



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΗΣ

Βιοϊατρική Τεχνολογία

9^ο Εξάμηνο

Διδάσκων: Καθηγητής Αλέξανδρος Ρήγας
Συνεπικουρία: Σπύρογλου Ιωάννης

1.3 Ένταση δέσμης ακτίνων – X

- Ορίζεται ως η ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας της δέσμης.
- Η ισχύς που περιέχεται σε μία δέσμη ακτίνων – X συσχετίζεται με τον αριθμό των φωτονίων που περνούν μία επιφάνεια διατομής της δέσμης ανά μονάδα χρόνου και της ενέργειας που μεταφέρουν τα φωτόνια αυτά.
- Επομένως, η ένταση της δέσμης ακτίνων – X μπορεί να μεταβληθεί είτε μεταβάλλοντας τον αριθμό των φωτονίων είτε την ενέργεια του φωτονίου.

1.3 Ένταση δέσμης ακτίνων – Χ

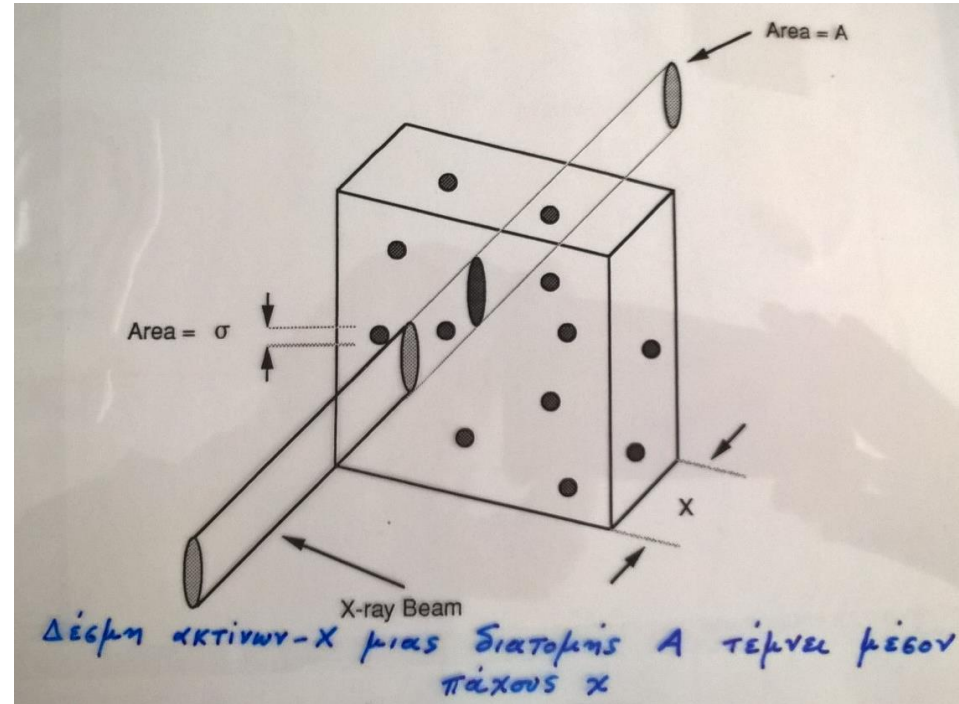
- Μία μονάδα που χρησιμοποιείται για να δηλώσει την ενέργεια που σχετίζεται με τη δέσμη των ακτίνων – Χ είναι η παρακάτω:
 - 1) Απορροφόμενη δόση ακτινοβολίας (Radiation absorbed Dose, rad)
 - Αυτή η μονάδα ορίζει την ποσότητα της ακτινοβολίας που απορροφάται στην πραγματικότητα από ένα μέσο.
 - Ένα rad σημαίνει ότι 0.01 Joule ενέργειας απορροφάται από 1kg ύλης.
 - Διαφορετικά υλικά έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά απορρόφησης των ακτίνων – Χ. Η ποσότητα ενέργειας που απορροφάται από διαφορετικά υλικά μπορεί να διαφέρει για την ίδια ποσότητα ακτινοβολίας
 - Αυτή η διαφορά εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της απορρόφησης του υλικού και από την ενέργεια του φωτονίου των ακτίνων – Χ.

1.3 Ένταση δέσμης ακτίνων – X

- **Εξασθένιση:** μία δέσμη ακτίνων – X προσπίπτει σε ένα υλικό η ένταση της ακτινοβολίας ελαττώνεται λόγω ύπαρξης αλληλεπίδρασης των φωτονίων και του υλικού.
- Έστω I η ένταση της δέσμης ακτίνων – X και A η επιφάνεια διατομής.
- Επίσης θεωρούμε ότι τα άτομα στο υλικό είναι ταυτόσημα και έχουν επιφάνεια διατομής σ και ότι υπάρχουν n άτομα ανά μονάδα όγκου του υλικού.
- Τότε (Σχήμα) ο συνολικός αριθμός των ατόμων που συναντώνται από τη δέσμη των ακτίνων – X δίνεται από το A_n και η επιφάνεια που καταλαμβάνεται από τα άτομα της δέσμης είναι $An\sigma$.
- Επομένως η πιθανότητα για ένα φωτόνιο να αλληλεπιδράσει με άτομο είναι $\frac{An\sigma}{A} = n\sigma$ και έτσι η ενέργεια των ακτίνων – X που απορροφάται σε πάχος x είναι:

$$dI = -n\sigma I dx, \quad \text{δηλ.}$$

$$\frac{dI}{dx} = -n\sigma I \quad (1)$$



1.3 Ένταση δέσμης ακτίνων – Χ

- Έστω $\beta = n\sigma$ που είναι το κλάσμα της ενέργειας ακτίνων – Χ που απορροφάται ανά μονάδα πάχους ανά μονάδα έντασης.
- Αντικαθιστώντας το β στην (1) και ολοκληρώνοντας βρίσκουμε:

$$I = I_0 e^{-\beta x} \quad (2)$$

όπου

- I η ένταση των ακτίνων – Χ στο x ,
- I_0 η προσπίπτουσα ένταση των ακτίνων – Χ,
- β ο γραμμικός συντελεστής εξασθένησης σε cm^{-1} και
- x το μήκος διάδοσης.

Επομένως, το μήκος διάδοσης που απαιτείται για να ελαττωθεί η ένταση της αρχικής δέσμης κατά $\frac{1}{2}$ δίνεται από:

$$HVL(Half\ value\ layer) = \frac{0.693}{\beta}$$
$$\frac{1}{2} = e^{-\beta x} \Rightarrow \ln \frac{1}{2} = -\beta x \Rightarrow x = \frac{0,693}{\beta}.$$

Ας σημειωθεί ότι ο γραμμικός συντελεστής απορρόφησης (γ.σ.α.) και επομένως η HVL είναι συνάρτηση της ενέργειας του φωτονίου.

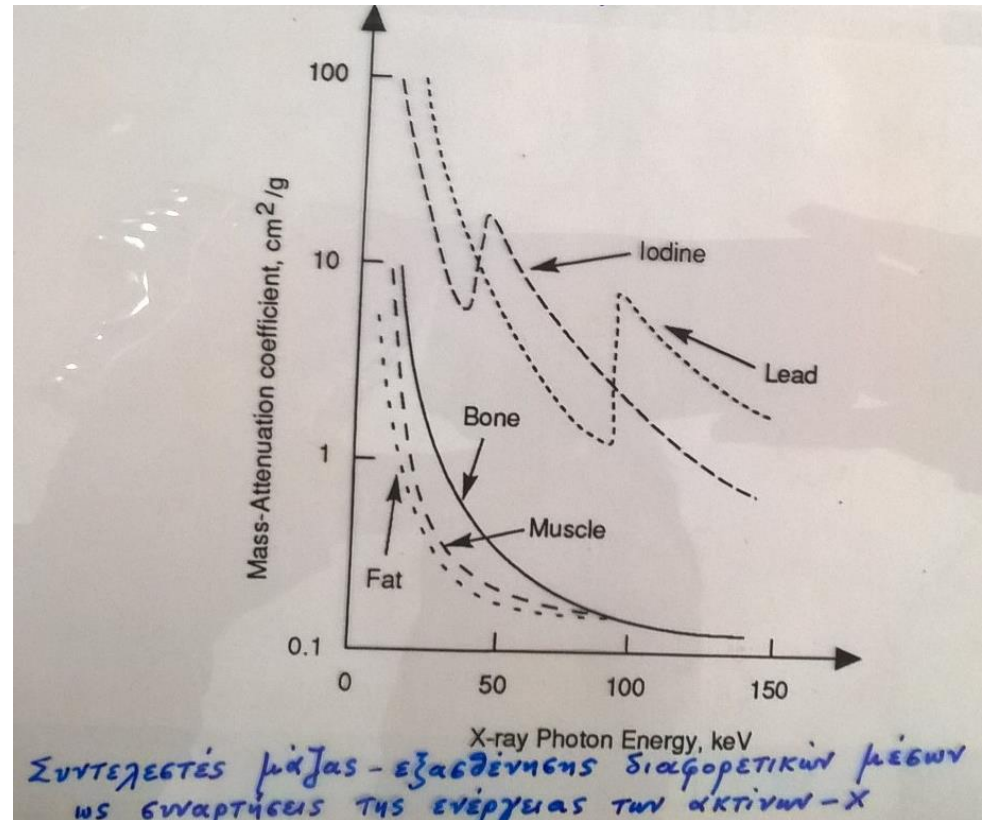
1.3 Ένταση δέσμης ακτίνων – X

- Ο συντελεστής μάζας – εξασθένησης ορίζεται ως:

$$\frac{\beta}{d_s},$$

όπου d_s η πυκνότητα της μάζας του υλικού και β ο γ.σ.α. Η μονάδα του συντελεστή μάζας – εξασθένησης είναι $\frac{cm^2}{gm}$.

- Η αιτία για την εισαγωγή του συντελεστού αυτού είναι η ανάγκη να έχουμε μία ποσότητα που να δηλώνει την ιδιότητα εξασθένησης του υλικού και να είναι ανεξάρτητη από τη φυσική του κατάσταση.
- Π.χ. Οι συντελεστές γραμμικής εξασθένησης για το νερό και τον πάγο σε $50keV$ είναι αντίστοιχα 0.214 και $0.196 cm^{-1}$. Όμως οι συντελεστές μάζας – εξασθένησης τους είναι οι ίδιοι $0.214 cm^2/gm$.



1.3 Ένταση δέσμης ακτίνων – Χ

- Παράγοντες που επιδρούν στους συντελεστές εξασθένισης:
- Δύο παράγοντες που συνεισφέρουν στην εξασθένιση της δέσμης των ακτίνων – Χ είναι η απορρόφηση και η σκέδαση.
- Η σχετική σπουδαιότητα της σκέδασης και απορρόφησης εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες μεταξύ των οποίων είναι:
 - η ενέργεια φωτονίου,
 - ο ατομικός αριθμός,
 - η πυκνότητα,
 - η πυκνότητα ηλεκτρονίων (αριθμός ηλεκτρονίων ανά μονάδα μάζας)
 - Το πάχος του υλικού

1.4 Δημιουργία και Ανίχνευση ακτίνων - X

- A) Δημιουργία ακτίνων – X
 - Οι ακτίνες – X δημιουργούνται όταν ηλεκτρόνια με υψηλή ενέργεια κτυπούν ένα στόχο που είναι κατασκευασμένος από υλικά σαν το βολφράμιο ή το μολυβδαίνιο.
 - Τα ηλεκτρόνια υψηλής ενέργειας μπορούν να αλληλεπιδρούν με τους πυρήνες των ατόμων του βολφραμίου παράγοντας τη γνωστή γενική ακτινοβολία ή λευκή ακτινοβολία.
 - Επιπλέον μπορούν να αλληλεπιδρούν με τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται σε τροχιά παράγοντας τη χαρακτηριστική ακτινοβολία.

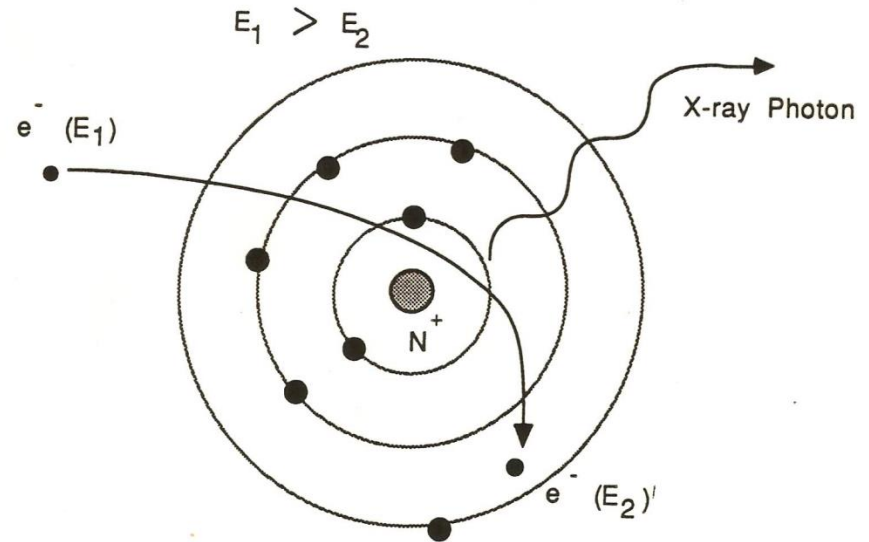
1.4 Δημιουργία και Ανίχνευση ακτίνων - X

1) Λευκή ακτινοβολία: Όταν ένα ηλεκτρόνιο που είναι αρνητικά φορτισμένο περνά κοντά από τον πυρήνα, που είναι θετικά φορτισμένος, το ηλεκτρόνιο έλκεται προς τον πυρήνα και εκτρέπεται από την αρχική του διαδρομή.

Το ηλεκτρόνιο μπορεί να χάσει ή να μην χάσει κάποια ενέργεια.

- Εάν δε χάσει, η διαδικασία ονομάζεται ελαστική σκέδαση και κανένα φωτόνιο ακτίνων - X δεν θα παραχθεί.
- Εάν χάσει ενέργεια, η διαδικασία ονομάζεται μη - ελαστική σκέδαση και η ενέργεια που χάθηκε εκπέμπεται με τη μορφή φωτονίου ακτίνων - X.

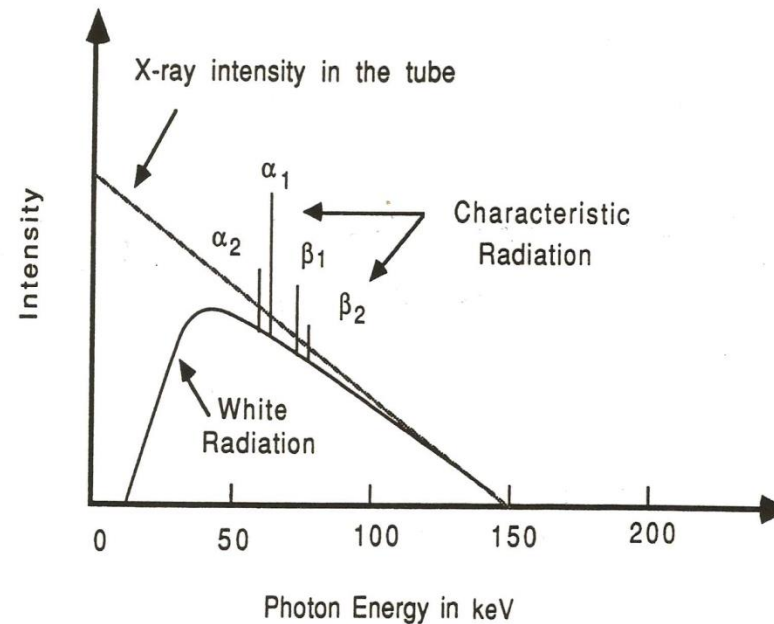
Η ακτινοβολία που παράγεται κατά αυτόν τον τρόπο ονομάζεται λευκή ακτινοβολία. (Σχήμα)



Εκτροπή ενός ηλεκτρονίου υψηλής ενέργειας από ένα πυρήνα παράγει λευκή ακτινοβολία

1.4 Δημιουργία και Ανίχνευση ακτίνων - X

- Η πιθανότητα του ηλεκτρονίου να χάσει ενέργεια αυξάνεται καθώς ο ατομικός αριθμός του ατόμου αυξάνει.
- Τα ηλεκτρόνια που κτυπούν το στόχο μπορούν να αλληλεπιδρούν με ένα αριθμό πυρήνων προτού σταματήσουν και μπορούν επίσης να μεταφέρουν διαφορετικές ενέργειες.
- Επομένως τα φωτόνια ακτίνων - X που δημιουργήθηκαν από τη διαδικασία της γενικής ακτινοβολίας κατανέμονται σε μια ευρεία έκταση (Σχήμα)

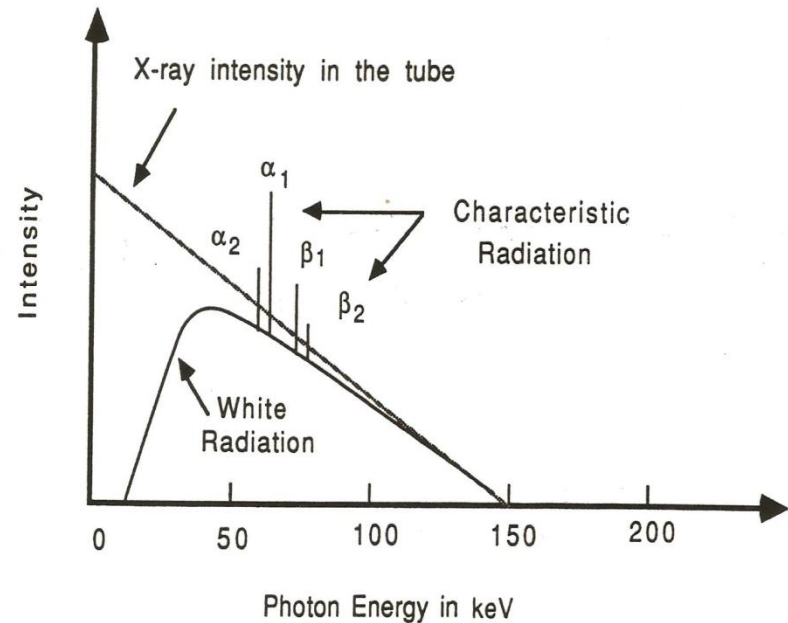


Φάσμα ακτίνων - X που παράγεται από το βολφράμιο

1.4 Δημιουργία και Ανίχνευση ακτίνων - X

2) Χαρακτηριστική ακτινοβολία: Όταν τα ηλεκτρόνια που κτυπούν ένα στόχο αλληλεπιδρούν με τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται σε τροχιά στις εσωτερικές στοιβάδες, ακολουθεί χαρακτηριστική ακτινοβολία.

- Αυτή η διαδικασία είναι παρόμοια με αυτήν που περιγράφηκε στη φωτοηλεκτρική επίδραση.
- Το σχήμα δείχνει το τυπικό φάσμα ακτίνων - X που παράγεται από το βολφράμιο. Η διακεκομμένη γραμμή παριστάνει τη γενική ακτινοβολία η οποία παρατηρείται σε μία λυχνία κενού που βρίσκεται εντός ενός γυάλινου σωλήνα.
- Η συμπαγής γραμμή παριστάνει τη γενική ακτινοβολία η οποία στην πραγματικότητα επιτυγχάνεται εκτός της λυχνίας.
- $\alpha_1, \alpha_2,$ και β_1, β_2 παριστάνουν τις χαρακτηριστικές ακτινοβολίες που προέρχονται από τις στοιβάδες L που μεταπίπτουν στις στοιβάδες K (59.3 και 57.9 keV) και ηλεκτρόνια M και N στοιβάδων που μεταπίπτουν στην K στοιβάδα (67.2 και 69 keV) αντίστοιχα.



Φάσμα ακτίνων - X που παράγεται από το βολφράμιο