INSTITUT FÜR THEORETISCHE PHYSIK
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

Prof. Dr. W. Brenig
Dipl.-Ing. Ch. Jurecka

THEORETISCHE FESTKÖRPERPHYSIK SS 1999

8. Übungsblatt

---

16. **Optische Phononen und Licht**

Betrachten Sie einen Festkörper mit zwei unterschiedlich geladenen Ionensorten in der Elementarzelle. Wir führen die Relativkoordinate zwischen negativ und positiv geladenem Gitterion $\mathbf{a} = \mathbf{r}_+ - \mathbf{r}_-$ ein. Ein optisches Phonon[1] kann dann im einfachsten, dispersionslosen Fall durch $\ddot{\mathbf{a}} + g_{11}\mathbf{a} = 0$ beschrieben werden[2].

Legt man nun ein elektrisches Feld an, so wirkt auf das Phonon eine dem elektrischen Feld proportionale Kraft:

$$\ddot{\mathbf{a}} + g_{11}\mathbf{a} - g_{12}\mathbf{E} = 0. \tag{1}$$

Außerdem wird der Festkörper polarisiert. Hier müssen zwei Beiträge berücksichtigt werden: Einmal ein feldabhängiger Anteil (induzierte Polarisation) und einen der Verschiebung der Ionen proportionaler Anteil (Orientierungspolarisation).

$$\mathbf{P} = g_{12}\mathbf{a} + g_{22}\mathbf{E}. \tag{2}$$

Unter Berücksichtigung der Maxwellgleichungen ist das System nun vollständig bestimmt, d.h. kann nach E, a, P, H aufgelöst werden.

(a) Nehmen Sie für E, a, P,H jeweils eine transversal polarisierte ebene Welle an, die Ausbreitungsrichtung sei z, die Schwingungsrichtung x (E,P,x) bzw. y (H). Setzen Sie diesen Ansatz in die Maxwell- bzw. in (1) und (2) ein und berechnen Sie die Dispersionsrelation des Systems. Berechnen Sie für beide Lösungen den Grenzwert $k \to 0$ und $k \to \infty$. Skizzieren Sie die Dispersionsrelation.

(b) Bezeichen Sie die Oberkante des unteren Bandes als ω_t, die Unterkante des oberen Bandes als ω_l. Zeigen Sie die Lyddane, Sachs, Teller Beziehung

$$\omega_l^2 = \omega_t^2 \frac{\epsilon}{1 + 4\pi g_{22}} \tag{3}$$

wobei ϵ_0 die Dielektrizitätskonstante des Vakuums ist, ϵ ist die relative Dielektrizitätskonstante. Verwenden Sie, daß im statischen Grenzfall ($\ddot{a} = 0$) durch Vergleich von $4\pi P = D - E$ mit (2) die Konstante g_{12} bestimmt werden kann.

(c) Führen Sie die Rechnung aus (a) auch für den longitudinalen Fall durch und bestimmen Sie wieder die Dispersionen.

(d) Begründen Sie nun abschließend die Wahl der Bezeichnungen ω_t und ω_l. Argumentieren Sie für den Fall abwesender äußerer (!) Felder.

(e) Zusatz: Berechnen Sie für den longitudinalen und den transversalen Fall aus der Polarisation die dielektrische Konstante in Abhängigkeit der Frequenz ω. Skizzieren Sie den Verlauf!

---

[1] Akustische Phononen werden vernachlässigt.

[2] g_{11} und die unten vorkommenden g_{12} bzw. g_{22} sind Konstanten.