

Πηγές Ταχέων Ηλεκτρονίων - internal conversion

- Ένας πυρήνας σε διεγερμένη κατάσταση (πχ μετα από β-διάσπαση) που για διάφορους λόγους δεν μπορεί να διασπασθεί μέσω εκπομπής γ ακτινοβολίας. Η ενέργεια διέγερσης του πυρήνα μεταφέρεται σε ένα από τα ατομικά ηλεκτρόνια που ελευθερώνεται. Η ενέργεια του ηλεκτρονίου είναι:

$$E_{e^-} = E_{ex} - E_b$$

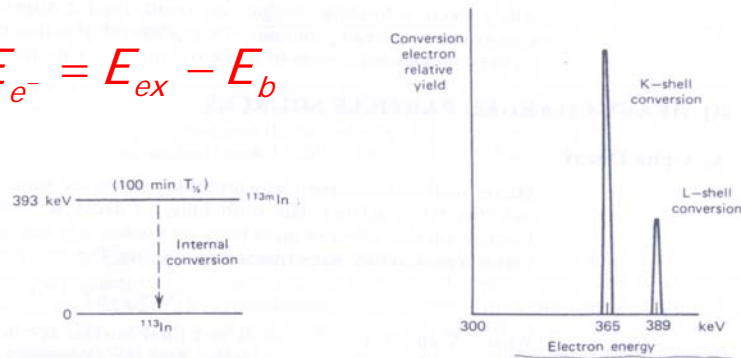


Figure 1.2 The conversion electron spectrum expected from internal conversion of the isomeric level at 393 keV in ^{113m}In.

Γ. Τσιπολίτης

Πηγές Ταχέων Ηλεκτρονίων - internal conversion

Table 1.2 Some Common Conversion Electron Sources

Parent Nuclide	Parent Half-Life	Decay Mode	Decay Product	Transition Energy of Decay Product (keV)	Conversion Electron Energy (keV)
¹⁰⁹ Cd	453 d	EC	^{109m} Ag	88	62 84
¹¹³ Sn	115 d	EC	^{113m} In	393	365 389
¹³⁷ Cs	30.2 y	β ⁻	^{137m} Ba	662	624 656
¹³⁹ Ce	137 d	EC	^{139m} La	166	126 159
²⁰⁷ Bi	38 y	EC	^{207m} Pb	570 1064	482 554 976 1048

Data from Lederer and Shirley.¹

Γ. Τσιπολίτης

Πηγές Ταχέων Ηλεκτρονίων - ηλεκτρόνια Auger

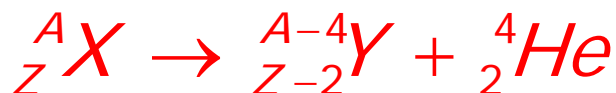
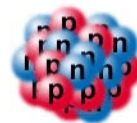
- Το φαινόμενο Auger είναι αναλογο με την «internal conversion» με τη διαφορά ότι η ενέργεια διέγερσης προέρχεται από το άτομο αντί από τον πυρήνα. Αν για παράδειγμα είχαμε σύλληψη ηλεκτρονίου (electron capture) τότε το άτομο έχει ένα κενό σε μια στοιβάδα που συνήθως είναι πλήρης. Αυτό το κενό συμπληρώνεται από ένα ηλεκτρόνιο που βρίσκεται στις εξωτερικές στοιβάδες με σύγχρονη εκπομπή μιας χαρακτηριστικής ακτίνας X.
- Τα ηλεκτρόνια Auger έχουν διακριτό φάσμα και η ενέργεια τους εξαρτάται από τη διαφορά μεταξύ της αρχικής διέγερσης και της ενέργειας δέσμευσης της στοιβάδας από την οποία προέρχεται το ηλεκτρόνιο.
- Η ενέργεια των ηλεκτρονίων Auger είναι σχετικά μικρή σε σχέση με την ενέργεια των β και είναι της τάξης του keV.
- Το φαινόμενο Auger είναι πιο συχνό στα υλικά με μικρό Z.

Γ. Τσιπολίτης

Πηγές βαρέων φορτισμένων σωματιδίων

• α - δάσπαση

- Βαρείς πυρήνες είναι ενεργητικά ασταθής και μπορούν να διασπασθούν με την εκπομπή ενός πυρήνα ${}^4\text{He}$.
- Ο χρόνος ημιζωής μπορεί να είναι από μερικές ημέρες μέχρι πολλές χιλιάδες χρόνια.



Γ. Τσιπολίτης

α - διάσπαση

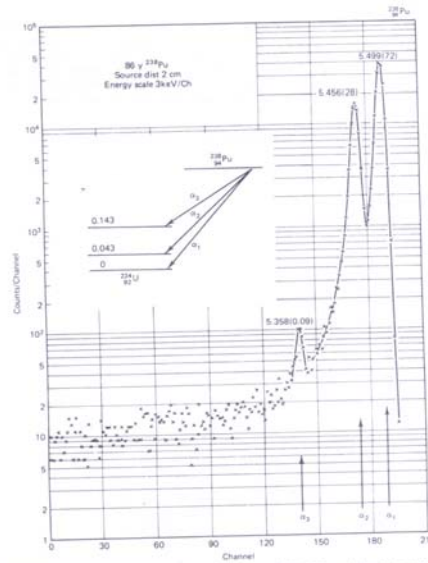


Figure 1.3 Alpha particle groups produced in the decay of ^{239}Pu . The pulse height spectrum shows the three groups as measured by a silicon surface barrier detector. Each peak is identified by its energy in MeV and percent abundance (in parentheses). The insert shows the decay scheme, with energy levels in the product nucleus labeled in MeV. (Spectrum from Chanda and Deal²⁷)

Γ. Τσιπολίτης

α - διάσπαση

Ενέργειες μεταξύ

4 - 6 MeV

Συσχετισμός μεταξύ
ενέργειας του α και
χρόνου ημιζωής →
μεγαλύτερες ενέργειες →
μικρότερος χρόνος
ημιζωής.

Πάνω από ~6,5 MeV
χρόνος ημιζωής
αναμένεται να είναι
μερικές μέρες ενώ αν η
ενέργεια είναι κάτω από
4 MeV ο χρόνος ημιζωής
είναι παρα πολύ μεγάλος.

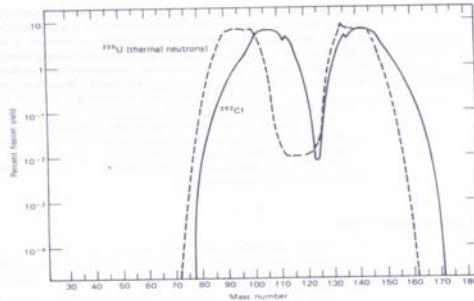
Source	Half-Life	Alpha Particle Kinetic Energy (with Uncertainty) in MeV		Percent Branching
^{108}Cd	93 y	3.182767	± 0.000024	100
^{232}Th	1.4×10^{10} y	4.012	± 0.005	77
		3.953	± 0.008	23
		4.196	± 0.004	77
^{238}U	4.5×10^9 y	4.149	± 0.005	23
		4.401	± 0.002	4.6
^{235}U	7.1×10^8 y	4.374	± 0.002	6
		4.265	± 0.002	12
		4.219	± 0.002	6
^{238}U	2.4×10^7 y	4.494	± 0.003	74
		4.445	± 0.005	26
^{230}Th	7.7×10^4 y	4.6875	± 0.0015	76.3
		4.6210	± 0.0015	23.4
^{234}U	2.5×10^5 y	4.7799	± 0.0009	72
		4.7220	± 0.0009	28
^{239}Pu	3.2×10^4 y	5.0590	± 0.0008	11
		5.0297	± 0.0008	20
		5.0141	± 0.0008	25.4
^{241}Pu	14.3 y	4.9517	± 0.0008	32.8
		5.1554	± 0.0007	73.3
		5.1429	± 0.0008	15.1
^{242}Pu	3.7×10^5 y	5.1046	± 0.0008	11.5
		5.14830	± 0.0015	76
		5.12382	± 0.0023	24
^{243}Am	7.4×10^3 y	5.2754	± 0.0010	87.4
		5.2355	± 0.0010	11
^{244}Pu	138 d	5.30451	± 0.00007	99+
		5.48574	± 0.00012	85.2
^{241}Am	433 y	5.44298	± 0.00013	12.8
		5.49921	± 0.00020	71.1
^{243}Pu	88 y	5.4565	± 0.0004	28.7
		5.80496	± 0.00005	76.4
^{244}Cm	18 y	5.762835	± 0.000030	23.6
		6.067	± 0.003	1.5
^{240}Cm	30 y	5.992	± 0.002	5.7
		5.7847	± 0.0009	73.2
		5.7415	± 0.0009	11.5
^{242}Cm	163 d	6.11292	± 0.00008	74
		6.09963	± 0.00012	26
^{248}Es	276 d	6.4288	± 0.0015	93
		6.63273	± 0.00005	90
^{252}Es	20.5 d	6.5916	± 0.0002	6.6

Data from Ryzic.²⁷

Γ. Τσιπολίτης

Τυχαία Σχάση

- Η σχάση είναι η μόνη πηγή από βαριά φορτισμένα σωματίδια άλλα από το α.
- Όλοι οι βαρείς πυρήνες είναι, κατά κανόνα, ασταθείς στην τυχαία σχάση σε 2 ελαφρύτερους πυρήνες.
- Η πιο διαδεδομένη πηγή τυχαίας σχάσης είναι το ^{252}Cf το οποίο έχει χρόνο ημιζωής για τυχαία σχάση 85 y.
- Το ^{252}Cf έχει και α-διάσπαση με χρόνο ημιζωής 2,65 y.
- πχ. 1 μgr ^{252}Cf δίνει $1,92 \times 10^7$ σωματίδια α το δευτερόλεπτο ενώ θα έχει $6,14 \times 10^5$ τυχαίες σχάσεις το δευτερόλεπτο.



Γ. Τσιπολίτης

Figure 1.4a The mass distribution of ^{252}Cf spontaneous fission fragments. Also shown is the corresponding distribution from fission of ^{235}U induced by thermal neutrons. (From Nervik.⁴)

Τυχαία Σχάση

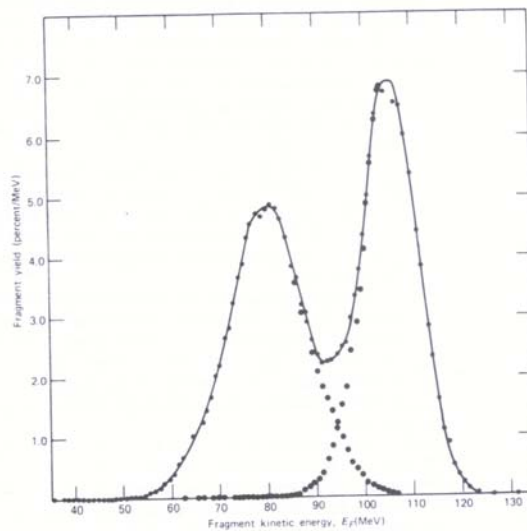


Figure 1.4b The distribution in kinetic energy of the ^{252}Cf spontaneous fission fragments. The peak on the left corresponds to the heavy fragments, and that on the right to the light fragments. (From Whetstone.⁵)

Γ. Τσιπολίτης

Η/Μ ακτινοβολία - ακτίνες γ

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

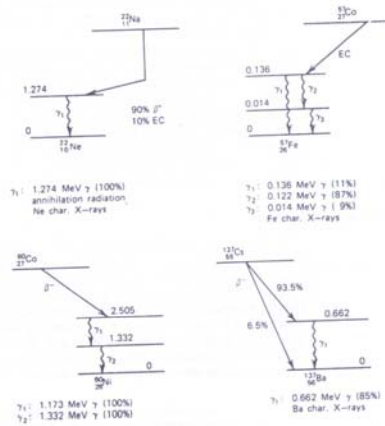


Figure 1.5 Decay schemes for some common gamma reference sources. Only major transitions are shown. The energies and yields per disintegration of X- and gamma rays emitted in each decay are listed below the diagram. (Data from Lederer and Shirley.)

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