

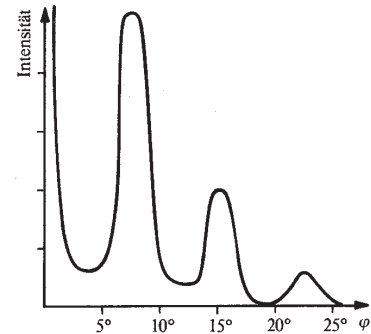


Übungen zu Experimentalphysik II für Biologen

Blatt 01

Aufgabe 1:

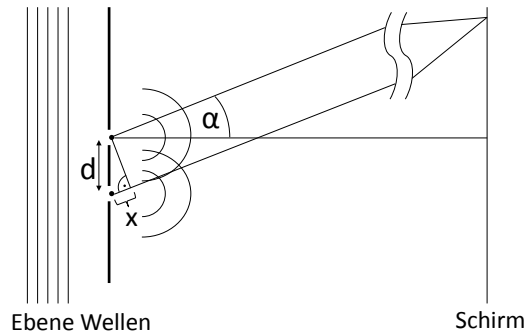
Sie promovieren in Biologie und wollen die Struktur eines neu entdeckten Proteins aufklären. Beim Nachdenken über mögliche Optionen erinnern Sie sich an die äußerst interessante Vorlesung „Physik für Biologen II“ bei einem netten Dozenten, der Ihnen die Röntgenstrukturanalyse nähergebracht hat. Daraufhin isolieren, reinigen und kristallisieren Sie das Protein (wenn Ihnen das vor 1926 gelungen wäre, hätten Sie sich über den Nobelpreis für Chemie freuen dürfen). Nun stellen Sie das Gebilde in einen Röntgenstrahl, um die Gitterebenenabstände des Kristalls zu vermessen und so auf die Struktur des Proteins rückschließen zu können. Doch halt! Wie lautet doch gleich die Formel zur Bestimmung des Gitterebenenabstandes in Abhängigkeit des Streuwinkels? Da müssen Sie noch mal scharf nachdenken und in Ihrem alten Aufschrieb stöbern...



- Geben Sie die Skizze an, mit der sich die oben genannte Formel herleiten und verstehen lässt, um Ihrem Masterstudenten, der die genannte Vorlesung leider nicht besucht hat, die Bragg-Reflexion zu erklären.
- Sie schießen nun mit Röntgenstrahlung der Wellenlänge 282 pm ($1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$) auf den Kristall. Wissen Sie eigentlich, mit welcher Frequenz Sie da einstrahlen?
- Sie erhalten das obige Reflexionsspektrum. Wie groß ist der Netzebenenabstand Ihres Proteinkristalls? (Wenn Sie das vor 1962 herausgefunden hätten, wäre der Nobelpreis für Chemie in diesem Jahr an Sie gegangen.)

Aufgabe 2: Doppel- und Einzelspalt

Das *huygensche Prinzip* beschreibt die Ausbreitung von Wellenfronten und besagt, dass jeder Punkt einer Wellenfront als Ausgangspunkt neuer Elementarwellen angesehen werden kann, deren Überlagerung (Superposition) die neue Wellenfront ergibt. Darüber hinaus lässt sich mit diesem fundamentalen Modell die Auswirkung von (geometrisch schlichten) Inhomogenitäten im Raum auf die Ausbreitung ebener Wellen elegant erklären und quantitativ beschreiben (z.B. Reflexion oder Ablenkung an einer Grenzfläche mit Brechungsindexunterschied). Wir wollen dies nun anwenden um Interferenzphänomene ebener Wellen beim Durchgang durch einen Doppel- und Einzelspalt zu erklären.



- Eine ebene Wellenfront monochromatischen Lichtes der Wellenlänge 600 nm fällt auf einen Doppelspalt mit Spaltabstand $d = 1 \text{ mm}$. Die beiden Spalte seien sehr schmal im Vergleich zum Spaltabstand. Dadurch können sie jeweils als Ausgangspunkt **einer** neuen elementarwelle angesehen werden. Nach dem Durchgang treffen die Strahlen auf einen sehr weit entfernten Schirm, sodass der Unterschied in den Ablenkwinkeln zweier Strahlen, die auf den gleichen Punkt auf dem Schirm treffen vernachlässigt werden kann (siehe Abbildung). Wie hängt der Gangunterschied x der beiden Strahlen mit Spaltabstand d und Ablenkwinkel α zusammen? Unter welchen Winkeln treten somit Beugungsminima (destruktiv interferierende Strahlen) und Beugungsmaxima (konstruktiv interferierende Strahlen) auf? Berechnen Sie die Winkel für das erste Minimum und Maximum und skizzieren sie qualitativ das Intensitätsmuster auf dem Schirm!
- Nun fällt die Wellenfront auf einen Einzelspalt der Breite $d = 20 \mu\text{m}$. Um nun das Beugungsmuster auf dem Schirm zu bestimmen, muss der Spalt als endlich breit und als Ausgangspunkt von beliebig vielen Elementarwellen betrachtet werden. Welchen "Trick" könne Sie jedoch anwenden um trotzdem auf die Winkel zu schließen unter denen Beugungs**minima** auftreten? (Überlegen Sie sich unter welchen Bedingungen **alle** Strahlen gleichzeitig destruktiv interferieren!) Berechnen Sie den Winkel des ersten Beugungsminimums!