

Festkörperphysik, SoSe 2023

Übungsblatt 4

Prof. Dr. Thomas Michely

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

II. Physikalisches Institut, Universität zu Köln

Ausgabe: **Mittwoch, 03.05.2023**

Abgabe: **Mittwoch, 10.05.2023, bis 8 Uhr über ILIAS**

Aufgabe Nr.:	1	2	3	4	Summe
Points:	5	3	7	5	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).

- Die Lauesche Beugungsbedingung
 - kann auch so formuliert werden: $\vec{k}' - \vec{k} = \vec{G}$. Hierbei sind \vec{k}' , \vec{k} , und \vec{G} der Wellenzahlvektor der ausfallenden Strahlung, der Wellenzahlvektor der einfallenden Strahlung und \vec{G} ein reziproker Gittervektor. ☐
 - kann aus der Braggschen Beugungsbedingung abgeleitet werden, aber nicht umgekehrt. ☐
 - gilt auch für inelastische Streuung. ☐
 - ist erfüllt, wenn der am Ursprung des reziproken Raums angetragene Wellenvektor \vec{k} mit seiner Spitze auf dem Rand der 1. Brillouinzone liegt. ☐
 - kann auch in zwei Dimensionen in der Form $\vec{k}^\perp - \vec{k}'^\perp = \vec{G}^\perp$ geschrieben werden, wo \vec{k}^\perp , \vec{k}'^\perp , und \vec{G}^\perp die zum zweidimensionalen Kristall senkrechten Komponenten von \vec{k} , \vec{k}' und \vec{G} sind. ☐
- Der Strukturfaktor einer Kristallstruktur zu einem reziproken Gittervektor \vec{G}
 - gibt die Streuamplitude einer Einheitszelle in die Richtung des Wellenvektors \vec{k} an, für den die Differenz von \vec{k} und \vec{k}' identisch mit \vec{G} ist. ☐
 - kann als Summe von Atomformfaktoren geschrieben werden. ☐

- ist betragsmäßig proportional zur Quadratwurzel der Streuintensität in die Richtung von \vec{k} . ☐
- ist in der kubisch flächenzentrierten Kristallstruktur eines Metalls für kleine (hkl) häufig Null, weil die Basisatome der Einheitszelle destruktiv miteinander interferieren. ☐
- ist betragsmäßig umgekehrt proportional zur Temperatur beim Streuexperiment. ☐
- Der Atomformfaktor eines Basisatoms
 - gibt das Streuvermögen dieses Atoms als Funktion des Streuvektors \vec{G} an. ☐
 - ist unter der Annahme, dass alle Elektronen eines Atoms an einem Punkt konzentriert sind identisch zu 1. ☐
 - ist für kugelsymmetrische Elektronenverteilungen wie bei Edelgasatomen identisch zu 1. ☐
 - ist die Fouriertransformierte der Elektronendichte dieses Basisatoms. ☐
 - wird umso größer, je länger der entsprechende reziproke Gittervektor ist. ☐
- Zu den experimentellen Röntgenbeugungsverfahren zählen Verfahren bei denen
 - ein Pulver kleiner völlig ungeordneter Kristallite untersucht wird. ☐
 - Beugung an einem Kristall in fester Ausrichtung unter Verwendung monochromatischer Röntgenstrahlung durchgeführt wird. ☐
 - ein Kristall im Röntgenstrahl gedreht wird und bei der beim Auftreten eines Reflexes der Winkel 2θ zwischen einfallender und ausfallender Röntgenstrahlung die wesentliche Messgröße ist. ☐
 - Synchrotronstrahlung eingesetzt wird. ☐
 - das Ewald-Verfahren verwendet wird um Schäden an empfindlichen Kristallen zu vermeiden. ☐
- Folgende Partikel sind geeignet um Beugung an Kristallen durchzuführen
 - Photonen im Energiebereich um 1 keV (weiche Röntgenstrahlung). ☐
 - Heliumatome thermischer Energie. ☐
 - Elektronen mit Energien um 100 eV. ☐
 - Photonen im Energiebereich um 10 eV (UV Strahlung). ☐
 - Neutrinos thermischer Energie. ☐

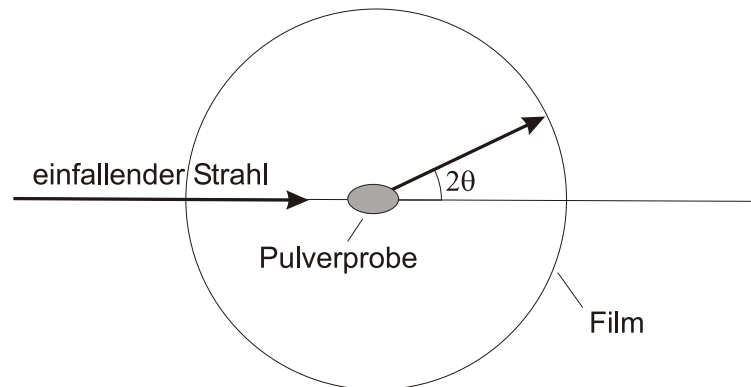
2. [3 Punkte] **Strukturfaktor**

Betrachten Sie ein kubisch-flächenzentriertes Gitter als einfach kubisches Gitter mit vieratomiger Basis. Leiten Sie nun die entsprechenden Strukturfaktoren ab und vergleichen Sie das Ergebnis mit dem in der Vorlesung betrachteten bcc-Gitter.

3. [7 Punkte] **Pulverdiffraktometrie (Debye-Scherrer-Methode)**

Pulverproben von drei verschiedenen monoatomaren kubischen Kristallen A, B, C wurden mit der Debye-Scherrer-Methode untersucht (siehe Skizze). Für die ersten vier Beugungsringe wurden die in der Tabelle angegebenen Winkel 2θ gemessen.

A	B	C
$42,2^\circ$	$28,8^\circ$	$42,8^\circ$
$49,2^\circ$	$41,0^\circ$	$73,2^\circ$
$72,0^\circ$	$50,8^\circ$	$89,0^\circ$
$87,3^\circ$	$59,6^\circ$	$115,0^\circ$

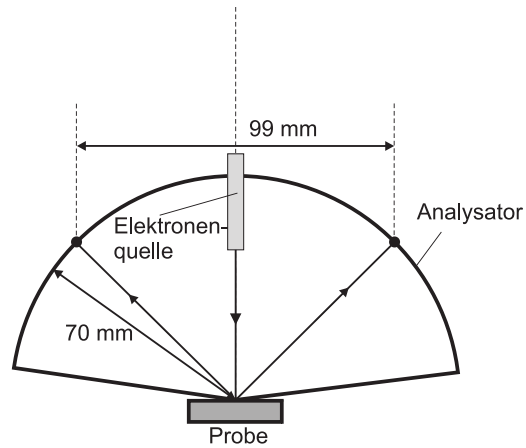


Es ist bekannt, dass eine Probe die kubisch-flächenzentrierte (fcc), eine die kubisch-raumzentrierte (bcc) und eine die Diamantstruktur hat. Ordnen Sie die Proben A, B und C den oben angegebenen Kristallstrukturen zu. Verwenden Sie folgende Strukturfaktoren:

$$\begin{aligned}
 S_{\text{fcc}} &= \begin{cases} 4 & \text{wenn } h, k, l \text{ gerade,} \\ 4 & \text{wenn } h, k, l \text{ ungerade,} \\ 0 & \text{sonst,} \end{cases} \\
 S_{\text{bcc}} &= \begin{cases} 2 & \text{wenn } (h + k + l) \text{ gerade,} \\ 0 & \text{wenn } (h + k + l) \text{ ungerade,} \end{cases} \\
 S_{\text{Diamant}} &= \begin{cases} 4 & \text{wenn } h, k, l \text{ gerade und } (h + k + l) = 4n, \\ 4 & \text{wenn } h, k, l \text{ ungerade,} \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases}
 \end{aligned}$$

4. [5 Punkte] Elektronenbeugung

Sie beobachten das LEED-Bild einer fcc(111)-Oberfläche mit einem Halbkugelanalysator, der einen Radius von 70 mm besitzt (siehe Skizze). Sie erhöhen langsam die Elektronenenergie und beobachten, dass ab ca. 40 eV die ersten Beugungsreflexe auf den Schirm wandern. Bei 48 eV haben zwei gegenüberliegende Reflexe auf dem Schirm den Abstand von 99 mm. Aus welchem Material besteht die Probe?



Erreichbare Gesamtpunktzahl: 20