
Übungen zur Experimentalphysik 3

Prof. Dr. L. Oberauer

Wintersemester 2010/2011

Übungsblatt 4 - 15. November 2010

Franziska Konitzer (franziska.konitzer@tum.de)

Schwierigkeitsgrad:

★ - Routineaufgabe.

★★ - Geradlinige Aufgabe.

★★★ - Herausfordernde Aufgabe.

Die Angabe in Klammern ist die verfügbare Punktzahl.

Aufgabe 1 (★) (3 Punkte)

Welche Brechzahl muss ein zylindrischer Stab mindestens haben, wenn alle in seine plane Grundfläche eintretenden Strahlen (aus Luft) durch Totalreflexion weitergeleitet werden sollen? Wie groß ist der maximale Eintrittswinkel bei $n = 1.33$?

Aufgabe 2 (★) (7 Punkte)

Sie (170 cm groß) liegen flach auf dem horizontalen Boden eines Schwimmbeckens gefüllt mit Wasser ($n = 1.33$).

- Wenn Sie schräg nach oben schauen, sehen Sie mit Ihren Augen (10 cm unter Ihrem Scheitel) gerade noch Ihre Zehenspitzen gespiegelt an der Wasseroberfläche. Wie tief liegen Ihre Augen und die auf gleicher Höhe liegenden Zehenspitzen unter Wasser?
- Wieso sehen Sie den auf Sie zuschießenden Hai ohne Taucherbrille nur verschwommen?
- Wie groß ist der maximale Winkel zur Vertikalen, unter dem von Aussen Geräusche auf die Wasseroberfläche treffen dürfen, so daß Sie diese noch wahrnehmen können?
- Es wird Nacht und Sie sind immer noch am Boden des Schwimmbeckens. Sie sehen den Mond unter einem Winkel von 45° zur Vertikalen, dann tauchten Sie auf. Unter welchem Winkel erscheint Ihnen jetzt der Mond?

Hierbei sei die Brechzahl für Licht in Wasser $n = 1.33$, die Schallgeschwindigkeit in Luft $340 \frac{m}{s}$ und die Schallgeschwindigkeit in Wasser $1500 \frac{m}{s}$.

Aufgabe 3 (★★) (9 Punkte)

- Betrachten Sie eine ebene Grenzfläche zwischen zwei Dielektrika mit Brechungsindizes n_1 und n_2 . Zeigen Sie ausgehend von den Fresnelschen Formeln für senkrechten Einfall einer monochromatischen ebenen Welle, dass die Reflexionskoeffizienten für die Amplituden r und r' für das Durchqueren der Grenzfläche aus beiden Richtungen $r = -r'$ erfüllen, die entsprechenden Transmissionskoeffizienten $tt' = 1 - r^2$.

- b) Eine dicke Glasplatte mit Brechungsindex n_2 sei mit einer dünnen planparallelen Schicht eines transparenten Dielektrikums mit Brechungsindex n_1 und der Dicke d beschichtet, dessen Oberseite wiederum in Kontakt mit Luft sei (Brechungsindex 1). Eine ebene monochromatische Welle mit Wellenlänge λ und Amplitude 1 falle senkrecht aus der Luft auf diese Anordnung. Zeigen Sie, dass bei Berücksichtigung von Mehrfachreflexionen in der dünnen Schicht die reflektierte Intensität durch

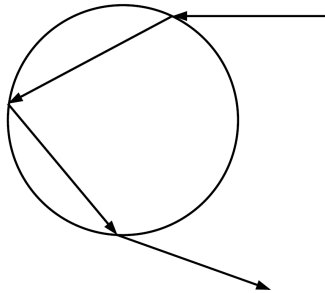
$$R = \frac{r_1^2 + r_2^2 + 2r_1r_2 \cos \phi}{1 + r_1^2r_2^2 + 2r_1r_2 \cos \phi}$$

gegeben ist, wobei r_1 und r_2 die Reflexionskoeffizienten für den Übergang Luft - Dielektrikum bzw. Dielektrikum - Glas seien, und ϕ der Phasenunterschied zwischen zwei aufeinanderfolgenden reflektierten Strahlen sei.

- c) Zeigen Sie, dass unabhängig von der Dicke d der Beschichtung die Transmission $T = 1 - R$ einer beschichteten Glasplatte immer größer als die einer unbeschichteten ist, solange $1 < n_1 < n_2$ gilt. Berechnen Sie die optimale Dicke einer Schicht mit $n_1 = 1.35$ auf Glas mit $n_2 = 1.50$, so dass die Transmission maximal wird. Wie groß ist die relative Erniedrigung der reflektierten Intensität R durch diese Beschichtung im Vergleich zu der einer unbeschichteten Glasplatte?

Aufgabe 4 (★★) (9 Punkte)

Descartes Theorie von der Bildung eines Regenbogens besagt, dass ein Sonnenstrahl beim Eintritt in einen kugelförmigen Regentropfen gebrochen wird. Danach wird der Strahl einmal intern reflektiert und beim Verlassen des Regentropfens wieder gebrochen. Dies ist in der Skizze gezeigt:



Der Regenbogen wird von denjenigen Strahlen gebildet, deren Ablenkung von der ursprünglichen Richtung entweder ein Minimum oder ein Maximum darstellt. Zeigen Sie, dass der Regenbogen einen Bogen mit Radius 42° um den Punkt gegenüber der Sonne bildet, und dass seine Breite ca. 1.6° betragen sollte, mit dem roten Teil auf der Außenseite. Der Brechungsindex für Wasser im roten Bereich ist $n = 1.330$ und $n = 1.341$ für violettes Licht.