

Thermodynamik

Tutorium

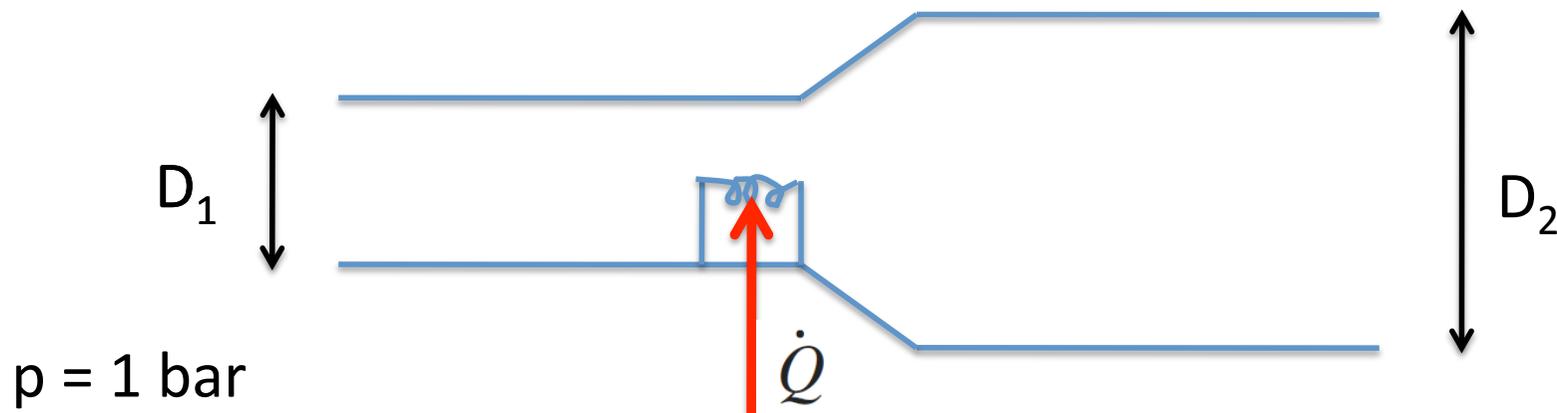
1. Übung

24.04.2013

Felix Ellrich

1. Aufgabe

- Ein Volumenstrom von $12 \text{ m}^3/\text{min}$ Luft soll von 20°C auf 50°C erwärmt werden. Welche Heizleistung ist erforderlich?
- Der Eintrittsdurchmesser D_1 beträgt 10 cm . Wie groß muss der Austrittsdurchmesser D_2 sein damit die Geschwindigkeiten am Ein- und Auslass gleich sind.



1. Aufgabe Lösung

a) geg.: $\dot{V} = 12 \text{ m}^3/\text{min} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$; $\Theta_1 = 20^\circ\text{C}$; $\Theta_2 = 50^\circ\text{C}$; $p = 101325 \text{ Pa}$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T$$

$$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V} \quad \rho = \frac{p}{R_s \cdot T}$$

$$\dot{Q} = \frac{p}{R_s \cdot T} \cdot \dot{V} \cdot c_p \cdot \Delta T = \frac{101325 \text{ Pa}}{287 \text{ J}/(\text{kg K}) \cdot 293 \text{ K}} \cdot 0,2 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1005 \text{ J}/(\text{kg K}) \cdot (50-20) \text{ K}$$

$$\dot{Q} = 7266 \text{ W}$$

b) geg.: $D_1 = 0,1 \text{ m}$; $w_1 = w_2$ ges.: D_2

Ansatz: Die Geschwindigkeiten am Ein- und Auslass gleichsetzen $w_1 = w_2$

Die Geschwindigkeit berechnet sich aus Volumenstrom und Querschnittsfläche

$$w = \frac{\dot{V}}{A} ; A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 ; \dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} ; \rho = \frac{p}{R_s \cdot T}$$

Einsetzen und kürzen:

$$D_2 = \sqrt{D_1^2 \cdot \frac{T_2}{T_1}} = \sqrt{(0,1 \text{ m})^2 \cdot \frac{323 \text{ K}}{293 \text{ K}}} = 0,105 \text{ m}$$

2. Aufgabe

- Ein Volumenstrom von $1 \text{ m}^3/\text{min}$ Wasser soll von 20°C auf 50°C erwärmt werden. Welche Heizleistung ist erforderlich?

2. Aufgabe Lösung

$$\text{geg.: } \dot{V} = 1 \text{ m}^3/\text{min} = 0,0166 \text{ m}^3/\text{s} ; \Theta_1 = 20^\circ\text{C} ; \Theta_2 = 50^\circ\text{C} ; \rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3 \\ c = 4186 \text{ J}/(\text{kg K})$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T = \rho \cdot \dot{V} \cdot c \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q} = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 4186 \text{ J}/(\text{kg K}) \cdot (50 - 20) \text{ K}$$

3. Aufgabe

- In einem Druckbehälter sollen 2 kg Luft von 20°C auf 50°C erwärmt werden. Welche Wärmemenge wird hierfür benötigt?

3. Aufgabe Lösung

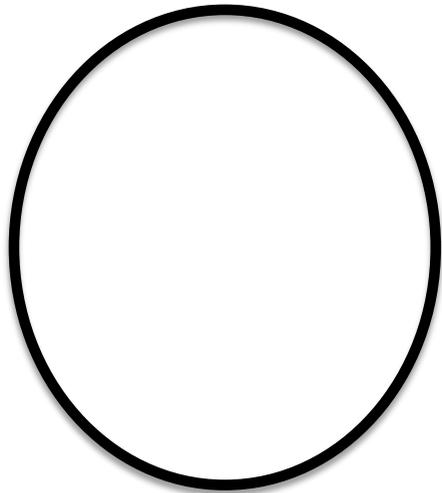
geg.: $m = 2\text{kg}$; $\Theta_1 = 20^\circ\text{C}$; $\Theta_2 = 50^\circ\text{C}$; $c_v = 718 \text{ J}/(\text{kg K})$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c_v \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q} = 2\text{kg} \cdot 718 \text{ J}/(\text{kg K}) \cdot (50-20)\text{K}$$

$$\dot{Q} = 43080 \text{ J}$$

4. Aufgabe



Geg.: $V = 0,5 \text{ m}^3$

$$T = 293,15 \text{ K}$$

$$p = 2 \text{ bar}$$

- Wie groß ist die in den Behälter enthaltene Luftmasse?
- Der Behälter wird auf 50°C erwärmt. Wie hoch ist der absolute Druck im Behälter?
- Welche Energiemenge wird für die Erwärmung benötigt?

4. Aufgabe Lösung

a) geg.: $V=0,5\text{m}^3$; $\Theta=20^\circ\text{C}$; $p=2\text{bar}$

Luft $\rightarrow R_s=287 \text{ J}/(\text{kg K})$

$$p \cdot V = m \cdot R_s \cdot T$$

$$m = \frac{p \cdot V}{R_s \cdot T} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,5 \text{ m}^3}{287 \text{ J}/(\text{kg K}) \cdot 293 \text{ K}} = 1,189 \text{ kg}$$

b) geg.: $m=1,189\text{kg}$; $V=0,5\text{m}^3$; $\Theta=50^\circ\text{C}$; $R_s=287 \text{ J}/(\text{kg K})$

ges.: p

$$p \cdot V = m \cdot R_s \cdot T$$

$$p = \frac{m \cdot R_s \cdot T}{V} = \frac{1,189 \text{ kg} \cdot 287 \text{ J}/(\text{kg K}) \cdot 323 \text{ K}}{0,5 \text{ m}^3} = 220442 \text{ Pa}$$

$$c) Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T = 1,189 \text{ kg} \cdot 1005 \text{ J}/(\text{kg K}) \cdot (50-20) \text{ K} = 35848 \text{ J}$$

5. Aufgabe

In einem Behälter mit einem Volumen von 250 l befindet sich Luft mit einem absoluten Druck von 20 bar. Es wird ein leerer Behälter mit einem Volumen von 150 l angeschlossen. Die Temperatur bleibt konstant 20°C und die spezifische Gaskonstante R_s beträgt 287 J/(KgK).

Gesucht ist:

- die eingeschlossene Masse
- der Enddruck
- die Enddichte

5. Aufgabe Lösung

$$\text{geg.: } V_1=0,25\text{m}^3; V_2=0,15\text{m}^3; p_1=20\text{bar}; T=293\text{K}; R_s=287 \text{ J}/(\text{kg K})$$

$$\text{ges.: } m; p_2; \rho_2$$

$$p \cdot V = m \cdot R_s \cdot T$$

$$m = \frac{p \cdot V_1}{R_s \cdot T} = \frac{20 \cdot 10^5 \text{Pa} \cdot 0,25 \text{m}^3}{287 \text{ J}/(\text{kg K}) \cdot 293 \text{K}} = 5,95 \text{kg}$$

$$p_2 = \frac{m \cdot R_s \cdot T}{V_1 + V_2} = \frac{5,95 \text{kg} \cdot 287 \text{ J}/(\text{kg K}) \cdot 293 \text{K}}{0,25 \text{m}^3 + 0,15 \text{m}^3} = 1250853 \text{Pa} \approx 12,5 \text{bar}$$

$$\rho_2 = \frac{m}{V} = \frac{p_2}{R_s \cdot T} = \frac{1250853 \text{Pa}}{287 \text{ J}/(\text{kg K}) \cdot 293 \text{K}} = 14,87 \text{ kg}/\text{m}^3$$

6. Aufgabe

1,5 l Luft soll bei einem konstanten Druck von 2 bar erhitzt werden, bis sich das Volumen verdoppelt hat. Die Anfangstemperatur beträgt 20°C und die spezifische Gaskonstante R_s beträgt 287 J/(KgK).

Gesucht ist:

- die Endtemperatur in °C
- die Masse
- die benötigte Wärmeenergie

6.Aufgabe Lösung

geg.: $V_1=0,0015\text{m}^3$; $p=2\text{bar}$; $T_1=293\text{K}$; $V_2=V_1\cdot 2$

$$p \cdot V = m \cdot R_s \cdot T$$

$$m = \frac{p \cdot V_1}{R_s \cdot T_1} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{Pa} \cdot 0,0015 \text{m}^3}{287 \frac{\text{J}}{(\text{kg K})} \cdot 293 \text{K}} = 3,57 \cdot 10^{-3} \text{kg}$$

$$T_2 = \frac{p \cdot V_2}{R_s \cdot m} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{Pa} \cdot 0,0015 \text{m}^3}{287 \frac{\text{J}}{(\text{kg K})} \cdot 3,57 \cdot 10^{-3} \text{kg}} = 585 \text{K} \approx 312^\circ \text{C}$$

7. Aufgabe

Luft mit einer relativen Feuchte von 30% und einer Temperatur von 20°C wird von 1 bar auf 4 bar verdichtet. Gesucht ist der Taupunkt der verdichteten Luft.

7. Aufgabe Lösung

geg.: $\Theta_1 = 20^\circ\text{C}$; $\varphi_1 = 30\%$; $p_1 = 1\text{bar}$; $p_2 = 4\text{bar}$

ges.: Θ_T

Sättigungsdampfdruck $p_{s(20^\circ\text{C})} = 2336,9 \text{ Pa}$ aus Tabelle

$$x = \frac{0,6222 \cdot \varphi}{\frac{p}{p_s} - \varphi} = \frac{0,6222 \cdot 0,3}{\frac{1 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{2336,9 \text{ Pa}} - 0,3} = 4,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{kg}_{\text{Luft}}}$$

$$\Theta_T = \frac{B}{A - \log\left(\frac{p_2 \cdot x}{0,6222 + x}\right)} - C$$

$$\Theta_T = \frac{1730,63}{10,196 - \log\left(\frac{4 \cdot 10^5 \cdot 4,4 \cdot 10^{-3}}{0,6222 + 4,4 \cdot 10^{-3}}\right)} - 233,42$$

$$\Theta_T = 23,1^\circ\text{C}$$

8. Aufgabe

In Meereshöhe wurde die Luft mit der Temperatur $\theta = 30^\circ\text{C}$, $p = 1 \text{ bar}$ und $\varphi = 35\%$ gemessen. Gesucht ist die relative Feuchte, die Dichte, die Temperatur und der Taupunkt in 2,5 km Höhe.

Die Temperatur sinkt um $6,5 \text{ K/km}$.

Es soll mit der Mischgaskonstante gerechnet werden.

8. Aufgabe Lösung

$$\text{geg.: } \Theta_0 = 30^\circ\text{C}; p_0 = 1\text{bar}, \varphi_0 = 35\%; \Delta z = 2500 \text{ m}; y = 6,5 \frac{\text{K}}{\text{kg}}$$

$$\text{ges.: } \Theta_1; \Theta_T; \varphi_1 \text{ und } \rho \text{ in } 2500\text{m}$$

Sättigungsdampfdruck $p_{s(30^\circ\text{C})} = 4242,1 \text{ Pa}$ aus Tabelle

$$x = \frac{0,6222 \cdot \varphi}{\frac{p}{p_s} - \varphi} = \frac{0,6222 \cdot 0,35}{\frac{1 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{4242,1 \text{ Pa}} - 0,35} = 9,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{kg}_{\text{Luft}}}$$

$$\bar{R} = \frac{x}{1+x} R_D + \frac{1}{1+x} R_L = 288,4 \text{ J/kgK}$$

$$n = \frac{g}{y \cdot \bar{R}} = 5,23$$

$$p_{2,5\text{km}} = p_0 \cdot \left(\frac{T_0 - y \cdot z}{T_0} \right)^n = 74965 \text{ Pa}$$

$$\Theta_1 = \Theta_0 - y \cdot z = 13,75^\circ\text{C}$$

$$\Theta_T = \frac{B}{A - \log\left(\frac{p_{2,5\text{km}} \cdot x}{0,6222 + x}\right)} - C = 8,7^\circ\text{C}$$