

Prof. Dr. Eckehard Schöll, PhD

Dr. Alexander Carmele, Dr. Julia Kabuß, Dr. Steffen Martens, Jan Tötz, M.Sc.

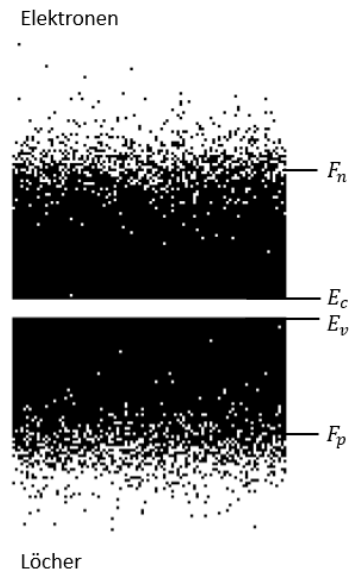
9. Übungsblatt – Theoretische Physik V: Quantenmechanik II

Abgabe: Mo. 05.01.2015 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude

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

Aufgabe 21 (14 Punkte): Ladungsträgerdichte in zwei Dimensionen

Wir betrachten das Leitungs- und Valenzband in einem zweidimensionalen Kristall mit freien Elektronen und Löchern. Die Elektronen der Masse m_n im Leitungsband mit der unteren Bandkante E_c seien fermiverteilt zum Quasi-Fermi-Niveau F_n . Die Löcher der Masse m_p im Valenzband, das die obere Bandkante E_v hat, seien entsprechend fermiverteilt zum chemischen Potential F_p . Es seien T die Temperatur, k_B die Boltzmann-Konstante, L die Länge des (quadratischen) Gitters und N_b die Anzahl aller Elektronen ($b = n$) und Löcher ($b = p$). Die Teilchendichte des zweidimensionalen Elektronen- und Lochgases ist dann $n_b = N_b/L^2 = 1/L^2 \cdot \sum_{\underline{k}} f_{\underline{k}}^b$.



- Berechnen Sie die Zustandsdichte $\rho^b(\epsilon) = \frac{1}{L^2} \sum_{\underline{k}} \delta(\epsilon - E_{\underline{k}}^b)$ in zwei Dimensionen für Elektronen und Löcher.
- Wie müssen die Quasi-Fermiverteilungen $f_{\underline{k}}^b$, $b \in \{n, p\}$, sinnvollerweise aussehen, damit sie die skizzierten Dichten beschreiben? Zeigen Sie, dass

$$n_n = \frac{m_n}{\pi \hbar^2} \int_{E_c}^{\infty} d\epsilon \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{\epsilon - F_n}{k_B T}\right)}, \quad n_p = \frac{m_p}{\pi \hbar^2} \int_{-\infty}^{E_v} d\epsilon \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{F_p - \epsilon}{k_B T}\right)}$$

und lösen Sie das Integral.

- Betrachten Sie den Grenzfall starker Verdünnung (Nichtentartung), also mit Fugazität $\zeta^n = e^{F_n/(k_B T)} \ll 1$, bzw. $\zeta^p = e^{-F_p/(k_B T)} \ll 1$. Zeigen Sie, dass sich die Fermifunktion dann schreiben lässt als $f_{\underline{k}}^b \approx \zeta^b \exp\left(\frac{-E_{\underline{k}}^b}{k_B T}\right)$. Berechnen Sie in dieser Näherung n_b , $b \in \{n, p\}$.
- In der Vorlesung wird die Ladungsträgerdichte in 3 Dimensionen berechnet. Vergleichen Sie mit der Ladungsträgerdichte in 2 Dimensionen bezüglich Lösbarkeit, Nichtentartungsnäherung und Hochentartungsnäherung ($\zeta^b \gg 1$).

Aufgabe 22 (6 Punkte): Strahlungsgesetze

Leiten Sie aus dem Planckschen Strahlungsgesetz als Grenzfälle das Rayleigh-Jeans Gesetz und das Wiensche Strahlungsgesetz her. Tun Sie das durch geschickte Anwendung der Taylorreihe.

9. Übung TPV WS14/15

Vorlesung:	<ul style="list-style-type: none">• Dienstags 8:15 Uhr – 10:00 Uhr im EW 203.• Donnerstags 8:15 Uhr – 10:00 Uhr im EW 203.
Tutorien:	<ul style="list-style-type: none">• Mi. 08–10 Uhr im EW 731• Do. 10–12 Uhr im EW 229• Do. 12–14 Uhr im EW 731• Fr. 12–14 Uhr im EW 731.
Sprechzeiten:	<ul style="list-style-type: none">• Mi. 14–15 Uhr im EW 704 bei Alexander Carmele• Fr. 14–15 Uhr im EW 703 bei Julia Kabuß• Do. 15–16 Uhr im EW 627 bei Steffen Martens• Do. 15–16 Uhr im EW 627 bei Jan Totz
Scheinkriterien:	<ul style="list-style-type: none">• Mindestens 50% der Übungspunkte.• Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Tutorien.• Bearbeitung und Vorstellung eines Projektes (Projektvorstellung in der letzten Vorlesungswoche).