

## ÜBUNGSAUFGABEN (IV)

(Besprechung am Donnerstag, 15.11.2012)

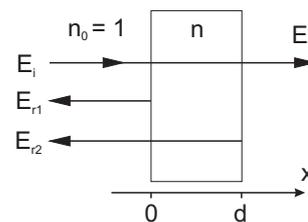
### Aufgabe 1: (4 Punkte)

In der Vorlesung wurde für die Reflexion von Licht an der Grenzfläche zwischen Materialien mit Brechzahlen  $n_i$  und  $n_t$  der Reflexionskoeffizient  $r = (n_i - n_t)/(n_i + n_t)$  bei senkrechter Inzidenz abgeleitet. Dazu wurde die magnetische Permeabilität  $\mu = 1$  gesetzt, was bei optischen Frequenzen für die allermeisten Materialien gut erfüllt wird.

Wir lassen diese Voraussetzung fallen und betrachten eine im Vakuum propagierende elektromagnetische Welle, die senkrecht auf ein ungewöhnliches Material mit den Parametern  $\mu_t = -1$  und  $\epsilon_t = -1$  trifft. Leiten Sie zunächst den Reflexionskoeffizienten  $r$  als Funktion der Impedanzen  $Z_i$  und  $Z_t$  mit  $Z = E/H = \sqrt{\mu_0\mu/\epsilon_0\epsilon}$  mittels der Stetigkeitsbedingungen her und berechnen Sie dann  $r$  für die gegebenen Zahlenwerte. Bestimmen Sie schließlich die Richtungen von Wellenvektor  $\vec{k}_t$  und Poyntingvektor  $\vec{S}_t = \vec{E}_t \times \vec{H}_t$  der transmittierten Welle.

### Aufgabe 2: (4 Punkte)

Ein Glasplättchen mit Dicke  $d$  und Brechungsindex  $n = 1.5$  werde unter senkrechtem Einfall mit Licht der Vakuumwellenlänge  $\lambda_0$  bestrahlt. Zur Abschätzung der Reflexion als Funktion von  $d$  betrachten wir nur die Teilstrahlen  $E_{r1}$  und  $E_{r2}$  (keine Vielfachreflexionen; vgl. Abbildung) und nehmen einfachheitshalber an, dass diese gleiche Amplituden haben. Zeigen Sie, dass für diese Näherungen die Reflexionsintensität  $I_r$  proportional zu  $\sin^2(4\pi nd/\lambda_0)$  ist. Wie groß ist  $I_r$  und der Phasensprung der reflektierten Welle für  $d \ll \lambda$ ?



### Aufgabe 3: (4 Punkte)

An einem recht kalten Novembertag ( $T = 10^\circ\text{C}$  und  $P_0 = 1013 \text{ hPa}$ ) schenken Sie einem Kind auf der Herbstmesse' einen mit reinem Helium gefüllten Ballon (Volumen  $V_0 = 10 \text{ dm}^3$ ; Masse der Hülle  $m_B = 1 \text{ g}$ ), um damit einen Brief in „die weite Welt“ zu schicken. Wie schwer darf der Brief maximal sein, damit der Ballon nicht zu Boden sinkt? Auf welche Höhe über Karlsruhe kann der Ballon (bei gleicher Lufttemperatur) maximal steigen, wenn er bei einer Volumenzunahme über 20% platzen würde? Vernachlässigen Sie den leichten Überdruck im Ballon.

### Aufgabe 4: (4 Punkte)

Die mittlere quadratische Geschwindigkeit  $\overline{v^2}$  der Teilchen eines idealen Gases lässt sich sowohl mit Hilfe des Gleichverteilungssatzes als auch mittels der Maxwell'schen Geschwindigkeitsverteilung  $f(v)$  bestimmen. Zeigen Sie, dass beide Wege zu demselben Ergebnis führen. Berechnen Sie zudem die am häufigsten vorkommende (wahrscheinlichste) Geschwindigkeit  $\hat{v}$  eines Teilchens mittels des Maximums von  $f(v)$ .

(Die auftretenden Integrale dürfen Sie durch Nachschlagen lösen.)