Übungen zur Elektrodynamik

Theoretische Physik II — WS 2019/20

Prof. Dr. H. Fehske
http://theorie2.physik.uni-greifswald.de

Blatt 13 — Abgabe: **Montag, 27.1.2020** vor der Vorlesung

Aufgabe 40 *Magnetische Sextupol-Linse*

Ein magnetischer Dipol mit Dipolmoment $\mathbf{m}$ befindet sich in einer magnetischen Linse mit Feldkomponenten

$$B_x = \alpha(x^2 - y^2), \quad B_y = -2\alpha xy, \quad B_z = 0,$$

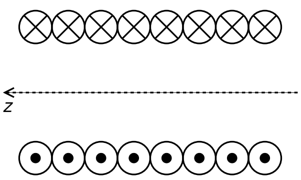
wobei z die Achse der Linse und α eine Konstante ist. Man spricht hierbei von einem Sextupolfeld.

(a) Wie lauten die Komponenten der Kraft auf den Dipol?

(b) Können eine oder mehrere solcher Linsen dazu benutzt werden, einen Strahl neutraler Teilchen mit magnetischem Dipolmoment zu fokussieren?

Aufgabe 41 *Zylinderspule*

Eine dicht gewickelte Zylinderspule (Länge L, Radius R, N Windungen) läßt sich in sehr guter Näherung als Anordnung paralleler Kreisringe verstehen. Das magnetische Feld der Spule ergibt sich auf der Achse somit als Integral, in dem sich der Ihnen bekannten Ausdruck für einen einzelnen Kreisring wiederfindet.



(a) Bestimmen Sie das Magnetfeld $\mathbf{B}(z)$ auf der Spulenachse! Die Spulenmitte sei bei $z = 0$, und natürlich ist $B \propto NI$, wenn der Strom I durch die Spule fließt. Diskutieren Sie das Magnetfeld innerhalb und außerhalb einer sehr langen Spule.

(b) Das Magnetfeld einer unendlich langen Spule (oder einer sehr langen Spule, deren Magnetfeld weitgehend als homogen angenommen werden kann) läßt sich sehr leicht mittels Satz von Stokes bestimmen: Nämlich wie?

(c) Eine sehr lange Spule ist mit einem Material der Permeabilität μ gefüllt. Wie groß ist die in der Spule gespeicherte Feldenergie, wie groß ihre Induktivität?

Aufgabe 42 *Und was Dynamisches, zum Schluß*

Eine ebene Welle falle senkrecht auf die Grenzschicht $z = 0$ zweier dielektrischer Medien, mit $\varepsilon = \varepsilon_1$ für $z < 0$, ε_2 für $z > 0$; beide Medien haben Permeabilität $\mu_1 = \mu_2 = 1$.
Ein Teil der Welle wird reflektiert, ein anderer durchdringt die Grenzschicht. Wir machen für die Wellen den Ansatz

einfallende Welle	transmittierte Welle	reflektierte Welle
$\mathbf{E} = \mathbf{E}_i\, e^{\mathrm{i}(k_1 z - \omega t)}$	$\mathbf{E} = \mathbf{E}_t\, e^{\mathrm{i}(k_2 z - \omega t)}$	$\mathbf{E} = \mathbf{E}_r\, e^{\mathrm{i}(k_1 z - \omega t)}$
$\mathbf{B} = n_1\, \mathbf{e}_z \times \mathbf{E}$	$\mathbf{B} = n_2\, \mathbf{e}_z \times \mathbf{E}$	$\mathbf{B} = -\, n_1\, \mathbf{e}_z \times \mathbf{E}$

mit dem Brechungsindex $n_i = \sqrt{\varepsilon_i}$.

(a) Überprüfen Sie zunächst, daß durch die angegebenen Ausdrücke tatsächlich Wellen in den Medien 1, 2 beschrieben werden.

(b) Geben Sie die aus den Randbedingungen folgenden Gleichungen für $\mathbf{E}_i, \mathbf{E}_t, \mathbf{E}_r$ an.

(c) Berechnen Sie den Reflexionskoeffizienten $R = \left(\frac{E_r}{E_i}\right)^2$ und den Transmissionskoeffizienten $T = \left(\frac{E_t}{E_i}\right)^2$. Diskutieren Sie die Phase der reflektierten Welle.

(d) Zeigen Sie, daß der Energieerhaltungssatz gilt.