

Prof. Dr. Tobias Brandes  
Dr. Javier Cerrillo

## 7. Übungsblatt – Theoretische Festkörperphysik I,II

**Abgabe: Mi. 11.06.2014 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 17 (6 Punkte): Zweite Quantisierung**

Seien  $c_\alpha^\dagger$  und  $c_\alpha$  fermionische Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren. Beweisen Sie:

- die Vertauschungsrelation

$$[c_\alpha^\dagger c_\beta, c_\gamma^\dagger c_\delta] = c_\alpha^\dagger c_\delta \delta_{\beta\gamma} - c_\gamma^\dagger c_\beta \delta_{\alpha\delta},$$

- dass, aus der Definition des Operators in erster Quantisierung, lässt sich die Fouriertransformation des Dichteoperators herleiten

$$\hat{\rho}_{\mathbf{q}} = \sum_{\mathbf{k}\sigma} c_{\mathbf{k}\sigma}^\dagger c_{\mathbf{k}+\mathbf{q},\sigma}.$$

**Aufgabe 18 (14 Punkte): Lindhard-Funktion**

Sei der Hamiltonian eines Freielektronengases  $\mathcal{H} = \sum_{\mathbf{k}\sigma} \varepsilon_{\mathbf{k}\sigma} c_{\mathbf{k}\sigma}^\dagger c_{\mathbf{k}\sigma}$ .

- Zeigen Sie, dass der Vernichtungsoperator im Wechselwirkungsbild zu  $\tilde{c}_{\mathbf{k}\sigma}(t) = e^{-i\varepsilon_{\mathbf{k}\sigma}t} c_{\mathbf{k}\sigma}$  wird.
- Aus der Definitionen

$$\chi_0(\mathbf{q}, \omega) \equiv \int_0^\infty dt e^{i\omega t} \chi_0(\mathbf{q}, t); \quad \Im\omega > 0,$$

und

$$\chi_{\mathbf{q}, -\mathbf{q}'}(t - t') \equiv i \langle [\tilde{\rho}_{\mathbf{q}}(t), \tilde{\rho}_{-\mathbf{q}'}(t')] \rangle_{\text{eq}} \theta(t - t') \equiv L^d \chi_0(\mathbf{q}, t - t') \delta_{\mathbf{q}\mathbf{q}'},$$

zeigen Sie, dass die Lindhard-Funktion (Dichteresponsefunktion) schreibt man

$$\chi_0(\mathbf{q}, \omega) = -\frac{1}{L^d} \sum_{\mathbf{k}\sigma} \frac{f(\varepsilon_{\mathbf{k}}) - f(\varepsilon_{\mathbf{k}+\mathbf{q}})}{\omega + i\delta + \varepsilon_{\mathbf{k}} - \varepsilon_{\mathbf{k}+\mathbf{q}}}.$$

- Vergleichen Sie die Linhard-Funktion mit dem semiklassischen Ausdruck (Aufgabe 13 od. Skript) im langwelligen Limes.
- Berechnen Sie explizit  $\chi_0(\mathbf{q}, \omega)$  in  $d = 3$  Dimensionen.

**Bitte Rückseite beachten! →**

## 7. 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)
- Czycholl, *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.