

Ferienkurs Experimentalphysik III

Aufgaben Montag - Elektrodynamik und Polarisation

Monika Beil, Michael Schreier

27. Juli 2009

1 Prisma

Gegeben sei ein Prisma mit Öffnungswinkel γ . Zeigen Sie dass bei symmetrischem Strahlengang für den Ablenkwinkel δ gilt

$$\delta = 2 \left(\arcsin \left(n \sin \frac{\gamma}{2} \right) - \frac{\gamma}{2} \right)$$

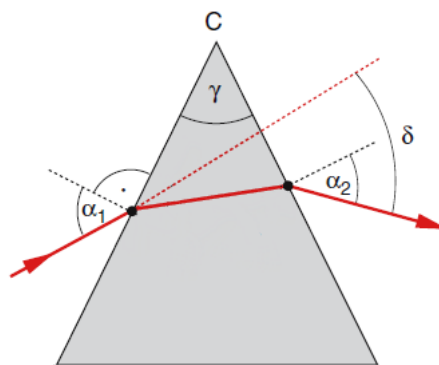


Abbildung 1: Allgemeiner Strahlengang durch ein Prisma

2 Polarisation

2.1 Doppelbrechung

Zwischen zwei parallel ausgerichteten Polarisationsfiltern befindet sich ein doppelbrechendes Plättchen, dessen optische Achse parallel zur Grenzfläche ist. Das Plättchen ist so angeordnet, dass die Apparatur für Licht einer bestimmten Wellenlänge undurchlässig

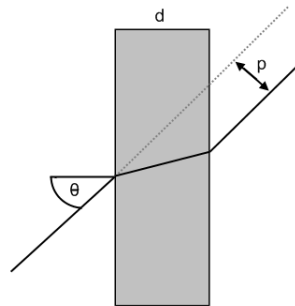
ist. Wie muss die optische Achse des doppelbrechenden Plättchens zur Polarisationsrichtung ausgerichtet sein, welche Dicke des Plättchens ist nötig, und wie groß ist dann die Phasenverschiebung zwischen ordentlichem und außerordentlichem Strahl.

2.2 Polarisationsfilter

Die Polarisationsachsen zweier Polarisationsfolien seien gekreuzt, so dass kein Licht durchdringt. Eine dritte Folie werde so zwischen die beiden gestellt, dass ihre Transmissionsachse mit der ersten einen Winkel $\theta = \omega \cdot t$ bildet. Unpolarisiertes Licht der Intensität I_0 treffe auf die erste Folie. Geben Sie eine allgemeine Formel an, die den Zusammenhang zwischen der Intensität I_0 und der Intensität I_3 nach dem dritten Polarisationsfilter beschreibt und zeigen Sie dass die Intensität mit 4ω moduliert ist. Was ist der zeitliche Mittelwert \bar{I}_3 ? (Hinweis: $\cos^2 \alpha \sin^2 \alpha = \frac{1}{8}(1 - \cos 4\alpha)$)

3 Glasplatte

Ein Lichtstrahl trifft unter dem Einfallswinkel θ auf eine planparallele Glasplatte der Dicke $d = 1\text{cm}$. Die Polarisationsrichtung des Lichts liegt parallel zur Einfallsebene. Der Strahl erleidet beim durchqueren der Platte einen Parallelversatz p



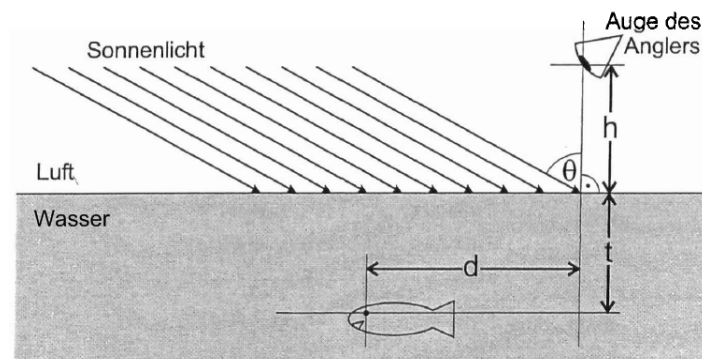
1. Der Brechungsindex des Glases für das eingestrahlte Licht sei $n = 1.6$. Der Einfallswinkel beträgt $\theta = 45^\circ$. Berechnen Sie den Parallelversatz p , den das direkt transmittierte Licht gegenüber der Einfallsrichtung aufweist.
2. Berechnen Sie für $\theta = 45^\circ$ den Anteil der eingestrahkten Lichtleistung, der in den linken Halbraum zurückreflektiert wird. Vernachlässigen Sie dabei alle Lichtwege, die mehr als eine Reflexion enthalten.
3. Für einen bestimmten Einfallswinkel verschwindet hier die Reflexion vollständig. Berechnen Sie diesen Winkel θ_{kR}
4. Anstelle von monochromatischem Licht wird nun weißes Licht verwendet. Für die Dispersion des Glasmaterials gilt $dn/d\lambda < 0$. Ist der Parallelversatz p für die rote oder blaue Lichtkomponente größer?

4 Taucher

Ein Taucher befinde sich in einer Tiefe von 10m unter dem Wasserspiegel und schaut nach oben. Wie groß ist die Meeresoberfläche, durch die hindurch er Objekte außerhalb des Wassers sehen kann?

5 Angler

Ein Angler mit Augenhöhe $h = 2.0\text{m}$ über der Wasseroberfläche beobachtet einen Fisch der sich in der Tiefe $t = 1.0\text{m}$ unter Wasser $n_W = 1.33$ befindet. Die Sonne strahlt unpolarisiertes Licht unter dem Winkel θ zur Normalen der Wasseroberfläche ein. Sonne, Auge des Beobachters und Fisch liegen dabei alle in einer Ebene senkrecht zur Wasseroberfläche. Die Sonne sein punktförmig und unendlich weit entfernt. Betrachten Sie den Fisch ebenfalls als Punktförmig in seinem Auge lokalisiert.



1. Der Einfallswinkel des Sonnenlichts betrage zunächst $\theta = 65^\circ$. Das Sonnenlicht wird teilweise von der als absolut eben angenommenen Wasseroberfläche reflektiert. In welcher Entfernung d muss sich der Fisch aufhalten, damit er vom Angler aus betrachtet genau durch den Sonnenreflex verdeckt wird?
2. Der Einfallswinkel des Sonnenlichts sei nun der Brewsterwinkel θ_B für die äußere Reflexion. Berechnen Sie θ_B .
3. Der Angler kann zwischen zwei unterschiedlichen Polarisationsbrillen wählen. Eine Brille lässt nur Licht durch, das senkrecht zur Einfallsebene polarisiert ist, die andere nur Licht welches parallel zur Einfallsebene polarisiert ist. Welche Brille muss der Angler wählen um (unter Brewster-Geometrie) den Sonnenreflex auf der Wasseroberfläche bei der Fischbeobachtung vollständig zu unterdrücken?

6 Totalreflexion

Untersuchen Sie wie ein dünner Diäthylätherfilm ($n_D = 1.3529$) auf einer Plexiglasfläche ($n_P = 1.491$) den kritischen Wert der Totalreflexion beeinflusst. Beantworten Sie dazu folgende Fragen:

1. Betrachten Sie zunächst die Situation ohne Diäthylätherfilm. Wie groß ist der kritische Winkel der Totalreflexion θ_k für die Plexiglas-Luft Grenzfläche?
2. Nun befindet sich ein dünner Diäthylätherfilm direkt auf dem Plexiglas. Wie groß ist der kritische Winkel der Totalreflexion θ_k für die Plexiglas Diäthyläther Grenzfläche?
3. Gibt es einen Bereich ($> 1^\circ$) von Einfallswinkeln, die größer sind als der in (1) bestimmte kritische Winkel für die Plexiglas-Luft Grenzfläche, unter denen Licht aus dem Glas in den Diäthylätherfilm und anschließend in die Luft austreten kann?

7 Neutronenoptik

Ähnlich wie bei Luft lässt sich auch für Neutronen ein effektiver Brechungsindex definieren mit dessen Hilfe die Wechselwirkung von Neutronen mit Materie analog zur Reflexion und Brechung von Licht beschrieben werden kann. Quarz hat für Neutronen der Wellenlänge $\lambda = 2nm$ den Brechungsindex $n = 1 - a\lambda^2$ ($< 1!$) mit $a = 0.575 \cdot 10^{14}m^{-2}$. Der Brechungsindex von Neutronen in Luft wird mit 1 angenähert.

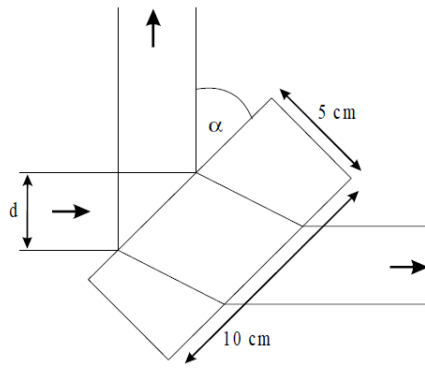
Ein Neutronenstrahl werde an einer ebenen Quarzoberfläche totalreflektiert.



Zeigen Sie dass der Grenzwinkel der Totalreflexion ϵ bei streifendem Einfall ($\epsilon \ll 1$) in erster Näherung gegeben ist durch $\epsilon = \sqrt{2(1-n)}$ und berechnen Sie diesen. Neutronen welcher Wellenlänge werden bei festem Einfallswinkel totalreflektiert? Welche Form der Dispersion liegt hier vor?

8 Strahlteiler

Ein Glasklotz ($n = 1.5$) der Breite $b = 5cm$ und der Länge $l = 10cm$ soll entsprechend der Abbildung zum Aufteilen eines Lichtstrahls der Breite d benutzt werden. Welche Dicke d darf der Strahl maximal haben, wenn das Licht unter dem Winkel α zur Oberfläche auf den Glasklotz trifft? Welcher Wert ergibt sich für $\alpha = 45^\circ$? Der Glasklotz darf dabei in die günstigst möglich Position gebracht werden.



Bilder teilweise entnommen aus „Wolfgang Demtröder - Experimentalphysik 2 Elektrizität und Optik“