Übungen zur Physik III (WS 1999/2000)

Blatt 7

Aufgabe 7.1 (10 Punkte): Bedeutung des Poynting-Vektors

Gegeben seien die homogenen Felder

$$\vec{E} = (E, 0, 0)\ , \quad \vec{B} = (B, 0, 0)\ .$$

a) Berechnen Sie den Poynting-Vektor $\vec{S}$!

b) Berechnen Sie div$\vec{S}$ und begründen sie, daß das oben angegebene Feld kein Strahlungsfeld ist.

c) Was passiert bei der Transformation

$$\vec{S} \mapsto \vec{S}' := \vec{S} + \operatorname{rot} \vec{a}\ , \quad \vec{a} \text{ beliebig?}$$

Aufgabe 7.2 (15 Punkte): Lineare Antenne

(Nur Teilaufgabe a) ist Hausaufgabe) Einer dünnen, linearen Antenne (Länge d) werde - z.B.

über ein Koaxialkabel auf halber Länge - eine zeitperiodische Stromdichte mit der Frequenz ω

$$\vec{j}(\vec{r}) = I_0 \sin(\frac{kd}{2} - k|z|)\delta(x)\delta(y)\vec{e}_z$$

aufgeprägt.

a) Berechnen Sie für diesen Fall das Vektorpotenzial

$$\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \int dV' \frac{\exp(ik|\vec{r} - \vec{r}'|)}{|\vec{r} - \vec{r}'|} \vec{j}(\vec{r}')$$

in der Näherung $r \gg r'$.

b) Bestimmen Sie mit dem Ergebnis aus b) die Feldstärken und daraus die im Zeitmittel pro Raumwinkeleinheit abgestrahlte Leistung! Vergleichen Sie die abgestrahlte Leistung der Fälle $kd = \pi, 2\pi$!

c) Zeigen Sie, daß für $kd \ll 1$ das Resultat für den elektrischen Dipol reproduziert wird. *Hinweis*: Nutzen Sie die Kontinuitätsgleichung für die Ladung.

Aufgabe 7.3 (): Skineffekt

Ein Kupferdraht mit einem Radius von $r = 5\ mm$ soll einen Wechselstrom der Frequenz $f = 500\ MHz$ leiten. Bestimmen Sie die Tiefe bei der die Stromdichte auf $1/e$ des Oberflächenwertes

abgefallen ist!
Schätzen Sie ab, um wieviel sich der Widerstand des Drahtes durch den Skineffekt gegenüber dem Gleichstromwiderstand ändert!
Welche Rolle spielt der Skineffekt bei einem Wechselstrom von $f = 60\ Hz$?
$\rho_{Cu} = 1.72\ 10^{-8}\ \Omega m$

Aufgabe 7.4 (): Lichtmühle

a) Eine Lichtmühle im Vakuum mit vier Flügeln aus absorbierenden oder reflektierenden Flächen à $2 \times 2cm^2$, deren Mittelpunkt $2cm$ von der Drehachse entfernt ist, wird von einem parallelen Lichtbündel mit Querschnitt $6 \times 6cm^2$ und einer Intensität $I = 10^4 W/m^2$ bestrahlt. Wie groß ist das wirkende Drehmoment?

b) Nun wird die gleiche Mühle in ein Gefäß gebracht, das mit Argongas (p=10 mbar) gefüllt ist. Die Wärmekapazität der absorbierenden Flächen ist $10^{-1} Ws/K$ je Fläche. Schätzen Sie jetzt das Drehmoment ab, wenn die Gefäßwände Zimmertemperatur haben.

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.)