

Μεθοδικά, απλά & κατανοητά...

Θέμα

(α) Οι αντιδράσεις $\Delta^0 \rightarrow \pi^- + p$ και $\Lambda^0 \rightarrow \pi^- + p$ είναι επιτρεπτές με χρόνους ζωής 10^{-23} s και 10^{-10} s αντίστοιχα. Εξηγήστε σε τι οφείλεται αυτή η μεγάλη διαφορά.

(β) Βρείτε στις δύο περιπτώσεις τις κινητικές ενέργειες των προϊόντων σε ένα ΣΑ όπου τα αρχικά σωματίδια είναι ακίνητα.



Δομή quark: $udd = \bar{u}d + uud$

Διβαλόνι που αντισταθμίζει διαίεσθως του Δ^0 έχουμε διαίεσθως ως προς τους quarks και δεν έχουμε μετατροπή quarks, οπότε η αντισταθμίζουσα αυτή διαβάνει χωρίς μέσω ισχυρής αντισταθμίζουσα και ο χρόνος ζωής είναι 10^{-23} s.



Δομή quark: $uds \rightarrow \bar{u}d + uud$

Διβαλόνι που αντισταθμίζει διαίεσθως του Λ^0 έχουμε μετατροπή quarks σε άλλα quarks, οπότε η αντισταθμίζουσα αυτή διαβάνει χωρίς μέσω αδελούς αντισταθμίζουσα και ο χρόνος ζωής είναι 10^{-10} s και πολύ μεγαλύτερος απ' του αντισταθμίζουσα χρόνος της ισχυρής αντισταθμίζουσα.

Μεθοδικά, απλά & κατανοητά...

β) Γενική μορφή ανευθέρωσης: $X^0 \rightarrow \pi^- + p$

Η αρχή διατήρησης της σχετικιστικής ορμής δίνει:

$$0 = p_\pi - p_p \rightarrow p_\pi = p_p \rightarrow (p_\pi c)^2 = (p_p c)^2 \quad (1)$$

Ενώ η αρχή διατήρησης της σχετικιστικής ενέργειας δίνει:

$$m_X c^2 = E_\pi + E_p \rightarrow E_p = m_X c^2 - E_\pi \quad (2)$$

Αλλά από τη σχετικιστική σχέση:

$$E = \sqrt{m^2 c^4 + p^2 c^2} \rightarrow E^2 = m^2 c^4 + p^2 c^2 \rightarrow p^2 c^2 = E^2 - m^2 c^4$$

η (1) γίνεται:

$$E_\pi^2 - m_\pi^2 c^4 = E_p^2 - m_p^2 c^4 \quad (2)$$

$$\rightarrow E_\pi^2 - m_\pi^2 c^4 = (m_X c^2 - E_\pi)^2 - m_p^2 c^4 \rightarrow$$

$$\rightarrow \cancel{E_\pi^2} - m_\pi^2 c^4 = m_X^2 c^4 + \cancel{E_\pi^2} - 2m_X c^2 E_\pi - m_p^2 c^4 \rightarrow$$

$$\rightarrow 2m_X c^2 E_\pi = m_X^2 c^4 + m_\pi^2 c^4 - m_p^2 c^4 \rightarrow$$

$$\rightarrow E_\pi = \frac{(m_X^2 + m_\pi^2 - m_p^2) c^4}{2m_X c^2} \quad (3)$$

Μεθοδικά, απλά & κατανοητά...

Για την αντίδραση: $\Delta^0 \rightarrow \pi^- + p$ είναι $X^0 = \Delta^0$ ή
 $m_{\Delta^0} = 1232 \frac{\text{MeV}}{c^2}$, $m_{\pi} = 139,6 \frac{\text{MeV}}{c^2}$, $m_p = 938,3 \frac{\text{MeV}}{c^2}$

οπότε η (1) δίνει:

$$E_{\pi} = \frac{(1232^2 + 139,6^2 - 938,3^2)}{2 \cdot 1232} \text{ MeV} = \frac{656905,27}{2464} \text{ MeV} \rightarrow$$

$$\rightarrow E_{\pi} = 266,6 \text{ MeV}$$

Επομένως η κινητική ενέργεια του πιονίου είναι:

$$E_{\pi} = K_{\pi} + m_{\pi}c^2 \rightarrow K_{\pi} = E_{\pi} - m_{\pi}c^2 = 266,6 \text{ MeV} - 139,6 \text{ MeV} \rightarrow$$

$$\rightarrow K_{\pi} = 127 \text{ MeV}$$

Και η (2) δίνει:

$$E_p = m_{\Delta^0}c^2 - E_{\pi} = 1232 \text{ MeV} - 266,6 \text{ MeV} \rightarrow E_p = 965,4 \text{ MeV}$$

Άρα η κινητική ενέργεια του πρωτονίου είναι:

$$E_p = K_p + m_p c^2 \rightarrow K_p = E_p - m_p c^2 = 965,4 \text{ MeV} - 938,3 \text{ MeV} \rightarrow$$

$$\rightarrow K_p = 27,1 \text{ MeV}$$

Μεθοδικά, απλά & κατανοητά...

Για την αντίδραση: $\Lambda^0 \rightarrow \pi^- + p$ είναι $X^0 = \Lambda^0$ ή

$m_{\Lambda^0} = 1115,7 \text{ MeV}/c^2$ οπότε η βλ δίνει:

$$E_{\pi} = \frac{(1115,7^2 + 139,6^2 - 938,3^2)}{2 \cdot 1115,7} \text{ MeV} = \frac{383867,76}{2231,4} \text{ MeV} \rightarrow$$

$$\rightarrow E_{\pi} = 172 \text{ MeV}$$

Συνεπώς η κινητική ενέργεια του πιονίου είναι:

$$E_{\pi} = K_{\pi} + m_{\pi}c^2 \rightarrow K_{\pi} = E_{\pi} - m_{\pi}c^2 = 172 \text{ MeV} - 139,6 \text{ MeV} \rightarrow$$

$$\rightarrow K_{\pi} = 32,4 \text{ MeV}$$

Ενώ η βλ τώρα δίνει:

$$E_p = m_{\Lambda^0}c^2 - E_{\pi} = 1115,7 \text{ MeV} - 172 \text{ MeV} \rightarrow$$

$$\rightarrow E_p = 943,7 \text{ MeV}$$

Άρα η κινητική ενέργεια του πρωτονίου είναι:

$$E_p = K_p + m_p c^2 \rightarrow K_p = E_p - m_p c^2 = 943,7 \text{ MeV} - 938,3 \text{ MeV} \rightarrow$$

$$\rightarrow K_p = 5,4 \text{ MeV}$$