

Übungen zur Experimentalphysik II SS 2022, Prof. A. Melzer

Zettel 9

1. Prisma (3 P)

Ein Lichtstrahl fällt auf ein Prisma (in Luft) wie in der Abbildung gezeigt, so dass der einfallende und der ausfallende Strahl jeweils den gleichen Winkel θ zum Lot der jeweiligen Prismenfläche hat. Das Prisma hat den brechenden Winkel ϕ . Zeigen Sie, dass die Brechzahl des Prismas n_p geschrieben werden kann als

$$n_p = \frac{\sin\{\frac{1}{2}(\psi + \phi)\}}{\sin(\phi/2)},$$

wobei ψ der gesamte Ablenkwinkel des Strahl ist.

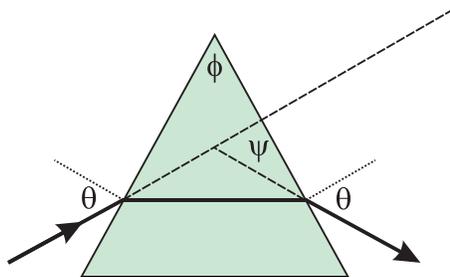


Abbildung 1: zu Aufgabe 1

2. Kugel (3 P)

Ein Lichtstrahl trifft horizontal auf eine Kugel mit dem Radius R und der Brechzahl n (relativ zu Luft) im Abstand h von der optischen Achse und wird an der rückseitigen Oberfläche einmal oder zweimal reflektiert (siehe Abb. 2).

(a) Unter welchem Winkel ψ gegen den einfallenden Strahl verlässt der Strahl die Kugel nach ein- bzw. zweimaliger innerer Reflexion?

(b) Für welches Verhältnis h/R wird ψ minimal für eine Kugel aus Wasser (Wassertropfen) bei ein- und zweimaliger innerer Reflexion? Welche minimalen Winkel ψ_{\min} ergeben sich damit? Nehmen Sie als Brechzahl $n = 1,33$ (für rotes Licht bei $\lambda = 670$ nm) an. (Lösen Sie diesen Aufgabenteil entweder analytisch oder numerisch!)

(c) Unter welchem Winkel zur Horizontalen sieht man dann also einen Regenbogen bei einmaliger und zweimaliger innerer Reflexion? (Was hat ψ_{\min} überhaupt mit einem Regenbogen zu tun und wodurch entstehen die Farben des Regenbogens?)

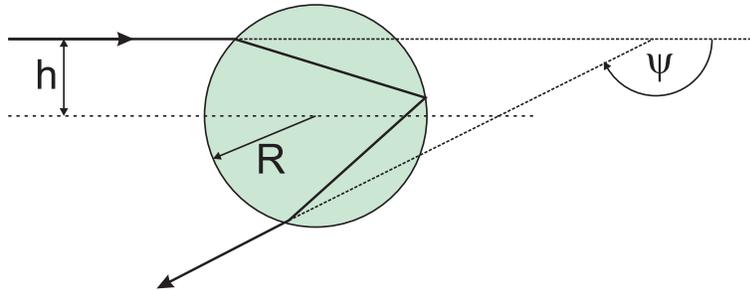


Abbildung 2: zu Aufgabe 2: Situation für einmalige rückseitige Reflexion.

3. Achromat: (2P)

Eine dünne Linse mit den Krümmungsradien $r_1 = 10$ cm und $r_2 = 20$ cm hat die Brechzahlen $n_{1,rot} = 1,485$ bei einer Wellenlänge von 600 nm und $n_{1,blau} = 1,50$ bei einer Wellenlänge von 400 nm. Eine chromatische Aberration (wellenlängenabhängige Brennweite) einer Linse kann man durch ein Linsensystem bestehend aus Sammell- und Zerstreuungslinse kompensieren. Berechnen Sie die erforderliche Brennweite einer dünnen Zerstreuungslinse aus Glas mit den Brechzahlen $n_{2,rot} = 1,55$ (600 nm) und $n_{2,blau} = 1,6$ (400 nm), die die chromatische Aberration der Sammellinse kompensieren kann. Wie groß ist die Brennweite des Gesamtsystems?

4. Auge: (2P)

Das Auge kann die Brennweite der Augenlinse variieren, indem die Augenlinse Linse mit Hilfe des sog. Ziliarmuskels eingestellt wird.

(a) Beim entspannten normalsichtigen Auge, bei dem ein Gegenstand im Unendlichen betrachtet wird, ist die Brennweite etwa $f_0 = 25$ mm. Ein junger Mensch kann Gegenstände bis zu einem Minimalabstand von 10 cm zum Auge ("Nahpunkt") noch scharf wahrnehmen. Wie stark muss sich der Brechwert der Augenlinse dann ändern?

(b) Welchen Brechwerten des Auges entsprechen die beiden Situationen "Unendlich" und "Nahpunkt"?