



8. Übungsblatt

Abgabe: Di, 11.12.2018 bis 11:30 Uhr, Kasten neben A316

Übungsblätter gibt es unter <https://www.tu-bs.de/theophys/edu/wise-1819/thermo1819>.

31. **Wissensfragen (2 Punkte)**

Bitte benennen Sie alle verwendeten Symbole und antworten Sie in vollständigen Sätzen.

- (a) Wodurch ist ein isoliertes System im Gleichgewicht charakterisiert?
- (b) Beschreiben Sie eine reversible und eine irreversible Möglichkeit, das ideale Gas isotherm zu expandieren.

32. **Thermodynamische Relationen (6 Punkte)**

Thermodynamische Relationen ermöglichen es die Änderungen bestimmter Zustandsgrößen in die Änderungen von anderen Zustandsgrößen umzurechnen. Dies ist u. a. dann nützlich, wenn bestimmte Größen leichter zu bestimmen sind (ob experimentell oder theoretisch) als andere. Beweisen Sie folgende Relationen:

(a)

$$C_p = \frac{TV\alpha^2}{\kappa_T - \kappa_S}$$

sowie:

$$C_V = \frac{TV\alpha^2\kappa_S}{(\kappa_T - \kappa_S)\kappa_T}$$

mit $\alpha = \frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial T}$, $\kappa_S = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_S$ und $\kappa_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T$.

(b)

$$\left(\frac{\partial C_p}{\partial P} \right)_{T,N} = -TV \left(\alpha^2 + \left(\frac{\partial \alpha}{\partial T} \right)_{P,N} \right)$$

(c)

$$\left(\frac{\partial \kappa_T}{\partial T} \right)_{P,N} = - \left(\frac{\partial \alpha}{\partial P} \right)_{T,N}$$

Bitte wenden! →

33. **Gleichgewichte in inhomogenen Feldern – Barometrische Höhenformel II (6 Punkte)**

Für Systeme, die sich in äußeren Kraftfeldern (z. B. Schwerefelder oder elektrische Kraftfelder) befinden, kennen Sie aus der Vorlesung die Bestimmungsgleichung des Druckes $P(\vec{r})$ als

$$\mu = \tilde{\mu}(P(\vec{r}), T) + u(\vec{r}) = \text{const}, \quad (1)$$

wobei $u(\vec{r})$ das Potential eines Teilchens im äußeren Feld ist.

- (a) Zeigen Sie mithilfe von Gleichung (1) unter Verwendung der Duhem-Gibbs-Relation für $\tilde{\mu}(P, T)$, sowie bei angenommener konstanter Temperatur T , dass folgender Zusammenhang zwischen dem Druckgradienten und der äußeren Kraft pro Volumeneinheit gegeben ist:

$$\text{grad } P(\vec{r}) = -n(\vec{r}) \text{ grad } u(\vec{r}),$$

wobei $n(\vec{r})$ die Teilchendichte ist.

- (b) Leiten Sie für das ideale Gas mithilfe der Beziehung aus Aufgabenteil (a) die barometrische Höhenformel her.
- (c) Geben Sie die Höhenabhängigkeit des Druckes $P = P(z)$ einer inkompressiblen Flüssigkeit ($n = n_0 = \text{const}$) an.

34. **Elektronenaustritt (6 Punkte)**

Wir betrachten ein Elektronengas, welches sich außerhalb eines Metalls befindet und mit den Leitungselektronen innerhalb des Metalls im thermischen Gleichgewicht bei der Temperatur T stehen soll. Das chemische Potential der Elektronen im Metall sei um die Austrittsarbeit Φ unterhalb der Energie eines freien Elektrons im Unendlichen. Die Dichte der Elektronen außerhalb des Metalls sei gering, so dass diese als klassisch angesehen werden können. Das chemische Potential sei nicht temperaturabhängig.

- (a) Berechnen Sie das chemische Potential eines freien idealen Gases mit möglicher Doppelbesetzung eines Zustandes (Spin up – Spin down) aus der Zustandssumme $Z = 2^N Z_{\text{id}}$. Wobei Z_{id} die Zustandssumme des idealen Gases ist. Verwenden Sie hierzu die Stirlingformel in der Ihnen bekannten Näherung $N! \approx \left(\frac{N}{e}\right)^N$.
- (b) Stellen Sie die Gleichgewichtsbedingung auf.
- (c) Berechnen Sie die Anzahl der Elektronen pro Volumeneinheit in Abhängigkeit vom Potential Φ und der Temperatur T .

35.  **Nikolausaufgabe (5 Bonuspunkte)**

Die Wichtel Armin, Bruno, Carlo, David und Erich wollen einander beschenken. Jeder der fünf soll genau ein Geschenk erhalten, und jeder der fünf soll genau ein Geschenk geben. Um zu bestimmen, wer von wem beschenkt wird, stellen sich die fünf im Kreis auf. Dann zeigt jeder gleichzeitig und völlig zufällig auf einen der anderen vier. Falls keine zwei Wichtel auf denselben Wichtel zeigen, so beschenkt jeder jenen Wichtel, auf den er gezeigt hat. Andernfalls wird die Prozedur wiederholt.

Geben Sie die Wahrscheinlichkeit p an, dass die Prozedur nur ein einziges Mal durchgeführt wird.