

## ZADANIE: Štruktúra a vlastnosti plynného skupenstva

Porovnajzte vlastnosti ideálneho plynu a reálnych plynov. Opíšte správanie sa molekúl ideálneho plynu pomocou fyzikálnych veličín a zákonov.

Obsah:

- stavové veličiny opisujúce ideálny plyn
- stavová rovnica ideálneho plynu
- mólová plynová konštanta
- iné tvary stavovej rovnice pre ideálny plyn
- význam stavovej rovnice pre ideálny plyn

### Stavové veličiny opisujúce ideálny plyn

Skúmame vlastnosti plynu uzavretého v nádobe. Ak je plyn v rovnovážnom stave (jeho stav sa s časom nemení), tak jeho vlastnosti môžeme vyjadriť hodnotami stavových veličín:

- termodynamická teplota  $T$ ,
- tlak  $p$ ,
- objem  $V$ ,
- látkové množstvo  $n$  alebo počet častíc  $N$ .

### Odvodenie stavovej rovnice pre ideálny plyn

Je zrejmé, že jednotlivé stavové veličiny navzájom súvisia. Kvantitatívne túto súvislosť vyjadruje Stavová rovnica ideálneho plynu. Preskúmame vzťahy medzi stavovými veličinami pre plyn uzavretý v nádobe injekčnej striekačky. Hľadáme odpoveď na otázku, ako ovplyvní veľkosť objemu plynu v striekačke zmena ostatných stavových veličín.

- a) Ak budeme plyn zahrievať, tak sa jeho molekuly začnú pohybovať rýchlejšie, ich celková energia sa bude zvyšovať a budú potrebovať aj väčší priestor. Objem plynu je teda priamo úmerný jeho termodynamickej teplote.

$$V \sim T$$

- b) Ak budeme pridávať do sústavy ďalšie častice plynu, čím bude rásť látkové množstvo plynu, tak bude plyn potrebovať väčší priestor. Objem plynu je teda priamo úmerný látkovému množstvu plynu.

$$V \sim n$$

- c) Ak chceme zvýšiť tlak plynu uzavretého v striekačke bez zmeny ostatných podmienok, musíme ho stlačiť, teda zmenšiť jeho objem. Objem plynu je teda nepriamo úmerný jeho tlaku.

$$V \sim \frac{1}{p}$$

Ak všetky predchádzajúce čiastkové závery spojíme do jediného vzťahu, tak dostaneme súvislosť medzi stavovými veličinami  $p$ ,  $V$ ,  $n$ ,  $T$

$$V \sim \frac{nT}{p} \text{ a po úprave } n \sim \frac{pV}{T}$$

### Mólová plynová konštanta

Predchádzajúce zápisy sú len úmernosťami. Ak z nich chceme získať rovnicu, musíme zaviesť zodpovedajúcu konštantu úmernosti. Označíme ju  $R$ . Potom môžeme rovnicu zapísať v súčinovom tvare

$$pV = nRT$$

Veľkosť konštanty pre 1 mol plynu vypočítame využitím známych hodnôt stavových veličín pri tzv. normálnych podmienkach

- normálny tlak  $p_0 = 101\,325 \text{ Pa (Nm}^{-2}\text{)}$ ,
- mólový objem plynu  $V_0 = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ ,
- normálna teplota  $T_0 = 273,15 \text{ K}$ .

Po dosadení získavame  $R = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . Konštantu nazveme mólová plynová konštanta. Patrí medzi univerzálne konštanty, čiže jej hodnota je rovnaká pre všetky plyny.

### Iné tvary stavovej rovnice pre ideálny plyn

Odvedenú stavovú rovnicu môžeme vyjadriť aj v iných tvaroch, ktoré získame vhodnou úpravou.

- Ak  $n = \frac{m}{M}$  tak  $p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$
- Ak  $n = \frac{N}{N_A}$  tak  $p \cdot V = \frac{N}{N_A} \cdot R \cdot T$  alebo  $p \cdot V = N \cdot k \cdot T$
- Ak  $\rho = \frac{m}{V}$  tak  $p \cdot V = \frac{\rho V}{M} \cdot R \cdot T$

### Význam stavovej rovnice pre ideálny plyn

- a) Stavová rovnica pre ideálny plyn vyjadruje vzájomnú súvislosť stavových veličín opisujúcich stav ideálneho plynu v sústave nielen kvalitatívne ale aj kvantitatívne. Ak poznáme tri veličiny opisujúce stav plynu, tak si môžeme pomocou rovnice dopočítať vhodnou úpravou aj štvrtú veličinu.
- b) Je zrejmé, že ak sa zmení jedna zo stavových veličín opisujúcich stav plynu, tak sa musí zmeniť aspoň jedna ďalšia veličina alebo aj všetky ostatné veličiny.
- c) Odvedená rovnica pre ideálny plyn platí s dobrou presnosťou aj pre reálne plyny, ktoré majú relatívne vysokú teplotu a nízky tlak. Pre ostatné plyny sa dá odvodiť zo stavovej rovnice vložení korekcií rovnica platná pre ľubovoľný plyn.