

Übungen zur Physik V: Festkörperphysik (WS 2010/2011)

A. Ustinov / G. Fischer

Übungsblatt 4

Besprechung am 18. November 2010

Aufgabe 1

Zur Strukturanalyse von Festkörpern können Elektronen, Neutronen oder Photonen (Röntgenstrahlen) eingesetzt werden. Dabei muss die Wellenlänge der Analysestrahlen im atomaren Bereich liegen. Bei welcher Energie beträgt die De-Broglie-Wellenlänge eines Elektrons, Neutrons oder Photons $\lambda = 0,2 \text{ nm}$? Bei welcher Temperatur haben Elektronen und Neutronen diese mittlere kinetische Energie?

Aufgabe 2

Berechnen Sie für ein kubisches Kristallgitter mit der Kantenlänge $a = 2,62 \text{ Å}$ die Bragg-Winkel, die zu den Reflexionen an den Ebenen (100), (110), (111), (200), (210) und (211) gehören. Bei Aluminium beträgt der entsprechende Bragg-Winkel für die Reflexion an der (111) Ebene $19,2^\circ$. Wie groß ist der Netzebenenabstand?

Hinweis: $\lambda = 1,54 \text{ Å}$, Al bildet ein kubisch-flächenzentriertes Gitter.

Aufgabe 3

Die Intensität einer gestreuten Welle ist $I = I_0 \cdot \exp[-\frac{1}{3} \langle u^2 \rangle G^2]$. Dabei ist I_0 die Intensität der Streuwelle des starren Gitters und die Exponentialfunktion der Debye-Waller-Faktor. $\langle u^2 \rangle$ ist das mittlere Auslenkungsquadrat eines Atoms und $\mathbf{G}$ die Änderung des Wellenvektors bei der Reflexion.

- a) Zeigen Sie, dass das klassische Ergebnis bei hohen Temperaturen lautet:

$$I(T) = I_0 \cdot \exp\left[-\frac{k_B T G^2}{3M\omega^2}\right].$$

Benutzen Sie dazu die mittlere potentielle Energie eines klassischen harmonischen Oszillators (M ist die Masse eines Atoms und ω die Frequenz des Oszillators).

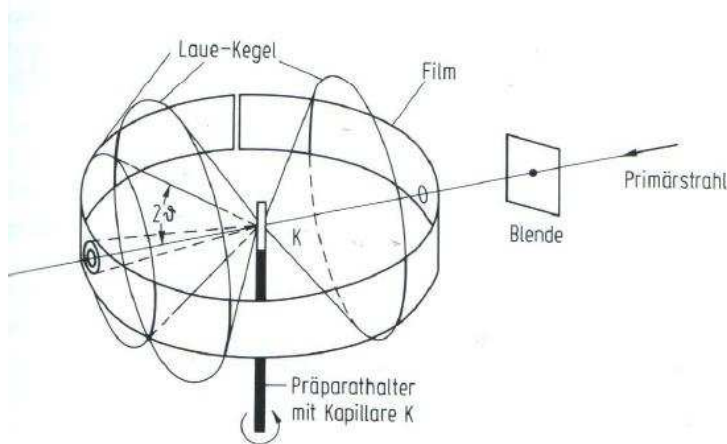
- b) Was lernt man aus diesem Zusammenhang über die Temperaturabhängigkeit der Intensität von gebeugten Linien?

Aufgabe 4

- Berechnen Sie den Strukturfaktor S_{hkl} für die CsCl-Struktur (sc). Diskutieren Sie den Übergang der CsCl-Struktur zum einatomaren bcc-Gitter. Wie ändert sich dabei der Strukturfaktor?
- Sowohl CsCl als auch CsI haben eine einfach kubische Struktur. Bei der Röntgenbeugung von CsCl und CsI stellen Sie fest, dass bei CsI der (100) Reflex ausgelöscht ist, während er bei CsCl klar vorhanden ist. Wie kann man dieses experimentelle Ergebnis erklären? Hinweis: betrachten Sie jeweils die Elektronenkonfiguration der Atome.

Aufgabe 5

Eine pulverförmige Probe eines Elements mit kubischer Kristallstruktur wird mit einer Debye-Scherrer-Aufnahme analysiert. Die folgenden Abstände zwischen symmetrisch zum direkten Strahl liegenden Linien werden gemessen: 43,40 mm; 50,60 mm; 74,41 mm; 90,21 mm und 95,21 mm. Der um die Probe ringförmig angeordnete Filmstreifen hat einen Durchmesser von 57,3 mm. Es wird monochromatische Röntgenstrahlung der Wellenlänge $\lambda = 0,154 \text{ nm}$ (Cu- K_α -Linie) eingestrahlt. Indizieren Sie die Linien, berechnen Sie die Gitterkonstante und bestimmen Sie die Kristallstruktur. Um welches Element könnte es sich handeln?



Hinweise: Rechnen Sie in der Bragg-Bedingung mit $n = 1$. Für den Öffnungswinkel α der Reflexkegel gilt: $\alpha = 4\vartheta$. Zur Indizierung der Linien müssen Sie verschiedene hkl einfach ausprobieren! Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit der Literatur (z.B. Tabelle von Gitterkonstanten im Ashcrof/Mermin).