

Biofizika - Vázsga (2019)

Zrínyi Miklós tételso:

1. Biológiai termodinamikai rendszer:

• irányfüggőség → izotróp
→ anizotróp

nyílt
anyag,
E-dramlás

zárt
E-dramlás

elszigetelt
E anyag és E-dramlás

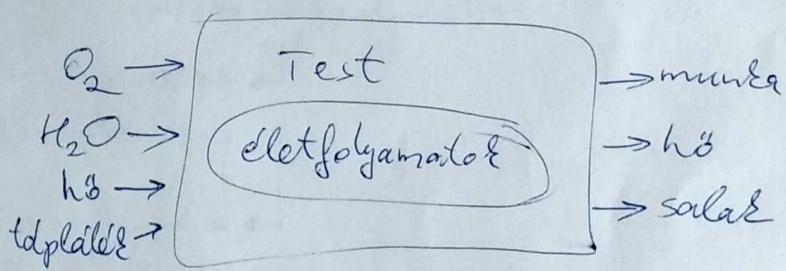
Típusai: áll.

- izochor V
- izoterm T
- izobar P
- adiabatikus $dQ=0$

• mennyiség → extenzív pl.: m, E, Q (additív, megmaradó, függ a rendszer nagyságától)
→ intenzív pl.: T, P, Φ (nem függ a rendszer nagyságától, nem additív)

• Termodinamikai egyensúly: intenzív mennyiség eloszlása homogén

• Biológiai termodinamikai rendszer:

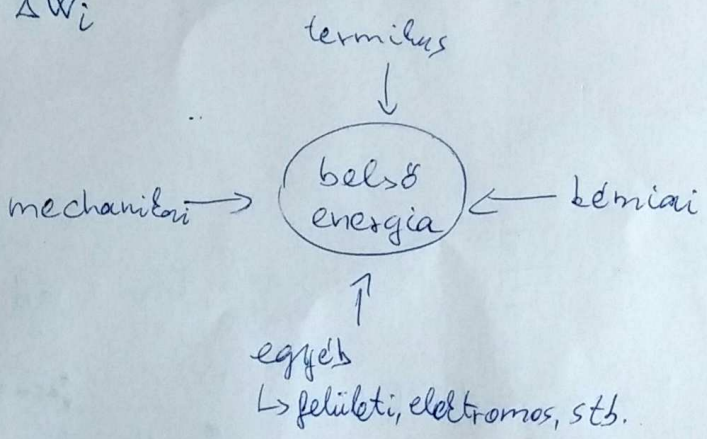


• nyitott rendszer
• környezettel együtt zárt rendszer

↳ élő sejtekben lezajló biokémiai folyamatok átést mennek végbe, mert a rendszernek és környezetének az összes entrópiája növekszik

2. A belső energia megváltozása és elemi energiabizelési típusok:

$$\Delta U = \Delta Q + \sum_i \Delta W_i$$



Belső E:

- extenzív
- additív
- abszolút értéket nem ismerjük
- ↳ csak ΔU -ról beszélhetünk

y_i : intenzív
 x_i : extenzív

$$dU = dW_{\text{mech}} + dW_{\text{term}} + dW_{\text{felületi}} + dW_{\text{elektrosz.}} + dW_{\text{mágneses}} + dW_{\text{kémiai}} + \dots = \sum_i dW_i \quad (1)$$

Kölcsönhatás	Intenzív menny.	Extenzív menny.	Elemi energiacsere
1. kémiai	kémiai potenciál μ	anyagmennyiség (n)	$W_{\text{kém}} = \sum_i \mu_i dn_i$
2. mechanikai	nyomás $-P$	térfogat V	$W_{\text{mech}} = -PdV$
3. határfelületi	felületi fesz. γ	felület A_s	$W_{\text{felületi}} = \gamma dA_s$
4. elektrostatikus	potenciál Φ	töltés q	$W_{\text{elstz.}} = \Phi dq$
5. mágneses	téserősség H	mágnesesség M	$W_{\text{magn}} = HdM$
6. elektromos	télerősség E	polarizáció P	$W_{\text{elst}} = E dP$
7. termikus	hőmérséklet T	entropia S	$W_{\text{term}} = T dS$

3. Az entropia :

↳ a termikus kölcsönhatás a többi kölcsönhatástól függetlenül is megváltoztathatja a belső energiát

$$dW_{\text{term}} = dQ = T dS$$

↳ (termikus) entropia

↳ extenzív mennyiség a T intenzív változóhoz

↳ a belső energia hőhatással előidézett elemi változása

↳ a rendszer rendezettségét jellemzi

↳ csak pozitív mennyiség lehet

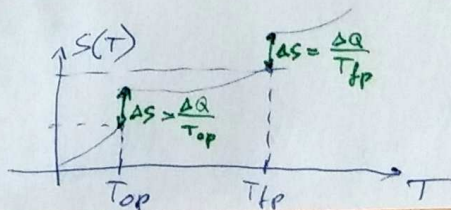
↳ egyensúlyi állapotban a rendszer entropiája maximális

↳ adiabatikusan zárt rendszer entropiája addig nő, míg be nem áll az egyensúly

↳ (P, T) egyensúly

$$\rightarrow dS = \frac{dQ}{T_0} = C \cdot m \cdot \frac{dT}{T_0} \Rightarrow S_{\text{term}} \text{ nö, ha } T \text{ nö}$$

↳ fázisátalakulásnál: $T = \text{all}, S \neq \text{all}$:



4., I. főtétel: $\Delta U = Q + W_{\text{mech}}$

→ energiamegmaradást fejezi ki

↳ termodinamikai folyamatok során E átalakulhat, de nem keletkezik és nem nyelődik el

→ általános alak:

$$dU = \underbrace{dQ}_{Tds} + \underbrace{dW_{\text{mech}}}_{-pdV} + dW_i$$

↳ a rendszer belső E -jének változása = közölt hő + rendszeren végzett munka

↳ egy termodinamikai rendszer akkor képes munkavégzésre, ha

- $\Delta U < 0$ (belső E -jét csökkenti)

vagy

- $W_i > 0$ (Energiaát vesz fel)

→ nem ad felvilágosítást a spontán folyamatok irányáról

→ időben szimmetrikus

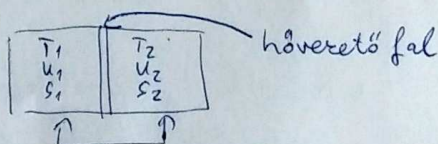
↳ oda-vissza irányú folyamatokat nem különbözteti meg

5., II. főtétel:

elszigetelt rendszerben a kiegyenlítődési folyamatok mindig entropia növekedéssel járnak

→ folyamatok irányát szabja meg

→ elszigetelt rendszer esetén: $dU_1 = -dU_2$ ($dU = Tds$)



$$dS = dS_1 + dS_2 = \frac{dU_1}{T_1} + \frac{dU_2}{T_2} = \frac{dU_1}{T_1} - \frac{dU_1}{T_2}$$

↑ ↓
hőszigetelés

$T_1 < T_2$ és $T_1 > T_2$ esetén is $dS > 0$

6., III. főtétel: tökéletes kristályos anyag entrópiája abszolút nulla föl hőmérsékleten zérus

$$\hookrightarrow \lim_{T \rightarrow 0} S = 0$$

↳ abszolút 0 ~~hőmérséklet~~ hőmérséklet végleges lépésben nem érhető el

7., Entrópia, mint a molekuláris rendezetlenség mértéke:

• microállapot \rightarrow \forall molekula hely-és impulzus koordinátája adott

↳ $\sim 10^{23}$ db egyenlet megoldását jelentené

↳ Megoldás: statisztikus módszer



termodinamikai valószínűség

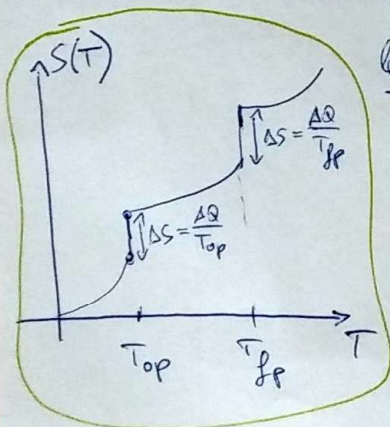
↳ Ω

↳ adott makroállapothoz tartozó microállapotok száma

• makroállapot \rightarrow termodinamikai rendszer állapotváltozókkal megadott állapota

↳ Pl.: rendszer E-ja, oldat koncentrációja, láncvégektől távolsága

Boltzmann: az események természetes iránya olyan, hogy a folyamat végén az egyensúlyi állapot a legtöbb félelépben megvalósítható állapot



$$\hookrightarrow S = k_B \ln \Omega \quad \left(k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} \right)$$

↳ konfigurációs entrópia (S_{termikus} nincs benne!)

↳ adott makroállapothoz tartozó microállapotok számának logaritmusosa

• egyensúly \rightarrow \forall lehetséges állapot közül a legvalószínűbb valószínűség

8. Entalpia, szabadenergia és szabadentalpia.

Nyitott rendszerrel termodinamika.

Entalpia bevezetése:

① $p = \text{áll.}$ (izobár rendszer)

② $dU = Tds - pdV \rightarrow dQ = dU + d(pV) = d(\underbrace{U + pV}_H) = dH$

$$H = U + pV$$

→ állandó nyomáson közölt vagy elvont hő nem a belső energiát, hanem az entalpiát változtatja meg

→ a belső energia izobár körülmények között termikusan hasznosítható része

Szabadenergia:

① $T = \text{áll.}$ (izoterm rendszer)

② $dU = Tds - \underbrace{pdV}_{dW_{\text{mech}}}$ $T = \text{áll.}$

③ $dU = d(TS) - dW_{\text{mech}} \rightarrow dW_{\text{mech}} = d(\underbrace{U - TS}_F) = dF$

$$F = U - TS$$

→ a munkavégzésre fordítható ^{belső-}energia (izoterm esetben)

Szabadentalpia: a belső energia hasznosítható részét adja meg izoterm-izobár környezetben

① $dW_{\text{kémiai}} = \sum_i \mu_i dn_i = \underbrace{dU + pdV}_{dH} - Tds = d(\underbrace{H - TS}_G) = dG$

$G = H - TS \rightarrow p, T = \text{áll.}$ környezetben a belső energia kémiai reakcióval hasznosítható része (5)

Figyelem: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$
↓
molekulák közötti kölcsönhatások energiája
→ molekula szerkezet, rugalmasság energiája

Nyitott rendszerrel termodinamikája:

↳ a szabadenergia vagy szabadentalpia ad támpontot az önként végbemenő folyamatok irányára

↳ $T = \text{áll.}$ (izoterm rendszer) esetén: $dS > 0 \Rightarrow dF < 0$

$T, p = \text{áll.}$ (izoterm-izobár) esetén: $dS > 0 \Rightarrow dG < 0$

Σ: Folyamatok irányát megszabja:

- elszigetelt rendszerben: S
- nyitott rendszerben: F, G

3., A biológiai termitus energiaforgalom mérése:

• direkt kalorimetria

↳ $\Delta Q = Q_{\text{metabolizmus}} + Q_{\text{vesztés}}$ → a távozó E megállapítása tökéletesen szigetelt környezetben
↳ sugárzás, konduktív, konvektív, párolgás, légzés

• indirekt kalorimetria

↳ O_2 felvétel / CO_2 , metán, urea, stb. távozás → a távozó hő mérése

↳ oxidáció - a kémiai kötések belső energiájának felszabadulása

Figyelem:

$$Q = \Delta H = H_{\text{vég}} - H_{\text{kezdeti}}$$

↳ lehetőséget ad a sejtekben lejátszódó kémiai folyamatok energiáját makroszkopikus körülmények között történő vizsgálatára

10., A víz különleges tulajdonságai:

• széles hőmérsékleti tartományban folyékony

• nagy fajhő, hőkapacitás

↳ testhőmérséklet szabályozás

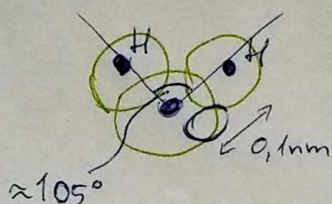
• nagy dielektromos állandó

↳ ionok kölcsönhatásának energiáját 80%-al részére csökkenti

$$\text{↳ } F_C = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{q_1q_2}{r^2} \vec{e}$$

• nagy olvadáshő, párolgáshő

• az O-atom a 2. e⁻ héjában lévő 6 e⁻ (2s²2p⁴) és a 2 H-atom 1s e⁻-jeivel stabil 8-as konfigurációt alkot



↳ ⊕ és ⊖ töltésközpontok nem esnek egybe

↳ nagy permanens dipólusmomentum

• térbeli ~~rács~~ szerkezet is kialakulhat a H-kötések révén

• olvadáskor moláris térfogata 8%-al csökken

11., A víz szerepe az életfolyamatokban:

• „zötött víz”

↳ belül a fehérjemolekulák hidrofóbok, kívül hidrofílok

↳ hidrátként alakul ki

• membránszerkezet stabilizálása

• ionok diffúziója és transzportja

• tápanyag szállítás a sejtekhez

• rugalmas burkot alkot

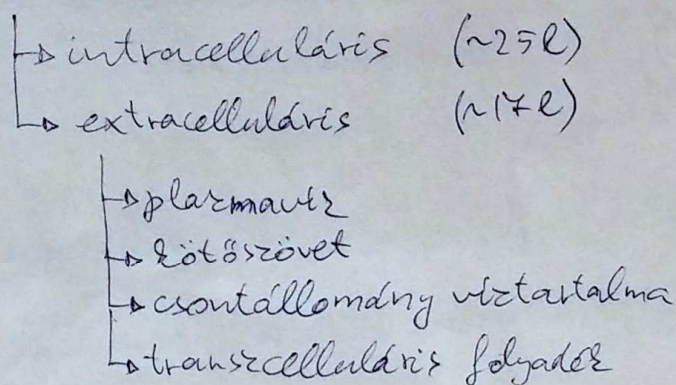
• tartantartja a sejtek elektromágneses téréhez szükséges

e⁻ - p⁺ szintet

12) Testfolyadék:

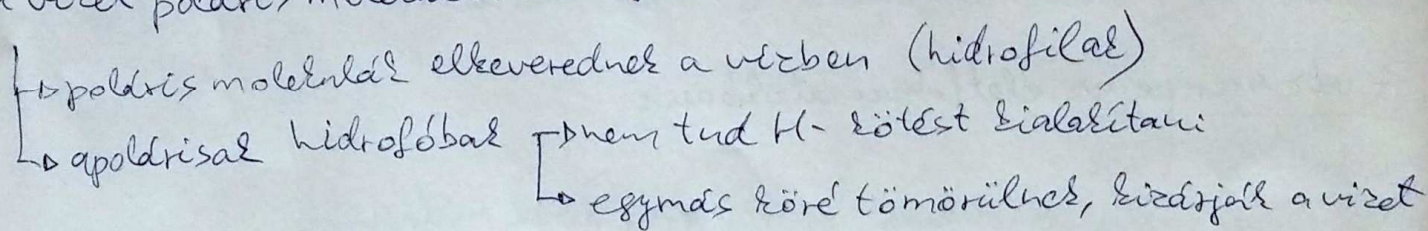
Szerv, folyadék, membrán	pH	pH funkciója
bőr	4-6,5	véd a mikroba ellen
vizelet	4,6-8	korlátozza a mikroba túlszaporodását
gyomor	1,35-3,5	fehérjebontás
epe	7,6-8,8	gyomorsav semlegesítés
hasnyálmirigy folyadék	8,8	emésztés
agyi-gerincvelői foly.	7,3	védelem
intracelluláris foly.	6,0-7,2	savtermelés a sejtekben
vénés/arteriális vér	7,35/7,45	

A szervezet folyadékterei:



13. Hidrofób kölcsönhatás:

• a vízet poláris molekulák alkotják H-kötéssel



• egyensúlyra törekvés (entropianövekedés) miatt:

↳ a vízmolekulák a rendezettséget úgy csökkentik, hogy kizárják maguk közül a hidrofób molekulákat

↳ a kialakított szabályos határfelületének méretét csökkentik a hidrofób molekuláknak

↳ kisebb részt tesz rendezetté

14, Biológiai és ipari anyagok összehasonlítása:

- nem-hierarchikus \leftrightarrow hierarchikus
- állandó \leftrightarrow megújuló
- korrozív \leftrightarrow öngyógyulás
- passzív \leftrightarrow alkalmasodó
- mérnöki struktúra \leftrightarrow önszerveződő
- e^- \leftrightarrow ion
- természetesen állandó \leftrightarrow hőm. érzékeny ($0^\circ\text{C} - 42^\circ\text{C}$)
- folytonos E ellátás \leftrightarrow szakaszos -||-
- műanyag \leftrightarrow makromolekulák
- változatos E forrás \leftrightarrow ATP
- kemény, merev, szilárd \leftrightarrow nedves, rugalmas, lágy

15, Makromolekulák térszerkezetét meghatározó kölcsönhatások:

- elektrosztatikus kölcsönhatások

\rightarrow Coulomb - hosszútávú $\frac{1}{\epsilon_0 \epsilon_r} \frac{q_1 q_2}{r^2}$

\rightarrow dipól kölcsönhatások (Van der Waals) $\sim r^2$

- hidrofób kölcsönhatás \rightarrow szén-hidrogénnel és víz kölcsönhatása E-befeltételt igényel

- hidrataációs energia

- kovalens kötés

\rightarrow az egyszeres kovalens kötés megengedi a forgást

\rightarrow a többszörös megkötéssel az alapot

6. Entropia és makromolekulák rugalmassága:

• deformáció $\sim S$ a rugalmas anyagoknál (pl.: lágy csövet, gél, stb.)

↳ az anyag rugalmasságában a belső F vagy az entropia változás dominál

↳ $W_{\text{mech}} = -f \Delta r$
 (2) $dF = f dr$
 (3) $F = U - TS$

$$f = \frac{dF}{dr} = \frac{dU}{dr} - T \frac{dS}{dr}$$

← Olyan esetben igaz, ahol nincs térfogatváltozás, csak alakváltozás.

↳ az anyag rugalmasságát befolyásolja

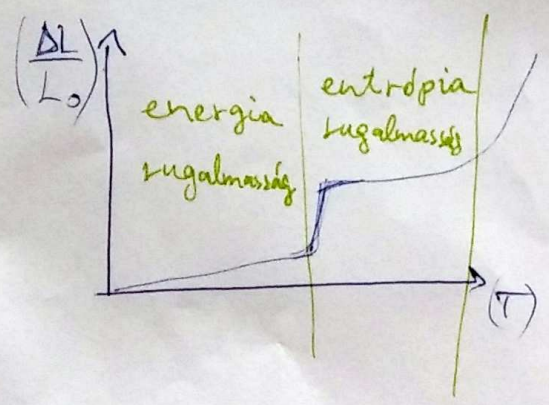
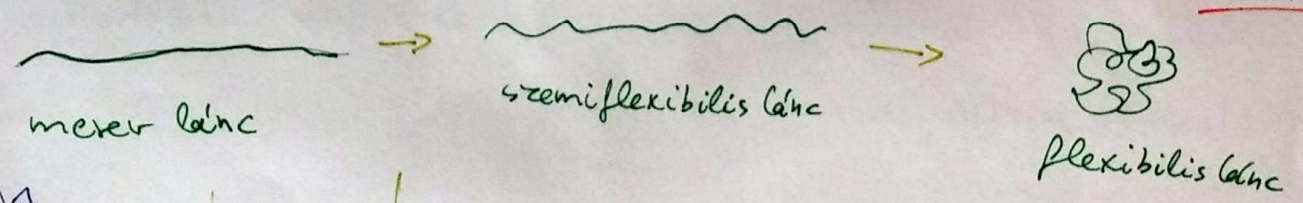
• merev anyagnál → energi rugalmasság dominál

• rugalmas anyagnál → S változás dominál

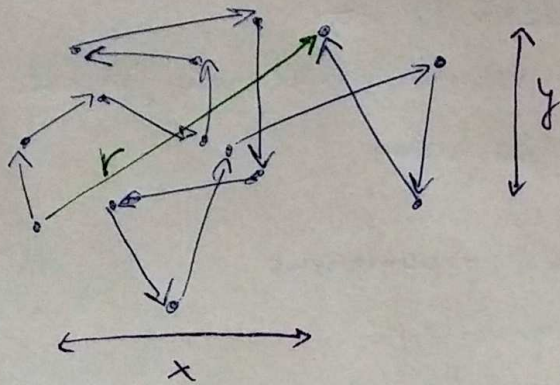
↳ itt $F = -v$ már nem lineáris kapcsolatot mutat
 ↳ a láncok térszerkezetétől függő konfigurációs entropia határozza meg a rugalmasságot

• entropikus rugalmasság

↳ termikus gerjesztés → nő a lánc konfigurációs entropiája → a lánc rövidül



17. Hajlékonyláncú polimerrel statisztikus tulajdonságai:



$$S = k_B \ln(W)$$

↳ W : lehetséges sorrendek száma

• azon mikroállapotok számát keressük, melyek az r láncvégvektorral jellemzett makroállapothoz tartoznak

• S_{konf} négyzetesen csökken, ha r nő

↳ csökken a mikroállapotok száma

• a legtöbb mikroállapot a nyújtott láncnál lényegesen kisebb láncvég-távolságozhoz tartozik

↳ II. főtétele szerint a makromolekulák egyensúlyi állapotban gombolyagszerű térszerkezetet vesznek fel

18. Hajlékonyláncú polimerrel deformációja

↳ 16. tétel első része

19. Biokompatibilitás, polimerrel orvosi biológiai felhasználása, kritériumai:

↳ élő rendszerrel kölcsönhatva semmilyen ártó reakciót ne váltson ki

↳ kiürülés 2 útja: - vese (vízben oldható) (+ bőrön át)
- tüdő (víz + CO₂)

Felhasználás:

- kontaktlencse
- szívbillentyű
- sérvháló
- implantátumok
- stent
- gyógyszerhordozók → oldhatóság, életút, célba juttatás, elnyújtott hatás

Kritériumai:

- biokompatibilitás
- lebomlás
- hidrofilitás ζ
- mechanikai ellenállás

20. Géllek típusai. Fizikai és kémiai gél tulajdonságai:

- ↳ átmenet a szilárd testek és folyadékok között
- ↳ alaktartóak - kis terhelésre csak deformálódnak, nem folynak
- ↳ nagy alakállandóság és folyadéktartalom

Fizikai → termoreverzibilis

- 1., Kristályosodás
 - 2., hélix képződés
 - 3., H-híd kötés
 - 4., Coulomb-élesonhatás
- ↳ reverzibilis gél

Kémiai → permanens

- 1., Tétrahalósítás
- 2., Tétrahalósító polimerizáció

↳ irreverzibilis gél (elsőrendű kémiai kötések tartják össze)

Gélesedés: oldat → gélpont → szilárd test

viszkozitás → modulusz nö
végtelen

21. Biodegradabilitás. Megvalósulási lehetőségek:

- ↳ első rendszerrel kölcsönhatva, funkcióját betöltése után a szervezetben lebomlik, bomlástermékei nem váltanak ki újabb folyamatot, kiürül vagy beépül az anyagcsere folyamatokba

Megvalósulás:

- fotokémiai reakció
- hidrolízis
- mikrobiológiai reakció

① fragmentálódás

vagy ② Asszimiláció
↳ beépül az anyagcsere folyamatokba

Függ:

- kémiai összetételtől
- molekula tömegétől
- oldalástól
- öregedéstől
- aktuális környezeti paramétereitől

22. Transportfolyamatok általános jellemzése:

- ↳ termodinamikai mennyiségek drambása
 - ↳ pl.: E , anyag, töltés, stb. (extenzív jellegű mennyiségek)
- ↳ hordozók:
 - részecskék \rightarrow anyag, E , impulzus, töltés
 - e^- , ion $\rightarrow E$, töltés, impulzus
 - fotonok $\rightarrow E$
- ↳ típusai:
 - drambásos (konvektív) \rightarrow a fázis mozog (molekulahalmaz együttes elmozdulása)
 - vezetékes (konduktív) \rightarrow pl.: hővezetés, diffúzió
 - átadásos \rightarrow határfelület esetén

23. A diffúzió törvényei:

↳ nyugvó rendszer vezetékes anyagtranszportja, ahol kémiai potenciál gradiens hatására komponens dramb jön létre

↳ drambáság-vektorral jellemezhető

Stokes-Einstein:

$$D = \frac{k_B T}{6\pi\eta R}$$

Fick I: $j = -D \text{grad } c \xrightarrow{1D} j = -D \frac{dc}{dx}$
 $j = -D \nabla c$

- a diffúzió nem kedvez a mintázatok kialakulásának
- sebessége \sqrt{t} -vel csökken

c : konc. térbeli változása

j : diffúziós anyagáram

D : diffúziós ehó. $\left[\frac{m^2}{s}\right]$, $D \gg \delta$

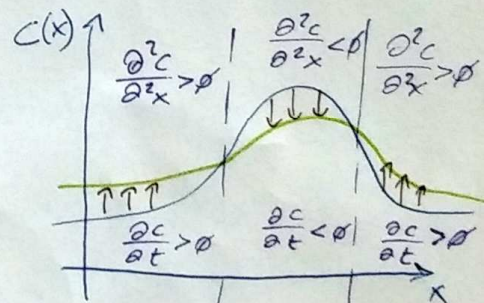
Fick II.:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \nabla^2 c$$

$$\rightarrow \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

Más képp:

$$D \Delta t \frac{\Delta \left(\frac{\Delta c}{\Delta x}\right)}{\Delta x} + c(t) = c(t + \Delta t)$$



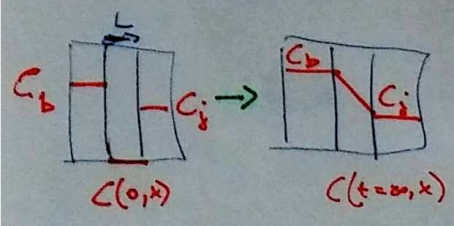
$$\frac{\partial c}{\partial t} = \phi$$

(3)

24. Stacionárius és nem stacionárius diffúzió:

↳ idő független: $c(x)$

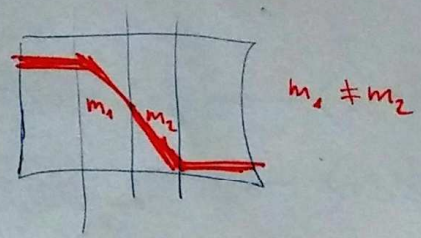
↳ c idő és helyfüggő: $c(x,t)$



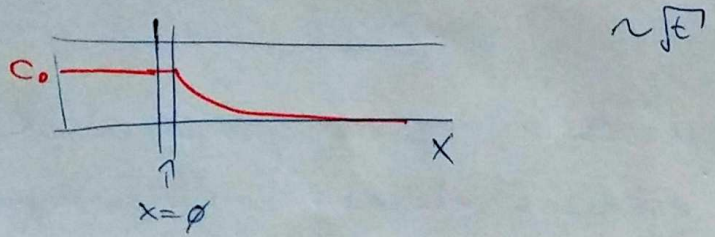
Fick II. törvény követelése:

• stac. diffúzióval c a hely fu.-ében lineárisan változik

Stac. diffúzió két eltérő tulajdonságú rétegnél:

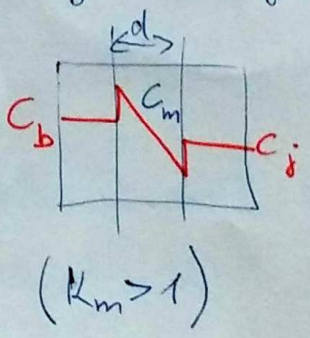


Végtelen csőben:



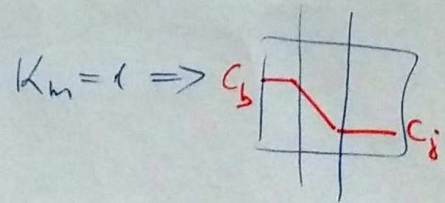
25. Megosztás és diffúzió:

↳ egyensúly az oldatfázis és a membrán között



$$K_m = \frac{c_m}{c_b}$$

↓
megosztási hányados



Mások a peremfeltétel:

$$\left. \begin{aligned} c(t, 0) &= K_m c_b \\ c(t, d) &= K_m c_j \end{aligned} \right\} c(x) = -K_m \frac{c_b - c_j}{d} x + K_m c_b$$

26., Membrán permeabilitás:

↳ egységnyi koncentrációkülönbségre vonatkozó áramlási sebesség

$$P_{\text{perm}} = \frac{j_n}{\Delta C} = \frac{D}{L}$$

D: diff. egy. cm^2/s

L: membránvastagság

↳ a membrán valamely ionra vagy molekulára vonatkozó áttervezési képessége

$$0 \leq P_{\text{perm}} \leq 1$$

27., Hőszugárzás, hővezetés: → hőmérsékleti inhomogenitás hatására E-drámlás indul meg a közegben

↳ az E térbeli terjedése EM hullámok formájában

↳ közvetlen közeg

↳ hő → EM sugárzás → hő

Hővezetés:

↳ gázokban: Brown-mozgás által

↳ fémekben: kristályrács rezgése, szabad e⁻ok diffúziója

↳ folyadékok, nem fémes anyagok: rugalmas hullámok révén

28., A konduktív hővezetés törvényei:

Fourier-törvény ($j_Q = -k \nabla T$)

$$j_Q = -k_T \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

hőm. gradiens

$$\frac{dQ_{\text{hővezetés}}}{dt} = -k_T A_S \frac{dT}{dx}$$

• hajtóerő: ∇T

• változás: $\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \nabla^2 T$, $\alpha = \frac{k_T}{\rho c_p}$

29. Biológiai hőtranszport:

- hővezetés
- hőátadás
- anyaggárammal szállított
- hő sugárzás

Mérése:

- direkt kalorimetria
- indirekt -||-

$$(1) \text{ BMR} = \left. \frac{\partial Q}{\partial t} \right|_{\text{nyugalom}} \rightarrow \text{alap E-forgalom}$$

$$(2) Q = c m \Delta T \quad /: \partial t$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\text{BMR}}{c m} \rightarrow 1,2^\circ\text{C}/\text{óra}$$

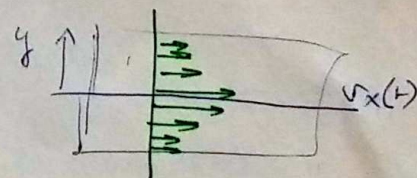
$$\Delta Q = Q_{\text{metabolizmus}} + Q_{\text{vesztés}}$$

30. Reológia alapösszefüggése:

- anyagok folyási tulajdonságainak vizsgálata
- ↳ Newton-egyenlet

$$f_i = -\eta \frac{dv_x}{dy}$$

$$\rightarrow \tau = \eta \frac{dv_x}{dy}$$



hajtóerő: ∇v

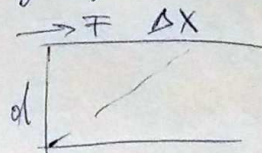
$$\rightarrow \text{nyírófeszültség} : \tau = \frac{F}{A_s}$$

Newtoni-folyadék:

- η csak az anyagi minőségtől és T -től függ
- független az áramlási viszonyoktól

nem-Newtoni foly.:

- η függ az áramlási viszonyoktól (pl.: nyírófeszültségtől)

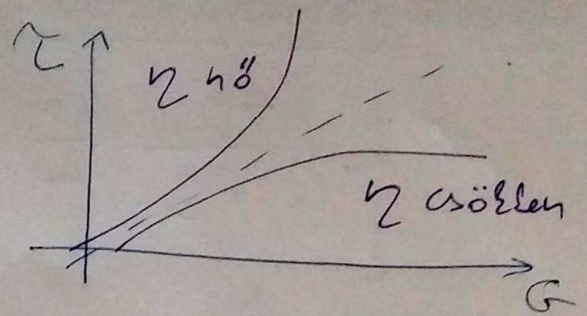
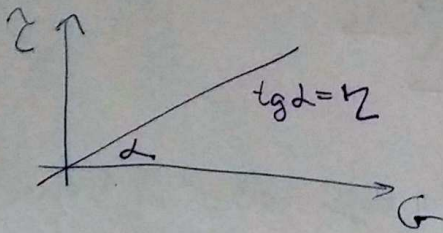


31. Newtoni és nem-Newtoni folyadékok folyásgörbéi:

$$\tau = \eta \frac{dv_x}{dy} = \eta G$$

(nyírási fesz.) (viszkozitás) [Pa·s] · [s⁻¹]

η függ a deformációs hatás mértékétől és idejétől is



32. Az áramlás típusai:

- lamindrás ($Re < 2100$)

- ↳ a közeg rétegesen áramlik, mintha végtelen számú koncentrikus cső mozogna
- ↳ részecskék mozgási iránya áramlással párhuzamos
- ↳ ∇ áramlásra \perp komponens
- ↳ küls. rétegek sebessége küls. lehet

- turbulens

- ↳ áramlás irányára van \perp komponens
- ↳ v_{krit} felett örvények alakulnak ki

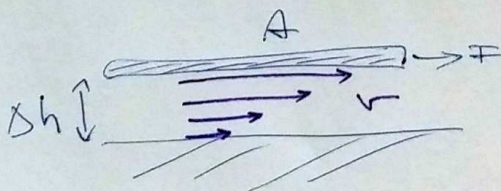
$$Re = \frac{\text{tehetetlenségi erő}}{\text{viszkozus erő}}$$

$$Re = \frac{v \rho d}{\eta}$$

$$v_{krit} = Re \frac{\eta}{\rho r}$$

ρ : sűrűség

r : cső sugara



(Newtoni-folyadékra igaz)

33. Viszkozitás:

$$F = \eta A \frac{\Delta v}{\Delta h}$$

állandó lamindrás áramlás esetén

- nem-Newtoni folyadéknál: $\tau \downarrow \Rightarrow \eta \uparrow$

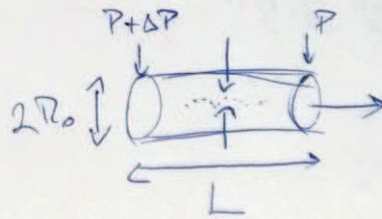
↳ pl. vér

34. Az áramlási profil és a térfogatáram kapcsolata az áramlást előidéző nyomáskülönbséggel:

Hagen-Poiseuille-tv.:

$$I_v = \frac{\pi R_0^4}{8\eta} \frac{\Delta P}{L}$$

(térfogatáram)



$$P + \frac{1}{2} \rho v_x^2 + \rho gh = \text{const} \quad (\text{Bernoulli-tv.})$$