

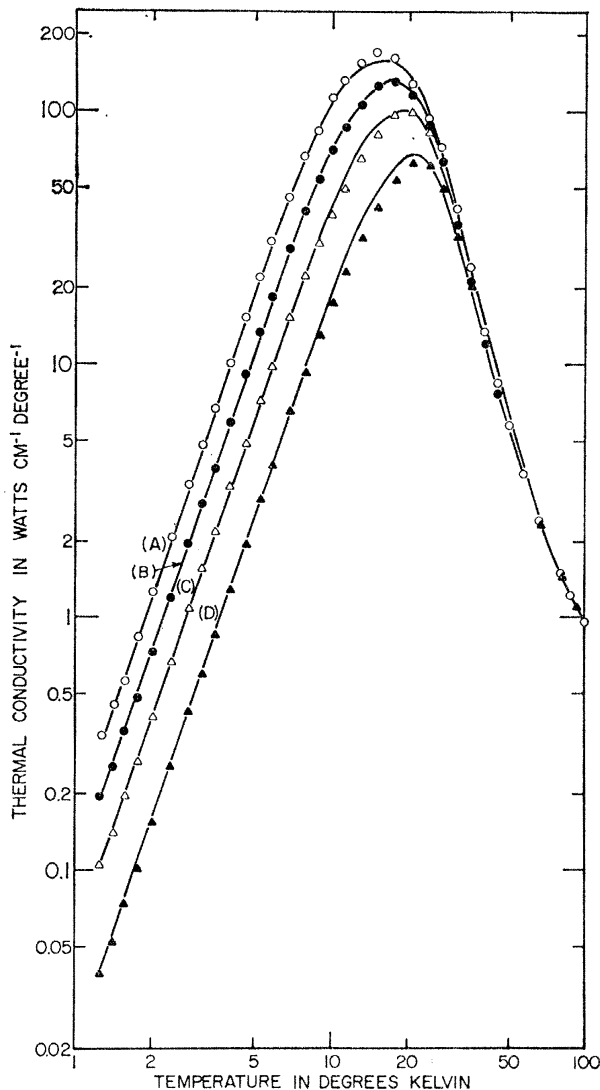
Name:

Gruppe:

Aufgabenblatt 10 (FKP) - Physik V - WS 2013/2014

Diskussion: 9./10.1.2014

Aufgabe 10.1 Wärmeleitfähigkeit eines Ionenkristalls (1 Punkt)



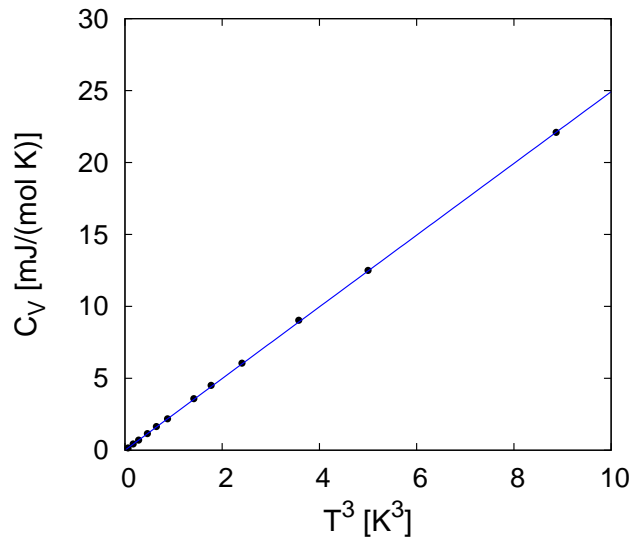
Wärmeleitfähigkeit von quaderförmigen LiF-Kristallen mit nahezu quadratischen Querschnitten bei verschiedenen Kantenlängen. (Abbildung entnommen aus Thacher, Phys. Rev. **156** 975 (1967).)

Die nebenstehende Abbildung zeigt das Ergebnis von Wärmeleitfähigkeitsmessungen an vier LiF-Kristallproben (A-D) in einem Temperaturbereich unterhalb der Debye-Temperatur. Die Wärmeleitung erfolgt ausschließlich phononisch.

1. Geben Sie einen Ausdruck für die Temperaturabhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit bei Temperaturen weit unterhalb bzw. oberhalb der Temperatur des Maximums an. Welche Streuprozesse sind jeweils dominant?
2. Welche Probe hat die größte Kantenlänge? Begründen Sie Ihre Antwort!
3. Geben Sie einen Ausdruck für die spezifische Wärme (pro Volumen) im Limes tiefer Temperaturen an. (Debye-Temperatur: $\Theta_D = 732 \text{ K}$, Dichte $\rho = 2,64 \text{ g/cm}^3$, Atommassen: $M_{\text{Li}} = 6,94 \text{ u}$, $M_{\text{F}} = 19,0 \text{ u}$.) Schätzen Sie damit und mit einer effektiven Schallgeschwindigkeit von $v = 6000 \text{ m/s}$ die Kantenlänge der größten der vier Proben ab. (Wir vernachlässigen hier die Anisotropie der elastischen Eigenschaften.)

Aufgabe 10.2 Debye Temperatur von kristallinem Argon (1 Punkt)

In nachfolgender Abbildung sehen Sie den Verlauf der spezifischen Wärme als Funktion der dritten Potenz der Temperatur für einen Argonkristall. Die Messpunkte stammen aus einer Arbeit von Finegold und Philips, Phys. Rev. **177** 1383 (1969). Die durchgezogene Linie entspricht einer Anpassung gemäß dem Debye-Modell. Bestimmen Sie aus der Abbildung die Debye-Temperatur von kristallinem Argon.

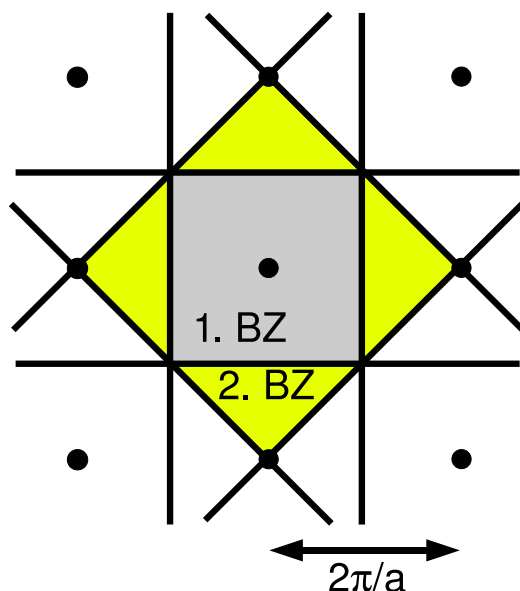


10.3 Fermi-Flächen (1 Punkt)

Fermiflächen stellen eine Art „Fingerabdruck“ der elektronischen Struktur eines Metalls dar, d.h. vielfach lassen sich bereits aus der Form der Fermifläche sehr weitreichend die elektronischen Eigenschaften des Metalls ablesen. Der Einfachheit halber betrachten wir ein System in nur zwei Dimensionen: Gleichartige Atome mit jeweils zwei freien Elektronen seien in einem zweidimensionalen quadratischen Gitter mit der Gitterkonstante a angeordnet. Die Elektronen bewegen sich nur in der Ebene, nicht senkrecht dazu.

- Berechnen Sie den Fermi-Wellenvektor k_F .
- Zeichnen Sie im reziproken Gitter (siehe Abbildung) maßstäblich den Fermikreis ein.
- In der Abbildung finden Sie neben der 1. Brillouinzone (graues Quadrat) noch die 2. Brillouinzone (gelbe Dreiecke). Zeichnen Sie die Fermi-Flächen im reduzierten Zonenschema für die 1. und 2. Brillouinzone (je ein Bild) und markieren Sie, welche Teile der Brillouinzonen besetzte elektronische Zustände darstellen.

Bemerkung: Eine solche Überlegung erklärt die Existenz zweiwertiger Metalle (z.B. Magnesium).



10.4 Fermi-Kugel (1 Punkt)

- (a) Berechnen Sie im Modell freier Elektronen den Radius der Fermi-Kugel für ein einwertiges Metall mit bcc-Struktur mit kubischer Gitterkonstante a .
- (b) Das Alkalimetall Natrium liegt als bcc-Kristall mit der kubischen Gitterkonstante $a = 4,225 \text{ \AA}$ vor. Berechnen Sie die Leitungselektronendichte n_e , den Radius der Fermi-Kugel k_F und die Fermi-Energie für Natrium unter der Annahme, dass jedes Atom genau ein Leitungselektron zur Verfügung stellt.
- (c) Liegt die Fermi-Kugel vollständig in der ersten Brillouin-Zone? Betrachten Sie hierzu den Fermi-Radius und den Abstand nächster Nachbarpunkte im reziproken Raum. Beachten Sie hierbei, dass das reziproke Gitter eines bcc-Gitters mit kubischer Gitterkonstanten a ein fcc-Gitter mit der kubischen Gitterkonstanten $4\pi/a$ ist.

Weiterführende Fragen zur Diskussion in der Übungsgruppe

- Kann es Materialien mit einer negativen Wärmekapazität geben?
- Wie ändert sich die phononische Wärmeleitfähigkeit, wenn man ein Material Neutronen- oder harter Röntgenstrahlung aussetzt?
- Um wieviel besser leitet isotopenreiner Diamant die Wärme bei der Temperatur des Wärmeleitfähigkeitsmaximums als hochreines Kupfer bei Raumtemperatur?
- Was sind Blochwellen?
- Welche Annahmen werden im Modell des freien Elektronengases gemacht?
- Welche Stoffe lassen sich im Modell des freien Elektronengases beschreiben?
- Wie groß sind die Bandlücken am Brillouinzone-Rand im Modell des freien Elektronengases?
- Was bestimmt die Größe der Bandlücken?