

OSNOVNE VELIČINE STANJA FLUIDA

1. Manometar mjeri relativni tlak $\Delta p = 2,55$ bar. Odredi apsolutni tlak ako se manometar nalazi u uvjetima:

- a) standardne atmosfere na razini mora,
- b) atmosferskog tlaka od 98700 Pa.

Rješenje: $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} \rightarrow \Delta p = 2,55 \text{ bar} = 2,55 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

- a) uvjeti standardne atmosfere na razini mora:

$$p_n = 101325 \text{ Pa}; \quad T_n = 288,15 \text{ K}; \quad \rho_n = 1,225 \text{ kg/m}^3;$$

$$p = p_n + \Delta p = 101325 + 2,55 \cdot 10^5 = 356325 \text{ Pa} = 3,56325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\underline{p = 3,56325 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

- b)

$$p_a = 98700 \text{ Pa}$$

$$p = p_a + \Delta p = 98700 + 2,55 \cdot 10^5 = 353700 \text{ Pa} = 3,537 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\underline{p = 3,537 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

2. Transmitter apsolutnog tlaka pokazuje veličinu tlaka $p_{APS} = 0,65$ bar. Izrazi taj tlak relativno u odnosu na tlak okolnog zraka $p_a = 0,98$ bar i u postocima vakuuma.

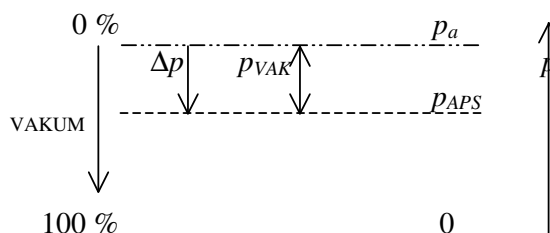
Rješenje: $p_{APS} = 0,65 \text{ bar} = 0,65 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$$p_a = 0,98 \text{ bar} = 0,98 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\Delta p = p_{APS} - p_a = 0,65 \cdot 10^5 - 0,98 \cdot 10^5 = -33000 \text{ Pa} = -0,33 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\underline{p_{VAK} = 0,33 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

$$\underline{p_{VAK} [\%] = \frac{0,33}{0,98} = 0,3367 = 33,67 \%}$$



3. U spremniku volumena $V = 2 \text{ m}^3$ pri tlaku $\Delta p = 3,5$ bar i temperaturi $t = 25$ °C nalazi se zrak. Odredi masu zraka u spremniku.

Rješenje:

$$V = 2 \text{ m}^3$$

$$\Delta p = 3,5 \text{ bar} = 3,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\rightarrow p = \Delta p + p_n = 3,5 \cdot 10^5 + 101325 = 451325 \text{ Pa}$$

$$t = 25$$
 °C

$$\underline{T [\text{K}] = t [^\circ\text{C}] + 273,15} \rightarrow T = t + 273,15 = 25 + 273,15 = 298,15 \text{ K}$$

$$\underline{R = 287,053 \text{ J/kgK}}$$

$$\underline{p = \rho \cdot R \cdot T} \rightarrow \rho = \frac{p}{R \cdot T} = \frac{451325}{287,053 \cdot 298,15} = 5,2734 \text{ kg/m}^3$$

$$\underline{m = \rho \cdot V = 5,2734 \cdot 2 = 10,55 \text{ kg}}$$

4. Pri temperaturi $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i standardnom atmosferskom tlaku, izračunati:
- dinamički koeficijent viskoznosti prema eksponencijalnom zakonu,
 - dinamički koeficijent viskoznosti prema Sutherlandovom zakonu,
 - kinematički koeficijent viskoznosti

Rješenje:

$$t = 20\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow T = t + 273,15 = 20 + 273,15 = 293,15\text{ K}$$

$$p_n = 101325\text{ Pa}$$

$$\rho = \frac{p_n}{R \cdot T} = \frac{101325}{287,053 \cdot 293,15} = 1,204\text{ kg/m}^3$$

a) $\mu = 2,417 \cdot 10^{-7} \cdot T^{0,76} \rightarrow \mu = 2,417 \cdot 10^{-7} \cdot 293,15^{0,76} = 1,812 \cdot 10^{-5}\text{ Pas}$
 $\mu = 1,812 \cdot 10^{-5}\text{ Pas}$

b) $\mu = 1,458 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{T^{1,5}}{T + 110,4} \rightarrow \mu = 1,458 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{293,15^{1,5}}{293,15 + 110,4} = 1,813 \cdot 10^{-5}\text{ Pas}$
 $\mu = 1,813 \cdot 10^{-5}\text{ Pas}$

c) $\nu = \frac{\mu}{\rho} \rightarrow \nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{1,812 \cdot 10^{-5}}{1,204} = 1,505 \cdot 10^{-5}\text{ m}^2/\text{s}$
 $\nu = 1,505 \cdot 10^{-5}\text{ m}^2/\text{s}$

5. Za koliko je veća gustoća suhog zraka u odnosu na zrak potpuno zasićen vodenom parom pri tlaku $p = 101325\text{ Pa}$ i temperaturi $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Parcijalni tlak vodene pare u potpuno zasićenom zraku iznosi $p_{para} = 2337\text{ Pa}$.

Rješenje:

$$p = 101325\text{ Pa}$$

$$t = 20\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow T = t + 273,15 = 20 + 273,15 = 293,15\text{ K}$$

$$p_{para} = 2337\text{ Pa}$$

$$R_{zrak} = 287,053\text{ J/kgK}$$

$$R_{para} = 461,6\text{ J/kgK}$$

* suhi zrak: $\rho_{SZ} = \frac{p}{R_{zrak} \cdot T} = \frac{101325}{287,053 \cdot 293,15} = 1,20411\text{ kg/m}^3$

* vlažni zrak: $p = p_{zrak} + p_{para} \rightarrow p_{zrak} = p - p_{para} = 101325 - 2337 = 98988\text{ Pa}$

$\rho_{zrak} = \frac{p_{zrak}}{R_{zrak} \cdot T} = \frac{98988}{287,053 \cdot 293,15} = 1,17633\text{ kg/m}^3$ – gustoća suhog zraka u smjesi vlažnog zraka

$\rho_{para} = \frac{p_{para}}{R_{para} \cdot T} = \frac{2337}{461,6 \cdot 293,15} = 0,01727\text{ kg/m}^3$ – gustoća vodene pare u smjesi vlažnog zraka

$\rho_{VZ} = \rho_{zrak} + \rho_{para} = 1,17633 + 0,01727 = 1,19360\text{ kg/m}^3$ – gustoća vlažnog zraka

* razlika gustoća: $\Delta\rho = \rho_{SZ} - \rho_{VZ} = 1,20411 - 1,19360 = 0,01051\text{ kg/m}^3$

$\Delta\rho[\%] = \frac{\Delta\rho}{\rho_{VZ}} \cdot 100 = \frac{0,01051}{1,20411} \cdot 100 = 0,873\%$

* $F_Z \propto \rho \rightarrow$ smanjenje gustoće zraka uzrokuje smanjenje sile uzgona

6. Izračunaj specifične topline, unutarnju energiju i entalpiju za zrak na razini mora pri standardnim atmosferskim uvjetima.

Rješenje:

$$\begin{aligned}p &= 101325 \text{ Pa} \\T &= 288,15 \text{ K} \\ \rho &= 1,225 \text{ kg/m}^3 \\R &= 287,053 \text{ J/kgK} \\ \kappa &= 1,4\end{aligned}$$

$$* c_p = \frac{\kappa \cdot R}{\kappa - 1} = \frac{1,4 \cdot 287,053}{1,4 - 1} = 1004,7 \text{ J/kgK} \quad - \text{ specifična toplota pri konstantnom tlaku}$$

$$* c_v = \frac{R}{\kappa - 1} = \frac{287,053}{1,4 - 1} = 717,6 \text{ J/kgK} \quad - \text{ spec. toplota pri konstantnom volumenu}$$

$$* \text{ provjera: } c_p = c_v \cdot \kappa = 717,6 \cdot 1,4 = 1004,7 \text{ J/kgK}$$

$$c_p = c_v + R = 717,6 + 287,053 = 1004,7 \text{ J/kgK}$$

$$* u = c_v \cdot T = 717,6 \cdot 288,15 = 206776 \text{ J/kg} \quad - \text{ specifična unutarnja energija}$$

$$* h = c_p \cdot T = 1004,7 \cdot 288,15 = 289504 \text{ J/kg} \quad - \text{ specifična entalpija}$$