

Experimentelle Elementarteilchenphysik I: Hausaufgaben

Humboldt-Universität zu Berlin, Sommersemester 2017

Prof. Dr. H. Lacker

Übungsblatt 5 (Besprechung: 24.05.2017)

Aufgabe 1: Existenz des Topquarks aus A_{FB}^b

Aus dem Vergleich der Messung der Vorwärts-Rückwärts-Asymmetrie A_{FB}^b für $e^+e^- \rightarrow Z \rightarrow b\bar{b}$ z. B. bei LEP mit der Standardmodellvorhersage für A_{FB}^b konnte man auf die Existenz des Topquarks als schwachen Isospinpartners des b -Quarks schliessen, ohne etwas über die Masse des Topquarks wissen zu müssen.

- Zeigen Sie mit Hilfe des Messwertes für A_{FB}^b aus der Vorlesung, dass das b -Quark einen schwachen Isospinpartner mit $T = 1/2$ besitzen muss.
- Welche zwei Parameterwerte muss man für das Argument noch kennen und aus welchen Observablen kann man sie bestimmen?

Aufgabe 2: W -Erzeugung und Zerfall am Hadron-Collider

Betrachten Sie die W -Erzeugung in $\bar{p}p$ -Kollisionen in der Reaktion $u\bar{d} \rightarrow W^+ \rightarrow e^+\nu_e$ für annähernd in Ruhe erzeugte W -Bosonen (im Laborsystem).

- Welche der folgenden Größen sind mit einem realistischen Detektor meßbar?

$$p_{eL}, \vec{p}_{eT}, E_e, p_{\nu L}, \vec{p}_{\nu T}, E_\nu$$

(L = longitudinale Richtung entlang der Strahlachse, T = transversale Richtung). Begründen Sie Ihre Antwort!

- Zeigen Sie für den Fall in Ruhe erzeugter W -Bosonen, dass der Jacobian Peak für die Variable $r = M_T/M_W \in [0, 1]$ gegeben ist durch: $\frac{dN}{dr} = \frac{r}{\sqrt{1-r^2}}(1 + \sqrt{1-r^2})^2$
- Argumentieren Sie mit Hilfe der Paritätsverletzung, dass die Positronen aus dem W^+ -Zerfall bevorzugt in die Flugrichtung des Antiprotons emittiert werden. (Hinweis: Betrachten Sie dafür die Produktion über Valenzquarks.)

Aufgabe 3: τ -Polarisation im Z -Zerfall

Bezüglich einer vorgegebenen 3-Achse sei der Drehimpulszustand $|j, m\rangle$ gegeben. Es werde nun eine Drehung um den Winkel θ um die 2-Achse angewendet. Dadurch geht der Zustand über in $e^{-i\theta J_2}|j, m\rangle = \sum_{m'} d_{mm'}^j(\theta)|j, m'\rangle$. Die sogenannten d -Funktionen, $d_{mm'}^j(\theta)$, finden Sie im PDG-Booklet in Kapitel 43.

Wir betrachten speziell den Zerfall $Z \rightarrow \tau^+\tau^-$ und den sukzessiven Zerfall $\tau^- \rightarrow \pi^-\nu_\tau$, um mit Hilfe der Paritätsverletzung die τ -Polarisation zu messen.

a) Betrachten Sie das τ -Lepton in dessen Ruhesystem und den Fall, dass es bez. der τ -Flugrichtung im Spinzustand $|\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}\rangle$ ist.

Zeigen Sie, dass für die Zerfallsrate $\frac{d\Gamma^+}{d\cos\theta^*}(\tau^- \rightarrow \pi^- \nu_\tau) \propto (1 + \cos\theta^*)$ gilt, wobei θ^* der Emissionswinkel des Pions bez. der τ -Flugrichtung ist.

Hinweis: Machen Sie sich klar, dass die Zerfallsrate im Fall der ν -Emission entgegengesetzt zur τ -Flugrichtung ($\theta^* = 0$) maximal ist. Für $\theta^* \neq 0$ wird der Zustand $|\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}\rangle$ um θ^* gedreht, so dass die Zerfallsamplitude proportional zu $\langle \frac{1}{2}, +\frac{1}{2} | e^{-i\theta^* J_2} | \frac{1}{2}, +\frac{1}{2} \rangle$ ist.

b) Zeigen Sie, dass für diesen Fall die Pionimpulsverteilung im Laborsystem näherungsweise der Verteilung $\frac{d\Gamma^+}{d|\vec{p}_\pi|} \propto \frac{2|\vec{p}_\pi|}{E_{beam}}$ folgt, indem Sie die Näherung $m_\pi \ll m_\tau$ verwenden.

(Bemerkung: Analog geht man vor, um die Pionimpulsverteilung für den Spinzustand $|\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\rangle$ zu berechnen. Man erhält: $\frac{d\Gamma^-}{d|\vec{p}_\pi|} \propto 2 - \frac{2|\vec{p}_\pi|}{E_{beam}}$. Nun kann man den relativen Anteil beider Verteilungen an die gemessene Verteilung anpassen, um die τ -Polarisation zu bestimmen.)

Abgabe: 122.05.2017 up to 14:45 in box in front of room 1'415