

5/11 Zákony ideálního plynu

Ideální plyn

- plyn s částicemi bezrozměrnými, bodovými, dokonale pružnými, které na sebe působí jen při srážce a nevytváří kolem sebe silové pole
- pro výpočty předpokládáme, že reálné plyny se chovají jako ideální plyny (! to ale neplatí v oblasti zkapalňování!)

Stavová rovnice plynů: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

- p = tlak [Pa]
- V = objem [m^3]
- n = látkové množství [mol]
- R = molární plynová konstanta $\left[8,314 \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}} = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right]$
- T = teplota [K], $K = 273,15 + \text{ }^\circ\text{C}$

Změny stavových veličin

- pro výpočet používáme rovnici $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$
- změna izobarická (p = konstantní) $\Rightarrow p$ z rovnice „vymizí“
 - $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ (vyjádření Gay-Lussacova zákona)
 - změna izochorická (V = konstantní) $\Rightarrow V$ z rovnice „vymizí“
 - $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$ (vyjádření Charlesova zákona)
 - změna izotermická (T = konstantní) $\Rightarrow T$ z rovnice „vymizí“
 - $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$ (vyjádření Boyle-Mariottova zákona)

Příklady k procvičení a jejich řešení

- Plyn má při tlaku 100 kPa objem 5,4 dm³. Jak se změní objem zvýšením tlaku o 50 kPa?
 - $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$; T je konstantní $\Rightarrow p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$
 - $V_2 = \frac{p_1 \cdot V_1}{p_2} = \frac{100 \cdot 5,4}{100+50} = 3,6 \text{ dm}^3 \Rightarrow$ objem se zmenší o $(5,4 - 3,6 =) 1,8 \text{ dm}^3$
- Deset litrů plynu má teplotu 20 °C a tlak 250 kPa. Jaký bude tlak po zahřátí plynu na 80 °C?
 - $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$; V = konstantní $\Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$
 - $p_2 = \frac{p_1 \cdot T_2}{T_1} = \frac{250 \cdot (273+80)}{273+20} = 301 \text{ [kPa]}$
- Jaký objem bude mít 5 m³ plynného vodíku s teplotou 283 K, zvýší-li se teplota o 90 K?
 - $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$; p je konstantní $\Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$
 - $V_2 = \frac{V_1 \cdot T_2}{T_1} = \frac{5 \cdot (283+90)}{283} = 6,59 \text{ [m}^3\text{]}$
- Na jakou teplotu se musí zahřát plyn 0 °C, aby se tlak zvětšil dvakrát?
 - $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}$; V je konstantní $\Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$
 - $T_2 = \frac{p_2 \cdot T_1}{p_1} = \frac{2 \cdot 273}{1} = 546 \text{ [K]} \Rightarrow (546 - 273 =) 273 \text{ }^\circ\text{C}$
- Za standardních podmínek bylo expandováno 12 litrů plynu na objem 20 litrů. Tím se snížila teplota o 25 K. Jaký byl tlak? [standardní podmínky – teplota 273 K, tlak 101,325 kPa]
 - $\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \Rightarrow p_2 = \frac{p_1 \cdot V_1 \cdot T_2}{T_1 \cdot V_2}$
 - $p_2 = \frac{101325 \cdot 12 \cdot (273-25)}{273 \cdot 20} = 55228 \text{ [Pa]}$
- Jaký objem v litrech bude mít 50 kg chloru při 20 °C a tlaku 101 kPa?
 - $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$; $n = \frac{m}{M} = \frac{50000}{2 \cdot 35,5} = 704 \text{ mol}$
 - $V = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{704 \cdot 8,314 \cdot (273+20)}{101000} = 16,9797 \text{ [m}^3\text{]} \Rightarrow 16980 \text{ litrů}$
- Vypočítejte molární hmotnost a určete, o jaký plyn jde, obsahuje-li 33,33 % C a 66,67 % O, jeho hmotnost je 1,1 kg a při tlaku 120 kPa a teplotě 25 °C zaujímá objem 516 dm³.
 - $p \cdot V = \frac{m \cdot R \cdot T}{M}$; $m = 1100 \text{ g}$; $R = 8,314 \left[\frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right]$; $T = 298 \text{ K}$; $p = 120000 \text{ Pa}$; $V = 0,516 \text{ m}^3$
 - $M = \frac{m \cdot R \cdot T}{p \cdot V} = \frac{1100 \cdot 8,314 \cdot 298}{120000 \cdot 0,516} = 44 \left[\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right]$
 - $\text{C}_x\text{O}_y \Rightarrow x : y = \frac{33,33}{44} : \frac{66,66}{44} = 0,7575 : 1,515 = 1 : 2 \Rightarrow \text{C}_1\text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}_2$
- Jak se určí hodnota a rozměr molární plynové konstanty R ?
 - $p \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow R = \frac{p \cdot V}{n \cdot T}$; dosadíme standardní podmínky
 - $R = \frac{101325 \text{ [Pa]} \cdot 22,414 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{]}}{1 \text{ [mol]} \cdot 273,15 \text{ [K]}} = 8,314 \left[\frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right]$