

Università degli Studi di Siena
Corso di Laurea FTA - A.A. 2017/18
Fisica Nucleare e subnucleare
Prova in itinere del 8/5/2019

1) L'isotopo ^{57}Cu ($Z=29$) decade β in ^{57}Ni ($Z=28$)

a) Quali sono le previsioni dello shell model per spin e parità del livello fondamentale di questi nuclei?

b) Stimare l'energia massima della particella β emessa nel decadimento

$$[m_p=938.27 \text{ MeV}/c^2 \quad m_n=939.56 \text{ MeV}/c^2]$$

2) Per creare un fascio di neutrini si selezionano particelle π^+ e K^+ di momento $p = 200 \text{ GeV}/c$. Si guidano queste particelle entro un tubo a vuoto di 1000 metri di lunghezza dove decadono in $\mu^+ + \nu$

a) Qual è il cammino libero medio dei π e dei K ?

b) Quale frazione di pioni e kaoni è decaduta alla fine del tubo a vuoto?

$$[m_\pi=140 \text{ MeV}/c^2, m_K=490 \text{ MeV}/c^2, \tau_\pi=2.6 \times 10^{-8} \text{ s}, \tau_K=1.24 \times 10^{-8} \text{ s}]$$

3) In un esperimento di diffusione, un fascio di protoni di intensità 10^5 s^{-1} viene diffuso su un bersaglio di deuterio liquido di densità $0.14 \text{ g}/\text{cm}^3$ e spessore 10 cm.

Determinate la sezione d'urto totale, sapendo che il numero di protoni diffusi per unità di tempo è 10^3 s^{-1} .

4) Una particella X decade per interazione forte in $X \rightarrow p \pi^+$. Quanto valgono I e I_z della particella?

SOLUZIONI

4. Una particella puo' decadere per interazione forte solo in $p\pi^+$.

a) Quanto valgono I e I_z della particella?

configurazione in Isospin del protone $\left|\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right\rangle$

configurazione in Isospin del pione $|1,1\rangle$

$$|I, I_z\rangle = |p, \pi\rangle = \left|\frac{3}{2}, \frac{3}{2}\right\rangle$$

Se la particella decade per interazione forte nel decadimento e' conservato sia I che I_z per cui per la particella X la configurazione sara'

$$|I, I_z\rangle = \left|\frac{3}{2}, \frac{3}{2}\right\rangle$$

2)

A) Qual'è il cammino libero medio dei π e dei K?

$$L = \gamma\beta c\tau = \frac{p}{m} c\tau$$

$$L_\pi = \frac{p}{m_\pi} c\tau_\pi = \frac{200 \times 10^3}{140} 3 \times 10^8 \times 2.6 \times 10^{-8} = 11.5 \times 10^3 \text{ m}$$

$$L_K = \frac{p}{m_K} c\tau_K = \frac{200 \times 10^3}{490} 3 \times 10^8 \times 1.24 \times 10^{-8} = 1.57 \times 10^3 \text{ m}$$

B) Quale frazione di pioni e kaoni e' decaduta alla fine del tubo a vuoto?

La frazione di particelle decadute e'

$$f_\pi = 1 - e^{-L/L_\pi} = 1 - e^{-1/11.5} = 8.3\%$$

$$f_K = 1 - e^{-L/L_k} = 1 - e^{-1/1.57} = 48\%$$

1)

a) Il decadimento $e^+ \beta^+ : {}^{57}_{29}\text{Cu} \rightarrow {}^{57}_{28}\text{Ni} + e^+ + \nu_e$

$${}^{57}_{29}\text{Cu} : 1 \text{ protone spaiato configurazione } 2p_{\frac{3}{2}} \rightarrow J^P = \frac{3}{2}^-$$

$${}^{57}_{28}\text{Ni} : 1 \text{ neutrone spaiato configurazione } 2p_{\frac{3}{2}} \rightarrow J^P = \frac{3}{2}^-$$

$$b) T_{e^+}^{\max} = M_{\text{Cu}} - M_{\text{Ni}} - M_{e^+}$$

$$BE_{\text{Cu}} = 29M_p + 28M_n - M_{\text{Cu}}$$

$$BE_{\text{Ni}} = 28M_p + 29M_n - M_{\text{Ni}}$$

$$M_{\text{Cu}} - M_{\text{Ni}} = 29M_p + 28M_n - BE_{\text{Cu}} - 28M_p - 29M_n + BE_{\text{Ni}}$$

$$= M_p - M_n + BE_{\text{Ni}} - BE_{\text{Cu}}$$

$$T_{e^+}^{\max} = M_{\text{Cu}} - M_{\text{Ni}} - M_{e^+} = M_p - M_n + BE_{\text{Ni}} - BE_{\text{Cu}} - M_{e^+}$$

$$BE(A,Z) = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - a_{\text{sim}} \frac{(N-Z)^2}{A} + \delta$$

$$\delta = \begin{cases} a_p A^{-1/2} & \text{nuclei pari pari} & A \text{ pari} \\ 0 & \text{nuclei pari dispari} & A \text{ dispari} \\ -a_p A^{-1/2} & \text{nuclei dispari dispari} & A \text{ pari} \end{cases}$$

I due nuclei sono speculari, hanno stesso

A.

Per questi nuclei i termini di volume, di superficie e di asimmetria e' lo stesso, il termine δ e' nullo essendo A dispari.

Pertanto la differenza tra le energie di legame e' data dalla

$$\text{differenza tra i termini coulombiani} \left(-\frac{3}{5} \frac{a_c \hbar c}{R_0} \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} \right)$$

$$\Delta BE = BE({}^{57}_{28}\text{Ni}) - BE({}^{57}_{29}\text{Cu}) = \frac{3}{5} \times \frac{197.3 \text{ MeVfm}}{137 \times 1.25} \frac{(56)}{57^{1/3}} = 10.05 \text{ MeV}$$

$$b) T_{e^+}^{\max} = M_{\text{Cu}} - M_{\text{Ni}} - M_{e^+} = M_p - M_n + BE_{\text{Ni}} - BE_{\text{Cu}} - M_{e^+}$$

$$T_{e^+}^{\max} = (938.27 - 939.56 - 0.511 + 10.05) \text{ MeV} = 8.249 \text{ MeV}$$

3)

$$\frac{dN_{diff}}{dt} = I \frac{\rho N_A}{A} t \sigma$$

$$\sigma = \frac{\frac{dN_{diff}}{dt}}{I \frac{\rho N_A}{A} t} = \frac{10^3}{10^5 \times \frac{0.14 \times 6 \times 10^{23}}{2} \times 10} = 24mb$$