

## Stavová rovnice ideálního plynu

Stavovou rovnici ideálního plynu lze psát ve dvou základních tvarech:

$$1.1 \quad pV = nRT$$

$$2.0 \quad \frac{pV}{T} = \text{konst.}, \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

První rovnici můžeme použít k řešení úloh, u nichž se zajímáme o aktuální stav ideálního plynu.

Druhou rovnici je naopak vhodné použít při hledání změn mezi dvěma různými stavy téhož ideálního plynu. Zabýváme se průběhem děje, který v daném plynu probíhá. Tuto rovnici lze použít, pokud se v úloze zachovává množství plynu.

Pravou stranu rovnice 1. můžeme napsat ještě dalšími způsoby, podle toho, známe-li látkové množství  $n$ , počet molekul  $N$ , nebo hmotnost plynu  $m$ . První případ stavové rovnice pak můžeme psát ve tvarech:

$$1.1 \quad pV = nRT \quad \dots \text{pokud známe látkové množství } n,$$

$$1.2 \quad pV = NkT \quad \dots \text{pokud známe počet molekul } N,$$

$$1.3 \quad pV = \frac{m}{M_m} RT \quad \dots \text{pokud známe hmotnost plynu } m \text{ (} M_m \text{ je molární hmotnost plynu).}$$

Rovnice 2. se často modifikuje pro různé speciální případy, speciální děje. Rovnice pro tyto děje pak mají následující tvary:

$$2.1 \quad \text{izotermický děj: } pV = \text{konst.}, \quad p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$2.2 \quad \text{izochorický děj: } \frac{p}{T} = \text{konst.}, \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

$$2.3 \quad \text{izobarický děj: } \frac{V}{T} = \text{konst.}, \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

**Úlohy:**

U každé z níže uvedených úloh 1-7 rozhodněte, která rovnice (1.1 – 1.3, 2.0 – 2.3) je nejvhodnější k jejímu vyřešení.

1. Nádoba tvaru válce je naplněna plynem o teplotě 20 °C a shora uzavřena pístem. Na pístu se nachází takové závaží, že tlak plynu uvnitř nádoby je 140 kPa. Nádobu budeme zahřívát.
- a) Píst zajistíme proti pohybu. Určete tlak plynu při zvýšení jeho teploty na 180 °C.
- b) Píst necháme volný. Určete teplotu plynu ve válci, zvětší-li se objem plynu o 30 %.

**Řešení:** V této úloze se zabýváme změnou stavu ideálního plynu, jehož hmotnost zůstává konstantní. K řešení je vhodná tedy některá z rovnic druhého typu. V části a) se jedná o izochorický děj, proto k řešení využijeme vztah **2.2**, tedy  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ . Při ději probíhající v části b) zůstane tlak v nádobě konstantní a pro řešení použijeme vztah **2.3**  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ .

**Výsledek:** a) 220 kPa b) 108 °C

2. V nádobě o objemu 1 l je uzavřen plyn, který je sloučeninou kyslíku a dusíku. Hmotnost plynu je 1 g, teplota 17 °C a tlak 31,7 kPa. Určete chemický vzorec a název sloučeniny.

**Řešení:** Chemický vzorec sloučeniny odvodíme z její molární hmotnosti, kterou určíme pomocí vztahu **1.3**  $pV = \frac{m}{M_m} RT$ .

**Poznámka:** Ze stavové rovnice vypočítáme neznámou molární hmotnost sloučeniny, resp. její relativní molekulovou hmotnost. Poté hledáme dvě malá přirozená čísla taková, že pokud každé z těchto čísel vynásobíme relativní molekulovou hmotností jednoho prvku a následně tato „přenásobená“ čísla sečteme, získáme vypočítanou relativní molekulovou hmotnost sloučeniny.

**Výsledek:** oxid dusitý N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

3. Jak se změní tlak plynu při poklesu jeho teploty z 80 °C na 20 °C při současném zmenšení jeho objemu a) na jednu třetinu, b) o jednu třetinu.

**Řešení:** V obou částech úlohy použijeme k řešení vztah **2.0**  $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ , neboť ze zadání úlohy víme, že nás zajímá změna stavu ideálního plynu, množství plynu se nemění, ale nejedná se o žádný ze speciálních případů.

**Výsledek:** a) tlak vzroste 2,5 krát; b) tlak vzroste 1,25 krát

4. Vzduch o teplotě 20 °C a tlaku 100 kPa zaujímá ve válci s pístem objem 1 l. Určete konečný tlak vzduchu při velmi pomalém (tj. přibližně izotermickém) stlačení na objem 0,6 l.

**Řešení:** Pro vyřešení této úlohy s izotermickým dějem využijeme vztahu **2.1**  $p_1 V_1 = p_2 V_2$ .

**Výsledek:** 170 kPa

5. Určete konečnou teplotu plynu při poklesu jeho tlaku o 30 % a zvětšení jeho objemu o 50 %. Počáteční teplota plynu je 0 °C.

**Řešení:** K řešení úlohy využijeme vztah **2.0**  $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ .

**Výsledek:** 14 °C

6. V ocelové nádobě je 300 g plynného amoniaku při tlaku 1,35 MPa a teplotě 77 °C.

a) Jaký je objem nádoby?

b) Po určité době teplota nádoby poklesla na teplotu okolí 22 °C a uvnitř byl naměřen tlak 0,87 MPa. Kolik plynu uniklo stěnami nádoby?

Řešení: V této úloze se zajímáme o aktuální stav ideálního plynu. Obě části úlohy můžeme vyřešit pomocí vztahu  $1.3 pV = \frac{m}{M_m} RT$ , protože známe hmotnost plynu v nádobě. Ačkoli objem nádoby zůstává v části b) stejný jako v části a), změní se množství plynu v nádobě. Z toho důvodu nelze použít rovnici 2.

Poznámka: K řešení části b) využijeme hodnoty objemu nádoby, kterou jsme získali v řešení části a).

Výsledek: a) 38 l; b) 71 g, což představuje asi 24 % původní hmotnosti

7. Vzduchová bublina o poloměru 5,0 mm stoupá ode dna jezera hlubokého 20,7 m. Teplota u dna jezera je 7 °C a u hladiny 27 °C. Atmosférický tlak je 100 kPa. Jak velká bude bublina, až dospěje ke hladině?

Řešení: Úlohu můžeme vyřešit s použitím vztahu  $2.0 \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$ .

Poznámka: K řešení úlohy je třeba vyjádřit si tlak vody u dna jezera pomocí hydrostatického a atmosférického tlaku.

Výsledek: 7,4 mm

### Použitá literatura s označením úloh ve zdrojích:

KOUPILOVÁ, Z. *Sbírka řešených úloh z fyziky* [online]. [cit. 21. 11. 2013] Dostupné z: <http://fyzikalniulohy.cz>

- úlohy: **2** (č. 330), **7** (č. 331)

*cdstudent škola v pohodě...* [CD]. Praha: AMOS – Jiří Kadlec, 2000.

- úlohy: **1** (Příklad 7), **3** (Příklad 4), **4** (Příklad 8), **5** (Příklad 5)  
Všechny příklady jsou z kapitoly *Molekulová fyzika a termika – Struktura a vlastnosti plynného skupenství látek*.