

Fachbereich C

MATHEMATIK UND NATURWISSENSCHAFTEN

(PHYSIK)

Prof. Dr. Klaus Helbing

Prof. Dr. Robert Harlander



Übungsleiter:

Franziska Hofmann, F.10-09, 439-3516, fhofmann@physik.uni-wuppertal.de

Dr. Timo Karg, F.11-01, 439-3770, karg@physik.uni-wuppertal.de

Dr. Jens Volling, D.10-19, 439-2863, vollinga@physik.uni-wuppertal.de

Übungen zur Physik II (SS 2007)

Blatt 12

Die Hausaufgaben werden in der Übungsstunde am 10.07.2007 besprochen.

Die Klausur findet am 12.07. von 8-10.30h in Raum F-13.11 statt.

Präsenzaufgabe: Lorentz-Skalare

Drücken Sie die Lorentz-Skalare $F^{\mu\nu}F_{\mu\nu}$ und $F^{\mu\nu}\tilde{F}_{\mu\nu}$ durch die Felder \vec{E} und \vec{B} aus.

$\tilde{F}^{\mu\nu} = \frac{1}{2}\varepsilon^{\mu\nu\alpha\beta}F_{\alpha\beta}$ ist der duale Feldstärketensor.

Kann ein elektromagnetisches Feld, das in einem Inertialsystem als rein elektrisch erscheint, in einem anderen als rein magnetisch erscheinen? Welche Kriterien müssen \vec{E} und \vec{B} erfüllen, damit es ein Inertialsystem gibt, in dem das elektrische Feld nicht mehr auftritt?

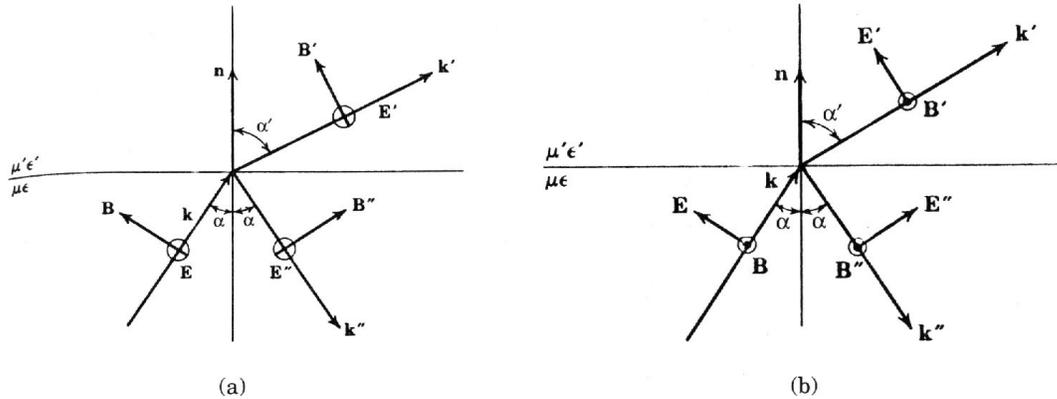
Hausaufgabe 1: Relativistisches Teilchen im Magnetfeld (5P)

a) Berechnen Sie die Zyklotronfrequenz ω eines relativistischen Teilchens der Ruhemasse m_0 und Ladung q in einem konstanten Magnetfeld $\vec{B} = B\vec{e}_z$. Zur Zeit $t = 0$ habe das Teilchen den Impuls $\vec{p}_0 = (0, p_{y0}, p_{z0})^T$.

b) Wie groß sind der Radius der Kreisbahn und die Anfangsphase mit den Anfangsbedingungen aus a)?

Hausaufgabe 2: Polarisation durch Reflexion (5P)

Eine ebene elektromagnetische Welle mit elektrischem Feld $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)}$ trifft auf eine ebene Grenzfläche zwischen zwei Medien mit Brechungsindizes $n = \sqrt{\mu \varepsilon}$ und $n' = \sqrt{\mu' \varepsilon'}$. Die transmittierte und reflektierte Welle sollen die elektrischen Felder $\vec{E}' = \vec{E}_0' e^{i(\vec{k}' \cdot \vec{r} - \omega t)}$ bzw. $\vec{E}'' = \vec{E}_0'' e^{i(\vec{k}'' \cdot \vec{r} - \omega t)}$ haben. Der Wellenvektor \vec{k} der einfallenden Welle und der Normalenvektor \vec{n} auf die Grenzfläche spannen die sog. *Einfallebene* auf. \vec{k}' und \vec{k}'' müssen ebenfalls in der Einfallsebene liegen.



a) Überlegen Sie wie die zugehörigen magnetischen Felder \vec{B} , \vec{B}' und \vec{B}'' aussehen, und zeigen Sie mit Hilfe der Stetigkeitsbedingungen für \vec{E} , \vec{D} , \vec{B} und \vec{H} an Grenzflächen, dass folgende Gleichungen gelten:

$$\left(\varepsilon \left(\vec{E}_0 + \vec{E}_0'' \right) - \varepsilon' \vec{E}_0' \right) \cdot \vec{n} = 0 \quad (1)$$

$$\left(\vec{k} \times \vec{E}_0 + \vec{k}'' \times \vec{E}_0'' - \vec{k}' \times \vec{E}_0' \right) \cdot \vec{n} = 0 \quad (2)$$

$$\left(\vec{E}_0 + \vec{E}_0'' - \vec{E}_0' \right) \times \vec{n} = 0 \quad (3)$$

$$\left(\frac{1}{\mu} \left(\vec{k} \times \vec{E}_0 + \vec{k}'' \times \vec{E}_0'' \right) - \frac{1}{\mu'} \left(\vec{k}' \times \vec{E}_0' \right) \right) \times \vec{n} = 0 \quad (4)$$

Nehmen Sie für die weiteren Teilaufgaben an, dass $\mu = \mu' = 1$, was für die meisten in der Optik relevanten Medien richtig ist.

b) Die Amplitude \vec{E}_0 der einfallenden Welle kann zerlegt werden in eine Komponente senkrecht zur Einfallsebene $\vec{E}_{0,\perp}$ (Abbildung (a)) und eine Komponente parallel zur Einfallsebene $\vec{E}_{0,\parallel}$ (Abbildung (b)). Bestimmen Sie aus den Ergebnissen von a) und dem Brechungsgesetz die Quotienten der Amplituden $E'_{0,\perp}/E_{0,\perp}$, $E''_{0,\perp}/E_{0,\perp}$, $E'_{0,\parallel}/E_{0,\parallel}$ und $E''_{0,\parallel}/E_{0,\parallel}$ als Funktion von n , n' und dem Einfallswinkel α .

c) Zeigen Sie, dass es einen Einfallswinkel α_B , genannt *Brewster-Winkel*, gibt, für den gilt $E''_{0,\parallel} = 0$. Das heißt, die reflektierte Welle ist linear polarisiert!