## Úloha II.E ... Soňa se chce prohřát

7 bodů; průměr 5,93; řešilo 191 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 nejefektivněji 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 pěně je ale zavřený v malých bublinkách, které si musí teplo předávat dotykem, což je značně méně efektivní.

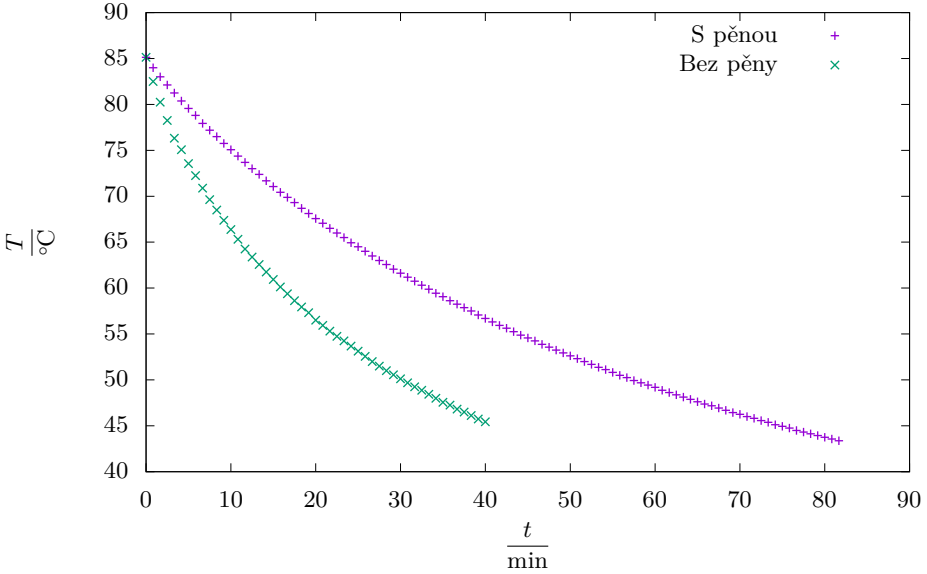
Očekáváme tedy, že pod pěnou bude voda chladnout pomaleji. Jak moc se efekt pěny projeví, ukáže experiment.

### *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.




Obrázek 1: Naměřená závislost teploty chladnoucí vody na čase

Konkrétně voda bez pěny dosáhla teploty 45,3 °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 °C.

## *Závěr*

Voda přikrytá vrstvou pěny chladne znatelně pomaleji než voda bez pěny, protože pěna zabraňuje odpařování vody a zpomaluje přenos tepla do okolního prostředí. Z teploty 85,1 °C na teplotu 45,3 °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.husakova@vyfuk.org

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/.