

Σοιχεία Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων 5ο εξάμηνο 2013-14

Τμήμα Τ3: Κ. Κορδάς & Χ. Πετρίδου

Ασκήσεις σετ (#2)

Μέγεθος πυρήνων, ενέργεια σύνδεσης

Πετρίδου Χαρά

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Πυρηνική & Στοιχειώδη Ι, Αριστοτέλειο Παν. Θ/νίκης, 5 Οκτωβρίου 2014

Άσκηση 2.1: 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; Το θεωρείτε σχετικιστικό ή όχι;
- 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 2.2 : 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:

$1 \text{ amu} = 931.49 \text{ MeV}/c^2$ και $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$
 $m(n) = 939.57 \text{ MeV}$, $m(p) = 938.27 \text{ MeV}$
 $m(e) = 0.511 \text{ MeV}$, $m(\gamma)=0$, $m(\nu) = 0$
Πίνακας 4.2 του βιβλίου σας

Σημείωση:

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

Άσκηση 2.3 : 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:

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

$c = \text{ταχύτητα του φωτός}$



Η μάζα είναι μια μορφή ενέργειας

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

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

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

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

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 ($= 10^9 \text{ eV}$)

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

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

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

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

Θα χρησιμοποιούμε παντού:

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

και θα βάζουμε:

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

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

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)

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

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

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