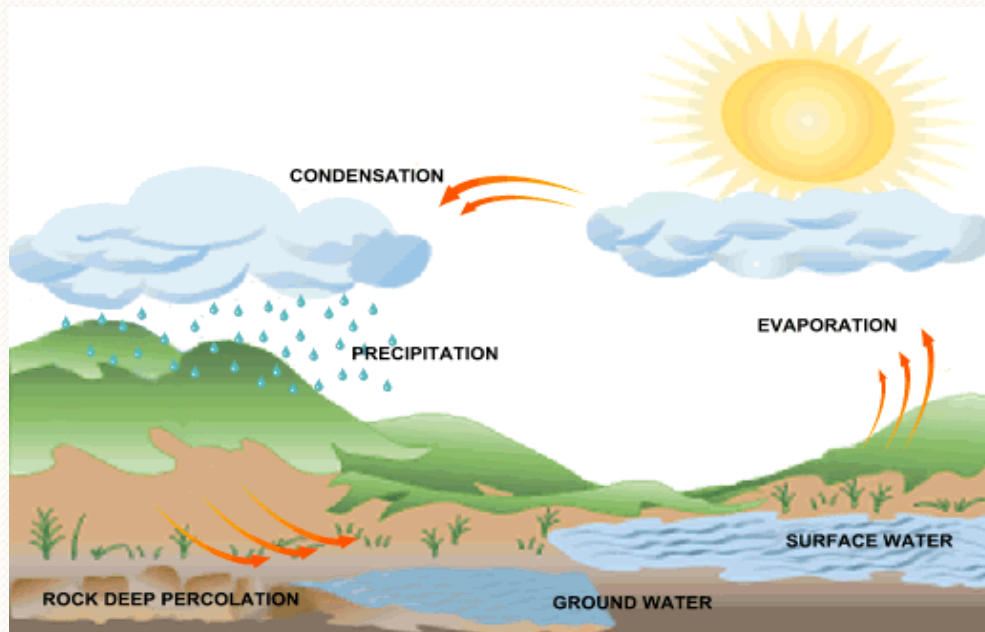
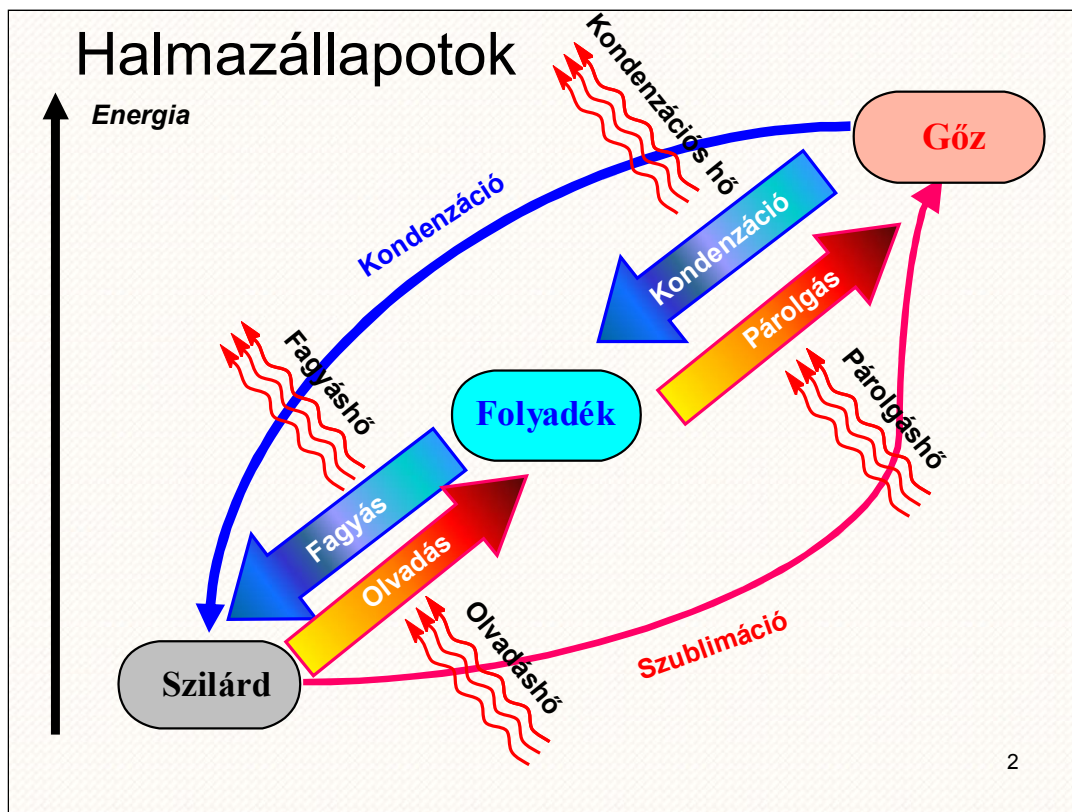


A halmazállapot-változások



A bemutatót összeállította: Fogarasi József, Petrik Lajos SZKI, 2011



Folyadékok párolgása

A folyadékmolekulák a hőmérséklettől függően kisebb-nagyobb sebességgel egymás mellett gördülő mozgást végeznek. Lesznek olyan molekulák, melyek ütközéseik során az **átlagosnál nagyobb sebességre** tesznek szert. Az ilyen molekulák a folyadék felszínére kerülve legyőzhetik a szomszédos részecskék vonzását, és a **folyadékból kiléphetnek**. Ezt a jelenséget **párolgásnak** nevezzük.

A párolgás **hőelnyelő**, azaz **endoterm** folyamat. A párolgás során a folyadék-molekulák elszakadnak egymástól, tehát munkát kell végezniük

- a kohéziós erő ellenében
- a külső nyomás ellenében, hiszen a gőzzé alakulás nagyfokú térfogat növekedéssel jár

A párolgás:

- minden hőmérsékleten bekövetkezik, de a párolgás sebessége a hőmérséklet növekedésével nő
- csak a folyadék felszínén következik be

Párolgás nyitott térben

A párolgás során mindig azok a molekulák hagyják el a folyadék felszínét, melyek az átlagosnál **nagyobb** energiával rendelkeznek. Ez azzal a következménnyel jár, hogy a visszamaradó molekulák átlagos energiája **csökken**, a folyadék **lehűl**. Ha azt akarjuk, hogy a folyadék hőmérséklete ne változzon meg a párolgás során, akkor az elvitt energiát pótolni, azaz a folyadékot melegíteni kell.

Ha a párolgás nyitott edényben valósul meg, akkor addig tart a folyamat, amíg valamennyi folyadék gőzzé nem alakul.



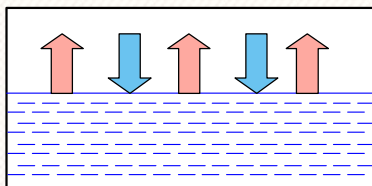
A hűtőtoronyban a folyadék szabadon párolog. A párolgáshoz jelentős mennyiségű hő kell, ezért a folyadék **lehűl**.

Ezt lehet tömegegységre vonatkoztatni, akkor **fajlagos párolgáshő** a neve, mértékegysége: **J/kg**

Lehet anyagmennyiségre vonatkoztatni, akkor **moláris párolgáshő** a neve, mértékegysége: **J/mol**

Párolgás zárt térben

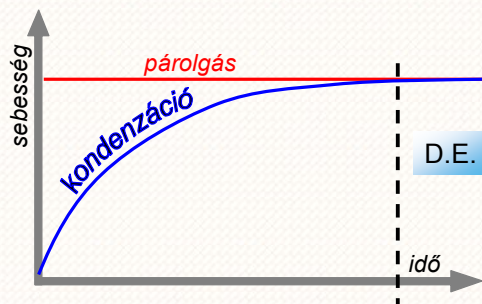
Ha a párolgás zárt térben történik, akkor a gőztérben a részecskék száma növekszik. Ezzel együtt elindul a párolgással ellentétes folyamat is, a **kondenzáció**.



A párolgás sebessége adott hőmérsékleten állandó. Ahogy nő a gőztérben a molekulák száma, úgy növekedik a kondenzáció sebessége.

Végül beáll egy **dinamikus** egyensúlyi állapot.

$$v(\text{párolgás}) = v(\text{kondenzáció})$$



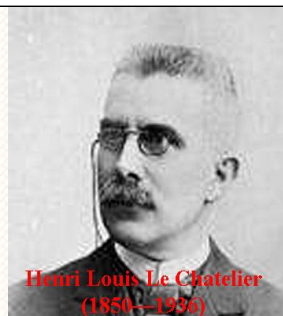
Az egyensúlyban a gőztér telített, a további párolgás csak úgy lehetséges, ha azonos számú részecske kondenzálódik.

A telített gőztérben a gőzök parciális nyomását **tenzió**nak nevezzük.

A dinamikus egyensúlyi állapot

A Le Chatelier-Brown elv (legkisebb kényszer elve) kimondja:

Ha egy dinamikus egyensúlyban levő rendszert valamilyen külső hatás ér (pl. melegítés, hűtés, nyomásnövekedés vagy -csökkenés), a rendszerben olyan folyamat indul be, ami a külső hatás mértékét csökkenti, vagyis az egyensúly megfelelő irányú eltolásával igyekszik kitérni e hatás alól.

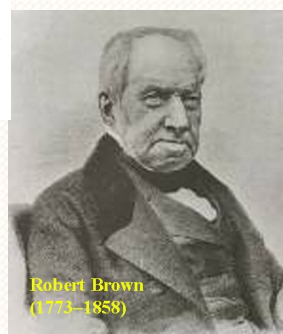


Henri Louis Le Chatelier
(1850–1936)

Pl.: Ha egy 20 °C hőmérsékletű víz zárt edényben egyensúlyban van a gőzével, felette p tenzió mérhető. Ha a rendszert hűtjük, hőtermelő folyamat megindításával válaszol: a gőz kondenzálódik, amíg a kondenzációs hő felszabadulásával visszaáll az eredeti, egyensúlyi hőmérséklet.

Ha a rendszert térfogatát csökkentjük, olyan folyamattal válaszol, ami megakadályozza a nyomás növekedését: annyi gőz kondenzálódik, hogy ne növekedjen a nyomás. Emlékeztetőül: a folyadék térfogata lényegesen kisebb, mint a gőz térfogata.

Hatás	Az egyensúlyi rendszer válasza a hatásra
hűtés	Hőtermelő (exoterm) folyamat
melegítés	Hőelnyelő (endoterm) folyamat
nyomáscsökkenés	térfogatnövelő nagy anyagmennyiség csökkentő folyamat
nyomásnövelés	térfogatcsökkentő vagy anyagmennyiség növelő folyamat

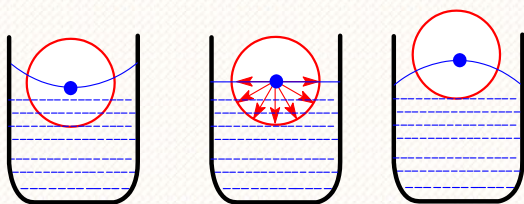


Robert Brown
(1773–1858)

A tenzió

Mitől függ a tenzió?


- anyagi minőségtől
- hőmérséklettől
- a párolgó felület alakjától



homorú sík domború

$p_h < p_s < p_d$

Különböző anyagok tenziógörbéi



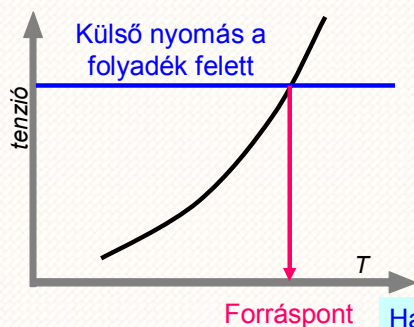
A homorú felületű folyadék nehezebben párolog, mint a sík felületű, a domború pedig könnyebben. Ezért a **domború** folyadékfelszín tenziója **nagyobb**, a **homorú** folyadékfelszín tenziója pedig **kisebb**, mint a sík felületű folyadéké.

7

A forrás

Az egyensúlyi gőznyomás a hőmérséklet emelésének hatására növekszik. Ez a növekedés azonban nem lehet határtalan: ha a tenzió eléri a külső nyomás értékét (illetve egy végtelen kis értékkel meghaladja azt), az egyensúly megbomlik, mert a gőz nem csak a folyadék feletti térből, hanem a folyadék belsejéből is folyamatosan el tud távozni, azaz a folyadék forrásba jön.

Azt a hőmérsékletet, amelyhez tartozó tenzió eléri a külső nyomást, az anyag **forráspontjának** nevezzük.



Egy adott anyag forráspontja függ a nyomástól: a nyomás növelésével a forráspont nő, a nyomás csökkentésével a forráspont csökken.

Ennek gyakorlati alkalmazásai:

Kukta, autókláv

Vákuumdesztilláció, vákuumbepárlás

Ha a forrásponton nem indul meg a forrás, akkor **késleltetett forrásról** beszélünk. Nagyon veszélyes lehet, mert a forráspontja fölé hevített folyadékban bármikor lökészerűen beindulhat a forrás!

Az olvadás

Ha a kristályos szerkezetű anyagokkal hőt közlünk, a rácspontokban a részecskék egyre nagyobb amplitúdójú és sebességű rezgőmozgást végeznek.

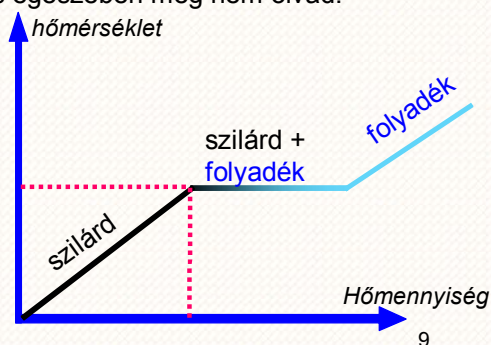
Egy ponton elérünk egy olyan állapotot, amikor annyira megnő a részecskék mozgási energiája, hogy a kohézió már képtelen a rácspontokban tartani azokat. Egy meghatározott hőmérsékleten a kristályrács összeomlik, a szilárd anyag **megolvad** és folyékony halmazállapotú lesz.

Az olvadás közben a melegítés hatására nem változik a hőmérséklet, mindaddig, míg a szilárd anyag teljes mennyisége meg nem olvad. Az olvadásponton közölt energia ugyanis a kristályrács felbontásához szükséges, és mindaddig nem emelkedik a hőmérséklet, amíg a kristály teljes egészében meg nem olvad.



Olvadáspont: az a hőmérséklet, amelyen a szilárd és a folyadék fázis egyensúlyban van.

Olvadáshő: az a hőmennyiség, amely 1 kg (mol) szilárd anyag megolvasztásához **kell**.



Az olvadáspontot befolyásoló tényezők

Anyagi minőség:

- a nagy rácsenergiájú anyagok (ionkristályos, atomrácsos anyagok) olvadáspontja magas
- a nagy moláris tömeg szintén az olvadáspont növekedésének irányába hat
- a kis rácsenergiájú molekulárcsosz anyagok olvadáspontja alacsony

A nyomás növelésének hatása

- ha az olvadás térfogat-növekedéssel jár, az olvadáspont nő
- ha az olvadás térfogat-csökkenéssel jár, az olvadáspont csökken

Miért csúszik a korcsolya a jégen? A **nyomás hatására a jég megolvad**. Ahol a korcsolya nyomja a jeget, **olvadékvíz gyülemlik fel**. Ahol már elhaladt a korcsolya, nincs nyomás, és a víz pillanatok alatt ismét megfagy. Tehát valójában a **korcsolya nem is a jégen csúszik**, hanem a vízen. Hiszen a korcsolya élei alatt, ahogy haladunk vele előre, vékony *olvadékvíz-réteg* keletkezik, ami *csökkenti a súrlódást*, s mi szép lassan csúszunk a korival tovább a jeges vízfelületen.



A fagyás

Az olvadással ellentétes folyamat a fagyás, illetve kristályosodás. A fagyás a folyadéknak **szilárd kristályos anyaggá alakulása**, amely hőelvonás (hűtés) hatására következik be.

Míg az olvadás endoterm, a fagyás mindig exoterm, tehát hőtermelő folyamat. Fagyáskor ugyanakkora hő szabadul fel, mint amekkora szükséges ugyanannyi anyagnak, ugyanolyan körülmények közötti megolvasztásához.

A fagyás a **fagyásponton** következik be. A fagyáspont elvileg **megegyezik** az olvadásponttal.

A fagyáspontot is azok a tényezők határozzák meg, mint az olvadáspontot:

- az anyagi minőség
- a nyomás.

A túlhűtés

Ahhoz, hogy a kristályosodás meginduljon, kisméretű elemi kristálykák, úgynevezett **kristálygócok** keletkezése szükséges, amelyekre a többi részecske már könnyen ráépülhet, és így kialakulhatnak a már szabad szemmel is látható kristályok. A kristálygóc kialakulása viszont feltételezi adott számú folyadék-részecske kedvező elrendeződését.

Mivel a folyadékban gyakorlatilag rendezetlenség uralkodik, nem feltétlenül biztosítható a gócképződésnek ez a feltétele a fagyásponton. Ilyenkor elmarad a fagyás, a folyadék fagyáspont alá hűl. Ez a jelenség a **túlhűtés**.

A túlhűtött folyadékok instabilis rendszerek. Ha ilyen folyadékba egy darab kristályt, **kristálygócot** juttatunk, vagy a túlhűtött folyadékot megrázzuk, a kristályosodás azonnal megindul.

A túlhűtött folyadékban, ha megindítottuk a kristályosodási folyamatot, egyszerre szabadul fel a fagyáshő, ami a rendszert az olvadáspont egyensúlyi hőmérsékletére melegíti.

A szublimáció

A mindennapok tapasztalata, hogy a szilárd anyagok is párolognak. Télen megfigyelhetjük, hogy jóval a fagyáspont alatti hőmérsékleten a jéggel borított utak felszáradnak.

A levegőből a pára közvetlenül szilárd állapotú dér formájában rakódik le a talajközeli anyagokra, növényzetre, ahonnan a napsütés rövid idő alatt ismét párává alakítja azt.

A szilárd anyagok felszínén levő részecskék a kristályrácsból a légtér felé kiszakadhatnak, a felületről eltávoznak. Ez a jelenség a **szilárd anyagok párolgása, a szublimáció**.

A szublimációt a gyakorlatban a szilárd anyagok tisztítására, szokás használni. Például a kibányászott kénből az elemet tisztán szublimációval állítják elő, mert a szennyezések nem szublimálnak.

A szilárd CO₂ szublimációja is igen nagy gyakorlati jelentőséggel bír. A szárazjég a hűtőiparban azért fontos, mert a szublimációja igen gyors és sok hőelvonással jár.

A jég szublimációját használják fel pl. tejporok, tápszerek stb. készítésénél. Az alapanyagokat megfagyasztják, majd csökkentett nyomáson elpárologtatják (elszublimáltatják) belőle a nedvességtartalmat. Ezt a kifagyasztva szárítás módszerét **liofilizálásnak** nevezik.