Adiabatische Zustandsänderungen

1. Ein geschlossenes thermisches System mit Luft wird durch Expansion von Zustand 1 in den Zustand 2 versetzt.
   Dieser Vorgang soll: (1) adiabatisch
   (2) erst isobar, dann isochor verlaufen.
   a) Vergleichen Sie anhand des Graphen im p-V-Diagramm die bei beiden Vorgängen verrichteten Volumenarbeiten.
   b) Berechnen Sie die Volumenarbeiten beider Vorgänge für p_1=4,5bar und V_1=2,5l, wenn das Volumen verdreifacht wird.
   c) Wie groß sind die ausgetauschten Wärmemengen bei den beiden Teilprozessen des Vorgangs 2, wenn die Temperatur im Zustand 1 δ_1=20°C beträgt? Bestimmen Sie daraus die Temperatur δ_2 im Zustand 2.

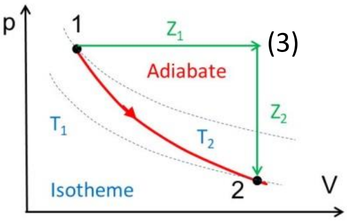
2. Bei einem pneumatischen Feuerzeug werden 10cm³ Luft unter Normaldruck von 20°C auf ca. 0,5cm³ adiabatisch zusammengedrückt.
   a) Welche Temperatur entsteht bei diesem Vorgang?
   b) Wie hoch ist der Druck nach der Kompression?

3. In einer Nebelkammer befindet sich ein Alkohol-Luft-Gemisch unter Normaldruck in einem Volumen von V=500cm³ bei einer Temperatur von 22°C.
   Durch einen angeschlossenen Expansionszylinder wird das Volumen plötzlich (adiabatisch) um 150cm³ vergrößert.
   Bestimmen Sie Temperatur und Druck des Gasgemischs nach der Expansion. (κ=1,4)

4. Das in einer Bierflasche enthaltene Kohlendioxid (κ=1,3) steht bei 18°C unter einem Druck von 1,5bar.
   Auf welche Temperatur kühlt sich das Gas ab, wenn der Verschluss plötzlich geöffnet wird?
   (Der Außendruck entspricht dem Normaldruck)

Lösungen:

1. a)



Volumenarbeit als Fläche unter dem Graphen …

Fläche unter der Adiabaten ist kleiner als die Fläche unter der isobaren ZÄ (Z_1).

$W_A < W_{Z1}$

b) $W_{Z1} = -p \cdot \Delta V = -4{,}5 \cdot 10^5 Pa \cdot 5 \cdot 10^{-3} m^3 =$ - 2250Nm

$W_A = -\int p(V)dV$ mit $p(V) = \frac{p_1 \cdot V_1{}^k}{V^k}$ und k(Luft) = 1,4 *(schwieriges Integral !)*

$W_A = -p_1 V_1{}^k \cdot \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^k} = \frac{-p_1 \cdot V_1{}^K}{-0{,}4} \cdot V^{-0{,}4} |_{V_1}^{V_2} = 2{,}5 \cdot p_1 \cdot V_1{}^{1{,}4} \cdot \frac{1}{V^{0{,}4}} |_{V_1}^{3V_1}$ $p_1 = 4{,}5 \cdot 10^5$Pa $V_1 = 2{,}5 \cdot 10^{-3}$m³

$W_A = 2{,}5 \cdot p_1 \cdot V_1{}^{1{,}4} \cdot \frac{1}{3V_1{}^{0{,}4}} - (2{,}5 \cdot p_1 \cdot V_1{}^{1{,}4} \cdot \frac{1}{V_1{}^{1{,}4}}) = 2.5 \cdot p_1 \cdot V_1{}^{1{,}4} \cdot (\frac{1}{3V_1{}^{0{,}4}} - \frac{1}{V_1{}^{0{,}4}}) =$ -1000Nm

Lösung mit GTR: $y = p_1 \cdot V_1 \cdot \frac{1}{x^{1{,}4}} = 102{,}4 \cdot x^{-1{,}4}$ x=[0; $8 \cdot 10^{-3}$] y=[0;500000]

Integration [$2{,}5 \cdot 10^{-3}$; $7{,}5 \cdot 10^{-3}$] W = 1000,17Nm

c) Berechnung der Masse: $m = \frac{p \cdot V}{R_S \cdot T} = 13{,}37$g

Z1: isobare ZÄ: $T_3 = T_1 \cdot \frac{V_3}{V_1} = 879{,}5$K = 606,3°C $\Delta T_{1.3} = 586{,}3$K

$Q_{1.3} = m \cdot c_p \cdot \Delta T =$ 7,92kJ $= -Q_{3.2}$

$Q_{3.2} = m \cdot c_V \cdot \Delta T_{3.2}$ $\Delta T_{3.2} = -822{,}5$K $T_2 = 57$K = -216,2°C

2. a) $T \cdot V^{k-1} = konstant$ $T_2 = T_1 \cdot (\frac{V_1}{V_2})^{k-1} = 971{,}63$K = 698,5°C $\kappa = 1{,}4$

b) $p \cdot V^k = konstant$ $p_2 = p_1 \cdot (\frac{V_1}{V_2})^k =$ 6,72MPa

3. a) $T_2 = T_1 \cdot (\frac{V_1}{V_2})^{k-1} =$ 265,7K = -7,4°C

b) $p_2 = p_1 \cdot (\frac{V_1}{V_2})^k = 7 \cdot 10^4$Pa (= $0{,}7 \cdot p_0$)

4. $T_2 = T_1 \cdot (\frac{p_2}{p_1})^{\frac{k-1}{k}} = 265{,}9$K = -7,2°C