

6. Übung am 28. 1. 2019

6.1 Heißes Wasser wird mit Eiswasser vermischt.

(a) Welche Temperatur T_{mix} stellt sich ein wenn gilt:

Heißes Wasser: $m_{W1} = 60 \text{ g}$, $T_1 = 80 \text{ °C}$

Eiswasser: $m_{\text{Eis}} = 10 \text{ g}$ und $m_{W2} = 20 \text{ g}$, $T_2 = 0 \text{ °C}$

(b) Berechnen sie die dabei auftretende Entropieänderung

(Die spezifische Wärme von Wasser beträgt $c_W = 4180 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$, die Schmelzwärme von Eis beträgt $\lambda_S = 330000 \text{ J kg}^{-1}$) **(1 Pkt)**

6.2 Entropieänderung bei verschiedenen Arten der Wärmezufuhr:

a) 1 kg Wasser von 0 °C wird mit einem großen Wärmereservoir von 100 °C in Kontakt gebracht. Um wie viel hat sich dann seine Entropie geändert, wenn das Wasser schließlich ebenfalls die Temperatur 100 °C aufweist? Wie groß sind die Entropieänderung des Wärmereservoirs bzw. die des gesamten, aus Wasser und Wärmereservoir bestehenden Systems?

b) Wenn das Wasser von 0 °C auf 100 °C aufgeheizt wurde, indem man es zuerst mit einem Reservoir von 50 °C und dann erst mit einem Reservoir von 100 °C in Kontakt brachte, wie groß ist dann die Entropieänderung des gesamten Systems?

c) Wie viele Wärmereservoirs benötigt man, damit die Entropieänderung des gesamten Systems verschwindend klein wird.

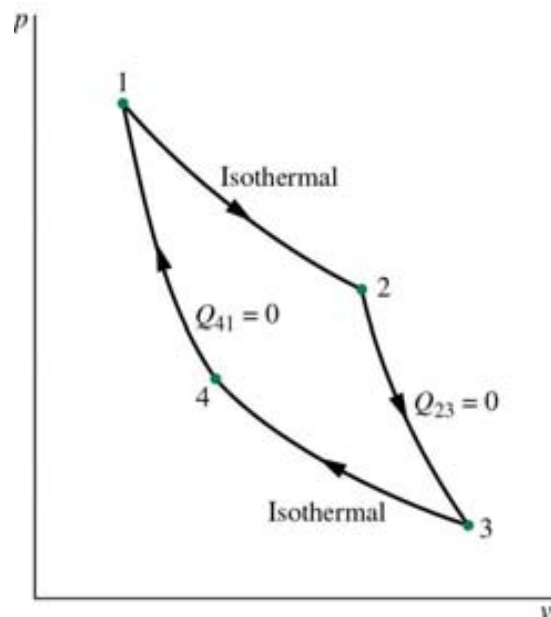
(Die spezifische Wärme von Wasser beträgt $4180 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.) **(1 Pkt)**

6.3 Die Abbildung zeigt das Druck-Volumen-Diagramm eines Carnot-Prozess für ein ideales Gas mit konstanter spezifischer Wärme. Er setzt sich zusammen aus zwei Isothermen und zwei Adiabaten und läuft zwischen den Temperaturen T_1 und T_3 ab.

a) Berechnen sie für die einzelnen Teilprozesse W , Q und ΔU

b) Berechnen sie den Wirkungsgrad η .

(2 Pkte)



6.4 Quasistatischer Prozess: Eine bestimmte Gasmenge eines idealen Gases mit Adiabatenkoeffizienten κ nehme bei einem Druck p_0 ein Volumen V_0 ein. Das Gas soll nacheinander folgenden Veränderungen unterzogen werden:

- isobare Erwärmung bis zur Volumenverdopplung;
- weitere isochore Erwärmung bis zur Druckverdopplung.

Berechnen Sie für jeden der Teilprozesse die vom Gas geleistete Arbeit ($\Delta W_a, \Delta W_b, \Delta W_c$), die dem Gas zugeführte Wärmemenge ($\Delta Q_a, \Delta Q_b, \Delta Q_c$), sowie die Änderung der inneren Energie des Gases ($\Delta U_a, \Delta U_b, \Delta U_c$). Drücken Sie alle diese Größen durch p_0, V_0 und κ aus.

(2 Pkte)

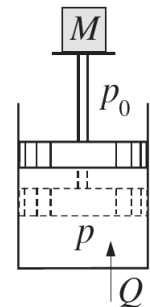
6.5 Isobare Expansion - Hubarbeit

Ein Gewicht (Masse $M = 100 \text{ kg}$) belastet einen in einem Zylinder beweglichen Kolben und versetzt ein darin befindliches Gas ($\kappa = c_p/c_v = 1,4$) unter den konstanten Überdruck $\Delta p = 3 \text{ bar}$.

Welche Wärme Q muss dem Gas zugeführt werden, um das Gewicht um $h = 1 \text{ m}$ zu heben?

(Lösung: $\approx 4578 \text{ J}$)

(2 Pkte)



6.6 Isochore Erwärmung

Zwei Halbkugelschalen aus Eisen (spezifische Wärmekapazität $c_E = 0,45 \text{ kJ}/(\text{kgK})$; Dichte $\rho_E = 7,6 \cdot 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$) (ähnlich den „Magdeburger Halbkugeln“ nach OTTO VON GUERICKE), deren Innendurchmesser $d = 38,6 \text{ cm}$ und Wandstärke $a = 0,5 \text{ cm}$ betragen, sind luftdicht aufeinander gelegt und bei $20 \text{ }^\circ\text{C}$ bis auf $1/10$ des äußeren Luftdrucks von $p_0 = 1000 \text{ hPa}$ evakuiert.

- Auf welche Temperatur sind die Halbkugelschalen und das in ihr enthaltene Restgas bei gleich bleibendem Volumen zu erwärmen, damit ein angehängtes Gewicht der Masse $M = 1000 \text{ kg}$ schon ausreicht, um beide Halbkugelschalen voneinander zu trennen?
- Welche Wärme muss dafür zugeführt werden?

Molare Masse Luft $M_L = 29 \text{ g}/\text{mol}$, spezifische Wärmekapazität von Luft $c_v = 0,717 \text{ kJ}/(\text{kgK})$.

Hinweis: Der Wärmeausdehnungskoeffizient von Eisen bleibt unberücksichtigt. Die gesamte Kontaktfläche der beiden Halbkugelschalen bewirkt die Abdichtung.

(Lösung: a) $\approx 332 \text{ }^\circ\text{C}$; b) $\approx 2593 \text{ kJ}$)

(2 Pkte)

