

Università degli Studi di Siena  
Corso di Laurea FTA - A.A. 2015/16  
Fisica Nucleare e subnucleare  
Esame del 8/2/2017

1) Un elettrone ( $m = 0.511 \text{ MeV}/c^2$ ), un muone ( $m = 105.6 \text{ MeV}/c^2$ ) ed un protone ( $m = 938 \text{ MeV}/c^2$ ) hanno la stessa energia cinetica  $T = 100 \text{ MeV}$ .  
Calcolare l'energia totale, l'impulso, il  $\beta$ , il  $\gamma$  ed il  $\beta\gamma$  delle tre particelle.

2) Un pione di energia  $3 \text{ GeV}$  decade in un muone e un neutrino. Calcolare l'impulso del muone nel sistema del centro di massa (SCM).  
Calcolare inoltre l'impulso nel sistema del laboratorio, sapendo che il muone nel SCM è emesso ad un angolo  $\theta^* = 20^\circ$  rispetto alla direzione di moto del pione.  
(massa pione =  $140 \text{ MeV}/c^2$ )

3) Quale delle seguenti reazioni viola una legge di conservazione e quale no?  
Dove c'è una violazione, dire quale legge di conservazione è violata.

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \gamma$$

$$e^- \rightarrow \nu_e + \gamma + \bar{p}$$

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

$$p \rightarrow e^+ + \nu_e$$

$$p \rightarrow e^+ + n + \nu_e$$

$$n \rightarrow p + e^- + \nu_e$$

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$$

4) La radiazione cosmica primaria è costituita principalmente da protoni che interagiscono quando penetrano nell'atmosfera terrestre. Considerando un modello semplificato dell'atmosfera terrestre composta da azoto di spessore  $100 \text{ km}$  e densità media pari a  $1/10$  della densità  $\rho_0$  sulla superficie terrestre. La sezione d'urto di assorbimento è pari alla sezione del nucleo di azoto di raggio  $R = R_0 A^{1/3}$ . Calcolare il coefficiente di assorbimento dei protoni, la probabilità che un protone diretto lungo la verticale raggiunga la superficie terrestre e l'energia perduta per ionizzazione in una lunghezza di attenuazione, assumendo che la perdita di energia del protone sia costante e uguale a  $2.5 \text{ MeV/g cm}^{-2}$ .

[ $A=14$ ;  $R_0=1.25 \times 10^{-13} \text{ cm}$ ;  $\rho_0=1.25 \times 10^{-3} \text{ g cm}^{-3}$ ]

## SOLUZIONI

$$E_x = T + m_x$$

$$E_{\text{ele}} = 100.511 \text{ MeV} \quad E_{\text{muone}} = 205.6 \text{ MeV} \quad E_{\text{protone}} = 1038 \text{ MeV}$$

$$p_x = \sqrt{E_x^2 - m_x^2} \quad p_{\text{ele}} = 100.51 \text{ MeV}/c \quad p_{\text{muone}} = 176.4 \text{ MeV}/c \quad p_{\text{protone}} = 444.5 \text{ MeV}/c$$

$$\gamma_x = E_x / m_x \quad \gamma_{\text{ele}} = 196.69 \quad \gamma_{\text{muone}} = 1.95 \quad \gamma_{\text{protone}} = 1.11$$

$$\beta_x = \sqrt{\frac{\gamma_x^2 - 1}{\gamma_x^2}}$$

$$\beta_{\text{ele}} = 0.999987 \quad \beta_{\text{ele}} \gamma_{\text{ele}} = 196.687$$

$$\beta_{\text{muone}} = 0.86 \quad \beta_{\text{muone}} \gamma_{\text{muone}} = 1.677$$

$$\beta_{\text{protone}} = 0.43 \quad \beta_{\text{protone}} \gamma_{\text{protone}} = 0.4773$$

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \gamma$$

viola la conservazione del numero leptonico muonico

$$L_{\mu i} = -1 \neq L_{\mu f} = 0$$

viola la conservazione del numero fermionico

$$f_i = -1 \neq f_f = 0$$

$$e^- \rightarrow \nu_e + \gamma + \bar{p}$$

viola la conservazione del numero barionico

$$B_i = 0 \neq B_f = -1$$

viola la conservazione del numero fermionico

$$f_i = 1 \neq f_f = 0$$

viola la conservazione della massa

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

viola la conservazione della carica

viola la conservazione della stranezza nella produzione di particella strane

$$S_i = 0 \neq S_f = -2 \quad (\Sigma^+ uus \quad S=-1 \quad K^- \bar{u}s \quad S=-1)$$

$$p \rightarrow e^+ + \nu_e$$

viola la conservazione del numero barionico

$$B_i = 1 \neq B_f = -0$$

viola la conservazione del numero fermionico

$$f_i = 1 \neq f_f = 0$$

$$p \rightarrow e^+ + n + \nu_e$$

viola la conservazione della massa

$$n \rightarrow p + e^- + \nu_e$$

viola la conservazione del numero fermionico

$$f_i = 1 \neq f_f = 1 + 1 + 1$$

viola la conservazione del numero leptonico

$$L_{ei} = 0 \neq L_{ef} = 2$$

$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$  avviene per interazione debole