

ÜBUNGEN ZUR
EXPERIMENTALPHYSIK III (BACHELOR-STUDIENGANG MEDIZINPHYSIK)
WINTERSEMESTER 2015/2016

– BLATT 13 –

Ausgabe am 29.01.2016

Abgabe am 05.02.2016 bis 14:00 (Kasten 210 im Foyer des Physik-Gebäudes)

*Lösungen bitte handschriftlich und dokumentenecht (Kuli o.ä.) in Papierform. Maximal vier Teilnehmer/innen können eine gemeinsame Lösung einreichen. Bitte heften Sie alle Blätter zusammen, geben Sie auf der ersten Seite alle Namen und die Übungsgruppe (oben rechts) an sowie auf den folgenden Seiten mindestens einen Namen.
Der Lösungsweg muss nachvollziehbar sein.*

Aufgabe 1: Betatron (4 Punkte)

Ein Betatron ist ein Kreisbeschleuniger für Elektronen auf einer Bahn mit konstantem Radius R . Das elektrische Feld E entlang der Bahn wird durch Induktion erzeugt. Senkrecht zur Elektronenbahn befindet sich ein radial abfallendes und zeitabhängiges Magnetfeld $B(r,t)$.

- 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) Berechnen Sie den Impuls p eines Elektrons unter dem Einfluss des Magnetfelds B_R auf der Elektronenbahn ($r = R$).
- c) Setzen Sie die zeitliche Änderung des Impulses aus b) mit der Kraft aus a) gleich und ermitteln Sie durch Integration die Bedingung, die zwischen B_R und dem mittleren Feld $\langle B \rangle$ gelten muss, damit das Betatron funktioniert.
- d) Welche Faktoren begrenzen die erreichbare Elektronenenergie im Betatron? Warum eignet es sich nicht für Protonen?

Aufgabe 2: Teilchenkollisionen (4 Punkte)

Zwei Teilchen gleicher Ruhemasse m werden auf gleiche kinetische Energie T beschleunigt und kollidieren mit entgegengesetzt gleichem Impuls p_x . Sie befinden sich also in ihrem gemeinsamen Schwerpunktsystem. Wie groß ist die kinetische Energie eines Teilchens T' im Ruhesystem des anderen Teilchens als Funktion von T für folgende Fälle?

- a) Betrachten Sie zunächst den nicht-relativistischen Fall. Wie groß ist die Geschwindigkeit des einen Teilchens im Ruhesystem des anderen Teilchens und wie groß ist demnach die kinetische Energie?
- b) Nun die relativistisch korrekte Rechnung nach folgendem Schema:
 - (i) Stellen Sie den Vierervektor im Schwerpunktsystem (entgegengesetzt gleicher Impuls) $P = (E/c, \vec{p})$ und im Ruhesystem eines Teilchens $P' = (E'/c, \vec{p}')$ auf, wobei E , E' , \vec{p} und \vec{p}' die Summen der Energien und Impulse beider Teilchen sind.

(bitte wenden)

(ii) Nutzen Sie die Bedingung aus, dass das Skalarprodukt dieser Vierervektoren mit sich selbst unter Lorentztransformationen invariant ist (vergessen Sie nicht das Minuszeichen vor \vec{p}^2 und \vec{p}'^2).

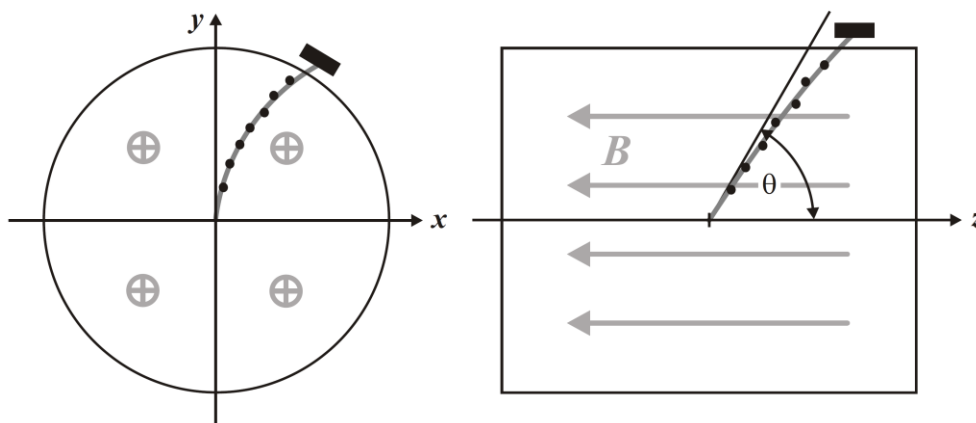
(iii) Eliminieren Sie den Impulsterm (hier \vec{p}'^2) durch Anwenden des relativistischen Energiesatzes und drücken Sie die Gesamtenergie E' als Funktion von E aus.

(iv) Drücken Sie nun die jeweilige Gesamtenergie durch die kinetische Energie aus und lösen Sie die Gleichung nach T' auf.

Vergleichen Sie das Ergebnis mit a).

Aufgabe 3: Spur im Teilchendetektor (!!! freiwillig !!!)

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 Gesamtenergie des Teilchens (Ruheenergie + kinetische Energie) von 260 MeV in einem sog. Kalorimeter deponiert.



- Berechnen Sie aus R und θ den Impuls des geladenen Teilchens mit der Ladung $|q| = e$.
- Wie groß ist die Ruhemasse des Teilchens, wie groß ist seine Geschwindigkeit?
- Geben Sie für beide Zerfallsteilchen den Viererimpuls an und berechnen Sie die Ruhemasse des ursprünglichen Teilchens.

Aufgabe 3: Kurzfragen (2 Punkte)

- Zeichnen Sie Feynman-Diagramme für den β^+ - und β^- -Zerfall.
- Zeichnen Sie ein Feynman-Diagramm für den Zerfall von Λ (uds) in ein Proton und ein negativ geladenes Pion ($\bar{u}d$). Vorüberlegung: Ist an dem Zerfall die starke oder die schwache Wechselwirkung beteiligt?