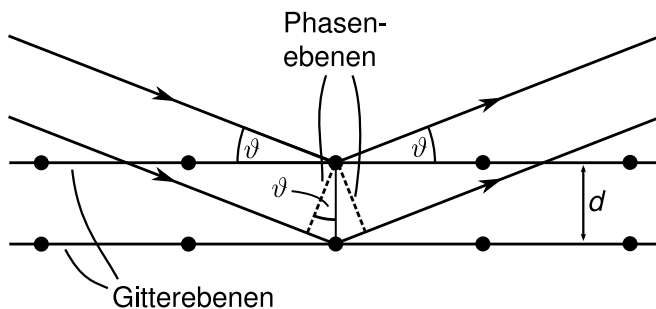


## Übungen zur Physik IV: Integrierter Kurs (Exp) Sommersemester 2023

Prof. Dr. Mikhail Fonin

Übungsblatt 1, Ausgabe: 17.04.2023, Abgabe: 24.04.2023  
Besprechung in den Übungen am 26.04.2023

Aufgabe 1: Röntgenstreuung an Kristallen (schriftlich abzugeben) (10 Punkte)

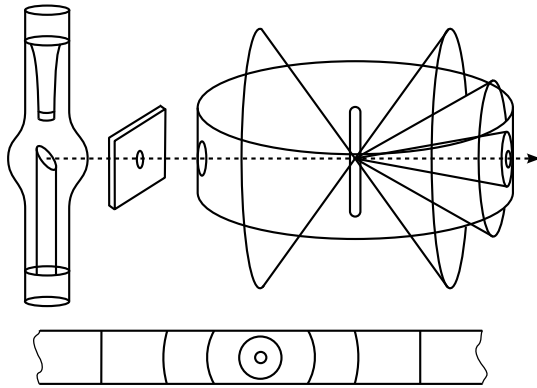


Skizze zur Bragg-Bedingung<sup>1</sup>

- Leiten Sie die Bragg-Bedingung für konstruktive Interferenz von an Kristallen gestreuter monochromatischer Röntgenstrahlung her.
- Angenommen in der Skizze befände sich eine weitere Gitterebene zwischen den beiden Eingezeichneten. Erläutern Sie, weshalb die Bragg-Bedingung (für die Beugungsordnung  $n = 1$ ) in diesem Fall zu destruktiver Interferenz führt.
- Was ist der kleinste Ebenenabstand  $d_{\min}$  der bei gegebener Wellenlänge  $\lambda$  Bragg-Reflexion erzeugen kann?
- Zeigen Sie, dass gestreute Strahlen zweier Atome in ein und derselben Gitterebene einen Gangunterschied von exakt Null haben (wir bleiben bei Einfallswinkel = Ausfallswinkel).
- Macht es einen Unterschied, ob Atome in benachbarten Ebenen direkt untereinander liegen oder versetzt? Geben Sie eine kurze Begründung an.

<sup>1</sup>nach Wolfgang Demtröder. Experimentalphysik 3 - Atome, Moleküle und Festkörper. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009 und Vorlesungsskript

- f) Wieso reicht es, den Spezialfall Einfallswinkel = Ausfallswinkel zu betrachten, um trotzdem alle Streuszenarien an allen im Kristall vorhandenen Ebenen zu erfassen?
- g) in der Debye-Scherrer-Methode werden Kristallpulver bestrahlt, welche zusätzlich gedreht werden. Damit wird erreicht, dass jede Orientierung der Gitterebenen vorkommt. Die Kegel-Geometrie der gebeugten Strahlung ist eine Folge davon. Sei  $\psi$  der Streuwinkel zwischen Primärstrahl und Kegelfläche. Leiten Sie für monochromatische Strahlung anhand einer Skizze her wie  $\psi$  und  $\vartheta$  zusammenhängen.



Skizze zum Debye-Scherrer-Verfahren<sup>2</sup>

- h) Zeigen Sie anhand des Bragg-Gesetzes, dass der kleinste auftauchende Winkel eindeutig vom größten im Kristall existierenden Gitterabstand stammt (berücksichtigen Sie dabei Teilaufgabe b) ).
- i) Sie messen mit dem Debye-Scherrer-Verfahren einen kleinsten Streuwinkel  $\psi = 7^\circ$ . Die Wellenlänge der Röntgenquelle beträgt  $\lambda = 0.49 \text{ \AA}$ . Wie groß ist der Radius der Atome unter Annahme eines kubischen Gitters aus sich berührenden Kugeln?
- j) Wie groß ist der nächstgrößere Streuwinkel  $\psi$ ?

<sup>2</sup>nach H. Haken; H.C. Wolf. Atom- und Quantenphysik. Springer, 2004 und Vorlesungsskript

Aufgabe 2: Viele kleine Atome (1 Kreuzchen)

- a) Schätzen Sie grob den Durchmesser eines Atoms eines Stoffes der Molmasse  $M$  mit Hilfe der Dichte  $\rho$  ab ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $M = 50 \text{ kg/kmol}$ ). Nehmen Sie die Atome als Kugeln an.
- b) Schätzen Sie den Abstand zweier benachbarter  $\text{H}_2\text{O}$ -Moleküle in Wasser unter Normalbedingungen sowie in Wasserdampf bei  $p = 100 \text{ Pa}$  (= 1 mBar) und  $T = 300 \text{ K}$  ab. Für Wasser gehen Sie von bekannter Dichte und Molmasse aus und rechnen wie in a). Für Wasserdampf benutzen Sie das ideale Gasgesetz. Nehmen Sie an, dass jedem  $\text{H}_2\text{O}$ -Molekül ein kugelförmiges Volumen zuzuordnen ist, Sie diese Kugelvolumina jedoch ohne Raumverlust packen können.
- c) Wie lange würde es dauern, die  $\text{H}_2\text{O}$ -Moleküle eines Wassertropfens (Kugelform) des Durchmessers 1 mm zu zählen? Die Zählgeschwindigkeit betrage 5 Moleküle pro Sekunde.