

Θέμα 4°:

- (α) Ποιες είναι οι αλληλεπιδράσεις της φύσης; [4 μονάδες]
- (β) Ποιοι είναι οι φορείς (μεταδότες) αυτών των αλληλεπιδράσεων; [4 μονάδες]
- (γ) Σύμφωνα με τη θεωρία του H. Yukawa τα πρωτόνια και τα νετρόνια είναι δέσμια του πυρήνα μέσω μίας αλληλεπίδρασης της οποίας οι μεταδότες είναι πόνια. Η μάζα των πονίων είναι περίπου ίση με $m_\pi \approx 140 \text{ MeV}$. Υπολογίστε κατά προσέγγιση τον χρόνο ζωής αυτής της αλληλεπίδρασης. Δίνεται $\hbar c = 197.3 \text{ MeV fm}$. [6 μονάδες]

- (δ) Καθορίστε το είδος της αλληλεπίδρασης η οποία είναι υπεύθυνη για τις πιο κάτω μεταπτώσεις και αιτιολογήστε την απάντησή σας.

1. $K^+ \rightarrow \pi^0 \nu_\mu \mu^+$ 2. $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ 3. $H^0 \rightarrow \gamma\gamma$ 4. $\mu^- \rightarrow e^- \nu_\mu \bar{\nu}_e$ 5. $\rho^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ $\tau \sim 10^{-23} \text{ s}$
[5 μονάδες]

- (ε) Καθορίστε ποιες από τις πιο κάτω αντιδράσεις είναι επιτρεπτές και ποιες δεν είναι. Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

1. $\nu_\mu + p \rightarrow \mu^+ + n$ 4. $K^+ \rightarrow \pi^0 + \mu^+ + \nu_\mu$
2. $\nu_e + p \rightarrow e^- + n + \pi^+$ 5. $\nu_e + p \rightarrow e^- + p + \pi^+$
3. $\Lambda \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \pi^+$ 6. $\tau^+ \rightarrow \mu^+ + \bar{\nu}_\mu + \nu_\tau$

Δίνονται

$$m_p c^2 = 938.27 \text{ MeV}, m_n c^2 = 939.57 \text{ MeV}, m_e c^2 = 0.511 \text{ MeV}, m_\Lambda c^2 = 1115.68 \text{ MeV}, m_{\pi^0} c^2 = 134.98 \text{ MeV},$$

$$m_{\pi^+} c^2 = 139.57 \text{ MeV}, m_{K^+} c^2 = 493.68 \text{ MeV}, m_\nu c^2 = 0, m_\mu c^2 = 105.67 \text{ MeV}, m_\tau c^2 = 1776.82 \text{ MeV}$$

[6 μονάδες]

Λύση:

- (α) Η ηλεκτρομαγνητική, η ασθενής πυρηνική, η ισχυρή πυρηνική και η βαρύτητα.

- (β) Ηλεκτρομαγνητική: φωτόνιο, γ
Ασθενής πυρηνική: τα μποζόνια W^\pm, Z^0
Ισχυρή πυρηνική: τα οκτώ γκλουόνια
Βαρύτητα: Το γκραβιτόνιο

- (γ)

$$\Delta E \Delta t \approx \hbar \Rightarrow \Delta E c \Delta t \approx \hbar c \Rightarrow \Delta t \approx \frac{\hbar c}{\Delta E c} = \frac{197.3 \text{ MeV fm}}{140 \text{ MeV} \cdot 310^8 \text{ m s}^{-1}} = \frac{197.3 \text{ MeV} \cdot 10^{-15} \text{ m}}{140 \text{ MeV} \cdot 310^8 \text{ m s}^{-1}} \Rightarrow$$

$$\Delta t \approx 0.4710^{-23} \text{ s}$$

- (δ)

- $K^+ \rightarrow \pi^0 \nu_\mu \mu^+$ είναι η ασθενής διότι δεν διατηρείται ο κβαντικός αριθμός Strange.
- $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$ είναι ηλεκτρομαγνητική γιατί παράγονται φωτόνια.
- $H^0 \rightarrow \gamma\gamma$ είναι ηλεκτρομαγνητική γιατί παράγονται φωτόνια.
- $\mu^- \rightarrow e^- \nu_\mu \bar{\nu}_e$ είναι ασθενής διότι παράγονται νετρίνα.
- $\rho^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ $\tau \sim 10^{-23} \text{ s}$ είναι ισχυρή διότι ο χρόνος ζωής είναι πολύ μικρός.

- (ε)

1. $\nu_\mu + p \rightarrow \mu^+ + n$ 4. $K^+ \rightarrow \pi^0 + \mu^+ + \nu_\mu$
2. $\nu_e + p \rightarrow e^- + n + \pi^+$ 5. $\nu_e + p \rightarrow e^- + p + \pi^+$
3. $\Lambda \rightarrow e^- + \bar{\nu}_e + \pi^+$ 6. $\tau^+ \rightarrow \mu^+ + \bar{\nu}_\mu + \nu_\tau$

- (1) Δεν διατηρεί λεπτονικό αριθμό άρα δεν γίνεται. (2) Δεν διατηρεί το φορτίο άρα δεν γίνεται (3) Δεν διατηρεί βαρυονικό αριθμό άρα δεν γίνεται (4) Γίνεται (5) Γίνεται (6) Δεν διατηρεί ούτε το λεπτονικό αριθμό του τ-λεπτονίου ούτε το λεπτονικό αριθμό του μιονίου.