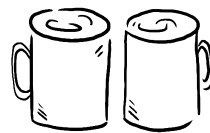


Úloha II.E ... Ozářené mléko

8 bodů; průměr 4,85; řešilo 147 studentů

Hedvi s Patrikem si chtěli v mikrovlnce ohřát 2 hrnky mléka najednou, nedokázali se však shodnout, jak dlouho se musí mléko ohřívat. Hedvi tvrdí, že 2 hrnky se budou ohřívat dvakrát déle než jeden hrnek, ovšem Patrik namítá, že se ohřejí za stejný čas jako jeden. Experimentálně zjistěte, kdo z nich má pravdu, a zkuste vysvětlit, proč tomu tak je. Pro měření můžete použít místo mléka vodu.



Teorie

Mikrovlnná trouba oproti obyčejné pečicí troubě ohřívá jídlo rozdílně. V pečicí troubě běžně probíhá ohřev jídla prouděním a přestupem tepla ze vzduchu na potravinu. Topná tělíska umístěná v horní a dolní části trouby ohřívají vzduch, který následně proudí uvnitř trouby a ohřívá jídlo. Nezáleží tedy, co do trouby vložíme – klasická kuchyňská trouba na pečení ohřeje vše.

Oproti tomu se mikrovlnná trouba zaměřuje primárně na ohřátí jedné specifické, všudypřítomné látky – vody. Přesněji jejích molekul. Speciální součástka v mikrovlnce zvaná *magnetron* vytváří elektromagnetické záření o frekvenci 2,45 GHz, které dokáže rozkmitat molekuly vody, což se projeví zvýšením její teploty. Jelikož se voda nachází prakticky ve všech jídlech, jejich ohřátí není problém. Způsob ohřevu pomocí mikrovln se projeví i v tom, že jídlo se ohřívá v celém svém objemu, ne tedy od povrchu dolů, jako u pečicí trouby. I proto se jídlo v mikrovlnce ohřeje tak rychle.

Jelikož se v mikrovlnce šíří elektromagnetické vlny, dochází k vytvoření tzv. *stojatých vln*. Určitě jste varovali, že někdy se v mikrovlnce ohřeje pouze část jídla, zatímco jiná zůstane podstatně studenější. V určitých místech mikrovlnky se vytvoří kmitny, tedy místa, kde se vlny „sečtou“, a uzly, kde se naopak vlny „odečtou“ (vyruší). V kmitnách můžeme následně pozorovat rychlý ohřev a v uzlech naopak zachování původní teploty.

Ústřední otázka tohoto experimentu spočívá v tom, zda dva od sebe vzdálené předměty ovlivňují navzájem svou přítomností rychlost ohřevu toho druhého předmětu. V klasické troubě by víceméně měla rychlost ohřevu záviset pouze na okolní teplotě, která je dána výkonem topných tělísek. Takže pokud by byly předměty dostatečně daleko od sebe, neměly by si navzájem ovlivňovat rychlost ohřevu. Ovšem u mikrovlnky probíhá ohřev pomocí elektromagnetických vln, které jsou samozřejmě částečně blokovány ohřívaným předmětem. Dvě tělesa ohřívána společně by si tedy měla navzájem rušit vlny, které jim dodávají energii, a zpomalovat tak rychlost ohřevu. Jak moc je tento efekt výrazný, se pokusíme naměřit.

Provedení experimentu

Na provedení experimentu jsme použili tři identické hrnky (abychom mohli po každém měření rovnou vzít aspoň jeden hrnek o pokojové teplotě na další měření), odměrný válec, kuchyňský teploměr a samozřejmě mikrovlnku. Provedli jsme celkem dvě sady měření. V první sadě byla voda o objemu 250 ml s počáteční teplotou $t_1 = 22,1^\circ\text{C}$. Tu jsme ohřívali po dobu 60 s. Zároveň jsme zkoušeli ohřívát vodu ve dvou různých pozicích, ve středu otočného talíře a na jeho okraji, abychom zjistili, jak si navzájem hrnky blokují vlny v závislosti na poloze. V druhé sadě jsme experiment provedli identicky, avšak s delší dobou ohřevu 120 s a počáteční teplotou $t_2 = 23,1^\circ\text{C}$. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 1.

Jako výsledek experimentu nás zajímá rozdíl teplot, o které se voda ohřála. Odečteme tedy počáteční teplotu od výsledných teplot. Pro dva hrnky počítáme aritmetický průměr teplot z obou hrnků. Nakonec podělíme změnu teploty vody v případě ohřevu jednoho hrnku Δt_1

$$p = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}$$

Pokud očekáváme, že se navzájem hrnky nebudou ovlivňovat, tedy že se voda pro jeden a dva hrnky ohřeje za daný čas na stejnou teplotu, měl by poměr p vyjít 1. Pokud by si naopak všechnu energii, kterou by absorboval jeden hrnek sám v mikrovlnce, rozdělily rovným dílem, a tudíž by se ohřály pouze na poloviční teplotu, měli bychom dostat poměr $p = 2$.

Nutno ještě poznamenat, že jsme *neodstraňovali* otáčecí mechanismus mikrovlnky. Pokud bychom ho odstranili a neměli zrovna štěstí, mohlo by se stát, že umístíme hrnky do uzlů stojatých vln a nebudou se vůbec ohřívat, tím pádem by byly naše výsledky neplatné.

Výsledky měření

<u>dobu ohřívání</u> s	počet hrnků	<u>t uprostřed</u> °C	<u>t na kraji</u> °C
60	1	57,4	53,1
	2	40,5	38,2
120	1	71,6	73,2
	2	53,5	49,5

Tabulka 1: Teplota naměřená po ohřátí

<u>dobu ohřívání</u> s	počet hrnků	<u>Δt uprostřed</u> °C	p	<u>Δt na kraji</u> °C	p
60	1	35,3	1,9	31,0	1,6
	2	18,4		16,1	
120	1	48,5	1,9	50,1	1,9
	2	30,4		26,4	

Tabulka 2: Relativní změny teploty

Z tabulky 2 je zřejmé, že pravdu měla spíše Hedvika, poměry p jsou až na jednu výjimku 1,9. Voda ve dvou hrnečcích se ohřála na poloviční teplotu. Aby se ohřála na teplotu vody v jednom hrnku, musela by se ohřívat přibližně dvakrát tak dlouho, pokud se rychlost ohřevu nemění v čase či s teplotou (což je pro nějaké menší změny teplot nepochybně pravda).

Diskuze a závěr

V průběhu experimentu jsme se snažili kontrolovat vliv polohy hrnku v mikrovlnné troubě. Cílem bylo zjistit, zda pozice kmíten a uzlů nedokáže ovlivnit rychlost ohřevu. Z měření se však

tato závislost nijak výrazně neprojevila. Tento vliv byl pravděpodobně z velké části eliminován právě otáčením hrnků na skleněném talíři, a tudíž došlo k rovnoměrnému a vyrovnanému ohřevu.

Kromě vody se zároveň ohřívaly i hrnky. Ačkoliv jsme si použitím tří hrnků hlídali jejich počáteční teplotu, je možné, že během měření teploty vody měly už trochu vyšší teplotu než voda sama. Další nejistota měření také mohla být způsobena použitím kuchyňského teploměru, u něhož výrobce neuvádí přesnost. Do nejistoty mohla ještě přispět časová prodleva mezi koncem ohřevu a měřením teploty.

Díky výsledkům našeho měření musel dát Patrik za pravdu Hedvi. Abychom dva hrnky ohřáli na stejnou teplotu jako jeden hrnek, musíme je ohřívat téměř dvakrát tak dlouho.

Hedvika Kršková
hedvika.krskova@vyfuk.org

Patrik Kašpárek
patrik.kasperek@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/>.