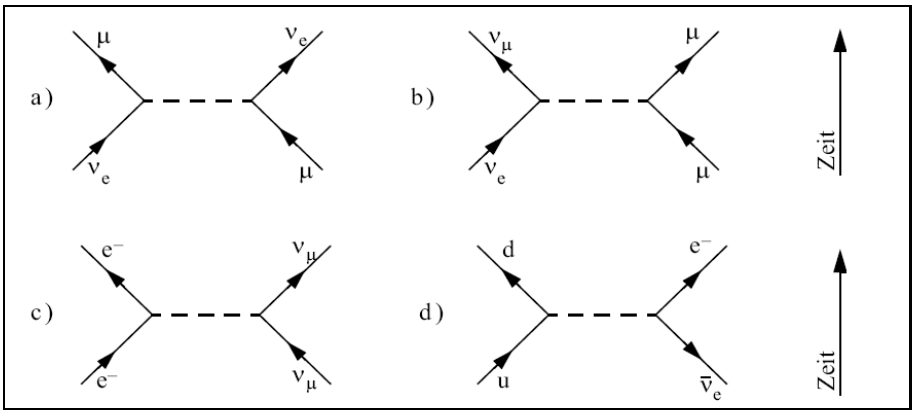
Kern- und Teilchenphysik I — SS 2007 — Prof. F. Pauss — Serie 7

Abgabe: 25 Mai 2007

1. Schwache Wechselwirkung

a) Sind die folgenden Prozesse erlaubt oder verboten? Welches ist das Austauschteilchen bei den erlaubten Prozessen?



b) Ein Tau-Neutrino reagiert mit einem Atomkern; dabei soll ein Tau-Lepton entstehen.

1. Zeichnen Sie einen möglichen Feynmangraphen, der diese Reaktion wiedergibt. Beachten Sie dabei, dass nur elementare Teilchen in den Feynmangraphen eingehen, d.h. nicht der Atomkern als Ganzes betrachtet wird.
2. Was für Eichbosonen können dabei ausgetauscht werden?
3. Was passiert mit dem Atomkern?

2. Neutrino-Elektron Streuung

a) Zeigen Sie, dass beide, neutrale und geladene Strom-Wechselwirkungen, in erster Ordnung zur Neutrino-Elektron-Streuung $\nu_e + e^- \rightarrow \nu_e + e^-$ beitragen. Zeichnen Sie die entsprechenden Feynman-Diagramme.

b) Zeichnen Sie jeweils die erste Ordnung Feynman-Diagramme für die neutrale und die geladene Strom-Wechselwirkung für die (Muon)Neutrino-Elektron-Streuung: $\nu_\mu + e^- \rightarrow \nu_\mu + e^-$. Welche Prozesse sind möglich?

3. Nachweis des W-Bosons

Das W-Boson wurde erstmals am CERN durch das Experiment UA1 anhand der Zerfälle $W^+ \rightarrow e^+ + \nu_e$ und $W^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e$ nachgewiesen. Die Masse des W-Bosons kann man aus der Verteilung der Transversalimpulse des Elektrons $p_{t,e}$ oder aus der m_t-Verteilung bestimmen.

a) Zeigen Sie, dass

$$m_t^2 \equiv (p_{t,e} + p_{t,\nu})^2 - (\vec{p}_{t,e} + \vec{p}_{t,\nu})^2 = 2p_{t,e}p_{t,\nu}(1 - \cos\phi_{e\nu})$$

ist, wobei $\phi_{e\nu}$ der Azimutwinkel zwischen der Elektron-und Neutrinorichtung ist.
Hinweis: $p_{t,e} = |\vec{p}_{t,e}| \cong E_{t,e}$

b) Leiten Sie die Abhängigkeit des Wirkungsquerschnittes vom Transversalimpuls des Positrons bzw. Elektrons her

$$\frac{d\sigma}{dp_t} = \frac{d\sigma}{d\,\cos\theta}\frac{d\,\cos\theta}{dp_t} = \frac{d\sigma}{d\,\cos\theta}\frac{2p_t}{M_W c}\frac{1}{\sqrt{(M_W c/2)^2 - p_t^2}}$$

(Jacobisches Maximum). Nehmen Sie an, dass das W in Ruhe erzeugt wird.

4. Die Entdeckung des Z^0 Bosons

Lesen Sie das Paper von G. Arnison *et al.*, und beantworten Sie folgende Fragen:

a) Welche Strahlenergie ist nötig, um ein Z^0 zu erzeugen, wenn man pp bzw. $p\bar{p}$ Beschleuniger nutzt?
Verwenden Sie folgende mittlere Quarkverteilungen im Proton:

$$< x_v >= 0.15 \quad , \quad < x_s >= 0.04$$

b) Der Wirkungsquerschnitt für den Z^0-Zerfall in Elektronen ist

$$\sigma(Z^0 \to e^+e^-) \cong 0.1\,\text{nb}$$

Welche Luminosität brauchen Sie, um in einer Woche vier $Z^0 \to e^+e^-$ Ereignisse zu erhalten?

c) Berechnen Sie die invariante Masse der e^+e^- Ereignisse mit den Informationen aus dem beiliegenden Paper.
Worin liegt der Unterschied zur Berechnung der W-Masse?

d) Was ist der massgebende Untergrund beim Zerfall in Müonen?

e) Vergleichen Sie die Resultate der Z^0 -Masse und -Breite mit den heutigen Werten aus der Literatur.

f) Aus der Z-Breite kann man auf die Anzahl der Neutrinofamilien schliessen. Wie würde sich die Z Breite ändern, wenn es zwei bzw. vier Neutrinofamilien gäbe ?