

# Σοιχεία Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων 5ο εξάμηνο 2014-15

Τμήμα Τ3: Κ. Κορδάς & Χ. Πετρίδου

Ασκήσεις σετ (#6)  
βήτα-διάσπαση

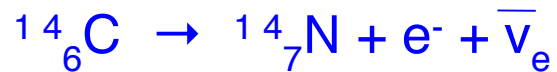
Πετρίδου Χαρά  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Πυρηνική & Στοιχειώδη Ι, Αριστοτέλειο Παν. Θ/νίκης, 7 Νοεμβρίου 2014

## Άσκηση 5.1 : ενέργεια σύνδεσης, πυρηνικές αντιδράσεις β-διάσπασης και ενεργότητα δείγματος

### Πρόβλημα 4.8 του βιβλίου σας

Το ισότοπο του άνθρακα  $^{14}_6\text{C}$  παράγεται από πυρηνικές αντιδράσεις των κοσμικών ακτίνων που προσπίπτουν στην ατμόσφαιρα. Είναι β-ασταθές και διασπάται ως εξής



με μέσο χρόνο ζωής 8270 χρόνια.

α) Θεωρώντας ότι η μάζα των νετρίνων ( $\nu_e$ ) και των αντι-νετρίνων ( $\bar{\nu}_e$ ) είναι μηδενική, και ότι οι ατομικές μάζες  $^{14}\text{C}$  και  $^{14}\text{N}$  είναι 14.00324 amu και 14.00307 amu αντίστοιχα, πόση ενέργεια εκλύεται κατά την παραπάνω αντίδραση;

β) Έστω ότι ένα γραμμάριο άνθρακα που μόλις παράχθηκε στην ατμόσφαιρα δίνει κατά μέσο όρο 15.3 τέτοιες διασπάσεις το λεπτό. Αυτό το γραμμάριο άνθρακα που μελετάμε περιέχει φυσικά και άνθρακα  $^{12}_6\text{C}$  και  $^{14}_6\text{C}$ , από τα οποία όμως μόνο ο άνθρακας  $^{14}_6\text{C}$  διασπάται. Ποιό είναι το ποσοστό του ισότοπου  $^{14}_6\text{C}$  στο γραμμάριο άνθρακα που μελετάμε;

## Άσκηση 5.2 : β-διασπάσεις και μάζα του νετρίνο

Πρόβλημα 12.2 του βιβλίου σας

$$M(^7_3\text{Li}) = 6536 \text{ MeV}/c^2$$

$$M(^7_4\text{Be}) = M(^7_3\text{Li}) + 0.862 \text{ MeV}/c^2$$

## Άσκηση 5.3 : Σχάση: εκλυόμενη ενέργεια και ταχύτητα θραυσμάτων

### Πρόβλημα 6.5 του βιβλίου σας

- α) Εκτιμήστε την ενέργεια...
- β) Πόση ταχύτητα έχει ένα νετρονιο με κινητική ενέργεια 2 MeV?
- γ) Τα νετρόνια “εξατμίζονται”

## Άσκηση 5.4 : Ραδιενεργή σειρά Ουρανίου 235 και 238 - χρονολόγηση πετρωμάτων

### Πρόβλημα 6.4 του βιβλίου σας

Για την εκτίμηση της ηλικίας του βράχου, πάρτε και τα δύο αποτελέσματα και κάντε μέσο όρο.

# Σχετικιστική κινηματική

## Σχετικιστική κινηματική:

$$\begin{array}{c} \text{ενέργεια} \nearrow \text{E} = m c^2 \\ \text{μάζα} \nearrow \\ \text{c} = \text{ταχύτητα του φωτός} \end{array} = \begin{array}{l} \text{η ενέργεια που έχω επειδή} \\ \text{απλά και μόνο έχω μάζα m} \end{array}$$



Η μάζα είναι μια μορφή ενέργειας

γενικά, με κινητική ενέργεια  $K$ , έχουμε:  $E = K + m c^2$

$$E = m \gamma c^2, \text{ όπου } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \text{ και } \beta = v/c, \text{ με } v = \text{ταχύτητα σωματιδίου}$$

$$p = m \gamma v = m \gamma \beta c, \text{ όπου } p = \text{ορμή}$$

$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4 \quad \rightarrow \quad E [\text{MeV}], p [\text{MeV}/c], m [\text{MeV}/c^2]$$

Σημείωση: με  $c = 1$  γράφουμε:  $E^2 = p^2 + m^2$ , κλπ.

# Μονάδες

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \equiv \text{μονάδα ταχύτητας} \equiv 1$$

$$\text{μονάδα ενέργειας} \equiv eV = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \ell * V = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joule}$$

Συνήθως χρησιμοποιούμε το MeV ( $= 10^9 \text{ eV}$ )

$$\text{Σταθερά του Plank} = \hbar = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$$

$$\hbar c = 197 \text{ MeV fm}, \text{ όπου } \hbar = \frac{h}{2\pi} \equiv \text{μονάδα δράσης} [\text{ενέργειας} \times \text{χρόνου}] \equiv 1$$

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \hbar c} [mks] = \frac{e^2}{\hbar c} [cgs] = \frac{1}{137}$$

$\alpha$  = η σταθερά λεπτής υφής = 1/137

Θα χρησιμοποιούμε παντού:

eV για ενέργεια (ή MeV στην πυρηνική),  
 $1/4\pi\epsilon_0 = 1$  σε όλους τους τύπους,

και θα βάζουμε:

$$e^2 = \alpha \hbar c, \text{ όπου } \alpha = 1/137$$

$$\hbar c = 197 \text{ MeV} \text{ ifi}$$

**Μετράμε:**

**Μάζα:** MeV/c<sup>2</sup> (αφού  $E = mc^2$ )

**Ορμή:** MeV/c (αφού  $p = m\gamma\beta c$ )

**Χρόνος** σε: 1/MeV (αφού η μονάδα δράσης = Ενέργεια \* Χρόνος = 1)

**Μήκος** σε: μονάδες χρόνου = 1/MeV (αφού η μονάδα ταχύτητας=1)

$$1 \text{ amu} = 1/12 \text{ μάζας ουδέτρου ατόμου } ^{12}\text{C} = 931.5 \text{ MeV/c}^2$$

$$\text{Μάζα ηλεκτρονίου} = 0.511 \text{ MeV/c}^2$$

$$\text{Μάζα πρωτονίου} = 938.3 \text{ MeV/c}^2, \text{ Μάζα νετρονίου} = 939.6 \text{ MeV/c}^2$$