Übungen zur Physik III (WS 1999/2000)

Blatt 10

Aufgabe 10.1 (): Wellen in Ohmschen Leitern

Für einen Ohmschen Leiter ist die Leitfähigkeit im allgemeinen frequenzabhängig,

$$\sigma(\omega) = \frac{N_0 e^2/m}{\gamma - i\omega} \ ,$$

für N_0 Leitungselektronen (Ladung $-e$, Masse m) pro Volumeneinheit mit γ als Dämpfungskonstante. Betrachten Sie im folgenden eine monochromatische, ebene Welle in x-Richtung, gegeben durch

$$\langle \vec{E} \rangle = \vec{E}_0 \exp\left(i(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t\right) \ ; \ \vec{k} = k\vec{e}_x \ ,$$

die linear polarisiert sei.

a) Diskutieren Sie die Phasenbeziehung zwischen Stromdichte $\vec{j}_f$ der freien Ladungsträger und dem makroskopischen Feld $\langle \vec{E} \rangle$.

b) Zeigen Sie, daß obige ebene Welle $\langle \vec{E} \rangle$ Lösung der Wellengleichung im Leiter ist, wenn für reelle ϵ, μ, σ

$$k = k_0 + i\kappa \ \text{und} \quad \left.\begin{matrix} k_0 \\ \kappa \end{matrix}\right\} = \omega \sqrt{\frac{\epsilon\mu}{2}} \left(\sqrt{1 + (\sigma/\epsilon\omega)^2} \pm 1\right)^{\frac{1}{2}} \ .$$

c) Berechnen Sie das zu $\langle \vec{E} \rangle$ gehörige Magnetfeld $\langle \vec{B} \rangle$! Begründen Sie Orthogonalität und Transversalität der Felder! Sind $\langle \vec{E} \rangle$- und $\langle \vec{B} \rangle$-Feld in Phase? Fertigen Sie dazu eine Skizze an!

d) Berechnen Sie für obige Felder die über eine Periode gemittelte Energiedichte $\langle w_F \rangle$!

e) Berechnen Sie für obige Felder den über eine Periode gemittelten Poynting-Vektor $\langle \vec{S} \rangle$!

f) Zeigen Sie, daß die im Leiter erzeugte Joulesche Wärme gerade den aus e) folgenden Verlusten der Feldenergie entspricht!

Aufgabe 10.2 (10 Punkte): Wellen im Hohlleiter

Eine ebene elektromagnetische Welle mit Frequenz ν_0, Wellenlänge λ_0 falle unter einem Winkel α in den Zwischenraum zwischen zwei ideal leitenden Platten ein. Zwischen den Platten entsteht durch Überlagerung der reflektierten Wellen eine Welle, die sich parallel zu den Platten ausbreitet. Berechnen Sie die Wellenlänge dieser Welle mit geometrischen Überlegungen! Berechnen Sie die Phasengeschwindigkeit c der Welle als Funktion der Vakuumlichtgeschwindigkeit c_0

Aufgabe 10.3 (): Strahlengang im Prisma

Ein monochromatischer Lichtstrahl fällt unter dem Winkel α_1 zur Flächennormalen auf die eine Seite eines Prismas und verläßt es nach zweimaliger Brechung unter dem Winkel α_2. Wie hängt der totale Ablenkungswinkel δ des Lichtstrahls durch das Prisma von dem Öffnungswinkel ϕ des Prismas ab? Zeigen Sie, daß δ für den symmetrischen Strahlengang durch das Prisma ($\alpha_1 = \alpha_2$) minimal wird!

Aufgabe 10.4 (10 Punkte): Totalreflektion

Es sollen Lichtstrahlen mit beliebigem Winkel in die Endflächen eines langen rechtwinkligen Glasquaders eintreten und in ihm totale interne Reflektion erfahren. Wie groß muß der Brechungsindex des Quaders mindestens sein?

Viel Erfolg!

(Physik III im Netz: `http://pauli.uni-muenster.de/~schnetm/physik3.html`. Abgabe der Lösungen nächsten Mittwoch zwischen 10^{00} und 12^{30} im Kasten vor Raum 406, Institut für theoretische Physik 1.)