

8. Verifikácia Boylovho zákona

9. Koeficient teplotnej rozpínavosti vzduchu

TEORETICKÝ ÚVOD

Ideálny plyn, ako najjednoduchší termodynamický systém, bol v počiatkoch náuky o teple vďačným objektom skúmania. Už v roku 1660 Robert Boyle pokusmi zistil, že pri zmenách objemu plynu pri stálej teplote je tlak plynu p nepriamo úmerný jeho objemu V , teda

$$pV = \text{const.} \quad (8.1)$$

Neskôr sa ukázalo, že táto závislosť platí dostatočne presne pre dostatočne nízke tlaky a dosť vysoké teploty (keď je stav plynu vzdialený od fázového prechodu). Hovoríme vtedy o ideálnom plyne. Pri izbovej teplote a atmosferickom tlaku možno väčšinu plynov považovať za ideálne.

Charles (1787), Gay-Lussac (1802) a iní zistili, že všetky plyny sa rozťahujú približne rovnako, aj keď nie rovnomerne, podľa ortuťovej teploty.

Pre Celsiovu plynovú teplotu má závislosť objemu V plynu od teploty t pri konštantnom tlaku p_0 tvar

$$V = V_0(1 + \gamma t) \quad (p = p_0) \quad (8.2)$$

a závislosť tlaku plynu p od jeho teploty t pri konštantnom objeme V_0 má tvar

$$p = p_0(1 + \gamma' t) \quad (V = V_0) \quad (8.3)$$

kde γ je koeficient objemovej teplotnej rozťažnosti a γ' koeficient teplotnej rozpínavosti plynu. Z podmienok ku vzťahom (8.2) a (8.3) vidieť, že pri teplote $t = 0$ v oboch prípadoch sa daný plyn vyznačuje rovnakým objemom a tlakom. S použitím Boyleovho zákona dostávame rovnicu

$$p_0 V = p V_0 \quad \text{pri teplote } t$$

ktorá po dosadení za V a p z rovníc (8.2) a (8.3) vedie k rovnosti

$$\gamma = \gamma' \quad (8.4)$$

Gay-Lussacov zákon hovorí, že pre všetky plyny v oblasti platnosti Boyleovho zákona sú koeficienty γ a γ' prakticky rovnaké. Meraním pre dostatočne zriedené plyny bola získaná hodnota

$$\gamma = \gamma' = \frac{1}{273,15 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

8.

Overte platnosť Boyleovho zákona pri izbovej teplote s použitím Meldeho trubice.

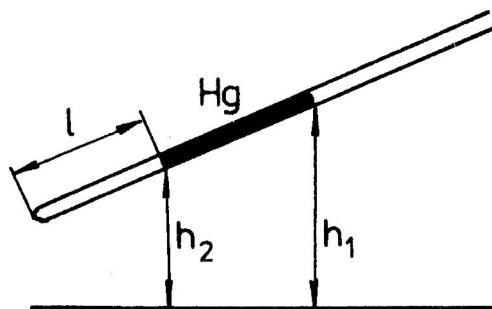
METÓDA MERANIA

Meldeho trubica je hrubostenná kapilára s rovnakým vnútorným prierezom q vo všetkých miestach kapiláry, na jednom konci zatavená. Sčasti je naplnená ortuťou, ktorá uzatvára plyn pri zatavenom konci. Objem V takto uzavretého plynu je určený polohou ortute v trubici. Jeho tlak p je súčtom atmosferického tlaku b

a hydrostatického tlaku ortute. Súčin tlaku a objemu plynu v trubici možno potom napísať v tvare

$$pV = [b + (h_1 - h_2)sg] q \ell \quad (8.5)$$

kde s je hustota ortute pri danej teplote, g je zrýchlenie voľne padajúceho telesa a význam h_1 , h_2 a ℓ je zrejmý z obr. 8.1.



Obr. 8.1 Meldeho trubica

Pretože prierez q je podľa predpokladu po celej dĺžke kapiláry rovnaký, zo vzťahu (8.5) vyplýva, že pri konštantnej teplote platí

$$[b + (h_1 - h_2)sg] \ell = \text{const} \quad (8.6)$$

OPIS APARATÚRY A POSTUP PRÁCE

a) **Prístroje a pomôcky:** Meldeho trubica, dĺžkové meradlo, barometer

b) **Postup práce:**

Pri rôznych polohách trubice, ktoré nastavujeme otáčaním trubice na stojane, odmeriame dĺžku vzduchového stĺpca ℓ a výšky hladín h_1 a h_2 od vodorovnej základne (obr. 8.1). Pred začiatkom

a na konci merania zistíme atmosferický tlak a pri vyhodnocovaní merania použijeme aritmetický priemer obidvoch tlakov (tab. 8.1). Meranie vyhodnotíme použitím vzťahu (8.6).

Poznámka:

Pri meraní dbáme na to, aby boli dodržané podmienky platnosti Boyleovho zákona, preto po každej zmene polohy trubice počkáme, kým sa teplota plynu v trubici nevyrovná s teplotou okolia.

Tab. 8.1

b =

i	h_1 (cm)	h_2 (cm)	ℓ (cm)	$h_1 - h_2$ (cm)	K

9.

Určte hodnotu koeficientu teplotnej rozpínavosti vzduchu pri izbovej teplote a atmosferickom tlaku.

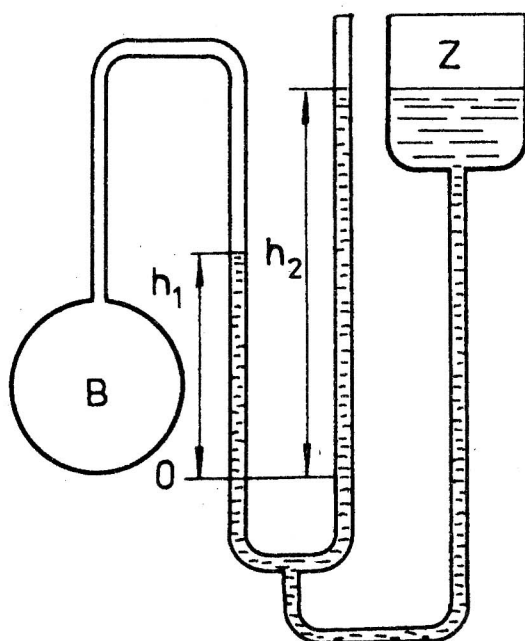
METÓDA MERANIA

Teplotný koeficient rozpínavosti vzduchu určíme priamym meraním teplotnej závislosti tlaku vzduchu pri stálom objeme.

Toto umožňuje zariadenie schematicky znázornené na obr. 9.1. V banke B je uzavretý vzduch, ktorý je predmetom nášho merania. Banka B je spojená rúrkou s otvoreným ortuťovým manometrom. Výška hladiny ortute h_1 v ľavom ramene manometra určuje objem uzavretého vzduchu, preto musí byť počas celého merania stála.

Dosiahneme to tak, že pri zmenách tlaku v banke budeme zmenou výšky zásobníka ortute Z meniť výšku hladiny ortute h_2 v pravom ramene manometra. Tlak vzduchu p v banke je súčtom barometrického tlaku b a hydrostatického tlaku ortuťového stĺpca v manometri $(h_2 - h_1)sg$, t.j.

$$p = b + (h_2 - h_1)sg \quad (9.1)$$



Obr. 9.1 Zariadenie na meranie teplotného koeficientu rozpínavosti vzduchu

OPIS APARATÚRY A POSTUP PRÁCE

a) Prístroje a pômocky: zariadenie na meranie rozpínavosti vzduchu (obr. 9.1), vodný kúpeľ, varič, teplomer, barometer

B) Postup práce:

Na začiatku merania určíme barometrický tlak. Zapneme varič a pri rôznych teplotách kúpeľa, v ktorom je ponorená banka B,

odmeriame výšku ortuťového stĺpca h_2 . Výšku hladiny h_1 udržujeme konštantnú. Po skončení merania opäť určíme barometrický tlak, podobne ako v úlohe č. 8. Údaje zapíšeme do tab. 9.1. Takto nameraná závislosť tlaku vzduchu p od teploty t pri stálom objeme by mala byť podľa vzťahu (8.3) lineárna. Preto nameranými bodmi (p_i, t_i) preložíme priamku a z jej smernice a priesečníka s osou p určíme hľadaný teplotný koeficient rozpínavosti vzduchu γ .

Poznámka:

Teplomerom meriame teplotu kúpeľa, preto treba pri meraní postupovať tak, aby sa teplota vzduchu v banke stačila vyrovnáť s teplotou kúpeľa.

Tab. 9.1

$b =$ $h_1 =$

i	t (°C)	h_2 (cm)	p (Pa)

OTÁZKY A PROBLÉMY

1. Ako možno použiť Meldeho trubicu na meranie atmosferického tlaku?
2. Ako treba voliť dĺžky ortuťového a vzduchového stĺpca, aby bolo meranie Meldeho trubicou najpresnejšie?
3. Dá sa zariadenie na meranie koeficientu teplotnej rozpínavosti využiť na meranie koeficientu objemovej teplotnej rozťažnosti plynov?
4. Ako možno určiť molárny objem plynu v banke B (obr. 9.1)?