

Prova scritta del Corso di Fisica Nucleare e Subnucleare I (A.A. 2014-2015)

Lunedì 13 Luglio 2015

Gli studenti che devono recuperare il I esonero devono risolvere i problemi 1 e 2 in due ore.
Gli studenti che devono recuperare il II esonero devono risolvere i problemi 3 e 4 in due ore.
Gli studenti che devono sostenere lo scritto devono risolvere i problemi 1, 3 e 4 in tre ore.

Problema 1:

Un fascio di neutrini muonici che interagisce con un bersaglio di materia può produrre muoni attraverso la reazione:

$$\nu_{\mu} + n \rightarrow \mu^{-} + p$$

- Si determini l'energia di soglia dei neutrini per produrre la reazione su neutroni fermi.
- Si determini l'impulso nel laboratorio del muone e del protone prodotti da un neutrino a soglia su un neutrone fermo.
- Si determini la velocità del muone e quella del protone prodotti come nel punto b.
- Si determini l'energia che deve avere il neutrino perché nella reazione il protone sia prodotto fermo.

$$[M_{\nu} \approx 0; M_n = 939.6 \text{ MeV}; M_{\mu} = 105.7 \text{ MeV}; M_p = 938.3 \text{ MeV}]$$

Problema 2:

La sezione d'urto dell'effetto fotoelettrico per raggi X di 10 keV in carbonio ($Z=6$, $A=12$, $\rho=2.26 \text{ g/cm}^3$) è di 40 b/atomo. Considerando una sottile lastra di carbonio di 4 mm di spessore, si determini:

- il numero di bersagli per unità di volume;
- il coefficiente di assorbimento per effetto fotoelettrico dei raggi X di tale energia;
- la probabilità che un raggio X incidente sulla lastra produca un elettrone per effetto fotoelettrico.

Problema 3:

In un centro di radioterapia degli elettroni [$m_e=0.511 \text{ MeV}$] sono accelerati da un acceleratore lineare fino a un'energia di 25 MeV.

- calcolare l'energia che depositano in 1 mm di tessuto umano, assumendo per esso caratteristiche pari a quelle dell'acqua.

Si vuole approntare un dispositivo in piombo per schermare le stesse radiazioni:

- trascurando le perdite di energia per ionizzazione, calcolare lo spessore di piombo necessario a ridurre l'energia degli elettroni fino ad un valore pari all'energia critica del piombo;
- trascurando le perdite di energia per irraggiamento al di sotto dell'energia critica, calcolare lo spessore aggiuntivo di piombo necessario a ridurre alla quiete gli elettroni, assumendo conservativamente che la loro perdita di energia per ionizzazione nel piombo sia costante e pari a quella di un elettrone con $\beta\gamma=3$

Si consideri nello svolgimento dell'esercizio, in prima approssimazione, che per gli elettroni valga la normale formula di Bethe-Bloch

$$-dE/dx = C_p (Z/A) (z^2/\beta^2) [\ln(2m_e\gamma^2\beta^2/I) - \beta^2 - \delta/2]$$

Acqua: $\rho=1.0 \text{ g/cm}^3$, $I = 80 \text{ eV}$, $\epsilon_c=78 \text{ MeV}$, $X_0=36.1 \text{ cm}$, $Z/A=0.56$ (per elettroni da 25 MeV in acqua $\delta/2=4.5$)

Piombo: $\rho=11.35 \text{ g/cm}^3$, $I = 823 \text{ eV}$, $\epsilon_c=7.4 \text{ MeV}$, $X_0=0.56 \text{ cm}$, $Z/A=0.40$ (per elettroni con $\beta\gamma=3$ in Pb $\delta/2=0.3$)

Problema 4: Stabilire quali delle reazioni e decadimenti sotto indicati sono permessi e quali sono proibiti.

- per quelli proibiti, indicare **tutti** i numeri quantici (o le leggi di conservazione) che sono violati;
- per quelli permessi, indicare la **forza** che media l'interazione.

$$1. \bar{\nu}_e + e^{-} \rightarrow \bar{\nu}_{\mu} + \mu^{-}$$

$$1. \Lambda \rightarrow p + \pi^0$$

$$2. \pi^{-} + p \rightarrow \Sigma^{-} + \bar{K}^0$$

$$2. \mu^{-} \rightarrow e^{+} + e^{-} + \nu_{\mu}$$

$$3. K^{-} + p \rightarrow \Sigma^0 + \pi^{+} + \pi^{-}$$

$$3. \Xi^{-} \rightarrow \Sigma^0 + e^{-} + \nu_e$$

$$4. e^{+} + e^{-} \rightarrow n + \bar{n}$$

$$4. \pi^0 \rightarrow \mu^{+} + \mu^{-} + \gamma$$

$$5. e^{-} + p \rightarrow \nu_e + \pi^0$$

$$5. \pi^{+} \rightarrow e^{+} + \nu_e + \pi^0$$

$$6. p + p \rightarrow \pi^{+} + \pi^{+} + \pi^0$$

$$6. K^0 \rightarrow \pi^{+} + \pi^{-} + \gamma$$