

OSMOMETRIE

Jana Gottwaldová

FN Brno

Osnova

- princip osmometrie – koligativní vlastnosti látek, osmotický tlak
- osmolární koncentrace: osmolalita x osmolarita
- měření osmotického tlaku: kryoskopie, průběh měření
- stanovení osmolality v biologickém materiálu – sérum, moč
- osmolární okno - kazuistika
- diagnostický význam stanovení osmolality - kazuistika

OSMOMETRIE

Princip

analytická metoda k měření **koncentrace částic v roztoku**

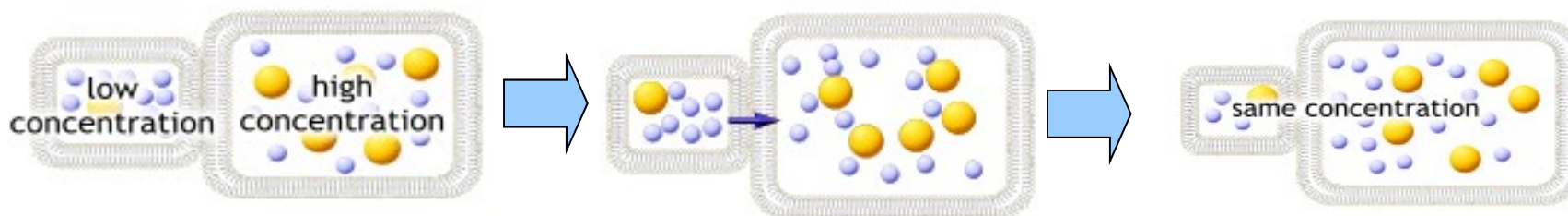
Využívá změn, které způsobí částice rozpuštěné v rozpouštědle, tzv. **koligativních vlastností látek**:

- snížení tenze vodních par
- zvýšení teploty varu (ebulioskopický efekt)
- **snížení teploty tuhnutí (kryoskopický efekt)**
- vzniku osmózy - zvýšení *osmotického tlaku*

Osmotický tlak (π)

π = tlak nízkomolekulárních látek a iontů v rozpouštědle

- jestliže jsou dva vodné roztoky o různé koncentraci od sebe odděleny **polopropustnou membránou**, která je propustná pouze pro vodu (ne pro rozpuštěné částice),
- potom proniká **voda z prostoru s nižší koncentrací rozpuštěných částic, do prostoru s vyšší koncentrací rozpuštěných částic.**



- tento pohyb molekul vody se nazývá **osmóza**.
- tlak, který je třeba vyvinout k zabránění pohybu vody přes membránu, se nazývá **osmotický tlak**

Osmotický tlak (π)

- Osmotický tlak vzniká důsledkem působení celkového počtu osmoticky aktivních částic v roztoku bez ohledu na jejich velikost
- Každá částice – molekula, atom nebo ion v roztoku se podílí na konečné hodnotě osmotického tlaku stejnou mírou
- Pokud látka disociuje, je každá její disociovaná část osmoticky aktivní částicí. Nedisociovaná látka představuje jen jednu osmoticky aktivní částici.

Osmotický tlak

- lze vyjádřit vztahem pro ideální roztok (van't Hoffova rovnice:

$$\pi = i \times c \times R \times T$$

Kde:

- π = osmotický tlak (Pa = J m⁻³)
- i = disociační číslo, počet částic, na které rozpuštěná látka disociuje – např. $i = 1$ pro neelektrolyty,
- i = počet osmoticky účinných částic (pro silné elektrolyty)
- c = molární koncentrace (mol L⁻¹)
- R = molární plynová konstanta (8,31441 J mol⁻¹ K⁻¹)
- T = termodynamická teplota (K)

Osmolární koncentrace

- **osmometrie** je technika k měření **koncentrace** rozpuštěných částic v roztoku, tzv. ***osmolární koncentrace***
 - **osmolarita** ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{osmol} \cdot \text{L}^{-1}$)
 - **osmolalita** ($\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ nebo $\text{osmol} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Osmolalita vyjádřená v mmol/kg rozpouštědla je z termodynamického hlediska přesnější, protože koncentrace roztoku vztažená na váhu rozpouštědla není závislá na teplotě.

Měření osmotického tlaku

- V laboratoři se používá **nepřímé měření osmotického tlaku**.
- Vychází se z měření těch vlastností roztoku - **koligativní vlastnosti**, které se mění v závislosti na změně osmolality.
- Přístroje pro měření osmolality se nazývají **osmometry**.
- Nejvíce používaná metoda k měření osmolární koncentrace je metoda založena na měření snížení bodu tuhnutí - **kryoskopie**.

Kryoskopie

Osmometry založené na kryoskopickém principu využívají snížení teploty tuhnutí roztoku v závislosti na koncentraci částic v roztoku.

- **Bod tuhnutí čisté vody je $0,000\text{ °C}$**
- **1mol osmoticky aktivní látky (glukóza) rozpuštěný v 1kg vody má bod tuhnutí snížen o $-1,858\text{ °C}$.**

Kryoskopie

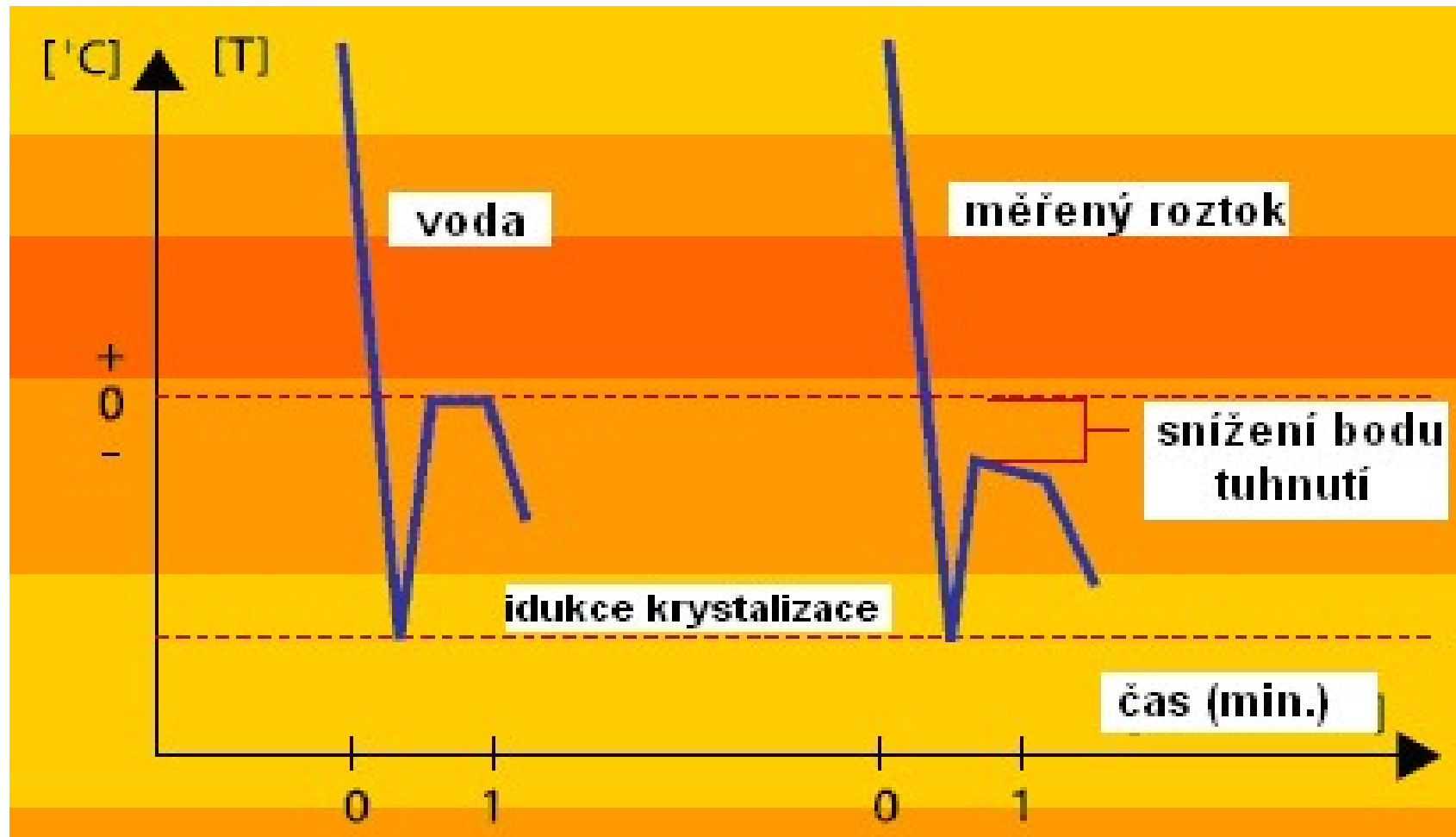
Kryoskopický osmometr musí být vybaven velmi citlivým teploměrem, protože snížení teploty tuhnutí je velmi malé.

- **1 mmol látky rozpuštěný v 1 kg vody, sníží bod tuhnutí o - 0,001858 °C.**

Průběh kryoskopického měření

1. Vzorek se nejprve pomalu termoelektricky ochladí několik stupňů pod bod tuhnutí.
2. Poté se mechanicky indukuje začátek krystalizace.
3. V tomto bodě se při krystalizaci uvolňuje skupenské teplo tuhnutí – dojde ke zvýšení teploty přesně na teplotu tuhnutí.
4. Teplota tuhnutí je stejná po dobu, kdy se uvolňuje skupenské teplo tuhnutí rozpouštědla - „fáze plateau“.
5. Teprve pak pokračuje ochlazování mrznoucího roztoku.
6. Pokles bodu tuhnutí roztoku (vzorku) proti bodu tuhnutí rozpouštědla (vody) je přímo úměrný osmolalitě.

Kryoskopická teplotní křivka



Kryoskopie

Jednotlivé přístroje se liší způsobem, jakým vyvolávají začátek krystalizace podchlazeného měřeného vzorku:

- krátkodobá vibrace kovového drátku
- poklep kladívka na stěnu měřicí nádoby
- účinek ultrazvukových vln

Stanovení osmolality v biologickém materiálu

- Lidská plazma vykazuje snížení bodu tuhnutí v rozmezí $0,54 \pm 0,014$ °C (0,512 – 0,568 °C).
- Pokud 1 mol osmoticky aktivních částic sníží teplotu tuhnutí o $-1,858$ °C, pak snížení o $-0,54$ °C představuje hodnotu osmolality $0,54/1,858 = 0,2906$ mol/kg = **290,6 mmol/l**.
- Stejného výpočtu používají osmometry založené na kryoskopickém principu.

Osmolalita séra (plazmy)

- Osmolalita charakterizuje **osmotickou kapacitu tekutiny, schopnost působit osmotickým tlakem na semipermeabilní membránu.**
- **Osmolalita plazmy** se za fyziologických podmínek pohybuje v rozmezí 285 ± 10 mmol/kg a je velmi přísně regulována pomocí osmoreceptorů v mezimozku, které regulují sekreci adiuretinu (ADH), jež ovlivňuje zpětnou resorpci vody v distálním tubulu ledvin.
- Systémy řídící příjem a výdej vody **zajišťují** nejen konstantní objem celkové tělesné vody, ale i **konstantní osmolalitu.**

Osmolalita séra (plazmy)

- nemáme-li k dispozici osmometr, lze k odhadu osmolality použít výpočet.
- **nejvíce rozšířená je rovnice:**

$$\text{Osmolalita séra (vypočítaná)} = 2x\text{Na}^+ + \text{urea} + \text{glukóza}$$

Osmolalita séra (plazmy)

- **Na⁺, urea, glukóza** jsou plazmatické koncentrace v mmol/l.
- Ve vzorci se počítá s hlavním extracelulárním kationtem (Na⁺), koeficient 2 započítává i odpovídající anionty
- Urea a glukóza jsou jediné z běžně měřených složek plazmy, které mohou zvláště za patologických stavů dosáhnout koncentrace významně ovlivňující osmolalitu.

Osmolální okno (osmolal gap)

- Je rozdíl mezi měřenou a vypočítanou osmolalitou
- Odhadovaná osmolalita podle uvedené rovnice odpovídá osmolalitě měřené, pokud se v plazmě nesvyskytují patologické látky zvyšující osmolalitu
- Obě hodnoty se běžně shodují, resp. liší pouze v intervalu do 5, maximálně 10 mmol/kg vody
- Porovnání výpočtu s měřením je užitečné tam, kde je podezření na přítomnost látek o malé molekule, s nimiž výpočet nepočítá. Např. 1 g etanolu (tedy 1 promile alkoholu) v plazmě zvýší naměřenou osmolalitu o cca 23 mmol/kg vody

Patologická látka	Potenciální letální koncentrace (mg/L)	Osmolální okno (mmol/ kg vody)
etanol	3500	81
etyléter	1800	70
izopropanol	3400	60
metanol	800	27
ethylenglykol	2000	34

Osmolální okno (osmolal gap)

- Dalším stavem, kdy neodpovídá vypočtená osmolalita měřené osmolalitě, je extrémně vysoká plazmatická koncentrace bílkovin nebo lipidů
- V těchto případech se mění podíl vody v plazmě a výpočet, který počítá s koncentrací látek na 1 L plazmy, nemůže odpovídat změřené hodnotě, která se vztahuje na 1 kg vody

Diagnostický význam stanovení osmolality

Osmolalita séra (plazmy)

O osmolalitě séra (plazmy) rozhoduje především **Na⁺** a **odpovídající anionty**, dále **urea, glukóza** a v malé míře **bílkoviny**.

- Podíl urey se stává významnějším až s její retencí v organismu,
- podíl glukózy roste u dekompenzovaného diabetika nebo při intoleranci glukózy u kriticky nemocných.
- Podíl bílkovin, tzv. koloidně osmotický tlak, je významný pro udržení cirkulujících tekutin v cévním řečišti.

Při patologicky zvýšených hodnotách osmolality hovoříme o hyperosmolalitě a naopak při snížených hodnotách osmolality jde o stav, který se nazývá hypoosmolalita.

Hyperosmolalita (> 300 mOsm)

- **Příčina:** ztráta prosté vody, akutní katabolismus, diabetické kóma, popáleniny, často selhání ledvin, těžké sepse, akutní intoxikace látkami o malé molekule (ethylenglykol) nebo tonutí ve slané vodě.
- **Klinické projevy:** stavy od mírných neuropsychických poruch spojených s nespecifickými motorickými symptomy až k deliriu a nakonec kómatu. Vývoj hyperosmolálního stavu provázejí zmatenost a halucinace, které jsou někdy u starších lidí mylně považovány za projevy sklerózy mozkových cév. Typická je žízeň a bolesti hlavy.
- Při léčbě je nutné sledovat rychlost změny osmolality – je-li pokles osmolality větší než 2-4 mmol/L za hodinu, hrozí nasávání vody do CNS a rozvoj edému mozku.

Hypoosmolalita (< 270 mOsm)

- **Příčina:** metabolická odpověď na trauma, nadbytek celkové vody, chronický katabolizmus, tonutí ve sladké vodě, nepřiměřená sekrece ADH.
- **Klinické projevy:** slabost, nevolnost, apatie a opět bolesti hlavy. Vzniká difúzní edém mozku, bílkovina v mozkomíšním moku je snížena pod 0,1 g/L.

Osmolalita moče

- Stanovení osmolality moče má diagnostický význam u onemocnění ledvin.
- Podle hodnoty osmolality moče se posuzuje koncentrační schopnost ledvin.
- Porucha koncentrační schopnosti ledvin patří k prvním známkám onemocnění ledvin.

Kazuistika č.1

- žena, 62 let, s hepatální cirhózou, t.č. 2 roky abstinuje od alkoholu
- nalezena doma zmatená se sklenicí modré tekutiny na dně, prázdné blistry od léků (benzodiazepiny), volána RZS
- při příjmu porucha vědomí, těžká metabolická acidóza
- vstupní laboratorní nálezy:
pH 6,96 [7,35-7,43]; osmolalita 358 mmol/kg ; Na 141 mmol/l; urea 1,8 mmol/l, glu 8,1 mmol/l, ethanol – 0 mmol/l, tox. screening - neg.
- osmolal gap = 66 mmol/kg

	10.9. 8,50 hod.		10.9. 10,20 hod.	10.9. 16,30 hod.	10.9. 20 hod.	10.9. 24 hod.	11.9. 1,30 hod
Glukóza (mmol/l);[3,9-5,6]	8,1			6,2	8,7	13,0	11,6
Urea (mmol/l);[1,7-8,3]	1,8		2,1				
Na (mmol/l);[136-145]	141		145	144	142	140	141
Osmolalita (mmol/l);[275 - 295]	358		351	312	312	327	330
Ethanol (mmol/l)	0		33,7 (1,5 ‰)	13,2 (0,6 ‰)	19,6 (0,9 ‰)	44,3 (2,0 ‰)	47,4 (2,1 ‰)
Vypočítaná osmolalita	292			310	312	337	341
Osmolální okno	66			2	0	10	11
Ethylenglykol (g/l)	?	3,69					

	11.9.6 hod.	11.9.19 hod.	12.9.5 hod.
Glukóza (mmol/l);[3,9-5,6]	8,3	6,1	5,7
Urea (mmol/l);[1,7-8,3]	0,8		2,0
Na (mmol/l);[136-145]	142	140	139
Osmolalita (mmol/l);[275 - 295]	330		285
Ethanol (mmol/l)	44,6 (2,0 ‰)	11,1 (0,5 ‰)	0
Vypočítaná osmolalita	338		285,7
Osmolální okno	8		0,7
Ethylenglykol (g/l)			negativní

Závěr: otrava ethylenglykolem

Terapie: opakovaná dialýza 10 – 20.10.2015 , terapie alkoholem 1- 1,5 ‰

Kazuistika č.2

- muž, 56 let
- přijat na neurologické oddělení, dg.mozkový infarkt,
- tox.sreening –negativní
- závěr: otrava alkoholem

	29.4. 15,20 hod.
Glukóza (mmol/l);[3,9-5,6]	5,4
Urea (mmol/l);[1,7-8,3]	5,1
Na (mmol/l);[136-145]	147
Osmolalita (mmol/l);[275 - 295]	401
Ethanol (mmol/l)	90,8 (4,1 ‰)
Vypočítaná osmolalita	305
Osmolální okno	96

Osmolalita moče

- Osmolalita moče se pohybuje u dospělého člověka v rozmezí 250 – 1200 mmol/kg při maximálním koncentračním úsilí zdravých ledvin.
- Na osmolalitě moče mají hlavní podíl kationty – Na^+ , K^+ , NH_4^+ a urea.
- Koncentrační schopnost ledvin je menší u kojenců
- postupné snižování osmolality je fyziologické i vlivem stárnutí.

Kazuistika č.3

- muž, 71 let
- polymorbidní – náhrada chlopně, amputace dolní končetiny, DM na inzulinu
- volána RZP – nevolnost, 3 dny opakovaně zvracel, nízký tlak, omezeně komunikoval, postupné zhoršení stavu až do zástavy, metabolický rozvrat
- vstupní laboratorní nálezy: glukóza 66 mmol/l [3,9-5,6]; osmolalita 367 mmol/kg [275 - 295]; těžká acidóza – pH 6,8 [7,35-7,43]

	1.1. -14,30h.	1.1. 16,40 h.	1.1. 18,17 h.	1.1. 19,00 h.	1.1. 20,00 h.	1.1. 20,00 h.
Glukóza (mmol/l); [3,9-5,6]	66,3	54,8	47,8	44,0	42,0	41,0
Urea (mmol/l);[1,7-8,3]	16,3					
Na (mmol/l);[136-145]			138			142
Osmolalita (mmol/kg);[275 - 295]	367	355	351			

	1.1. 21 h.	1.1.22 h.	1.1.23 h.	1.1.24 h.	2.1.1,00 h.	2.1.2,00 h.
Glukóza (mmol/l)	41	38,2	33,7	29,6	27,3	25,1
Urea(mmol/l)						
Na(mmol/l)				148		
osmolalita(mmol/kg)				334		

	2.1.3 h.	2.1.6 h.	2.1.7 h.	2.1.8 h.	2.1.10 h.	2.1. 14h.
Glukóza (mmol/l)	22,4	16,0	13,4	11,9	19,5	14,8
Urea(mmol/l)		13,6				
Na(mmol/l)	150	151				149
osmolalita(mmol/kg)	327	319				313

	2.1. 17 h.	2.1. 17 h.	2.1. 22 h.	3.1. 6 hod.	
Glukóza (mmol/l)	8,5	8,4	11,6		12,2	
Urea(mmol/l)					8,3	
Na(mmol/l)			148		145	
osmolalita(mmol/kg)			307		307	