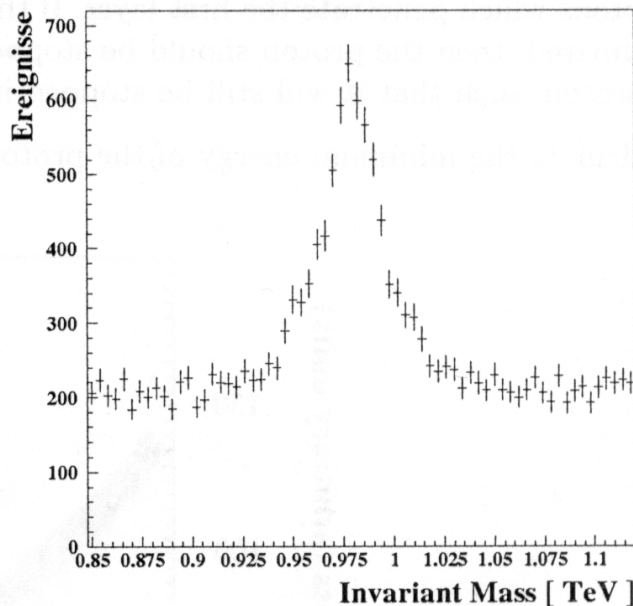


Übungsblatt 5 (jeweils 25 Punkte pro Aufgabe)

5.1 Entdeckung einer neuen Resonanz

Im Jahr 2007 wurde nach zehnjähriger Bauzeit der erste $\mu^+\mu^-$ -Kollider mit einer maximalen Schwerpunktsenergie von $\sqrt{s} = 10$ TeV in Betrieb genommen. Kurze Zeit später konnte eine neue Resonanz in der invarianten Massenverteilung der aus der $\mu^+\mu^-$ Vernichtung resultierenden Zerfallsprodukte gefunden werden.



a) Bestimme die Masse, die Zerfallsbreite und die Lebensdauer des neuen Zustandes.

b) Die im Bild gezeigte Massenverteilung wurde innerhalb einer Messzeit von insgesamt 10^6 Sekunden auf Band geschrieben. Die mittlere Luminosität der Maschine, die während dieser Zeit unabhängig von dem Beschleunigerteam gemessen wurde, betrug $10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

Schätzen sie den Wirkungsquerschnitt für die Erzeugung des neuen Zustandes

ab unter der Annahme, daß die Nachweiswahrscheinlichkeit der $\mu^+\mu^-$ Vernichtung im Detektor etwa 60 % war.

5.2 Synchrotron-Strahlung

Der Elektron-Positron-Kollider (LEP) am CERN hat einen Umfang von 27 km und beschleunigt beide Teilchen gegenläufig auf eine Energie von 100 GeV. Während der Speicherung verlieren die Teilchen durch die Zentripetalbeschleunigung ständig Energie durch Synchrotronstrahlung.

a) Berechne den Energieverlust pro Umlauf. Benutze dabei einen mittleren Krümmungsradius von $\rho = 3100$ m.

b) Um den Energieverlust permanent auszugleichen werden die Teilchen ständig neu beschleunigt. Was ist die im Mittel aufzubringende elektrische Leistung, um die 3×10^{12} Teilchen im LEP bei einer Energie von 100 GeV zu halten?

c) Berechne den Energieverlust pro Umlauf für ein Proton bei 7 TeV im großen Hadron-Kollider (LHC). Der LHC steht im gleichen unterirdischen Tunnel wie LEP.

d) Elementarteilchenphysiker planen einen linearen Elektron-Positron-Kollider (ILC) mit einer Schwerpunktsenergie bis zu $\sqrt{s} = 1$ TeV. Würde man diese Energie mit einem Synchrotron erreichen wollen, was würde dann der minimale Radius sein, wenn man den elektrischen Leistungsbedarf auf 1,4 GW (el. Leistung eines großen Kraftwerks) begrenzen möchte, um die Verluste durch Synchrotronstrahlung zu kompensieren (100% Wirkungsgrad und wieder 3×10^{12} Teilchen im Ring)?

5.3 Fermis Goldene Regel

Betrachte ein spinloses Teilchen A der Masse m_A , das in zwei verschiedene Endzustände zerfallen kann, nämlich entweder in eine Teilchenpaar C oder ein Teilchenpaar D. Die Wechselwirkung sei jeweils die selbe (gleiches Matrixelement). Man nehme außerdem an, dass $m_c = m_A/4$ und $m_d = m_A/8$.

a) Benutze Fermis Goldene Regel, um das Verhältnis der Zerfallsraten für die Zerfälle $A \rightarrow C + C$ und $A \rightarrow D + D$ zu bestimmen. Hilfestellung: siehe PDG § 37.4.2 oder Berger, Teilchenphysik § 1.3.5).

b) Die partielle Zerfallsbreite für den Zerfall $A \rightarrow C + C$ sei $\Gamma_{CC} = 10^{20} \text{ s}^{-1}$. Wie groß ist dann die Lebensdauer τ des Teilchens A. Geben sie die totale Zerfallsbreite Γ_A in eV-Einheiten an.

5.4 Compton – Rückstreuung von Laserlicht an schnellen Elektronen

Ein Helium-Neon Laser emittiert Photonen der Wellenlänge $\lambda = 632,8 \text{ nm}$. In einem Experimentaufbau wird der Laserstrahl antikollinear auf einen Elektronenstrahl der Energie 10 GeV gerichtet. Welche Energie hat ein Photon, das um einen Winkel von 180° rückgestreut wird?