

**Στοιχεία Πυρηνικής Φυσικής και
Στοιχειωδών Σωματιδίων
(5ου εξαμήνου, χειμερινό 2012-13)**

Τμήμα G3: Κ. Κορδάς & Χ. Πετρίδου

**Ασκήσεις #4
επιστροφή 12/11/2011**

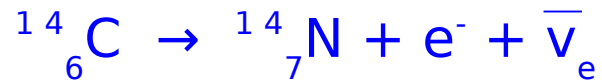
Λέκτορας Κώστας Κορδάς
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Πυρηνική & Στοιχειώδη Ι, Αριστοτέλειο Παν. Θ/νίκης, 12 Νοεμβρίου 2012

Άσκηση 4.1 : 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 (ν_e) και των αντι-νετρίνων ($\bar{\nu}_e$) είναι μηδενική, και ότι οι ατομικές μάζες ^{14}C και ^{14}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 4.2 : β -διασπάσεις και μάζα του νετρίνο

Πρόβλημα 12.2 του βιβλίου σας

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

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

Άσκηση 4.3 : Σχάση: εκλυόμενη ενέργεια και ταχύτητα θραυσμάτων

Πρόβλημα 6.5 του βιβλίου σας

- α) Εκτιμήστε την ενέργεια... (κανονικά η εκφώνηση στο βιβλίο σας)
- β) Πόση ταχύτητα έχει ένα νετρονιο με κινητική ενέργεια 2 MeV?
- γ) Τα νετρόνια “εξατμίζονται”... (κανονικά η εκφώνηση στο βιβλίο σας)

Άσκηση 4.4 : 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.

Άσκηση 4.5 : β^- -διασπάσεις (β^- , β^+ και σύλληψη ηλεκτρονίου)

Δίνονται οι ατομικές μάζες (σε amu). Με δεδομένο ότι η μάζα του ηλεκτρονίου είναι 0.00055 amu, δείξτε ποιο νουκλίδιο σε κάθε ζεύγος είναι ασταθές, με ποιο τρόπο διασπάται και βρείτε την ενέργεια που ελευθερώνεται στη διάσπαση:

(1)	${}^7_3\text{Li}$	7.0182	(3)	${}^{19}_9\text{F}$	19.0045
	${}^7_4\text{Be}$	7.0192		${}^{19}_{10}\text{Ne}$	19.0080
(2)	${}^{13}_6\text{C}$	13.0076	(4)	${}^{34}_{15}\text{P}$	33.9983
	${}^{13}_7\text{N}$	13.0100		${}^{34}_{16}\text{S}$	33.9978
			(5)	${}^{35}_{16}\text{S}$	34.9791
				${}^{35}_{17}\text{Cl}$	34.9789

Βασική ιδέα και απαντήσεις:

- Το βαρύτερο νουκλίδιο διασπάται, άρα είναι το ποιο ασταθές.
- Όλες οι περιπτώσεις έχουν $\Delta A = 0$ (δεν δίνουν α -διάσπαση) και $\Delta Z \neq 0$ (δεν δίνουν γ -διάσπαση)
- 1. $\Delta M = 0.001 \text{ amu} < 0.0011 \text{ amu}$, Be είναι ραδιενεργό σύλληψης ηλεκτρονίου
- 2. $\Delta M = 0.0024 > 0.0011$ το N είναι β^+ και σύλληψης ηλεκτρονίου
- 3. $\Delta M = 0.0035 > 0.0011$ το Ne είναι β^+ και σύλληψης ηλεκτρονίου
- 4. $\Delta M = 0.0005$ ο P είναι β^-
- 5. $\Delta M = 0.0002$ το S είναι β^-

Σχετικιστική κινηματική

Σχετικιστική κινηματική:

$$\underset{\text{ενέργεια}}{E} = \underset{\text{μάζα}}{m} c^2 = \text{η ενέργεια που έχω επειδή απλά και μόνο έχω μάζα } m$$

$c = \text{ταχύτητα του φωτός}$



Η μάζα είναι μια μορφή ενέργειας

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

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

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

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

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

Μονάδες

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

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

Συνήθως χρησιμοποιούμε το MeV ($= 10^6 \text{ eV}$)

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

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

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

$$\alpha = \text{η σταθερά λεπής υφής} = 1/137$$

Θα χρησιμοποιούμε παντού:
eV για ενέργεια (ή MeV στην πυρηνική),
 $1/4\pi\epsilon_0 = 1$ σε όλους τους τύπους,
και θα βάζουμε

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

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

Μετράμε:

Μάζα: MeV/c^2 (αφού $E = mc^2$)

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

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

Μήκος σε: μονάδες χρόνου = $1/\text{MeV}$ (αφού η μονάδα ταχύτητας=1)

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

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

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