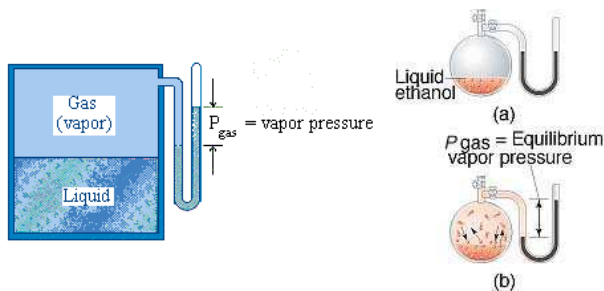


## II.2.5. Fázisátalakulások

**Fázis:** a térnek (precízebben: 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) jellemző nyomás az **egyensúlyi gőznyomás (tenzió)**.

Néhány anyag tenziója 25° C-on, kPa-ban.

H <sub>2</sub> O	CH <sub>3</sub> OH	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Hg	I <sub>2</sub> (s)
3.17	16.9	7.83	12.7	0.0017	0.189

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

T (°C)	P (kPa)	T (°C)	P (kPa)	T (°C)	P (kPa)
0	0.61	20	2.34	40	7.38
5	0.87	21	2.49	50	12.34
10	1.23	22	2.64	60	19.93
15	1.71	23	2.81	70	31.18
16	1.82	24	2.98	80	47.37
17	1.94	25	3.17	90	70.12
18	2.06	30	4.25	95	84.53
19	2.19	35	5.63	100	101.32

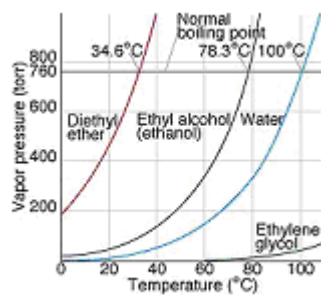
**Megj.:** szokás az anyagok tenzióját az alábbi egyenlet *A* és *B* együttműködésével is megadni. Az adatok empirikusak és csak korlátozott hőmérséklet-intervallumban érvényesek:  $\log_{10}P = (-0.2185 A/K) + B$ , ahol *P* a nyomás *torr*-ban, *K* a hőmérséklet *Kelvin*-ben. Pl. a *CRC Handbook of Chemistry and Physics* szerint Hg-ra *A* = 15081, *B* = 8.27. Ellenőrizzük a fent 25 °C-ra megadott értéket!

### Forráspont:

Az a hőmérséklet, melynél a tenzió eléri a külső nyomást  
hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/kinetic/watvap.html

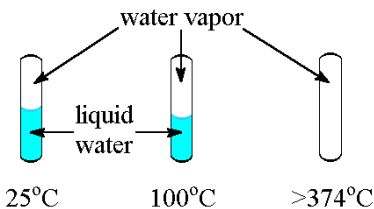
Néhány adat:

ld. lentebb, olvadáspontonál.



### A kritikus állapot

Erős falú, zárt edényben hevítjük a folyadékot. Egy bizonyos, az anyagra jellemző hőmérsékleten egyszer csak eltűnik a fázishatár!! Ebben a pontban mért adatok: **kritikus hőmérséklet, kritikus nyomás.**



Tovább hevítve: **szuperkritikus állapot.**

**Néhány adat:** kritikus hőmérséklet és nyomás

substance	temper- ature (°C)	critical pressure (atm)
NH <sub>3</sub>	132	111.5
O <sub>2</sub>	-119	49.7
CO <sub>2</sub>	31.2	73.0
H <sub>2</sub> O	374	217.7

Szuperkritikus állapotban az anyag „szemre” gáz, ugyanakkor folyadék-tulajdonságát igazolja pl., hogy **oldószer** lehet!

**Gyakorlati jelentőség:** A szuperkritikus szén-dioxid 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.

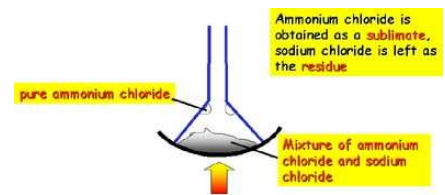
Szilárd anyag párolgása: [www.chs.edu.sg/~limth/lessons/2002/Separat](http://www.chs.edu.sg/~limth/lessons/2002/Separat)

### szublimáció.

A szilárd anyag tenziója:

ld. lentebb, fázisdiagram

Ábra: elválasztás szublimációval



### SZILÁRD-FOLYADÉK EGYENSÚLY:

A hőmérséklet, melyen az egyensúly fennáll:

**Olvadáspont (= fagyáspont)** (de: **túlhűtés** jelensége ...)

(Szerves) kémiában az anyagok fontos jellemzője az op.!

(Az anyag tisztasága: ld. később, fagyáspontcsökkenés).

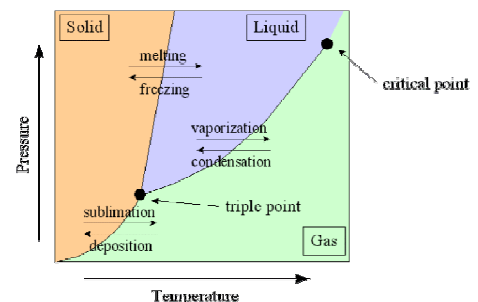
Mérés kapillárisban, szemmel észlelve. Automatizált forma: 1.

pl. <http://www.thinksrs.com/assets/instr/MPA100/MPA100exp.htm>

Anyag	Forrás- pont/°C	Párolgás- hő, kJ/kg	Olvadás- pont/°C	Olvadás- hő, kJ/kg
Helium	-268.93	20.9	-269.65	5.23
Hydrogen	-252.89	452	-259.31	58.6
Nitrogen	-195.81	201	-209.97	25.5
Oxygen	-182.97	213	-218.79	13.8
Ethanol	78	854	-114	104
Mercury	357	272	-39	11.8
Water	100.00	2256	0.00	334
Sulfur	444.60	326	119	38.1
Lead	1750	871	327.3	24.5
Gold	1063	64.5	1063.00	64.5
Copper	1083	134	1083	134

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

### Fázis- diagramok, a hármaspont

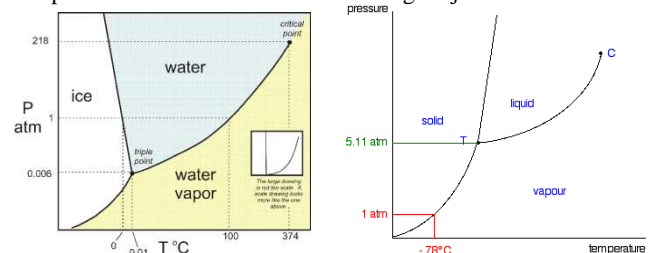


### A hármaspont:

MINDHÁROM FÁZIS egyensúlyban van.

Különbőség 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 nő (ld. CO<sub>2</sub>). És: a hármaspont 0.01°-kal magasabb, mint a közönséges (vagyis 1 atm-n mért) olv. pont; ld. SI-egységek, hőmérséklet..

2) a szilárd CO<sub>2</sub> tenziója bőven a hármaspont alatt eléri a külső 1 atm nyomást - szublimáció. Cseppfolyós CO<sub>2</sub> csak 5.11 atm felett létezik!

Néhány anyag **hármaspontja:**

Substance	Temperature/K	Pressure/10 <sup>5</sup> 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