ÜBUNGSBLATT 7

Beispiel 25 (Effektive Masse): - ohne Unterlagen

(a) Zeigen Sie, dass man ausgehend von der Definition der Gruppengeschwindigkeit für ein allgemeines Energieband $E(k)$ folgenden Ausdruck für die effektive Masse erhält:

$$m^* = \hbar^2 \left(\frac{\partial^2 E(k)}{\partial k^2} \right)^{-1}$$

(b) Zeigen Sie, dass in einem parabolischen Band die effektive Masse konstant ist.

Beispiel 26 (Parabolische Näherung):

Gegeben sei folgendes modellhafte Energieband: $E(k) = \frac{E_0}{2}\left[1 - \cos(kd)\right]$

(a) Zeichnen Sie das E(k)-Diagramm über die erste Brillouin-Zone.

(b) Berechnen Sie die parabolische Näherung für die gegebene Bandstruktur (für $|k| << \pi / d$) durch Taylorreihen-Entwicklung.

(c) Wie groß ist die effektive Masse in der parabolischen Näherung für $E_0 = 2$ eV und $d = 5$ Å?

(d) Berechnen Sie die effektive Masse exakt. Graphische Darstellung.

Beispiel 27 (Metall oder Halbleiter?):

Ein Halbleiter kann nur dann entstehen, wenn Elektronen ein oder mehrere Bänder exakt auffüllen. Ist in einem Festkörper ein Band nur teilweise gefüllt entsteht ein Metall.
Zeigen Sie, dass ein Halbleiter nur dann entstehen kann, wenn die Anzahl der Valenzelektronen je Einheitszelle gerade ist.

Hinweis: Betrachten Sie einen eindimensionalen Kristall, bestehend aus *N* Einheitszellen mit Gitterkonstante *a*. Jede Einheitszelle trägt *Z* Valenzelektronen bei, die die Energiebänder befüllen. Überlegen Sie mit Hilfe des Kronig Penney Modells wie viele Zustände je Band zur Verfügung stehen.
Wenden Sie dazu die Born – von Karman Randbedingungen auf die Blochfunktionen an. Beachten Sie, dass jeder Zustand im k-Raum aufgrund von Spin-Entartung von zwei Elektronen besetzt werden kann.

Beispiel 28 (Ferminiveau):

(a) Skizzieren Sie die Zustandsdichte, die Besetzungswahrscheinlichkeit und die Elektronen- bzw. Löcherdichte pro Energieintervall für einen undotierten und für einen n-dotierten Halbleiter.

(b) Leiten Sie für einen Halbleiter mit parabolischen Bändern den Zusammenhang zwischen Elektronendichte n und Ferminiveau E_F her. Nehmen Sie an, dass der Halbleiter nicht entartet ist, d.h. E_c-E_f >> kT.

Hinweise: $\int_0^\infty \sqrt{x}\exp(-x)dx = \sqrt{\pi}/2$

Zustandsdichte : $Z(E) = \frac{1}{2\pi^2\hbar^3}\left(2m*\right)^{3/2}\sqrt{E}$