

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

Τμήμα G3: Κ. Κορδάς & Χ. Πετρίδου

**Ασκήσεις #1
επιστροφή 15/10/2012**

Λέκτορας Κώστας Κορδάς
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Πυρηνική & Στοιχειώδη Ι, Αριστοτέλειο Παν. Θ/νίκης, 8 Οκτωβρίου 2012

Άσκηση 1.1: ενέργεια και μήκος κύματος σωματιδίων

Πόση κινητική ενέργεια πρέπει να έχουν τα σωματίδια:

γ (φωτόνιο),
 e (ηλεκτρόνιο),
 p (πρωτόνιο),
 α (άλφα)

για να έχουν μήκος κύματος

α) $1 \text{ \AA}$ (Angstrom) ;
β) 1 fm (fermi) ;

Άσκηση 1.2: Ραδιοχρονολόγηση πετρωμάτων

Η ηλικία των πετρωμάτων της γης μπορεί να εκτιμηθεί με την παρατήρηση της σχετικής αφθονίας των ισοτόπων στις διάφορες φυσικές ραδιενεργές σειρές. Μία από αυτές έχει σαν “μητέρα” το $^{238}_{92}\text{U}$ και με διαδοχικές μεταστοιχειώσεις καταλήγει στο $^{206}_{82}\text{Pb}$. Αν δεχθούμε ότι η ποσότητα $^{206}_{82}\text{Pb}$ που περιέχεται στα πετρώματα προέρχεται αποκλειστικά από την αποδιέγερση του μητρικού πυρήνα $^{238}_{92}\text{U}$, υπολογίστε την ηλικία ενός πετρώματος στο οποίο η σχετική αφθονία $^{206}_{82}\text{Pb}$ προς $^{238}_{92}\text{U}$ είναι 15:100.

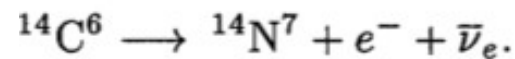
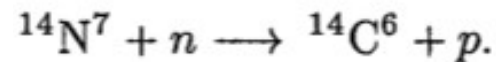
Δίνεται ο μέσος χρόνος ζωής του $^{238}_{92}\text{U}$ ($6.51 \cdot 10^9$ έτη =
6.51 δισεκατομύρια έτη)

Άσκηση 1.3: Ραδιοχρονολόγηση με ορίζοντα λίγες χιλιάδες χρόνια

Ενας πάπυρος από Αιγυπτιακό τάφο περιέχει 1g άνθρακα με ενεργότητα 4×10^{-12} Ci. Αν ο λόγος των πυρήνων $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ σε ένα ζωντανό δένδρο είναι 1.3×10^{-12} να βρεθεί η ηλικία του παπύρου.
(Χρ. ημιζωής $^{14}\text{C}=5730$ έτη)

Σημείωση: Ραδιοχρονολόγηση με ^{14}C

Το ισότοπο ^{14}C παράγεται απο την αλληλεπίδραση της κοσμικής με το άζωτο ^{14}N της ατμόσφαιρας



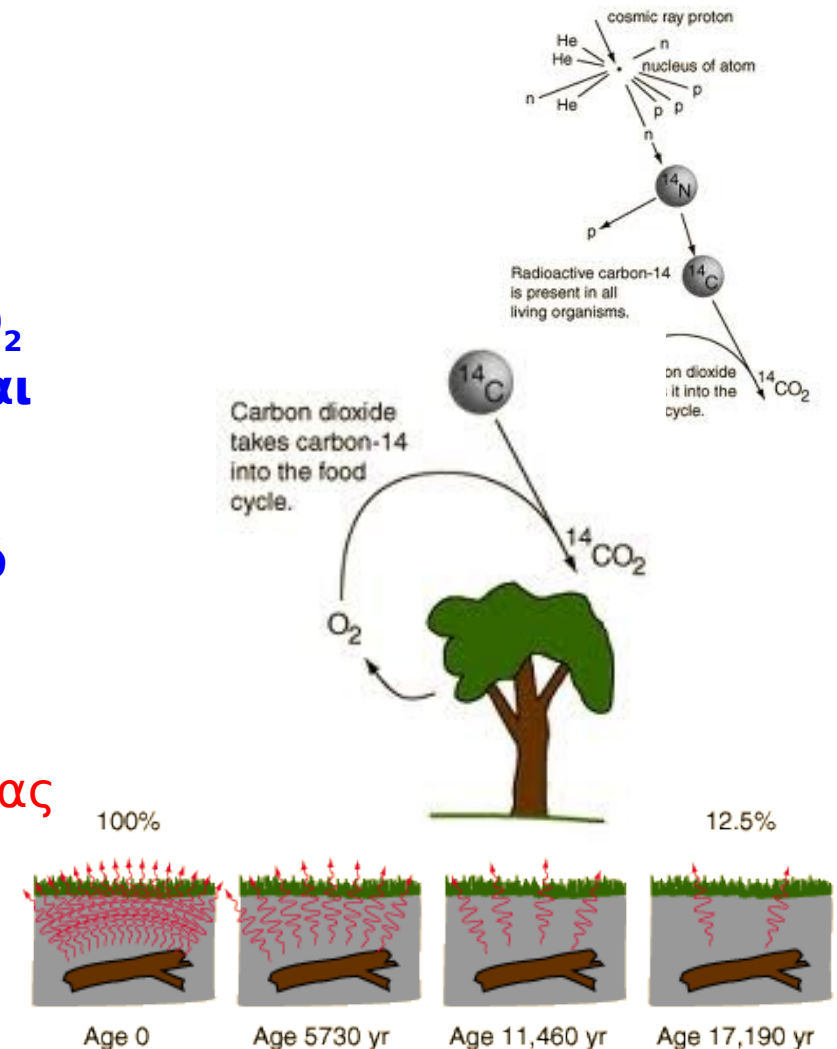
β^- ραδιενεργό

$T_{1/2} = 5730$ χρόνια.

Ζωντανοί οργανισμοί καταναλώνουν CO_2 το οποίο περιέχει τα ισότοπα του ^{12}C και ^{14}C .

Μετά το τέλος της ζωής του οργανισμού παύει η πρόσληψη ^{14}C και συνεχίζεται μόνο η διάσπασή του.

Χρονολόγηση με τη σύγκριση της ενεργότητας του ^{14}C στο δείγμα τώρα, σε σχέση με την ενεργότητα του ^{14}C σε ζωντανό οργανισμό.



Άσκηση 1.4: Ενεργός διατομή αντίδρασης

Σ' ένα πείραμα παράγονται πυρήνες ^{24}Na με βομβαρδισμό ενός στόχου καθαρού νατρίου ^{23}Na πάχους 1mm, με δέσμη δευτερίου ρεύματος 500nA. Ο βομβαρδισμός του στόχου ^{23}Na με τη δέσμη δευτερίου διήρκεσε 2 ώρες και αμέσως μετά η ενεργότητα του στόχου μετρήθηκε σε 56 MBq. Θεωρώντας σε πρώτη προσέγγιση ότι ο χρόνος βομβαρδισμού είναι αμελητέος σε σχέση με το χρόνο ημιζωής του ^{24}Na ($T_{1/2} = 15.02 \text{ h}$) και άρα οι παραγόμενοι πυρήνες ^{24}Na δεν διασπώνται πριν τη μέτρηση της ενεργότητας του στόχου, υπολογίστε την ενεργό διατομή της αντίδρασης.

Δίνεται η πυκνότητα του νατρίου $\rho = 0.97 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

Άσκηση 1.5: Μέγεθος πυρήνων

α) Πόση είναι η ακτίνα του πυρήνα $^{222}_{84}\text{Po}$ (πολώνιο);

β) Πόση είναι η ταχύτητα ενός σωματιδίου α (άλφα) με κινητική ενέργεια 5.41 MeV;

γ) Πόσο χρόνο χρειάζεται ένα σωματίδιο α (άλφα) με κινητική ενέργεια 5.41 MeV ώστε να διασχίσει έναν πυρήνα $^{222}_{84}\text{Po}$ (πολωνίου);

Άσκηση 1.6 : ενέργεια σύνδεσης και πυρηνικές αντιδράσεις α και γ διάσπασης

Πρόβλημα 4.5 του βιβλίου σας

- α) Δείξτε ότι το ^8Be μπορεί να διασπαστεί σε δύο α -σωμάτια.
- β) Δείξτε ότι το ^{12}C δεν μπορεί να διασπαστεί σε τρία α -σωμάτια.
- γ) Γίνεται (χωρίς βοήθεια) η αντίδραση $^2\text{H} + ^4\text{He} \rightarrow ^6\text{Li} + \gamma$?

Δίνονται:

$$1 \text{ amu} = 931.49 \text{ MeV}/c^2 \quad \text{και} \quad 1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$m(n) = 939.57 \text{ MeV}, \quad m(p) = 938.27 \text{ MeV}$$

$$m(e) = 0.511 \text{ MeV}, \quad m(\gamma)=0, \quad m(\nu) = 0$$

Πίνακας 4.2 του βιβλίου σας

Σημείωση:

Ό,τι δεν το χρειάζεστε για αυτή την άσκηση, θεωρήστε το δεδομένο για τις επόμενες ασκήσεις.

Άσκηση 1.7 : ενέργεια σύνδεσης και πυρηνικές αντιδράσεις σχάσης

Αν ένα νετρόνιο (n), έστω με αμελητέα κινητική ενέργεια, προσκρούσει σε έναν πυρήνα ^{235}U μπορεί να τον διασπάσει σε δύο ελαφρύτερους πυρήνες με ταυτόχρονη έκλυση δύο ή περισσότερων νετρονίων.

Αν έχουμε την πυρηνική αντίδραση “σχάσης ουρανίου”



α) Υπολογίστε τη ενέργεια που εκλύεται κατά τη διάσπαση ενός πυρήνα ^{235}U σύμφωνα με την παραπάνω αντίδραση.

β) Αν διασπαστεί ένα γραμμάριο ^{235}U σύμφωνα με την αντίδραση αυτή, πόση ενέργεια θα παραχθεί;

γ) Συγρίνετε την ενέργεια που βρήκατε στο ερώτημα β) με την ενέργεια που παράγεται κατά την καύση ενός γραμμαρίου λιγνίτη (άνθρακα, που δίνει περίπου 33kJ/g).

Δίνονται οι μάζες:

$$M({}^{235}\text{U}) = 235.044 \text{ amu}, \quad M({}^{137}\text{Cs}) = 136.907, \quad M({}^{94}\text{Rb}) = 93.926 \text{ amu}$$

Σχετικιστική κινηματική

Σχετικιστική κινηματική:

$E = mc^2$ = η ενέργεια που έχω επειδή απλά και μόνο έχω μάζα m
 c = ταχύτητα του φωτός

ενέργεια μάζα



Η μάζα είναι μια μορφή ενέργειας

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

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

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

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

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)

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

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

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