

Anyagi rendszerek

**Anyagtan; Környezeti elemek
védelmének alkalmazott
kémiaja 1.
6. előadás**

Anyagi rendszerek felosztása és állapotuk meghatározása

Az anyagi rendszerek felosztása:

- **Halmazállapot szerint**

Az a mód, ahogyan valamely anyag a rendelkezésére álló teret kitölti

- gáznemű
- cseppfolyós
- szilárd
- (plazma állapot: olyan túlhevített gáz, amelyben ionokra bomlott atomok, molekulák és elektronok olyan arányban vannak, hogy átlagosan az egész rendszer semleges
 - néhány tízezer, millió °C hőmérséklet, jól vezeti az elektromos áramot, mágnesezhető)

- **Rendszer-szemlélet szerint**

Anyagi rendszerek felosztása rendszerszemlélet szerint

Alapfogalmak

- **Rendszer:** az anyagi világnak az a testből, illetve testekből, azok halmazából álló része, ami a kísérletezés alapját képezi.
- **Környezet:** minden, ami a rendszeren kívül van.
- **Fázis:** a rendszer egymástól jól észlelhető határfelületekkel elválasztott; fizikai és kémiai tulajdonságokban megegyező része.
- **Komponensek:** a rendszer felépítésében résztvevő atomok, atomcsoportok, molekulák,...
- **Homogén rendszer:** ha a rendszert egyetlen fázis építi fel.
(- egynemű -)
- **Heterogén rendszer:** ha a rendszer több fázisból áll.
(- különemű -)

Anyagi rendszerek felosztása rendszerszemlélet szerint

Fázisok száma →	Egy	Több
Komponensek száma ↓		
Egy	Gázok; Folyadékok; Szilárd anyagok	Egykomponensű heterogén rendszerek
Több	ELEGYEK Gázelegyek; Folyadékelegyek; Szilárd elegyek	KEVERÉKEK Többkomponensű heterogén rendszerek

Anyagi rendszerek

- Az anyagok állapotát jelző mérőszámok:
állapothatározók (állapotjelzők)
- Kémiai szempontból adott tömegű rendszer állapothatározói:

p

(abból származik, hogy a gázcseppkék ütköznek egymással és a tartály falával, és ezáltal erőt, nyomást fejtenek ki a falra (és bármire, amit a tartályba „tesznek”, SI m.é.: Pa (Hgmm (torr), atm, bar)

V

(a tartály térfogata, amelyben a gáz van, mivel a gáz kitölti a rendelkezésére álló teret, azaz a tartályt vagy éppen amiben van, SI m.é.: m³)

T

SI m.é: K, °C

Halmazállapot

- Megváltozik a külső tényezők, elsősorban
 - a nyomás (p)
 - a hőmérséklet (t ($^{\circ}\text{C}$); T (K))

változásának hatására .

Halmazállapot változások

Halmazállapot változás	Folyamat
cseppfolyós \rightarrow gáznemű	párolgás
gáznemű \rightarrow cseppfolyós	kondenzáció
szilárd \rightarrow cseppfolyós	olvadás
cseppfolyós \rightarrow szilárd	fagyás
szilárd \rightarrow gáznemű	szublimáció

Gázok állapotjelzői

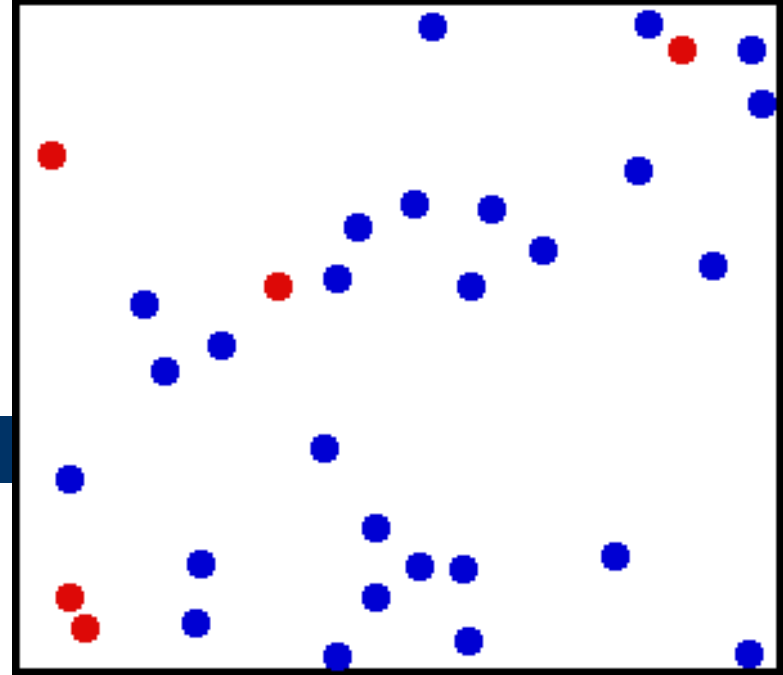
- Extenzív
 - térfogat
 - tömeg
 - anyagmennyiség

- Intenzív
 - nyomás
 - hőmérséklet

Hőmérséklet	T, t	K, °C	$T = 273,15 + t$
Nyomás	p	$\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$, bar	$10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ bar}$
Térfogat	V	m^3	
Anyagmennyiség	n	mol	
Koncentráció	$c, x \text{ stb.}$		

Gázállapot

- Molekulákból álló rendszerek
- Van der Waals erő
 - nem képes a molekulákat egymáshoz rögzíteni
- A részecskék közti kohéziós erő elhanyagolhatóan kicsi, ezért a részecskék mozgását semmiféle kölcsönhatás nem gátolja
- A részecskék tömege kicsi, ezáltal a hőmozgás sebessége nagy
- A rendelkezésre álló teret egyenletesen töltik ki
- Molekulák mozgása
 - transláció
 - rotáció
 - vibráció

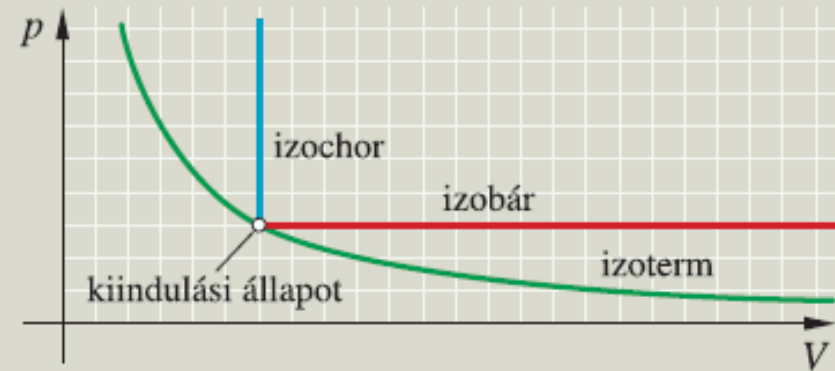


Gázok állapotváltozásai

Külső hatásra a gázok jellemzői megváltoznak, pl.:

- Ha kerékgumira rásüt a Nap, a benne levő levegő felmelegszik (T), kitágul, megnő a térfogata (V), nő a keréknyomás (p).
- Pumpában levő levegőt összenyomják, csökken a térfogata (V), nő a nyomása (p), a pumpa melegszik, nő a hőmérséklete (T).
- Hűtőbe tett üdítő palack tetejében levő levegő lehűl (T), csökken a nyomása (p), a palack összehúzódik, a kupak rászorul az üvegre (V).
- Befőtt üvegben az eltevés után lehűl a befőtt felett a levegő (T), csökken a nyomása (p), az üveg teteje rászorul az üvegre (V).
- Fóliával fedett üdítő fémpalackot melegítünk, benne megnő a levegő hőmérséklete (T), így a nyomása is (p), kinyomja a fóliát (V). Hideg vízbe téve lehűl (T), lecsökken a nyomása (p), a külső nyomás összenyomja a palackot (V).
- Puhán felfúj műanyag labdát melegítünk (T), kitágul, megnő benne a nyomás (p), a labda felfújódik (V), kemény rugalmas lesz.

Állapotváltozások



Állapotváltozás

Állandó állapotjelző

Állapotváltozás törvénye

Izoterm

T hőmérséklet

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T = \text{állandó, vagy } p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Boyle-Mariotte törvény

Izobár

p nyomás

$$\frac{V}{T} = \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{p} = \text{állandó, vagy } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Gay-Lussac I. törvénye

Izochor

V térfogat

$$\frac{p}{T} = \frac{m}{M} \cdot \frac{R}{V} = \text{állandó, vagy } \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

Gay-Lussac II. törvénye

Gázok

Boyle-Mariotte törvény

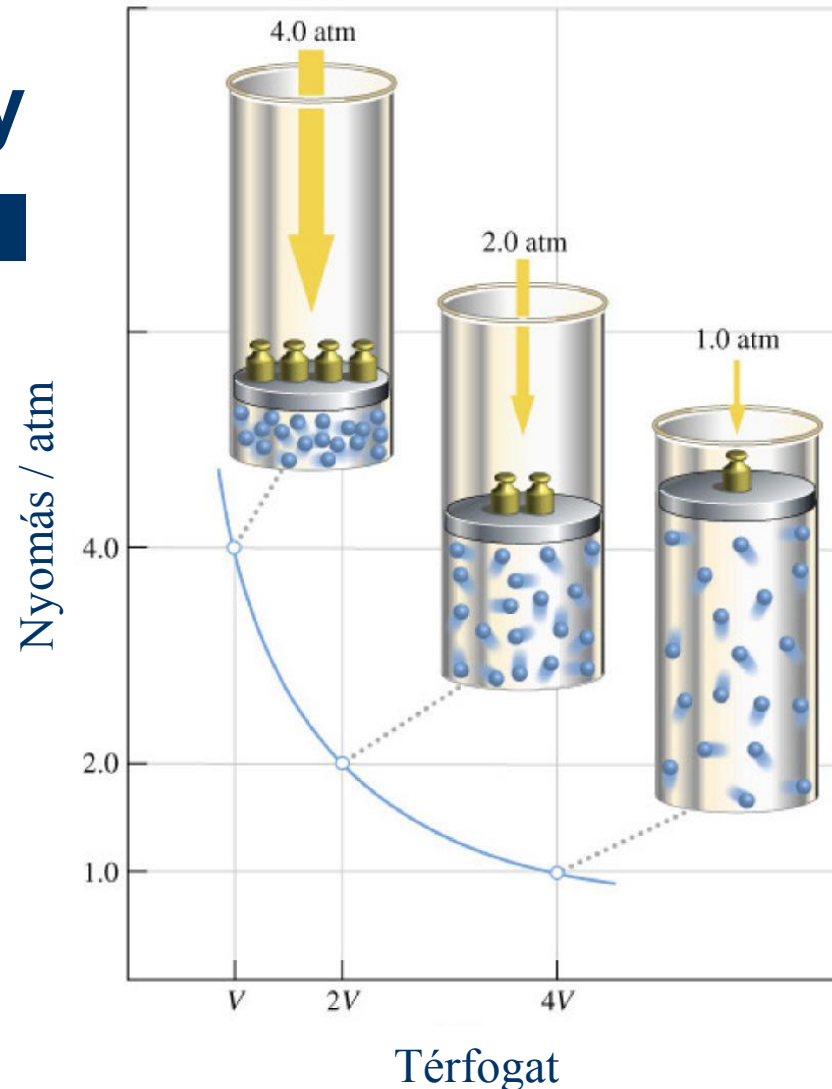
Adott mennyiségű
ideális gázra:

$$pV = \text{állandó}$$

két állapotra:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

T, n: konstans



Izoterm állapotváltozás

Változatlan mennyiségű és állandó hőmérsékletű gáz nyomása és térfogata fordítottan arányos, szorzatuk állandó.

Ha csökken a gáz térfogata (összenyomják), akkor nő a nyomása, és fordítva, tehát köztük fordított arányosság van.

pl.:

- Fecskendőt, cseppentőt (orrcsepp, szemcsepp,...) összenyomva lecsökken benne a levegő térfogata, megnő a nyomása és kinyomja a benne levő folyadékot. Ugyanez fordítva, ha a cseppentőt engedjük tágulni, vagy az injekciós fecskendőt széthúzzuk, nő a térfogat, csökken a nyomás és beszívja a folyadékot.
- Matracpumpa, vagy a tangóharmonika is így működik – összenyomva nő a levegő nyomása, kinyomódik, széthúzva nő a térfogat, csökken a nyomás, a levegő beszívódik.
- Az élőlények légzése (beszívás, kifújás) is így működik, a rekeszizom nyomja össze és húzza szét a levegővel telt térfogatot.
- A tengeralattjáróban a levegő összenyomásával, kitágításával változtatják a sűrűségét és így tud süllyedni vagy emelkedni.
- Fecskendő végét befogjuk és a dugattyút benyomjuk. Megnövekszik a nyomás, és a fecskendő dugattyúja a nagyobb nyomás miatt visszanyomódik.
- Üvegbúra alá teszünk félig felfújott lufit. Az üvegbúrából kiszivattyúzva a levegőt, a lufi felfújódik a búra alatt.

Gázok

Gay-Lussac törvény

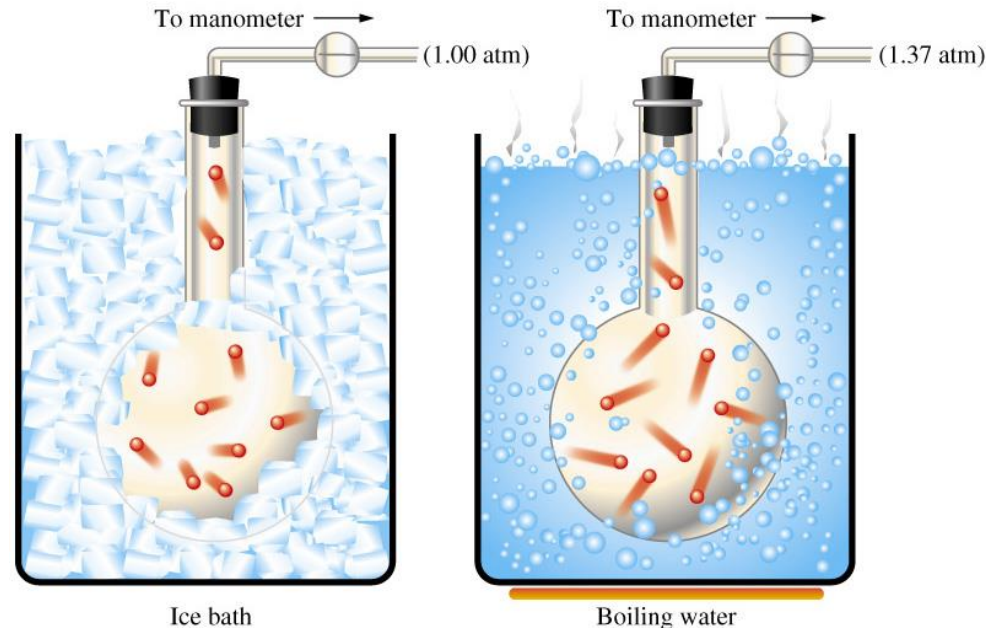
Adott mennyiségű
ideális gázra:

$$p/T = \text{állandó}$$

két állapotra:

$$p_1/T_1 = p_2/T_2$$

V, n : konstans



Izochor állapotváltozás

Ha a gáz hőmérséklete és a tartály nem képes tágulni, akkor a gáznak nő a nyomása, tehát köztük egyenes arányosság van.

Változatlan mennyiségű és állandó térfogatú gáz nyomása és hőmérséklete egymással egyenesen arányos, hányadosuk állandó.

pl.:

- Spray-s palackokat nem szabad tűzbe dobni, mert a nyomásnövekedés miatt szétrobbanhat.
- A gázpalackokat napvédő tető alatt tárolják, hogy ne érje napsütés, mert a felmelegedés hatására megnőne bennük a nyomás, és szétrobbanhatnának.
- Ha a hűtőbe tett üdítő palackban sok a levegő, akkor a lehűlő levegő hőmérséklete lecsökken, a nyomása is lecsökken, és a palackot a külső nyomás kicsit összenyomja.
- Téli lehűlésnél a keréknyomás lecsökken, utána kell fújni.
- A felmelegített lezárt üdítő fémdobozt hideg vízbe téve lecsökken a benne levő gáz nyomása, és a külső nagyobb nyomás összenyomja a palackot.
- Behorpadt pingpong labdát forró vízbe téve a benne levő levegő nyomása megnő, kinyomja a horpadást.

Charles-Gay Lussac törvény

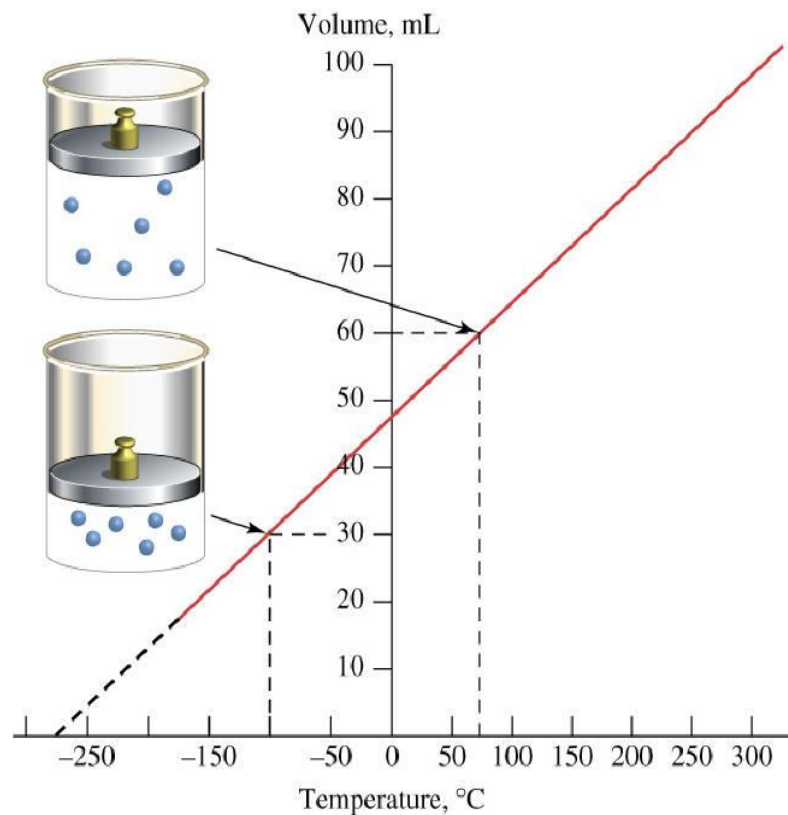
Adott mennyiségű
ideális gázra:

$$V/T = \text{állandó}$$

két állapotra:

$$V_1/T_1 = V_2/T_2$$

p, n : konstans



Izobár állapotváltozás

Változatlan mennyiségű és állandó nyomású gáz térfogata és hőmérséklete egymással egyenesen arányos, hányadosuk állandó.

Ha nő a gáz hőmérséklete és a tartály tágulni képes, akkor a gáz kitágul, nő a térfogata, tehát köztük egyenes arányosság van.

pl.:

- Hőléggballon: melegítés hatására a levegő hőmérséklete megnő a ballonban, a levegő kitágul, nő a térfogata, a ballon térfogata nő, és az a levegő, ami nem fér már bele az ki is megy a ballonból. Így lecsökken a ballonban levő levegő sűrűsége, ezért a nagyobb sűrűségű külső levegőben felszáll.
- Nappal felfújt gumimatrac, vagy gumicsónak éjjel lehül és térfogata kicsit kisebb lesz, nem lesz keményen felfújva.
- Felmelegített üveglombikot fejjel lefelé hideg folyadékba fordítva felszívja a folyadékot, mert a benne levő lehülő levegő térfogata lecsökken, helyére benyomódik a folyadék.



Gázok

Avogadro törvény, Avogadro szám

- Az azonos térfogatú, azonos hőmérsékletű és nyomású gázok azonos számú részecskét tartalmaznak

$$V = n \cdot V_m$$

V_m : moláris térfogat [m^3/mol]

p, T : konstans

	p	T	V_m
Standard állapot	0,1 MPa	25 °C	24,5 dm ³ /mol
Szobahőmérséklet	0,1 MPa	20 °C	24,0 dm ³ /mol
Normál állapot	0,1 MPa	0 °C	22,41 dm ³ /mol

- Avogadro szám értéke: a szénatomok száma 12 gramm (0,012 kg) 12-es tömegszámú szénizotópban (N_A);

1 mól ($6,022 \times 10^{23}$ db) molekulát tartalmazó gáz térfogata a moláris térfogat

Gáztörvények egyesítése - Tökéletes (**ideális**) gázok

- molekula pontszerű
- kiterjedésük az egész gáztérfogatra viszonyítva elhanyagolhatóan kicsi
- ha a molekulák közötti kölcsönhatás elhanyagolhatóan kicsi
- állapotegyenlet

1 móltra:

--Boyle - Charles: $V_m = \text{konst} \cdot T/p$

konstans: egyetemes gázállandó: $R=8,314 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$; $[p] = \text{Pa}$, $[V] = \text{m}^3$

Bármely anyagmennyiségre (n):

-Avogadro: $V = n \cdot R \cdot T/p$

Moláris tömeggel és sűrűséggel: $n = m / M$; $\rho = m / V \rightarrow p = R \cdot T \cdot \rho / M$

$[n] = \text{mol}$, $[m] = \text{g}$, $[M] = \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $[\rho] = \text{g} \cdot \text{m}^{-3}$

Gáztörvények egyesítése - Tökéletes (ideális) gázok

Egy komponensű rendszerre:

$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Több komponensű rendszerre - gázelegyekre:

$$p_{\ddot{o}} \cdot V_{\ddot{o}} = n_{\ddot{o}} \cdot R \cdot T \quad \text{ahol: } (p_A + p_B + \dots + p_i) \cdot V_{\ddot{o}} = (n_A + n_B + \dots + n_i) \cdot R \cdot T$$

Dalton-törvény:

Moltört:
$$x_A = \frac{p_A}{p} = \frac{n_A}{n}$$

p_A, p_B, \dots : különböző alkotók parciális nyomásai

Ideális gázok kinetikus gázelmélete

Newton - Joule - Clausius - Maxwell - Boltzmann

Alapgondolat: a gáz nyomása a gázmolekulák közötti **kölcsönös taszítás** eredménye. Az így előálló taszítás nyomja a gázmolekulákat az edény falához.

- 1. posztulátum:** gázokban a molekulák mérete elhanyagolható a köztük levő távolsághoz képest
→ *összenyomható, a molekulák térfogatát nem kell figyelembe venni.*
- 2. posztulátum:** A gázmolekulák különböző irányokban és sebességgel egyenes vonalú (egyenletes) mozgást végeznek. → *Brown mozgás*
- 3. posztulátum:** A gázmolekulák között ható erők az ütközések kivételével elhanyagolhatóan kicsik, akár 0.
→ *egyenletes térfogat kitöltés, gázkeverékek „függetlensége”*
- 4. posztulátum:** A gázmolekulák ütközése rugalmas, nem vesz el a kinetikus energia, nem alakul át.
→ *nyomás tartás*
- 5. posztulátum:** A gázmolekulák átlagos mozgási energiája a hőmérséklettől függ
→ *A „Brown mozgás” gyorsul a hőmérséklettel*

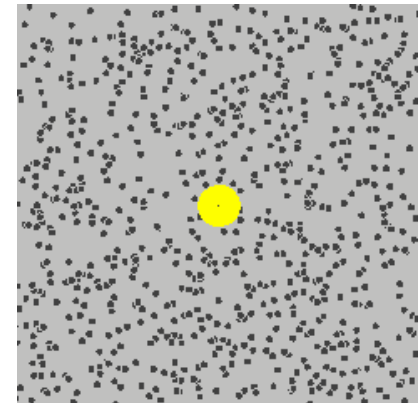
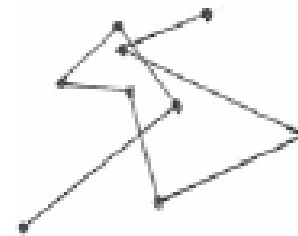
Reális gázokra az 1. és a 3. nem teljesül.

Gázok mozgása

- Haladó forgó mozgást végeznek egyszerre
- Sebessége kb. 100 m/s, mégsem érzékeljük
 - állandó ütközések
 - zezzugos pályák



- átlagos elmozdulás kicsi
- Közepes szabad úthossz
 - Diffúzió egyik jellemzője



Bővebben: Id. Fizika, Transzportfolyamatok,
Hőtan

Gáztörvények egyesítése - Reális gázok

- Alacsony hőmérsékleten, és nagy nyomáson a molekulák közel kerülnek egymáshoz, így az 1. és a 3. posztulátum nem teljesül.
Korrigálására:
- Reális gázok Van der Waals-egyenlete**

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2}\right) (V - nb) = nRT \quad a, b - \text{konstansok}$$

intermolekuláris vonzerő molekulatérfogat korrekció

Kompresszibilitási tényező

az intermolekuláris erők természetének és hatásának kifejezője :

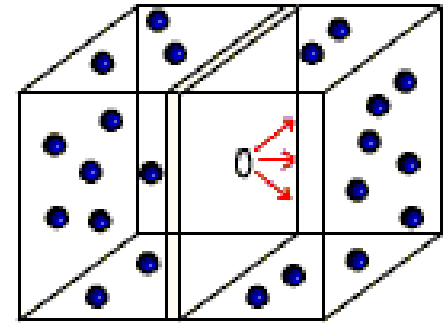
Ideális gázokra $\rightarrow z = 1$; nagyon kis nyomás esetén $\rightarrow z \sim 1$

Közepes nyomás esetén $\rightarrow z > 1$ (a vonzóerők hatnak jobban)

Nagy nyomás esetén $\rightarrow z < 1$ (a taszítóerők hatnak jobban)

$$z = \frac{p \cdot V_M}{RT}$$

Gázok viselkedése - effúzió -



<http://www.vilaglex.hu/Fizika/Html/Effuzio.htm>

- gázmolekulák átáramlása **egy nagyobb nyomású térrészből egy kisebb nyomású térrészbe (vákuumba)** szűk résen vagy porózus rétegen keresztül
- a gáz ekkor ugyanakkora sebességgel távozik, mint amekkora a molekulák átlagos sebessége az edényben.
- **Graham-törvénye** szerint az effúzió sebessége **fordítottan arányos a moláris tömeg négyzetgyökével**

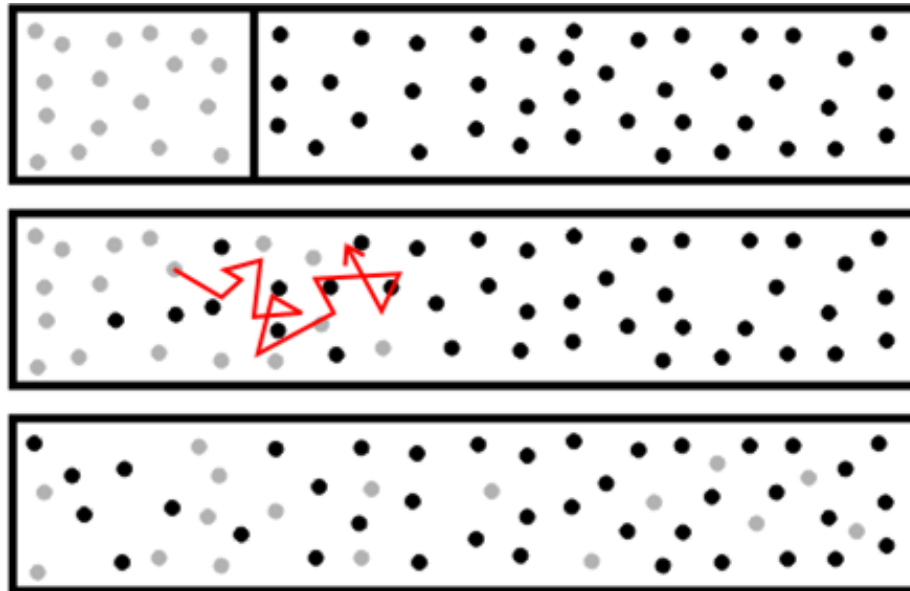
$$v = \sqrt{\frac{3.R.T}{M}}$$

- **Alkalmazása pl. urán 235-ös izotópok dúsítása** (elválasztás a 238-as izotópoktól – atomerőművekhez)
 - az UF_6 vegyületként gáz halmazállapotba vihető és megfelelő porózus membránokon áramoltatható át

Gázok viselkedése

- diffúzió -

- a gázmolekuláknak a **koncentrációkülönbség (parciális nyomáskülönbség)** hatására végbemenő mozgása, amelynek során az egyik gáz molekulái kiterjednek a **másik gáz által elfoglalt térfogatban**, egységes parciális nyomást létrehozva.



Anyagok sajátságai - Folyadékok

- a folyadékok molekulái egymáshoz közel helyezkednek el
- közöttük kölcsönhatás van,
 ún. *intermolekuláris* erők
- folyadékmolekulák mozgása: rotációs, vibrációs
- nincs önálló alakjuk
 - **fluid állapot** (rendelkezésre álló tér alakjához igazodnak; gáz és folyadék halmazállapotra együttesen használt gyűjtő-név)
- rendelkezésükre álló teret szorosan kitöltik
- önálló térfogatuk van, amely viszonylag nagy erővel is, csak kis mértékben változtatható meg
 - molekulák közti taszítóerők miatt
- molekulák között nagy vonzóerő - kohéziós erő
 - **kondenzált állapot** (szilárd és a folyékony halmazállapot gyűjtő-neve)
- folyadék és környezete között határfelület van

Folyadékok jellemzése

- fő sajátságai:
 - **Gőznyomás v. tenzió** (az egyensúlyban mért folyadék feletti gőz parciális nyomása)
 - **Viszkozitás** (áramlással szembeni ellenállás)
 - **Felületi feszültség** (az az energia, ami szükséges ahhoz, hogy a felszínt egységnyivel megnöveljük)

Jellemző sajátosságok

Viszkozitás (belső súrlódás)



- a rétegek párhuzamos és egyenletes áramlása esetén az elmozdulás irányával ellentétes irányú súrlódó erő (F) egyenesen arányos a súrlódó felületek nagyságával (A) és a sebességgradienssel (du/dy); (Newton)
- az arányossági tényező az adott gáz vagy folyadék anyagi minőségére jellemző állandó a **dinamikai viszkozitás (η)**:

$$F = \eta \cdot A \cdot \frac{du}{dy}$$

η dinamikai viszkozitás m.é:

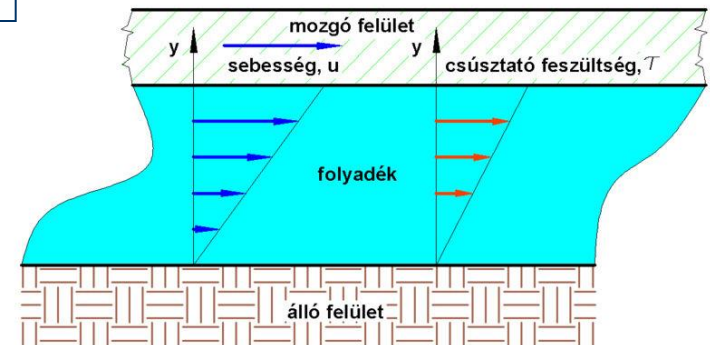
[cP (1cP=0,001 Pas); Pas, Ns/m²]

A hőmérséklet növekedésével
csökken.

- **Kinematikai viszkozitás (ν)**

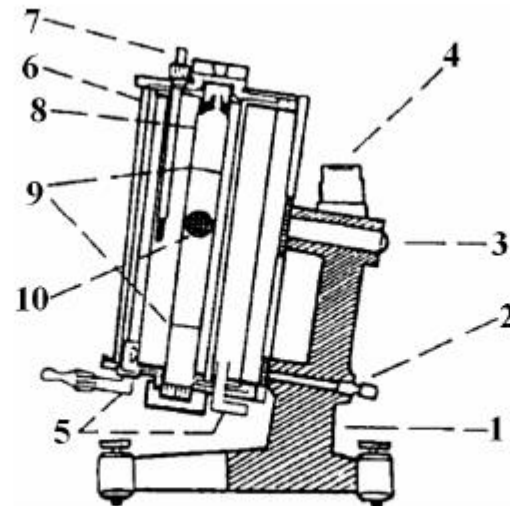
[cSt; 1 cSt=0,0001 m²/s]

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$



Dinamikai viszkozitás mérése

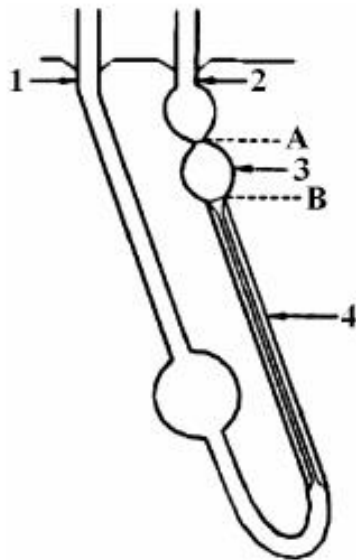
- Höppler-féle viszkoziméter



1: Állvány; 2: Rögzítés; 3: Forgási tengely; 4: Vízszintező; 5: Temperáló víz be-, illetve kivezető nyílása
6: Temperáló köpeny; 7: Hőmérő; 8: Ejtőcső; 9: Felső- és alsó jel; 10: Golyó

Kinematikai viszkozitás mérése

- Ostwald-Fenske-féle viszkoziméter



1: Vastagabb ág; 2: Vékonyabb ág;
3: „V” térfogatú gömb A és B jellel; 4: Kapilláris

- Engler – féle viszkoziméter





Viszkozitás a gyakorlatban

- folyadékok csővezetékben való áramoltatása, szivattyúzás, iszapok, zagyok ülepedése
- Szilárd felülettel érintkező folyadék nyírásakor réteges áramlás köv.be
 - a rétegek egyirányba (lamináris áramlás), de
 - különböző sebességgel tolódnak el
 - vékony csőben áramlási profil alakul ki

Newton törvény

- Ideálisan viszkózus anyag viselkedését írja le

$$\tau = \eta \frac{du}{dy} = \eta \cdot \gamma$$

Az egyes rétegek lineáris sebessége

Nyírófeszültség (nyíróerő/felület)

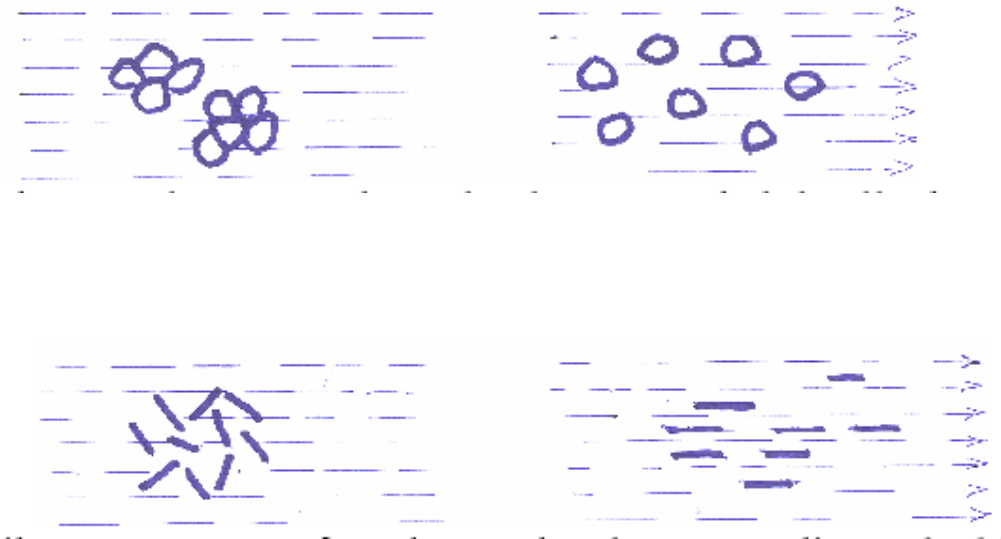
Sebességgradiens (sebességesés 1/s)

Állandó sebességű áramlás esetén dinamikus egyensúly áll be.

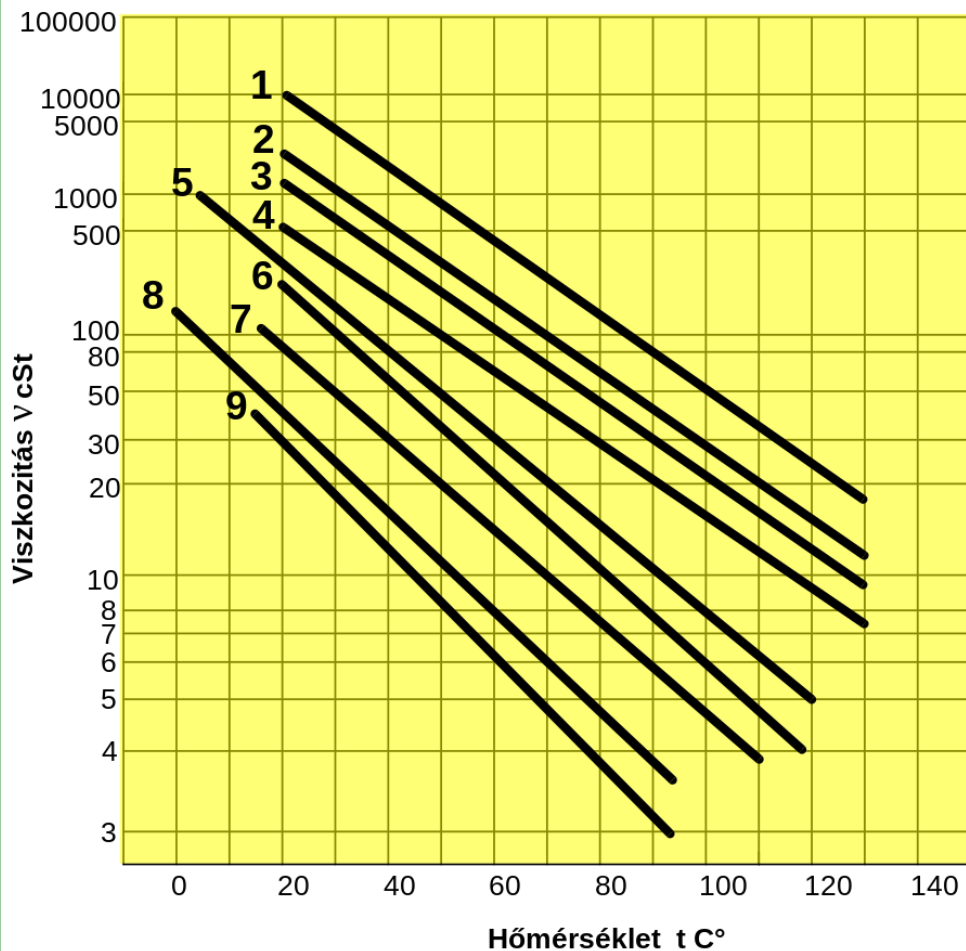
Newtoni folyadékok esetén a τ és a γ növelésével a dinamikai viszkozitás nem változik.

Szerkezeti viszkozitást mutató folyadékoknál

A viszkozitásuk csökken a nyírófeszültséggel és a sebességgradiens növekedésével.

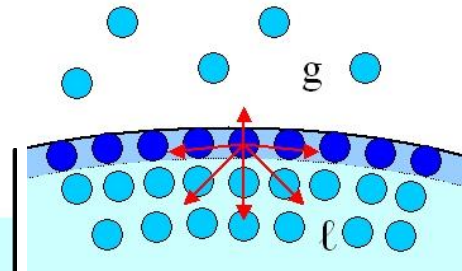
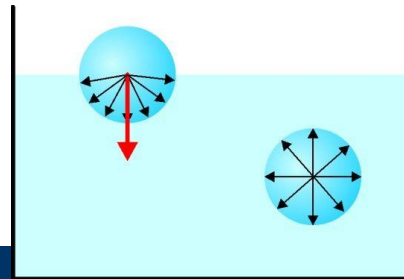


Olajok viszkozitása a hőmérséklet függvényében, pl.



- 1 – hengerolaj
- 2 – differenciálolaj
- 3 – nehéz motorolaj
- 4 – könnyű motorolaj
- 5 – könnyű téli motorolaj
- 6 – gépolaj
- 7 – turbinaolaj
- 8 – transzformátorolaj
- 9 – műszerolaj

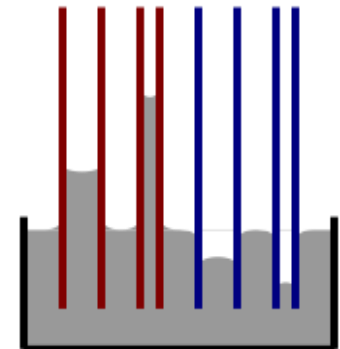
Jellemző sajátosságok Felületi feszültség



<http://termtud.akg.hu/okt/7/viz/z/vizkultul.htm>

A folyadék felszínének egységnyi növeléséhez szükséges munka.

- Folyadék belsejében az egyes molekulákra ható erők egyenlők, kiegyenlítik egymást
 - Kohéziós erő
- A folyadék felszínén a molekulára a folyadék belseje felé mutató eredő erő hat, ezért a folyadék a lehető legkisebb felszínt igyekszik kialakítani
 - Csepp forma

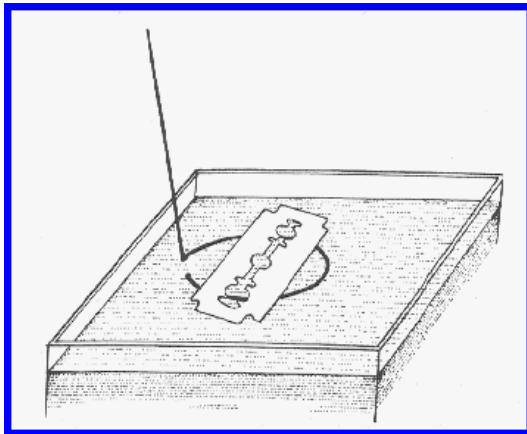


- Kapilláráktív hatás
 - Adhéziós erő
- A kohéziós és az adhéziós erők együttes hatásának következménye a folyadék felületének az edény falánál tapasztalható görbültsége.
- A kapilláris emelkedés vagy süllyedés mértékét a görbületi nyomás és a hidrosztatikai nyomás egyensúlya határozza meg.

Jellemző sajátosságok - Felületi feszültség



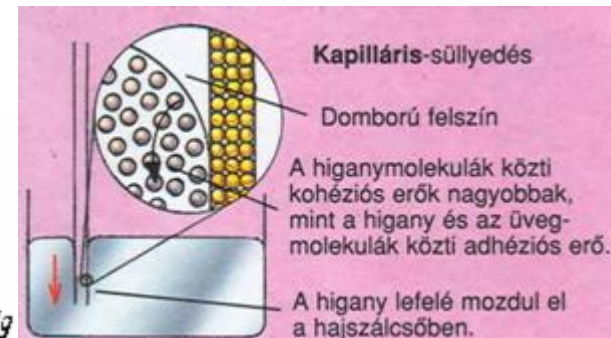
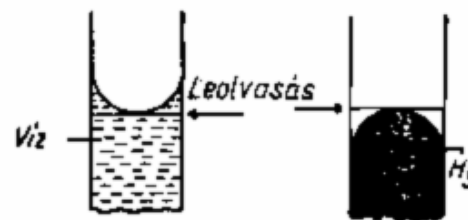
<http://www.nanopro.hu/?page=10>



http://users.atw.hu/henineni/index.php?oldal=ke_viz



<http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Hajszcso.htm>



<http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Hajszcso.htm>

Irodalmak

- Dr. Berecz Endre: Kémia műszakiaknak. Tankönyvkiadó, Budapest, 1991
- Horváth Attila – Sebestyén Attila – Zábó Magdolna: Általános kémia, Veszprémi Egyetem, Veszprém, 1991
- Dr. Bot György: Általános és szerves kémia. Medicina, Budapest, 1987
- Dr. Németh Zoltán: Radiokémia. Veszprémi Egyetem, Veszprém, 1996
- Dr. Mészárosné dr. Bálint Ágnes (szerk.): Tanulási útmutató a Műszaki kémia tárgyhoz (pdf), SZIE Gépészmérnöki Kar, Gödöllő, 2008
- Csányi Erika: Oktatási segédanyag az építőkémia tárgyhoz. (pdf), BME

A decorative graphic on the left side of the slide, consisting of a light green vertical bar and a white rounded rectangle with a green border, partially overlapping a dark blue horizontal bar.

Köszönöm a figyelmet!