

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 a soglia.
- Si determini la velocità nel laboratorio del muone e del protone prodotti a soglia.
- Si determini l'energia che deve avere il neutrino perché nella reazione il protone sia prodotto fermo.

$$m_\nu \cong 0, m_n = 939.6 \text{ MeV}/c^2, m_\mu = 105.7 \text{ MeV}/c^2, m_p = 938.3 \text{ MeV}/c^2.$$

Problema 2:

La sezione d'urto dell'effetto fotoelettrico per raggi X di 10 keV in carbonio ($A = 12.01 \text{ g/mol}$, $\rho = 2.27 \text{ g/cm}^3$) è 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 un acceleratore lineare accelera elettroni [$m_e = 0.511 \text{ MeV}/c^2$] fino ad 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 radiazioni:

- trascurando le perdite di energia per ionizzazione, calcolare lo spessore di piombo necessario a ridurre l'energia degli elettroni in uscita dall'acceleratore fino al valore dell'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, in prima approssimazione, che per gli elettroni valga la formula di Bethe-Bloch

$$-\frac{dE}{dx} = C \rho \left(\frac{Z}{A}\right) \left(\frac{z^2}{\beta^2}\right) \left[\ln \left(\frac{2m_e c^2 \beta^2 \gamma^2}{I} \right) - \beta^2 - \frac{\delta}{2} \right] \text{ con } C = 0.307 \text{ MeV g}^{-1} \text{ cm}^2.$$

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

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

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.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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