



# *Dnešná škola – človek a príroda*



**6. národná konferencia učiteľov chémie**  
**Bádatelské aktivity pre tematický celok Premeny látok**  
**Tím vyšetrovateľov zo Šintavy – netradičná hodina chémie**



# Voda – naj(ne)obyčajnejšia látka na Zemi I.

Z pohľadu mnohých žiakov a učiteľov základných a stredných škôl je delenie prírodných vied na jednotlivé vedné disciplíny viac-menej jasnou záležitosťou. Ak sa však zaoberáme reálnymi objektmi a javmi bez potreby zaraďovať ich napríklad do oblasti chémie, fyziky, geológie alebo biológie, je takmer nemožné neprísť k záveru o ich interdisciplinárnej povahe. Ako dobrý príklad je téma obyčajnej vody, ktorá spája najmä chemikov, fyzikov, biológov a geológov. Vidno to už zo samotného obsahu slova „voda“. Môže označovať chemicky čistú látku, ktorej zloženie vyjadruje známy vzorec  $H_2O$ , a zároveň aj kvapalné skupenstvo tejto látky. Vodou však nazývame aj prírodné vody, napríklad vody v riekach, jazerách a oceánoch, podzemné a minerálne vody a tiež mnohé priemyselné kvapalné odpady, v ktorých voda tvorí hlavnú zložku. Všetky vlastnosti týchto vôd sú výrazne ovplyvňované chemickými a fyzikálnymi vlastnosťami čistej vody, a preto bude dobré niečo si o nich povedať. Aby sme si veľmi nekazili náladu, budeme sa v budúcich článkoch venovať najmä tomu, ako tieto vlastnosti ovplyvňujú dej v prírode. To, čo je však dôležité povedať už na začiatku je, že i keď vlastnosti vody sa nám môžu zdať obyčajné, v skutočnosti nimi nie sú.

## Ako prísť k záveru o neobyčajných vlastnostiach vody?

Čo to vlastne znamená, že vlastnosti vody nie sú obyčajné? Je jasné, že bežný život nám neposkytuje mnoho príležitostí na porovnávanie vlastnosti vody s inými kvapalinami. Je to preto, že ich výskyt v prírode je s výnimkou ropy mizivý a spôsob ich využívania v bežnom živote je zasa zariadený tak, aby sme s nimi boli v bezprostrednom styku čo najmenej. Dôvody sú jasné. Väčšinou sú zdraviu veľmi škodlivé, čo platí aj pre etanol a rôzne pohonné hmoty. Konštatovanie o nezvyčajných vlastnostiach vody teda môže vyplynúť iba z porovnávania hodnôt fyzikálnych vlastností vody a týchto vlastností u nej podobných kvapalín. Máme tu na mysli predovšetkým podobnosť vo veľkosti a hmotnosti ich molekúl, pretože ich vlastnosti sú významne ovplyvňované práve nimi.

Vyberme si tri nám dobre známe kvapaliny: amoniak, metanol a etanol. Prvá látka má približnú relatívnu molekulovú hmotnosť takmer zhodnú s vodou 17 (voda má 18), druhá 32 – teda takmer dvojnásobok (1,78 násobok) a tretia 46 (2,55 násobok). Porovnajme približné teploty topenia pri štandardnom atmosférickom tlaku v poradí voda, amoniak, metanol, etanol:  $0^{\circ}C$ ,  $-78^{\circ}C$ ,  $-98^{\circ}C$  a  $-114^{\circ}C$ . Analogické porovnanie teplôt varu:  $100^{\circ}C$ ,  $-33^{\circ}C$ ,  $65^{\circ}C$  a  $78^{\circ}C$ . Záverečné konštatovanie je, že všetky kvapaliny majú výrazne nižšie teploty topenia a teploty varu ako voda, zároveň, že voda má tieto hodnoty výrazne vyššie, akoby to zodpovedalo veľkosti a hmotnosti jej molekuly. K tomuto záveru by sme prišli aj bez toho, aby sme sa pozerali do fyzikálno-chemických tabuliek, pretože zápach týchto kvapalín je dôsledkom aj týchto nízkych teplôt skupenských premien. Tie totiž výrazne zvyšujú počet molekúl, ktoré sa nám dostávajú do nosa. Isteže, zápach týchto látok nesúvisí iba s koncentráciou ich pár vo vzduchu, ale aj s tým, že naše čuchové bunky sa evolúciou vyvinuli tak, aby boli citlivé na látky ohrozujúce náš život alebo, naopak, aby nás upozorňovali na zdroj nejakej potravy. Teplota tuhnutia vody, ako aj jej teplota varu sú stále dostatočne nízke na to, aby sme ju mohli zaregistrovať ako zápach alebo naopak, vôňu, a tak je namieste otázka, prečo nám vlastne voda ako životu nevyhnutná látka vlastne nevoní. Hlavný dôvod je ten, že ak by to tak bolo, vzhľadom na obrovské zastúpenie vody v prírode, by tento vnem musel pokrývať všetky ostatné, čím by sa zákonite znížila citlivosť na koncentrácie iných látok vo vzduchu. Všeobecnou vlastnosťou nášho čuchového vnímania je to, že stabilne prítomný zápach skôr alebo neskôr prestávame vnímať. Samozrejme, ľudia dokážu pomerne spoľahlivo identifikovať prítomnosť vody vo vzduchu, avšak je to vďaka tomu, že vodné pary výrazne zvyšujú prestup tepla z povrchu tela. To sa odráža aj na našom rozdielnom vnímaní teploty pri rôznej vlhkosti vzduchu. Napríklad nízke teploty nad nulou vnímame pri vyššej vlhkosti subjektívne nižšie, ako v skutočnosti sú. Tých spôsobov, ako dokážeme zaregistrovať prítomnosť vody vo vzduchu, je však viacero.

## Prečo je to tak?

Vysoké teploty skupenských premien vody sú iba špičkou z ľadovca anomálnych vlastností vody. To, čo ich však navzájom spája, sú ich príčiny. Hlavnou príčinou je, že vodu v jej kvapalnom stave netvoria izolované molekuly, ale ich veľké zhluky. V nich sú jednotlivé molekuly pospájané slabými vodíkovými väzbami. Umožňuje im to polárna povaha väzieb medzi kyslíkom a vodíkom. Práve tieto zoskupenia molekúl sú zodpovedné za to, že voda má vlastnosti, ktoré by pri rovnakej teplote a tlaku zodpovedali látke s omnoho ťažšími molekulami. Veľkosť a tvar týchto zoskupení závisí predovšetkým na teplote, čo



v konečnom dôsledku taktiež ovplyvňuje vlastnosti tejto „najvšednejšej“ a pre nás na prvý pohľad stále rovnakej kvapaliny.

### O zložení prírodných vôd

Všetky fyzikálne a chemické deje v prírode nie sú laboratórnymi experimentmi, v ktorých sa využíva čistá destilovaná voda, preto by sme si mali povedať niečo o zložení prírodných vôd. Napriek tomu, že tieto vody sa môžu výrazne líšiť už na prvý pohľad, vo všeobecnosti možno tvrdiť, že takmer vždy ide o roztoky rôznych solí, ktoré obsahujú aj dispergované častice rôznych anorganických a organických látok. Väčšina anorganických častíc má vyššiu hustotu ako voda, takže v stojatých vodách takéto častice nie sú zvyčajne väčšie ako 2  $\mu\text{m}$ . O organických časticiach to neplatí. Okrem toho takéto vody obsahujú aj rôzne rozpustené plyny, najčastejšie kyslík, dusík, oxid uhličitý a sulfán. Téma prírodných vôd je veľmi široká, a tak sa teraz obmedzíme iba na konštatovanie, že na stupnici od najčistejších vôd až po tie s najvyššou koncentráciou rôznych zložiek, je na prvom mieste dažďová voda a voda vo vysokohorských plesách. Obe sa najviac približujú našej „chemikálii“ s názvom voda, pretože sú produktom najdokonalejšieho čistiaceho procesu v prírode, ktorým je odparovanie a následná kondenzácia pár. Ide o prírodnú verziu destilácie. Na opačnej strane našej stupnice stoja zasa prírodné vody, ktoré sú nasýtenými roztokmi rôznych solí. Pretože však rozpustnosť látok vyskytujúcich sa v prírode sa pohybuje v rozsahu mnohých poriadkov, ich obsah vo vodách kolíše v obrovskom rozsahu. K tejto téme sa však ešte vrátíme v niektorom z budúcich článkov v súvislosti s transportnými javmi v prírode.



Najčistejšou vodou v prírode je zvyčajne dažďová voda. Našej chemickej látky s názvom „voda“ sa často približuje aj voda vo vysokohorských plesách.



Variabilita zloženia prírodných vôd je obrovská. Na tomto obrázku je voda v jazierku v Malých Karpatoch s vysokým obsahom ílov.



Na tomto obrázku je stojaca voda s vysokým obsahom rozkladajúcich sa rastlinných zvyškov a s tým súvisiacim nízkym obsahom kyslíka.



Tento obrázok ukazuje vodnú nádrž pri Markušovciach, do ktorej sa v minulosti odvádzali vody po spracovaní rúd v blízkych baniach. Voda v nádrži obsahuje rôzne prvky pôvodne prítomné vo vytážených mineráloch.

prof. Ing. Karol Jesenák, CSc.  
Katedra anorganickej chémie, Prírodovedecká fakulta UK  
842 15 Bratislava  
jesenak@fns.uniba.sk