

Soluzioni della prova scritta del Corso di Fisica Nucleare e Subnucleare I

(A.A. 2012-2013)

Martedì 10 settembre 2013

Soluzione 1:

a) Nel sistema di riferimento del K^+ (centro di massa):

Il π^0 può essere emesso in quiete quindi si ha: $p_{\pi,min}^* = 0$

Inoltre, per la conservazione del 4-impulso: $P_K^* - P_\pi^* = P_e^* + P_\nu^*$;

quadrando ($c=1$) si ottiene: $m_K^2 + m_\pi^2 - 2m_K E_\pi^* = m_e^2 + 2E_e^* E_\nu^* - 2p_e^* E_\nu^* \cos \theta_{e\nu}^*$

da cui: $E_\pi^* = \frac{m_K^2 + m_\pi^2 - m_e^2 - 2E_e^*(E_e^* - p_e^* \cos \theta_{e\nu}^*)}{2m_K}$,

che è massima quando $E_\nu^* = 0$ (essendo sempre positivo il termine tra parentesi):

$$E_{\pi,max}^* = \frac{m_K^2 + m_\pi^2 - m_e^2}{2m_K} = 265 \text{ MeV} \quad \rightarrow \quad p_{\pi,max}^* = \sqrt{E_{\pi,max}^{*2} - m_\pi^2} = 229 \text{ MeV}.$$

b) Nel sistema del laboratorio si ha: $\beta_K = \frac{p_K}{E_K} = \frac{p_K}{\sqrt{m_K^2 + p_K^2}} \approx 1$

mentre dal punto a) si ha: $\beta_{\pi,max}^* = \frac{p_{\pi,max}^*}{E_{\pi,max}^*} = 0.86 < \beta_K$

quindi l'impulso minimo e massimo del π^0 si ottengono con la TL di $p_{\pi,max}^*$ con $\theta_\pi^* = \pm 180^\circ$:

$$p_{\pi,min} = \gamma_K (-p_{\pi,max}^* + \beta_K E_{\pi,max}^*) = 7.5 \text{ GeV}; \quad p_{\pi,max} = \gamma_K (p_{\pi,max}^* + \beta_K E_{\pi,max}^*) \approx 100 \text{ GeV}$$

Soluzione 2:

a) Per il flusso di neutrini si ha: $\Phi(x) = \Phi_0 e^{-\mu x}$,

dove $\mu = n_p \sigma_p$ è il coefficiente di assorbimento,

$\sigma_p = 10^{-41} \text{ cm}^2$ è la sezione d'urto per protone e

$n_p = \frac{\rho_{H_2O}}{A_{H_2O}} \cdot N_A \cdot Z_{H_2O} = 3.3 \times 10^{23} \text{ p/cm}^3$ è il numero di protoni per unità di volume.

Imponendo $\frac{\Phi(x)}{\Phi_0} = \frac{1}{2}$ si ottiene: $x = \frac{\ln 2}{\mu} = \lambda \ln 2 = 2.1 \times 10^{17} \text{ cm}$ ($\lambda = 3.0 \times 10^{17} \text{ cm}$).

b) Il numero di reazioni per unità di tempo è: $\frac{dN_r}{dt} = \Phi \cdot N_p \cdot \sigma_p$,

dove $N_p = \frac{\rho_{NaI} V}{A_{NaI}} \cdot N_A \cdot Z_{NaI} = 9.4 \times 10^{27}$ è il numero totale di protoni nello scintillatore di NaI.

Si ottiene quindi: $\frac{dN_r}{dt} = 0.94 \text{ eventi/s}$ e $81500 \text{ eventi/giorno}$.

Soluzione 3:

Reazioni: 1) Si, debole; 2) No: B, L_e; 3) No: Q, $\Delta S=3$; 4) No: $\Delta S=2$; 5) Si, forte;
Decadimenti: 1) Si, debole; 2) Si, e.m.; 3) No: $\Delta M < 0$; 4) No: $\Delta M < 0$; 5) Si, debole.