

Il esonero del corso di Fisica Nucleare e Subnucleare 1

AA 2015/2016

8 Giugno 2016

1. Un fascio di elettroni e pioni negativi aventi un impulso $p = 50 \text{ GeV}/c$ attraversa un magnete lungo $L = 2 \text{ m}$ che produce un campo magnetico uniforme $B = 2.2 \text{ T}$. All'uscita del magnete è posto uno scintillatore plastico di spessore $\Delta x = 2 \text{ cm}$, densità $\rho = 1.03 \text{ g cm}^{-3}$ e lunghezza di radiazione $X_0 = 40 \text{ cm}$. Determinare:
 - (a) il raggio di curvatura R e l'angolo di deviazione per i pioni;
 - (b) la distanza dalla linea di volo iniziale con cui escono dal magnete i pioni;
 - (c) l'energia persa dai pioni e dagli elettroni nell'attraversare lo scintillatore (si trascuri l'effetto densità $\delta(\gamma)$);
 - (d) l'angolo medio di deviazione dovuto allo scattering multiplo Coulombiano (nell'attraversare lo scintillatore) per entrambe le particelle.

$$m_{\pi^-} = 139.6 \text{ MeV}/c^2$$
$$\langle I \rangle = 200 \text{ eV}, \frac{Z}{A} = 0.5, m_e = 0.511 \text{ MeV}/c^2$$

Soluzione:

$$R[\text{m}] = \frac{pc}{0.3B} = 75.76 \text{ m}$$

$$\theta = \text{sen}^{-1}\left(\frac{L}{R}\right) \approx \frac{L}{R} = 1.51^\circ = 26.4 \text{ mrad in approssimazione di piccolo angolo}$$

$$x = R(1 - \cos\theta) = 2.64 \text{ cm}$$

Per i pioni la perdita di energia avviene per ionizzazione ed è data dalla formula di Bethe e Block:

$$\frac{dE}{dx} = \rho C \frac{Z}{A} \frac{z^2}{\beta^2} \left(\ln\left(\frac{2m_e c^2 \beta^2 \gamma^2}{I}\right) - \beta^2 \right)$$

dove $C = 0.3 \text{ MeV/cm}$ e si considera trascurabile la correzione di densità.

$$\frac{dE}{dx} = 3.05 \text{ MeV/cm} \text{ quindi la perdita di energia nei } 2 \text{ cm: } 6.10 \text{ MeV}$$

Per gli elettroni, la perdita di energia avviene per Bremsstrahlung, ed è data da:

$$E(x) = E_0 e^{-\frac{x}{X_0}}$$

$$E(2\text{cm}) = 47.56 \text{ GeV}$$

$$\Delta E = 2.43 \text{ GeV}$$

Lo scattering Coulombiano produce una variazione nell'angolo data dalla formula:

$$\langle \bar{\theta} \rangle = 21.2 \text{ MeV} \frac{z}{pc\beta} \sqrt{\frac{x}{X_0}}$$

sostituendo $z=1$, $\beta \approx 1$, $p = 50000 \text{ MeV}$ si ottiene $\langle \bar{\theta} \rangle = 9.4 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$

2. Stabilire quali delle reazioni e decadimenti sotto indicati sono permessi e quali sono proibiti.

- per quelli proibiti, indicare tutti i numeri quantici (o le leggi di conservazione) che sono violati;
- per quelli permessi, indicare la forza che media l'interazione.

a. $\gamma + n \rightarrow p + \pi^-$

g. $K^+ \rightarrow \pi^0 + e^+$

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

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

c. $p + \bar{p} \rightarrow \pi^- + \pi^+ + \pi^0$

i. $\Delta^- \rightarrow n + \pi^-$

d. $\nu_\mu + e^- \rightarrow \nu_e + \mu^-$

j. $\Lambda \rightarrow p + \pi^+ + \pi^-$

e. $\mu^- + p \rightarrow e^- + \pi^+$

k. $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$

f. $\pi^+ + p \rightarrow \Lambda + \pi^+ + \pi^- + \pi^0$

l. $\Xi^- \rightarrow \Lambda + \pi^+$

Soluzione:

a. permessa per interazione elettromagnetica

g. vietato, violazione del numero leptonico elettronico e $\Delta S = -1$

b. permessa per interazione forte

h. vietato, $m_f > m_i$

c. permessa per interazione forte

i. permesso per interazione forte

d. permessa per interazione debole

j. vietato, $m_f > m_i$, violazione della carica elettrica e $\Delta S = 1$

e. vietata, violazione del numero barionico, leptonico elettronico e leptonico muonico

k. permesso per interazione debole

f. vietata, violazione della carica elettrica e $\Delta S = -1$

l. vietato, violazione della carica elettrica e $\Delta S = 1$