

Ακτίνες X (Roentgen)

Είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα με μήκος κύματος μεταξύ 10 nm και 0.01 nm, δηλαδή περίπου 10^4 φορές μικρότερο από το μήκος κύματος της ορατής ακτινοβολίας. (Φάσμα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, κεφάλαιο Θερμότητας).

Ακτίνες X παράγονται όταν ηλεκτρόνια μεγάλης ταχύτητας πέσουν στην ύλη. Η πρώτη διάταξη παραγωγής ακτίνων X (σωλήνας Coolidge 1913) φαίνεται στο σχήμα. Από την θερμαινόμενη κάθοδο K εκπέμπονται ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια επιταχύνονται υπό την επίδραση ηλεκτρικού δυναμικού και προσπίπτουν στην κάθοδο K, η οποία είναι κατασκευασμένη από δίστηκτο μέταλλο, από όπου εκπέμπονται οι ακτίνες.



Φάσμα ακτίνων X

Σύνθετο:

Γραμμικό με τις γραμμές πάνω σε **συνεχές** φάσμα.

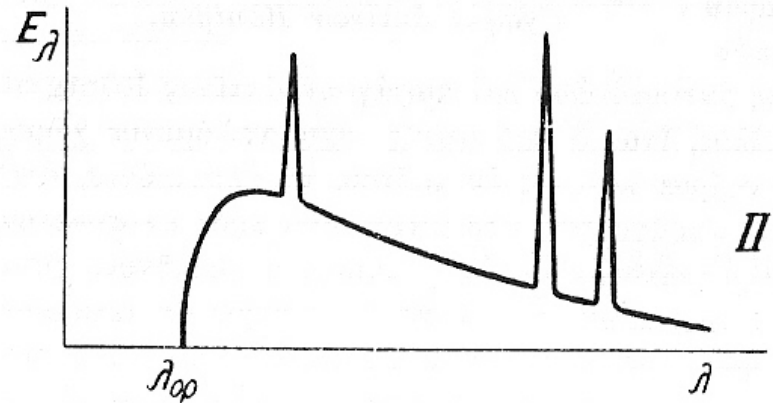
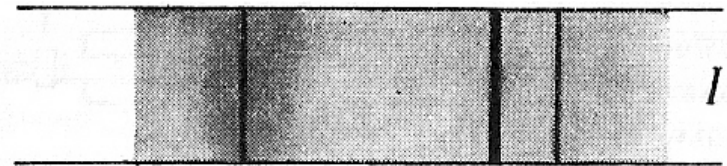
Το γραμμικό οφείλεται στην ακτινοβολία την εκπεμπόμενη από τα άτομα του υλικού, στο οποίο πέφτουν τα ηλεκτρόνια.

Το συνεχές οφείλεται στην απότομη μεταβολή της ταχύτητας των ηλεκτρονίων κατά την πρόσπτωση στο υλικό. Ένα κινούμενο ηλεκτρόνιο ισοδυναμεί με ηλεκτρικό ρεύμα και η απότομη μεταβολή της ταχύτητας του ηλεκτρονίου θα αντιστοιχεί σε απότομη μεταβολή της εντάσεως του ρεύματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή ενός μη περιοδικού κύματος. Ένα μη περιοδικό κύμα αναλυόμενο κατά Fourier* δίνει συνεχές φάσμα.

Άρα, η επιβράδυνση του ηλεκτρονίου συνοδεύεται από εκπομπή ακτινοβολίας με συνεχές φάσμα.

Η ορική τιμή του μήκους κύματος στο συνεχές φάσμα σημαίνει ότι δεν υπάρχουν φωτόνια με ενέργεια μεγαλύτερη μιας ορικής τιμής. Αυτό το όριο εκφράζεται από την σχέση

$$m \frac{v^2}{2} = h\nu_{op} = h \frac{c}{\lambda_{op}}$$



*Ανάλυση μιας μη περιοδικής συνάρτησης σε άπειρους αρμονικούς όρους.

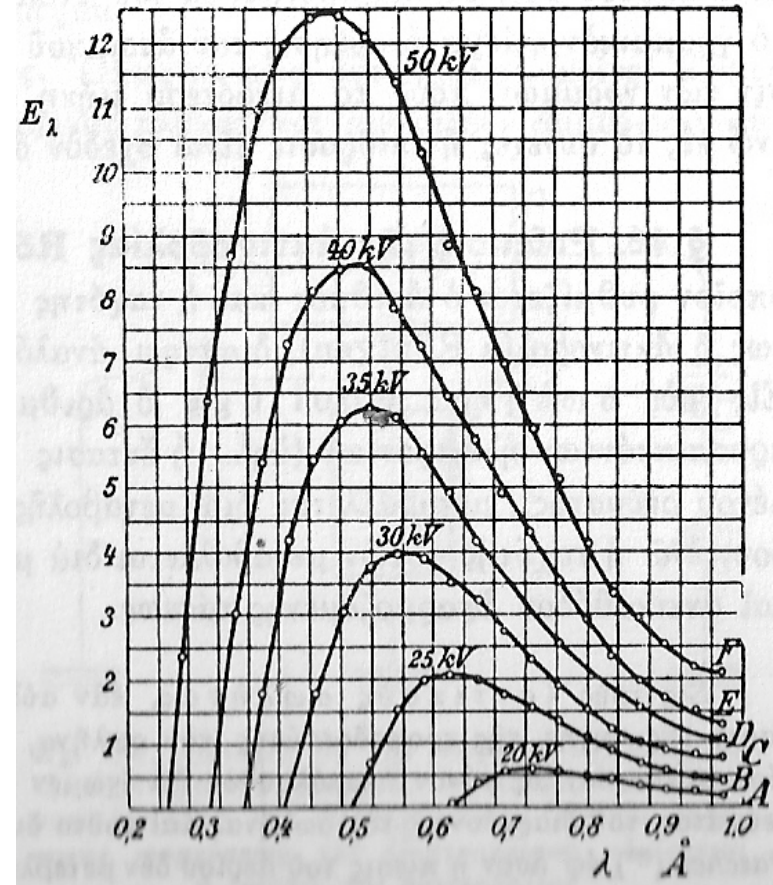
Παράγοντες που επιδρούν στη μορφή του φάσματος

Η μορφή του φάσματος εξαρτάται από τον αριθμό και την ταχύτητα των ηλεκτρονίων αλλά και από το υλικό της ανόδου.

Έτσι, ο αριθμός των φωτονίων που εκπέμπεται εξαρτάται από τον αριθμό των ηλεκτρονίων που πέφτουν ανά μονάδα χρόνου στην άνοδο. Δηλαδή, μεταβολή του αριθμού των ηλεκτρονίων έχει σαν αποτέλεσμα αντίστοιχη μεταβολή της εντάσεως της ακτινοβολίας και δεν επηρεάζει την μορφή του φάσματος.

Μεταβολή της ταχύτητας των ηλεκτρονίων προκαλεί: στο γραμμικό φάσμα αντίστοιχη μεταβολή της εντάσεως κάθε γραμμής,

στο συνεχές φάσμα, αφ ενός μεν αντίστοιχη μεταβολή της εντάσεως της ακτινοβολίας, αφ ετέρου, αν η ταχύτητα των ηλεκτρονίων αυξάνεται, μετατόπιση του ορικού μήκους κύματος προς μικρότερες τιμές (οπότε μιλάμε για σκληρότερη ακτινοβολία) και προς μεγαλύτερες (μαλακή ακτινοβολία) αν η ταχύτητα των ηλεκτρονίων ελαττούται.

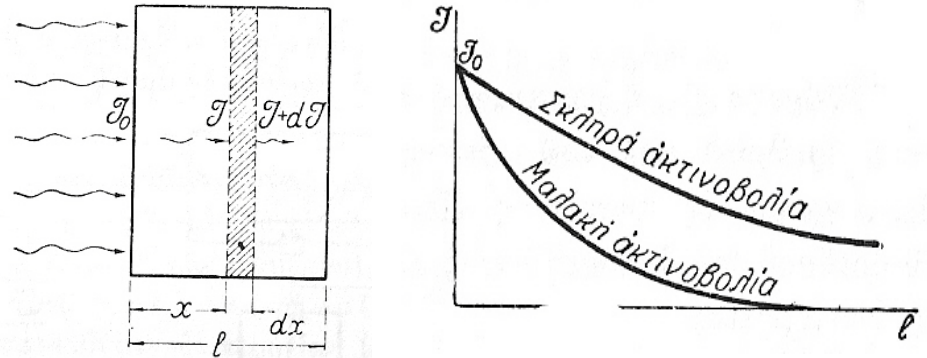


Συνεχές φάσμα. Κατανομή της εντάσεως της ακτινοβολίας για διάφορες τιμές της διαφοράς δυναμικού (σε kV) που επιταχύνει τα ηλεκτρόνια.

Μέθοδοι παρατήρησης των ακτίνων Roentgen

1. Φθορίζοντα διαφράγματα
2. Φωτογραφικές πλάκες
3. Θάλαμοι ιονισμού

Εξασθένηση των ακτίνων Roentgen



$$J = J_0 \exp(-\mu \cdot l)$$

μ : γραμμικός συντελεστής εξασθένησεως εξαρτώμενος από το υλικό και το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.

Πάχος υποδιπλασιασμού: το πάχος που προκαλεί ελάττωση της έντασης της ακτινοβολίας στο μισό της αρχικής.

Εφαρμογές

1. Ιατρική-Βιολογία

- **Ακτινοδιαγνωστική** Διαφορά εξασθένησης στα διάφορα όργανα ενός οργανισμού.
- **Ακτινοθεραπεία** Επίδραση σκληρής ακτινοβολίας Roentgen.

2. Βιομηχανία-Κρυσταλλογραφία

- **Εξέταση της τραχύτητας και ανομοιογένειας σωμάτων** (π.χ. ανίχνευση κοιλοτήτων στο εσωτερικό στερεών).
- **Έρευνα της κρυσταλλικής δομής των στερεών.**

Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

Η καρδιά των οργάνων που αναλύουν φαινόμενα μετρώντας την ένταση του φωτός είναι μια διάταξη όπως αυτή του σχήματος, στην οποία ο φωτισμός της καθόδου (από μέταλλο μικρού έργου εξαγωγής) με κατάλληλη ακτινοβολία έχει αποτέλεσμα την εξαγωγή ηλεκτρονίων από την κάθοδο και την εμφάνιση ρεύματος στο κύκλωμα.

- Η ένταση του ρεύματος είναι ανάλογη της φωτεινής ροής.
- Η ταχύτητα με την οποία φεύγουν τα φωτοηλεκτρόνια από την κάθοδο εξαρτάται μόνον από το μήκος κύματος του φωτός και όχι από την φωτεινή ροή.
- Το φαινόμενο δεν παρατηρείται αν το μήκος κύματος του φωτός είναι μεγαλύτερο από μια οριακή τιμή.

Αν b είναι το έργο που απαιτείται για να εξαχθεί ένα ηλεκτρόνιο από το μέταλλο (έργο εξαγωγής του μετάλλου), $h\nu$ η ενέργεια του φωτονίου και

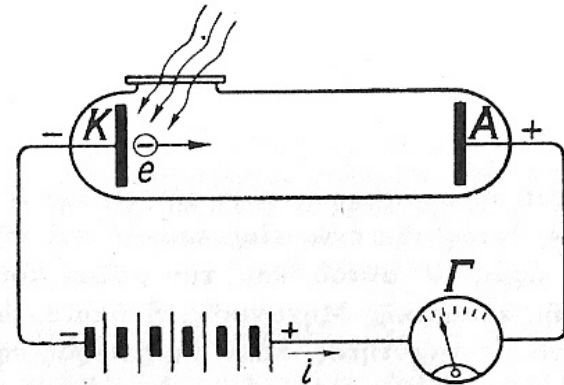
$$m \frac{v^2}{2} \text{ η κινητική ενέργεια του ηλεκτρονίου,}$$

τότε η εξίσωση που περιγράφει το φαινόμενο, γνωστή σαν **εξίσωση του Einstein** είναι:

$$\frac{mv^2}{2} = h\nu - b$$

δηλαδή η κινητική ενέργεια ενός φωτοηλεκτρονίου είναι ίση με την ενέργεια του φωτονίου αν αφαιρεθεί από την τελευταία το έργο που απαιτείται για να εξαχθεί το ηλεκτρόνιο από το μέταλλο.

Προφανώς θα ισχύη $h\nu_{op} = b$



Σύμφωνα με την εξίσωση του Einstein για να μηδενισθή το ρεύμα φωτοκυττάρου απαιτείται εφαρμογή διαφοράς δυναμικού κατά την ανάστροφη φορά τέτοιας ώστε

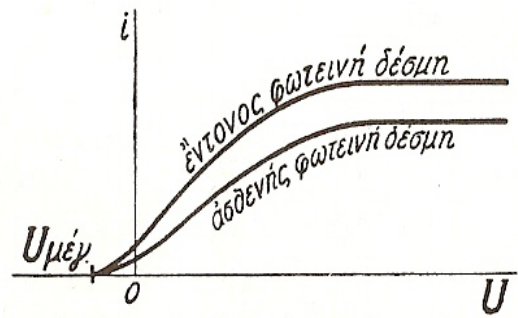
$$m \frac{v^2}{2} = -qV_{μεγ}$$

Στο Σχήμα 1 έχει σχεδιασθή η χαρακτηριστική καμπύλη φωτοκυττάρου για δύο φωτεινές δέσμες διαφορετικής έντασης . Σαν ένταση ακτινοβολίας ορίζεται το πηλίκον της ενέργειας dE που περνάει σε χρόνο dt από επιφάνεια dS κάθετα στη δέσμη

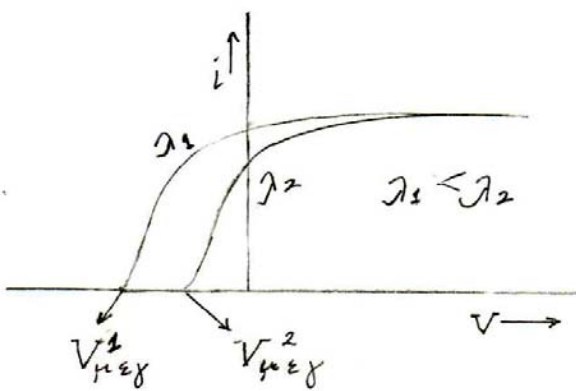
$$J = \frac{dE}{dS \bullet dt}$$

Παρατηρούμε ότι η απαιτούμενη τάση $V_{μεγ}$ για τον μηδενισμό του ρεύματος είναι η ίδια και για τις δύο δέσμες φωτός διαφορετικής έντασης, αλλά ίδιου μήκους κύματος (ή συχνότητας).

Στο Σχήμα 2 φαίνονται οι διαφορετικές τιμές της απαιτούμενης διαφοράς δυναμικού για τον μηδενισμό του ρεύματος όταν οι προσπίπτουσες δέσμες φωτός περικλείουν μεν τον ίδιο αριθμό φωτονίων δεν είναι όμως του ίδιου μήκους κύματος . Προφανώς, η δέσμη με μικρότερο λ (μεγαλύτερο ν) απαιτεί και μεγαλύτερη τάση μηδενισμού του ρεύματος. Και στις δύο περιπτώσεις το ρεύμα δεν μηδενίζεται όταν η τάση μεταξύ ανόδου-καθόδου μηδενισθή γιατί τα φωτοηλεκτρόνια, λόγω της αρχικής τους ταχύτητας, φθάνουν στην άνοδο ακόμη και όταν δεν ασκείται κάποια δύναμη από πεδίο πάνω τους.



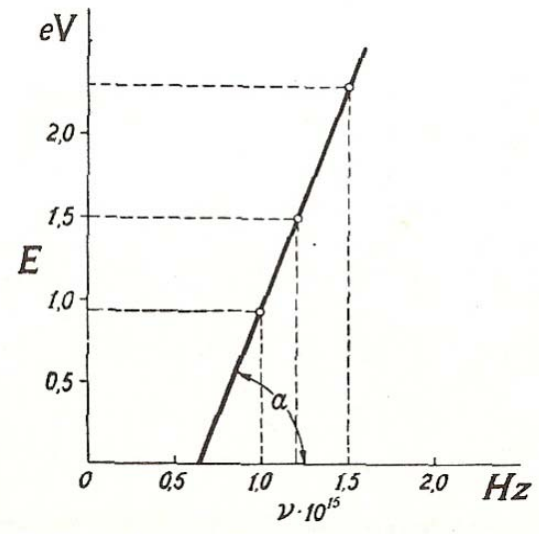
Σχήμα 1



Σχήμα 2

Το διάγραμμα στο Σχήμα 3 δίνει την δυνατότητα υπολογισμού της σταθεράς του Planck καθώς και του έργου εξαγωγής του μετάλλου της καθόδου.

Για τον υπολογισμό αυτό προσδιορίζουμε την τιμή $V_{\mu\epsilon\gamma}$ για διάφορες συχνότητες της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Η κινητική ενέργεια των φωτοηλεκτρονίων ($qV_{\mu\epsilon\gamma}$) παρίσταται γραφικά συναρτήσει της συχνότητας της ακτινοβολίας. Η κλίση της προκύπτουσας ευθείας δίνει την σταθερά h του Planck, ενώ το έργο εξαγωγής b υπολογίζεται από το σημείο τομής της ευθείας με τον άξονα της κινητικής ενέργειας των ηλεκτρονίων.



Σχήμα 3

Πηγές

- Κ.Δ. Αλεξοπούλου: Γενική Φυσική - Ατομική και Πυρηνική Φυσική