Experimentalphysik 2 [PK2]

Humboldt–Universität zu Berlin, Sommersemester 2017
Prof. Dr. S. Kowarik

Blatt 12

Abgabe: 13. Juli 2017 bis 13:00 Uhr (Kasten vor NEW 15 1'415)

Aufgabe 1: Strahlung einer beschleunigten Ladung (30%)

In einem Hertzschen Dipol führt eine Ladung q eine Schwingung $d(t)$ aus.

a) Zeigen Sie ausgehend von den in der Vorlesung abgeleiteten Formeln, dass für die Energiestromdichte I der abgestrahlten elektromagnetischen Wellen

$$I = \frac{1}{16\pi^2\epsilon_0 c^3}\frac{q^2 a^2 \sin^2\theta}{r^2}$$

gilt. Dabei sind a die Beschleunigung der Ladung, r der Abstand zum Dipol und θ der Winkel zur Dipolachse. Integrieren Sie über den gesamten Raumwinkel und zeigen Sie, dass für die gesamte Strahlungsleistung

$$P = \frac{q^2 a^2}{6\pi\epsilon_0 c^3}$$

gilt.

b) Ein Elektron (Masse m) mit der kinetischen Energie $E = 50\,\mathrm{keV}$ bewegt sich in einem Magnetfeld auf einer Kreisbahn mit Radius $R = 1\,\mathrm{m}$. Berechnen Sie die Strahlungsenergie ΔW, die das Elektron pro Sekunde und pro Umlauf insgesamt (also in alle Richtungen) abgibt. Hinweis: Zeigen Sie zunächst

$$\Delta W = 6{,}03 \cdot 10^{-9}\,\mathrm{eV} \cdot \frac{1}{R/\mathrm{m}}\left(\frac{2E}{mc^2}\right)^{\frac{3}{2}}.$$

c) Wiederholen Sie die Rechnung für ein Proton mit der gleichen Energie und dem gleichen Bahnradius.

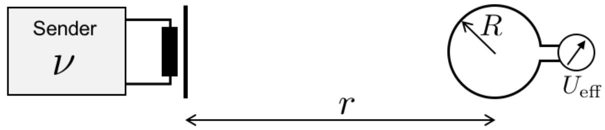
d) In einem Wasserstoffatom bewegt sich ein Elektron mit einer kinetischen Energie von $E = 13{,}6\,\mathrm{eV}$ auf einer Kreisbahn mir Radius $R = 5{,}3 \cdot 10^{-11}\,\mathrm{m}$ um den Atomkern. Berechnen Sie erneut die Energie, die das Elektron nach obiger Theorie pro Sekunde und pro Umlauf abstrahlen müsste. Kommentieren Sie Ihr Ergebnis.

Aufgabe 2: Lorentz-Transformation (20%)

In Bezug auf Uhren im Laborsystem werden zwei Straßenlaternen A (am Ort x_A) und B (am Ort $x_B > x_A$), die im Laborsystem Σ den Abstand $4\,\mathrm{km}$ haben, genau gleichzeitig eingeschaltet. Welche Straßenlaterne geht für einen Beobachter, der in einem Zug (System Σ') sitzt, der sich mit $v = 3/5\,c$ von A nach B bewegt, zuerst an? Nach welcher Zeit (in Sekunden) geht die zweite Laterne an?

Hinweis: Wie immer in der speziellen Relativitätstheorie geht es darum, was beobachtet wird, wenn auf die Lichtlaufzeit korrigiert wird, und nicht darum, was der Beobachter tatsächlich sieht. Letzteres hängt in diesem Fall davon ab, wo sich der Beobachter im Zug befindet.

Aufgabe 3: Empfänger (30%)



Ein Sender mit der mittleren Gesamtleistung $\bar{P} = 50\,\text{kW}$ sendet über eine Dipolantenne bei einer Frequenz von $\nu = 100\,\text{MHz}$. In einem Abstand von $r = 1 \cdot 10^5\,\text{m}$ befindet sich eine Drahtschleife mit Radius $R = 0{,}3\,\text{m}$, die als Empfängerantenne benutzt wird.

a) Berechnen Sie die mittlere Energiestromdichte $\bar{S}$ am Ort der Drahtschleife.

b) Das Magnetfeld am Ort der Schleife kann man in der Form $B(t) = B_0 \sin(2\pi\nu t)$ schreiben. Berechnen Sie B_0.

c) Berechnen Sie den Effektivwert U_{eff} der in der Drahtschleife induzierten Spannung $U_{\text{ind}}(t)$.

Aufgabe 4: Geschwindigkeitsaddition (20%)

Bei einer relativistischen Verfolgungsjagd bewegt sich das Fluchtauto im Laborsystem mit $v_F = 0.75\,c$, während das Polizeiauto nur $v_P = 0.5\,c$ errreicht. Der Polizist auf dem Beifahrersitz feuert daher seine Pistole auf das Fluchtauto ab. Die Mündungsgeschwindigkeit des Geschosses (relativ zur Pistole) sei $v_G = c/3$.

a) Erreicht das Geschoss den Fluchtwagen, wenn die Galilei-Transformation gilt?

b) Erreicht das Geschoss den Fluchtwagen, wenn die Lorentz-Transformation gilt?

Berechnen Sie jeweils die Geschwindigkeit des Geschosses im Laborsystem.