

Theo-II: Analytische Mechanik und Thermodynamik (PTP2)

Universität Heidelberg
Sommersemester 2020

Dozent: Prof. Dr. Matthias Bartelmann
Obertutor: Dr. Christian Angrick

Übungsblatt 8

Besprechung in den virtuellen Übungsgruppen am 22. Juni 2020

Bitte schicken Sie maximal 2 Aufgaben per E-Mail zur Korrektur an Ihre Tutorin / Ihren Tutor!

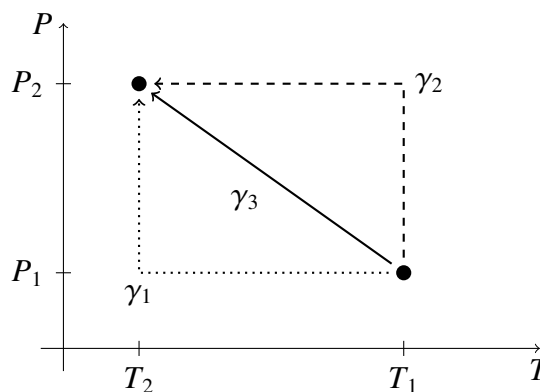
1. Arbeit entlang verschiedener Prozesswege

Für die Volumenänderung eines elastischen Festkörpers gelte

$$dV = -\kappa V dP + \alpha V dT,$$

wobei die beiden Konstanten $\kappa > 0$ und $\alpha > 0$ die isotherme Kompressibilität bzw. den isobaren Wärmeausdehnungskoeffizient bezeichnen.

- a) Bestimmen Sie die Arbeit, die an dem Festkörper verrichtet wird, wenn dieser entlang der drei folgenden Prozesswege γ_i von (P_1, T_1) nach (P_2, T_2) geführt wird, wobei $P_2 > P_1$ und $T_1 > T_2$ ist.*



- b) Auf welchem dieser Wege wird die geringste Arbeit verrichtet?

2. Entropie und Temperatur

Eine Molekülkette bestehe aus N gleichartigen Molekülen, die jeweils zwei mögliche Energien, ε_1 und $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$, annehmen können. Ein Mikrozustand der Molekülkette kann dadurch beschrieben werden, welches der N Moleküle gerade welche der beiden möglichen Energien angenommen hat.

- a) Zeigen Sie, dass die Anzahl der Mikrozustände als Funktion der Gesamtenergie E durch

$$\Omega(E) = \frac{N!}{N_1! N_2!}$$

gegeben ist, wobei

$$N_1 = \frac{N\varepsilon_2 - E}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \quad \text{und} \quad N_2 = \frac{E - N\varepsilon_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

die Anzahlen der einzelnen Moleküle darstellen, die die Energien ε_1 bzw. ε_2 haben.

*Hinweis: Nehmen Sie an, dass die relative Volumenänderung so klein ist, dass die Funktion $V(P, T)$ während des Prozesses als konstant angenommen werden kann, $V(P, T) \approx V(P_1, T_1) \equiv V_1$.

- b) Berechnen Sie die Entropie $S(E)$ und die Temperatur $T(E)$ der Molekülkette, wobei die Fakultäten mit der *Stirling-Näherung*

$$\ln N! \approx N \ln N - N \quad (\text{I})$$

dargestellt werden sollen.

- c) Betrachten Sie für die Temperatur die Grenzfälle $N_2 \rightarrow 0$ und $N_2 \rightarrow N$. Was passiert mit der Temperatur im Fall $N_2 > N/2$? Was ist der physikalische Grund dafür?

Für das System aus N Punktteilchen der Masse m aus Aufgabe 2 des Übungsblattes 7 haben Sie berechnet, dass die Anzahl der möglichen Mikrozustände in der Energieschale $[E, E + \delta E]$ durch

$$\Omega(E) = \left(\frac{4\pi^3 R^2 m}{h_0^3 \omega} \right)^N \frac{E^{2N-1}}{(2N-1)!} \delta E$$

gegeben ist, wobei R der Radius ist, innerhalb dessen sich die Teilchen orthogonal zur z -Achse bewegen können, und ω die Schwingungsfrequenz ist, mit der sie parallel zur z -Achse schwingen können.

- d) Berechnen Sie für dieses System ebenfalls die Entropie $S(E)$ und die Temperatur $T(E)$.

3. *Adiabaten bei vorgegebener innerer Energie*

Die innere Energie eines Systems sei durch $E = aP^2V$ mit einer Konstanten $a > 0$ gegeben. Finden Sie die Adiabaten dieses Systems in der P - V -Ebene.

4. *Verständnisfragen*

- Erklären Sie den (physikalischen und mathematischen) Unterschied zwischen Prozess- und Zustandsgrößen.
- Wie ist die absolute Temperatur definiert? Beschreiben Sie, unter welchen Voraussetzungen negative absolute Temperaturen auftreten können.
- Was ist Entropie?