

## Úloha II.E ... Segedín

7 bodů; průměr 5,31; řešilo 36 studentů

Při přípravě pondělního oběda Soňa přemýšlela, jak je možné, že uvařený knedlík vyplave. Napadlo ji, že vařením změní hustotu. Změřte hustotu libovolného druhu knedlíku před vařením a po něm. Platí pro vámi zvolený knedlík Sonina domněnka?



## Teorie

Protože hustotu knedlíků nelze měřit přímo (například hustoměrem), musíme ji změřit nepřímou. V tomto případě jsme zvolili měření objemu a hmotnosti. Z těchto dvou veličin je poté už možné vypočítat jejich hustotu.

Během vaření knedlíků se může jejich hustota změnit jak změnou objemu tak změnou hmotnosti. Ve vodě se může část rozpustit nebo naopak povrch může vsáknout vodu z okolí. Během varu se může voda uvnitř knedlíku vypařit a uniknout z něj nebo roztáhnout prostor, ve kterém je uvězněna. Dále se velikost může zvětšit kynutím, ale pokud jsou hodnoty měřeny těsně před vařením, tak se dá tato změna většinou zanedbat, neboť při vysokých teplotách ke kynutí nedochází.

## Postup

Objem i hmotnost bylo potřeba změřit před vařením a po něm. Vše bylo uděláno bez prodlev, aby byly omezeny změny teploty. Měření bylo vždy provedeno na více knedlících pro zpřesnění výsledků. Měření hmotnosti je možno provést jednoduše pomocí kuchyňské váhy. Naše váha měřila s přesností na gramy, lze tedy říci, že chyby měření hmotnosti jsou menší než jedno procento, což je zanedbatelné vzhledem k chybám měření objemu.

Měření objemu je mnohem složitější. Knedlíky nelze rozumně popsat jako geometrický tvar, u kterého z rozměrů umíme spočítat objem. Dva problémy má i měření, kdy se těleso ponoří do vody a odečte se rozdíl objemů vody samotné a vody s tělesem. Prvním problémem je rozmáčení knedlíku, které by se dalo vyřešit například zabalením knedlíku do tenké fólie. Druhým problémem je nižší hustota knedlíku než vody. Kvůli tomu nelze knedlík jednoduše položit do vody, ale je ho nutné do vody tlačit. Při takovém měření buď neměříme celý objem knedlíku, anebo pod vodou naměříme i kus své ruky, oboje vede ke zkresleným výsledkům.

Řešením tohoto problému může být záměna vody za jinou kapalinu nebo za sypkou látku, která se chová také trochu jako kapalina. Pro tento účel byly vybrány drobné korálky. Protože bylo měřeno v odměrné nádobě s nejmenším dílem stupnice 25 ml, lze chybu způsobenou velikostí korálků zanedbat.

## Výsledky měření

Během našeho měření jsme zjistili, že u kynutého a houskového knedlíku můžeme pozorovat přibližně stejné změny. V obou případech se vytvoří vrstvička na povrchu, která obsahuje poměrně hodně vody, pod ní je pórovitá výplň obsahující spoustu páry. Tato pára při vaření vznikla z vlhkosti přítomné v těstě a při zvětšování svého objemu zvětšila objem všech „mezer“. Z těchto knedlíků se také moc velká část nerozpustí, což je vidět z relativně čisté vody, která po vaření knedlíků zůstává.

V následující tabulce jsou uvedeny průměry hustot před vařením a po vaření různých druhů knedlíků včetně jejich chyb. Ty byly vypočteny z chyby měření objemu a statistické chyby, protože ostatní chyby byly zanedbatelné.

typ knedlíku	před vařením		po vaření	
	$\rho$	$\sigma$	$\rho$	$\sigma$
kynutý knedlík plněný	611	87	547	61
kynutý knedlík prázdný	610	153	330	42
houskový knedlík	895	47	530	17

Tab. 1: Hustoty knedlíků před a po vaření v  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

### Diskuze

Toto měření potvrdilo pro námi zvolené knedlíky domněnku, že se při vaření snižuje jejich hustota. Měření je však velmi nepřesné, a proto je potřeba výsledné hodnoty brát pouze jako řádové určení. Největší chyby vneslo měření objemu, proto pokud by byl pokus opakován, měl by se objem měřit jinak.

*Pavel Provazník*  
pavelp@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/>.