

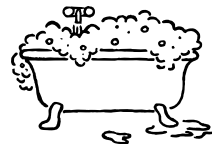
Úloha II.E ... Soňa se chce prohřát

7 bodů; průměr 5,92; řešilo 190 studentů

Jednou za čas je Soně taková zima, že se potřebuje pořádně prohřát v horké vaně. Aby se mohla vyhřívat co nejdéle, vyrobí si ve vaně tlustou vrstvu pěny. Pomůže jí to?

Změřte, jak rychle vychladne hrnek horké vody bez pěny a jak rychle s pěnou do koupele. Který hrnek vychladl rychleji a proč?

Bonus: Změřte dobu chladnutí i pro jiné druhy pěny (jarová pěna, šlehačka...) a porovnejte výsledky experimentu.

**Teorie**

Jak rychle kapalina chladne, závisí na mnoha faktorech. Aby mohla rychleji chladnout, potřebuje předávat své teplo co neefektivněji do okolí. Nejvýznamnějšími faktory ovlivňujícími chladnutí jsou proto rozdíl teplot mezi kapalinou a okolím, odpařování kapaliny a jak dobře se teplo přesouvá uvnitř kapaliny (to souvisí s tepelnou vodivostí, viskozitou a dalšími vlastnostmi kapaliny).

Odpařování spotřebovává teplo chladnoucí kapaliny na skupenskou přeměnu. Pokud na hladinu umístíme pěnu (nebo třeba olej), která zabrání odpařování, kapalina ztratí poměrně významnou část procesů, které ji chladí.

Rozdíl teplot mezi kapalinou a okolím se zdánlivě ovlivňuje těžko, protože vzduch v místnosti, do kterého kapalina přesouvá své teplo, jen tak neprohřejeme na teplotu vroucí vody. Co ale můžeme použít je vrstva izolace. Při izolování hraje roli *tepelná vodivost* a *měrná tepelná kapacita* materiálu. Materiál s nízkou tepelnou vodivostí špatně předává teplo z konce, který se dotýká kapaliny, ke konci, který chladne do okolního vzduchu. To způsobí, že se konec dotýkající se kapaliny zahřeje na vyšší teplotu než konec chladnoucí do vzduchu. V kombinaci s nízkou měrnou tepelnou kapacitou pak konec u kapaliny velmi rychle dosáhne teploty skoro stejné, jako má kapalina, a kapalina tak chladne mnohem pomaleji. Pěnu tvoří z velké části vzduch, který má jak malou měrnou tepelnou kapacitu, tak malou tepelnou vodivost. Celá místnost se rychle prohřeje jen proto, že vzduch může proudit. V pění je ale zavřený v malých bublinkách, které si musí teplo předávat dotykem, což je značně méně efektivní.

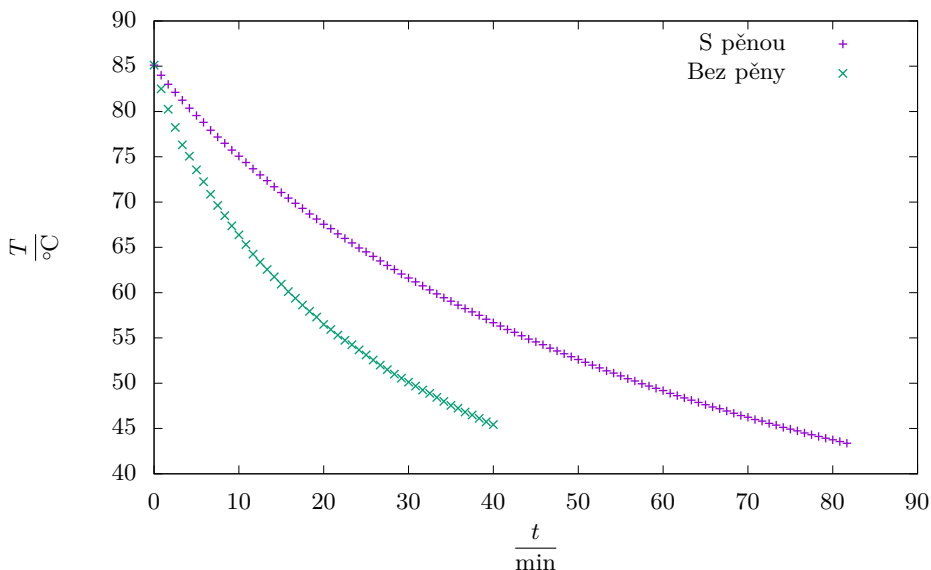
Očekáváme tedy, že pod pěnou bude voda chladnout pomaleji. Jak moc se efekt pěny projeví, ukáže experiment.

Měření

Připravíme si do libovolné nádoby předem pěnu (kdybychom pěnu vyráběli až v horké vodě, stihne nám už předem vychladnout, jenže my chceme pozorovat vodu co nejteplejší, aby měření netrvalo příliš dlouho). Poté zahřejeme v rychlovarné konvici (nebo na sporáku) vodu. Předem stanovený objem (v našem případě 400 ml) vody nalejeme do hrnku a lžičkou na ni přesuneme vrstvu předem připravené pěny. Ponoříme teploměr a začneme měřit. Pro hrnek bez pěny opakujeme stejný postup s vynecháním kroku přesunu pěny na vodu.

Pro naše měření jsme použili ponorný digitální teploměr, který sbíral data automaticky s přesností 0,1 °C. Měření ale lze provést například i s lihovým teploměrem, kdy teploty po určitých intervalech odečítáme ručně.

V grafu 1 naměřených hodnot můžeme vidět, že voda pod vrstvou pěny chladla výrazně pomaleji, k teplotě okolo 45 °C se dostala po přibližně dvojnásobném čase než voda bez pěny.



Obr. 1: Naměřená závislost teploty chladnoucí vody na čase

Konkrétně voda bez pěny dosáhla teploty $45,3^{\circ}\text{C}$ po $40,25$ min, kdežto voda s pěnou dosáhla stejné teploty po $73,4$ min. Obě měření jsme započali, když teplota dané kapaliny dosáhla hodnoty $85,1^{\circ}\text{C}$.

Závěr

Voda přikrytá vrstvou pěny chladne zřetelně pomaleji než voda bez pěny, protože pěna zabraňuje odpařování vody a zpomaluje přenos tepla do okolního prostředí. Z teploty $85,1^{\circ}\text{C}$ na teplotu $45,3^{\circ}\text{C}$ vychladla voda s pěnovou pokrývkou za $73,4$ min, zatímco voda bez pěny stejného poklesu teploty dosáhla přibližně za $40,3$ min.

Soňa Husáková

sona@vyfuk.mff.cuni.cz

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty a přáteli MFF UK. Je zastřešen Oddělením propagace a mediální komunikace MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků. Realizace projektu byla podpořena Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence navštivte <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.