

Prof. Dr. Eckehard Schöll, PhD und Dr. Kathy Lüdge

Dr. Clive Emary, Dipl. Phys. Stefan Fruhner, Dipl. Phys. Miriam Wegert, Dipl. Phys. Philipp Zedler

9. Übungsblatt – Theoretische Physik V: Quantenmechanik II

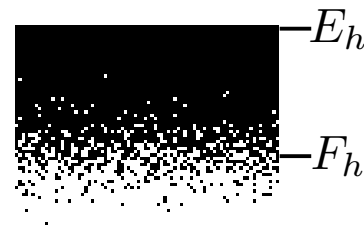
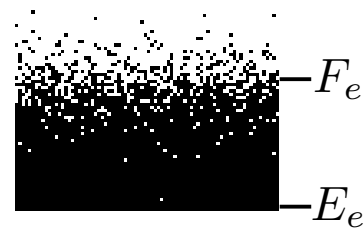
Abgabe: Mo. 04.01.2010 bis 18:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude und mit ISIS

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

Aufgabe 22 (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_e im Leitungsband mit der unteren Bandkante E_e seien fermiverteilt zum chemischen Potential (Fermi-Niveau) F_e . Die Löcher der Masse m_h im Valenzband, das die obere Bandkante E_h hat, seien entsprechend fermiverteilt zum chemischen Potential F_h . Es seien T die Temperatur, k_B die Boltzmann-Konstante, L die Länge des (quadratischen) Gitters und N_b die Anzahl aller Elektronen ($b = e$) und Löcher ($b = h$). Die Teilchendichte des zweidimensionalen Elektronen- und Lochgases ist dann $n_b = N_b/L^2 = 1/L^2 \cdot \sum_{\underline{k}} f_{\underline{k}}^b$.

Elektronen



Löcher

- a) 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.
- b) Wie müssen die Fermiverteilungen $f_{\underline{k}}^b$, $b \in \{e, h\}$, sinnvollerweise aussehen, damit sie die skizzierten Dichten beschreiben? Zeigen Sie, dass

$$n_e = \frac{m_e}{\pi \hbar^2} \int_{E_e}^{\infty} d\epsilon \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{\epsilon - F_e}{k_B T}\right)}, \quad n_h = \frac{m_h}{\pi \hbar^2} \int_{-\infty}^{E_h} d\epsilon \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{F_h - \epsilon}{k_B T}\right)}$$

und lösen Sie das Integral.

- c) Betrachten Sie den Grenzfall starker Verdünnung (Nichtentartung), also mit Fugazität $\zeta^e = e^{F_e/(k_B T)} \ll 1$, bzw. $\zeta^h = e^{-F_h/(k_B T)} \ll 1$. 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 .
- d) In der Vorlesung wird die Ladungsträgerdichte in 3 Dimensionen berechnet. Vergleichen Sie mit der Ladungsträgerdichte in 2 Dimensionen bezüglich Lösbarkeit, Nichtentartungsnahe rung und Hochentartungsnahe rung ($\zeta^b \gg 1$).

Aufgabe 23 (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 WS09/10

- Vorlesung:**
- Dienstags 8:30 Uhr – 10:00 Uhr in EW 203.
 - Donnerstags 8:30 Uhr – 10:00 Uhr in EW 203.

- Tutorien:**
- Di 12 – 14h EW 182
 - Mi 08 – 10h EW 731
 - Do 12 – 14h EW 184

- Klausur:**
- Donnerstag, den 04.02.2010, von 08:00 – 10:00 Uhr in EW 201.

- Scheinkriterien:**
- Mindestens 50% der Übungspunkte.
 - Bestandene Klausur.
 - Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Tutorien.

Literatur zur Lehrveranstaltung:

Siehe auch Semesterapparat in der Physikbibliothek.

- Udo Scherz, Quantenmechanik, Eine kompakte Einführung, Teubner, U Wiesbaden 2005
- Eugen Fick, Einführung in die Grundlagen der Quantentheorie, 6. Auflage, Aula-Verlag, Wiesbaden 1988
- Franz Schwabl, Quantenmechanik 1 & 2, 7. Auflage, Springer-Lehrbuch, Berlin 2007 (auch als ONLINE-Resource)
- Wolfgang Nolting, Grundkurs Theoretische Physik 5/1,2: Quantenmechanik, 5. Auflage, Springer-Lehrbuch, Berlin 2002 (auch als ONLINE-Resource)
- Albert Messiah, Quantenmechanik; Bd. 1 u. 2. Berlin : de Gruyter, 1990
- Heinrich Mitter, Quantentheorie, 2., überarb. Aufl., unveränd. Nachdr. , BI-Wiss.-Verl., 1987

Sprechzeiten:

Name	Tag	Zeit	Raum	Tel.
Prof. Dr. E. Schöll, PhD	Mi.	14:30 - 15:30	EW 735/36	23500
Dr. Kathy Lüdge	Do.	15:00 - 16:00	EW 741	23002
Dr. Clive Emary	Di.	16:00 - 17:00	EW 705	22741
Stefan Fruhner	Fr.	13:30 - 14:30	EW 627/28	27681
Miriam Wegert	Mi.	13:00 - 14:00	EW 279	24474
Philipp Zedler	Mi.	11:00 - 12:00	EW 711	27884