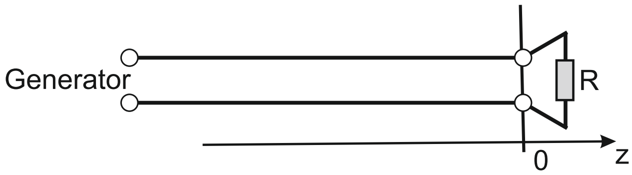
1. **Wellenleiter:** Ein Wellenleiter (z.B. aus Doppeldraht) mit Wellenimpedanz Z_0 wird an einem Ende mit einem Widerstand R abgeschlossen (siehe Skizze).



Berechnen Sie den Reflexionskoeffizienten r dieses Leiters für die von links kommende Welle $U = U_0 \cdot e^{i\cdot(k\cdot z - \omega\cdot t)}$. (*Lösung:* $r = \frac{R-Z_0}{R+Z_0}$)

2. Ein **Wellenleiter** habe einen rechtwinkligen Querschnitt mit den Abmessungen **5 cm × 10 cm**.

   a) Wie groß ist die **untere Grenzfrequenz**? (*Lösung:* $\nu_c = 1{,}5\,\mathrm{GHz}$)

   b) Man skizziere Richtung und räumliche Änderung des elektrischen Feldes im Falle einer Welle mit dieser Grenzfrequenz.

   c) Man ermittle die Phasen- und Gruppengeschwindigkeit einer Welle, deren Frequenz das 1,25-fache der Grenzfrequenz ist. (*Lösung:* $v_\varphi = 5c/3$, $v_G = 3c/5$)

   d) Man ermittle die **Schwächungslänge** einer Welle, deren Frequenz das 0,8-fache der Grenzfrequenz ist! (*Lösung:* $\delta = 5{,}3\,\mathrm{cm}$)

   Hinweis: Die Mode mit der geringsten Grenzfrequenz ist die TE_{10} bzw. TE_{01} Mode.

3. **Polarisation und Brechung:** gegeben sei ein geladenen Teilchen mit Masse $\boldsymbol{m}$ und Ladung $\boldsymbol{e}$.

   a) Stellen Sie die Bewegungsgleichung dieses Teilchens im elektrischen Feld $E_x(t) = E_0 \cdot e^{-i\cdot\omega\cdot t}$ auf.

   b) Berechnen Sie daraus die frequenzabhängige Polarisation $P = N \cdot e \cdot x$ (N … Ladungsdichte) und die dielektrische Permittivität $\varepsilon(\omega)$. Wie lautet der Frequenzabhängige komplexe Brechungsindex $n(\omega)$?

   Die **Resonanzkreisfrequenz** von Stickstoffmolekülen liegt bei $\boldsymbol{\omega_0 = 10^{16}\,\mathrm{rad\,s^{-1}}}$.

   c) Man berechne die **Brechzahl** $\boldsymbol{n}$ von Stickstoff bei Atmosphärendruck für Licht der Wellenlänge $\boldsymbol{\lambda = 500\,\mathrm{nm}}$ (*Lösung:* $n = 1 + 4{,}9 \cdot 10^{-4}$)

   Hinweis: Stickstoff ist ein farbloses, durchsichtiges Gas!

4. **Zirkular polarisiertes Licht** der Intensität $\boldsymbol{I_0}$ (das ist der zeitliche Mittelwert der Energie je Zeiteinheit und Flächeneinheit; für Licht einer gegebenen Frequenz proportional dem Ausgangsstrom eines Photomultipliers) treffe auf ein einzelnes **Polaroidfilter** auf.

   Man zeige, dass die durchgelassene Intensität gleich $I_0/2$ ist.

5. **Zirkular polarisiertes Licht** der Intensität $\boldsymbol{I_0}$ falle auf drei aufeinanderfolgende Polaroidfilter. Das erste und das dritte Filter befinden sich zueinander in gekreuzter Stellung, das heißt: ihre bevorzugten Durchlassrichtungen stehen senkrecht aufeinander. Das mittlere Filter schließt mit der Achse des ersten den Winkel θ ein.

   Man zeige, dass die durchgelassene Intensität gleich $\frac{I_0}{2}\cos^2\theta\sin^2\theta$ ist.

Bitte wenden ↷

6. **Drehung der Polarisationsebene:** Eine sehr große Anzahl $\boldsymbol{n+1}$ von **Polaroidfiltern** sei übereinandergelegt. Die bevorzugten Durchlassrichtungen zweier unmittelbar aufeinanderfolgender Filter schließen jeweils den positiven Winkel $\boldsymbol{\alpha}$ miteinander ein. Das letzte Polaroidfilter ist also um den Winkel $\boldsymbol{\theta = n\alpha}$ gegen das erste verdreht. Nun falle in Richtung des ersten Filters **linear polarisiertes Licht mit der Intensität** $\boldsymbol{I_0}$ auf die Filteranordnung.

   a) Berechnen Sie die durchgelassene Intensität. Vernachlässigen Sie dabei die durch die Reflexion entstehenden Verluste.

   b) Interpretieren Sie das Ergebnis für $n \to \infty$ (der Gesamtwinkel θ wird konstant gehalten)!

   Hinweis: Taylor-Entwicklung!