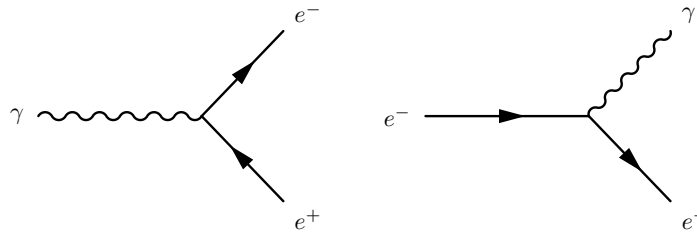


Aufgabenblatt 5 – Experimentalphysik IV – SS18

Diskussion in den Übungen: Do./Fr., 24./25. Mai

5.1 Paarproduktion und Bremsstrahlung (1 Punkt)

In der folgenden Abbildung sind zwei Graphen für Paarbildung, d.h. für die Konversion eines Photons in ein freies Elektron und Positron, und für Bremsstrahlung, d.h. Abstrahlung eines Photons von einem freien Elektron gezeigt.



- Zeigen Sie, dass die beiden Prozesse, so wie sie skizziert sind, d.h. mit freien Fermionen, kinematisch nicht stattfinden können. Benutzen Sie dazu die 4er-Impulserhaltung und die Massen der beteiligten Teilchen.
- Bremsstrahlungs- und Paarbildungsprozesse benötigen also zur 4er-Impulserhaltung eine Wechselwirkung mit einem weiteren Streupartner, z.B. mit dem Kern eines Atoms der Materie, in der die Prozesse stattfinden. Zeichnen Sie für beide Prozesse einen möglichen Feynmangraphen, der diese Wechselwirkung berücksichtigt.

5.2 Wirkungsquerschnitt und freie Weglänge (1 Punkt)

Betrachten Sie Neutrinos, die in der Atmosphäre produziert werden und auf die Erde treffen. Nehmen Sie einen Wirkungsquerschnitt für eine Neutrinowechselwirkung in der Erde von $\sigma = 56 \cdot 10^{-42} \text{ m}^2$, eine mittlere Dichte $\rho = 5.5 \text{ g/cm}^3$ und eine mittlere Atommasse von $A = 56$ in der Erde an.

- Berechnen Sie die mittlere freie Weglänge der Neutrinos in der Erde.
- Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Neutrino eine Reaktion beim Durchqueren der Erde erfährt?

5.3 Einfache Feynman-Diagramme (1 Punkt)

Zeichnen Sie mindestens ein Feynman-Diagramm der dominanten Wechselwirkung in niedrigster Ordnung für folgende Prozesse:

- $e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^-$
- $e^+ + e^- \rightarrow e^+ + e^-$
- $e^- + e^- \rightarrow e^- + e^-$
- $\gamma + \gamma \rightarrow e^+ + e^-$
- $\gamma + e^- \rightarrow e^- + e^+ + e^-$

f) $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$

g) $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_e$

h) $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$

Hinweis: Unter <http://pdg.lbl.gov> finden Sie Informationen über die beteiligten Teilchen.

In den Aufgaben a) bis f) können Sie die elektromagnetische Wechselwirkung als dominant annehmen.

Für Hadronen betrachten Sie die Wechselwirkung auf dem Quarkniveau.

5.4 Ein Beschleuniger, seine Luminosität und die gespeicherte Energie (1 Punkt)

Der Beschleunigerring namens 'Large Hadron Collider' (LHC) am Europäischen Kernforschungszentrum CERN bei Genf hat einen Umfang von 26.66 km und eine Strahlenergie von 7 TeV pro Proton. In beiden Umlaufrichtungen der Maschine befindet sich gleichzeitig je ein Protonstrahl. Jeweils $3 \cdot 10^{14}$ Protonen, verteilt auf 2808 Pakete ("Bunches"), befinden sich in jedem Teilchenstrahl. In den Wechselwirkungspunkten lassen sich die Strahlen auf einen Querschnitt $A = 4.2 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2$ fokussieren.

- Schätzen Sie aus den obigen Daten die Luminosität der Maschine ab.
- Wie viele Higgs - Bosonen pro Sekunde werden mit dieser Luminosität erzeugt, wenn man einen Produktions-Wirkungsquerschnitt von 20 pb annimmt?
- Wie groß ist die Energie, die die umlaufenden Teilchen in jeder der beiden Richtungen enthalten? Berechnen Sie zur Veranschaulichung die Geschwindigkeit eines 40 t - LKW mit der entsprechenden kinetischen Energie.
- Zusatzfrage: Wie schnell ist ein Proton im LHC?