

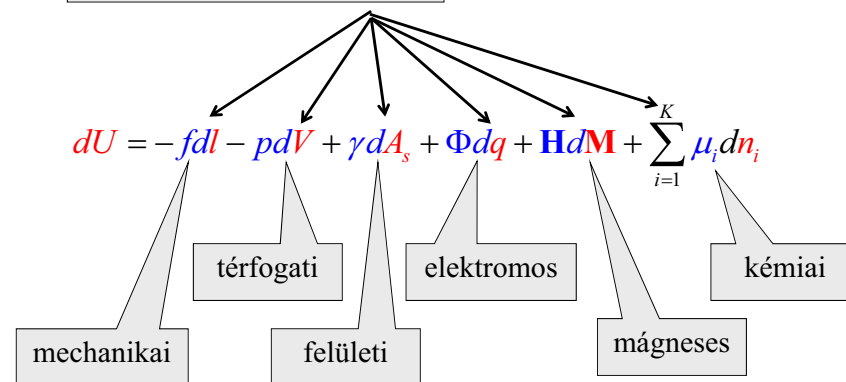
Az egyes elemi kölcsönhatások energiacseréi milyen általános formában írhatók fel?

Adja meg a mechanikai kölcsönhatáshoz tartozó energiát.

## Ismétlés

$$dU = \sum_i dW_i = \sum_i y_i \cdot dx_i$$

$y$  : intenzív mennyiség  
 $x$  : extenzív mennyiség



És hol van a hőhatás ???

$y = T$   $x = ?$

$$dU = -pdV + \gamma dA_s + \sum_{i=1}^K \mu_i dn_i + ? d?$$



Van a belső energiának egy olyan része, amely a többi extenzív mennyiségtől függetlenül is változhat. Ezt az "önmagában történő belső energiaváltozást" célszerű az elemi energia-cserékhez hasonlóan egy intenzív és egy extenzív mennyiség szorzataként felírni.

- termikus kölcsönhatás  $dU_Q = dQ = TdS$

$$dU = -pdV + TdS + \sum_{i=1}^K \mu_i dn_i + \dots +$$

$$\mu_i = \mu_{o,i} + RT \ln c_i$$

kémiai potenciál

entrópia

## A termodinamika I. főtétele

$$dU = TdS - pdV + \sum_{i=1}^K \mu_i dn_i + \dots +$$

Az **energiamegmaradás törvényének** legáltalánosabb megfogalmazása.

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W_{\text{mech}} + \Delta W_{\text{kém}} + \dots + \Delta W_i$$

$$\Delta W_{\text{mech}} = \Delta U - \Delta Q - \sum_i \Delta W_i$$

Egy termodinamikai rendszer akkor képes munkavégzésre ( $\Delta W_{\text{mech}} < 0$ ), ha a belső energiáját csökkenti ( $\Delta U < 0$ ), vagy ha környezetéből hőt von el ( $\Delta Q > 0$ ), vagy más formában energiát ( $\Delta W_i > 0$ ) vesz fel.

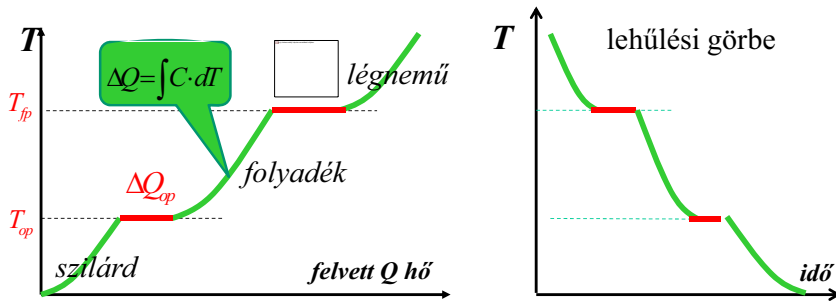
Az entrópiát a hőhatáson keresztül vezetjük be, de.....

## Kétféle hőhatás

Hő hatására

a hőmérséklet változik

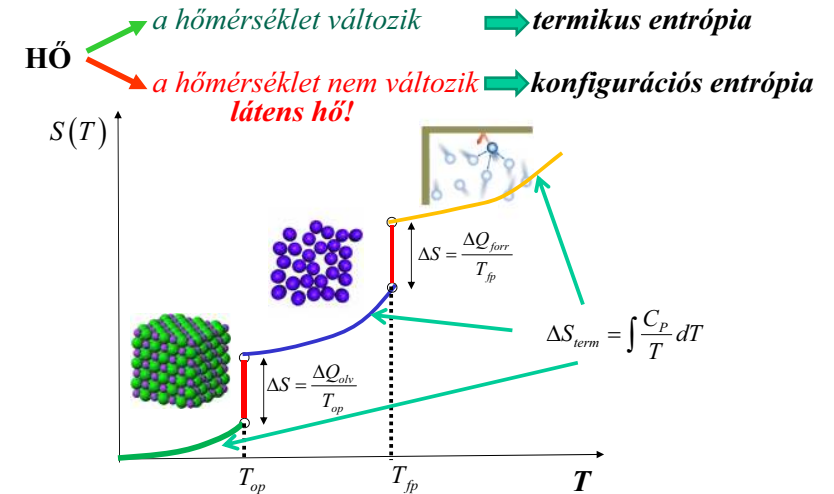
a hőmérséklet nem változik  
látens hő!



Az entrópiát a hőhatáson keresztül vezetjük be, de.....

## Kétféle hőhatás

## Kétféle entrópia

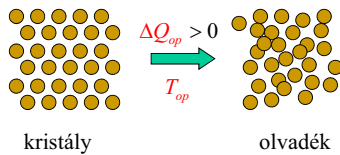


**entrópia**

- termikus entrópia (a hőmérséklet változik)
- konfigurációs entrópia (a hőmérséklet **nem** változik)

$$\Delta S = \Delta S_{\text{term}} + \Delta S_{\text{konf}}$$

**Olvasás:**

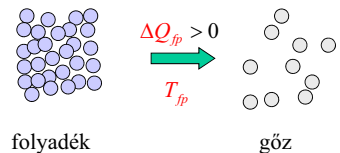


$\Delta Q_{op} > 0$   
 $T_{op}$

$$\Delta S_{\text{konf}}(T_{op}) = \frac{\Delta Q_{op}}{T_{op}} > 0$$

$$\Delta Q = T \Delta S$$

**Forrás:**



$\Delta Q_{fp} > 0$   
 $T_{fp}$

$$\Delta S_{\text{konf}}(T_{fp}) = \frac{\Delta Q_{fp}}{T_{fp}} > 0$$

Az állandó hőmérsékleten lejátszódó (fázis)átalakulás során az **entrópia a rendezetlenség növekedésével együtt nő.**

Az entrópia a molekuláris rendezetlenség mértéke

Az entrópia **nem megmaradó** extenzív mennyiség!

Elszigetelt rendszer

Az energia megmaradó mennyiség

$$dS_1 = \frac{1}{T_1} dU_1$$

$$dS_2 = \frac{1}{T_2} dU_2$$

$$U = U_1 + U_2 = \text{állandó} \quad dU = 0 \quad \Rightarrow \quad dU_1 = -dU_2$$

$$S = S_1 + S_2 = ? \quad dS = dS_1 + dS_2 = ? \quad dS = \frac{1}{T_1} dU_1 + \frac{1}{T_2} dU_2 = \frac{T_2 - T_1}{T_2 T_1} \cdot dU_1 \neq 0$$

ha  $T_2 > T_1$  akkor  $\frac{T_2 - T_1}{T_2 T_1} > 0$  és  $dU_1 > 0 \Rightarrow dS > 0$

ha  $T_2 < T_1$  akkor  $\frac{T_2 - T_1}{T_2 T_1} < 0$  és  $dU_1 < 0 \Rightarrow dS > 0$

ha  $T_2 = T_1$  akkor  $\frac{T_2 - T_1}{T_2 T_1} = 0$  és  $dU_1 = 0 \Rightarrow dS = 0$

**A hőcsere következtében a rendszer teljes entrópiája növekszik!**

Megadhatjuk tetszőleges termodinamikai kölcsönhatásban álló elszigetelt rendszer entrópia változását.

$$dU = TdS - pdV + \sum_{i=1}^K \mu_i dn_i + \dots +$$

$$dS = \frac{dU}{T} + \frac{p}{T} dV - \sum_{i=1}^K \frac{\mu_i}{T} dn_i + \dots +$$

$$dS = \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) dU_1 + \left( \frac{p_1}{T_1} - \frac{p_2}{T_2} \right) dV_1 - \left( \frac{\mu_1}{T_1} - \frac{\mu_2}{T_2} \right) dn_1$$

**Izoterm nyomás kiegyenlítődési folyamatnál :**

ha  $p_1 > p_2$  akkor  $\frac{p_1}{T} - \frac{p_2}{T} > 0$  és  $dV_1 > 0$   $\Rightarrow dS > 0$

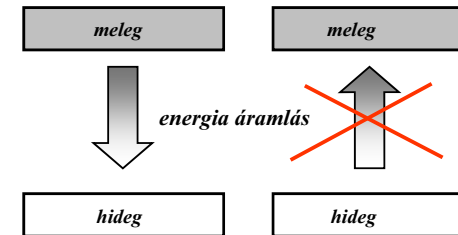
ha  $p_1 < p_2$  akkor  $\frac{p_1}{T} - \frac{p_2}{T} < 0$  és  $dV_1 < 0$   $\Rightarrow dS > 0$

ha  $p_1 = p_2$  akkor  $\frac{p_1}{T} - \frac{p_2}{T} = 0$  és  $dV_1 > 0$   $\Rightarrow dS = 0$

**Elszigetelt rendszerben a hőmérséklet és a nyomás kiegyenlítődési folyamatok során az entrópia növekszik, egyensúlyban eléri a maximális értékét.**

## A termodinamika II. főtétele

**Elszigetelt rendszerben a önként lejátszódó (kiegyenlítődési) folyamatok során az entrópia növekszik.**



## A termodinamika III. főtétele

Tiszta kristályos anyagok entrópiája nulla az abszolút zérus ponton:

$$\lim_{T \rightarrow 0} S(T) = 0$$

Nernst kísérleti úton, Planck pedig az entrópia statisztikus értelmezése alapján fogalmazta meg.



A III. főétel lehetővé teszi **abszolút entrópia skála** bevezetését

$$S(T) = \int_0^T \frac{C_p}{T} dT + \Delta S_{konfig}$$



$$S(T) = S^0(T^0) + \int_{T^0}^T \frac{C_p}{T} dT + \Delta S_{konfig}$$

Standard entrópia

Entrópia növekedéssel járó folyamatok



Entrópia a rendezetlenség mértéke?

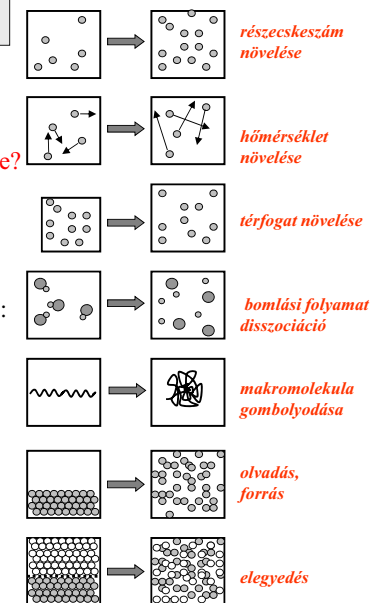
**IGEN!**

Boltzmann összefüggés:

$$S = k_B \ln W$$

$$k_B = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \rightarrow k_B = \frac{R}{N_{Av}}$$

termodinamikai valószínűség:  $W \gg 1$



Minél bonyolultabb szerkezetű egy molekula, annál nagyobb a standard entrópiája.

Néhány anyag standard entrópiája 298 K hőmérsékleten  
J/molK egységben



Methane, CH<sub>4</sub>  
 $S^\circ = 186.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$



Ethane, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>  
 $S^\circ = 229.6 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$



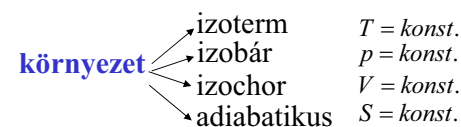
Propane, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>  
 $S^\circ = 270.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

TABLE 19.2 Standard Molar Entropies of Selected Substances at 298 K

Substance	$S^\circ$ , J/mol-K
<b>Gases</b>	
H <sub>2</sub> (g)	130.6
N <sub>2</sub> (g)	191.5
O <sub>2</sub> (g)	205.0
H <sub>2</sub> O(g)	188.8
NH <sub>3</sub> (g)	192.5
CH <sub>3</sub> OH(g)	237.6
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (g)	269.2
<b>Liquids</b>	
H <sub>2</sub> O(l)	69.9
CH <sub>3</sub> OH(l)	126.8
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> (l)	172.8
<b>Solids</b>	
Li(s)	29.1
Na(s)	51.4
K(s)	64.7
Fe(s)	27.23
FeCl <sub>3</sub> (s)	142.3
NaCl(s)	72.3

szilárd anyag		folyadék		gáz	
C gyémánt	2,4	benzol	173,3	benzol gőz	269,3
C grafit	5,7	Víz	69,9	vízgőz	188,8

## Környezeti hatások



A belső energia egy része a környezet állandóságának biztosítására fordítódik!

Hasznosítható energia  $\neq$  Belső energia változása

A belső energia adott körülmények között hasznosítható része:

Izobár eset: **H entalpia**

Izoterm eset: **A szabadenergia**

Izoterm-izobár eset: **G szabadentalpia**

## ENTALPIA

Csak termikus és mechanikai kölcsönhatást vizsgáljunk

$$dU = TdS - pdV \text{ ha } p=\text{állandó, akkor } dU = TdS - d(pV)$$

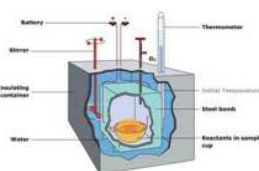
$$dH = dU + d(pV) = TdS \leftarrow \text{hő}$$

$$dH = d(U + pV) = TdS$$

$$H = U + pV$$

$$\Delta H = \Delta U + p\Delta V = Q$$

A **H** entalpia az **U** belső energiának izobár hőközléssel hasznosítható része.



## A szabadenergia

Csak termikus és mechanikai kölcsönhatást vizsgáljunk

$$dU = TdS - pdV \text{ ha } T=\text{állandó, akkor } dU = d(TS) - pdV$$

$$dA = dU - d(TS) = -pdV = dW_{mech}$$

$$dA = d(U - TS) = -pdV = dW_{mech}$$

mechanikai munka

$$A = U - TS$$

$$\Delta A = \Delta U - T\Delta S = W_{mech}$$

Az **A** szabadenergia az **U** belső energiának izoterm munkavégzéssel hasznosítható része.

## A szabadentalpia

Termikus, mechanikai és kémiai kölcsönhatásokat vizsgáljunk

$$dU = TdS - pdV + \sum_{i=1}^K \mu_i dn_i$$

$$\Delta U = -p\Delta V + T\Delta S + \sum_{i=1}^K \mu_i \Delta n_i + \dots +$$

ha  $T$  és  $p$  = állandó, akkor  $dU = d(TS) - d(pV) + \sum_{i=1}^K \mu_i dn_i$

$$dG = dU + d(pV) - d(TS) = \sum_{i=1}^K \mu_i dn_i$$

$$dG = d(U + pV - TS) = \sum_{i=1}^K \mu_i dn_i$$

$$dG = d(H - TS) = \sum_{i=1}^K \mu_i dn_i$$

$$G = H - TS$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

kémiai kölcsönhatás energiája

A  $G$  szabadentalpia az  $U$  belső energiának kémiai folyamatokkal hasznosítható része.

## Önként lejátszódó folyamatok iránya és hajtóereje

A termodinamikai folyamatok spontán lejátszódásának nem szükséges feltétele a belső energia minimumra való törekvése!

**Egy példa:** A jég olvadása. 0 C hőmérséklet közelében a víz belső energiája nagyobb, mint a jégé, ennek ellenére az 1 C-os hőmérsékletű jég légköri nyomáson spontán megolvad. Az olvadást  $+4,2 \text{ kJ/mol}$  belsőenergia növekedés kíséri.

**Folyamatok iránya**      *Elszigetelt rendszerben*       $\Delta S > 0$

$$\Delta A = \Delta U - T\Delta S$$

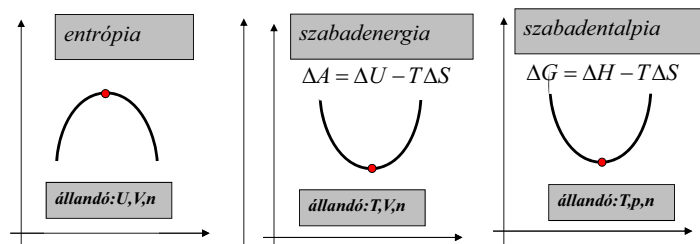
*Izoterm rendszerben*       $\Delta A < 0$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

*Izoterm - izobár rendszerben*       $\Delta G < 0$

## A termodinamikai egyensúly feltétele

karakterisztikus függvény	környezeti kölcsönhatás	az egyensúlyhoz tartozó szélsőérték	önként lejátszódó folyamat során
$S(U, V, n)$	elszigetelt	maximum	$\Delta S > 0$
$F(T, V, n)$	termikus	minimum	$\Delta A < 0$
$G(T, p, n)$	Mechanikai és termikus	minimum	$\Delta G < 0$



$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Molekuláris kölcsönhatások

Entrópikus hajtóerő



SEMMELWEIS EGYETEM

Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet,  
Nanokémiai Kutatócsoport



## Biológiai rendszerek különleges komponense, a víz

**Zrínyi Miklós**

*egyetemi tanár; az MTA tagja*

[mikloszrinyi@gmail.com](mailto:mikloszrinyi@gmail.com)

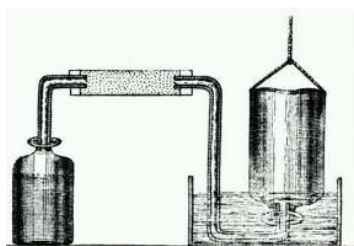
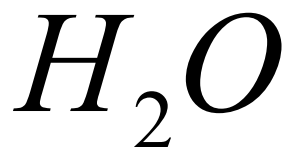
(2014)

Egy különleges folyadék: a **víz**



Thales már Krisztus előtt 580-ban felismerte, hogy a víz **„minden dolgok forrása”**.

Kémiai összetételét először az angol Henry Cavendish határozta meg 1783-ban.



A Föld felszínének 71%-át víz borítja, ez főleg sós víz. Az édesvíz 70%-a hó és jég formájában tárolódik.

Minden szervezet alapvető anyaga a víz. A medúzának még 98%-a, a három hónapos magzatnak 94%-a, az újszülöttnak még 72%-a, a felnőtt embernek 50-60%-a víz. Az életkor előrehaladtával a víz aránya csökken.



A napi vízleadás és vízfelvétel mérlegének mindkét oldalán átlagosan 2,5 liter szerepel: ennyi víz távozik a szervezetünkben a verejtékezés, a légzés, a kiválasztás és az emésztés folyamán, amit pótolnunk kell. Napi folyadékszükségletünk mintegy felét a táplálékokkal, másik felét víz formájában vesszük magunkhoz.



Az emberi test kortól függő víztartalma 45m% - 75m% (65m%)

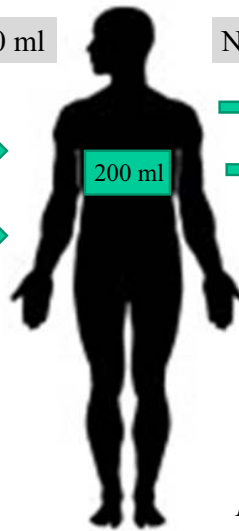
Napi felvétel: 2500 ml

Napi leadás: 2500 ml

ital 1600 ml →

200 ml

étel 700 ml →



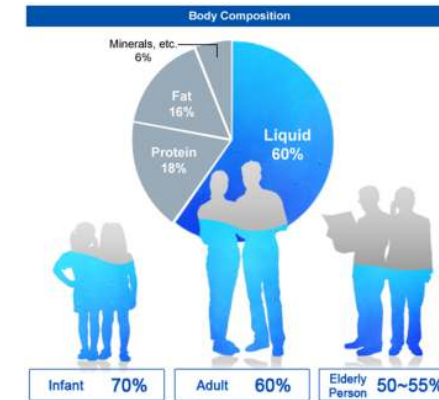
→ vizelet 1500 ml

→ széklet 200 ml

→ párolgás 400 ml

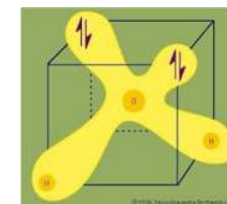
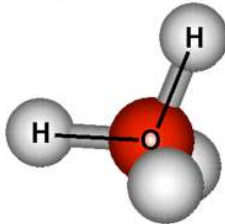
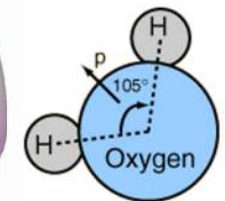
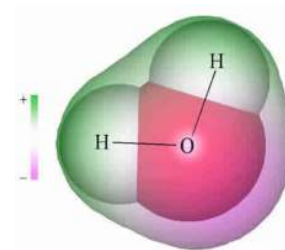
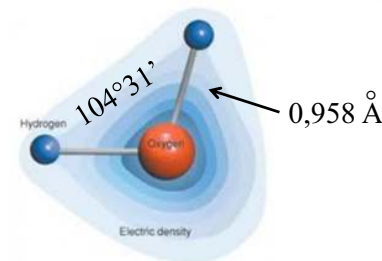
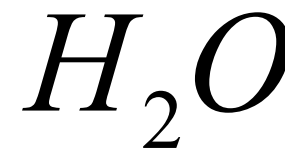
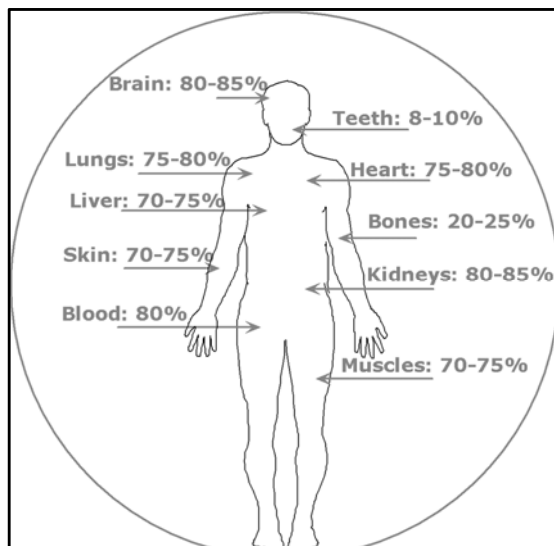
→ izzadás 100 ml

*Ezek átlagos mennyiségek!*



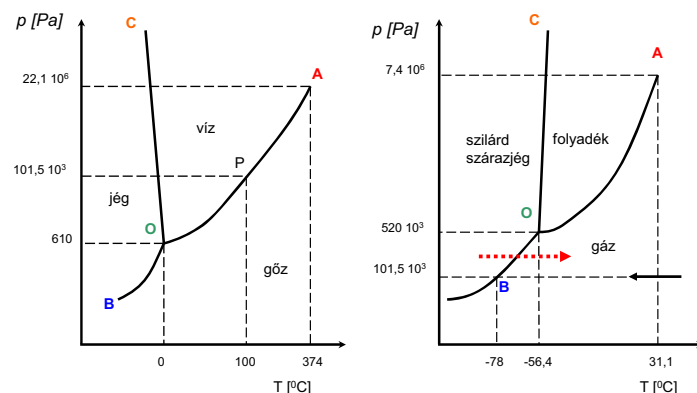
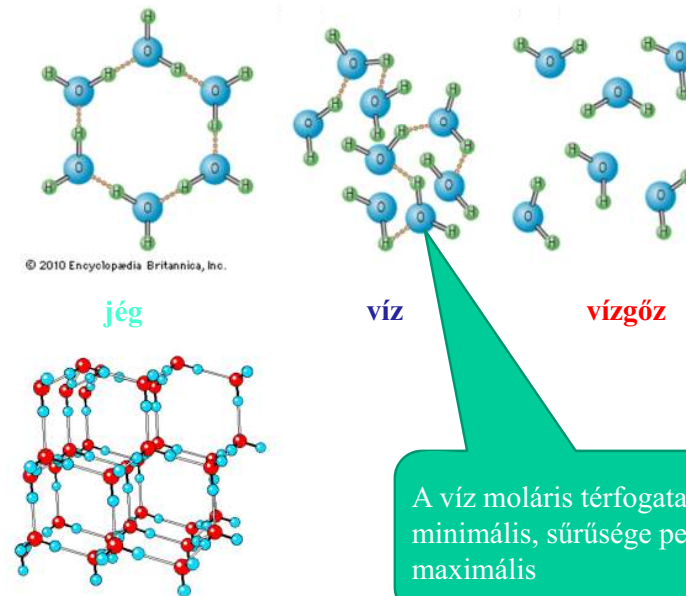
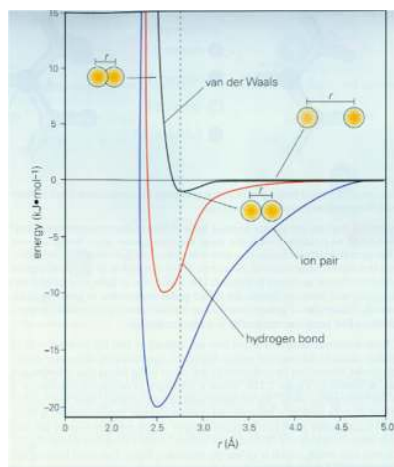
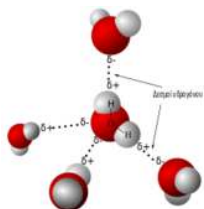
70 kg-os férfi szervezet átlagos folyadékmennyisége: 42 l.

Különböző testrészek átlagos folyadék tartalma



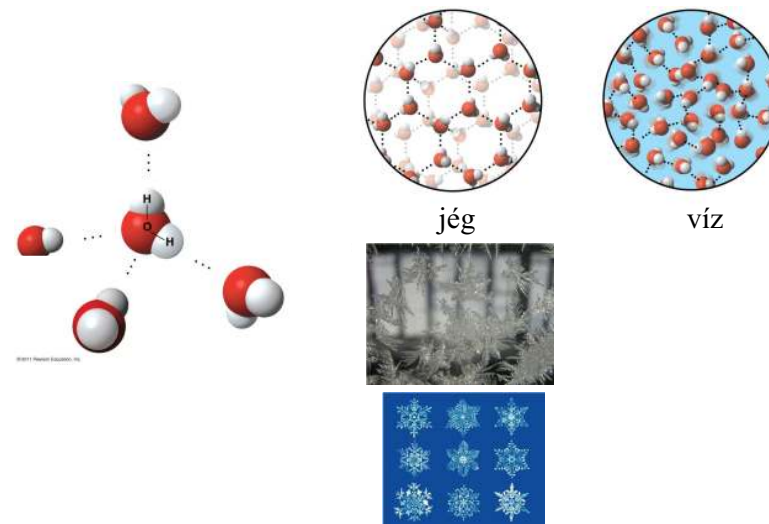
## A hidrogénhíd

Egy intramolekuláris H-híd bontásához szükséges energia  $\sim 1-2 k_B T$



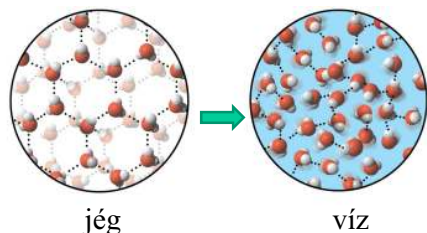
A víz és a szén-dioxid fázisdiagramja.

A legtöbb anyag moláris térfogata a kristályos fázisban kisebb, mint az olvadékban. **Kivétel: a víz**





A víz egyik különlegessége, hogy moláris térfogata 8%-al csökken olvadáskor. Ez azt jelenti, hogy a nyomás növelése az olvadást segíti elő.



Ha víz a többi folyadékhoz hasonló “normális” folyadékként viselkedne, **nem lennének hegyi patakjaink!**

Mi történne, ha a víz a többi anyaghoz hasonlóan viselkedne?

- nem lennének hegyi patakjaink,
- a jég lesüllyedne a vízben,
- folyók teljes egészében befagynának,

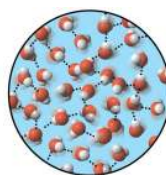
### Víz hőkapacitása

$$Q = C(T) m \Delta T$$

A folyékony víz hőkapacitása jóval nagyobb, mint a többi folyadéké, de nagyobb a szilárdtestek és a gázok hőkapacitásánál is. Ez a víz molekulái között kialakuló számtalan H-híd kölcsönhatás következménye.

$$c_p = 4180 \text{ J/kgK szobahőmérsékleten}$$

**Szerepe az életfolyamatokban:** a testhőmérséklet szabályozása a nagy hőkapacitás segítségével

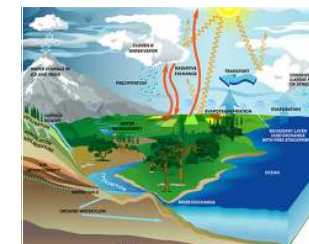
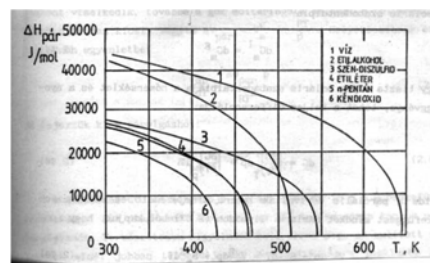


víz

$$E_H = 4 - 40 \text{ kJ / mol}$$

Egy 60 kg-os személy megközelítőleg 10 MJ nagyságú hőt ad le naponta, ha rendszeren táplálkozik. Ez adiabatikus körülmények között 42 C°-os hőmérséklet emelkedést jelent

A víz nagy párolgáshője miatt egységnyi térfogatban több energiát tárol, mint a többi „normális” folyadék.



$$Q_{\text{párolg}} = 2,3 \cdot 10^6 \text{ J/kg szobahőmérsékleten}$$

**Szerepe az életfolyamatokban:** hatékony hűtőfolyadék a hőmérséklet szabályzásban (izzadás).

Kedveli a poláros felületeket (pl. cellulóz)  
(kapilláris emelkedés)



Nem kedveli az apoláros felületeket  
(pl. teflon)



## Nagy felületi feszültség

$$\gamma = 72,7 \text{ mN / m} \quad 25 \text{ C}^\circ\text{-on.}$$

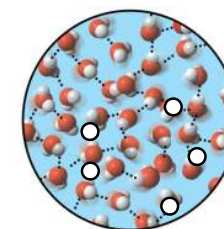


**Szerepe az életfolyamatokban:** intenzívebb folyadék felszívódás.



## Jó oldószer

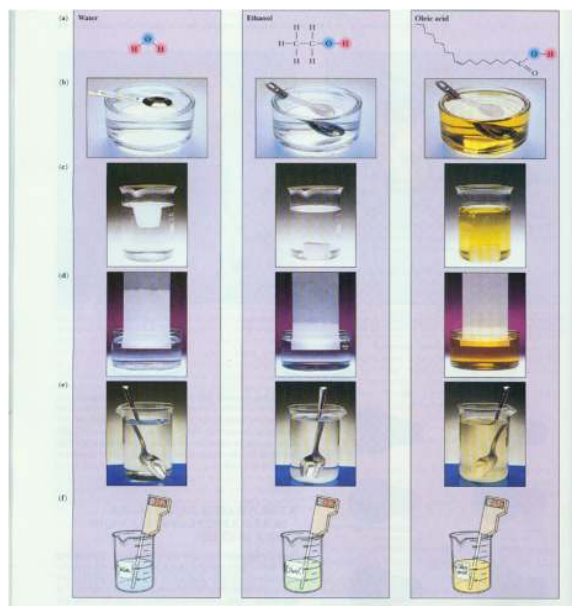
A hézagos vízszerkezet miatt jó oldószere a gázoknak ( $O_2$ ,  $CO_2$ , ...).



A jól elegyedik poláros molekulákkal  
( $CH_3CH_2OH$ )

Mengyelejev szabadalma alapján



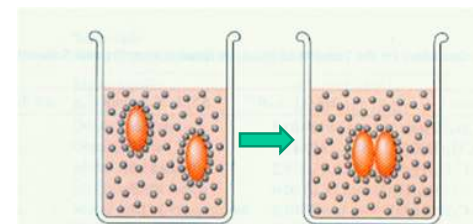


## Apoláros molekulák oldása vízben

### Hidrofób kölcsönhatás

**hajtóerő**  $\rightarrow \Delta S > 0 \rightarrow \Delta G < 0$

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S$$



$$\Delta H > 0$$

$\Delta S > 0 \rightarrow \Delta G < 0$

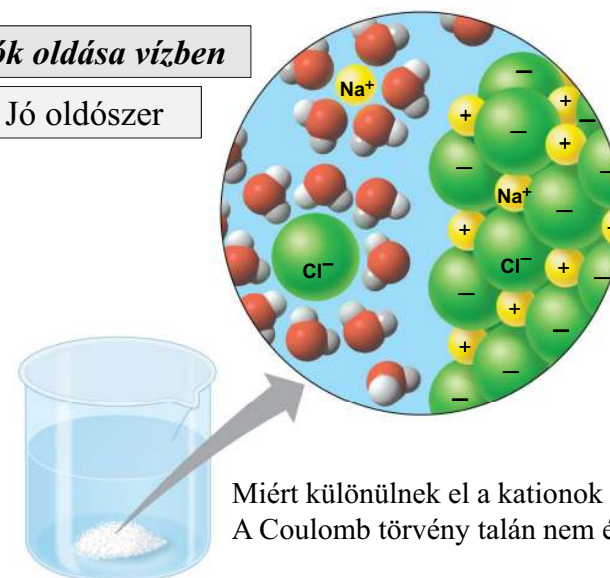


W. Kauzman



## Sók oldása vízben

Jó oldószer



Miért különülnek el a kationok és az anionok?  
A Coulomb törvény talán nem érvényes?

## Coulomb törvény

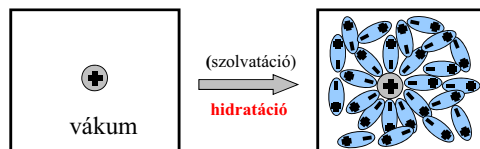
### Vákumban!

$$\mathbf{f}_{1,2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{1,2}^2} \cdot \mathbf{e}_{1,2}$$

$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ J}^{-1} \text{ C}^2 \text{ m}^{-1}$$



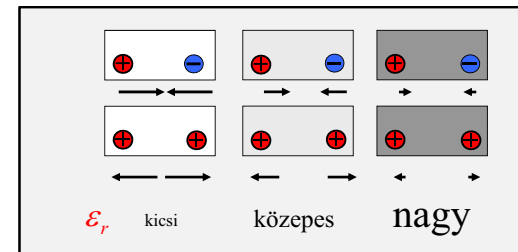
### Közeg hatás!



$$\mathbf{f}(\mathbf{r}_{1,2}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{e}_{1,2}$$

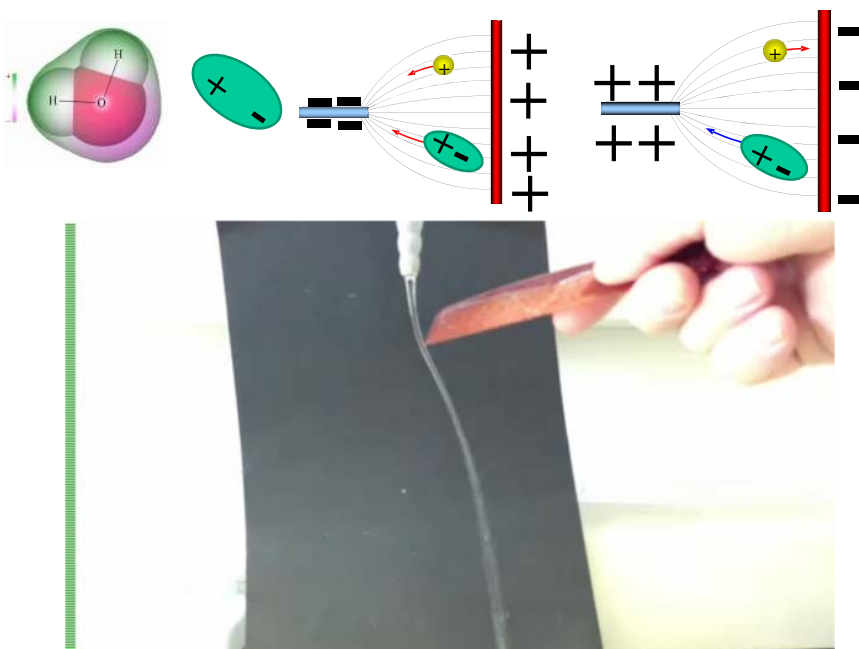
$\epsilon_r$ : relatív permittivitás (dielektromos állandó)

Az **árnyékoló hatás** mértéke a molekula elektronszerkezetének aszimmetriájától függ. Ha a molekula poláros, azaz az elektronok molekulán belüli eloszlása nem egyenletes, hanem aszimmetrikus, akkor ez a hatás erősebb, mint apoláros (szimmetrikus elektroneloszlású) molekulák esetében.



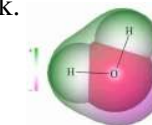
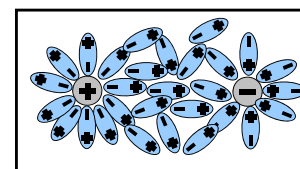
$$\mathbf{f}_c(\mathbf{r}_{1,2}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{q_A q_B}{r^2} \mathbf{e}_{1,2}$$

Anyag	Relatív permittivitás (Dielektromos állandó)
víz	<b>80,1</b>
hangyasav	51,1
dimetil-szulfoxid	47,2
dimetil-formamid	38,3
metanol	33,0
etanol	25,3
aceton	21,0
kloroform	4,8
benzol	2,3
hexán	1,9
levegő	1,0



## Jó oldószer

A vízmolekulák az ionok körül rendezett szerkezetű **hidrát réteget** hoznak létre. Ezt a folyamatot **hidratációnak** nevezzük.



Dielektromos állandó 25 C°-on: 78,54

A különböző előjelű töltések közt ható erők a közeg dielektromos állandójának (relatív permittitásának) növelésével csökkennek.

A **nagy dielektromos állandójú víz** az ionok kölcsönhatásának energiáját több mint 80-ad részére csökkenti. Ez a nagymértékű energia csökkentés felelős a víz kiváló oldó hatásáért.

## Coulomb törvény

Vákuumban!

$$\mathbf{f}_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{1,2}^2} \cdot \mathbf{e}_{1,2} \quad \epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ J}^{-1} \text{ C}^2 \text{ m}^{-1}$$

$$\mathbf{E}_o(\mathbf{r}) = \frac{\mathbf{f}_1}{q_1} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r_{1,2}^2} \cdot \mathbf{e}_{1,2} \quad U(r) = G(r) = \int_{\infty}^r E_o dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2}{r}$$

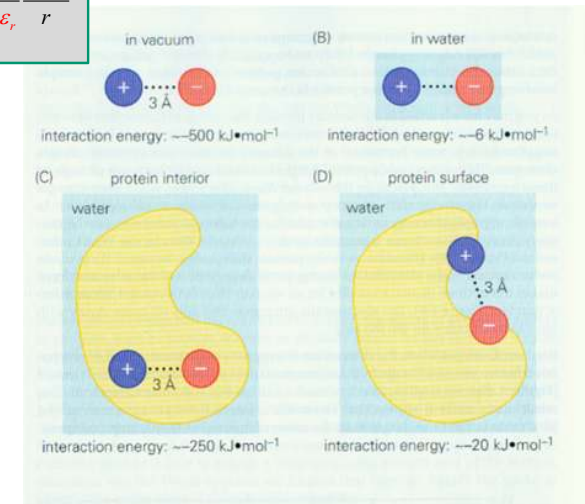
$$U(r) = G(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{1,2}}$$

$$r_{1,2} [A] \rightarrow U(r_{1,2}) = \left( \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{1,2}} \right) \cdot 1391 \text{ kJ/mol}$$

$$S(r) = \frac{\partial G}{\partial T} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon^2 r_{1,2}} \frac{\partial \epsilon}{\partial T} \quad \Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

## Közeg hatás

$$u_c(r) = \frac{1}{\epsilon_r} \cdot u_{c,o}(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_o \epsilon_r} \frac{q_A q_B}{r}$$



Energia-, vagy entrópikus eredetű a hidratált ionok közötti kölcsönhatás ?

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta U(r) = \Delta G(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_o \epsilon_r} \frac{q_1 q_2}{r}$$

$$\Delta S(r) = \frac{\partial \Delta G}{\partial T} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_o \epsilon_r^2 r} \frac{\partial \epsilon_r}{\partial T}$$

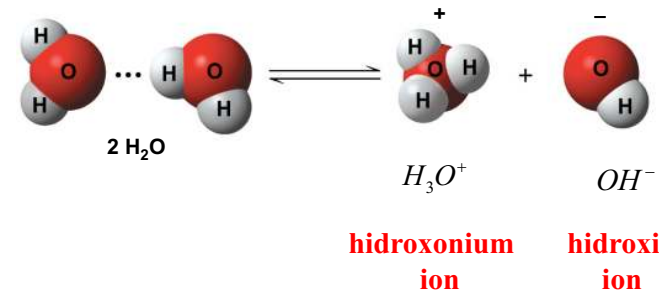
$$\Delta S(r) = \frac{\partial \Delta G}{\partial T} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_o \epsilon_r^2 r} \frac{\partial \epsilon_r}{\partial T} = \Delta G \frac{1}{\epsilon_r} \frac{\partial \epsilon_r}{\partial T}$$

$$\frac{1}{\epsilon_r} \frac{\partial \epsilon_r}{\partial T} = -0,0046 \rightarrow \Delta S = -0,0046 \cdot \Delta G \rightarrow T\Delta S = -1,38 \cdot \Delta G$$

Meyer B. Jackson: kísérleti adatokból

↑  
entrópikus eredet!

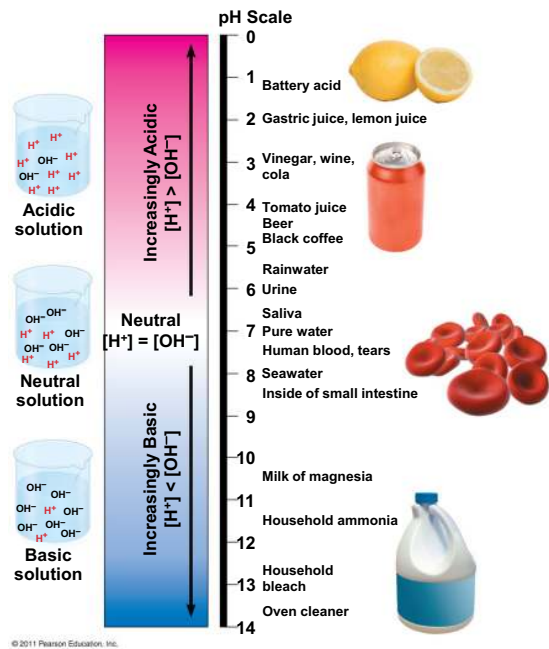
## Autoprotolízis



$$K_v = 10^{-14} \rightarrow pH \quad 10^{-7} \text{ mol/dm}^3 \quad 10^{-7} \text{ mol/dm}^3$$

**Szerepe az életfolyamatokban:** savas, semleges és lúgos formában egyaránt előfordulhat.





Testnedvek, -folyadékok pH értéke		
Szerv, folyadék vagy membrán	pH	pH funkciója
Bőr	4-6,5	Védelem a mikrobák ellen
Vizelet	4,6-8,0	Korlátozza a mikrobák túlszaporodását
Gyomor	1,35-3,5	Fehérjebontáshoz szükséges
Epe	7,6-8,8	Semlegesíti a gyomorsavat, segíti az emésztést
Hasnyálmirigy folyadék	8,8	Semlegesíti a gyomorsavat, részt vesz az emésztésben
Agyl-gerincvelői folyadék	7,3	Védelmet képez
Intracelluláris folyadék	6,0-7,2	A sejtek savtermelésének megfelelően
Vérszérum, vénás	7,35	Szűk határokon belül szabályozott
Vérszérum, artériás	7,45	Szűk határokon belül szabályozott

MNO grafika/ Kötél Kinga



**Készítve**

**ÓVAKODJ !**



AZÉRT MERT MILLIÓAN HISZÜNK  
EGY BOLOND DOLOGBAN

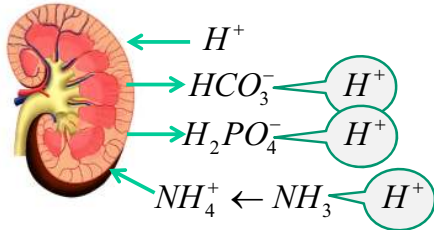
Attól az még bolondság marad

www.furedi.com

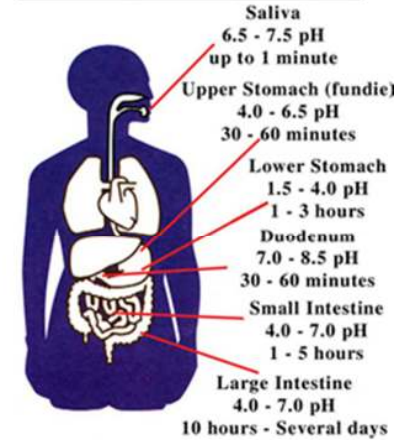


## A vér pH-ja

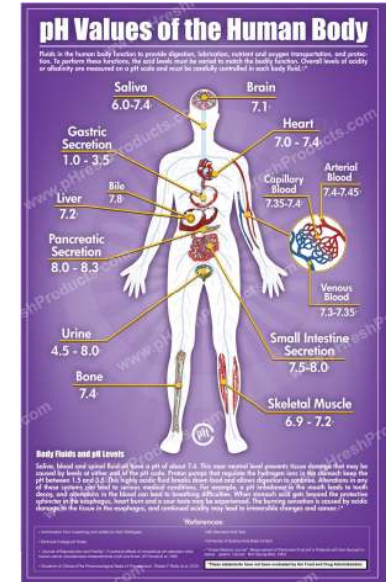
M=70 kg  $\rightarrow$  0,1 mol  $H^+$   
12 mol  $CO_2$  }  $pH=?$



## The Human Digestive Tract pH Range Chart



The diagram illustrates the average time food spends in each part of the digestive system along with the average pH.



## A szervezet folyadékterei

### Intracelluláris folyadéktér ICF

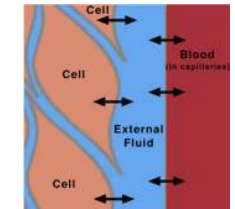
A sejten belüli folyadékmennyiséget jelöli.  
A testsúly kb. 36 %-a (25 l).

### Extracelluláris folyadéktér ECF

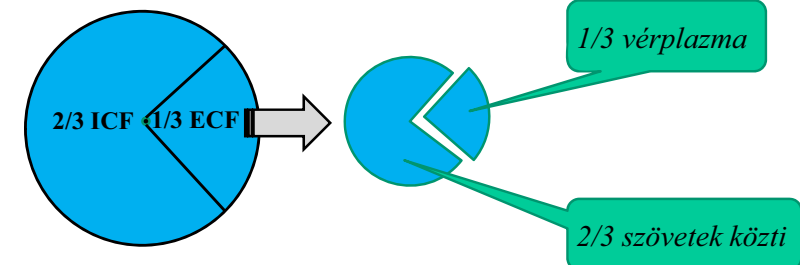
A sejten kívüli összes folyadékmennyiséget jelöli.  
A testsúly kb. 24 %-a (17 l).

Plazmavíz  
Intersticiális folyadék  
Fibrózus kötőszövet  
Csontállomány víztartalma  
Transzcelluláris folyadék

## Vizes oldatok sejtszintű megoszlása



víz  $\rightarrow$  Intracelluláris folyadék (ICF)  
 $\rightarrow$  Extracelluláris folyadék (ECF)



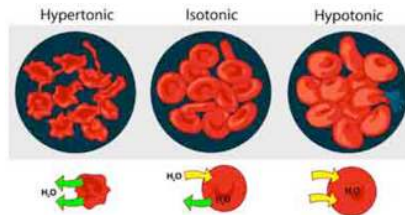
**Izotóniás oldatok:** ha két különböző oldat ozmózisnyomása egyező

Ha a koncentráció kisebb, mint az izotóniás oldaté, akkor:

víz → sejt **hipotóniás oldat**  
Az extracelluláris térfogat növekszik.

Ha a koncentráció nagyobb, mint az izotóniás oldaté, akkor:

környezet ← sejtvíz **hipertóniás oldat**  
Az intracelluláris térfogat csökken



Testfolyadék összetétele

anyag	ICF [%]	ECF	
		szöveti [%]	plazma[%]
$K^+$	75	3	3
$Mg^{2+}$	17	1	1
$Na^+$	6	94	94
$Ca^{2+}$	2	2	2
protein	27	-	10
$PO_4^{3-}$	20	1	1
$HCO_3^{2-}$	6	18	16
$Cl^-$	2	77	69
más	45	4	4

## Vér

Felnőtt ember keringő vértömege az össztömegének 6 -8 %-a.  
(4 – 6 l)

Összetétele: vérplazma 55%, alakos elemek 45%.

Víz 90- 92% protein 8- 10% Na, K, Ca 1%  
albumin globulin fibrinogén

Viszkozitása 4 -5 szöröse a vízének ( 3 – 6 mPas)

Sűrűsége:  $1060 \text{ kg} / \text{m}^3$  pH: 7,35–7,45

Osmolaritása: 300 mOsm (0.3 Osm)

Hőmérséklete: 38°C

Legfontosabb szerepe: **anyag**transzport és **energia**(hő)transzport



5 millió vörösvértest minden  $\text{mm}^3$ -ben.

0,8 % bomlik és keletkezik minden nap

