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

– BLATT 1 –

Daniel Krieg (daniel.krieg @ tu-dortmund.de)
Carsten Mai (carsten.mai @ tu-dortmund.de)
Vorbesprechung am Mi 10.04.2019, Abgabe per Email bis Mo 15.05.2016

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 zwei Übungsleiter einsenden. Bitte alle Namen im Betreff der Email, dem PDF und dem Python-Skript aufführen. Betreff der Email: „[Instrumente19 Übung] Abgabe Blatt 1, <Namen>"*

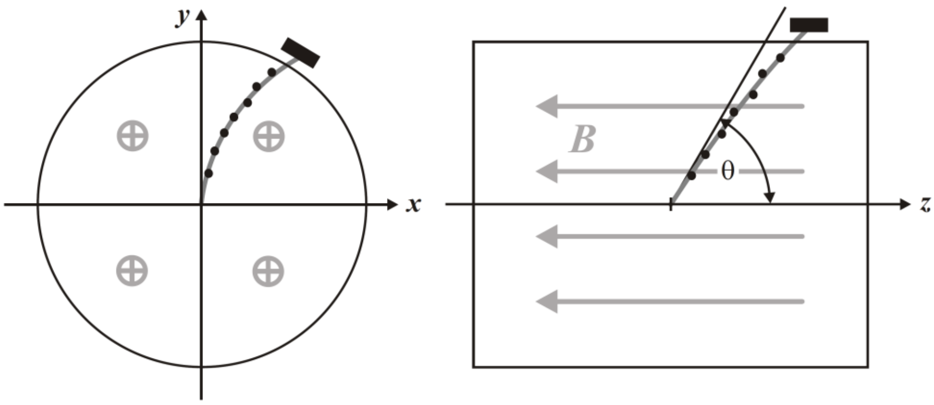
Aufgabe 1: Kurzfragen (2 Punkte)

a) Stimmt es, dass elektrische Feldlinien stets an elektrischen Ladungen beginnen und enden?

b) Stimmt es, dass gemäß der Relativitätstheorie alle Bezugssysteme äquivalent sind?

Aufgabe 2: Spur im Teilchendetektor (3 Punkte)

Im Zentrum einer zylindrischen Driftkammer (s. Skizze) zerfällt ein <u>ruhendes</u> Teilchen und hinterlässt die Spur eines geladenen Zerfallsteilchens, während ein ebenfalls entstandenes (masseloses) Neutrino nicht nachgewiesen wird. Der Radius der Spur in der x-y-Ebene ist R = 1,37 m, der Winkel zur z-Achse beträgt $\theta = 60°$, das Magnetfeld parallel zur z-Achse ist B = 0,5 T. Außerhalb der Driftkammer wird eine Gesamtenergie des Teilchens (Ruheenergie + kinetische Energie) von 260 MeV in einem sog. Kalorimeter deponiert.



a) Berechnen Sie aus R und θ den Impuls des geladenen Teilchens mit der Ladung $|q| = e$.

b) Wie groß ist die Ruhemasse des Teilchens, wie groß ist seine Geschwindigkeit?

c) Geben Sie für beide Zerfallsteilchen den Viererimpuls an und berechnen Sie die Ruhemasse des ursprünglichen Teilchens. Um welches Teilchen könnte es sich handeln?

(bitte wenden)

Aufgabe 3: Elektrostatisches Potenzial (5 Punkte)

Zwischen metallischen Elektroden, die auf verschiedenem Potenzial liegen, entsteht ein elektrostatisches Feld, wobei sich die freien Elektronen im Metall auf komplizierte Weise umordnen. Man kann also das Feld nicht einfach mit dem Coulombschen Gesetz berechnen. Das elektrostatische Potenzial außerhalb des Metalls genügt aber der Laplace-Gleichung

$$\Delta\varphi(x,y,z)=0\,.$$

Das elektrische Feld ergibt sich dann als Gradient des Potenzials. Numerisch kann man die linke Seite der Gleichung an der Stelle (x,y,z) durch

$$\frac{1}{d}\left(\frac{\varphi(x+d,y,z)-\varphi(x,y,z)}{d}-\frac{\varphi(x,y,z)-\varphi(x-d,y,z)}{d}\right)+\ldots$$

plus analoge Terme für y und z annähern. Hier ist d der Abstand benachbarter äquidistanter Punkte. Wir beschränken uns im Folgenden auf zwei Dimensionen. Mit d^2 multipliziert ergibt sich

$$\varphi(x+d,y)-2\varphi(x,y)+\varphi(x-d,y)+\varphi(x,y+d)-2\varphi(x,y)+\varphi(x,y-d)=0$$

und nach $\varphi(x,y)$ aufgelöst: $\varphi(x,y)=\frac{1}{4}\{\varphi(x+d,y)\}+\varphi(x-d,y)+\varphi(x,y+d)+\varphi(x,y-d))$.

Man kann die Aussage der Laplace-Gleichung so formulieren, dass das Potenzial an jeder Stelle das arithmetische Mittel der Potenziale der Nachbarpunkte ist (gilt auch in drei Dimensionen).

Definieren Sie ein Gitter von $n\times n$ Punkten mit n = 100 und simulieren Sie metallische Objekte, indem Sie in bestimmten Gebieten den Gitterpunkten ein festes Potenzial zuweisen. Hier soll ein elektrischer Quadrupol mit vier symmetrisch angeordneten Gebieten angenommen werden, die je 8×8 Punkte groß sind und auf den Potenzialen $\pm$ 1000 V liegen. Anschließend weisen Sie den übrigen Gitterpunkten willkürliche Potenzialwerte zu, z.B. 0 V oder Zufallswerte, die zwischen denen der metallischen Objekte liegen.

Nun kommt der eigentliche Algorithmus, eine Variante des Gauß-Seidel-Verfahrens (nach Carl Friedrich Gauß und Ludwig Seidel): Setzen Sie nacheinander für sämtliche Gitterpunkte das jeweilige Potenzial gleich dem Mittelwert der Nachbarpotenziale, jedoch nicht für die metallischen Objekte, denn deren Potenziale sind ja vorgegeben. Punkte an den Rändern und Ecken des Gitters haben nur drei bzw. zwei Nachbarpotenziale, aus denen der Mittelwert gebildet wird. Wiederholen Sie dieses Verfahren solange, bis sich die Potenzialwerte kaum noch ändern und stellen Sie das Ergebnis grafisch dar.

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