

# Compito scritto AA 2014/2015 corso di Fisica Nucleare e Subnucleare 1

Soluzione

11/02/2016

## Esercizio 1

$$K_{soglia} = \frac{(m_{\Omega} + m_{K^0} + m_{K^+})^2 - (m_{K^-} + m_p)^2}{2m_p} = \frac{(1672 + 494 + 498)^2 - (494 + 938)^2}{2 \cdot 938} = 2690 \text{ MeV}.$$

Da cui  $E_{K^-} = 3184 \text{ MeV}$  e  $p_{K^-} = 3145 \text{ MeV}$ .

L'interazione avviene a  $\sqrt{s} = \sqrt{m_p^2 + m_{K^-}^2 + 2E_{K^-}m_p} = 2664 \text{ MeV}$ .

Per il centro di massa vale  $\beta_{CM} = |\vec{p}_{LAB}^{tot}|/E_{LAB}^{tot} = p_{K^-}/(E_{K^-} + m_p) = 0.763$  e  $\gamma_{CM} = E_{LAB}^{tot}/\sqrt{s} = 1.547$ .

Nella produzione a soglia la  $\Omega$  viene prodotta ferma nel sistema di riferimento del centro di massa.

$p_{\Omega}^{LAB} = \beta_{CM}\gamma_{CM}E_{\Omega}^* + \gamma_{CM}p_{\Omega}^* = \beta_{CM}\gamma_{CM}m_{\Omega} = 1974 \text{ MeV}$ , da cui  $E_{\Omega}^{LAB} = 2587 \text{ MeV}$ .

Ora prendiamo in considerazione il decadimento  $\Omega \rightarrow \Lambda K^-$ . La  $\Omega$  si muove nel laboratorio con  $\beta_{\Omega} = p/E = 0.763$  e  $\gamma_{\Omega} = 1.547$ .

Il decadimento e' in due corpi, per cui nel sistema di riferimento solidale alla  $\Omega$  vale per la  $\Lambda$

$$p_{\Lambda}^* = \frac{\sqrt{m_{\Omega}^4 + (m_{K^-}^2 - m_{\Lambda}^2)^2 - 2m_{\Omega}^2(m_{K^-}^2 + m_{\Lambda}^2)}}{2m_{\Omega}} = 209 \text{ MeV}.$$

Da cui  $E_{\Lambda}^* = 1135 \text{ MeV}$ ,  $\beta_{\Lambda}^* = 0.184$ .

Valendo  $\beta_{\Lambda}^* < \beta_{\Omega}$ , esiste un angolo massimo di emissione, pari a

$$\tan \theta_{MAX} = \frac{\beta_{\Lambda}^*}{\gamma_{\Omega} \sqrt{\beta_{\Omega}^2 - \beta_{\Lambda}^{*2}}} \rightarrow \theta_{MAX} = 9.1^{\circ}.$$

## Esercizio 2

L'elettrone viene ridotto dai 2 cm di piombo a un'energia pari a  $E = E_0 e^{-x/X_0} = 10 \text{ GeV} e^{-2 \text{ cm}/0.561 \text{ cm}} = 0.28 \text{ GeV}$ .

Per il fotone, occorre calcolare la densita' di bersagli, che e' pari a  $n_b = \rho N_A/A = \frac{11.35 \text{ g/cm}^3 \cdot 6.022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}}{207.2 \text{ g/mol}} = 3.30 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ . Il coefficiente di assorbimento e' quindi  $\mu = n_b \cdot \sigma = 3.30 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-3} \cdot 41.0 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2 = 1.35 \text{ cm}^{-1}$ .

Un fascio di fotoni da 10 GeV verrebbe attenuato di un fattore  $\phi/\phi_0 = e^{-\mu d} = e^{-1.35 \text{ cm}^{-1} \cdot 2 \text{ cm}} = 6.7\%$ , quindi un singolo fotone da 10 GeV ha una probabilita' pari a 93.3% di essere assorbito dallo strato di piombo.

Il muone da 10 GeV ha  $\beta = 0.999944$  e  $\beta\gamma = 94.61$ . La sua perdita di energia nel piombo vale  $\frac{dE}{dx} = 0.307 \text{ MeV g}^{-1} \text{ cm}^2 \cdot 11.35 \text{ g cm}^{-3} \cdot 0.396 \frac{1}{\beta_{\mu}^2} \left[ \ln \left( \frac{2 \cdot 0.511 \text{ MeV} \cdot \beta_{\mu}^2 \gamma_{\mu}^2}{823 \cdot 10^{-6} \text{ MeV}} \right) - \beta_{\mu}^2 \right] \approx 21.0 \text{ MeV/cm}$  corrispondenti a una perdita di 42 MeV nei 2 cm di piombo.

Dopo lo strato di piombo,  $\beta$  e  $\beta\gamma$  sono quasi invariati, valgono  $\beta = 0.999944$  e  $\beta\gamma = 94.20$ . La perdita di energia nello scintillatore vale

$\frac{dE}{dx} = 0.307 \text{MeV} g^{-1} \text{cm}^2 \cdot 8.3 \text{gcm}^{-3} \cdot 0.413 \frac{1}{\beta_\mu^2} \left[ \ln\left(\frac{2 \cdot 0.511 \text{MeV} \cdot \beta_\mu^2 \gamma_\mu^2}{601 \cdot 10^{-6} \text{MeV}}\right) - \beta_\mu^2 \right] \approx 16.3 \text{MeV/cm}$  corrispondenti a circa 82 MeV nei 5 cm.

Il muone incontra quindi la prima camera a deriva con  $E=9.88 \text{ GeV}$  e  $p=9.88 \text{ GeV}$  (la massa del muone è trascurabile alle energie in gioco).

La deviazione dovuta al campo magnetico vale (in approssimazione di piccolo angolo)  $x = \frac{0.3 \cdot B \cdot L^2}{2p}$  cioè 30 mm in corrispondenza della seconda camera ( $L = 1 \text{ m}$ ) e a 122 mm in corrispondenza della terza ( $L = 2 \text{ m}$ ).

### Esercizio 3

Reazioni:

- a. no, Q, S
- b. no, Q
- c. sì, em/debole
- d. sì, forte
- e. sì, debole
- f. no,  $L_e$

Decadimenti:

- a. no, massa
- b. no,  $L_e, L_\mu$
- c. sì, debole,  $\Delta S = 1$
- d. sì, debole,  $\Delta S = 1$
- e. no, massa
- f. no, B