

Übungsblatt Nr. 6 zur Theorie F (Statistische Physik)**1 Moden-Zustandsgleichung**

- a) Zeigen Sie, dass die Annahme "fester" Randbedingungen zum gleichen Ergebnis wie für laufende Wellen mit periodischen Randbedingungen führt. (Hinweis: Vorzeichen von q).
- b) Berechnen Sie mit Hilfe von

$$D(\omega) = \sum_{\sigma=1,2} \frac{1}{(2\pi)^d} \int \delta(\omega - \omega_\sigma(\vec{q})) d^d \vec{q}$$

die Modendichte für elektromagnetische Strahlung in $d = 1, 2, 3$ Dimensionen. Dabei bezeichnet $\sigma = 1, 2$ die Polarisierung. Die Dispersion ist gegeben durch $\omega_\sigma(\vec{q}) = c|\vec{q}|$.

2 Strahlungsdruck

- a) Berechnen Sie den Strahlungsdruck im Inneren der Sonne.
- b) Vergleichen Sie mit dem Gasdruck unter der Annahme, dass die Sonne hauptsächlich aus Wasserstoff besteht. Was folgt für die Stabilität der Sonne?

Daten der Sonne: Radius $R = 6.96 \cdot 10^5$ km, mittlere Dichte $\rho = 1.41 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, Temperatur im Inneren: $T \approx 10^8$ K.

3 Rotationsanregungen

Die Rotationsanregungen eines zweiatomigen Moleküls (mit "harter" Bindung) lassen sich durch

$$\hat{H} = \frac{1}{\Theta} \tilde{L}^2$$

beschreiben, mit dem Trägheitsmoment $\Theta = M_{\text{red.}} R^2$, der reduzierten Masse $M_{\text{red.}}$, und dem Atomabstand R .

Berechnen Sie die Zustandssumme der Rotationsanregungen unter Beachtung der Multiplizität für (Hinweis: Verwenden Sie Eigenzustände des Drehimpulsoperators)

- a) Tiefe Temperaturen (2 Glieder berücksichtigen).
- b) Hohe Temperaturen mit Hilfe der Euler-Formel

$$\sum_{\ell=0}^{\infty} f(\ell) = \int_0^{\infty} f(x) dx + \frac{1}{2} [f(\infty) + f(0)] + \frac{1}{12} [f'(\infty) - f'(0)] + \dots$$

- c) Berechnen Sie die Wärmekapazität zu a) und b). Skizze!

- d) Wieso gilt der Hamiltonian $\hat{H} = \frac{1}{\Theta} \tilde{L}^2$ für ein Hantelmolekül? (klass. $\Theta_x = \Theta_y, \Theta_z = 0$).

4 Debeyemodell

Berechnen Sie die führende Korrektur δC zur Wärmekapazität für die Grenzfälle

- a) $T \ll T_D$: $C(T) = \alpha T^3 + \delta C$, $\delta C \sim T^\nu$.
- b) $T \gg T_D$: $C(T) = 3Nk_B + \delta C$, $\delta C \sim 1/T + 1/T^2, \dots$ mit $T_D = \hbar\omega_D/k_B$.

— Besprechung in den Übungsgruppen am Dienstag, 24.05.05 —