

Festkörperphysik, SoSe 2023

Übungsblatt 9

Prof. Dr. Thomas Michely

Dr. Wouter Jolie (wjolie@ph2.uni-koeln.de)

II. Physikalisches Institut, Universität zu Köln

Ausgabe: **Mittwoch, 14.06.2023**

Abgabe: **Mittwoch, 21.06.2023, bis 8 Uhr über ILIAS**

Aufgabe Nr.:	1	2	3	4	Summe
Points:	5	6	5	4	20
Punkte:					

Bitte Aufgaben zusammen mit Aufgabenblatt als PDF hochladen. Namen, Matrikelnummer und Gruppennummer deutlich lesbar eintragen (sonst Punktabzug). Abgabe in Gruppen zu 2, max. 3 Personen erwünscht. Die Teammitglieder müssen in der gleichen Übungsgruppe sein.

1. [5 Punkte] Kurzfragen

Markieren Sie im folgenden die richtigen Satzenden (Mehrfachauswahl möglich).

- Ein anharmonischer Effekt
 - ist ein Effekt der auftritt, weil die Rückstellkräfte Kräfte bei Auslenkungen der Atome aus ihren Gleichgewichtsposition nicht vollständig linear sind. ☐
 - ist die Volumenausdehnung eines Kristalls mit der Temperatur. ☐
 - ist die Abweichung der Phononendispersion von einem linearen Zusammenhang $\omega = vk$. ☐
 - ist die Abweichung der Wärmekapazität bei tiefen Temperaturen vom Dulong-Petit Gesetz. ☐
 - ist die Abweichung von C_p von C_V . ☐
- Die Wärmeleitfähigkeit in Isolatoren
 - ist immer niedriger als die Wärmeleitfähigkeit von Metallen. ☐
 - beruht auf dem Phononentransport. ☐
 - ist nur von endlicher Größe, weil die Normalprozesse zu einem endlichen Wärmewiderstand führen. ☐
 - besitzt eine ausgeprägte Temperaturabhängigkeit mit einem Maximalwert bei (genauer: sehr nahe) 0 K, der zu höheren Temperaturen allmählich abnimmt. ☐
 - hängt vom Produkt aus Wärmekapazität und freier Weglänge der Phononen ab. ☐

- Die Zustandsdichte eines Elektronengases
 - $Z(k)$ im k -Raum ist proportional zu k^2 . ☐
 - ist abhängig von der Dimensionalität des Festkörpers. ☐
 - $D(E)$ gibt die Anzahl der Elektronen mit Energie zwischen E und $E + dE$ pro Energieintervall dE an. ☐
 - $Z(k)$ im k -Raum ist identisch zur Zustandsdichte der Gitterwellenvektoren. ☐
 - $D(E)$ hängt nicht von der Elektronendichte im Realraum ab. ☐
- Das freie Elektronengas bei tiefen Temperaturen
 - besetzt alle Zustände bis zur Einstein-Temperatur. ☐
 - besitzt eine niedrigere kinetische Gesamtenergie als ein klassisches Elektronengas mit gleicher Teilchenzahl bei der Schmelztemperatur des Materials. ☐
 - kann im k -Raum als eine Hohlkugel von besetzten Zuständen visualisiert werden, die die sogenannte Fermifläche bilden. ☐
 - besitzt eine Fermitemperatur der Größenordnung 100 K. ☐
 - besitzt einen Fermigasdruck, der weiße Zwerge vor dem vollständigen Kollaps bewahrt. ☐
- Das freie Elektronengas
 - ist eine Näherung für das Verhalten von Valenzelektronen in Metallen. ☐
 - berücksichtigt die Wechselwirkung der Elektronen mit allen anderen Elektronen in Form eines effektiven Potentials. ☐
 - in einem endlichen Volumen besitzt eine kontinuierliche variierende Energie der Elektronenwellen. ☐
 - besetzt bei $T = 0$ aufgrund des Pauli-Prinzips jeden durch $k = \frac{2\pi}{L}(n_x, n_y, n_z)$ definierten Zustand mit $k < k_F$ mit genau einem Elektron. ☐
 - kann als Näherung auch für die Beschreibung des Elektronenverhaltens in Isolatoren eingesetzt werden. ☐

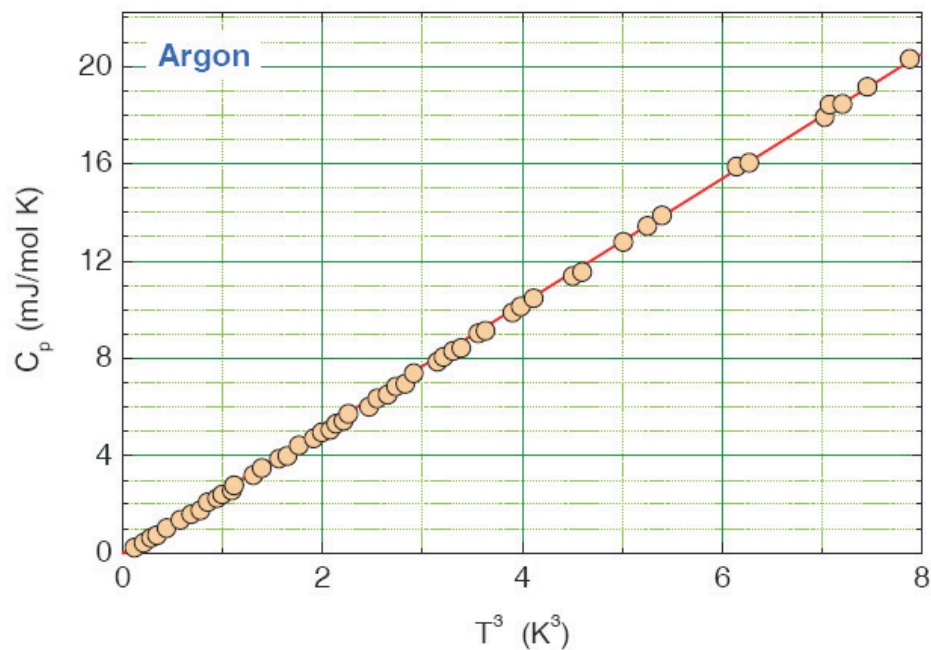
2. [6 Punkte] Zustandsdichte für freie Elektronen in verschiedenen Dimensionen

- (a) Berechnen Sie die Zustandsdichte $Z(k)$ im k -Raum eines freien Elektronengases in 1 und 2 Dimensionen. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit dem dreidimensionalen Fall.
- (b) Berechnen Sie die Zustandsdichte $D(E)$ im Energieraum für freien Elektronen in 1 und 2 Dimensionen unter Verwendung der Dispersionsrelation. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit dem dreidimensionalen Fall.

3. [5 Punkte] Spezifische Wärme

- (a) Berechnen Sie die spezifische Wärme von 1 g Kupfer bei hohen Temperaturen.
- (b) Betrachten Sie das Tieftemperaturverhalten der spezifischen Wärme von Argon (siehe Abbildung) und schätzen Sie daraus die mittlere Schallgeschwindigkeit ab.

Hinweis: Das molare Volumen von festem Argon beträgt $22.56 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mol}$.



nach L. Finegold und N. E. Philips, Phys. Rev. 177 1383 (1969)

4. [4 Punkte] Alkalimetall

Berechnen Sie für Na die Fermienergie E_F , Fermitemperatur T_F , den Fermiwellenvektor k_F , die Fermigeschwindigkeit v_F , die Fermiwellenlänge λ_F sowie die (elektronische) Kompressibilität κ . Schlagen Sie dazu in der Literatur die Gitterkonstante und die Kristallstruktur von Na nach.

Erreichbare Gesamtpunktzahl: 20