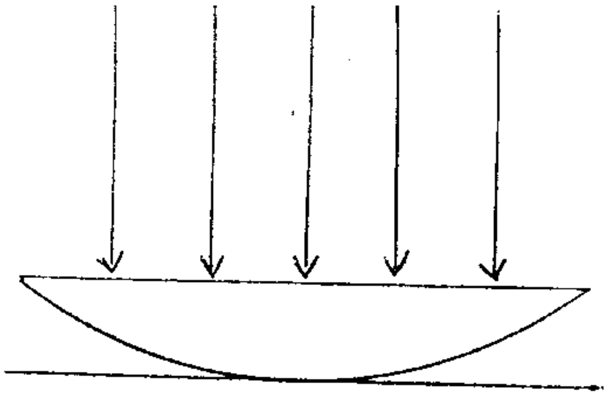
Newtonsche Ringe

1. Zur Demonstration der Newtonschen Ringe benutzt man eine Glasplatte auf der eine schwach gekrümmte und **sehr** dünne Plankonvexlinse liegt.



1.1. Fertige eine ausführliche Versuchsbeschreibung an. Erläutere, wie die Interferenz zustande kommt.

1.2. Leite für den senkrechten Lichteinfall die Formel:

$$\lambda \approx \frac{r^2}{n \cdot R}$$

her.
r: Radius eines dunklen Ringes
n: Ordnung der Interferenz
R: Krümmungsradius der Plankonvexlinse
(Hinweis: Eine Linse ist Ausschnitt einer Kugel, bzw im Querschnitt, Ausschnitt eines Kreises. Ein Zwischenergebnis:
$(d = \frac{r^2}{2 \cdot R})$

1.3. Warum ist die Mitte des Interferenzbildes in Reflexion dunkel? Was beobachtet man in Durchsicht? Warum werden die Ringe nach außen hin schmaler?

1.4. Der Versuch wird einmal mit der bekannten Wellenlänge λ_1 durchgeführt. Dabei wurden folgende Werte gemessen:

r/$10^{-3} m$	2,32	3,28	4,06	4,65	5,2	.....	7,34

n	1	2	3	4	5	.....	10

$\lambda_1 = 540nm$

Danach wird der Versuch mit Licht unbekannter Wellenlänge λ_2 durchgeführt. Dabei werden folgende Werte gemessen:

r/$10^{-3}m$	2,85	4,02	4,9	5,7	6,36	....	9
n	1	2	3	4	5	.....	10

Fertige für beide Meßreihen **ein** n-r^2 Diagramm an. Bestimme mit Hilfe des Diagramms den Krümmungsradius der Linse und die unbekannten Wellenlänge.

1.5. Wie dick ist die Luftschicht im obigen Versuch beim Ring der ersten, bzw der zehnten Ordnung?

1.6. In den Raum zwischen Linse und planparalleler Platte wird jetzt Wasser gefüllt. Es fällt Licht der Wellenlänge λ_1 ein. Der Ring der zweiten Ordnung schrumpft auf $r = 2,85 \cdot 10^{-3} m$ zusammen. Berechne die Lichtgeschwindigkeit im Wasser und den Brechungsindex des Wassers.

Aufgabe 2, Comptoneffekt

2. Versuche zur Interferenz bestätigen den Wellencharakter des Lichtes, Versuche wie der Comptoneffekt den Korpuskelcharakter.

Es gilt: $\lambda_s = \lambda_p + \frac{h}{m_e \cdot c}(1 - \cos\beta)$

2.1. Erläutere die obigen Größen

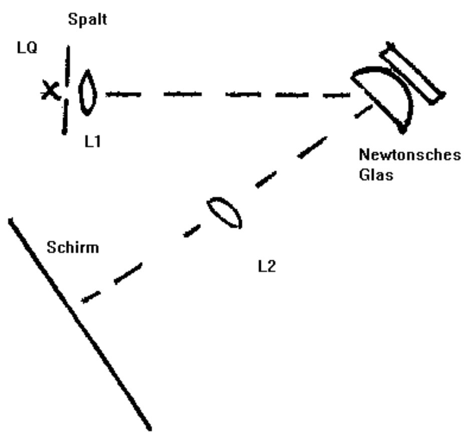
2.2. Welche Beobachtungen hätte man im Wellenbild erwarte?

2.3. Berechne die Wellenlänge der Streustrahlung, die unter $\beta = 83°$ auftritt. ($\lambda_p = 2,48 \cdot 10^{-12} m$)

2.4. Das Elektron erhalte die kinetische Energie $W_{kin} = 3,37 \cdot 10^{-14}\, J$. Wie schnell ist es?

1.1. **Aufbau**:

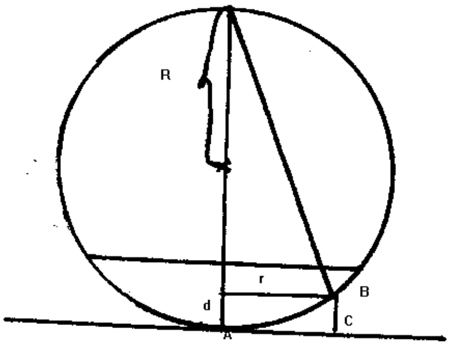
LÖSUNG:



L_1: Herstellen von parallelem Licht
L_2: Abbilden der Ringe in Reflexion

Durchführung: Das Newtonsche Farbglas wird mit Licht verschiedener Farben bestrahlt.
Beobachtung: In der Reflexion ist die Mitte dunkel. Darum schließen sich jeweils helle und dunkle Ringe an. Im blauen Licht ist der Durchmesser der Ringe kleiner, als im roten Licht.
Deutung: Ein Teil der Lichtstrahlen wird an der Unterseite der Linse reflektiert, ein zweiter durchläuft die Luftschicht und wird an der Glasplatte reflektiert. Der hierdurch hervorgerufene Gangunterschied bewirkt die Interferenz. An der Glasplatte findet durch Reflexion am dichten Medium ein Phasensprung auf.

1.2.



Höhensatz:

$$r^2 = d(2R - d)$$

$$r^2 = 2dR - d^2$$

Dabei ist d viel kleiner als R, deshalb gilt: $r^2 = 2dR$

Ein Teil des Lichtes wird in B reflektiert. Am optisch dünnen Medium tritt kein Phasensprung auf. Ein Teil des Lichtes wird gebrochen und in C reflektiert. Hier tritt ein Phasensprung von $\lambda/2$ auf, da hier am festen Ende, bzw optisch dichten Medium, reflektiert wird.

Gangunterschied: $\Delta s_{op} = 2dn_{op} + \frac{\lambda}{2}$

Da Luft das Medium des Zwischenraum ist: $n_{op} = 1$
Bed. für Minimum:

$$(2n+1)\frac{\lambda}{2} = 2dn_{op} + \frac{\lambda}{2}$$

$$n\lambda + \frac{\lambda}{2} = 2d + \frac{\lambda}{2}$$

$$d = \frac{n \cdot \lambda}{2}$$

mit: $r^2 = 2dR$ folgt:

$$d = \frac{r^2}{2R}$$

Damit ergibt sich:

$$\frac{r^2}{2R} = \frac{n\lambda}{2}$$

$$\lambda = \frac{r^2}{nR}$$

1.3. Hier ist die Luftschicht Null. Zur Interferenz kommende Strahlen haben den Gangunterschied $\Delta s = \lambda/2$ durch den Phasensprung. In Durchsicht beobachtet man ein Maximum, da kein Phasensprung auftritt.
Zum Durchmesser der Ringe:

$$n \sim r^2$$

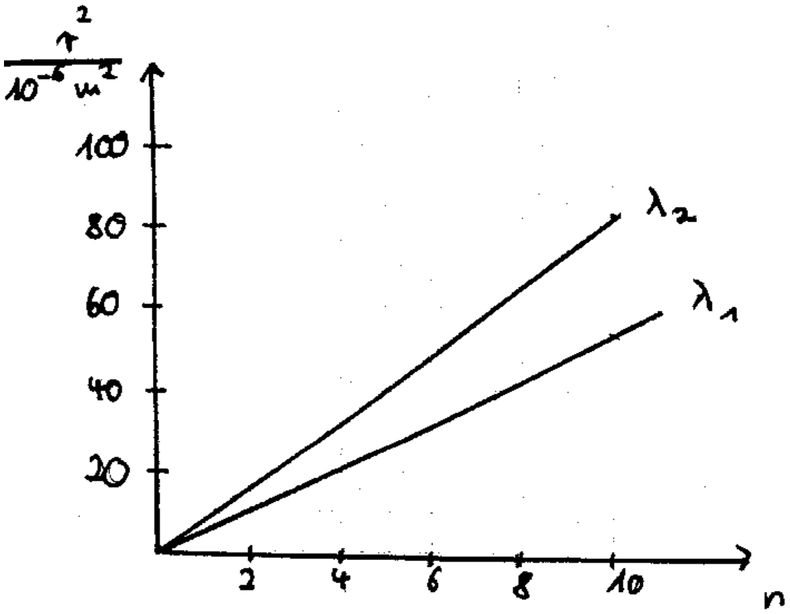
daher: $r \sim \sqrt{n}$

Der Radius nimmt also nicht mit n, sondern $\sqrt{n}$ zu.

1.4.

	n	1	2	3	4	5	....	10

λ_1	$r^2 / 10^{-6} m^2$	5,38	10,7	16,24	21,6	27	....	53,8



λ_2	$r^2 / 10^{-6} m^2$	8,12	16,16	24	32,5	40,5	....	81

Steigung: λR

zu 1:

$$\frac{53{,}8 \cdot 10^{-6} m^2 - 5{,}38 \cdot 10^{-6} m^2}{10 - 1} = 5{,}3 \cdot 10^{-6} m^2$$

$$\lambda_1 \cdot R = 5{,}3 \cdot 10^{-6} m^2$$

mit □□□□folgt:

$$R = \frac{5,3 \cdot 10^{-6} m^2}{\lambda_1} = 9,8m$$

Bestimmung der zweiten Wellenlänge:

Steigung:

$$\frac{81 \cdot 10^{-6} m^2 - 8,12 \cdot 10^{-6} m^2}{10-1} = 8,097 \cdot 10^{-6} m^2$$

$$8,097 \cdot 10^{-6} m^2 : 9,8m = 826nm$$

1.5.

$$d = \frac{r^2}{2R}$$

$$d_1 = \frac{5,38 \cdot 10^{-6} m^2}{2 \cdot 9,8m} = 2,7 \cdot 10^{-7} m$$

$$d_{10} = \frac{53,8 \cdot 10^{-6} m^2}{2 \cdot 9,8m} = 2,7 \cdot 10^{-6} m$$

1.6.

$$\frac{c_L}{c_W} = \frac{\lambda_L}{\lambda_W} = \frac{n_W}{n_L} = \frac{r_L^2}{r_W^2}$$

da:

$$\lambda = \frac{r^2}{nR}$$

also folgt:

$$c_W = \frac{r_W^2 \cdot c_L}{r_L^2} = \frac{\left(2{,}85 \cdot 10^{-3}\, m\right)^2 \cdot 3 \cdot 10^8\, m}{10{,}7 \cdot 10^{-6}\, m^2 \cdot s}$$

$$c_W = 2{,}2 \cdot 10^8\, \frac{m}{s}$$

$$n_W = \frac{c_L \cdot n_L}{c_W} = \frac{3 \cdot 10^8\, m \cdot 1 \cdot s}{s \cdot 2{,}2 \cdot 10^8\, m} = 1{,}3$$

Aufgabe 2:

2.1. λ_s: Wellenlänge der Streustrahlung

λ_p: Wellenlänge der einfallenden Strahlung

m_e: Ruhemasse des Elektrons

c: Lichtgeschwindigkeit

h: Plancksche Konstante

β: Winkel unter dem die Streustrahlung beobachtet wird

2.2. $\lambda_s = \lambda_p$

Man hätte auch nicht erwartet, daß man den Impulserhaltungssatz der Mechanik anwenden kann.

2.3.

$$\lambda_s = 2{,}49 \cdot 10^{-12}\, m + \frac{h}{m_e \cdot c}\left(1 - \cos 83°\right)$$

$$\lambda_s = 4{,}70 \cdot 10^{-12}\, m$$

2.4.

$$W_{kin} = mc^2 - m_e c^2$$

$$W_{kin} = m_e c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$$

$$v = c \sqrt{1 - \left(\frac{1}{\frac{W_{kin}}{m_e c^2} + 1} \right)^2}$$

$$v = 2{,}11 \cdot 10^8 \, \frac{m}{s}$$