



# Podchlazená kapalina

## Pomůcky

Teploměr Vernier GDX-TMP, pentahydrát thiosíranu sodného, elektrická plotýnka nebo kahan s trojnožkou a sítkou, kádinka.

## Teorie a cíl měření

Podchlazená kapalina je kapalina, která zůstává v kapalném skupenství i při teplotě nižší, než je její teplota tuhnutí. K podchlazení dochází obvykle tehdy, když v kapalině chybí tzv. krystalizační jádra – typicky nečistoty, kolem kterých začíná chladnoucí látka při dosažení teploty tuhnutí budovat svoji krystalickou mřížku. Podchlazení je nestabilní stav, a pokud do podchlazené kapaliny vhodíme krystalky pevné látky, dojde k jejímu tuhnutí (krystalizaci). Přitom se uvolní skupenské teplo, které látku ohřeje.

## Příprava měření

1. Spustíte aplikaci *Graphical Analysis* a připojíte teploměr ([návod](#)).
2. Klikněte na pole *Režim, Frekvence* v levém dolním rohu a zvolte *Zastavit měření: Ručně*. Potvrďte tlačítkem *HOTOVO*.

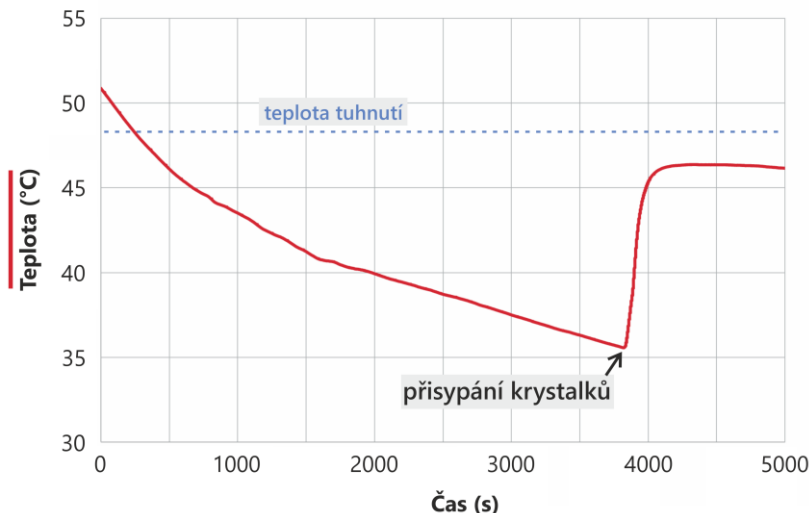
## Provedení experimentu

1. Do kádinky nasypete krystalky pevného thiosíranu. Ve vzorovém experimentu jsme pracovali zhruba s 50 g; chcete-li měření zkrátit, použijte menší množství.
2. Zahříváte kádinku s thiosíranem, dokud krystalky zcela neroztají. Teplotu vzniklé kapaliny můžete také kontrolovat teploměrem – jakmile překročí cca 55 °C, přestaňte kádinku zahřívát.
3. Vložte teploměr do kapaliny a zafixujte ho dle obrázku.
4. Tlačítkem **ZAHÁJIT MĚŘENÍ** spustíte sběr dat, nechte kapalinu volně chladnout a občas pohledem zkontrolujte dění v kádince. Teplota tuhnutí thiosíranu je asi 48 °C, ale látka bude zůstávat kapalná i při teplotách nižších.
5. Jakmile usoudíte, že je již podchlazení dostatečně průkazné (například při teplotě 40 °C nebo 35 °C), vhodte do kapaliny několik krystalků thiosíranu. Pozorujte, co se děje v kádince a jak se mění teplota; měli byste pozorovat její náhlý růst.
6. Jakmile začne teplota opět klesat, kliknutím na **ZASTAVIT** ukončíte měření.



## Ukázka naměřených dat

V grafu níže je zachycen průběh teploty během experimentu. Chladnoucí kapalina snížila svoji teplotu hluboko pod svoji teplotu tuhnutí, po přidání krystalků pak její teplota skokově vzrostla.



## Závěr

Pentahydrát thiosíranu sodného jsme podchlادili přibližně na 35,5 °C, teplota tuhnutí thiosíranu je přitom 48,3 °C. Po přidání krystalků pevného thiosíranu začala kapalina rychle tuhnut a teplota se zvýšila až na 46,5 °C.

## Poznámky

- Experiment lze urychlit použitím menšího množství thiosíranu (třeba jen 20 g) nebo jeho ochlazováním ve vodní (případně ledové) lázni.
- Pokud se na hladině thiosíranu vytvoří ztuhlá vrstva a brání přidání krystalků, špejlí nebo lžičkou ji prorazte (nikoliv teploměrem, ten musí zůstat zafixovaný v kapalině).
- Teoreticky by měla po přidání krystalků stoupnout teplota až na teplotu tuhnutí, tj. 48,3 °C. Skupenské teplo tuhnutí se ale uvolňuje postupně a je kompenzováno ochlazováním od okolí, proto se ve vzorovém pokusu růst teploty zastavil na 46,5 °C. Konkrétní výsledek závisí na poloze teploměru či množství přisypávaných krystalků.
- Podchlazení lze naměřit i u jiných kapalin, např. vody, ale obvykle je méně výrazné a rychlé ztuhnutí může být vyvoláno i slabšími impulsy, např. otřesy.
- Podchlazená kapalina (konkrétně trihydrát octanu sodného) se používá v hřejivých polštářcích, kde je impulsem pro rychlé ztuhnutí kapaliny prolomení plíšku.