

Übung zur Vorlesung
”Experimentelle Elementarteilchenphysik”
SS 2006

H. Kolanoski, J. Kretzschmar

10. Übung

10.1 Asymmetriemessung bei LEP (20 Punkte)

Vernachlässigt man die Fermionmassen, so ist der differentielle Wirkungsquerschnitt $d\sigma/d\cos\theta$ für die Fermionpaarproduktion, $e^+e^- \rightarrow f\bar{f}$, wie folgt gegeben:

$$\frac{d\sigma}{d\cos\theta} = \frac{\pi\alpha^2}{2s} (G_1(s)(1 + \cos^2\theta) + G_3(s)2\cos\theta) ,$$

wobei

$$G_1(s) = q_e^2 q_f^2 - \frac{2g_v^e g_v^f q_e q_f}{4\sin^2\theta_w \cos^2\theta_w} \operatorname{Re}\xi(s) + \frac{((g_v^e)^2 + (g_a^e)^2)((g_v^f)^2 + (g_a^f)^2)}{16\sin^4\theta_w \cos^4\theta_w} |\xi(s)|^2$$

$$G_3(s) = \frac{-2g_a^e g_a^f q_e q_f}{4\sin^2\theta_w \cos^2\theta_w} \operatorname{Re}\xi(s) + \frac{4g_v^e g_a^e g_v^f g_a^f}{16\sin^4\theta_w \cos^4\theta_w} |\xi(s)|^2$$

$$\xi(s) = \frac{s}{s - M_Z^2 + iM_Z\Gamma_Z}$$

Der Winkel θ ist der zwischen Fermion- und Elektronrichtung gemessene Winkel.

Nebenbemerkung: Zwischen den Konstanten α , G_F , M_Z und $\sin^2\theta_w$ gilt die Umrechnung

$$\frac{1}{4\sin^2\theta_w \cos^2\theta_w} = \frac{M_Z^2 G_F}{2\sqrt{2}\pi\alpha} .$$

- a) Berechnen Sie die Vorwärts-Rückwärts-Ladungsasymmetrie am Z-Pol, d.h. für $\sqrt{s} \approx M_Z$. Zeigen Sie, dass sich die Asymmetrie als

$$A_{\text{FB}} = \frac{3}{4} \mathcal{A}_e \mathcal{A}_f \quad \text{mit} \quad \mathcal{A}_f = \frac{2g_a^f g_v^f}{(g_a^f)^2 + (g_v^f)^2}$$

darstellen lässt. Benutzen Sie hierzu die Asymmetriedefinition:

$$A_{\text{FB}} = \frac{\sigma_F - \sigma_B}{\sigma_F + \sigma_B} \quad \text{mit} \quad \sigma_F = \int_0^1 \frac{d\sigma}{d\cos\theta} d\cos\theta \quad \text{und} \quad \sigma_B = \int_{-1}^0 \frac{d\sigma}{d\cos\theta} d\cos\theta$$

- b) Welchen Prozessen entsprechen die Terme G_1 , G_2 und G_3 ? (Siehe Aufgabe 9.2)

Wie groß ist die Asymmetrie des reinen Photonaustausches? Wie verhält sich die Asymmetrie des γZ -Interferenztermes?

c) Häufig findet man statt

$$A_{\text{FB}} = \frac{\sigma_{\text{F}} - \sigma_{\text{B}}}{\sigma_{\text{F}} + \sigma_{\text{B}}} \quad (1)$$

die Definition

$$A_{\text{FB}} = \frac{N_{\text{F}} - N_{\text{B}}}{N_{\text{F}} + N_{\text{B}}} \quad (2)$$

wobei unter $N_{\text{F}}(N_{\text{B}})$ die Zahl der registrierten Ereignisse, bei denen das Fermion in Vorwärtsrichtung (Rückwärtsrichtung) produziert wurde, verstanden wird.

Die beiden Ausdrücke sind nur dann äquivalent, wenn N_{F} und N_{B} im gesamten Phasenraum bestimmt werden, was aufgrund der beschränkten Detektorakzeptanz meist nicht möglich ist. Eine Asymmetrie, die nach Formel (2) in einem Bereich $|\cos\theta| < \cos\theta_{\text{max}}$ gemessen wurde, muss auf den gesamten Phasenraum extrapoliert werden. Geben Sie den Extrapolationsfaktor an.

Hinweis: $\frac{d\sigma}{d\cos\theta} \sim \left(\frac{3}{8}(1 + \cos^2\theta) + A_{\text{FB}} \cos\theta\right)$

- d) Die experimentelle Asymmetriestimmung setzt zum einen die Identifikation des Fermions, zum anderen die Messung seiner Produktionsrichtung voraus. Die unproblematischsten Kanäle hierzu sind die Produktion von Myon- bzw. Elektronpaaren. Warum?
- e) Möchte man aus der Pol-Asymmetrie die Kopplungen g_a und g_v bestimmen, so ist dies im Falle der e^+e^- -Produktion nicht direkt möglich. Wieso?

Hinweis: Welche Prozesse tragen zur e^+e^- -Produktion bei? Wie sieht deren Asymmetrie aus?

- f) Die folgende Tabelle fasst die von L3 für verschiedene Schwerpunktsenergien im Akzeptanzbereich $|\cos\theta| < 0.72$ gemessenen “vorwärts” (“rückwärts”) produzierten Myonpaarereignisse zusammen. Bestimmen Sie die Asymmetrien mit ihren statistischen Fehlern. Tragen Sie die Messungen in Abhängigkeit der Energie auf.

\sqrt{s} [GeV]	N_{F}	N_{B}
88.5	52	70
89.5	102	152
90.2	197	238
91.2	2622	2550
92.0	292	264
93.0	194	146
93.7	137	114