

ÜBUNGEN
zur „Beschleunigerphysik Teil 1“
TU Dortmund Wintersemester 2019/20

– **BLATT 9** –

Arne Meyer a.d.H. (arne.meyeraufderheide @ tu-dortmund.de)
Benedikt Büsing (benedikt.buesing @ tu-dortmund.de)
Shaukat Khan (carsten.mai @ tu-dortmund.de)
Vorbesprechung am Do 05.12.2019
Abgabe per Email bis Di 10.12.2019

Maximal drei Teilnehmer/innen können eine gemeinsame Lösung einsenden. Die Lösungen zu Programmieraufgaben bitte als kommentiertes Python-Skript (.py), zu Verständnis- und Rechenaufgaben als PDF-Dokument (z.B. mit LaTeX, Word, gescannt) per Email einsenden. Bitte alle Namen im Betreff der Email, in der PDF-Datei und dem Python-Skript aufführen. Betreff der Email: „[BP2019 Uebung] Abgabe Blatt 9, Namen“*

Aufgabe 1: Kurzfragen (2 Punkte)

- a) Eine schnelle Änderung der Stromstärke in einem Elektromagneten soll möglichst eine ebenso schnelle Änderung des Magnetfelds am Ort eines Teilchenstrahls bewirken. Welche Effekte wirken dem entgegen?
- b) Welche zusätzlichen Feldkomponenten entstehen, wenn ein Quadrupol- bzw. Sextupolmagnet transversal versetzt wird, sodass die jeweilige Magnetachse nicht mehr kollinear, sondern parallel zur Achse eines Teilchenstrahls ist?

Aufgabe 2: Magnete (5 Punkte)

In der Vorlesung wurde ein skalares $\Phi(x, y)$ Potenzial in zweidimensionaler Näherung eingeführt, aus dem sich das Feld eines Magneten zu $\vec{B}(x, y) = (d\Phi/dx, d\Phi/dy)$ ergibt. Berechnen Sie das horizontale und vertikale Magnetfeld für folgende Fälle:

- a) Dipolmagnet mit konstantem Feld B_0 und $\Phi = B_0 \cdot y$.
- b) Quadrupolmagnet mit Gradient g und $\Phi = g \cdot x \cdot y$.
- c) Sextupolmagnet mit Sextupolstärke m und $\Phi = \frac{m}{2} \left(x^2 y - \frac{y^3}{3} \right)$.

Die Oberfläche der Pole eines Elektromagneten sind Äquipotenzialflächen. Geben Sie jeweils einen Ausdruck für die Form der Pole mit konstantem Potenzial Φ_0 an. Welche Beträge haben Konstanten B_0 , g , m und Φ_0 , wenn das Magnetfeld an der Eisenoberfläche maximal 2 T beträgt und die Pole 2 cm von der Mittelachse entfernt sind?

(bitte wenden)

Aufgabe 3: Quadrupol- und Sextupolmagnet (4 Punkte)

Berechnen Sie für äquidistante Punkte (Abstand 1 mm) in einem horizontalen/vertikalen Bereich von ± 30 mm um die Mittelachse den zweidimensionalen Magnetfeldvektor $\vec{B} = (B_x, B_y)$ für

a) Quadrupolmagnet mit Gradient 75 T/m

b) Sextupolmagnet mit Sextupolstärke 7500 T/m²

und stellen Sie die Magnetfelder in geeigneter Form grafisch dar. Zeichnen Sie zusätzlich die Form der Eisenpole ein, deren Abstand von der Mittelachse 2 cm betragen soll.

Anmerkung: Die hier angegebenen Werte sind nicht die Lösung für g und m in Aufgabe 2.

Senden Sie Ihren Übungsassistenten neben Ihrem Python-Code auch Ergebnisse in Form aussagefähiger Bilder in einem gängigen Format (png, jpg oder pdf).