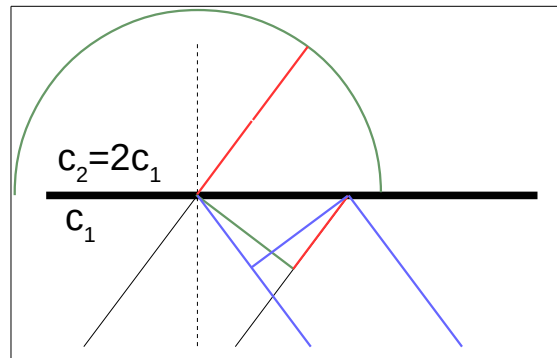


Lösung

- 1 Von schräg unten links kommend trifft eine gerade Wellenfront auf die fett eingezeichnete Trennschicht zwischen zwei Medien. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist im oberen Medium doppelt so groß wie im unteren. Entscheiden Sie (schriftliche Begründung) durch vorheriges Ablesen/Zeichnen oder Rechnen, ob die Welle in das obere Medium übertritt oder ob das nicht geschehen kann und skizzieren Sie den weiteren Verlauf der Welle.



Wenn die linke Kante der Wellenfront an der Trennschicht ankommt (grüne Strecke), muss die rechte Kante noch die rote Strecke durchlaufen. Da $c_2=2c_1$, ist dann, wenn die rechte Kante an der Trennschicht ankommt, die Huygenssche Elementarwelle der linken Kante auf dem grünen Kreis angekommen. Da die rechte Ecke des grünen Halbkreises aber rechts vom Punkt liegt, an dem die rechte Seite der Wellenfront an der Trennschicht ankommt, ist eine neue Wellenfront im oberen Bereich nicht möglich. Es findet deshalb Totalreflexion statt (siehe Einzeichnungen in blauer Farbe).

- 2 Durch ein Gitter fällt rotes Laserlicht der Wellenlänge $\lambda=632\text{ nm}$. In der Entfernung $a=10\text{ m}$ hinter dem Gitter ist das 1. Nebenmaximum 5 cm neben dem Hauptmaximum zu erkennen. Leiten Sie mit Hilfe zweier Zeichnungen die Formel $g = \frac{\lambda}{\sin\left(\arctan\frac{x}{a}\right)}$ her und berechnen

Sie, wie viele Gitteröffnungen pro 1 mm vorhanden sind.

Aus nebenstehenden Skizzen entnimmt man die Beziehungen

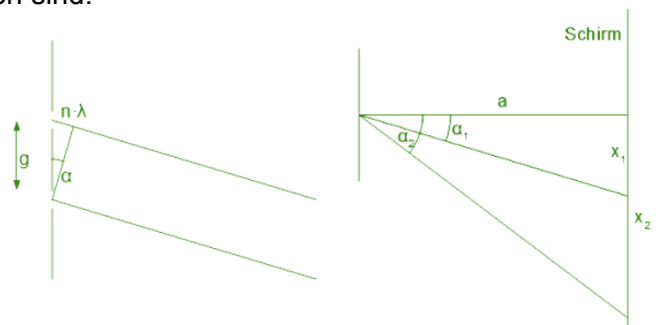
$$\sin\alpha = \frac{n \cdot \lambda}{g} \rightarrow g = \frac{n \cdot \lambda}{\sin\alpha} ; \tan\alpha = \frac{x}{a} \rightarrow \alpha = \arctan\frac{x}{a}$$

$$\rightarrow g = \frac{n \cdot \lambda}{\sin\left(\arctan\frac{x}{a}\right)}$$

Mit $n=1$ folgt die herzuleitende Formel.

$$g = \frac{\lambda}{\sin\left(\arctan\frac{x}{a}\right)} = \frac{632\text{ nm}}{\sin\left(\arctan\frac{5\text{ cm}}{10\text{ m}}\right)} = \frac{632 \cdot 10^{-9}\text{ m}}{\sin\left(\arctan\frac{5}{1000}\right)} = 1,264 \cdot 10^{-4}\text{ m}$$

Es passen $\frac{1}{1,264 \cdot 10^{-4}} = 7911$ Gitteröffnungen auf einen Meter und damit etwa $7,911 \approx 8$ Gitteröffnungen auf einen Millimeter.



- 3 Wird ein Elektroskop geladen und fällt dann UV-Licht auf eine auf das Elektroskop aufgesetzte geschmirgelte Metallplatte, so wird das Elektroskop entweder a) entladen oder b) nicht entladen. Geben Sie an, welche Ladungsart sich bei a) und bei b) auf dem Elektroskop befindet und erklären Sie, wie der unterschiedliche Effekt bei a) und bei b) zustande kommen.

Fall a): Das Elektroskop ist negativ geladen. Auf Grund des Fotoeffekts schlagen die Photonen des UV-Lichts die Elektronen aus der Platte, sodass sich das Elektroskop entlädt.

Fall b): Das Elektroskop ist positiv geladen. Da das UV-Licht elektrisch neutral ist (und damit nicht negativ) und die positiven Ladungen (Protonen im Atomkern) zu schwer und zu fest gebunden sind, als dass sie durch UV-Licht frei gesetzt werden könnten, ändert sich an der Ladung des Elektroskops nichts. Das Elektroskop wird nicht entladen.

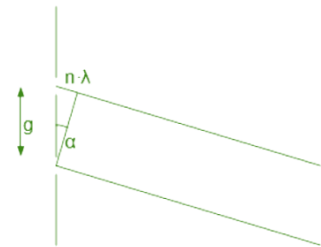
- 4 Mikrowellen der Wellenlänge $\lambda = 3,5 \text{ cm}$ werden durch einen Doppelspalt mit der Gitterkonstante $g = 2 \text{ cm}$ geschickt. Im Abstand von 50 cm hinter dem Doppelspalt sollen das Hauptmaximum und die Nebenmaxima gemessen werden. Geben Sie mit Begründung an, wie viele Nebenmaxima man höchstens messen kann.

Man kann keine Nebenmaxima messen, da die Wellenlänge größer als die Gitterkonstante ist.

Rechnerisch kann man das mit Hilfe der Formel $\sin \alpha = \frac{n \cdot \lambda}{g}$ zeigen:

Der Winkel α kann nur Werte zwischen 0° und 90° annehmen, $\sin \alpha$ kann also nur Werte zwischen 0 und 1 besitzen mit 1 als größtem Wert.

Es gilt also $\frac{n \cdot \lambda}{g} \leq 1 \rightarrow n \leq \frac{g}{\lambda} = \frac{2 \text{ cm}}{3,5 \text{ cm}} \approx 0,57$, also $n=0$.

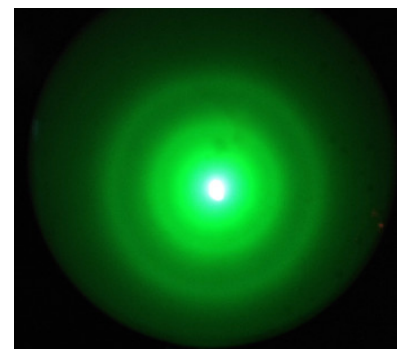


- 5 Beim Elektronenbeugungsversuch haben wir gesehen, dass Elektronen sowohl Welleneigenschaft als auch Teilcheneigenschaft besitzen. Erläutern Sie, auf Grund welcher Versuchsergebnisse diese Eigenschaften nachgewiesen werden können.

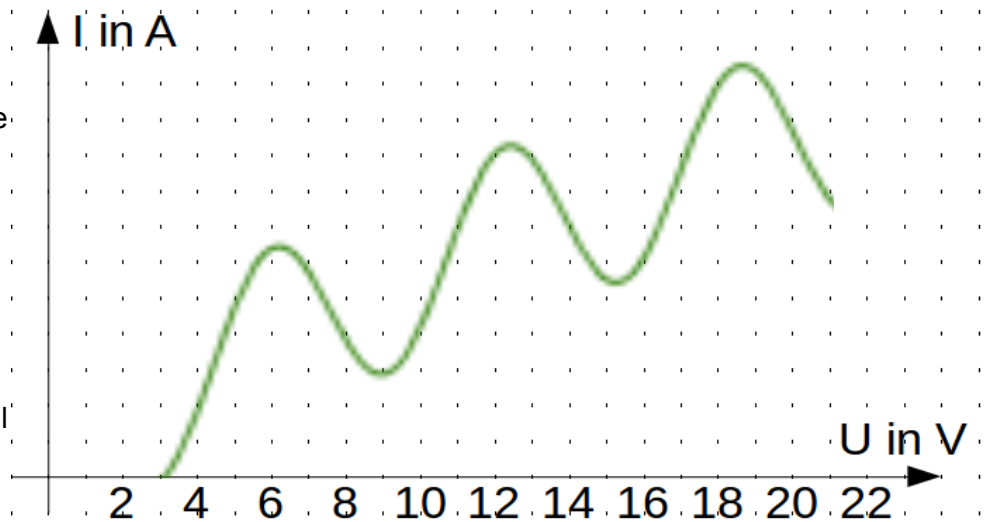
In Vorwärtsrichtung fliegen die meisten Elektronen und erzeugen einen hellen Fleck auf dem Bildschirm. Um diesen Fleck herum sieht man aber eine Ringstruktur, die nur als Interferenzerscheinung zu erklären ist, woraus folgt, dass die Elektronen Welleneigenschaften besitzen müssen.

Wird der Röhre von der Seite ein Magnet genähert, so wird entsprechend der 3-Finger-Regel der linken Hand die gesamte Erscheinung auf dem Schirm, also Hauptmaximum und Nebenmaxima, seitlich verschoben. Da die Bestimmung der Ablenkung von Elektronen im Magnetfeld auf die Flugbahn der Elektronen Bezug nimmt, müssen Elektronen also zeitgleich zur Welleneigenschaft auch Teilcheneigenschaft besitzen.

Da die Elektronen nicht zugleich Teilchen und Welle sein können, spricht man Ihnen die Identität "Teilchen" und die Identität "Welle" ab und sagt: Elektronen sind quantenmechanische Objekte, die je nach Versuch Wellen- oder Teilcheneigenschaft zeigen. Die Welleneigenschaft gibt ein Maß dafür an, mit welcher Wahrscheinlichkeit Elektronen an einer bestimmten Stelle zu finden sind.



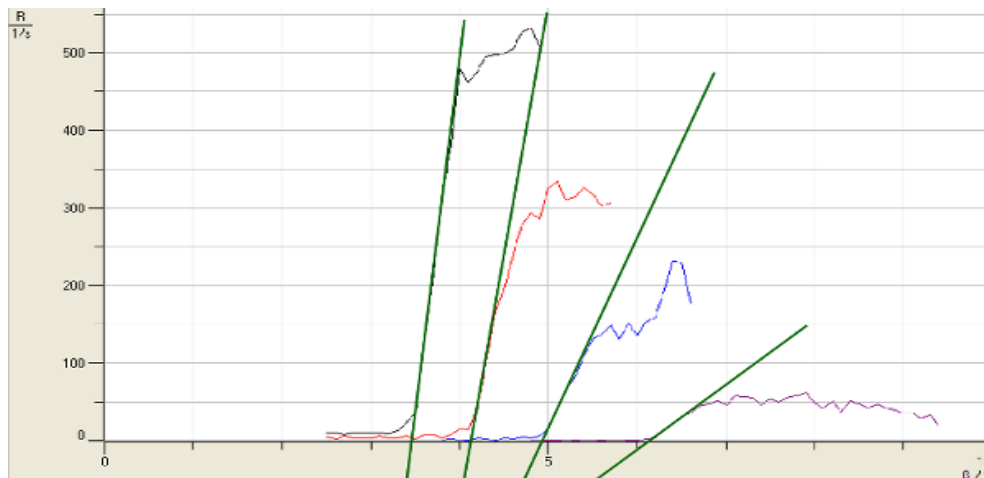
- 6 Beim Franck-Hertz-Versuch werden durch beschleunigte Elektronen die Atome eines Gases mit der Energie $E = 10 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ angeregt. Zeichnen Sie in das Koordinatensystem ein dazu passendes Diagramm. (Gegenspannung soll vernachlässigt werden!)



Umrechnung der Energie in eV: $E = 10 \cdot 10^{-19} \text{ J} = \frac{10 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ eV} = 6,25 \text{ eV}$

Die Maxima und Minima im Diagramm müssen also einen Abstand von 6,25 V besitzen.

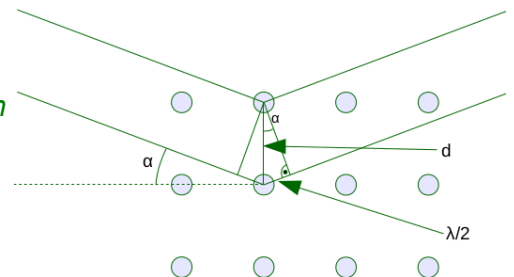
- 7 Im Diagramm sind Ausschnitte von 4 Röntgenspektren zu sehen. Der auf der waagrechten Achse abgetragene Winkel β ist der Winkel, unter dem das Zählrohr die Röntgenstrahlen empfängt.



Die Gleichung $\sin \alpha = \frac{\lambda}{2 \cdot d}$ bezieht sich auf den Winkel α , um den das Kristallgitter zum Röntgenstrahl gedreht ist und die Wellenlänge λ der Röntgenstrahlung. $d = 564 \text{ pm}$

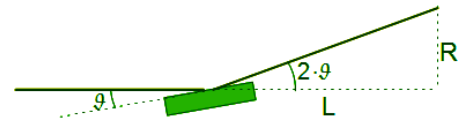
- 7.1 Beschreiben Sie unter Verwendung einer Skizze, woher der Faktor 2 im Nenner der Formel kommt.

Im Kristallgitter werden die Röntgenstrahlen an den einzelnen Atomen gestreut. Die meiste Energie wird reflektiert an den Kristallgitterebenen. Der Gangunterschied zweier an benachbarten Atomen gestreuter Wellen beträgt λ , wenn ein Maximum zu sehen ist. Aus der Zeichnung ist zu ersehen, dass sich der Gangunterschied λ aus 2 Gangunterschieden $\lambda/2$ zusammensetzt. Statt λ wie bei der Streuung am Strichgitter steht hier also bei der Braggreflexion $\lambda/2$ mit dem Faktor 2 im Nenner.



7.2 Erläutern Sie, warum für die Winkel die Beziehung $\beta=2\alpha$ gilt.

Wie aus der Skizze zu ersehen ist, führt bei der Reflexion am Kristallgitter der Drehwinkel α (hier als ϑ geschrieben) zu dem gesamten Ablenkwinkel 2α , der als Winkel β im Diagramm abgetragen wird.



7.3 Berechnen Sie die Spannungen, die für die 4 Messkurven am Röntgengerät eingestellt wurden.

Am linken Rand des Spektrums sind die Röntgenphotonen registriert worden, die sich aus der Gesamtenergie der Elektronen beim Abbremsen in der Röntgenanode gebildet haben.

Die Gesamtenergie der Elektronen ist $E = e \cdot U_B$ mit der Beschleunigungsspannung U_B .

Die Röntgenphotonen haben dann die Energie $E = h \cdot f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$.

Da die Energiewerte gleich sind, gilt $e \cdot U_B = \frac{h \cdot c}{\lambda} \rightarrow U_B = \frac{h \cdot c}{e \cdot \lambda}$.

λ folgt aus der gegebenen Gleichung: $\sin \alpha = \frac{\lambda}{2 \cdot d} \rightarrow \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \alpha \stackrel{\beta=2\alpha}{=} 2 \cdot d \cdot \sin \frac{\beta}{2}$

Insgesamt folgt für die Spannung: $U_B = \frac{h \cdot c}{e \cdot 2 \cdot d \cdot \sin \frac{\beta}{2}}$

Rechnung mit dem Taschenrechner: β -Werte in L1 und Formel für U_B in L2:

L1	β	L3	Z
3.5	35924	-----	
4.2	29939		
4.9	25664		
6.2	20287		
-----	-----		
L2 = "H*C/(E*2*D*s)			

Es ergeben sich also etwa die Spannungswerte 36000 V, 30000 V, 25500 V, 20000 V.

VIEL ERFOLG BEI DER BEARBEITUNG DER AUFGABEN!