

# Halmazállapot változások

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

# 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

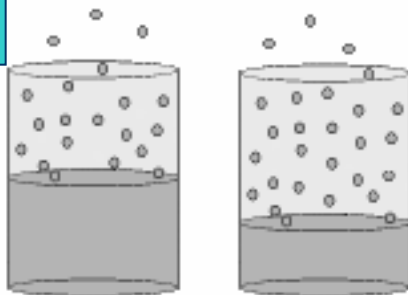
# Párolgás

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 túrtelítetté 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

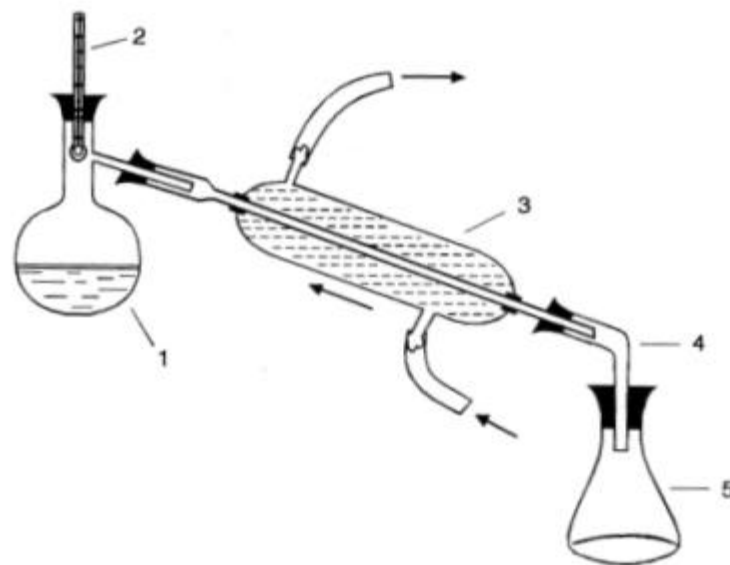
- Desztillálás

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 <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub>	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

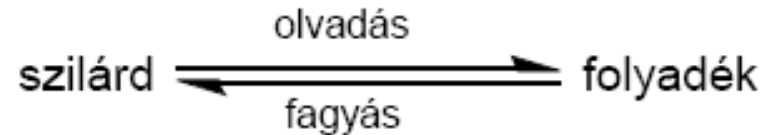
## Felhasználás

- 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

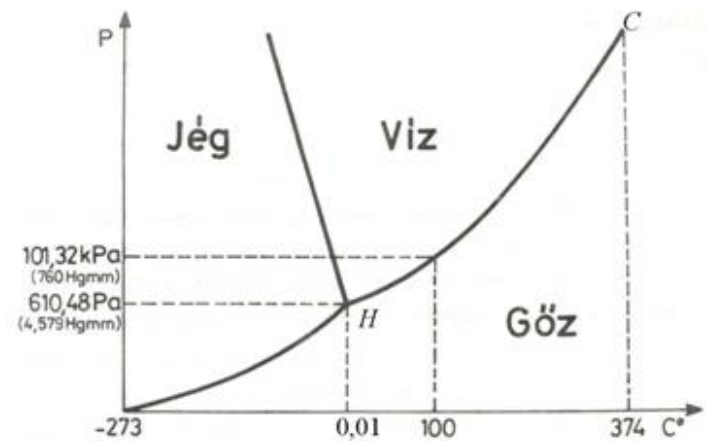
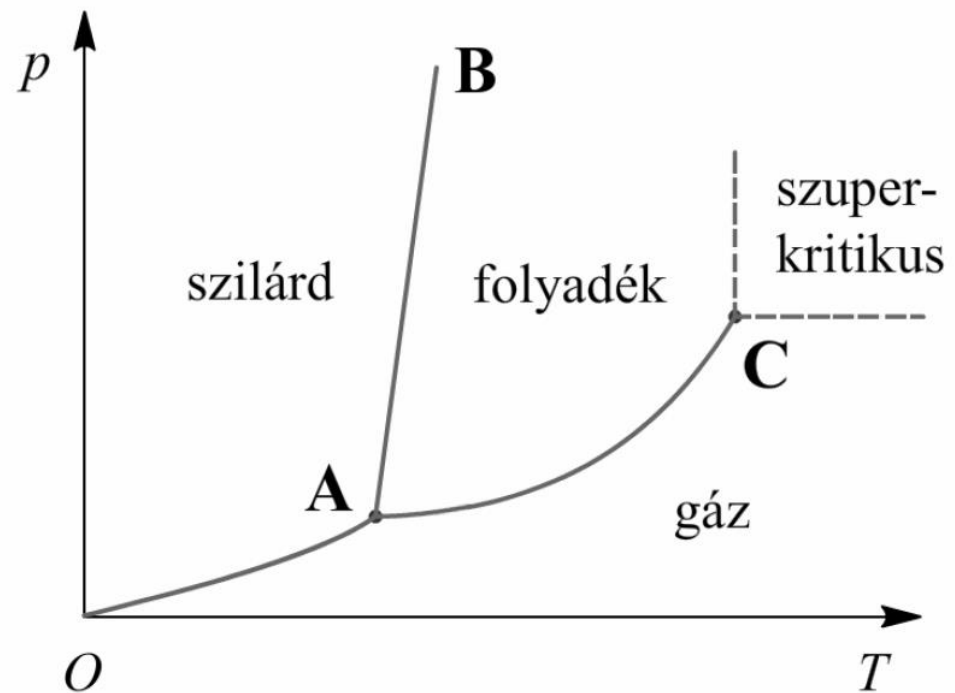
# Fázisdiagram



- 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

$$F+Sz=K+2$$

**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



**Köszönöm a figyelmet!**