

Prof. Dr. Tobias Brandes
 Arash Azhand
 Wassilij Kopylov
 Christian Fräßdorf

3. Übungsblatt – Theoretischen Physik IV

Abgabe: Fr. 03. 05. 2013 bis 17:00 Uhr im Briefkasten am Ausgang des ER-Gebäudes

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in 3er-Gruppen erfolgen. Bitte geben Sie Ihre Namen, Matrikelnummer und das Tutorium an!

Aufgabe 7 (9 Punkte): Kritischer Punkt im van der Waals Gas
 Betrachten Sie ein van der Waals Gas mit der Zustandsgleichung

$$p = -\frac{aN^2}{V^2} + \frac{NkT}{V - Nb}.$$

- (a) Berechnen Sie den kritischen Punkt eines Van-der-Waals Gases (T_c , V_c , p_c).
 (b) Führen Sie die neuen Zustandskoordinaten

$$\hat{p} \equiv \frac{p - p_c}{p_c}, \quad \hat{v} \equiv \frac{V - V_c}{V_c}, \quad \hat{t} \equiv \frac{T - T_c}{T_c}$$

ein, wobei der Index c sich auf den kritischen Punkt bezieht.

- (c) Zeigen Sie, dass die Zustandsgleichung in der Nähe des kritischen Punktes durch

$$\hat{p} \approx A\hat{t} - B\hat{t}\hat{v} - C\hat{v}^3$$

approximiert werden kann und bestimmen Sie die Konstanten A , B und C .

- (d) Sei $n \equiv \frac{N}{V}$ die Teilchendichte. Zeigen Sie, dass in der Nähe des kritischen Punktes $(n_{fl} - n_{gas}) \sim |\hat{t}|^\beta$ gilt und bestimmen Sie den kritischen Exponenten β .

Aufgabe 8 (6 Punkte): Maxwell-Relationen und Determinantenkalkül
 Das Determinantenkalkül für zwei Funktionen u und v , definiert durch

$$\frac{\partial(u, v)}{\partial(x, y)} = \begin{vmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{\partial u}{\partial y} \\ \frac{\partial v}{\partial x} & \frac{\partial v}{\partial y} \end{vmatrix},$$

besitzt die folgenden Eigenschaften:

$$\begin{aligned} \text{(i)} \quad \frac{\partial(v, u)}{\partial(x, y)} &= -\frac{\partial(u, v)}{\partial(x, y)}, & \text{(ii)} \quad \frac{\partial(u, y)}{\partial(x, y)} &= \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_y, \\ \text{(iii)} \quad \frac{\partial(u, v)}{\partial(x, y)} &= \frac{\partial(u, v)}{\partial(t, s)} \cdot \frac{\partial(t, s)}{\partial(x, y)}, & \text{(iv)} \quad \frac{d}{dt} \frac{\partial(u, v)}{\partial(x, y)} &= \frac{\partial(\dot{u}, v)}{\partial(x, y)} + \frac{\partial(u, \dot{v})}{\partial(x, y)}. \end{aligned}$$

Zeigen Sie damit die folgenden Relationen:

$$\begin{aligned} \text{(a)} \quad \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_S &= -\frac{T}{c_V} \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V, \\ \text{(b)} \quad \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_S &= \frac{T}{c_P} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P, \\ \text{(c)} \quad \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_S &= \frac{c_V}{c_P} \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T. \end{aligned}$$

3. Übung TP IV SS 2013

Aufgabe 9 (5 Punkte): *Joule-Thomson-Effekt*

Wir verändern nun den Joule-Thomson-Effekt, in dem wir zu den Zustandsgrößen p_i, T_i, V_i noch das chemische Potential μ_i hinzunehmen. Der Index i steht dabei für die beiden Reservoir 1 und 2. Aus dem Reservoir 1 wird das Gas in das Reservoir 2 befördert, und zwar so, dass der Druck p_i und das chemische Potential μ_i sich nicht verändern. Wir interessieren uns nun für den Koeffizienten $\delta_\mu = \left(\frac{\partial T}{\partial \mu}\right)_{X,N}$. Dabei muss neben der Teilchenzahl noch eine gewisse weitere Größe X festgehalten werden. Das gesamte System ist thermisch isoliert, jedoch ist wegen $\mu_i \neq 0$ Teilchenaustausch möglich.

1. Finden Sie die Größe X , die bei diesem Vorgang noch erhalten ist. Benutzen Sie dazu den ersten Hauptsatz. Begründen Sie ihre Entscheidung.
2. Wie hängt diese Größe X mit dem Potential U zusammen? Was gilt für deren Differential δX ?
3. Berechnen Sie nun δ_μ für ein ideales 1-atomiges Gas. Interpretieren Sie das Ergebnis. Hinweis: Wie sieht U beim idealen Gas aus?

Vorlesung: Mi. um 12 Uhr – 14 Uhr in EW 203,
Fr. um 8 Uhr – 10 Uhr in EW 203.

Scheinkriterien:

- Mindestens 50% der schriftlichen Übungspunkte.
- Bestandene Klausur
- Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Tutorien

Sprechzeiten:

Name	Tag	Zeit	Raum	Tel.
Prof. Dr. Tobias Brandes	Mo	13:00 – 14:00 Uhr	EW 744	23034
Arash Azhand	Do	15:00 – 16:00 Uhr	EW 627	27681
Wassilij Kopylov	Mi	15:00–16:00 Uhr	EW 705	22741
Christian Fräbendorf			EW 060	