

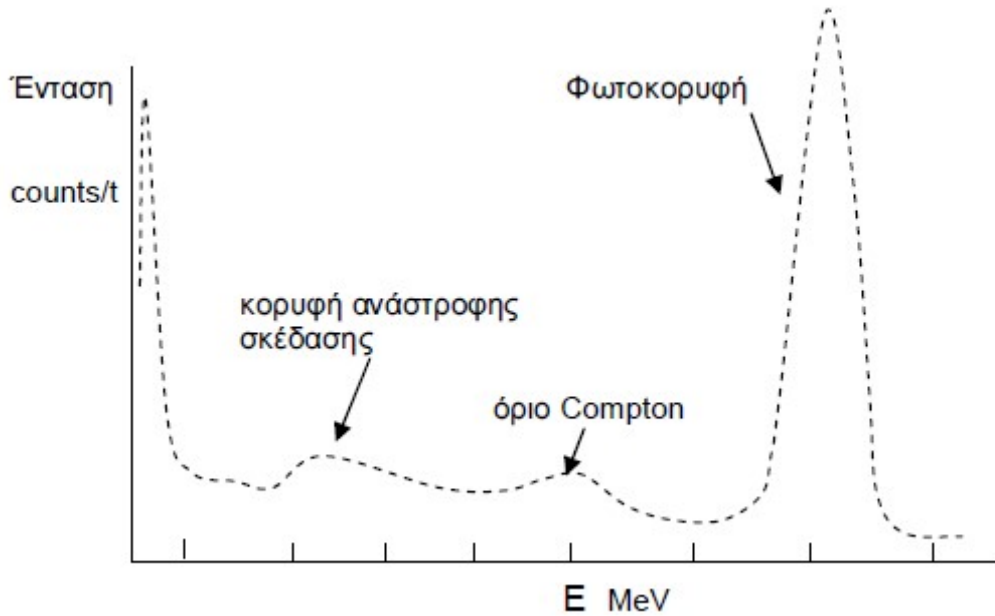
ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΑΚΤΙΝΩΝ γ

Οι κατάλληλοι ανιχνευτές για μετρήσεις ενέργειας ακτίνων γ είναι οι σπινθηριστές ανόργανων κρυστάλλων. Όταν μια ακτίνα γ εισέρχεται στον ανιχνευτή θα αλληλεπιδράσει με τον κρύσταλλο είτε διαμέσου του **φωτοηλεκτρικού φαινομένου** είτε διαμέσου του **φαινομένου Compton**. Στην πρώτη περίπτωση (φωτοηλεκτρικό φαινόμενο) όλη η ενέργεια E_γ της αρχικής ακτίνας γ μετατρέπεται τελικά σε φωτόνια σπινθηρισμού που με την σειρά τους αποσπών φωτοηλεκτρόνια από τη φωτοκάθοδο του φωτοπολλαπλασιαστή κ.λ.π. Ένα φωτόνιο ακτίνων γ μεγάλης ενέργειας που εισέρχεται στον ανιχνευτή παράγει τελικά περισσότερα φωτοηλεκτρόνια, με αποτέλεσμα το τελικό ύψος του παλμού να είναι μεγαλύτερο απ ότι για ένα φωτόνιο μικρότερης ενέργειας.

Στο φάσμα που λαμβάνουμε με τους ανιχνευτές σπινθηρισμών διακρίνουμε μερικές χαρακτηριστικές περιοχές:

Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο (Φωτοκορυφές)

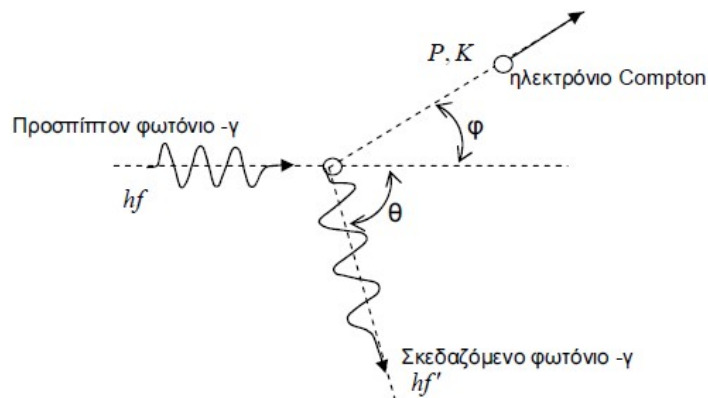
Στο σχήμα 7.2 παρουσιάζεται ένα τυπικό ενεργειακό φάσμα ακτίνων γ όπως λαμβάνεται με σπινθηριστή NaI(Tl). Η στατιστική κατανομή παλμών στην οποία οδηγεί η απορρόφηση μονοχρωματικών ακτίνων γ σε σπινθηριστή NaI(Tl) διαμέσου του φωτοηλεκτρικού φαινομένου αποδίδεται στο φάσμα με την ένδειξη «φωτοκορυφή».



Να σημειωθεί ότι οι ενεργειακές θέσεις των φωτοκορυφών είναι χαρακτηριστικές των ραδιενεργών πηγών (γι αυτό καλούνται και «δακτυλικό αποτύπωμα» της πηγής). Η σημασία λοιπόν της μέτρησης του φάσματος και ο προσδιορισμός των φωτοκορυφών είναι προφανής και βρίσκει πλήθος χρήσιμων εφαρμογών (π.χ. ταυτοποίηση του ραδιενεργού υλικού σε περίπτωση ραδιενεργού μόλυνσης).

Περιοχή σκέδασης Compton

Η σκέδαση Compton αφορά την σκέδαση των ακτίνων γ από (σχεδόν) ελεύθερα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στην διαδρομή τους (Σχήμα 7.3)



Ένα φωτόνιο, ενέργειας hf σκεδάζεται μη ελαστικά από ελεύθερο ηλεκτρόνιο. Μετά τη σκέδαση το ηλεκτρόνιο κινείται με ορμή P και κινητική ενέργεια K υπό γωνία ϕ ως προς την διεύθυνση του προσπίπτοντος φωτονίου, ενώ το φωτόνιο με (μικρότερη) ενέργεια hf' εκτρέπεται κατά γωνία θ ως προς την αρχική διεύθυνσή του.

Εφαρμόζοντας τα αξιώματα διατήρησης ορμής και ενέργειας, προκύπτει ότι το φωτόνιο μετά την κρούση υφίσταται μετατόπιση μήκους κύματος *Compton* που δίνεται από τη σχέση

$$\lambda' - \lambda = \frac{c}{f'} - \frac{c}{f} = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta)$$

Η ενέργεια του σκεδαζόμενου φωτονίου γ είναι

$$hf' = \frac{m_0 c^2}{(1 - \cos \theta) + \frac{1}{a}}$$

όπου $a = \frac{hf}{m_0 c^2}$ Για $a \gg 1$ και $\theta = 180^\circ$, η ενέργεια του σκεδαζόμενου

φωτονίου είναι: $hf' = \frac{m_0 c^2}{2} = 0.256 \text{ MeV}$

ενώ για γωνία $\theta = 90^\circ$ $hf' = m_0 c^2 = 0.511 \text{ MeV}$ (4)

Αντίστοιχα, για την ενέργεια του ηλεκτρονίου μετά την κρούση προκύπτει:

$$K = hf - hf' = hf \frac{2a \cos^2 \phi}{(1+a)^2 - a^2 \cos^2 \phi} = hf \frac{a(1 - \cos \theta)}{1 + a(1 - \cos \theta)}$$

Από τα ανωτέρω προκύπτει ότι η ενέργεια του σκεδαζόμενου ηλεκτρονίου εξαρτάται από την γωνία σκέδασης και κυμαίνεται από 0, όταν $\theta = 0^\circ$ μέχρι μία μέγιστη τιμή, όταν $\theta = 180^\circ$:

$$E_C = K_{\max} = \frac{hf}{1 + \frac{1}{2a}}$$

Αυτή ακριβώς η ενέργεια E_C , είναι γνωστή σαν *όριο Compton*. Τα ηλεκτρόνια αυτά αποθέτουν ενέργεια στον ανιχνευτή και εμφανίζονται στο φάσμα. Επειδή η σκέδαση είναι δυνατόν να συμβαίνει σε οποιαδήποτε γωνία, τα σκεδαζόμενα κατά Compton ηλεκτρόνια καταλαμβάνουν μια ευρεία συνεχή περιοχή του φάσματος (*συνεχής περιοχή Compton*) μέχρι την τιμή E_C (όριο Compton). Επειδή πέραν αυτής δεν συνεισφέρουν, στο φάσμα εμφανίζεται ως μικρή ελάττωση έντασης ή «ώμος» (Compton shoulder) (Σχήμα 7.2).

Η περιοχή του φάσματος που αντιστοιχεί σε ενέργειες μικρότερες του ορίου Compton (εντός της συνεχούς περιοχής Compton) αντιστοιχεί σε ηλεκτρόνια που προέρχονται από σκεδάσεις Compton σε γωνίες μικρότερες των 180° .

Κορυφή ανάστροφης σκέδασης

Τα αντίστοιχα φωτόνια Compton μετά την σκέδαση είναι δυνατόν είτε να απορροφηθούν από το υλικό του κρυστάλλου διαμέσου του φωτοηλεκτρικού φαινομένου ή διαδοχικών σκεδάσεων Compton, είτε να διαφύγουν. Στην πρώτη περίπτωση ο ολικός σπινθηρισμός θα οδηγήσει σε παλμό που θα συνεισφέρει στην κατανομή της φωτοκορυφής. Στην δεύτερη περίπτωση ο παλμός εξόδου θα συμβάλλει στην συνεχή περιοχή Compton. Από την (7.3) προκύπτει ότι τα φωτόνια αυτά έχουν ενέργεια 0.256 MeV και εμφανίζονται στο φάσμα ως *κορυφή ανάστροφης σκέδασης*.

Η κορυφή ανάστροφης σκέδασης είναι πάντοτε σε αυτή τη θέση εφ' όσον ισχύει ότι

$$a = \frac{hf}{m_0c^2} \gg 1, \text{ δηλαδή } hf \gg m_0c^2$$
 Από το ανωτέρω είναι επίσης φανερό ότι η

θέση της κορυφής αυτής στο φάσμα βρίσκεται σε ενέργεια που αντιστοιχεί στη διαφορά ενέργειας μεταξύ φωτοκορυφής και ορίου Compton.

Συγγραφή – Επιμέλεια: Παναγιώτης Φ. Μοίρας