

Experimentalphysik II (SS 10)

Hausaufgaben 11

41. *Das elektromagnetische Spektrum*

- a) Wie groß ist im Vakuum die Wellenlänge λ der Radiowellen von i) 1Live mit einer Sendefrequenz von $\nu = 102,40$ MHz und ii) der Deutschen Welle mit $\nu = 6075$ kHz?
- b) Wie groß ist im Vakuum die Frequenz ν von i) Mikrowellenstrahlung ($\lambda = 3$ cm), ii) sichtbarem Licht ($\lambda = 500$ nm) und iii) Röntgenstrahlung ($\lambda = 0,1$ nm)?

(4 Punkte)

42. *Elektromagnetische Welle*

Eine linear polarisierte elektromagnetische Welle pflanzt sich in positive z -Richtung fort. Der Vektor des elektrischen Feldes schwingt entlang der y -Achse. Die Maximalamplitude beträgt $E_0 = 1000$ V/m, die Welle hat eine Frequenz von 1 MHz.

- a) Was ist die maximale magnetische Feldstärke B_0 ?
- b) Geben Sie Betrag und Richtung des Vektors des magnetischen Feldes an einem Ort an, wo $E = (0, 250$ V/m, $0)$ ist.
- c) Was ist die kleinste Entfernung zwischen dem zuvor betrachteten Ort und dem nächsten Durchlaufen des maximalen magnetischen Feldes?

(5 Punkte)

43. *Allgemeine Wellengleichung*

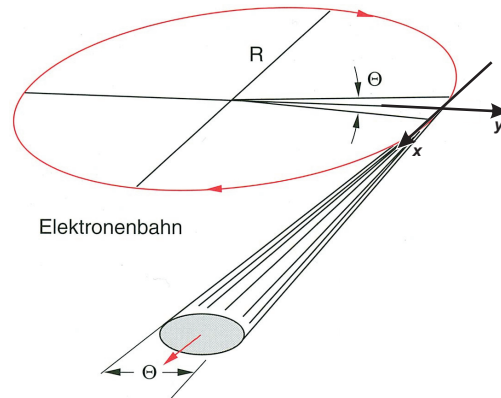
- a) Zeigen Sie, dass die dreidimensionale Wellengleichung $\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$ Lösungen der Form $u(x, y, z, t) = \frac{1}{r} f(r - ct)$ besitzt, wobei $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ und f eine beliebige, zweifach differenzierbare Funktion ist. Hinweis: Verwenden Sie die Kettenregel.
- b) Berechnen Sie für die oben angegebene Lösung die Leistung der Welle, die zu einem bestimmten Zeitpunkt t_0 durch eine Kugelschale mit Radius r_0 fließt. Vergleichen Sie diesen Wert mit der Leistung, die zu einem Zeitpunkt $t_0 + \Delta t$ durch eine Kugelschale mit Radius $r_0 + \Delta t \cdot c$ fließt. Interpretieren Sie ihr Ergebnis.

(6 Punkte)

Bitte wenden.

44. Synchrotronstrahlung

Beim Hertzschen Dipol sendet eine oszillierende Ladung elektromagnetische Strahlung hauptsächlich senkrecht zur Richtung der auftretenden Beschleunigung aus. Allgemein strahlt jede beschleunigte Ladung Wellen auf diese Weise ab. In einer Synchrotronstrahlungsquelle (BESSY, ESRF) wird dieser Effekt ausgenutzt, um Licht mit einem sehr breiten, kontinuierlichen Spektrum mit hoher Intensität zu erzeugen. Dazu werden Elektronen mit sehr hoher Geschwindigkeit ($v = 0,999999c$) auf eine Kreisbahn gezwungen (siehe Skizze).



a) Wie sieht qualitativ im nicht-relativistischen Fall die Abstrahlungscharakteristik eines Elektrons auf einer Kreisbahn aus? In welche Richtung zeigt die Beschleunigung?

b) Bei den hier auftretenden Geschwindigkeiten muss man relativistisch rechnen. Betrachten Sie zur Verdeutlichung der hier auftretenden Effekte ein Photon, dass im Ruhesystem des Elektrons unter einem Winkel von $\alpha = 89,99^\circ$ zur Bahnrichtung (x -Achse) emittiert wird (natürlich mit $v = c$). Rechnen Sie näherungsweise mit $\alpha = 90^\circ$ und vernachlässigen Sie die Krümmung der Bahn. Transferieren Sie die Geschwindigkeit in das Ruhesystem des Synchrotrons (komponentenweise). Wie ist jetzt der Winkel zwischen Bahnrichtung und Ausstrahlungsrichtung des Photons? Zur Erinnerung: Die relativistische Beziehung zwischen Geschwindigkeiten \vec{u} und \vec{u}' in einem ruhenden System S bzw. in einem relativ dazu mit v in x -Richtung bewegten System S' lautet:

$$u_x = \frac{u'_x + v}{1 + \frac{v}{c^2}u'_x}; u_y = \frac{u'_y}{\gamma(1 + \frac{v}{c^2}u'_x)}; \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}}$$

c) Wie sieht also jetzt die Abstrahlungscharakteristik aus?

(5 Punkte)

Abgabe der Übungszettel am 7. Juli vor der Vorlesung, Besprechung der Lösungen am 12. Juli in den Übungsgruppen. Dieser Zettel ist der vorletzte Übungszettel.