

Prof. Dr. Tobias Brandes  
Dr. Javier Cerrillo

## 9. Übungsblatt – Theoretische Festkörperphysik I,II

**Abgabe: Mi. 25.06.2014 bis 14:15 Uhr im EW 229 (Übungen)**

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in Dreiergruppen erfolgen.

### Aufgabe 21 (6 Punkte): Influenzfunktional

Diskutiere das 'Influenzfunktional', d.h. die Funktion  $\mathcal{F}_g(t)$  des Dephasing-Modells mit einer expliziten numerischen und (wenn möglich) analytischen Rechnung für spektrale Kopplungsdichten  $J(\omega) = \sum_{\alpha} |\lambda_{\alpha}|^2 \delta(\omega - \omega_{\alpha})$ : a) zwei bosonische Moden mit Frequenzen  $\omega_1$  und  $\omega_2$ ; b) kontinuierliches Spektrum der Form

$$(1) \quad J(\omega) = 2\alpha\omega_{\text{ph}}^{2-s}\omega^s \frac{\omega_c}{\omega_c^2 + \omega^2},$$

insbesondere für  $s = 1$  und  $s = 2$ . Bilder erwünscht!

### Aufgabe 22 (7 Punkte): Polarontransformation

Wir studieren die Polarontransformation in einem Spin-Boson Modell

$$\mathcal{H} = \mathcal{H}_e + \mathcal{H}_{e-p} + \mathcal{H}_p \equiv \varepsilon J_z + J_z \sum_{\mathbf{q}} g_{\mathbf{q}} (a_{\mathbf{q}} + a_{-\mathbf{q}}^{\dagger}) + \sum_{\mathbf{q}} \omega_{\mathbf{q}} a_{\mathbf{q}}^{\dagger} a_{\mathbf{q}}.$$

Hierbei ist der kollektive (Pseudo-Spin)-Operator  $\mathbf{J} = \frac{1}{2} \sum_i^N \boldsymbol{\sigma}^{(i)}$  mit den Vektoren der Pauli (Pseudo)-Spinmatrizen von  $N$  (Pseudo)-Spins. Die Komponente in  $z$ -Richtung ist beispielsweise  $J_z \equiv \frac{1}{2} \sum_i^N \sigma_z^{(i)}$ .

a) Zeige, dass mit  $S \equiv J_z \sum_{\mathbf{q}} \frac{g_{\mathbf{q}}}{\omega_{\mathbf{q}}} (a_{\mathbf{q}}^{\dagger} - a_{-\mathbf{q}})$  der Polaron-transformierte Hamiltonian die Form

$$\mathcal{H}' \equiv e^S \mathcal{H} e^{-S} = \mathcal{H}_e + \mathcal{H}_p - \kappa J_z^2$$

hat. Berechne die Konstante  $\kappa$  und drücke sie durch eine geeignete phononische Spektraldichte aus, z.B. das  $J(\omega)$  des Spin-Boson Problems, Eq. (1), explizit. Interpretiere und diskutiere das Ergebnis für  $\mathcal{H}'$ , insbesondere auch im Hinblick auf die effektive Wechselwirkung der Elektronen in Supraleitern.

b) Wie transformiert sich der Operator  $J_y$  unter der Polaron-Transformation?

### Aufgabe 23 (7 Punkte): Wellenfunktion des Cooperpaares

Berechne und diskutiere die Paarwellenfunktion des Cooperpaares im Ortsraum. ZUSATZ: was passiert bei Triplet- statt Singlett-Paarung?

## 9. Übung TFP SS14

- Vorlesung:**
- Dienstags 10–12 Uhr im EW 203
  - Mittwochs 10–12 Uhr im EW 203

- Übungen:**
- Mi 14–16 Uhr im EW 229

- Scheinkriterien:**
- Mindestens 60% der Übungspunkte
  - Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Übungen

### Literatur zur Lehrveranstaltung:

- Ashcroft, Mermin, *Festkörperphysik* (Oldenbourg)
- Kittel, *Quantentheorie der Festkörper* (Oldenbourg)
- Czucholl, *Theoretische Festkörperphysik* (Springer)
- Ibach, Lüth, *Festkörperphysik* (Springer)
- Jäger, Valenta, *Festkörpertheorie* (Wiley)
- U. Rössler, *Solid State Theory* (Springer)
- Haug, Koch, *Quantum Theory of the Optical and Electronic Properties of Semiconductors* (World Scientific)
- Haken, *Quantenfeldtheorie des Festkörpers* (Teubner)
- Scherz, *Quantenmechanik* (Teubner)

Es existiert in der Abteilungsbibliothek Physik ein Semesterapparat zu dieser Vorlesung.

### Hinweise:

Die Übungsblätter werden in der Regel am Dienstag in der Vorlesung ausgegeben. Die Abgabe erfolgt dann 15 Tage später um 14:15 im EW229 (Übungsraum).

Weitere Informationen können auf der Vorlesungshomepage <http://www.itp.tu-berlin.de/menue/lehre/lv/> gefunden werden.