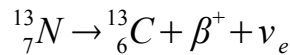


**Θέμα 3ο:**

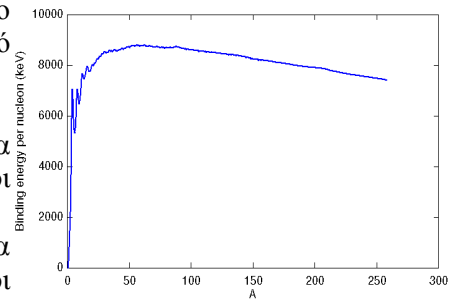
α) Το  $^{13}\text{N}$  είναι ένας ασταθής πυρήνας ο οποίος διασπάται μέσω αποδιέγερσης  $\beta^+$  ως εξής:



Με δεδομένες τις **ατομικές μάζες** του πατρικού ( $^{13}\text{N}$ ) και του θυγατρικού πυρήνα ( $^{13}\text{C}$ ) να υπολογίσετε την ενέργεια που εκλύεται από την αποδιέγερση αυτή. Στον υπολογισμό αυτό **θα πρέπει να λάβετε υπόψη τις μάζες των ηλεκτρονίων**. Δίνονται: οι ατομικές μάζες:  $M(^{13}\text{N})=13.00574u$ ,  $M(^{13}\text{C})=13.003354u$  η μονάδα ατομικής μάζας:  $u = 931.5 \text{ MeV}/c^2$ , και η μάζα του ηλεκτρονίου  $m_e$ :  $0.511 \text{ MeV}/c^2$

[7 μονάδες]

β) Στο πιο κάτω σχήμα δίνεται η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο ως συνάρτηση του μαζικού αριθμού. Αντιγράψετε το διάγραμμα αυτό και σημειώστε:



i) το σταθερότερο ισότοπο

ii) την περιοχή μαζών όπου αντιδράσεις σύντηξης μπορούν να αποδώσουν ενέργεια ( $Q>0$ ). Προς ποια κατεύθυνση σχηματίζονται οι παραγόμενοι πυρήνες από τις αντιδράσεις σύντηξης;

iii) την περιοχή μαζών όπου αντιδράσεις σχάσης μπορούν να αποδώσουν ενέργεια ( $Q>0$ ). Προς ποια κατεύθυνση σχηματίζονται οι παραγόμενοι πυρήνες από τις αντιδράσεις σχάσης;

[6 μονάδες]

γ) Από την αντίδραση σχάσης ενός πυρήνα  $^{235}\text{U}$  η οποία προκαλείται από θερμικό νετρόνιο προκύπτουν οι πυρήνες:  $^{143}\text{Ba}$  ( $Z=56$ ) και  $^{90}\text{Kr}$  ( $Z=36$ ). Υπολογίστε την δυναμική ενέργεια λόγω της άπωσης Coulomb αμέσως μετά τον σχηματισμό των πυρήνων.

Συγκρίνεται το αποτέλεσμα σας με την μέση ενέργεια που απελευθερώνεται μετά από κάθε γεγονός πυρηνικής σχάσης ( $\sim 200 \text{ MeV}$ ). θεωρήστε ότι οι πυρήνες εφάπτονται και είναι σφαιρικοί.

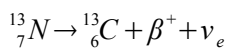
Δίνονται:

$$\text{Σταθερά Λεπτής Υφής: } \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar c} = \frac{1}{137}, \quad \hbar \cdot c = 197.3 \text{ MeV fm} \quad R = r_0 A^{1/3}, \quad r_0 = 1.2 \text{ fm}$$

[12 μονάδες]

**Λύση:**

α)



$m$ =μάζα πυρήνα,  $M$ =μάζα ατόμου,  $m_e$ =μάζα ηλεκτρονίου

$$Q = m(^{13}\text{N}) - m(^{13}\text{C}) - m_e = M(^{13}\text{C}) - 7m_e - M(^{13}\text{C}) + 6m_e - m_e = M(^{14}\text{C}) - M(^{14}\text{N}) - 2m_e$$

$$Q = (13.00574 - 13.003354) \times 931.5 - 2 \times 0.511 \text{ MeV} = 1.2 \text{ MeV}$$

β) Η απάντηση βρίσκεται στις σημειώσεις του μαθήματος

γ)

$$R(^{143}\text{Ba}) = 1.2 \cdot 143^{1/3} \text{ fm} = 6.28 \text{ fm} \quad R(^{90}\text{Kr}) = 1.2 \cdot 90^{1/3} \text{ fm} = 5.38 \text{ fm}$$

$$E = k \frac{Z_1 \cdot Z_2 \cdot e^2}{(R(^{143}\text{Ba}) + R(^{90}\text{Kr}))}, \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \quad \hbar c = 197.3 \text{ MeV fm}, \quad a = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \hbar c} = \frac{1}{137}$$

$$E = k \frac{Z_1 \cdot Z_2 \cdot e^2}{(R(^{143}\text{Ba}) + R(^{90}\text{Kr}))} \Rightarrow$$

$$E = a \cdot \hbar c \frac{(Z_1 \cdot Z_2)}{(R(^{143}\text{Ba}) + R(^{90}\text{Kr}))} = \frac{1}{137} 197.3 (\text{MeV fm}) \frac{(56 \cdot 36)}{(6.28 + 5.38) \text{ fm}} = 249 \text{ MeV}$$

**Θέμα 4ο:**

Δίνεται η αντίδραση  $e^+ e^- \rightarrow \gamma\gamma$

(α) Ποια αλληλεπίδραση είναι υπεύθυνη για την αντίδραση αυτή; [4 μονάδες]

(β) Σχεδιάστε το διάγραμμα Feynman το οποίο περιγράφει την αντίδραση. [4 μονάδες]

(γ) Αν υποθέσουμε ότι η αντίδραση λαμβάνει χώρα όταν τα αρχικά σωματία βρίσκονται σε ηρεμία, υπολογίστε την ενέργεια των τελικών φωτονίων. Η μάζα του ηλεκτρονίου δίνεται από  $m_e c^2 = 0.511 \text{ MeV}$ . [3 μονάδες]

(δ) Είναι δυνατόν να λάβει χώρα σε απόλυτο κενό η αντίδραση  $e^+ e^- \rightarrow \gamma$ . Αιτιολογήστε την απάντησή σας. [2 μονάδες]

Δίνεται η αντίδραση  $\mu^+ e^- \rightarrow 2\nu$

(ε) Ποια αλληλεπίδραση είναι υπεύθυνη για την αντίδραση αυτή; [4 μονάδες]

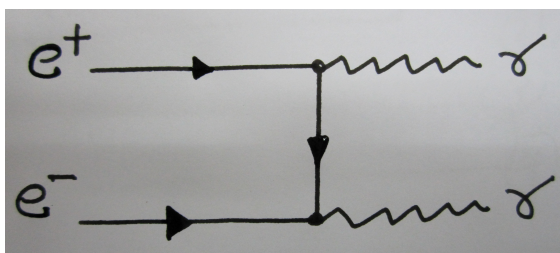
(ζ) Καθορίσατε τον τύπο των δύο νετρίνων στο τελικό στάδιο της αντίδρασης και αιτιολογήστε την απάντησή σας. [4 μονάδες]

(η) Σχεδιάστε το διάγραμμα Feynman το οποίο περιγράφει την αντίδραση. [4 μονάδες]

**Λύση:**

(α) Η ηλεκτρομαγνητική γιατί παράγονται φωτόνια.

(β)



(γ)  $2m_e c^2 = 2E_\gamma \Rightarrow E_\gamma = m_e c^2 = 0.511 \text{ MeV}$

(δ) Όχι διότι δεν είναι δυνατόν να διατηρηθεί ταυτόχρονα η ορμή και η ενέργεια. Αυτό φαίνεται καθαρά αν κανείς μελετήσει το πρόβλημα στο σύστημα του κέντρου μάζας. Τότε το ηλεκτρόνιο και το ποζιτρόνιο έχουν ίσες σε μέτρο και αντίθετες ορμές και ίσες ενέργειες. Έτσι το τελικό φωτόνιο σε οποιαδήποτε κατεύθυνση και να παραχθεί αφού έχει μη μηδενική ενέργεια και ορμή θα παραβιάζει την διατήρηση της ορμής.

(ε) Η ασθενής πυρηνική γιατί παράγονται νετρίνα.

(ζ) Το ένα νεutrino είναι αντι-νεutrino του μιονίου,  $\bar{\nu}_\mu$  και το δεύτερο είναι νεutrino ηλεκτρονίου  $\nu_e$  για να διατηρείται ο λεπτονικός αριθμός μιονίου και ηλεκτρονίου.

(η)

