

Zestaw 2 / Wstęp do oddziaływań hadronów

1. Znajdź maksymalny i minimalny kąt rozwarcia pomiędzy fotonami powstałymi w wyniku rozpadu $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$, jeśli energia neutralnego pionu wynosi 10 GeV, oraz przyjmując, że $m_{\pi^0} = 135$ MeV.
2. Znajdź względną częstość (branching ratio) rozpadu $K^+ \rightarrow \pi^+\pi^0$, wiedząc że $\Gamma(K^+ \rightarrow \pi^+\pi^0) = 1.2 \times 10^{-8}$ eV, a średni czas życia kaonu wynosi $\tau(K^+) = 1.2 \times 10^{-8}$ s.
3. Na przyszłym liniowym zderzacz e^+e^- , pracującym jako “fabryka Higgsa”, przy energii $\sqrt{s} = 250$ GeV, przekrój czynny na proces $e^+e^- \rightarrow HZ$ wynosi 250 fb. Zakładając, że chwilowa świetłość akceleratora jest równa $\mathcal{L} = 2 \times 10^{34}$ cm²s⁻¹, a efektywne zbieranie danych odbywa się efektywnie przez połowę czasu jego pracy, oszacuj liczbę bozonów Higgsa wyprodukowanych w ciągu 5 lat.
4. W zderzeniach e^+e^- przy energii $\sqrt{s} \approx m_Z$ produkowany bozon Z^0 może rozpaść się na dwa neutrina o masach poniżej $m_Z/2$. O istnieniu “niewidzialnej szerokości”, Γ_{inv} w rozpadach bozonu Z^0 wnioskuje się z precyzyjnych pomiarów przekrojów czynnych na produkcję hadronów i naładowanych leptonów. Z tego typu pomiarów wnioskuje się o liczbie występujących w przyrodzie neutrin, N_ν , a wynik otrzymany z eksperymentów na LEP daje $N_\nu = 2.9841 \pm 0.0083$.
Możliwy jest też bezpośredni pomiar niewidzialnej szerokości, wykorzystując proces emisji fotonu przez elektron (pozyton) w stanie początkowym: $e^+e^-(\gamma) \rightarrow Z^0 \rightarrow \nu\bar{\nu}\gamma$.
 - (a) Narysuj odpowiedni diagram Feynmana.
 - (b) Pokaż, że po emisji fotonu o energii E_γ w stanie początkowym, kwadrat energii dostępnej w układzie środka masy wynosi: $s' \approx s - 2E_\gamma\sqrt{s}$.
 - (c) W roku 1992 eksperyment OPAL zebrał dane o całkowitej świetłości $L = 22.5$ pb⁻¹ przy energii w układzie środka masy $\sqrt{s} = 91.3$ GeV. Zaobserwowano 208 przypadków z pojedynczym fotonem w stanie końcowym o energii $E_\gamma > 1.75$ GeV. Wydajność detekcji fotonu wynosiła 66%, a oszacowana liczba przypadków tła była równa 20. Ile wynosi zmierzony przekrój czynny na produkcję pojedynczego fotonu?
 - (d) Średnia energia zaobserwowanych fotonów w powyższej próbkę wynosiła 2.85 GeV. Jaka była średnia wartość s' ?
 - (e) Oblicz “niewidzialną szerokość” produkcji bozonu Z^0 , Γ_{inv} , wiedząc, że (i) prawdopodobieństwo, że początkowy elektron wyemituje foton o energii $E_\gamma > 1.75$ GeV wynosi 1/180, (ii) $M_Z = 91.187$ GeV, $\Gamma_Z = 2.49$ GeV, $\Gamma_{ee} = 0.084$ GeV, oraz że przekrój czynny na niewidoczną produkcję cząstek poprzez wymianę Z^0 dany jest przez:

$$\sigma(s') = \frac{3\pi\Gamma_{ee}\Gamma_{\text{inv}}}{s' \left[(\sqrt{s'} - M_Z)^2 + \Gamma_Z^2/4 \right]}$$

Jakiej liczbie rodzajów neutrin odpowiada zmierzona Γ_{inv} ?

- (f) Narysuj diagram Feynmana zawierający pojedynczy bozon W , który daje również wkład do zmierzonego przegroju czynnego. Jaki proces czysto elektromagnetyczny stanowi znaczące tło do mierzonego przekroju czynnego?