

Στοιχεία Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων (5ου εξαμήνου, χειμερινό 2013-14)

Τμήμα Τ3: Κ. Κορδάς & Χ. Πετρίδου

Ακήσεις #1

**Μήκος κύματος σωματιδίων, χρόνος ζωής και
ραδιοχρονολόγηση, ενεργός διατομή**

Λέκτορας Κώστας Κορδάς
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Πυρηνική & Στοιχειώδη Ι, Αριστοτέλειο Παν. Θ/νίκης, 7 Οκτωβρίου 2013

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. Μιά από αυτές έχει σαν “μητέρα” το $^{238}_{92}\text{U}$ και με διαδοχικές μεταστοιχειώσεις καταλήγει στο σταθερό $^{206}_{82}\text{Pb}$. Αν θεωρήσουμε ότι οι ενδιάμεσοι πυρήνες έχουν αμελητέους χρόνους ζωής σε σχέση με την ηλικία της γής και ότι η ποσότητα $^{206}_{82}\text{Pb}$ που περιέχεται στα πετρώματα προέρχεται αποκλειστικά από την αποδιέγερση πυρήνων $^{238}_{92}\text{U}$, υπολογίστε την ηλικία ενός πετρώματος στο οποίο βρέθηκε ότι η σχετική αφθονία $^{206}_{82}\text{Pb}$ προς $^{238}_{92}\text{U}$ είναι 15% προς 85% (15:85). Σας φαίνεται λογική η ηλικία της γής που βρίσκετε;
Δίνεται ο μέσος χρόνος ζωής του $^{238}_{92}\text{U}$ (6.51 δισεκατομύρια έτη = $6.51 \cdot 10^9$ 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)

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.

Δίνονται:

πυκνότητα νατρίου (Na) $\rho = 0.97 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

$1\text{A} = 1 \text{ Coulomb} / \text{sec} = 1\text{Cb/s}$

Φορτίο ηλεκτρονίου (e) $= 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$

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: $E = K + m c^2$

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

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

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

$$\text{Σημείωση: } mc=1, \text{ γράφουμε: } E^2 = p^2 + m^2, \text{ κλπ}$$

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 ($= 10^6 \text{ eV}$)

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

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

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

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

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)

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

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

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