

Serie 9

1. Freiheitsgrade und Wärmekapazitäten

- a. Bei adiabatischen Zustandsänderungen ist $P \cdot V^{\frac{c_P}{c_V}}$ konstant (vgl. Serie 8, Aufgabe 2). Der Exponent $\kappa = \frac{c_P}{c_V}$ heisst Adiabatenexponent. In einem Experiment werde der Adiabatenexponent eines Gases zu $\kappa = 1,33$ ermittelt. Bestimmen Sie die Anzahl der Freiheitsgrade der Gasmoleküle.
- b. Berechnen Sie auf der Grundlage des Gleichverteilungssatzes numerisch die spezifischen Wärmen c_V und c_P für gasförmigen Stickstoff. Betrachten Sie dazu ein Stickstoffmolekül als zwei in einem festen Abstand miteinander verbundene Massenpunkte.
- Bemerkungen:
- Der Atomkern eines Stickstoffatoms besteht aus je sieben Protonen und Neutronen, die relative Atommasse von Stickstoff ist folglich 14.
 - Die allgemeine Gaskonstante $R = N_A \cdot k_B$ beträgt $8,3166 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}$.

2. Wärmepumpe

Beim Carnot-Prozess wird dem Wärmebad mit der höheren Temperatur Wärme entzogen, um Arbeit zu verrichten. Allerdings kann nicht die ganze Wärmemenge in Arbeit verwandelt werden, ein Teil der Wärmemenge wird an das Wärmebad mit der tieferen Temperatur abgegeben. Bei einem Carnot-Prozess spricht man auch von einer Wärmekraftmaschine.

Der Carnot-Prozess ist reversibel, also umkehrbar. Beim inversen Prozess wird Arbeit aufgebracht, um dem Wärmebad mit der tieferen Temperatur Wärme zu entziehen. Man spricht von einer Wärmepumpe oder auch von einer Kältemaschine. Entsprechend dem Wirkungsgrad für Wärmekraftmaschinen definiert man für Wärmepumpen eine Leistungszahl. Sie ist gleich dem Verhältnis der dem Wärmebad mit der tieferen Temperatur entnommenen Wärmemenge zu der dafür nötigen Arbeit.

Der inverse Carnot-Prozess stellt einen idealen Fall dar. Reale Wärmepumpen werden eine kleinere Leistungszahl aufweisen.

- a. Bestimmen Sie die Leistungszahl ε einer idealen Wärmepumpe als Funktion der Temperaturen der beiden Wärmebäder.
- b. Welche Energie benötigt ein Haushaltskühlschrank mit einer Leistungszahl von 40 % einer idealen Wärmepumpe, um 1 kg Kühlgut der spezifischen Wärmekapazität $c = 4 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$ (Lebensmittel) von der Zimmertemperatur $T_{\text{ausser}} = 20^\circ\text{C}$ auf die Kühlschranksinnenraumtemperatur $T_{\text{innen}} = 5^\circ\text{C}$ abzukühlen?
- c. Welche Wärmemenge gibt der Kühlschrank dabei an das Zimmer ab?

Hausaufgaben

3. Arbeitsleistung bei Abkühlung

Ein Körper mit Masse m und spezifischer Wärmekapazität c werde von der Temperatur T_1 auf die Temperatur T_2 abgekühlt.

Berechnen Sie die maximale Arbeit, die bei der Abkühlung geleistet werden kann.

4. Carnot-Kreisprozess im T - S -Diagramm

- a. Stellen Sie den Carnot-Kreisprozess in einem T - S -Diagramm dar.
- b. Was bedeutet die beim Carnot-Kreisprozess umfahrene Fläche in diesem Diagramm?