

Übungsblatt 3

E2/E2p Wärmelehre

Besprechung ab Do 8.5.

Reversible und irreversible Prozesse; zweiter Hauptsatz (Entropiesatz)

1./2. Freiheitgrade (leicht)

- Berechnen Sie den Adiabatenkoeffizienten γ für ein ideales Gas ohne und mit 2 Rotationsfreiheitsgraden.

- Für ein Gas wurde experimentell ein Adiabatenkoeffizient von $\gamma=1.333$ bestimmt. Geben Sie die Zahl der Freiheitsgrade an.

3. (mittel) Zeigen Sie für den Carnotprozess in der Vorlesung, daß gilt:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}$$

Tip: Stellen Sie die p-V-Relationen der vier Prozesse auf und eliminieren Sie die Drücke.

4. (knifflig) Ein ideales Gas expandiert vom Volumen $V_1=1\text{l}$ durch ein kleines Loch in ein Vakuum. Am Ende ergibt sich ein doppelt so großes Gasvolumen $V_2=2\text{l}$. Die Anfangstemperatur ist 300K, der Anfangsdruck 5 bar.

a) Berechnen Sie den Entropieanstieg dieses irreversiblen Prozesses mittels

$$S(U, V, N) = Nk \left[\ln \left(\frac{V}{N} \left(\frac{4\pi m U}{3N h^2} \right)^{3/2} \right) + \frac{5}{2} \right] = Nk [\ln(VU^{3/2}N^{-5/2}) + \text{const}]$$

Diskutieren Sie, warum bei dem Prozess U konstant bleibt.

b) Vergleichen Sie mit der reversiblen Führung einer isothermen Expansion.

c) Sie erhalten dasselbe Ergebnis in (a) und (b). Erstaunt Sie das? Welche Form nimmt der erste Hauptsatz $dU = \delta Q + \delta W$ in beiden Prozessen an?

5. (mittel) Ein warmer Körper ($T=500\text{K}$) verliert durch Wärmeleitung eine Wärmemenge von $Q=1.5\text{kJ}$ an einen kühleren Körper mit der Temperatur 300K. Beide Körper sind so massiv, daß der Wärmefluß ihre Temperatur nicht merklich ändert. Wieviel Entropie verliert der warme und gewinnt der kalte Körper? Zeigen Sie, daß in der Summe die Entropie ansteigt.

6. (mittel) Sie lassen sich ein Bad ein und mischen hierzu heißes Kesselwasser mit kaltem Leitungswasser.

a) Um wieviel steigt die Gesamtentropie an durch das Mischen von 50l von 55°C warmem Wasser mit 25l Wasser der Temperatur von 10°C? Wärmekapazität von Wasser $C_V=4.2\text{kJ/(lK)}$. Integrieren Sie nun im Gegensatz zur Aufgabe 5 über den gefahrenen Temperaturverlauf des Mischens mittels

$dQ_{\text{rev}} = C_V dT$ und dem zweiten Hauptsatz

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_V}{T} dT$$

b) Zeigen Sie, daß mit $C_V = 3Nk/2$ dasselbe Ergebnis auch aus der Entropieformel (Aufgabe 4) für ideale Gase folgt.

7. (knifflig) In Deutschland liefert die Sonne eine über das Jahr gemittelte Leistung von etwa 120W pro Quadratmeter horizontaler Fläche der Erde. Die Temperatur der Sonnenoberfläche ist etwa 6000K, die der Erde rund 300K.

a) Schätzen Sie die Entropieproduktion innerhalb eines Jahres für einen Quadratmeter Erdoberfläche ab.

b) Nehmen Sie an, Sie pflanzen Gras (oder andere Lebewesen) auf diesen Quadratmeter. Einige Leute würden argumentieren, daß diese Lebewesen den zweiten Hauptsatz verletzen, weil sie ungeordnete Nährstoffe in geordnete Lebensformen überführen. Wie würden Sie antworten?