

Übungen zur Modernen Experimentalphysik II

Festkörperphysik WS 2021/2022

Besprechung am 16. Dezember 2021

Aufgabe 8.1: Freie Elektronengas in einem quadratischen Gitter (2.5 Punkte)

Betrachten Sie das freie Elektronengas eines quadratischen Gitters.

- (a) Zeigen Sie, dass für ein einfaches 2-dimensionales Gitter die kinetische Energie eines freien Elektrons an der Ecke der ersten BZ um einen Faktor 2 größer ist als in der Mitte einer Zonenseite. Skizzieren Sie das Gitter mit der Zone.
- (b) Welchen Faktor erhält man für ein (3-dim) kubisches Gitter ?

Aufgabe 8.2: Fermi-Fläche für ein freies Elektronengas (2.5 Punkte)

Fermi-Fläche für ein freies Elektronengas.

- (a) Erdalkalimetalle stehen in der zweiten Hauptgruppe des Periodensystems. Zur Vereinfachung betrachten Sie ein solches als zweidimensionales Metall mit der Gestalt eines quadratischen Gitters. Ermitteln Sie den kürzesten Abstand einer Begrenzungsfläche in der ersten Brillouinzone und berechnen Sie die Fermi-Wellenzahl.
- (b) In a) hat die Fermi-Fläche die Begrenzung der 1. BZ überschritten. Berechnen Sie nun die Elektronendichte, die ein kubisch-flächenzentrierter Silberkristall haben müsste, damit die Fermi-Fläche gerade die 1. BZ berührt. Die Gitterkonstante von Silber beträgt 0,408 nm.

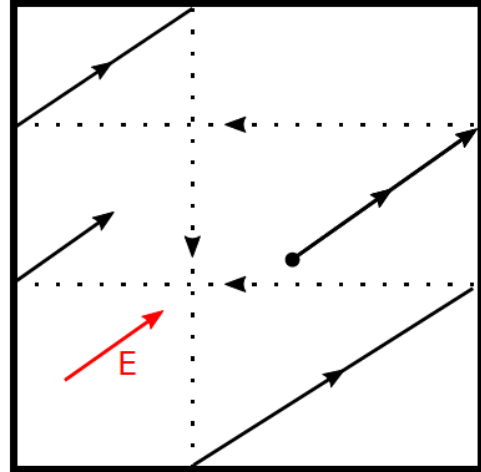
Aufgabe 8.3: Verschiedenes (2.5 Punkte)

Metalle und Isolatoren: Erklären Sie anhand der Kristallstruktur warum

- (a) Natrium, das zwei Atome in einer Einheitszelle (bcc) hat, ein Metall ist.
- (b) Kalzium, das vier Atome in einer Einheitszelle (fcc) hat, ein Metall ist.
- (c) Diamant, das acht Atome in einer Einheitszelle (fcc) hat, ein Isolator ist, wobei Silizium und Germanium, die eine ähnliche Struktur haben Halbleiter sind (es gibt hier mehrere Gründe). Warum ist Diamant transparent?

Aufgabe 8.4: Kristallelektron im Ortsraum (2.5 Punkte)

Der Wellenzahlvektor $\vec{k}$ eines Kristallelektrons wird unter dem Einfluß eines äußeren elektrischen Feldes $\vec{E}$ während der Zeit dt um den Wert $d\vec{k} = -e/\hbar \vec{E}dt$ abgeändert. Ist die Richtung des elektrischen Feldes zeitlich unverändert, so wächst $\vec{k}$ an, bis die Begrenzung der ersten Brillouin Zone erreicht ist. Hier erfolgt durch eine Braggsche Reflexion ein Umklappen derjenigen Komponente des Wellenzahlvektors, die senkrecht auf der Zonengrenze steht. In der nebenstehenden Grafik ist dieses Verhalten von $\vec{k}$ für ein zwei-dimensionales quadratisches Gitter skizziert. Bei der Pendelbewegung des $\vec{k}$ -Vektors innerhalb der 2D Brillouin-Zone wird das Kristallelektron abwechselnd beschleunigt und abgebremst, bei einer Annäherung an den Zonenrand wechselt die effektive Masse m^* ihr Vorzeichen.



- (a) Skizzieren sie die Bewegung des Kristallelektrons im Ortsraum qualitativ.
- (b) Welche mittlere Geschwindigkeit ergibt sich für ein vollbesetztes Band, was ändert sich für ein nicht vollständig besetztes Band ?

Wir wünschen Ihnen schöne Feiertage und viel Erfolg im neuen Jahr.