

9. Koeficient teplotnej rozpínavosti vzduchu

Autor pôvodného textu: **Peter Dieška**

Úloha: Určiť koeficient teplotnej rozpínavosti vzduchu, meraním teplotnej závislosti tlaku vzduchu uzavretého v banke.

Pri zohrievaní plynu v uzavretej nádobe, keď sa nemôže meniť jeho objem, s rastúcou teplotou rastie tlak plynu. Aj z praktického hľadiska je dôležité poznať, ako prudko rastie tlak plynu s teplotou. Napríklad ak necháme tlakovú nádobu so stlačeným plynom stáť na slnku, je dôležité vedieť, či tlak v nádobe neprekročí dovolenú hodnotu.

Závislosť tlaku plynu p od teploty t sa pre väčšinu plynov - v oblasti izbových teplôt a mierne vyšších – vyjadruje lineárnou závislosťou

$$p = p_0(1 + \gamma t), \quad (9.1)$$

kde t predstavuje Celziovu teplotu, p_0 tlak plynu pri 0°C a γ koeficient teplotnej rozpínavosti plynu, ktorý je predmetom merania tejto úlohy.

Závislosť (9.1) je v súlade so stavovou rovnicou ideálnych plynov

$$pV = nRT, \quad (9.2)$$

v ktorej V je objem plynu, n látkové množstvo (počet mólov plynu), R molárna plynová konštanta a T termodynamická teplota (jednotka – kelvin K). Medzi termodynamickou teplotou T a Celziovou teplotou t platí definičný vzťah

$$T = T_0 + t, \quad (9.3)$$

v ktorom $T_0 = 273,15\text{ K}$.

Ak sa plyn nachádza v nádobe, ktorej objem V_0 sa nemení, a pritom zvyšujeme jeho teplotu, mení sa len jeho tlak. Stavovú rovnicu napíšeme pri teplote T_0 a potom pri inej ľubovoľnej teplote T :

$$p_0 V_0 = nRT_0, \quad pV_0 = nRT.$$

Podielom týchto dvoch rovníc získame vzťah

$$\frac{p}{p_0} = \frac{T}{T_0} \Rightarrow p = \frac{p_0}{T_0} T = \frac{p_0}{T_0} (T_0 + t)$$

Tento vzťah môžeme napísať v dvoch modifikáciách:

$$p = p_0 + \frac{p_0}{T_0} t \quad (9.4), \quad p = p_0 \left(1 + \frac{1}{T_0} t\right) \quad (9.5)$$

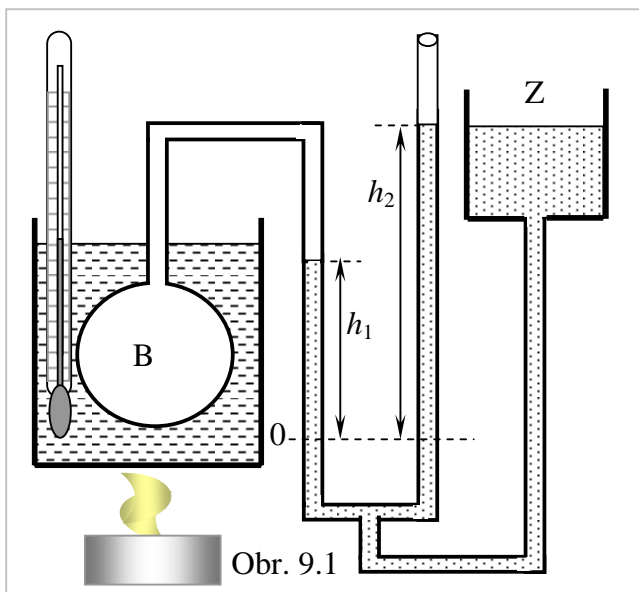
Tvar (9.5) sa zhoduje so závislosťou (9.1), z čoho bezprostredne vidno, že medzi koeficientom rozpínavosti γ ideálneho plynu a termodynamickou teplotou T_0 platí vzťah

$$\gamma = 1/T_0 = (1/273,15)\text{ K}^{-1}. \quad (9.6)$$

Metóda merania

Teplotný koeficient rozpínavosti určíme meraním závislosti tlaku vzduchu od teploty pri stálom objeme. Takéto meranie sa dá uskutočniť na zariadení znázornenom na obr. 9.1. Banka B, v ktorej je uzavretý vzduch, je spojená rúrkou s otvoreným kvapalinovým manometrom (kvapalinou môže byť ortuť, voda, alebo iná kvapalina so známou hustotou). Pri zahrievaní má vzduch v banke tendenciu zväčšovať svoj objem. Stálosť objemu sa zabezpečí

udržiavaním výšky stĺpca h_1 , a to posúvaním zásobníka Z kvapaliny nahor, alebo nadol. Pritom sa súčasne mení výška h_2 kvapaliny v pravom ramene manometra.



Obr. 9.1

Tlak vzduchu p v banke je súčtom atmosférického tlaku b a tlaku p_k stĺpca kvapaliny v manometri $p_k = (h_2 - h_1) sg$, kde s je hustota kvapaliny a g tiažové zrýchlenie:

$$p = b + p_k = b + (h_2 - h_1) sg. \quad (9,7)$$

Pri počítaní výsledného tlaku p treba dbať na to, aby sme atmosférický tlak, aj tlak kvapalinového stĺpca, vyjadrovali v rovnakých jednotkách. Hustota ortuti v blízkosti izbových teplôt t (v Celziovej stupnici) je vyjadrená vzťahom

$$s = (-0,0024 t + 13,595) \text{ g/cm}^3, \quad (9,8)$$

pomocou ktorého určíme hustotu pri teplote v laboratóriu.

Prístroje a pomôcky: zariadenie na meranie rozpínivosti vzduchu, vodný kúpeľ, varič, teplomer, barometer.

Postup práce

Na začiatku merania zistíme atmosférický tlak b_1 , teplotu t_1 a polohy stĺpcov kvapaliny h_1 , h_2 . Varičom začneme zohrievať vodný kúpeľ, v ktorom je umiestnená banka B, pričom udržiavame hladinu h_1 na rovnakej úrovni. Postupne odčítavame a zapisujeme do tabuľky údaje rastúcej teploty t a výšku stĺpca h_2 . Treba si uvedomiť, že teplomerom meriame teplotu kúpeľa, nie vzduchu v banke. Preto pri meraní treba postupovať tak, aby sa teplota vzduchu v banke stačila vyrovnáť s teplotou kúpeľa.

Tab. 9.1

i	t	h_1	h_2	$h_2 - h_1$	p_k	p

Namerané hodnoty vynesieme do grafu a preložíme nimi optimálnu priamku. Potom určíme smernicu priamky k a jej priesečník p_o s vertikálnou osou. Podľa vzťahu (9.4) smernicou priamky je podiel $k = p_o / T_o$, alebo v spojení so vzťahom (9.6) aj $k = \gamma p_o$. To znamená, že koeficient teplotnej rozpínivosti vzduchu γ získame, keď z grafu vypočítanú smernicu vydělíme tlakom p_o :

$$\gamma = k / p_o.$$

Otázky

1. Dá sa využiť zariadenie na meranie koeficienta teplotnej rozpínivosti vzduchu aj na meranie koeficienta objemovej rozťažnosti?
2. Ako sa dá určiť molárny objem plynu v banke B?

Meno:

Kružok:

Dátum merania:

Protokol laboratórnej úlohy 9

Koeficient teplotnej rozpínavosti vzduchu

Stručný opis metódy merania:**Vzťahy ktoré sa používajú pri meraní:****Prístroje a pomôcky:****Meranie**Atmosférický tlak $b =$ Teplota miestnosti: $t =$

Hustota ortuti podľa vzťahu (9.8)

 $s =$ Udržiavaná výška prvého stĺpca ortuti $h_1 =$

i	t	h_1	h_2	$h_2 - h_1$	p_k	p

Smernica lineárnej závislosti tlaku od teploty	$k =$
Tlak vzduchu v banke pri $0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$p_0 =$
Koeficient teplotnej rozpínavosti vzduchu	$\gamma =$
Prevrátená hodnota koeficienta	$1 / \gamma =$
Rozdiel nameranej a skutočnej hodnoty $\Delta = \gamma_{\text{nam}} - \gamma_{\text{tab}}$	$\Delta =$
Relatívna chyba merania v percentách $\delta = (\Delta / \gamma_{\text{tab}}) \cdot 100$	$\delta =$

K protokolu treba pripojiť graf závislosti tlaku plynu od teploty

Slovné zhodnotenie výsledkov merania:

Dátum odovzdania protokolu:

Podpis študenta:

Podpis učiteľa: