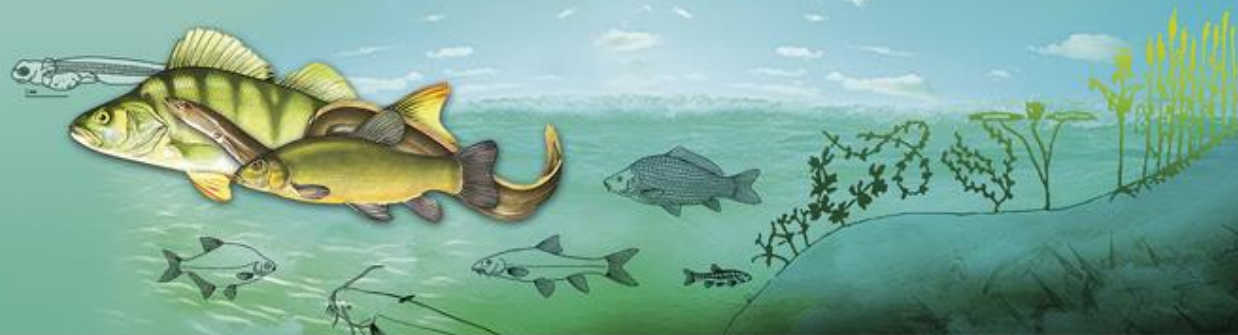




Fakulta rybářství
a ochrany vod
Faculty of Fisheries
and Protection
of Waters

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice
Czech Republic

Obecné vlastnosti vody



Hydrochemie

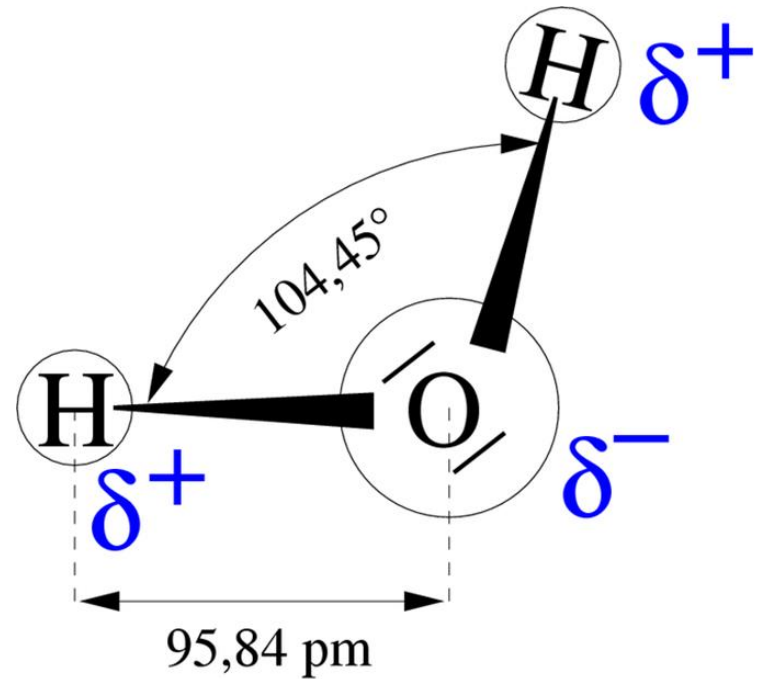
- Nauka o chemickém složení přírodních, užitkových a odpadních vod. Zabývá se studiem procesů, které v těchto vodách probíhají a ovlivňují formy výskytu jednotlivých látek ve vodách, jejich distribuci a cirkulaci.

Výskyt vody na Zemi

	Objem (tis. km ³)	%
Oceány	1 370 000	97,61
Polární led a ledovce	29 000	2,06
Podzemní voda (volně pohyblivá)	4 000	0,29
Sladkovodní jezera a jiné nádrže	125	0,009
Slaná jezera	104	0,008
Půdní vlhkost	67	0,005
Řeky	1,2	0,00009
Atmosférická vlhkost	14	0,0009

Voda má bipolární charakter

Voda je polární rozpouštědlo, ve kterém probíhají veškeré chemické děje v organismu. Lidské tělo obsahuje cca 90 - 50 % (v závislosti na věku) a rostliny až 90 % vody. Už ztráta 20 % tělesné vody je smrtelná. Na dehydrataci člověk umírá asi během 7 dnů.



Podle počtu neutronů v atomech vodíku rozlišujeme následující druhy vody:

- Lehká voda ($^1\text{H}_2\text{O}$)
- Polotěžká voda (HDO) D=deuterium - ^2H
- Těžká voda ($^2\text{H}_2\text{O}$, D_2O)
- Supertěžká voda (T_2O) T=tritium - ^3H
 - supertěžká voda je radioaktivní

Těžká voda (D_2O)

Vlastnost	D_2O	H_2O
Teplota tání	3,82 °C	0 °C
Teplota varu (při norm. tlaku)	101,42 °C	100 °C
Maximální hustota (g/cm^3)	1,106	1,0
Maximální hustota při teplotě:	11,20 °C	3,98 °C
pH (při 25 °C)	7,41	7,00

- je méně reaktivní než běžná voda, má horší rozpustné vlastnosti.
- ve větších množstvích je škodlivá – narušuje fyzikální rovnováhu v těle.
- využívá se v jaderných reaktorech
- slouží k syntéze dalších sloučenin obsahujících deuterium⁶

Základní fyzikální vlastnosti vody

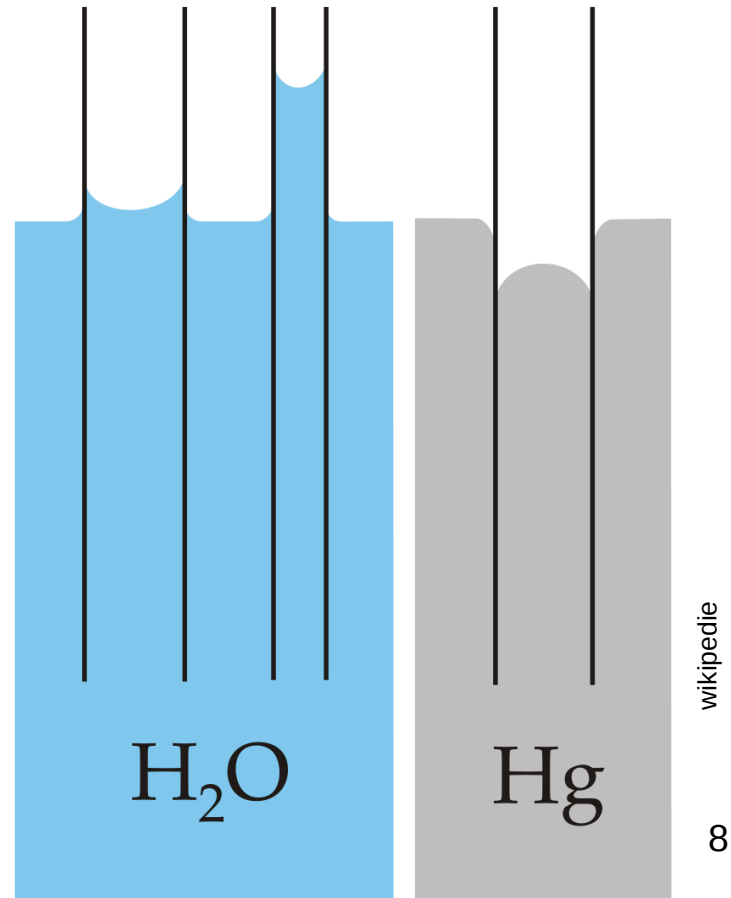
- **Hustota vody** při 4 °C: 1 g.cm⁻³
- Při 4 °C – nejvyšší hustota, při poklesu i při vzrůstu teploty hustota klesá (**anomalie vody**)
- Při přeměně vody v led se její objem zvětší o cca o 9 %
- **Bod tání:** 0 °C
- **Bod varu:** 100 °C
- Velké **povrchové napětí**
- Vysoká **hodnota měrné tepelné kapacity**



<https://www.fotoaparat.cz/fotogalerie/fotografie/373535/>



<https://www.em.muni.cz/vite/3778-proc-jsou-kapky-kulate>



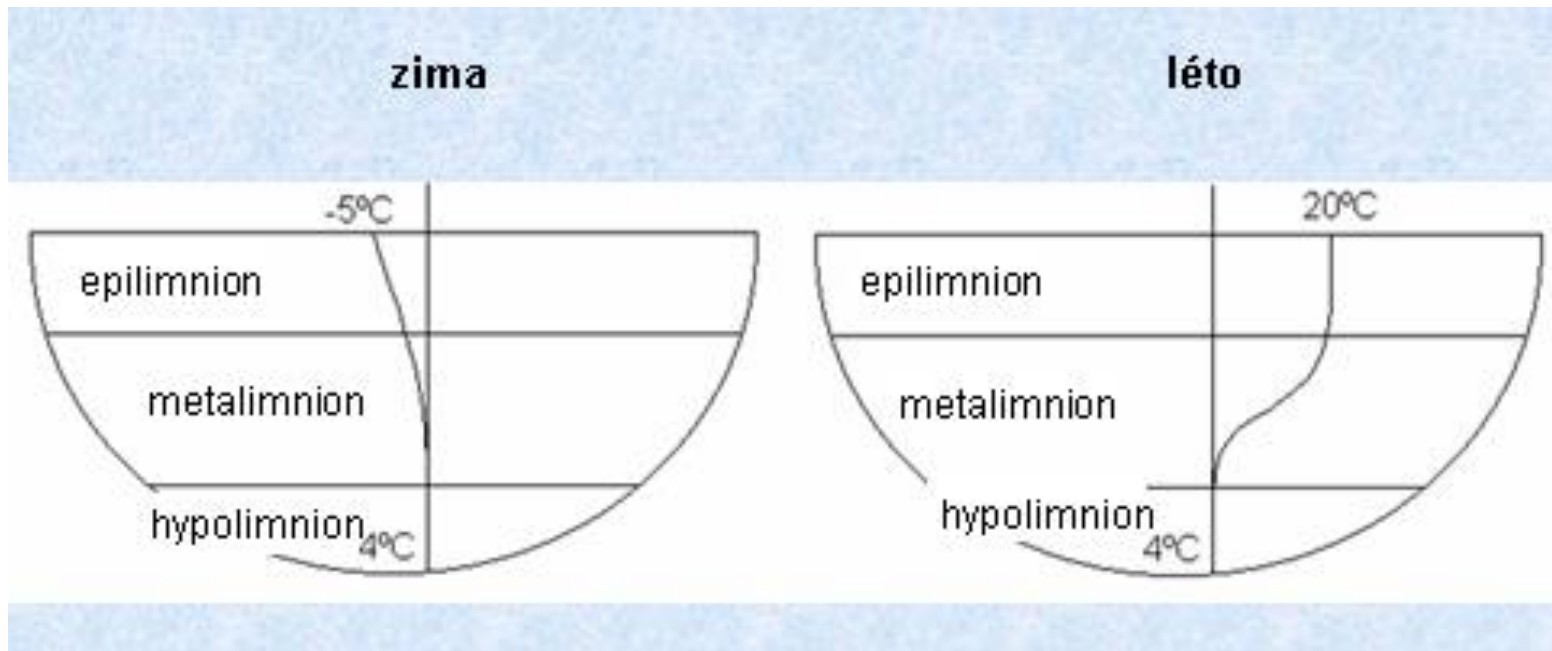
wikipedie

Teplotní stratifikace stojatých vod

Důsledek rozdílné hustoty vody v závislosti na teplotě



letní a zimní stagnace vody v nádržích s dlouhou dobou zdržení vody



Vyrovnání teplotních rozdílů



období jarní a podzimní cirkulace

teplota v celém vodním sloupci se vyrovnává, velmi snadno dochází k promíchání celého obsahu nádrže

Obecné vlastnosti vody

- **Voda v přírodě** – není chemicky čistou látkou
- **Obsahuje:** rozpuštěné i nerozpuštěné organické i anorganické látky

Podle původu rozdělujeme látky obsažené ve vodách na:

- **látky přirozeného původu** (výskyt nezávislý na činnosti člověka)
- **látky antropogenního původu** (výskyt související s životem a činností člověka – odpadní vody, nečistoty v ovzduší, splachy z polí)

Jak se látky do vody dostanou?

- **Látky přirozeného původu - zdroje**
 - 1) průchod atmosférou
 - 2) infiltrace půdou a horninami
 - 3) důsledek činnosti organismů
- **Látky antropogenního původu**
 - 1) průmyslové i splaškové odpadní vody
 - 2) nečistoty z ovzduší
 - 3) splachy z okolních pozemků

Přírodní vody

Rozdělení látek z chemického hlediska

- Látky anorganické
- Látky organické

Přírodní vody

Rozdělení látek obsažených ve vodách z fyzikálního hlediska:

- **iontově rozpuštěné** (dominující v přírodních vodách)
 - **kationty** (vápník, hořčík, sodík, draslík)
 - **anionty** (hydrogenuhličitan, sírany, chloridy, dusičnany)
- **neiontově rozpuštěné**
 - sloučeniny křemíku, boru
 - rozpuštěné plyny (hlavně kyslík, oxid uhličitý)

Ve formě iontově i neiontově rozpuštěné se ve vodách vyskytují i organické látky

Rozdělení látek podle velikosti částic

*Přírodní, užitkové a odpadní vody jsou z fyzikálně chemického hlediska **disperzní soustavy**, tvořené **disperzním podílem** a **disperzním prostředím***

Rozdělení:

hrubě disperzní

(suspenze, emulze, pěny) – velikost částic obvykle nad 500 nm

koloidně disperzní

(koloidy) velikost částic 5 – 500 nm až 1 000 nm

analyticky disperzní

(pravé roztoky) – do max. 5 nm

Při filtraci přes filtr 0,45 μm se do filtrovaného podílu dostávají koloidně disperzní a analyticky disperzní látky

Tyndallův jev

Částice koloidu jsou často barevné, tvoří průhledné disperzní systémy a v bočním světle opaleskují (tzv. **Tyndallův efekt**).



Rozdělení látek podle výše koncentrace

- modernější dělení

- **hlavní součásti** (makrokomponenty)
 - koncentrace **větší než 10 mg.l^{-1}**
- **vedlejší součásti** (mikrokomponenty)
 - koncentrace **$1 - 10 \text{ mg.l}^{-1}$**
- **stopové součásti** koncentrace **do 1 mg.l^{-1}**

Rozdělení látek podle výše koncentrace

	Makrokomponenty	Mikrokomponenty
Kationty	Vápník Hořčík Sodík Draslík	Železo Mangan Amonné sole
Anionty	Hydrogenuhličitany Sírany Dusičnany Chloridy	Fosforečnany Fluoridy

Vyjádření celkové koncentrace látek ve vodě

– *skupinová stanovení* (příklady)

- **Celkové (veškeré) látky** – odparek při 105°C, vyjadřují se v mg.l⁻¹ (stanovení velmi nepřesné) = *součet netěkavých a nerozkládajících se nerozpuštěných a rozpuštěných látek*
- **Rozpuštěné látky** – odparek filtrované vody při 105°C
 - u přírodních vod – filtr s velikostí pórů 0,45 μm
 - u odpadních vod – filtr s velikostí pórů 0,8-3 μm

*Zvlášť u látek, které vytvářejí **koloidy** má velký význam velikost pórů u použitých filtrů*

Ale pozor! (odparek při 105 °C)

- při odpařování vody dochází i k rozkladu hydrogenuhličitánů (*získáme nižší výslednou hodnotu stanovení, než odpovídá skutečnosti*)
a
- naopak: nedochází k odstranění veškeré hydratační vody – např. u síranu hořečnatého, chloridu vápenatého, síranu vápenatého (příklad: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) (*získáme vyšší výslednou hodnotu stanovení, než odpovídá skutečnosti*)

Celková mineralizace

= součet hmotnostních koncentrací všech rozpuštěných anorganických tuhých látek přítomných ve vodě vyjádřených obvykle v mg.l^{-1} nebo v g.l^{-1}

- do celkové mineralizace se nepočítají rozpuštěné plyny
- u běžných přírodních vod se jedná obvykle o sumu Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Si

Dělení přírodních a užitkových vod podle celkové mineralizace

1. vody s velmi malou mineralizací do 100 mg.l⁻¹
2. vody s malou mineralizací 100 – 200 mg.l⁻¹
3. vody se střední mineralizací 200 – 500 mg.l⁻¹
4. vody se zvýšenou mineralizací 500 – 1 000 mg.l⁻¹
5. vody s velkou mineralizací nad 1000 mg.l⁻¹

Rozpuštěné anorganické soli = RAS (RL550)

- žíháním odparku při 550 °C, aby došlo ke spálení organického uhlíku a ostatní změny byly minimální
- přesto k určitým změnám dochází – např.:
 - hydratované soli ztrácejí zbytky hydratační vody,
 - rozkládají se nebo sublimují amonné soli,
 - rozkládají se MgCO_3 a dusičnany.
- hodnoty RAS většinou podhodnocují skutečnou konc. anorganických rozpuštěných látek ve vodě

Látky nerozpuštěné (NL)

- tuhé látky odstranitelné z vody filtrací nebo odstředěním za určených podmínek (normy)
- **Dělení:**
 - usaditelné
 - neusaditelné
 - vzplývavé
- hlinitokřemičitany, hydratované oxidy kovů – nejčastěji železa, manganu, hliníku,
- fytoplankton, zooplankton, organický detrit, tuky, oleje.

Další skupinová stanovení

- neutralizační kapacita
- komplexační kapacita
- suma $\text{Ca}+\text{Mg}$
- CHSK, BSK, TOC
- sumární stanovení některých skupin organických látek (AOX, PAL atd.)

Formy výskytu (existence) látek ve vodách (speciace)

- Látky se ve vodách vyskytují v různých formách – rozlišení různých forem jejich výskytu patří mezi moderní hydrochemické přístupy
- Forma výskytu určité látky ovlivňuje její vlastnosti (příp. i toxicitu)

Příklady rozdílných vlastností různých forem výskytu látek

- **Amoniakální dusík**
 - volný amoniak NH_3 x iontová forma NH_4^+
- **Komplexní formy různých prvků** (pokud jde o kovy – komplexy jsou méně toxické než jednoduché ionty, podobně kyanidy (výskyt huminových kyselin snižuje komplexací toxicitu kovů – např. kadmia)
- **Komplexní formy manganu a železa** se rozpuštěným kyslíkem oxidují pomaleji než jednoduché formy
- **Komplexy vápníku a hořčíku** a ostatních kovů ovlivňují negativně jejich odstraňování srážením

Kvalitativní složení vod

- Běžnými analytickými metodami se většinou stanovuje celková koncentrace dané složky – tj. jednoduchých i komplexních forem, prvků v rozdílných oxidačních stupních apod.
- Pro odlišování celkové koncentrace od koncentrací jednotlivých forem výskytu lze použít různé symbolické způsoby zápisu, např.

$P_{\text{celk.}}$, P_{org} , P_{anorg} , P_{PO_4} , N_{celk} , $N\text{-NH}_4^+$, $N\text{-NH}_3$, Ca^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{2+}

- Třeba rozlišovat výskyt sloučeniny ve formě jednoduchých iontů a ve formě komplexních sloučenin (velmi důležité např. z hlediska toxicity kyanidů)

Vyjadřování kvantitativního složení vod

- V hmotnostních koncentracích (**mg.l⁻¹**, **g.l⁻¹** atd.)
- V látkových koncentracích (**mmol.l⁻¹**, **μmol.l⁻¹**, **nmol.l⁻¹**)
- V angloamerické literatuře se dosud používají údaje v **ppm** (parts per milion – mg.l⁻¹) a **ppb** (parts per bilion μg.l⁻¹)

Dosud se používají častěji hmotnostní koncentrace, ale v současné době se začínají preferovat látkové koncentrace, neboť chemická reaktivita a biologická aktivita závisí nikoliv na hmotnosti reagujících částic, ale na jejich počtu v objemové nebo hmotnostní jednotce vody. Proto je z hlediska těchto vlastností rozhodující látková koncentrace, která je úměrná počtu reagujících částic.

ALE

Hmotnostní koncentrace

- mají v chemických rozbořech nadále své oprávnění, neboť jsou pro laickou veřejnost víc srozumitelné a existuje zde návaznost na předchozí rozboř vody.

Látková koncentrace

- Molární hmotnost čisté látky (M) = podíl její hmotnosti (m) a jejího látkového množství (n)

$$M = \frac{m}{n} [\text{g.mol}^{-1}] , \text{ kde } m = \text{hmotnost, } n = \text{počet částic}$$

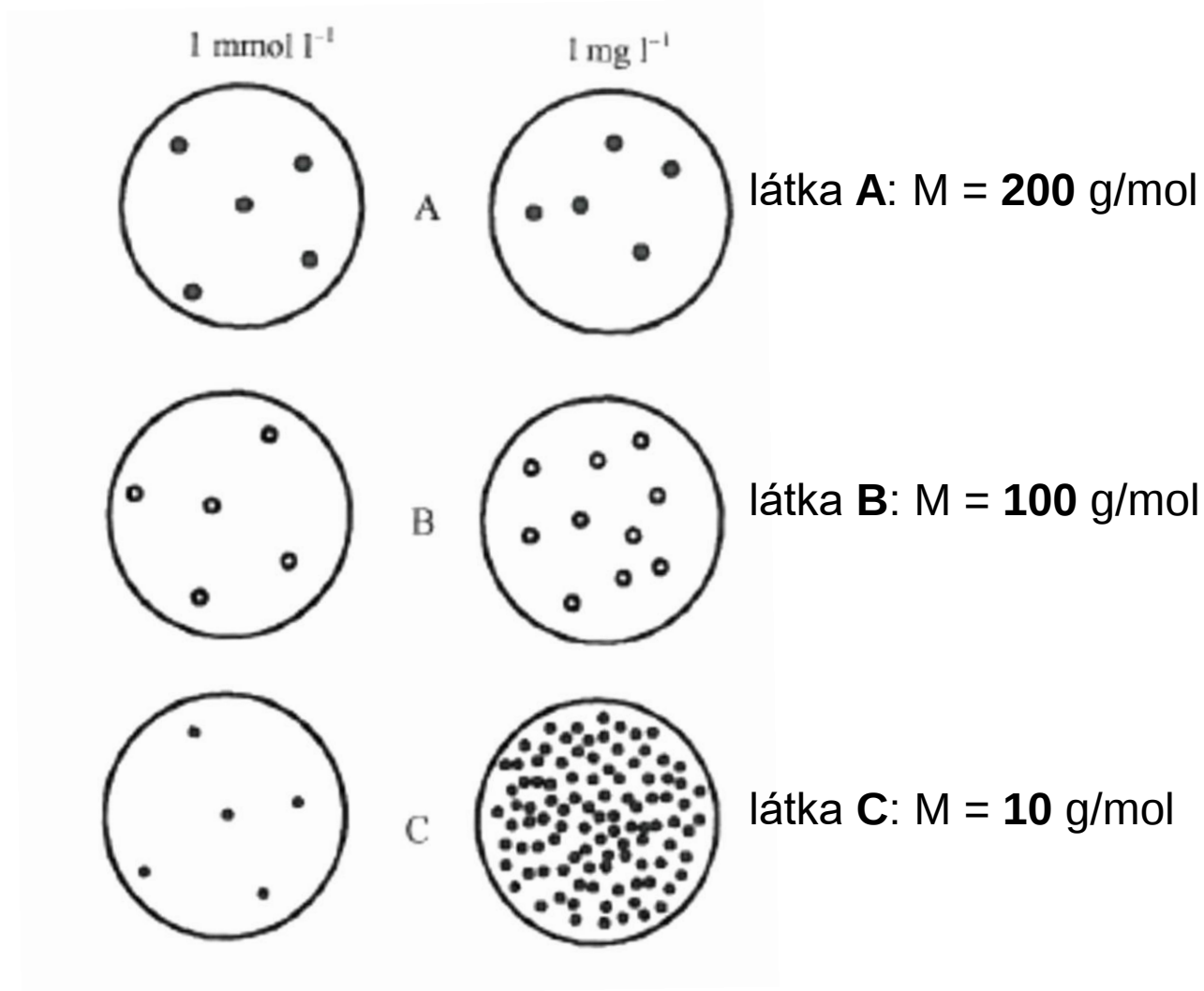
- Hmotnost 1 částice

$$m_0 = \frac{M}{N_A} , \text{ kde } N_A = \textbf{Avogadrova konstanta}$$

(= **$6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$**) – tj. počet částic (atomů, molekul, iontů), které obsahuje 1 mol látky.

- **Jeden mol** libovolné látky obsahuje **stejný počet částic** jako je obsaženo ve **12 g izotopu atomu uhlíku ^{12}C** .
- **Číselná hodnota hmotnosti jednoho molu látky** vyjádřená v gramech je rovna relativní molekulové či atomové hmotnosti této látky.

látková vs hmotnostní koncentrace



Otázky

1. Základní fyzikální vlastnosti vody – vysvětlete pojem anomálie vody
2. Důsledky rozdílné hustoty vody v souvislosti s rozdílnou teplotou, vysvětlete pojem letní a zimní stagnace a jarní a podzimní cirkulace vody
3. Vysvětlete pojmy těžká voda, supertěžká voda
4. Vyjmenujte nejdůležitější kationty a anionty v přírodních vodách
5. Uveďte příklady skupinových stanovení a chyby, kterými jsou tato stanovení zatížena
6. Vysvětlete pojem celková mineralizace
7. Rozdělení vod podle koncentrace anorganických látek v ní obsažených
8. Vysvětlete pojem speciace
9. Uveďte, jakým způsobem se vyjadřuje kvantitativní složení vod