

Aufgabe 3.1 Carnot-Prozess

- (a) Betrachte eine Carnot-Maschine mit einem idealen Gas als Arbeitssubstanz, die zwischen zwei Wärmereservoirs mit Temperatur T_1 bzw. T_2 ($< T_1$) operiert. Zeige, dass für den Wirkungsgrad η gilt:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}. \quad (1)$$

Berechne hierzu die in jedem Schritt des Prozesses aufgenommene bzw. geleistete Arbeit und die aufgenommene Wärme.

- (b) Zeichne für ein ideales Gas und eine paramagnetische Substanz (vgl. Aufgabe 2.2) je einen Carnot-Prozess im $T - V$ bzw. $T - M$ Diagramm. In welcher Richtung müssen die beiden Maschinen betrieben werden, damit sie Arbeit leisten?
- (c) Für den Ausdehnungskoeffizienten $\alpha = V^{-1}(\partial V/\partial T)_p$ von Wasser gilt

$$\alpha \underset{\cong}{\underset{\cong}{\geq}} 0 \quad \text{für } T \underset{\cong}{\underset{\cong}{\geq}} 4^\circ\text{C} .$$

Zeichne Adiabaten im T-V Diagramm für Temperaturen über und unter 4°C . Weshalb ist es nicht möglich, einen Carnot-Prozess mit Isothermen bei 2°C bzw. 6°C zu bauen?

Aufgabe 3.2 Adiabatische Entmagnetisierung

Eine Methode zur Erzeugung sehr tiefer Temperaturen ($\sim 10^{-3}$ K) beruht auf der adiabatischen Entmagnetisierung eines paramagnetischen Stoffes (magnetokalorischer Effekt). Die Magnetisierung $M(T, H)$ erfülle das Curie-Gesetz $M = aH/T$ (vgl. Aufgabe 2.2) und für die spezifische Wärme $c_H(T, H)$ bei festem Magnetfeld gelte $c_H(T, H = 0) = b/T^2$, wobei $a, b > 0$ Konstanten sind. Wie ändert sich die Temperatur als Funktion von H längs einer Adiabaten?