

Integrierter Kurs Physik III Exp.-Teil, Optik und Thermodynamik WS 10/11

Prof. G. Maret, Dr. P. Keim

Übungsblatt Nr. 5

Ausgabedatum: 22.11.2010

Abgabedatum: Mo 29.11.2010 in der Vorlesung

Besprechung: Mi 01.12.2010 in den Übungsgruppen

Aufgabe 13: Transmission nach Fresnel und Brewsterwinkel

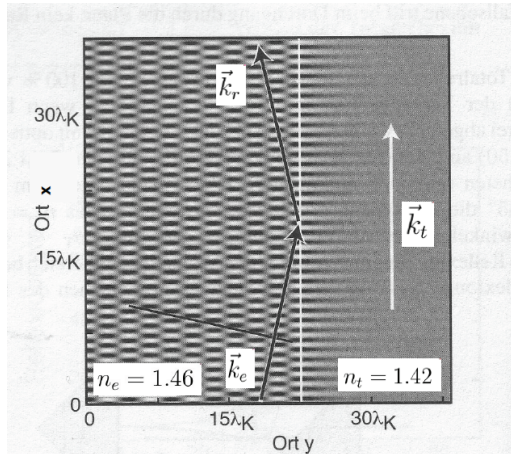
- Ein Wissenschaftler leuchtet mit einem Laserpointer mit Strahlintensität 2mW auf sein Aquarium. Die Scheibe wird unter einem Winkel von 45° zum Lot getroffen und das Licht sei bezüglich dieser Einfallsebene senkrecht (s-)polarisiert. Die Brechungsindices des Glases und des Wassers seien $n_G=1.65$ (schweres Flintglas) und $n_W=1.33$. Welche Intensität bekommt ein Goldfisch ab, wenn der Strahl ihn trifft?
- Ausgehend von den Fresnelschen Formeln bestimmen Sie den Einfallswinkel θ_B , unter dem ein Lichtstrahl vom Medium mit Brechungsindex n_e auf eine Grenzfläche zum Medium mit n_t fallen muss, damit in paralleler (p-)Polarisation keine Reflexion auftritt ($r_{\parallel} = 0$). θ_B ist durch n_e und n_t auszudrücken. n_e und n_t sind als reell anzunehmen sowie die Medien als unmagnetisch.
- In senkrechter (s-)Polarisation verschwindet bei Einfall unter dem Brewsterwinkel θ_B die Reflexion allerdings nicht. Beweisen Sie, dass in diesem Fall reflektierter und transmittierter Strahl senkrecht aufeinander stehen.
- Beweisen Sie ebenfalls, dass sich kein Einfallswinkel finden lässt, bei dem für senkrechte Polarisation die Reflexion verschwindet.
- Brewsterwinkel finden sich z.B. an Küvetten, die in Aufbauten zur Plasmadiagnose mit Laserlicht eingesetzt werden. Wenn die Brewsterbedingung erfüllt sein soll, unter welchem Winkel zur Längsrichtung des Küvettenrohres müssen die Ein- und Austrittsfenster an den Enden stehen, wenn der Brechungsindex des Glases bei der verwendeten Wellenlänge $n_G=1.54$ beträgt?
- Ein Stapel Glasplatten mit $n_G = 1.54$ wird dazu verwendet, Licht über Brewsterwinkelreflexion zu polarisieren. Leiten Sie einen Ausdruck für den Polarisationsgrad (Verhältnis von \parallel zu \perp) des transmittierten Lichts als Funktion der Zahl der Glasplatten her, wenn das einfallende Licht inkohärent und unpolarisiert ist.

Aufgabe 14 Fermatsches Prinzip:

Eine Linse mit einem Brechungsindexgradienten (engl. GRIN lens or gradient index lens) wird aus einer Scheibe der Dicke d in z -Richtung hergestellt, die einen Brechungsindex $n(x, y) = n_2 - \alpha(x^2 + y^2)$ besitzt, wobei n_2 und α Konstanten sind. Verwenden Sie das Fermatsche Prinzip, um zu zeigen, daß diese Linse eine Sammellinse mit der Brennweite $1/2d\alpha$ in paraxialer Näherung ist.

Aufgabe 15: Evaneszente Welle und frustrierte innere Totalreflexion
 (schriftlich abzugeben) **8 Punkte**

Totalreflexion an der Grenzfläche (x, z) zwischen zwei Medien mit $n_e > n_t$ tritt für Einfallswinkel θ_e eines Lichtstrahls oberhalb des Grenzwinkels der Totalreflexion $\theta_T = \arcsin(n_t/n_e)$ auf. Neben der sich überlagernden einfallenden und reflektierten Welle tritt nahe der Grenzfläche im optisch dünneren Medium eine evaneszente Welle auf (Wellenvektor \vec{k}_t), siehe Abb.1.



- a) Aus der Stetigkeitsbedingung der Tangentialkomponenten der E-Felder folgt $(\vec{k}_e - \vec{k}_r) \cdot \vec{r} = 0$ und $(\vec{k}_e - \vec{k}_t) \cdot \vec{r} = 0$ für alle Orte \vec{r} in der Grenzfläche ($y = 0$). Berechnen Sie daraus unter Benutzung der Dispersionsrelation auf der Rückseite der Grenzfläche die Normalkomponente k_{ty} von \vec{k}_t . Zeigen Sie so, dass die evaneszente Welle die Form

$$\vec{E}_t(x, y, t) = \vec{E}_{t0} \exp(-\beta y) \exp[ik_{tx}x - i\omega t] \quad (1)$$

hat und diskutieren Sie das Resultat.

- b) Berechnen Sie θ_T und die Länge $1/\beta$ für $\lambda = 600nm$, $\theta_e = 78^\circ$ und die in Abb.1 angegebenen n-Werte.
- c) Geben Sie die Geschwindigkeit der evaneszenten Welle als Funktion von c_0, n_e und θ_e an.
- d) Betrachten Sie die evaneszente Welle, die an der Basisseite eines Glasprismas ($n_e = 1.55$) durch den einfallenden Lichtstrahl erzeugt wird (Abb.2). Ein zweites identisches Prisma wird nun mit seiner Basisseite parallel zu der des ersten Prismas im Abstand d angeordnet. Die Oberfläche dieses Prismas taucht in die evaneszente Welle ein, wodurch Licht in das 2. Prisma eingekoppelt wird. Man nennt dies frustrierte interne Totalreflexion (engl.: frustrated internal total reflection, FITR). Zeigen Sie, dass es im 2. Prisma zu einem Strahl parallel zum Eingangsstrahl kommt. Geben Sie ein Wertepaar d und α an, bei dem das Teil als 50/50-Strahlteilerwürfel für Licht bei $\lambda = 600nm$ funktioniert, d.h. die beiden Strahlen 1 und 2 gleiche Intensität haben?

