

Übung 8 zur Vorlesung Physik V

Aufgabe 1: Teilchenerzeugung in Schauern

Der Nachweis von Photonen und Hadronen beruht auf der Bildung von Teilchenschauern in Wechselwirkungen mit den Kernen (X) des Detektormaterials.

- a) In der Vorlesung wurde angegeben, dass die Paarbildung von Photonen, $\gamma + X \rightarrow e^+e^- + X$, bei $E_\gamma > 2m_e$ beginnt. Das ist aber nur eine Näherung (warum?). Berechnen Sie den exakten Wert der Mindestenergie von E_γ für X =Protonen. 2
- b) Berechnen Sie die entsprechende Energie des Protons nach der Reaktion. 2
- c) Berechnen Sie die Mindestenergie der nachzuweisenden Protonen in der Reaktion $p + X \rightarrow p\pi^+\pi^- X$ für X =Protonen. 2

Aufgabe 2: Breit-Wigner-Resonanz

Das neutrale Vektormeson J/ψ ist ein gebundener $c\bar{c}$ Zustand mit Spin $J = 1$. Es lässt sich z.B. in e^+e^- -Speicherringen bei entsprechend gewählter Strahlenergie direkt erzeugen. Für den Wirkungsquerschnitt gilt die relativistische Breit-Wigner-Formel,

$$\sigma_f(e^+e^- \rightarrow J/\psi \rightarrow f) = \frac{\pi(2J+1)}{E^2} \cdot \frac{4m^2\Gamma_{ee}\Gamma_f}{(E^2 - m^2)^2 + m^2\Gamma^2}$$

Dabei ist f der Endzustand (z.B. e^+e^- oder Hadronen), E die Schwerpunktsenergie, m die Masse und J der Spin des Vektormesons, Γ_f die partielle Breite für den Endzustand f und Γ die totale Breite.

Für die J/ψ -Resonanz ist die totale Breite $\Gamma = \Gamma_{had.} + \Gamma_{ee} + \Gamma_{\mu\mu}$ wesentlich kleiner als die experimentelle Auflösung. Die totale und die partiellen Breiten lassen sich trotzdem bestimmen, indem man die gemessenen Wirkungsquerschnitte über den Resonanzbereich integriert: $\Sigma_f = \int \sigma_f dE$

- a) Zeigen Sie, dass in der Nähe der Resonanz ($E \approx m$) folgende Näherung gilt:

$$\sigma_f \approx \frac{\pi(2J+1)\Gamma_{ee}\Gamma_f}{m^2[(E-m)^2 + \Gamma^2/4]}$$

- b) Berechnen Sie die Σ_f , Σ_{ee} und $\Sigma_{tot} = \Sigma_{had.} + \Sigma_{ee} + \Sigma_{\mu\mu}$. 3
- c) Berechnen Sie die Γ_{ee} , Γ und Γ_f . 2

Aufgabe 3: Feynmandiagramme

- a) Zeichnen Sie die Feynman-Diagramme der niedrigsten Ordnung für die folgenden Prozesse:

1) $\gamma\gamma \rightarrow e^+e^-$; 2) $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$; 3) $\pi^-p \rightarrow K^0\Lambda$

Benutzen Sie die Quarkkomponenten für die Hadronen.

2

- b) Zeichnen Sie die Feynman-Diagramme für die Prozesse:

1) $q\bar{q} \rightarrow q'\bar{q}'$; 2) $q\bar{q}' \rightarrow q\bar{q}'$; 3) $gg \rightarrow gg$; 4) $gg \rightarrow q\bar{q}$;

2

- c) Zeichnen Sie die Feynman-Diagramme für die Prozesse:

a) $\nu_e e^+ \rightarrow c\bar{s}$

b) $bW^+ \rightarrow tg$

c) $W^+W^- \rightarrow \tau^+\tau^-$

2