

Ringbeschleuniger und Speicherringe

Übungsblatt 7

Prof. Dr. O. Kester, S. Geyer und Dr. P. Forck

Sommersemester 2016

1 Eigenfrequenzen einer zylindrischen Kavität

Berechnen Sie die Eigenfrequenzen einer zylindrischen Kavität (englisch pill box cavity) mit dem Radius $R = 32$ cm und der Länge $l = 20$ cm.

Die Werte χ_{mn} der n -ten Nullstellen der Besselfunktion J_m sind:

$$\chi_{01} = 2.405 \quad \chi_{02} = 5.520 \quad \chi_{11} = 3.832 \quad \chi_{12} = 7.016$$

Die Werte χ'_{mn} der n -ten Nullstellen der Ableitung der Besselfunktion J'_m sind:

$$\chi'_{01} = 3.832 \quad \chi'_{02} = 7.016 \quad \chi'_{11} = 1.841 \quad \chi'_{12} = 5.331$$

- Berechnen Sie die Eigenfrequenzen der \mathbf{TM}_{mnp} Moden für $m = 0, 1$ (azimutale Richtung), $n = 1, 2$ (radiale Richtung) und $p = 0, 1$ (longitudinale Richtung).
- Warum regt am eine \mathbf{TM}_{010} Mode am besten über eine induktive Kopplungsschleife an?
- Berechnen Sie die Eigenfrequenzen der \mathbf{TE}_{mnp} Moden für $m = 0, 1$, $n = 1, 2$ und $p = 1$.
- Warum werden \mathbf{TE} Moden (in zylindrischen Kavitäten) nicht Beschleunigung des Strahls benutzt? Wozu könnte man sie aber trotzdem benutzen?

2 Beschleunigung in einem Proton Synchrotron

Ein Synchrotron beschleunigt Protonen von $E_i = 100$ MeV bis $E_f = 4$ GeV innerhalb $t_{acc} = 1$ s. Der Umfang des Synchrotrons ist $C = 100$ m, der Krümmungsradius der Dipolmagnete $\rho = 5$ m. Die Beschleunigung erfolgt mit konstanter Magnetfeld-Rampe $dB/dt = const$

- Berechnen Sie die Geschwindigkeit bei Injektion β_i und Extraktion β_f und die Umlaufzeiten t_i und t_f .
- Berechnen Sie die magnetischen Induktion B_i und B_f der Dipolmagnete bei Injektion und Extraktion; geben Sie den Wert für dB/dt an. Geben Sie die Beschleunigungsfrequenzen f_i und f_f an unter der Annahme das nur ein Bunch im Synchrotron umläuft.
- Schätzen Sie die zur Beschleunigung notwendige effektive Spannung U_{acc} am Spalt einer Kavität ab unter der Annahme einer konstanten Beschleunigung d.h. benutzen sie den Mittelwert der Umlaufzeit. Das Sollteilchen habe eine Phasenablage von $\phi = 60^\circ$ gegenüber dem Maximum der Sinuswelle am Spalt.
- Die Kavität hat eine Shunt-Impedanz von $R_S = 100 \Omega$. Berechnen Sie die notwendige Leistung zur Beschleunigung?
- Warum ist für eine typische Kavität an einem Protonensynchrotron der Transit-time-factor $T \approx 1$?