

Cvičení 11

1. Najděte vztahy mezi parametry p , T a V , T pro případ adiabatického děje v ideálním plynu.

[řešení: $Tp^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{konst.}$, $TV^{\gamma-1} = \text{konst.}$]

2. Pomocí ruční hustilky, která se používá při nahušťování pneumatik u bicyklů, je možné dosáhnout tlaku $p_1 = 3.5$ atmosféry. Jaká je teplota vzduchu vycházejícího z hustilky pokud výchozí tlak byl normální ($p_0 = 1$ atmosféra při teplotě $T_0 = 20^\circ\text{C}$)?

[řešení: $T_1 = T_0 \left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 419 \text{ K} = 146^\circ\text{C}$]

3. Válec s hladkou dokonale nepropustnou přepážkou obsahuje $V_0 = 1 \text{ m}^3$ plynu při tlaku $p_0 = 1$ atmosféry. Plyn budeme pomalu stlačovat při stálé teplotě až na konečný objem $V_1 = 0.4 \text{ m}^3$. Jakou práci vykonáme?

[řešení: $W = p_0 V_0 \ln\left(\frac{V_0}{V_1}\right) = 92.8 \text{ kJ}$]

4. Atmosféra se nazývá adiabatická, pokud v ní platí pro tlak a hustotu v závislosti na výšce vztah $p\rho^{-\gamma} = \text{konst.}$. Vypočítejte, jak se v adiabatické atmosféře mění teplota s výškou z .

[řešení: $T = T_0 \left(1 - \frac{\gamma-1}{\gamma} \frac{g_0}{p_0} z\right)$]

5. Dva plyny A a B zaujímají stejný objem V_0 při stejném počátečním tlaku p_0 . Plyn A je jednoatomový, plyn B je má dvouatomové molekuly. Náhle je adiabaticky stlačíme na polovinu objemu.

(a) Jaký bude konečný tlak plynů A a B?

(b) Jakou práci musíme vykonat při stlačení plynů A a B?

[řešení: (a) $p_1 = 2^\gamma p_0$, (b) $W = \frac{p_0 V_0}{\gamma-1} (2^{\gamma-1} - 1)$,

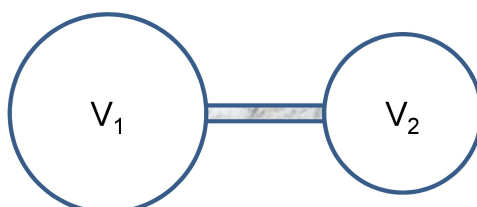
pro plyn A ($\gamma = \frac{5}{3}$) $p_{1A} = 3.17 p_0$, $W_A = 0.88 p_0 V_0$,

pro plyn B ($\gamma = \frac{7}{5}$) $p_{1B} = 2.64 p_0$, $W_B = 0.80 p_0 V_0$]

6. Jaký je pro ideální plyn vztah mezi molárními tepelnými kapacitami při stálém tlaku a stálém objemu?

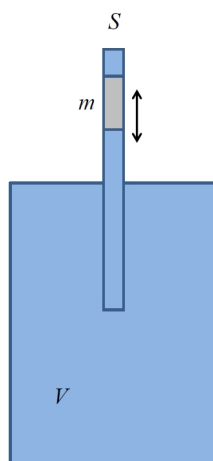
[řešení: $C_p - C_V = R$]

7. Dvě kulové nádoby o objemech $V_1 = 200 \text{ cm}^3$ a $V_2 = 100 \text{ cm}^3$ jsou spojeny krátkou trubicí, viz obrázek. V ní se nachází izolovaná pórovitá přepážka, která umožňuje vyrovnání tlaků v obou nádobách, ale ne teplot. Soustava má teplotu 27°C a obsahuje kyslík pod atmosférickým tlakem. Velkou kouli umístíme do nádoby s vodní párou ($T_1 = 100^\circ\text{C}$) a malou kouli dáme do nádoby s ledem ($T_2 = 0^\circ\text{C}$). Jaký se v soustavě ustálí tlak? Teplotní dilataci nádob zanedbáme.



[řešení: $p = p_0 \frac{T_2(V_1+V_2)}{T_0(V_2+\frac{T_2}{T_1}V_1)} = 1.11 p_0 = 112 \text{ kPa}$]

8. Poissonovu konstantu plynů je možné změřit Rüchardtovou metodou, jejíž chéma je na obrázku. Do uzavřené láhve o objemu V naplněné zkoumaným plynem o atmosférickém tlaku p_a je vsunutá trubice o vnitřním průřezu S . Vše je utěsněno, tak aby plyn nemohl z láhve unikát okolo trubice. Kovový píst o hmotnosti m má tvar válce s průměrem jen nepatrně menším než je průměr trubice. Když vhodíme tento válcový píst do trubice, tak bude kmitat na polštáři tvořeném plynem v láhvi. Z periody kmitů pístu můžeme určit Poissonovu konstantu γ plynu v láhvi. Najděte vztah mezi periodou kmitů pístu T a Poissonovou konstantou γ .



[řešení: $\gamma = \frac{4\pi^2}{T^2} \frac{mV}{S^2 p_0}$, kde tlak $p_0 = p_a + \frac{mg}{S}$]

9. Vypočítejte, o kolik se prodlouží vlastní tíhou drát o délce l_0 vyrobený z materiálu o hustotě ρ a s Youngovým modulem pružnosti E .

[řešení: $\Delta l = \frac{\rho g l_0^2}{2E}$, $\varepsilon = \frac{\rho g l_0}{2E}$]

Základní vztahy a údaje

Ideální plyn

stavová rovnice ideálního plynu

$$pV = NkT$$

$$pV = nRT$$

Boltzmannova konstanta

$$k = 1.380648 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$$

$$k = 8.61733 \times 10^{-5} \text{ eV K}^{-1}$$

Avogadrova konstanta

$$N_A = 6.022214 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

molární plynová konstanta

$$R = kN_A = 8.31446 \text{ J mol}^{-1}$$

normální atmosférický tlak

$$p_0 = 101.325 \text{ kPa}$$

teplota tání vody

$$T_0 = 273.15 \text{ K}$$

izotermický děj

$$pV = \text{konst.}$$

izochorický děj

$$\frac{p}{T} = \text{konst.}$$

izobarický děj

$$\frac{V}{T} = \text{konst.}$$

adiabatický děj

$$pV^\gamma = \text{konst.}$$

Poissonova konstanta

$$\gamma = \frac{2}{f} + 1$$

f je počet stupňů volnosti molekuly

$$\gamma = \frac{5}{3} \text{ pro jednoatomové molekuly}$$

$$\gamma = \frac{7}{5} \text{ pro dvouatomové molekuly}$$

práce vykonaná ideálním plynem

$$W = \int_1^2 p \, dV$$

teplo přijaté při izochorickém ději

$$Q = mc_V(T_2 - T_1) = nC_V(T_2 - T_1)$$

teplo přijaté při izobarickém ději

$$Q = mc_p(T_2 - T_1) = nC_p(T_2 - T_1)$$

změna vnitřní energie plynu

$$\Delta U = mc_V(T_2 - T_1) = nC_V(T_2 - T_1)$$

1. termodynamický zákon

$$Q = \Delta U + W$$