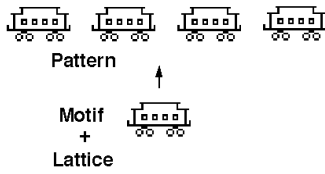
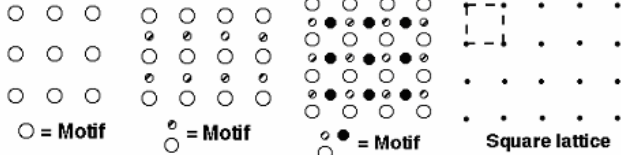


II.2.4. A kristályos szerkezet

Szemléletesen, a kristály felépülése. 1 dimenzióban:



2 dimenzióban: 3 mintázat, ugyanazon Bravais-rács:



Tehát: alaptulajdonság: periodicitás; szimmetria.
 A *Bravais-rács* (v. térrács) fejezi ki a *transzlációs* szimmetriát; a térrács tetszőleges pontját egy rácsvektor adja meg: $\mathbf{R} = n_1\mathbf{a} + n_2\mathbf{b} + n_3\mathbf{c}$. Az atomok nem feltétlenül ülnek e rácsponatokon, de: ha egy tetszőleges atomot \mathbf{R} -rel elmozdítunk, a kristály egy ekvivalens atomjához jutunk. A transzláció mellett a kristálynak lehet egyéb szimmetriája: *forgatás*, *tükrözés* és ezek kombinációja; ezek ún.

pontcsoportot alkotnak (izolált *molekuláknak* csak ilyen, pontcsoport-szimmetriája van.) Miért pontcsoport? Van legalább egy olyan pont, melyet a szimmetria-művelet önmagában hagy.

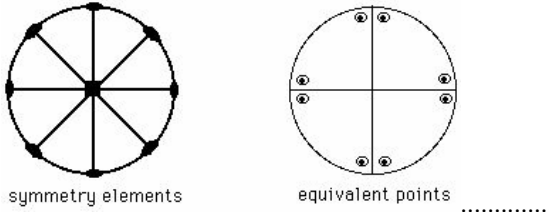
A pontcsoport a forgatási és tükrözési szimmetriát írja le.

C_n - forgatás tengely körül $360^\circ/n$ -nel (gír); σ -tükröskik;

S_n - forgatás és tükrözés a C_n -re merőleges síkra;

az inverzió (szimm. centrum) S_2 -vel azonos.

A szimmetriaelemek *sztereografikus* jelölése... pl:



Kristályokban 32-féle pontcsoport lehetséges \Rightarrow **32 osztály**

Tércsoport: A pontcsoport-szimmetriát kombinálva a transzlációval (Bravais-rács, fent) \Rightarrow **230 tércsoport**.

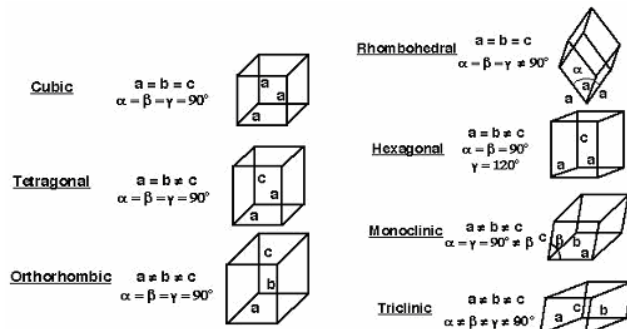
Az *elemi cella*: olyan térfogategység a kristályon belül, melyből transzlációkkal a teljes kristály felépíthető.

A "primitív elemi cella" eltolásakor átfedések nem keletkeznek. Ilyen primitív cella lehet a Bravais-cella, a benne levő atomokkal ("bázis"). Ezen azonban még általában nem látszik a kristály teljes szimmetriája. Ezért előnyösebb a *konvencionális* elemi cella használata. Ennek kijelöléséhez több Bravais-cella lehet szükséges, viszont ez az elemi cella mutatja a teljes szimmetriát. Ha a konvencionális elemi cellából építjük fel a kristályt, az eltolások során átfedő térfogatok is keletkeznek. Irodalom: <http://solidstate.physics.sunysb.edu/book/prob/node3.html>

Rendszerezés: rácsok típusa szerint (Bravais, 19. sz.)

7-féle egyszerű "Bravais"-cella (ezek a Bravais-rács transzlációs szimmetriáját jellemzik) \Rightarrow

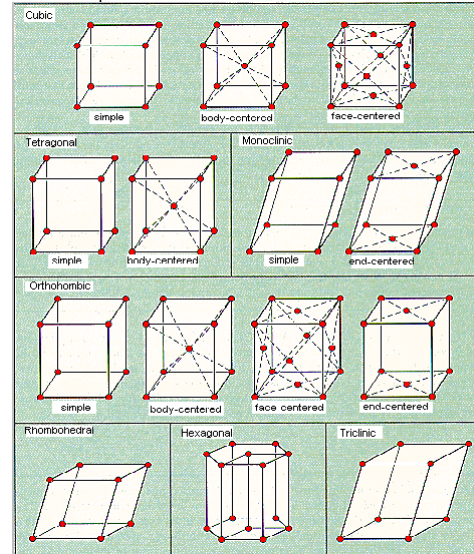
7 kristályrendszer: köbös (szabályos), tetragonális, (orto)rombos, romboéderez, hexagonális, monoklín, triklín.



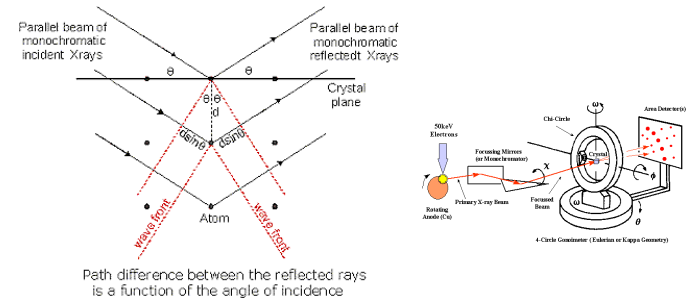
További finomítás a rács pontcsoport-szimmetriája alapján. A lehetséges rács típusok ekkor:

7 "egyszerű" + 7 "centrált" = 14 Bravais-cella

www.seas.upenn.edu/~chem101/sschem/solidstatechem.html



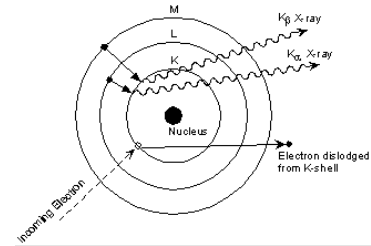
A kristályszerkezet meghatározása: Röntgen-diffraktométer (X-ray diffr.)



A Bragg-törvény

θ irányban erősítés van, ha: $2d \sin \theta = n \lambda$

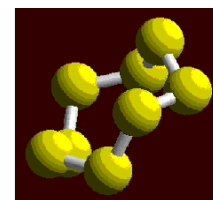
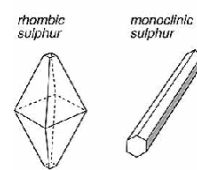
Megj.: A röntgensugár előállítása: elektromos térben felgyorsított nagy energiájú elektronokat fémlémezbe ütköztetünk: egy belső pályáról gerjesztődik egy elektron, ennek a helyére valamelyik magasabb pályáról kerül egy elektron; az energiacsökkenést Röntgen fotonként sugározza ki az atom.



Polimorfia: u.azon kémiai anyag, különböző kr. szerkezet

Elemek esetében: allotrop módosulatok

polymorphism is the ability of a solid material to exist in more than one form or crystal structure. Diamond, graphite and the Buckyball are examples of polymorphs of carbon. α -ferrite, austenite, and δ -ferrite are polymorphs of iron. When found in elemental solids the condition is also called allotropy



Rombos és monoklín kén; (molekularács S_8 gyűrűkből)

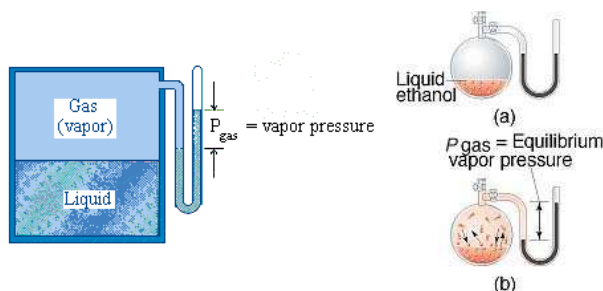
Érdekesség az ASZPIRIN másik kristályszerkezete: The Predictably Elusive Form II of Aspirin; *J. Am. Chem. Soc.*, **127** (48), 16802-16803, 2005.

II.2.5. Fázisátalakulások: Párolgás, forráspont, kritikus állapot

Utólag. Fázis: a térnek (konkrétan: az általunk vizsgált termodinamikai rendszernek) egy olyan részlete, melyben a fizikai és kémiai tulajdonságok mindenhol egyformák.)

FOLYADÉK-GŐZ EGYENSÚLY

Egyensúlyi gőznyomás (tenzió) és forráspont:



Zárt térben a párolgás és lecsapódás egyensúlyba jut (dinamikus egyensúly); az egyensúlyt (ld. később) az egyensúlyi gőznyomás (tenzió) jellemzi.

Néhány anyag tenziója 25°C-on:

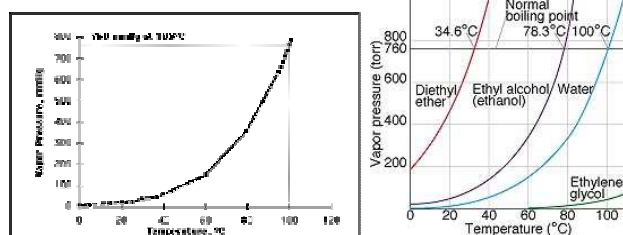
www.psigate.ac.uk/newsite/referance/plambeck/chem2/p01045

Substance	Vapor Pressure (kPa)	Density (kg/m ³)
H ₂ O (l)	3.1691	0.99702
CH ₃ OH (l)	16.8511	0.791
C ₂ H ₅ OH (l)	7.8279	0.785
C ₆ H ₆ (l)	12.6893	0.899
Hg (l)	0.2460	13.5340
I ₂ (s)	0.1889	4.93

A tenzió persze erősen függ a hőmérséklettől. Pl. víz:

T (°C)	P (kPa)	T (°C)	P (kPa)	T (°C)	P (kPa)
0	0.61	21	2.49	40	7.38
5	0.87	22	2.64	50	12.34
10	1.23	23	2.81	60	19.93
15	1.71	24	2.98	70	31.18
16	1.82	25	3.17	80	47.37
17	1.94	26	3.36	90	70.12
18	2.06	27	3.57	95	84.53
18.5	2.13	28	3.78	100	101.32
19	2.19	29	4.01		
19.5	2.27	30	4.25		
20	2.344	35	5.63		

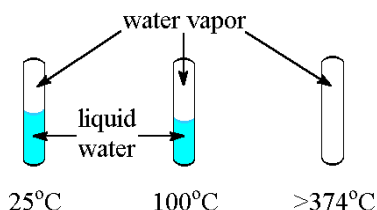
Forráspont: a tenzió eléri a külső nyomást hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/kinetic/watvap.html



Boiling Points and Heat of Vaporization

Substance	Forráspont/K	Forráspont/°C	Párolgáshő, kJ/kg
Helium	4.216	-268.93	20.9
Hydrogen	20.26	-252.89	452
Nitrogen	77.34	-195.81	201
Oxygen	90.18	-182.97	213
Ethyl alcohol	351	78	854
Mercury	630	357	272
Water	373.15	100.00	2256
Sulfur	717.75	444.60	326
Lead	2023	1750	871

A kritikus állapot



Szuperkritikus állapotban az anyag "szemre" gáz. Ugyanakkor folyadék-tulajdonságát igazolja pl., hogy oldószer lehet!

Gyakorlati jelentőség: A szuperkritikus szén-dioxid 2010/22 környezetbarát oldószer (pl. extrakció: koffeinmentes kávé).

Supercritical carbon dioxide is currently being intensely investigated as an alternative solvent for synthetic chemistry. The unique tuneable properties of supercritical fluids allow much greater control over reactions than is possible with conventional solvents,

Néhány adat: kritikus hőmérséklet és nyomás

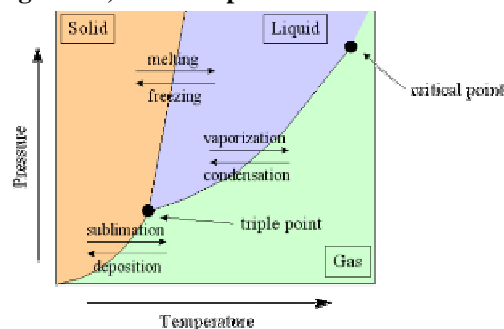
substance	temperature (°C)	critical pressure (atm)
NH ₃	132	111.5
O ₂	-119	49.7
CO ₂	31.2	73.0
H ₂ O	374	217.7

SZILÁRD-FOLYADÉK EGYENSÚLY: olvadáspont

Melting Points and Heat of Fusion

Substance	Melting p./K	Melting p./°C	Heat f.(10 ³ J/kg)
Helium	3.5	-269.65	5.23
Hydrogen	13.84	-259.31	58.6
Nitrogen	63.18	-209.97	25.5
Oxygen	54.36	-218.79	13.8
Ethyl alcohol	159	-114	104
Mercury	234	-39	11.8
Water	273.15	0.00	334
Sulfur	392	119	38.1
Lead	600.5	327.3	24.5
Gold	1336.15	1063.00	64.5
Copper	1356	1083	134

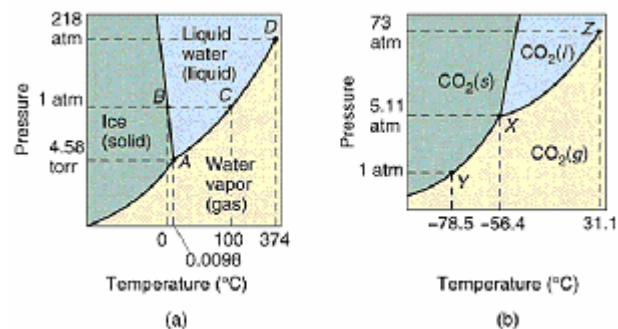
Fázisdiagramok, a hármaspont



A hármaspont: MINDHÁROM FÁZIS egyensúlyban van.

Különbég az olvadásponttól: op. 1 atm külső nyomásra vonatkozik

Két példa: a víz és a szén-dioxid fázisdiagramja.



Figyeljük meg: 1) a víz op-je a nyomás növelésével csökken; ez kivétel, legtöbb anyagnál - pl. a CO₂ is - nő. 2) a szilárd CO₂ tenziója bőven az op alatt eléri a külső 1 atm nyomást - szublimáció.

Néhány anyag hármaspontja:

Substance	Temperature/K	Pressure/10 ⁵ Pa
Hydrogen	13.84	0.0704
Neon	24.57	0.432
Oxygen	54.36	0.00152
Nitrogen	63.18	0.125
Ammonia	195.40	0.0607
Sulfur dioxide	197.68	0.00167
Carbon dioxide	216.55	5.17
Water	273.16	0.00610

Szilárd fázis párolgása: szublimáció.

Elválasztás szublimációval: www.chs.edu.sg/~limth/lessons/2002/Separat



II.3. Többkomponensű rendszerek

Általános jellemzés: a rendszer több, kémiaiilag különböző anyagot tartalmaz.

II.3.1. Valódi oldatok

A komponensek keveredése molekuláris finomságú.

Típusok: gáz-gáz, gáz-folyadék, stb. szilárd-szilárd

Gázok oldhatósága: Henry-törvény: $C_g \approx k_g p_g$

Vagyis: Adott g gáz telítési koncentrációja nagyjából arányos ezen gáz parciális nyomásával az oldat felett.

Solubilities of Gases in Water at 293 K

Ammonia	52.9	Hydrogen	0.00016
Bromine	14.9	Hydrogen sulfide	0.385
Carbon dioxide	0.169	Methane	0.0023
Carbon monoxide	0.0028	Nitrogen	0.0019
Chlorine	0.729	Oxygen	0.0043

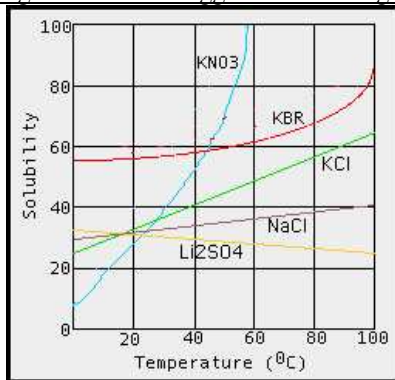
*Grams of gas dissolved in 100 g of water when the total pressure above the solution is 1 atm.

Szilárd anyag vízben, néhány oldhatósági adat

Solubilities in Water at 293 K (g per 100 g water)

NH ₄ Cl	37.2	NH ₄ NO ₃	192
BaCl ₂ ·2 H ₂ O	35.8	Ba(NO ₃) ₂	9.0
CaCl ₂ ·6 H ₂ O	74.5	Ca(NO ₃) ₂ ·4 H ₂ O	129
CuCl ₂	73.0	Cu(NO ₃) ₂	125
PbCl ₂	1.00	Pb(NO ₃) ₂	54.3
LiCl	83.5	LiNO ₃	70.1
MgCl ₂	54.6	AgNO ₃	216
KCl	34.2	KNO ₃	31.6
NaCl	35.9	NaNO ₃	87.6

Az oldhatóság hőmérséklet-függése: oldhatósági görbék

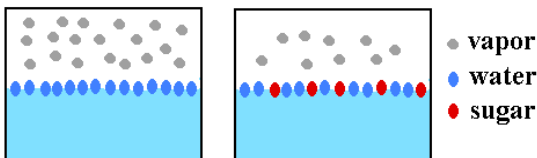


Oldatok göznyomása: a Raoult-törvény

1. Legegyszerűbb eset:

csak az egyik anyag (oldószer) illékony.

Szemléletes kép: az oldat felületén már nem csak oldószer-molekulák vannak ⇒ egyensúlyi göznyomás csökken



moon.fccj.org/~ethall/2046/ch11/vp.htm

A Raoult-törvény $p = x p^0$

x az oldószer (nem az oldott anyag!) móltörtje, p^0 a tiszta oldószer tenziója.

2. Ha több illékony komponens van.

Ideális elegyet tételezünk fel: az A..A, B..B, A..B, stb. kölcsönhatások nem különböznek (lényegesen). Legyenek A móltörtök x_A, x_B, x_C, \dots : $x_A = n_A / (n_A + n_B + n_C + \dots)$

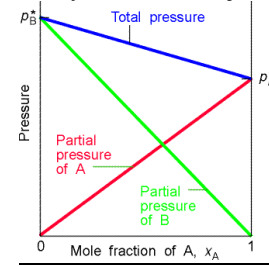
A Raoult-törvény általános alakja:

2010/23

$$p_A = x_A p_A^0$$

$$p_B = x_B p_B^0$$

Diagramban (parciális nyomások és teljes nyomás).



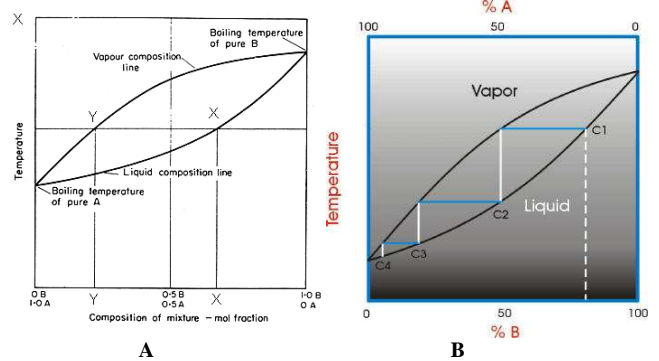
Ideális elegyet képeznek pl.:

benzol-toluol, hexán-pentán, propan-1-ol - propan-2-ol.

A forrást leírja: **FORRÁSPONT-DIAGRAM**.

(Valójában 2 diagram egyben. *likvidusz-görbe*: a folyadék-elegy forráspontja a móltört függvényében; *vapor*: a gőz kondenzálódásának hőmérséklete móltört függvényében.. (A két görbe közti területnek NINCS jelentése!)

Ideális elegyet:



A ábra: a X összetételű elegyet melegítjük - haladunk a függőleges vonalon felfelé; elérve az alsó (likvidusz) görbe metszéspontjához tartozó hőmérsékletet, megindul a forrás; ezen a hőmérsékleten a gőz összetételét a vízszintes vonallal kimetszett Y összetétel adja meg - a gőz persze az illékonyabb A komponensben gazdagabb. **B** ábra: C1-et melegítjük, az ehhez tartozó C2 összetételű gőzt kondenzáltatjuk, majd ezt desztilláljuk, stb. Ez a Frakcionált DESZTILLÁCIÓ. Alapvető elválasztási módszer!

Egy számpélda: Hogyan változik az összetétel a gőzben a folyadékhoz képest a desztillálás folyamán?

Adott pillanatban a kétkomponensű (A,B) elegy összetétele legyen $n_A = 0.4$ (s persze ekkor $n_B = 0.6$); ezen elegy forráspontján az anyagok tenziója tiszta állapotukban legyen:

$p_A^0 = 1000$ Hgmm, $p_B^0 = 600$ Hgmm.

A Raoult-törvény szerint a parciális nyomások az éppen eltávozó gőzben:

$p_A = 0.4 \times 1000 = 400$; $p_B = 0.6 \times 600 = 360$

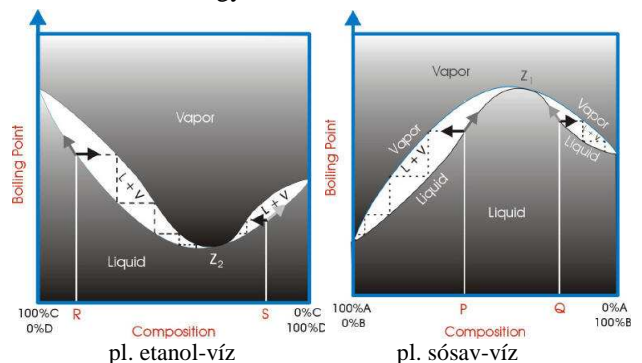
(az összeg, ahogy illik, megegyezik a külső nyomással, hiszen az elegy forráspontján vagyunk).

A gőzben az összetétel a parciális nyomásokkal arányos:

$n_A = 400/760 = 0.526$; $n_B = 360/760 = 0.474$.

Látjuk, hogy az illékonyabb A anyag aránya a folyadékbeli 0.400-ról a gőzben 0.526-ra nőtt.

Azeotróp: a két komponens erős kölcsönhatásban van, NEM ideális az elegy. Ilyenkor előfordulhat, hogy egy jellemző összetételnél az elegy változatlanul desztillál át.

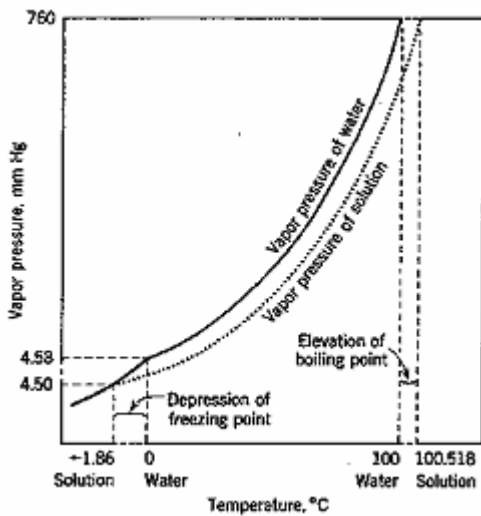


KOLLIGATÍV TULAJDONSÁGOK

Kolligatív tul.: Az oldott részecskék és az oldószermolekulák számának arányától függ csak.

Fagyáspontcsökkenés- forráspontemelkedés

Alapja: az oldat tenziója csökken.



A diagramból leolvasható, hogy a tenzió csökkenése miatt a fagyáspont csökken, a forráspont emelkedik.

Ezek mértéke jellemző az oldószerre, és arányos az 1000 g oldószerre jutó oldott mólok számával:

$$\Delta T_f = c_R K_f$$

ahol c_R - Raoult-konc.(molalitás), K_f (f - freezing) - oldószerre jellemző adat, molális fagyáspont-csökkenés. Hasonlóan, a forráspontemelkedés: K_b (b - boiling)....

Néhány adat:

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/tables/bpelev.html>

Solvent	Formula	Melting Point (°C)	Boiling Point (°C)	K_f (°C/m)	K_b (°C/m)
Water	H ₂ O	0.000	100.000	1.858	0.521
Acetic acid	HC ₂ H ₃ O ₂	16.60	118.5	3.59	3.08
Benzene	C ₆ H ₆	5.455	80.2	5.065	2.61
Camphor	C ₁₀ H ₁₆ O	179.5	...	40	...
Carbon disulfide	CS ₂	...	46.3	...	2.40
Cyclohexane	C ₆ H ₁₂	6.55	80.74	20.0	2.79
Ethanol	C ₂ H ₅ OH	...	78.3	...	1.07

Data source: Landolt-Bornstein, 6th Ed., Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik, und Technik, Vol II, part IIa, Springer-Verlag, 1960. Pp 844-849 and 918-919.

Jelentőség: molekulasúly meghatározása ...

Példa:

10.0 g anyagot 200 g vízben oldva, az oldat fagyáspontja -0.62 °C.

Mekkora az anyag moláris tömege?

A bemérés szerint 1000 g-ban van 50.0 g anyag.

A fagyáspont szerint a molalitás: $M_R = 0.62/1.86 = 0.33$.

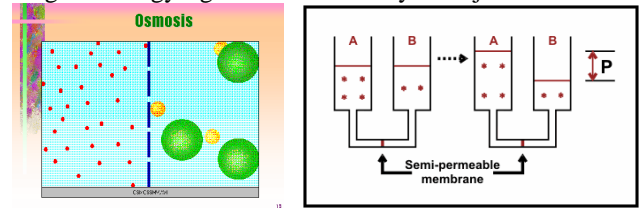
A mólsúly, $M = 50.0/0.33 = 150$.

Ozmózis

Alapja: "félígáteresztő" (szemipermeábilis) hártya (membrán): bizonyos molekulákat átérteszt, másokat nem. Legegyszerűbb képben: csak a "kis" molekulák jutnak át, jellemzően az oldószere. DE: az átjutás persze függ a membrán és a molekulák kölcsönhatásától is, ld. pl. alább a sejtmembrán lipid kettősrétegét.

2010/24

A jelenség: a szemipermeábilis membrán két oldalán eltérő az oldott anyag koncentrációja. A falon csak az oldószere (víz) jut át. A membránhoz a töményebb oldalon kevesebb vízmolekula érkezik \Rightarrow nettó víz diffundál a koncentráltabb oldalra, azt hígítja. Ez akkor áll le, amikor a töményebb oldalon megfelelő nagyságú hidrosztatikai nyomás jön létre.



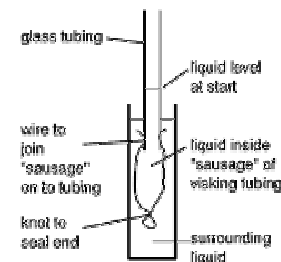
Az ozmózis kvantitatív törvénye: van't Hoff kimutatta, hogy a gáztörvénnyel teljesen analóg képlet érvényes:

$$\Pi V = n R T$$

Π az ozmózisnyomás (atm), ha n mól anyag van V térfogatban (L) oldva. A mólsúly (moláris tömeg) meghatározásának egyik módszere. Különösen nagy molekulájú anyagoknál, mint pl. a polimer-oldatok, használják, mivel az ozmózisnyomás megfelelően érzékeny.

Mérése, az ozmóméter elve:

THE VISKING OSMOMETER



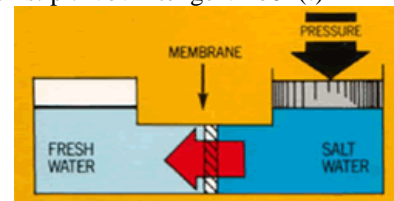
Megj.: Mindegyik kolligatív tulajdonság az oldott részecskék számával arányos. Disszociáció esetén (elektrolitok), a mért adatok arányosan nagyobbak.

$$\Delta T_f = i c_R K_f;$$

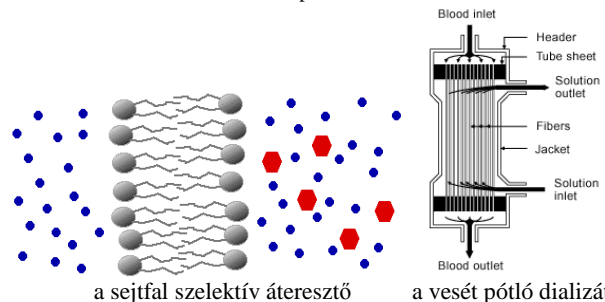
$$\Pi = i(n/V)RT$$

i a van't Hoff faktor.

Inverz ozmózis: pl. ivóvíz tengervízből (!)



A szemipermeábilis membránoknak óriási jelentősége van élő szervezetekben: a sejtfal foszfolipid kettősrétege szelktíven átértesztő. Animáció: edtech.clas.pdx.edu/osmosis_tutorial/



a sejtfal szelktív átértesztő

a vesét pótló dializátor

Az ozmózissal rokon jelenség a dialízis. A veseműködés pótlására használt "művese"- készülékben ellenáramban halad a vér és a dializáló folyadék. Az őket elválasztó membrán szelktál: bizonyos ("kis") molekulákat (nem csak vizet!) átenged, másokat (nagy, kolloid részecskék, polimerek) nem. Pl. a karbamidot kell eltávolítani a vérből, ez diffundál át a dializáló folyadékba; utóbbi glükózt, aminosavakat, stb. is tartalmazhat, hogy ezek ne vonódjanak ki a vérből.)

II.3.2. Kolloidok (nanorendszerek)

Tört. Kémikusok : *Kolloidok*. már a 19. sz.-ban (Faraday), majd ppl. R. Zsigmondy, W. Ostwald, később Buzágh A.: szubmikroszkopikus diszkontinuitások az 1-500 nm tartományban.

Fizikusok: *Nanorészecskék*. R. Feynman, 1959.

A kísérleti tapasztalat: számos olyan "oldat" létezik, mely "szemre" nem különbözik egy valódi oldattól, de ha fénysugarat bocsátunk át rajta, a sugarút jól látszik ⇒ az oldat szőrja a fényt. Ez a **Tyndall-jelenség.**, mely arra utal, hogy a diszpergált részecskék nagysága a fény hullámhosszával azonos nagyságrendű (100-1000) nm.

Példa: forró vízbe FeCl₃-oldatot csepegtetve, az Fe-oxid-hidroxiddá hidrolizál; a szép piros "oldat" fényszórást mutat.



Faraday mikroszkóp lemezei között készített aranyzolt (a *sol* elnevezés tőle származik).



származik).

Definíció: a kolloid olyan *diszperz* rendszer, melyben a diszpergált részecskék

mérete legalább egy irányban ~ 1 - 1000 nm; vagy a rendszerben ilyen méretű diszkontinuitások vannak (porózus anyagok). A rendszer lehet összefüggő *háló* is (gélek, stb.).

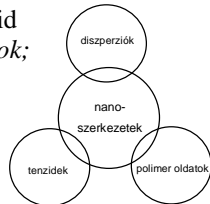
IUPAC: www.iupac.org/reports/2001/colloid_2001/manual_of_s_and_t/no de33.html. The term *colloidal* refers to a state of subdivision, implying that the molecules or polymolecular particles dispersed in a medium have at least in one direction a dimension roughly between 1 nm and 1µm, or that in a system discontinuities are found at distances of that order. It is not necessary for all three dimensions to be in the colloidal range: fibers in which only two dimensions are in this range, and thin films, in which one dimension is in this range, may also be classified as colloidal. Nor is it necessary for the units of a *colloidal system* to be discrete: continuous network structures, the basic units of which are of colloidal dimensions also fall in this class (e.g. porous solids, gels and foams).

Aprítás: durva diszperzió → kolloid → valódi oldat
heterogén r. 1-1000 nm homogén r.

Kolloidok három alapvető típusa (kolloid háromszög): *diszperziók; polimer oldatok; tenzidek oldata, micellák.*

Tulajdonságaikat alapvetően befolyásolja két tényező: a durva diszperzióhoz képest igen **nagy (fajlagos) felület**

(ezért a legtöbb kolloid *termodinamikailag* NEM is stabil; de *kinetikailag* stabil lehet, hónapokig-évekig "elállhat"); a kolloid részecskék felületén ionok adszobaelódhatnak, ez a **felületi töltés** elősegíti a diszpergált állapot fennmaradását.



Diszperziók felosztása

közeg (diszpergálószer)	diszpergált fázis (diszperzum)		
	Szilárd	folyadék	gáz
Szilárd	szil. <i>Szol:</i> rubinüveg *	-- (<i>emulzió</i>) vaj	szil. <i>hab</i> horzsakő
Folyadék	<i>szol:</i> keményítő oldat	<i>emulzió</i> tej, majonéz	<i>hab:</i> szappan-, borotvahab
Gáz	<i>aeroszol</i> füst	<i>köd</i> légköri köd	-----

*aranyzolt, üvegszínező

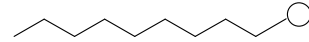
Polimer oldatok

Maguk az óriásmolekulák adják a kolloid dimenziót. Egy polimerben a polimerizáció mértéke általában nem

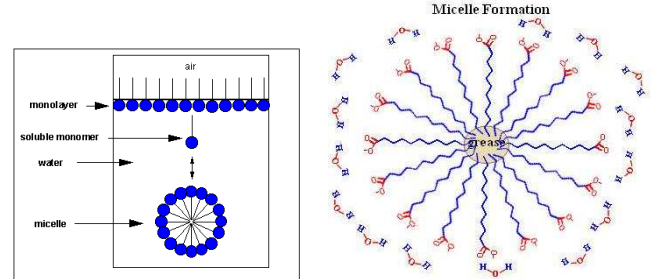
egységes. (*heterodiszperz* rendszer). Tulajdonságaiknak fontos része: a molekulasúly-**eloszlás** (ábra lentebb).

Tenzidek (felületaktív anyagok) oldatai

Mind *amfifil* anyagok: apoláris szénlánc, végén poláris csoporttal, pl. szappanok: CH₃(CH₂)_nCOONa, szulfonsavak: CH₃(CH₂)_nSO₃Na, szulfátok: CH₃(CH₂)_n-O-SO₃Na, stb.:



Micella: <http://onsager.bd.psu.edu/~jircitano/micelle.jpg>



Vizsgálási módszerek

Történetileg, a diszperziók vizsgálatának fontos eszköze: **ultramikroszkóp Zsigmondy**, a „kolloidika atyja” nevéhez fűződik.

Austrian chemist, born April 1, 1865, Vienna; died 1929, Göttingen.

Richard Adolf Zsigmondy was the son of Adolf Zsigmondy, a physician, who died when Zsigmondy was only 15 years old. Encouraged by their mother, Irma von Szakmary, ...He first studied chemistry in Vienna. In 1925, Zsigmondy was awarded the Nobel Prize for his work on colloid chemistry and the invention of the ultramicroscope.

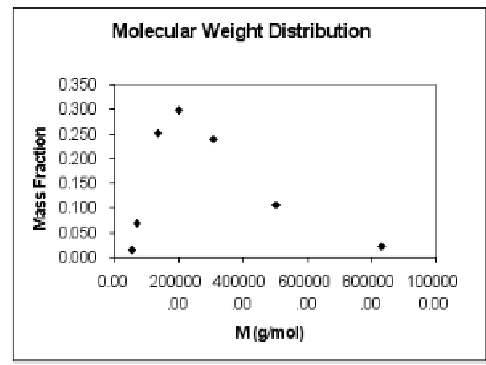
The **ultramicroscope** is not an instrument for magnifying images, as in a *microscope* or other such device. Rather, it is a system of illumination for extremely small objects such as *colloidal* particles, *fog* droplets, or *smoke* particles. ... Ultramicroscopes are used in the study of *Brownian motion*,

1. Fényszórás.

A legfontosabb módszer; elv: ha a fény hullámhossza és a részecske mérete azonos nagyságrendű, a fény szóródik (*scattering*). Ennek jellege függ a molekula méretétől.

One of the main problems with the light scattering method is that the polymer solution must be perfectly dust free in order to get good results. To obtain these perfectly clean solutions they are usually filtered very carefully. Despite this difficulty of making a clean solution, light scattering is probably the most widely used technique for measuring molecular weights. It is useful for a very broad range, from 10,000 to 10 million g/mol.

2. Ultracentrifuga Az ülepedés sebessége nyilván függ a móltömegtől...



3. Kromatográfia: Gél (permeációs) kromatográfia.

Gel permeation chromatography has become the most commonly used method in recent years for the determination of molecular weight distribution. The method separates polymers on the basis of size by passing the polymer in solution, through a series of columns that are packed with gel.

Kitekintés: a **nanoméretekkel** foglalkozó új, nagyon "divatos" tudományág: *nanotudomány, nanotechnológia* ...