

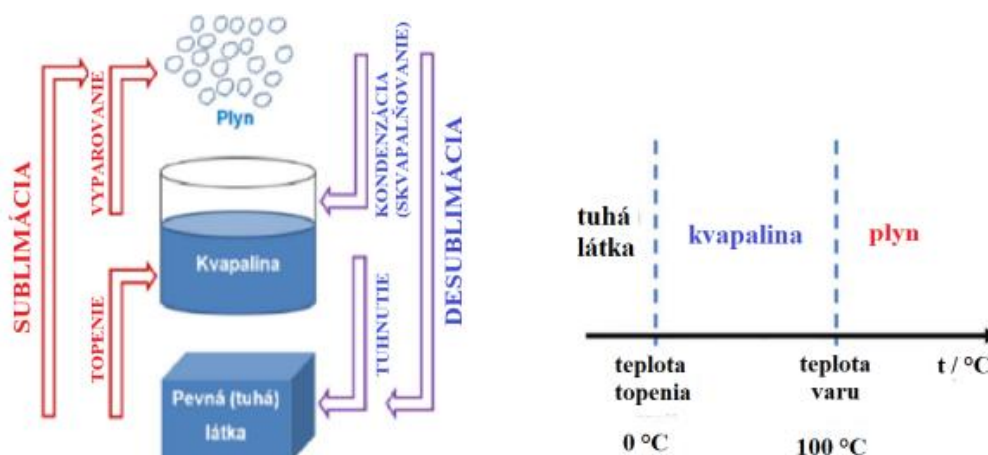
Práca 6 TEPLOTA TOPENIA A TEPLOTA VARU

Úloha 6.1 Meranie teploty varu 6.2 Meranie teploty topenia

ÚVOD

Táto úloha patrí do časti fyziky - Termika, ktorá skúma zmeny stavu telies v dôsledku dodávania alebo odovzdávania tepelnej energie a premeny energie.

Zmena teploty pri zvolenom tlaku môže mať za následok zmenu skupenstva látky (skupenstvo môže byť - tuhé - označenie s = solidus, kvapalné - l = liquidus, alebo plyné - g = gaseus). Zvyšovaním teploty pri konštantnom tlaku sa tuhá látka mení (topením) obyčajne najprv na kvapalinu, z ktorej ďalším zvyšovaním teploty vzniká (varom) látka plyného skupenstva, - jej para (obrázok 6.1a). Zmeny skupenstiev zvyšovaním teploty, napríklad pre vodu, sú na obrázku 6.1b. Významnou vlastnosťou chemicky čistých látok je, že pri danom tlaku ich topenie aj var nastávajú pri teplotách, ktoré sa nazývajú teplota (tiež bod) topenia (t_t) a teplota (bod) varu (t_v). Niektoré tuhé látky menia svoje skupenstvo pri určitej teplote bezprostredne na plyné - tento jav sa nazýva sublimácia (obrázok 6.1a). Teplota, pri ktorej dochádza k sublimácii sa nazýva teplota (tiež bod) sublimácie.



a b

Obrázok 6.1 a - Zmeny skupenstiev látok s označením príslušných procesov

b - Zmeny skupenstiev vody zvyšovaním teploty

Teplota varu a teplota topenia patria k základným charakteristikám látok.

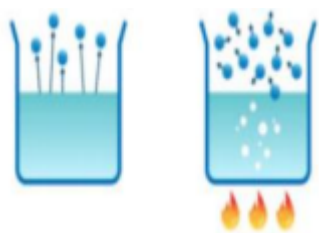
Podľa nameraných hodnôt t_t a t_v môžeme zistiť o akú látku sa jedná a overiť jej čistotu. Nečistoty zvyšujú teplotu varu a naopak znižujú teplotu topenia.

Úloha 6.1 Meranie teploty varu

Kvapaliny sa vyparujú pri každej teplote, ale vyparovanie prebieha len z povrchu kvapaliny (obrázok 6.2a).

Intenzívne vyparovanie kvapaliny nielen na jej voľnom povrchu, ale v celom jej objeme sa nazýva **var** (obrázok 6.2b). Pri vare sa v kvapaline tvoria bubliny nasýtenej pary, ktoré vystupujú na povrch.

Teplota varu (t_v) je teplota, pri ktorej sa tlak nasýtených pár vyrovná tlaku nad povrchom kvapaliny. Teplota varu kvapaliny závisí od vonkajšieho tlaku a od čistoty látky (s rastúcim vonkajším tlakom a znečistením sa teplota varu zvyšuje).



a b

Obrázok 6.2 a - Vyparovanie

b - Var

Bežne sa teplota varu udáva pri normálnom tlaku ($p = 101\,325\text{ Pa}$) a označuje sa ako normálna teplota varu. Teploty varu sa môžu udávať v stupňoch Celziových, alebo ako termodynamická teplota v Kelvinoch. Namerané teploty varu (t_v) pri iných tlakoch, ako je tlak normálny, treba korigovať, teda vypočítať korigovanú teplotu varu (t_b), podľa vzťahu:

$$t_b = t_v + k (101325 - p_b) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (1)$$

k je korekčný koeficient udávajúci opravu na rozdiel tlakov - tabuľka 6.1 [Pa]

p_b je aktuálny atmosférický tlak (nameraný v počas experimentu) [Pa]

t_v je experimentálne stanovená teplota varu kvapaliny [$^{\circ}\text{C}$]

Tabuľka 6.1 Korekčné koeficienty (k) pre merané kvapaliny

kvapalina	$k \cdot 10^4 [\text{Pa}^{-1}]$	kvapalina	$k \cdot 10^4 [\text{Pa}^{-1}]$
acetón	2,9	chloroform	2,9
amylalkohol	2,3	krezol	3,2
benzén	3,2	kyselina octová	3,3
éter	2,7	etylester kyseliny octovej	3,3
etylalkohol	2,5	metylester kyseliny octovej	4,3

Merné teplo vyparovania (ΔH_v) je teplo, ktoré spotrebuje 1 kg kvapaliny zahriatej na teplotu varu pri danom tlaku, aby sa premenila na nasýtenú paru tej istej teploty.

Jednotka: J kg^{-1} .

Molárne (tiež mólové) teplo = molárna entalpia vyparovania (ΔH_{mv}) je teplo, ktoré spotrebuje 1 mol kvapaliny zahriatej na teplotu varu pri danom tlaku, aby sa premenila na nasýtenú paru tej istej teploty.

Jednotka: J mol^{-1} .

$$\Delta H_{mv} = \frac{\Delta H}{n} \quad [\text{J mol}^{-1}] \quad (2)$$

ΔH je entalpia vyparovania látky (vzorky) [J]

n je počet mólov látky [mol]

Závislosť teploty rovnovážnej fázovej premeny (v prípade vyparovania) od tlaku vyjadruje

Clapeyronova rovnica:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_{mv}}{T (V_{mg} - V_{ml})} \quad (3)$$

p je tlak [Pa]

T je termodynamická teplota varu látky pri tlaku p [K]

V_{ml} je mólový objem kvapalnej fázy čistej látky [$\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$]

V_{mg} je mólový objem plynnej fázy čistej látky [$\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$]

Po zanedbaní V_{ml} , lebo pri zmene skupenstva platí $V_{ml} \ll V_{mg}$ a dosadením pre $V_{mg} = RT/p$ zo stavovej rovnice ideálneho plynu dostaneme **Clausiusovu-Clapayronovu rovnicu** v diferenciálnom tvare (4), ktorej integráciou dostaneme vzťah (5), z ktorého môžeme vypočítať **mólovú entalpiu vyparovania** (ΔH_{mv}):

$$\frac{dp}{dT} = \frac{p \Delta H_{mv}}{RT^2} \quad (4)$$

Po integrovaní:

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = \frac{\Delta H_{mv}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (5)$$

T_1 je teplota varu kvapaliny pri tlaku p_1 [K]

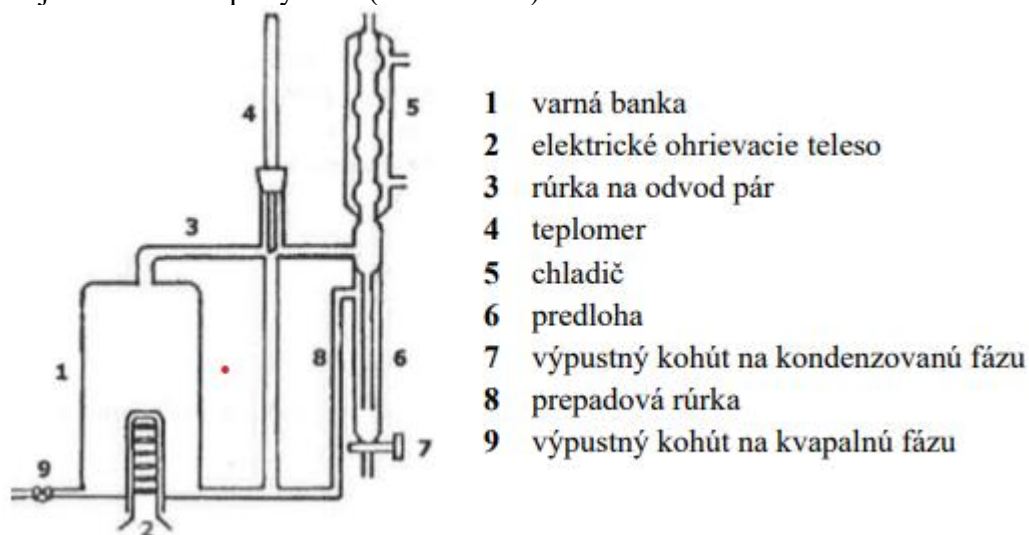
T_2 je teplota varu kvapaliny pri tlaku p_2 [K]

Cieľ práce

Stanoviť teploty varu neznámych látok a vypočítať korigované teploty varu pre aktuálny atmosférický tlak.

Pomôcky

prístroj na meranie teploty varu (obrázok 6.3)



Obrázok 6.3 Prístroj na meranie teploty varu

Chemikálie

kvapaliny na meranie teploty varu

Pomôcky

kadička na odpad

Postup

Teplotu varu kvapalín budete merať prístrojom, schematicky znázorneným na obrázku 6.3.

1. Do prístroja nalejete cez otvor na teplomer **4** prvú meranú kvapalinu tak, aby výška hladiny roztoku vo varnej banke **1** presahovala nad ohrievacie teleso. Vložte naspäť teplomer.
2. Vypínačom zapnite ohrievanie.
3. Vodovodným kohútikom nastavte prietok chladiacej vody v chladiči **5**.
4. Ohrievacie teleso **2** uvedie meranú kvapalinu do varu. Pary prechádzajú rúrkou na odvod pár okolo teplomera **4** do chladiča **5**, kde skondenzujú a stekajú do predlohy **6**.
Po naplnení predlohy **6** preteká kondenzát do varnej banky **1**.
Po určitej dobe (asi 10-15 minút) sa ustáli rovnováha a vtedy je teplota na teplomeri **4** konštantná.
Odmeranú teplotu varu kvapaliny (t_v) zapíšete do tabuľky 6.2.
5. Vypnite elektrický ohrev.
6. Cez výpustné kohúty **7** a **9** vylejte všetku kvapalinu späť do zásobnej fľaše (stojan opatrne nakloňte pri vylievaní kvapaliny z kohúta **9**).
7. Prístroj ničím neoplachujte a rovnakým postupom odmerajte teploty varu ostatných látok.

Tabuľka 6.2 Stanovenie teploty varu kvapalín

p_b Pa

názov kvapaliny	nameraná t_v [°C]	$k \cdot 10^4$ [Pa ⁻¹]	korigovaná teplota varu t_b [°C]	teplota varu v tabuľkách [°C]

Spracovanie výsledkov

Do tabuľky 6.2 doplňte:

1. Aktuálny atmosférický tlak (p_b) v Pa, ktorý odčítate na barometri v laboratóriu.
2. Korekčné koeficienty kvapalín (k) z tabuľky 6.1.
3. Vypočítané korigované teploty varu kvapalín (t_b) podľa vzťahu (1).
4. Normálne teploty varu z tabuliek.

V závere protokolu porovnajte experimentálne stanovené teploty varu kvapalín s hodnotami uvedenými v chemických tabuľkách.

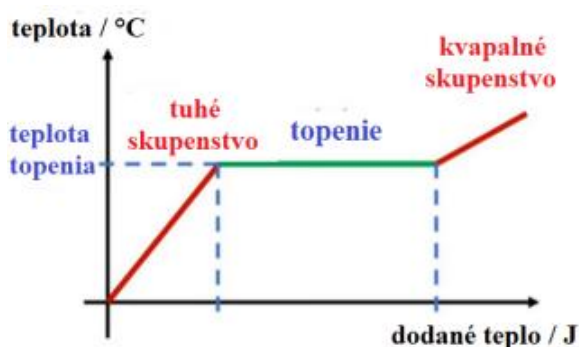
Úloha 6.2 Meranie teploty topenia

Teplota topenia (t_t) je definovaná ako teplota, pri ktorej môžu pri danom vonkajšom tlaku súčasne existovať (koexistovať) tuhá i kvapalná fáza látky.

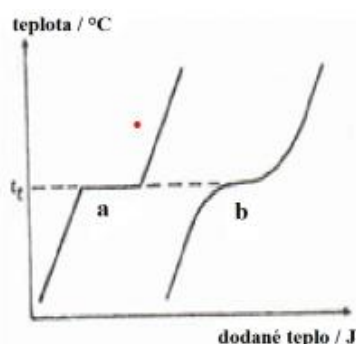
Ak zahrievame tuhú, chemicky čistú látku, teplota tejto látky sa zvyšuje (obrázok 6.4) až po určitú teplotu, kedy popri tuhej fáze vzniká i jej roztavená časť (kvapalná fáza). Túto teplotu označujeme **teplotou topenia** (t_t).

Ak dodávame čistej látke teplo naďalej, toto sa spotrebúva na roztopenie látky, t. j. úplnú premenu tuhej látky na kvapalnú, pričom teplota sa nemení. Toto zobrazuje vodorovná časť

(plató) na krivke topenia na obrázku 6.4. Opačným dejom k topeniu je tuhnutie - krivka pre tuhnutie má opačný trend. Pri topení znečistenej látky, zlomy na krivke topenia nie sú ostré (časť b na obrázku 6.5). Tvar krivky závisí od druhu a množstva nečistôt v meranej vzorke. Až po roztopení látky sa teplota pri zahrievaní opäť zvyšuje (obrázok 6.5).



Obrázok 6.4 Krivka topenia tuhej látky



Obrázok 6.5 Krivka topenia **a** - tuhej čistej látky
b - znečistenej látky

Merné teplo topenia (ΔH_t) je teplo, ktoré je potrebné na roztopenie 1 kg tuhej látky pri teplote topenia na látku kvapalnú, tej istej teploty pri danom tlaku. Jednotka J kg^{-1} .

Molárne (tiež mólové) teplo = molárna entalpia topenia (ΔH_{mt}) je množstvo tepla, ktoré je potrebné na roztopenie jedného mólu tuhej látky pri teplote topenia na látku kvapalnú, tej istej teploty na danom tlaku:

$$\Delta H_{mt} = \frac{\Delta H}{n} \quad [\text{J mol}^{-1}] \quad (6)$$

ΔH je entalpia topenia látky (vzorky) [J]

n je počet mólov

Pri **tuhnutí** (opačný dej k topeniu) sa rovnaké množstvo tepla uvoľňuje, teda merné i mólové teploty topenia a tuhnutia sú číselne rovnaké, líšia sa len opačným znamienkom. Teplota topenia závisí od okolitého tlaku. Zmenu teploty topenia od tlaku v diferenciálnom tvare vyjadril Clapeyron:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_{mt}}{T (V_{ml} - V_{ms})} \quad (7)$$

p je tlak [Pa]

T je termodynamická teplota topenia látky pri tlaku p [K]

V_{ml} je mólový objem kvapalnej fázy čistej látky [$\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$]

V_{ms} je mólový objem tuhej fázy čistej látky [$\text{m}^3 \text{mol}^{-1}$]

Clapeyronova rovnica platí pre dvojfázové rovnováhy v jednozložkovej sústave. Teplotu topenia na laboratórnom cvičení budete stanovovať na Koflerovom bloku (obrázok 6.6). Teplota topenia na Koflerovom bloku sa stanovuje tzv. priebežnou metódou, pri ktorej sa pozoruje látka pri stále stúpajúcej teplote. Zaznamenáva sa začiatok a koniec topenia látky, čo zodpovedá určitému intervalu. Veľkosť intervalu závisí od čistoty a druhu látky.



Obrázok 6.6 Koflerov blok na stanovenie teploty topenia

Cieľ práce

Stanoviť teplotu topenia vybraných kryštalických organických látok.

Pomôcky

Koflerov blok na stanovenie teploty topenia, s príslušenstvom, organické látky na stanovenie teploty topenia

Postup

1. Vyberte si látkou naplnenú kapiláru na meranie.
2. Pri meraní postupujte podľa návodu priloženom pri prístroji.
3. Zistené teploty topenia zapíšte do tabuľky 6.3.

Tabuľka 6.3 Stanovené teploty topenia látok

číslo látky	názov látky	stanovená t_i [°C]		t_i v tabuľkách [°C]
		rýchly ohrev	pomalý ohrev	

Spracovanie výsledkov

V závere protokolu porovnajte experimentálne stanovené teploty topenia s teplotami topenia uvedenými v chemických tabuľkách.