

# Experimentelle Elementarteilchenphysik I: Hausaufgaben

Humboldt-Universität zu Berlin, Sommersemester 2017

Prof. Dr. H. Lacker

## Übungsblatt 4 (Besprechung: 17.05.2017)

### Aufgabe 1: Lebensdauern und Stoßparameter

Ein Teilchen mit Impuls  $\vec{p}$  und Masse  $m$ ,  $|\vec{p}| \gg m$ , werde am Primärvertex erzeugt und zerfalle

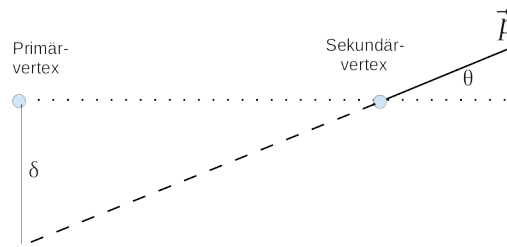


Abbildung 1: Definition Impact Parameter

nach einer mittleren Lebensdauer  $\tau$  an einem Sekundärvertex. Der Zerfall soll dadurch nachgewiesen werden, dass wenigstens ein Tochterteilchen den Primärvertex signifikant verfehlt.

- a) Welche Flugstrecke legt ein  $B^+$ -Meson im Laborsystem zurück, das bei LEP ( $\sqrt{s} \approx 91$  GeV) in der Reaktion  $e^+e^- \rightarrow Z \rightarrow b\bar{b}$  erzeugt wurde, wobei das  $B^+$ -Meson aus der Fragmentation des  $b$ -Quarks im Mittel 70% des  $b$ -Quarkimpulses trägt?  
(Besorgen Sie sich selbst die benötigten Zahlenwerte.)

- b) Nehmen Sie an, dass das  $B^+$ -Meson in zwei Teilchen zerfällt, deren Massen im Vergleich zur  $B^+$ -Masse zu vernachlässigen sind.

Zeigen Sie, dass der mittlere Stoßparameter gegeben wird durch  $\langle \delta \rangle = \frac{\pi}{2} c\tau$ .

Wie groß ist dann  $\langle \delta \rangle$  für den Zerfall des in a) betrachteten  $B^+$ -Mesons?

Hinweis: Nehmen Sie an, dass das Teilchen im Ruhesystem des  $B^+$ -Mesons unter dem Polarwinkel  $\theta^*$  relativ zur  $B^+$ -Flugrichtung zerfällt und berechnen dann den Polarwinkel im Laborsystem zu  $\theta \approx \frac{\sin \theta^*}{1 + \cos \theta^*} \frac{1}{\gamma}$ . Berechnen Sie hieraus  $\langle \delta \rangle$  durch Mittelung über  $\theta^*$  und für die mittlere Lebensdauer  $\tau$ .

- c) Nehmen Sie an, Sie könnten zwei Detektorlagen in unmittelbarer Nähe zum Strahlrohr (Radius 5 cm) mit den radialen Koordinaten  $r_1 = 6$  cm und  $r_2 = 8$  cm anbringen. Welche Ortsauflösung müssten diese Vertexdetektoren haben, damit man  $\langle \delta \rangle$  auflösen kann?

Hinweis: Zur Abschätzung vernachlässigen Sie die Einflüsse von Detektormagnetfeldern im Bereich des Wechselwirkungspunkts.

## Aufgabe 2: Luminositätsmessung bei LEP

Zur Messung der Luminosität beim  $e^+e^-$ -Speicherring LEP bei CERN wurde die Bhabha-Streuung als Referenzreaktion verwendet. Der differentielle Wirkungsquerschnitt lautet dabei in niedrigster Ordnung:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{\alpha^2}{2s} \frac{1 + \cos^4 \frac{\theta}{2}}{\sin^4 \frac{\theta}{2}} \approx \frac{16\alpha^2}{s} \frac{1}{\theta^4} \quad \text{für } \theta \rightarrow 0$$

Der Detektor zum Nachweis der Bhabha-Streuung besteht aus zwei Komponenten, die sich in den Endkappen des Gesamtdetektors in unmittelbarer Strahlrohrnähe befinden. Er hat die Aufgabe, so viele Bhabha-Ereignisse aufzuzeichnen, daß der statistische Fehler kleiner als der statistische Fehler in der Messung der Rate von  $Z$ -Ereignissen bei  $\sqrt{s} \approx M_Z$  ist ( $\sigma_Z \approx 35$  nb).

- (a) Bis zu welchem Minimalwinkel zur Strahlachse muß der Luminositätszähler sensitiv sein, damit die genannte Bedingung erfüllt wird?
- (b) Welchen Detektortyp würden Sie verwenden, um Bhabha-Ereignisse eindeutig nachzuweisen? Begründen Sie Ihre Wahl. Beschreiben Sie die experimentelle Signatur dieser Ereignisse.
- (c) Schätzen Sie mit Hilfe des Hauptmechanismus des Energieverlustes von hochenergetischen Elektronen/Positronen in Materie ab, wie dick der Detektor mindestens gewählt werden müsste?
- (d) Die zur Endfokussierung des Strahles benötigten supraleitenden Quadrupolmagnete können nicht weiter als 3 m vom Wechselwirkungspunkt entfernt sein, damit am Wechselwirkungsort die Strahldivergenz groß und somit die Strahlgröße klein wird.  
Wo muß der Luminositätszähler aufgebaut werden? Und wie groß ist der maximal zulässige Strahlrohrdurchmesser am Ort des Luminositätszählers?

**Abgabe:** 15.05.2017 up to 14:45 in box in front of room 1'415