

## II. Az anyag makroszkopikus megjelenése

### II.1. Alapfogalmak

#### II.1.1. Mérések, mértékegységek, az SI-rendszer

Extenzív és intenzív mennyiségek:

az anyag mennyiségével arányos, pl. tömeg, térfogat az anyag mennyiségétől független: pl. hőmérséklet....

Megj.: két extenzív mennyiség hányadosaként, pl. a sűrűség már intenzív mennyiség.

#### Az SI-alapegységek

7 van; sorrend tetszőleges, de figyeljük meg, hogy nem függetlenek egymástól!

Forrás: Riedel Miklós, *A fizikai-kémiai definíciók és jelölések* (ld. a középiskolai Függvénytáblát is.)

Az alábbiakban használt rövidítés: CGPM

*Conference Generale des Poids et Mesures.*

1. **Hosszúság:** a **méter** annak az útnak a hosszúsága, amelyet a fény vákuumban  $1/(299\,792\,458)$ -ad másodperc alatt tesz meg. (17. CGPM, 1983.)

2. **Tömeg:** \* a **kilogramm** az 1889. évben Párizsban megtartott Első Általános Súly- és Mértékügyi Értekezlet által a tömeg etalonjának elfogadott, a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatalban, *Sevres*-ben őrzött Ir henger tömege. (3. CGPM, 1901.)



Pt-

**Megi.** törekvés: **A kilogrammot is természeti állandóhoz kötni.** Lásd pl: *Chem. & Eng News*, July 18, 2006, Volume 83, No. 29, pp. 29-31.

*Mills and coauthors ... The group proposes that the kilogram should be redefined so as to fix its value for all time to a specific value of either the Planck constant or the Avogadro constant, both of which are invariants of nature. The uncertainties of many of the fundamental constants would then immediately be reduced by more than a factor of 10, Mills says.*

3. **Idő:** a **másodperc** az alapállapotú  $^{133}\text{Cs}$ -atom két hiperfinom energiaszintje közötti átmenetnek megfelelő sugárzás 9 192 631 770 periódusának időtartama. (13. CGPM, 1967.)

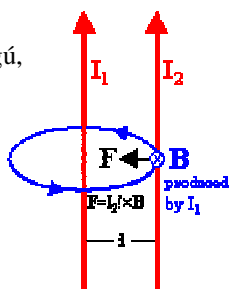
Mit jelent ez? Láttuk a spektroszkópiai bevezetésben:

Az atom két energiaszintje közötti átmenet elektromágneses sugárzás (fotonok) kibocsátásával, illetve elnyelésével járhat, a sugárzás frekvenciája (ill. hullámhossza) az energiaszintek különbségétől függ:

$\Delta E = h\nu$ ; a sugárzás  $\nu$  frekvenciája adódik a spektroszkópiai mérésekből ( $s$  a periódusidő ennek reciproka).

4. **Áramerősség:** az **amper** olyan állandó elektromos áram erőssége, amely két párhuzamos, egyenes, végtelen hosszúságú, elhanyagolhatóan kicsiny körkeresztmetszetű és egymástól 1 m távolságban vákuumban levő vezetőben áramolva, e két vezető között méterenként  $2 \times 10^{-7}$  newton erőt hoz létre. (9. CGPM, 1948.)

Emlékeztető fizikából: egyirányú áramok esetén **vonzás**



5. **Hőmérséklet:** a **kelvin** a víz hármaspontja termodinamikai hőmérsékletének  $1/(273.16)$ -szorososa. (13. CGPM, 1967.) (a hármaspont fogalmát ld. később, a víz fázisdiagramjánál).

6. **Anyagmennyiség:** a **mól** annak a rendszernek az anyagmennyisége, amely annyi elemi egységet tartalmaz, mint ahány atom van  $0,012$  kilogramm  $^{12}\text{C}$ -ben. Az elemi egység fajtáját meg kell adni; ez atom, molekula, ion, elektron, más részecske vagy ilyen részecskéknél meghatározott csoportja lehet. (14. CGPM, 1971.)

7. **Fényerősség:** A **kandela** az olyan fényforrás erőssége adott irányban, amely  $540 \times 10^{12}$  hertz frekvenciájú monokromatikus fényt bocsát ki, és sugárerőssége ebben az irányban  $1/683$  watt per szteradián. (16. CGPM, 1979.)

#### Származtatott mennyiségek

Minden egyéb egységet a fentiekből származtatunk! pl. erő, nyomás, energia, térfogat, elektromos töltés, stb....

Emlékeztetőül:

Erő: newton (N),  $\text{kg m s}^{-2}$  (Az az erő, mely 1 kg tömeget  $1 \text{ m s}^{-2}$  gyorsulással mozgat.)

Nyomás = egységnyi felületre ható erő; pascal (Pa) =  $\text{N m}^{-2}$   
1 bar =  $10^5$  Pa, kb. a légköri nyomás.

Energia (munka): erő.úthossz. joule,  $J = \text{Nm}$ .

Teljesítmény: időegység alatt végzett munka (energia), watt ( $W$ ) =  $J/s$ .

**Régebbi egységek** is használatosak még, a kémiában is, különösen a nyomásra és az energiára:

1 atm (=760 torr) = 101325 Pa; torr  $\equiv$  Hgmm, 1 mm magasságú Hg-oszlop nyomása.

760 Hgmm = 1 atm = 1.013 bar; 1 bar = 750.06 Hgmm

Energia: 1 cal = 4.184 J.

#### Prefixumok a nagyságrendek jelölésére:

Faktor: $10^n, n=$	prefixum	szimbólum	Faktor: $10^n, n=$	prefixum	szimbólum
18	exa	E	-1	deci	d
15	peta	P	-2	centi	c
12	tera	T	-3	milli	m
9	giga	G	-6	mikro	$\mu$
6	mega	M	-9	nano	n
3	kilo	k	-12	piko	p
2	hekto	h	-15	femto	f
1	deka	da	-18	atto	a

#### Alapvető laboratóriumi mérések

##### TÖMEGMÉRÉS

1. Mechanikus ...

2. „Elektronikus”; valójában **elektromágneses** erőn alapul:

<http://www.sensormag.com/articles/0602/27/main.shtml>

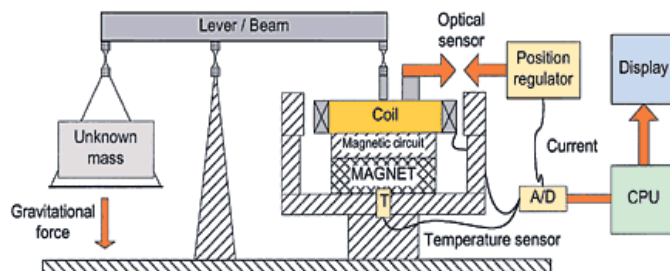


Figure 1. Electromagnetic force restoration (EMFR) balance

A mérleg működésének fizikai alapja:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} \quad \vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

a) *Lorentz-erő: elektromos és mágneses tér hatása q töltésre (mely v sebességgel mozog)*

b) *ha csak mágneses tér van (B)*

Nagyon pontos mérésekhez szükséges:

A **levegő felhajtóerejének** figyelembe vétele.

a) redukálás légüres térre; a mérőszílya, ill. a mérendő testre felhajtóerő hat:  $F = gV\rho_{lev}$ , ahol  $g$  a gravitációs állandó,  $\rho$  a sűrűség. A test és a mérőszílya sűrűsége különböző lévén, azonos tömeg esetén is különböző a térfogatuk ( $V=m/\rho$ ); ha a térfogatkülönbség,  $\Delta V$ , ez  $\Delta m = \Delta V\rho_{lev}$  látszólagos tömegkülönbséget okoz, amit figyelembe kell venni.

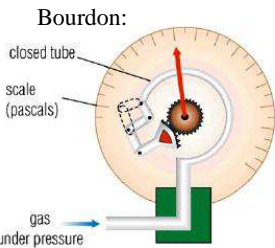
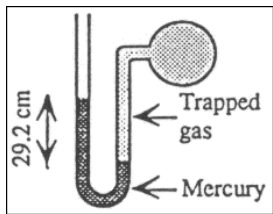
$\rho_{lev}$  értéke szobahőmérsékleten és 1 bar nyomáson kb.  $0.0012 \text{ g cm}^{-3}$ , tehát  $1 \text{ cm}^3$  térfogatkülönbség 1.2 mg eltérést okoz

b) “egyezményes tömeg” fogalma:

referenciának vesszük azt, ha a mérőszílyok  $8.0000 \text{ g cm}^{-3}$  sűrűségű anyagból (pl. ilyen acél) készülnek; ilyenkor a tényleges tömeg megegyezik a feltüntetett nominális tömeggel. Azonban, ha más sűrűségű ötvözetből készítenek mérőszílyt, a tényleges tömeget úgy kell választani, hogy az eltérő felhajtóerő mellett a kétféle mérőszíly egyensúlyban legyen.

#### A NYOMÁS mérése (manométer, barométer)

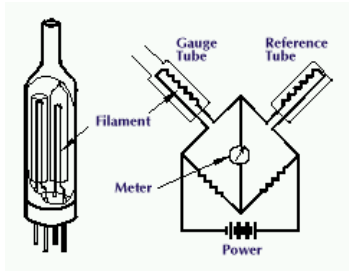
Higanyos: nyitott (itt) vagy zárt.



**Kis nyomások mérése (vákuummérők):**

a) **Pirani** (egy gáz hővezetőképessége függ annak  $p$  nyomásától)

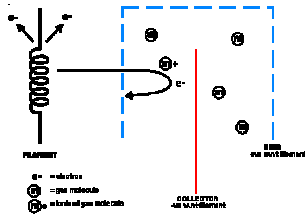
Fémspirálon áramot vezetünk át; minél kisebb a környező gáz nyomása, annál kevésbé hűt; így a spirál hőmérséklete magasabb, ellenállása is magasabb.



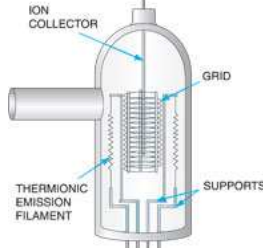
Pontos mérést ilyen híd-kapcsolásban, összehasonlító referenciához célszerű végezni

b) **Ionizációs (Penning-) vákuummérő:**

Izzó katódból kilépő, felgyorsított elektronok ionizálják a gáz molekuláit. Az ionáram erőssége a nyomás mértéke.



a) Működési elv



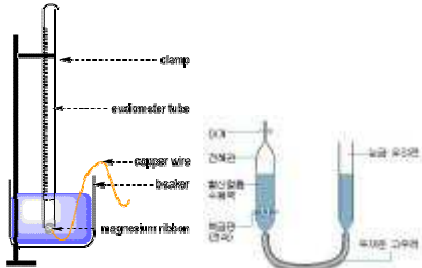
b) Mérőcső szerkezete

**TÉRFOGATmérés**

**Folyadék** Kalibrált üvegedények: mérőhenger, pipetta, büretta, mérőlombik

**Gázok** eudiométercső, gázbüretta

**Szilárd** piknométer (sűrűségmérésre, ld. lentebb)



eudiométerek

(kémiai reakcióban keletkezett gáz mérése)



piknométer

**HŐMÉRSÉKLETmérés** [www.npl.co.uk/npl/publications/temperature/temp5.html](http://www.npl.co.uk/npl/publications/temperature/temp5.html)

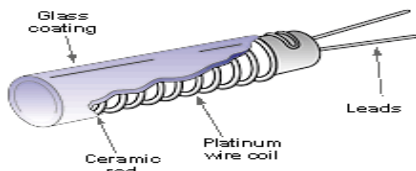
1. **Folyadékhőmérők:** üvegben higany, alkohol hőtágulása....

2. **Ellenálláshőmérők**

Alkalmos fémzsal (pl. Pt), elektromos ellenállás a hőmérséklet függvénye (fémeknél T-vel nő)

In the modern world, ... electrical devices, which can be digitised and automated.

**Platinum resistance thermometers** are electrical thermometers which make use of the variation of resistance of high-purity platinum wire with temperature. accuracy ... thousandth part of 1 °C...



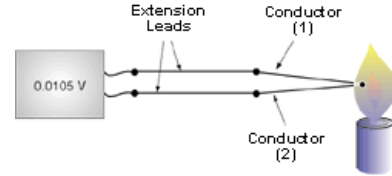
platina ellenálláshőmérő

3. **Termoelem.**

**Termoelektromos effektus (Seebeck-hatás):** ha két különböző vezetőből álló áramkörben a csatlakozási pontok között hőmérsékletkülönbség van ( $\Delta T$ ), ezek között feszültségkülönbség (termofeszültség) jön létre, amely arányos  $\Delta T$  -vel. Gyakrabban alkalmazott hőelempárok és a maximális méréshatár: **Cu-Ko** (réz-konstantán) ~ 500 °C, **Fe-Ko** (vas-konstantán) ~ 700 °C, **NiCr-Ni** (Nikkelkróm-nikkel) ~ 1000 °C, **PtRh-Pt** (platina-rhodium-platina) ~ 1300 °C.

(Konstantán: Cu és Ni ötvözet; nevének alapja: hőmérséklettől kevésbé függ az ellenállása, 'constant').

**Thermocouples** are the most common sensors in industrial use. ... the original paper on thermoelectricity by Seebeck [was] published in 1822. They consist of two dissimilar metallic conductors joined at the point of measurement. When the conductors are heated a voltage is generated in the circuit, and this can be used to determine the temperature.

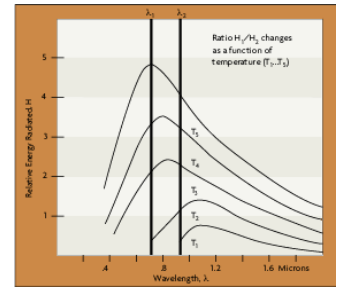


4. **Sugárzási hőmérő (pirométer):** magas hőmérsékletek mérése (pl. vasolvastóban); távolból is használható.

A kibocsájtott elektromágneses sugárzást ("termikus sugárzás") méri, kiválasztott hullámhossz(ak)on. Pl. egy drágább készülék elve: két hullámhosszon mér, s az intenzitásarány jellemző a hőmérsékletre.

**'Two-Color' IR Thermometer**

Radiation thermometers, or **pyrometers**, make use of the fact that all objects emit thermal radiation, as seen when looking at the bars of an electric fire or a light bulb. The amount of radiation emitted can be measured and related to temperature using the Planck law of radiation. Temperatures can be measured remotely using this technique, with the sensor situated some distance away from the object. Hence it is useful for objects that are very hot, moving or in hazardous environment.

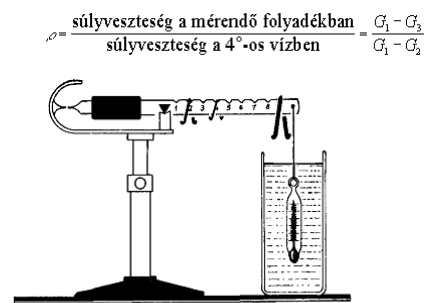


**SŰRŰSÉGmérés**

**Folyadékok** sűrűsége:



Areométer



Mohr-Westphal

**Szilárd anyagok** sűrűsége (lásd térfogatmérést is, fent).

4 tömegmérés szükséges:

1. üres piknométer; 2. a piknométer a beleszórt (darabolt) szilárd anyaggal együtt; 3. ismert sűrűségű, jól nedvesítő folyadékot töltünk rá; piknométer + anyag+ folyadék; 4. piknométer csak a folyadék-kal. A  $\rho$  sűrűség ezekből kiszámítható... Részletek: *Praktikum*.

