, egyetemes, minden részecskére hat
- a legkisebb tömegű testek is rendelkeznek gravitációs térrel → Cavendish-inga, Eötvös-inga
- az ismert kölcsönhatások közül is a leggyengébb
- nagy távolságra hat (csillagok)
- (gravitációs hullámok)
- Két pontszerű test között a gravitációs vonzóerő egyenesen arányos a kölcsönhatásban részt vevő testek tömegeivel, és fordítottan arányos a közöttük lévő távolság négyzetével:

$$F_g = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

- **A Cavendish-kísérlet:**

- **Henry Cavendish** 1797-98-ban **mérte meg a γ gravitációs állandót** - ez a Newton-féle gravitációs törvényben szereplő egyetemes természeti állandó.
- Cavendish eszköze egy torziós inga, más néven torziós mérleg volt. Vékony rugalmas szál felső végét befogják, az alsó végére pedig egy vízszintes rúd kerül.
- A vízszintes rúd végeihez m tömegű ólomgolyók csatlakoznak. Az m tömegű ólomgolyókat maguk felé vonzzák a közelükbe vitt M tömegű ólomgömbök, ami miatt a rúd egy kissé elfordul, a felfüggeszthető huzal rugalmasan elcsavarodik.
- A huzal elcsavarodásának mértékéből az m és M tömegű testek között fellépő gravitációs erő forgatónyomatékára lehet következtetni. Az eredmények alapján nemcsak a tömegvonzási törvény Newton által megjósolt alakja igazolható, hanem a gravitációs állandó is kiszámítható.