Übungen zur Vorlesung Physik III (WS 2010/2011) Blatt 8

Prof. Dr. G. Münster, Prof. Dr. H. Zacharias

Abgabe der Lösungen: 15.12.2010

Aufgabe 16: Fresnel-Formeln (7 Punkte)

Eine Lichtwelle falle unter einem Winkel von 30° auf eine Luft/Glas-Grenzfläche. Die Welle sei linear polarisiert, wobei die Schwingungsebene des elektrischen Feldes um einen Winkel γ gegen die Einfallsebene geneigt sei.

Hinweis: $E_{0i\perp} = E_{0i} \cdot \sin\gamma$, $E_{0i\|} = E_{0i} \cdot \cos\gamma$.

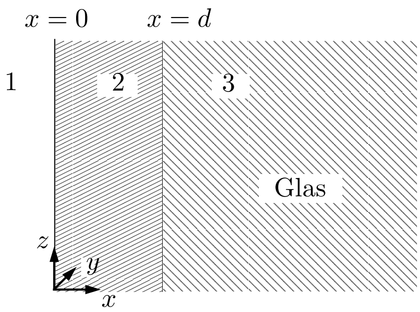
a) Berechnen Sie die Amplituden $E_{0r\perp}$, $E_{0r\|}$, $E_{0t\perp}$ und $E_{0t\|}$ der reflektierten und der transmittierten Wellen. (3 Punkte)

b) Geben Sie das Reflexions- und Transmissionsvermögen der senkrechten und parallelen Komponenten $R_\perp$, $R_\|$, $T_\perp$ und $T_\|$ für diese Grenzfläche an. (2 Punkte)

c) Bestimmen Sie das gesamte Reflexions- und Transmissionsvermögen R bzw. T in Abhängigkeit vom Winkel γ. (2 Punkte)

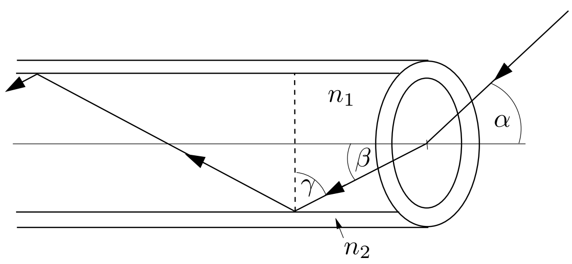
Aufgabe 17: Vergütungsschicht (8 Punkte)

Auf die Oberfläche eines Glases mit Brechungsindex n_3 sei eine dünne Schicht mit Brechungsindex n_2 aufgetragen. Diese soll so beschaffen sein, dass ein senkrecht aus dem Medium 1 mit Brechungsindex n_1 auftreffendes elektrisches Feld in Form einer ebenen Welle $\vec{E}_1 = E_{01}\vec{e}_z e^{i(k_1 x - \omega t)}$ ohne Reflexion ins Glas übertritt. Berechnen Sie den Brechungsindex n_2 und die Dicke d dieser Vergütungsschicht in Abhängigkeit von n_1, n_3 und der Wellenlänge λ der einfallenden Welle.



Aufgabe 18: Glasfaserkabel (3 Punkte)

Eine zylinderförmige Glasfaser mit Brechungsindex n_1 ist von einem optisch dünneren Material mit Brechungsindex $n_2 < n_1$ ummantelt. Die Glasfaser befinde sich in einem Medium mit Brechnungsindex n_0. Licht, dessen Einfallswinkel α einen Maximalwert $\alpha_{\max}$ nicht überschreitet, durchläuft unter mehrfacher Reflexion die gesamte Faser. Berechnen Sie $\alpha_{\max}$ in Abhängigkeit von n_0, n_1 und n_2.



Aufgabe E8: Lorentz-Gruppe (6 Punkte)

a) Schreiben Sie die Matrizen $\Lambda^{(1)}$ für einen Lorentz-Boost mit Geschwindigkeit v_1 in x-Richtung und $\Lambda^{(2)}$ für einen Lorentz-Boost mit Geschwindigkeit v_2 in y-Richtung auf! Sie dürfen die Abkürzungen $\beta_i = v_i/c$, $\gamma_i = (1-\beta_i^2)^{-1/2}$ verwenden. Berechnen Sie $\Lambda^{(2)}\Lambda^{(1)}$ und $\Lambda^{(1)}\Lambda^{(2)}$ und vergleichen Sie!

(2 Punkte)

b) Schreiben Sie die Matrix für den Lorentz-Boost $L(-\vec{v}_1)$ für $\vec{v}_1 = (v_1, 0, 0)$ auf und bestätigen Sie, dass

$$L\left(\vec{v}_1\right) \cdot L\left(-\vec{v}_1\right) = \mathbf{1}$$

durch explizite Rechnung. (1 Punkt)

c) Zeigen Sie, dass

$$L\left(\vec{v}_1\right) = \exp\left(-\varphi_1 N_1\right)$$

mit einer 4×4-Matrix N_1, wobei φ_1 die Rapidität ist: $\tanh\varphi_1 = \beta_1$.

Hinweis: Finden Sie zuerst N_1 durch Betrachtung infinitesimaler Geschwindigkeiten und verwenden Sie die Exponenzialreihe.

(3 Punkte)