

2. Übung zur Vorlesung

Röntgenphysik

WS 2009/2010

M. Martins, G. Grübel

1. Magnetstrukturen

(5 Punkte)

Berechnen Sie mittels des Matrixformalismus für Teilchenstrahlen die Teilchenbahn durch einen Dipolmagneten, sowie einen fokussierenden und einen defokussierenden Quadrupolmagneten für einen Elektronenstrahl mit einem Durchmesser $d = 1 \text{ mm}$ und verschwindender Divergenz. Welche Auswirkung haben die verschiedenen Magnetstrukturen auf den Teilchenstrahl. Vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit denen der konventionellen Optik.

- Dipolmagnet: $l_B = 1 \text{ m}$, $R = 3 \text{ m}$
- Quadrupol: $l_Q = 0.2 \text{ m}$, $|k_Q| = 1$

Berechnen Sie die Teilchenbahn für den Dipol sowohl mit als auch ohne Kantenfokussierung.

2. FODO Struktur

(10 Punkte)

Ein einfacher Speicherring (Energie $E = 1 \text{ GeV}$) kann mittels einer sogenannten FODO Struktur aufgebaut werden.

Eine FODO Struktur besteht aus einem fokussierenden Quadrupol QF, einem Dipolmagneten B, einem defokussierenden Quadrupol QD, einem weiteren Dipolmagneten B und wieder einem fokussierenden Quadrupol QF. Die Parameter der Komponenten sind wie folgt:

QF $k_{QF} = -1.20 \text{ m}^{-2}$, $l_{QF} = 0.20 \text{ m}$

QD $k_{QD} = 1.20 \text{ m}^{-2}$, $l_{QD} = 0.40 \text{ m}$

B $R_B = 3.8197 \text{ m}$, $l_B = 1.50 \text{ m}$

Beim Dipol ist an beiden Seiten eine Kantenfokussierung EB mit $\Psi_B = 11.25^\circ$ zu berücksichtigen. Zwischen den einzelnen Komponenten existiert jeweils eine Driftstrecke $l_D = 0.55 \text{ m}$.

- Berechnen Sie mittels der Bahn-Matrizen die Elektronenbahn für diese FODO Struktur
- Aus wie vielen dieser FODO Segmenten besteht ein kompletter Speicherring ?
- Wie sehen die Teilchenbahnen für einen kompletten Umlauf im Ring aus ?
- Nehmen Sie einen Elektronenstrahl mit einem Anfangsdurchmesser von 1 mm an. Wie groß muß dann das Vakuumstrahlrohr mindestens sein und in welcher Magnetstruktur liegt der minimale Durchmesser des Elektronenstrahls ?

- e) Wo sollte der Durchmesser minimal sein, um eine möglichst kleine Quelle für Synchrotronstrahl zu erhalten ?
- f) Welchen Einfluß haben die Quadrupolmagnete auf den Elektronenstrahldurchmesser ? In welchem Bereich kann man die Quadrupolstärke k_{QF} variieren ?

Bahn-Matrizen

Für den Dipol lautet die Bahnmatrix

$$M_{Dipol} = \begin{pmatrix} \cos \chi & R \sin \chi & 0 & 0 & R(1 - \cos \chi) \\ -(1/R) \sin \chi & \cos \chi & 0 & 0 & \sin \chi \\ 0 & 0 & 1 & s & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

mit $\chi = s/R$. Die anderen Matrizen sind in der Vorlesung als 4×4 Matrizen gegeben worden. Erweitern Sie die Matrizen jeweils mit einer (00001) Zeile und Spalte, um auf eine 5×5 Matrix zu kommen. Der Vektor X ist gegeben durch $(xx'zz'\Delta p/p)$. $\Delta p/p$ ist die Impuls bzw. Energieabweichung.