

FYZIKÁLNÍ SEKCE

Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity v Brně

KORESPONDENČNÍ SEMINÁŘ Z FYZIKY

6. ročník — 1999/2000

Druhá série úloh

(25 bodů)

Termodynamika kolem nás

Termodynamika, která se řadí k obtížným fyzikálním disciplínám, má značný dopad na náš každodenní život. Máme-li třeba hrnek s horkým čajem a chceme-li, aby vychladl, necháme ho chvíli stát na stole, přičemž spoléháme na to, že čaj bude skutečně chladnout a nikoli se ještě více zahřívat. Tím vlastně nevědomky využíváme platnosti jednoho z pilířů termodynamiky, druhé věty termodynamické. V méně nápadné formě této věty využíváme i při rozpouštění kostky cukru ve zmíněném hrnku. Druhá věta termodynamická totiž říká, že proces rozpouštění je nevratný, tj. může probíhat jen jedním směrem. Proto se nemusíme bát, že rozpuštěná kostka po chvíli zase přijde k sobě a objeví se znovu celá na dně hrnku. To byl jen příklad; ve skutečnosti termodynamika ovlivňuje téměř vše, s čím se kolem sebe setkáváme. V dnešní sérii vám chceme dát několik podnětů k přemýšlení o jevech, které můžeme jednoduše pozorovat a na kterých se termodynamika významně podílí. Pokud jste se o termodynamice ještě nic neučili, vůbec to nevádí. K řešení úloh nepotřebujete mnoho znalostí, snažte se spíše zapojit logickou úvahu a intuici.

Úloha č.1 (7 bodů)

Paprsky chladu

Představte si velkou místnost, v níž jsou proti sobě namířena dvě zrcadla ve tvaru rotačního paraboloidu (viz obrázek 1). Osy obou zrcadel splývají. Jestliže nyní do ohniska jednoho zrcadla umístíme teploměr T a do ohniska druhého zrcadla plamen svíčky, teploměr ukáže vyšší teplotu, než je teplota vzduchu v místnosti. To se dá celkem dobře pochopit, protože elektromagnetické záření (především viditelné a infračervené světlo) vyslané svíčkou a odražené postupně od obou zrcadel se koncentruje v ohnisku druhého zrcadla, pohlcuje se v teploměru a tím ho ohřívá. Nyní tedy pokus trochu změníme: v ohnisku prvního zrcadla necháme teploměr, ale do ohniska druhého dáme kus ledu L. Po chvíli zjistíme, že teploměr ukazuje nižší teplotu, než je teplota vzduchu. Znamená to snad, že existují jakési „paprsky chladu“,



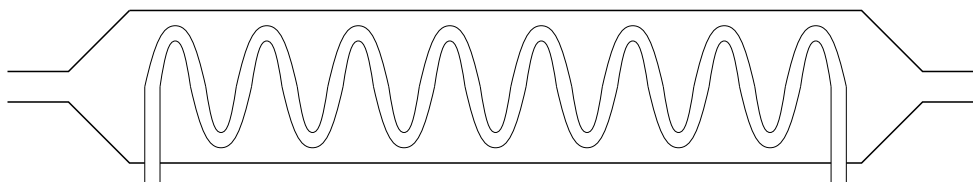
Obrázek 1: Zrcadla

které vycházejí z ledu, odrazí se od zrcadel a ochlazují teploměr? Nebo máte jiné vysvětlení pro pokles teploty teploměru?

Úloha č.2 (6 bodů)

Chladič

V chemické laboratoři často najdeme tzv. chladič, skleněný přístroj určený pro chlazení par při destilaci. Tento chladič, který je pouze variantou tzv. tepelného výměníku používaného v průmyslu, se skládá z trubice tvaru šroubovice zatavené v podlouhlém skleněném válci. Při chlazení protéká chladicí kapalina (nejčastěji voda) válcem, zatímco chlazená látka prochází trubicí. A nyní otázka pro vás: je výhodnější, aby obě látky protékaly stejným směrem, nebo opačným? Kdy je chlazení účinnější? Svoji odpověď zdůvodněte. Řešení obecné situace je dosti obtížné, proto si pro jednoduchost představte chladič velmi dlouhý a uvažujte, že chlazená a chladicí kapalina jsou stejné látky, kterých přitéká do chladiče za jednotku času stejný objem.



Obrázek 2: Chladič

Úloha č.3 (5 bodů)

Mizení bublin

Při pití minerálky nebo limonády se můžeme bavit pozorováním toho, jak bublinky kyslíčnicku (oxidu) uhličitého, který byl rozpuštěn v kapalině¹, vznikají v nepatrné velikosti někde na dně, stoupají ode dna ke hladině, cestou se zvětšují a nakonec

¹snadná rozpustnost CO_2 ve vodě je dána tím, že tento plyn s vodou chemicky reaguje za vzniku kyseliny uhličitě podle vzorce $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$

se dotknou hladiny a prasknou. Někdy se ovšem stane, že bublina na hladině hned nepraskne, a pak dojde k něčemu neuvěřitelnému: bublina se začne zmenšovat! Toto zmenšování je většinou dobře vidět, někdy ale bubliny praskají příliš rychle. V takovém případě je vhodné přidat do sklenice několik kapek saponátu (ale potom už obsah není radno pít...).

Pokuste se zmenšování bublin pozorovat a napište nám o svém výsledku. Dále se pokuste zmenšování fyzikálně vysvětlit. Kam plyn mizí? Uniká snad nějakou dírou v bublině? A došlo by ke zmenšování bublin naplněných i jinými plyny než CO_2 ?

Úloha č.4 (7 bodů)

Podchlazená voda

V zimě můžeme celkem snadno pozorovat pozoruhodný jev: jestliže necháme čistou vodu v láhvi stát venku v mírném mrazu (kolem -5°C), někdy se stane, že i po několika hodinách je voda stále kapalná a nemrzne. Když ale potom láhev otevřeme a hodíme do ní malý kousek ledu nebo sněhovou vločku, voda v láhvi začne mrznout, tvoříc přitom nádherné ledové monokrystaly ve tvaru destiček o tloušťce zlomku milimetru a ploše mnoha centimetrů čtverečních. Krystaly rostou od zmíněného kousku ledu a postupně vyplní celou láhev. Mezi destičkami však zůstává poměrně značné množství kapalné vody. Pozorovat růst krystalů o rychlosti několik milimetrů za sekundu je velkým fyzikálním i uměleckým zážitkem. Jiná možnost, jak vodu přivést ke zmrznutí, je lahvi silně zatřást, popř. ji hodit na zem (pokud není skleněná). V takovém případě je zmrznutí okamžité. K pokusu se nejlépe hodí balená voda v originálních PET lahvích, popř. destilovaná voda v polyetylenové lahvi. Je dobré, když láhev stojí, nikoli leží.

Vysvětlit skutečnost, že voda vydrží v kapalném skupenství i pod bodem mrazu, patří ke složitým, dosud ne zcela objasněným termodynamickým problémům, takže to nebudeme chtít po vás. Pro vás je zde ale jiný problém: vysvětlíte, proč voda nezmrzne všechna, ale jen její část. Pokuste se také vypočítat, kolik hmotnostních procent vody zmrzne, jestliže před vhozením sněhové vločky měla teplotu -5°C a po skončení růstu krystalů má teplotu 0°C , což je rovnovážná teplota směsi vody a ledu. Potřebné údaje vyhledejte v tabulkách.

Úloha č.5 – prémiová

Záření světlých a tmavých těles

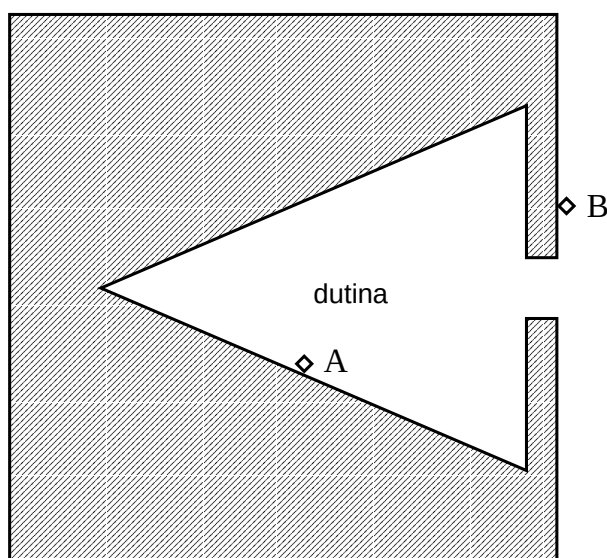
Představte si homogenní pevné těleso (např. z mědi), ve kterém je vyhloubena dutina (viz obr. 3). Je-li těleso chladné, jeví se nám dutina temnější než povrch tělesa (tj. bod A je temnější než bod B). Vysvětlíte tento jev!

Situace se změní, jestliže těleso umístíme do tmavé místnosti a zahřejeme je na několik set stupňů Celsia, takže začne zářit. Tehdy se naopak dutina jeví jasnější než

povrch tělesa (předpokládáme, že těleso má v dutině i na povrchu stejnou teplotu). Opět vysvětlíte proč!

Nápověda: Uvědomte si, že světlo vycházející z tělesa se dá rozdělit na dvě části: na světlo odražené a na světlo vznikající vlastním vyzařováním tělesa. Intenzita odraženého světla příliš nezávisí na teplotě, ale spíše na tom, kolik na naše těleso dopadá světla z okolí. Intenzita vlastního vyzařování naopak vůbec nezávisí na tom, jak je naše těleso osvětleno z okolí, zato však výrazně roste s teplotou.

Nakonec se zkuste zamyslet nad tím, zda oba popsané jevy spolu souvisejí. Nedá se skutečnost, že se tmavá dutina rozzáří více než světlý povrch tělesa, zobecnit, tedy říci, že např. černé těleso září více než bílé těleso stejného tvaru, je-li rozžhaveno?



Obrázek 3: Těleso s dutinou