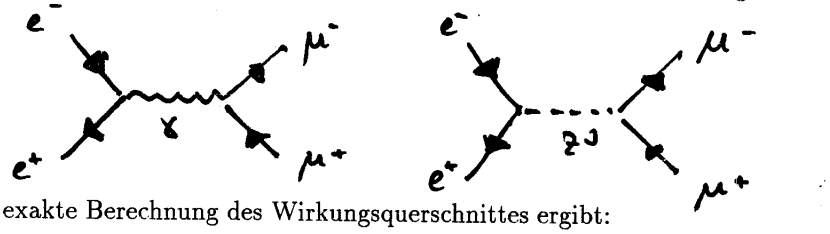
Aufgabe 11

Die Produktion eines Müonpaares in e^+e^--Kollisionen auf der Z^0-Resonanz kann sowohl durch Austausch eines Z^0-Bosons als auch durch ein Photon geschehen:



Die exakte Berechnung des Wirkungsquerschnittes ergibt:

$$\begin{aligned}\frac{d\sigma}{d\cos\theta}(s,\cos\theta,h_-) &= (1+\cos^2\theta)F_0(s)+2\cos\theta F_1(s)\\ &- h_-\left[(1+\cos^2\theta)F_2(s)+2\cos\theta F_3(s)\right]\end{aligned}$$

mit den Funktionen

$$\begin{aligned}F_0(s) &= \frac{\pi\alpha^2}{4s}+\frac{\sqrt{2}G_FM_Z^2}{16s}2Re(\alpha\chi(s))v^2+\frac{G_F^2M_Z^4}{32\pi s}|\chi(s)|^2(v^2+a^2)^2\\ F_1(s) &= \frac{\sqrt{2}G_FM_Z^2}{16s}2Re(\alpha\chi(s))a^2+\frac{G_F^2M_Z^4}{32\pi s}|\chi(s)|^2(2va)^2\\ F_2(s) &= \frac{\sqrt{2}G_FM_Z^2}{16s}2Re(\alpha\chi(s))va+\frac{G_F^2M_Z^4}{32\pi s}|\chi(s)|^2(v^2+a^2)^2 2va\\ F_3(s) &= \frac{\sqrt{2}G_FM_Z^2}{16s}2Re(\alpha\chi(s))va+\frac{G_F^2M_Z^4}{32\pi s}|\chi(s)|^2(v^2+a^2)^2 2va\end{aligned}$$

Dabei ist θ der Winkel des negativen Leptons gegen die e^--Strahlrichtung, h_- die Helizität des negativen Leptons und $\chi(s)=\frac{s}{s-M_Z^2+is\Gamma_Z/M_Z}$ der Z^0-Propagator. a und v sind Axialvektor- und Vektorkopplung des Z^0. Aus $v=T^3-2Q\sin^2\theta_W$ folgt der Weinbergwinkel, wenn man v gemessen hat. ($M_Z=91.2$GeV, $\Gamma_Z=2.49$ GeV, $a\approx 0.5$, $v\approx 0.02$, $\alpha(M_Z^2)=\frac{1}{128}$)

(a) Berechnen Sie den totalen Wirkungsquerschnitt $\sigma^{tot}(e^+e^-\to\mu^+\mu^-)$ und skizzieren Sie den Verlauf als Funktion von der Schwerpunktsenergie $\sqrt{s}$ im Bereich der Z-Masse. Welche Terme in den F_i kommen allein vom Photonaustausch, welche vom Z^0, welches sind Interferenzterme ?

(b) Der Wirkungsquerschnitt für die Streuung des Tochterleptons in die Vorwärtshemisphäre unterscheidet sich von dem für Rückwärtsstreuung. Man definiert eine Vorwärts-Rückwärts-Asymmetrie:

$$A^{FB} = \frac{\sigma(\cos\theta>0)-\sigma(\cos\theta<0)}{\sigma(\cos\theta>0)+\sigma(\cos\theta<0)}$$

A^{FB} läßt sich durch die Kopplungskonstanten v und a ausdrücken, wenn man eine Größe $A=\frac{2va}{v^2+a^2}$ einführt. Wie hängt A_ℓ^{FB} mit A zusammen ?

(c) Eine Messung von σ^{tot} unf A_ℓ^{FB} bei OPAL ergab: $\sigma^{tot}=(2.007\pm0.015)nb$ und $A^{FB}=0.0099\pm0.0042$. Bestimmen Sie den Weinbergwinkel unter Vernachlässigung des Photonaustauschs und der γ-Z-Interferenz.