

SR STAVOVÁ ROVNICA IDEÁLNEHO PLYNU

Určte koeficienty α , α' a k pre vzduch

TEORETICKÝ ÚVOD

Všeobecná stavová rovnica telesa

$$f(p, V, T) = 0 \quad (1)$$

dáva do súvisu tlak, objem a teplotu telesa. Tieto stavové veličiny v prípade ideálneho plynu navzájom súvisia a ich vzťah je vyjadrený v stavovej rovnici ideálneho plynu

$$p V = n R T \quad (2)$$

kde n je počet mólov plynu, R je plynová konštanta.

Koeficienty α , α' a k spomínané v zadaní sú definované nasledovne

$$\alpha = \frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p \quad (3)$$

je koeficient objemovej teplotnej rozťažnosti,

$$\alpha' = \frac{1}{p_0} \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V \quad (4)$$

je koeficient teplotnej rozpínavosti,

$$k = - \frac{1}{V_0} \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_T \quad (5)$$

je koeficient stlačiteľnosti, pričom indexy p , V , T znamenajú stálosť týchto veličín počas merania, p_0 , V_0 sú hodnoty vzťahujúce sa na isté začiatočné podmienky (napr. bod mrazu vody a atmosferický tlak).

Zo vzťahu (1) vyplýva vzťah

$$dV = \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_T dT + \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_p dp$$

Potom pre konštantný objem ($dV = 0$) platí

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V = - \frac{\partial V}{\partial T} / \frac{\partial V}{\partial p} = \frac{\alpha}{k}$$

takže k možno vyjadriť pomocou α a α'

$$p_0 \alpha' = \frac{\alpha}{k} \quad (6)$$

Koeficienty α a α' môžu byť definované aj takto:

$$V = V_0(1 + \alpha t) \quad \text{pre } p = \text{konšt}$$

$$p = p_0(1 + \alpha' t) \quad \text{pre } V = \text{konšt}$$

kde t je teplota vyjadrená v Celsiovej stupnici. V ideálnom plyne je

$$\alpha = \alpha' = \frac{1}{273,15} \text{ K}^{-1}$$

METÓDA MERANIA

Zmeriame závislosti $p = f(V)_T$, $V = f(T)_p$ a $p = f(T)_V$.

Závislosť $p = f(V)_T$ je známa ako Boyleov zákon $pV = C$, čiže

$$p = \frac{C}{V}$$

Regresiou závislosti $Y = A_1 x^{B_1}$ získame koeficient B_1 (teoreticky má výhľad $B_1 = -1$)

Závislosť $V = f(T)_p$ je známa ako Gay-Lussacov zákon. Je to lineárna závislosť typu

$$Y = A_2 + B_2 x$$

koeficient B_2 určíme lineárnou regresiou. Je zrejmé, že platí

$$B_2 = V_0 \alpha$$

Na určenie α je potrebné určiť aj hodnotu $V_0 = A_2$ (pri použití Celsiovej stupnice (objem pri teplote $t_0 = 0^\circ\text{C}$ alebo $T_0 = 273,15 \text{ K}$)).

Závislosť $p = f(T)_V$ je známa ako Amontonsov zákon. Je to lineárna závislosť typu

$$Y = A_3 + B_3 x$$

koeficienty A_3 a B_3 určíme lineárnou regresiou. z nameraných hodnôt. Je zrejmé, že platí

$$B_3 = p_0 \alpha'$$

$$A_3 = p_0$$

(pri použití Celsiovej stupnice), kde p_0 je tlak pri teplote $t_0 = 0^\circ\text{C}$ alebo $T_0 = 273,15 \text{ K}$. Vypočítame koeficient α' . Pomocou vzťahu (6) určíme koeficient stlačiteľnosti k .

OPIS APARATÚRY A POSTUP PRÁCE

Aparatúra pozostáva zo sklenenej trubice všade rovnakého prierezu, v ktorej je uzavreté isté množstvo vzduchu ohraničené zospodu hladinou ortuti, ktorá je spojená pohyblivou hadicou so zásobníkom ortuti. Okolo trubice obteká voda, ktorej teplota sa reguluje termostatom. Objem uzavretého vzduchu je úmerný odčítanej dĺžke na meracej trubici. Tlak vzduchu v uzavretej trubici je súčtom atmosferického tlaku p_a a tlaku Δp , ktorý zodpovedá rozdielu výšok ortuťového stĺpca v pravom a ľavom ramene

$$p = p_a + \Delta p$$

Vonkajší tlak sa určí pomocou barometra. Gumová zátka na zásobníku slúži na uzavretie zásobníka pri nepoužívaní zariadenia. Pri meraní je samozrejme otvor otvorený.

Závislosť tlaku od objemu meriame pri izbovej teplote postupne od najmenšieho dosiahnuteľného objemu až po najväčší.

Teplotné závislosti meriame pri zapnutom termostate s "krokom" 2°C do teploty 75°C naraz. Pri meraní závislosti $V = f(T)$ udržiavame konštantný tlak na úrovni atmosferického tlaku p_a tak, že obe hladiny ortuti nastavíme na rovnakú úroveň.

Riadime sa pokynmi, ktoré sú priložené k úlohe.

Tabuľky:

$t =$

i	Δh (cm)	p (Pa)	l (cm)	V (cm ³)
1				
2				
:				

$p = p_a =$

i	t (°C)	l (cm)	V (cm ³)
1			
2			
:			

$V =$

i	t (°C)	Δh (cm)	p (Pa)