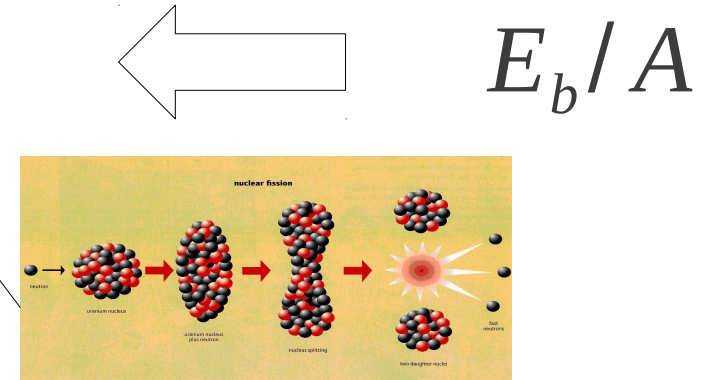
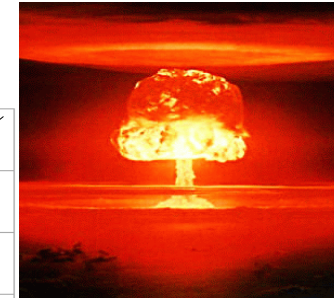
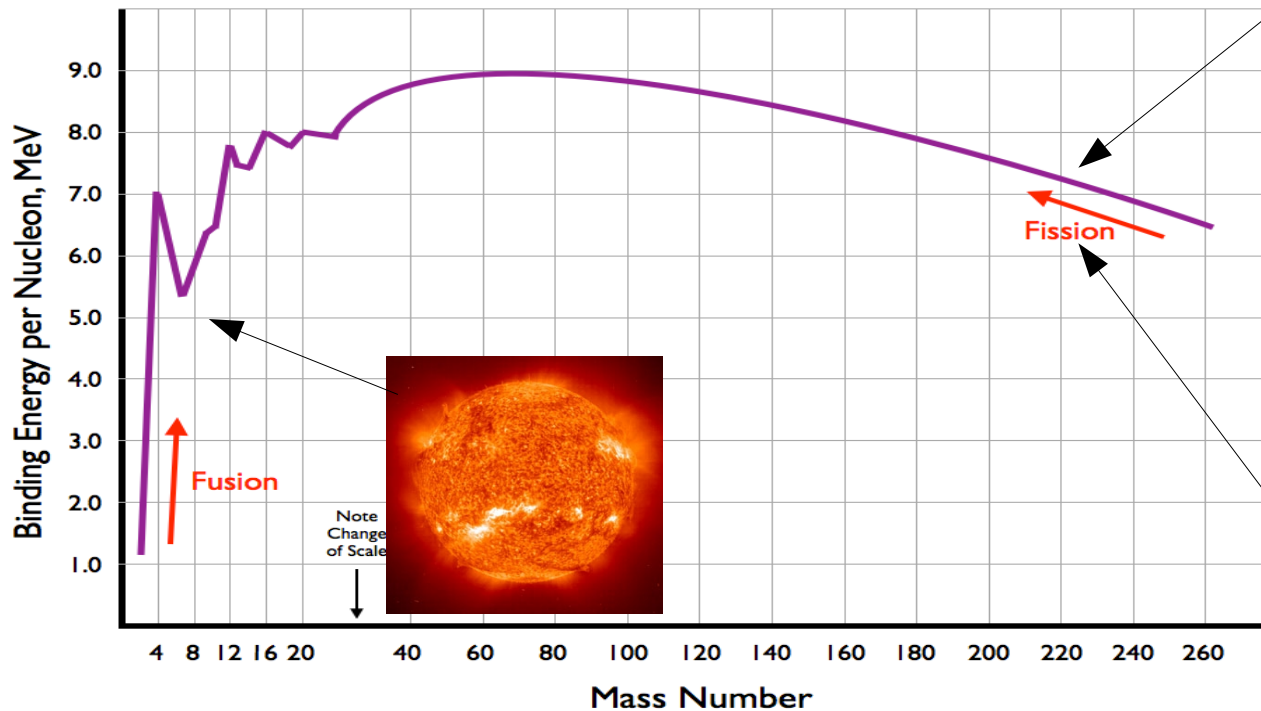


# Ενέργεια σύνδεσης

- Η ενέργεια (μάζα) του δέσμιου συστήματος (πυρήνας) είναι μικρότερη από τη συνολική ενέργεια (μάζα) των ξεχωριστών νουκλεονίων

$$E_b = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M \left( {}^A_Z X \right)$$



# Ενέργεια σύνδεσης

## • Προσοχή στους υπολογισμούς!

Για μάζες πυρήνων (Αν το  $M$  πυρηνική μάζα τότε έχουμε  $m_p$ )

$$E_b = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - \underline{M \left( {}^A_Z X \right)}$$

Ατομικές μάζες (Αν το  $M$  ατομική μάζα τότε έχουμε  $m_H$ )

$$E_b = Z \cdot m_H + N \cdot m_n - \underline{M \left( {}^A_Z X \right)}$$

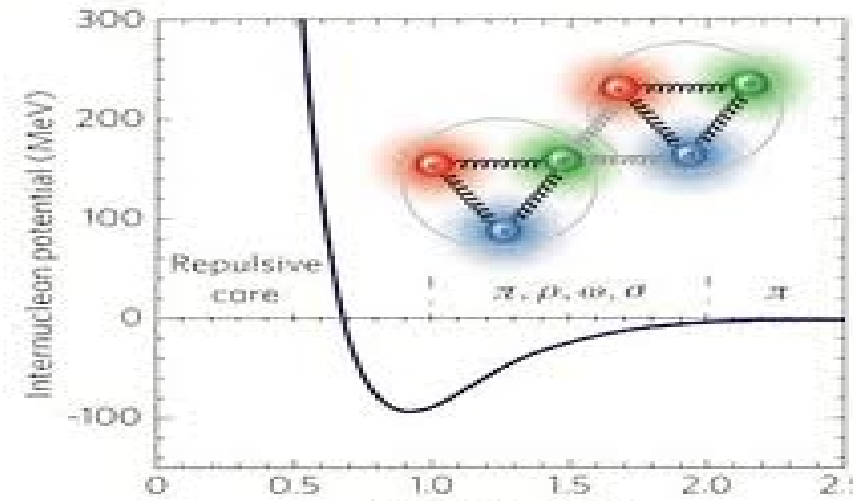
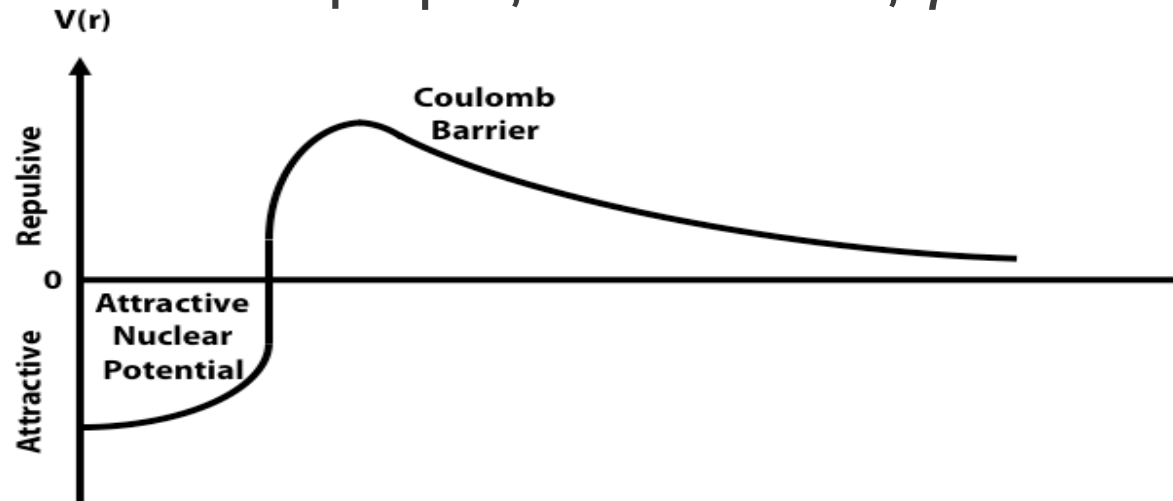
Με απλά λόγια θα πρέπει να είμαστε σίγουροι αν οι μάζες των ηλεκτρονίων απαλείφονται !!

$$E_b = \left( Z \cdot m_H + N \cdot m_n - M \left( {}^A_Z X \right) \right) \cdot 931.5 \text{ MeV} / u$$

Σε ενοποιημένες μονάδες μάζας

# Ενέργεια σύνδεσης – Ισχυρή αλληλεπίδραση

- Ισχυρή αλληλεπίδραση ισχυρότερη της άπωσης Coulomb (αν ήταν διαφορετικά δεν θα υπήρχαν πυρήνες!)
- Η Ισχυρή αλληλεπίδραση έχει μικρή εμβέλεια (~2.5 fm). Για μεγαλύτερες αποστάσεις κυριαρχεί η αλληλεπίδραση Coulomb
- Η ισχυρή αλληλεπίδραση είναι η (σχεδόν) ίδια για όλα τα νουκλεόνια (βλ. ισοσπίν ↑ για πρωτόνια, ↓ για νετρόνια)
- Σε πολύ μικρές αποστάσεις γίνεται απωστική

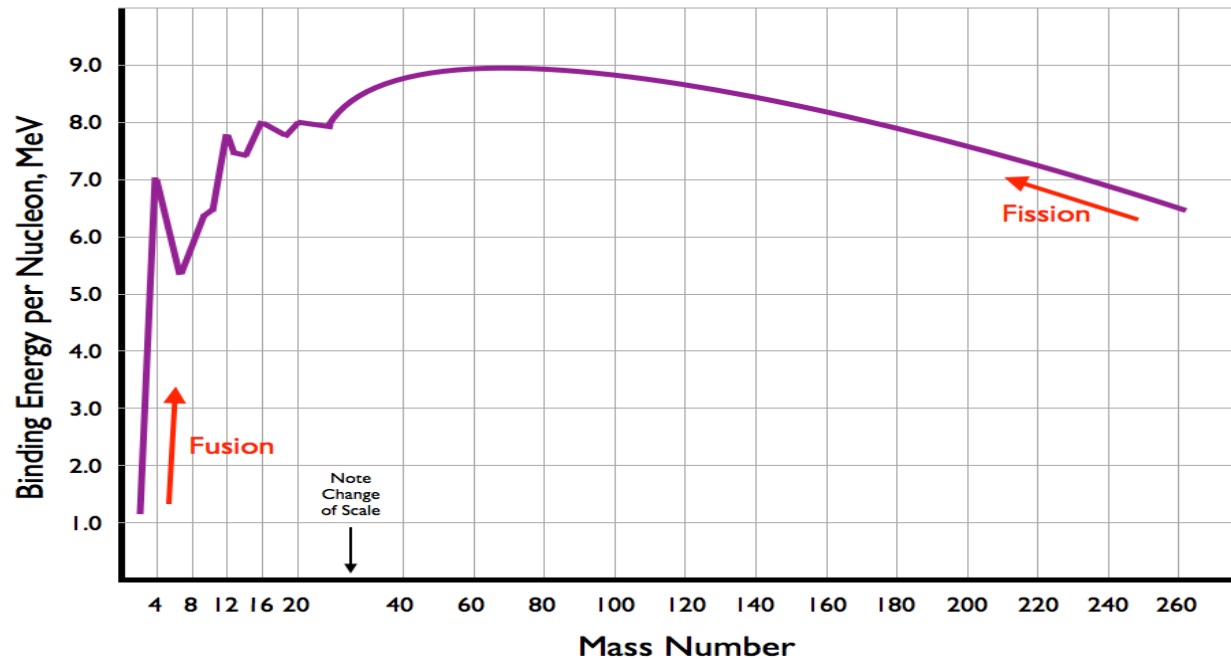


# Πυρηνικά Μοντέλα (Πρότυπο υγρής σταγόνας)

- Παράγοντας όγκου:

$$C_1 \cdot A$$

Ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο σταθερή



# Πυρηνικά Μοντέλα (Πρότυπο υγρής σταγόνας)

- Παράγοντας επιφάνειας:

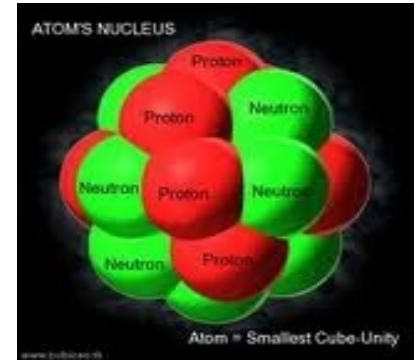
$$-C_2 \cdot A^{2/3}$$

Νουκλεόνια επιφάνειας έχουν λιγότερους γείτονες

Επιφάνεια  $\sim r^2$

$$r = r_0 A^{1/3}$$

Παράγοντας επιφάνειας αρνητικός και ανάλογος του  $A^{2/3}$



- Άπωση Coulomb:

$$-C_3 \cdot \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}}$$

Ενέργεια ζεύγους Coulomb:  $-k \cdot \frac{e^2}{r}$

Πλήθος ζευγών:  $Z(Z-1)$

# Πυρηνικά Μοντέλα (Πρότυπο υγρής σταγόνας)

Επιπλέον όροι:

- Ενέργεια ασυμμετρίας

$$-C_4 \cdot \frac{(A - 2Z)^2}{A}$$

Εκφράζει το γεγονός ότι πυρήνες με  $N=Z$  είναι περισσότερο σταθεροί. Για  $A \uparrow$  Εν. συνδεσης.  $\downarrow$

- Ενέργεια σύζευξης:

0 για  $A$  περιττό

Για  $N$  και  $Z$  περιττούς:  $- C_5 \cdot \frac{1}{A^{3/4}}$

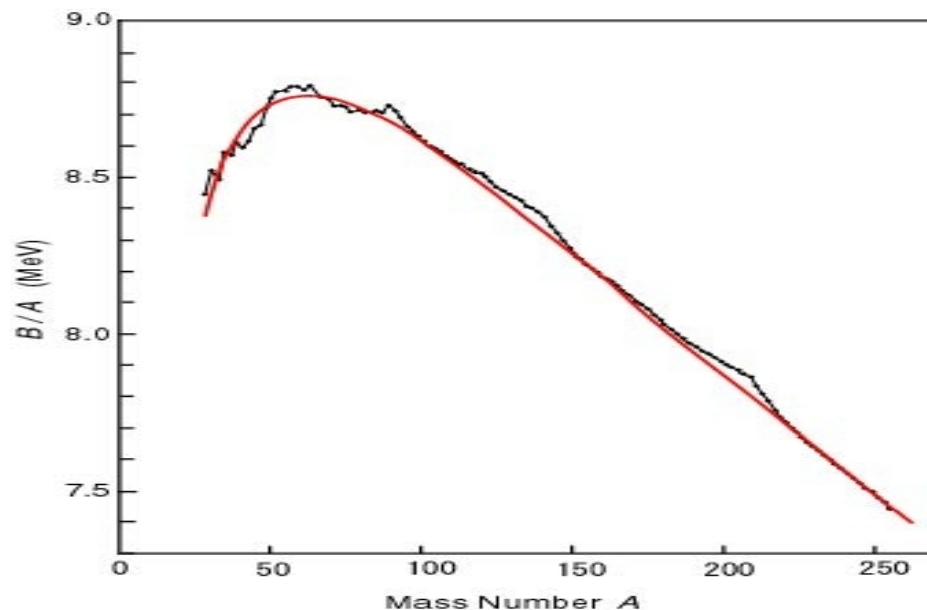
Για  $N$  και  $Z$  άρτιους:  $+ C_5 \cdot \frac{1}{A^{3/4}}$

Εκφράζει την αυξημένη ενέργεια σύζευξης μεταξύ όμοιων νουκλεονίων

# Πυρηνικά Μοντέλα (Πρότυπο υγρής σταγόνας)

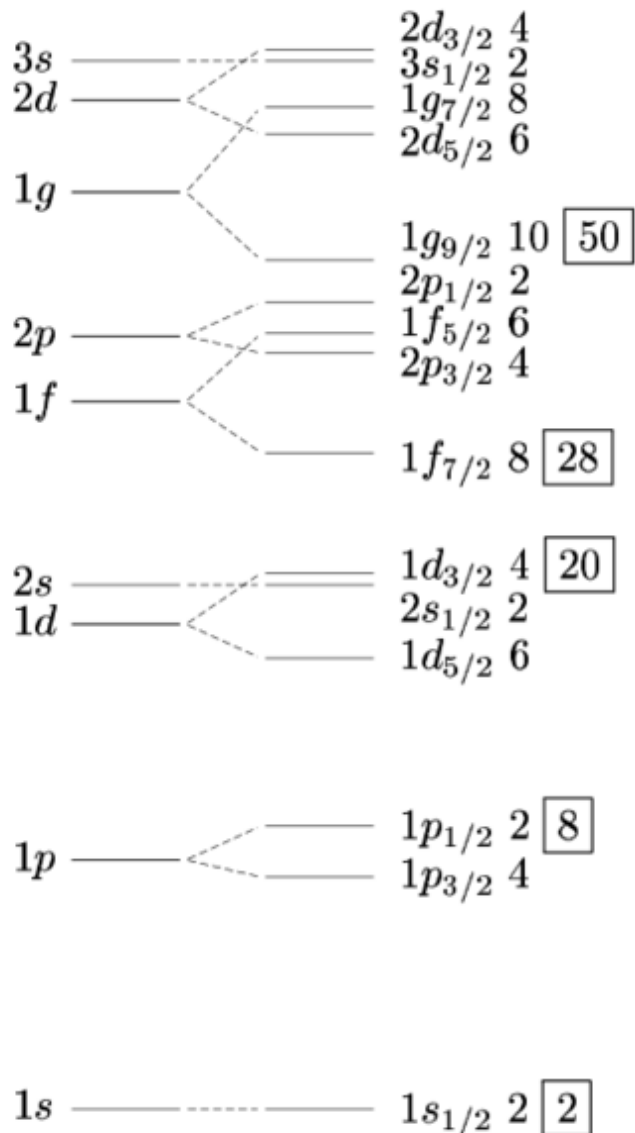
$$Eb = C_1 \cdot A - C_2 \cdot A^{2/3} - C_3 \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - C_4 \cdot \frac{(A-2Z)^2}{A} + \delta$$

$$C_1 = 15.7 \text{ MeV}, C_2 = 17.8 \text{ MeV}, C_3 = 0.71 \text{ MeV}, C_4 = 23.6 \text{ MeV}, C_5 = 34 \text{ MeV}$$

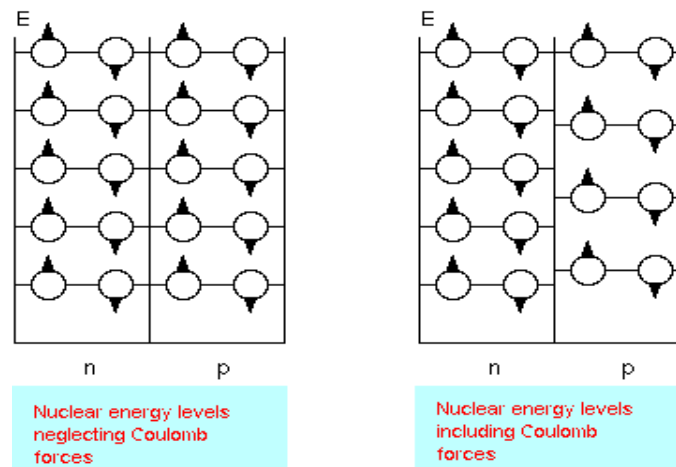


Πολύ καλή περιγραφή των μαζών!

# Πυρηνικά Μοντέλα (Πρότυπο ανεξάρτητων σωματιδίων)



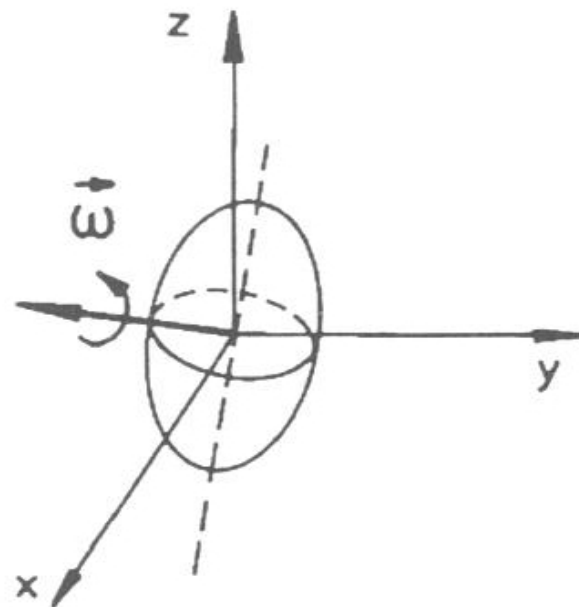
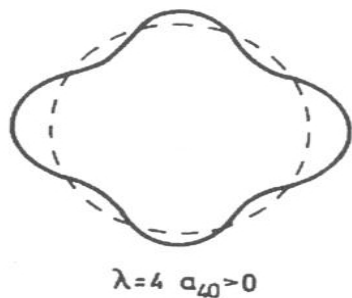
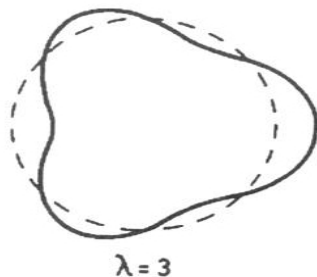
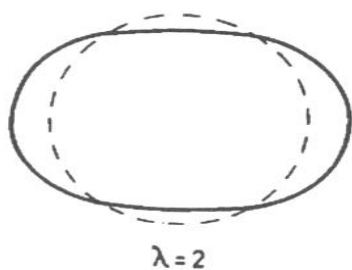
- Αρχή του Pauli
- Στάθμες πρωτονίων υψηλότερες των νετρονίων
- Μεγάλη επιτυχία στην πρόβλεψη σπιν (και μαγνητικών ιδιοτήτων) πυρήνων κοντά σε κλειστούς φλοιούς
- Ερμηνεία αυξημένης σταθερότητας για πυρήνες με άρτιο  $Z$  και  $N$
- Εξήγηση των “μαγικών αριθμών”





# Πυρηνικά Μοντέλα (Συλλογικό μοντέλο)

- Μοντέλο παλλόμενου πυρήνα
- Μοντέλο περιστρεφόμενου πυρήνα
- Ερμηνεία ενεργειακών καταστάσεων που αντιστοιχούν στην συλλογική κίνηση των νουκλεονίων
- Ερμηνεία πολλών ιδιοτήτων πυρήνων μεταξύ κλειστών φλοιών



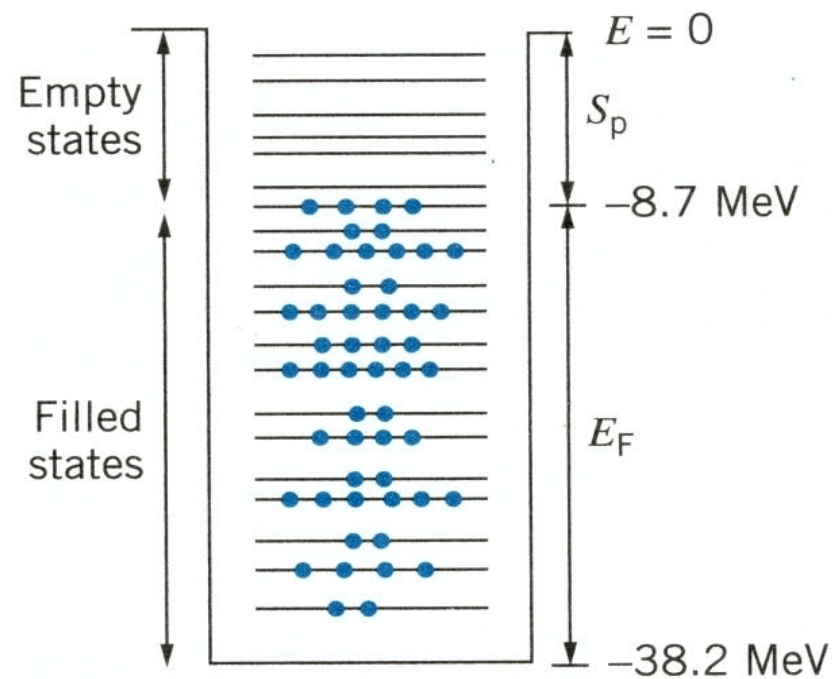
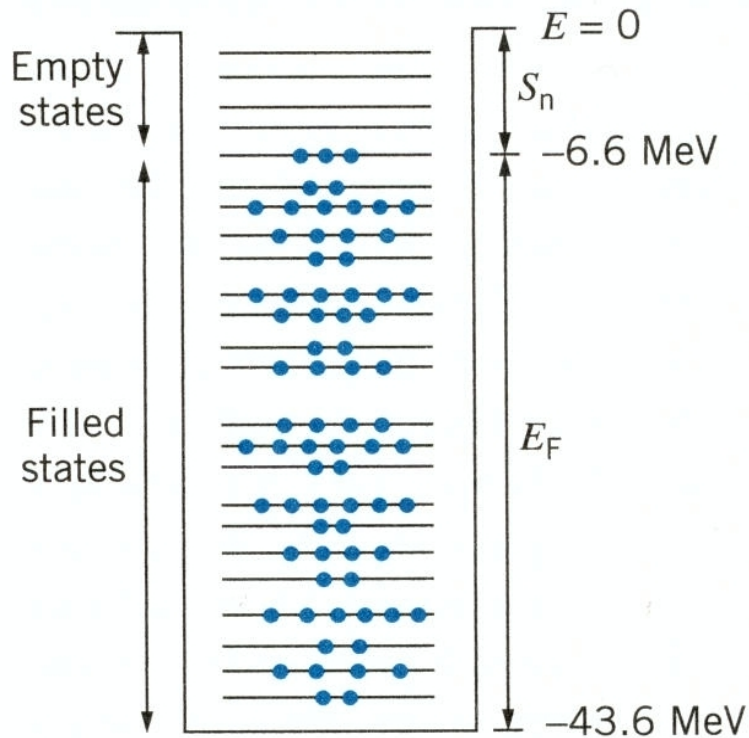
# Κβαντικές καταστάσεις ενός πυρήνα: Μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση...

Ενέργεια διαχωρισμού νετρονίου:

$$S_n = m(^{A-1}X) + m(n) - m(^A X)$$

Ενέργεια Fermi:

$$E_F = \frac{h^2}{2m} \left( \frac{3N}{8\pi V} \right)^{2/3}$$



$$|U_n| \approx S_n + E_F(n)$$

$$|U_p| \approx S_p + E_F(p)$$