MF

Seminar 1+2

APLICAȚII LA PROPRIETĂȚILE FLUIDELOR

① Să se calculeze densitatea bioxidului de carbon, la temperatura $\theta = 50°C$ și presiunea $p = 920$ mm Hg.

Rezolvare

Se consideră ecuația de stare a gazelor:

$$p \vartheta = m R T \;|: \vartheta$$

$$p = \frac{m}{\vartheta} R T \Rightarrow p = \rho R T \Rightarrow \rho = \frac{p}{RT} \quad R = \frac{\mathcal{R}}{M} \Rightarrow \boxed{\rho = \frac{pM}{\mathcal{R}T}}$$

$$R = \frac{\mathcal{R}}{M}$$

$p = 920 \text{ mm Hg} = 920 \cdot 133{,}322 \simeq 1{,}23 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$M_{CO_2} = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \text{ Kg/Kmol}$

$\mathcal{R} = 8314 \text{ J/Kmol} \cdot K$

$T = 273{,}15 + \theta = 273{,}15 + 50 = 323{,}15 \text{ K}$

$$\Rightarrow \rho = \frac{1{,}23 \cdot 10^5 \cdot 44}{8314 \cdot 323{,}15} = 2{,}01 \frac{kg}{m^3}$$

② Presiunea parțială a vaporilor de apă în atmosferă, este presiunea pe care aceștia ar exercita-o dacă nu ar exista aer, în timp ce presiunea barometrică corespunde sumei presiunilor parțiale ale vaporilor și aerului. Dacă presiunea parțială a vaporilor este $p = 0{,}05$ at, la temperatura $\theta = 30°C$, să se determine greutatea lor specifică:

Rezolvare

$$\gamma = \rho \cdot g = \frac{pMg}{\mathcal{R}T}$$

$p = 0{,}05 \text{ at} = 0{,}05 \cdot 9{,}81 \cdot 10^4 = 4905 \text{ Pa}$

$M_{H_2O} = 2 \cdot 1 + 16 = 18 \text{ Kg/Kmol}$

$T = 273{,}15 + 30 = 303{,}15 \text{ K}$

$$\Rightarrow \gamma = \frac{4905 \cdot 18 \cdot 9{,}81}{8314 \cdot 303{,}15} \cong 0{,}34 \text{ N/m}^3$$

(3) Să se calculeze creșterea presiunii dintr-o autoclavă plină cu apă, închisă ermetic, dacă se mărește temperatura cu $\Delta T = 55 K$. Coeficientul de dilatare volumică izobară al apei este $\alpha = 1,8 \cdot 10^{-4} K^{-1}$, iar coeficientul de compresibilitate izotermică $\beta = 4,19 \cdot 10^{-10} m^2/N$. Se neglijează deformația elastică a autoclavei.

<u>Rezolvare</u>

Se consideră ecuația de stare a lichidelor:

$$\rho = \rho_0 (1 + \beta \Delta p - \alpha \Delta T)$$

$$\Rightarrow \frac{m}{V} = \frac{m}{V_0}(1 + \beta \Delta p - \alpha \Delta T) \quad |: m$$

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{V_0}(1 + \beta \Delta p - \alpha \Delta T) \quad | \times V_0$$

Deoarece se neglijează deformația autoclavei $\Rightarrow V = V_0$

$$\Rightarrow \cancel{1} = \cancel{1} + \beta \Delta p - \alpha \Delta T$$

$$\Rightarrow \beta \Delta p = \alpha \Delta T$$

$$\Rightarrow \Delta p = \frac{\alpha \Delta T}{\beta} = \frac{1,8 \cdot 10^{-4} \cdot 55}{4,19 \cdot 10^{-10}} = 23,62 \cdot 10^{6} Pa$$

(4) Să se determine volumul V^* ocupat, la presiune atmosferică, de aerul evacuat dintr-un recipient de capacitate $V = 500 l$, dacă presiunea din recipient scade de la $p_1 = 150$ at la $p_2 = 110$ at, iar temperatura rămâne neschimbată.

<u>Rezolvare</u>

Se consideră legea transformării izoterme (Boyle-Mariotte):

$$pV = ct \Rightarrow p_1 V = p_2 V^* \Rightarrow V^* = \frac{p_1 V}{p_2}$$

$$p_1 = 150 \text{ at} = 150 \cdot 9,81 \cdot 10^4 = 1471,5 \cdot 10^4 Pa$$

$$p_2 = 110 \text{ at} = 110 \cdot 9,81 \cdot 10^4 = 1079,1 \cdot 10^4 Pa$$

$$V = 500 l = 500 dm^3 = 500 \cdot 10^{-3} m^3 = 0,5 m^3$$

$$\Rightarrow V^* = \frac{1471,5 \cdot \cancel{10^4} \cdot 0,5}{1079,1 \cdot \cancel{10^4}} = 0,68 m^3$$

$$p_2 V^* = p_a V' \Rightarrow V' = \frac{p_2 V^*}{p_a}$$

$p_a = 101325\ Pa$

$$\Rightarrow V' = \frac{1079{,}1 \cdot 10^4 \cdot 0{,}68}{101325} \cong 72{,}42\ m^3$$

(5) O butelie cu capacitatea de 25 dm^3, conține hidrogen la presiunea $p_1 = 5{,}9\ MN/m^2$ și temperatura $T_1 = 295K$. Masa kilomolară a hidrogenului este $M_{H_2} = 2\ Kg/Kmol$, iar constanta universală a gazelor este $R = 8314\ J/Kmol \cdot K$. Să se determine:

a) presiunea indicată de manometrul montat pe butelie, p_b, la temperatura $T_2 = 260\ K$;

b) masa hidrogenului din butelie, m_{H_2};

c) temperatura la care există pericol de explozie, dacă butelia rezistă până la cel mult $p_3 = 7{,}5\ MN/m^2$

<u>Rezolvare</u>

a) Se aplică legea transformării izocore: $V = ct \Rightarrow \frac{p}{T} = ct$

$$\Rightarrow \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_b}{T_2} \Rightarrow p_b = \frac{p_1 T_2}{T_1} = \frac{5{,}9 \cdot 260}{295} = 5{,}2\ MN/m^2$$

b) Din legea de stare a gazelor:

$$pV = mRT \Rightarrow pV = \frac{m}{M} RT \Rightarrow \boxed{m = \frac{pVM}{RT}}$$

$$\Rightarrow m = \frac{5{,}9 \cdot 10^6 \cdot 25 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{8314 \cdot 295} = \frac{\cancel{295} \cdot 10^3}{8314 \cdot \cancel{295}} = 0{,}12\ kg$$

c) Se aplică din nou legea transformării izocore:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_3}{T_{exploz}} \Rightarrow T_{exploz} = \frac{p_3 T_1}{p_1} = \frac{295 \cdot 7{,}5}{5{,}9} = 375\ K$$

(6) Un amestec cu compoziţia masică de 30% hidrogen şi 70% azot are greutatea $G = 15 N$ şi presiunea $p = 1,5 at$. Să se determine masele gazelor componente şi presiunile lor parţiale.

Rezolvare

$$m = \frac{G}{g} = \frac{15}{9,81} = 1,529 \, kg$$

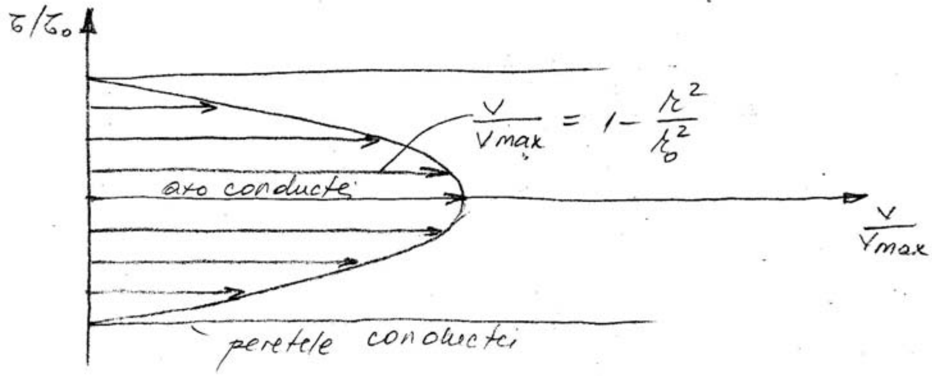
$$m_H = \frac{30 \cdot m}{100} = \frac{30 \cdot 1,529}{100} = 0,458 \, kg$$

$$m_N = m - m_H = 1,529 - 0,458 = 1,071 \, kg$$

$$p_H = \frac{p \cdot m_H}{m} = \frac{1,5 \cdot 0,458}{1,529} = 0,449 \, at =$$
$$= 0,449 \cdot 9,81 \cdot 10^4 = 4,4 \cdot 10^4 \, N/m^2$$

$$p_N = \frac{p \cdot m_N}{m} = \frac{1,5 \cdot 1,071}{1,529} = 1,05 \, at =$$
$$= 1,05 \cdot 9,81 \cdot 10^4 = 10,3 \cdot 10^4 \, N/m^2$$

(7) Distribuţia vitezelor la mişcarea unui fluid într-o conductă dreaptă este dată de legea $v = \left(1 - \frac{r^2}{r_0^2}\right) v_{max}$, ca în figură, unde r_0 este raza conductei; r este o rază oarecare, $r \in [0, r_0]$, iar v_{max} este viteza în axa conductei. Cunoscând $r_0 = 4 m$, $v_{max} = 0,2 m/s$ şi coeficientul de vâscozitate dinamică al fluidului $\eta = 0,5 Ns/m^2$, să se determine distribuţia tensiunilor tangenţiale τ şi valoarea maximă a acestora.



Rezolvare

Tensiunile tangențiale sunt date de legea lui Newton:

$$\tau = -\eta \frac{dv}{dy} = -\eta \frac{dv}{dr}$$

Semnul „–" arată că viteza scade, când raza crește (vezi figura!)

$$\Rightarrow \tau = -\eta \frac{d\left[\left(1-\frac{r^2}{r_0^2}\right)v_{max}\right]}{dr} = -\eta\left(-\frac{2r}{r_0^2}v_{max}\right) =$$

$$= 2\eta v_{max}\frac{r}{r_0^2}$$

Dacă $\begin{cases} r=0 \Rightarrow \tau = 0 \\ r=r_0 \Rightarrow \tau=\tau_{max} = \frac{2\eta v_{max}}{r_0} = \frac{2\cdot 0{,}5\cdot 0{,}2}{0{,}04} = 5\,Pa \end{cases}$

Distribuția tensiunilor în interiorul conductei este:

$$\frac{\tau}{\tau_{max}} = 2\eta v_{max}\cdot\frac{r}{r_0^2}\cdot\frac{r_0}{2\eta\cdot v_{max}} = \frac{r}{r_0}$$

Reprezentarea grafică a acestei relații este următoarea: