

# Soluzioni II Bonus di Fisica Nucleare e Subnucleare I (A.A. 2013-2014)

## Problema 1

Per creare un fascio di  $\nu_\mu$  si può sfruttare il decadimento  $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ . I  $\pi^+$ , prodotti in seguito alle collisioni di un fascio di protoni su un bersaglio fisso, vengono deviati di  $\theta = 15^\circ$  dalla loro linea di volo da un campo magnetico di  $B = 0.7$  Tesla che agisce per un tratto  $L = 1.5$  m. All'uscita del campo magnetico i  $\pi^+$  attraversano un tunnel di decadimento in cui viene fatto il vuoto. Alla fine del tunnel i  $\pi^+$  residui e i  $\mu^+$  prodotti nei decadimenti vengono fermati da un assorbitore in ferro. Calcolare:

- L'impulso  $p_\pi$  dei  $\pi^+$  selezionati dal campo magnetico;
- La lunghezza del tunnel di decadimento  $D$  affinché il 90% dei  $\pi^+$  possa decadere;
- L'energia persa nel primo  $\Delta x = 1$  cm di ferro dai  $\mu^+$  prodotti nel caso  $E_\mu \approx E_\pi$  (emissione in avanti).

$$[m_\mu = 106 \frac{MeV}{c^2}; \quad m_\pi = 140 \frac{MeV}{c^2}; \quad \tau_\pi = 2.6 \cdot 10^{-8} s; \quad Z_{Fe} = 26; \quad A_{Fe} = 56; \quad \rho_{Fe} = 7.87 \frac{g}{cm^3}]$$

## Soluzione 1

Dalla figura si ricava:

$$L = R \sin \theta \quad \rightarrow \quad R = \frac{1.5 \text{ m}}{\sin 15^\circ} = 5.80 \text{ m.}$$

- L'impulso dei  $\pi^+$  vale:

$$p_\pi c [GeV] = 0.3 \cdot B [Tesla] \cdot R [m] = 1.22 \text{ GeV};$$

- Per la legge del decadimento radioattivo la probabilità dei  $\pi^+$  di sopravvivere dopo un tempo  $t$  vale:

$$P(t) = \frac{N(t)}{N_0} = e^{-\frac{t}{\tau_\pi}},$$

dobbiamo quindi imporre:

$$P(t) = 10\%$$

$$\rightarrow t = \tau_\pi \ln 10 = 6.0 \cdot 10^{-8} s, \text{ nel sistema di riferimento del } \pi^+.$$

La lunghezza del tunnel sarà quindi:

$$D = \beta_\pi c \gamma_\pi t = \frac{p_\pi c}{m_\pi c^2} c \tau_\pi \ln 10 = 156 \text{ m}$$

- Per i muoni si ha:

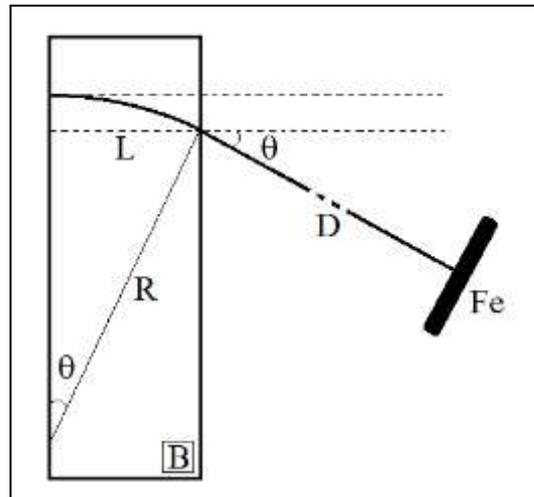
$$-\frac{dE}{dx} = 0.307 \frac{MeV \text{ cm}^2}{g} \rho \frac{Z}{A} \frac{z_\mu^2}{\beta_\mu^2} \left( \ln \frac{2 m_e c^2 \beta_\mu^2 \gamma_\mu^2}{I} - \beta_\mu^2 \right),$$

$$I = 10 Z_{Fe} eV = 260 \text{ eV}$$

$$z_\mu = 1; \quad E_\mu \approx E_\pi = \sqrt{m_\pi^2 c^4 + p_\pi^2 c^2} \approx p_\pi c; \quad p_\mu c = \sqrt{E_\mu^2 - m_\mu^2 c^4} \approx p_\pi c$$

$$\rightarrow \beta_\mu = \frac{p_\mu c}{E_\mu} \approx 1; \quad \beta_\mu \gamma_\mu = \frac{p_\mu c}{m_\mu c^2} = 11.5$$

$$-\frac{dE}{dx} = 13.6 \frac{MeV}{cm} \quad \rightarrow \quad \Delta E = -\frac{dE}{dx} \cdot \Delta x = 13.6 \text{ MeV}$$



## Problema 2

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

1.  $\nu_e + n \rightarrow e^- + \pi^0 + p$

2.  $K^- + n \rightarrow \Lambda + \pi^- + \pi^0$

3.  $p + p \rightarrow \Sigma^+ + p + K^0 + \pi^+ + \pi^-$

4.  $\bar{p} + p \rightarrow \Sigma^+ + \Sigma^-$

5.  $\pi^- + p \rightarrow \Sigma^- + K^+ + \pi^+$

1.  $\Xi^0 \rightarrow \Lambda + \pi^+$

2.  $\bar{n} \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$

3.  $\pi^0 \rightarrow \mu^- + e^+$

4.  $K^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu_e$

5.  $\Sigma^- \rightarrow \Xi^0 + e^- + \bar{\nu}_e$

## Soluzione 2

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

Decadimenti: 1. No: Q,  $|\Delta S|=1$ ; 2. Si, debole; 3. No:  $L_e, L_\mu$ ; 4. Si, debole; 5. No:  $\Delta M, |\Delta S|=1$ .