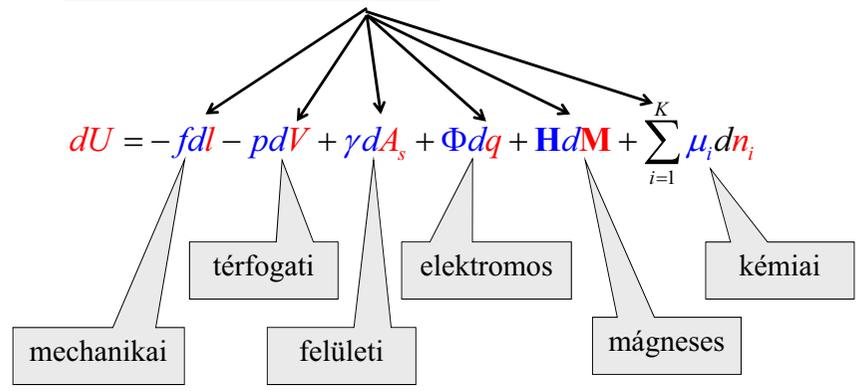


Az egyes elemi kölcsönhatások energiáseréi milyen általános formában írhatók fel?
Adja meg a mechanikai kölcsönhatáshoz tartozó energiát.

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.**

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

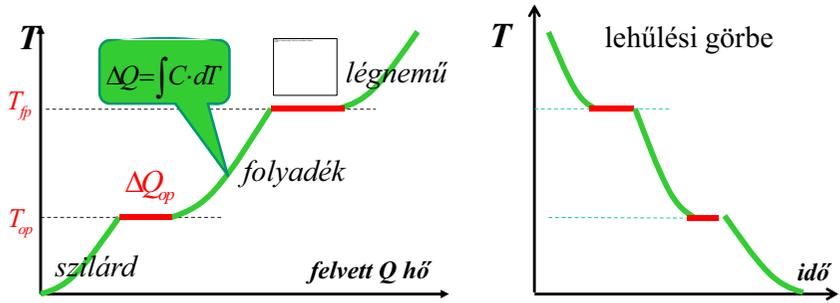
$$\Delta W_{mech} = \Delta U - \Delta Q - \sum_i \Delta W_i$$

Egy termodinamikai rendszer akkor képes munkavégzésre ($\Delta W_{mech} < 0$), 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

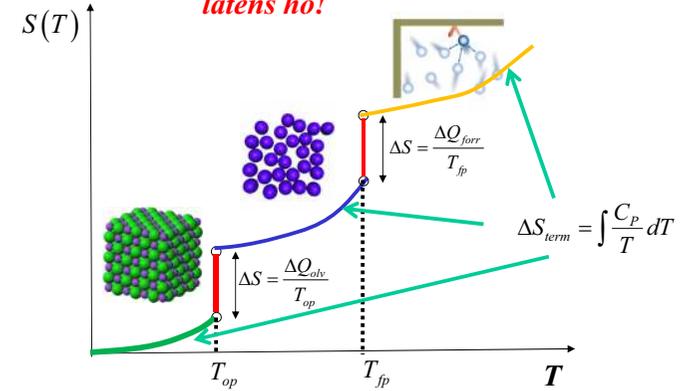
Hő hatására
 → a hőmérséklet változik
 → a hőmérséklet nem változik
látens hő!



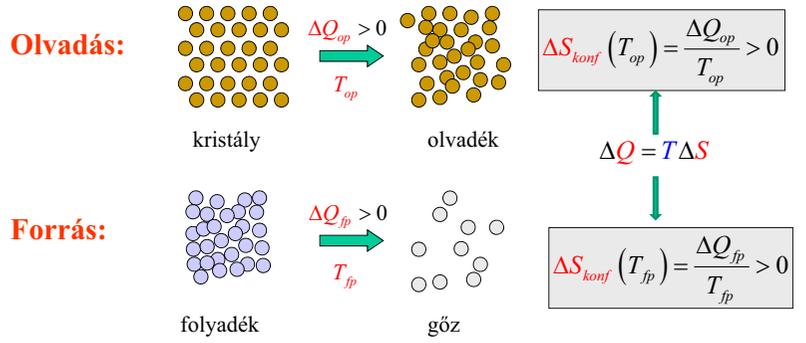
Az entrópiát a hőhatáson keresztül vezetjük be, de.....

Kétféle hőhatás → **Kétféle entrópia**

HŐ
 → a hőmérséklet változik → **termikus entrópia**
 → a hőmérséklet nem változik → **konfigurációs entrópia**
látens hő!



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

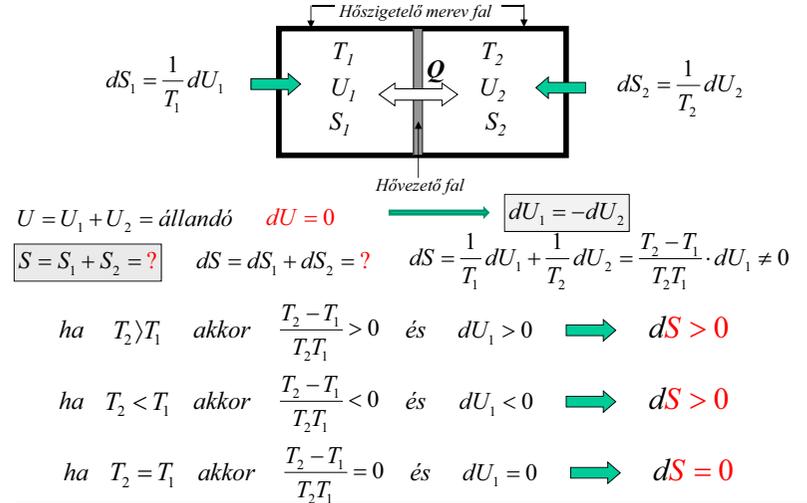


Az állandó hőmérsékleten lejátszódó (fázis)átalakulás során az **entrópia a rendezetlenség növekedésével együtt nő.**

Az entrópia a molekuláris rendezetlenség mértéke

Az entrópia nem megmaradó extenzív mennyiség!

Elszigetelt rendszer Az energia megmaradó mennyiség



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 $dV_1 > 0$ $\rightarrow dS > 0$

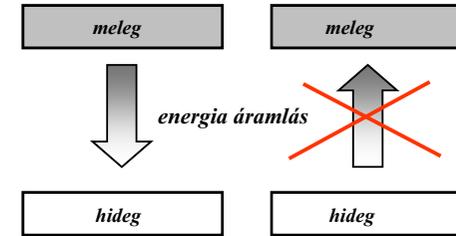
ha $p_1 < p_2$ akkor $\frac{p_1}{T} - \frac{p_2}{T} < 0$ és $dV_1 < 0$ $\rightarrow dS > 0$

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. főtétele 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!

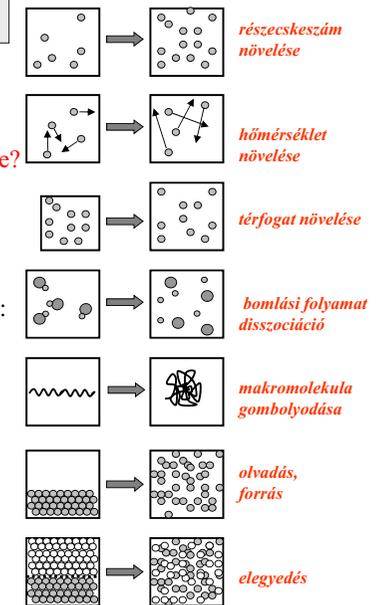
Boltzmann összefüggés:

$$S = k_B \ln W$$



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

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, CH₄
S° = 186.3 J mol⁻¹ K⁻¹



Ethane, C₂H₆
S° = 229.6 J mol⁻¹ K⁻¹



Propane, C₃H₈
S° = 270.3 J mol⁻¹ K⁻¹

TABLE 19.2 Standard Molar Entropies of Selected Substances at 298 K

Substance	S°, J/mol-K
Gases	
H ₂ (g)	130.6
N ₂ (g)	191.5
O ₂ (g)	205.0
H ₂ O(g)	188.8
NH ₃ (g)	192.5
CH ₃ OH(g)	237.6
C ₆ H ₆ (g)	269.2
Liquids	
H ₂ O(l)	69.9
CH ₃ OH(l)	126.8
C ₆ H ₆ (l)	172.8
Solids	
Li(s)	29.1
Na(s)	51.4
K(s)	64.7
Fe(s)	27.23
FeCl ₃ (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

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

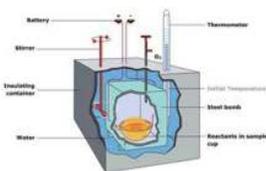
$$dH = dU + d(pV) = TdS \quad \leftarrow \text{hő}$$

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

$$H = U + pV$$

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

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



A szabadenergia

Csak termikus és mechanikai kölcsönhatást vizsgáljunk

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

$$dA = dU - d(TS) = -pdV = dW_{mech} \quad \leftarrow \text{mechanikai munka}$$

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

$$A = U - TS$$

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

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

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

kémiai kölcsönhatás energiája

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

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

$$G = H - TS$$

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

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* $\Delta S > 0$

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

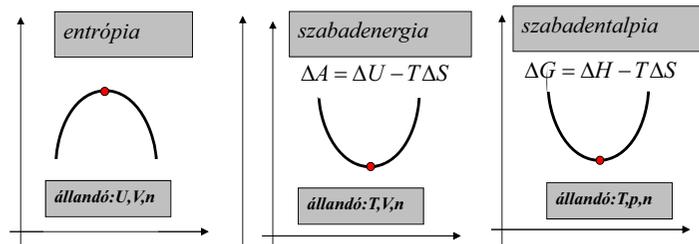
Izoterm rendszerben $\Delta A < 0$

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

Izoterm - izobár rendszerben $\Delta G < 0$

A termodinamikai egyensúly feltétele

<i>karakterisztikus függvény</i>	<i>környezeti kölcsönhatás</i>	<i>az egyensúlyhoz tartozó szélsőérték</i>	<i>önként lejátszódó folyamat során</i>
$S(U, V, n)$	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

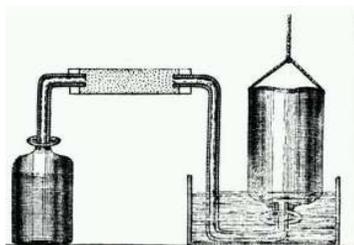
(2014)

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 szervezetünkől 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

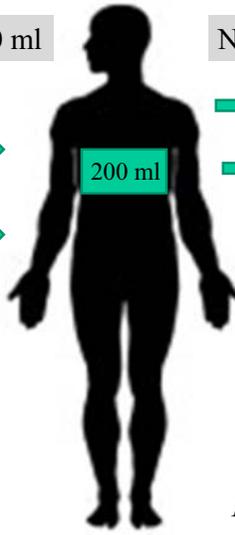
vizelet 1500 ml

étel 700 ml

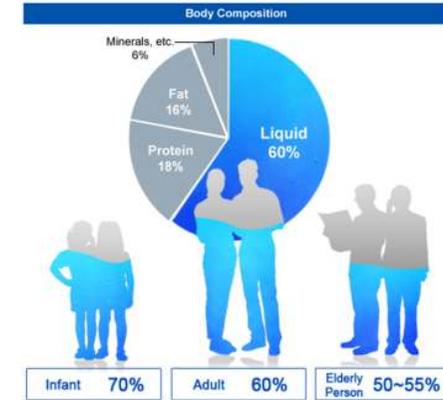
széklet 200 ml

párolgás 400 ml

izzadás 100 ml

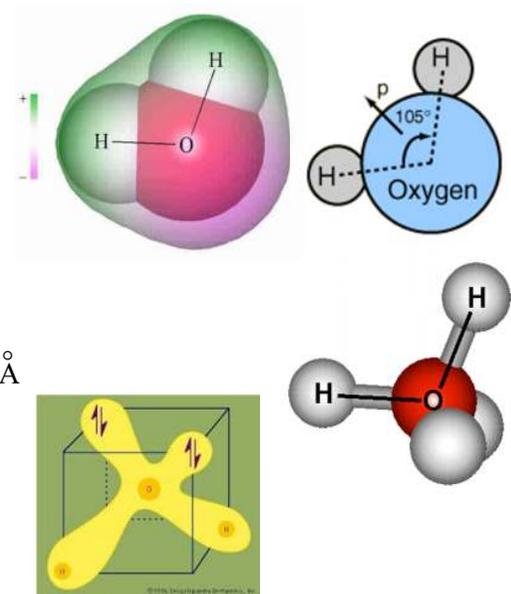
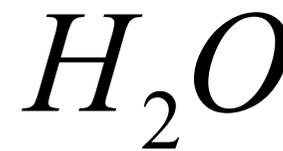
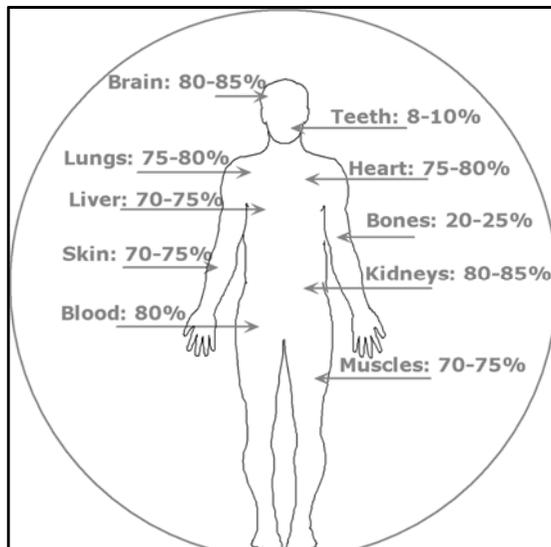


Ezek átlagos mennyiségek!



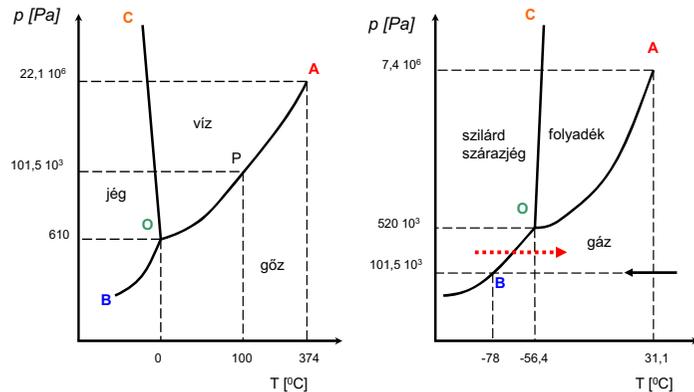
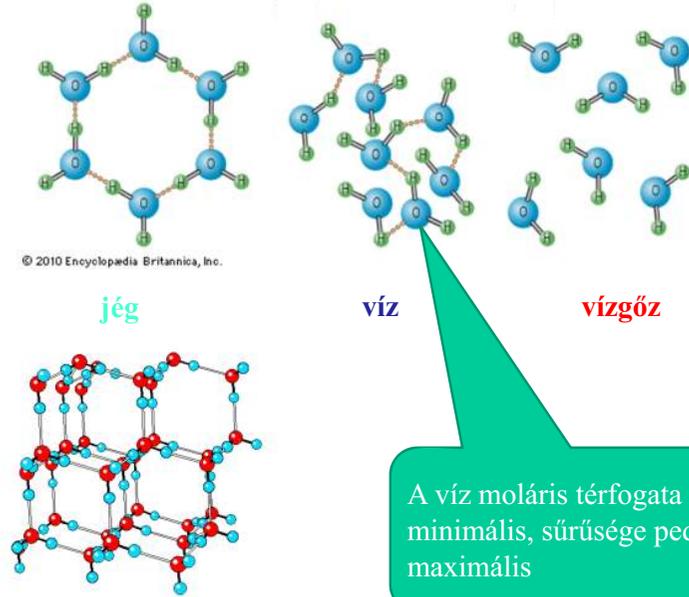
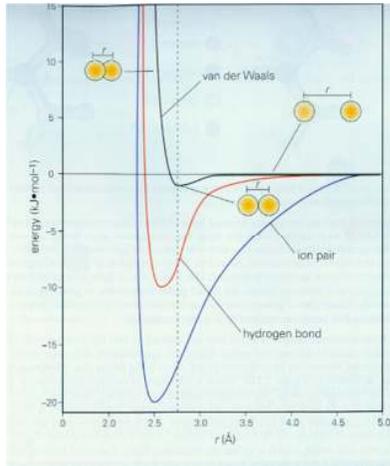
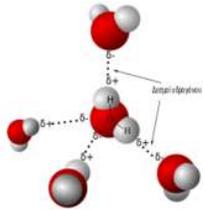
70 kg-os férfi szervezet átlagos folyadékmennyisége: 42 l.

Különböző testrészek átlagos folyadék tartalma



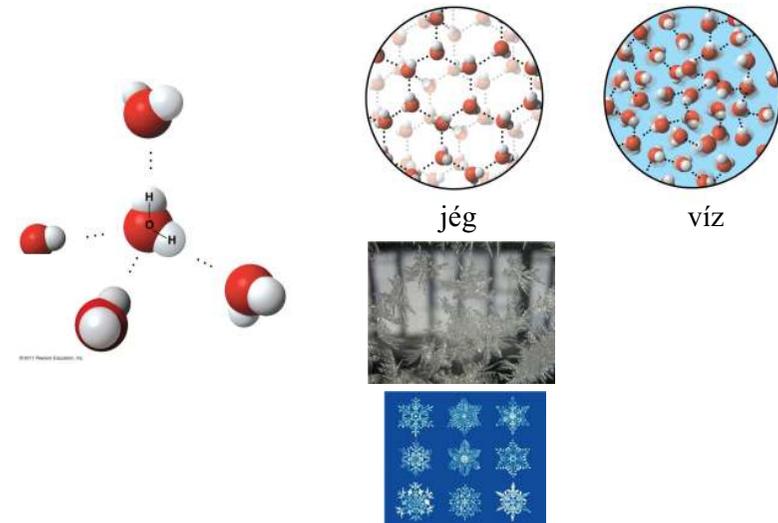
A hidrogénhíd

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

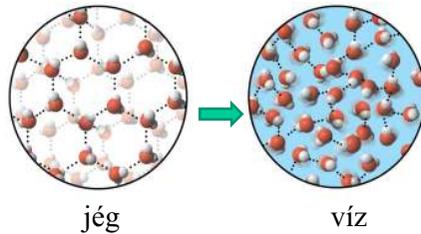


A víz és a szén-dioxid fázisdiagramja.

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?

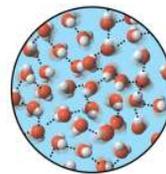
- nem lennének hegyi patakjaink,
- a jég lesüllyedne a vízben,
- folyók teljes egészében befagynának,

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.

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



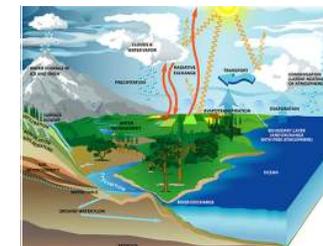
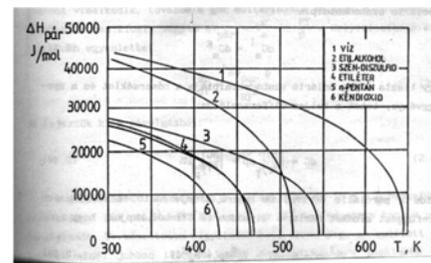
víz

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

Szerepe az életfolyamatokban: a testhőmérséklet szabályozása a nagy hőkapacitás segítségével

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).

Nagy felületi feszültség

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



Szerepe az életfolyamatokban: intenzívebb folyadék felszívódás.

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

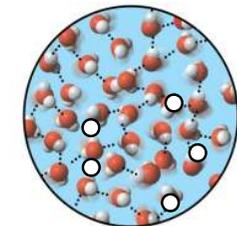


Nem kedveli az apoláros felületeket
(pl. teflon)



Jó oldószer

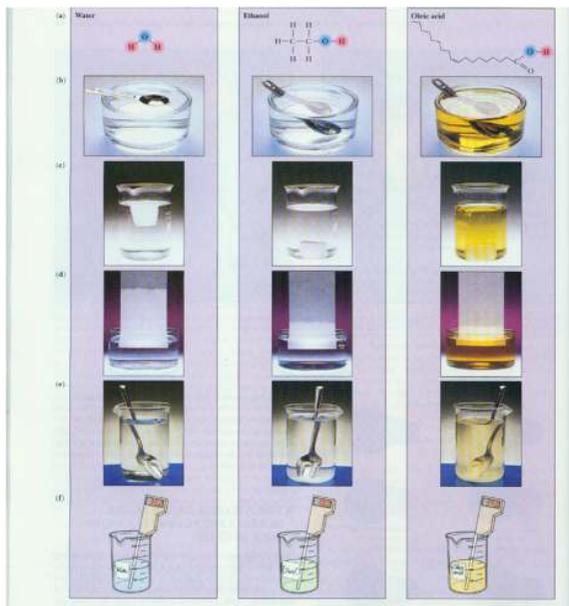
A hézagos vízszerkezet miatt jó oldószere a gázoknak (O_2 , CO_2 , ...).



A jól elegyedik poláros molekulákkal
(CH_3CH_2OH)

Mengyelejev szabadalma alapján →





Apoláros molekulák oldása vízben

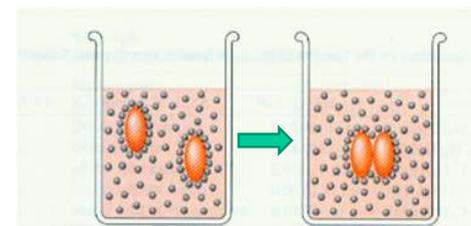
Hidrofób kölcsönhatás



W. Kauzman

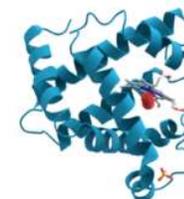
hajtóerő $\rightarrow \Delta S > 0 \rightarrow \Delta G < 0$

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



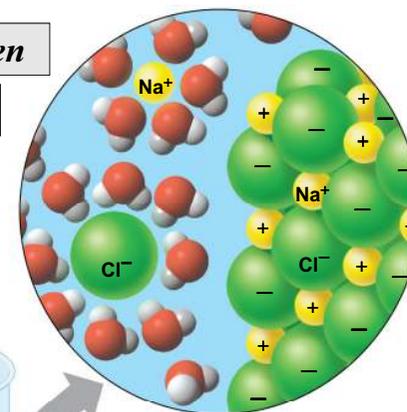
$$\Delta H > 0$$

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



Sók oldása vízben

Jó oldószer



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

Coulomb törvény

Vákumban!

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

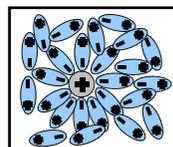
$$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ J}^{-1} \text{ C}^2 \text{ m}^{-1}$$



Közeg hatás!



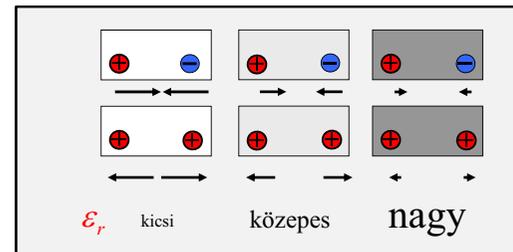
(szolvatáció)
hidratáció



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

ϵ_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.

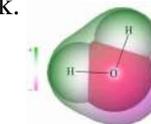
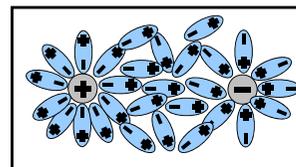


$$\mathbf{f}_c(\mathbf{r}_{1,2}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r} \frac{q_A q_B}{r^2} \mathbf{e}_{1,2}$$

Anyag	Relatív permittivitás (Dielektromos állandó)
víz	80,1
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

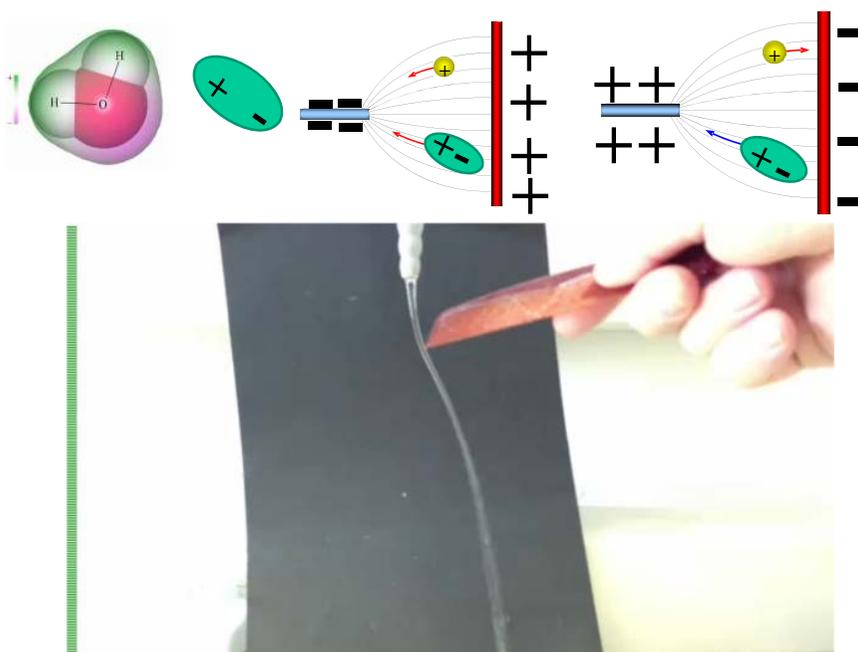
A vízmolekulák az ionok körül rendezett szerkezetű **hidrát réteget** hoznak létre. Ezt a folyamatot **hidratációnak** nevezzük.



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 nagymérvű energia csökkentés felelős a víz kiváló oldó hatásáért.



Coulomb törvény

Vákuumban!

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

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

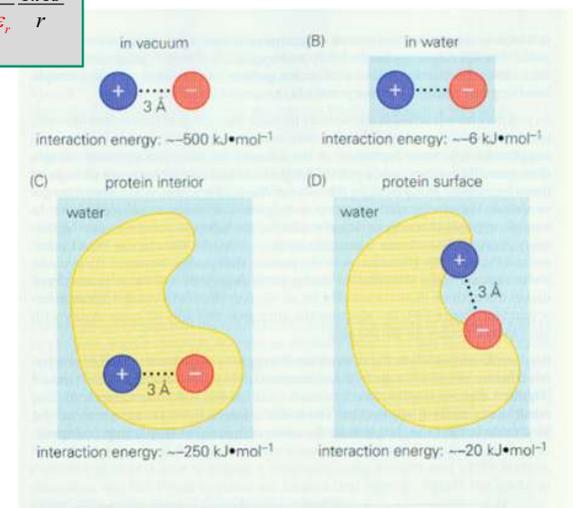
$$U(r) = G(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{1,2}}$$

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

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

Közeg hatás

$$u_c(r) = \frac{1}{\epsilon_r} \cdot u_{c,o}(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r} \frac{q_A q_B}{r}$$



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

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

$$\Delta U(r) = \Delta G(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r} \frac{q_1 q_2}{r}$$

$$\Delta S(r) = \frac{\partial \Delta G}{\partial T} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r^2 r} \frac{\partial \epsilon_r}{\partial T}$$

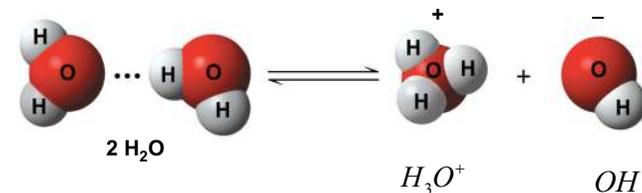
$$\Delta S(r) = \frac{\partial \Delta G}{\partial T} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon_r^2 r} \frac{\partial \epsilon_r}{\partial T} = \Delta G \frac{1}{\epsilon_r} \frac{\partial \epsilon_r}{\partial T}$$

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

Meyer B. Jackson: kísérleti adatokból

↑
entrópikus eredet!

Autoprotolízis

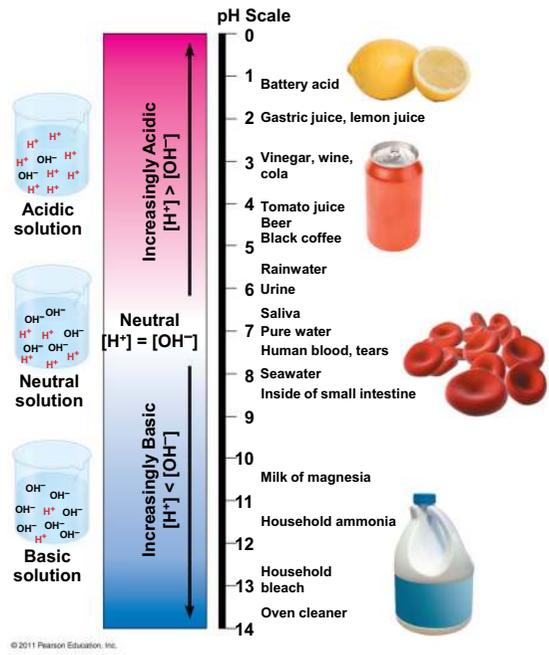


hidroxonium
ion

hidroxid
ion

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

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 túlzaporodását
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

Savas karakterűek	Lúgos karakterűek	Semlegesek
Gabonából készült kenyér	Sajtok	Vaj
Egyéb gabonából készült élelmiszerek	Tészta	Édességek
Majonéz	Lekvár	Fekete kávé
Szilva	Tej	Kukoricakeményítő
Hús	Szella gesztenye	Dzsidószir
Dió	Mandula	Margarin
Földimogyoró	Melasz	Növényi olaj
Hüvelyesek	Legtöbb zöldség	Kristálycukor

Grafika: MNO Grafika / Máté István

KÉSZÍTVEZÉS

ÓVAKODJ !

FÜREDI Orion ivóvíz

pH 9.3

10-04-17 0807

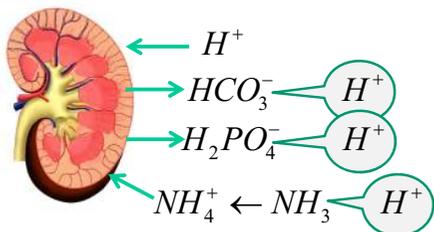
AZÉRT MERT MILLIÓAN HISZÜNK EGY BOLOND DOLOGBAN

Attól az még boldogság marad!

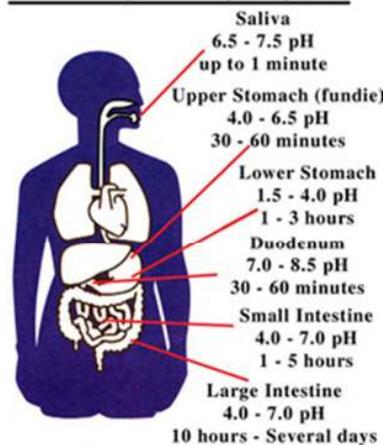
www.furedi.com

A vér pH-ja

M=70 kg → 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 folyadékter ICF

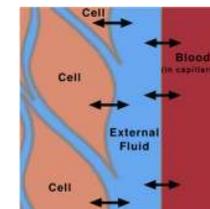
A sejten belüli folyadék-
mennyiséget jelöli.
A testsúly kb. 36 %-a (25 l).

Extracelluláris folyadékter ECF

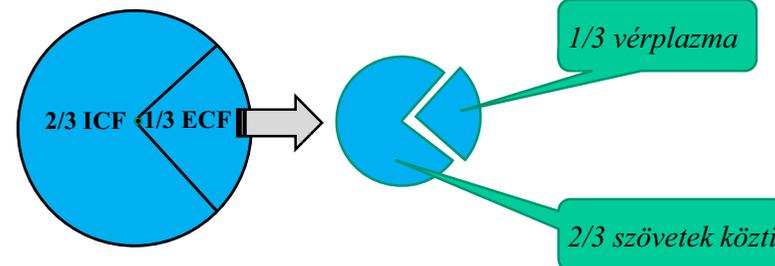
A sejten kívüli összes
folyadékmennyiséget jelöli.
A testsúly kb. 24 %-a (17 l).

Plazmavíz
 Intersticiális folyadék
 Fibrózus kötőszövet
 Csontállomány víztartalma
 Transzcelluláris folyadék

Vizes oldatok sejtszintű megoszlása



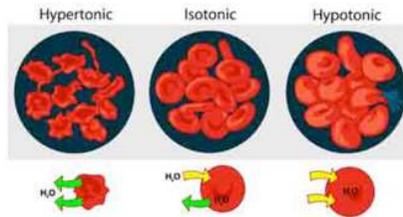
víz → Intracelluláris folyadék (ICF)
→ Extracelluláris folyadék (ECF)



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



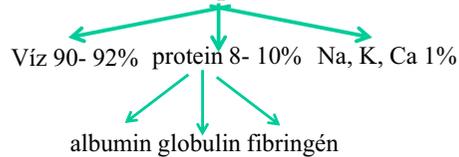
Testfolyadék összetétele

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%.



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

Sűrűsége: 1060 kg / m³ 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 mm³-ben.

0,8 % bomlik és keletkezik minden nap

