

Übungen zur Thermodynamik/Statistischen Physik

Blatt 6

Aufgabe 17: Lehramt: Drosselung

1+2 = 3 Punkte

An einer Drosselstelle wird ein kontinuierlich fließender Strom von Wasser von $p_1 = 8$ bar auf $p_2 = 2$ bar entspannt. Die Geschwindigkeiten vor und nach der Drosselung sollen gleich sein. Beim Drosselvorgang soll weder Arbeit noch Wärme zu- oder abgeführt werden. Wasser kann näherungsweise als inkompressibel ($\rho_{H_2O} = \text{const} = 1000 \text{ kg/m}^3$) angenommen werden.

1. Wie groß ist die Änderung der spezifischen Enthalpie Δh_i ?
2. Wie ändert sich die spezifische innere Energie Δu_i des Wassers bei der Drosselung?

Hinweis für zweite Teilaufgabe: benutzen Sie den Zusammenhang zwischen h (= spezifische Enthalpie, d.h. Enthalpie je Masse oder je Mol) und u und die Tatsachen $dh = 0$ und $dv = 0$, woraus Sie einen Zusammenhang zwischen Δu und Δp herstellen können.

Aufgabe 17: Bachelor: Magnetische Systeme

2+1 = 3 Punkte

Die Änderung der inneren Energie einer Substanz in einem Magnetfeld H ist, wie in der Vorlesung besprochen, gegeben durch

$$dU = \delta Q + HdM.$$

a) Zeigen Sie, dass die Differenz zwischen spezifischer Wärme bei konstantem Magnetfeld $c_H = (\delta Q/\delta T)_H$, und derjenigen bei konstanter Magnetisierung $c_M = (\delta Q/\delta T)_M$,

$$c_H - c_M = \left\{ \left(\frac{\partial U}{\partial M} \right)_T - H \right\} \left(\frac{\partial M}{\partial T} \right)_H$$

beträgt.

Hinweis: Berechnen Sie $(\partial U/\partial T)_H$ aus der inneren Energie $U(T, M(T, H))$.

b) Für viele magnetisierbaren Substanzen wird der Zusammenhang zwischen Feld und Magnetisierung durch das Curie-Weiss-Gesetz

$$M = C \frac{H}{T}$$

gut beschrieben, wobei C die Curie-Konstante bezeichnet. Zeigen Sie, dass dann $c_H - c_M = M^2/C$ gilt.

Aufgabe 18: Phasenübergang

4 Punkte

Wir betrachten ein Material, das nur aus einer Komponente besteht. In der α -Phase ist die Zustandsgleichung des Materials:

$$\beta p = a + b\beta\mu$$

wobei p der Druck, μ das chemische Potential, $\beta = 1/kT$ und a, b positive Funktionen von β sind. In der γ -Phase lautet die Zustandsgleichung:

$$\beta p = c + d(\beta\mu)^2,$$

wobei c und d wieder positive Funktionen von β sind mit $d > b$ und $c < a$.

1. Bestimmen Sie die Änderung der Teilchendichte $\rho = N/V$, wenn das Material von der α - in die γ -Phase übergeht.
2. Wie groß ist der Druck beim Phasenübergang? Hinweis: Um ρ zu erhalten, können Sie z.B. die Gibbs-Duhem Beziehung zwischen μ , T und p verwenden.

Aufgabe 19: Gauß'sche Integrale

2+1 = 3 Punkte

- a) Zeigen Sie, dass für ein α mit $\Re(\alpha) > 0$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{\alpha}{2}x^2 + \beta x\right) dx = \sqrt{\frac{2\pi}{\alpha}} e^{\beta^2/2\alpha}$$

- b) Berechnen Sie damit das folgende Integral

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^n \exp(-\alpha x^2) dx, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Hinweis: Um b) zu lösen genügt die Lösung von a) für $\beta = 0$.

Abgabetermin: vor der Vorlesung am Donnerstag, 01. Dezember 2016