Soluzioni II Bonus di Fisica Nucleare e Subnucleare I
(A.A. 2011-2012)

6 giugno 2012

Problema 1

Un fascio, contenente elettroni e protoni di impulso 1.8 GeV, attraversa due scintillatori di spessore d=2 cm e di lunghezza di radiazione X_0 = 40 cm a una distanza L = 15 metri l'uno dall'altro.

Le perdite di energia per ionizzazione negli scintillatori sono 2 MeV/cm per i protoni e 2.5 MeV/cm per gli elettroni.

a) calcolare l'energia persa dalle due particelle in ciascuno dei due contatori.
b) calcolare il tempo di volo per le due particelle
c) calcolare nei due casi il minimo indice di rifrazione di un radiatore, posto dopo il secondo scintillatore, per cui le particelle emettono luce Cerenkov

Soluzione 1

a) p (perdita per ionizzazione): $\Delta E_p = \frac{dE}{dx}_{p,ion} \times d = 4\ MeV$;

e (ioniz.+irraggiamento): $\Delta E_e = \frac{dE}{dx}_{e,ion} \times d + E_{e,0}\left(1 - e^{-\frac{d}{X_0}}\right) = 5 + 88 = 93\ MeV$.

essendosi ridotta l'energia dell'elettrone di 93 MeV, la perdita per irraggiamento nel secondo scintillatore sarà 83 MeV, e la perdita totale 88 MeV.

b) Nel calcolo del TOF si trascura l'energia persa nel primo rivelatore:

p: $v_p = c\frac{pc}{E_p} = c\frac{1.8\ GeV}{2.03\ GeV} = 0.887c \quad TOF_p = \frac{L}{v_p} = 5.6 \times 10^{-8} s$

e: $v_e \approx c \quad TOF_e = \frac{L}{c} = 5.0 \times 10^{-8} s$

c) Date le velocità del punto precedente (trascurabili le perdite di energia negli scintillatori):

p: $n > \frac{c}{v_p} = 1.13$

e: $n > \frac{c}{v_e} = 1.00$

Problema 2

Ipotizziamo che del bosone Z, di massa M_Z = 91.188 ± 0.002 GeV/c^2 e vita media τ_Z = 2.64 10^{-25} sec, abbiamo misurato le larghezze dei due modi di decadimento visibili: decadimento in adroni, Γ_h = 1744 MeV; decadimento in leptoni, Γ_l = 84 MeV. Una nuova misura dà come risultato indiretto per i modi di decadimento invisibili (neutrini o altro) Γ_{INV} = 900 MeV.

i) Calcolare il valore della larghezza totale Γ dello Z;

ii) dire se la nuova misura è compatibile con i risultati precedenti e perché;
iii) dire quanto è grande la incertezza intrinseca, definita come larghezza a mezza altezza, sul valore della massa dello Z.

Soluzione 2

i) Larghezza totale dello Z: $\Gamma_{TOT} = \frac{\hbar}{\tau_Z} = \frac{6.583\times10^{-25}\ GeV\,s}{2.64\times10^{-25}\ s} = 2.49\ GeV$;
ii) Dalla misura si ha: $\Gamma_h + \Gamma_l + \Gamma_{INV} = 2.728\ \text{GeV} > \Gamma_{TOT}$, la misura non è quindi compatibile con i risultati precedenti;
iii) L'incertezza intrinseca è proprio Γ_{TOT}.

Problema 3

Stabilire quali reazioni e quali decadimenti delle seguenti liste sono permessi e quali sono proibiti, indicando nel primo caso l'interazione responsabile, nel secondo tutti i numeri quantici che sono violati.

1. $\pi^- + p \rightarrow \pi^- + \pi^+ + n$
2. $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^+ + K^-$
3. $\bar{p} + p \rightarrow \pi^0 + \Lambda + K^0$
4. $e^+ + e^- \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$
5. $\nu_\mu + p \rightarrow \mu^+ + n$

1. $\pi^0 \rightarrow \mu^- + e^+$
2. $K^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu_e$
3. $p \rightarrow n + \nu_e + e^+$
4. $\Lambda \rightarrow n + \pi^0$
5. $\Sigma^+ \rightarrow K^- + \pi^+ + \pi^+$

Soluzione 3

Reazioni: 1) Si, forte; 2) No: $|\Delta S|=2$; 3) No: B; 4) Si, e.m.; 5) No: L_μ.
Decadimenti: 1) No: L_μ, L_e; 2) Si, debole; 3) No: ΔM; 4) Si, debole; 5) No: B.