

ÜBUNGEN
zur Vorlesung „Instrumente der modernen Physik“
TU Dortmund Sommersemester 2019

– **BLATT 2** –

Daniel Krieg (daniel.krieg @ tu-dortmund.de)
Carsten Mai (carsten.mai @ tu-dortmund.de)
Vorbesprechung am Mi 17.04.2019, **Abgabe per Email bis Di 23.04.2019.**

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. LaTeX, Word, gescannt) per Email an die drei Übungsleiter einsenden. Bitte alle Namen im Betreff der Email, dem PDF und dem Python-Skript aufführen. Betreff der Email: „[Instrumente19 Übung] Abgabe Blatt 2, <Namen>“*

Aufgabe 1: Kurzfragen (2 Punkte)

- a) Erläutern Sie, warum sich in einem e^+e^- -Speicherring bei gleicher Energie in derselben Magnetstruktur die gegenläufigen Strahlen "automatisch" treffen und es einer elektrostatischen Ablenkung bedarf, wenn man dies verhindern will.
- b) Beim Quadrupolmagneten steigt das Magnetfeld linear mit dem Abstand vom Mittelpunkt an. Überlegen Sie ohne Rechnung: Warum fokussiert ein Quadrupol nicht in beiden Ebenen (horizontal und vertikal)? Warum fokussieren zwei verschieden gepolte Quadrupole hintereinander in beiden Ebenen?



Aufgabe 2: Photonen- und Teilchenstrahl (4 Punkte)

- a) Folgende Angaben werden zu einem Hochleistungs-Lasersystem (POLARIS am HIJ in Jena) gemacht: Spitzenleistung 100 TW, Pulsdauer 140 fs (Halbwertsbreite), Spitzenintensität im Fokus $6 \cdot 10^{20} \text{ W/cm}^2$, Wellenlänge 1030 nm. Nehmen Sie an, dass die Energie der Laserpulse in jeder Koordinate normalverteilt ist. Wie groß ist die Energie in einem Puls? Wie groß ist die horizontale und vertikale Standardabweichung des kreisrunden Strahlflecks im Fokus? Wie groß ist die Photonenenergie? Wie viele Photonen enthält ein Puls?
- b) Beim Large Hadron Collider wird ein Protonenstrom von 580 mA bei einer Strahlenergie von 7,0 TeV angestrebt. Der Umfang des Speicherrings beträgt 26,7 km. Geben Sie den Lorentzfaktor an. Wie viele Protonen enthält ein solcher Strahl? Wie groß ist die gesamte kinetische Energie der Protonen? Mit welcher Geschwindigkeit (in km/h) würde sich ein typischer Personenkraftwagen (z.B. Ferrari GT250Lusso, 1350 kg mit Fahrer und vollgetankt) mit derselben kinetischen Energie bewegen?

(bitte wenden)

Aufgabe 3: Teilchenbahnen (5 Punkte)

Berechnen Sie die horizontale Position von 1000 Zufallsteilchen, eine Driftstrecke der Länge $d_1 = 1$ m durchlaufen, dann auf einen fokussierenden Quadrupolmagneten treffen, dessen Länge $L = 0,25$ m und Stärke $k = 4 \text{ m}^{-2}$ beträgt, und danach nochmals eine Driftstrecke der Länge $d_2 = 1$ m durchlaufen.

- Starten Sie die 1000 Teilchen am Anfang der ersten Driftstrecke bei $s_1 = 0$ mit einer Normalverteilung bezüglich der horizontalen Position x_i (Standardabweichung 0,5 mm) und des horizontalen Winkels x'_i (Standardabweichung 1 mrad). Verwenden Sie hierzu die Funktion `numpy.random.randn`, die normalverteilte Zufallszahlen mit Standardabweichung 1 liefert.
- Berechnen Sie Ort und Winkel am Ende der ersten Driftstrecke ($s_2 = d_1$), am Anfang der zweiten Driftstrecke ($s_3 = d_1 + L$) sowie am Ende der zweiten Driftstrecke ($s_4 = d_1 + L + d_2$).
- Stellen Sie alle Teilchenbahnen in einem gemeinsamen Diagramm als Polygone $x(s_k)$ mit $k = 1 \dots 4$ dar. Beachten Sie, dass der Endpunkt einer Teilchenbahn nicht mit dem Startpunkt der nächsten verbunden sein soll.
- Stellen Sie für jede Position s_k die Teilchen als Punkte im sog. Phasenraum dar, dessen Abszisse der Ort $x_i(s_k)$ und dessen Ordinate der Winkel $x'_i(s_k)$ ist. Verwenden Sie `matplotlib.pyplot.subplot`, um alle vier Diagramme in einer Abbildung zusammenzufassen.
- Wo (ungefähr) befinden sich zwischen s_1 und s_4 Strahltaillen?

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