

Η/Μ ακτινοβολία - ακτίνες γ

- Η ακτινοβολία γ παράγεται από διεγερμένους πυρήνες κατά τη μετάπτωσή τους σε χαμηλότερα ενεργειακά επίπεδα.

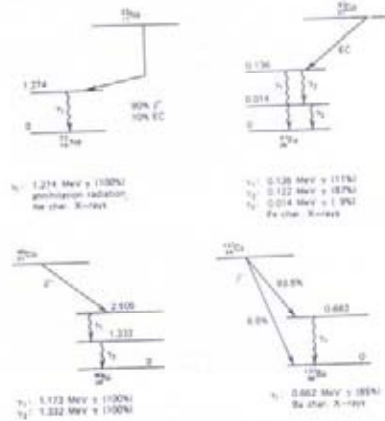


Figure 1.3 Decay schemes for some common gamma-ray emitting isotopes. Only major transitions are shown. The energies and yields per disintegration of X- and gamma rays emitted in each decay are listed below the diagram. (Data from Lederer and Shirley.)

Γ. Τσιπολίτης

Η/Μ ακτινοβολία - ακτίνες γ

- Οι β διάσπαση είναι αργή διαδικασία με χρόνο ημιζωής μερικές εκατοντάδες ημέρες ή και περισσότερο ενώ οι διεγερμένες πυρηνικές καταστάσεις έχουν χρόνο ημιζωής $< \mu\text{s}$. Άρα οι ακτίνες γ παρουσιάζονται με χρόνο ημιζωής που είναι της β-διάσπασης.
- Λόγω του ότι οι πυρηνικές στάθμες έχουν πολύ καλά καθορισμένες ενέργειες
- Οι συνήθεις πηγές έχουν ενέργειες $< 2,8 \text{ MeV}$.

Γ. Τσιπολίτης

Ακτινοβολία από εξαΰλωση

- Όταν ένας πυρήνας διασπάται μέσω β^+ διάσπασης τότε το β^+ μπορεί να κάνει ένα positronium με κάποιο ηλεκτρόνιο από το υλικό που περιβάλλει την πηγή. Το positronium διασπάται κατά κανόνα σε 2 φωτόνια ενέργειας 511 keV που κατευθύνονται σε αντίθετες κατευθύνσεις.
- Τα φωτόνια των 511 keV εμφανίζονται μαζί με ότι άλλες ακτίνες γ προέρχονται από την πηγή.
- πχ. το ^{22}Na δίνει φωτόνια 511 keV και 1274 keV

Γ. Τσιπολίτης

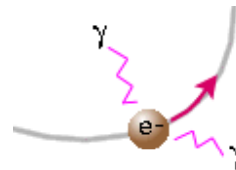
Bremsstrahlung

- Όταν γρήγορα ηλεκτρόνια αλληλεπιδρούν με την ύλη τότε μέρος της ενέργειάς τους μετατρέπεται σε Η/Μ ακτινοβολία με την μορφή της ακτινοβολίας πέδησης (bremsstrahlung).
- Το ποσοστό της ακτινοβολίας πέδησης αυξάνει με την ενέργεια του ηλεκτρονίου και είναι μέγιστη σε υλικά με μεγάλο ατομικό αριθμό.
- Αυτή η διαδικασία είναι σημαντική στην παραγωγή ακτίνων - Χ.

Γ. Τσιπολίτης

Synchrotron Radiation

- Όταν μια δέσμη ηλεκτρονίων μεγάλης ενέργειας κάμπυλώνεται τότε ακτινοβολείται η ακτινοβολία σύγχροτρον.
- Τα φωτόνια βγαίνουν κυρίως κατά την εφαπτομένη της δέσμης και μπορούν να έχουν ενέργειες από μερικά eV (οπτικό φάσμα) μέχρι MeV.
- Σε πολλούς επιταχυντές παράγονται φωτόνια από ακτινοβολία σύγχροτρον.



Γ. Τσιπολίτης

Μονάδες - δοσιμετρίας

Η αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με την ύλη επιφέρει ιονισμό ή διέγερση των ατόμων και μορίων.

Οι μονάδες Δοσιμετρίας αποτελούν μέτρηση της ποσότητας ιονισμού που προκαλείται ή του ποσού της ενέργειας που έχει εναποτεθεί στην ύλη.

• **1 Roentgen** = ποσότητα ακτίνων-X που προκαλούν ιονισμό 1 esu/cm³ στον αέρα Υ.Κ.Σ.)

$$1 \text{ esu} = 3,34 \times 10^{-10} \text{ C}$$

Το Roentgen έχει να κάνει με ακτίνες-X στον αέρα. Δεν είναι βολικό για βιολογικούς οργανισμούς!

Γ. Τσιπολίτης

- Ιονισμός ανά μονάδα χρόνου ή ρυθμός έκθεσης που οφείλεται σε μια πηγή

$$= \frac{\Gamma \cdot A}{d^2}, \quad \Gamma = \text{σταθερά ρυθμού έκθεσης}$$

^{137}Cs	3.3
^{57}Co	13.2
^{22}Na	12.0

πηγή	$(R \cdot \text{cm}^2) / (\text{hr} \cdot \text{mCi})$

$A =$ ενεργότητα της πηγής
 $d =$ απόσταση

Απορροφούμενη Δόση: Ολική ενέργεια που απορροφάται ανά μονάδα μάζας:

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ erg/g}$$

$$1 \text{ Gray (Gy)} = 1 \text{ J/kg} = 100 \text{ rad}$$

Η απορροφούμενη Δόση δεν γνωρίζει τίποτε για το ρυθμό της ακτινοβολίας και τον τύπο της ακτινοβολίας.

Γ. Τσιπολίτης

Παράδειγμα

Έστω ένας βιολογικός οργανισμός απορροφά ~93 erg/g για 1 R ακτίνων γ από ^{22}Na . Ποιος είναι ο ρυθμός δόσης αν δουλεύει σε απόσταση 50 cm από μια πηγή 100 μCi ;

$$\text{Ρύθμος έκθεσης} = \frac{\Gamma \cdot A}{d^2} = \left(12 \frac{\text{R} \cdot \text{cm}^2}{\text{hr} \cdot \text{mCi}} \right) \times \frac{(0.1 \text{ mCi})}{50^2 \text{ cm}^2} = 0.48 \frac{\text{mR}}{\text{hr}}$$

$$\begin{aligned} \text{Ρύθμος δόσης} &= 93 \frac{\text{erg}}{\text{g} \cdot \text{R}} \times 0.48 \times 10^{-3} \frac{\text{R}}{\text{hr}} \\ &= 0.447 \frac{\text{erg}}{\text{hr} \cdot \text{g}} = 4.47 \frac{\text{mrad}}{\text{hr}} \end{aligned}$$

rad

Γ. Τσιπολίτης

Ισοδύναμη Δόση

- Ισοδύναμη δόση D_q είναι το μέτρο της επίδρασης των ιοντιζουσών ακτινοβολιών επάνω στο ανθρώπινο σώμα.
- 1 rem (Roentgen equivalent mass) = Q · 1 rad

Q: ποιοτικός παράγοντας επίδρασης των διαφόρων τύπων ιοντιζουσών ακτινοβολιών πάνω στο βιολογικό ιστό

$$Q = \begin{cases} 1 & \text{για } \gamma \text{ \& } \beta \\ 10 & \text{για } p \\ 20 & \text{για } {}^4_2\text{He} \\ 10 & \text{για ταχεία } n \\ 3 & \text{για θερμικά } n \end{cases}$$

- Στο S.I.: 1Sv (Sievert) = Q · 1Gy = Q · 100 rad

Γ. Τσιπολίτης

Νόμος των ραδιενεργών διασπάσεων

- Βρέθηκε πειραματικά από τους Rutherford & Soddy ότι η ενεργότητα μιας πηγής πέφτει εκθετικά.
- Για N πυρήνες, ο μέσος αριθμός διασπάσεων σε χρόνο dt θα είναι:

$$dN = -\lambda N dt \quad (\text{διαφορικός νόμος των ραδιενεργών διασπάσεων})$$

λ σταθερά διάσπασης

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

λN ενεργότητα

$$\tau_m = \text{μέσος χρόνος ζωής} = \frac{\int_0^\infty t \cdot N(t) dt}{\int_0^\infty N(t) dt} = \frac{1}{\lambda}$$

$$N(t) = N_0 e^{-t/\tau_m} \quad N(\tau_m) = \frac{N_0}{e}$$

$$T_{1/2} \text{ (χρόνος ημιζωής)} : \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{\ln 2}{\lambda} = T_{1/2} = \tau_m \cdot \ln 2$$

Γ. Τσιπολίτης

Μεταβλητότητα Ραδιενεργών Διασπάσεων

- Διασπάσεις - Στατιστική διαδικασία
- Η πιθανότητα παρατήρησης n διασπάσεων σε χρόνο Δt ακολουθεί κατανομή Poisson:

$$P(n, \Delta t) = \frac{m^n}{n!} e^{-m} \quad m: \text{ μέσος αριθμός διασπάσεων σε χρόνο } \Delta t \\ \sigma = \sqrt{m}: \text{ τυπική απόκλιση}$$

- **Παράδειγμα 1:** Από μια πηγή μετρούνται $m=900$ cnts σε $\Delta t=5$ s
Η τυπική απόκλιση θα είναι: $\sigma = \sqrt{m} = 30$
Ο ρυθμός καταγραφής/s θα είναι: $(900 \pm 30) / 5s = (180 \pm 6) \text{ Hz}$
- **Παράδειγμα 2:** Μια πηγή έχει μέσο ρυθμό εκπομπής 1 cnt/s.
Ποια η πιθανότητα να ΜΗΝ παρατηρηθούν διασπάσεις σε χρόνο 4 s;
Ποια η πιθανότητα να παρατηρηθεί 1 διάσπαση σε χρόνο 4 s;

$$\text{Για } 4s \Rightarrow m=4 \text{ cnt} \Rightarrow P(0, 4) = \frac{4^0}{0!} \cdot e^{-4} \approx 1.8\%$$

$$P(1, 4) = \frac{4^1}{1!} \cdot e^{-4} \approx 7.3\%$$

Γ. Τσιπολίτης