

**Notranja energija – delo plinov**

1. Kroglica z maso 1 kg se s hitrostjo 20 m/s zaleti v mirujočo kroglico z maso 0,5 kg. Kroglici se pri trku sprimeta. Za koliko se segrejeta kroglici pri trku, če je specifična toplota kroglic 210 J/kgK? (0,21°C)

2. V valju, ki ga zapira bat, je zrak pri temperaturi 20°C in tlaku 1 bar. Prostornina valja je 10 dm<sup>3</sup>. Bat stisnemo na polovico začetne prostornine.

- a) Koliko toplote moramo odvesti, da bo sprememba izotermna? (693 J)  
b) Kolikšen je tlak na koncu? (2 bar)  
c) Kolikšna je sprememba notranje energije? (0 J)

3. Plin iz začetnega stanja stisnemo na desetino začetne prostornine: prvič pri stalnem tlaku in drugič pri stalni temperaturi. Kolikšno je razmerje del, ki jih prejme plin?

$$\begin{aligned}A_p &= -p(V-V_0) = -p_0V_0(V/V_0 - 1) \\A_T &= -p_0V_0 \ln(V/V_0) \\A_p / A_T &= (V/V_0 - 1) / \ln(V/V_0) = 0,4\end{aligned}$$

4. V toplotno izoliranem valju, ki ga zapira bat, je na dnu košček ledu in 5 g zraka s temperaturo 0°C. Bat, ki je v začetku 20 cm nad dnom, izotermno potiskamo, tako da je na koncu le še 1 cm nad dnom. Koliko ledu se pri tem stali? Talilna toplota ledu je 336 kJ/kg.

$$\begin{aligned}A &= -p_0V_0 \ln(V/V_0) = m_l q_t \\mRT_0/M \cdot \ln(h_0/h) &= m_l q_t \\m_l &= mRT_0/q_t M \cdot \ln(h_0/h) = 3,7 \text{ g}\end{aligned}$$

5. Valj, napolnjen z zrakom pri 20°C in tlaku 1 bar, zapira lahek bat s presekom 1 dm<sup>2</sup>. Bat miruje 1 m nad dnom. Nanj položimo 10 kg utež. Za koliko se bat premakne? Za koliko se premakne, če počakamo dovolj dolgo?

adiabatna sp.:  $p_0 h_0^\kappa = p_1 h_1^\kappa$   
 $p_1 = p_0 + mg/S$   
 $h_1 = h_0 / (1 + mg/p_0 S)^{1/\kappa} = 0,93 h_0$   
 $\Delta h_1 = 6,7 \text{ cm}$

izotermna sp.:  $p_0 h_0 = p_2 h_2 = p_1 h_2$   
 $p_1 = p_0 + mg/S$   
 $h_2 = h_0 / (1 + mg/p_0 S) = 0,91 h_0$   
 $\Delta h_2 = 9,1 \text{ cm}$

6.  $1 \text{ m}^3$  zraka s temperaturo  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  in tlakom  $1 \text{ bar}$  pri stalni prostornini segrejemo, da se mu tlak podvoji. Potem zrak adiabatno razpnemo do prostornine  $5,6 \text{ m}^3$ , temperatura pa pri tem pade do začetne vrednosti. Končno zrak izotermno stisnemo do začetnega stanja. Ali je plin v celoti prejel ali oddal delo? Kolikšno je to delo?

Opravljen delo je enako ploščini lika v  $p$ - $V$  diagramu. Zaradi obhoda v smislu vrtenja urnih kazalcev je delo negativno; zrak je delo oddal:

$$A = A_{12} + A_{23 \text{ (adiabatno)}} + A_{31 \text{ (izotermno)}} = 0 + (p_3 V_3 - p_2 V_2)/(\kappa - 1) - p_3 V_3 \ln(V_1/V_3)$$

Velja:

$$\begin{aligned} p_2 &= 2p_1, \\ V_2 &= V_1, \\ p_2 V_2^\kappa &= p_3 V_3^\kappa \text{ in} \\ p_3 V_3 &= p_1 V_1 \end{aligned}$$

$$A = (p_1 V_1 - 2p_1 V_1)/(\kappa - 1) - p_1 V_1 \ln(V_1/V_3) = p_1 V_1 [ -1/(\kappa - 1) - \ln(V_1/V_3) ] = -7,8 \cdot 10^4 \text{ J}$$