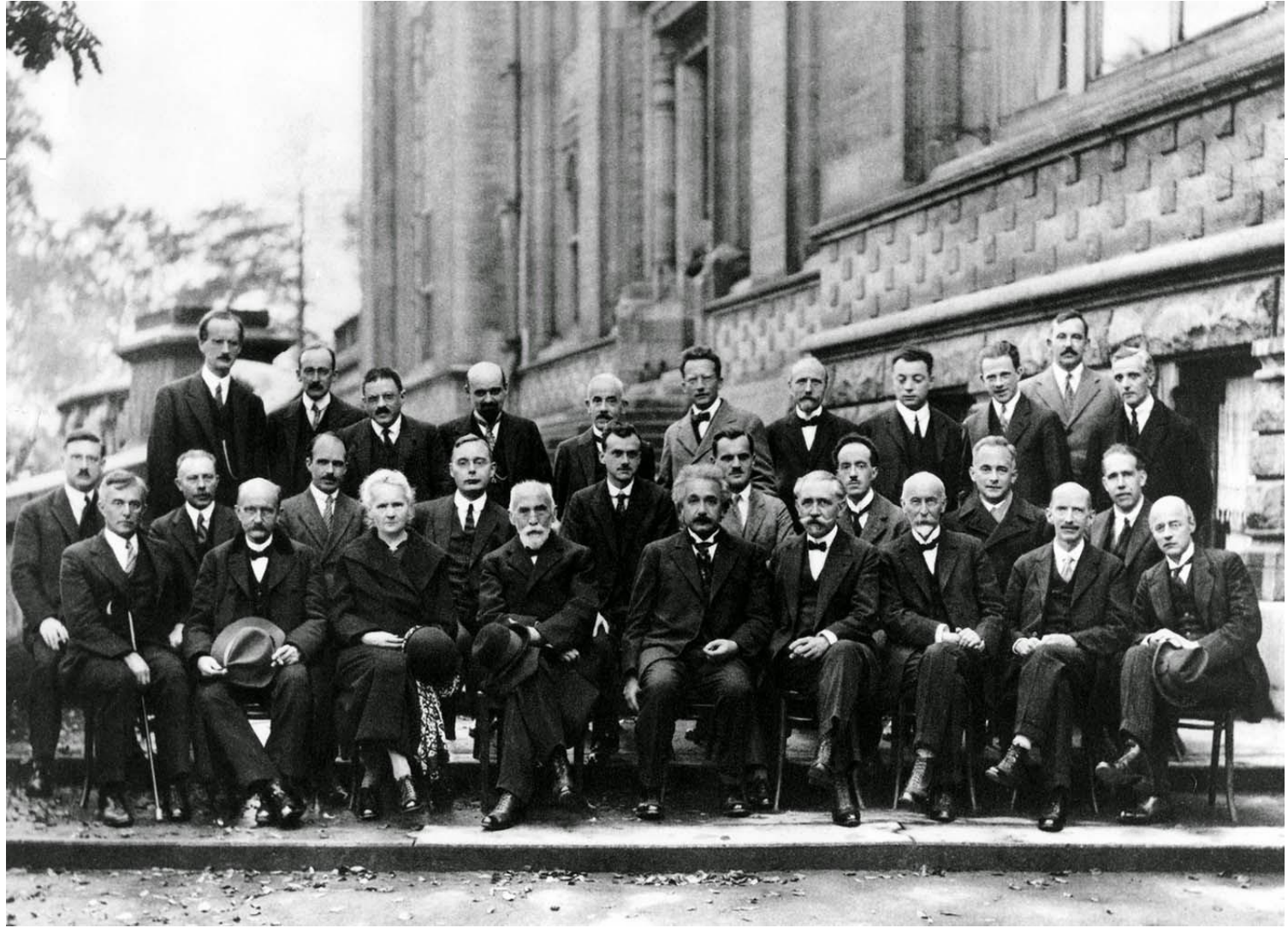


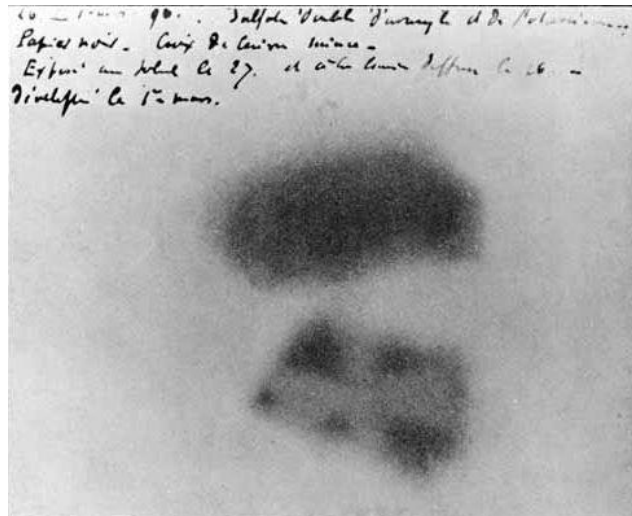
ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ



Εισαγωγή

Ο Becquerel ήταν από τους πρώτους που παρατήρησε ότι κάποια υλικά εκπέμπουν αυθόρμητα ακτινοβολία η οποία

- Αμαυρώνει τις φωτογραφικές πλάκες
- Προκαλεί ιονισμό
- Αποκλίνει μέσα σε μαγνητικό ή ηλεκτρικό πεδίο



A photographic plate made by Henri Becquerel shows the effects of exposure to radioactivity. A metal Maltese cross, placed between the plate and radioactive uranium salt, left a clearly visible shadow on the plate.

Εισαγωγή

Ποιο συγκεκριμένα

- **Ακτινοβολία α**

Αποκλίνει ασθενώς μέσα σε μαγνητικό πεδίο

Αποτελείται από θετικά φορτισμένα σωματίδια (πυρήνες ${}^4_2\text{He}$)

- **Ακτινοβολία β⁻**

Αποκλίνει έντονα μέσα σε μαγνητικό πεδίο

Αποτελείται από αρνητικά φορτισμένα σωματίδια (ηλεκτρόνια)

- **Ακτινοβολία β⁺**

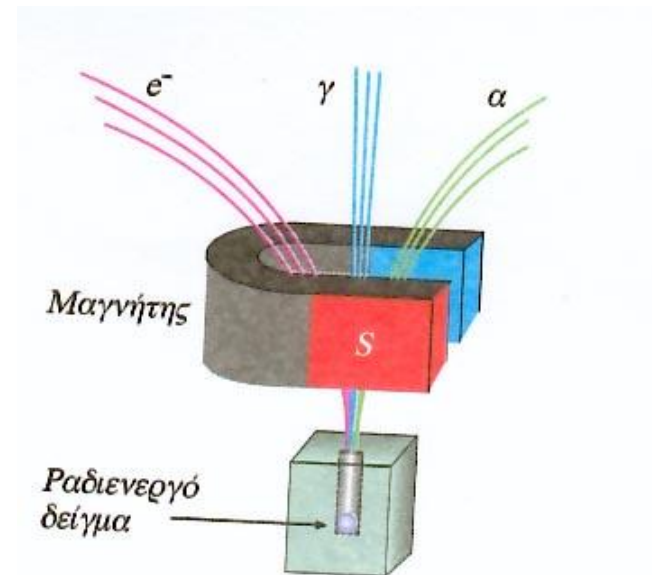
Αποκλίνει έντονα μέσα σε μαγνητικό πεδίο

Αποτελείται από θετικά φορτισμένα σωματίδια (ποζιτρόνια)

- **Ακτινοβολία γ**

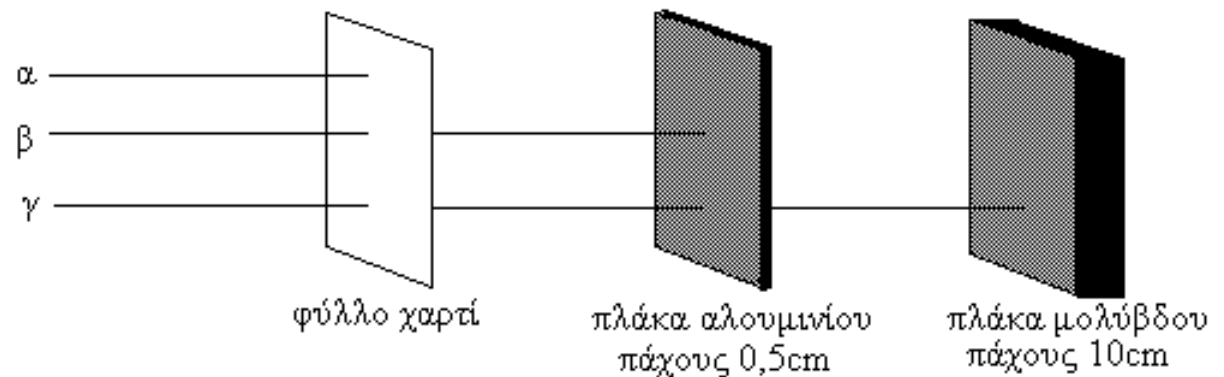
Δεν αποκλίνει μέσα σε μαγνητικό πεδίο

Είναι ηλεκτρομαγνητικής φύσης (φωτόνια)

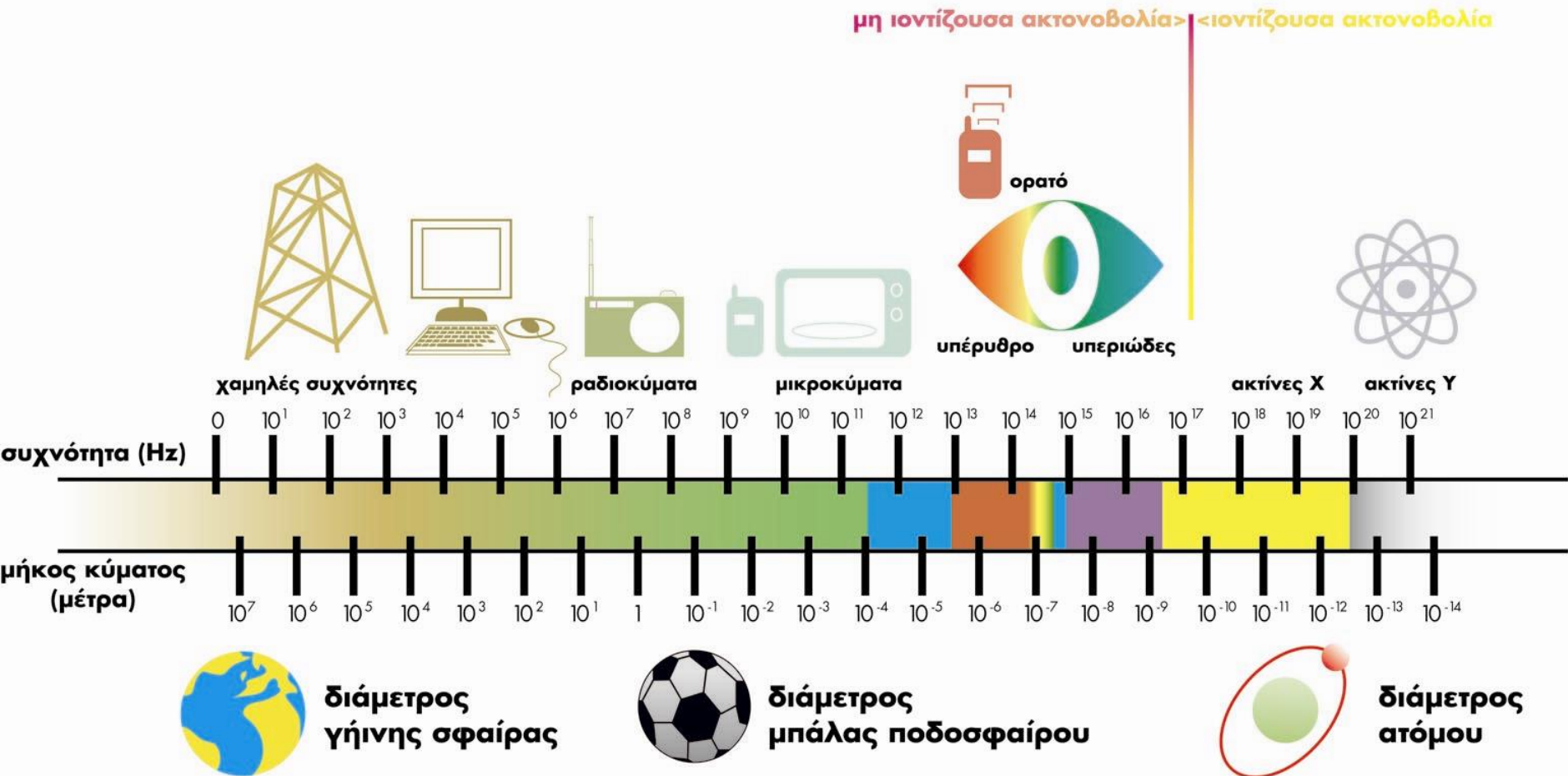


Διεσδυτική ικανότητα σωματίων α , β και γ

- Τα σωματία α μόλις που διαπερνούν ένα φύλλο χαρτί.
- Τα σωματία β διαπερνούν ένα φύλλο αλουμινίου πάχους μερικών χιλιοστών.
- Τα σωματίδια γ διαπερνούν αρκετά εκατοστά μολύβδου.
- Τα σωματία α και β αλληλεπιδρούν ηλεκτρικά με την ύλη χάνοντας σταδιακά την ενέργειά τους.
- Τα σωματία γ , είτε απορροφώνται από την ύλη, είτε περνούν μέσα από αυτή ανεπηρέαστα.



ΦΑΣΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ



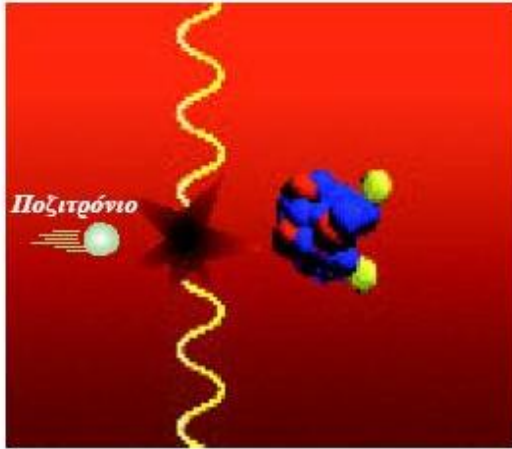
Χρήσεις της ακτινοβολίας



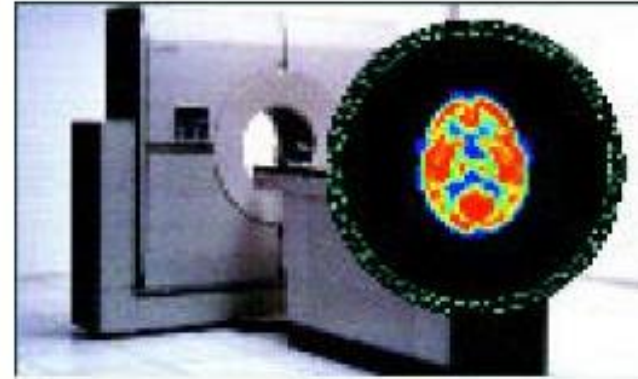
Οι ακτινοβολίες χρησιμοποιούνται στην Ιατρική για επιλεκτική καταστροφή ιστών, όπως είναι οι όγκοι. Ως πηγές χρησιμοποιούνται τεχνητά παραγόμενα ισότοπα. Ένα από τα πιο συνηθισμένα είναι το ^{60}C

3-33 Ακτινοβολία γ χρησιμοποιείται για καταστροφή καρκινικών κυττάρων. Υψηλή δόση εστιάζεται σε μικρή περιοχή με τη βοήθεια σκόπευσης με laser.

Χρήσεις της ακτινοβολίας



3-35 Ένα ποζιτρόνιο, που εκπέμπεται από το ισότοπο που έχει χορηγηθεί στον ασθενή, συγκρούεται με κάποιο ηλεκτρόνιο ατόμου και δημιουργούνται δύο φωτόνια, τα οποία καταγράφει η συσκευή PET.



3-36 Συσκευή τομογραφίας με εκπομπή ποζιτρονίου. Η εικόνα παριστάνει τομή εγκεφάλου σχηματισμένη από υπολογιστή, ο οποίος επεξεργάζεται τα δεδομένα της συσκευής.

Μια μέθοδος ιατρικής απεικόνισης, κυρίως του εγκεφάλου, είναι η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (**PET**). Με αυτή χορηγούνται στον ασθενή ισότοπα στοιχείων, όπως άνθρακα, οξυγόνου κτλ., που εκπέμπουν ποζιτρόνια με διάσπαση β. Όταν ένα ποζιτρόνιο εξαϋλώνεται μετά από σύγκρουση με ηλεκτρόνιο, εκπέμπονται δύο φωτόνια γ, που ανιχνεύονται από κυκλική διάταξη ανιχνευτών γύρω από το κεφάλι του ασθενούς. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια υπολογιστή, σχηματίζεται μια εικόνα εγκάρσιας τομής του εγκεφάλου.

Νόμος Ραδιενέργειας

Ο **Rutherford** (1900) παρατήρησε ότι η εκπομπή των ακτινοβολιών από διάφορα υλικά παρουσιάζει εκθετική μείωση με το χρόνο.

Ραδιενέργεια:

Ρυθμός Διάσπασης ή Ενεργότητα

$$R = \left| \frac{dN}{dt} \right| \Rightarrow R = \lambda \cdot N \Rightarrow R = \lambda \cdot N_o \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\Rightarrow R = R_o \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad (R_o = \lambda \cdot N_o)$$

λ ονομάζεται **σταθερά διάσπασης** και αποτελεί την πιθανότητα διάσπασης ενός οποιουδήποτε πυρήνα του ραδιενεργού στοιχείου.

Εξαρτάται μόνο από το ραδιενεργό στοιχείο.

Μονάδα μέτρησης

- 1 Curie (Ci)
- 1 Ci = $3,7 \times 10^{10}$ διασπάσεις/s
- 1 διάσπαση/s = 1 Bq
- 1 Ci = $3,7 \times 10^{10}$ Bq

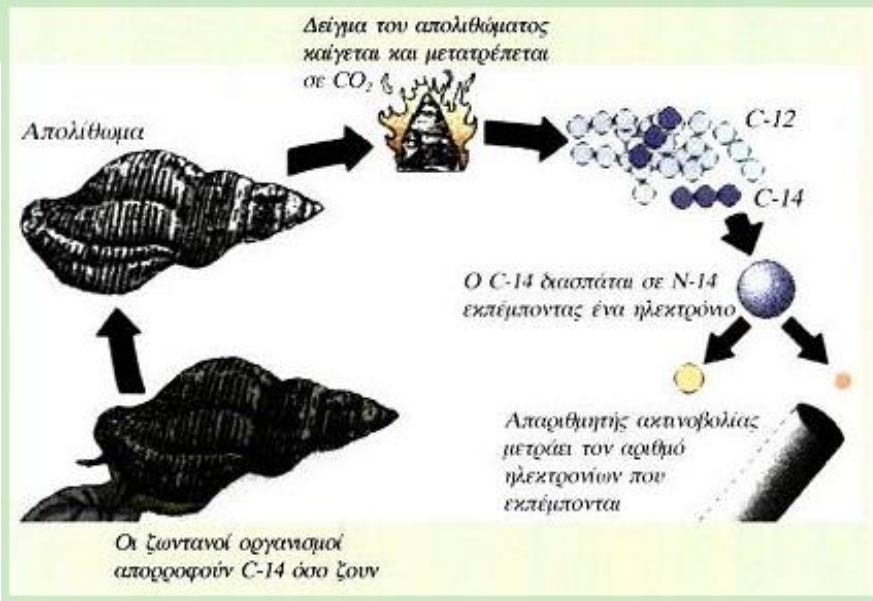
Χρόνος Ημιζωής (ή χρόνος υποδιπλασιασμού)

είναι ο χρόνος κατά τον οποίο το πλήθος των πυρήνων μειώνεται κατά το ήμισυ

$$(R = R_o/2)$$

Ραδιοχρονολόγηση

Η διάσπαση β του $^{14}_6\text{C}$ βρίσκει μία από τις πιο συνηθισμένες εφαρμογές στη χρονολόγηση οργανικών δειγμάτων. Ο $^{14}_6\text{C}$ δημιουργείται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας ως αποτέλεσμα πυρηνικών αντιδράσεων που προκαλούνται από σωματίδια της κοσμικής ακτινοβολίας. Η αναλογία του $^{14}_6\text{C}$ προς τον $^{12}_6\text{C}$ είναι σταθερή στην ατμόσφαιρα και ίση περίπου με $1,3 \times 10^{-12}$.



Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί έχουν την ίδια αναλογία του $^{14}_6\text{C}$ προς τον $^{12}_6\text{C}$ λόγω του ότι παίρνουν άνθρακα από το φυσικό τους περιβάλλον και αποβάλλουν συνεχώς διοξείδιο του άνθρακα στο περιβάλλον τους.

Όταν όμως ο οργανισμός πεθάνει, σταματάει να προσλαμβάνει άνθρακα και η αναλογία του $^{14}_6\text{C}$ προς τον $^{12}_6\text{C}$ ελαττώνεται ως αποτέλεσμα της διάσπασης β του $^{14}_6\text{C}$.

Μετρώντας σήμερα την ενεργότητα ανά μονάδα μάζας σε δείγματα από οργανικά υλικά, προσδιορίζουμε το ποσοστό του $^{14}_6\text{C}$ που έχει απομείνει και έτσι μπορούμε να προσδιορίσουμε και το χρονικό διάστημα που παρήλθε μετά το θάνατο του οργανισμού από τον οποίο προήλθε το οργανικό υλικό.

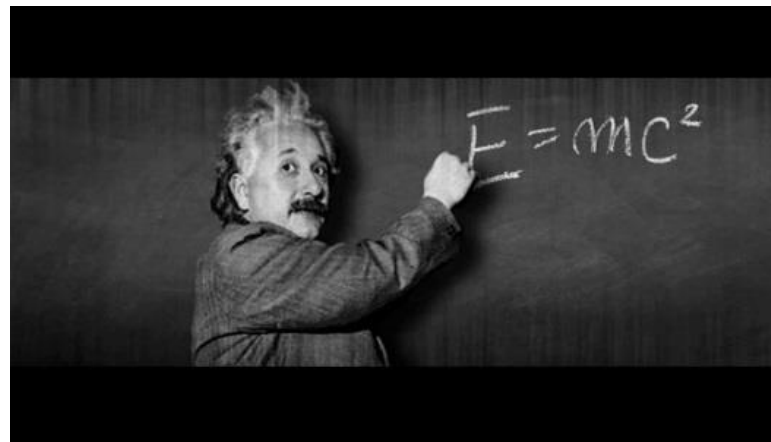
Παρόμοιες τεχνικές χρησιμοποιούνται και για τη χρονολόγηση γεωλογικών δειγμάτων. Αρχικά ένα πέτρωμα περιείχε μόνο το ισότοπο ^{40}K . Με την πάροδο του χρόνου η διάσπαση του ^{40}K έδωσε ^{40}Ar με χρόνο ημιζωής $1,28 \times 10^9$ χρόνια. Η ηλικία του πετρώματος βρίσκεται με σύγκριση των συγκεντρώσεων των στοιχείων ^{40}K και ^{40}AR .

Έλλειμμα μάζας
Ενέργεια σύνδεσης
Πυρηνικές δυνάμεις

Ισοδυναμία Μάζας - Ενέργειας

Σύμφωνα με τη θεωρία της σχετικότητας, η μάζα m οποιουδήποτε σώματος είναι ισοδύναμη με κάποια ποσότητα ενέργειας, όπως καθορίζεται από τη σχέση:

$$E = m \cdot c^2$$

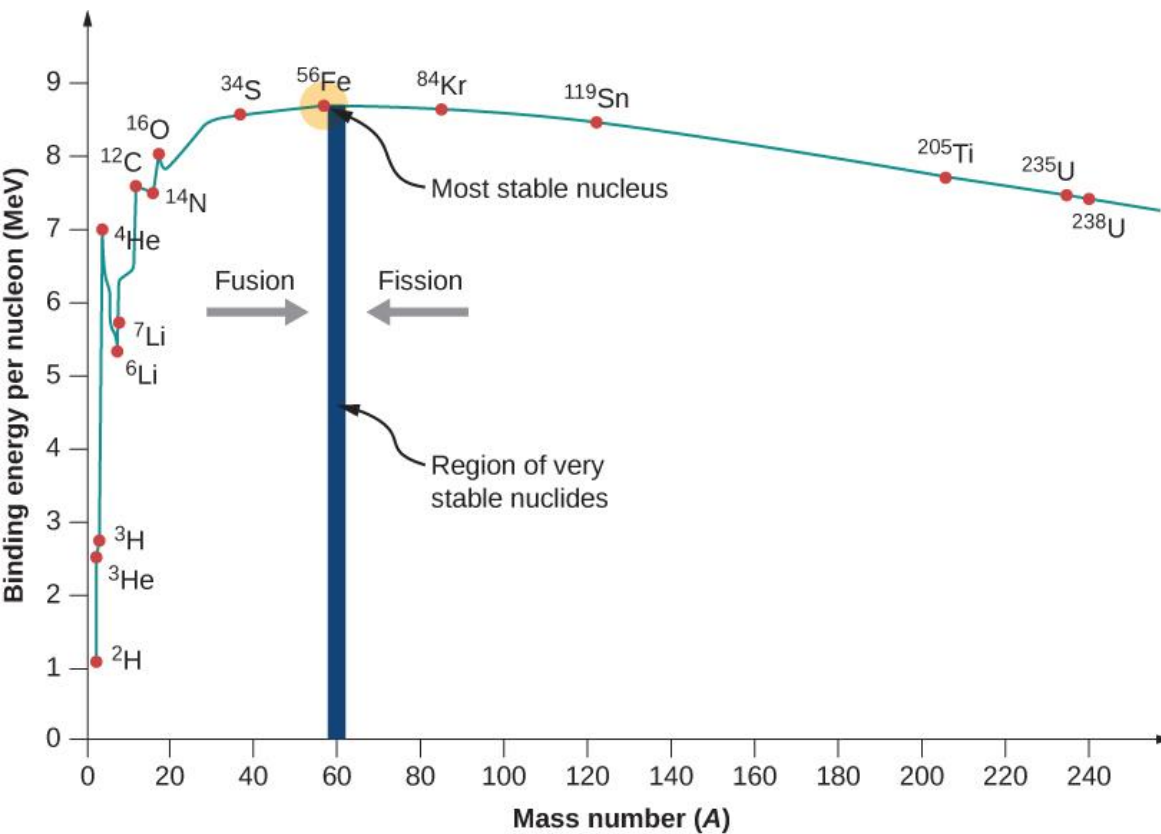


Ενέργεια Σύνδεσης ανά Νουκλεόνιο

Το πηλίκο της ενέργειας σύνδεσης ενός πυρήνα με το πλήθος των νουκλεονίων του ονομάζεται **Ενέργεια Σύνδεσης ανά Νουκλεόνιο**.

⇒ Η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο είναι **μέτρο της σταθερότητας** ενός πυρήνα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο, τόσο σταθερότερος είναι ο πυρήνας.

ΠΥΡΗΝΑΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ/νουκλεόνιο
	MeV	MeV/νουκλεόνιο
$^{12}_6\text{C}$	92,17	7,68
$^{16}_8\text{O}$	127,61	7,97
$^{28}_{14}\text{Si}$	236,93	8,46
$^{56}_{26}\text{Fe}$	492,25	8,79
$^{238}_{92}\text{U}$	1801,72	7,57



Η αιχμή της καμπύλης στο $A=4$ δείχνει την ιδιαίτερη σταθερότητα της δομής του σωματίου α .

Η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο στον πυρήνα, ως συνάρτηση του μαζικού αριθμού.

Όσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο τόσο σταθερότερος ενεργειακά είναι ο πυρήνας.

Η μπλε περιοχή είναι αυτή των πιο ευσταθών πυρήνων.

Όταν κάποιος πυρήνας πολύ μεγάλου μαζικού αριθμού διασπάται είτε αυθόρμητα είτε τεχνητά σε δύο άλλους πυρήνες μεσαίων μαζικών αριθμών (φαινόμενο **σχάσης**), η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο είναι μεγαλύτερη στους νέους πυρήνες που προκύπτουν.

Ομοίως όταν δύο ή περισσότεροι πολύ ελαφροί πυρήνες στο αριστερό μέρος της καμπύλης, συνενώνονται προς σχηματισμό ενός μεγαλύτερου με $A \leq 60$ (φαινόμενο **σύντηξης**), πάλι η ενέργεια σύνδεσης ανά νουκλεόνιο είναι μεγαλύτερη στο νέο πυρήνα που προκύπτει.

Συνεπώς στις διαδικασίες αυτές, οι πυρήνες που παράγονται είναι ενεργειακά σταθερότεροι και αποδεσμεύεται συνολικά ενέργεια, την οποία εκμεταλλευόμαστε.

Πυρηνικές Δυνάμεις

Είδαμε ότι τα νουκλεόνια βρίσκονται σε μια αέναη και αδιάκοπη κίνηση μέσα στον πυρήνα.

Εξαιτίας της κίνησης αυτής τα νουκλεόνια έχουν **μια τεράστια κινητική ενέργεια**, η οποία τείνει να τα διασκορπίσει προς τα έξω και επομένως να διαλύσει τον πυρήνα.

Επιπλέον τα πρωτόνια στον πυρήνα υφίστανται **την αμοιβαία ηλεκτρική άπωση**, η οποία τείνει επίσης να τα εκδιώξει από τον πυρήνα.

Τότε τι είναι, εκείνο που συγκρατεί το πυρηνικό «τσαμπί» ενιαίο;

Καταλήγουμε λοιπόν ότι μια και υπάρχουν πυρήνες, θα πρέπει να υπάρχει και μία άλλη δύναμη, ισχυρότατα ελκτική, που θα υπερνικά την ηλεκτρική άπωση και την τάση που έχουν τα νουκλεόνια να διασκορπιστούν λόγω της έντονης κίνησής τους. Μία τέτοια δύναμη πράγματι υπάρχει και είναι γνωστή με το όνομα **ισχυρή πυρηνική δύναμη**.

Οι ισχυρές πυρηνικές δυνάμεις έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- ❶ Είναι πάντα ελκτικές
- ❷ Είναι πολύ ισχυρές
- ❸ Δεν κάνουν διάκριση μεταξύ νουκλεονίων. Αναπτύσσονται δηλαδή και μεταξύ δύο πρωτονίων, και μεταξύ δύο νετρονίων, και μεταξύ ενός πρωτονίου κι ενός νετρονίου.
- ❹ Αναπτύσσονται μόνο μεταξύ γειτονικών νουκλεονίων. Όταν η απόσταση μεταξύ των κέντρων δύο νουκλεονίων είναι μεγαλύτερη από $4 \cdot 10^{-15} \text{ m}$, η πυρηνική δύναμη είναι σχεδόν μηδέν.

Στο γήινο περιβάλλον και στον κόσμο γύρω μας, που γίνεται άμεσα αντιληπτός, οι πυρήνες σχεδόν ποτέ δεν πλησιάζουν ο ένας τον άλλο, γιατί οι ηλεκτρικές απώσεις δεν τους αφήνουν. Έτσι η ισχυρή πυρηνική δύναμη, που δρα μόνο «εξ επαφής», δεν γίνεται εύκολα αισθητή ούτε και επηρεάζει άμεσα τα μακροσκοπικά φαινόμενα.

Υποψιαστήκαμε για πρώτη φορά την ύπαρξή της, μόνο όταν μπορέσαμε με κατάλληλους επιταχυντές να δώσουμε υψηλές κινητικές ενέργειες σε πυρήνες κυρίως ελαφρούς, ώστε να μπορέσουν να υπερνικήσουν το φράγμα των ηλεκτρικών απώσεων και να πλησιάσουν σε απόσταση λιγότερη από $2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ άλλους πυρήνες. Έτσι καταφέραμε να αλληλεπιδράσουν οι δύο πυρήνες και να σχηματιστούν νέοι πυρήνες.

Διασπάσεις Σχάση-Σύντηξη

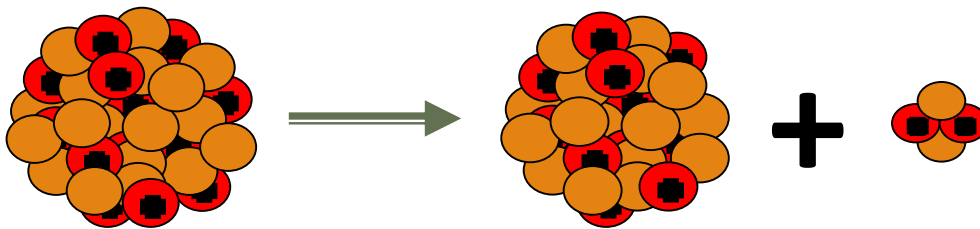
Πυρηνικές Αντιδράσεις

Σε μια πυρηνική αντίδραση Ισχύει η

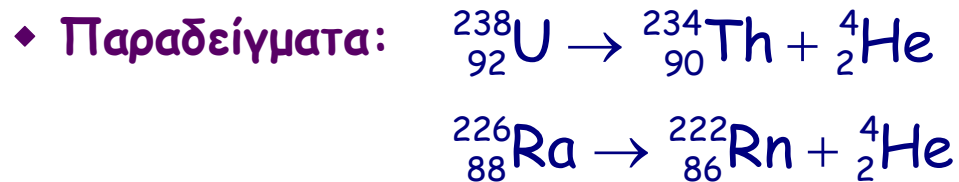
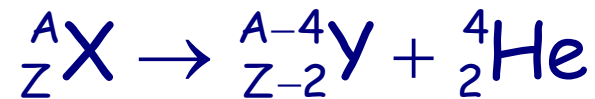
- Αρχή Διατήρησης των Νουκλεονίων
- Αρχή Διατήρησης Λεπτονίων
- Αρχή Διατήρησης του Φορτίου
- Αρχή Διατήρησης της Ορμής
- Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας

Διάσπαση α

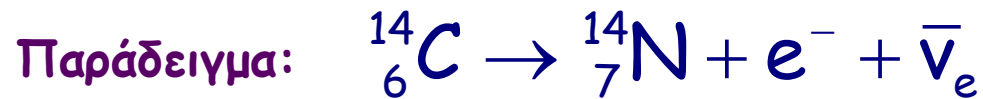
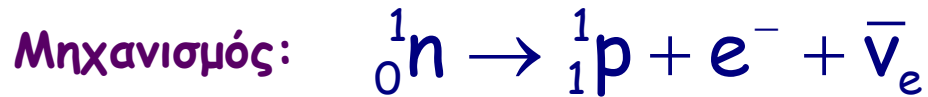
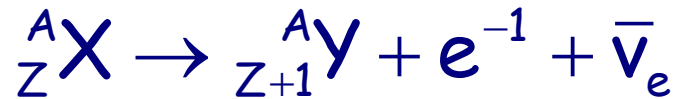
Στη διάσπαση α, ένας βαρύς πυρήνας (μητρικός) διασπάται σε έναν μικρότερο (θυγατρικός) και ένα σωματίο α. **Το σωματίο α είναι πυρήνας Ηλίου.**



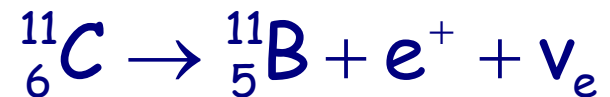
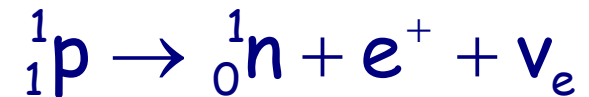
Αρχή Διατήρησης του Φορτίου
Αρχή Διατήρησης των Νουκλεονίων



Διάσπαση β^-



Διάσπαση β^+



⇒ Τα εκπεμπόμενα ηλεκτρόνια δεν προϋπάρχουν στον πυρήνα. Η δημιουργία τους επιβάλλεται από την αρχή διατήρησης του φορτίου.

Αρχή Διατήρησης του Φορτίου

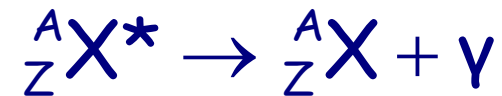
Αρχή Διατήρησης των Νουκλεονίων

Αρχή Διατήρησης των Λεπτονίων

Το ποζιτρόνιο (e^+), είναι το αντισωματίο του ηλεκτρονίου. Είναι όμοιο με το ηλεκτρόνιο αλλά έχει θετικό φορτίο.

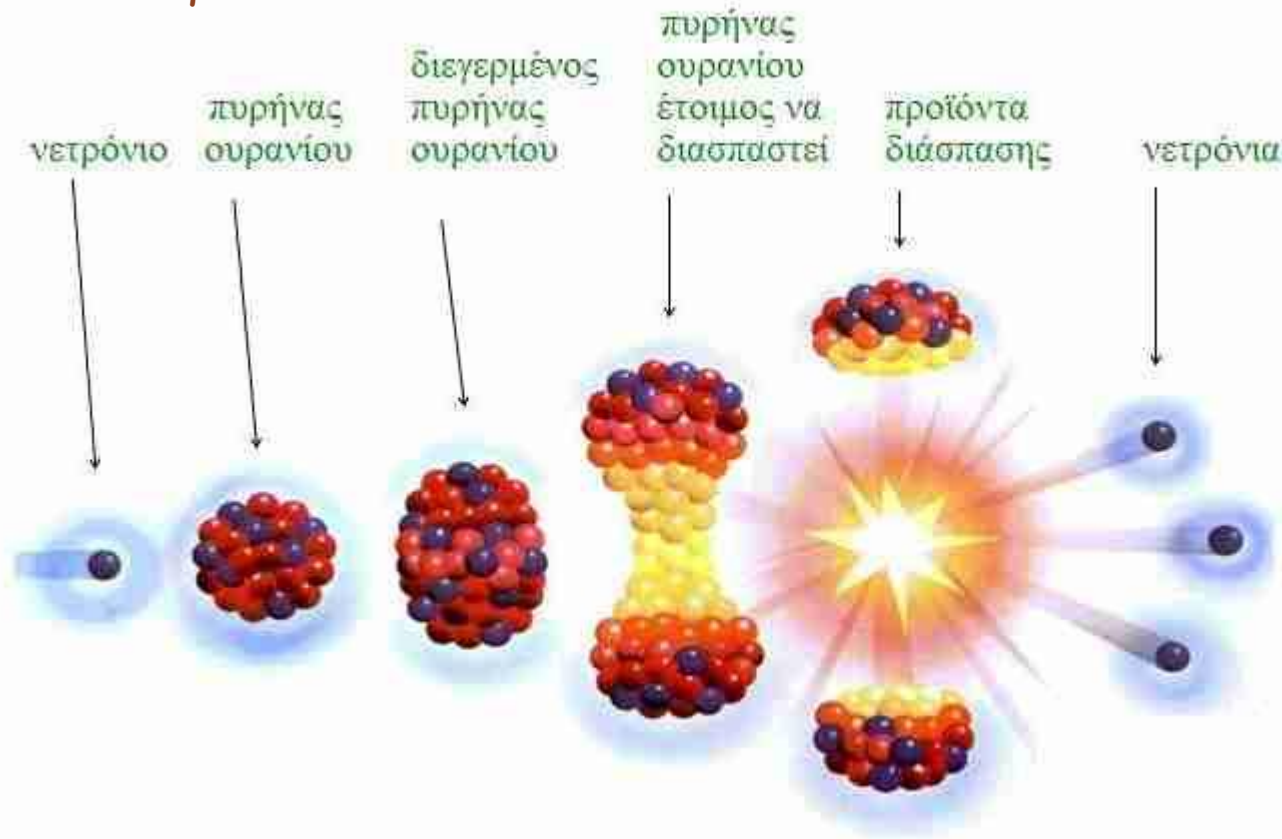
Διάσπαση γ

Οι ακτίνες γ είναι φωτόνια τα οποία εκπέμπονται όταν ένας πυρήνας μεταπίπτει από μια διεγερμένη ενεργειακή στάθμη σε μια άλλη στάθμη χαμηλότερης ενέργειας.



Σχάση

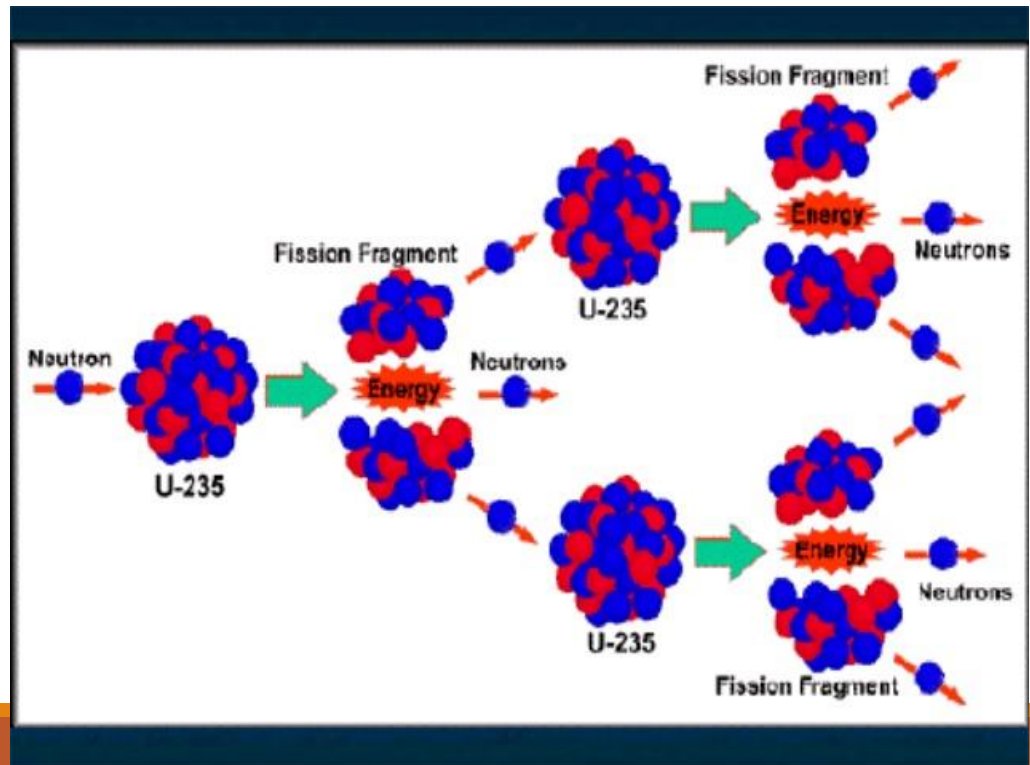
Κατά τη **σχάση**, ένα βραδέως κινούμενο νετρόνιο πέφτει πάνω σε ένα βαρύ πυρήνα και τότε αυτός διασπάται σε δύο μικρότερους πυρήνες, αποδεσμεύοντας ενέργεια και νετρόνια.



Σχάση

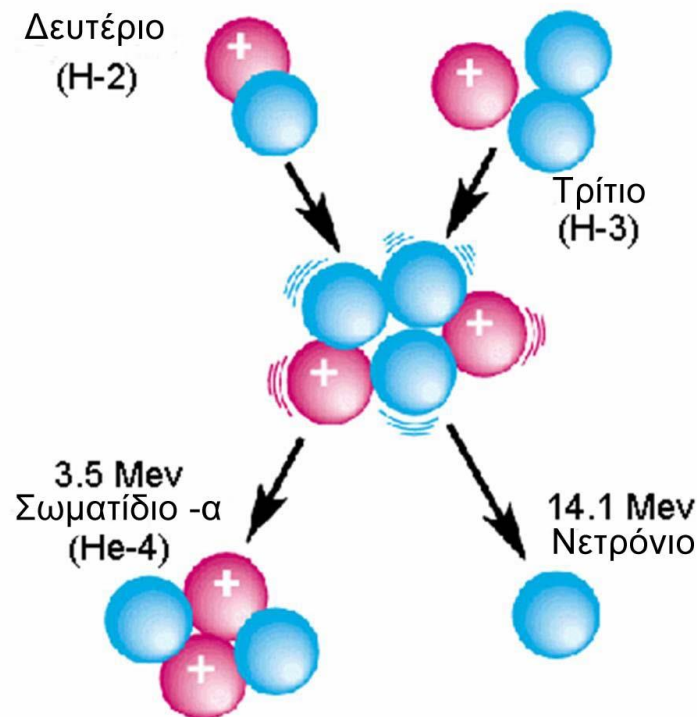
Τα νετρόνια που παράγονται προκαλούν τη σχάση και άλλων πυρήνων. Έτσι, ξεκινά μια **αλυσιδωτή αντίδραση** που αν δεν ελεγχθεί ελευθερώνει τεράστια ποσά ενέργειας (ατομική βόμβα).

⇒ Σ' έναν πυρηνικό αντιδραστήρα, ο αριθμός των νετρονίων που προκαλούν νέες σχάσεις είναι ελεγχόμενος.



Σύντηξη

Κάτω από ορισμένες συνθήκες, δύο ελαφροί πυρήνες μπορούν να συνενωθούν και να προκύψει ένας βαρύτερος και σταθερότερος πυρήνας. Η διαδικασία αυτή λέγεται **σύντηξη**.



Σύντηξη

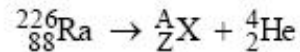
Για να γίνει σύντηξη πρέπει να πλησιάσουν πολύ οι πυρήνες, ώστε να δράσουν οι πυρηνικές δυνάμεις. Για να υπερνικηθούν όμως οι ηλεκτρικές απώσεις πρέπει να κινούνται με μεγάλες ταχύτητες. Αυτό όμως συμβαίνει σε περιβάλλον στο οποίο επικρατούν πολύ μεγάλες θερμοκρασίες, της τάξης των 10^8 K. Τέτοιες θερμοκρασίες υπάρχουν στα άστρα και οι αντιδράσεις αυτού του τύπου ονομάζονται θερμοπυρηνικές αντιδράσεις. Σε τέτοιες θερμοκρασίες τα άτομα έχουν χάσει τα ηλεκτρόνιά τους. Η κατάσταση αυτή, στην οποία συνυπάρχουν πυρήνες και ηλεκτρόνια, ονομάζεται πλάσμα.

ΔΙΑΣΠΑΣΕΙΣ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3 - 5

Ο πυρήνας ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ διασπάται με εκπομπή σωματίου α .
Ποιος θυγατρικός πυρήνας σχηματίζεται;

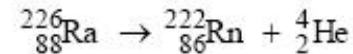
ΛΥΣΗ Η διάσπαση μπορεί να γραφεί ως εξής:



Η σύγκριση των ατομικών και μαζικών αριθμών δεξιά και αριστερά του βέλους μάς δείχνει ότι ο θυγατρικός

πυρήνας έχει $Z=86$ και $A=222$.

Ο πυρήνας που αντιστοιχεί στα στοιχεία αυτά είναι του ραδονίου ${}^{222}_{86}\text{Rn}$. Έτσι η διάσπαση είναι:



Περιοδικός Πίνακας Χημικών Στοιχείων

1 1 H Υδρογόνο 1.00794	2 2 He Ήλιο 4.002602											13 III A	14 IV A	15 V A	16 VI A	17 VII A	18 VIII A 2 Ne Νέον 20.1797
3 3 Li Λίθιο 6.941	4 4 Be Βηρύλλιο 9.012182											5 5 B Βόριο 10.811	6 6 C Ανθράκας 12.0107	7 7 N Άζωτο 14.00674	8 8 O Οξυγόνο 15.9994	9 9 F Φθόριο 18.9984032	10 10 Ne Νέον 20.1797
11 3 Na Νάτριο 22.989770	12 4 Mg Μαγνήσιο 24.3050	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 III B	14 IV B	15 V B	16 VI B	17 VII B	18 VIII B 2 Ar Αργό 39.948
19 4 K Κάλιο 39.0983	20 4 Ca Καλσίο 40.078	21 5 Sc Σκόνδιο 44.955910	22 5 Ti Τίτανο 47.867	23 5 V Βανάδιο 50.9415	24 5 Cr Χρώμιο 51.9961	25 5 Mn Μαγγάνιο 54.938049	26 5 Fe Σίδηρος 55.8457	27 5 Co Κοβάλτιο 58.933200	28 5 Ni Νικέλιο 58.6934	29 5 Cu Κυάλιο 63.546	30 5 Zn Ζηνκός 65.409	31 6 Ga Γαλίο 69.723	32 6 Ge Γερμάνιο 72.64	33 6 As Αρσενικό 74.92160	34 6 Se Σελήνιο 78.96	35 6 Br Βρώμιο 79.904	36 6 Kr Κρυπτό 83.796
37 5 Rb Ρουβίδιο 85.4678	38 5 Sr Στρώντιο 87.62	39 5 Y Ύτριο 88.90585	40 6 Zr Ζιρόνιο 91.224	41 6 Nb Νίβιο 92.90638	42 6 Mo Μολυβδένιο 95.94	43 6 Tc Τεχνήσιο (98)	44 6 Ru Ρουθίνιο 101.07	45 6 Rh Ρόδιο 102.90550	46 6 Pd Παλάδιο 106.42	47 6 Ag Άργυρος 107.8682	48 6 Cd Κάδμιο 112.411	49 6 In Ινδίο 114.818	50 6 Sn Κασσίτερος 118.710	51 6 Sb Αντιμόνιο 121.760	52 6 Te Τελουρίο 127.60	53 6 I Ιώδιο 126.90447	54 6 Xe Ξένο 131.293
55 6 Cs Καίσιο 132.90545	56 6 Ba Βάριο 137.327	57 to 71	72 7 Hf Ήφιο 178.49	73 7 Ta Ταντάλιο 180.9479	74 7 W Βολφράμιο 183.84	75 7 Re Ρένιο 186.207	76 7 Os Όσμιο 190.23	77 7 Ir Ιρίδιο 192.217	78 7 Pt Πλατίνος 195.078	79 7 Au Χρυσός 196.96655	80 7 Hg Υδράργυρος 200.59	81 7 Tl Θάλλιο 204.3833	82 7 Pb Μολύβδος 207.2	83 7 Bi Βισμούριο 208.98038	84 7 Po Πολώνιο (209)	85 7 At Άστατο (210)	86 7 Rn Ραδόνιο (222)
87 7 Fr Φράνσιο (223)	88 7 Ra Ραδίο (226)	89 to 103	104 8 Rf Ρεφουράριο (261)	105 8 Db Ντομπρόνιο (262)	106 8 Sg Σιμπόργιο (266)	107 8 Bh Μπέρκλιο (264)	108 8 Hs Χάσιο (289)	109 8 Mt Μαϊτνέριο (268)	110 8 Ds Νταρσβασίο (271)	111 8 Rg Ρεντγκενίο (272)	112 8 Uub Ununbium (285)	113 8 Uut Ununtrium (284)	114 8 Uuq Ununquadium (289)	115 8 Uup Ununpentium (288)	116 8 Uuh Ununhexium (292)	117 8 Uus Ununseptium	118 8 Uuo Ununoctium

Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.

Design Copyright © 1997 Michael Dayah (michael@dayah.com) http://www.dayah.com/periodic

Note: The subgroup numbers 1-18 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the Latin equivalents of those numbers.

57 7 La Λανθάνιο 138.9055	58 7 Ce Διπρόριο 140.116	59 7 Pr Προσπέρσιο 140.90765	60 7 Nd Νεοδύμιο 144.24	61 7 Pm Προμθείο (145)	62 7 Sm Σαμάριο 150.36	63 7 Eu Ευρώπιο 151.964	64 7 Gd Γαδολίνιο 157.25	65 7 Tb Τέρβιο 158.92534	66 7 Dy Δυσπρόσιο 162.500	67 7 Ho Όλλιο 164.93032	68 7 Er Ερβίο 167.259	69 7 Tm Θούλιο 168.93421	70 7 Yb Υπέρβιο 173.04	71 7 Lu Λουθίο 174.967
89 8 Ac Ακτινίο (227)	90 8 Th Θόριο 232.0381	91 8 Pa Πρωτακτινίο 231.03688	92 8 U Ουράνιο 238.02891	93 8 Np Νεπτεριδίο (237)	94 8 Pu Πλουτωνίο (244)	95 8 Am Αμερίκιο (243)	96 8 Cm Κιούριο (247)	97 8 Bk Μπκερίλιο (247)	98 8 Cf Καλιφόρνιο (251)	99 8 Es Αινσάινιο (252)	100 8 Fm Φέρμιο (257)	101 8 Md Μεντελέβιο (288)	102 8 No Νομπόλιο (289)	103 8 Lr Λαορέντιο (262)

Βιβλιογραφία παρουσίασης

1. Hugh D. Young, Πανεπιστημιακή Φυσική, Όγδοη έκδοση, Τόμος Β' «Ηλεκτρομαγνητισμός-Οπτική-Σύγχρονη Φυσική», Εκδόσεις Παπαζήση
2. Φυσική Γ' Γενικού Λυκείου (Γενικής Παιδείας)
3. Ζαχαρούλης Αχιλλέας, Φυσική