

Bevezetés – a fizika tárgya, módszerei és felosztása

A fizika a görög **fűzisz (természet)** szóból ered.

A fizika felosztása

mechanika
molekuláris fizika és hőtan
elektromosság és mágnesesség
hullámtan és hangtan
fénytan
csillagászat
atomfizika és magfizika
kvantumfizika
relativitáselmélet

Kisebbről nagyobbra osztunk, nagyobbbról kisebbre szorzunk!

A hosszúság egységei:

km, m, dm, cm, mm – közöttük 10 a váltószám, csak az elején 1000

118 dm (mm) =
1726 mm (m) =
1999 cm (km) =
846 cm (m) =
1312 km (cm) =
131 cm (km) =
1412 m (mm) =
485 dm (m) =
1548 mm (km) =
12 m (km) =
125,38 km (m) =
978,325 m (km) =

A tömeg egységei:

t, q, kg, hg, dkg, g, dg, cg, mg – közöttük 10 a váltószám, csak a kg és a q között 100

128 dg (mg,dkg) =
1456 hg (g,q) =
9187,48 q (kg,t) =
78,98 hg (dg,g) =
1648 t (kg,q) =
613 g (kg,dkg) =
7412 cg (hg,dkg) =
1756 q (hg,t) =
3978 dkg (mg,kg) =

A térfogat egységei:

km³, m³, dm³, cm³, mm³ – közöttük 1000 a váltószám, csak az elején 1 000 000 000
hl, l, dl, cl, ml – közöttük 10 a váltószám, csak az elején 100

1348 dm³ (mm³,cl,hl) =
248 m³ (cm³,l,hl) =
145 dm³ (km³,hl,l) =
252 cm³ (dm³,l,cl) =
14592 dl (ml,cm³,m³) =
0,5492 hl (l,dm³,cm³) =
92,65 cl (hl,dm³,cm³) =
639 ml (l,m³,dm³) =
947,25 m³ (cm³,hl) =
7569,25 cl (l,mm³) =
893 m³ (mm³,ml,hl) =
647,92 km³ (m³,l) =
674,820 m³ (km³,l,hl) =

Fizikai mennyiségek

fizikai mennyiség neve	jele	mértékegysége
erő	F	N, kN (newton)
elektromos töltés	Q	C (coulomb)
hosszúság	l	mm,cm,dm,m,km
térfogat	V	mm ³ ,cm ³ ,dm ³ ,m ³ ,km ³
tömeg	m	mg,g,dkg,kg,q,t
sűrűség	ρ	g/cm ³ , kg/m ³
idő	t	s, min, h, nap, év
hőmérséklet	T	C(celsius fok), K(Kelvin fok)
terület	S vagy A	mm ² , cm ² , dm ² , m ² , ár, ha, km ²

A sebesség

A sebesség nem más, mint időegység alatt megtett út.

Jele: *v*

Képlete: $v = \frac{s}{t}$

A képlet „elolvasása”: a sebesség egyenesen arányos a befutott úttal és fordítva az idővel.

A sebesség vektormennyiség, iránya megegyezik az elmozdulás irányával.

Egysége: $[v] = \frac{[s]}{[t]} = \frac{m}{sec} = m/sec$

$1 m/sec = 3,6 km/h$

1 m/sec a sebesség akkor, ha a tömegpont 1 sec alatt 1 m utat tesz meg.

Számítsuk át!!! $v = 36 km/h = \frac{36 km}{1 h} = \frac{36\ 000 m}{36\ 00 sec} = \frac{10 m}{1 sec} = 10 m/sec$

$$1 m/sec = \frac{1m}{1sec} = \frac{\frac{1}{1000}km}{\frac{1}{3600}h} = \frac{3600 km}{1000 h} = 3,6 km/h$$

A gyorsulás

A gyorsulás nem más, mint időegység alatti sebességváltozás (a sebességváltozás mértéke).

Jele: a

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

A gyorsulás egyenesen arányos a sebesség-változással és fordítva a változás idejével.

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

A gyorsulás vektormennyiség, iránya megegyezik a sebességváltozás irányával.

Egysége: $[a] = \frac{[\Delta v]}{[\Delta t]} = \frac{\frac{m}{sec}}{\frac{sec}{1}} = \frac{m}{sec^2} = m/sec^2$

A gyorsulás akkor 1 m/sec², ha a sebesség másodpercenként 1 m/sec – mal változik.

A szabadesés

A levegő ellenállása miatt a szabadesés csak légüres térben lehetséges.

A szabadon eső testek mozgása egyenes vonalú, egyenletesen gyorsuló mozgás.

Mivel nincs kezdősebesség: $s = \frac{1}{2}at^2$ $a = g$

$$\Rightarrow s = \frac{1}{2}gt^2$$

A szabadon eső test gyorsulása az ún. **nehézségi gyorsulás**.

Íránya mindig függőlegesen lefelé, a Föld felszínére merőlegesen mutat.

Értéke: $g \doteq 9,81 \frac{m}{sec^2}$ Számításoknál: $g \doteq 10 \frac{m}{sec^2}$

A nehézségi gyorsulás nagysága mindig független a szabadon eső test tömegétől.

Egy szabadon eső test csak addig gyorsul, amíg a mozgását fékező közegellenállási erő nem lesz egyenlő a rá ható nehézségi erővel! Utána egyenes vonalú egyenletes mozgással esik tovább.

A testek súlya

A szabadon eső m tömegű test g gyorsulással esik függőlegesen lefelé.
Az $m \cdot g$ nagyságú erő a test és a Föld között fellépő nehézségi erő.

Jele: G

$$G = m \cdot g$$

Ahol: G – nehézségi erő (speciális esetben súlyerő) - N

m – tömeg – kg

g – nehézségi gyorsulás (a szabadesés gyorsulása) - m/sec^2

A mechanikai munka

Fizikai szempontból akkor történik munkavégzés (mechanikai munka), ha erőhatás következtében a test mozog.

Jele: W

$$W = F \cdot s$$

Az erő munkája egyenesen arányos az erővel és az erő irányába eső úttal.

A munka **szkaláris mennyiség**.

Egysége: $[W] = [F] \cdot [s] = N \cdot m = J$

Joule (olv. dzsúl) - 19. sz., angol fizikus

$$J = N \cdot m = kg \cdot m \cdot sec^{-2} \cdot m = kg \cdot m^2 \cdot sec^{-2}$$

Egy J munkavégzés történik akkor, ha a testre 1 m hosszú úton 1 N nagyságú erő hat.
(1J=1N·1m)

A teljesítmény

A munkavégzés fontos, jellemző adata a munkavégzés sebessége, vagyis milyen gyorsan történik a munkavégzés.

A teljesítmény nem más, mint időegység alatti munkavégzés.

Jele: P

$$\boxed{P = \frac{W}{t}}$$
 A teljesítmény egyenesen arányos a munkavégzéssel és fordítva az idővel.

A teljesítmény skaláris mennyiség.

Egysége: $[P] = \frac{[W]}{[t]} = \frac{J}{sec} = J \cdot sec^{-1} = W$ (Watt) **Watt** – 18. sz., skót mechanikus, feltaláló

Ezek szerint **1W** a teljesítménye annak a gépnek, amely **1sec** alatt **1J** munkát végez.

$$W = J \cdot sec^{-1} = N \cdot m \cdot sec^{-1} = kg \cdot m \cdot sec^{-2} \cdot m \cdot sec^{-1} = kg \cdot m^2 \cdot sec^{-3}$$

Régebben használatos egység a **lóerő**: $1 LE \doteq 750 W = 0,75 kW$

$$1 kW \doteq 1,33 LE$$

A teljesítményre gyakori összefüggés még: $P = W/t = F \cdot s/t = F \cdot v$

A helyzeti (potenciális) energia

Ha egy **m** tömegű testet **h** magasságba felemelünk, akkor a nehézségi erővel szemben munkát végzünk. **A test helyzeti energiája tehát az emelési munkával egyenlő.**

$$\left. \begin{array}{l} E_p = W_e \\ W_e = mgh \end{array} \right\} \boxed{E_p = mgh}$$

A test helyzeti energiája egy alapszinttől számított magassággal egyenesen arányos.

A mozgási (kinetikus) energia

Ha egy **m** tömegű testre állandó erővel hatunk, a test egyenletesen gyorsuló mozgást végez.

Az ismert képletekből: $F = ma$; $a = \frac{v}{t}$; $s = \frac{1}{2}at^2$

$$W = Fs = mas = ma \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}ma^2t^2 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\boxed{E_k = \frac{1}{2}mv^2}$$

A kinetikus energia egyenesen arányos a test tömegével és a sebesség négyzetével.

Az impulzus

Az m tömegű, v sebességű test impulzusa: $p = m \cdot v$

Egysége: $[p] = [m] \cdot [v] = kg \cdot m/sec$

$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ Az impulzus vektormennyiség, iránya megegyezik a sebesség irányával.

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \quad \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

A testre ható erő(k) mértéke megegyezik az időegységre eső impulzusváltozással.

Ezek szerint: $F = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta(m \cdot v)}{\Delta t} = \frac{m \cdot \Delta v}{\Delta t} = m \cdot a$

Az általános tömegvonzás törvénye - Newton gravitációs törvénye

Két tömegpont egyenlő nagyságú, de ellentétes irányú gravitációs erővel vonzza egymást.

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

A gravitációs erő nagysága egyenesen arányos a két test tömegének szorzatával és fordítva a köztük lévő távolság négyzetével.

A képletben szereplő κ (kappa, görög betű) az ún. **gravitációs állandó**.

Értéke: $\kappa = 6,67 \cdot 10^{-11} Nm^2 kg^{-2}$

Az erő forgatónyomatéka

A forgást kiváltó fizikai mennyiség az **erő forgatónyomatéka** (autók, ill. motorok technikai adatainál találkozhatunk vele).

Jele: M

$$M = Fr$$

A forgatónyomaték egyenesen arányos mind az erővel, mind az erőkarral.

Egysége: $[M] = [F][r] = Nm$

Állandó forgatónyomaték esetén, az erő és az erőkar egymással fordítottan arányos.

Hőmérséklet mérése

A hőmérsékletnek a mérése hőmérővel történik. A fizikában higanyhőmérőket használunk. Ha a hőmérőt melegítjük, akkor a higany térfogata megnövekszik és a higany a csőben felemelkedik.

A hőmérőt hőmérsékleti skálával kell ellátni. Ez egyenletes beosztású. A hőmérsékleti skála egyik alappontja a 0 Celsius-fok, ez az olvadó jég hőmérséklete. A másik alappontja a 100 Celsius-fok, ez a forrásban levő víz hőmérséklete. A 0 Celsius-fok alatti hőmérsékletet mínusz jellel látjuk el. Ezt a hőmérsékleti skálát először Anders Celsius (1701 – 1744) svéd fizikus és csillagász alkalmazta.

Testünk hőmérsékletének mérésére lázmérőt használunk. A lázmérővel 34 – 42 Celsius-fok között 0,1 fok pontossággal lehet mérni. A régebbi lázmérők higanyt tartalmaztak.

A hőmérsékletet bimetallhőmérőkkel is mérhetjük. Acél és rézlemezéből készült fémszalagot használnak. A fémszalag a növekvő hőmérséklet hatására kitágul.

A hőmérséklet fizikai mennyiség, jele: T
egysége: °C (Celsius-fok) vagy K (Kelvin-fok)

Érvényes: $0\text{ K} = -273,15\text{ °C}$ (ettől hidegebb nincs!!!)

pl. $T = 14\text{ °C} = (14\text{ °C} + 273,15)\text{ K} = 287,15\text{ K}$

(képlettel: $\text{°C} + 273,15 = \text{K}$)

A test belső energiája

Minden test részecskékből épül fel. Ezek a részecskék állandó mozgásban vannak. Ha a testeket melegítjük (a test hőmérséklete nő), akkor a részecskék mozgása megélénkül és a test belső energiája is nő.

Hőátadás során amennyivel csökken az egyik test belső energiája, a másiké ugyanannyival nő. A folyamat addig tart, amíg a két test hőmérséklete ki nem egyenlítődik.

pl. a kovács az izzó vasdarabot vízbe dobva hűti le, a víz felmelegszik, a vas lehűl – a víz belső energiája nő, a vasé csökken.

A test belső energiája nem lehet nulla!

Hővezetés, hővezetők és hőszigetelők

Ha egy fémkánál egyik végét melegítjük, akkor a többi részének is fokozatosan emelkedik a hőmérséklete. Ez a jelenség a hővezetés.

A fémek, különösen az ezüst és a réz a legjobb hővezetők.

A kő, a cserép, az üveg, a porcelán félvezetők.

A fa, a hamu, a korom, a szövet, a toll, a hó, a jég rosszul vezetik a hőt, ezek a hőszigetelők.

A hótakaró védő hatása akkora, mint ugyanolyan vastag téglafalé.
Hőszigetelésre laza anyagokat használunk: fűrészpor, szalma, parafa, gyapjú.

Hőáramlás, hőszugárzás

Ha a folyadékokat vagy a gázokat melegítjük, akkor a térfogatuk nő, tömegük változatlan marad, így a sűrűségük csökken. A melegebb, tehát kisebb sűrűségű folyadék vagy gáz felemelkedik és helyére hidegebb anyag áramlik. Ezt a jelenséget hőáramlásnak nevezzük, pl. a hidrogénnel töltött léggömb a levegőben felszáll, de a kémények és a szellőztetők is ezen az elven működnek – a meleg levegő könnyebb, ezért felszáll és helyére hideg levegő áramlik.

Hideg, téli napokon is érezzük a napsugarak melegét, pedig a levegő jéghideg marad körülöttünk. A Nap hősugarai, a tűz melege eljutnak hozzánk anélkül, hogy a közbeeső levegőt felmelegítenék. Ilyenkor a forró test és a hideg test között légüres tér van. A hőátadás az elektromágneses hullámok segítségével történik. Ez a hőszugárzás.

Hőmennyiség

A hőátadás közben bekövetkező belsőenergia – változást (mindig a melegebb test ad át energiát a hidegebbnek!) hőmennyiségnek nevezzük.

A hőmennyiség fizikai mennyiség, jele: Q, egysége: J (joule), kJ (kilojoule).
Érvényes: 1 kJ = 1000 J.

Régebbi egység a cal (kalória) és a kcal (kilokalória).
Érvényes: 1 kcal = 1000 cal = 4186,8 J
1 cal = 4,1868 J = 4,2 J

A hőmennyiség képlete: $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$

c – a test fajhője
m – a test tömege
 ΔT – a hőmérséklet változása

A hőmennyiség kiszámításához szükséges mennyiségeket méréssel határozhatjuk meg. A mérés kaloriméterrel (hőszigetelt edénnyel) történik.

Az anyagok fajhője

A fajhő megmutatja, hogy 1 kg tömegű anyag hőmérsékletének 1 Celsius-fokos változásakor mennyivel változik a test belső energiája.

Jele: c, egysége: J/ kg. °C vagy kJ/kg. °C
pl. víz - 4 200 J/ kg. °C; jég - 2 100 J/ kg. °C; vízgőz - 2 000 J/ kg. °C
alumínium - 880 J/ kg. °C; acél - 460 J/ kg. °C; réz - 400 J/ kg. °C

Ha a test hőmérséklete emelkedik, akkor a test hőmennyiséget vesz fel. Ha a test hőmérséklete csökken, akkor a test hőt ad le.

pl. Mennyi hőt vesz fel a 3 kg tömegű víz melegítés közben, ha hőmérséklete 5 Celsius-fokkal emelkedik?

$$c = 4\,200 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}; m = 3 \text{ kg}; \Delta T = 5 ^\circ\text{C}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta T = 4\,200 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 3 \text{ kg} \cdot 5 ^\circ\text{C} = 63\,000 \text{ J} = 63 \text{ kJ}$$

Feladatok:

Egy autóban 7 liter 20 Celsius-fokos hűtővíz van. Mennyivel nő a hűtővíz belső energiája, ha a hőmérséklete 70 Celsius-fokra emelkedik?

Mennyivel csökken 150 liter víz belső energiája, ha a hőmérséklete 50 Celsius-fokról 25 Celsius-fokra csökken?

5250 kJ energiaváltozásra volt szükség ahhoz, hogy a fürdővíz hőmérsékletét 15 Celsius-fokról 40 Celsius-fokra növeljék. Mennyi a víz tömege?

Egy terem 200 köbméter levegőjének belső energiája 516 kJ-al nőtt. Mennyivel emelkedett a hőmérséklete?

Egy alumínium lábas tömege 2,5 kg és benne 5 liter 20 Celsius-fokos víz van. A vizet forrásig, 100 Celsius-fokig melegítjük. Mennyi az összes belső-energia növekedés? (lábas és a víz is 20 °C -os volt és mindkettő 100 °C -ra melegszik!)

145 liter 10 Celsius-fokos vízbe 75 liter 60 Celsius-fokos vizet öntünk. Hány Celsius-fok lesz a közös hőmérséklet?

Egy edényben 150 g 15 Celsius-fokos víz van. 45 g 80 Celsius fokos vizet öntünk hozzá. Mennyi lesz a közös hőmérséklet?

0,5 kg 60 Celsius-fokos vízhez 0,75 kg 18 Celsius-fokos vizet öntünk. Mennyi lesz a közös hőmérséklet?

A fürdőkádban 80 liter 15 Celsius-fok hőmérsékletű víz van. 40 liter 75 Celsius-fokos vizet öntünk hozzá. Mennyi lesz a közös hőmérséklet?

100 kg tömegű izzó acélt 20 Celsius-fokos, 500 liter vízben edzenek. Mennyi volt az acél eredeti hőmérséklete, ha edzés után a víz hőmérséklete, a véghőmérséklet 38 Celsius-fok volt? (az acél hőt adott le = a víz hőt vett fel)

$$(m_1 c_1 (t_1 - t) = m_2 c_2 (t - t_2))$$

Hőtágulások

Szilárd testek hőtágulása

Ha a rudat felmelegítjük, akkor a melegítés hatására a rúd hossza megnyúlik. A hőközta hosszúságváltozásra tekintettel vannak a hidak építéskor. Csak a híd egyik végét rögzítik, a másik vége görgőkön nyugszik.

Különféle anyagok különböző mértékben tágulnak ki melegedéskor. 1 méter hosszú rúd megnyúlása milliméterekben, ha a hőmérséklete 0 Celsius-fokról 100 Celsius-fokra emelkedik: réznél - 1,7 mm; vasnál - 1,1 mm; betonnál - 1,1 mm (ezért készíthetnek az építkezéseknél vasbetont, mert egyformán tágulnak).

Képlettel, ha a rudat T hőmérsékletig melegítjük:

$l_T = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot T)$, ahol l_0 a rúd hosszúsága 0 Celsius-foknál, α a lineáris hőtágulási együttható (értéke függ az anyagtól), l_T a rúd hossza T hőmérsékleten.

Folyadékok hőtágulása

Melegítés hatására a folyadék térfogata megnövekszik. Különböző folyadékok különböző mértékben tágulnak. 1 liter (1000 cm³) folyadék tágulása cm³ - ben, ha hőmérséklete 10 Celsius-fokkal emelkedik: alkoholnál - 11 cm³ ; petróleumnál - 10 cm³ ; higanynál - 1,8 cm³ ; víznél - 0,6 cm³.

Legszabályosabban a higany tágul, ezért használják hőmérőkben. Kivételt képez a víz. Ezt nevezik a víz anomáliájának.

Képlettel, ha a folyadékot T hőmérsékletig melegítjük:

$V_T = V_0 \cdot (1 + \beta \cdot T)$, ahol V_0 a folyadék térfogata 0 Celsius-foknál, β a térfogati hőtágulási együttható (értéke függ az anyagtól), V_T a folyadék térfogata T hőmérsékleten.

Gázok hőtágulása

Melegítés hatására a gázok is kitágulnak, viszont a gázok egyformán és egyenletesen tágulnak. A gázok hőtágulása független az anyagi minőségtől, vagyis attól, hogy milyen gázzal van szó.

Égéshő

Az égéshő megmutatja, hogy egy anyagból 1 kg - nyit elégetve mennyivel nő a környezet belső energiája.

Jele: L_e , egysége: J/kg vagy kJ/kg

Az égés közben bekövetkező belső-energia változás:

$\Delta E = L_e \cdot m$, ahol m az elégetett anyag tömege kg-ban

pl. Mekkora tömegű benzin égett el, ha a környezetében 2 300 000 kJ energianövekedés jött létre?

$\Delta E = 2\,300\,000\text{ kJ} = 2\,300\,000\,000\text{ J}$

$L_e = 46\,000\,000\text{ J/kg}$ (táblázatból a benzin égéshője)

$m = \Delta E : L_e = 2\,300\,000\,000\text{ J} : 46\,000\,000\text{ J/kg} = 50\text{ kg}$

Élelmiszerek energiatartalma

Minden élőlénynek energiára van szüksége. Az ember számára a növények és az állatok, mint táplálék, jelentik az energiaforrást.

Az energiát joule-ban, kilojoule-ban és kilokalóriában adjuk meg.

Az élelmiszerek energiatartalma 100 g-ra:

szőlő – 250 kJ, burgonya – 380 kJ, csirkecomb – 600 kJ, gabona – 1300 kJ, napraforgó-magvak – 2400 kJ. Számítsd át a kJ értékeket kcal-ra! (1 cal = 4,2 J)

A hatásfok

A hatásfok megmutatja, hogy a hasznos energiaváltozás a befektetett energiának hányad része, amit százalékban (%) fejezünk ki: $\eta = \text{hasznos energia} / \text{befektetett energia}$

$\eta = \text{hasznos energia} : \text{befektetett energia}$

A hatásfok mindig kisebb 1 - nél, vagyis 100 % - nál!

pl. a $\eta = 0,7 = 70\%$ azt jelenti, hogy a befektetett energia 70 % - a hasznos, 30 % - a pedig a veszteség.

Befektetett energia pl. a víz melegítésekor a gáz energiájának csökkenése, hasznos energiaváltozás a víz belsőenergiájának növekedése.

Egy autó mozgása közben hasznos energiaváltozás a gyorsításnál végzett munka, befektetett energia pedig a benzin energia-csökkenése.

A 4 ütemű benzinmotor hatásfoka kb. 30 % ; a 2 ütemű-é kb. 20 %.

A Diesel – motor hatásfoka 40%.

Az anyag halmazállapot-változásai

Egyes anyagok különböző halmazállapotokban fordulhatnak elő.

A halmazállapotok lehetnek: szilárd, cseppfolyós, gáznemű.

Télen a folyók befagynak, tavasszal a hó elolvad, nyáron a tócsa felszárad (jég – víz – vízgőz ugyanaz az anyag, csak más halmazállapotban!).

Az anyagok halmazállapota megváltozhat:

- 1.A folyadékok hűtésekor fagyás következhet be, ilyenkor a folyadék megszilárdul. Melegítéskor a szilárd anyag folyékonnyá válhat, ezt olvadásnak nevezzük.
- 2.A folyadékok felszínükön állandóan párolognak. Ilyenkor a folyadékokból légnemű anyag lesz.
- 3.A folyadék adott hőmérsékleten forrni kezd. Ilyenkor a folyadék belsejében megindul a buborékképződés, a gőzképződés (párolgás).
- 4.Légnemű anyagok hűtéskor folyékonnyá válnak. Ez a lecsapódás.
- 5.Egyes szilárd anyagok azonnal légneművé válnak, pl. naftalin. Ezt a halmazállapot-változást szublimációnak nevezzük. Fordítottja a dér kialakulása: a levegőben levő vízgőz azonnal szilárd dérré alakul.

Az olvadás

Az olvadás a szilárd anyagoknál meghatározott hőmérsékleten történik, amely anyagonként különböző. Ez a hőmérséklet az anyag olvadáspontja.

Az a mennyiség, amely megmutatja, hogy 1 kg tömegű szilárd anyag megolvasztásakor mennyivel nő a test belső energiája, olvadáshőnek nevezzük.

Jele: L_0 , egysége: J/kg vagy kJ/kg.

A szilárd testek megolvasztása közben bekövetkező belső-energia növekedés: $\Delta E = L_0 \cdot m$

Olvadáskor a szilárd anyag részecskéi közötti kapcsolat gyengül. Ezért a test térfogata olvadáskor megnő, sűrűsége pedig csökken.

pl. Mennyi belsőenergia-változással jár együtt egy 15 kg-os jégtömb megolvasztása?
A jég olvadáshője: 340 000 J/kg.

$$\Delta E = L_0 \cdot m = 340\,000 \text{ J/kg} \cdot 15 \text{ kg} = 5\,100\,000 \text{ J} = 5\,100 \text{ kJ} = 5,1 \text{ MJ}.$$

A fagyás

A fagyás a cseppfolyós anyagoknál meghatározott hőmérsékleten történik, amely anyagonként különböző. Ez a hőmérséklet az anyag fagyáspontja. Ugyanazon anyag olvadás és fagyáspontja megegyezik (pl. jég, víz).

Az a mennyiség, amely megmutatja, hogy 1 kg tömegű cseppfolyós anyag megfagyásakor mennyivel csökken a test belső energiája, fagyáshőnek nevezzük. Ugyanazon anyag olvadáshője és fagyáshője egyenlő (pl. jég, víz).

A cseppfolyós anyag fagyása közben bekövetkező belső-energia csökkenés: $\Delta E = L_o \cdot m$

Fagyáskor a test térfogata csökken, sűrűsége pedig nő, viszont a víz kivétel (ez a víz anomáliája). Télen a vezetékcsovekben keletkező jég megrepszti a csövet. Fagyáskor a víz térfogata nő, sűrűsége pedig csökken. Ezért úszik a jég a vízben.

Fél kilogramm 20 Celsius-fokos cukrot szeretnénk megolvasztani. Mennyivel nő a cukor belső energiája, ha a cukor az olvadáskor 160 Celsius-fokos? A cukor fajhője 1 200 J/kg. °C és olvadáshője 60 000 J/kg.

ΔE = olvadáspontig történő felmelegedés + megolvasztás

$\Delta E = c \cdot m \cdot \Delta T + L_o \cdot m$, ahol $\Delta T = 160\text{ °C} - 20\text{ °C} = 140\text{ °C}$

$\Delta E = 1\,200 \cdot 0,5 \cdot 140 + 60\,000 \cdot 0,5 = 84\,000 + 30\,000 = 114\,000\text{ J}$.

Mennyi energiaváltozással jár a folyamat, melynek során 2 kg; - 5 Celsius-fokos jégből 80 Celsius-fokos víz lesz?

ΔE = a jég -5 °C-ról olvadáspontig (0 °C-ig) melegszik + a jég megolvad (olvadáshővel) + a víz felmelegszik 0 °C-ról 80 °C-ra

a jég olvadáspontig melegszik : $c \cdot m \cdot \Delta T = 2\,100 \cdot 2 \cdot 5 = 21\,000\text{ J}$

a jég megolvad : $L_o \cdot m = 340\,000 \cdot 2 = 680\,000\text{ J}$

a víz felmelegszik 80 °C-ra : $c \cdot m \cdot \Delta T = 4\,200 \cdot 2 \cdot 80 = 672\,000\text{ J}$

$\Delta E = 21\,000 + 680\,000 + 672\,000 = 1\,373\,000\text{ J} = 1\,373\text{ kJ}$.

A víz anomáliája

4 Celsius-fok felett a víz térfogata nő. Ha lehűtjük a fagyási hőmérsékletre, jéggé dermed és ennek a térfogata is nő, nagyobb, mint a 0 Celsius-fokú víz térfogata volt (a térfogata egy tizedével nőtt meg). További hűtés következtében tovább nő a jég térfogata. Ezt a víz anomáliájának nevezzük.

Az anomália miatt nem készíthető vizes hőmérő. A 0 és a 7 Celsius-foknál is ugyanannyi lenne a hőmérőben a víz térfogata és így nem tudnánk megmondani, hogy valójában mennyi is az edényben levő víz hőmérséklete.

További következménye az anomáliának az, hogy a tavak alja télen nem fagy be. Fagyáskor a térfogat megnő, viszont a sűrűség csökken, így a megfagyott víz a tó tetején marad és a jégképződés a felületen történik. Közben a jég szigetel is, ezért a tavak mélyén a hőmérséklet 0 Celsius-fok felett marad.

A forrás

Az a hőmérséklet, amelyen a folyadék forrni kezd, forráspontnak nevezzük. Forráskor a felszínen és a folyadék belsejében is megindul a gőzképződés. Különböző anyagok forráspontja más és más. A víz 100 °C-on kezd forrni. Forráspontot elérve a hőmérséklet nem emelkedik tovább.

Egy folyadék forráspontja nagyobb nyomáson magasabb, pl. kuktafazékban 100 °C fölé is növelhető a víz hőmérséklete forrás nélkül, ezért az étel jobban megfő a kuktafazékban.

Kis nyomáson, pl. hegyekben 100 °C alatt is forr a víz.

Az a mennyiség, amely megmutatja, hogy 1 kg tömegű folyadék elforrálásakor mennyivel nő a belső energia, forráshőnek nevezzük.

Jele: L_f , egysége: J/kg vagy kJ/kg.

A víz forráshője: $L_f = 2\,260\,000\text{ J/kg}$

A folyadékok elforrálásakor bekövetkező belsőenergia növekedés: $\Delta E = L_f \cdot m$

A párolgás

Minden folyadék minden hőmérsékleten párolg. Párolgáskor részecskék hagyják el a folyadékot, ezért a megmaradt folyadék belső energiája csökken.

Nyáron a medencéből kilépve ezért fázunk a tűző napon is.

Párolgáskor az anyag folyékony halmazállapotból légnemű halmazállapotba megy át.

A párolgás sebessége függ:

1. az anyag minőségétől pl. víz, alkohol, aceton...
2. a párolgó felület nagyságától
3. a hőmérséklettől
4. a környezet páratartalmától

A víz hármaspontja

611 Pa nyomáson a víz olvadás és forráspontja is 0,01 °C. Ez a víz hármaspontja. A jég, a víz és a vízgőz egyensúlyi állapotba kerül.

A lecsapódás

Főzéskor a konyhaablak gyakran bepárásodik. Fürdéskor a levegőben lévő vízgőz a hideg üvegfelületen lecsapódik, folyadékká válik.

A vízgőz lecsapódása a víz párolgásának ellentétes folyamata. A lecsapódott vízgőz belső energiája csökken.

A lecsapódás játszik szerepet a felhőképződésben is. A magasba emelkedő vízgőz a felső, hidegebb légrétegekben vízcseppé áll össze és ezek alkotják a felhőt. Minél szürkébb a felhő, annál több vízcseppet tartalmaz, annál nagyobb a valószínűsége, hogy esni fog.

Légnedvesség, páratartalom

A légkörben vízgőz található, amely a nedvességet okozza.

A tökéletesen száraz, vízgőzt nem tartalmazó levegő relatív nedvessége 0 %.

A vízgőzzel telített levegő relatív nedvessége 100 %.

Zárt helyiségben a legjobb, ha a hőmérséklet 20 Celsius-fok és a relatív légnedvesség 50 %-os.

A légnedvességet, páratartalmat légnedvességmérővel, higrométerrel mérik.

Harmatpont

Amikor annyi vízgőz van 1 m³ levegőben, mint amennyit maximálisan befogadhat, a levegő telített. Ha kisebb a vízgőztartalma, lehűléssel éri el a harmatpontot, vagyis azt a hőmérsékletet, amelyen telítetté válik. A harmatpontnál alacsonyabb hőmérsékletnél a vízgőz vízzé csapódik ki.

A köd a Föld felszínén kialakult felhő. A köd is a levegő lehűlésével keletkezik. A látástávolságot 1 kilométer alá csökkenti. Ha még 1 kilométernél messzebbre látunk, azt mondjuk, hogy a levegő párás.

A talajmenti csapadék is a levegő lehűlése miatt alakul ki. Amikor a földfelszín hűti le a levegőt harmat, dér és zúzmara keletkezik.

Feladatok:

Mekkora energiaváltozással jár együtt, ha 2 kg és 20 Celsius-fokos víz negyedét elforraljuk?

ΔE = a víz melegszik forráspontig + elforr a víz negyede

a víz melegszik forráspontig : $c \cdot m \cdot \Delta T = 4200 \cdot 2 \cdot (100 - 20) = 672\,000 \text{ J}$

elforr a víz negyede : $L_f \cdot m = 2260\,000 \cdot (2:4) = 1\,130\,000 \text{ J}$

$\Delta E = 672\,000 + 1\,130\,000 = 1\,802\,000 \text{ J} = 1\,802 \text{ kJ}$.

Számítsd ki a belsőenergia-változást, ha 20 kg; -10°C -os jégből 110°C -os vízgőz lesz!

(a jég fajhője $2\,100 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$; a vízgőz fajhője $2\,000 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

Megjegyzés:

a jég -10°C -ról 0°C -ra melegszik

olvad a jég

a víz 0°C -ról 100°C -ra melegszik

forr a víz

a vízgőz 100°C -ról 110°C -ra melegszik

Az eredmény $61\,220 \text{ kJ}$.

A 3 kg tömegű és 100 Celsius-fok hőmérsékletű gőz vízzé kondenzálódott. További hűtéssel a víz jéggé változott, melynek hőmérséklete -10 Celsius-fok. Mekkora hőmennyiség szabadult fel?

Megjegyzés:

a gőz 100 Celsius-fokos vízzé kondenzálódik, lecsapódik; a forráshővel számolunk, hogy utána vizet kapjunk

a víz lehűl 100 Celsius-fokról 0 Celsius-fokra

a víz jéggé dermed 0 Celsius-fokon

a jég lehűl 0 Celsius-fokról -10 Celsius-fokra

Az eredmény 9123 kJ .

A felületi feszültség

Ha a víz szabad felszínére óvatosan varrótűt vagy tűzfillérest helyezünk, akkor azt tapasztaljuk, hogy a folyadék felszíne kissé behorpad, mintha a víz felszíne rugalmas lenne.

A **folyadék szabad felszíne** (az edény falával nem érintkező réteg) **olyan, mint egy rugalmas hártya**. A felszíni réteg „vastagsága” μm (mikrométer); nm (nanométer) nagyságrendű.

Mérések és számítások szerint a felületi feszültség: $\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta S}$

σ – a felületi feszültség (J/m^2)

ΔE – a felületi energia változása (J)

ΔS – a felület változása (m^2)

Tapasztalatból tudjuk, hogy egy adott térfogatú folyadék mindig olyan alakot igyekszik felvenni, hogy felszíne a lehető legkisebb legyen. Meghatározott térfogat mellett ez a geometriai alakzat a gömb (esőcsepp, köd, harmat, szappanbuborék illetve ún. **minimálfelületek**).

Kapilláris jelenségek

Tapasztalat szerint a nyugvó folyadékok felszíne a tartóedény fala közelében domború, vagy homorú:



domború (konvex)



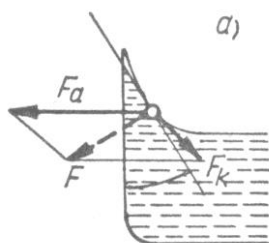
homorú (konkáv)

domború (konvex) – nem nedvesítő folyadék, pl. üveg – higany

homorú (konkáv) – nedvesítő folyadék, pl. üveg – víz

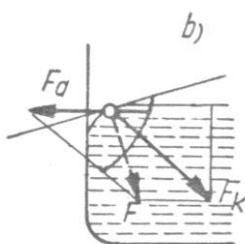
A fal mellett levő folyadék molekuláira hat a tartóedény és a folyadék közt működő **adhéziós erő** (F_a) és a folyadék molekulái közt működő **kohéziós erő** (F_k).

A folyadék felszíne e két erő eredőjére merőleges.



$$\vec{F} = \vec{F}_a + \vec{F}_k$$

Ha az adhéziós erő nagyobb, mint a kohéziós erő, akkor az eredő kifelé irányul. Tehát a rá merőleges folyadékfelszín a tartóedény falánál **homorú – nedvesítő folyadék**.



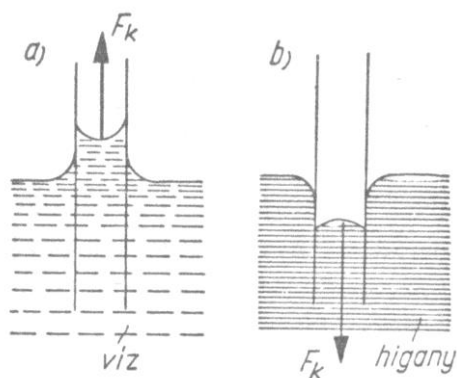
$$\vec{F} = \vec{F}_a + \vec{F}_k$$

Ha az adhéziós erő kisebb, mint a kohéziós erő, akkor az eredő a folyadék belseje felé irányul. Ebben az esetben a folyadék felszíne a tartóedény falánál **domború – nem nedvesítő folyadék**.

Hajszálcsövesség

Hajszálcső – kapilláris

Az 1-2 mm-nél kisebb, belső átmérőjű csöveket kapillárisnak nevezzük.



A szűk hajszálcsőben a felületi feszültséget létrehozó molekuláris erők eredője a **kapilláris erő**.

A felületi feszültség kapilláris emelkedéskor:

$$\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta S} = \frac{W}{S} = \frac{F r}{2\pi r^2} = \frac{F}{2\pi r} \Rightarrow \boxed{F_k = \sigma \cdot 2\pi r}$$

Ahol : S a félgömb felszíne

Az alapszinttől feljebb levő folyadékoszlop súlya:

$$G = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g = \rho \cdot S \cdot h \cdot g = \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot g$$

Ahol : πr^2 a kör területe

Egyensúly esetén:

$$F_k = G$$

$$\sigma \cdot 2 \cdot \pi \cdot r = \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h \cdot g$$

$$\sigma = \frac{\rho \cdot h \cdot r \cdot g}{2}$$

Ebből a kapilláris emelkedés:

$$\boxed{h = \frac{2 \cdot \sigma}{r \cdot \rho \cdot g}}$$

Kapilláris emelkedéskor a folyadékoszlop magassága egyenesen arányos a felületi feszültséggel és fordítva a sugárral.

Felhasználhatóság: golyóstoll (Bíró László)

Folyadékok és gázok mechanikája

Pascal elve

Pascal – 17. sz., francia matematikus, fizikus, filozófus

A nyomást a felületre merőlegesen ható nyomóerővel definiálhatjuk.

Jele: p

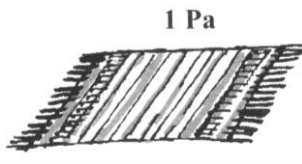
$$p = \frac{F}{S}$$

A nyomás egyenesen arányos a nyomóerővel (F) és fordítva a felülettel (S vagy A).

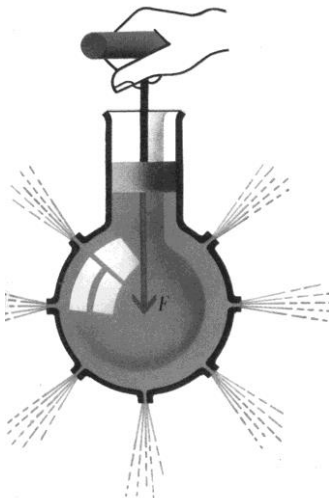
**Állandó nyomás esetén a nyomóerő és a felület egymással egyenes arányosságban van.
A nyomás skaláris mennyiség (függetlenül attól, hogy a nyomóerő vektor).**

$$\text{Egység: } [p] = \frac{[F]}{[S]} = \frac{N}{m^2} = Nm^{-2} = Pa$$

Egy pascal a nyomás akkor, ha $1m^2$ területre, merőlegesen $1N$ erő hat. $1Pa = \frac{1N}{1m^2}$



Egy $1 m^2$ -nyi 10 dkg (0,1kg) tömegű szőnyeg nyomja ilyen mértékben az alátétet.(1Pa)



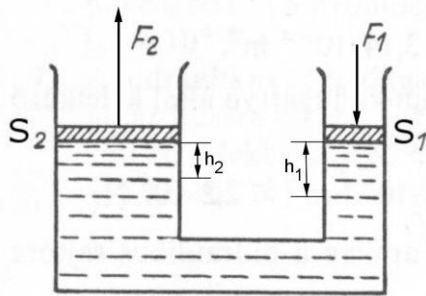
Egy lyukakkal ellátott lombikot töltünk meg vízzel és nyomjuk le a dugattyút a vízfelszínre merőleges irányban. Azt tapasztalhatjuk, hogy minden lyukon egyformán, a lombik falára merőlegesen spriccel ki a víz.

Nyugvó folyadékra ható külső nyomás minden irányban gyengítetlenül terjed tovább.

Külső nyomáson a külső erő(k) által létesített nyomást értjük.

Ezzel magyarázható, ha egy főtt és egy nyers tojást lövünk át légpuskával, az eredmény különböző - a nyers tojás szétrobban.

Pascal elvét a gyakorlatban a **hidraulikus berendezésekben** használják fel:



Pascal elve szerint

$$p_1 = p_2$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

A munkaviszonyok:

$$W_1 = F_1 h_1$$

$$W_2 = F_2 h_2$$

Az energiamegmaradás törvényének megfelelően „munkát nem nyerünk”.

A bal szélső **munkahengerben az erő nagyobb, de az erőkifejtés folyamata alatt az elmozdulás arányosan kisebb.**

Felhasználhatóság:

Nagy terhek, súlyos szerkezetek emelése, zúzó-, ill. préselő berendezések, fékek (olajfékek).

Feladatok:

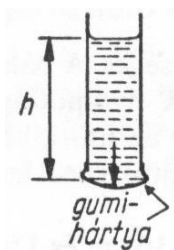
A fiú és a sílecek együttes tömege 60 kg. A sílecek felülete együtt 0,4 m². Számítsuk ki mekkora nyomást gyakorol a síleceken álló fiú a hóra! Számítsuk ki a nyomást akkor is, ha hátára veszi a 60 kg tömegű barátját is!

Egy kocsi súlya 2 000 N. Kerekeinek a talajjal érintkező felülete 100 cm². Mennyi a kocsi nyomása a talajra?

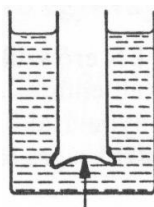
Egy téglarakás nyomása a talajra 20 kPa. A nyomott felület 6000 cm². Mennyi a téglarakás súlya?

Ha egy pontozóra 10 N erővel ütünk, akkor a hegye alatt a nyomás 1 000 kPa. Mekkora a nyomott felület?

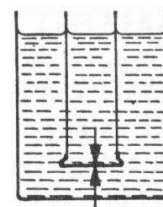
A hidrosztatikus nyomás



A gumihártya a nehézségi erő (súlyerő) hatására ki-domborodik.



Az edény alja által létesített ellenerő hatására a gumihártya homorú alakot vesz fel. (akció – reakció elv)

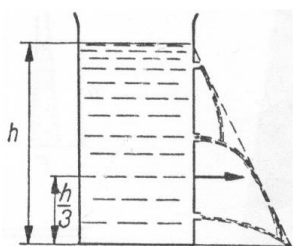


A gumihártya teljesen kismul, mert a nehézségi erő és az edény alja által létesített ellenerő kiegyenlítődik.

A hidrosztatikus nyomás nem más, mint a folyadék súlyából származó nyomás.

$$\left. \begin{array}{l} p = \frac{F}{S} \\ G = mg \\ \rho = \frac{m}{V} \end{array} \right\} p = \frac{F}{S} = \frac{G}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho V g}{S} = \frac{\rho S h g}{S} = \rho h g$$

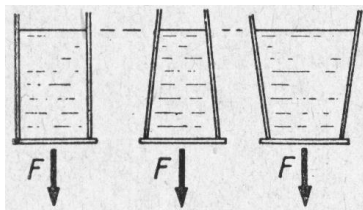
$p = \rho h g$ A folyadék súlyából származó hidrosztatikus nyomás egyenesen arányos a folyadékoszlop magasságával és a folyadék sűrűségével.



A növekvő mélységgel növekszik a hidrosztatikus nyomás.

A hidrosztatikai paradoxon

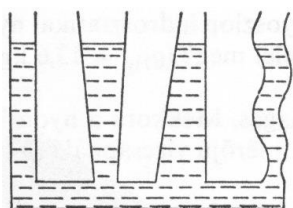
A paradoxon – viszonylag ellentmondásosnak tűnő, nem várt eredmény.



A folyadéknak felülről lefelé, az edény alaplajjára gyakorolt hidrosztatikai nyomása független az edényben levő folyadék súlyától.

Tehát a hidrosztatikus nyomás a folyadék súlyából ered, de nem azonos azzal!

Közlekedőedények



Az alul közös csővezetékekkel összekötött ún. közlekedőedényekben a nyugvó folyadék az edény alakjától függetlenül mindenütt egyenlő magasságban áll.

Egyensúly csak úgy jöhet létre, ha a folyadék belsejében a szabad felszínnel párhuzamos bármely felületen a hidrosztatikai nyomás mindenütt ugyanaz.

$$\boxed{p = \rho h g}$$

$$p_1 = p_2 = p_3 = p_4 \wedge \rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho_4 \wedge g - \text{állandó} \Rightarrow h_1 = h_2 = h_3 = h_4$$

A közlekedőedények törvényével magyarázható a természetes - vagy mesterséges szökőkutak működése, de így „működik” a vízszintmérő is.

Feladatok:

Számítsuk ki a hidrosztatikai nyomás nagyságát:

a. ha a vízoszlop magassága 20 cm!

b. 2 m mélyen a Tisza vizében!

c. 10 m - rel a víz felszíne alatt!

d. ha a higanyoszlop magassága 70 cm!

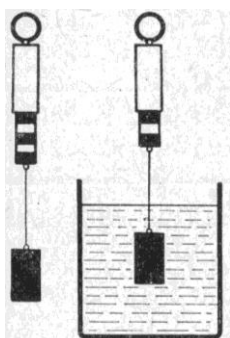
e. ha a higanyoszlop magassága 76 cm!

(A teljes nyomáshoz a külső nyomást is hozzá kellene számolni...)

Milyen magas vízoszlop nyomása egyenlő a 76 cm magas higanyoszlop nyomásával?

Archimédész törvénye

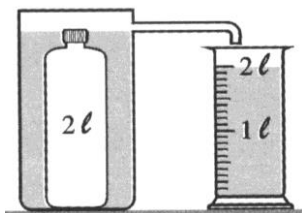
Archimédész (*Αρχιμήδης*) – i.e. 2. sz., ógörög matematikus, fizikus és filozófus – bölcsele



Mérjük meg rugós erőmérővel egy vasgolyó súlyát. Ha a vasgolyót folyadékba merítjük, akkor az erőmérő kisebb súlyértéket mutat. Ezek szerint a folyadékban a testre a nehézségi erőn kívül egy más erő is hat. **Ez a súlyvesztésnek megfelelő nagyságú, felfelé irányuló ún. felhajtóerő (F_e), amely a hidrosztatikai nyomásból származik.**

A felhajtóerő a bemerített test térfogatának megfelelő folyadék súlyával egyenlő nagyságú.

A felhajtóerő: $F_e = V_{test} \cdot \rho_{folyadék} \cdot g$

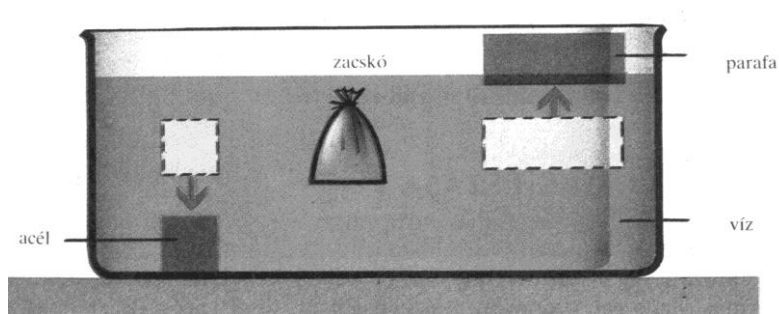


A teli edényből kifolyó vízzel egy ugyanolyan méretű palack pontosan teletölthető.

Minden folyadékba merülő testre felhajtóerő hat, amely az általa kiszorított folyadék súlyával egyenlő nagyságú, de ellentétes irányú.

Érvényes: test súlya levegőn – test súlya vízben = a felhajtóerővel !!!

Legyen a V térfogatú test sűrűsége ρ , a folyadék sűrűsége ρ_f .



Akkor a következő eseteket különböztetjük meg:

- 1) $\rho > \rho_f$ a test elsüllyed (elmerül) (a test teljes térfogata a folyadékban van).
Az erőviszonyok: $G > F_e$
- 2) $\rho = \rho_f$; $G = F_e$ – ebben az esetben a test lebeg (bárhol is állítjuk meg a folyadékban a testet, ott marad).
- 3) $\rho < \rho_f$; $G < F_e$ – ebben az esetben a test úszik (térfogatának valahányad része kint van a folyadékból).

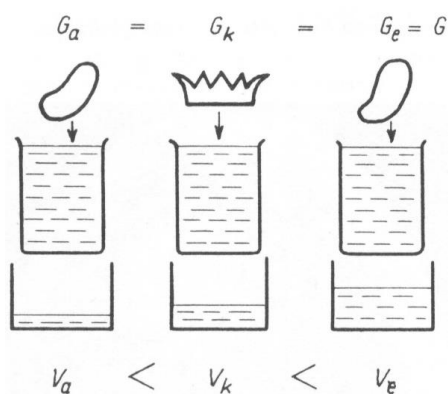
Sztatikai szempontból az úszás stabil egyensúlyi helyzetnek tekinthető. Vagyis $F_e = G$.
Ha valami úszik, akkor annyi vizet szorít ki, mint a tényleges, szárazföldön mért súlya.

Hogyan jött rá Archimédész a törvényre?

Szirakúza → Hierón király → fogadalmi ajándék → korona

Aranyműves → ezüsttel ötvözte a koronát

Archimédész → fürdő → heuréka (megtaláltam)



A korona által kiszorított víz mennyisége a két érték közé esett.

A $\rho = \frac{m}{V}$ képletnek megfelelően az arany volt a legkisebb a térfogata $\Rightarrow$ mert legnagyobb volt a sűrűsége (az ezüstnél éppen fordítva).

Felhasználhatóság:

a sűrűség mérése – a sűrűségmérő annál mélyebbre merül, minél kisebb a folyadék sűrűsége, pl. a Holt tenger a legsűrűbb, ezért ott nem süllyedünk el.

a hajózás elve – a hajó oldalában levegőkamrák vannak (ezzel csökken az összsűrűség).

a tengeralattjárók „működési elve” – a légkamrákba vagy vizet szivattyúznak, vagy kipréselik belőlük a vizet.

a léghajózás - a léggömb mindig a térfogatának megfelelő mennyiségű levegőt szorítja ki → felfelé haladva azonban csökken a levegő sűrűsége → kisebb lesz a kiszorított levegő súlya → kisebb a felhajtóerő → nem emelkedhet a végtelenségig (kb. 43 km-es magasságban a léggömbre ható felhajtóerő már kisebb lesz, mint a léggömb súlya).

Ha egy tengerjáró dunai hajó a tengerbe jut, ott is annyira merül le, mint a Dunán?
Nem, kevésbé, mert a tengervíz sűrűbb (sós).

Egy edényben 10 liter víz van. A vízben egy 1 kg tömegű jégkocka úszik. Mi történik a víz felszínével, ha a jég elolvad?

Mivel a jég úszik, ezért pontosan 1 kg vizet szorít ki → ha elolvad, az 1 kg jégből 1 liter víz lesz. Tehát semmi nem történik.

A Balatonon úszik egy csónak. A csónakban egy 80 kg tömegű vasdarab van. Mi történik, ha a vasdarabot bedobjuk a vízbe?

A csónak megemelkedik – ill. a vízszint lesüllyed.

Hogyan lehet a friss tojást a záptojástól megkülönböztetni?

Vízbe tesszük → a záptojás feljön → a romláskor benne keletkező gázok miatt lecsökken az összsűrűség.

A vízbe fúttak holttestét nehéz megtalálni, mert azok először elmerülnek és csak néhány nap múlva bukkannak fel.

A tüdő megtelik vízzel → az összsűrűség növekszik → lesüllyed. Bomláskor gázok keletkeznek → a bőr ezt nem engedi át → az összsűrűség csökken → felemelkedik.

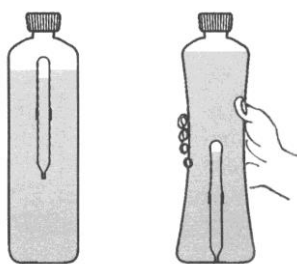
Hogyan mentsük ki helyesen a fuldoklót?

A test minél nagyobb térfogatrésze maradjon a vízben → nagyobb felhajtóerő → kisebb erő kell kifejtenünk.

Ha egy parafa dugót szurokba nyomunk, néhány év múlva feljön a tetejére.

A felhajtóerő következtében.

Magyarázd meg!



Cartesius – bűvár

A megnövekedett külső nyomás hatására (Pascal-elve) több víz kerül a kémcsőbe → növekszik az összsűrűség → lemerül.

Ha elengedjük, a víz kijut a kémcsőből → csökken az összsűrűség → felemelkedik.

Feladatok:

Egy acélgerenda súlya 20000N. Vízbe merítve a tartóerő 16000N. Mekkora felhajtóerő hat a gerendára?

Egy 20 köbdeciméter térfogatú alumínium test vízbe merül. Mekkora a testre ható felhajtóerő?

Mekkora erővel kell tartani egy vízbe lógatott 3 cm élhosszúságú vaskockát?

Mekkora erővel tartunk a vízben egy 5 köbdeciméter térfogatú és $2,5 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű követ?

Egy 10 kg tömegű vastömböt víz alatt tartunk. Mekkora a tartóerő?

Egy 40000N súlyú test a vízben úszik. Mekkora a testre ható felhajtóerő?

Egy test a vízben úszik. A test vízbe merülő részének a térfogata 0,2 köbméter. Mekkora a testre ható felhajtóerő?

Egy 200 köbcentiméter térfogatú test vízben elmerül. Mekkora a testre ható felhajtóerő?

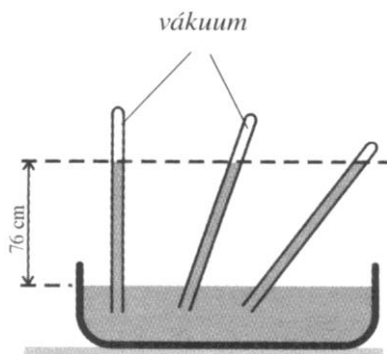
Alkoholba merítünk 200 köbcentiméter térfogatú testet. Mekkora a felhajtóerő? Mekkora a felhajtóerő nagysága, ha a test térfogata 400 köbcentiméter?

Mekkora súlyú és tömegű a tengeralattjáró, amely a vízben lebegve 2000 köbméter vizet szorít ki?

Az atmoszferikus nyomás

A levegő súlyából származó nyomást légnyomásnak vagy atmoszferikus nyomásnak nevezzük.

A 17. században egy **Torricelli** nevű olasz fizikus, matematikus mérte meg először a légnyomást.



Az egyik végén beforrasztott üvegcsövet higannyal töltött meg, majd a nyílásával lefelé, egy higannyal teli tálba merítette. A kémcsőben a higanyoszlop magassága a tálban levő higany szintjétől számítva 76 cm-re állapodott meg. Ez a magasságkülönbség akkor is megmarad, ha a csövet megdöntjük, vagy ha hosszabb csövet használunk.

A csőben a 76 cm magas higanyoszlop egyensúlyt tart a külső higanyszint

feletti levegőoszloppal (30-35 km).

Másképpen: A higany súlyából származó

hidrosztatikus nyomást kiegyenlíti a levegő súlyából származó légnyomás:

$$p_{Hg} = p_{\text{levegő}}$$

A higany sűrűségét ismerve

$$p = h\rho g$$

$$\rho_{Hg} = 13\,500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$p_{Hg} = h_{Hg} \rho_{Hg} g$$

$$p_{Hg} = (0,76 \cdot 13\,500 \cdot 10) \text{Pa}$$

$$p_{Hg} \doteq 102\,000 \text{ Pa}$$

Ezek szerint a normális körülmények közt mért légnyomás:

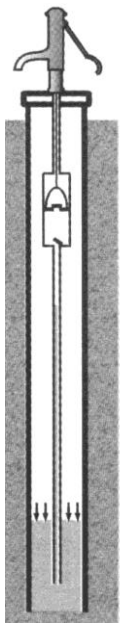
$$P_n \doteq 100\,000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa} = 1000 \text{ hPa}$$

$$p_n = 10^5 \text{ Pa}$$

Az ennek megfelelő, régebben használatos egységek:

$$1 \text{ atm} = 1 \text{ bar} = 760 \text{ Hgmm} \quad (760 \text{ mm} = 76 \text{ cm})$$

$$1 \text{ Hgmm} = 1 \text{ TORR} \quad (\text{Torricelli})$$



Kiszámítható, hogy az atmoszferikus nyomás 10 m magas vízoszlop hidrosztatikus nyomásának felel meg.

Ezt használják fel pl. az ún. szívókutaknál – emelőszivattyúknál. A vizet kb. 10 m magasságig lehet felszívni.

Az atmoszferikus nyomás legnagyobb a Föld felszínén, egészen pontosan a tenger szintjénél.

Kiszámítható, hogy **a vízben a hidrosztatikus nyomás méterenként 10 kPa-lal növekszik**, hasonlóképpen igazolható, hogy **kis magasságokban 100 méterenként 11 hPa-lal csökken a légnyomás** (magassággal a nyomás csökken).

A levegő nyomása azonos magasságokban sem állandó érték; függ a levegő hőmérsékletétől, páratartalmától és szennyezettségétől.

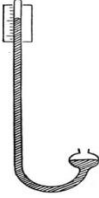
A fülben a dobhártya a nyomáskülönbség hatására kétféleképpen sérülhet:

- beszakad (pl. víz alatt nagy mélységekben)
- kiszakad (pl. nagy magasságokban - repülőgépekben)

Az átlagosnál kisebb víznyomás esetén a lakótömbökben a földszinten még van víz, az emeleteken már nincs.

Légnyomáskülönbségen alapuló berendezések

Laboratóriumokban
higanyos légnyomásmérőt
használnak:



Nehezen hordozható, ezért a
légnyomás mérésére
aneroidot is használnak:



A meteorológiai állomásokon a
légnyomást barográffal mérik:



A vérnyomásmérőn a kart
körülvevő vákosba addig
pumpálják a levegőt, amíg a
vér keringése a karban
megszűnik. Ekkor leolvassák a
levegő nyomását. Ez a nyomás
egyenlő a vér nyomásával.

A Föld légköre, atmoszférája. A levegő nyomása

Földünket levegőburok veszi körül, melyet légkörnek vagy atmoszférának nevezünk. A Föld légköre néhány 100 km vastagságú. A légkör felső rétegei a gravitáció következtében nyomást gyakorolnak az alsó rétegekre. Ez a légkörben nyomást hoz létre, melyet légnyomásnak vagy atmoszferikus nyomásnak nevezünk.

A tengerszint feletti magasságokban a légnyomás kisebb, mert kisebb a légréteg vastagsága és a levegő súlya is kisebb. Ahol magas légnyomás uralkodik, ott szép napos idő van és tiszta az égbolt. Alacsony légnyomás esetén rossz, csapadékos az időjárás.

A legnagyobb légnyomást a tenger szintjén mérhetjük. 5 500 m magasságban csak fele akkora a légnyomás, mint tengerszinten.

A Föld légkörének felhajtóereje

A testekre a levegőben is hat felhajtóerő. Ennek hatására emelkedik a léggömb, léghajó.

Gázokra is érvényes Arkhimédész törvénye:

Minden gázban lévő testre felhajtóerő hat. A felhajtóerő egyenlő a test által kiszorított gáz súlyával: $F = V \cdot \rho \cdot g$, ahol V a test térfogata, ρ a gáz sűrűsége (a levegő sűrűsége $1,29 \text{ kg/m}^3$), g a gravitációs gyorsulás (értéke $9,81 \text{ N/kg}$).

Ha a levegő felhajtóereje, a kiszorított levegő súlya nagyobb a testre ható gravitációs erőnél, akkor a test felemelkedik.

A léggömb, léghajó lebeg a levegőben, ha az általa kiszorított levegő súlya egyenlő a léggömb, léghajó súlyával.

Ha a léggömb, léghajó súlya a nagyobb, akkor lesüllyed.

A léggömböket, léghajókat a levegőnél ritkább gázzal, pl. hidrogénnel, héliummal töltik meg. Melegítés hatására a sűrűség tovább csökken, így a léggömbök, léghajók még gyorsabban felemelkednek. A léggömb addig emelkedik, amíg a magasban csökkenő felhajtóerő egyenlő nem lesz a gravitációs erővel. A léggömb ebben a magasságban fog lebegni.

A vákuumban a testekre felhajtóerő nem hat!!!

Az eső modellezése

A Nap a földfelszínt melegíti, a Föld pedig a körülötte levő levegőt. A víz párolog, a vízgőz felszáll, amíg el nem éri a légkör hidegebb rétegeit. A vízgőzök egy része apró cseppeket képez. A sok apró cseppet az égbolton, mint felhőt látjuk. Minél több a vízcsepp a felhőben, az annál sötétebb. A vízcseppek a felhőkben egyre nagyobb és nehezebb cseppekké állnak össze. Egy bizonyos súly felett, mint esőcseppek hullanak le a földre. A leesett eső újból párologni kezd. Ezt a folyamatot nevezzük a víz körforgásának a természetben.

A lehullott csapadék mennyiségét csapadékmérővel mérjük. A lehullott csapadék rendszeres mérését a meteorológiai megfigyelőállomások végzik.

A savas esők az ipar-vidékek környékén figyelhetők meg. A savas esők károsítják a termőföldet, növényeket, állatokat, épületeket, felszíni vizeket.

Az időjárás megfigyelése

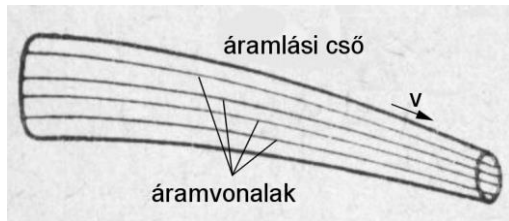
Az időjárás-jelentések segítenek abban, hogy felkészüljünk a viharokra, záporokra, de az öntözésre is a kertekben és a földeken a szárazabb napok előtt. A meteorológusok rendszeresen mérik a hőmérsékletet, a levegő nyomását, a szél irányát és erősségét, a levegő nedvességét, a lehullott csapadék mennyiségét.

Hidrometeorológiai Intézet az a központi intézet, mely összegyűjti a meteorológiai állomás adatait. A meteorológiai léggömbök és a műholdak gyűjtik az adatokat magasan a földfelszín felett.

Az időjárás alakulását befolyásolja a levegő áramlása. A Nap felmelegíti a Föld felszínét, amely felmelegíti a felette levő légréteget. A meleg levegő felszáll, a helyére hidegebb levegő áramlik. A levegőnek ez az áramlása a szél. A szél elfújhatja a felhőket, ezzel megakadályozhatja az esőt is.

Az áramló közeg mechanikája

A folytonossági (kontinuitási) egyenlet



Stacionárius áramlás – a folyadék sebessége időben nem változik.

Az **S (A)** keresztmetszetű csőben a folyadék **v** sebességgel áramlik.

Az áramló folyadék tömegére érvényes:

$$\boxed{m = \rho V} \quad \left(\rho = \frac{m}{V}\right)$$

$$\boxed{m = \rho S \Delta s}$$

Ahol: m - az áramló folyadék tömege (kg)

ρ - sűrűség (kg/m^3)

S - az áramlási cső keresztmetszete (m^2)

Δs - a folyadékoszlop elmozdulása (m)

Mivel stacionárius áramlásáról van szó, **az időegység alatt átfolyó folyadék tömege állandó.**

$$\boxed{\frac{m}{\Delta t} - \text{állandó}}$$

$$\frac{\rho S \Delta s}{\Delta t} - \text{állandó} \quad \left(\frac{\Delta s}{\Delta t} = v\right)$$

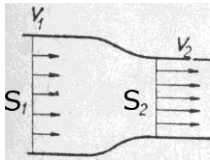
$$\boxed{\rho S v - \text{állandó}}$$

Ideális folyadékokról lévén szó a sűrűség nem változik.

$$\boxed{S v - \text{állandó}}$$

Ezek szerint, **ha a keresztmetszet csökken, az áramlás sebessége növekszik (ill. fordítva).**

Konkrét esetben:

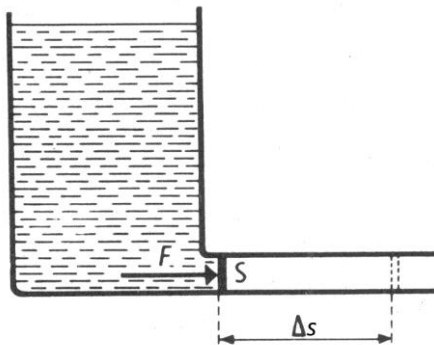


$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

A nyomási energia

A nyomással rendelkező víz munkát végezhet, tehát energiával rendelkezik. Ezt az energiát **nyomási energiának** nevezzük.

Az ismert képletekből:



$$\left. \begin{aligned} p &= \frac{F}{S} \Rightarrow F = pS \\ E &= W = Fs \end{aligned} \right\} W = F\Delta s = pS\Delta s$$

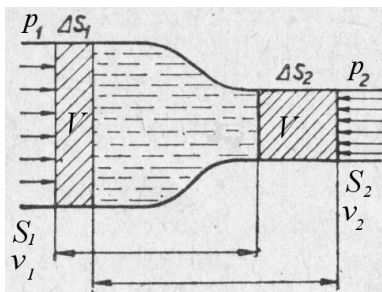
$$W = p\Delta V$$

A végzett munkát a folyadék nyomásának és a csőben áramló folyadék térfogatváltozásának szorzata adja.

Bernoulli egyenlete

Bernoulli – 18. sz., svájci matematikus, fizikus

Az áramló folyadék sebessége és nyomása közti összefüggést állapította meg.



V – állandó
Megállapította, ha:
 $v_1 < v_2$
akkor:
 $p_1 > p_2$

Az energiamegmaradás törvényéből:

$$p_1 V + \frac{1}{2} m v_1^2 = p_2 V + \frac{1}{2} m v_2^2 \quad /:V \quad (\rho = \frac{m}{V})$$

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

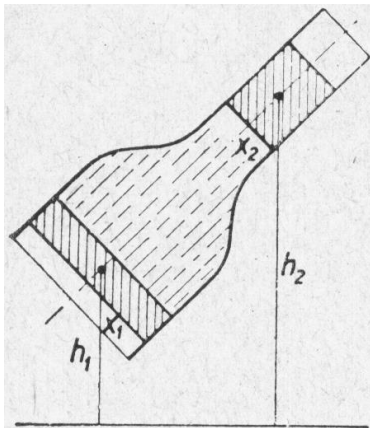
Vagyis $p + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{állandó}$

p – sztatikus nyomás $\frac{1}{2} \rho v^2$ – dinamikus nyomás

Ha a folyadék vízszintes csőben áramlik, akkor a sztatikus és dinamikus nyomás összege, vagyis az össznyomás a cső minden pontjában állandó.

A törvényből következik, hogy **ha az áramlás sebessége növekszik, akkor a nyomás lecsökken** (illetve fordítva).

Ezt nevezzük **hidrodinamikai vagy aerodinamikai paradoxonnak**.

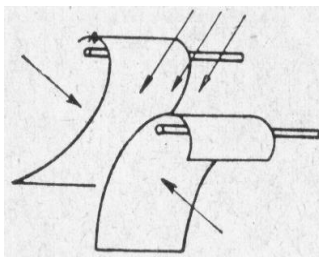


Ha az áramlási cső nem vízszintes, az áramló folyadék helyzeti energiájával is számolnunk kell. ($E_p = mgh$) $/:V$

Ebben az esetben az egyenlet:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{állandó}$$

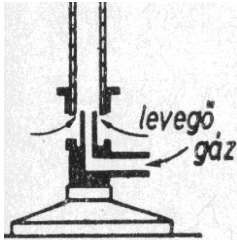
Bernoulli törvényével értelmezhető jelenség:



Befúvásakor megnövekszik a levegőáram sebessége, így lecsökken a nyomás. A külső nyomás azonban változatlan marad (a bentinél nagyobb), ezért összenyomja a két papírlapot.

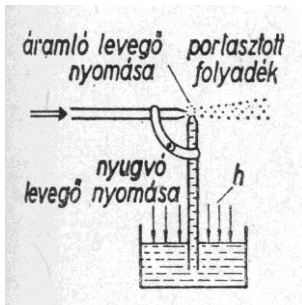
A Bernoulli-törvény gyakorlati alkalmazásai:

1.



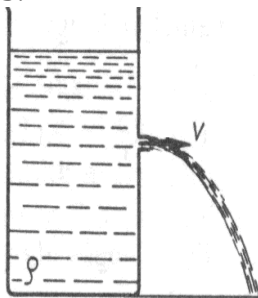
A **Bunsen-égőnél** (gázlámpa) a beáramló gáznak a beszívott levegővel való keveredése biztosítja a gáz tökéletes égéséhez szükséges oxigént.

2.



Ugyanígy elven működnek az **illatszerszórók** (spray) és a **karburátorok (porlasztók)** (magyar találmány: Csonka János Bánki Donát).

3.



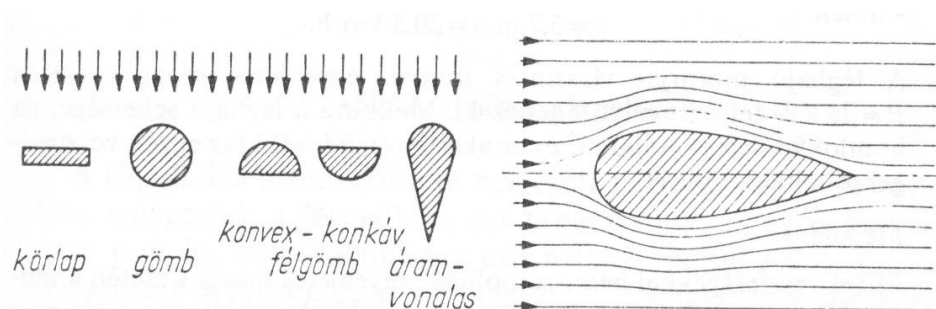
Torricelli-féle kiömlési törvény (kis nyomás, nagy sebesség):

A kiömlési sebesség megegyezik az adott magasságból szabadon eső test sebességével: $v = \sqrt{2gh}$

A közegellenállás

Közegellenállásnak nevezzük azt az erőt, amely a test és az áramló közeg kölcsönhatásából származik.

Ez a kölcsönhatás nagymértékben függ a test alakjától:



A kísérletek azt mutatják, hogy a **fékezőerőre (közegellenállásra)** a következő összefüggés **érvényes**:

$$F = \frac{1}{2} C \rho S v^2$$

Ahol: F – a közegellenállási erő $[F] = N$
 $\frac{1}{2}$ – a mozgási energiából adódó szám
 C – a közegellenállási együttható (a mozgó test alakjából adódó pusztaszám)
 ρ – a közeg sűrűsége $[\rho] = \frac{kg}{m^3}$
 S – a test felülete (keresztmetszete) $[S] = m^2$
 v – a mozgó test sebessége $[v] = \frac{m}{sec}$

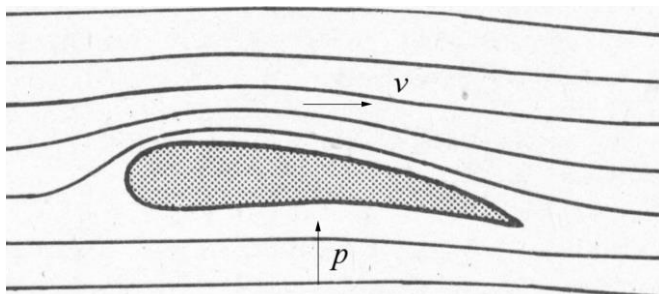
Nagy sebesség esetén a közegellenállás jelentősen fékezi a mozgást (gondoljunk a kamionokra – valójában a leváló légörvények húzzák vissza a járművet).

A mindennapi életben előfordulhat olyan eset, amikor a közegellenállás növelésére van szükség – ejtőernyőzés.

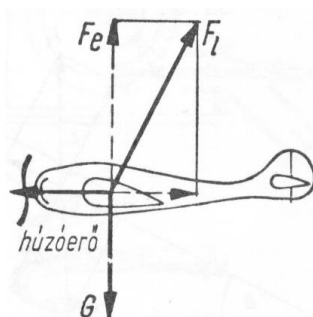
Egy szabadon eső test csak addig gyorsul, amíg $mg = \frac{1}{2} C \rho S v^2$

Utána már egyenletesen mozog!

A repülés elve



A repülés elve Bernoulli törvényének egyenes következménye. **A repülőgép szárnya áramvonalas és asszimmetrikus.** Ennek következtében a szárny felett áramló levegő sebessége növekszik → csökken a nyomás. A szárny alatt viszont a „nagyobb nyomás” jelentkezik.



A repülőgép akkor repül, ha az alulról jövő felhajtóerő nagyobb, mint a repülőgép összsúlya.

Ahol:
 F_e – az emelőerő (felhajtóerő)
 F_l – a légerő
 G – a súlyerő

Bernoulli törvénye az adott közegben mért hangsebességhez közeli, vagy azt meghaladó sebességeknél érvényét veszti.

A levegőnél $v = 340 \frac{m}{sec} \doteq 1224 \frac{km}{h}$.

Az elektromos tér

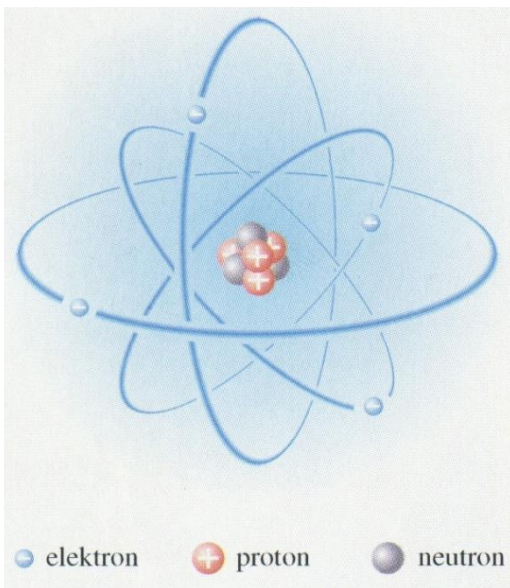
Alapfogalmak



Ha egy műanyag vonalzót gyapjúdarabbal dörzsölünk, feltöltődik és magához vonzza a papírszeleteket.

Fésülködéskor a fésű vonzza a száraz hajszálakat.

Öltözködés közben hajunk és a pulóver ellentétes elektromos állapotú lesz.



Az atom átmérője $10^{-10}m$, az atommagé $10^{-14}m$ (10^{-4} nagyságrendbeli a különbség).

Minden atom magja pozitív töltésű protonokból és töltés nélküli neutronokból áll. Az atommagot körülvevő elektronburokban negatív töltésű elektronok találhatók. Normális körülmények között a protonok száma egyenlő az elektronok számával – **az atom kifelé semleges**.

Elektron – görög szó, jelentése borostyánkő

Elektrontöbblet – **negatív töltés (negatív ion)**

Elektronhiány – **pozitív töltés (pozitív ion)**

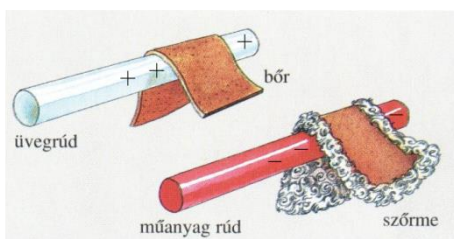
Ion – elektromos töltéssel rendelkező részecske

Az elemi töltés a természetben előforduló legkisebb töltés. Tulajdonképpen a testek elektromos állapotát jellemző "anyag".

Az elektromos töltéssel rendelkező testet (anyagot) **töltéshordozónak** nevezzük.

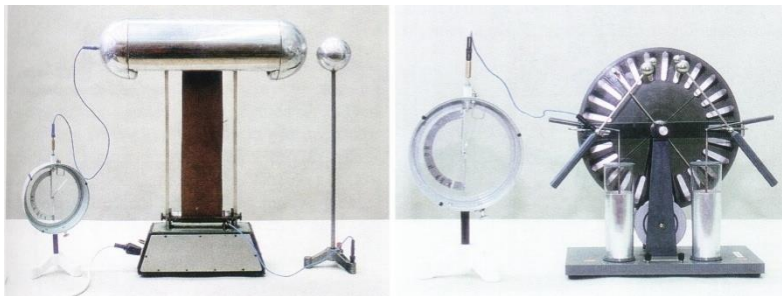
Az elemi töltés alapvető tulajdonságai:

1. Az elektron és a proton töltése a legkisebb – **elemi töltés** $e \doteq 1,602 \cdot 10^{-19}C$
2. A töltések egymásra, ill. a semleges testekre **erőhatást** gyakorolnak
3. Az elemi töltések abszolút tulajdonsága: **az egyenmű töltések taszítják, a különeműek vonzzák egymást**

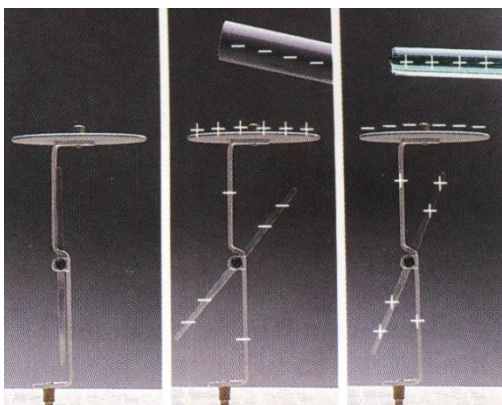


Az ebonitrúd (műanyag rúd) dörzsöléssel negatív, az üvegrúd pozitív elektromossá válik.

A jelenség a **dörzsölési elektromosság**.



A dörzselektromos kísérletekhez használatos gépek a **Van de Graaf-féle szalaggenerátor** és **Wimshurst-féle influenciagép**.



Egy elektromosan töltött test a semleges test részecskéit elektromosan megosztja.

Az eszközt, ami mindezt láthatóvá teszi, **elektroszkópnak** nevezzük.

A töltések elektromos mezőt hoznak létre!!!

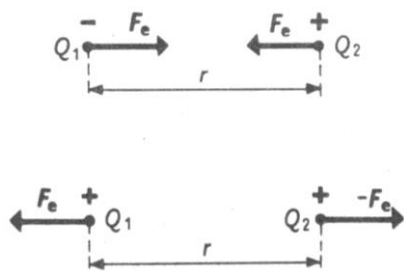
Coulomb törvénye

Coulomb (olv.: kúlomb) – 18. sz., francia fizikus

Mint ahogyan a mechanikában bevezetjük a tömegpont fogalmát, hasonlóképpen vezessük be a **ponttöltés** fogalmát is.

Az elektromos töltés jele: **Q**

Egysége: **[Q] = C**



$$F_e = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$
 Két ponttöltés közt ható elektromos erő nagysága egyenesen arányos a töltések szorzatával, és fordítva a köztük levő távolság négyzetével.

A képletben szereplő **k** egy arányossági tényező, az ún. **elektromos állandó**.

Értéke: $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$; másképpen: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

Ahol: ϵ_0 - a vákuum permittivitása; értéke: $\epsilon_0 \doteq 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ C}^2$

Tehát **Coulomb törvénye:**
$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

Hasonlítsuk össze az elektromos erőt a gravitációs erővel!

$$F_e = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} ; F_g = \kappa \frac{m_1 m_2}{r^2}$$
$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2} ; \kappa = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$$

A két állandó közötti 10^{20} nagyságrendbeli különbség van.

A két "test" között fellépő elektromos erő lényegesen nagyobb, mint a gravitációs erő.

Míg a gravitációs erő csak vonzást képvisel, addig az elektromos erőnél taszítás is felléphet.

$1e^- = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ amiből:

$$1\text{C} = \frac{1}{1,602 \cdot 10^{-19}} e^- = \frac{1}{1,602} \cdot 10^{19} e^-$$

Az 1C "hatalmas" töltés, nagyságrendben 10^{19} drb elektront képvisel.

Az elektromos térerősség (intenzitás)

A töltések közt fellépő kölcsönös erőhatást az elektromos tér közvetíti.

Az elektromos teret két adattal tudjuk jellemezni: a **térerősséggel, intenzitással** és a **potenciállal**.

Az elektromos térerősséget (intenzitást) az elektromos erő és a töltés hányadosaként definiáljuk.

Jele: E

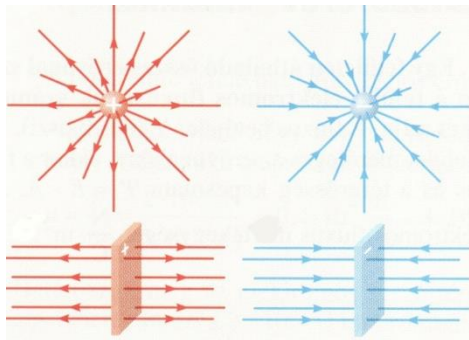
$$E = \frac{F_e}{Q}$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F_e}}{Q}$$

Az elektromos térerősség vektormennyiség, iránya megegyezik a pozitív ponttöltésre ható elektromos erő irányával.

Egysége: $[E] = \frac{[F_e]}{[Q]} = \frac{N}{C} = \text{NC}^{-1}$

Szemléltessük grafikusan:



Az elektromos teret grafikusán szemléltető görbékét erővonalaknak nevezzük. Irányuk meggyezés alapján mindig a pozitív töltéstől a negatív töltés felé mutat.

$$E = \frac{F_e}{Q'} = \frac{\frac{kQQ'}{r^2}}{Q'} = \frac{kQQ'}{Q' \cdot r^2} = \frac{kQ}{r^2}$$

$E = \frac{kQ}{r^2}$ Az elektromos térerősség azzal a töltéssel egyenesen arányos, amelyik a teret létrehozta.

Ha az elektromos térerősség a tér minden egyes pontjában azonos, homogén elektromos térről beszélünk.

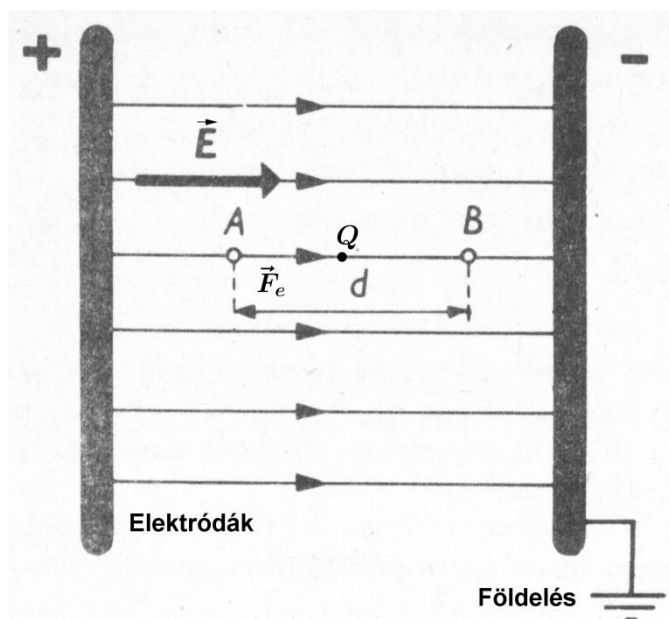
Összefoglalva:

Az elektromos térbe helyezett ponttöltésre ható elektromos erő mindig két olyan tényező szorzatára bontható, amelyek közül az egyik csak a ponttöltésre, a másik csak a térre jellemző.

$$\boxed{F_e = E \cdot Q} \quad (\vec{F}_e = \vec{E} \cdot Q)$$

Ahol: $\vec{E}$ – vektormennyiség ; Q – szkaláris mennyiség

Munkavégzés homogén elektromos térben



A teret jellemző erővonalak azért párhuzamosak, mert a tér homogén. Az E intenzitású térben fellépő elektromos erő: $F_e = EQ$. Az erőhatás következtében a töltés elmozdul, tehát munkavégzés történik. A munkavégzés definíciójából kiindulva: $W = Fs$
A mi esetünkben: $W_e = F_e d$
Behelyettesítés után:

$$\boxed{W_e = EQd}$$

$W_e = E|Q|d$ - az abszolút érték arra utal, hogy a töltés lehet pozitív is és negatív is.

Az elektromos térben levő ponttöltés bizonyos helyzeti energiával rendelkezik, melynek nagysága: $E_p = W_e$

Az elektromos potenciál

Az elektromos potenciált úgy definiáljuk, mint az elektromos potenciális energia (munkavégzés) és a töltés hányadosát.

Jele: φ_e

$$\varphi_e = \frac{E_p}{Q}$$

$$\varphi_e = \frac{W_e}{Q}$$

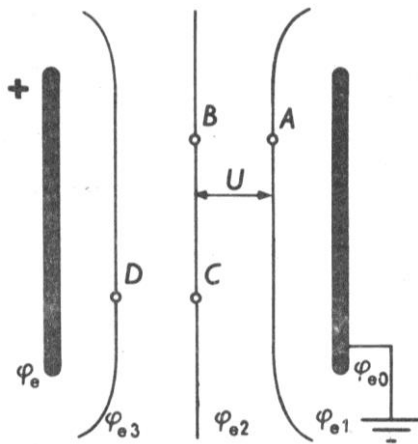
Egysége: $[\varphi_e] = \frac{[E_p]}{[Q]} = \frac{J}{C} = JC^{-1} = V \text{ (VOLT)}$

Volta – 18.sz.,olasz fizikus

Az elektromos potenciál és az intenzitás között összefüggés van:

$$\varphi_e = \frac{W_e}{Q} = \frac{EQd}{Q} = Ed \quad (\text{egyenes arányosság})$$

Az elektromos feszültség



Az elektromos tér két tetszőleges pontja közti potenciálkülönbség abszolút értékét elektromos feszültségnek nevezzük.

Jele: U

$$U = |\varphi_{e2} - \varphi_{e1}|$$

Az elektromos feszültség skaláris mennyiség.

Egysége: $[U] = V$

A feszültséget szokták a föld feszültség szintjéhez (nullszint) viszonyítani:

$$\left. \begin{array}{l} U = \varphi_e - 0 \\ U = \varphi_e \\ \varphi_e = Ed \end{array} \right\} \boxed{U = Ed ; E = \frac{U}{d}}$$

Az elektromos tér munkavégzése:

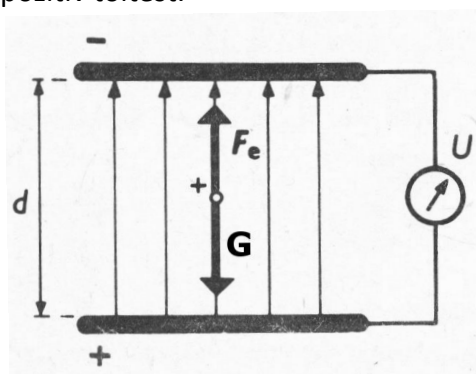
$$\left. \begin{array}{l} W_e = EQd \\ W_e = \frac{U}{d} Qd \end{array} \right\} \boxed{W = QU}$$

A képlet alapján **1V az elektromos feszültség akkor, ha 1C töltés áthelyezéséhez (elmozdításához) 1J munkavégzés szükséges.**

Millikan kísérlete

Millikan – Nobel-díjas amerikai fizikus, 20. sz.

Két, vízszintesen fekvő kondenzátorlap közé (melyek közt homogén elektromos tér volt) porlasztott olajcseppet helyezett. A semleges olajcsepp a levegőben könnyen képes felvenni pozitív töltést.



Bizonyos feszültségérték mellett az olajcsepp megállt. **Egyensúly esetén a cseppre ható elektromos erő megegyezik a rá ható nehézségi erővel (a súlyával):**

$$F_e = G$$

$$EQ = mg$$

$$Q = \frac{mg}{E} \left(E = \frac{U}{d} \right)$$

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

Miután az olajcseppet elektronsugarakkal (radioaktív sugarakkal – β -sugarak) bombázta, az megváltoztatta töltését. Az erők új egyensúlyát a feszültség értékének megváltoztatásával érte el.

A kísérlet alapján **a töltés nagysága nem folytonosan, hanem mindig meghatározott értékkel (az elemi töltés egész számú többszörösével) változik.**

Millikan elsőként bizonyította be az elemi elektromos töltés létezését, az elektromos töltés kvantált (nem folytonos, hanem adagos) természetét, valamint megerősítette az atomok részecskeszerkezetéről alkotott hipotéziseket.

A kapacitás

A töltés és az általa létrehozott feszültség egyenesen arányos.

$Q = CU$ A képletben szereplő **C** egy arányossági tényező, amit **kapacitásnak** nevezünk.

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

A kapacitás skaláris mennyiség.

Egysége: $[C] = \frac{[Q]}{[U]} = \frac{C}{V} = CV^{-1} = F$ (FARAD)

Faraday – 19.sz., angol fizikus

1F a kapacitás akkor, ha 1C töltés 1V feszültséget hoz létre (a feszültséget mindig a föld felszínéhez viszonyítjuk).

A Farad viszonylag nagy fizikai mennyiség, ezért általában kisebb értékekkel adják meg:

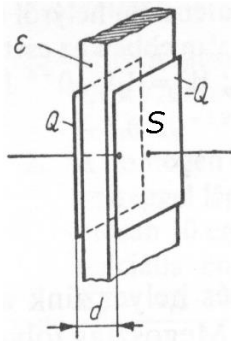
mF (millifarad), **μF** (mikrofarad), **nF** (nanofarad), **pF** (pikofarad).

A kondenzátorok

Két, egymástól szigetelő anyaggal ellátott fémlemez kondenzátort alkot.

A szigetelő lehet: levegő, papír, olaj, kerámia, ...

A kondenzátor egy olyan technikai elem, amely a töltések tárolására szolgál (gondoljunk pl. a fényképezőgép „vakujára” – feltöltődik → kisül – az összegyűlt energia fény formájában szabadul fel).



A kondenzátorok legegyszerűbb fajtája a **lemezes kondenzátor**.

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$$

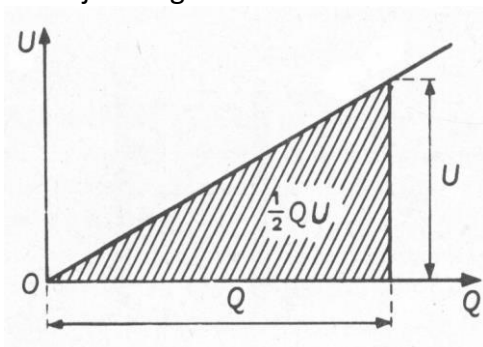
A lemezes kondenzátor kapacitása egyenesen arányos a kondenzátorlapok (fegyverzetek) hatásos felületével, a szigetelőre jellemző állandóval (esetünkben a vákuum permittivitása), ill. fordítva arányos a lapok közti távolsággal.

A kapacitás tehát azt mutatja meg, hogy a kondenzátorlapok mennyi töltést képesek tárolni !



A kondenzátorok energiája

A kondenzátorok feltöltésekor munkavégzés történik, melynek nagyságát grafikusán határozhatjuk meg:



A feltöltéskor végzett munka a grafikon alatti terület mértékszáma.

Behelyettesítve az ábrába a $Q = CU$ összefüggést a Q helyébe kapjuk, hogy:

$$W_e = \frac{1}{2} CU^2$$

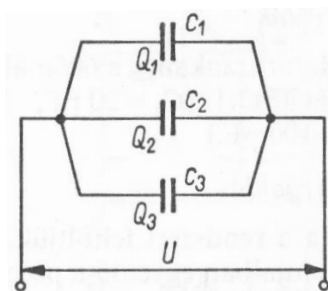
$$E_e = \frac{1}{2} CU^2$$

A feltöltött kondenzátor energiája egyenesen arányos a kapacitással és a feszültség négyzetével.

A kondenzátorok kapcsolása

Kétféle kapcsolási módot különböztetünk meg: **párhuzamos kapcsolást** (egymás alá, vagy fölé történő kapcsolás) és **soros kapcsolást** (egymás mellé, vagy után történő kapcsolás). Természetesen a kétféle kapcsolási módot kombinálni is lehet – **vegyes kapcsolás**.

PÁRHUZAMOS



U – állandó ; $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

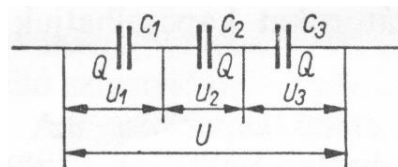
$$Q = CU$$

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= C_1 U \\ Q_2 &= C_2 U \\ Q_3 &= C_3 U \end{aligned} \right\} Q = U(C_1 + C_2 + C_3)$$

$$\text{Tehát } \boxed{C_p = C_1 + C_2 + C_3}$$

Párhuzamos kapcsolás esetén az eredő kapacitás az egyes kapacitások összege.

SOROS



Q – állandó ; $U = U_1 + U_2 + U_3$

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

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= \frac{Q}{C_1} \\ U_2 &= \frac{Q}{C_2} \\ U_3 &= \frac{Q}{C_3} \end{aligned} \right\} U = Q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$$

$$\text{Tehát } \boxed{\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$$

Soros kapcsolás esetén az eredő kapacitásának reciproka az egyes kapacitások reciprokainak az összege.

$$\text{Általánosan: } \boxed{C_p = \sum C_n}$$

$$\text{Általánosan: } \boxed{\frac{1}{C_s} = \sum \frac{1}{C_n}}$$

Vigyázz!!! Számításoknál, soros kapcsolás esetén az eredő reciprokát vissza kell fordítani!

$$\text{pl.: } C_1 = 1nF ; C_2 = 2nF$$

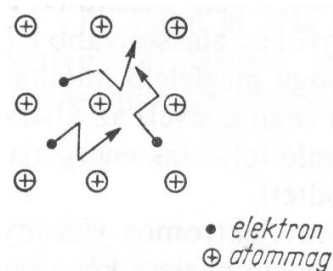
$$\text{Párhuzamos kapcsolás: } C_p = C_1 + C_2 \Rightarrow C_p = (1 + 2)nF \Rightarrow C_p = 3nF$$

$$\text{Soros kapcsolás: } \frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow \frac{1}{C_s} = \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} \right) \Rightarrow \frac{1}{C_s} = \frac{3}{2} \Rightarrow C_s = \frac{2}{3}nF \quad \text{Ez a visszafordítás!}$$

Vezetők és szigetelők

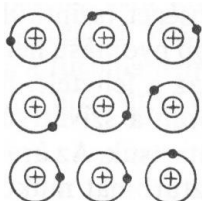
Az anyagok elektromos szempontból két csoportba oszthatók: **vezető- és szigetelő anyagokra.**

Azokat az anyagokat, amelyek mozgásképes töltéshordozókat (elektronokat vagy ionokat) tartalmaznak, elektromos vezetőknek nevezzük.



A fémek és a szén **elsőrendű vezetők**. Ezekben kötött helyzetű pozitív ionok vannak, és közöttük rendezetlen hőmozgást végeznek a külső héjról leszakadt **szabad elektronok**.

A savak, sók és bázisok vizes oldatai (elektrolitok) **másodrendű vezetők**. Elektrolitokban a vezetést az **ionok**, gázokban az **ionok és elektronok** létesítik.



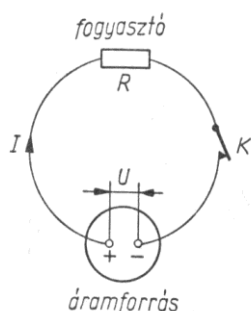
A másik csoportba tartoznak az **elektromos szigetelő anyagok**. Ilyenek pl.: üveg, porcelán, olaj, különböző műanyagok, ... Ezekben nagyon kis számban vannak csak mozgásképes töltéshordozók, vagy egyáltalán nincsenek.

A szelén, germánium, szilícium, ... ún. **félvezetők**. Ezek általában olyan kristályos szerkezetű anyagok, amelyek az elektromos vezetés szempontjából a vezetők és a szigetelők között vannak.

Az elektromos áram keletkezése – az egyenáram

Ha egy zseblámpaelem két végéhez megfelelő izzólámpát kapcsolunk, a lámpa világít. Ennek magyarázata, hogy a töltéshordozók rendezett irányú mozgást végeznek.

Az elektromos áram a töltéshordozóknak (fémhuzalban az elektronoknak) elektromos erő hatására létrejövő rendezett mozgása.



Az elektronok tényleges mozgása a negatívtól a pozitív pólus felé irányul, de az erővonalakról tanultak alapján éppen fordítva jelöljük (pozitívtól a negatív felé).

Az áramforrásból, fogyasztóból és az összekötő vezetékből álló rendszert **zárt áramkörnek** nevezzük.

Ha az áramkört egy kapcsolóval megszakítjuk, az elektronok áramlása megszűnik – **nyitott áramkör**.

Az áramforrások olyan berendezések, amelyek valamilyen energiát elektromos energiává képesek átalakítani:

- **mechanikai energiát** (villamos generátorok)
- **vegyi energiát** (galvánelemek)
- **hőt, belső energiát** (termoelemek)
- **fényenergiát** (fotocella)

A fogyasztók olyan berendezések, amelyek segítségével az elektromos energia más energiafajtvává alakítható:

- **mechanikai energiává** (villamos motorok)
- **vegyi energiává** (akkumulátorok)
- **hőenergiává** (melegítők, vasalók, ...)
- **fényenergiává** (izzók, égők, ...)

Az áramforrás nem „termeli” a töltéshordozókat, hanem a mozgásukhoz szükséges energiát biztosítja. A fogyasztó sem áramot, hanem energiát fogyaszt és alakít át más energiává.

Az áramerősség

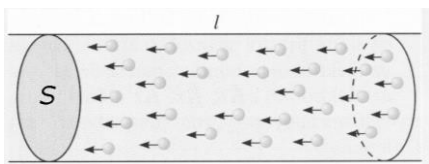
Az áramerősséget célszerű úgy értelmeznünk, mint **időegység alatt áthaladó töltések számát**.

Jele: I

$$\boxed{I = \frac{Q}{t}} \quad (I = \frac{\Delta Q}{\Delta t})$$

Egysége: $[I] = \frac{[Q]}{[t]} = \frac{C}{sec} = Csec^{-1} = A \quad (\text{Ampér})$

Ampere – 18 – 19. sz., francia fizikus



$$\boxed{1A = \frac{1C}{1sec}}$$

1A az áramerősség akkor, ha a vezető keresztmetszetén 1sec alatt 1C töltés halad keresztül. (Az 1A viszonylag nagy erősségű áram az 1C töltésből adódóan.)

Vegyük észre: $I = \frac{Q}{t} \Rightarrow Q = It$

Ezek szerint **az elektromos töltés egyenesen arányos az áramerősség és az idő szorzatával.**

Megjegyzés: Az emberi szervezetre ártalmas áramütés esetén is e két tényező szorzata a döntő.

A feszültség

Az elektromos tér által végzett munka egyenesen arányos a töltéssel.

$W = QU$ A képletben szereplő U egy arányossági tényező, amit **elektromos feszültség**-nek nevezünk.

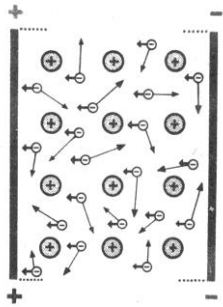
$$\boxed{U = \frac{W}{Q}}$$

Egysége: $[U] = \frac{[W]}{[Q]} = \frac{J}{C} = JC^{-1} = V$

$\boxed{W = UIt}$ **Az elektromos erő munkája** nemcsak a töltéssel, hanem az **áramerősség és az idő szorzatával** is egyenesen arányos. ($Q = I \cdot t$)

A fémek elektronvezetése

A fémeknek azt a tulajdonságát, hogy szabad elektronok közvetítésével vezetik az elektromos áramot, elektronvezetésnek nevezzük.



Ha a vezetőt egyenáramú feszültségforráshoz kapcsoljuk, ún. **vándorlási sebesség** alakul ki.

A vezetési elektronok a fémekben állandó **hőmozgást** végeznek.

Bekapcsolás után nagyon gyorsan kialakul a **stacionárius áram** (időben állandó).

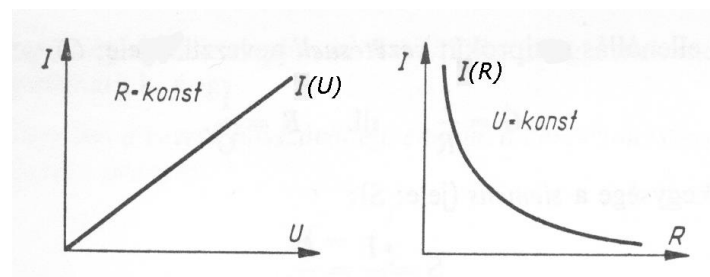
Ennek következtében az **elektromos energia fénysebességgel terjed.**
($c = 300000 \text{ km/sec}$)

Ohm törvénye

Ohm – 18 – 19. sz. ,német fizikus

Kísérletileg igazolható, hogy az **áramerősség a feszültséggel egyenesen arányos.**

$U = RI$ Logikai szempontból $U \Rightarrow I$ (a feszültség hozza létre az áramot, nem pedig fordítva!)



Az $U = RI$ képletben az R egy arányossági tényező, amit **elektromos ellenállásnak** nevezünk.

Egysége: $[R] = \frac{[U]}{[I]} = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \text{VA}^{-1} = \Omega$ (omega – Ohm)

$1\Omega = \frac{1\text{V}}{1\text{A}}$ 1Ω a vezető ellenállása akkor, ha 1V feszültség 1A áramot hoz létre.

Az elektromos ellenállás lényegében azt határozza meg, hogy a feszültség hatására a töltéshordozók (fémekben az elektronok) rendezett mozgását a vezető belső anyagszerkezete hogyan fékezi. Ezt a folyamatot rezisztenciának nevezzük.

Ilyen értelemben minden fogyasztó, ill. vezető ohmos ellenállásnak tekinthető.

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

Az elektromos ellenállás a fémhuzal anyagi minőségétől és méreteitől függ.

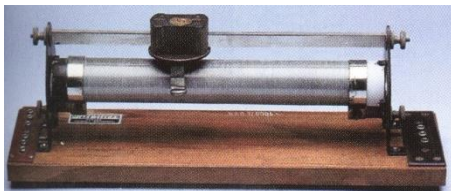
Ahol:

R – elektromos ellenállás ; (Ω)

ρ – fajlagos ellenállás (az anyag minőségétől függ) ; (Ωm vagy $\Omega mm^2/m$)

l – a vezeték hossza ; (m)

S – a vezeték keresztmetszete ; (m^2 vagy mm^2)



A gyakorlatban különféle **tolóellenállások**at (reosztát) használunk.

$$R = R_0(1 + \alpha \Delta t)$$

A fémes vezetők elektromos ellenállása a növekvő hőmérséklettel lineárisan növekszik.

Ahol:

$\Delta t = \Delta T$ - hőmérséklet-változás ; ($t - t_0$; $T - T_0$; $^{\circ}C$; K)

R – t hőmérsékleten mért ellenállás ; (Ω)

R_0 - t_0 hőmérsékleten mért ellenállás ; (Ω)

α - az elektromos ellenállás hőtágulási együtthatója ; ($^{\circ}C^{-1}$)

Feladatok:

Mennyi töltés áramlik át 1 perc alatt azon a vezetőn, amelyben az áram erőssége 2 A?

Mennyi idő alatt áramlik át 250 C töltésű részecske, ha az áram erőssége 5 A?

Számítsuk ki annak a fogyasztónak az ellenállását, amelyiken 2 A erősségű áram folyik át, ha kivezetésein a feszültség 120 V?

Mekkora feszültség mérhető a 20 Ω – os fogyasztó kivezetésein, ha rajta 4 A áram halad át?

Mekkora erősségű áram halad át a 60 Ω ellenállású fogyasztón, ha 180 V a kivezetésein a feszültség?

Mekkora az ellenállása a 100 m hosszú és 2 mm^2 keresztmetszetű alumínium huzalnak?

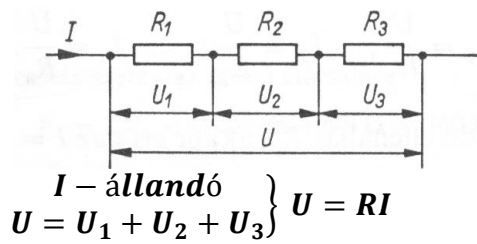
A lakásban a villanyszereléshez 250 m hosszú 0,5 mm^2 keresztmetszetű rézvezetékot használnak fel. Mekkora a vezeték ellenállása?

0,4 mm^2 keresztmetszetű krómnikkel huzalból 300 Ω ellenállású fogyasztót kell tekercselni. Milyen hosszú huzal szükséges ehhez?

(az alumínium fajlagos ellenállása 0,027 Ω ; a réz fajlagos ellenállása 0,017 Ω ; a krómnikkel fajlagos ellenállása 1,2 Ω)

Az ellenállások kapcsolása

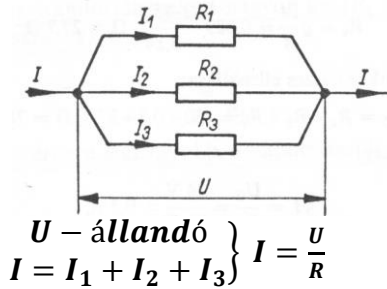
Soros



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

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

Párhuzamos



$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

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

A mi esetünkben: $R_s = R_1 + R_2 + R_3$

A mi esetünkben: $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

Soros kapcsolás esetén az eredő ellenállás az egyes ellenállások összege.

Párhuzamos kapcsoláskor az eredő ellenállás reciproka az egyes ellenállások reciprokainak az összege.

A törvények éppen „fordítva” érvényesek, mint a kondenzátorok kapcsolásánál!

Feladatok:

Számítsuk ki az eredő ellenállást, ha $R_1 = 150 \, \Omega$ és $R_2 = 75 \, \Omega$

- sorba vannak kapcsolva
- párhuzamosan vannak kapcsolva.

Számítsuk ki az eredő ellenállást, ha $R_1 = 50 \, \Omega$ és $R_2 = 50 \, \Omega$

- sorba vannak kapcsolva
- párhuzamosan vannak kapcsolva.

Számítsuk ki az eredő ellenállást, ha $R_1 = 24 \, \Omega$ és $R_2 = 72 \, \Omega$

- sorba vannak kapcsolva
- párhuzamosan vannak kapcsolva.

4. Számítsuk ki az eredő ellenállást, ha $R_1 = 50 \, \Omega$ és $R_2 = 100 \, \Omega$

- sorba vannak kapcsolva
- párhuzamosan vannak kapcsolva.

Két fogyasztót ($R_1 = 20 \, \Omega$ és $R_2 = 60 \, \Omega$) először sorosan, majd párhuzamosan kapcsoljuk a 180 V-os áramforráshoz. Mindkét esetben számítsuk ki az eredő ellenállást, a fogyasztókon áthaladó áram erősségét és a fogyasztókon mért feszültséget!

a. soros kapcsolásnál:

$$R = R_1 + R_2 = 20 \, \Omega + 60 \, \Omega = 80 \, \Omega$$

$$I = U / R = 180 / 80 = 2,25 \, \text{A} , \text{ ami állandó , ezért:}$$

$$U_1 = I \cdot R_1 = 2,25 \cdot 20 = 45 \, \text{V} \text{ és } U_2 = I \cdot R_2 = 2,25 \cdot 60 = 135 \, \text{V}$$

$$\text{próba: } U_1 + U_2 = 45 \, \text{V} + 135 \, \text{V} = 180 \, \text{V} = U !!!$$

b. párhuzamos kapcsolásnál:

$$R = R_1 \cdot R_2 / R_1 + R_2 = 20 \cdot 60 / 20 + 60 = 15 \, \Omega$$

$$U = U_1 = U_2 = 180 \, \text{V} = \text{állandó, ezért } I = U / R = 180 / 15 = 12 \, \text{A}$$

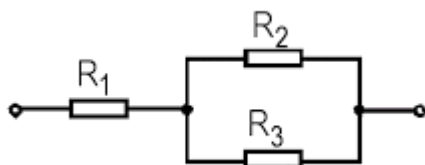
$$I_1 = U / R_1 = 180 / 20 = 9 \, \text{A} \text{ és } I_2 = U / R_2 = 180 / 60 = 3 \, \text{A}$$

$$\text{próba: } I_1 + I_2 = 9 \, \text{A} + 3 \, \text{A} = 12 \, \text{A} = I !!!$$

Az áramkörbe sorosan két fogyasztót kapcsoltunk. A fogyasztókon $I = 0,2 \, \text{A}$ áram folyik keresztül. Az egyik fogyasztón $U_1 = 3,6 \, \text{V}$; a másik fogyasztón $U_2 = 2,4 \, \text{V}$ feszültség mérhető. Számítsuk ki az ellenállásokat, az eredő ellenállást és az összefeszültséget!

Két fogyasztót, melyek ellenállása $R_1 = 10 \, \Omega$ és $R_2 = 15 \, \Omega$ párhuzamosan kapcsoltunk egy áramkörbe. A fogyasztókon a feszültség $U = 6 \, \text{V}$. Számítsuk ki a mellékágak áramait, az eredő ellenállást és a főágban folyó áram erősségét!

A feszültségforrás $4,5\text{V}$ -os. Három darab ellenállás van vegyesen kapcsolva:

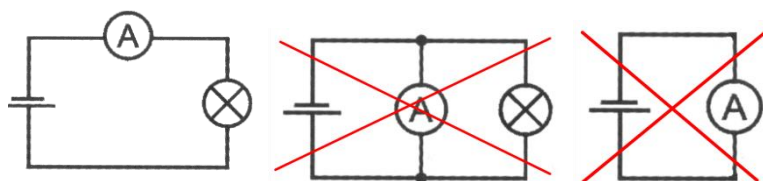


Az első értéke $10 \, \Omega$, a második értéke $25 \, \Omega$, a harmadik értéke $100 \, \Omega$. Határozzuk meg az eredő ellenállást és a főágban folyó áram erősségét!

Mérőműszerek kapcsolása

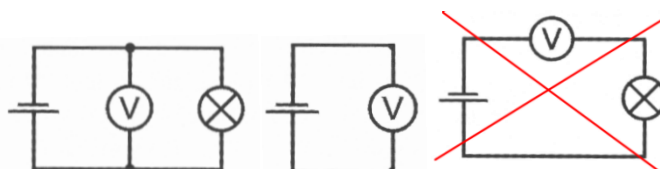
Az áramerősség mérése

Az ampérmérőt (ampérmétert) az áramkörbe mindig sorosan kötjük be.



A feszültség mérése

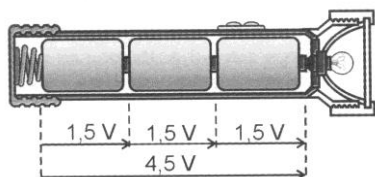
A voltmérőt (voltmétert) a fogyasztóval mindig párhuzamosan kapcsoljuk.





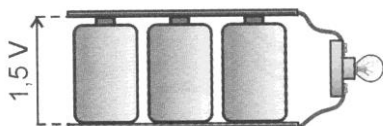
A kombinált mérőműszert **AVOMET**nek nevezzük.
(A – ampér ; V – volt ; O – ohm ; MET-mérő)

Áramforrások kapcsolása



Soros kapcsolás esetén az első áramforrás pozitív sarkát a második negatív sarkához, ennek pozitív sarkát a harmadik negatív sarkához, ... kapcsoljuk (mindig az ellentétes pólusokat).

Ebben az esetben **a feszültségek összeadódnak**, az **eredő növekszik**, viszont **összeadódnak a belső ellenállások is**. pl.: zseblámpa, távirányító, ...



Párhuzamos kapcsolás esetén az áramforrások egyenmő sarkait kötjük össze. Ilyenkor **az eredő feszültség egyenlő egy-egy áramforrás feszültségével**, a **belső ellenállás viszont csökken**. pl.: játék villanymozdonyok kapcsolója, ...

Ha az autó beindításánál használatos 12V-os akkumulátort 8 db; 1,5V-os ceruzaelemmel akarjuk helyettesíteni, nem járunk sikerrel.

Ilyen értelemben megkülönböztetünk:

lágyszűrésforrást (pl. ceruzaelem – csak kis áramerősséget ad);

kemény feszültségforrást (pl. akkumulátor – akár 100-as nagyságrendű áramerősséget is létrehozhat).

Elektromos munkavégzés, teljesítmény

A már ismert képletekből:

$$\left. \begin{array}{l} W_e = QU \\ I = \frac{Q}{t} \\ U = RI \end{array} \right\} \boxed{W = UIt ; W = RI^2t ; W = \frac{U^2}{R}t}$$

A teljesítmény definíciójából: $P = \frac{W}{t}$

$$\boxed{P = UI ; P = RI^2 ; P = \frac{U^2}{R}}$$

Az áram hőhatása

Az áram hatására a vezető felmelegszik, mert az elektronok mozgásuk közben, az áramforrástól nyert energiájuk egy részét a vezető részecskéinek adják át. **Amennyiben** más energiaátalakulás nincs, akkor **az elektromos energia teljes mértékben hővé alakul át - ezt Joule-féle hőnek nevezzük.**

$$W_e = Q \quad \text{Vigyázz, itt a } Q \text{ a hőmennyiség!}$$

$$\left. \begin{array}{l} Q = mc\Delta t \\ W_e = QU \\ W_e = Pt \end{array} \right\} \quad QU = mc\Delta t ; \quad Pt = mc\Delta t \quad \text{Itt viszont a } Q \text{ már a töltés!}$$

Felhasználhatóság: vasaló, főzőlap, hőszigetelő, forrasztópáka, olvadóbiztosíték, izzólámpák, ívlámpák, merülőforraló, kávéfőző, ...

Feladatok:

A 220 V feszültségű hálózatra kapcsolt izzólámpán az áram erőssége 0,45 A. Mennyi az izzólámpán 10 perc alatt létrejött energiaváltozás? Mekkora a teljesítménye?

220 V-os forraló teljesítménye 500 W. Mekkora az energiaváltozás 5 perc használat után? Mekkora a forralón átfolyó áram erőssége?

Mekkora az áramforrás feszültsége, ha a 60 W-os fogyasztón 273 mA áram folyik át?

24 V-os áramforrásra kapcsolt fogyasztó teljesítménye 72 W. Mekkora az ellenállása?

Egy 12 kΩ-os fogyasztón átfolyó áram erőssége 500 mA. Mekkora a teljesítménye és az energiaváltozás 12 óra alatt?

Egy mosógép teljesítménye 2000 W. Mennyibe kerül a mosás, ha a mosás 90 percig tartott és 1 kWh áram ára 36 forint?

Az ellenállás értéke 1,2 kΩ és a teljesítmény 12 W. Mekkora lehet az áram értéke és mekkora lehet a feszültség?

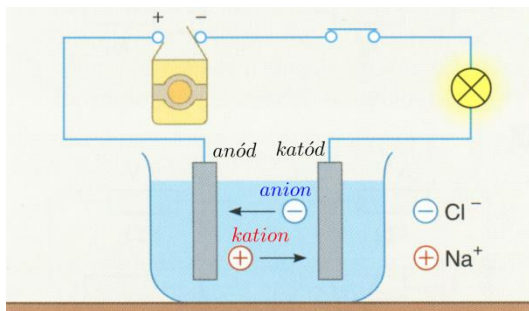
Mennyi a határfok, ha 2500 Watt teljesítményű villanytűzhelyen 4 perc alatt melegítünk fel fél liter teavizet 20 Celsius fokról 80 Celsius fokra?

Az elektromos áram vegyi hatása

Az elektromos áram elektrolitokban

Sók, savak, bázisok vizes oldatait elektrolitoknak nevezzük.

Oldódáskor a sók, savak és bázisok ionokból álló kristályrácsa szétesik, és az oldatban ionok keletkeznek – elektrolitikus disszociáció.



Az áramforrás feszültségének hatására a pozitív ionok a negatív, a negatív ionok a pozitív pólusok felé mozognak.

Elektrolízisnek nevezzük azt a folyamatot, amikor az elektródákhoz érkező ionok töltésüket leadják, és mint semleges atomok válnak ki.

Elektrolitokban az elektromos áramot az ionok létesítik.

Faraday törvényei

Faraday – 19. sz., angol fizikus

Faraday 1. törvénye:

Az elektrolitból kiváló anyag tömege egyenesen arányos az áramerősséggel, ill. a töltéssel:

$$m = kIt = kQ$$

A képletben szereplő **k** az elektrolízis folyamán kiváló anyagtól függő állandó, az ún. **elektrokémiai egyenérték**.

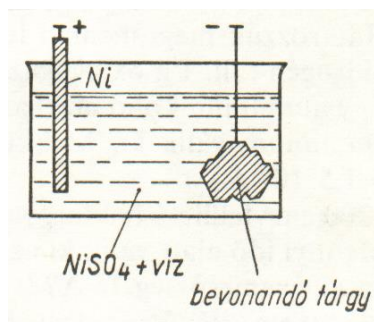
$$\text{Egysége: } [k] = \frac{[m]}{[I][t]} = \frac{kg}{Asec} = kgA^{-1}sec^{-1} = kgC^{-1}$$

Az elektrokémiai egyenérték számértéke megadja az 1A erősségű áram által 1sec alatt kiválasztott anyagmennyiség tömegét.

Faraday 2. törvénye:

1 mol egyszeres töltésű ion semlegesítéséhez 96 500C töltésre van szükség:

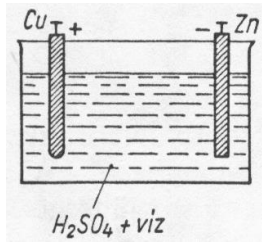
$$Q/n = 96\,500\text{ C/mol}$$



Elektrolízis segítségével tárgyakat fémmel lehet bevonni: **nikkelezés, krómozás, aranyozás ill. ezüstözés.**

Galvánelemek

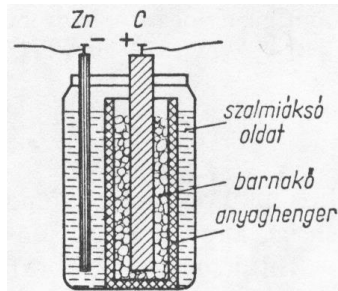
Ha két különböző vezetőt elektrolitba merítünk, galvánelemet kapunk.



Volta elem

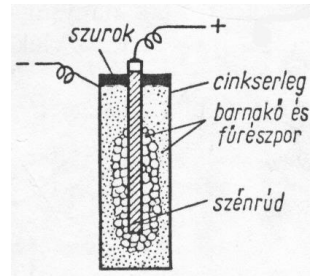
A rézlemez pozitív töltésűvé válik. A cinklemezen elektronok halmozódnak fel.

Ezáltal feszültség (potenciálkülönbség) alakul ki.



Leclanche elem

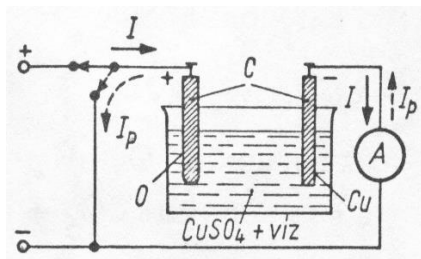
A gyakorlatban gondoljunk az 1,5V-os henger alakú, ill. a 9V-os hasáb alakú elemekre.



Száraz elem

A gyakorlatban gondoljunk a 4,5V-os „lapos” elemre”.

Akkumulátorok



A kapcsolás szerint a vegyi folyamat hatására a szénelektrodákon oxigén ill. réz válik ki. Ha az áramforrást lekapcsoljuk, majd egy égőt kötünk a körbe, azt tapasztaljuk, hogy **a berendezés áramot szolgáltat.**

A jelenséget **elektrolitikus polarizációnak** nevezzük. (I_p - polarizációs áram).

Ezen az elven működnek az akkumulátorok (akkumulátor = összegyűjteni).

Töltés esetén az akkumulátor mint fogyasztó működik, kisütéskor mint áramforrás.

A gyakorlatban **savas és lúgos akkumulátorokat** használnak.

A leggyakrabban használatos savas akkumulátor az **ólomakkumulátor**. Elektrolitja kénsav vizes oldata, elektródái ólomlemezek. Feszültsége cellánként 2V. Leggyakrabban 12, vagy 24 voltosak.

A lúgos akkumulátorok közül a legismertebb a **NiFe akkumulátor (Edison-féle akkumulátor)**. Elektrolitja káliúg, elektródái nikkel és vas. Feszültsége cellánként 1,2V. Leggyakrabban 6 voltosak.



Fontos:

- **felöntés** – csak akkor, ha kint vannak az elektródák (hogy ne oxidálódjon) ; csakis desztillált vízzel (mert az nem tartalmaz ionokat) ; nem túlönteni (hőtágulás → kifolyik).
- **feltöltés** – lehetőleg hosszabb időn keresztül, kisebb árammal (egyenárammal !!!).
- **hidegtől óvni** – „ellustulnak” az ionok.

Az elektromos áramvezetés gázokban és vákuumban

A villám

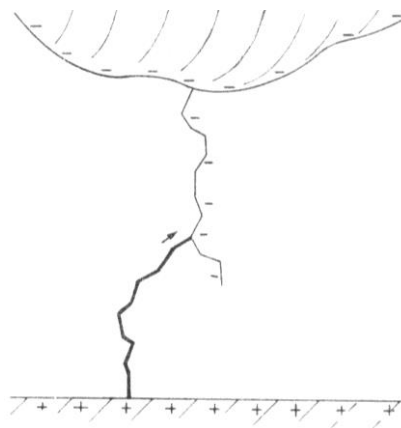
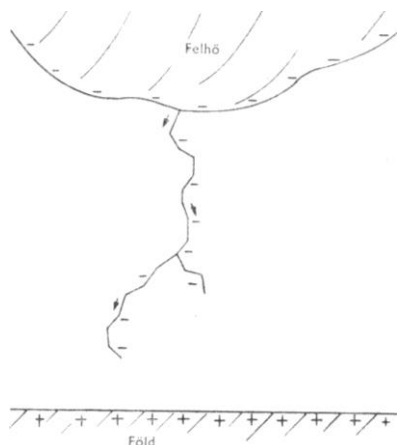
A villám elektromos önálló gázkisülés, amely a felhők, vagy a talaj és felhők között jön létre.

Ezek szerint megkülönböztetünk:

1. **Síkvillámot** (talaj és felhő között)
2. **Felületi villámot** (felhő és felhő között)
3. **Gömbvillámot** (örvénylő elektromágneses tér → hatalmas energia)

Keletkezésük a felhők vízcseppjeinek, jégkristályainak súrlódására, szétteredezésére vezethető vissza.

Legegyszerűbb és leggyakrabban megfigyelhető fajtája a **síkvillám**:



Általában többször lecsap, gyors egymásutánban – a lefényképezett rekord 42-szer egy ugyanazon csatornán.

Nem célszerű villámláskor magas fák vagy csúcsban végződő épületek alá állni.

Hogyan tudjuk kiszámítani a villámlás tőlünk mért távolságát?

A fényeffektus és a hangérzet között eltelt időt kell számolnunk:

$$v = 340 \frac{m}{sec}$$

vagyis 3 másodpercenként 1 km.

Az önálló kisülés

A levegő és a gázok normál nyomás és páratartalom esetén jó szigetelők. Melegítés, radio-aktív- vagy röntgensugarak hatására azonban vezetővé válnak, mert **a semleges gázmolekulák elektronokra és ionokra bomlanak – ionizáció.**

A gázionok és az elektronok külső hatásra jöttek létre, tehát a levegő (gáz) csak addig válik vezetővé, amíg ez a külső hatás tart. Ezt a folyamatot önálló kisülésnek nevezzük.

Az önálló kisülés

Meghatározott feszültségérték fölött az ionokat az erőter annyira felgyorsítja, hogy ütközéskor a semleges molekulákat is ionizálják.

Ezáltal az ionok száma lavinaszerűen növekszik, és az áramerősség egyre nagyobb lesz.

Ebben az esetben a gáz külső hatás nélkül is vezetővé válik, amit önálló kisülésnek nevezünk.

Az elektromos áramot a gázokban az elektronok és az ionok biztosítják.

Elektromos áramvezetés ritkított gázokban



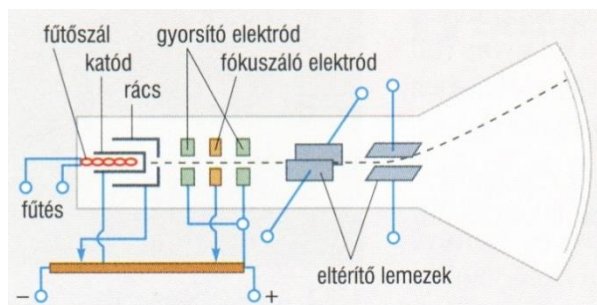
Ha nagyfeszültségű áramforráshoz üvegcsövet kötünk, akkor a csőben különböző fényjelenségeket tapasztalunk.

Az így keletkezett fény színe a gáz anyagi minőségétől függ, a kialakult fényív vastagsága pedig a ritkítás mértékétől.

Felhasználhatóság: Világítóberendezések – neoncső, reklámcsövek,...

A katódsugárzás

Kísérletileg igazolható, hogy a katód felületéről merőlegesen kiinduló katódsugarak negatív töltésű részecskékből, elektronokból állnak.



A sugarak hatására egyes anyagoknál (pl.: cinkszulfid) **lumineszkálást** tapasztalunk.

Ennek két fajtáját ismerjük:

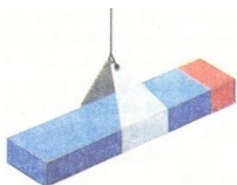
a **foszforeszkálást** (pl.: óralap,...), ill. a **fluoreszkálást** (pl.: kilométerkövek,...).

A katódsugarakat elnyelő test erősen felmelegszik.
Az élő szervezetre roncsoló hatásúak, a gázokat ionizálják.

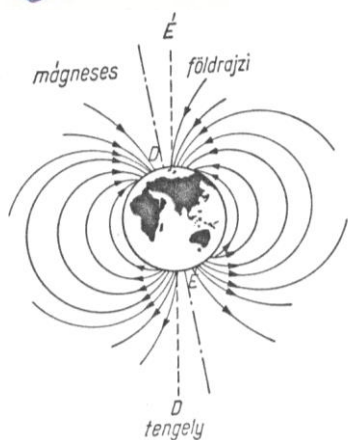
Felhasználhatóság: TV adó - és vevőkészülékek (CRT-képernyők), ill. radarkészülékek.

A mágneses tér

Alapfogalmak



Egy vízszintes síkban szabadon forgó mágnes észak-déli irányba áll be.



Földünk úgy viselkedik, mintha belsejében hosszmenti irányban egy erős rúd mágnes lenne.

A képzeletbeli rúd mágnes fenti része déli mágnesesettségű, lenti része északi mágnesesettségű. **Ez a jelenség a földmágnesség.**

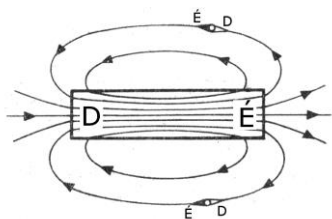
A mágneses és a földrajzi pólusok azonban nem esnek egybe (kb. 1500 km a távolság közöttük).

A természetben előforduló mágnest **permanens mágnes**nek nevezzük (állandó mágnes). Nevét a magnetit ásványról kapta.

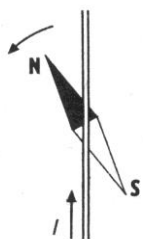
Minden mágnesnek két pólusa van. Két ellentétes pólus vonzza, két azonos pólus taszítja egymást (hasonlóság az elektromos és a mágneses tér között).

Míg elektromos teret egy töltés (pozitív vagy negatív) is létrehozhat, addig **a mágneses tér keletkezéséhez mindig két pólus szükséges** (eltérés az elektromos és a mágneses tér között).

Ha egy nagy mágnest feldarabolunk apró részekre, minden új részének lesz északi és déli pólusa. **Egypólusú mágnes nem létezik.**



A permanens rúd mágnes körül mágneses tér keletkezik, amelyet **indukcióvonalakkal** tudunk szemléltetni.



Oersted kísérlete

Oersted – 18 – 19. sz., dán fizikus

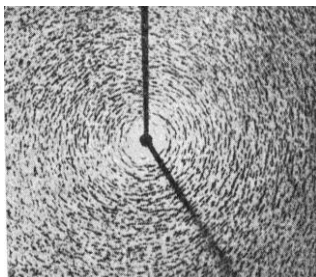
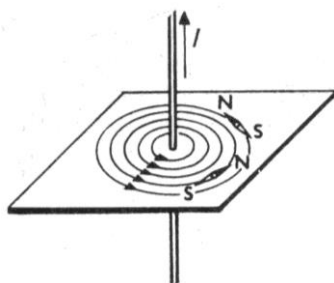
Az áramjárta vezető körül is mágneses tér jön létre, amely az iránytűt kibillenti az egyensúlyi helyzetéből.

Az áramjárta vezető és a permanens mágnes körül kialakuló mágneses erőter között nincs különbség.

Mivel Oersted kísérleténél a vezetőben az elektromos áramot elektromosan töltött részecskék (elektronok) biztosítják, ezért elmondhatjuk, hogy **a töltéssel rendelkező elemi részecskék mágneses teret létesítenek maguk körül.**

Ahol van elektromos tér, ott mindig van mágneses tér is (visszafelé nem szükségszerű, hogy igaz legyen).

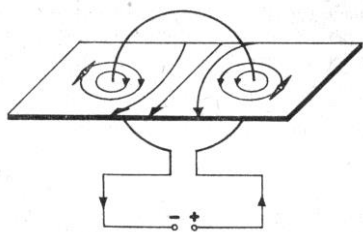
A mágneses erővonalak – indukcióvonalak



Egyenes áramvezető mágneses tere

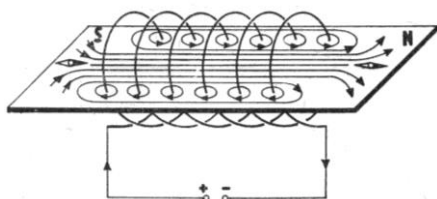
A mágneses tér grafikus ábrázolására szolgáló görbéket indukcióvonalaknak nevezzük.

Az indukcióvonalakat **vasreszelék** segítségével tudjuk láthatóvá tenni.



Ampér-féle jobbkézsabály:

Ha a vezetőt jobb kezünkkel úgy fogjuk be, hogy kifeszített hüvelykujjunk az áram irányába mutasson, akkor behajlított ujjaink a mágneses indukcióvonalak irányát mutatják.



A tekercs mágneses tere

Az olyan mágneses teret, melynek indukcióvonalai párhuzamos egyenesek, **homogén mágneses térnek** nevezzük (pl.: egy henger alakú tekercs belsejében).

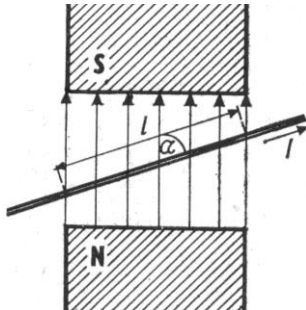
A mágneses tér „látványosabban” szemléltethető, mint az elektromos tér.

Az északi pólus és az áram iránya azonos.

A mágneses indukció

Ahhoz, hogy a mágneses teret bármely pontjában jellemezni tudjuk, egy új fizikai mennyiséget vezetünk be. Ez a **mágneses indukció**.

Jele: **B**



Kísérletileg igazolható, hogy **homogén mágneses térben az áramvezetőre ható mágneses erő nagysága egyenesen arányos a mágneses indukcióval, az áramerősséggel, a vezető aktív hosszával és annak térbeli helyzetével.**

$$F_m = BIl \sin \alpha$$

Ahol:

l – aktív hossz (az a vezetőrész, ami benne van a mágneses térben) (*m*)

α – az indukcióvonalak és a vezető által bezárt szög

1. ***α* = 0° ⇒ sin α = 0** → Ilyenkor a vezető párhuzamos az erővonalakkal: ***F_m* = 0 N**

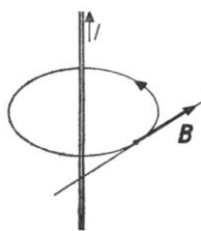
2. ***α* = 90° ⇒ sin α = 1** → Ilyenkor a vezető merőleges az erővonalakra: ***F_m* = BIl**

Ebből a **mágneses indukció**:

$$B = \frac{F_m}{Il}$$

Egysége: $[B] = \frac{[F_m]}{[I][l]} = \frac{N}{Am} = NA^{-1}m^{-1} = T$ (TESLA)

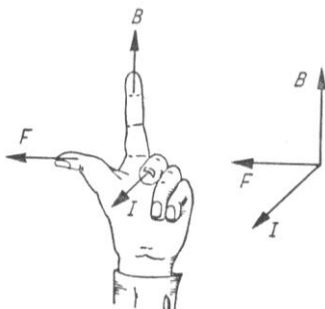
Tesla – 19 – 20. sz. ; délszláv származású, Amerikában élt elektrotechnikus.



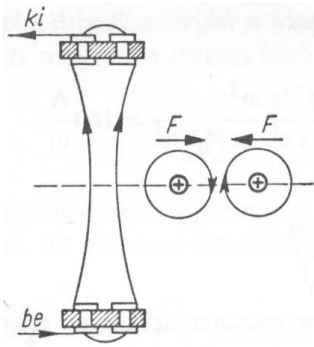
A mágneses indukció vektormennyiség, iránya megegyezik az indukcióvonalakhoz húzott érintő irányával.

A Fleming-féle balkékszabály:

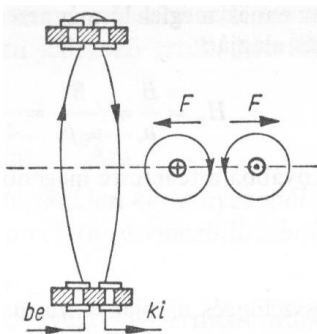
Fleming – 19 – 20 sz.; angol technikus.



Ampér törvénye



Homogén mágneses térben két egyenes, párhuzamos vezető között fellépő mágneses erő nagysága egyenesen arányos az áramerősségek szorzatával, ill. a vezetők hosszával, és fordítva a köztük levő távolsággal.



$$F_m = k \frac{I_1 I_2}{d} l$$

Ahol: k – a **mágneses állandó** - egy olyan arányossági tényező, ami azt mutatja meg, hogy az adott közeg hogyan befolyásolja a mágneses erőt.

$$k = \frac{\mu}{2\pi} \quad \text{Ahol: } \mu \text{ – a permeabilitás}$$

(Gondoljunk az elektromos erőt leíró Coulomb törvényre: $F_e = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$; $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$; ahol ϵ_0 - a vákuum permittivitása)

Egysége: $[k] = [\mu] = \text{NA}^{-2}$

Háromféle permeabilitás létezik:

μ – a közeg permeabilitása

μ_0 – a vákuum permeabilitása ; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{NA}^{-2}$

μ_r – a relatív permeabilitás ; $\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$ (a közeg és a vákuum permeabilitásának hányadosa)

$\mu_{r(\text{levegő})} \doteq 1$ (a relatív permeabilitás egy pusztán szám)

Ezek után **Ampér törvénye:**

$$F_m = \frac{\mu}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{d} l ; F_m = \frac{\mu_0 \mu_r I_1 I_2 l}{2\pi d}$$

Az áramerősség egységének a definíciója:

1A az olyan állandó elektromos áram erőssége, amely két párhuzamos, egyenes, végtelen hosszúságú, elhanyagolhatóan kis körkeresztmetszetű, és légüres térben egymástól 1m távolságra levő vezetékben folyva e két vezető között méterenként $2 \cdot 10^{-7} \text{N}$ erőt hoz létre (vonzást, ill. taszítást).

A már ismert képletekből:

$$\left. \begin{aligned} F_m &= BIl \Rightarrow B = \frac{F_m}{Il} \\ F_m &= \frac{kI_1I_2l}{d} \end{aligned} \right\} B = \frac{kI_1I_2l}{Il} = \frac{kI_1I_2}{d}$$

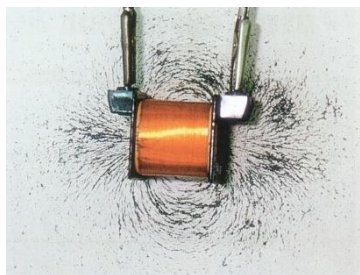
Az egyik áramerősség megegyezik a nevezőben levővel, tehát:

$$\boxed{B = k \frac{I}{d} \quad (B = \frac{\mu}{2\pi} \frac{I}{d})} \quad \text{A mágneses indukció egyenesen arányos az áramerősséggel és fordítva a vezetőtől mért távolsággal.}$$

Amennyiben az egyenes vezető vákuumban van: $\boxed{B_0 = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{d}}$

A tekercs mágneses tere

Megközelítőleg homogén mágneses tér kialakításához hosszú, henger alakú tekercset használnak. Ez a **szolenoid**.



A benne létrejövő mágneses tér indukciója:

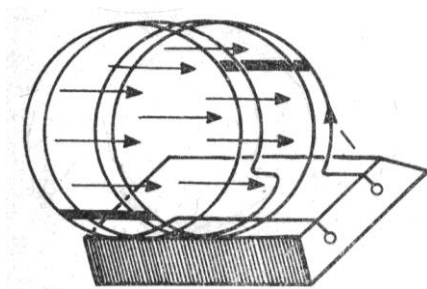
$$\boxed{B = \mu \frac{NI}{l}} \quad (B_0 = \mu_0 \frac{NI}{l} - \text{a vákuumra vonatkozik})$$

Ahol: **N** – a menetek száma; (nincs egysége)

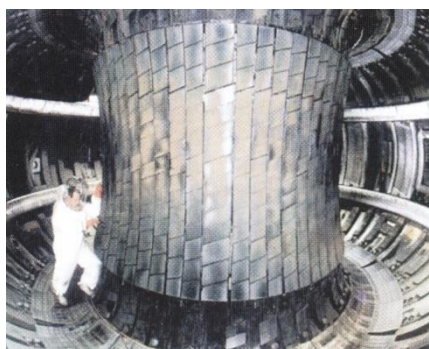
l – a tekercs hossza; (m)

$\frac{N}{l}$ – a menetsűrűség; (m^{-1})

I – áramerősség; (A)



Jó megközelítéssel homogén, viszont gyenge mágneses tér létesítéséhez ún. **Helmholtz-féle tekercset** használnak. Ez két közös tengelyű körtekercs, amelyeknek egymástól való távolsága megegyezik a sugarukkal.



A műszaki életben általában **gyűrű alakú tekercset** alkalmaznak. Ha a gyűrű keresztmetszete kör alakú, akkor a tekercset **toroidnak** nevezzük.

Töltéssel rendelkező részecske mágneses térben

A mágneses tér nemcsak a vezetőre, hanem a benne mozgó szabad elektronokra is hatást gyakorol.

Stacionárius áram esetén az elektronok egyenes vonalú egyenletes mozgást végeznek :

$$v; I; l - \text{állandó. } (v = \frac{s}{t} \Rightarrow s = vt; l = vt; I = \frac{Q}{t})$$

Az ismert összefüggésből: $F_m = BIl \sin \alpha$

Behelyettesítés után: $F_m = B \frac{Q}{t} vt \sin \alpha$

$$\boxed{F_m = BQv \sin \alpha}$$

Amennyiben elektronokról van szó: $F_m = Bev \sin \alpha$

A mágneses erő nemcsak az elektronokra, hanem bármilyen töltéssel rendelkező részecskére is hat : $F_m = B|Q|v \sin \alpha$

Ha a vezeték merőleges az erővonalakra ($\vec{v} \perp \vec{B} \Rightarrow \alpha = 90^\circ \Rightarrow \sin \alpha = 1$) $\boxed{F_m = BQv}$

A levezetett mágneses erő egy tetszőleges, a mágneses térbe bepülő részecskére is hat!

Lorentz szerint, ha egy részecske egyidejűleg elektromos és mágneses térben is mozog, akkor a rá ható erő:

$$\boxed{\vec{F}_L = \vec{F}_e + \vec{F}_m}$$

Ahol:

$\vec{F}_L$ – Lorentz erő

$\vec{F}_e$ – elektromos erő

$\vec{F}_m$ - mágneses erő

Lorentz – Nobel-díjas, holland fizikus, 19-20. sz.

Az anyagok mágneses tulajdonságai

A relatív permeabilitás (μ_r) értéke alapján az anyagokat három csoportba oszthatjuk:

$\left. \begin{array}{l} \text{diamágneses} \\ \text{paramágneses} \\ \text{ferromágneses} \end{array} \right\} \text{anyagokra}$

1. Diamágneses anyagok (üveg, víz, réz, ...). Felfüggesztéskor az ilyen anyagok diametrálisan (átlósan) állnak be az indukcióvonalakra. $\mu_r < 1$

2. Paramágneses anyagok (alumínium, szilícium, ...). Felfüggesztéskor az ilyen anyagok parallel (párhuzamosan) állnak be az indukcióvonalakkal. $\mu_r > 1$

3. Ferromágneses anyagok (vas, kobalt, nikkelt, ...) Azokat az anyagokat, amelyek szemmel láthatóan reagálnak a mágnes közelítésére, **ferromágneses anyagoknak** nevezzük. Ezeknek az anyagoknak a relatív permeabilitásuk nagy. $\mu_r \gg 1$ ($10^2 - 10^5$ nagyságrendű)

A ferromágneses anyagok bizonyos hőmérséklet felett elveszítik ferromágneses tulajdonságaikat. Ezt az anyagonként változó hőmérsékletet **Curie-pont**nak nevezzük.

Curie – Nóbeldíjas, francia fizikus, 19 – 20.sz.

A Curie-pont felett a ferromágneses anyagok paramágneses anyagokká válnak.

A mágneses térerősség

A szolenoid mágneses indukciójára vonatkozó összefüggés: $B = \mu \frac{NI}{l}$

Vezessünk be egy új fizikai mennyiséget, a **mágneses térerősséget (gerjesztettség)**.

Jele: H

$$H = \frac{NI}{l}$$

A felírt képlet az áram által gerjesztett mágneses teret jellemzi.

Egysége: $[H] = \frac{[N][I]}{[l]} = \frac{A}{m} = Am^{-1}$

Ez egy **vektormennyiség**, és a mágneses indukcióhoz hasonlóan mágneses indukcióvonalakkal szemléltethető. **Íránya a tér minden pontjában megegyezik a mágneses indukcióvektor irányával.**

Érvényes: $B = \mu H$

A permeabilitás azt mutatja meg, hogy a mágneses térerősség valamilyen anyagban hányszor nagyobb mágneses indukciót létesít.

A mágneses térerősség a gerjesztésre jellemző adat, míg a mágneses indukció attól függ, hogy milyen anyag van a mágneses térben.

A mágneses indukciófluxus

Vezessük be a **mágneses indukciófluxus** fogalmát.

Jele: Φ (nagy fi)

$$\Phi = BS$$

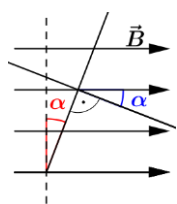
Szkaláris mennyiség.

Egysége: $[\Phi] = [B][S] = Tm^2 = Wb$ (Weber)

Weber – 19. sz., német fizikus

1Wb a mágneses indukciófluxus akkor, ha $1m^2$ felületre 1T indukciónak megfelelő számú indukcióvonal esik be.

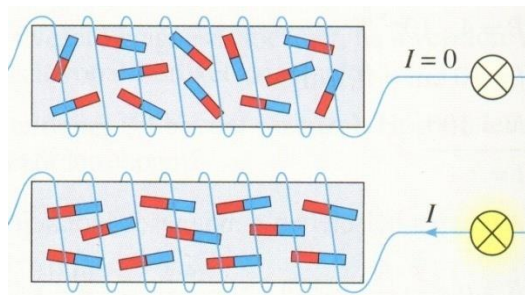
Ha az indukcióvonalak nem merőlegesek a felületre illetve amennyiben **többmenetes tekercsről** van szó:



$$\Phi = BS \cos \alpha \text{ illetve: } \Phi = NBS \cos \alpha$$

Az elektromágnes és alkalmazásai

Az elektromágnes lágyvasmagra csévéltekercsből áll.



A gerjesztő áram hatására, a vas nagy permeabilitása következtében nagy indukciófluxus jön létre. ($\Phi = BS = \mu HS$)

További előnye, hogy a mágneses indukció értéke bizonyos határok között a gerjesztéssel közel lineárisan változtatható. ($H = \frac{NI}{l}$)

Legnagyobb előnye, hogy az áram kikapcsolásával gyakorlatilag megszüntethető.

Az elektromágneseket általában két csoportra oszthatjuk:

1. erőfejlesztő elektromágnes
2. mozgató elektromágnes

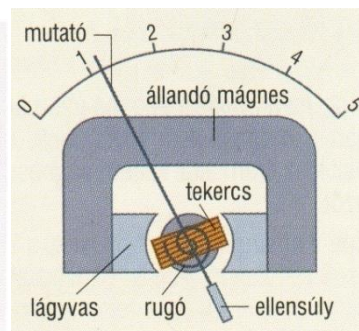
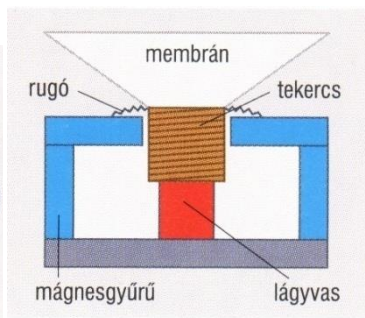
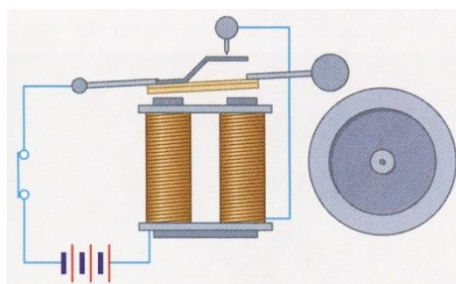
Az erőfejlesztő elektromágneseknél nincs elmozdulás.

pl.: elektromágneses daru, különböző be- és felfogó mágnesek, ...

A mozgató elektromágneseknél valamilyen alkatrész elmozdul.

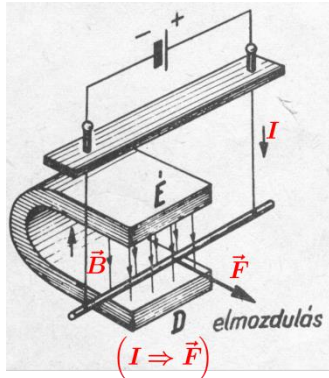
pl.: villancsengő, elektromos távíró, telefonkagyló, mikrofon, hangszóró, ...

Ezen kívül mérőműszerekben is használatosak – AVOMET.



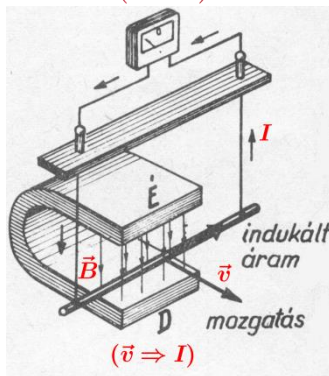
Az elektromágneses indukció

A mozgási indukció



Az elektromos és a mágneses tér hatására a vezető elmozdul.
Az elmozdulás iránya mindig az áram irányától függ.

Felhasználhatóság: motor-elv (az elektromágneses energia mechanikai energiává alakul)



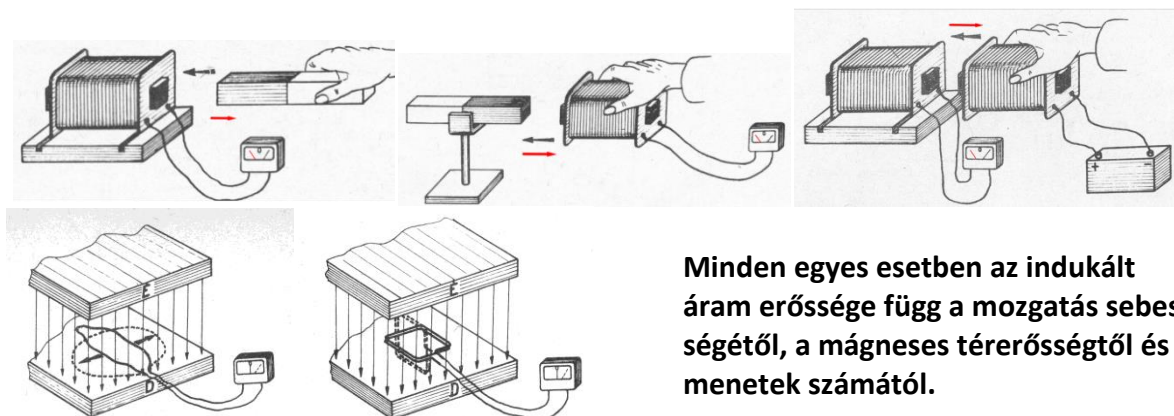
A mágneses térben a vezető mozgatása áramot idéz elő.
Az avomet mutatójának kitérése a mozgatás irányától függ.

Felhasználhatóság: generátor-elv (a mechanikai energia elektromágneses energiává alakul)

Azt a jelenséget, midőn a mágneses térben mozgatott zárt vezetőben áram keletkezik, mozgási elektromágneses indukciónak, a keletkezett áramot pedig indukált áramnak nevezzük. (2. ábra) ITT NINCS FESZÜLTSGFORRÁS!

Az indukált áramot itt is az indukált feszültség hozza létre. ($U = RI$; $U \Rightarrow I$)

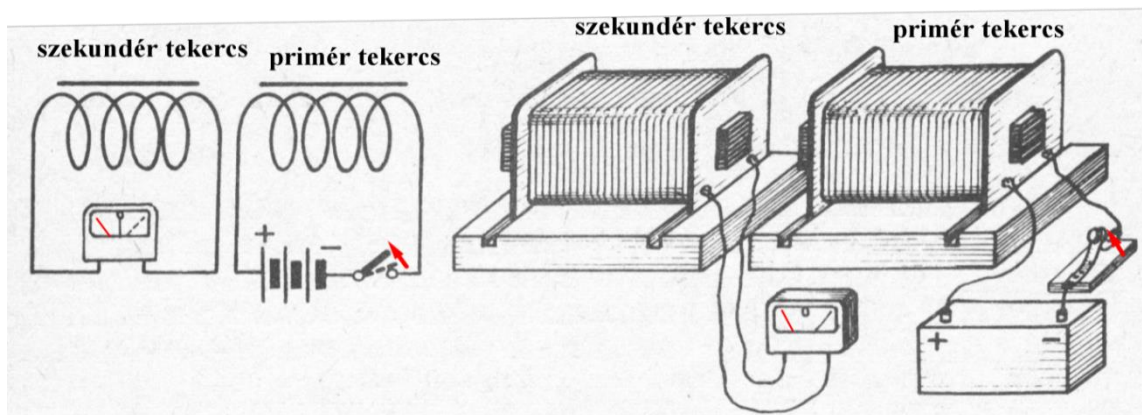
A következő kísérletek ugyanezt a jelenséget igazolják:



Minden egyes esetben az indukált áram erőssége függ a mozgatás sebességétől, a mágneses térerősségtől és a menetek számától.

A nyugalmi indukció

Ez a jelenség eltér az előző indukciós jelenségektől abban, hogy itt egyetlen vezetékdarabot sem mozgatunk:



Ha a primér tekercsben megnöveljük az áramerősséget (legegyszerűbb eset: bekapcsolás), a szekundér tekercsben az ampérmérő mutatója kibillen, majd visszaugrik.

Viszont az áramerősség csökkenése (pl. kikapcsolás) esetén a mutató kitérése ellentétes.

Ha a primér körben nincs áramerősség-változás, bármilyen erősségű áram is folyék benne, a szekundér körben nem indukálódik áram.

Lenz törvénye

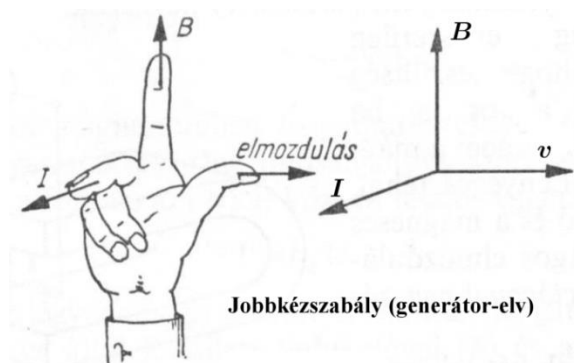
Lenz – 19.sz., orosz származású német fizikus

Az indukált áramot létesítő mozgás iránya és az áram hatására bekövetkező elmozdulás iránya ellentétes.

Vagyis az indukált áram iránya mindig olyan, hogy mágneses hatásával akadályozza az indukciót létesítő mozgást, változást.

Az energiamegmaradásból – ha az előbbi állítás nem lenne igaz, akkor a mozgás (iránya) és az indukált áram (iránya) egymást fokozatosan növelné, így a „semmiből” nyernénk energiát – perpetuum mobile lenne.

Az indukált áram irányának meghatározására a **Fleming-féle jobbkézzsabályt** használjuk:



Faraday indukciós törvénye

Ha a vezetőben U feszültség indukálódik, akkor Δt idő alatt a zárt áramkörben I áramerősség esetén elektromos energia keletkezik.

Az erre vonatkozó összefüggés: $E_e = W_e = QU = UI\Delta t$; ahol W_e - a mozgó elektronok munkavégző képessége.

Az áramvezető mozgásakor, Lenz törvényének megfelelően egy állandó mágneses erőt kell legyőzni: $F_m = BIl$

Így a mozgítás közben végzett mechanikai munka: $W_m = F\Delta s = BIl\Delta s$

Az energiamegmaradásnak megfelelően: $W_m = E_e$

$$\begin{aligned} BIl\Delta s &= UI\Delta t \\ U &= \frac{Bl\Delta s}{\Delta t} \\ U &= Bl \frac{\Delta s}{\Delta t} \end{aligned}$$

$U = Blv$ Az indukált feszültség egyenesen arányos a mágneses indukcióval, a vezető aktív hosszával és a vezetőnek az indukciójonalakra merőleges mozgási sebességével.

Ez a Neumann-törvény.

Neumann János – 20. sz. , magyar matematikus, fizikus, informatikus.

Neumann-törvényből: $U = Blv = Bl \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{Bl\Delta s}{\Delta t} = \frac{B\Delta s}{\Delta t} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

$U = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ Az indukált feszültség számértéke egyenlő az időegység alatt átmetszett indukciójonalak számával (az időegységre eső fluxusváltozással).

Ha l hosszúságú vezeték helyett N menetszámú tekercset veszünk, akkor:

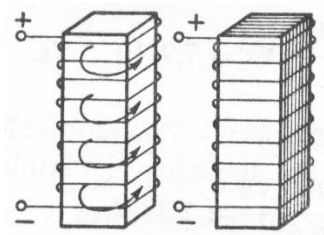
$U = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ Az indukált feszültség egyenesen arányos a vezető által körülzárt mágneses fluxus megváltozásával, és fordítva a változás idejével. Ez Faraday indukciós törvénye.

E törvény más megfogalmazásban azt fejezi ki, hogy az időben változó mágneses tér elektromos erőteret létesít!

$U = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ A „feszültség iránya” Lenz törvényének megfelelően a fluxusváltozással ellentétes!

Örvényáramok

Ha tömör (kis ellenállású) vezető mágneses indukcióvonalakat metsz, vagy a rajta áthaladó mágneses fluxus megváltozik, nagy áramerősség indukálódhat benne.



Az így keletkezett áramot örvényáramnak, vagy Foucault-féle áramnak nevezzük.

Foucault (olv. fukó) – 19. sz. második fele, francia fizikus.

Az elnevezés onnan adódik, hogy **a tömör vezetőben az áram örvényszerűen, kör**

alakban kering, a gerjesztő árammal ellentétes irányban! (Lenz törvényének megfelelően)

Felhasználhatóság:

Az elektromos gépek, transzformátorok vasmagját nem tömör anyagból, hanem egymástól elszigetelt, nagy ellenállású lemezekből, huzalkötegekből készítik.

Az önindukció

Ha a tekercsben (vezetőben) folyó áram erőssége megváltozik (pl. be -, ill. kikapcsoláskor), akkor az általa körülhatárolt területen a mágneses fluxus is megváltozik, és **önmagában a tekercsben is indukálódik a feszültség.**

Az így keletkezett feszültséget önindukciós feszültségnek, magát a jelenséget önindukciónak nevezzük.

Faraday törvényéből: $U = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

A mágneses fluxus: $\phi = BS = \mu HS = \mu \frac{NI}{l} S$

Tehát a fluxus változása: $\Delta\phi = \frac{\mu NS \Delta I}{l}$

Behelyettesítés után: $U = N \frac{\frac{\mu NS \Delta I}{l}}{\Delta t} = \frac{\mu N^2 S \Delta I}{l \Delta t}$

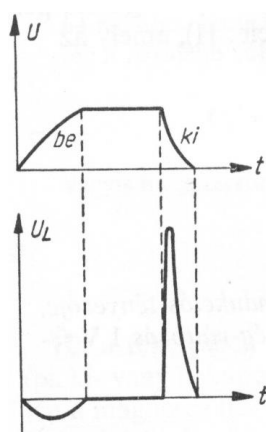
Vagyis: $\boxed{U_L = L \frac{\Delta I}{\Delta t}}$ **Az önindukciós feszültség egyenesen arányos az áramerősség 1 sec alatti változásával.**

A képletben szereplő **L az induktivitás.**

Egysége: $[L] = \frac{[U_L][\Delta t]}{[\Delta I]} = \frac{V_{sec}}{A} = VsecA^{-1} = H \quad (\text{HENRY})$

HENRY – 19. sz., amerikai fizikus

1 H annak a tekercsnek az induktivitása (önindukciós tényezője), amelyben 1 sec alatt 1 A egyenletes áramerősség-változás 1 V feszültséget hoz létre.



Az önindukciós feszültség Lenz törvénye szerint az áramerősség növekedésekor (bekapcsoláskor) az áramforrás feszültségét csökkenti; az áramerősség csökkentésekor (kikapcsoláskor) viszont az eredeti feszültséget növeli!

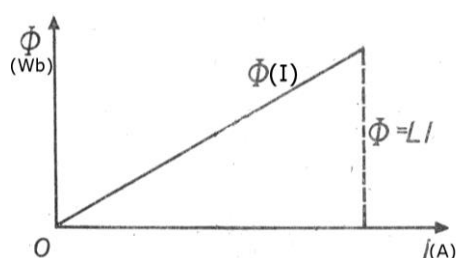
A tekercs mágneses terének energiája

Ugyanúgy, mint az elektromos tér, a mágneses tér is anyagi eredetű, és az anyag egyik megjelenési formája.

Ha egy tekercset áramforráshoz kapcsolunk, akkor a fokozatosan keletkező elektromos energia egy része átalakul mágneses energiává ($\Delta E_e \rightarrow \Delta E_m$).

A már ismert képletekből:

$$\left. \begin{aligned} U &= \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \\ U_L &= L \frac{\Delta I}{\Delta t} \end{aligned} \right\} \Delta \phi = L \Delta I \quad (\phi = LI)$$



$\phi(I)$ - a mágneses fluxus az áramerősség függvényében

A munkavégzést, vagyis a mágneses energiát a grafikon alatti terület mértékszáma adja meg behelyettesítés után:

$$W = E_m = T_\Delta = \frac{1}{2} LI^2$$

$E_m = \frac{1}{2} LI^2$ A tekercs mágneses terének energiája egyenesen arányos az induktivitással és az áramerősség négyzetével.

Az áramkörben a mágneses energia (ill. az elektromos energia) hővé alakul át – **Joule-féle hő**.

Vegyük észre az energiákra vonatkozó képletek közti analógiát:

$E_K = \frac{1}{2} mv^2$ – a mozgási (mechanikai) energia

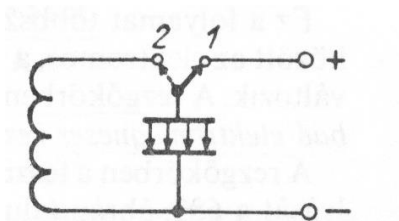
$E_e = \frac{1}{2} CU^2$ – a feltöltött kondenzátor elektromos energiája

$E_m = \frac{1}{2} LI^2$ – az áramjárta tekercs mágneses energiája

Az elektromágneses oszcillátor

Az **elektromágneses oszcillátor**okban energiaátalakulást figyelhetünk meg (elektromos energia mágneses energiává, ill. fordítva).

Azt az áramkört, amely rendelkezik ilyen tulajdonságokkal, **rezgőkörnek** (**egy kondenzátorból és egy tekercsből álló rendszer**) nevezzük.



Az egyenárammal feltöltött kondenzátor elektromos energiája: $E_e = \frac{1}{2}CU^2$

Az áramjárta tekercs mágneses energiája:
 $E_m = \frac{1}{2}LI^2$

Az elektromos tér energiája a mágneses tér energiájává alakul át.

Azt a berendezést, melynek segítségével a rezgőkörben történő feszültség-, ill. áramerősség-változást grafikusán megfigyelhetjük, **oszcilloszkóp**nak nevezzük.

Mechanikai oszcillátor:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_p = \frac{1}{2}ky^2$$

$$E_k \Leftrightarrow E_p$$

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

$$(T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}})$$

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Elektromágneses oszcillátor:

$$E_e = \frac{1}{2}CU^2$$

$$E_m = \frac{1}{2}LI^2$$

$$E_e \Leftrightarrow E_m$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$