Soluzioni II Esonero FNSN-I

(A.A. 2011-2012)

13 giugno 2012

Problema A1

In una macchina a fasci incrociati, sono prodotti elettroni e muoni i cui impulsi vengono misurati in una camera tracciante, con simmetria cilindrica intorno alla direzione dei fasci, di raggio r = 1.6 m, immersa in un campo magnetico B = 1.2 T parallelo alla direzione dei fasci. Il materiale dei rivelatori della camera ha uno spessore totale di 0.6 lunghezze di radiazione, che si può considerare uniformemente distribuito tra la zona di interazione e la superficie esterna del cilindro. Trascurando le perdite per ionizzazione e la radiazione di sincrotrone,

1) si calcoli il minimo valore dell'impulso trasverso (ossia la componente dell'impulso sul piano ortogonale alla direzione dei fasci) per il quale i muoni fuoriescono dalla camera.
2) si calcoli il raggio di curvatura iniziale degli elettroni prodotti con impulso p = 45 GeV sul piano ortogonale alla direzione dei fasci, e quello all'uscita dalla camera.

Soluzione A1

1) Detto R_μ il raggio di curvatura dei muoni in B e p_μ il loro impulso: $R_\mu\,[m] = \frac{p_\mu c[GeV]}{0.3\cdot B[T]}$;

   La condizione è soddisfatta per $2R_\mu > r$, quindi: $p_\mu c[GeV] > \frac{0.3\cdot B[T]\cdot r[m]}{2} = 0.288\ GeV$

2) Per gli elettroni, all'inizio $p_{e,i}c = 45\ GeV$ → $R_{e,i}[m] = \frac{p_{e,i}c[GeV]}{0.3\cdot B[T]} = 125\ m$

   In prima approssimazione possiamo ipotizzare che si mantenga $R_e \gg r$ fino all'uscita; in tal caso possiamo approssimare la traiettoria degli elettroni nella camera come rettilinea (radiale), e lo spazio percorso prima di uscire come: $s = 0.6X_0$.

   Per l'irraggiamento si avrà: $E_{e,f} = E_{e,i}\cdot e^{-\frac{s}{X_0}} \approx p_{e,i}c\cdot e^{-0.6} = 25\ GeV$ e $p_{e,f}c \approx 25\ GeV$;

   quindi $R_{e,f}[m] = \frac{p_{e,f}c[GeV]}{0.3\cdot B[T]} = 69\ m \gg r$, che conferma la validità dell'ipotesi iniziale.

Problema A2

La Σ^{*+} è un iperone instabile di massa m = 1385 MeV/c^2 e larghezza totale Γ = 35.8 MeV con branching ratio dell' 87% nel canale $\Sigma^{*+} \to \pi^+ + \Lambda$, dell' 1,3% nel canale $\Sigma^{*+} \to \Sigma^+ + \gamma$, e nel resto dei casi decade in $\Sigma^{*+} \to \pi^0 + \Sigma^+$.

Viene prodotta nella reazione $K^- + p \to \pi^- + \Sigma^{*+}$, ma non dalla reazione $K^+ + p \to \pi^+ + \Sigma^{*+}$.

a) Qual è la stranezza della Σ^{*+} ?
b) Qual è la larghezza del decadimento in $\Sigma^{*+} \to \pi^0 + \Sigma^+$?
c) Il modo di decadimento $\Sigma^{*+} \to \pi^+ + \Lambda$ è forte o debole ? Spiegare perché.

Soluzione A2

a) Dal decadimento e.m. $\Sigma^{*+} \to \Sigma^+ + \gamma$ e per la conservazione della stranezza si ricava che Σ^{*+} deve avere la stessa stranezza della Σ^+: –1.

Oppure:
Per la conservazione della stranezza, dalla reazione $K^- + p \to \pi^- + \Sigma^{*+}$ si vede che Σ^{*+} deve avere la stessa stranezza del K^-: -1.

b) La larghezza del decadimento in $\Sigma^{*+} \to \pi^0 + \Sigma^+$ è: $\Gamma \cdot (1 - 0.87 - 0.013) = 4.2\ MeV$.

c) Il modo di decadimento $\Sigma^{*+} \to \pi^+ + \Lambda$ conserva tutti i numeri quantici, compresa S, ed è forte.

Problema A3
Stabilire quali reazioni e quali decadimenti delle seguenti liste sono permessi e quali sono proibiti, indicando per quelli permessi l'interazione responsabile e per quelli proibiti tutti i numeri quantici che sono violati

1. $e^+ + e^- \to \tau^+ + \tau^- + \pi^+$
2. $\pi^- + p \to \pi^0 + \Lambda + K^-$
3. $\bar{\nu}_e + n \to e^+ + n + \pi^-$
4. $\pi^- + p \to \pi^- + \Delta^+$
5. $K^- + p \to \Xi^0 + \bar{K}^0$

1. $\pi^- \to e^- + \mu^- + \mu^+ + \bar{\nu}_e$
2. $K^- \to \pi^0 + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$
3. $\Xi^- \to \Lambda + \pi^-$
4. $\mu^- \to e^- + \bar{\nu}_\mu + \nu_e$
5. $n \to p + \mu^- + \bar{\nu}_\mu$

Soluzione A3

Reazioni: 1) No: Q; 2) No: Q, $|\Delta S|=2$; 3) Si, debole; 4) Si, forte; 5) No: $|\Delta S|=2$.

Decadimenti: 1) No: ΔM; 2) No: $|\Delta S|=1$, Q, L_e, L_μ; 3) Si, debole; 4) No: L_e,L_μ; 5) No: ΔM.

Problema B1
In una macchina a fasci incrociati, sono prodotti elettroni e muoni i cui impulsi vengono misurati in una camera tracciante, con simmetria cilindrica intorno alla direzione dei fasci, di raggio r = 1.3 m, immersa in un campo magnetico B = 0.85 T parallelo alla direzione dei fasci. Il materiale dei rivelatori della camera ha uno spessore totale di 0.4 lunghezze di radiazione che si può considerare uniformemente distribuito tra la zona di interazione e la superficie esterna del cilindro. Trascurando le perdite per ionizzazione e la radiazione di sincrotrone,
1) si calcoli il minimo valore dell'impulso trasverso (ossia la componente dell'impulso sul piano ortogonale alla direzione dei fasci) per il quale i muoni fuoriescono dalla camera.
2) si calcoli il raggio di curvatura iniziale degli elettroni prodotti con impulso p = 35 GeV sul piano ortogonale alla direzione dei fasci, e quello all'uscita dalla camera.

Soluzione B1

1) Detto R_μ il raggio di curvatura dei muoni in B e p_μ il loro impulso: $R_\mu[m] = \frac{p_\mu c[GeV]}{0.3 \cdot B[T]}$;

La condizione è soddisfatta per $2R_\mu > r$, quindi: $p_\mu c[GeV] > \frac{0.3 \cdot B[T] \cdot r[m]}{2} = 0.166\ GeV$

2) Per gli elettroni, all'inizio $p_{e,i}c = 35\ GeV$ → $R_{e,i}[m] = \frac{p_{e,i}c[GeV]}{0.3 \cdot B[T]} = 137\ m$

In prima approssimazione possiamo ipotizzare che si mantenga $R_e \gg r$ fino all'uscita; in tal caso possiamo approssimare la traiettoria degli elettroni nella camera come rettilinea (radiale), e lo spazio percorso prima di uscire come: $s = 0.4X_0$.

Per l'irraggiamento si avrà: $E_{e,f} = E_{e,i} \cdot e^{-\frac{s}{X_0}} \approx p_{e,i}c \cdot e^{-0.4} = 23\ GeV$ e $p_{e,f}c \approx 23\ GeV$;

quindi $R_{e,f}[m] = \frac{p_{e,f}c[GeV]}{0.3 \cdot B[T]} = 92\ m \gg r$, che conferma la validità dell'ipotesi iniziale.

Problema B2

La Σ^{*+} è un iperone instabile di massa m = 1385 MeV/c^2 e larghezza totale Γ = 35.8 MeV con branching ratio dell' 87% nel canale $\Sigma^{*+} \to \pi^+ + \Lambda$, dell' 11,7% nel canale $\Sigma^{*+} \to \pi^0 + \Sigma^+$, e nel resto dei casi decade in $\Sigma^{*+} \to \Sigma^+ + \gamma$.

Viene prodotta nella reazione $K^- + p \to \pi^- + \Sigma^{*+}$, ma non dalla reazione $K^+ + p \to \pi^+ + \Sigma^{*+}$.

a) Qual è la stranezza della Σ^{*+} ?

b) Qual è la larghezza del decadimento in $\Sigma^{*+} \to \Sigma^+ + \gamma$?

c) Il modo di decadimento $\Sigma^{*+} \to \pi^0 + \Sigma^+$ è forte o debole ? Spiegare perché.

Soluzione B2

a) Dal decadimento e.m. $\Sigma^{*+} \to \Sigma^+ + \gamma$ e per la conservazione della stranezza si ricava che Σ^{*+} deve avere la stessa stranezza della Σ^+: –1.

Oppure:

Per la conservazione della stranezza, dalla reazione $K^- + p \to \pi^- + \Sigma^{*+}$ si vede che Σ^{*+} deve avere la stessa stranezza del K^-: –1.

b) La larghezza del decadimento in $\Sigma^{*+} \to \Sigma^+ + \gamma$ è: $\Gamma \cdot (1 - 0.87 - 0.117) = 0.47\ MeV$.

c) Il modo di decadimento $\Sigma^{*+} \to \pi^0 + \Sigma^+$ conserva tutti i numeri quantici, compresa S, ed è forte.

Problema B3

Stabilire quali reazioni e quali decadimenti delle seguenti liste sono permessi e quali sono proibiti, indicando per quelli permessi l'interazione responsabile e per quelli proibiti tutti i numeri quantici che sono violati

1. $\pi^- + p \rightarrow \pi^- + \Lambda + K^+$
2. $e^+ + e^- \rightarrow K^+ + K^0 + \pi^-$
3. $K^- + p \rightarrow \Xi^0 + K^0$
4. $\nu_e + n \rightarrow e^+ + \pi^0 + \bar{p}$
5. $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + \Delta^-$

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

Soluzione B3

Reazioni:	1) Si, forte;	2) No: $\lvert\Delta S\rvert=2$;	3) Si, forte;	4) No: L_e, B;	5) No: Q.
Decadimenti:	1) Si, debole;	2) No: ΔM;	3) No: Q, $\lvert\Delta S\rvert=1$;	4) No: Q;	5) No: ΔM.