

Einführung in die Teilchenphysik, SS 2016

Übungsblatt 2

Frank Tackmann

Abgabe: Freitag, 22.04.2016, zu Beginn der Vorlesung

1) Virtuelle Photonen (5 Punkte)

Betrachten Sie Bhabha Streuung $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$. Vernachlässigen Sie zur Vereinfachung die Elektronmasse, d.h. behandeln Sie Elektron und Positron als masselose Teilchen mit $p_e^2 = 0$. Die Viererimpulse der einlaufenden Teilchen im Schwerpunktsystem der Kollision sind $p_1^\mu = (E/2c, 0, 0, +E/2c)$ und $p_2^\mu = (E/2c, 0, 0, -E/2c)$, d.h. die einlaufenden Teilchen fliegen entlang der z -Achse und die totale Schwerpunktsenergie ist E .

a) Berechnen Sie die Viererimpulse des auslaufenden Elektrons und Positrons (ebenfalls im Schwerpunktsystem) als Funktion der Schwerpunktsenergie E und der zwei Winkel welche die Flugrichtung des auslaufenden Elektrons relativ zur z -Achse bestimmen.

b) Zeichnen Sie die zwei möglichen QED tree-level Diagramme. Unter der Annahme, daß an jedem Vertex Viererimpulserhaltung gilt, bestimmen Sie alle möglichen Werte für das invariante Viererimpulsquadrat, q^2 , des virtuellen Photons für jedes Diagramm. (Hinweis: Virtuelle Photonen können "off shell" sein, d.h. ihr Viererimpulsquadrat kann ungleich Null sein.)

2) Compton Streuung & Co (6 Punkte)

Betrachten Sie im folgenden nur den QED Elektron/Positron-Photon Wechselwirkungsververtex und nur Diagramme wo alle Vertizes miteinander verbunden sind.

a) Zeichnen Sie alle möglichen Feynman-Diagramme mit 2 Wechselwirkungsvertizies für folgende Prozesse:

- Comptonstreuung: $\gamma e^- \rightarrow \gamma e^-$
- Paarerzeugung: $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$
- Paarvernichtung: $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$

Diese leading-order Diagramme werden auch als "tree-level"-Diagramme bezeichnet.

b) Zeichnen Sie alle möglichen Feynman-Diagramme für Comptonstreuung mit 4 Vertizes. Diese next-to-leading-order Diagramme werden auch als "1-loop"-Diagramme bezeichnet. Geben Sie an, welche der Diagramme auch andere QED Vertizes involvieren können.

c) Zeichnen Sie alle Diagramme auf der niedrigsten möglichen Ordnung in α_{em} für den Prozess $\gamma\gamma \rightarrow \gamma\gamma$. (Diese "Licht-Licht" Streuung ist ein Quanteneffekt für den es kein Analog in klassischer Elektrodynamik gibt.)

3) Schwache Wechselwirkung (4 Punkte)

Zeichnen Sie alle möglichen tree-level (d.h. mit geringstmöglicher Anzahl von Vertizes) Feynman-Diagramme für folgende Prozesse:

- $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-\nu_e\bar{\nu}_e$
- $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-\nu_\mu\bar{\nu}_\mu$
- $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-\nu_\tau\bar{\nu}_\tau$

Es genügt, wenn Sie jedes Diagramm nur einmal zeichnen und dabei angeben für welchen Fall es beiträgt.