

ÜBUNGEN ZUR  
PHYSIK A/B 1 (BACHELOR ELEKTROTECHNIK & INFORMATIONSTECHNIK)  
SOMMERSEMESTER 2016

– BLATT 14 –

*Ausgabe am 20.07.2016*

*Keine Abgabe, keine Punkte (Musterlösung demnächst auf der Webseite der Vorlesung)*

**Anmerkung: Diese freiwilligen Übungsaufgaben trainieren den Stoff der letzten Semesterwoche (Kern- und Teilchenphysik). Ihr Schwierigkeitsgrad geht eher über den einer typischen Klausuraufgabe hinaus. Versuchen Sie, die Aufgaben zu lösen und lesen die Sie danach die Musterlösung aufmerksam durch.**

### **Aufgabe 1: Betatron**

Ein Betatron ist ein Kreisbeschleuniger für Elektronen. Das elektrische Feld  $E$  entlang der Kreisbahn mit konstantem Radius  $R$  wird durch Induktion erzeugt. Ein radial abfallendes und zeitabhängiges Magnetfeld  $B(r,t)$  zeigt senkrecht auf die Ebene der Bahn.

- a) Berechnen Sie die Kraft  $-e \cdot E$  auf ein Elektron in Abhängigkeit der Änderung des mittleren Felds  $\langle \dot{B} \rangle$ , das von der Elektronenbahn umschlossen wird.
- b) Geben Sie einen Ausdruck für den Impuls  $p$  eines Elektrons unter dem Einfluss des Magnetfelds  $B_R$  am Ort der Elektronenbahn ( $r = R$ ) an.
- c) Setzen Sie die zeitliche Änderung des Impulses aus b) mit der Kraft aus a) gleich und ermitteln Sie durch zeitliche Integration die Bedingung, die zwischen dem Betrag von  $B_R$  und dem mittleren Feld  $\langle B \rangle$  gelten muss, damit das Betatron funktioniert. Das Ergebnis ist als Wideröe-Bedingung bekannt.
- d) Welche Faktoren begrenzen die erreichbare Elektronenenergie im Betatron? Warum eignet es sich nicht für Protonen?

### **Aufgabe 2: Antiker Zahnstocher**

Aus einem hölzernen Zahnstocher, der im Grab eines Pharaos gefunden wurde, werden 0,1 g Kohlenstoff gewonnen. Über einen Zeitraum von 10 Tagen werden mit dieser Probe 14.600 Zerfälle des Isotops  $^{14}\text{C}$  registriert. Die Aktivität von Kohlenstoff in lebendem Gewebe durch den  $^{14}\text{C}$ -Zerfall beträgt 0,26 Bq pro Gramm. Wenn der Stoffwechsel des Gewebes aufhört, nimmt der Anteil an  $^{14}\text{C}$  mit einer Halbwertszeit von 5730 Jahren ab.

- a) Wann wurde der Baum zur Herstellung des Zahnstochers gefällt?
- b) Wie viele Atome der Isotope  $^{12}\text{C}$  und  $^{14}\text{C}$  befanden sich damals in der Probe (der Anteil des ebenfalls stabilen Isotops  $^{13}\text{C}$  sei vernachlässigbar)?
- c) Welche Faktoren könnten die Genauigkeit der Altersbestimmung beeinträchtigen?

### Aufgabe 3: Spur im Teilchendetektor

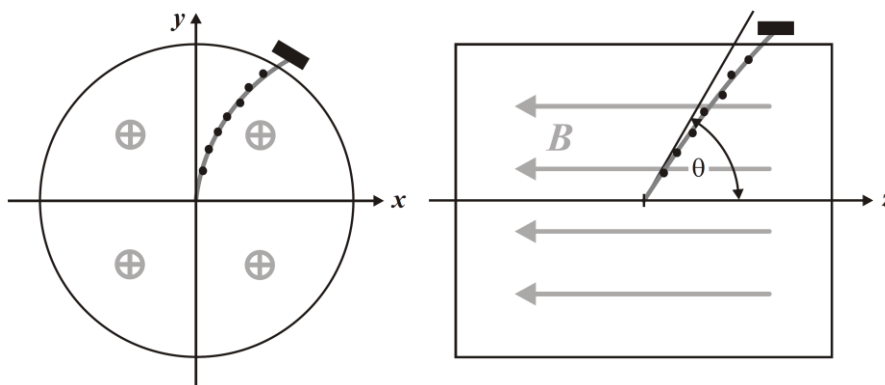
Im Zentrum einer zylindrischen Driftkammer zerfällt ein ruhendes Teilchen und hinterlässt die Spur eines geladenen Zerfallsteilchens, während ein ebenfalls entstandenes (masseloses) Neutrino nicht nachgewiesen wird. Der Radius der Spur in der  $x$ - $y$ -Ebene ist  $R = 1,37$  m, der Winkel zur  $z$ -Achse beträgt  $\theta = 60^\circ$ , das Magnetfeld parallel zur  $z$ -Achse ist  $B = 0,5$  T. Außerhalb der Driftkammer wird eine kinetische Energie des Teilchens von 154 MeV in einem sog. Kalorimeter nachgewiesen (siehe Skizze).

- Berechnen Sie aus  $R$  und  $\theta$  den Impuls des geladenen Teilchens mit der Ladung  $|q| = e$  und geben Sie das Ergebnis in MeV/c an.
- Wie groß ist die Ruheenergie des Teilchens, wie groß ist seine Geschwindigkeit?
- Geben Sie den Viererimpuls an, der sich aus beiden Zerfallsteilchen ergibt, und berechnen Sie die Ruheenergie des ursprünglichen Teilchens.
- Um welchen Zerfall könnte es sich handeln? Auswahl:

$$\mu^+ \rightarrow e^+ \nu_e$$

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$$

$$K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$$



### Aufgabe 4: Kurzfragen

- Bei einer Ganzkörperbestrahlung erhält ein Patient (Masse 75 kg) eine Äquivalentdosis von 0,2 mSv. Die Energie der Röntgenquanten sei 50 keV, der Strahlungsgewichtungsfaktor für Photonen ist  $w_R = 1$ . Wie viele Röntgenquanten hat der Körper des Patienten absorbiert?
- Warum können chemische Elemente mit einer Massenzahl  $A > 60$  nicht durch Kernfusion in Sternen entstanden sein?
- Zeichnen Sie ein Feynman-Diagramm für den  $\beta^-$ -Zerfall.
- Zeichnen Sie zwei Feynman-Diagramme für den Zerfall eines Neutrons ( $udd$ ) in ein Proton ( $uud$ ) und ein negativ geladenes Pion ( $\bar{u}d$ ), und zwar (i) unter dem Einfluss der schwachen Wechselwirkung, d.h. unter Austausch eines W-Bosons, und (ii) unter dem Einfluss der starken Wechselwirkung, d.h. unter Austausch eines Gluons?