

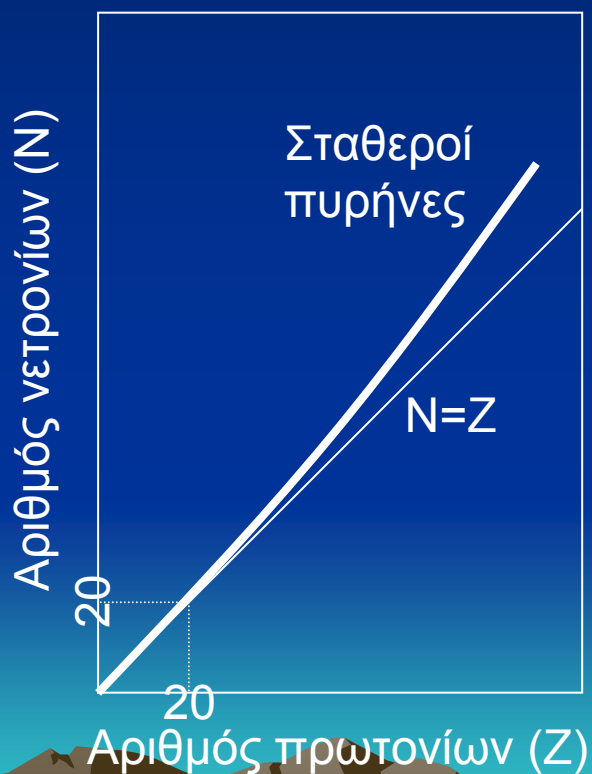
ΦΥΣΙΚΗ

ΔΙΑΛΕΞΗ 4: Ο ΑΤΟΜΙΚΟΣ ΠΥΡΗΝΑΣ

Διδάσκων
Ευθύμιος Τάγαρης
Φυσικός, Δρ Περιβαλλοντικών Επιστημών

Σταθερότητα πυρήνων

Αριθμός πρωτονίων και νετρονίων



Σταθερότητα Πυρήνων

Οι ελαφροί πυρήνες είναι σταθεροί όταν $Z=N$

Στους βαρύτερους για σταθερότητα $N>Z$

Γιατί;

Αύξηση Z αύξηση άπωσης.....ανάγκη N για έλξη
(πυρηνικές δυνάμεις)

Ως πότε υπάρχει σταθερότητα;

$Z>83$ και $A>209$

Γιατί;

Οι πυρηνικές δυνάμεις είναι ισχυρές μεταξύ γειτονικών
νουκλεονίων που απέχουν μέχρι 2fm ($1\text{fm}=10^{-15}\text{m}$)

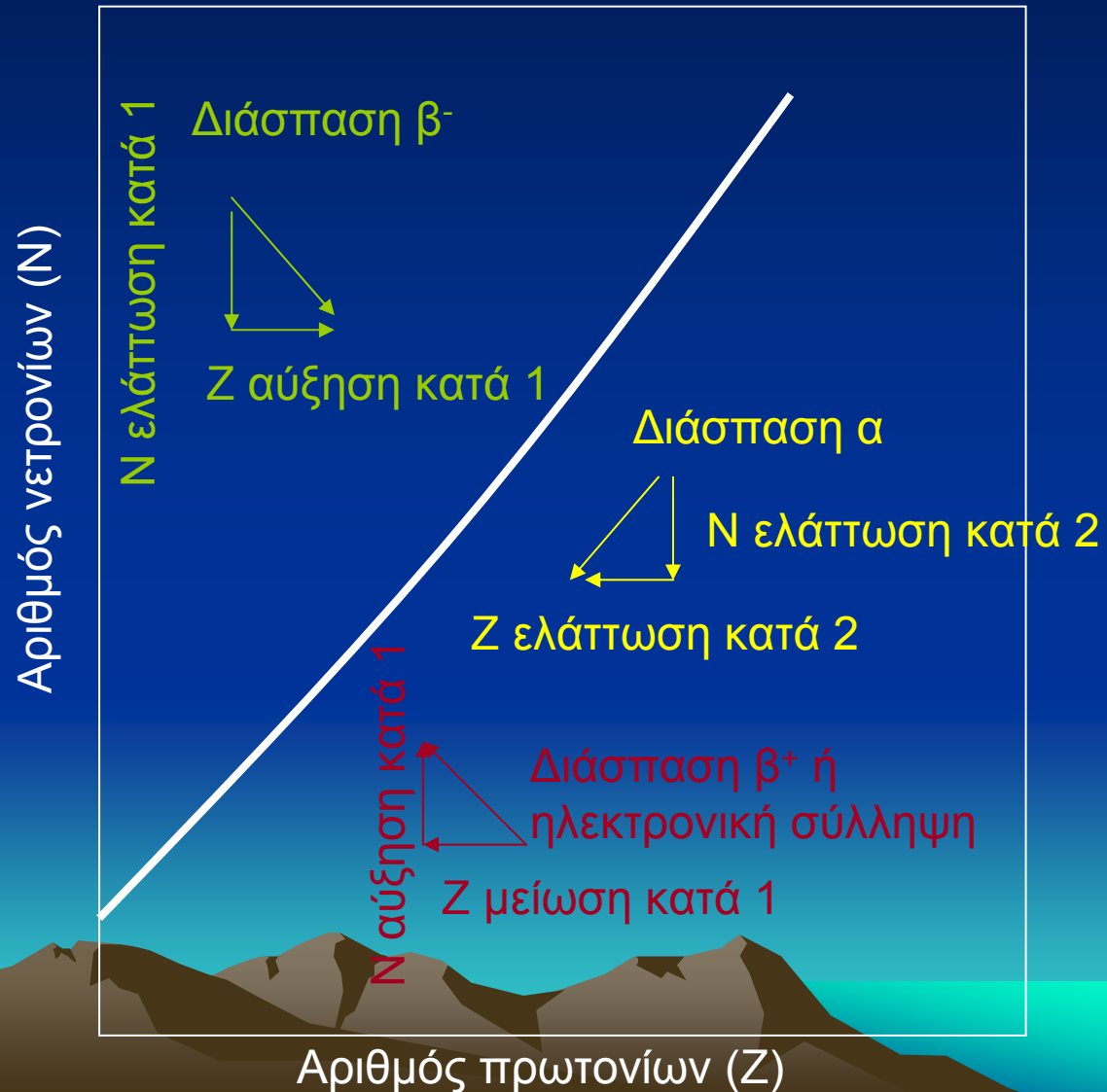
Μη σταθεροί πυρήνες

Μετασχηματίζονται αυθόρμητα σε σταθερότερους και ελαφρύτερους

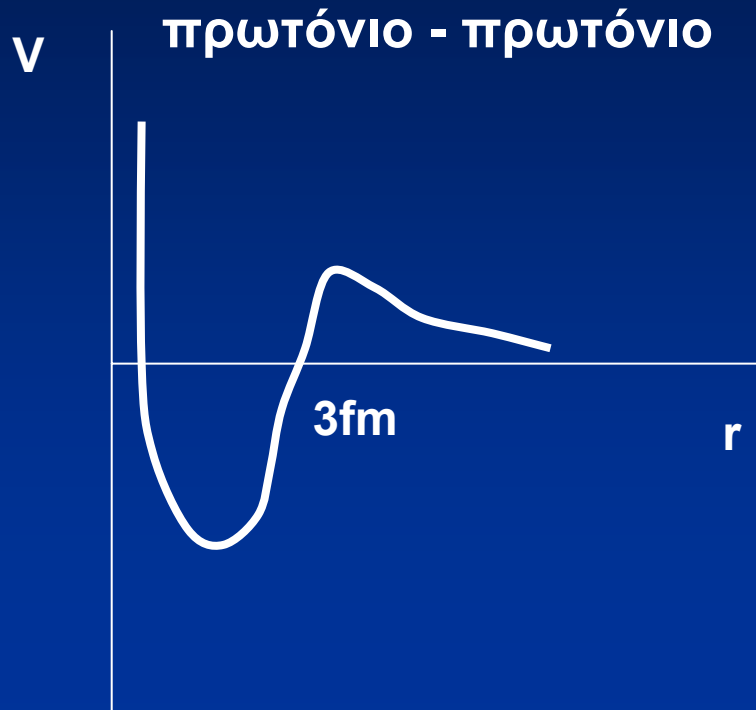
Πώς;



Με τις διασπάσεις οδηγούμαστε σε πυρήνες που τα νουκλεόνια τους είναι πιο κοντά στα νουκλεόνια των σταθερών πυρήνων



Δυναμική ενέργεια



ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑ ΠΥΡΗΝΑ

Όγκος πυρήνα ανάλογος αριθμού νουκλεονίων

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3$$
$$R \sim 1,2 A^{1/3} \text{ fm} \quad (A: \text{μαζικός αριθμός})$$

Γενικά είναι σφαιρικοί

Αποκλίσεις: αβγοειδείς ή πεπλατυσμένοι στους άξονες
(διαφορά αξόνων >20%)

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

Οι πυρήνες έχουν μικρότεροι μάζα από το άθροισμα των μαζών των νουκλεονίων που τους αποτελούν

Το ενεργειακό ισοδύναμο του ελλείμματος μάζας ονομάζεται ενέργεια σύνδεσης

$$E = \Delta m c^2 \quad (\Delta m: \text{έλλειμμα μάζας})$$

Εκφράζει την ενέργεια που πρέπει να δοθεί στον πυρήνα για να διασπαστεί στα συστατικά του

Μονάδα: MeV (1u αντιστοιχεί σε 931,48MeV)

Άτομο δευτερίου ${}^2_1\text{H}$

$$M_p = 1,0078\text{u}$$

$$M_n = 1,0087\text{u}$$

Άθροισμα νουκλεονίων = 2,0165u

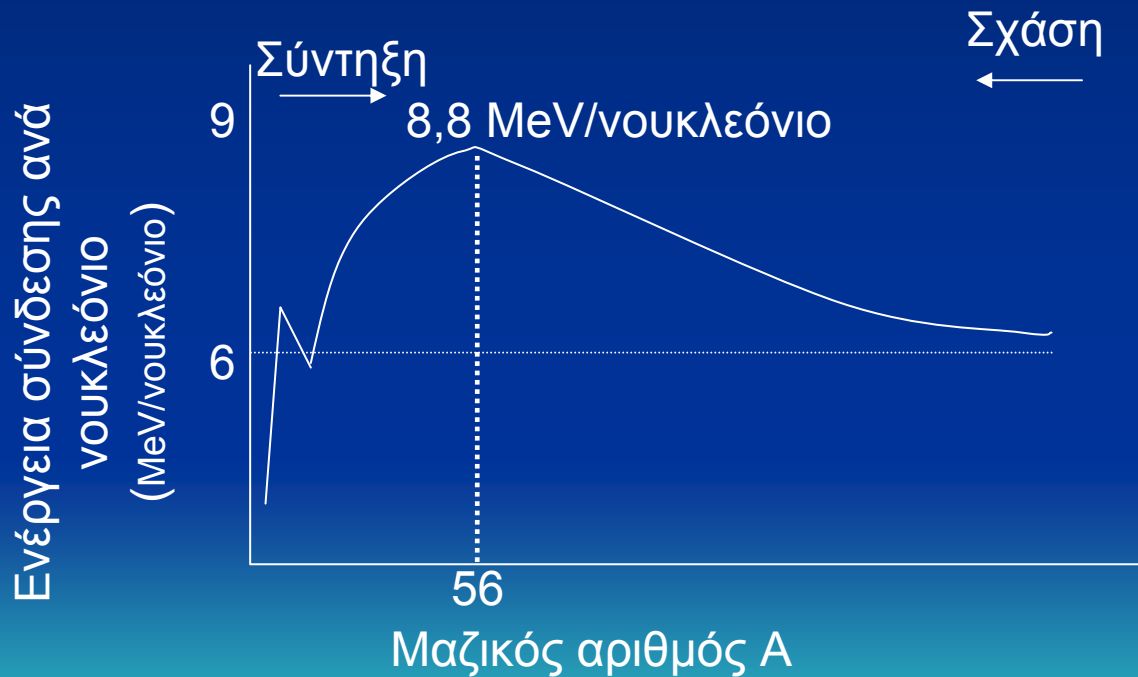
Μετρηθήσα $M_{\text{πυρήνα}} = 2,0141\text{u}$

Έλλειμμα μάζας $\Delta m = 0,0024\text{u}$
Ενέργεια σύνδεσης $E = 2,2\text{MeV}$

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΑΝΑ ΝΟΥΚΛΕΟΝΙΟ

Προκύπτει από διαίρεση της ενέργειας σύνδεσης (E) με το συνολικό αριθμό νουκλεονίων (A)

Εκφράζει τη σταθερότητα του πυρήνα



Οι σχηματιζόμενοι πυρήνες είναι ενεργειακά σταθερότεροι

Κατά το σχηματισμό των νέων πυρήνων εκλύεται ενέργεια

π.χ.

Πυρήνα με $A=240$ και $7,6\text{MeV/νουκλεόνιο}$

διασπάται σε δύο πυρήνες με $A=120$ και $8,5\text{MeV/νουκλεόνιο}$

Εκλυόμενη ενέργεια: $240 \times (8,5 - 7,6) = 216 \text{ MeV}$

ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

Διεργασία αυθόρμητης εκπομπής ακτινοβολίας από πυρήνα που μπορεί να οδηγήσει σε νέο πυρήνα (μεταστοιχείωση)

Τρόποι αποδιέγερσης

Αποδιέγερση α: ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\text{He}$

Αποδιέγερση β⁻: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$

Αποδιέγερση β⁺: $p \rightarrow n + e^+ + \nu$

Ηλεκτρονική σύλληψη: $p + e^- \rightarrow n + \nu$

Αποδιέγερση γ: ${}^A_ZX^* \rightarrow {}^A_ZX + \gamma$

Σε ποιες υπάρχει μεταστοιχείωσης;
α, β⁻, β⁺ και στην ηλεκτρονική σύλληψη

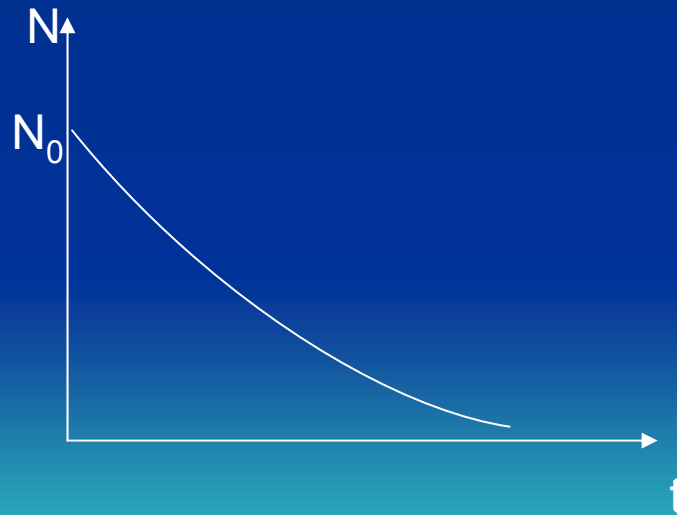
Ποια είναι πιο επικίνδυνη;

γ

Ρυθμός διάσπασης

$$dN/dt = -\lambda N$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$



Χρόνος ημιζωής

Για $N = N_0/2$

$$T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$$

Ενεργότητα

$$R = |dN/dt| = N_0 \lambda e^{-\lambda t} = R_0 e^{-\lambda t}$$

Μονάδα ενεργότητας:

Bq (1 διάσπαση ανά δευτερόλεπτο)

Ci ($3,7 \cdot 10^{10}$ διασπάσεις ανά δευτερόλεπτο)

ΡΑΔΙΟΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ

Όσοι περισσότεροι θυγατρικοί πυρήνες υπάρχουν τόσο μεγαλύτερη η ηλικία του δείγματος

^{14}C / ^{12}C σταθερό στους ζωντανούς οργανισμούς

Τι γίνεται “μετά το θάνατο” του οργανισμού;

Με τον ^{14}C υπολογίζεται η ηλικία μέχρι 50000έτη

Για τη ραδιοχρονολόγηση παλαιότερων αντικειμένων γίνεται χρήση ^{40}K ^{87}Rb και ^{238}U

$T_{1/2}$: ^{14}C 5760 έτη, ^{40}K $1,3 \cdot 10^9$ έτη, ^{87}Rb $4,7 \cdot 10^{10}$, ^{238}U $4,5 \cdot 10^9$ έτη

ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΣΤΗ ΦΥΣΗ

- Ισχυρή δύναμη
Μικρής εμβέλειας (10^{-15}m) και σε αυτή οφείλεται η σταθερότητα του πυρήνα
- Ηλεκτρομαγνητική δύναμη
Μεγάλης εμβέλειας και είναι υπεύθυνη για το σχηματισμό ατόμων και μορίων. Είναι 100 φορές μικρότερη της ισχυρής δύναμης

- Ασθενής δύναμη

Πυρηνική δύναμη μικρής εμβέλειας και έχει την τάση να αποσταθεροποιεί τον πυρήνα. Σε αυτήν οφείλονται οι ραδιενεργές διασπάσεις. Έχει ισχύ 10^9 φορές μικρότερη της ισχυρής πυρηνικής

- Βαρυτική δύναμη

Είναι δύναμη μεγάλης εμβέλειας. Έχει ισχύ στο μακρόκοσμο (πλανήτες, γαλαξίες, αστέρες) ενώ στο μικρόκοσμο είναι αμελητέα. Έχει ισχύ 10^{38} φορές μικρότερη της ισχυρής πυρηνικής δύναμης

Η σύγχρονη φυσική εξηγεί τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των σωματιδίων ως ανταλλαγή σωματιδίων που τα θεωρεί φορείς των αλληλεπιδράσεων

ΔΥΝΑΜΗ	ΣΩΜΑΤΙΔΙΟ
Ισχυρή	Γλουόνια
Ηλεκτρομαγνητική	Φωτόνια
Ασθενής	Μποζόνια W και Z
Βαρυτική	Γκραβιτόνια (βαρυτόνια)

ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΗ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ

Λεπτόνια

(Ηλεκτρομαγνητική και ασθενή δύναμη)
(ηλεκτρόνιο, μύονιο, ταυ και τα αντίστοιχα νευτρίνα)
Spin: $1/2$

Αδρόνια

(Ισχυρές δυνάμεις)

Μεσόνια

(πιόνιο, καόνιο, ήτα)
Spin: μηδέν ή ακέραιο
Μάζα μεταξύ μάζας πρωτονίου και ηλεκτρονίου

Βαρυόνια

(πρωτόνιο, νευτρόνιο, λάμδα, σίγμα, ξι, ωμέγα)
Spin: μη ακέραιο
Μάζα μεγαλύτερη ή ίση της μάζας πρωτονίου

Αποτελούνται από quarks
(φορτίο $-1/3e$ ή $2/3e$)
και τα αντισωματίδια τους