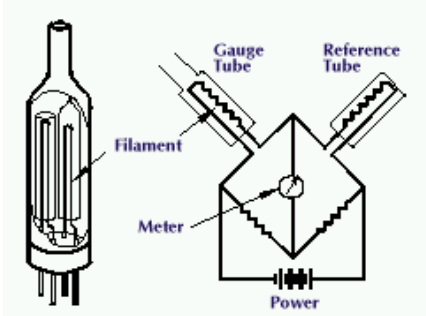


Kis nyomások mérése (vákuummérők):

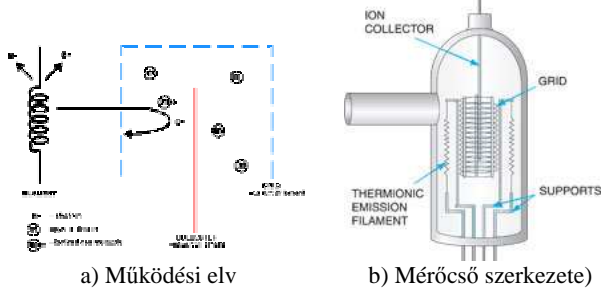
a) **Pirani** (egy gáz hővezetőképessége függ annak p nyomásától)



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

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

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

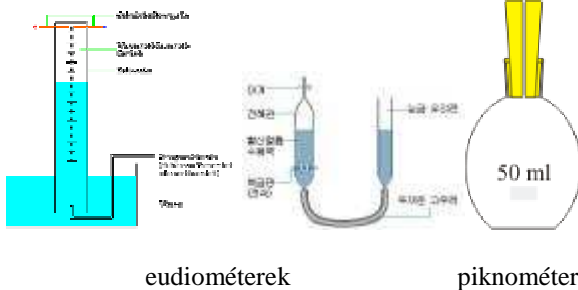


TÉRFOGATmérés

Folyadék Kalibrált üvegedények: mérőhenger, pipetta, büretta, mérőlombik

Gázok eudiométercső, gázbüretta

Szilárd piknométer (sűrűségmérésre, ld. lentebb)



eudiométerek

piknométer

HŐMÉRSÉKLETmérés www.npl.co.uk/npl/publications/temperature/temp5.html

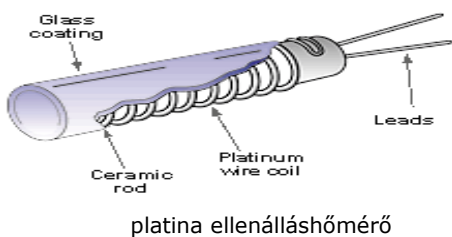
1. **Folyadék hőmérők:** üvegben higany, alkohol hőtágulása....

2. **Ellenálláshőmérők**

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

In the modern world, mercury and spirit-filled thermometers have largely given way to 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. ...measurements can routinely be made to better than a thousandth part of 1 °C...



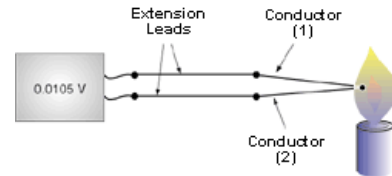
platina ellenálláshőmérő

3. **Termoelem.**

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

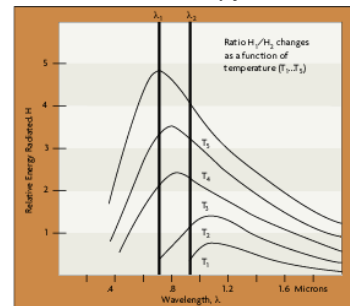
(Konstantán: Cu és Ni ötvözet; neve: hőmérséklettől kevésbé függ az ellenállása, 'constant').

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 kibocsátott 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.

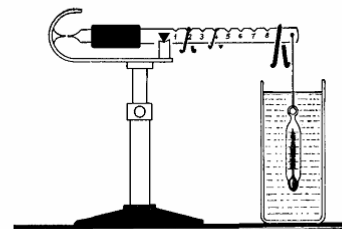
SÚRÚSÉGmérés

Folyadékok sűrűsége:



Areométer

$$\frac{\text{súlyvesztés a mérendő folyadékban}}{\text{súlyvesztés a 4°-os vízben}} = \frac{G_1 - G_2}{G_1 - G_3}$$



Mohr-Westphal

Szilárd anyagok sűrűsége (lásd térfogatmérést is, fent).

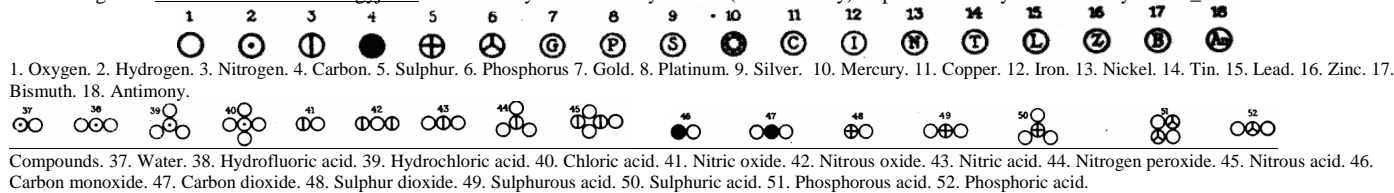
4 tömegmérés szükséges:

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 ρ sűrűség ezekből kiszámítható... Részletek: Praktikum.

Vegyjel, képlet, reakcióegyenlet. (a kémia szimbolikája) ld. középiskola!

Itt csak a szerkezeti képletről: csak a kapcsolódásokat mutatja, térszerkezetet NEM: **sztereioizoméria, ld. komplexek, korábban!**

Érdekeségeként: Dalton által használt vegyjelek. Chemical symbols used by Dalton (19th Century) http://www.levity.com/alchemy/dalton_s.html



Oldatok, koncentrációk

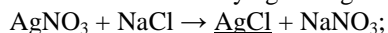
Molaritás ...mol/L. Régebben: "egyenértéksúly", vagy *ekvivalens* = mol/n ; n a **reakcióra jellemző** szám, melyet úgy definiálunk, hogy: 1 ekv A anyag 1 ekv B-vel reagál.

n : savknál: aktív H-ek száma , bázisoknál: aktív OH-k.
redoxi reakciókban: oxidációs szám változása (ld. alább)
Angol: *equivalent* ; "Normalitás", jele *N*: ekv/L.

Elektrolitok, ionreakciók

Arrhenius-elmélet (1887): az áramot vezető oldatokban eleve töltéssel bíró részecskék vannak! Mai megfogalmazás, **definíció:** Elektrolit olyan kondenzált fázis, amely az elektromos áramot **ionosan** vezeti.

Elektrolitokban a tényleges reagáló *speciesszek* ionok, pl.:

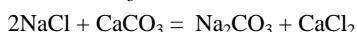


A lényegi változást **ionegyenlet** fejezi ki: $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$

Formálisan cserebomlás; valójában két ion csapadékká, rosszul disszociáló terméké, gázzá, stb. egyesül; többiek: *spectator* ions

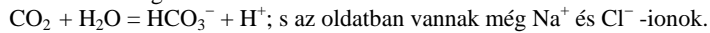
Egy tanulságos példa ionegyenletekre: a Solvay-féle szódagyártás.

Nyersanyagok: NaCl és CaCO₃. Formálisan a bruttó végeredmény:



Ez a reakció épp fordítva menne, hiszen csak a Ca-karbonát az a só, mely rosszul oldódik. Tehát, hogyan valósítható meg a fenti átalakulás!?

CaCO₃-at hevítve, CO₂-gáz (és CaO) keletkezik (800 °C felett); a széndioxidot semleges NaCl-oldatba vezetve:



Kiválthatna a viszonylag rosszul oldódó NaHCO₃, de ehhez nem elég a hidrogénkarbonát koncentráció. Ezért ammóniával lúgosítani kell az oldatot. Ekkor ionok az oldatban:

Na⁺, NH₄⁺, Cl⁻, HCO₃⁻, OH⁻. Azon ionpárosításnak megfelelő anyag válhat csak ki, melynek legkisebb az oldhatósága; ez itt a NaHCO₃.

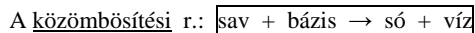
A hidrogénkarbonátot aztán hevítve keletkezik a szóda. (Az ammóniát vissza kell nyerni, ezt a fenti CaO-val való lúgosítással érik el...).

Sav-bázis elméletek

1) **Arrhenius** (~1890) : vizes oldatokra;

Sav: a (vizes) oldat [hidr]oxónium-ion koncentrációját növeli.

Bázis: az oldatban a hidroxid-ion ion koncentrációját növeli.



2) **Brønsted-Lowry** (1923): hidroxid nem szerepel a def.ban >>

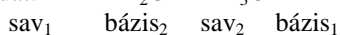
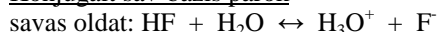
nem csak vizes oldatokra használható **szerves bázisok**

sav - proton donor; bázis - proton akceptor : **RNH₂ + HCl**

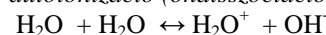


A definícióból következik, hogy sav és bázis mindig párban jár:

Konjugált sav-bázis párok



autoionizáció (öndisszociáció):



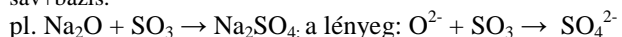
Hasonlóan, cseppf. ammóniában: $NH_3 + NH_3 \leftrightarrow NH_4^+ + NH_2^-$

Jégecetben: ...

c) **Lewis** (1923) oldószerből hangsúlyozottan megszabadul, s a

protont is kikapcsolja a definícióból.

A definíció logikája (FG): anhidridek vegyülete ugyanúgy sőt ad, mint sav+bázis.

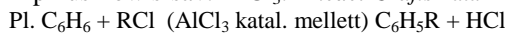


Ha felírjuk a Lewis-képleteket (táblán), látszik: **elektronpár**

átadása (ld. korábban, datív kötés).

Bázis: elektronpárt ad, bázis: elektronpárt fogad.

Tipikus Lewis-sav: AlCl₃. *Friedel-Crafts* katalizátor.



Mechanizmus: $R-CH_2-Cl + AlCl_3 \rightarrow R-CH_2^+ + AlCl_4^-$

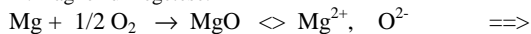
"*karbokation*"

Oláh György Nobel-díj, 1994: karbokationok, szupersavak témakör. Pl. SbF₅ és HF elegye. "Superacids are so strong that they can protonate such extremely weak bases as the alkanes, as was shown by Olah ..."

Methane gives the methonium ion CH₅⁺

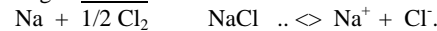
Redoxi reakciók, oxidációs szám

Pl. magnézium égetése:



szilárd MgO ionos, *elektronátadás történt*

oxigén nélküli esetre is általánosítunk:



Oxidáció - elektronleadás; redukció - elektronfelvétel

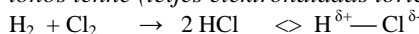
Fent az ionok töltése jelzi az oxidációs állapotot

Nem-ionos vegyületekre általánosítunk, ehhez :

A poláris kötés: NEM külön kötéstípus, szabályos KOVALENS kötés, melyben a töltéseloszlás nem szimmetrikus. A töltésszétválást az elektronegativitások különbsége szabja meg. Kéttomos molekuláknál ez *dipólusmomentumra* vezet, utóbbi jól definiált, fizikai mennyiség (vektor): $A^{\delta-} - B^{\delta+} \mu = r \cdot \delta$, irány neg. → poz. Általánosan: $\mu = \sum q_i r_i$. További példák: CH₃Cl, C₆H₅NO₂, stb. De magas szimmetria esetén az eredő dip. mom. zérus lehet: Pl. CCl₄, p-dinitrobenzol, stb.

Oxidációs számhoz vissza:

Minden (poláris) kötést úgy tekintünk (csak itt!), mintha ionos lenne (teljes elektronátadás történt volna).



H "oxidációs száma" legyen +1, klóré -1.

3 alapszabály: 1) elem: mindig zérus

2) egyszerű (egyatomos) ionok: ox. sz. = iontöltés;

3) molekula és összetett ionban: ox. sz. összege = töltés

A kötéspolaritás az elektronegativitásból állapítható meg, de e nélkül is, formális szabály többnyire alkalmazható:

4) fluor -1, 5) hidrogén +1, 6) oxigén -2.

A sorrend *hierarchikus*: legerősebb a 4., stb. pl. F₂O; sőt: H₂O₂;

Példa: S₂O₆²⁻, tetrationát-ion: számoljuk formálisan, ekkor -2.5 az egy S-atomra jutó ox. sz. Ha ismerjük a szerkezeti képletet, (SO₃)-S-S-(SO₃)²⁻ a hibbeli két kénatom 5-ös, a másik kettő 0-ás oxidációs számú.

Egyenletírás (ionegyenlet írjunk); a "recept":

1. oxidációs számok kiegyenlítése.

2. töltésmérleg. Ehhez: vizes oldatban mindig van H⁺, OH⁻, ill. H₂O; ezeket megfelelő oldalra írva állíthatjuk helyre a mérleget.

3. anyagmérleg (atomok száma) már csak ellenőrzés.

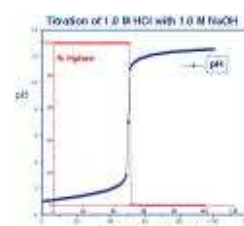
Titrlások (titrimetria) térfogatós analízis, volumetria;

A sztöchiometriai egyenlet alapján ...n_aA + n_bB + → ha egyik mennyiséget () ismerem, a másik meghatározható.

Jelezni kell az "ekvivalenciapontot"! Indikátorok: ld. később Fogalmak: mérőoldat, faktorozás, fogyás, végpont, normalitás.



Fő típusok: *sav-bázis, redoxi* titrlások, *komplexometria*.
Komplexometria pl.: víz keménységének (Mg²⁺ és Ca²⁺ tit-

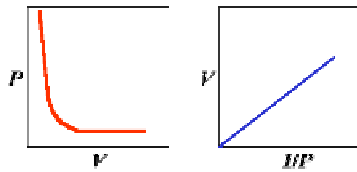


rálás EDTA-val, eriochróm-fekete indikátor mellett (ld. vetítés); szín: amíg van fémion, piros, majd kékre vált (a szabad indikátor színe).

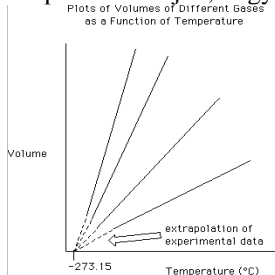
II.2.1. Gázok: gáztörvények, kinetikus gázelmélet

A gáztörvények (ideális gázra)

Történetileg : Boyle és Mariotte $pV = \text{const}$ (ha $T = \text{const.}$):



Gay-Lussac: $V = V_0 (1 + \alpha t)$, ahol t a Celsius-hőm. α -ra ő már $1/267$ -et kapott! Mi tudjuk, hogy ...



(Az ábra szövege félrevezető: a 'different gases' nem a kémiai különbségre, hanem a minta mennyiségére, ill. a nyomásra utal.)

Mai forma, az **egyesített gáztörvény**:

$pV = nRT$

Elvi jelentősége mellett, gyakorlati fontosság:

Moláris tömeg meghatározása (Victor Meyer-féle "gőzsűrűség"- mérés); g gramm folyadékot elpárologtatva, ha p nyomáson az általa betöltött térfogat V , ebből a mólszám: $V \Rightarrow n = pV/(RT)$, s a móltömeg: $M = g/n$.

Gázkeverékek: $n_1, n_2, n_3, \dots, n_i, \dots$ mól, $n = \sum n_i$; **móltört:** $x_i = n_i/n$

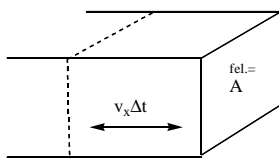
A teljes nyomásra: $p = n(RT/V)$;

parciális nyomás: $p_i = n_i(RT/V)$, ill. $p_i = x_i p$

A gázok kinetikus elmélete

A modell: "ideális gáz": **nagyszámú**, **m** tömegű molekula, folytonos, **véletlenszerű** mozgásban; részecskék **mérete** elhanyagolható: $d/\lambda \ll 1$; ahol λ : átlagos szabad úthossz; részecskék **kölcsönhatása** zérus; **ütközések:** "rugalmas", (i.e. a kinetikus energia állandó).

a) **A nyomás értelmezése:**



A – felület; v_x – a sebesség nagysága (abszolút értéke); $N' = N/V$: a molekulák száma egységnyi térfogatban; a falfelületet Δt idő alatt eléri azon molekulák, melyek a $v_x \Delta t$ A térfogatban vannak, pontosabban a kétirányú mozgás miatt ennek **fele** csak; tehát ütközések száma $N_{ü} = 1/2 N' A v_x \Delta t$;

A molekulák összedott impulzusa:

$t = 0$ -ban: $N_{ü} m v_x \Delta t$ múlva: $-N_{ü} m v_x$; $\Delta P = 2 N_{ü} m v_x$;

erő: időegység alatti **impulzus**változás: $\Delta P/\Delta t$

A teljes erő: $2 N_{ü} \Delta P/\Delta t = (N' A v_x \Delta t m v_x) / \Delta t = N' A m v_x^2$

A nyomás: $p = F/A = N' m v_x^2$

statiszt. átlag: $v^2 = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2 = 3 v_x^2$

$p = (1/3) N' m v^2$ A nyomás az átlagsebesség négyzetével arányos.

b) **Mi a hőmérséklet?**

(vegyünk 1 mólt, ekkor $N = N_A$, az Avogadro-szám).

A gáztörvény – mint **empirikus** eredmény – szerint:

$p = RT/V$; fentiek szerint: $p = RT/V = (1/3)(N_A/V) m v^2$.

$pV = (1/3) N_A m v^2 = RT$; $R/N_A \equiv k_B$; $(1/3) m v^2 = k_B T$.

A kinetikus energia tehát: $(1/2) m v^2 =$

$= E_{kin} = 3/2 k_B T$

Ideális, egyatomos gázban a hőmérséklet az átlagos kinetikus energia mértéke.

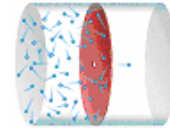
Egy "**szabadsági fokra**" (ekvipartíció elve szerint) jutó energia: $1/2 k_B T$ [Általánosabban:

temperature is defined as the average energy of **microscopic motions** of a single particle in the system per **degree of freedom**. For a solid, these motions are principally the **vibrations** of its atoms. For a multiatomic gas, **vibrational** and **rotational** motion should be included.]

Gázok **diffúziója**, **effúziója** :

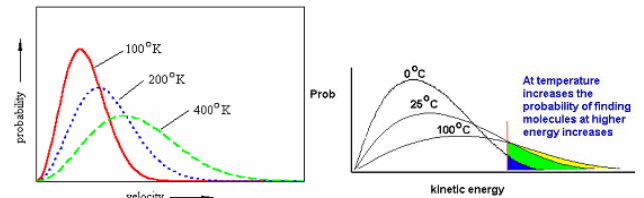
Diffúzió: két gáz keveredése; effúzió: gáz kilépése kis nyíláson. A folyamat gyorsaságát a molekulák átlagos sebessége szabja meg, melyre a kinetikus elmélet alapján, adott T hőmérsékleten: $(1/2) m_1 v_1^2 = (1/2) m_2 v_2^2$, amiből:

a **Graham-törvény**: **$v_1/v_2 = (M_2/M_1)^{1/2}$**



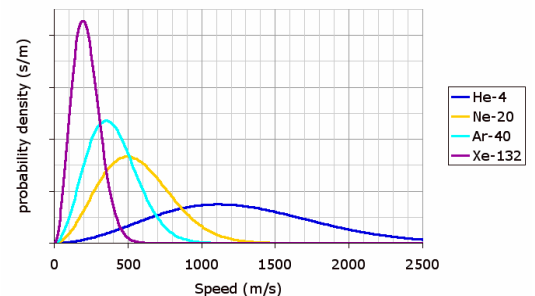
Fentiekben a sebesség **átlagát** néztük. De: egy adott pillanatban az egyes molekulák sebessége különböző \Rightarrow

Eloszlások: a **Maxwell-Boltzmann eloszlás**

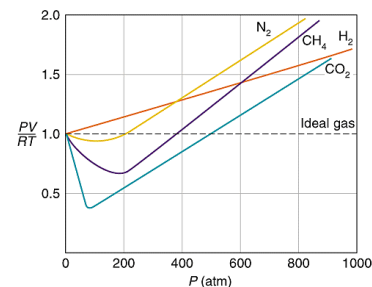


Különböző tömeg esetén persze azonos kinetikus energia eltérő sebességet jelent, a sebességeloszlás más lesz:

Maxwell-Boltzmann Molecular Speed Distribution for Noble Gases



Eltérés az ideálistól: **reális gázok**



A **van der Waals** -egyenlet:

$(p + a(n/V)^2)(V - bn) = nRT$

Gas	a [(L ² atm)mol ⁻²]	b [L/mole]
He	0.03412	0.02370
H ₂	0.2444	0.02661
N ₂	1.390	0.03913
O ₂	1.360	0.03183
CO ₂	3.592	0.04267
C ₂ H ₂	4.390	0.05136
Cl ₂	6.493	0.05622
n-butane	14.47	0.1226