

Problema 1:

Come e' ben noto, nell' atmosfera si possono formare e propagare degli " sciame estesi " di raggi cosmici costituiti essenzialmente di fotoni, elettroni e muoni, questi ultimi chiamati " componente dura ".

a) Calcolare l' energia persa dai muoni di uno sciame aventi energia $E_\mu = 10^3$ GeV nell' attraversare uno spessore di roccia di 1 cm.

[per la roccia si assuma : $\rho = 3.0$ gr cm^{-3} ; $Z/A = 1/2$; $\langle I \rangle = 200$ eV]

b) Il fascio di muoni cosmici di energia $E = 10^3$ GeV incide verticalmente sulla superficie del terreno e si assume per semplicita' che nella roccia si abbia :

$$\rho^{-1} dE/dx = \text{costante} = 2 \text{ MeV gr}^{-1} \text{ cm}^2$$

Calcolare lo spessore di roccia che riduce in quiete tali muoni.

Problema 3 :

Dei protoni di energia $E = 16$ GeV attraversano uno spessore di 2.5 cm di aria.

[$\rho_{\text{aria}} = 0.0012$ g/ cm^3 ; $(Z/A)_{\text{aria}} = 1/2$; $I_{\text{aria}} = 100$ eV]

Rispondere alle seguenti domande:

- i) calcolare la perdita di energia dei protoni nei 2.5 cm di aria e controllare se tale perdita e' prossima al valore al minimo della curva di Bethe-Bloch corrispondente;
- ii) stimare quante coppie di ioni vengono prodotti da tali protoni nei 2.5 cm di aria;
- iii) stimare il numero di coppie di ioni prodotte da un fascio di particelle α con lo stesso valore di $\beta\gamma$.

Problema 4 :

Un fascio di raggi X monocromatici, costituiti da fotoni di energia $E_\gamma = 40 \text{ KeV}$, viene fatto incidere perpendicolarmente su di una lamina di ferro naturale, una miscela di vari isotopi del ferro con $\bar{A} \cong 56$ e densità $\rho = 7.9 \text{ g/cm}^3$.

La lamina assorbe i fotoni con una sezione d'urto $\sigma \cong 300 \text{ b/atomo}$ dovuta principalmente all'effetto fotoelettrico.

- a) si calcoli il corrispondente coefficiente di assorbimento μ ;
- b) si stimi lo spessore L della lamina necessario per diminuire di un fattore 10 il flusso dei fotoni.

Problema 5:

Un canale magnetico seleziona particelle di impulso $0.5 \text{ GeV}/c$. Le particelle hanno massa $M_\pi = 0.14 \text{ GeV}/c^2$, $M_K = 0.50 \text{ GeV}/c^2$.

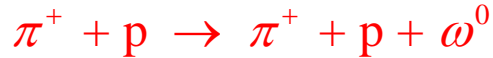
Per selezionare in massa le due particelle si usa il tempo di volo tra due rivelatori a scintillatore plastico ($\rho = 1 \text{ g/cm}^3$, $dE/dx = 2 \text{ MeV}/(\text{g cm}^2)$, $X^0 = 40 \text{ cm}$) spessi 2 cm e distanti 3 m l'uno dall'altro.

Calcolare :

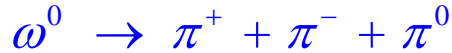
- 1) la velocità dei due tipi di particelle ed i rispettivi tempi di volo;
- 2) l'energia perduta nel primo rivelatore;
- 3) l'angolo medio di deflessione dovuto allo scattering multiplo dopo il primo rivelatore per i due tipi di particelle.

Problema 6:

Si prenda in esame la reazione :



in cui viene osservato un mesone ω^0 di massa $M_\omega = 782 \text{ MeV} / c^2$ che decade in tre pioni di carica totale nulla :



ed il cui rapporto di diramazione (Branching Ratio) e' del 89%.

Lo spettro di massa invariante dei tre pioni presenta un picco con una larghezza totale (larghezza alla semialtezza) di $\Gamma = 8.49 \text{ MeV}$.

Rispondere alle seguenti domande:

- 1) quale e' la vita media τ del mesone ω^0 ?
- 2) quanto e' la larghezza parziale nel canale a tre pioni ?

Problema 7:

Ai collisionatori $e^+ e^-$ dallo studio delle sezioni d' urto :

$\sigma(e^+ e^- \rightarrow \text{adroni})$, $\sigma(e^+ e^- \rightarrow e^+ e^-)$ e $\sigma(e^+ e^- \rightarrow \mu^+ \mu^-)$

ad una energia di 3097 MeV si osserva una risonanza, chiamata

J/ψ , che ha una larghezza totale (larghezza a meta' altezza) di

$\Gamma_{J/\psi} = 91 \text{ KeV}$ ed una larghezza parziale $\Gamma_{J/\psi} (J/\psi \rightarrow e^+ e^-) = 5.4 \text{ KeV}$.

La risonanza J/ψ e' composta da una coppia di quark con

“charm” $c\bar{c}$.

Calcolare :

- 1) la vita media τ della risonanza J/ψ ;
il suo rapporto di diramazione (Branching Ratio) nel canale :
 $J/\psi \rightarrow e^+ e^-$

Problema 8 :

Indicare le reazioni di mesoni π^- e K^- su idrogeno liquido dovute ad interazioni forti in cui nello stato finale si producono, come indicato nel seguito, Λ oppure Σ^- od ancora Ξ^- ed i cui stati finali hanno il minimo valore della somma delle masse delle particelle prodotte.

$$\pi^- + p \rightarrow \Lambda + ?$$

$$\pi^- + p \rightarrow \Sigma^- + ?$$

$$K^- + p \rightarrow \Sigma^- + ?$$

$$K^- + p \rightarrow \Xi^- + ?$$

Soluzione Problema N. 1

a) Possiamo utilizzare la formula di Bethe-Block nella forma:

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{dE}{dx} = C \cdot \frac{Z}{A} \cdot \frac{z^2}{\beta^2} \left(\ln \frac{2m_e c^2 \beta^2 \gamma^2}{\langle I \rangle} - \beta^2 \right)$$

dove :

$$C = 4\pi r_e^2 m_e c^2 N_A = 0.307 \frac{\text{MeV}}{\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}}$$

$$\rho = 3.0 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}; \quad \frac{Z}{A} = \frac{1}{2}; \quad \langle I \rangle = 200 \text{ eV}$$

$$\text{Avremo : } \beta_\mu^2 = 0.9999; \quad \gamma_\mu = 9464.3; \quad \gamma_\mu^2 \cong 90 \cdot 10^6$$

$$\frac{dE}{dx} = 11.90 \frac{\text{MeV}}{\text{cm}};$$

otteniamo quindi $\Delta E = 11.9 \text{ MeV}$

b) Abbiamo $\Delta T = E_\mu - m_\mu$; otteniamo quindi:

$$\Delta x = \frac{\Delta E}{\rho \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right)} \cdot \frac{1}{\left(2 \cdot \text{MeV} \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{gr}} \right)} =$$

$$\Delta x = \frac{10^6 - 105.66}{3 \cdot 2} = 1.67 \text{ km}$$

Soluzione Problema N. 3

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{dE}{dx} = C \cdot \frac{Z}{A} \cdot \frac{z^2}{\beta^2} \left(\ln \frac{2m_e c^2 \beta^2 \gamma^2}{\langle I \rangle} - \beta^2 \right)$$

dove :

$$C = 4\pi r_e^2 m_e c^2 N_A = 0.30 \frac{\text{MeV}}{\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}}$$

$$\rho_{\text{aria}} = 0.0012 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}; \left(\frac{Z}{A} \right) = \frac{1}{2}; I_{\text{aria}} = 100 \text{ eV};$$

i) protoni

$$\beta = \frac{p_p}{E_p} = 0.998; \gamma = \frac{E_p}{m_p} = 17.$$

$$\frac{1}{\rho} \frac{dE}{dx} = 0.307 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{0.9966} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 0.51 \cdot 289.79}{100 \cdot 10^{-6}} - 0.09966 \right) = 2.14 \frac{\text{MeV}}{\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}}$$

Questo valore e' molto vicino al valore al minimo:

$$\cong 2 \frac{\text{MeV}}{\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}};$$

$$\Delta E = 2.14 \cdot 0.0012 \cdot 2.5 = 6.4 \text{ KeV}$$

ii) L' energia necessaria a creare una coppia di ioni
 $e' \cong 30 \text{ eV}$

abbiamo quindi $N_{\text{coppie di ioni}}^{\text{protoni}} = 213$

iii) particelle α :

la carica $z_{\alpha} = 2$ allo stesso valore di $\beta\gamma$ da'

$$\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\alpha} \cong 4 \times \left(\frac{dE}{dx}\right)_e \Rightarrow \Delta E = 25.6 \text{ keV}$$

$$N_{\text{numero di coppie}}^{\alpha} = 4 \times 213 = 852$$

Soluzione Problema N. 4

a) Ricordiamo che la probabilita' di assorbimento per unita' di percorso μ e' data dall'espressione $\mu = \sigma \cdot (\text{numero di atomi di Ferro per cm}^3)$.

Avremo quindi:

$$\mu = \sigma \cdot \left(\frac{N_A \cdot \rho_{Fe}}{\bar{A}} \right) = 25.5 \text{ cm}^{-1}$$

b) Dobbiamo avere $e^{-\mu \cdot L} = \frac{1}{10}$, per cui :

$$L = \frac{\ln 10}{\mu} = 0.9 \text{ mm}$$

Soluzione Problema N 5

$$\tau_{\omega} = 7.75 \cdot 10^{-23} \text{ s}$$

$$\Gamma_{\omega \rightarrow 3\pi} = 7.56 \text{ MeV}$$

Soluzione Problema N 6

$$\beta_{\pi} = 0.963 \quad \Delta t_{\pi} = 1.07 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

$$\beta_K = 0.707 \quad \Delta t_K = 1.41 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

L'energia persa è 4 MeV per entrambe le particelle.

$$\mathcal{G}_{\pi} = 0.56^{\circ}$$

$$\mathcal{G}_K = 0.76^{\circ}$$

Soluzione Problema N 7

$$1) \tau_{J/\Psi} = \frac{\hbar}{\Gamma_{J/\Psi}} = \frac{6.58 \cdot 10^{-22}}{91 \cdot 10^{-3}} = 7.2 \cdot 10^{-21} \text{ s}$$

$$2) \text{BR} = \frac{\Gamma_{e^+e^-}}{\Gamma_{J/\Psi}} = 5.9 \%$$