

Prof. Dr. Holger Stark
Johannes Blaschke, Jakob Löber, Torben Winzer, Maria Zeitz

11. Übungsblatt – TPIV: Thermodynamik und Statistische Physik

Abgabe: Fr. 08.07.2016 bis 08:30 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude

M Aufgabe 31: Zustandsdichten

In der Vorlesung wurde die Zustandsdichte für ein Teilchen der Masse m in einem dreidimensionalen Kasten mit Kantenlänge L berechnet.

- Berechnen Sie die Zustandsdichte $D(U)$ entsprechend für einen ein- und einen zweidimensionalen Kasten.
- Wie ändern sich die Zustandsdichten aus Aufgabenteil (a) unter periodischen Randbedingungen?
- Berechnen die Zustandsdichte $D(\omega)$ für ein Photon im dreidimensionalen Kasten.

S Aufgabe 32 (8 Punkte): Nicht wechselwirkenden Teilchen

Eine große Anzahl von klassischen, nicht wechselwirkenden Teilchen ist auf einen Grundzustand der Energie $\epsilon = 0$ und ein bei $\epsilon = \eta$ beginnendes Kontinuum konstanter Zustandsdichte α verteilt.

- Wie hängt die mittlere Energie von der Temperatur ab?
- Diskutieren Sie den Verlauf der spezifischen Wärme.
- Betrachten Sie jeweils explizit die Grenzfälle $kT \gg \eta$ und $kT \ll \eta$.

S Aufgabe 33 (12 Punkte): Einstein-Modell für Gitterschwingungen

Gitterschwingungen im Kristall können als, Phononen genannte, harmonische Oszillatoren behandelt werden. Man unterscheidet dabei zwischen akustischen und optischen Phonon-Moden. Während das in der Vorlesung vorgestellte Debye-Modell die thermodynamischen Eigenschaften von akustischen Phononen näherungsweise beschreibt, sollen in dieser Aufgaben die optischen Phonon untersucht werden. Dies geschieht über das Einstein-Modell, in welchem alle optischen Phononen näherungsweise die gleiche Frequenz haben: $\omega(k) = \omega_E$.

- Der Festkörper bestehe aus N Atomen. Wie viele Schwingungsfreiheitsgrade gibt es? Wie lautet die Zustandssumme der Phononen, wenn alle Schwingungen der Frequenz ω_E folgen? *Hinweis:* Überlegen Sie sich zunächst, wie die Zustandssumme eines einzelnen Oszillators aussieht.
- Zeigen Sie, dass sich die innere Energie darstellen lässt als

$$U = \frac{3}{2} N k_B \theta_E + 3 N k_B \theta_E \frac{1}{e^{\theta_E/T} - 1}, \quad (1)$$

wobei $\beta = 1/T k_B$ und θ_E ist die Einstein-Temperatur definiert durch $\theta_E k_B = \hbar \omega_E$.

- Berechnen und plotten Sie die zugehörige spezifische Wärme bei konstantem Volumen c_V für 1 Mol.
- Berechnen und diskutieren Sie von c_V die Grenzfälle $T \rightarrow 0$ und $T \rightarrow \infty$. Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit dem Debye-Modell.

11. Übung TPIV SS 16

Zum Übungsbetrieb: Die Übungsaufgaben teilen sich auf in mündliche **M** und schriftliche **S** Aufgaben. Die Bedingung für die Vergabe eines Übungsscheins gliedert sich daher in zwei Teile:

- Es müssen mindestens 50% der schriftlichen Übungspunkte erreicht werden. Die Abgabe erfolgt in Dreiergruppen. Ab dem zweiten Übungsblatt werden Einzel- und Zweierabgaben nicht mehr akzeptiert!
- Vorrechnen: Jeder Student kreuzt vor jeder Übung diejenigen Aufgaben auf einer ausliegenden Liste an, die er oder sie bearbeitet hat. Wer eine Aufgabe angekreuzt hat, ist bereit diese Aufgabe an der Tafel vorzurechnen. Für den mündlichen Teil des Scheinkriteriums müssen am Ende des Semesters in Summe 50% der mündlichen Aufgaben angekreuzt sein.

	Mo	Di	Mi	Do	Fr
08-10					EW 203 HS
10-12	EW 229 Johannes		EW 226 Torben		EW 731 Maria
12-14			EW 203 HS		ER 164 Jakob
14-16					
16-18					

Sprechstunden		
Prof. Dr. Holger Stark	Fr 11:30–12:00	EW 709
Johannes Blaschke	Mi 10–11	EW 277b
Jakob Löber	Mi 14 –15	EW 737
Torben Winzer	Do 14–15	ER 221
Maria Zeitz	Do 11 –12	EW 702