

Slaná voda pro fyzika?

JINDŘIŠKA SVOBODOVÁ

Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity, Brno

V příspěvku se zabývám tzv. solárním jezírkem. Jde o zajímavý jev, který má i praktické využití, Uvádíme potřebné údaje a popis pokusu.

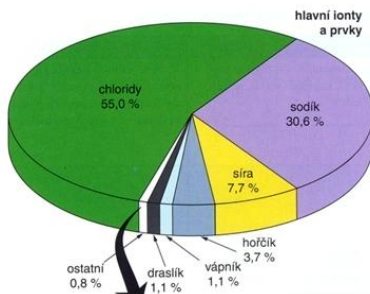
Úvod

Voda má mimořádné chemické, a především fyzikální vlastnosti. Vědci u vody našli řadu anomálních hodnot fyzikálních veličin. Mezi zvláštnosti vody patří její vysoká měrná tepelná kapacita, velká skupenská teplota či velké povrchové napětí.

O anomálii vody se učíme už ve škole: čistá voda má největší hustotu při 3,95 °C. Dalším ochlazováním (příp. ohřátím) se její objem zvětšuje, díky tomu voda mrzne nejprve na povrchu, led se udržuje na hladině a kapalná voda zůstává u dna. V ustálených vodních nádržích méně husté „lehčí“ vody „převrstvují vody“ s větší hustotou.

Přibližně 71 % zemského povrchu připadá na vodní plochu. Na Zemi se voda vyskytuje převážně jako mořská nebo oceánská voda. Pitná voda obsahuje rozpuštěné minerální látky jen v malé míře.

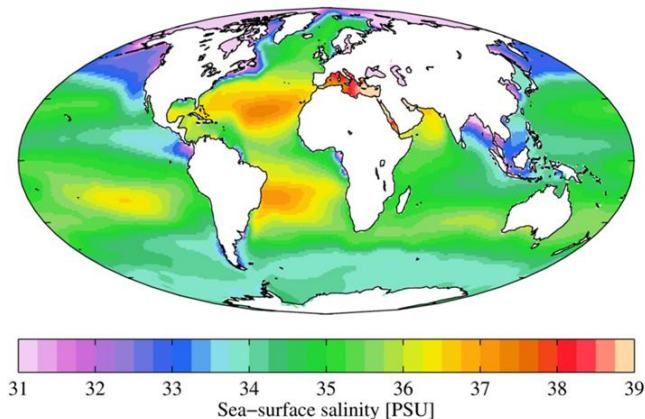
- 97,2 % voda ve světových oceánech
- 2,15 % zamrzlá voda v ledu a ledovcích
- 0,62 % povrchové vody a půdní vlhkost
- 0,02 % vody v tocích a jezerech
- 0,001 % vodní pára v atmosféře



Obr. 2 Složení mořské vody

Mořská voda obsahuje především chlorid sodný, ten představuje 85 % všech minerálů obsažených v moři.

Slanost oceánů ve velkých hloubkách je víceméně konstantní, u hladiny se však může značně měnit.



Obr. 3 Slanost oceánů a moří

Slanost: Balt 4 g/l, Černé moře 19 g/l, Rudé moře 42 g/l, Mrtvé moře 342 g/l

Sůl mění fyzikální vlastnosti vody

Odlišnost chování sladké a slané vody nabízí možnosti žákovských pokusů i systematictějšího prozkoumávání zvláštností mořské vody. Ve vodě se rozpouští řada anorganických i organických látek (mohou být v plynném, kapalném nebo pevném skupenství), jejich rozpouštěním vznikají vodné roztoky, jejich fyzikální vlastnosti se mění. Široká rozpouštěcí schopnost vody souvisí s polárním charakterem jejich molekul.

Hustota

Čistá voda (4 °C) 1 000 kg/m³ (25 °C) 997,05 kg/m³

Mořská voda 1 028 kg/m³

Hustota vody je závislá na množství rozpuštěných látek, teplotě a tlaku. Se zvyšujícím se obsahem rozpuštěných látek její hustota stoupá téměř lineárně.

Bod mrazu

Čistá voda 0 °C

Mořská voda -2 °C

Měrná tepelná kapacita

Čistá voda 4 183 J·kg⁻¹·K⁻¹

Mořská voda 3 850 J·kg⁻¹·K⁻¹

Slanost zvyšuje skupenská tepla, povrchové napětí, elektrickou vodivost, pH.

Solární jezírko

V r. 1900 Von Kalesinky objevil v Transylvánii zvláštní přírodní úkaz. Slaná voda v jezírku byla u dna velmi horká, zatímco u hladiny měla běžnou teplotu. Přírodní jezírko se stalo jednoduchým akumulátorem „tepla“. Takové uspořádání může spontánně vzniknout i v přírodě, když řeka zvolna vtéká do slaného moře.

Umělé sluneční jezírko

V běžném ustáleném jezírku nejvyšší teplotu má vrstva vody těsně u hladiny, směrem do hloubky teplota klesá. Voda o vyšší teplotě má menší hustotu a za normálních okolností stoupá v objemu vzhůru, cestou se ochlazuje a chladná se vrací dolů. Tato konvekce vyrovnává teplotu v objemu vody.

Použijeme-li sůl, lze šikovým uspořádáním dosáhnout toho, že teplota vody u dna bude více než 70 °C a přitom teplota u hladiny bude výrazně nižší. V jezírku lze rozeznat tři vrstvy vody. Horní vrstva je studená a má relativně malý obsah soli. Spodní vrstva vody má nejvyšší teplotu a je velmi slaná. Tyto dvě vrstvy vody oddělíme střední vrstvou, kde se ustaví spád hustoty vody tak, aby se obsah soli ve vodě postupně zvyšoval s hloubkou. V tomto uspořádání voda ve střední vrstvě nemůže stoupat, protože voda nad ní má menší obsah soli a je lehčí. Voda pod ní má zase vyšší obsah soli a je těžší. Udržíme-li stabilní hustotní spád, potlačíme proudění a střední vrstva zaizoluje spodní velmi slanou vodu. Ztráty tepla jsou střední vrstvou potlačeny, tak se dole ustálí poměrně vysoká teplota.

Naše sluneční slané jezírko ustavíme v průhledné nádobě s tmavým dnem. Tmavé dno vytváří kolektor pro absorpci slunečního záření. Navíc přechod od

sladké průhledné vody nahoře ke slané dole funguje trochu jako čočka a koncentruje světlo na tmavé dno. Světlo prostoupí horními, méně slanými vrstvami a pohlčená energie se akumuluje dole v nejspodnější vodě, odkud je v případě potřeby odebíráno.

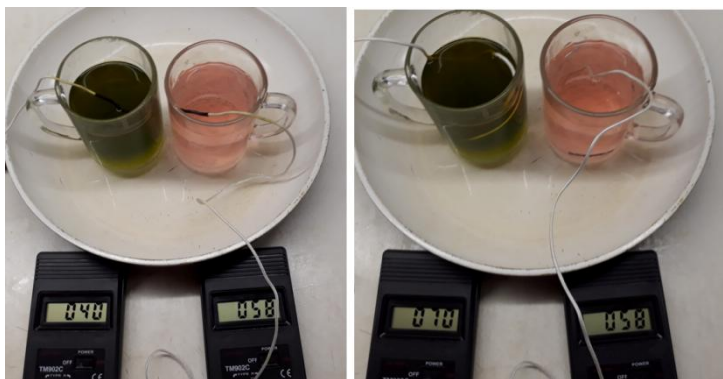


Obr. 4 Teploměry ukazují rozdílné teploty v nádobě se solnými roztoky

Dva teploměry jsou umístěny v různých hloubkách v každé nádrži. Svítíme shora na obě nádoby stejně dlouho (minuty a déle). Co pozorujeme? V levé nádobě – slané jezírka – teploměry ukazují rozdílné teploty u dna 70 °C a nahoře 35 °C.

Ještě jednodušší pokus demonstrující stejný jev sestavíme pomocí sklenic a přímého ohřevu. V jedné sklenici necháme obyčejnou vodu (obarvena růžově) a do druhé sklenice připravíme a umístíme solné roztoky (obarveny zelenožlutě). Ohříváme zvolna ve vodní lázni a pozorujeme.

Pomůcky: 2 teploměry, sůl, 2 sklenice, ohřev, potravinářská barva



Obr. 5 Ohřev ve vodní lázni

První solární jezero s umělou slaností založeno u Sdom v Izraeli v roce 1960 (rozměry $25 \times 25 \text{ m}^2$, hloubka 0,8 m). Cílem bylo studovat fyziku solárního jezírka a jeho ekonomickou životaschopnost. Za půl roku bylo dosaženo maximální teploty zóny skladování $92 \text{ }^\circ\text{C}$. Dnes největší umělé sluneční jezírko existuje v USA (Ohio), používá se k vyhřívání městského plaveckého bazénu. Zaujímá plochu půl hektaru a v 12 milionech litrů vody má rozpuštěny 2 000 tun soli. Náklady na výrobu tepla se ukazují jako relativně nízké, ale náklady na výrobu elektřiny jsou naopak relativně vysoké.

Závěr

Energetické sluneční slané jezírko je nenáročná fyzikálně chemická demonstrace, kterou lze provádět ve škole, doma či venku. Časová náročnost přípravy je sotva půl hodiny. Cíle aktivity jsou dokázat užívat a pracovat s pojmy hustota, salinita, teplota, proudění.

Kontakt: svobodova@ped.muni.cz.

Literatura

- [1] El-Sebaai A. A., et al: *History of the solar ponds: A review study*, Dep.of Physics, Faculty of Science, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 3319–3325.