

Halmazállapot változások

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

Halmazállapot változások

| Halmazállapot változás | Folyamat |
|------------------------|-------------|
| cseppfolyós → gáznemű | párolgás |
| gáznemű → cseppfolyós | kondenzáció |
| szilárd → cseppfolyós | olvadás |
| cseppfolyós → szilárd | fagyás |
| szilárd → gáznemű | szublimáció |

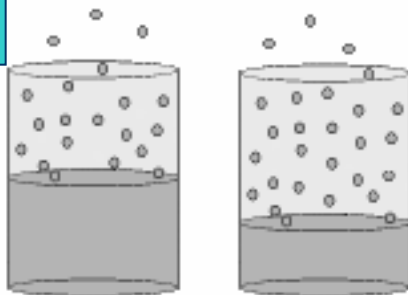
Párolgás

A folyadékmolekuláknak a légüres térbe v. a folyadék feletti gőztérbe való átlépésének folyamata.

OKA:

- A folyadék felszínén lévő molekulák egy részének kinetikai energiája meghaladja a molekulák közti kohéziós erőket.
- Ennek következtében ezek a molekulák elszakadnak a többitől, legyőzik a folyadék részecskéi közti erőket és kilépnek a folyadék feletti térbe.

nyitott térben



Párolgás

zárt térben



Párolgás

- Ennek feltétele, a részecskék
 - megfelelően nagy mozgási sebessége
 - megfelelő mozgásiránya
- Minden hőmérsékleten végbemegy; a hőmérséklet emelésével fokozódik.
- A párolgás következtében a folyadék lehűl
OKA:
a folyadékban maradó molekulák átlagos kinetikai energiája csökken.

Párolgás

- Mértéke:
**a folyadék felett képződő és zárt térben egyensúlyba jutó gőz
nyomása**
Ugyanis:

Zárt térben párolgó folyadék fölött

egy idő után

a gőztér telítődik.

Kondenzáció

Kondenzáció

A gőzmolekuláknak a folyadéktérbe való átlépési folyamata.

OKA:

- A gőztérben való molekulák mozgásuk következtében a folyadék felszínébe ütköznek és a folyadék részévé válnak.
- Oka: az átlagosnál kisebb kinetikai energiájúvá vált gőzmolekulák esetében a kohéziós erők kerülnek túlsúlyba.
- Feltétele: a részecskék
 - megfelelően kicsi mozgási sebessége
 - megfelelő mozgásiránya

Párolgás; kondenzáció

Zárt edényben

- a párolgás és a lecsapódás egyensúlyba kerül, azaz:
- dinamikus egyensúlyi folyamat alakul ki
 - az időegység alatt kilépő (elpárolgó) és visszatérő (lecsapódó) molekulák száma egyenlő lesz
 - a párolgás és a kondenzáció sebessége kiegyenlítődik
 - ezalatt a gőztér nyomása nem változik
- a folyadék egyensúlyba jut a saját gőzeivel
- a gőz telített lesz (koncentrációja nem változik)

Párolgás; kondenzáció

Fogalmak:

- **gőz:** a folyadékkal érintkezésben lévő gáz
- **telített gőz:** a folyadékkal érintkezésben lévő gáz az egyensúly kialakulása után
- **gőznyomás (tenzió):** a folyadék felett zárt térben kialakuló egyensúlyi állapotban mért nyomás; a párolgás intenzitásának a mértéke
 - befolyásolja:
 - a hőmérséklet
 - az anyagi minőség

Párolgás; kondenzáció

Telített gőz tulajdonságai:

1.;

- ha a telített gőzbe még gőzt juttatunk, akkor annak egy része lecsapódik
- ha a gőztérből molekulákat távolítunk el, akkor a hiány a folyadék párolgásával pótlódik

2.;

- térfogatot csökkentve a gőz túltelítetté válik; egy része kondenzálódik
- térfogatot növelve újabb folyadékmennyiség párolog el
- nyomása egyik esetben sem változik (nem követi a Boyle-Mariotte tv-t)

3.;

- a párolgás a hőmérséklet növelésével nő
- a hőmérséklet emelésével a nyomása növekszik

Forrás



- Ha a folyadék melegítése közben a telített gőz nyomása (tenziója) eléri a külső légnyomás értékét,
a folyadék már nemcsak a felületén párolog, hanem a belsejében is megindul a gőzfázis kialakulása.

- a folyadék belsejében buborékképződés indul el
- a folyadék egész tömegében párologni kezd és megindul a

Forrás

- az ekkori hőmérsékleti pont a forráshőmérséklet (külső nyomás függvényeként)
 - forráspont: az 0,1 MPa külső nyomásnak megfelelő forráshőmérséklet

Forrás



Ha:

- a külső nyomást csökkentjük

alacsonyabb lesz a forrási hőmérséklet.

- a külső nyomást növeljük

magasabb lesz a forrási hőmérséklet.

Késleltetett forrás:

**ha a forrás csak magasabb hőmérsékleten következik be,
mint amelyen a tenzió eléri a külső nyomást.**

OKA:

- buborékképződésnél le kell győzni a buborékokra nehezedő hidrosztatikai nyomást
- a buborék határfelület a gőzfázis és a folyadékfázis között; legyőzéséhez E kell!

Forrás

- forráskönnyítők:
 - nagy fajlagos felületű anyagok
 - a megkötött levegő elősegíti a forrást
 - pl.: horzsakő

Ha: a forrásban lévő folyadék gőzét lehűtjük
tútelített gőz lesz.

Ez az állapot instabil, ezért:

a gőz egy része kondenzálódik.

- gyakorlatban pl: desztilláció művelete!

Forrás

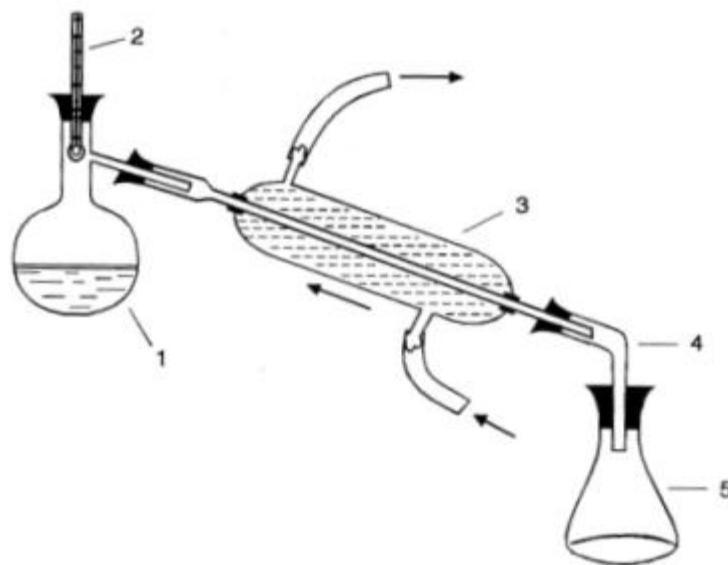
- Desztillálás

A folyadékelegy vagy oldat komponenseit vagy oldószerét a forráspontjuknak megfelelő hőmérsékleten forralással gőzzé alakítjuk,

majd a gőzöket a készülék másik részében egy hűtő segítségével kondenzáltatjuk és

ún. szedőedényekben felfogjuk.

Forrás



1. Frakcionáló lombik 2. Hőmérő 3. Liebig-hűtő, 4. Gólyaorr, 5. Felfogó edény

Egyszerű desztilláló berendezés

Forrás

- Egyszerű desztilláció
 - oldószerek tisztítására; híg oldatokban a bennük lévő szilárd anyagok oldószertől való elválasztására
- Frakcionált desztilláció
 - folyadékelegy komponenseire való szétválasztáshoz; nagyon kicsik a forr.pont különbségek
- Vákuum desztilláció
 - 130 °C-nál magasabb forráspontú; illetve bomlékony folyadékok esetében
- Vízgőz desztilláció
 - folyadékelegyek esetében; amelyek komponensei vízzel nem elegyednek, nehezen párolognak és nagy relatív molekulatömegűek

Kritikus állapot

Ha: zárt térben a folyadékot és a vele egyensúlyban levő telített gőzt melegítjük

- folyadék sűrűsége egyre kisebb
 - a telített gőz sűrűsége egyre nagyobb lesz
 - a kettő egy adott hőmérsékleten egyenlő lesz.
- Megszűnik a folyadék és a gőz közötti határfelület
 - az egész rendszer egyetlen gázfázis tulajdonságait mutatja.

Kritikus állapot

- Ennek az állapotnak a leírására szolgál:
 - kritikus hőmérséklet
 - kritikus nyomás
- A kritikus hőmérséklet felett :
 - a gőz fogalom elveszíti jelentését
 - csak gázként viselkedik
 - tetszőleges nagy nyomáson sem cseppfolyósítható
- Kritikus nyomás
 - A kritikus hőmérsékleti gőznyomás
- Kritikus sűrűség
 - A folyadék és gázfázis (gőzfázis) közötti különbség megszűnik, sűrűségük azonos

Ipari gázok kritikus adatai és forráspontja

| | Kritikus | | Forráspont (szublimációs hőmérséklet*), K és °C | | | |
|---|------------------------|---------------|---|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| | hőmérséklet K és °C | nyomás bar | 1,01325 bar | 2 bar | 4 bar | 10 bar |
| | | | nyomáson | | | |
| Hélium, He | 5,20 K -267,95 °C | 2,275 | 4,22 K -268,93 °C | 5,0 K -268,1 °C | - ** - ** | - ** - ** |
| Hidrogén, H ₂ | 33,24 K -239,91 °C | 12,98 | 20,38 K -252,77 °C | 22,9 K -250,2 °C | 26,1 K -247,0 °C | 31,4 K -241,7 °C |
| Nitrogén, N ₂ | 126,20 K -146,95 °C | 33,999 | 77,35 K -195,80 °C | 83,6 K -189,5 °C | 91,1 K -182,0 °C | 103,8 K -169,3 °C |
| Argon, Ar | 150,86 K -122,29 °C | 48,98 | 87,29 K -185,86 °C | 93,9 K -179,2 °C | 102,5 K -170,6 °C | 116,5 K -156,6 °C |
| Oxigén, O ₂ | 157,58 K -118,57 °C | 50,43 | 90,18 K -182,97 °C | 97,6 K -175,5 °C | 106,1 K -167,0 °C | 120,1 K -153,0 °C |
| Kripton, Kr | 209,4 K -63,75 °C | 55,02 | 119,8 K -153,35 °C | 129,1 K -144,0 °C | 140,6 K -132,5 °C | 159,6 K -113,5 °C |
| Xenon, Xe | 289,73 K +16,58 °C | 58,40 | 165,05 K -108,10 °C | 177,6 K -95,5 °C | 193,1 K -80,0 °C | 218,6 K -54,5 °C |
| Acetilén, C ₂ H ₂ | 308,33 K +35,18 °C | 61,91 | 189,35 K * -83,80 °C | 200,8 K -72,3 °C | 216,1 K -57,0 °C | 240,1 K -33,0 °C |
| Szén-dioxid, CO ₂ | 304,21 K +31,06 °C | 73,825 | 194,65 K * -78,5 °C | 203,2 K * -69,9 °C | 212,8 K * -60,3 °C | 232,9 K -40,2 °C |

* Szublimációs hőmérséklet

** Szuperkritikus gázállapot

Megjegyzés: A világoskék mezőben lévő forráspontok pontos értékek, a többi forráspont viszont gőznyomásgörbéből grafikusán leolvasott közelítő adat.

Cseppfolyós nitrogén

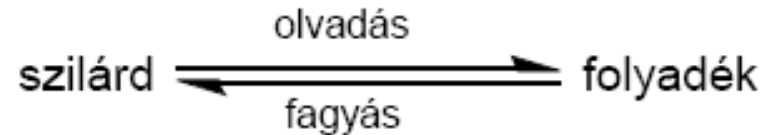
Felhasználás

- Élelmiszeriparban
 - indifferens gázként, hűtőalagutakban, gyorsfagyasztó rendszerekben hűtőközegként alkalmazhat
 - „kriogén konyha”
- alkalmas oxigénmentesítésre, szellőztetésre, tűzoltókészülékek hajtógázaként
- gyógyászat (pl. embrió, ivarsejtek hűtve tárolása; szemölcs fagyasztás)
- földgáz-kutak fúrásainál a rétegnyomás növelése céljából
- elektronikai ipar védőgázként használja
- vagonok illetve veszélyes anyagokat szállító járművek anyagmentesítése és szellőztetésére
- nyomáspróbákhoz használják
- Gáz formájában felületek nitridálására , illetve indifferens közeggel való lefedés, védő- és hegesztési gázként is alkalmazható.
- Kiszerezés**
 - Nagyfogyasztók számára: mélyhűtött, 2-6 bar nyomású, speciális szállítójárművekkel.
 - Kisfelhasználók részére: 10-40 literes, 150 bar nyomású acél-palackokban



Kristályos testek olvadása és szublimálása

- Olvadás
- Fagyás
- Túlhűtés
- Szublimáció
- Polimorfia
- Fáziszabály



Olvadás

A szilárd fázisnak hevítés hatására a folyadék fázisba való átmenete.

OKA:

- Ha a kristályrács pontjaiban rezgő részecskék nagyobb számban hagyják el a helyüket
 - a rács összeomlik.
- A fázisátmenet ugrásszerűen következik be,
- a hőmérséklet mindaddig állandó, amíg a két fázis egymással egyensúlyban van,
- vagyis amíg az egyik (szilárd) el nem tűnik.

Olvadás

- Az olvadás függ:
 - nyomástól
 - anyagi minőségtől
- olvadási hőmérséklet
- olvadáspont

Fagyás

A folyékony fázisnak hűtés hatására a szilárd fázisba való átmenete.

OKA:

- Ha a hőmozgás egyre csökkenő és nem tudja elnyomni a molekulák között fellépő alaktartó erőket
 - a folyadék molekulák kristályrácsba rendeződnek.
- a hőmérséklet mindaddig állandó, amíg a két fázis egymással egyensúlyban van,
- vagyis amíg az egyik (cseppfolyós) el nem tűnik.
- fagyási hőmérséklet
- fagyáspont

Fagyás

Túlhűtés:

- nyugalomban lévő folyadékoknál jóval a fagyáspont alatt sem indul meg a kristályosodás

metastabilis állapot.

- A nyugalom megszűnésével megindul a kristályosodás.

stabil állapot.

Szublimáció

A szilárd halmazállapotból a rendszer gőz(gáz)halmazállapotba megy át, a cseppfolyós fázis kihagyásával.

OKA:

- Egyes szilárd anyagok felületén vannak olyan részecskék, amelyek nagy rezgési amplitúdójuk folytán a gőz(gáz)-térbe mennek át.
- A szublimációs nyomásuk (szilárd anyag telített gőzének nyomása) már az olvadáspontnál alacsonyabb hőmérsékleten eléri a külső légnyomást.
- pl.: jód, kámfor, naftalin

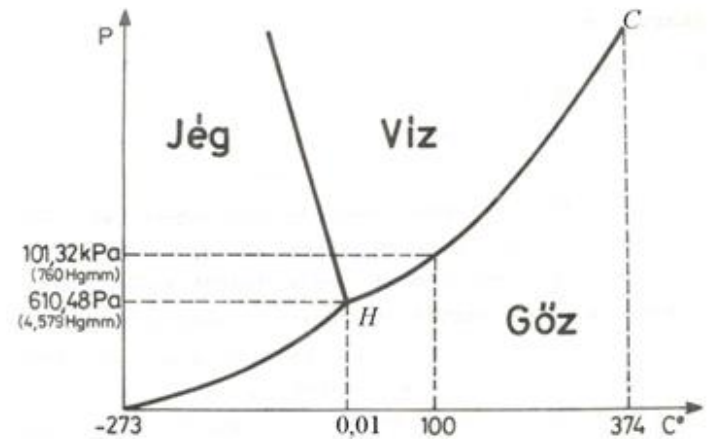
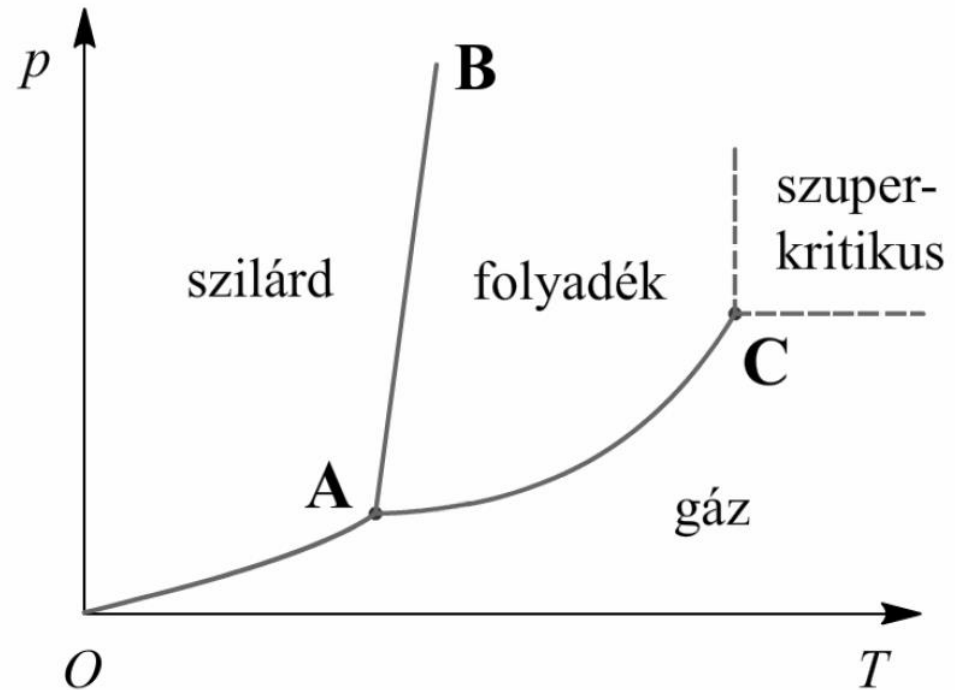
Fázisdiagram



- a halmazállapot változások grafikus ábrázolására szolgál
- az állapotjelzők függvényében az adott állapothoz tartozó fázisokat jelöljük
- adott p -on, T -nél milyen fázis vagy fázisok vannak jelen
- az egyes fázisokat folytonos görbék határolják
 - egy fázishoz tartozó tartományon belül az anyag adott fázisa termodinamikailag stabil.
 - A görbék pontjaiban az anyag két fázisa egyensúlyban van egymással
- **hármaspont:** a három fázis egyidejűleg van jelen és egymással egyensúlyt tart
- termodinamikai értelmezése: ld. bővebben fiz.kém., hőtan
 - tetszőleges egykomp.-ű fázisegyensúlyra p - T : Clapeyron-egyenlet
 - egykomp.-ű gőz-folyadék egyensúlyra p - T : Clausius-Clapeyron-egyenlet

Egykomponensű rendszer p-T fázisdiagramja

- OA görbe
 - szublimációs görbe
- AB görbe
 - olvadásgörbe
- AC görbe
 - Tenziógörbe
- OA és AC görbéknek megfelelő p-értékek
 - egyensúlyi gőznyomás (tenzió)
- A
 - hármaspont
- C
 - kritikus pont
 - e felett szuperkritikus v. fluid állapot



víz fázisdiagramja

Egyéb

- **Polimorfia:** Szilárd halmazállapotban sok vegyületnek létezik kristályos és amorf állapota, amelyek szerkezetükben és fizikai tulajdonságokban eltérnek egymástól. Ez a jelenség a **polimorfia**. (adott p, t) pl.: kalciumkarbonát (kalcit-aragonit)
- **Allotrópia:** Egy kémiai elemnek azonos halmazállapotú, de többféle molekulaszervezetű vagy különböző kristályszerkezetű változatban való előfordulását **allotrópiának** nevezzük. Pl.: Grafit-gyémánt-fullerén; oxigén-ózon; rombos-monoklin-amorf kén; vörös és sárga foszfor

- **Allotróp módosulat:** az egyes fázisokat nevezik így
- **Enantiotróp:** ha a fázisok egymásba átalakulnak v. átalakíthatók (tetszés szerinti irányba)
- **Monotróp:** ha a fázisok egymásba átalakulnak v. átalakíthatók (csak egyirányba)

Egyéb

Gibbs-féle fázisszabály

- Adott p-on, T-en

$$F+S_z=K+2$$

A fázisok száma plusz a szabadsági fokok száma egyenlő a komponensek száma plusz kettő.

- Ha az állapotjelzők közül valamelyiket változtatjuk pl. a hőmérséklet emelésével nő a fázisok száma /pl. olvadás vagy forrás/ akkor csökken a szabadsági fokok száma.
- Ha csökken a fázisok száma, akkor a szabadsági fokok száma nő.

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 top-left corner. A thick dark blue horizontal bar spans across the middle of the slide.

Köszönöm a figyelmet!