

Übungsaufgaben zur Vorlesung „Höhere Experimentalphysik“

WS 11/12, Blatt 2, 03.11.2011

1. Magnetostatischer Quadrupol

Zur Auslegung einer magnetischen Quadrupollinse (Abb.1) kann von der Definition der magnetischen Spannung Gebrauch gemacht werden:

$$U_m = \oint \mathbf{H} \, ds = N I$$

Dabei ist N die Zahl der Windungen und I der durch jede Windung fließende Strom.

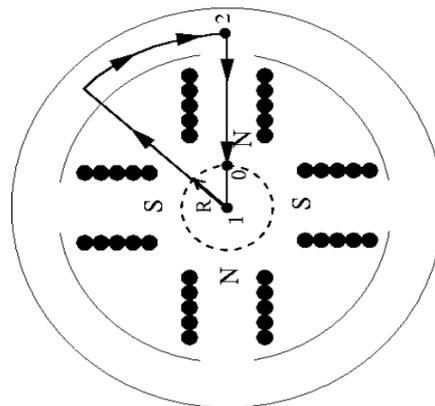


Abbildung 1

a) Finden Sie einen geeigneten Integrationsweg für $\oint \mathbf{H} \, ds$ zwischen den Polschuhen des Quadrupolmagneten und geben Sie so einen Ausdruck für die Größe Amperewindungszahl NI an. Es soll davon ausgegangen werden, dass das Magnetfeld im Zentrum des Quadrupols ($r < R$) einen konstanten Feldgradienten $B' = B_0/R$ besitzt, wobei B_0 der maximale Feldbetrag an der Polspitze $r = R$ auftritt.

b) Berechnen Sie die Amperewindungszahl sowie den Leistungsbedarf des Magneten für folgende Konfiguration:

$R = 1.5 \text{ cm}$ (Apertur des Magneten)

$N = 4$ (Windungszahl der Spulenwicklung)

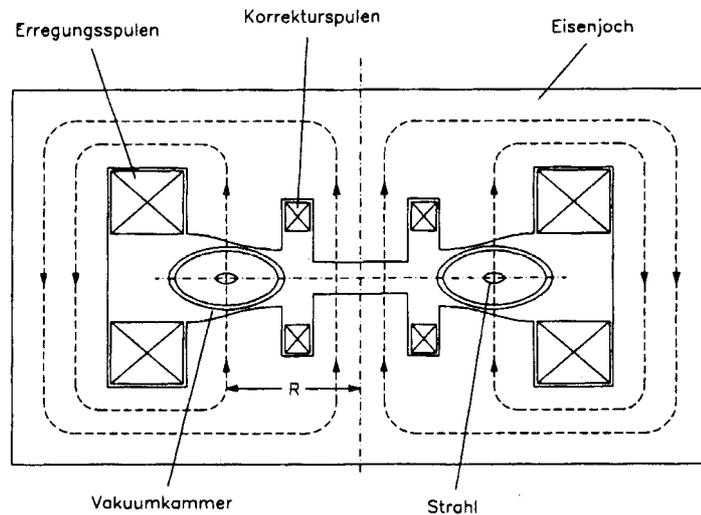
$A = 0.2 \text{ cm}^2$ (Querschnittsfläche des Spulendrahtes)

$l = 600 \text{ cm}$ (Gesamtlänge des Spulendrahtes s)

$B' = 1500 \text{ G/cm}$ (magnetischer Feldgradient)

2. Das Betatron, ein spezieller Kreisbeschleuniger für Elektronen.

Beim Betatron wird während der Beschleunigung das Magnetfeld der Erregerspulen hochgefahren. Die Geschwindigkeit der Elektronen und das Magnetfeld müssen sich dabei zeitlich so ändern, dass der Bahnradius konstant bleibt. Durch das zeitlich veränderliche Magnetfeld entsteht durch Induktion ein elektrisches Feld zur Beschleunigung. Dabei sei A die Fläche, die durch die kreisförmige Teilchenbahn erzeugt wird.



- Wie groß ist die Beschleunigerfeldstärke E ?
- Welche Induktionsspannung U entsteht entlang eines Umlaufs, wenn der Radius $R=1$ m beträgt und das Magnetfeld B von 0 auf 1 T in 10 ms hochgefahren wird?
- Warum ist das Betatron nur für Elektronen und nicht für schwere Teilchen wie Protonen oder Ionen geeignet?
- Das durch die Fläche A tretende mittlere Magnetfeld lautet:

$$\langle |B| \rangle = \frac{1}{4\pi R^2} \iint_A B(r) dA$$

Leiten Sie den Zusammenhang zwischen dem mittleren magnetischen Feld und dem Feld $B(R)$ am Ort der Elektronen der (Wideröesche Betatronbedingung). Berechnen Sie dazu die Kraft auf die Elektronen.