

## Jak rychle se vypařuje voda z hrnku s horkým čajem?

Kolik vody se vypaří z hrnku s horkým čajem za 100 sekund? Jak moc zpomalíme ochlazování, pokud vypařování zamezíme?

### Pomůcky

- [citlivé váhy](#) připojitelné k počítači nebo LabQuestu přes USB
- termohrnek (nebo obyčejný hrnek)
- mikrotenový sáček
- tyčový [USB teploměr Go!Temp](#)
- rychlovarná konvice
- stativ



### Úkoly

#### Příprava na měření

1. Váhy je potřeba před měřením odaretovat. Odstraňte kovovou desku na vahách, otočte červeným knoflíkem do polohy „odemčeno“ a kovovou desku vraťte na původní místo.
2. Váhy připojte do elektrické sítě (abyste zbytečně nevypotřebovávali baterie) a zapněte.
3. Připojte váhy a teploměr přes USB porty k počítači, spusťte software Logger Lite.
4. Nastavte dobu měření na 600 sekund, frekvenci měření na 1 Hz.
5. Hrnek naplňte 1 až 2 cm pod okraj vodou z vodovodu a umístěte na váhy. Pokud hmotnost hrnku s vodou přesáhla měřicí rozsah vah (600 g), trochu vody odlejte.
6. Pomocí stativu umístěte teploměr tak aby byl špičkou ponořený asi 2 cm pod hladinu vody.
7. Vodu nalijte do rychlovarné konvice a přiveďte k varu. Mezitím připravte mikrotenový sáček, který v první fázi experimentu bude mít roli pokličky omezující vypařování vody – špičkou teploměru propíchněte do sáčku otvor. Po nalití horké vody do hrnku a zahájení experimentu to bude vypadat přibližně jako na obrázku výše.



### Provedení měření

1. Spustte měření. Po 300 sekundách sáček opatrně zvedněte a upevněte nahoru ke stativu, aby dále nebránil odpařování vody z hrnku. Měření nepřerušujte. Manipulace se sáčkem se v grafu hmotnosti projeví nepravidelnostmi („zubem“).
2. Měření samo skončí po celkové době měření 600 sekund (10 minut). Uložte měření a prohlédněte si grafy.



### Vyhodnocení

1. Kolik vody za sto sekund se vypařilo v prvním a v druhém případě?
2. Jak se projevilo odstranění „pokličky“ na rychlosti ochlazování?

## Poznámky pro učitele

### Jaký hrnek použít

Experiment lze provádět i s obyčejným hrnkem, nicméně výsledky budou při použití termohrnku přesvědčivější, protože dojde k omezení přenosu tepla vedením přes stěny hrnku a zvýší se část odvedeného tepla připadající na vypařování.

### V jakém pořadí experimenty provádět

Rychlost ochlazování výrazně závisí na teplotě, čím nižší je rozdíl teploty vody a okolí, tím pomalejší jsou teplotní změny. Teplota volně chladnoucí vody se asymptoticky přibližuje k pokojové teplotě, křivka teploty má konvexní charakter.

Proto doporučuji dělat experiment vždy ve stejném pořadí, tedy nejprve bez vypařování, pak teprve s vypařováním. Křivka tak bude mít konkávní charakter a je zjevné, že vypařování hraje při ochlazování důležitou roli. Opačné pořadí by mohlo být o něco méně přesvědčivé.

### Typické výsledky měření

Modrý graf níže ukazuje změnu hmotnosti v čase. V prvních cca 5 minutách byl hrnek přikrytý mikrotenovým sáčkem s malým otvorem pro teploměr. Pokles hmotnosti byl cca 0,25 g za 100 s. Po odstranění mikrotenového sáčku (proces odstraňování se projevil v grafu zubem) míra vypařování vody prudce vzrostla na 1,35 g za 100 s.

Zajímavé je porovnat modrý graf s červeným, který ukazuje změny teploty. Po odstranění mikrotenového sáčku se skokem zvýšila rychlost ochlazování. Graf má konkávní charakter.

