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 $T_0 = 20°\text{C}$)?

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

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 $p\varrho^{-\gamma} = \text{konst.}$. Vypočítejte, jak se v adiabatické atmosféře mění teplota s výškou z.

[*řešení:* $T = T_0\left(1 - \frac{\gamma-1}{\gamma}\frac{\varrho_0 g}{p_0} z\right)$]

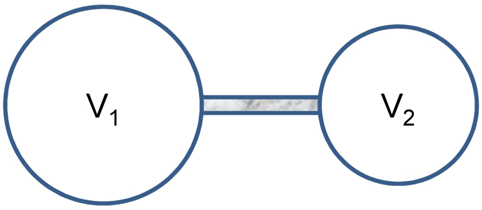
5. Dva plyny A a B zaujímají stejný objem V_0 při stejném počátečním tlaku p_0. Plyn A je jednoatomový, plyn B je má dvouatomové molekuly. Náhle je adiabaticky stlačíme na polovinu objemu.
(a) Jaký bude konečný tlak plynů A a B?
(b) Jakou práci musíme vykonat při stlačení plynů A a B?

[*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?

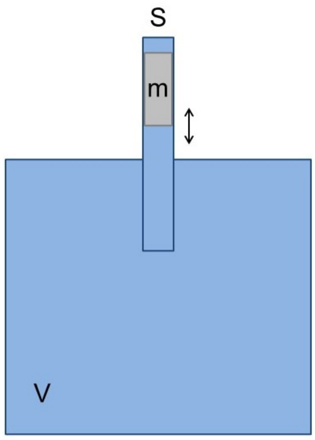
[*řešení:* $C_p - C_V = R$]

7. Dvě kulové nádoby o objemech $V_1 = 200\ \mathrm{cm}^3$ a $V_2 = 100\ \mathrm{cm}^3$ 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 ($T_1 = 100$°C) a malou kouli dáme do nádoby s ledem ($T_2 = 0$°C). Jaký se v soustavě ustálí tlak? Teplotní dilatace nádob zanedbáme.



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

8. Poissonovu konstantu plynů je možné změřit Rüchardtovou metodou, jejíž schéma 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 unikat 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.
[*řešení:* $\Delta l = \frac{l}{2}\frac{mg}{SE}$, $\varepsilon = \frac{1}{2}\frac{mg}{SE}$]

Základní vztahy a údaje

Ideální plyn

stavová rovnice ideálního plynu	$pV = NkT$
	$pV = nRT$
Boltzmannova konstanta	$k = 1.380648 \times 10^{-23}$ JK^{-1}
	$k = 8.61733 \times 10^{-5}$ eV K^{-1}
Avogadrova konstanta	$N_A = 6.022214 \times 10^{23}$ mol^{-1}
molární plynová konstanta	$R = kN_A = 8.31446$ J mol^{-1}
normální atmosférický tlak	$p_0 = 101.325$ kPa
teplota tání vody	$T_0 = 273.15$ K
izotermický děj	$pV =$ konst.
izochorický děj	$\frac{p}{T} =$ konst.
izobarický děj	$\frac{V}{T} =$ konst.
adiabatický děj	$pV^\gamma =$ konst.
Poissonova konstanta	$\gamma = \frac{2}{f} + 1$
	f je počet stupňů volnosti molekuly
	$\gamma = \frac{5}{3}$ pro jednoatomové molekuly
	$\gamma = \frac{7}{5}$ pro dvouatomové molekuly
práce vykonaná ideálním plynem	$W = \int_A^B p \, \mathrm{d}V$
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	$Q = \Delta U + W$