Übungen zur Physik II - SS 2016

12. Übungsblatt

Abzugeben in der Vorlesung um 14:00 Uhr am Dienstag, den 05.07.2016

Aufgabe 1: Isotrope Ausstrahlung (**6 Punkte**)

a) Berechnen Sie die mittlere elektrische und magnetische Feldstärke in 100 km Entfernung von einem Sender, der mit 100 kW Leistung sendet. Es soll eine isotrope Ausstrahlung angenommen werden. (**4 Punkte,B**)

b) Die Sonne strahlt der Erde rund 1.39 kW/m^2 zu (Solarkonstante). Wie groß ist demnach

1. der Effektivwert der elektrischen Feldstärke in der Sonnenstrahlung an der Erdoberfläche,
2. die Strahlungsleistung (Leuchtkraft) der Sonne?

(**2 Punkte, B**)

Aufgabe 2: Kugelwelle (**6 Punkte**)
Das elektrische Feld $\vec{E}(r,t)$ einer elektromagnetischen Kugelwelle im Vakuum hat die Form

$$\vec{E}(r,t) = \frac{E_0}{r} e^{i(kr-\omega t)} \cdot \vec{e}_z$$

(Kugelkoordinatioen, r =Radius).

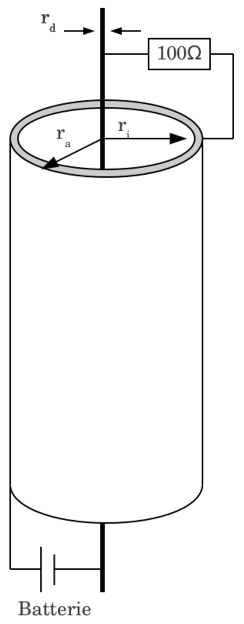
a) Zeigen Sie, dass eine solche Kugelwelle die dreidimensionale Wellengleichung löst. Wie lautet die Dispersionsrelation? (**2 Punkte, A**)

b) Betrachten Sie jetzt nur noch Punkte auf der x-Achse, die sehr weit vom Zentrum der Kugelwelle weg sind, sodass Sie näherungsweise von einer ebenen Welle ausgehen können. Geben Sie $\vec{E}(x,t)$, $\vec{B}(x,t)$ sowie $\vec{H}(x,t)$ an. (**2 Punkte, B**)

c) Berechnen Sie den Poynting-Vektor $\vec{S}(x,t)$ und dessen zeitlichen Mittelwert $\langle\vec{S}\rangle$. Drücken Sie dabei die Formeln so aus, dass sie nur noch das elektrische Feld enthalten. (**2 Punkte, B**)

Aufgabe 3: Poyntingscher Vektor (6 Punkte, B/C)

Ein Lastwiderstand $R = 100\Omega$ wird über ein Koaxialkabel mit vernachlässigbaren Ohmschen Widerstand an eine Batterie von 20V angeschlossen ("+"-Pol am Draht). Berechnen Sie den Poyntingschen Vektor $\vec{S}$ und zeigen Sie, dass sein Fluss durch jeden Querschnitt des Kabels gleich der im Widerstand R verbrauchten Leistung ist. (Eigenschaften des Dielektrikums: $\mu = 1$, $\epsilon \neq 1$).
Der Drahtradius des Koaxialkabels sei r_d, der Außenradius des Kabelmantels sei r_a, der Innenradius des Kabelmantels sei r_i.



Aufgabe 4: Elektrodyamik und Relativität (10 Punkte)

a) Elektromagnetische Wellen im Vakuum propagieren mit der konstanten Lichtgeschwindigkeit c in allen Bezugssystemen. Zeige, dass die entsprechende Wellengleichung

$$\left(\nabla^2 - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}\right) y(\mathbf{x}, t) = 0 \tag{1}$$

für eine skalare Amplidude y

(i) **nicht** invariant unter Galilei-Transformation ist

(ii) aber invariant unter Lorentz-Transformation ist.

Betrachte hierzu zwei Intertialsysteme, die sich mit einer konstanten Geschwindigkeit v in x-Richtung relativ zueinander bewegen und die Wellengleichung in einer Raumdimension. (**6 Punkte, B**)

b) Betrachte einen ungeladenen Draht, in dem ein Strom I mit der Stromdichte

$$j = v\,\rho_- \tag{2}$$

fließt. Weiterhin bewegt sich eine Ladung $-q$ mit der gleichen Geschwindigkeit v parallel zu dem Draht in Stromrichtung. Welche Ladungsdichte wird von der bewegten Ladung wahrgenommen?

Hinweis: Betrachte einerseits das Laborsystem (Ruhesystem des Drahtes), in dem sich die Ladungsdichten von positiven (ρ_+) und negativen (ρ_-) Ladungsträgern aufheben (die positiven Ladungsträger sind im Draht fixiert), und andererseits das System, in dem sich die Ladung $-q$ in Ruhe befindet. Beachte, dass die Gesamtladung Q unhabhängig von der Relativgeschwindigkeit ist (d.h. Q ist ein Lorentz-Skalar).

Diskutiere das Ergebnis. (**4 Punkte, B**)