Technische Universität München
Physik Department
Prof. Dr. Roland Netz
http://einrichtungen.physik.tu-muenchen.de/T37/teaching.html

Elektrodynamik
Wintersemester 2009/2010
8. Dezember 2009

Theoretische Physik II (Elektrodynamik) – Übungsblatt 8

Aufgabe 1 – **Strom führender Draht vor Medium**

Ein unendlich langer Draht (bei $z = a > 0$ und $x = 0$) wird in y-Richtung vom Strom I durchflossen. Der Draht befinde sich im Vakuum vor dem Halbraum $z < 0$, in dem sich ein Material der Permeabilität μ befindet. Bestimmen Sie die Felder $\vec{B}$ und $\vec{H}$ im gesamten Raum. Skizzieren Sie das Feld $\vec{B}$ in der x-z-Ebene.

Hinweis: Man betrachte zunächst eine beliebige Stromdichte $\vec{j}\,(\vec{r})$, die nur im Vakuum ($z > 0$) vorhanden ist, und zeige, dass sich im Vakuum das Feld $\vec{B}\,(\vec{r})$ berechnen lässt, indem man das Material der Permeabilität ersetzt durch die "Bildstromdichte" $\vec{j}_\mathrm{B}$ mit:

$$\vec{j}_\mathrm{B}\,(x, y, z < 0) = \frac{\mu - 1}{\mu + 1}\left[\vec{j}\,(\vec{r} - 2z\hat{e}_z) - 2\hat{e}_z j_z\,(\vec{r} - 2z\hat{e}_z)\right] \quad \text{und} \quad \vec{j}_\mathrm{B}\,(x, y, z > 0) = \vec{0},$$

während in dem Material der Permeabilität μ das Feld $\vec{B}\,(\vec{r})$ durch eine Stromverteilung $\frac{2\mu}{\mu+1}\vec{j}\,(\vec{r})$ im Vakuum erzeugt werden kann.

Aufgabe 2 – **Induktion in einer Leiterschleife**

Ein Drahtring mit Radius R bewege sich gleichförmig mit konstanter Geschwindigkeit im Feld eines im Koordinatenursprung ruhenden magnetischen Dipols mit Dipolmoment $\vec{m} = m\hat{e}_z$. Die Lage des Rings in Abhängigkeit der Zeit t sei – unter Vernachlässigung der Dicke – gegeben durch $x^2 + y^2 = R^2$ und $z = vt$.

a) Welche Ringspannung $U(t) \equiv -\mathrm{d}\Phi_\mathrm{mag}/\mathrm{d}t$ (Φ_mag als magnetischer Fluß) wird in der Schleife induziert, wenn man das Feld des Rings vernachlässigt.

b) Skizzieren Sie den Verlauf der Ringspannung als Funktion von t. Für welche Werte von t ($-\infty < t < +\infty$) wird die Ringspannung extremal?

Aufgabe 3 – **Teilchen im gekreuzten elektrischen und magnetischen Feld**

Ein Teilchen mit Masse M und Ladung $q > 0$ bewegt sich in einem elektrischen Feld $\vec{E}$ und zusätzlich einem magnetischen Feld $\vec{B}$. Es erfährt also eine Lorentz-Kraft:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}).$$

Betrachten Sie den Fall räumlich und zeitlich konstanter, aufeinander senkrecht stehender Felder, hier $\vec{E} = (0, 0, E)$ und $\vec{B} = (B, 0, 0)$ mit $E, B > 0$.

a) Bestimmen und skizzieren Sie die Bahnkurve $\vec{r}(t)$ des nichtrelativistischen Teilchens mit den Anfangsbedingungen $\vec{r}(0) = \vec{v}(0) = \vec{0}$.

b) Finden Sie die Bedingung, für die sich das Teilchen mit einer konstanten Geschwindigkeit bewegt. Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Teilchens in diesem Fall. Nehmen Sie an, dass sich das Teilchen nur in der y-z-Ebene bewegt.