

Σοιχεία Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων 5ο εξάμηνο 2014-15

Τμήμα Τ3: Κ. Κορδάς & Χ. Πετρίδου

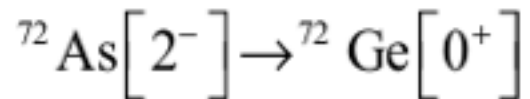
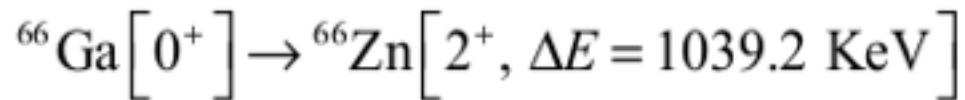
Ασκήσεις σετ (#6β)
βήτα-διάσπαση (επιτρεπτές και μή διασπάσεις)

Πετρίδου Χαρά
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Πυρηνική & Στοιχειώδη Ι, Αριστοτέλειο Παν. Θ/νίκης, 7 Νοεμβρίου 2014

Άσκηση 6.1 : αντιδράσεις β-διάσπασης: Q-values, επιτρεπτές, τάξη απαγόρευσης

Χαρακτηρίστε τις παρακάτω διασπάσεις β (π.χ. απαγορευμένες ή όχι, β^+ ή ϵ , κλπ.) και υπολογίστε τις τιμές Q



Για να βρίσκετε τις ατομικές μάζες των στοιχείων που σας χρειάζονται, χρησιμοποιείτε:

$$M(A,Z) = 931.478 * A + \Delta \text{ (MeV)},$$

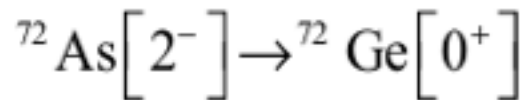
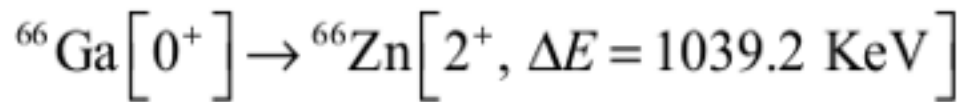
Όπου το Δ το βρίσκεται για κάθε στοιχείο και τα ισότοπά του στο:

http://skiathos.physics.auth.gr/atlas/Nuclear_Physics/wallarge.pdf

- $\Delta(^{66}\text{Ga}) = -63.724 \text{ MeV}$, $\Delta(^{66}\text{Zn}) = -68.899 \text{ MeV}$
- $\Delta(^{72}\text{As}) = -68.230 \text{ MeV}$, $\Delta(^{72}\text{Ge}) = -72.586 \text{ MeV}$
- $m(e) = 0.511 \text{ MeV}$, $m(\nu) = 0$

Άσκηση 6.1 – σημείωση για επιτρεπτή ή όχι

Χαρακτηρίστε τις παρακάτω διασπάσεις β (π.χ. απαγορευμένες ή όχι, β^+ ή ϵ , κλπ.) και υπολογίστε τις τιμές Q



α) με $\Delta J^{\Delta\pi} = 2+$

έχουμε αναγκαστικά $l=\text{άρτιο}$ γιατί $(-1)^l = +1$.

* Αφού το S_{en} γίνεται το πολύ $S_{en}=1$, δεν μπορεί να γίνει η μετάβαση με $l=0$.

→ Άρα **δεν είναι επιτρεπτή η μετάβαση.**

* Η επόμενη άρτια τιμή είναι $l=2$. Με $S=0$, δίνουν $\Delta J=2$.

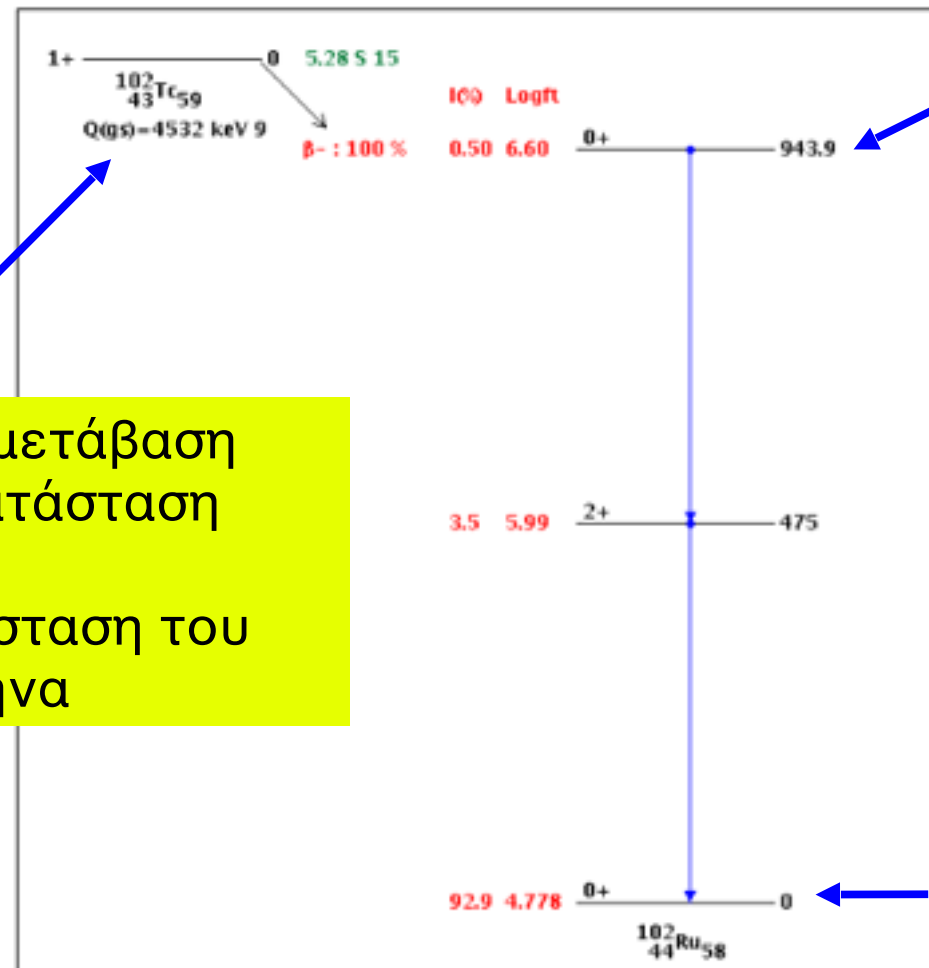
Με $S=1$, δίνουν από $\Delta J = 2-1 = 1$ μέχρι και $2+1=3$,
οπότε όντως το $l=2$ (και με $S=0$ και με $S=1$) μπορεί
εξηγήσει το $\Delta J=2+$ → **“απαγορευμένη” 2ης τάξης**

→
να

Άσκηση 6.2 : αντιδράσεις β-διάσπασης: Q-values, επιτρεπτές, τάξη απαγόρευσης

Υπολογίστε τις τιμές Q και χαρακτηρίστε τις παρακάτω αποδιεγέρσεις (π.χ. απαγορευμένες ή όχι, β^+ ή ε-ηλεκτρονική σύλληψη, κλπ.). Θεωρείστε όλες τις δυνατές τελικές καταστάσεις.

αποδιεγέρσεις β^- :



Σε keV,
= το ΔE πάνω από τη
βασική κατάσταση

$Q(\text{gs})$ = το Q για μετάβαση
από τη βασική κατάσταση
του πατρικού,
στη βασική κατάσταση του
θυγατρικού πυρήνα

βασική κατάσταση

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι αποδιεγέρσεις με μπλέ κάθετα βελάκια μεταξύ των ενεργειακών σταθμών ενός συγκεκριμένου στοιχείου είναι φυσικά αποδιεγέρσεις γάμμα.

Άσκηση 6.3 : αντιδράσεις β-διάσπασης: Q-values, επιτρεπτές, τάξη απαγόρευσης

Υπολογίστε τις τιμές Q και χαρακτηρίστε τις παρακάτω αποδιεγέρσεις (π.χ. απαγορευμένες ή όχι, β^+ ή ε-ηλεκτρονική σύλληψη, κλπ.). Θεωρείστε όλες τις δυνατές τελικές καταστάσεις.

→ αποδιεγέρσεις β^+



$Q(g.s.)$ = το Q για μετάβαση από τη βασική κατάσταση του πατρικού, στη βασική κατάσταση του θυγατρικού πυρήνα

Σε keV,
= το ΔE πάνω από τη
βασική κατάσταση

βασική κατάσταση

Άσκηση 6.4 : β -διασπάσεις - μέγιστη ενέργεια ηλεκτρονίου

Η αποδιέγερση $^{70}\text{As} \rightarrow ^{70}\text{Ge}$ μέσω εκπομπής ακτινοβολίας β^+ , οδηγεί σε διεγερμένη κατάσταση του θυγατρικού πυρήνα, $\Delta E = 2153.2 \text{ KeV}$ πάνω από την θεμελιώδη. Υπολογίστε το μέγιστο της κινητικής ενέργειας της ακτινοβολίας β^+ .

Για να βρίσκετε τις ατομικές μάζες των στοιχείων που σας χρειάζονται, χρησιμοποιείτε:

$$M(A,Z) = 931.478 * A + \Delta \text{ (MeV)},$$

Όπου το Δ το βρίσκεται για κάθε στοιχείο και τα ισότοπά του στο:

http://skiathos.physics.auth.gr/atlas/Nuclear_Physics/wallarge.pdf

- $\Delta(^{70}\text{As}) = -64.34 \text{ MeV}$, $\Delta(^{70}\text{Ge}) = -70.563 \text{ MeV}$
- $m(e) = 0.511 \text{ MeV}$, $m(\nu) = 0$

Σχετικιστική κινηματική

Σχετικιστική κινηματική:

$$\begin{array}{c} \text{ενέργεια} \nearrow \text{E} = m c^2 \\ \text{μάζα} \nearrow \\ \text{c} = \text{ταχύτητα του φωτός} \end{array} = \begin{array}{l} \text{η ενέργεια που έχω επειδή} \\ \text{απλά και μόνο έχω μάζα m} \end{array}$$



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

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

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

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

α = 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:

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

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

Μετράμε:

Μάζα: MeV/c² (αφού $E = mc^2$)

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

Χρόνος σε: 1/MeV (αφού η μονάδα δράσης = Ενέργεια * Χρόνος = 1)

Μήκος σε: μονάδες χρόνου = 1/MeV (αφού η μονάδα ταχύτητας=1)

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

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

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