

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

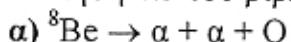
ΜΑΘΗΜΑ: ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ & ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

7^ο Εξάμηνο

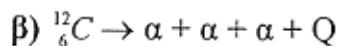
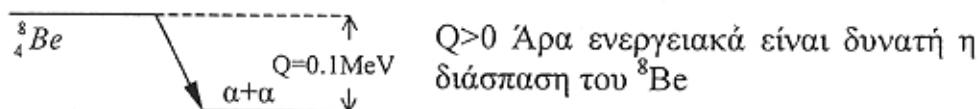
1^ο Σύνολο Ασκήσεων Πυρηνικής Φυσικής Κ.ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ

A. ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

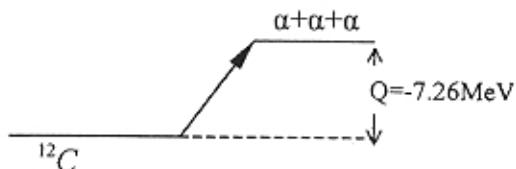
1. Άσκηση 4.5 του βιβλίου σας



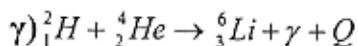
$$Q = M({}^8Be) - 2M(\alpha) = 2B(\alpha) - B({}^8Be) = (2 \times 28.3 - 56.50) MeV = 0.10 MeV$$



$$Q = M({}^{12}C) - 3M(\alpha) = 3B(\alpha) - B({}^{12}C) = (3 \times 28.3 - 92.16) MeV = -7.26 MeV$$



Q<0 Άρα δεν είναι δυνατή ή αυθόρμητη διάσπαση του ${}^{12}C$ σε 3α



$$\begin{aligned} Q &= M({}^1H) + M({}^4He) - M({}^6Li) = B({}^6Li) - B({}^1H) - B({}^4He) = \\ &= (31.99 - 2.22 - 28.30) MeV = 1.47 MeV \end{aligned}$$

2. Άσκηση 4.6 του βιβλίου σας

Η Εξ. 4.5 του βιβλίου σας για $Z=N=A/2$ και αγνοώντας τον όρο της ενέργειας ζευγαρώματος δίδει:

$$B = a A - b A^{2/3} - s \cdot 0 - d(A/2)^2 / A^{1/3} = aA - bA^{2/3} - (d/4)A^{5/3}$$

και

$$B/A = a - bA^{-1/3} - (d/4) A^{2/3}$$

Θεωρώντας το A σαν συνεχή μεταβλητή η ολική ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο θα είναι μέγιστη όταν

$$\frac{d}{dA}(B/A) = 0 \rightarrow A = 2b/d \rightarrow Z = A/2 = b/d = 18.33/0.714 = 25.7$$

Άρα για $Z=26 \rightarrow$ Σίδηρο. ($_{26}\text{Fe}$)

3. Ασκηση 4.8 του βιβλίου σας

Έστω ότι υπάρχουν N_1 πυρήνες ^{14}C και N_2 πυρήνες ^{12}C στα m γραμμάρια άνθρακα τη χρονική στιγμή t. ($N_1 \ll N_2$) Η ενεργότητα του ^{14}C είναι:

$$R_1(t) = R_1(0)e^{-t/\tau} \quad \text{όπου} \quad R = \left| -dN/dt \right| = \lambda N = N/\tau$$

Η ενεργότητα R ορίζεται σαν ο αριθμός των διασπάσεων στη μονάδα του χρόνου.

Επίσης $N_2 = N_{20} = N_A m_2 / AB \approx N_A m / AB$

Όπου N_A ο αριθμός του Avogadro

AB Το ατομικό βάρος του ^{12}C

m_2 Τα γραμμάρια του ^{12}C στα m γραμμάρια του άνθρακα ($m_2 \approx m$)

Για

$$t = 0 \rightarrow \frac{N_{10}}{N_{20}} = \frac{R_1(0)\tau(AB)}{N_A \cdot m} = \frac{15.3\pi\nu\rho / \text{min} \times 4.35 \cdot 10^9 \text{ min} \times 12 \text{ gr}}{6.02 \cdot 10^{23} \pi\nu\rho \times 1 \text{ gr}} = 1.33 \cdot 10^{-12}$$

Η Ασκηση αυτή έχει άμεση σχέση με τη μέθοδο χρονολόγησης με ^{14}C . Διαβάστε το παράρτημα.

B) ΝΑ ΛΥΘΟΥΝ ΟΙ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

4. Ασκήσεις 4.7 και 4.9 του βιβλίου σας

5. Υπολογίστε την ενέργεια διαχωρισμού του νετρονίου S_n για τους πυρήνες $^{16}_8\text{O}$ και $^{17}_8\text{O}$ και σχολιάστε. Δίδονται: $m_n = 1.00866u$, $m(^{15}\text{O}) = 15.003065u$, $m(^{16}\text{O}) = 15.994915u$, $m(^{17}\text{O}) = 16.999131u$, $1u = 931.49 \text{ MeV}/c^2$.

Απάντηση: 15.66 MeV , 4.14 MeV

6. Ο μέσος ρυθμός αποδιέγερσης του ραδιενεργού άνθρακα ^{14}C σε ζωντανούς οργανισμούς είναι 15 αποδιεγέρσεις ανά min ανά gr άνθρακα. Αν ένα ξύλινο αρχαιολογικό εύρημα παρουσιάζει 11 αποδιεγέρσεις ανά sec ανά gr άνθρακα, υπολογίστε την ηλικία του.
Απάντηση : 2000 y

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕ ^{14}C

Ο ραδιενεργός ^{14}C με μέσο χρόνο ζωής $\tau = 8227\text{y}$ δεν είναι κατάλοιπο της πυρηνοσύνθεσης κατά την κοσμογονία (όπως φαίνεται και από το μικρό χρόνο ζωής του σε σχέση με τους χρόνους της κοσμογονίας που είναι $\sim 10^{10}\text{y}$) αλλά δημιουργείται από την κοσμική ακτινοβολία, κυρίως από πρωτόνια μεγάλης ενέργειας.

Οι κυριότερες αντιδράσεις για την παραγωγή νετρονίων στην ατμόσφαιρα είναι οι εξής:



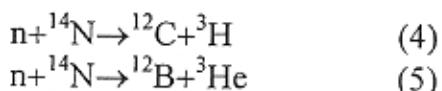
Από τα θερμικά νετρόνια (νετρόνια χαμηλής ενέργειας) που παράγονται από τις πιο πάνω αντιδράσεις πολύ λίγα φτάνουν στην επιφάνεια της γης, πολλά απορροφούνται από το άζωτο της ατμόσφαιρας και προκαλούν την αντίδραση:



Στη συνέχεια ο ^{14}C οξειδώνεται σε CO_2 και ως βαρύτερο μόριο κατεβαίνει στην επιφάνεια της Γης, όπου απορροφάται από τους ζώντες οργανισμούς διαμέσου της αναπνοής και της φωτοσύνθεσης.

Τα νετρόνια υψηλής ενέργειας που προέρχονται από τις αντιδράσεις (1) και (2) αντιδρούν διαφορετικά με τα συστατικά της ατμόσφαιρας.

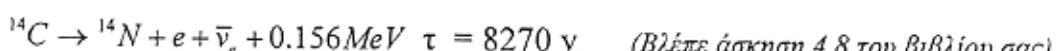
Οι πιθανότερες αντιδράσεις για ταχεία νετρόνια στην ατμόσφαιρα είναι οι:



Το τρίτο που δημιουργείται από την πρώτη αντίδραση υπάρχει ως φυσική πρόσμιξη στους υδρατμούς της ατμόσφαιρας και στο βρόχινο νερό

Το τρίτο είναι ραδιενεργό με μέσο χρόνο ζωής $\tau = 17.29\text{ y}$

Ο ^{14}C είναι β -ασταθής και διασπάται σύμφωνα με την αντίδραση:



Ο ^{14}C δεν διαφέρει χημικά από τον ^{12}C και όπως είπαμε και στη πιο πάνω παράγραφο, απορροφάται από τους ζώντες οργανισμούς διαμέσου της αναπνοής και της φωτοσύνθεσης.

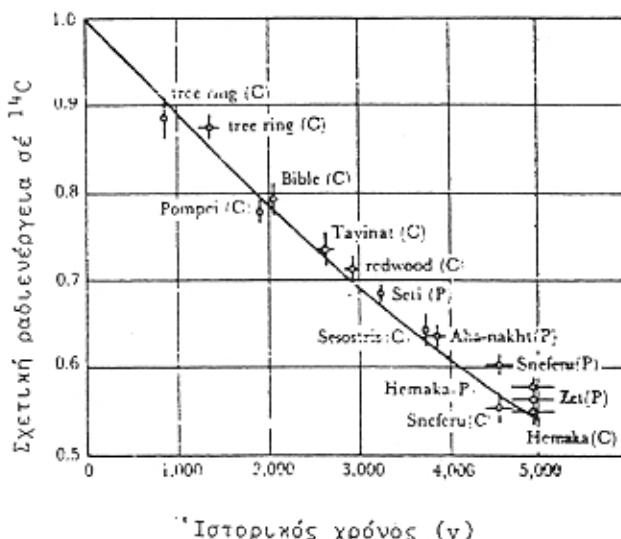
Έχει βρεθεί ότι ο λόγος του $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ είναι σταθερός για όλους τους ζώντες οργανισμούς και ισούται με 1.310^{-12} . Αντιστοιχεί σε μια ειδική ενεργότητα περίπου $R_0 \approx 15$ αποδεγμένεις/gr min

Από τη στιγμή φυσικά που ο οργανισμός απομακρύνεται από τον κύκλο της ζωής η απορρόφηση ^{14}C σταματάει και η ειδική ενεργότητα φθίνει με το χαρακτηριστικό χρόνο ζωής του ^{14}C .

$$R = R_o \bar{e}^{-t/\tau} \quad \text{όπου} \quad R = \left| \frac{-dN}{mdt} \right|$$

Είναι λοιπόν δυνατό να μετρήσουμε την ηλικία ενός υλικού μετρώντας την ενεργότητα ανά μονάδα μάζας.

Στο σχήμα φαίνεται η σχετική ενεργότητα όπως μετρήθηκε για διάφορα ιστορικά ευρήματα γνωστής ηλικίας



Η συνεχής γραμμή που προέρχεται από την προσαρμογή του εκθετικού νόμου αποδιέργεσης προς τα πειραματικά δεδομένα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το προσδιορισμό της ηλικίας νέων ευρημάτων

Το σχήμα αυτό παρουσιάστηκε για πρώτη φορά από τον W.F. Libby κατά την διάλεξη αποδοχής του Νόμπελ του 1960 για την ανάπτυξη της μεθόδου χρονολόγησης με ραδιενεργό άνθρακα.

Αναφορές

1. R. Serway, C. Moses and C. Moyer, Σύγχρονη Φυσική, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο 2000, σελ.457
2. Π. Ασημακόπουλος, Πυρηνική Φυσική, Ιωάννινα 1981, σελ.88,108