

mernej látky. Pre ten istý tepelný stav, napr. pre bod varu éteru za tlaku 1 at, dva bezchybne a rovnako zhotovené teplomery, avšak naplnené rôznymi tekutinami, udávajú rôzne hodnoty. Vo všeobecnosti každá interpolačná metóda definuje teda vždy jednu Celziovu stupnicu teploty. Na meranie nie príliš nízkych a nie príliš vysokých teplôt sa najčastejšie používajú sklenené, ortuťou naplnené teplomery, ktoré svojou konštrukciou definujú tzv. *ortuťovú Celziovu teplotu* (závislú aj od teplotnej rozťažnosti skla).

Úpravou vzorca (1) pre závislosť objemu V pre meranie teploty zvolenej látky od teploty (za zvoleného stáleho tlaku) vychádza:

$$V = V_0 \left(1 + \frac{V_{100} - V_0}{100 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot V_0} t \right) = V_0(1 + \gamma t) \quad (2)$$

kde

$$\gamma = \frac{V_{100} - V_0}{100 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot V_0}$$

je tzv. priemerný koeficient objemovej teplotnej rozťažnosti pre meranie teploty použitej látky medzi bodom mrazu a varu vody, vzťahujúci sa na zvolený konštantný tlak p_0 .

Keby sme teplotu merali pomocou zmien tlaku zvolenej látky (za konštantného objemu), Celziova teplota by bola určená vzorcom

$$t' = \frac{p - p_0}{p_{100} - p_0} 100 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3)$$

a závislosť tlaku p pre meranie teploty zvolenej látky od teploty (za konštantného objemu) by bola :

$$p = p_0 \left(1 + \frac{p_{100} - p_0}{100 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot p_0} t' \right) = p_0(1 + \gamma' t') \quad (4)$$

kde $\gamma' = \frac{p_{100} - p_0}{100 \text{ } ^\circ\text{C} p_0}$ je tzv. priemerný koeficient teplotnej rozpínavosti príslušnej látky medzi bodom mrazu a varu vody, závislý tiež od zvoleného tlaku p_0 .

10.2. Gay-Lussacov zákon. Už v čl. 7.13 sme sa oboznámili so zákonom Boylovým, podľa ktorého pri nemeniacej sa teplote súčin tlaku p a objemu V zvoleného množstva plynu je prakticky konštantný, teda

$$pV = p_0 V_0 = f(t) \quad (1)$$

V tom istom článku sme sa poučili aj o tom, že závislosť tlaku plynu od jeho objemu za stálej teploty sa tým lepšie zhoduje s Boylovým zákonom, čím je teplota plynu vyššia a jeho tlak nižší.

V tomto článku pomocou jednoduchej úvahy dokážeme najprv, že ak sa nejaký plyn chová presne podľa Boylovho zákona, jeho priemerný koeficient objemovej teplotnej rozťažnosti γ a tepelnej rozpínavosti γ' medzi bodom mrazu a varu vody sú od zvoleného tlaku plynu p_0 nezávislé a rovnako veľké konštanty. Z Boylovho zákona bezprostredne vyplýva, že konštanty

$$\gamma = \frac{V_{100} - V_0}{V_0 \cdot 100 \text{ }^\circ\text{C}} \quad \text{a} \quad \gamma' = \frac{p_{100} - p_0}{p_0 \cdot 100 \text{ }^\circ\text{C}} \quad (2)$$

sú od tlaku plynu p_0 nezávislé. Aby sme dokázali aj druhú časť nášho tvrdenia, predstavme si také množstvo plynu, že v objeme V_0 pri teplote $0 \text{ }^\circ\text{C}$ je jeho tlak p_0 . Zo vzorca (2) vyplýva, že pri teplote $100 \text{ }^\circ\text{C}$ a za tlaku p_0 objem plynu je:

$$V_{100} = V_0(1 + \gamma \cdot 100 \text{ }^\circ\text{C})$$

a pri teplote tiež $100 \text{ }^\circ\text{C}$, avšak v objeme V_0 , tlak plynu je:

$$p_{100} = p_0(1 + \gamma' \cdot 100 \text{ }^\circ\text{C})$$

Keď vynásobíme predposlednú rovnicu tlakom p_0 a poslednú objemom V_0 , dostávame rovnice

$$p_0 V_{100} = p_0 V_0(1 + \gamma \cdot 100 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$V_0 p_{100} = p_0 V_0(1 + \gamma' \cdot 100 \text{ }^\circ\text{C})$$

No v dôsledku toho, že podľa predpokladu plyn spĺňa Boylov zákon, je $p_0 V_{100} = V_0 p_{100}$. Preto aj $\gamma = \gamma'$, čo práve sme mali ešte dokázať.

Boylov zákon dopĺňujúci zákon *Gay-Lussacov* hovorí, že koeficienty γ a γ' (o ktorých sme pomocou Boylovho zákona práve dokázali, že pre ten istý plyn sú to rovnaké konštanty) v hraniciach platnosti Boylovho zákona sú pri všetkých plynch rovnako veľké. Meraním pre dostatočne zriedené plyny vychádza, že

$$\gamma = \gamma' = \frac{V_{100} - V_0}{V_0 \cdot 100 \text{ }^\circ\text{C}} = \frac{p_{100} - p_0}{p_0 \cdot 100 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,003 \, 661 / \text{ }^\circ\text{C} = \frac{1}{273,16 \text{ }^\circ\text{C}}$$

Celziova teplota meraná podľa vzorca (10.1.1) pomocou teplotnej rozťažnosti ľubovoľného plynu je:

$$t = \frac{V - V_0}{V_{100} - V_0} 100 \text{ }^\circ\text{C} = \frac{V - V_0}{\gamma V_0} \quad (3)$$

Podobne zo vzorca (10.1.3) vyplýva, že Celziova teplota meraná pomocou teplotnej rozpínavosti plynu je:

$$t' = \frac{p - p_0}{p_{100} - p_0} 100 \text{ }^\circ\text{C} = \frac{p - p_0}{\gamma' p_0} \quad (4)$$

Keďže pri používaní zriedených plynov je $\frac{p - p_0}{p_0} = \frac{V - V_0}{V_0}$, lebo je $pV_0 = Vp_0$, a keďže — okrem toho — koeficienty γ a γ' majú pri všetkých zriedených plynoch rovnakú a tú istú hodnotu, meranie teploty pomocou teplotnej rozťažnosti ktoréhokoľvek zriedeného plynu (vzorec 3) aj pomocou jeho teplotnej rozpínavosti (vzorec 4) vedie k rovnakému výsledku a teplota určená ktorýmkoľvek z týchto vzorcov sa volá Celziova plynová teplota.

Zo vzorcov (3) a (4) vyplýva aj to, že pri používaní Celziovej plynovej teploty závislosť objemu plynu od jeho teploty za konštantného tlaku je vyjadrená vzorcom

$$V = V_0(1 + \gamma t) \quad (5)$$

a závislosť jeho tlaku od teploty za konštantného objemu vzorcom

$$p = p_0(1 + \gamma t) \quad (6)$$

pričom γ je koeficient teplotnej rozťažnosti aj rozpínavosti zriedeného plynu.

Na rozdiel od Celziovej teploty ortuťovej Celziova teplota plynová splňuje aj druhú požiadavku kladenú na vyhovujúcu stupnicu teploty, t. j. že pri jej používaní fyzikálne vzťahy týkajúce sa tepelných javov majú jednoduchší tvar. V teoretických fyzikálnych úvahách sa preto pod Celziovou teplotou rozumie vždy Celziova teplota plynová.

Poznámka: V niektorých učebniciach sa rovnice (5) a (6) považujú za matematické vyjadrenia *Gay-Lussacovho* zákona, čo nie je celkom správne.

10.3. Stavová rovnica zriedeného plynu. Vzorce (5) a (6) z predošlého článku možno upraviť takto

$$\begin{aligned} V &= V_0(1 + \gamma t) = V_0 \left(1 + \frac{t}{273,16 \text{ }^\circ\text{C}} \right) = V_0 \left(1 + \frac{t}{T_0} \right) = \\ &= V_0 \frac{T_0 + t}{T_0} = V_0 \frac{T}{T_0} \end{aligned} \quad (1)$$

a podobne aj

$$p = p_0(1 + \gamma t) = p_0 \frac{T}{T_0} \quad (2)$$

keď sme položili $T = T_0 + t = 273,16 \text{ }^\circ\text{C} + t$, pričom t je *plynová teplota Celziova*. Veličina $T = 273,16 \text{ }^\circ\text{C} + t$ sa nazýva *plynová teplota Kelvinova*, ktorá, ak bola určená pomocou ideálneho plynu, je totožná s tzv. *absolútnou teplotou*. Oboznámime sa s ňou v termodynamike. Jej jednotka je rovnako veľká ako $1 \text{ }^\circ\text{C}$ a značí sa $1 \text{ }^\circ\text{K}$, takže $T_0 = 273,16 \text{ }^\circ\text{K}$ je Kelvinova teplota zodpove-