

Rozhledy matematicko-fyzikální

Jana Kalová

Známe povrchové napětí vody?

Rozhledy matematicko-fyzikální, Vol. 97 (2022), No. 3, 45–48

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/151283>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2022

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ*:
The Czech Digital Mathematics Library <http://dml.cz>

Známe povrchové napětí vody?

Jana Kalová, PřF JU, České Budějovice

Abstrakt. The article presents some mysteries connected to surface tension of the most spread substance on the Earth's surface—ordinary water. It presents problems occurring when determining a precise value of surface tension, and points out achievements of Czech research at measuring surface tension in the supercooled water region.

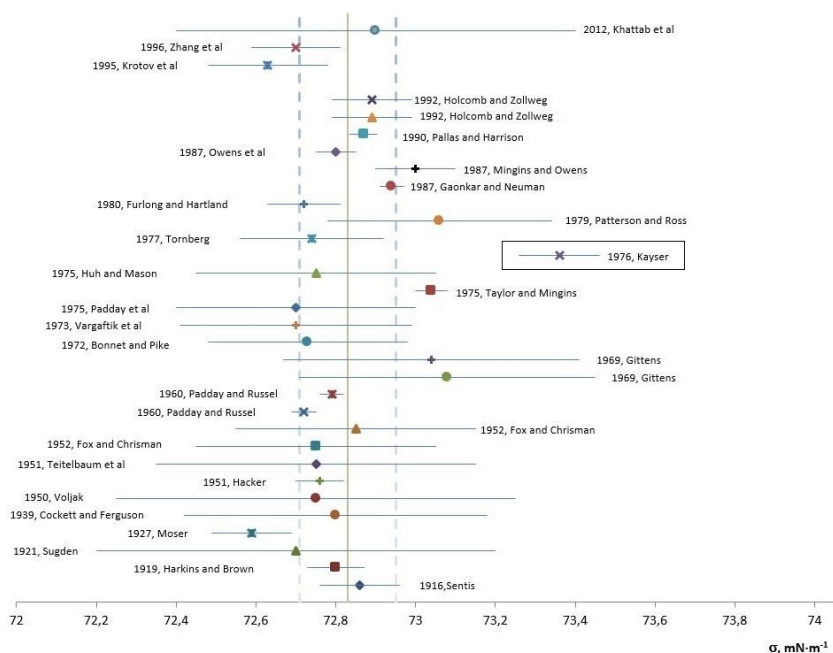
Voda je jednou z nejdůležitějších chemických sloučenin. Je nezbytná pro život na Zemi, má nesmírný význam v řadě průmyslových aplikací, dopravě, vojenství. S povrchovým napětím vody se setká každý. U rybníka můžeme pozorovat vodoměrky, které díky povrchovému napětí dokážou běhat po hladině. Díky povrchovému napětí jsou vodní kapky kulaté. Povrchové napětí lze využít k experimentu s plovoucí mincí, která je těžší než voda a měla by klesnout ke dnu. Povrchové napětí umožňuje vodě vzlínat, podílí se na vzniku srážek, hraje roli při vzniku kavitace v parních nebo vodních turbínách. Povrchové napětí má rovněž vliv na rychlost šíření bakterií a virů – např. když zakašleme, viry a bakterie se vznášejí v oblacích kapiček, jejichž velikost určuje mj. i povrchové napětí, které tím určuje i vzdálenost, na kterou mohou doletět (např. větší kapičky 2 m, menší 6 m).

Známe přesnou hodnotu povrchového napětí vody?

Je překvapivé, že přesnou hodnotu povrchového napětí vody vlastně neznáme. Zatímco hustotu vody za atmosférického tlaku a dané teploty umíme určit s přesností na 6 platných číslic, u povrchového napětí je situace složitější. Lze tvrdit, že povrchové napětí při některých teplotách (20 °C, 25 °C) známe s přesností na 3 platné číslice.

Obr. 1 ilustruje měření povrchového napětí vody použitá v [1] k určení jeho hodnoty při 20 °C. Ačkoliv autoři některých experimentů deklarují přesnost určení povrchového napětí vody hodnotou 0,1 mN/m, na obrázku vidíme, že rozdíly mezi jednotlivými experimenty jsou mnohem větší. Je to dáno např. citlivostí experimentů na čistotu vody, započítáním různých korekcí k měřeným hodnotám v závislosti na použité metodě měření apod. Ale testování těchto vlivů stejně všechny

rozdíly mezi měřeními nevysvětluje. Můžeme říci, že povrchové napětí vody ještě na své super přesné měření, které by s velkou přesností a bezesporně určilo hodnotu povrchového napětí při dané teplotě a tlaku, čeká. Pochopitelně tuto situaci umíme obejít, např. můžeme jako odpovídající hodnotu uvažovat průměr naměřených dat. Autoři v [1] použili vážený průměr a pro povrchové napětí vody při 20 °C získali hodnotu $\sigma_{20} = (72,83 \pm 0,12) \text{ mN/m}$. (Povrchové napětí vody je na teplotě velmi závislé. V publikaci [1] je uvedena referenční hodnota povrchového napětí vody při 25 °C, $\sigma_{25} = (72,01 \pm 0,10) \text{ mN/m}$.)



Obr. 1: Experimentální data použitá k určení povrchového napětí vody při 20 °C

Rozdíly mezi výsledky jednotlivých měření však stále zůstávají záhadou, která čeká na vyřešení.

Povrchové napětí vody nevykazuje anomálii v podchlazené vodě

Další záhadou, která je spojena s povrchovým napětím vody, je její chování v tzv. podchlazené oblasti. Všichni víme, že voda jako kapalina

může za normálního atmosférického tlaku existovat mezi $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Za určitých okolností ale může voda existovat v kapalném stavu i po překročení teploty $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pak mluvíme o *přehřáté vodě*. V kapalném stavu může voda zůstat i poměrně hluboko pod $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, pak mluvíme o *podchlazené vodě*. Oba tyto stavy, podchlazená a přehřátá voda, se nazývají *metastabilní stavy*. Metastabilní proto, že stačí např. drobná trhlinka ve stěně nádoby a voda buď začne vřít nebo se promění v led. Ve skutečnosti k tomuto fázovému přechodu dojde, i kdyby experiment probíhal za ideálních podmínek. V každé kapalině probíhají fluktuace, zvláště v oblasti fázového přechodu. Např. v oblasti $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ se objevují zárodky ledu, které se většinou rozpustí. Ale je jen otázkou času, kdy se objeví tzv. kritický zárodek, který dosáhne takové velikosti, že fázový přechod už je nevratný a celý objem kapalné vody se nevyhnutelně promění v led. Podobné je to u přehřáté vody, kde kritickým zárodkem je bublinka páry.

Zkoumání podchlazené vody je v poslední době velmi populární. Řada týmů se pustila do zkoumání termodynamických vlastností podchlazené vody. Z pohledu experimentů je zde jeden omezující faktor, a tím je čas. Dříve nebo později se objeví kritický zárodek ledu, a tím měření končí. Voda se musí rozmrazit, někdy je třeba vyčistit i celé měřicí zařízení a pokračovat s novým měřením od začátku. Ale přesto se vlastnosti podchlazené vody měří a ukazuje se, že voda má v této oblasti řadu anomálií [2]. Tyto anomálie by měla vykazovat i teplotní závislost povrchového napětí vody pro teploty pod $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ale zatím se zdá, že ani při dosažení teploty $-32,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ povrchové napětí vody žádnou anomálii nevykazuje! Takže opět čekáme na nějaký experiment, který umožní dostat se dále pod zatím rekordní dosaženou teplotu $-32,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3].

Postavení ČR ve zkoumání povrchového napětí vody

V České republice existuje dlouhá tradice výzkumu termofyzikálních vlastností vody a páry. Když v roce 1929 vznikla mezinárodní společnost IAPS, která se záhy přejmenovala na IAPWS (The International Association for the Properties of Water and Steam), ČR, resp. bývalé Československo bylo mezi pěti zakládajícími státy. Původním smyslem této organizace bylo vylepšit účinnost parních turbín nebo alespoň umožnit jejich srovnání. A protože ČR byla (a stále je) světovou špičkou v oblasti parních turbín, bylo jasné, že takové členství je pro ČR výhodné.

Stručné shrnutí příspěvků ČR k historii této asociace, která má nyní přes 20 členů, lze najít na stránkách České společnosti pro vlastnosti vody a vodní páry [4]. ČR se aktuálně podílí na výzkumu IAPWS v oblasti

povrchového napětí vody, a to jednak unikátními měřeními povrchového napětí (Ústav termomechaniky AV ČR, FST ZČU v Plzni), jednak zpracováním výsledků měření a tvorbou závislosti povrchového napětí vody na teplotě (PřF JU České Budějovice).

Literatura

- [1] Kalová, J., Mareš, R.: Reference values of surface tension of water. *International Journal of Thermophysics*, 36 (2015), s. 1396–1404.
- [2] Kalová, J.: Podivná voda. *Rozhledy matematicko-fyzikální*, 84 (2009), č. 2, s. 22–26.
- [3] Kalová, J., Mareš, R.: Surface tension in the supercooled water region. *International Journal of Thermophysics*, 42 (2021), č. 9 article id.131, doi: 10.1007/s10765-021-02884-z, s. 1572–1404.
- [4] <http://www.czpws.cz>.

Co se fyzikové naučili od básníků

Ivo Kraus, FJFI, ČVUT, Praha

Věda je jednou z etap vývoje lidské kultury. Téměř tři tisíciletí do sebe vstřebávala výsledky práce geniálních umělců, literátů, filozofů a náboženských myslitelů, až se nakonec změnila v kvalitativně nový jev. Její duchovní i materiální cíle (a také výsledky) byly hned od počátku protichůdné: poznat lidstvo i svět, zároveň však ovládnout (pokořit) přírodu.

Z hlediska objemu poznatků rozlišovali *antičtí filozofové* tři oblasti vědění: *přírodu (fyziku)*, *společnost (etiku)*, *myšlení (logiku)*. Aristotelés¹⁾ dělil hmotné věci na neživé, rostlinné a živočišné. Všechno, co člověk vyprodukoval, je materiální, morální nebo teoretické; podle toho, jestli zkoumaný objekt náleží světu fyziky, etiky či metafyziky. Aby vyřešil problémy s tříděním na minerály, rostliny a živočichy, napsal osm knih o fyzice.

¹⁾Aristotelés ze Stageiry (384–322 př. n. l.), největší filozof starověku.