MECHANIKA – KINEMATIKA

(1. HÉT)

Bevezetés

- Mértékegységek:

  Ki tudná felsorolni a hét SI alapegységet?

hosszúság	m
tömeg	kg
idő	s
el. áramerősség	A
hőmérséklet	K
anyagmennyiség	mol
fényerősség	cd

A többi mind származtatott egység ($\frac{m}{s}$, N, V, J...)

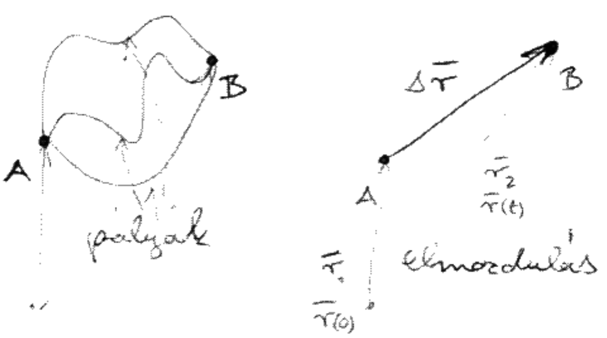
A mechanikai mozgás

Alapfogalmak:

mozgás: hely- vagy helyzetváltoztatás

Pontszerű testnél csak helyváltoztatás, azaz a hely függése az időtől.

Amikor helyről vagy mozgásról beszélünk, mindig egy vonatkoztatási rendszerben vizsgálódunk.



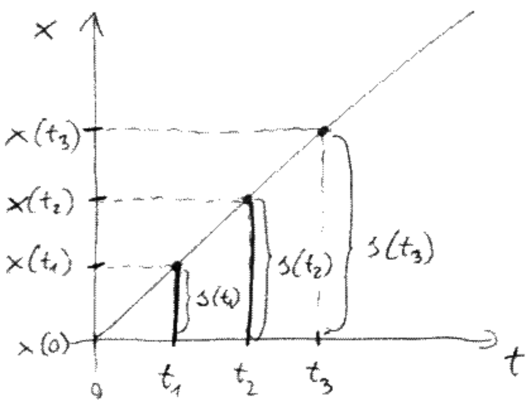
út: egy adott pálya hossza

elmozdulás: a kiindulási pontból a végpontba mutató vektor

Egyenes vonalú egyenletes mozgás

Egyenes vonalú → egy dimenziós : $x(t)$

Egyenletes : a megtett út egyenesen arányos az eltelt idővel

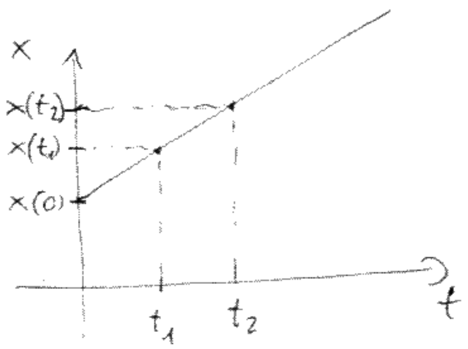


x : pozíció

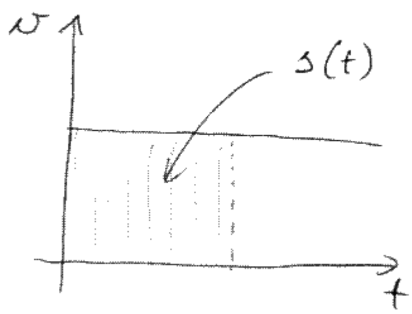
s : megtett út

$$s(t) = v \cdot t$$

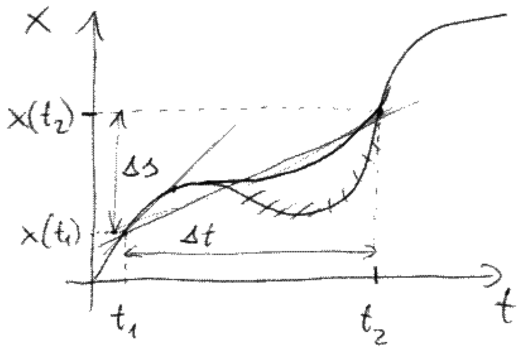
$$x(t) = x(0) + v \cdot t$$



Sebesség : arányossági tényező



Egyenes vonalú változó mozgás



Átlagsebesség:

$$\overline{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

ha $\Delta t \to 0$ ⇒ pillanatnyi sebesség

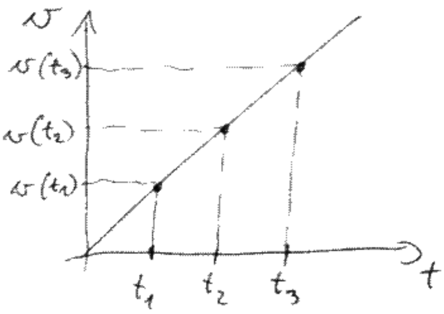
$$v(t)$$

Ha $v(t) =$ konst. , akkor egyenletes a mozgás

Ha $v(t) \neq$ konst. , akkor változó

Egyenes vonalú egyenletesen változó mozgás

A pill. sebesség egyenesen arányos az eltelt idővel.



$$v(t) = a \cdot t$$

ha $v(0) \neq 0$, akkor

$$v(t) = v(0) + a \cdot t$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

a : gyorsulás

ha $a(t) =$ konst., akkor egyenletesen változó mozgás

Az átlagsebesség (nulla kezdősebesség esetén):

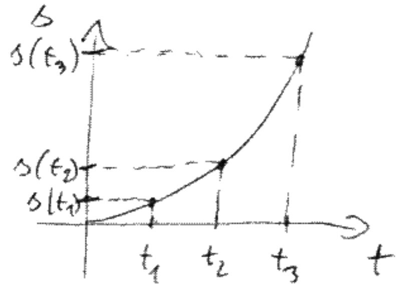
$$\bar{v} = \frac{v_2 + v_1}{2}$$

$$\overline{v(t)} = \left.\frac{v(t) + v(0)}{2}\right|_{v(0)=0} = \frac{v(t)}{2} = \frac{a}{2} \cdot t$$

$$\overline{v(t)} = \frac{a}{2} \cdot t$$

A megtett út (nulla kezdősebr.)

$$s(t) = \overline{v(t)} \cdot t = \frac{a}{2} \cdot t^2$$



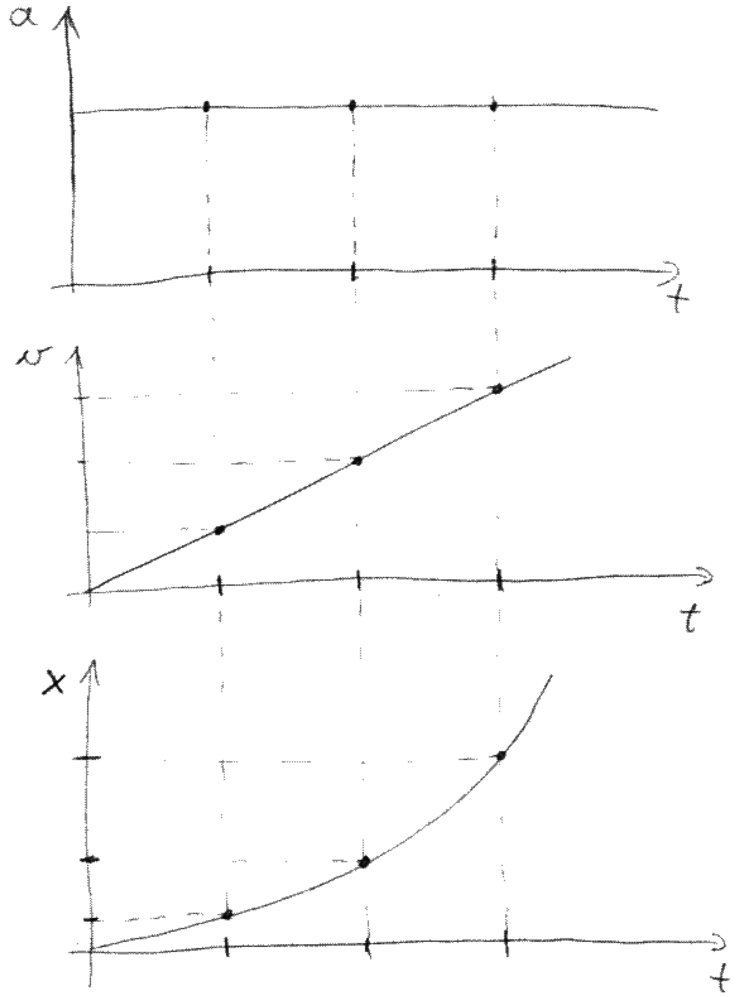
Ha $v(0) \neq 0$:

$$s(t) = v(0) \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$$

A pozíció (általános eset):

$$x(t) = x(0) + v(0) \cdot t + \frac{a}{2} \cdot t^2$$

Példa: Mozgás légtérben, szabadesés ($a = g = 9{,}81 \frac{m}{s^2}$)



kitekintés

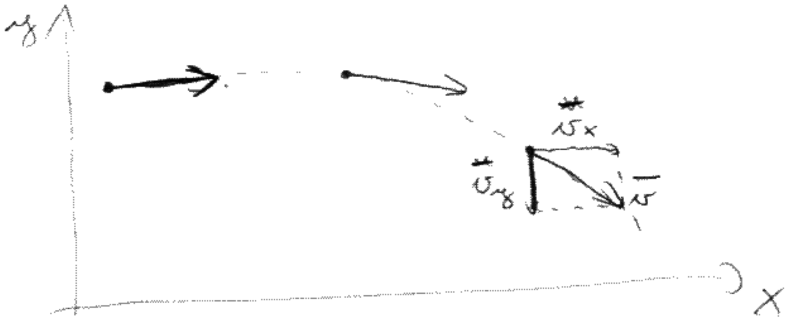
$a(t) = \text{konst}$ $\quad (x''(t))$

$v(t) \sim t$ $\quad (x'(t))$

$x(t) \sim t^2$

Vízszintes hajítás

Már nem egyenes vonalú mozgás.
A mozgás síkban történik. Sebességvektor.
A test mozgása két komponensből tevődik össze.



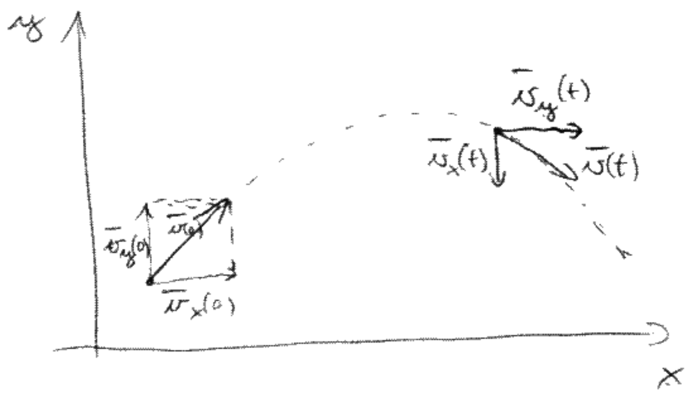
Vízszintes: egyenletes

Függőleges: szabadesés (egyenletesen változó)

$v_x(0) \neq 0$

$v_y(0) = 0$

Ferde hajítás



$v_x(0) \neq 0$

$v_y(0) \neq 0$

$\bar{v}(t) = \bar{v}_x(t) + \bar{v}_y(t)$

$v(t) = \sqrt{v_x^2(t) + v_y^2(t)}$

FIZIKA FELKÉSZÍTŐ 2008.09.15

2. HÉT

DINAMIKA (1)

A dinamika alaptörvényei (Newton axiómák)

NEWTON I.:

Inerciarendszerben a testek állandó mozgásállapotának fenntartásához semmilyen belső vagy külső hatásra nincs szükség.

– másképpen – Van olyan vonatkoztatási rendszer, melyben minden test megtartja ~~egyenes vonalú egyenletes~~ nyugalmi állapotát vagy egyenes vonalú egyenletes mozgását, ha annak megváltoztatására egy másik test vagy mező nem kényszeríti.

– Tehát az ~~egyenletes ...~~ állandó mozgásállapot csak inerciarendszerben marad fenn. Ugyanakkor a vonatkoztatási rendszer csak akkor tekinthető inerciarendszernek, ha az egy állandó mozgásállapotú testhez van rögzítve.

A tehetetlenség mértéke a tömeg: m [kg]

A mozgásállapotot jellemző mennyiség a lendület (impulzus):

$\boxed{\underline{I} = m \cdot \underline{v}}$ (vektormennyiség)

Az impulzusmegmaradás elve:

Az egymásnak ütköző testek lendületeinek vektori összege állandó.

– másképpen –
Az ütközés során bekövetkező összes lendületváltozás összege zérus.

$$\sum_{i=1}^{n} \underline{I}_i = \text{állandó}$$

$$\Delta \underline{I}_i = m_i (\Delta \underline{v}_i)$$

$$\sum_{i=1}^{n} \Delta \underline{I}_i = 0$$

A mechanikai kölcsönhatást jellemző mennyiség az erő: $\underline{F}$ (vektor)

$$\boxed{[F] = kg \cdot \frac{m}{s^2} = N}$$

A test mindenkori lendületváltozási sebessége egyenlő a testre a kérdéses időpillanatban ható erővel:

$$\underline{F} = \frac{\Delta \underline{I}}{\Delta t}$$

$$\underline{F} = \frac{m \cdot \Delta v}{\Delta t}$$

$$\underline{F} = m \cdot \underline{a}$$

NEWTON II.

Egy pontszerű test "a" gyorsulása egyenesen arányos a testre ható, a gyorsulással azonos irányú "F" erővel és fordítottan arányos a test "m" tömegével.

NEWTON III.

Két test kölcsönhatása egyidejűleg fellépő, egymással egyenlő nagyságú, de ellentétes irányú erőkkel jellemezhető.

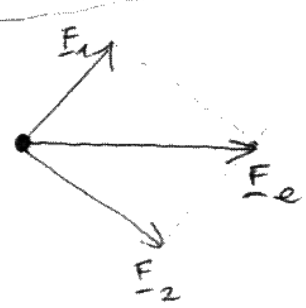
$$\boxed{\underline{F}_{ható} = -\underline{F}_{visszaható}}$$

– vagy –

Ha egy testre egy másik test F erővel hat, akkor a második test az első testre ugyanakkora nagyságú, fordított irányú ellenerővel hat.

NEWTON IV.

A vizsgált testre egy időben ható erők együttes hatása egyenértékű a vektori összegükkel egyenlő erő hatásával.



$$\sum \underline{F} = m \cdot \underline{a}$$

„Erőfajták"

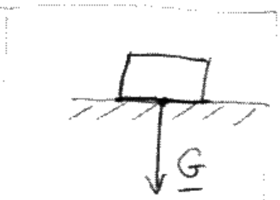
Nehézségi erő:

$$\underline{F} = m \cdot \underline{g}$$

A gravitáció miatt fellépő, a test minden térfogatelemében jelentkező térfogati erő

Súly:

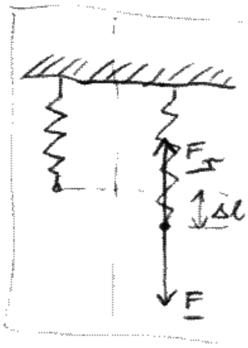
$$\underline{G} = m \cdot \underline{g}$$



A súly a gravitációból származó felületi erő.
A testek szabadon eső állapotában nincs értelme súlyukról beszélni.

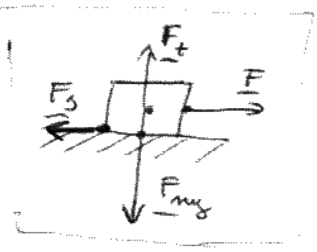
Rugóerő:

$F_r = D \cdot \Delta l$, ahol D a rugóállandó (rugómerevség) $\left([D] = \frac{N}{m}\right)$



Súrlódás:

$$F_s = \mu F_{ny}$$



Csúszási súrlódás: μ
Tapadási súrlódás: μ_0
Gördülési súrlódás: μ_g

$$\mu_0 > \mu \gg \mu_g$$

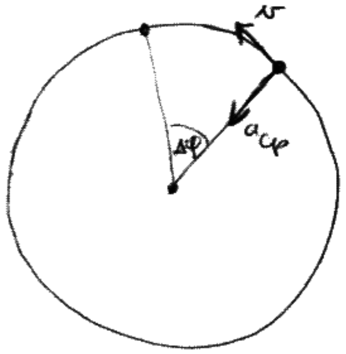
FIZIKA ELŐKÉSZÍTŐ 2008. 09. 22

3. HÉT

DINAMIKA (2)

- Körmozgás kin. és din.
- Merev testek forgómozg.
- Gravitációs kölcsönhatás.
- Harmonikus rezgőm.

1. Körmozgás



~~Egyenletes körmozgás:~~

~~v = áll. kerületi seb. $\left[\frac{m}{s}\right]$~~

~~$i = i_0 + v t$ befutott ívhossz [m]~~

~~$\omega = \frac{\varphi}{t}$ szögsebesség $\left[\frac{1}{s}\right]$~~

~~$\Delta\varphi$ szögelfordulás~~

~~$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ szögsebesség $\left[\frac{1}{s}\right]$~~

~~$\omega = \frac{2\pi}{T}$~~

~~Egyenletes körmozgás:~~

~~$a_é$ = állandó érintő irányú gyorsulás~~

~~$v_t(t) = v_0 + a_é t$ kerületi sebesség~~

~~$i = i_0 + v_0 t + \frac{a_é}{2} t^2$ befutott ívhossz~~

Egyenletes körmozgás:

v = áll. kerületi seb. $\left[\frac{m}{s}\right]$ $\quad v = \frac{\Delta i}{\Delta t} = \frac{2\pi \cdot r}{T}$

$i = i_0 + v t$ befutott ívhossz [m]

T periódusidő

$f = \frac{1}{T}$ frekvencia

$\Delta\varphi$ szögelfordulás [rad]

$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ szögsebesség

$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$

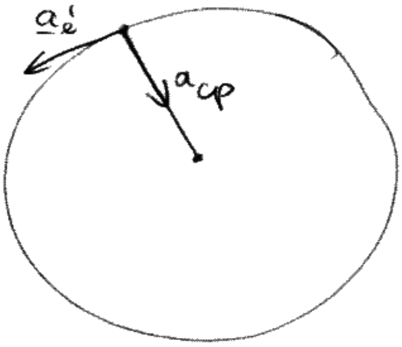
$\omega = \frac{v}{r}$

$a_{cp} = v \cdot \omega = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$ centripetális gy.

Egyenletesen változó körmozgás

Két gyorsulás - komponens

a_{cp} ; $a_{é}$



$$v_t = v_0 + a_{é} \cdot t$$

$$i = v_0 t + \frac{a_{é}}{2} \cdot t^2$$

$$a_{é} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

A szögsebesség is változik:

$$\beta = \frac{\Delta \omega}{\Delta t}$$

$$\omega_t = \omega_0 + \beta t$$

$$\varphi_t = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\beta}{2} \cdot t^2$$

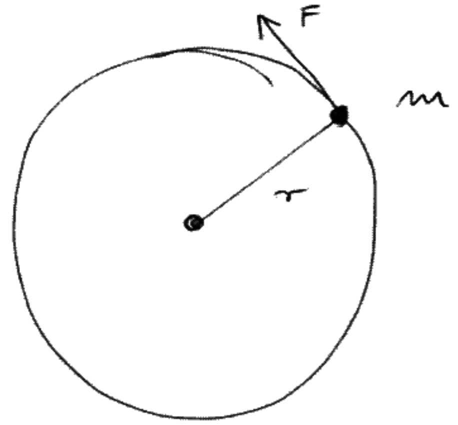
$$i = \varphi \cdot r$$

$$v = \omega \cdot r$$

$$a_{é} = \beta \cdot r$$

2. A körmozgás dinamikája

A testet érintőirányban az F erő gyorsítja. Az erő forgató hatása a forgatónyomaték.



$$M = F \cdot r$$

$$F = m \cdot a_{é} = m \cdot \beta \cdot r$$

$$\frac{M}{r} = m \cdot r \cdot \beta$$

$$M = m \cdot r^2 \cdot \beta$$

$$M = \Theta \cdot \beta \quad (\text{NEWTON II})$$

Θ: tehetetlenségi nyomaték

pontszerű testre $\Theta = m \cdot r^2$

3. Merev testek forgó mozgása

Merev test: kiterjedt test, amelynek alakváltozásai a ráható külső erők következtében elhanyagolhatók.

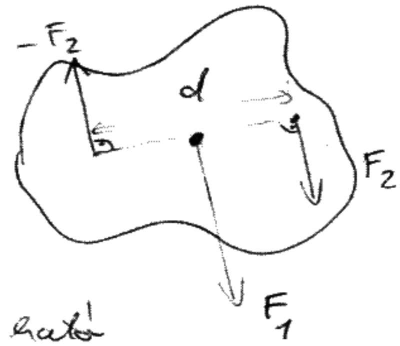
Merev test tömegközéppontja:

A m.t. tömegközéppontja úgy mozog, mintha teljes tömege ebbe a pontba volna sűrítve és a testre ható külső erők vektori összege ezt a (képzelt) pontszerű testet gyorsítaná.

F_1: a testet gyorsítja

$F_2, -F_2$: a testet forgatja

$M = d \cdot F_2$



Általában bármely merev testre ható tetszőleges erőrendszer redukálható egy
- erőre, amely a tkp. haladó mozgását, és egy
- erőpárra, amelynek forgatónyomatéka a m. test forgását szabja meg.

A merev testek forgásállapotukra nézve is tehetetlenek. Ezt fejezi ki a tehetetlenségi nyomaték.

$\sum M = \Theta \cdot \beta$ itt is érvényes.

A perdület:

$N = \Theta \cdot \omega$ $\left(M = \frac{\Delta N}{\Delta t} \right)$

A perdületmegmaradás: zárt mechanikai rsz. összes perdülete állandó

$\sum N_i =$ állandó

$\sum \Delta N_i = 0$

④ Gravitációs kölcsönhatás

$$F_g = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}, \text{ ahol } \gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$$

(gravitációs állandó)

Pl. a Föld esetében:

$M = 6 \cdot 10^{24}\ kg$

$R = 6370\ km$

$$F_g = \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{R^2}$$

~~A grav. gyorsulás~~ m test grav. gyorsulása:

$$g = \frac{F_g}{m} = \gamma \cdot \frac{M}{R^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \left[\frac{Nm^2}{kg^2}\right] \cdot \frac{6 \cdot 10^{24}\ [kg]}{(6370 \cdot 10^3)^2\ [m^2]} =$$

$$= \underline{9{,}86 \cancel{\left[\frac{N}{kg}\right]} \frac{m}{s^2}}$$

$$\left[\frac{N}{kg}\right] = \left[\frac{\cancel{kg}\ \frac{m}{s^2}}{\cancel{kg}}\right]$$

⑤ Harmonikus rezgőmozgás

Származtatás a körmozgásból:

Körmozgás	Harm. rezgőmozgás
sugár (r)	amplitúdó (A)
periódusidő (T)	periódusidő (T)
frekvencia (f)	frekvencia (f)
szögsebesség (ω)	körfrekvencia (ω)
elfordulási szög (φ)	fázisszög (φ)

Kitérés, sebesség, gyorsulás időfüggvénye:

$$y(t) = \cancel{A \cdot \sin\varphi} = A \cdot \sin\omega t$$
$$v_{y} = \cancel{v \cdot \cos\varphi} = A \cdot \omega \cdot \cos\omega t$$
$$a_{y} = \cancel{a_{cp} \cdot \sin\varphi} = -A\omega^2 \cdot \sin\omega t$$

$$v_y = \omega\sqrt{A^2 - y^2}$$
$$a_y = -\omega^2 y$$

Példa harmonikus rezgőmozgásra:

Rugóra akasztott test kitérítve nyug. helyzetéből

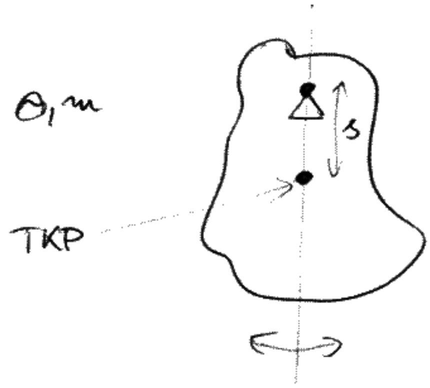
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$$

Matematikai inga

$\varphi < 5^\circ$

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

Fizikai inga



$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\Theta}{m g s}}$$

FIZIKA FELKÉSZÍTŐ

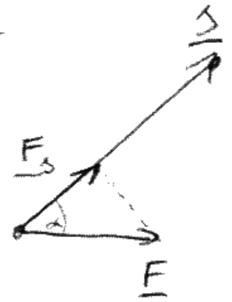
4. HÉT

A munka

$W = F \cdot s$ ha egy vonalba esnek

$W = \underline{F} \cdot \underline{s}$ (skalárszorzat)

$[W] = \left[1 kg \cdot \frac{m^2}{s^2}\right] = \{1 J\}$



$W = F \cdot s \cdot \cos\alpha$

Az erőnek mindig csak az elmozdulással egyirányú komponense végez munkát.

A teljesítmény:

A munkavégzés „sebessége".

$$\overline{P} = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad \text{átlagteljesítmény}$$

$$\overline{P} = \frac{F \Delta s}{\Delta t} = F \cdot \overline{v}$$

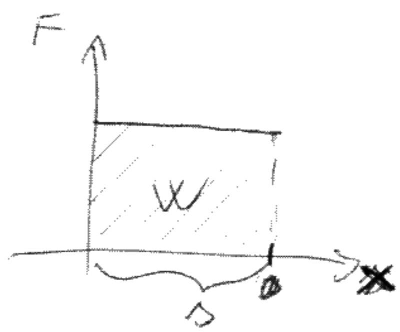
$P = F \cdot v$ pillanatnyi teljesítmény

$$[P] = 1\,\frac{J}{s} = 1\,W$$

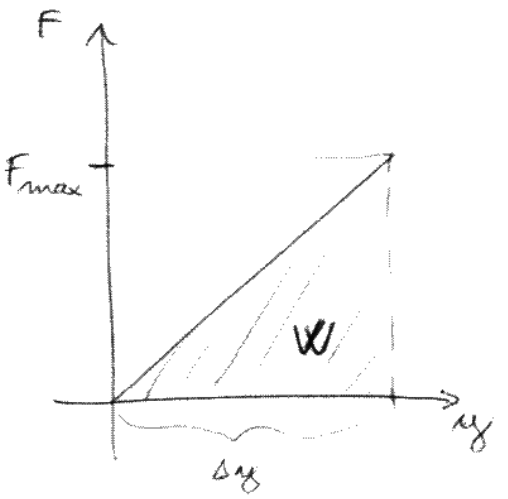
A munkavégzés fajtái:

1. Gyorsítási munka (állandó erő)

$W = F s = m \cdot a \cdot s$



2. Rugó megfeszítése



$$\cancel{W = \frac{1}{2} D(\Delta y)^2}$$

$$\cancel{F = D \cdot \Delta y}$$

$$F_0 = 0$$

$$F_{max} = D \cdot \Delta y$$

$$W = \frac{F_{max} \cdot \Delta y}{2}$$

$$\boxed{W = \frac{1}{2} D(\Delta y)^2}$$

A mozgási ~~energia~~ (kinetikus) energia

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$ | Forgómozgás: $E_{kin} = \frac{1}{2} \Theta \omega^2$

Mech. Energiamegmaradás törvénye:

Az egymással rugalmasan ütköző testek mozgási energiáinak összege állandó.

$$\sum E_{kin} = \text{állandó}$$

$$\sum \Delta E_{kin} = 0$$

Munkatétel

Egy test mozgásienergia-változása egyenlő a külső erők eredője által a testen végzett munkával.

$$\Delta E_{kin} = W$$

Potenciális (helyzeti) energia

Gravitációs mező munkavégző képessége az adott testen.

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot h$$

A mech. energiamegm. törvénye gravitációs mezőben:

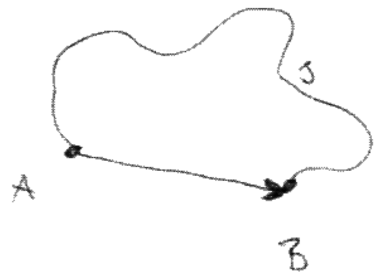
$$E_{pot} + E_{kin} = \text{állandó}$$

$$\Delta E_{pot} + \Delta E_{kin} = 0$$

Konzervatív és disszipatív erők

1. Azok az erők, amelyek munkája adott kezdeti és véghelyzet között független a pálya alakjától, konzervatív erők. (pl. gravitáció, rugó)
   ~~A mech. energia megma~~
2. Azokat az erőket, amelyek munkáját a ténylegesen befutott út hossza határozza meg, disszipatív erőknek nevezzük. (pl. súrlódás, közegellenállás)

A mechanikai energia megmaradásának törvénye csak konzervatív erőkkel jellemezhető mechanikai kölcsönhatásokra érvényes.

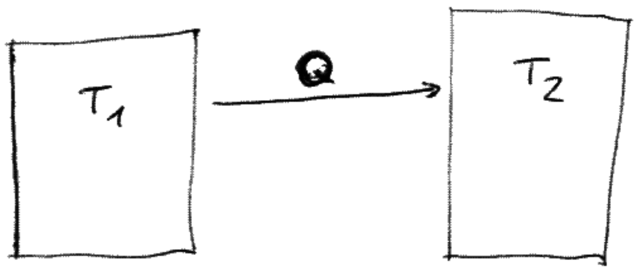


FIZIKA FELKÉSZÍTŐ

5. HÉT

HŐTAN I (Termodinamika)

1. Termikus kölcsönhatás



$T_1 > T_2$

Q: hőmennyiség, ami az energiaközlés egyik formája ($[Q] = J$)

Belső energia: egy ~~[illegible]~~ rendszer összes energiatartalma

A hőközlés megváltoztatja egy rendszer belső energiatartalmát.

Hőmérsékleti skálák:

- Celsius : °C
- Kelvin : K

$273 K = 0 °C$

2. A termodinamika I. főtétele (energiamegmaradás törv.)

Egy rendszer belső energiájának megváltozása a vele közölt hőmennyiség és a rajta végzett munka összege.

$$\boxed{\Delta E_b = Q + W}$$

A termodinamika II. főtétele

A természetben nincs és egyetlen géppel sem hozható létre olyan folyamat, amelyben hő önként, külső munkavégzés nélkül hidegebb testről melegebbre menne át.

Másképpen:

A természetben nincs és egyetlen géppel sem hozható létre olyan folyamat, amelynek során egy test hőt veszít és ez a hő egyéb változások nélkül teljes egészében, 100%-os hatásfokkal munkává alakulna át.
(Nem létezik másodfajú perpetuum mobile)

A termodinamika III. főtétele

A nulla kelvin hőmérséklet a gyakorlatban nem érhető el.

(3) Hőkapacitás

Ha egy hőtani rendszerrel hőt közlünk hőmérséklet változás jön létre. Ennek mértékét adja meg a ~.

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad \left[\frac{J}{K}\right] \qquad Q = C \cdot \Delta T$$

Fajlagos hőkapacitás (fajhő)

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \quad \left[\frac{J}{kg\,K}\right]$$

Tömegegységre vonatkoztatott hőkapacitás

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

Moláris hőkapacitás (molhő)

$$C_M = \frac{Q}{n\,\Delta T} \quad \left[\frac{J}{mol\,K}\right]$$

1 mólnyi anyagra vonatkoztatott hőkapacitás

(1 mól anyag: $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ db részecske)

$$Q = C_M \cdot n \cdot \Delta T$$

4. Hőtágulás

$$\Delta V = \beta \cdot V_0 \cdot \Delta T$$

$$V_T - V_0 = \beta \cdot V_0 \Delta T$$

$$\boxed{V_T = V_0 (1 + \beta \cdot \Delta T)}$$

β: térfogati hőtágulási együttható

Ha a test hossza sokkal nagyobb a keresztmetszeténél:

α: lineáris hőtágulási együttható

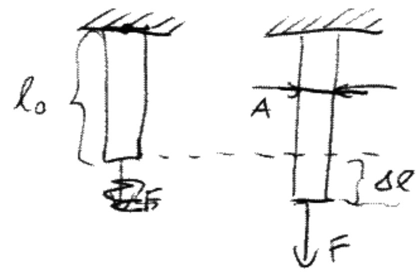
$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \qquad 3\alpha \approx \beta$$

$$\boxed{l = l_0 (1 + \alpha \Delta T)}$$

5. Szilárdtestek rugalmas nyújtása/összenyomása

$$F = E \cdot A \cdot \frac{\Delta l}{l_0}$$

$$\Delta l = \frac{F \cdot l_0}{E \cdot A}$$



ahol

- F: erő
- A: keresztmetszet
- Δl: megnyúlás
- l_0: kezdeti hossz
- E: Young-modulus $\left[\frac{N}{m^2}\right]$

Átrendezve:

$$\frac{F}{A} = E \cdot \frac{\Delta l}{l_0}$$; új jelölések: $\sigma = \frac{F}{A}$ (mech. feszültség)

$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ (relatív megnyúlás)

$$\boxed{\sigma = E \cdot \varepsilon}$$

FIZIKA FELKÉSZÍTŐ

6. HÉT

Az ideális gáz:

A gázok egyszerűsített ~~...~~ fizikai modellje

- A gázmolekulák saját térfogata elhanyagolható a gáz által betöltött térfogathoz képest.
- A gázmolekulák egymásra sem vonzó, sem taszító hatást nem fejtenek ki (az ütközésektől eltekintve)
- A gázmolekulák egymással ill. az edény falával való ütközése rugalmas
- A gázmolekulák kinetikai energiáját a gáz hőmérséklete adja meg
- Azonos hőmérsékleten, azonos számú gázmolekula kinetikai energiája megegyezik, és független a gáz anyagi minőségétől

A gázok állapotváltozói:

Térfogat: $V\ [m^3]$ (a gáz mindig kitölti az őt tartalmazó edény térfogatát)

Nyomás: $p\ [Pa]$

Hőmérséklet: $T\ [K]$

Ez a három állapotváltozó egyértelműen megadja az ideális gáz állapotát.

Gáztörvények

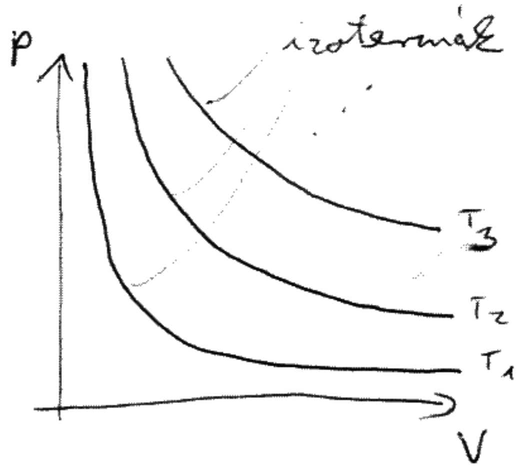
① Boyle–Mariotte-törvény:

$$\boxed{pV = \text{állandó}}$$

Egy adott mennyiségű tökéletes gáz térfogatának és nyomásának szorzata adott hőmérsékleten állandó.

~~② Gay-Lussac II. törvényei~~

$T_1 < T_2 < T_3$



② Gay-Lussac I.

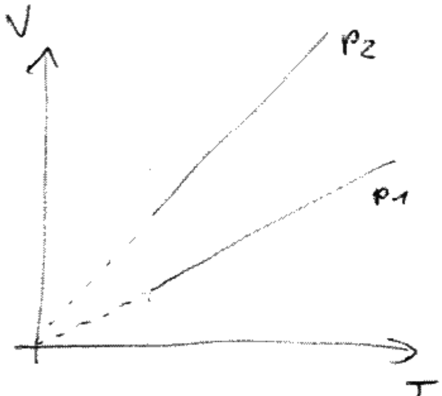
Állandó nyomáson a gáz térfogata arányos az abszolút hőmérséklettel.

$$V = k \cdot T \quad ; \quad \frac{V}{T} = \text{állandó}$$

Celsius-skála esetén:

$$V = V_0(1 + \beta \Delta T) \quad \text{(ismert képlet)}$$

ahol $\beta = 3{,}661 \cdot 10^{-3} \frac{1}{°C} = \frac{1}{273} \frac{1}{°C}$



$p_1 < p_2$

③ Gay-Lussac II:

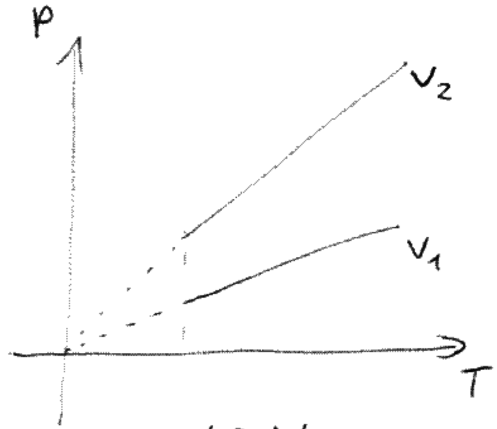
Állandó térfogaton a gáz nyomása arányos az abszolút hőmérséklettel.

$$p = k \cdot T \ ; \quad \frac{p}{T} = \text{állandó}$$

Celsius-skála esetén:

$$p = p_0(1 + \beta \Delta T)$$

$$\beta = 3{,}661 \cdot 10^{-3} \, \frac{1}{°C}$$



$V_1 > V_2$

④ Egyesített gáztörvény:

$$\frac{pV}{T} = \text{állandó}$$

$$\frac{pV}{T} = nR \ ;$$

n: anyagmennyiség [mol] $\left(n = \frac{m}{M}\right)$

M: moláris tömeg

R: moláris gázállandó

$$R = 8{,}31 \, \frac{J}{mol \cdot K}$$

$$\boxed{pV = n \cdot R \cdot T}$$

Másik alak:

$$pV = N_A n \cdot \frac{R}{N_A} \cdot T$$

$$\boxed{pV = N \cdot k \cdot T}$$

$N_A = 6 \cdot 10^{23}$ (Avogadro-szám)

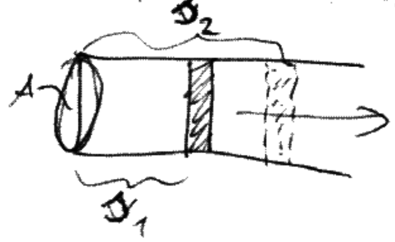
N: a molekulák száma

$k = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \, \frac{J}{K}$ Boltzmann-állandó

~~Gázok állapotváltozásai~~

A térfogati munka (állandó nyomáson)

Ha egy gáz térfogata megváltozik, munkavégzés megy végbe. (Pl. dugattyú)



A gáz által végzett munka:

$$W = F \cdot \Delta s = p \cdot A \cdot \Delta s \qquad \left(p = \frac{F}{A}\right)$$

$$W = p \cdot \Delta V$$

~~A térfogati munka~~ A gázon végzett munka:

$$W = -p\Delta V$$

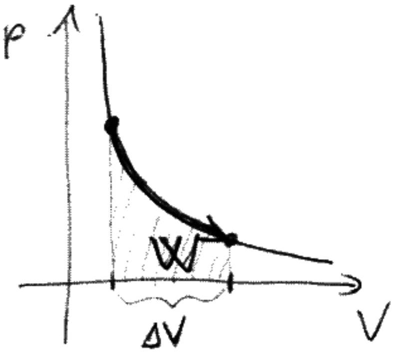
A termodinamika I. főtétele gázok esetén:

$$\Delta E_b = Q + W$$

$$\boxed{\Delta E_b = Q - p\Delta V}$$

Gázok állapotváltozásai

① Izoterm (állandó hőmérséklet)



$$pV = \underbrace{nRT}_{\text{áll.}}$$

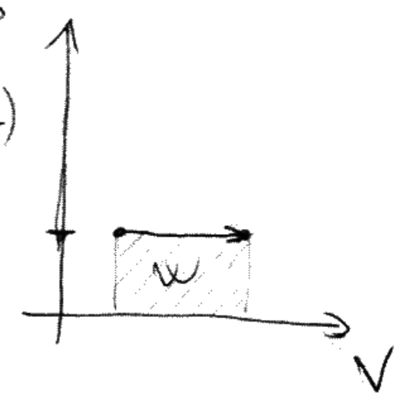
T állandó, tehát a belső energia sem változik.

$$0 = Q + W$$

$$\boxed{Q = -W}$$

Munkavégzés: van
Hőcsere: van

② Izobár (állandó nyomás)



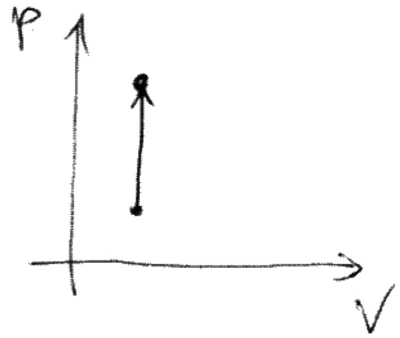
$$\frac{V}{T} = \frac{nR}{\underbrace{p}_{\text{áll.}}}$$

(pl. dugattyúban lévő gázt melegítünk)

Munkavégzés: van
Hőcsere: van
Belsőenergia-vált.: van

$$\boxed{\Delta E_b = Q + W = Q - p\Delta V}$$

③ Izochor (állandó térfogat)



(pl. egy zárt edényben gázt melegítünk)

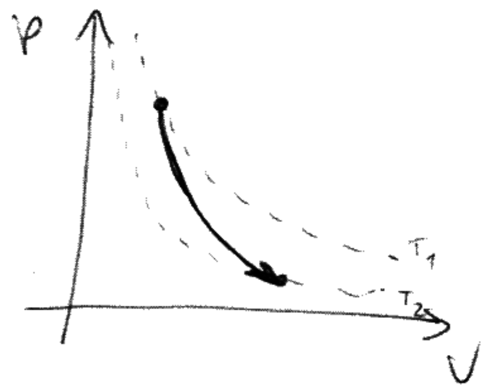
Munkavégzés: nincs ($\Delta V = 0$)
Hőcsere: van
B.e.v: van

$$\boxed{\Delta E_b = Q}$$

④ Adiabatikus (tisztán mechanikai kölcsönhatás)

Munka: van
Hőcsere: nincs
B. e. v.: van

$$\Delta E_b = W$$



$T_1 > T_2$

A gázok ~~..~~ fajhői:

A gázok melegítésekor/hűtésekor hőközlés hatására változik a gáz belső energiája, és így a hőmérséklete is. Azonban nem mindegy, ez milyen folyamatban történik.

$$\Delta E_b = Q + W$$

$$Q = \Delta E_b - W$$

Izochor folyamatban $W = 0$, tehát

$$Q = \Delta E_b$$

$$Q = c_V \cdot m \cdot \Delta T \quad \left(\text{vagy } Q = C_{V(M)} \cdot n \cdot \Delta T\right)$$

Izobár folyamatban a közölt hő nem csak a b. e. növelésére fordítódik, hanem munkavégzésre is.

$$Q = \Delta E_b - W$$

$$Q = c_p \cdot m \cdot \Delta T \quad \left(\text{vagy } Q = C_{p(M)} \cdot n \cdot \Delta T\right)$$

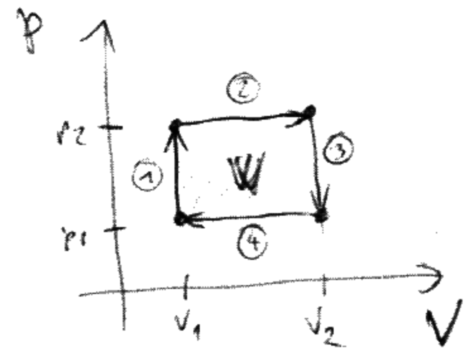
Ezért $\boxed{c_p > c_V}$

A kettő közötti összefüggés: $c_p - c_V = \dfrac{R}{M}$ (M: moláris tömeg)

$$C_{p(M)} - C_{V(M)} = R$$

Körfolyamatok

Képzeljük el az alábbi 4 állapotváltozást.



① izochor (melegítés)
② izobár (tágulás)
③ izochor (hűtés)
④ izobár (összehúzódás)

$$\underbrace{\sum \Delta E_b}_{0} = \sum Q + \sum W$$

$$-\sum W = \sum Q$$

$$p_2(V_2-V_1) + \underbrace{p_1(V_1-V_2)}_{-p_1(V_2-V_1)} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$(p_2-p_1)(V_2-V_1) = \underbrace{Q_1 + Q_2}_{\substack{\text{felvett hő} \\ \sum Q_{fel}}} + \underbrace{Q_3 + Q_4}_{\substack{\text{leadott hő} \\ \sum Q_{le}}}$$

Hőerőgép: Hőfelvétel a kazánból, hőleadás a hűtőbe
→ Munkavégzés

Hűtőgép, hőszivattyú: Munkavégzés hatására hőt visz át a hidegebb helyről a melegebb helyre.

FIZIKA FELKÉSZÍTŐ

7. HÉT

Kinetikus gázelmélet

A gázok molekuláris modellje.

A gázok nagyszámú molekulából állnak, amik rendezetlen mozgást végeznek.

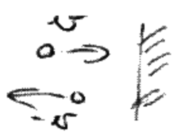
Az ideális gáz modellje:

- A gázmolekulák saját térfogata elhanyagolható a gáz által betöltött térfogathoz képest.
- A gázmolekulák egymásra sem vonzó, sem taszító hatást nem fejtenek ki (az ütközésektől eltekintve).
- A gázmolekulák egymással ill. az edény falával való ütközése rugalmas
- A gázmolekulák mozgási (kinetikai) energiáját a gáz hőmérséklete adja meg.
- Azonos hőmérsékleten, azonos számú gázmolekula kinetikai energiája megegyezik, és független a gáz anyagi minőségétől.

~~Pl. a gáz~~

A kinetikus (molekuláris) modell magyarázatot ad a makroszkopikus jelenségekre.

Pl. a gáz nyomása a molekulák falnak ütközésekor kifejtett erőből származik



$$\Delta I = m \cdot \Delta v$$

$$F = \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$p = \frac{F}{A}$$

Egy gázmolekula mozgási energiája:

$$\varepsilon = \frac{1}{2} m_0 \cdot v^2$$ (v: átlagos sebesség)

Levezetés nélkül (a mozgási energia arányos a hőmérséklettel)

$$\varepsilon = \frac{3}{2} k \cdot T$$

Boltzmann-állandó ($1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$)

Az egész gáz összes mozgási energiája egyenlő a belső energiával.

$$\sum E_{kin} = N \cdot \varepsilon = N \cdot \frac{1}{2} m_0 v^2$$

$$\sum E_{kin} = \frac{3}{2} NkT = \boxed{\frac{3}{2} nRT = E_b}$$

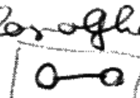
Mindez ideális gázra érvényes, ahol a molekulák pontszerűek. Reális gázoknál ez nem mindig igaz.

Az ekvipartíció törvénye:

- Pontszerű molekula ~~mozg~~ kinetikus energiája a haladó mozgásból származik. A tér 3 irányában mozoghat, azt mondjuk, a szabadságfoka 3. $f=3$

- Többatomos, kiterjedt molekula foroghat is.

  Ha az atomok egy egyenes mentén helyezkednek el („súlyzó"), akkor két tengely körül foroghat. Szabadságfoka 5. $f=5$



- Ha általánosabb felépítésű a molekula, akkor három tengely ~~mentén~~ körül foroghat. $f=6$

Az ekvipartíció törvénye azt mondja ki, hogy a gáz belső energiája egyenlően oszlik meg a szabadságfokok között.

$$\boxed{E_b = \frac{f}{2} \cdot nRT}$$

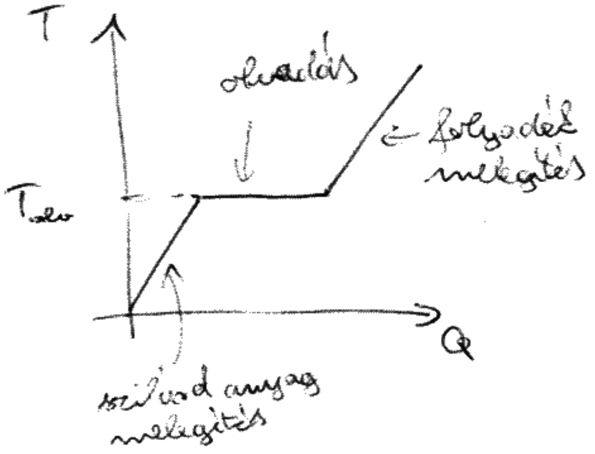
Halmazállapot-változások

① Olvadás – fagyás: (szilárd – folyékony)

Olvadáskor a szilárd anyag rácsszerkezete felbomlik. A közölt hő erre fordítódik, a belső energia növekszik, a hőmérséklet nem.

A fagyás fordított irányú folyamat, hőleadással jár.

Az olvadás adott hőmérsékleten, az adott anyagra jellemző olvadásponton megy végbe (a nyomástól függ).



$$\boxed{Q = L_o \cdot m}$$

$L_o = \frac{Q}{m}$ olvadáshő $\left[\frac{J}{kg}\right]$

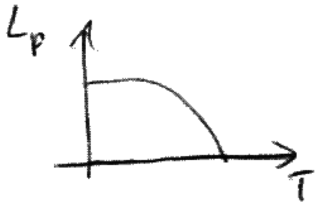
② Párolgás – lecsapódás (folyékony – légnemű)

Párolgás során a folyadék felszínéről részecskék lépnek ki. Ez a folyamat minden hőmérsékleten végbemegy. A párolgás hőelvonással jár.

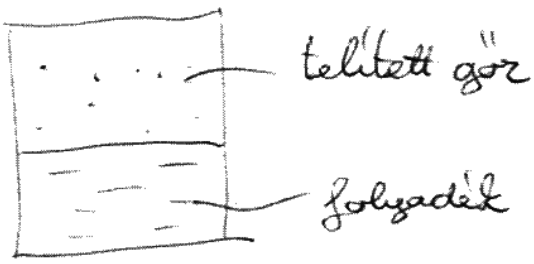
$Q = L_p \cdot m$

$L_p = \frac{Q}{m}$ párolgáshő $\left[\frac{J}{kg}\right]$

Különböző hőmérsékleteken más a párolgáshő értéke. (A hőmérséklet növekedésével csökken).



Ha a párolgás zárt térben megy végbe:

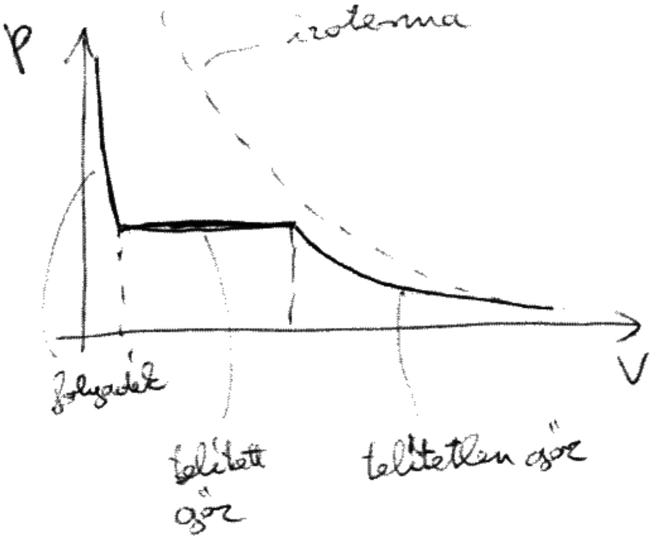


(molekulák kilépnek, visszatérnek)

Telített gőz: a saját folyadékával ~~kapcsolatban~~ egyensúlyban lévő gőz.

A telített gőz nyomása anyagra jellemző mennyiség, a hőmérséklettől függ.

Ha a gőz nyomását növeljük, egy ponton telítetté válik, és a nyomás további növelése lecsapódást okoz.



Forrás

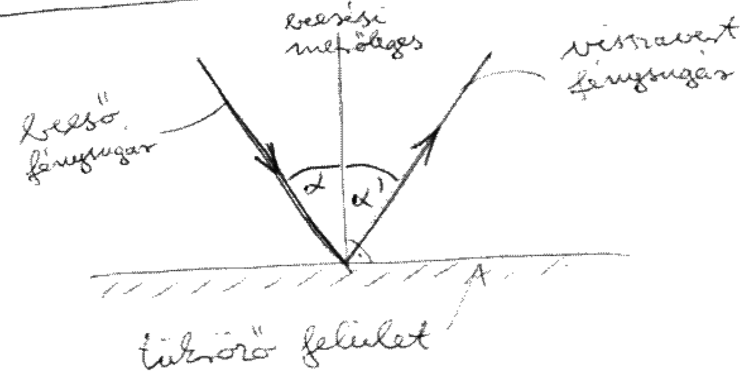
A párolgás speciális fajtája. A forrás a folyadék egész térfogatára kiterjedő párolgás.
(Akkor jön létre, ha az adott hőmérséklethez tartozó telített gőznyomás eléri a külső nyomás értékét).
Ez a hőmérséklet a forráspont.
A forrásponti hőmérséklethez tartozó párolgáshő a forráshő.

FIZIKA FELKÉSZÍTŐ

8. HÉT

GEOMETRIAI OPTIKA

Fényvisszaverődés (reflexió)



α: beesési szög

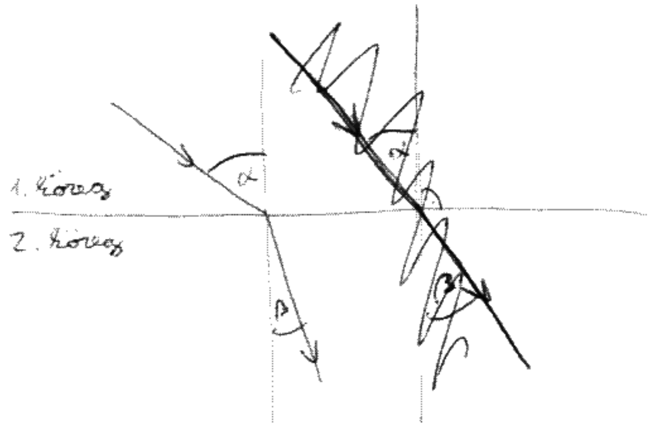
α': visszaverődési szög

$$\boxed{\alpha = \alpha'}$$

Fénytörés (refrakció)

α: beesési szög

β: törési szög



$\cancel{\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_{2,1}}$ ~~Snellius~~

Snellius-Descartes törvény

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_{2,1}$$

$n_{2,1}$: a 2. közegnek az elsőhöz viszonyított relatív törésmutatója

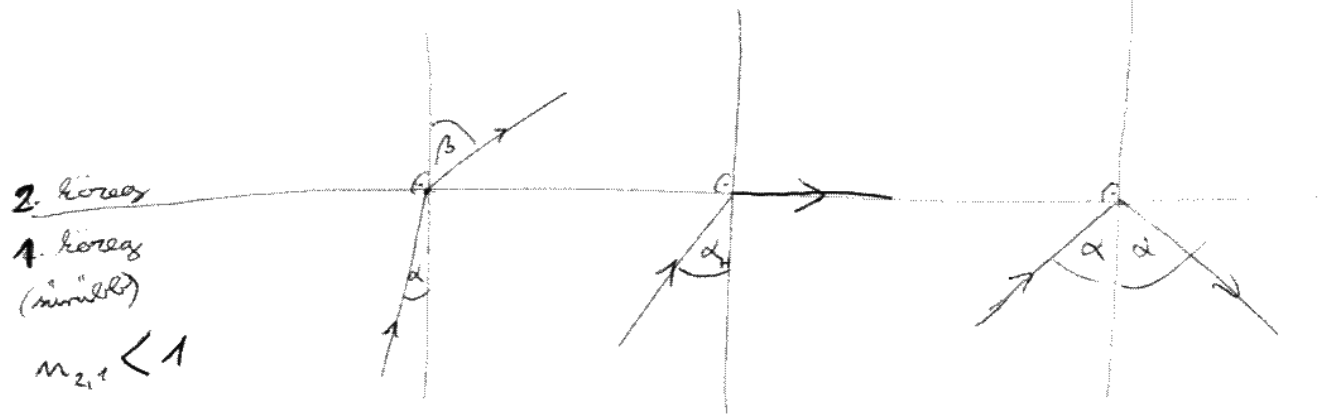
Ha az egyik közeg vákuum (levegő), az arra vonatkozó relatív törésmutató az abszolút törésmutató.

Az abszolút és relatív törésmutatók kapcsolata:

$$n_{2,1} = \frac{n_1}{n_2} \quad ; \quad n_{1,2} = \frac{1}{n_{2,1}}$$

Két optikai közeg közül optikailag sűrűbb az, amelyiknek nagyobb az abszolút törésmutatója.

A teljes visszaverődés:



$n_{2,1} < 1$

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_{2,1} < 1 \text{, amiből } \sin\beta > \sin\alpha$$

$$\beta > \alpha$$

Ha $\beta = 90° \rightarrow \sin\beta = 1$

az ehhez tartozó beesési szög a határszög.

$$\boxed{\sin\alpha_H = n_{2,1}}$$

Az ennél nagyobb beesési szögek esetén a fény nem lép ki a ~~[illegible]~~ sűrűbb közegből a ritkább közegbe.

Tükrök és lencsék képalkotása

Egyszerű optikai ~~[illegible]~~ képalkotó eszközök.

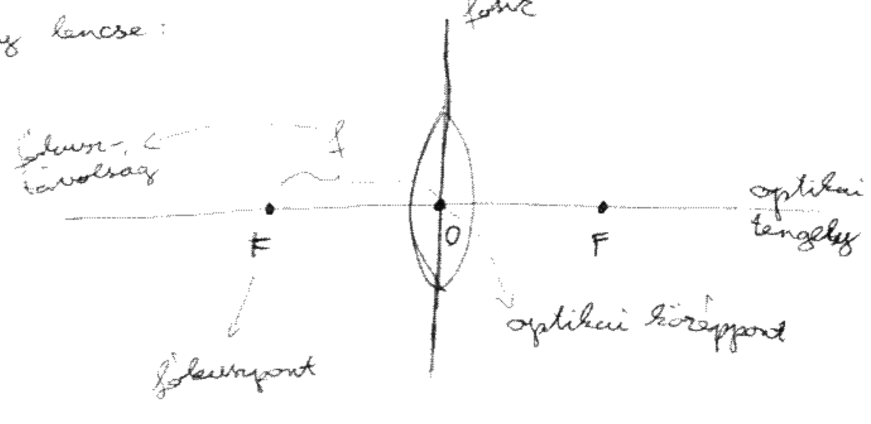
~~[illegible]~~ A tárgyról keletkezhet kép
- fényvisszaverődés útján (tükrök)
- fénytörés útján (lencsék)

Valódi kép:
A tárgy pontjaiból kiinduló fénysugarak az optikai eszközön bekövetkező irányváltoztatás után újra átmennek egy közös ponton

Virtuális ~~[illegible]~~ (látszólagos) kép:
A tárgyról kiinduló fénysugarak az optikai eszközön bekövetkező irányváltoztatás után széttartó nyalábot alkotnak, amelyeket visszafelé meghosszabbítva egy pontból látunk kiindulni.

Fősík, optikai tengely, optikai középpont, fókuszpont, fókusztávolság

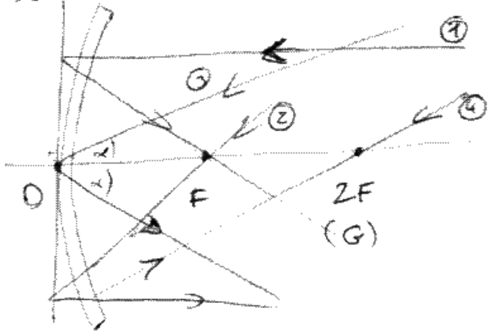
pl. egy lencse:



Nagyítás: $N = \frac{K}{T}$; K: kép nagysága
T: tárgy nagysága

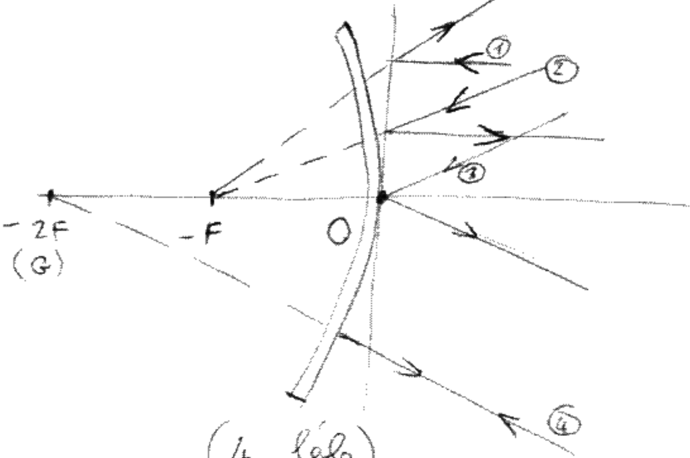
Nevezetes sugármenetek (szerkesztés):

Homorú tükör:



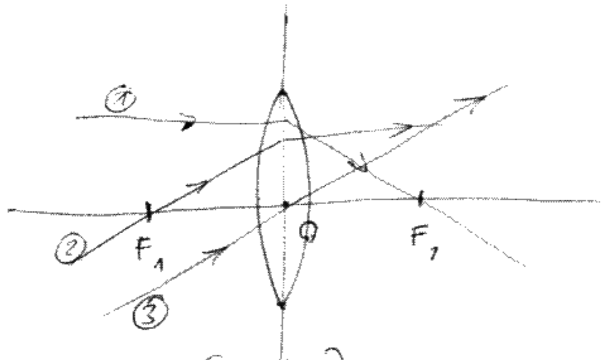
(4-féle)

Domború tükör

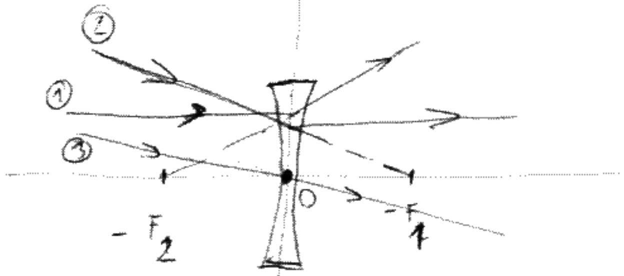


(4-féle)

Domború lencse:



(3-féle)



(3-féle)

Távolságtörvény:

$$\boxed{\frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k}}$$

t: tárgytávolság

k: képtávolság

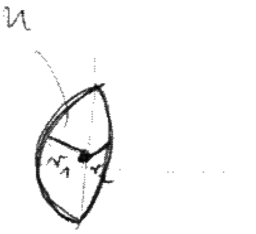
f: fókusztávolság

Ha f negatív: virtuális fókusz

Ha k negatív: virtuális kép

Lencsék fókusztávolsága

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$$



Dioptria:

$$D = \frac{1}{f} \quad \left[\frac{1}{m}\right]$$

FIZIKA FELKÉSZÍTŐ

9. HÉT

ELEKTROSZTATIKA

Az elektromos töltés:

A testek elektromos állapota kétféle lehet, pozitív vagy negatív. Ezt az állapotot az elektromos töltéssel fejezhetjük ki.

$$[Q] = 1\,C$$

Töltések erőt fejtenek ki egymásra. Két pontszerű töltésre:

$$\boxed{F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}}$$ Coulomb-törvény

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

$$\boxed{F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}} \quad ; \quad \varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$$ a vákuum dielektromos állandója

Az elektromos mező:

Az elektromosan töltött testek érintkezés nélkül fejtenek ki erőt egymásra, tehát az erőt mező közvetíti.

Minden töltés elektromos mezőt hoz létre.

$$F = k \cdot \frac{Qq}{r^2}$$; Q: a mezőt létrehozó töltés; q: próbatöltés

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

$$\frac{F}{q} = \boxed{E = k \cdot \frac{Q}{r^2}}$$ térerősség $[E] = 1\frac{N}{C}$

vektormennyiség!

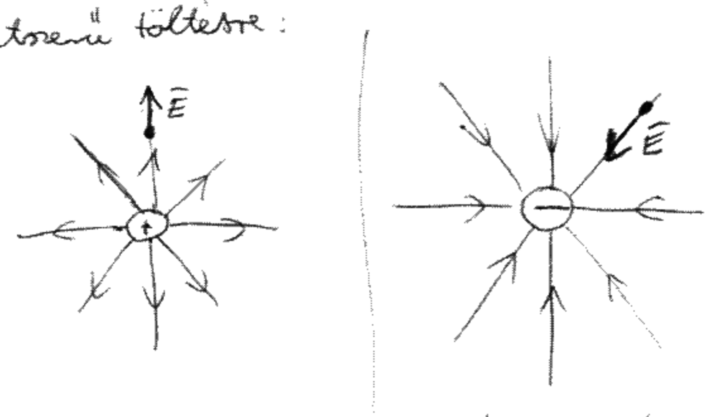
Az elektromos mezők szuperponálódnak!

~~A~~ Erővonalak:

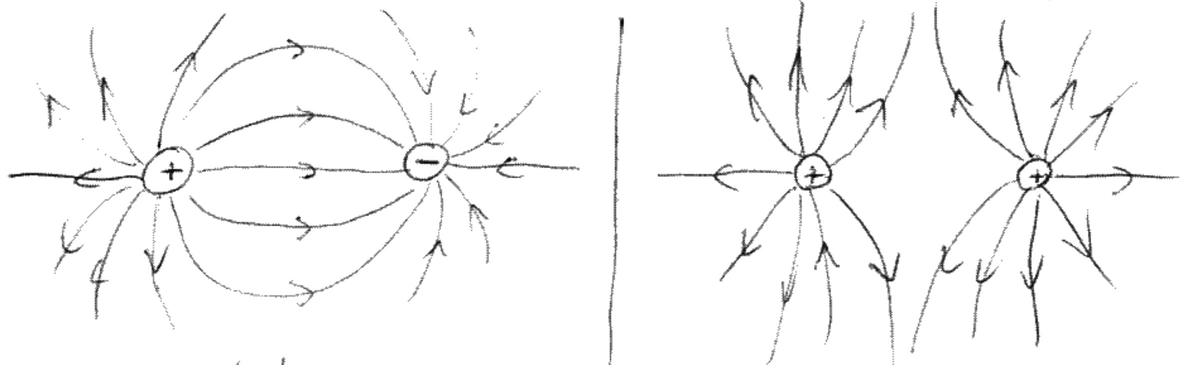
Az elektromos mezőt erővonalakkal szemléltethetjük.

Az erővonalak megfelelően irányított érintői mindig az adott pontban lévő térerősségvektorral esnek egybe.

Pl. pontszerű töltésre:



Az elektromos erővonalak pozitív töltésből indulnak, vagy a végtelenből, és negatív töltésben végződnek vagy a végtelenben.



A térerősség nagyságát az erővonalak sűrűsége fejezi ki.

Az erővonalakra merőleges egységnyi felületen annyi vonal halad át, amennyi ott a térerősség

Általánosítva:

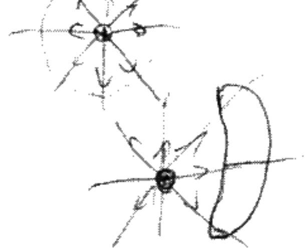
Az ~~...~~ erővonalakra merőlegesen kijelölt felületen áthaladó erővonalak száma: elektromos fluxus.

$$\Psi = E \cdot A \quad ; \quad [\Psi] = 1\,\frac{Nm^2}{C}$$

Zárt felületre számított fluxus (ha töltést tartalmaz):

$$\Psi = 4\pi k Q \quad ; \quad \Psi = \frac{1}{\varepsilon_0} Q$$

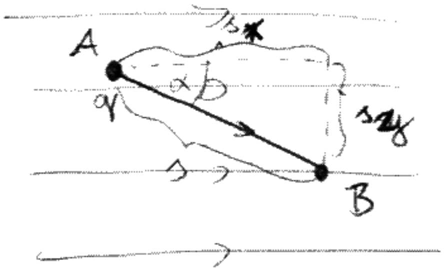
$\Psi = E \cdot A = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{1}{\varepsilon_0} Q$



$\Psi = 0$

Feszültség, potenciál:

Ha az elektromos mező erőhatása elmozdít egy töltést, munkavégzés történik.



$$W_{AB} = F \cdot s \cdot \cos\alpha = F \cdot s_x$$

$$W_{AB} = E \cdot q \cdot s_x$$

$$\boxed{U = \frac{W_{AB}}{q}} = E \cdot s_x \qquad [U] = 1\frac{J}{C} = 1V$$

U: elektromos feszültség (a mező munkavégző képessége)

A munka csak a kezdő- és végponttól függ, az útvonaltól nem $\Rightarrow$ az elektromos mező <u>konzervatív</u> erőtér.

A feszültség is mindig két pont között értendő.

A mező pontjaihoz feszültségszintek (potenciálok) tartoznak. Két pont közötti feszültség a feszültségszintek különbsége (<u>potenciálkülönbség</u>). Ha kijelölünk egy 0 potenciálszintet, onnantól kezdve a tér minden pontja jellemezhető egy abszolút potenciállal.

Potenciál: φ

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$$

Pl. ha pontszerű töltésnél a végtelenbe helyezzük a 0 szintet, akkor:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{r}$$

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} Q \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

Ekvipotenciális felületek:

A felület pontjai között nulla a feszültség

Homogén elektromos mező energiája:

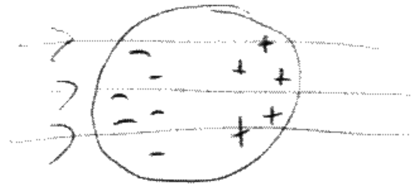
$$W_E = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 V$$

$$w_E = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 \quad \text{energiasűrűség} \left[\frac{J}{m^3}\right]$$

Vezetők, szigetelők

Vezetők: a töltéshordozók ~~...~~ (általában elektronok) nincsenek helyhez kötve.

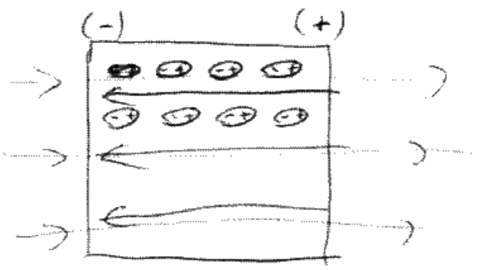
Elektromos mező hatása: megosztás



Szigetelők (dielektrikumok).

A töltéshordozók nem áramolhatnak bennük.

Elektromos mező hatása: dielektromos polarizáció



A polarizáció hatására csökken a térerősség a dielektrikumban. Ennek mértékét a relatív dielektromos állandó fejezi ki.

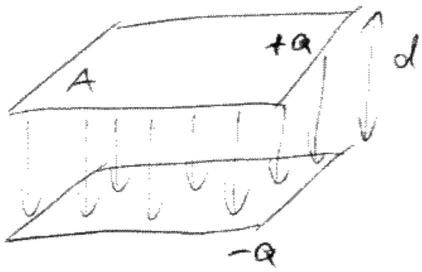
$$\varepsilon_r = \frac{E_{vákuum}}{E_{szigetelő}} \; ; \quad \varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$$

Kapacitás, kondenzátorok

Síkkondenzátor:

Homogén elektromos mező

Potenciálkülönbség



A kondenzátor töltése: +Q

$$C = \frac{Q}{U}$$ * kapacitás $[C] = 1\,\frac{C}{V} = 1\,F$

Síkkondenzátorra:

$$C = \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

Szigetelővel kitöltve:

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

A kondenzátorban tárolt energia:

$$W_E = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

FIZIKA FELKÉSZÍTŐ

10. HÉT

Elektromos (egyen)áram

Ha elektromos térbe vezetőt teszünk, töltés áramlás (elektromos áram) jön létre.

Áramerősség:

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

ΔQ: a vezető adott keresztmetszetén áthaladó töltésmennyiség

$[I] = A = \frac{C}{s}$

Δt: eltelt idő

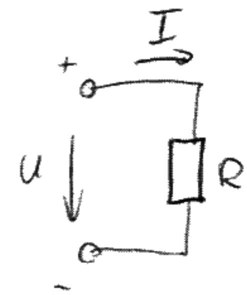
Egyenáram: időben állandó erősségű áram

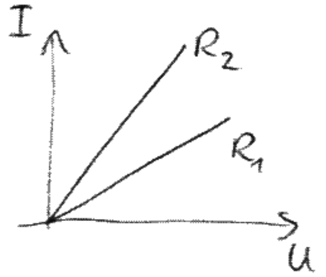
Áramirány: a magasabb (pozitívabb) potenciál felől az alacsonyabb (negatívabb) potenciál felé

Ohm törvénye:

Fogyasztó ellenállása

$$R = \frac{U}{I} \quad ; [R] = \frac{V}{A} = \Omega$$





Vezetők ellenállása:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

ρ: fajlagos ellenállás (Ωm vagy $\Omega \frac{mm^2}{m}$)

l: vezető hossza

A: vezető keresztmetszete

Az elektromos áram munkája, teljesítménye

$$W = U \cdot Q$$

$$W = U \cdot I \cdot \Delta t \qquad [W] = V A s = J$$

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = U \cdot I \qquad [P] = V A = W$$

$$\cancel{P = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}}$$

$$\cancel{P = I \cdot R \cdot I = I^2 \cdot R}$$

Vezető hőleadása (disszipáció):

$$W = Q$$

$$Q = U \cdot I \cdot \Delta t$$

$$P = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

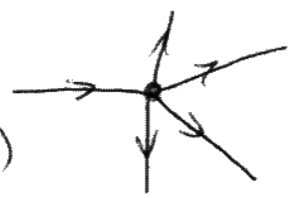
$$P = R \cdot I \cdot I = I^2 \cdot R$$

Kirchoff törvényei

Kirchoff I: csomóponti törvény

Egy csomópont áramainak előjeles összege zérus.
(Amennyi befolyik, annyi folyik ki)

$$\sum I_i = 0 \quad (\text{töltésmegmaradás})$$

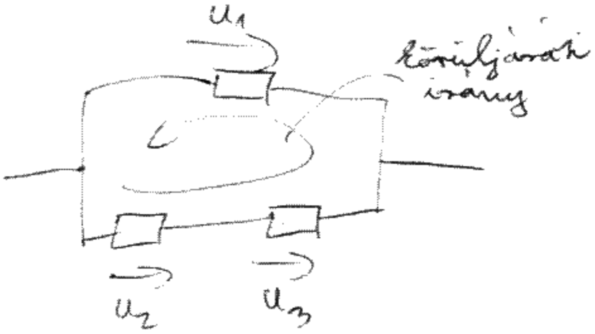


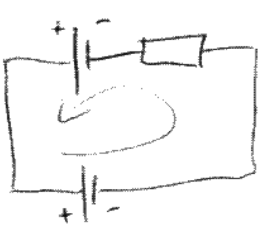
Kirchoff II: huroktörvény

Tetszőleges áramhurok mentén a részfeszültségek algebrai összege zérus.

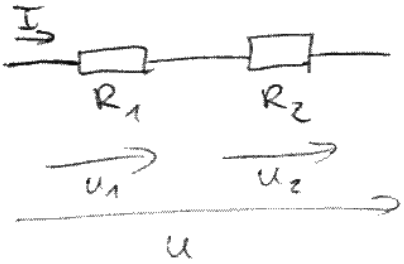
$$\sum U = 0$$

(energiamegmaradás)





Ellenállások soros kapcsolása



$$I_1 = I_2 = I$$

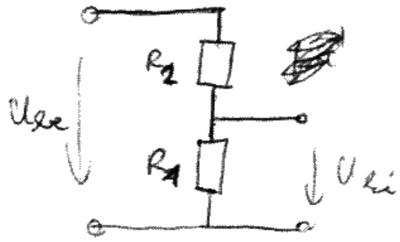
$$U = U_1 + U_2$$

$$IR_e = IR_1 + IR_2$$

$$\boxed{R_e = R_1 + R_2}$$

$$R_e = \sum R$$

Feszültségosztó:

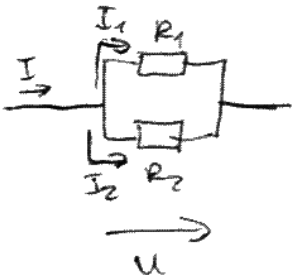


$$\frac{U_{be}}{R_e} = \frac{U_{ki}}{R_1}$$

$$\frac{U_{be}}{R_1 + R_2} = \frac{U_{ki}}{R_1}$$

$$\boxed{U_{ki} = U_{be} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_1}}$$

Ellenállások párhuzamos kapcsolása



$$U_1 = U_2 = U$$

$$I = I_1 + I_2$$

$$\frac{U}{R_e} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$$

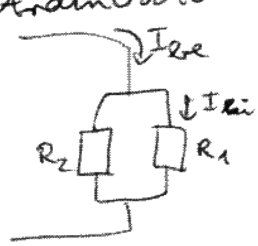
$$\boxed{\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

$$\frac{1}{R_e} = \sum \frac{1}{R}$$

$$\frac{1}{R_e} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2}$$

$$\boxed{R_e = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = \boxed{R_1 \times R_2}$$

Áramosztó:



$$I_{be} \cdot R_e = I_{ki} \cdot R_1$$

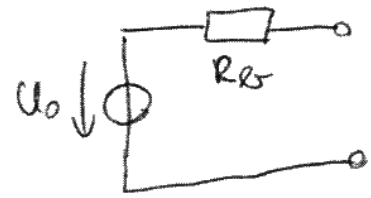
$$I_{be} \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = I_{ki} R_1$$

$$\boxed{I_{ki} = I_{be} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}}$$

Feszültségforrások

Egyenfeszültség-forrás (pl. akkumulátor)

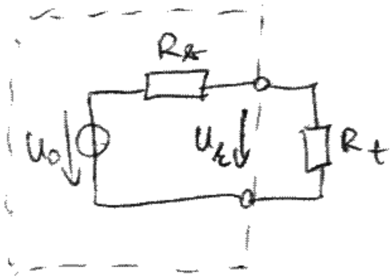
Helyettesítőkép:



⌀: ideális feszültségforrás

U_0: üresjárási feszültség

R_b: belső ellenállás



R_t: terhelő ellenállás

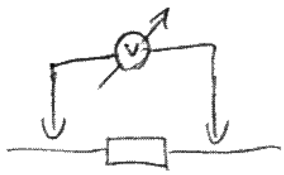
U_k: kapocsfeszültség

Ha $R_t = 0$ (rövidre zárjuk) $\rightarrow U_k = 0$

$$I = \frac{U_0}{R_b}$$

Feszültség- és árammérés

Feszültségmérő:

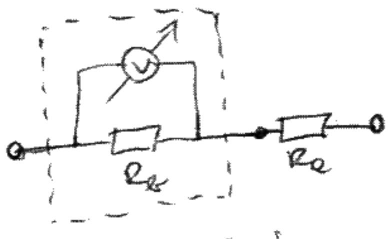


R_b nagy

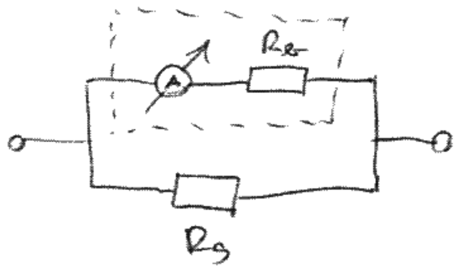
Árammérő:

R_b kicsi

Méréshatár kiterjesztése:



előtétellenállás



söntellenállás

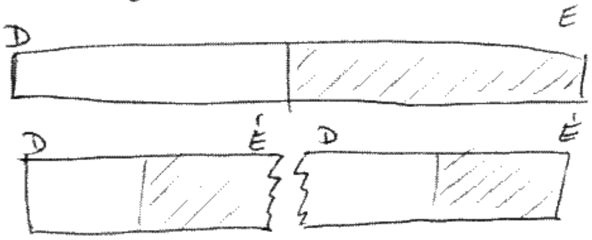
FIZIKA FELKÉSZÍTŐ

11. HÉT

Időben állandó mágneses mező

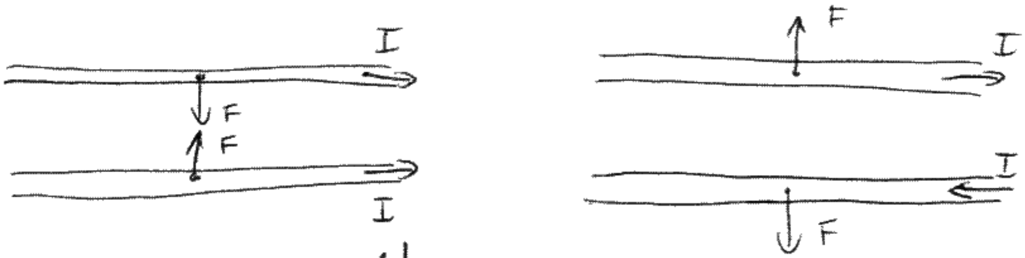
Mágneses alapjelenségek:

- Állandó mágnesek:



Különböző pólusok vonzzák egymást, azonosak taszítják.
Nincs mágneses monopólus, csak dipólus

- Áramjárta vezetőkre is hatással van a mágneses mező.



~~Áramerősség~~ $F = \cancel{2\mu_0}\, k' \cdot \frac{I_1 I_2 \cdot l}{r}$; $k' = 2 \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$

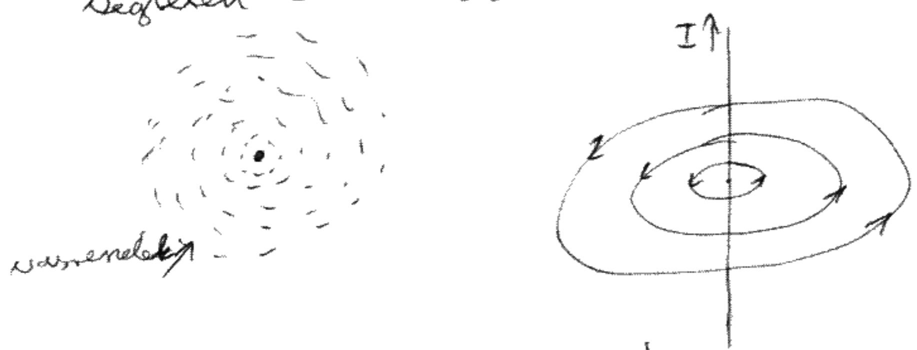
$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 I_2 l}{r}$; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$

Áramerősség egységének meghatározása:

Két párhuzamos, végtelen hosszú, kis átmérőjű, kör keresztmetszetű vezetőben, ha azok 1 m távolságban vannak, akkor folyik 1 A erősségű áram, ha méterenként $2 \cdot 10^{7}$ N erőt fejtenek ki egymásra.

Mágneses mező jellemzése indukcióvonalakkal:

Végtelen hosszú egyenes vezető



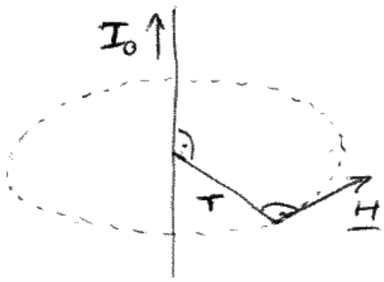
az indukcióvonalak koncentrikus körök

Mágneses indukcióvonalak:

- mindig önmagukba visszatérő zárt görbék
- a mágneses mező nem konzervatív
- a mágneses mező forrásmentes, örvényes mező

Mágneses térerősség (fajlagos gerjesztés):

Mekkora a mágneses gerjesztés, (a mágneses térerősség) a vezetőtől r távolságban?



$$H = \frac{I_0}{2\pi r}$$

A mágneses térerősség nem más, mint az I_0 gerjesztőáramnak őt körülfogó r sugarú kör kerületének hosszegységére jutó hányada.

$$[H] = 1\,\frac{A}{m}$$

Mágneses indukció:

$$B = \mu_0 \cdot H, \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\,\frac{Vs}{Am} \text{ vákuumpermeabilitás}$$

$$[B] = 1\,\frac{Vs}{m^2} = 1\,T$$

Visszatérve az indukcióvonalakra ...

- Az indukcióvonalak irányítottsága: jobbcsavar-szabály
- Az indukcióvonalakhoz bármely pontban húzott érintő párhuzamos az ottani indukcióvektorral.
- Az indukcióvonalak sűrűsége adja meg ~~[illegible]~~ a mágneses indukció nagyságát.

Mágneses fluxus:

$$\Phi = B \cdot A$$

$$[\Phi] = 1\ \frac{Vs}{m^2} \cdot m^2 = 1\ Vs = 1\ Wb$$

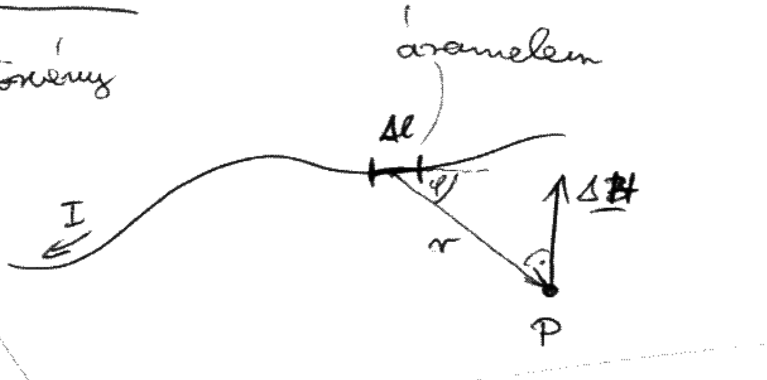
Zárt felületre:

$$\boxed{\sum \Delta\Phi_i = 0}$$

~~[illegible]~~ forrásmentesség
(amennyi belép, annyi ki is lép)

Biot_Savart-törvény

Általános gerjesztési törvény



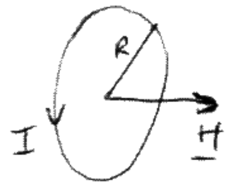
$$\Delta H = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot \Delta l \cdot \sin\varphi}{r^2}$$

$$\underline{H} = \sum \Delta \underline{H}_i$$

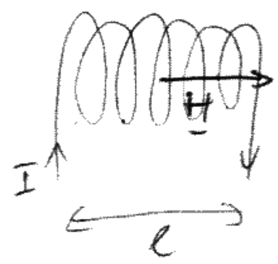
Néhány fontosabb áramelrendezés:

Hosszú egyenes vezető: $$H = \frac{I}{2\pi r}$$

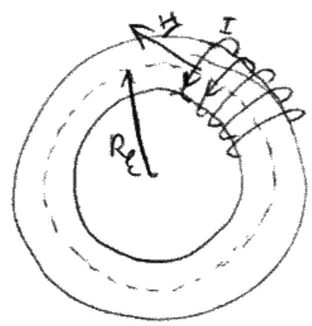
Körvezető középpontjában: $$H = \frac{1}{2}\cdot\frac{I}{r}$$



N menetű egyenes tekercs belsejében:
(szolenoid)
$$H = \frac{N\cdot I}{l}$$



N menetű körtekercs (toroid):
$$H = \frac{N\cdot I}{2\pi R_k}$$



Anyagok mágneses viselkedése

Ha nem vákuum a közeg:

$$B = \mu_0\cdot\mu_r\cdot H$$

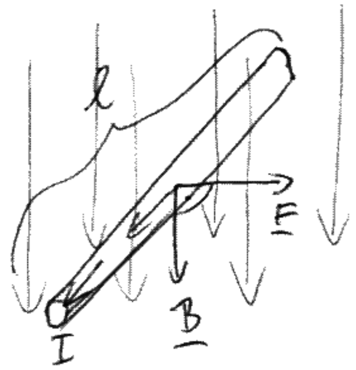
μ_r: relatív permeabilitás

Ha $\mu_r \gg 1$, akkor ferromágneses anyag

Pl. vasmagos egyenes tekercs indukciója:

$$B = \mu_0\mu_r\cdot\frac{NI}{l}$$

A Lorentz-erő



Homogén mágneses mezőben áramjárta vezetőre ható erő.

$$\boxed{F = I \cdot l \cdot B \cdot \sin\alpha}$$

l: vezető hossza

α: a vezető és a $\underline{B}$ vektor által bezárt szög

Az erő iránya: jobbkéz-szabály.

Ha nem vezetőben folyik az áram, hanem egy töltés mozog mágneses térben:

Q töltés, v sebességgel:

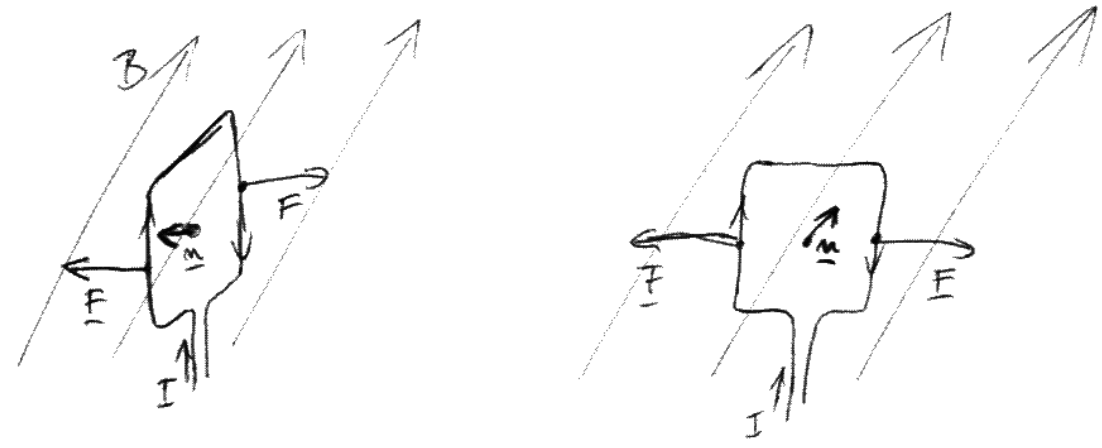
$$I = \frac{Q}{\Delta t}\ ; \quad l = v \cdot \Delta t$$

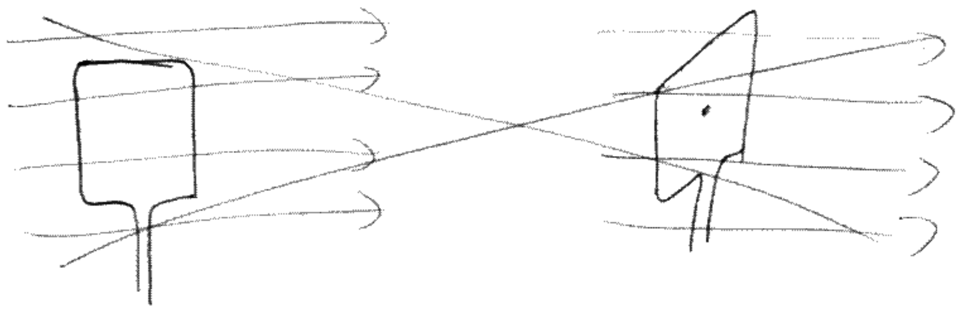
$$F = \frac{Q}{\Delta t} \cdot v \cdot \Delta t \cdot B \sin\alpha$$

$$\boxed{F = Qv \cdot B \sin\alpha}$$

Az erő merőleges a sebességre $\Rightarrow$ centripetális erő, ami körpályára téríti a mozgó töltést.

Mágneses mező hatása vezetőkeretre:





Forgatónyomatékot fejt ki rá

$$M = I \cdot A \cdot B \cdot \sin\alpha$$

A: a vezetőkeret felülete (M nem függ az alakjától)

α: a keret normálisa és a $\underline{B}$ által bezárt szög

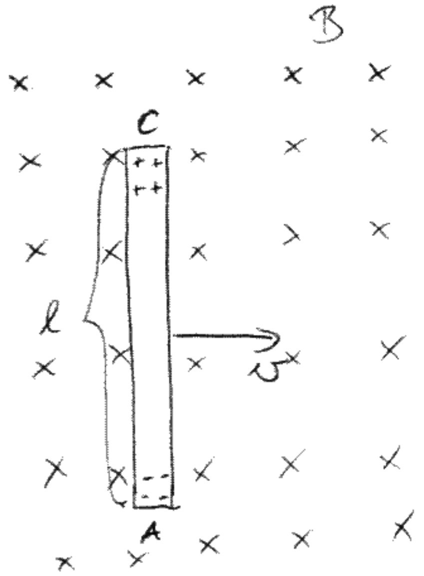
!! A mágneses indukció mérése kis méretű vezetőkerettel:

$$B = \frac{M}{I \cdot A}$$

FIZIKA FELADATOK

12. HÉT

20.20 Mozgási indukció:



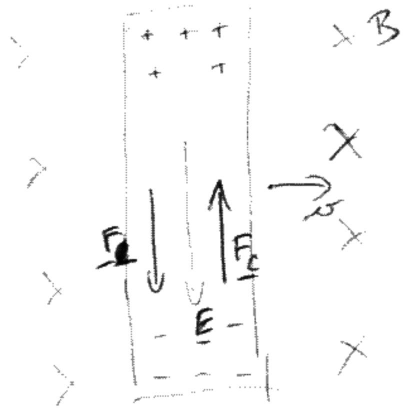
a) $E = ?$

b) $U = ?$

a) A vezetőben lévő töltésekre Lorentz-erő hat:

$F_L = Q \cdot v \cdot B$, iránya a jobbkéz-szabály szerinti.

Az elektronok tudnak mozogni, az ezekre ható erő $\vec{CA}$ irányú, ezért az elektronok A felé mozdulnak el. A töltésfelhalmozódás miatt kialakul egy $\vec{CA}$ irányú elektromos térerősség is, ami $\vec{AC}$ irányú Coulomb-erőt fejt ki az elektronokra.



$$F_C = Q \cdot E$$

Egyensúlyi állapotban a Coulomb-erő egyenlő nagyságú a Lorentz-erővel, és az elektronok mozgása megáll.

A vezetőben kialakuló térerősség nagysága:

$$F_L = F_C$$

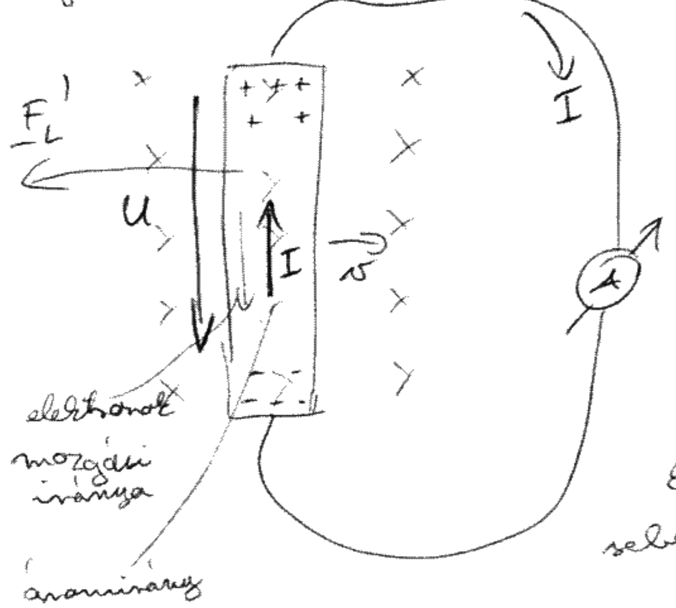
$$Q v B = Q \cdot E$$

$$\boxed{E = vB}$$

Mivel ez nem függ a helytől, ezért homogén.
A vezető két vége között kialakuló (indukált) feszültség:

$$\boxed{U = E \cdot l = vBl}$$

Mi történik, ha a mozgó vezető két végét rövidre zárjuk?
A feszültség hatására áram indul meg.



A vezetőben kialakuló áramra is hat a Lorentz erő.

$$F_L' = I l B$$

~~Ez az erő olyan irányú, hogy~~

Ez az erő a vezető sebességével ellentétes irányú.

Tehát az indukált áram iránya olyan, hogy akadályozza az indukciót okozó állapotváltozást.
Ez <u>Lenz törvénye</u>.

Ha a sebesség egyenletes, a rendszer nem gyorsul, a vezetőt mozgató erő egyenlő nagyságú a Lorenz-erővel.
Ennek az erőnek a munkája egyenlő az indukált feszültség és áram munkájával. ~~(Mechanikai munkavégzéssel elektromo~~ (Mechanikai energia alakul át elektromos energiává).

$$F \cdot \Delta s = F_L' \cdot \Delta s$$

$$F \cdot \Delta s = IlB \cdot \Delta s = I \cdot \overbrace{l \cdot B \cdot v}^{U} \cdot \Delta t = I \cdot U \cdot \Delta t$$

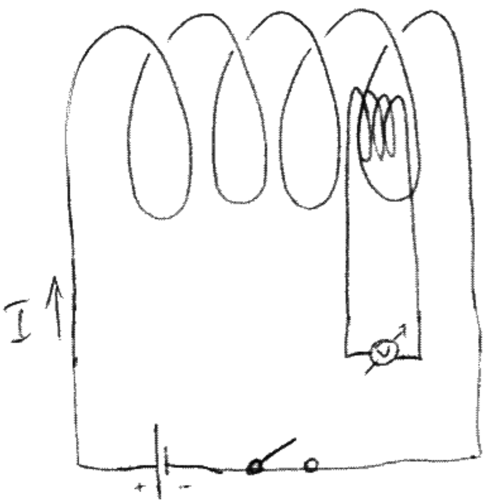
FIZIKA FELKÉSZÍTŐ

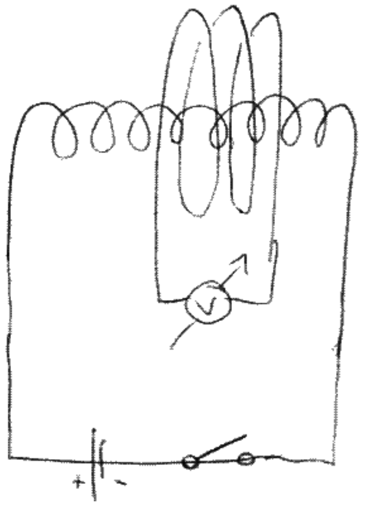
12. HÉT

A mozgási indukció

(ld. 20.20-as feladat)

Nyugalmi indukció



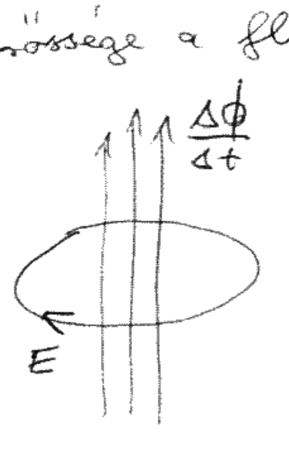


Ki- illetve bekapcsoláskor kilendül a fesz. mérő mutatója.

Változó mágneses mező elektromos mezőt hoz létre.

⇓ Az elektromos mező térerőssége a fluxusváltozási sebességgel arányos:

$$E_i = -\frac{1}{2\pi r} \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$



Az indukált feszültség: (körvezetőben)

$$U_i = E_i \cdot l = E_i \cdot 2\pi r$$

$$U_i = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

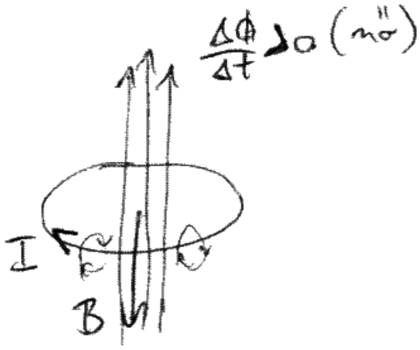
N menetes tekercsben: $\boxed{U_i = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}}$

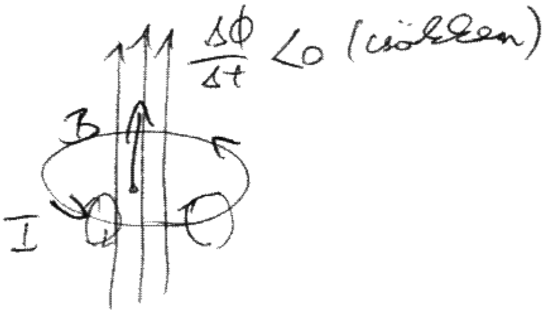
Faraday indukciós törvénye:

Időben változó fluxusú mágneses mező örvényes elektromos mezőt létesít maga körül.
Az örvényes elektromos mezőben alkalmasan elhelyezett tekercs végei között mérhető indukált feszültség egyenesen arányos a mágneses fluxus változási sebességével és a tekercs menetszámával.

Ha a fluxus nő $\Rightarrow$ a fesz. negatív
Ha a fluxus csökken $\Rightarrow$ a fesz. pozitív.

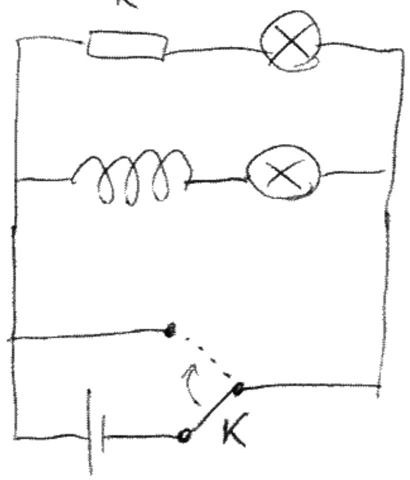
Ha a vezetőkört (tekercset) rövidre zárjuk, indukált áram indul meg. Az indukált áram mágneses hatása csökkenti az őt létrehozó fluxusváltozást (Lenz-törvény)

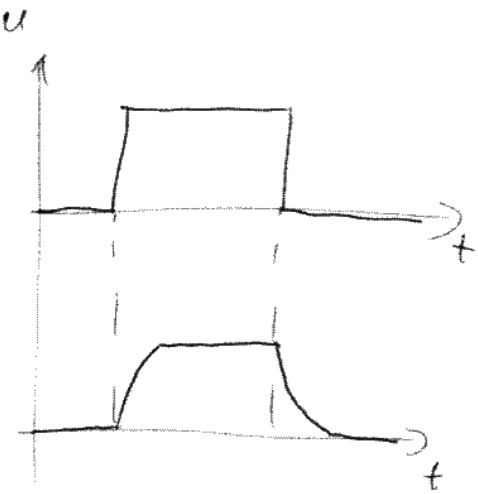




Önindukció

Kísérlet:





A tekercs feszültsége „késik" az ellenállás feszültségéhez képest.

Amikor áram indul meg a tekercsben, felépül benne egy mágneses mező (ami változó), ezért indukált feszültség jön létre, ami Lenz törvénye értelmében akadályozza az őt létrehozó hatást, ami itt az áramváltozás.

Az indukált feszültség:

$$U \sim -\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

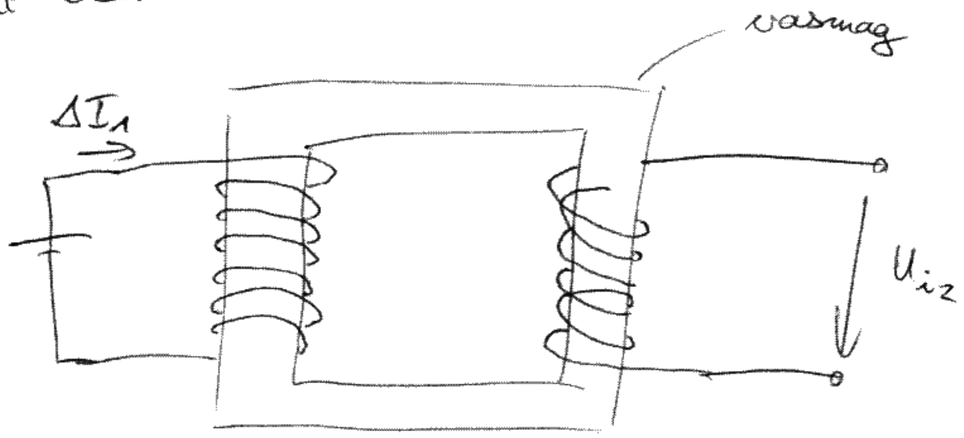
$$U_L = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

L: önindukciós tényező (induktivitás)

$$[L] = 1\,\frac{Vs}{A} = 1\,H \quad \text{(Henry)}$$

Kölcsönös indukció

Két tekercs induktív csatolásban:



$$U_{iz} = -L_{1,2} \cdot \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$L_{1,2}$: kölcsönös indukciós együttható

$L_{1,2} = L_{2,1}$

Nagy $L_{1,2}$: szoros induktív csatolás

Kicsi $L_{1,2}$: laza –"– csatolás

Az áramjárta tekercs energiája:

A tekercs mágneses mezőjének energiája:

$$W_M = \frac{1}{2} L I^2$$

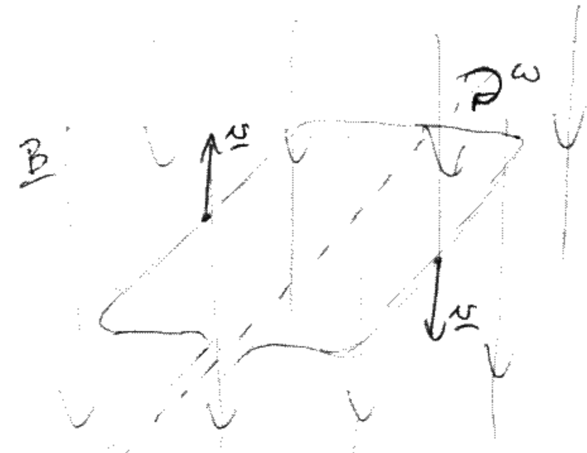
Az áram bekapcsolásakor a mező felépítése energiát igényel.
Kikapcsoláskor a mező leépülése során felszabaduló energia biztosítja, hogy a ~~...~~ vele sorba kapcsolt izzó tovább világít.

FIZIKA FELKÉSZÍTŐ

13. HÉT

VÁLTAKOZÓ ÁRAM

Váltakozó feszültség előállítása



$U_i = 2\cdot v\cdot B\cdot l$ $\qquad$ $U_i = 0$

$$U_i = \underbrace{2\cdot v\cdot B\cdot l}_{\hat{U}}\cdot \sin\alpha$$

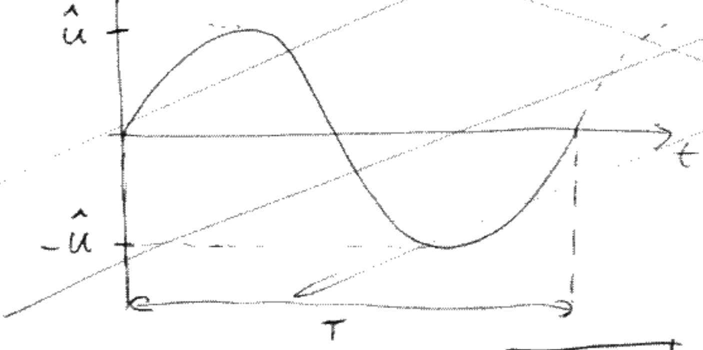
$$\alpha = \omega\cdot t$$

$$u(t) = \hat{U}\cdot\sin(\omega t)$$ váltakozó (szinuszos) feszültség

~~Ha a két véget összezárjuk, váltakozó áram indul meg~~

$$i(t) = \hat{I}\cdot\sin(\omega t)$$

Időbeli lefolyása:



$\hat{U}$: csúcsérték (V)

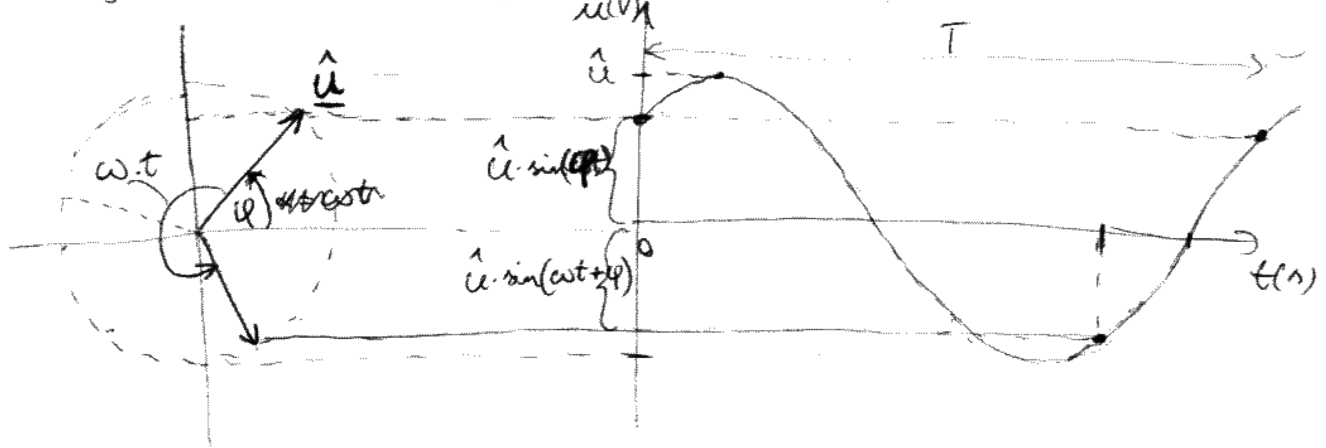
T: periódusidő (s)

$f = \frac{1}{T}$: frekvencia (Hz)

$\omega = 2\pi f$: körfrekvencia $\left(\frac{rad}{s}\right)$

Forgóvektoros ábrázolás: $u = \hat{U} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$

(A rezgéseket a forgómozgásból vezettük le.)



$\hat{U}$: csúcsérték

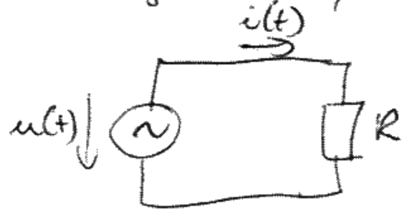
T: periódusidő (s) (két azonos fázisú helyzet között eltelt idő)

$f = \frac{1}{T}$: frekvencia (Hz)

$\omega = 2\pi f$: körfrekvencia (hány rad. szöget tesz meg 1 s alatt) $\left(\frac{rad}{s}\right)$

φ: kezdőfázis (rad) (t=0 pillanatbeli fázis)

Ha változó feszültségre ellenállást kapcsolunk, változó áram indul meg.



$u = \hat{U} \cdot \sin(\omega t)$

$R = \frac{u}{i}$

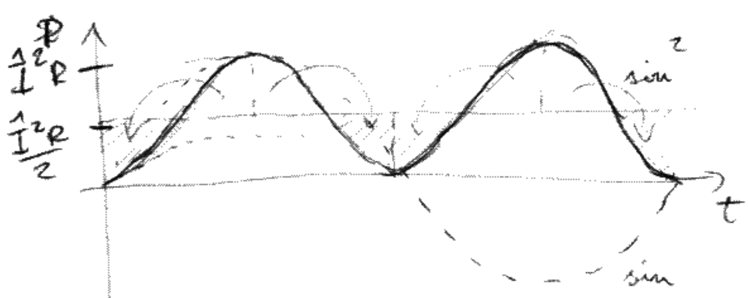
$i = \frac{u}{R} = \frac{\hat{U}}{R} \cdot \sin(\omega t)$

$i = \hat{I} \cdot \sin(\omega t)$; $\hat{I} = \frac{\hat{U}}{R}$

Mi a helyzet a teljesítménnyel?

$P = u \cdot i = \hat{U} \cdot \sin(\omega t) \cdot \hat{I} \cdot \sin(\omega t) = \hat{I} \cdot R \cdot \hat{I} \cdot \sin^2(\omega t)$

$P = \hat{I}^2 R \cdot \sin^2(\omega t)$



A teljesítmény „lüktet" 2-szeres frekvenciával

Átlagos teljesítmény:

$$\overline{P} = \frac{\hat{I}^2 R}{2} = \frac{1}{2}\hat{I}^2 \cdot R = I_{eff}^2 \cdot R$$

$$\frac{1}{2}\hat{I}^2 := I_{eff}^2$$

$$I_{eff} = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}}$$

effektív érték
(ugyanekkora egyenáramnak ugyanezen az ellenálláson ugyanekkora lenne a teljesítménye)

$$\overline{P} = \frac{1}{2}\frac{\hat{U}^2}{R}$$

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

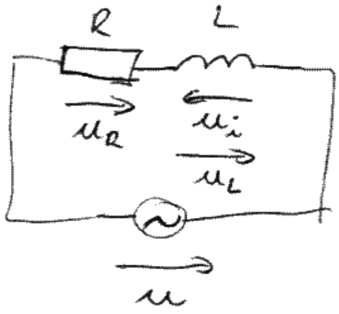
Hatásos ~~telj~~ (effektív) teljesítmény:

$$\boxed{P = U_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2}\hat{U}\cdot\hat{I} = \frac{1}{2}\frac{\hat{U}^2}{R} = \frac{1}{2}\hat{I}^2 R$$

$$\boxed{P = \frac{1}{2}\hat{U}\cdot\hat{I}}$$

Tekercs (induktivitás):

Mi történik, ha tekercset kapcsolunk váltakozó feszültségre?



Indukált feszültség:

$$U_i = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

ha $t \to 0$

$$u_i(t) = -L \cdot \frac{di(t)}{dt}$$

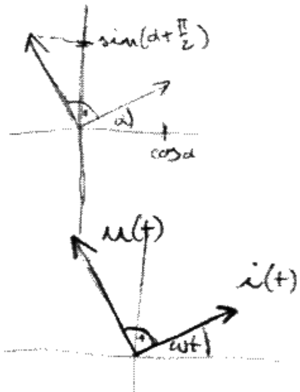
ehelyett inkább:

$$u_L = -u_i = L\frac{di}{dt}$$

ha $i = \hat{I} \cdot \sin(\omega t)$

$$u_L = L \cdot \frac{d(\hat{I} \cdot \sin(\omega t))}{dt} = \underbrace{L \cdot \hat{I}\omega}_{\hat{U}} \cdot \cos(\omega t)$$

$$u_L = \hat{U} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$



A feszültség 90°-kal siet az áramhoz képest.
(Az áram késik 90°-kal a fesz.-hez képest.)

A feszültség és az áram nagyságának viszonya:

$$\hat{U} = \omega L \cdot \hat{I}$$

$$\frac{\hat{U}}{\hat{I}} = \boxed{\omega L = X_L} \quad \text{reaktancia } [\Omega]$$

Kondenzátor (kapacitás):

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

ha I áram tölti

$$\Delta U = \frac{I \cdot \Delta t}{C} \rightarrow I = C \cdot \frac{\Delta U}{\Delta t}$$

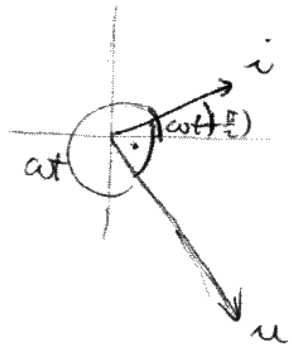
ha $t \Rightarrow 0$

$$i(t) = C \cdot \frac{du(t)}{dt}$$

ha $u(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega t)$

$$i(t) = C \cdot \frac{d(\hat{U} \cdot \sin(\omega t))}{dt} = \underbrace{C \cdot \hat{U} \cdot \omega}_{\hat{I}} \cdot \cos(\omega t)$$

$$i(t) = \hat{I} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$



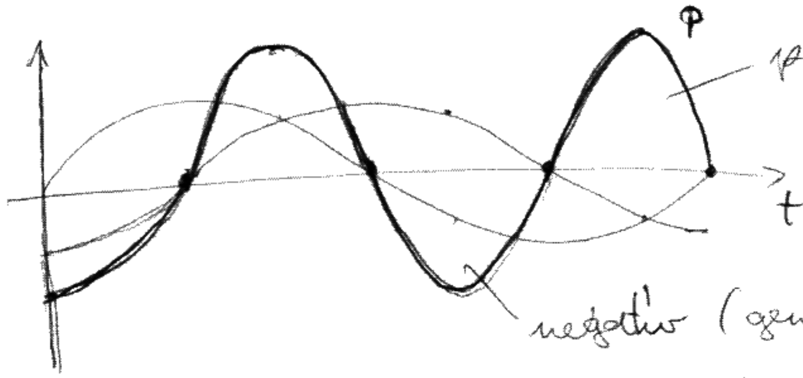
Az áram siet 90°-kal a fesz.-hez képest.

$$\hat{I} = \omega C \cdot \hat{U}$$

$$\frac{\hat{U}}{\hat{I}} = \boxed{\frac{1}{\omega C} = X_C} \quad \text{reaktancia}$$

Mi a helyzet a kondi vagy a tekercs teljesítményével?

(ideális eset)



Az energia oda-vissza „lötyög” ⇒ nincs hatásos teljesítmény!

Az ilyen teljesítmény: meddő teljesítmény

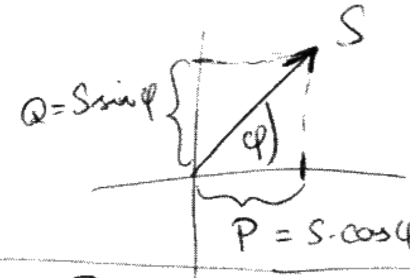
Általános esetben φ fázistolás van u és i között

Hatásos telj.:

$$P = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \cos\varphi$$

Meddő telj.:

$$Q = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \sin\varphi$$

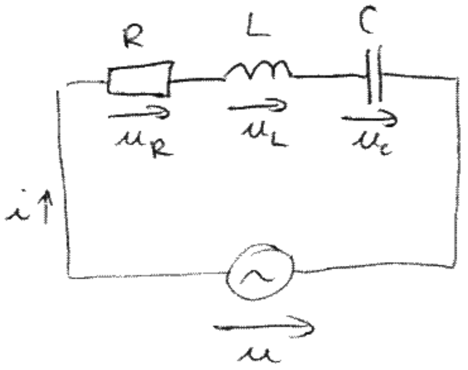


Látszólagos telj.:

$$S = U_{eff} \cdot I_{eff}$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}$$ teljesítménytényező

Soros RLC kör



Szinuszos áram indul meg:

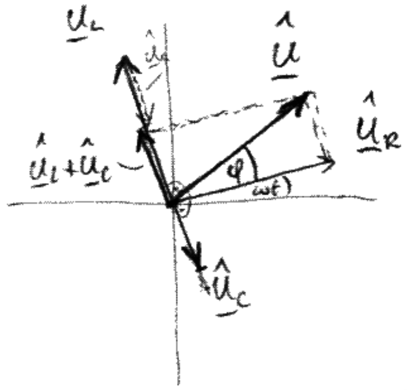
$$i(t) = \hat{I} \cdot \sin(\omega t)$$

$$u_R = \hat{U}_R \cdot \sin(\omega t) \, ; \quad \hat{U}_R = R \cdot \hat{I}$$

$$u_L = \hat{U}_L \cdot \sin(\omega t + \tfrac{\pi}{2}) ; \quad \hat{U}_L = \cancel{\omega L}\, X_L \cdot \hat{I} = \omega L \cdot \hat{I}$$

$$u_C = \hat{U}_C \cdot \sin(\omega t - \tfrac{\pi}{2}) ; \quad \hat{U}_C = X_C \cdot \hat{I} = \frac{1}{\omega C} \cdot \hat{I}$$

Rajzoljuk fel az egyes feszültségeket forgóvektorokkal!



Az eredő feszültség:

$$u(t) = \hat{U} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\frac{\hat{U}}{\hat{I}} = Z \quad \text{impedancia}$$
(váltóáramú ellenállás)

A feszültségek vektoriálisan összegződnek:

$$\underline{\hat{U}} = \underline{\hat{U}}_R + \underline{\hat{U}}_L + \underline{\hat{U}}_C$$

Az eredő fesz. nagysága:

$$\hat{U}^2 = \hat{U}_R^2 + (\hat{U}_L - \hat{U}_C)^2 \qquad / : I^2$$

$$\frac{\hat{U}^2}{I^2} = \frac{\hat{U}_R^2}{I^2} + \frac{(\hat{U}_L - \hat{U}_C)^2}{I^2}$$

$$\left(\frac{\hat{U}}{I}\right)^2 = \left(\frac{\hat{U}_R}{I}\right)^2 + \left(\frac{\hat{U}_L - \hat{U}_C}{I}\right)^2$$

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2$$

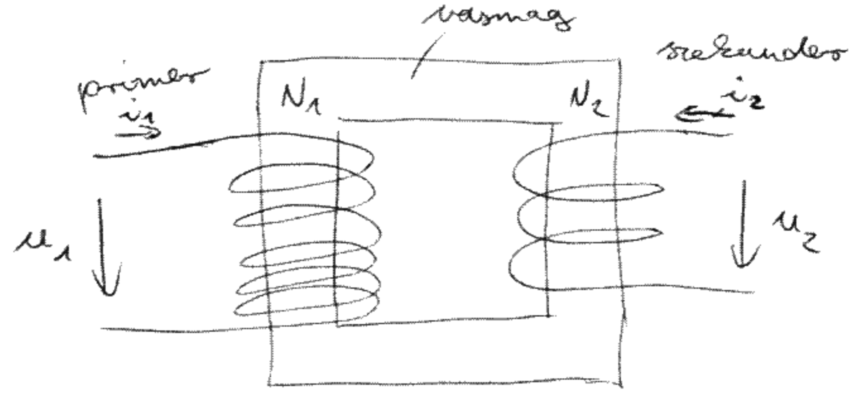
Az eredő impedancia:

$$\boxed{\underline{Z} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

A fázistolás:

$$\boxed{\cos\varphi = \frac{\hat{U}_R}{\hat{U}} = \frac{\hat{U}_R / \hat{I}}{\hat{U} / \hat{I}} = \frac{R}{Z}}$$

Transzformátor



$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad ; \quad \frac{i_1}{i_2} = -\frac{N_2}{N_1}$$

$$\cancel{P_1 = -P_2}$$

FIZIKA felkészítő

14. HÉT

A FOTONOKRÓL

A fény kettős természete:

① **A fény elektromágneses hullám**

Jellemzői:
- frekvencia ~~[illegible]~~ $[f] = 1\,Hz$
- hullámhossz $[\lambda] = 1\,m$
- terjedési sebesség $[c] = 1\,\frac{m}{s}$

$$\boxed{c = \lambda \cdot f}$$

A fény (és általában az elektromágneses hullámok) vákuumbeli terjedési sebessége:

$$c = 3 \cdot 10^{8}\,\frac{m}{s}$$

② **A fény részecsketermészete**

Bizonyos jelenségekben a fény (és általában az el. mág. hullámok) úgy viselkedik, mintha az energiája ~~[illegible]~~ oszthatatlan „csomagokban", kvantumokban továbbítódna.

Az elektromágn. sugárzás elemi részecskéje a <u>foton</u>

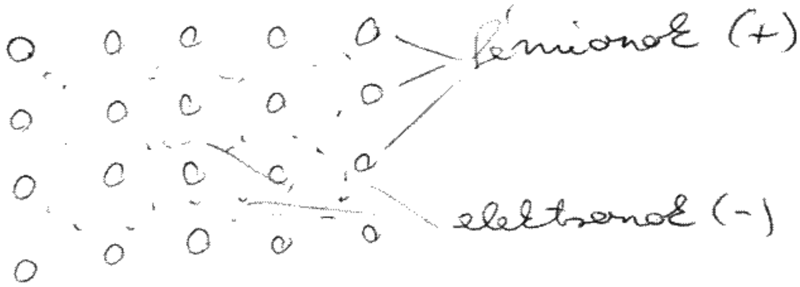
A foton energiája:

$$E = h \cdot f$$

$$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}\,Js \quad \text{(Planck-állandó)}$$

A fényelektromos jelenség:

A fémek részecskeszerkezete:



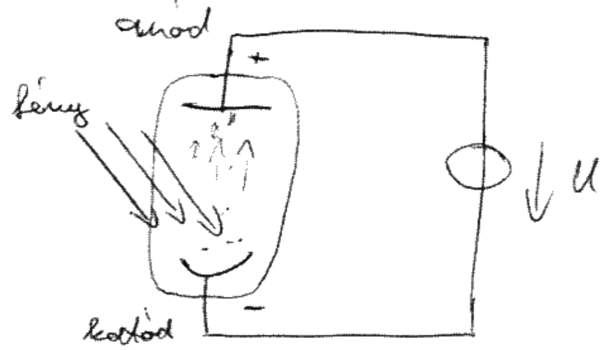
A fémionok vonzzák az elektronokat, azok egymást taszítják. Az elektronok szabadon mozognak a rácsban, de nem képesek kilépni belőle.

Ha pl. a fémet melegítjük, az elektronok mozgási energiája nő, és egy bizonyos ~~hat~~ energiaszint fölött képesek kilépni a rácsból. KILÉPÉSI MUNKA.

A fényelektromos jelenség lényege az, hogy a fémből megvilágítás hatására is kilépnek elektronok.

A kilépő elektronok száma arányos a fény intenzitásával. A jelenség kis intenzitású fénynél is azonnal megindul.

Viszont bizonyos hullámhossz fölött a jelenség megszűnik (különböző színű fények)



Magyarázat:

Ha a beérkező fotonok energiája legalább akkora, mint a kilépési munka, akkor a fotonnal való mechanikai kölcsönhatás hatására az elektron kilép. (A foton „kiüti”)

$$hf = \underbrace{\frac{1}{2} m_e \cdot v^2}_{\text{elektron mozg. energiája}} + \underbrace{W}_{\text{kilépési munka}}$$

A foton tömege, impulzusa

Tömege:

$$E = hf$$

$$E = m \cdot c^2 \quad \text{(Einstein)}$$

$$hf = mc^2$$

$$\boxed{m = \frac{h}{c^2} \cdot f}$$

Impulzusa:

$$I = m \cdot v = m \cdot c$$

$$I = \frac{h}{c^2} \cdot f \cdot c$$

$$\boxed{I = \frac{h}{c} \cdot f}$$

A fény a megvilágított felületre fénynyomást fejt ki.