

9. Übungsblatt
Theoretische Physik 2: SS2016
Dozent: Prof. M. Vanderhaeghen
Hauptassistent: Leonardo de la Cruz

20.06.2016

Aufgabe 1 (35 Punkte): Die Fresnelschen Formeln

Betrachte eine Welle, die von links kommend im Winkel θ_I auf die xy -Ebene trifft (siehe Abb. unten).

(a) (10 Punkte)

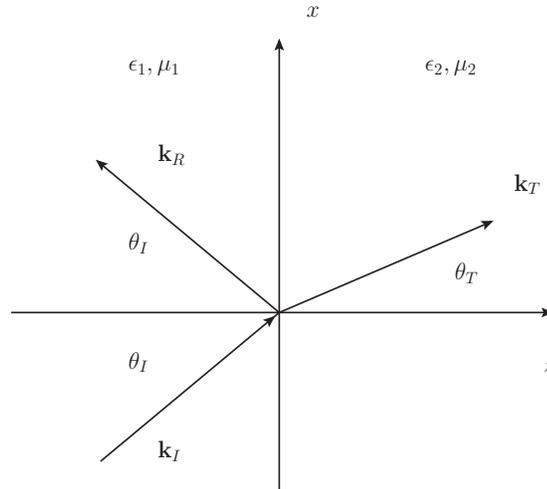
Leite den Brewster-Winkel her. Was gilt für den Fall $\mu_1 \approx \mu_2$? Wie groß ist der Winkel zwischen der reflektierten Welle und der transmittierten Welle?

(b) (10 Punkte)

Für welchen Winkel sind die Amplituden der reflektierten und transmittierten Welle gleich? Was gilt in diesem Fall für $\mu_1 \approx \mu_2$?

(c) (15 Punkte)

Der Brechungsindex von Diamant beträgt 2.42. Berechne den Brewster-Winkel. Berechne den Winkel, für den die reflektierte und transmittierte Amplitude gleich sind. Berechne den Winkel der Totalreflexion.



Aufgabe 2 (40 Punkte): Der Regenbogen

Ein Regenbogen kann nach dem Regen in der Richtung beobachtet werden, welche entgegengesetzt zur Richtung des Sonnenlichts ist. Das Sonnenlicht kann in einen Wassertropfen eindringen, im Inneren des Tropfens einige Male reflektiert werden und beim Verlassen des Tropfens gebrochen werden. Der primäre Regenbogen wird durch das Licht erzeugt, welches einmal im Inneren des Tropfens reflektiert wird (siehe Abb. unten). Der sekundäre Regenbogen wird durch das zweimal reflektierte Licht erzeugt.

(a)(10 Punkte)

Find einen Ausdruck für den Licht-Streuwinkel θ zwischen einlaufendem und auslaufendem Strahl nach N Reflexionen innerhalb des Tropfens als Funktion des Lichtstrahl-Stoßparameters ρ .

(b)(10 Punkte)

Vernachlässige die Wellennatur des Lichts und finde einen Ausdruck für die Winkelabhängigkeit der Strahlungsintensität des Lichts $dI/d\Omega$ als Funktion des Streuwinkels θ nach N Reflexionen innerhalb des Tropfens.

(c)(10 Punkte)

Finde den Streuwinkel, welcher die Intensität des Lichts nach N Reflexionen innerhalb des Wassertropfens maximiert. Bestimme numerisch den Winkel für den primären (θ_1) und sekundären (θ_2) Regenbogen. Der Brechungsindex

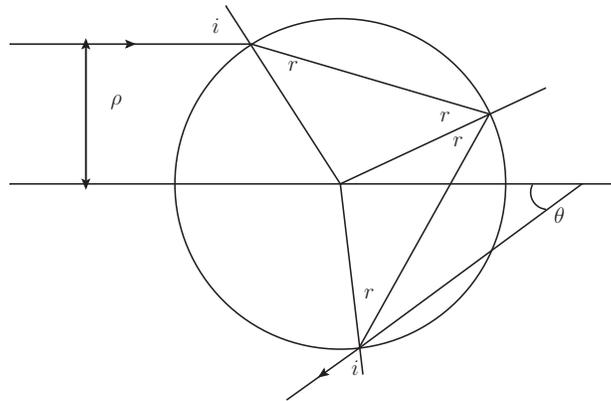
von Wasser sei $n = 4/3$.

(d)(5 Punkte)

Können der primäre oder der sekundäre Regenbogen beobachtet werden, wenn die Sonne 47° über dem Horizont steht? Wie verändert sich die Antwort wenn die Sonne 32° , 60° über dem Horizont steht?

(e)(5 Punkte)

Der Brechungswinkel für rotes Licht ist $n = 1.331$ und für blaues Licht $n = 1.340$. Finde die Streuwinkel für die roten und blauen Bogen des primären und sekundären Regenbogens. Wie ist die Reihenfolge der Farben in diesen Regenbögen? Erkläre das Auftreten des dunklen Bereichs zwischen zwei Regenbögen.



Aufgabe 3 (25 Punkte): Nicht lokaler Zusammenhang der Verschiebung und des elektrischen Feldes

Aus der Abhängigkeit $\epsilon(\omega)$ folgt ein zeitlich nicht lokaler Zusammenhang zwischen der Verschiebung $\mathbf{D}(\mathbf{x}, t)$ und dem elektrischen Feld $\mathbf{E}(\mathbf{x}, t)$. Die monochromatischen Komponenten der Frequenz ω hängen wie folgt zusammen:

$$\mathbf{D}(\mathbf{x}, \omega) = \epsilon(\omega)\mathbf{E}(\mathbf{x}, \omega). \quad (1)$$

Mit Hilfe der Fourieranalyse (*Faltungstheorem*) kann die Zeitabhängigkeit durch

$$\mathbf{D}(\mathbf{x}, t) = \mathbf{E}(\mathbf{x}, t) + \int_{-\infty}^{\infty} G(\tau) \mathbf{E}(\mathbf{x}, t - \tau) d\tau, \quad (2)$$

ausgedrückt werden, wobei $G(\tau)$ die Fouriertransformation von $\chi = \epsilon(\omega) - 1$ ist. Zeige, dass im Fall einer gedämpften Resonanzfrequenz gilt

$$G(\tau) = \frac{Nq^2 f_0}{m} e^{\gamma_0 \tau / 2} \frac{\sin \nu_0 \tau}{\nu_0} \theta(\tau), \quad (3)$$

mit $\nu_0 = \omega_0^2 - \frac{\gamma_0^2}{4}$ und der Stufenfunktion $\theta(\tau)$. Hinweis:

$$G(\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} d\omega \chi(\omega) e^{i\omega\tau}.$$