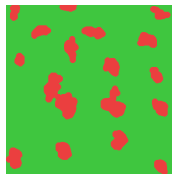


## Disperzní systémy

1/32  
AB24

jsou složené ze dvou (i více) fází (a také roztoky polymerů).  
Zpravidla **dispergovaná fáze** ve **spojité fázi**  
Obvykle s/l, l/l, ...



Rozdělení podle velikosti částic:

- hrubě disperzní (heterogenní), > 1 μm
- koloidní 1 μm–1 nm (nepravé roztoky)
  - heterogenní (micely, sraženiny, ...) , nanočástice
  - homogenní (roztoky makromolekul)
- analytické (homogenní) (pravé roztoky)

Příklady: roztoky polymerů, asfalt, škrob, čerstvá sraženina, mléko, ...

## Rozdělovací funkce

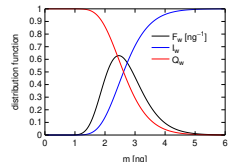
[show/fraktalysh] 6/32  
AB24

**Hmotnostní diferenciální rozdělovací funkce**  $F_w(m)$ :  
podíl (pravděpodobnost = počet/celkový počet)  
částic s hmotností v intervalu  $(m, m + dm)$  je  $F_w(m)dm$ .

$$\text{normalizace: } \int_0^{\infty} F_w(m)dm = 1$$

**Integrální rozdělovací funkce:** podíl částic s hmotností <  $m$ :

$$I_w(m) = \int_0^m F_w(m')dm', \quad Q_w(m) = \int_m^{\infty} F_w(m')dm' = 1 - I_w(m) \text{ doplňková}$$



Obdobně rozdělovací funkce velikosti částic ...

- Monodisperzní systém – částice stejné velikosti (špičaté rozdělení); někdy i krystalizují (virus tabákové mozaiky – 2D)  
Koule: fcc 74%, náhodné těsné uspořádání (*random close packing*) 64%
- Polydisperzní systém: např. asfaltová směs na silnici (příklad náhodného fraktálu),  
*zkus odhadnout podíl minerálního plniva!*

Frakce = skupiny částic (přibližně) stejné velikosti (získáme filtrací)

## Vlastnosti disperzí

2/32  
AB24

- Vzhled: hrubé – mléčné zakalené až neprůhledné (turbidita)  
velikost  $\gg \lambda$ : bílá/šedá (pro nebarevné částice)  
velikost  $\approx \lambda$ : Tyndallův jev, víc se rozptyluje modrá  
velikost  $\ll \lambda$ : Rayleighův rozptyl světla (modrá obloha, červánky)  
pozn.: pružný (elastický) rozptyl, energie fotonu se nemění

$\lambda$  = vlnová délka světla

- Koligativní vlastnosti – měřitelné jen u jemných disperzí
- Brownův pohyb; difuzivita klesá s rostoucí hruabostí ( $D = k_B T / 6\pi\eta R$ )
- Viskozita – větší než u spojité fáze,  
často neNewtonovské chování  
– plasticita = teče po překonání meze  
– dilatance = objem a také viskozita  
(*shear thickening*) roste pro větší napětí (voda + škrob)
- Hustota – mezi oběma fázemi
- Povrchové napětí – často klesá



## Sedimentace

7/32  
AB24

**Sedimentace** (usazování) je pohyb a ukládání částic v tekutině ve směru působící vnější síly  $\vec{F} = -\text{grad} U$ , kde  $U$  je potenciál síly.

**Druhy sil:** tíhová (gravitační), odstředivá (centrifugální), elektrostatická, obecněji elektromagnetická

**Tíhová síla** (zrychlení =  $-g$ ) a její potenciál:

$$F = -\Delta m g \Rightarrow U(h) = -\int_0^h F dh' = -\int_0^h \Delta m g dh' = \Delta m g h$$

**Síla v odstředivce (centrifuze)** a její potenciál:

$$F = \Delta m a = \Delta m R \omega^2 \Rightarrow U(R) = -\int_0^R F dR' = -\int_0^R \Delta m R' \omega^2 dR' = -\frac{1}{2} \Delta m (R \omega)^2$$

$\omega = da/dt = 2\pi v = 2\pi/t_0$  = úhlová (kruhová) frekvence

$v = 1/t_0$  = frekvence (v Hz nebo RPM, 1 RPM = 1/min =  $1/60$  Hz)

$t_0$  = perioda jedné otočky

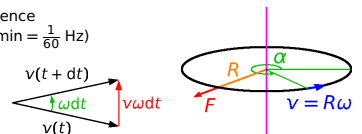
$R$  = poloměr otáčení

$v = R\omega$  = rychlost

$$a = \text{zrychlení: } a = \frac{|\vec{v}(t+dt) - \vec{v}(t)|}{dt} = v\omega = R\omega^2$$

Asfaltová směs:  
95% minerálního plniva,  
5% živice;  
u litého 93% a 7%

$\Delta m = m - m_{\text{vytl.}}$ , kde  $m_{\text{vytl.}}$  je hmotnost vytlačeného rozpouštědla podle Archimédova zákona



## Disperzní systémy – klasifikace

3/32  
AB24

		dispergovaná látka		
		(s)	(l)	(g)
prostředí	(s)	tuhý sol tuhá směs	tuhá emulze	tuhá pěna
	(l)	(lyo)sol suspenze	emulze	pěna
	(g)	aerosol kouř, prach	aerosol mlha	-

koloidy (< 1 μm)  
hrubě disperze (> 1 μm)

**Tvar částic:**

- globulární (koule), izometrické částice ( $r_x \approx r_y \approx r_z$ )
- laminární (placky), anizometrické částice ( $r_x \approx r_y \gg r_z$ )
- fibrilární (vlákna), anizometrické částice ( $r_x \gg r_y \approx r_z$ )

## Rychlost sedimentace

8/32  
AB24

Hustota částic =  $\rho_1$   
Hustota disperzního prostředí =  $\rho$   
Viskozita disperzního prostředí =  $\eta$   
Objem částice =  $V_1$   
Koefficient tření =  $f$   
Rychlost sedimentace =  $v$



Poměr  $v/a$  má rozměr času. Někdy se vyjadřuje v jednotce svedberg (Sv nebo S), 1 Sv =  $10^{-13}$  s – podle vynálezce ultracentrifugy a nositele Nobelovy ceny Theodora Svedberga (1884–1971).

**V poli tíže:**

Síla (vč. vztaku podle Archimédova zákona) (formálně s opačným znaménkem)

$$F = \Delta m g, \quad v = \frac{F}{f} = \frac{V_1(\rho_1 - \rho)g}{f}$$

Kulové částice:  $V_1 = \frac{4}{3}\pi r^3$ ,  $f = 6\pi\eta r$  (Stokes)

$$v = \frac{2r^2}{9\eta}(\rho_1 - \rho)g$$

**V centrifuze:** místo  $g$  použijeme  $R\omega^2$   
(typicky 1000g – 10 000g, ultracentrifuga až  $10^6g$ )

Malé částice sedimentují pomalu.

Molekuly taky sedimentují (velmi pomalu): obohacování uranu centrifugací UF<sub>6</sub>(g).



## Disperzní systémy – klasifikace

4/32  
AB24

**Interakce:**

- lyofilní disperze (částice smáčí disperzní prostředí)  
ve vodě: hydrofilní
- lyofobní disperze (částice nesmáčí disperzní prostředí)  
ve vodě: hydrofobní
- volné – částice daleko od sebe, neinteragují
- vázané – částice interagují („slepí se“) (gel)

## Sedimentační rovnováha

9/32  
AB24

**Z Boltzmannovy pravděpodobnosti**

Ideální roztok: koncentrace  $\propto$  Boltzmannova pravděpodobnost  $\Rightarrow$

$$c(r) = c_0 \exp\left(\frac{-U(r)}{k_B T}\right)$$

V tíhovém poli je to barometrická rovnice:

$$c(h) = c(0) \exp\left(\frac{-\Delta m g h}{k_B T}\right)$$

V centrifuze o úhlové frekvenci  $\omega = 2\pi v$  ( $v$  = frekvence):

$$c(R) = c(0) \exp\left(\frac{\frac{1}{2}\Delta m (R\omega)^2}{k_B T}\right)$$

kde  $\Delta m = V_1(\rho_1 - \rho)$

## Příprava disperzí

5/32  
AB24

- polymerace
- přesycení roztoku (např. ouzo), podchlazení (metastabilní stav), příp. spinodální dekompozice (nestabilní)
- vznik micel přesycením roztoku surfaktantu nad kritickou micelární koncentrací (CMC)
- mechanicky z větších částic (mletí, ultrazvuk)
- elektricky (oblouk, katodické rozprašování)
- srážecí aj. reakce – produkt je nerozpustný (např. AgBr při přípravě fotografických „emulzí“), často následováno peptizací.

Mikrokrystalky sraženiny bývají slepeny, protože v koncentrovaném roztoku je el. dvojrůstava příliš tenká a nestabilizuje koloid (viz teorie DLVO), po vymytí iontů může dojít k oddělení krystalků – peptizací.

Agregace slabými silami:

volné disperzní částice  $\xrightleftharpoons[\text{peptizace}]{\text{flokulace}}$  slabě vázané agregáty

## Sedimentační rovnováha

10/32  
AB24

**Z rychlostí sedimentace a difuze**

$$v_{\text{sedimentace}} = \frac{F}{f} = -\frac{\nabla U}{f}$$

$$v_{\text{difuze}} = \frac{J}{c} = -\frac{D \nabla c}{c} = -D \nabla \ln c = -\frac{k_B T}{f} \nabla \ln c$$

$$v_{\text{sedimentace}} + v_{\text{difuze}} = 0 = -\frac{\nabla U}{f} - \frac{k_B T}{f} \nabla \ln c \Rightarrow c = c_0 \exp\left(\frac{-U}{k_B T}\right)$$

Necht'  $\mu$  je na 1 částici (ne mol). Aproximace nekonečného zředění:

$$\mu = \mu_0 + k_B T \ln(c/c^{\text{st}}) \Rightarrow v_{\text{difuze}} = -\frac{1}{f} \nabla \mu$$

Pak

$$v_{\text{sedimentace}} + v_{\text{difuze}} = 0 = -\frac{\nabla U}{f} - \frac{1}{f} \nabla \mu$$

je ekvivalentní vztahu

$$U + \mu = \text{const}$$

Před časem jsme naopak předpokládali, že  $U + \mu = \text{const}$ , a z toho odvodili Einsteinovu–Smoluchovského rovnici  $D = k_B T / f$ .

Rovnovážná koncentrace monodisperzních olejových kapiček (stabilizovaných aniontovým surfaktantem) v květině 10 cm vysoké je dvojnásobná u povrchu než u dna. Vypočítejte průměr kapiček. Teplota je 25 °C, hustota vody je 0.997 g cm<sup>-3</sup>, hustota oleje je 0.920 g cm<sup>-3</sup>.

$$c(h) = c(0) \exp\left(\frac{-\Delta m g h}{k_B T}\right)$$

$$\Rightarrow \Delta m = -\ln \frac{c(h)}{c(0)} \times \frac{k_B T}{g h} = -\ln 2 \times \frac{1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1} \times 298 \text{ K}}{9.81 \text{ m s}^{-2} \times 0.1 \text{ m}} = -2.91 \times 10^{-21} \text{ kg}$$

$$\Delta m = \frac{4\pi}{3} r^3 \Delta \rho = \frac{\pi}{6} d^3 \Delta \rho$$

$$\Delta \rho = 920 \text{ kg m}^{-3} - 997 \text{ kg m}^{-3} = -77 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{6 \Delta m}{\pi \Delta \rho}} = \sqrt[3]{\frac{6 \times (-2.91 \times 10^{-21} \text{ kg})}{\pi \times (-77 \text{ kg m}^{-3})}} = 4.16 \times 10^{-8} \text{ m} \approx \underline{42 \text{ nm}}$$

Uvažujme globulární protein o molekulové hmotnosti 120 kDa. Jaká je rychlost sedimentace v centrifuze o rotující rychlosti 24000 RPM v bodě R = 5 cm od osy rotace? Hustota proteinu je 1.35 g cm<sup>-3</sup>, viskozita vody je 0.891 mPa s, hustota vody 0.997 g cm<sup>-3</sup>. Zabrání difuze sedimentaci za teploty 25 °C?

$$\omega = 2\pi \times \frac{24000}{\text{min}} = 2\pi \times \frac{24000}{60 \text{ s}} = 2\pi \times 400 \text{ s}^{-1} = 2513 \text{ s}^{-1}$$

$$a = \omega^2 R = 315827 \text{ m s}^{-2}$$

$$V_1 = \frac{M}{N_A \rho_{\text{protein}}} = \frac{120 \text{ kg mol}^{-1}}{6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \times 1350 \text{ kg m}^{-3}} = 1.476 \times 10^{-25} \text{ m}^3$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3V_1}{4\pi}} = 3.278 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\Delta \rho = 1350 \text{ kg m}^{-3} - 997 \text{ kg m}^{-3} = 353 \text{ kg m}^{-3}$$

$$v = \frac{2r^2}{9\eta} (\rho_{\text{protein}} - \rho_{\text{voda}}) a$$

$$= \frac{2 \times (3.278 \times 10^{-9} \text{ m})^2}{9 \times 0.891 \times 10^{-3} \text{ Pa s}} \times 353 \text{ kg m}^{-3} \times 315827 \text{ m s}^{-2}$$

$$= 2.99 \times 10^{-7} \text{ m s}^{-1} = \underline{1.08 \text{ mm h}^{-1}}$$

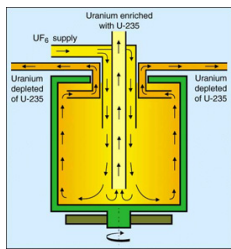
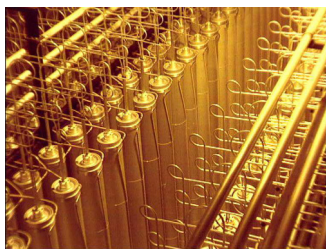
Tloušťka, ve které klesne koncentrace na 1/e

$$\exp\left(-\frac{h \Delta \rho V_1 a}{k_B T}\right) = \exp(-1)$$

$$h = \frac{k_B T}{\Delta \rho V_1 a} = \frac{1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1} \times 298 \text{ K}}{353 \text{ kg m}^{-3} \times 1.476 \times 10^{-25} \text{ m}^3 \times 315827 \text{ m s}^{-2}} = \underline{0.25 \text{ mm}}$$

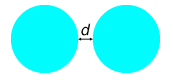
$h \ll R \Rightarrow$  lze očekávat dobrou sedimentaci

**Příklad.** O kolik se maximálně obohatí uran (z <sup>238</sup>U na <sup>235</sup>U) v ultracentrifuze obsahující plynný UF<sub>6</sub> za teploty T = 350 K? Otáčky jsou 90 000 min<sup>-1</sup>, na obvodu je nadzvuková rychlost (počítejte 500 m s<sup>-1</sup>). V přírodním uranu je 0.71 % <sup>235</sup>U a zbytek je <sup>238</sup>U.

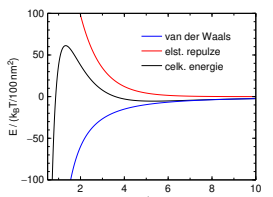


Дерягин (Дерягин, Derjaguin, Deryagin) + Landau (Ландау), Verwey (Verweij) + Overbeek.

- disperzní síly jsou přitažlivé
  - atom-atom  $\propto 1/r^6$
  - po vyintegrování přes všechny atomy  $\propto 1/d$  (pro malé d)
  - platí i pro částice v prostředí (po odečtení prostředí)
- stejné náboje se odpuzují
  - ve vzduchu jako  $\propto 1/r$
  - v roztoku s ionty jako  $\propto e^{-d/\lambda}$



rychle TiO<sub>2</sub> (10 nm)<sup>3</sup> ve vodě,  $\phi_0 = 0.15 \text{ V}$ ,  $c_{\text{sůl}} = 0.1 \text{ mol dm}^{-3}$ :

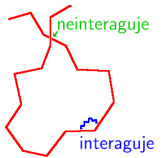


**Stabilita** je daná poměrem obou sil, které mají různý průběh:

- disperzní síly koloid destabilizují
- povrchový náboj koloid stabilizuje
- bariéra > 25 k<sub>B</sub>T  $\Rightarrow$  stabilita ( $e^{-E/k_B T} = e^{-25} \approx 10^{-11}$ )
- více solí v roztoku koloid destabilizuje (zkrátí se  $\lambda$ )
- pro typický čas nestability se uvažuje Brownův pohyb a typická vzdálenost mezi částicemi

Model **ideálního řetězce**:

- články řetězce spojeny ohebně (vazby, úhly, torze)
- články dostatečně daleko od sebe již neinteragují (rozumí se efektivně interakce zprostředkovaná rozpouštědlem) = náhodná procházka (s protínáním) = trajektorie Brownova pohybu



Brownův pohyb:  $\langle r^2 \rangle = 6D\tau$ , čas  $\tau$  odpovídá počtu článků N  $\Rightarrow$  velikost klubka  $\propto N^{1/2}$

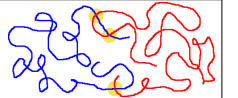
**Lepší modely:**

- odpudivé síly  $\rightarrow$  vyloučený objem (články se nepřekrývají)
- přitažlivé síly  $\rightarrow$  „záporný vyloučený objem“ (články se na sebe lepi)

**dobré rozpouštědlo** – lyofilní polymer, články se (efektivně) odpuzují, řetězec se poněkud rozplete = náhodná procházka bez protínání – velikost klubka  $\propto N^{1/1.7}$



**entropická (sterická) repulze** – klubka v dobrém rozpouštědle se odpuzují z důvodu vyloučeného objemu



**theta-rozpouštědlo** – přitažlivé a odpudivé interakce se vyrovnají (články řetězce interagují s rozpouštědlem stejně jako navzájem)  $\approx$  ideální řetězec – velikost klubka  $\propto N^{1/2}$

**špatné rozpouštědlo** – lyofobní polymer, články se (efektivně) přitahují, řetězec se sbalí do malého objemu (s určitým podílem rozpouštědla mezi) – velikost klubka  $\propto N^{1/3}$

**ne-rozpouštědlo** – žádné rozpouštědlo mezi řetězci – velikost  $\propto N^{1/3}$

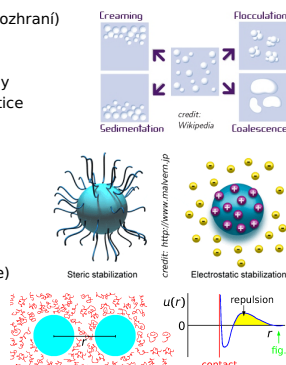
Disperze jsou termodynamicky metastabilní (velká plocha rozhraní)

**Zánik disperze:**

- flokulace (vratně), koagulace (nevratně) } přitažlivé síly
- koalescence (splynutí kapek) } částice-částice
- sedimentace (usazování), *creaming* (vzpělávání)
- Ostwaldovo zrání (podle Kelvinovy rovnice)

**Stabilizace:**

- ve vzduchu: elektrickým nábojem } odpudivé síly
- v roztoku: elektrickou dvojrivrstvou } částice-částice
- sterická (adsorpce makromolekul v dobrém rozpouštědle)
- *depletion* (počeštěně deplece) – makromolekuly mezi
- elektrosterická
- kinetická (ve viskózním prostředí)

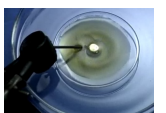


**elektroosmóza** – pohyb iontového roztoku pórním materiálem pod vlivem el. napětí  
projevy: elektroosmotický tok / elektroosmotický tlak (elevace)

- opačně: elektrický proud a potenciál proudění – vznik proudu/napětí při proudění (*streaming potential/current*)
- elektroforéza – pohyb koloidu v iontovém roztoku
- opačně: sedimentační potenciál či proud

Nesměšujte s elektrokapilárním jevem (změna povrchového napětí např. rtuť při změně potenciálu)

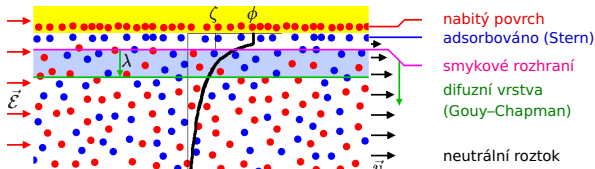
video, obrázek: jchemed.chem.wisc.edu



## Elektroosmóza

21/32  
AB24

**smykové rozhraní** (pohybové rozhraní, *shear plane, slipping plane*) = plocha dělicí pohyblivě se kapalinou od nepohyblivé u povrchu



Povrchový náboj =  $\sigma$ , intenzita el. pole =  $\mathcal{E}$  (rovnoběžně), viskozita =  $\eta$   
Tečná el. síla na jednotku plochy:  $\sigma \mathcal{E} = \eta \frac{v}{\lambda} \Rightarrow$  rychlost  $v = \frac{\sigma \mathcal{E} \lambda}{\eta}$   
Kapacita dvojvrstvy (na jednotku plochy)  $C/A = \epsilon/\lambda$  potenciál na smykovém rozhraní =  $\zeta =$  **zeta-potenciál** = elektrokinetický potenciál  
 $\sigma = \frac{C}{A} \zeta = \frac{\epsilon}{\lambda} \zeta \Rightarrow v = \frac{\epsilon \mathcal{E}}{\eta} \zeta$

## Elektroosmóza

22/32  
AB24

Smoluchowského (též Helmholtzova-Smoluchowského) rovnice:

$$v = \frac{\epsilon \zeta \mathcal{E}}{\eta} \quad (1)$$

Elektrický proud plochou průřezu  $A_0$ :  $I = A_0 \epsilon \kappa = A_0 \frac{U}{L} \kappa$  ( $\kappa$  = konduktivita roztoku)

Objemový průtok:  $\frac{dV}{dt} = v A_0$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\epsilon \zeta}{\eta \kappa} I \quad (2)$$

Rov. (1) platí s koeficientem  $\frac{2}{3}$  i pro **elektroforézu** kulovitých částic, jestliže jsou-li částice dost velké a daleko od sebe ( $\gg \lambda$ ). Pro malé částice přechází v iontovou vodivost,  $u \propto 1/\eta$ .

Rov. (1) a (2) se používají k měření  $\zeta$

Stabilita koloidu vyžaduje  $|\zeta|$  aspoň zhruba 40 mV.

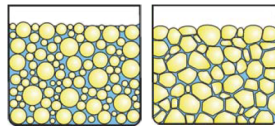
**Izoelektrický bod**: taková koncentrace iontů/pH, že  $\zeta = 0$  ( $\approx$  částice není nabitá) – typické pro polyelektrolyty (např. proteiny, které obsahují jak  $-NH_2$ , tak  $-COOH$ ). Nejmenší odpuzování – nejlépe se svinuje.

## Emulze

23/32  
AB24

Typy:

- O/V (*oil-in-water*), přímá emulze: méně polární (olej) v polárnější kapalině (voda)
- V/O (*water-in-oil*), obrácená emulze



Určení typu – většina vlastností dána disperzním prostředím (el. vodivost, smáčení, rozpouštění barviv)

Koncentrované a vysoce koncentrované emulze nutno stabilizovat **emulgátorem** – povrchově aktivní látkou, např. lecitin (fosfatidylcholine)

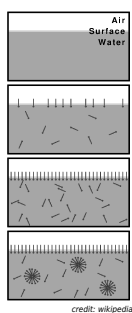


**Zánik**:

- flokulace (vznik agregátů – elst.)
- koalescence (splývání kapek)
- sedimentace (šlehačka – *creaming*)

## Micely

24/32  
AB24

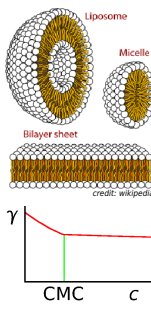


**Micela** = obvykle kulovitý útvar tvořený surfaktantem a stabilizovaný:  
– lyofilní interakcí (s rozpouštědlem)  
– lyofobní interakcí (vnitřek micely)

**Vznik**: roztok  $\rightarrow$  mikroagregace  $\xrightarrow{CMC}$  micela  $\rightarrow$  válčovitě či laminární micely, kapalně krystal ap.

**Kritická micelární koncentrace (CMC)** = počátek vzniku micel („více se jich na povrch nevejde“), zlom na křivce  $\gamma$  vs.  $c$  (zlom je trochu zakulacený – CMC není fázový přechod)

**Obrácená** (inverzní) micela (máslu)



**Solubilizace** – schopnost micel absorbovat lyofobní látky

**Detergence** – praní, surfaktanty solubilizují hydrofobní špínu na povrchu

## Vsuvka: klasifikace fázových přechodů

[pic/klas.sh] + 25/32  
AB24

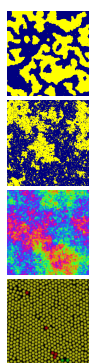
- 1. řádu (*first-order*), též 1. druhu: nespojitá 1. derivace  $G$ ,  $F$  aj., tj. skok v entalpii, hustotě aj.; příklady: krystalizace, tání, var, sublimace  $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$
- (Ehrenfest)  $n$ -tého řádu: nespojitá  $n$ -tá derivace  $G$ ,  $F$
- spojitě (*continuous*), též 2. řádu:  
– divergence 2. derivace: kritický bod kapalina-pára, Curieův bod, lambda-přechod He, některé tekuté krystalové perkolace  $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$   
– všechny derivace spojitě (Kosterlitz-Thouless, Nobelova cena 2016):  
např.:  $f(x) = \begin{cases} e^{-1/x} & \text{pro } x > 0 \\ 0 & \text{pro } x \leq 0 \end{cases}$ : XY model, 2D s +/- excitacemi  $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$   
– ...  $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$

Zesklennění (*glass transition*) = viskozita  $> 10^{12}$  Pa s, **není fázový přechod**.

Vznik micel (v CMC) **není fázový přechod**.

Krystalizace micel (do laminární/fibrilární fáze) **je fázový přechod 1. druhu**.

**S jistotou nevíme**, jakého typu je krystalizace tuhých disků (asi 1. druhu).  $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$



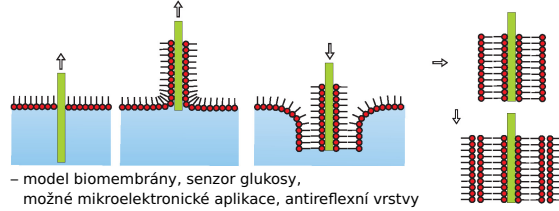
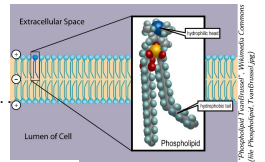
## Dvojvrstva

26/32  
AB24

Dvě vrstvy surfaktantu; buněčná membrána = fosfolipidická dvojvrstva („slepená“ hydrofobními konci), obv. 2D kapalina

**vesikl** (angl. *vesicle*, č-s i vesikula, vezikl, vezikula); z dvojvrstvy, obsahuje kapalinu uvnitř lysosom (lyzozom), angl. *lysosome*; vakuola, transportní vesikl. umělý liposom (lipozom): cílený transport léků

**filmy Langmuira a Blodgettové**: více vrstvé, obv. 2D krystal



– model biomembrány, senzor glukosy, možné mikroelektronické aplikace, antireflexní vrstvy

## Gely

27/32  
AB24

Souvislá (perkolovaná) 3D síť dispergované složky (i prostředí), v klidu neteče

Obecně **lyogel**, ve vodě **hydrogel**, vyschlý **xerogel** (malý podíl vzduchu)

reverzibilní (vratný) gel  $\xleftrightarrow{\text{sušení}}$  xerogel  $\xleftrightarrow{\text{bobtnání}}$

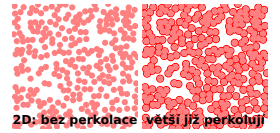
někdy se reverzibilita vztahuje k procesu sol  $\rightleftharpoons$  gel

**Vznik gelů**:

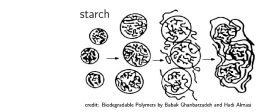
- želatizací (gelatinizací) roztoků makromolekul:
  - zesítnění chemickou vazbou
  - asociace (vdW, vodíkové vazby)
  - krystalické styčné body
  - geometrické síťování (propletení, *entanglement*)

- destabilizací (obv. lyofobních) solů se zesítněním (ne koagulací)

želatizace pokračuje stárnutím gelu  
synereze = vypuzování kapaliny (jogurt)



2D: bez perkolace  $\rightarrow$  větší již perkolují



## Gely

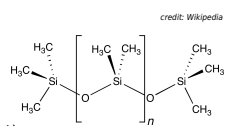
28/32  
AB24

**Mechanické vlastnosti gelů**:

- elasticita (málo kovalentních spojů)
- tixotropie (reverzibilní slabé spoje)

**Hydrogely**:

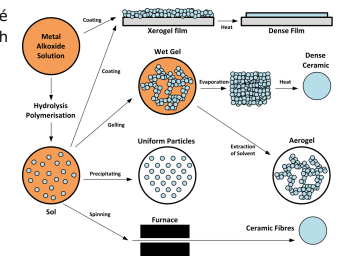
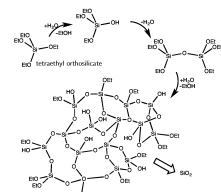
- kontaktní čočky (polyakrylamidy, „silikon“ – propustný pro kyslík  $\uparrow$ )
- pleny (polyakrylát sodný,  $[-CH_2-CH(COONa)-]_n$ ) nabitě řetězce se odpuzováním napřimují a tvoří dutiny
- biomateriál – implantáty (silikon), lešení pro růst tkání



## Gely

29/32  
AB24

**Sol-gel proces**: syntéza koloidních částic v kapalně fázi, želatizace a následná výroba různých pevných materiálů (keramika, vrstvy, vlákna aj.)



credit: [https://en.wikipedia.org/wiki/Sol-gel#/media/File:Sol-Gel\\_Scheme.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Sol-gel#/media/File:Sol-Gel_Scheme.svg)

**Aerogel** = xerogel s velmi malou hustotou (supercritické sušení), silikagel až  $1.9 \text{ g dm}^{-3}$ ; alumina; aerogelit  $0.18 \text{ g dm}^{-3}$  – pevnost v tahu 1 kPa

**Použití**: izolace, adsorbent, Čerenkovův detektor

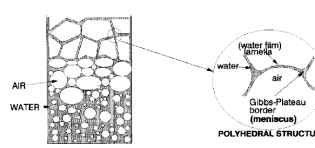
**oxid grafenu+polyvinylalkohol**  $2.1 \text{ kg m}^{-3}$ , freeze casting/drying, zvuk. izolace (PUR  $32 \text{ kg m}^{-3}$ )

## Pěny

30/32  
AB24

Plyn v kapalině

- vlhké pěny (kulovité bubliny)
- suché pěny (mnohostěny, 12–14)
- Plateauova pravidla (zákony)
- Gibbsovy-Plateauovy kanálky



Stabilizace povrchově aktivními látkami (pěnotvorná činidla): detergenty, proteiny, prášky

Zánik: vytékání kapaliny, vypařování, Ostwaldovo zrání, protření filmů

Suché pěny: např. pěnový polystyren

credits: [http://galerie.abumfotek.cz/\(krvavy\)dedek](http://galerie.abumfotek.cz/(krvavy)dedek), Kim&Kim

Kapalný podíl: mlhy (10 nm – 10 μm)

Pevný podíl: dým (do 10 μm), prach (nad 10 μm)

#### Zánik:

- sedimentace (stabilizace: sluneční záření ohřívá částice)
- koagulace (stabilizace: náboj)

**Náboj částic:** rozprašování (tryska, moře), ionizace krátkovlnným zářením, rozměňování iontových krystalů

Aerosol hořlavých částic může vybuchnout: mouka, uhelný prach, termobarické (FAE, *fuel air explosive*) zbraně.

#### Typy šíření plamene:

- difuzní plamen – složky se mísí difuzí (svíčka)
- deflagrace – složky jsou smíšený, šíření tepelnou vodivostí (plynový kotel)
- detonace – složky jsou smíšený, zapáleno rázovou vlnou



credit: Dust explosion by Hans-Peter Scholz - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23589316>

#### troposféra

- mraky  
kap(ič)ky obv. obsahují nukleační jádra (často soli jako  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ )  
polarizovatelné anionty se shromažďují na povrchu kapiček
- pevné aerosoly  
nejstabilnější jsou částice  $\approx 300$  nm: PM = Particulate Matter  
– menší částice rychle difundují a adsorbují se  
– větší sedimentují  
menší než cca 10 μm (PM10, míní se aerodynamický průměr) se nezachytí v nose, dostávají se až do plicních sklípků a (menší) se mohou dostat až do krve
- smog (< *smoke and fog*): VOC = Volatile Organic Compound  
– Londýnského typu (kouř, mlha,  $\text{SO}_2$ ), redukční; vog = *volcanic smog*  
– fotochemický smog (L.A.):  $\text{NO}_2 + \text{VOC} + h\nu \rightarrow \text{O}_3 + \dots$ , oxidační

#### stratosféra

- saze (vznášejí se vlivem ohřevu slunečním zářením)
  - sopečný popel,  $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$  (→ ochlazení)
- nukleární zima (saze), vulkanická zima (popel,  $\text{SO}_x$ )