

# Esame del corso di Fisica Nucleare e Subnucleare 1 - AA 2015/2016

Settembre 2016

1. Le cascate di raggi cosmici possiedono una componente "soft" di elettroni e fotoni e una component "hard" di muoni. Si supponga che il flusso dei muoni arrivi al livello del terra (considerata di 100% roccia) perpendicolarmente, collimato, e con un'energia di 1000 GeV. Assumendo che la perdita di energia per ionizzazione nella roccia sia  $2 \text{ MeV g}^{-1} \text{ cm}^2$ , la sua densità  $3.0 \text{ g cm}^{-3}$  e la lunghezza di radiazione di  $25 \text{ g cm}^{-2}$ , determinare:
  - la profondità raggiunta nella roccia dal muone quando è completamente fermo;
  - l'allargamento in metri del fascio di muoni nel punto di massima profondità ,
  - la profondità raggiunta nella roccia dalla componente elettronica quando è completamente ferma;
  - e l'origine (processo/decadimento) delle componenti soft e hard dei raggi cosmici.

**Soluzione:** La perdita di energia, includendo la densità è pari a 6 MeV per cm. L'energia residua dopo essersi fermato è pari alla sua massa  $E_{rest} = mc^2$ , da cui si ricava che l'energia cinetica è:  $T = E - mc^2$ , ovvero l'energia che deve essere persa per intero.

$T = 999.894 \text{ GeV}$

Distanza percorsa è pari a:  $999894 \text{ MeV} / 6 \text{ MeV cm}^{-1} = 1.7 \text{ Km}$

L'angolo di scattering nel piano è dato da:

$\theta$  medio sul piano =  $21.2 \text{ MeV} \frac{z}{pbc} \sqrt{x/X_0} / \sqrt{2} = 0.0067 \text{ rad}$

Apertura =  $\tan(\theta \text{ medio}) * \text{profondità} = 11.5 \text{ m}$

Per l'elettrone si ha perdita per radiazione :  $E(x) = E(0) \exp -x/X_0$

percorsi 120,2 cm si ferma nella roccia.

I muoni provengono dal decadimenti dei pioni carichi mentre la componente elettrone-fotone dal decadimento dei pioni neutri via creazione di coppie.

2. L'identificazione di particelle viene effettuata attraverso la misura della perdita di energia  $dE/dx$  in un contatore a silicio dello spessore di  $300 \mu\text{m}$ . Un fascio di muoni e pioni di 10 MeV di energia cinetica  $E_{cinetica}$  produce una misura di  $\Delta E * E_{cinetica} = 5.7 \text{ MeV}^2$ . Determinare se la misura ottenuta si riferisce ai muoni o ai pioni. Stimare la deviazione del fascio di muoni dovuto allo scattering Coulombiano. I parametri del rivelatore sono:  $\rho_{Si} = 2.33 \text{ g/cm}^3$ ,  $Z_{Si} = 14$ ,  $A_{Si} = 28$ ,  $I_{Si} = 140 \text{ eV}$ . Con lo stesso setup si cerca di

separare i due isotopi del Berillio  ${}^7\text{Be}$  e  ${}^9\text{Be}$  di energia cinetica 100 MeV osservando la misura di  $\Delta E * E_{\text{cinetica}} = 3750 \text{ MeV}^2$ . Di quale isotopo si tratta? ( $m({}^7\text{Be}) = 6.55 \text{ GeV}/c^2, m({}^9\text{Be}) = 8.42 \text{ GeV}/c^2$ ).

**Soluzione:** Nel primo caso la misura identifica i pioni mentre nel caso del Berillio l'isotopo  ${}^9\text{Be}$ . Per il primo punto si calcolano esplicitamente i valori delle varie osservabili:

$$E_{\pi} = 150 \text{ MeV}$$

$$E_{\mu} = 115.7 \text{ MeV}$$

Si ricavano:

$$\gamma_{\pi} = 1.071$$

$$\gamma_{\mu} = 1.095$$

$$\beta_{\pi} = 0.358$$

$$\beta_{\mu} = 0.407$$

Il conto procede con la formula di Bethe e Block, trattando le particelle nel modo relativistico.

$$dE/dx * 300 \mu \text{ m (muone)} = 11 \text{ MeV}$$

$$dE/dx * 300 \mu \text{ m (pione)} = 5.7 \text{ MeV}$$

$$\text{Per determinare lo scattering si stima il valore di } X_0 = \frac{716.4 \text{ g/cm}^2 A}{Z(Z+1) \ln(287/\sqrt{Z})} = 9.45 \text{ cm}$$

$$\theta_{\text{medio}} = 0.02 \text{ rad.}$$