

Datenanalyse in der Physik

Übung 8

χ^2 -Fit mit MINUIT

Prof. J. Mnich

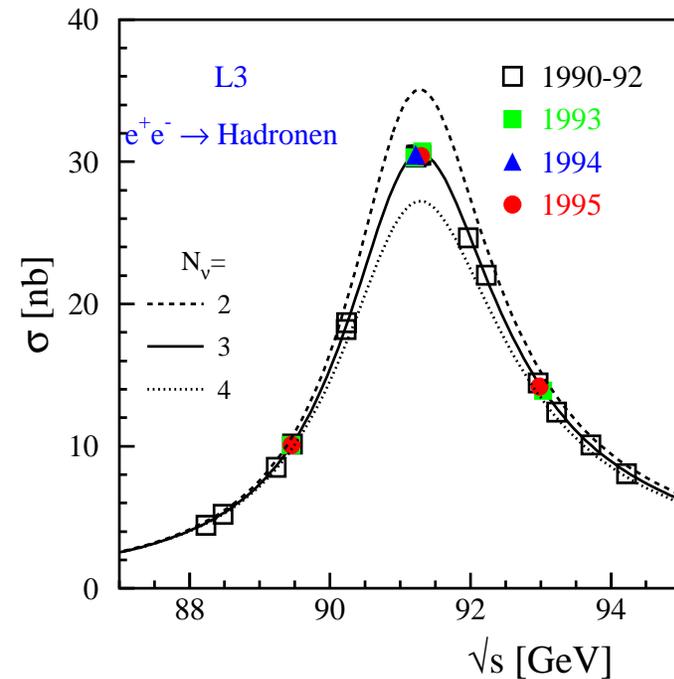
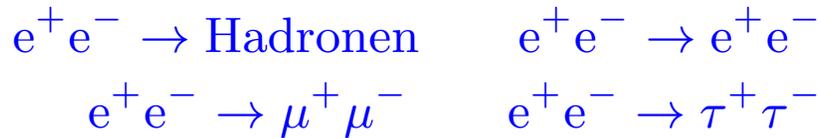
joachim.mnich@desy.de

DESY und Universität Hamburg



χ^2 -Fit

In den Jahren 1989 - 1995 sind von den Experimenten am LEP Elektron-Positron-Beschleuniger die Eigenschaften des Z-Bosons sehr genau vermessen worden. Unter anderem wurden die totalen Wirkungsquerschnitte als Funktion der Schwerpunktsenergie, $\sigma(E)$, in der Nähe der Z-Resonanz vermessen, und zwar für die Reaktionen



Daraus konnten die Masse m_Z , die totale Zerfallsbreite Γ_Z und die partiellen Zerfallsbreiten Γ_f mit $f = \sum \text{Quarks (Hadronen)}$ und $f = e, \mu, \tau$. Wir wollen dieses, im Detail sehr komplizierte Problem, hier vereinfacht nachstellen.

- Der gemessene totale Wirkungsquerschnitt wird berechnet aus der Zahl der beobachteten Ereignisse N und der Luminosität \mathcal{L} , die in einer Eichreaktion mit genau bekanntem Wirkungsquerschnitt ermittelt wird:

$$\sigma^{\text{exp}} = \frac{N}{\mathcal{L}}$$

χ^2 -Fit

- Unter Vernachlässigung des Photonaustausches, Interferenztermen, Strahlungskorrekturen etc. kann der theoretische Wirkungsquerschnitt als Breit-Wigner-Resonanz geschrieben werden:

$$\sigma_f^{\text{th}}(E) = K \frac{12\pi}{m_Z^2} \Gamma_e \Gamma_f \frac{E^2}{(E^2 - m_Z^2)^2 + \Gamma_Z^2 m_Z^2} \quad f = \text{had}, e, \mu, \tau$$

wobei $K = 389379$ ein konstanter Faktor ist, der die Einheit $1/\text{GeV}^2$ in Nanobarn (nb) konvertiert.

- In der Datei [Lineshape.dat](#) finden Sie die Resultate des L3 Experimentes aus dem Jahr 1995, die an die oben beschriebenen Vereinfachungen angepasst wurden. Die erste Spalte enthält einen Code für den Endzustand (0 = Hadronen, 1 = Elektronen etc.), die zweite Spalte die gemittelte Schwerpunktsenergie in GeV, die dritte Spalte den gemessenen Wirkungsquerschnitt in nb und die vierte die Zahl der dafür benutzten Ereignisse.
- Schreiben Sie ein C-Programm, dass in einem χ^2 -Fit mit [MINUIT](#) die besten Schätzwerte für die sechs Z-Parameter $m_Z, \Gamma_Z, \Gamma_{\text{had}}, \Gamma_e, \Gamma_\mu, \Gamma_\tau$, deren Fehler und Korrelationen ermittelt. Gehen Sie dazu von dem Muster [Lineshape-template.C](#) auf der Web-Seite aus.

χ^2 -Fit

- Schreiben Sie zunächst eine Funktion, die die Daten einliest und in geeignete Felder kopiert. Schreiben Sie eine Funktion, die die Kovarianzmatrix der Daten berechnet und berechnen Sie in der Funktion `f cn` das von MINUIT zu minimierende χ^2 . Berücksichtigen Sie zunächst nur die statistischen Fehler und führen Sie einen Fit aus.
- Im nächsten Schritt sollen systematische Fehler der Messung der Wirkungsquerschnitte einbezogen werden. Der relative Fehler, $\delta\sigma/\sigma$, auf den Wirkungsquerschnitt beträgt für die 4 Endzustände:
 $0.39 \cdot 10^{-3}$, $2.3 \cdot 10^{-3}$, $3.6 \cdot 10^{-3}$, $5.7 \cdot 10^{-3}$.
Diese Fehler sind unkorreliert zwischen verschiedenen Endzuständen.
- Auch die Luminosität hat eine systematische Unsicherheit, die zu einem relativen Fehler des gemessenen Wirkungsquerschnitts von $0.91 \cdot 10^{-3}$ führt. Führen Sie nun auch diesen Fehler ein und berechnen Sie die Z-Parameter neu.
- Schließlich soll auch noch die Unsicherheit der Schwerpunktsenergie berücksichtigt werden. Wir nehmen vereinfacht an, dass dies eine Skalenunsicherheit von 2 MeV sein soll. Berücksichtigen Sie auch diesen Fehler in der Kovarianzmatrix und ermitteln Sie noch einmal die Z-Parameter.