

Ραδιενέργεια

Ένα τρομακτικό όπλο ή ένα μέσον για την έρευνα και για καλλίτερη ποιότητα ζωής;

Για πόσο μεγάλες ενέργειες μιλάμε;

Ραδιενέργεια

- 1896: Ανακάλυψη από τον Henry Becquerel (βραβείο Nobel 1903) εκπομπής ακτινοβολίας από ορυκτά του ουρανίου.
- Ραδιενεργά στοιχεία:
τα στοιχεία με ατομικό αριθμό > 82 (πρόκειται για μεγάλους πυρήνες). Στους πυρήνες αυτούς, λόγω του μεγέθους τους, η ισχυρή αλληλεπίδραση (ελκτική δύναμη μεταξύ των πρωτονίων) εξασθενεί. Η δύναμη αυτή είναι ισχυρή μόνον για μικρές αποστάσεις, ενώ εξασθενεί και σχεδόν μηδενίζεται για αποστάσεις μεγαλύτερες των 10^{-15} m.
- Εκπεμπόμενη ακτινοβολία υπό μορφή
 1. σωματίων α (alpha)-πυρήνες ηλίου (φορτίο $+2e$, μαζικός αριθμός 4)*
 2. σωματίων β (beta)- ηλεκτρόνια
 3. ακτίνων γ (gamma)-ακτινοβολία πολύ μικρού μήκους κύματος

Η ακτινοβολία που εκπέμπεται από ραδιενεργά στοιχεία δεν οφείλεται σε μεταβολές στις ενεργειακές καταστάσεις των ηλεκτρονίων των ατόμων, αλλά σε μεταβολές που συμβαίνουν στον πυρήνα του ατόμου. Εφόσον τα εκπεμπόμενα σωματάρια έχουν φορτίο (σωμάτια α και β) και μάζα (σωμάτια α), ο πυρήνας μετά την διάσπαση (θυγατρικός) είναι διαφορετικός από τον μητρικό, δηλαδή κατά την διάσπαση γίνεται μεταστοιχείωση.

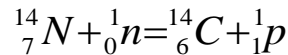
Η ενέργεια που αντιστοιχεί στο σωματάρια α (μάζας 6.644656×10^{-27} kg) είναι 3.72738 GeV, η ενέργεια που μεταφέρεται από τις ακτίνες β κυμαίνεται μεταξύ δεκάτου και μερικών MeV και η ενέργεια των ακτίνων γ μεταξύ 10 keV και 5 MeV. Συγκρίνοντας με την ενέργεια των ακτίνων X (μαλακές ακτίνες 120 eV-12 keV, σκληρές ακτίνες 12 keV -120 keV) και την ενέργεια της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας στην περιοχή του ορατού από διηγεργμένα άτομα που είναι της τάξεως του eV, γίνονται σαφείς οι δυνατότητες που προσφέρει η πυρηνική ενέργεια, αλλά και ο φόβος που μπορεί να προκαλέσει.

*μαζικός αριθμός = ο ακέραιος αριθμός προς τον οποίο προσεγγίζει το ατομικό βάρος κάθε ισοτόπου ενός στοιχείου.

Ραδιενεργά ισότοπα

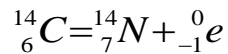
Εκτός από τους ραδιενεργούς πυρήνες που είναι ασταθείς και διασπώνται αυτόματα, είναι δυνατόν να διασπασθούν και σταθεροί πυρήνες αρκεί να βομβαρδισθούν με κινούμενα σωμάτια. Τα σωμάτια εισερχόμενα στον πυρήνα και ενσωματούμενα με αυτόν, είναι δυνατόν, υπό ωρισμένες προϋποθέσεις, να προκαλέσουν διάσπαση του πυρήνα (τεχνητή διάσπαση) προκαλώντας έτσι τεχνητές μεταστοιχειώσεις. Αν το σωμάτιο που εισέρχεται στον πυρήνα είναι φορτισμένο, τότε πρέπει να έχει μεγάλη κινητική ενέργεια για να υπερνικήσει τις απωστικές δυνάμεις. Για την περίπτωση που τα κινούμενα σωμάτια είναι νετρόνια δεν απαιτούνται μεγάλες ταχύτητες. Αντίθετα, όσο μικρότερη είναι η ταχύτητα ενός νετρονίου τόσο ευκολότερα ενσωματώνεται στον πυρήνα.

Σε ωρισμένες πυρηνικές αντιδράσεις παράγονται μετά την διάσπαση πυρήνες που δεν είναι σταθεροί, αλλά διασπώνται και αυτοί με την πάροδο του χρόνου όπως οι φυσικοί ραδιενεργοί πυρήνες. Τα τεχνητά αυτά ραδιενεργά στοιχεία λέγονται ραδιενεργά ισότοπα γιατί είναι ισότοπα* σταθερών στοιχείων που υπάρχουν στη φύση. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο ραδιενεργός άνθρακας 14, ο οποίος παράγεται με βομβαρδισμό πυρήνα αζώτου με νετρόνια:



Ο άνθρακας ευρίσκεται στη φύση υπό μορφή δύο σταθερών ισοτόπων του ${}^{12}_6C$ και του ${}^{13}_6C$.

Ο πυρήνας του ισοτόπου ${}^{14}_6C$ δεν είναι σταθερός και διασπάται εκπέμποντας ένα σωμάτιο β μετατρέπόμενος σε συνηθισμένο άζωτο:



*Ισότοπα ενός στοιχείου ονομάζονται άτομα με τον ίδιο αριθμό πρωτονίων, αλλά διαφορετικό αριθμό νετρονίων.

Νόμος των ραδιενεργών μετατροπών-χρόνος υποδιπλασιασμού

Πειραματικά έχει προκύψει ότι ο αριθμός dn των πυρήνων που διασπώνται σε χρονικό διάστημα dt θα είναι ανάλογος του αριθμού των πυρήνων που υπάρχουν εκείνη την στιγμή και επίσης ανάλογος του dt :

$$dn = -\lambda \cdot n \cdot dt \quad (1)$$

από όπου προκύπτει ο νόμος των ραδιενεργών μετατροπών:

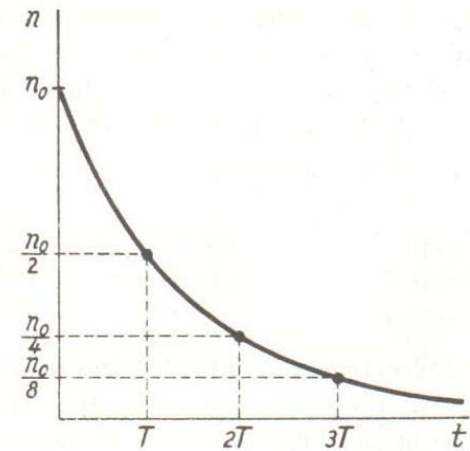
$$n = n_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

λ σταθερά διασπάσεως εξαρτώμενη μόνον από το είδος των διασπωμένων πυρήνων.

Η εξίσωση (2) παριστάνεται γραφικά στο Σχήμα 1.

Για χρόνο $t = 1/\lambda \rightarrow n = n_0/e$

Ο χρόνος αυτός ονομάζεται μέσος χρόνος ζωής του πυρήνα, ενώ σαν χρόνος υποδιπλασιασμού ορίζεται ο χρόνος που απαιτείται ώστε οι πυρήνες να ελαττωθούν κατά $n_0/2$.



Σχήμα 1

Πυρηνικοί αντιδραστήρες

Εκτός από διάσπαση κατά την οποία ένα τουλάχιστον των προϊόντων της διάσπασης είναι στοιχειώδες σωματίο, μπορεί να παρατηρηθή και διάσπαση ενός πυρήνα σε δύο μεγάλα περίπου ίσα μέρη, που ονομάζεται σχάση, με αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλου ποσού ενέργειας.

Η σχάση ενός πυρήνα μπορεί να προκληθή μετά από βομβαρδισμό με βραδέα νετρόνια. Αν κατά την σχάση παραχθούν δευτερογενή νετρόνια τότε, εφόσον στο χώρο υπάρχουν όμοιοι πυρήνες, θα προκληθούν νέες σχάσεις με τελικό αποτέλεσμα μια αλυσιδωτή αντίδραση. Έτσι, εφόσον υπάρχει μία κρίσιμη ποσότητα υλικού, δεν απαιτείται συνεχής βομβαρδισμός με νετρόνια εξωτερικά. Αν η ποσότητα είναι πολύ μεγαλύτερη από την κρίσιμη, η αλυσιδωτή αντίδραση μπορεί να καταλήξει σε έκρηξη. Στους αντιδραστήρες έχουμε ελεγχόμενες αλυσιδωτές αντιδράσεις με έντονη παραγωγή θερμότητας, που μπορεί να χρησιμοποιηθή για παραγωγή ατμού και στη συνέχεια ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω ατμοστρόβιλου-ηλεκτρικής γεννήτριας.

Ο μεγάλος αριθμός νετρονίων χρησιμεύει για την παραγωγή ραδιενεργών ισοτόπων.

Χρήσεις ραδιοϊσοτόπων

1. Ιχνηθέτες

Η παρουσία ραδιοϊσοτόπου ανιχνεύεται εύκολα μέσω της ακτινοβολίας που εκπέμπει.

Χημεία και Ιατρική: Ραδιενεργός άνθρακας σε πειράματα.

Γεωργία: Ραδιενεργός φωσφόρος σε λιπάσματα

Βιομηχανία: Παρακολούθηση της φθοράς σε μηχανές. Μεταλλικά κινούμενα τμήματα μηχανών γίνονται ραδιενεργά με βομβαρδισμό, οπότε οι παραγόμενοι μικροί κόκκοι μετάλλου λόγω φθοράς, ανιχνεύονται εύκολα.

2. Έλεγχος πάχους μέσω μέτρησης της απορρόφησης ακτινοβολίας.

3. Χρονολόγηση

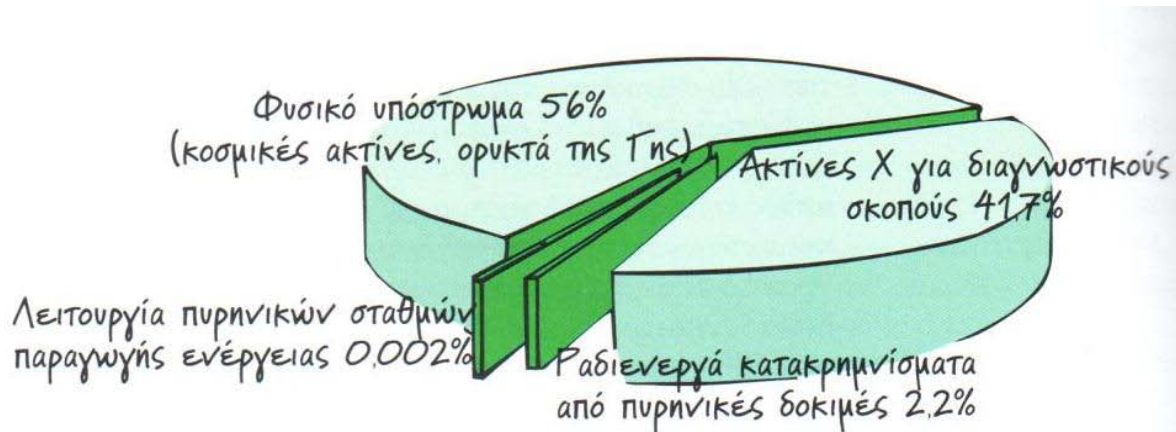
Αρχαιολογία: Μέτρηση του ποσοστού ραδιενεργού άνθρακα που περιέχεται σε ένα νεκρό φυτικό ή ζωικό οργανισμό. Ο χρόνος υποδιπλασιασμού του ραδιενεργού άνθρακα (5760 χρόνια) επιτρέπει χρονολόγηση μέχρι και 50.000 χρόνων.

Χρονολόγηση αντικειμένων πέραν των οργανισμών με βάση την περιεκτικότητά τους σε ισότοπα τα οποία προέρχονται από διασπάσεις φυσικών ισοτόπων που επιτελούνται με γνωστό ρυθμό.

Βιολογική δράση ακτινοβολιών

- Θεραπεία: Καταστροφή όγκων
- Βλάβες: Σοβαρά εγκαύματα, αλλοιώσεις του αίματος.
- Μεταλλάξεις: Μεταβολές στα γονίδια

Προέλευση ακτινοβολίας που δέχεται ο μέσος κάτοικος των ΗΠΑ



Είναι σαφές ότι η ακτινοβολία η προερχόμενη από πυρηνικούς σταθμούς και πυρηνικές δοκιμές είναι αμελητέα σε σύγκριση με ακτινοβολίες προερχόμενες από το φυσικό υπόστρωμα και ακτίνες X.

Ατομική βόμβα



Αποτέλεσμα αλυσιδωτών αντιδράσεων ουρανίου ^{235}U και πλουτωνίου ^{239}Pu . Το υλικό (ποσότητας μεγαλύτερης από την κρίσιμη) είναι χωρισμένο σε δύο μέρη, κάθε ένα των οποίων είναι μικρότερο από την κρίσιμη ποσότητα, ώστε να μην προκληθεί πρόωρη έκρηξη της βόμβας. Όταν τα δύο τμήματα έρθουν σε επαφή, παρουσία νετρονίων, ακολουθεί αλυσιδωτή αντίδραση που καταλήγει σε έκρηξη.

Αποτελέσματα: Ελευθερούνται τόσο μεγάλη ενέργεια ώστε η θερμοκρασία στο κέντρο του παραγομένου νέφους να είναι μερικά εκατομμύρια βαθμοί Κελσίου, ενώ στα εξωτερικά στρώματα του νέφους φθάνει τους 50.000 βαθμούς Κελσίου. Έτσι, η έκρηξη συνοδεύεται από ισχυρή θερμική ακτινοβολία. Ταυτόχρονα, δημιουργούνται τεράστιες πιέσεις ενώ, παράγεται και έντονη ακτινοβολία γ .

Πυρηνικά ατυχήματα

1979 Three mile island (ΗΠΑ)

1986 Chernobyl (ΕΣΣΔ)

2011 Fukushima (Ιαπωνία)

Πηγές

- Κ. Δ. Αλεξοπούλου: Γενική Φυσική - Ατομική και Πυρηνική Φυσική.
- Paul G. Hewitt: Οι έννοιες της Φυσικής.
- Google images.