

[Abgabe **16.06.2009** in der Vorlesung, Tutorien 18.-19.06.2009]

Aufgabe A: Über die Zeit gemittelte Strahlungsleistung. Ein Teilchen der Ladung e bewege sich längs der z -Achse gemäß $z(t) = a \cos(\omega t)$.

- (a) Zeigen Sie, dass die in das Raumwinkelement $d\Omega$ abgestrahlte Leistung gegeben ist durch

$$\frac{dP_0}{d\Omega} = \frac{c e^2 \hat{\beta}^4}{4\pi a^2} \frac{\sin^2\theta \cos^2(\omega t_0)}{[1 + \hat{\beta} \cos\theta \sin(\omega t_0)]^5},$$

wobei $\hat{\beta} := a\omega/c$.

- (b) Zeigen Sie, dass für das zeitliche Mittel von Ihrem Resultat aus (a)

$$\frac{dP_0}{d\Omega} = \frac{c e^2 \hat{\beta}^4}{32\pi a^2} \frac{4 + \hat{\beta}^2 \cos^2\theta}{(1 - \hat{\beta}^2 \cos^2\theta)^{7/2}} \sin^2\theta$$

gilt, wobei $|\hat{\beta}| < 1$ angenommen wird.

Aufgabe V1: Strahlungsverlust in senkrechtem Magnetfeld. Ein Teilchen der Masse m und Ladung q bewege sich in einer Ebene senkrecht zu einem homogenen konstanten Magnetfeld, der Betrag der Feldstärke sei B .

- (a) Berechnen Sie die gesamte pro Zeiteinheit abgestrahlte Energie und drücken Sie diese durch die Größen m, q, c, B sowie $\gamma = E/(mc^2)$, wobei E die Energie des Teilchens ist, aus.
- (b) Zur Zeit $t = 0$ habe das Teilchen die Gesamtenergie $E_0 = \gamma_0 mc^2$. Zeigen Sie, dass es zu einem Zeitpunkt t mit

$$t \approx \frac{3m^3 c^5}{2q^4 B^2} \left(\frac{1}{\gamma} - \frac{1}{\gamma_0} \right)$$

die Energie $E = \gamma mc^2$ hat, sofern $\gamma \gg 1$.

Aufgabe V2: Strahlungsverlust in Kreisbeschleunigern. Der Teilchenbeschleuniger mit der größten Teilchenenergie ($7 \text{ TeV} = 7 \cdot 10^{12} \text{ eV}$), der Large Hardon Collider (LHC), ist ein Protonbeschleuniger. Aus teilchenphysikalischen Gründen hätte man aber viel lieber einen Elektronbeschleuniger gleicher Energie.

- (a) Um wieviel mehr Energie als im LHC ginge in einem 7 TeV Elektronbeschleuniger der gleichen Größe durch Strahlung verloren?
- (b) Der LHC hat einen Umfang von 27 km . Wie groß müsste man einen 7 TeV Elektronbeschleuniger bauen, der den gleichen Energieverlust durch Strahlung hat wie der LHC?

Hinweis: Nehmen Sie der Einfachheit halber an, die Teilchen bewegten sich mit konstanter Energie auf Kreisbahnen.