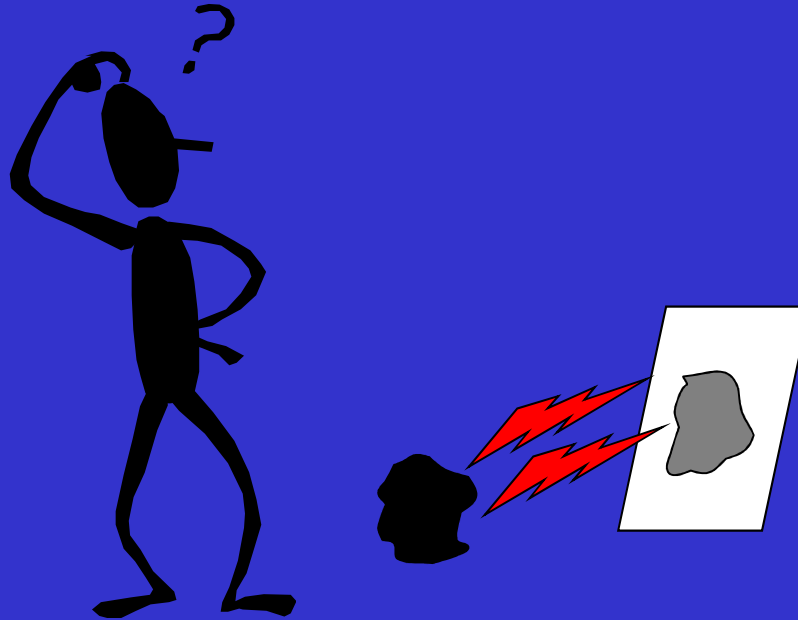




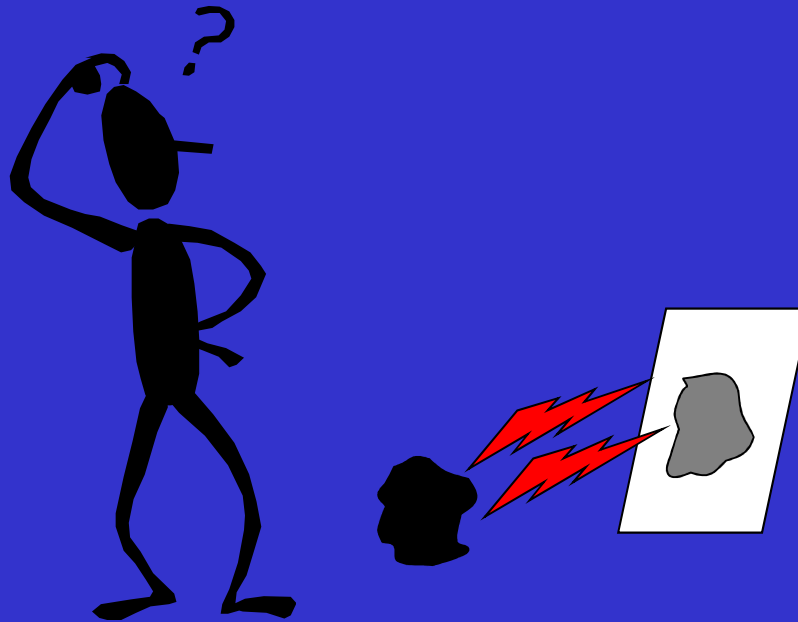
Ο πυρήνας του
ατόμου

Το 1896 ο Henri Becquerel παρατήρησε ότι ένα ορυκτό που περιείχε ουράνιο εξέπεμπε αόρατη ακτινοβολία .



Η ακτινοβολία αυτή ήταν εξαιρετικά διεισδυτική , διαπερνούσε το μαύρο χαρτί - περιτύλιγμα του ορυκτού- και αμαύρωνε την φωτογραφική πλάκα.

Η ακτινοβολία αυτή εκπεμπόταν αυθόρμητα (χωρίς καμία διέγερση του υλικού) ,είχε μεγάλη ενέργεια και ήταν άγνωστη.

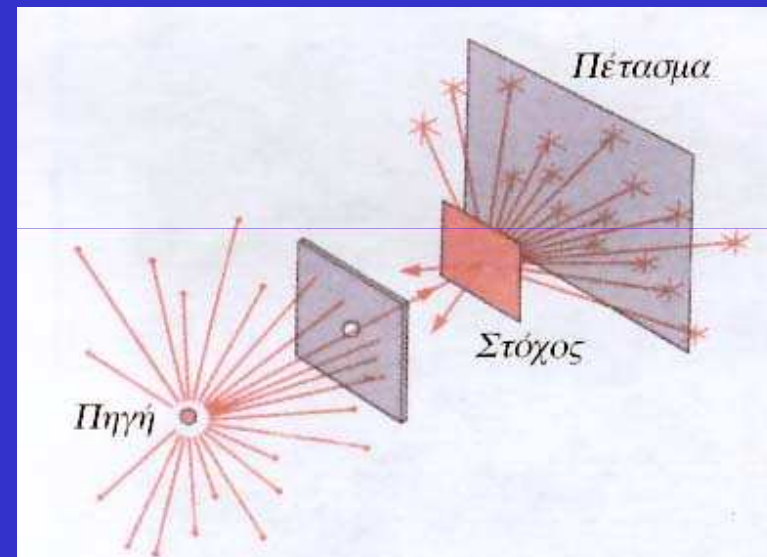


Για να εξηγηθεί άρχισε η μελέτη του εσωτερικού του ατόμου.



Το 1911 ο Ernest Rutherford και οι μαθητές του Geiger και Marsden έκαναν πειράματα για την διερεύνηση της δομής της ύλης.

Από μια ραδιενεργό πηγή εκπέμπονται σωμάτια **α** , δηλαδή πυρήνες ηλίου, που βομβαρδίζουν λεπτότατα φύλλα χρυσού, αργύρου και χαλκού.



Πείραμα του Rutherford. Σκέδαση σωμάτων α από ένα λεπτό φύλλο χρυσού. Περίπου ένα στα 8000 σωμάτια αποκλίνει κατά γωνία μεγαλύτερη των 90° . Τα σωμάτια α είναι πυρήνες ηλίου.

« Απόσπασμα κειμένου του Rutherford »



« Ήταν το πιο απίστευτο γεγονός της ζωής μου. Σαν να πυροβολούσες ένα φύλλο χαρτιού με βλήμα των 15 ιντσών και το βλήμα να επέστρεφε και να σε χτυπούσε.

Όταν το σκέφτηκα καλά κατάλαβα , ότι η προς τα πίσω σκέδαση πρέπει να είναι αποτέλεσμα συγκρούσεως και όταν έκανα υπολογισμούς είδα , ότι ήταν αδύνατο να πάρει κανείς τέτοιο αποτέλεσμα , εκτός εάν το μεγαλύτερο μέρος της μάζας του ατόμου είναι συγκεντρωμένο σ' ένα πάρα πολύ μικρό πυρήνα. Και τότε ήταν που είχα την ιδέα του ατόμου , μ' έναν πολύ μικρό πυρήνα στο κέντρο , όπου είναι συγκεντρωμένη η μάζα και το φορτίο.»

Το 1932 ο Chadwick βομβάρδισε το Βηρύλλιο με σωματία α που εξέπεμπε το ραδιενεργό Πολώνιο.

Το Βηρύλλιο εξέπεμπε άγνωστα σωματία.

Τα σωματίδια αυτά περιέχονται στον πυρήνα του ατόμου.

Μετά από πειράματα κρούσεων με πυρήνες υδρογόνου και αζώτου κατάφερε να υπολογίσει την μάζα των σωματίων.

Είχε ανακαλύψει το **νετρόνιο** .

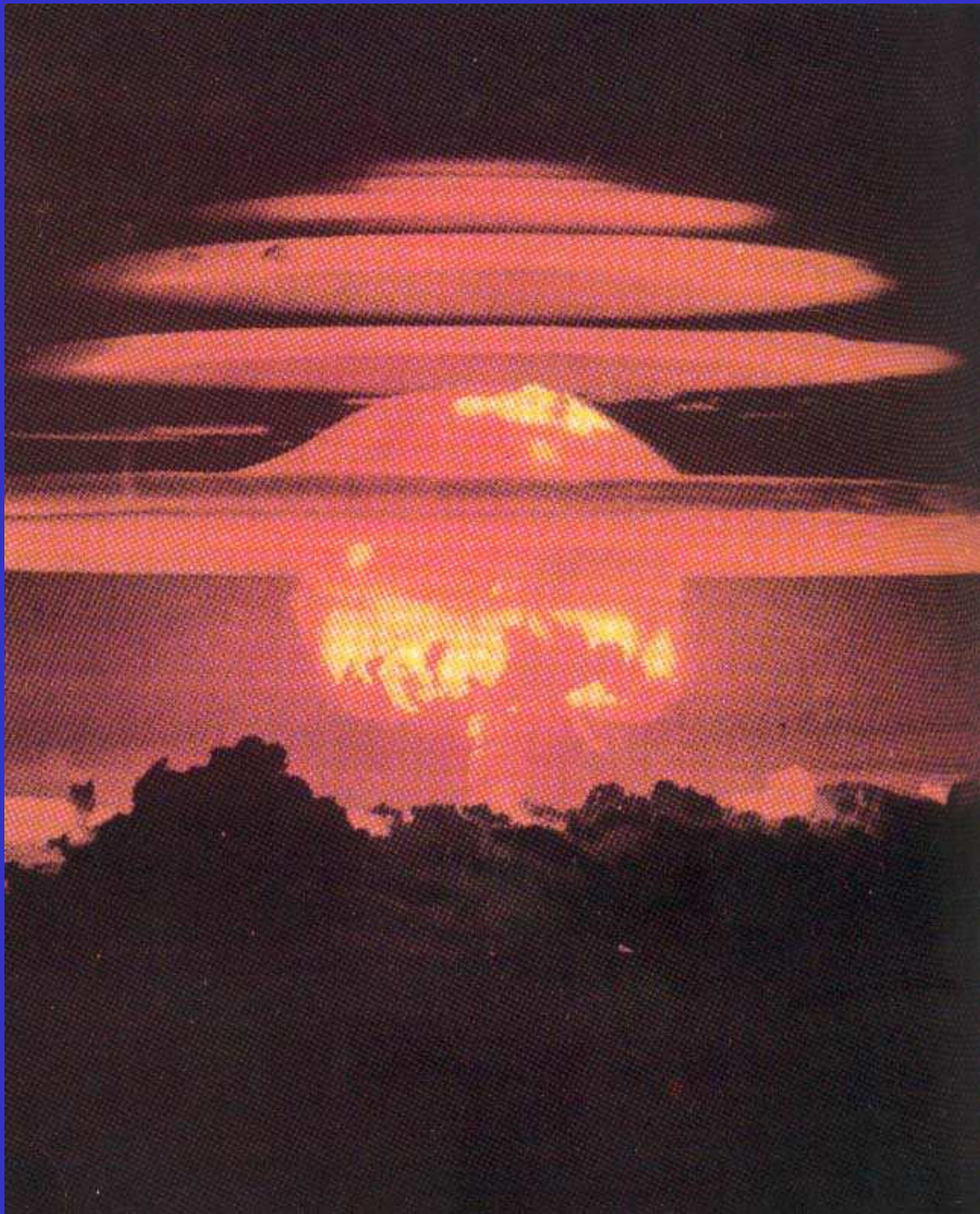
Το 1939 ο Albert Einstein , με επιστολή του στον πρόεδρο Ρούζβελτ υπέδειξε ότι η τεράστια ενέργεια που κρύβεται στον πυρήνα του ατόμου μπορεί να απελευθερωθεί (ατομική βόμβα).

Πρωτεργάτης στην κατασκευή της πρώτης ατομικής βόμβας ήταν ο Robert Oppenheimer.

Η πρωτιά γίνεται στις 6 Αυγούστου 1945 , στην Χιροσίμα και ακολουθεί η δεύτερη στις 9 Αυγούστου 1945 , στο Ναγκασάκι.

Οι νεκροί είναι συνολικά πάνω από 100.000 και οι τραυματίες περισσότεροι. Αναπτύχθηκαν θερμοκρασίες της τάξης των 50.000 βαθμών. Η ενέργεια αυτή προήλθε από 1 κιλό ουρανίου.

Ο Einstein μετά τον πόλεμο πρωτοστατεί στις προσπάθειες αφοπλισμού.





Ο άνθρωπος άρχισε να « παίζει » με δυνάμεις κοσμικής κλίμακας.

Μην ξεχνάμε ότι η ενέργεια του Ήλιου εκλύεται από πυρηνικές αντιδράσεις στο εσωτερικό του.

Εκτός από τις βόμβες , η πυρηνική ενέργεια χρησιμοποιείται για την κίνηση υποβρυχίων και , κυρίως , για την παραγωγή ενέργειας.











Η δομή του ατόμου



Το άτομο αποτελείται από τον πυρήνα και τα ηλεκτρόνια.

Η ακτίνα του ατόμου είναι μερικές δεκάδες χιλιάδες φορές μεγαλύτερη από την ακτίνα του πυρήνα.

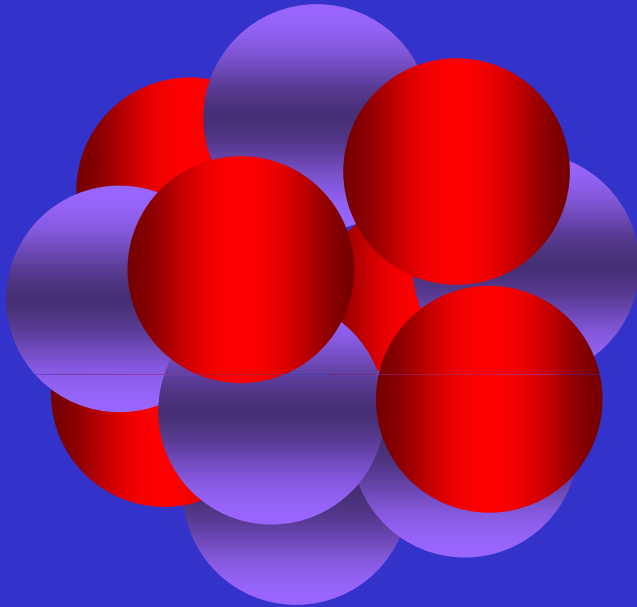
Ο πυρήνας έχει ακτίνα της τάξης των 10^{-15} m έως 10^{-14} m .

Το άτομο έχει ακτίνα της τάξης των 10^{-10} m.

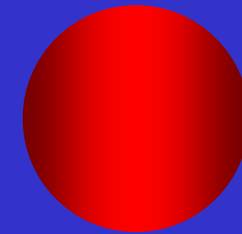
Αν ο πυρήνας είχε μέγεθος πορτοκαλιού , τα ηλεκτρόνια θα απείχαν περίπου 2 km από αυτόν.

Η δομή του πυρήνα

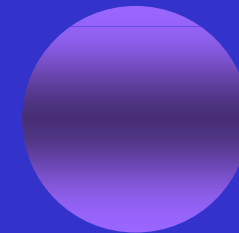
Ο πυρήνας αποτελείται από μικρότερα σωματίδια , τα νουκλεόνια.



Αυτά είναι πρωτόνια



και νετρόνια



Τα πρωτόνια έχουν μάζα $1,6726 \times 10^{-27}$ kg και φορτίο $1,602177 \times 10^{-19}$ C.

Τα νετρόνια έχουν μάζα $1,6750 \times 10^{-27}$ kg και φορτίο μηδέν.

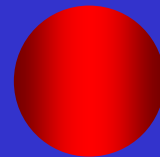
Τα νουκλεόνια κινούνται συνεχώς.

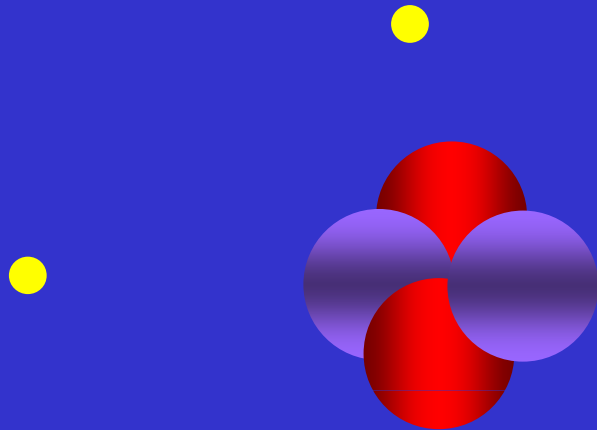
Ονομάζουμε ατομικό αριθμό **Z** τον αριθμό των πρωτονίων του πυρήνα.

Ονομάζουμε μαζικό αριθμό **A** τον αριθμό των νουκλεονίων του πυρήνα.

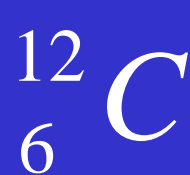
Αν συμβολίσουμε με **N** τον αριθμό των νετρονίων τότε : **A = Z + N**

Το σύμβολο του πυρήνα είναι :





Δύο πυρήνες ονομάζονται ισότοποι αν έχουν ίδιο ατομικό αριθμό Z και διαφορετικό μαζικό αριθμό A .



6 πρωτόνια , 6 νετρόνια , 6 ηλεκτρόνια.

Το βρίσκουμε στη φύση σε ποσοστό 99 %



6 πρωτόνια , 7 νετρόνια , 6 ηλεκτρόνια.



6 πρωτόνια , 8 νετρόνια , 6 ηλεκτρόνια.

Τα παραπάνω έχουν ίδιες χημικές ιδιότητες και αποτελούν για την Χημεία το ίδιο στοιχείο. Γιατί ;



17 πρωτόνια , 18 νετρόνια , 17 ηλεκτρόνια.



17 πρωτόνια , 19 νετρόνια , 17 ηλεκτρόνια.



Πρώτιο



Δευτέριο



Τρίτιο

Στοιχεία με ίδιο μαζικό
αριθμό και διαφορετικούς
ατομικούς αριθμούς
ονομάζονται ισοβαρή .

Γιατί ;

Μισό εκατομμυριοστό
του τόνου.

Πόσο ζυγίζει μια
κατσαρίδα ;



Δεν έλεγε , η
ευλογημένη , μισό
γραμμάριο ;



Ποια είναι η μάζα
του νετρονίου ;

$1,6750 \times 10^{-27} \text{ kg}$



Για τόσο μικρές
μάζες χρειάζεται
άλλη μονάδα.



Για την μέτρηση των μαζών των πυρήνων χρησιμοποιούμε την ατομική μονάδα μάζας **u** (ή amu).

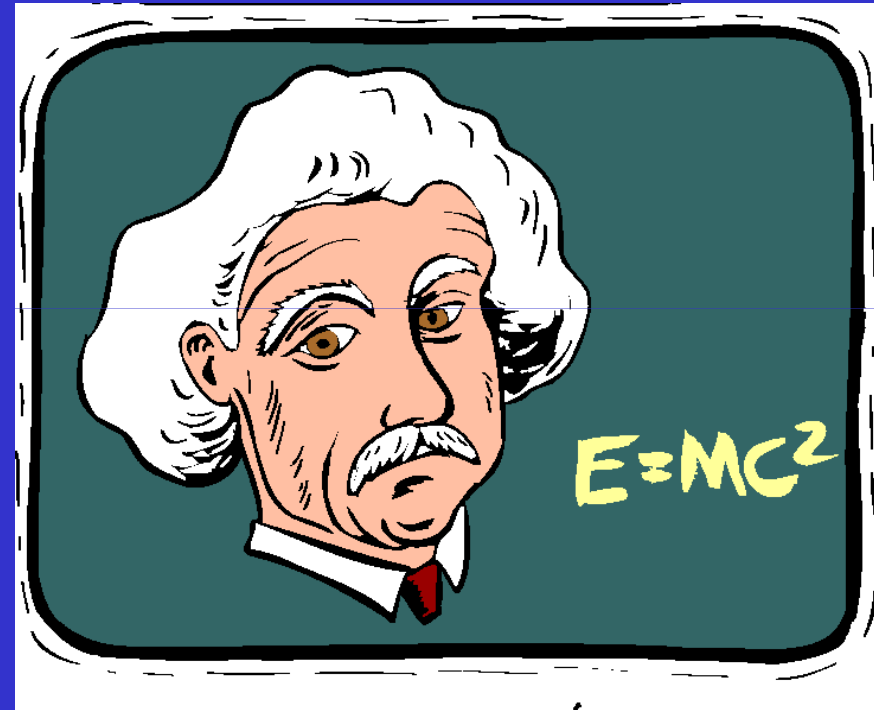
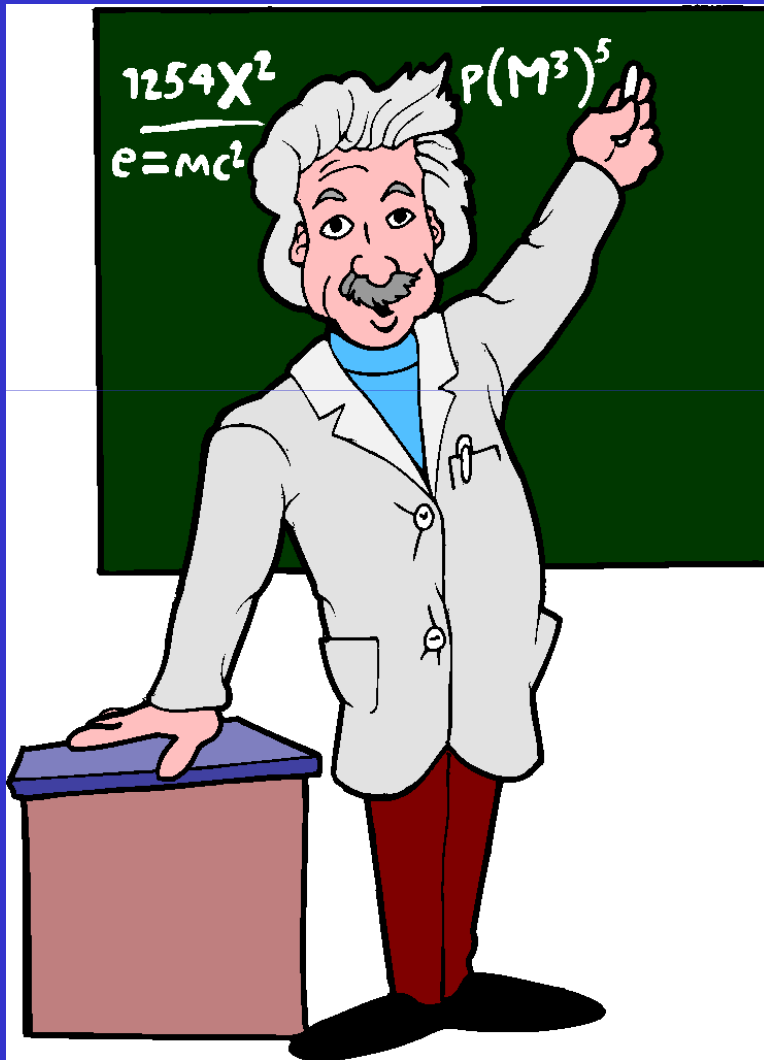
1 **u** είναι το 1 / 12 της μάζας του ατόμου του $^{12}_6\text{C}$

Πόση είναι η μάζα του ατόμου του $^{12}_6\text{C}$;

Η μάζα του πρωτονίου είναι 1,007276 **u**
και του νετρονίου 1,008665 **u**

Η μάζα ενός ατόμου σε **u** είναι περίπου ίση με τον μαζικό του αριθμό. Γιατί ;

Ισοδυναμία μάζας - ενέργειας



Σύμφωνα με την **Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας** η μάζα **m** ενός σώματος ισοδυναμεί με ενέργεια : $E = m \cdot c^2$

Στα πυρηνικά φαινόμενα η μάζα μετατρέπεται σε ενέργεια και το αντίθετο.

Στην πυρηνική Φυσική, συνήθης μονάδα ενέργειας είναι το $1 \text{ MeV} = 1.602 \times 10^{-13} \text{ J}$

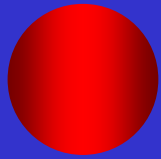
Πολλές φορές εκφράζουμε μια μάζα σε μονάδες ενέργειας.

$$1 \text{ u} = 931.48 \text{ MeV} \text{ ή } 931.48 \text{ MeV} / c^2$$

Η μάζα του νετρονίου είναι $936,57 \text{ MeV}$ ή $936,57 \text{ MeV} / c^2$

Έλλειμμα μάζας ενέργεια σύνδεσης





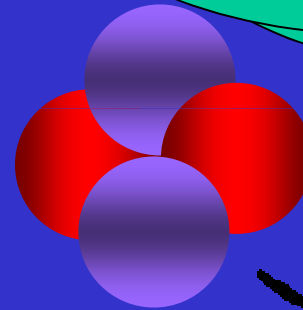
$$m_p = 1.00727 \text{ u}$$

$$\begin{aligned} \text{Είναι : } 2 \cdot m_p + 2 \cdot m_n &= \\ 2 \cdot 1,00727 \text{ u} + 2 \cdot 1,00867 \text{ u} &= \\ &= 4,03188 \text{ u} \end{aligned}$$



$$m_n = 1.00867 \text{ u}$$

Και όμως είναι
4,00150 u



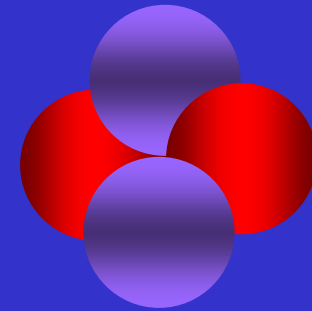
Δηλαδή αν διαλύσουμε τον πυρήνα :

Η μάζα μεγαλώνει.

Πως όμως εξηγείται αυτό ;

Τα νουκλεόνια συγκρατούνται
με ισχυρές πυρηνικές δυνάμεις.

Για να τ' απομακρύνω πρέπει να τις υπερνικήσω ,
δηλαδή να προσφέρω ενέργεια στο σύστημα.



Δηλαδή αν διαλύσουμε τον πυρήνα :

Η μάζα μεγαλώνει!!

Πως όμως εξηγείται αυτό ;

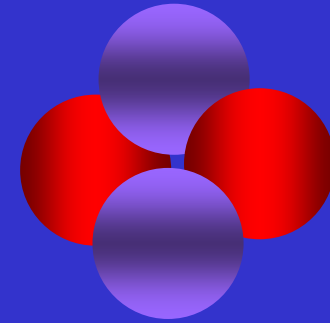
Τα νουκλεόνια συγκρατούνται
με ισχυρές πυρηνικές δυνάμεις.

Για να τ' απομακρύνω πρέπει να τις υπερνικήσω,
δηλαδή να προσφέρω ενέργεια στο σύστημα.

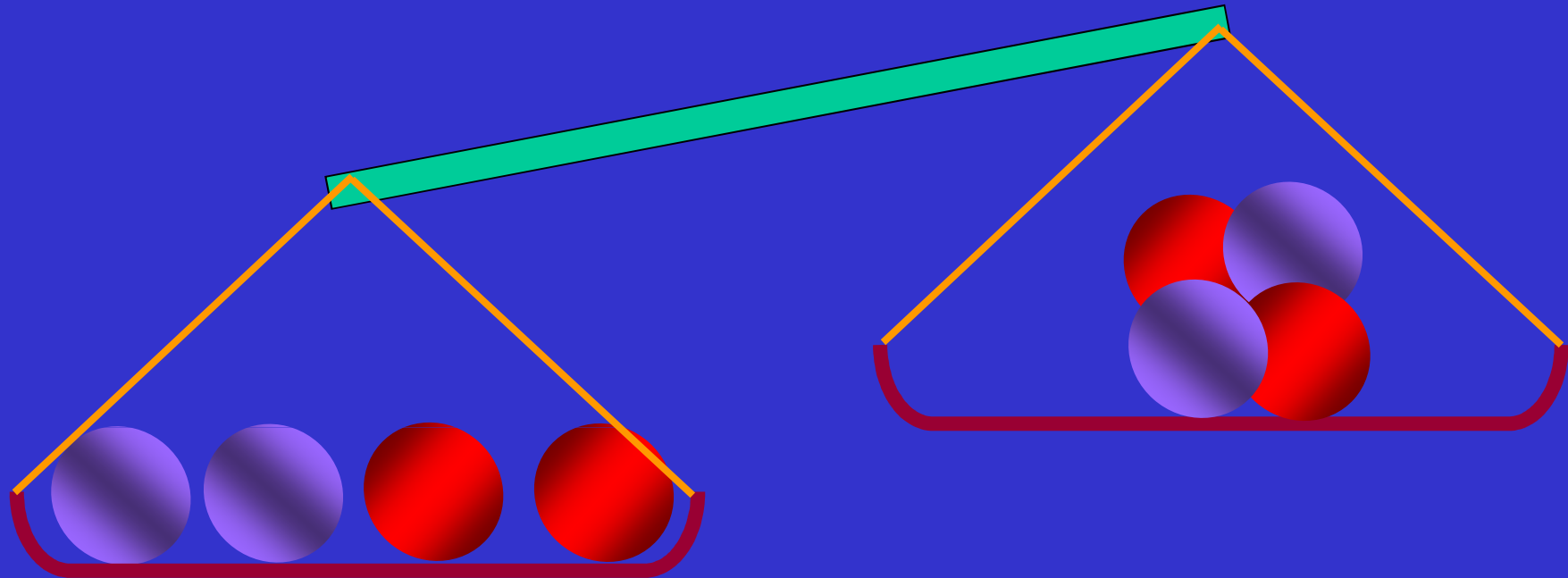
Τώρα το σύστημα έχει μεγαλύτερη ενέργεια.

Επειδή η μάζα ισοδυναμεί με ενέργεια, έχει μεγαλύτερη μάζα.

Αν ξέρω αρχική και τελική μάζα μπορώ
να βρω πόση ενέργεια πρόσφερα;



Έλλειμμα μάζας



$$2 \cdot m_p + 2 \cdot m_n - M_{\text{He}} = 2 \cdot 1,00727 \text{ u} + 2 \cdot 1,00867 \text{ u} - 4,00150 \text{ u} = 0,03038 \text{ u}$$

Η διαφορά αυτή είναι το έλλειμμα μάζας.

Έλλειμμα μάζας – Ενέργεια σύνδεσης

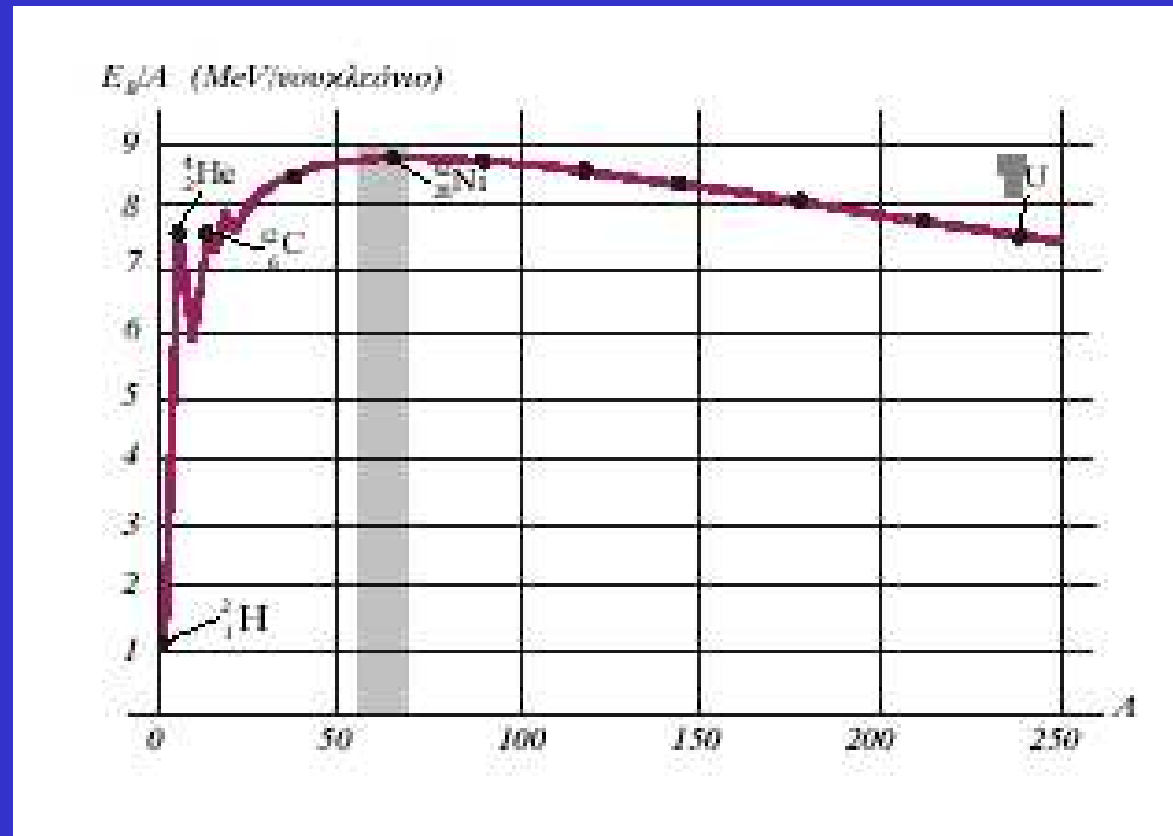
Ορίζεται ως έλλειμμα μάζας :

$$\Delta M = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - M_{\text{Πυρ}}$$

Η ενέργεια : $E_B = (\Delta M) \cdot c^2$ ονομάζεται ενέργεια σύνδεσης.

Εκφράζει την ενέργεια που πρέπει να προσφέρω στον πυρήνα ώστε να απομακρύνω τα νουκλεόνια σε άπειρη μεταξύ τους απόσταση.

Όσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο (E_B/A), τόσο δυσκολότερο το έργο μου, άρα τόσο πιο σταθερός ο πυρήνας.



- Πιο σταθεροί πυρήνες βρίσκονται στη περιοχή με $A = 56$ ως $A = 60$.
- Ο σταθερότερος πυρήνας είναι του σιδήρου.
- Πυρήνες με μεγάλο A ή μικρό A είναι πιο ασταθείς και μεταπίπτουν σε πυρήνες με μεσαίο A είτε με σχάση, είτε με σύντηξη απελευθερώνοντας ενέργεια.

- **Σχάση:** η διάσπαση ενός πυρήνα μεγάλου μαζικού αριθμού σε δύο άλλους μεσαίων μαζικών αριθμών.
- **Σύντηξη:** Η ένωση δύο πυρήνων μικρού μαζικού αριθμού σε έναν.
- Κατά τη σχάση, ή τη σύντηξη, οι πυρήνες που προκύπτουν έχουν μεγαλύτερη ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο (E_B/A) σε σχέση με τον αρχικό.
- Επομένως είναι ενεργειακά σταθερότεροι και, κατά την αντίδραση, απελευθερώνεται ενέργεια.

Παράδειγμα

- Ένας πυρήνας με $A=200$ και ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο $E_B/A = 7,8 \text{ MeV}$ σχάζεται σε δυο πυρήνες που ο καθένας έχει $A=100$ και ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο $E_B/A = 8,6 \text{ MeV}$.
 - α. Πόση είναι η ενέργεια σύνδεσης του αρχικού πυρήνα;
 - β. Πόση είναι η ολική ενέργεια σύνδεσης των δύο νέων πυρήνων;
 - γ. Πόση είναι η ενέργεια που εκλύεται κατά τη σχάση;

Λύση:

- α. Ισχύει ότι:

$$\Rightarrow E_B = (E_B/A) \cdot A \Rightarrow E_B = 7,8 \cdot 200 \text{ MeV} \Rightarrow$$

$E_B = 1560 \text{ MeV}$ η ενέργεια σύνδεσης του αρχικού πυρήνα.

- β. Η ενέργεια σύνδεσης κάθε νέου πυρήνα είναι:

$$E_B = (E_B/A) \cdot A \Rightarrow E_B = 8,6 \cdot 100 \text{ MeV} \Rightarrow E_B = 860 \text{ MeV}.$$

- Επομένως η ολική ενέργεια σύνδεσης των δύο νέων πυρήνων είναι:

$$E_B = 2 \cdot 860 \text{ MeV} = 1720 \text{ MeV}.$$

- γ. Η ενέργεια E που εκλύεται κατά τη σχάση είναι:

$$E = 1720 \text{ MeV} - 1560 \text{ MeV} = 160 \text{ MeV}.$$

Πυρηνικές δυνάμεις

- Τα νουκλεόνια βρίσκονται σε αδιάκοπη κίνηση μέσα στον πυρήνα, και μάλιστα με τεράστιες ταχύτητες, οι οποίες τείνουν να τα διασκορπίσουν μακριά από τον πυρήνα.
- Επιπλέον στον πυρήνα υπάρχουν μόνο νετρόνια (ουδέτερα) και πρωτόνια (θετικά). Επομένως, αφού τα πρωτόνια απωθούνται θα έπρεπε να απομακρύνονται μεταξύ τους.
- Τότε τι είναι αυτό που συγκρατεί τα νουκλεόνια τόσο ισχυρά στον πυρήνα;

Η ισχυρή πυρηνική δύναμη

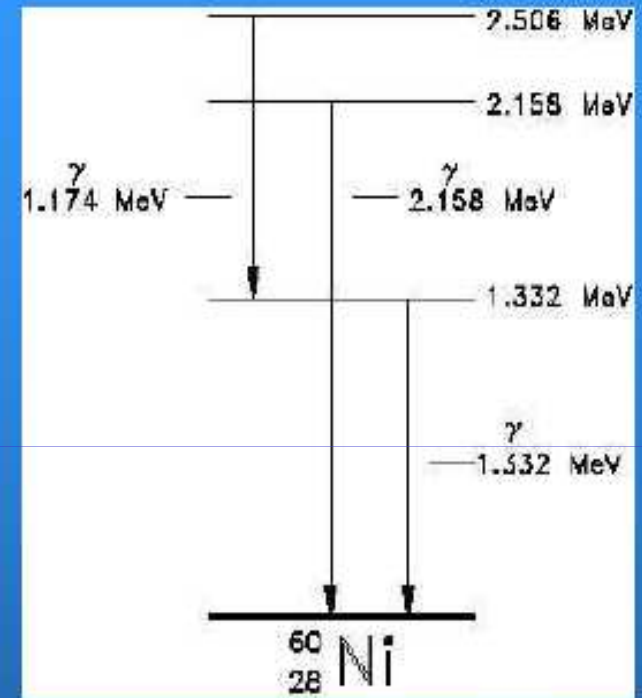
Χαρακτηριστικά ισχυρής πυρηνικής δύναμης

- Είναι ισχυρότατα ελκτική (μόνο), και είναι πολύ ισχυρότερη από τις αντίστοιχες ηλεκτρικές και βαρυτικές.
- Δεν κάνει διάκριση μεταξύ πρωτονίων και νετρονίων. Είναι ίδια για τα ζεύγη p-p, p-n, n-n
- Δρα μόνο μεταξύ γειτονικών νουκλεονίων και μόνο σε αποστάσεις μικρότερες από 4×10^{-15} m

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΠΥΡΗΝΑ.

Η ενέργεια του πυρήνα του ατόμου μπορεί να πάρει διαφορετικές κβαντισμένες τιμές.

Ο πυρήνας μπορεί να διεγερθεί και να αποδιεγερθεί. Η διαφορά των ενεργειακών σταθμών είναι της τάξεως των MeV. Επομένως η αποδιέγερση πυρήνα παράγει φωτόνια ακτίνων γ ενώ η αποδιέγερση των ηλεκτρονίων του ατόμου παράγει ενέργειες από μερικά eV έως 10^5 eV (ακτίνες X).



Οι ενεργειακές στάθμες του πυρήνα του Ni

Για το σπίτι



- Μελέτη: σ. 71-77.
- Ερωτήσεις: 1-4, 6-8
- Ασκήσεις-Προβλήματα: 2, 9, 10