

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ - ΔΙΕΓΕΡΣΗ - ΙΟΝΙΣΜΟΣ



ΣΤÓΧΟΙ

Με την ολοκλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου αυτού θα πρέπει να γνωρίζεις:

- τη δομή του ατόμου
- τι καλείται ατομικός αριθμός , τι μαζικός αριθμός, τι ηλεκτρόνιο
- τις συνθήκες Bohr
- τα φαινόμενα της διέγερσης και αποδιέγερσης του ατόμου
- το φαινόμενο του ιονισμού.

■ Εισαγωγή

Για την κατανόηση της παραγωγής των ακτίνων X και την επίδρασή τους πάνω στην ύλη, είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε ορισμένα στοιχεία για τη φύση των ατόμων.

Υπενθυμίζεται ότι:

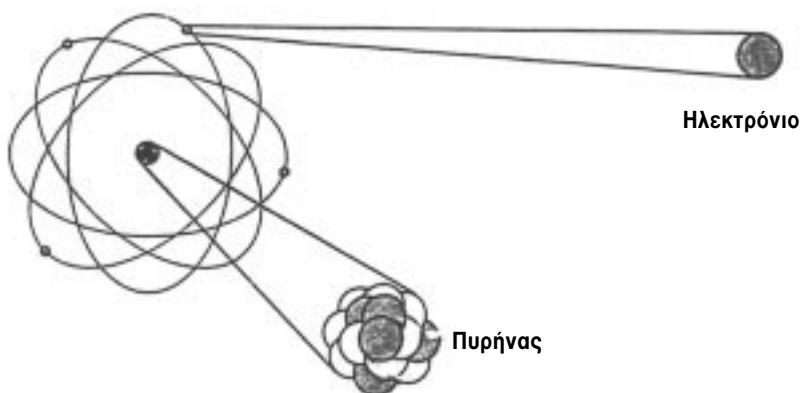
- Ύλη είναι οτιδήποτε καταλαμβάνει χώρο και έχει μορφή ή σχήμα.
- Μάζα είναι η ποσότητα της ύλης που περιέχεται σε ένα αντικείμενο.
- Ενέργεια είναι η ικανότητα παραγωγής έργου. Υπάρχουν διάφορες μορφές ενέργειας, όπως: δυναμική, κινητική, χημική, ηλεκτρική, θερμική, πυρηνική, ηλεκτρομαγνητική.

■ 1.1 Δομή της ύλης

Ως γνωστόν η ύλη συγκροτείται από πολύ μικρά σωματίδια, τα άτομα. Τα άτομα αποτελούνται από τον **πυρήνα** και τα περιφερειακά **ηλεκτρόνια**, τα οποία κινούνται γύρω από τον πυρήνα σε τροχιές.

Όλα τα ηλεκτρόνια¹ έχουν την ίδια μάζα και το ίδιο αρνητικό φορτίο που αποτελεί την ελάχιστη ποσότητα φορτίου που μπορεί να υπάρξει.

Ο πυρήνας αποτελεί το πικνότερο τμήμα του ατόμου και βρίσκεται στο κέντρο του χώρου που καταλαμβάνει το άτομο. Σχεδόν όλη η μάζα του ατόμου βρίσκεται συγκεντρωμένη στον πυρήνα του.



Σχήμα. 1.1. Δομή του ατόμου.

Ο πυρήνας αποτελείται από δύο είδη σωματιδίων, τα **πρωτόνια** και τα **νετρόνια**. Τα πρωτόνια είναι πολύ μικρά σωματίδια, φορτισμένα μόνιμα με θετικό φορτίο, ίσο με το φορτίο των ηλεκτρονίων. Η μάζα του πρωτονίου είναι περίπου 1840 φορές μεγαλύτερη από τη μάζα του ηλεκτρονίου. Τα άτομα στη φυσική τους κατάσταση είναι ουδέτερα, γιατί ο αριθμός των πρωτονίων είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων τους. Τα νετρόνια είναι ουδέτερα σωματίδια, αφού δεν έχουν φορτίο και έχουν μάζα ίση περίπου με τη μάζα των πρωτονίων. Τα πρωτόνια και τα νετρόνια καλούνται συνολικά **νουκλεόνια**.

¹ Το **ηλεκτρόνιο** θεωρείται ένα από τα στοιχειώδη σωματίδια του ατόμου που έχει ορισμένη μάζα (μάζα ηρεμίας = $9,1 \times 10^{-31} \text{ Kgr.}$) και ορισμένο αρνητικό φορτίο, το οποίο είναι και το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο ($1,6 \times 10^{-19} \text{ Cb}$).

■ 1.2 Ατομικός - Μαζικός αριθμός

Ο αριθμός των πρωτονίων του πυρήνα ενός στοιχείου καλείται **ατομικός αριθμός** και συμβολίζεται με Z . Ο ατομικός αριθμός Z φανερώνει πόσα πρωτόνια υπάρχουν στον πυρήνα του ατόμου και πόσα ηλεκτρόνια υπάρχουν μέσα στο ατόμο, όταν αυτό είναι ουδέτερο.

Το σύνολο των νουκλεονίων, δηλ. των πρωτονίων και νετρονίων του πυρήνα αποτελεί το **μαζικό αριθμό** του στοιχείου και συμβολίζεται με A .

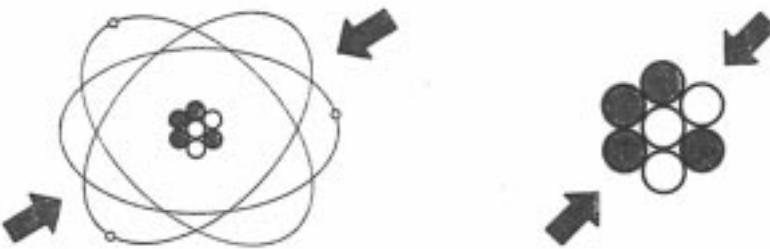
Τα άτομα που έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό, αλλά διαφορετικό μαζικό λέγονται **ισότοπα**. Τα ισότοπα άτομα, αφού έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό, ανήκουν στο ίδιο στοιχείο και έχουν τις ίδιες χημικές ιδιότητες. Μόνο οι φυσικές ιδιότητες είναι διαφορετικές (π.χ. πυκνότητα, σημείο τήξης κ.α.).

Ισότονα ή ισοθαρή είναι τα άτομα διαφορετικών στοιχείων που έχουν τον ίδιο μαζικό αριθμό, αλλά διαφορετικό ατομικό.

■ 1.3 Δυνάμεις που συγκρατούν τα συστατικά των ατόμων

- ✓ **Ηλεκτρικές δυνάμεις.** Σύμφωνα με τη φυσική, ένα σώμα για να μπορεί να κινείται σε κυκλική τροχιά, πρέπει να ασκείται πάνω του συνέχεια μια δύναμη με φορά προς το κέντρο της τροχιάς (κεντρομόλος δύναμη). Έτσι και στην περιστροφή των ηλεκτρονίων, η δύναμη αυτή προέρχεται από την έλξη που ασκεί το φορτίο του πυρήνα στο φορτίο του ηλεκτρονίου.
- ✓ **Πυρηνικές δυνάμεις.** Τα πρωτόνια, όπως αναφέρθηκε, έχουν θετικό φορτίο και επομένως θα έπρεπε να απωθούνται μεταξύ τους, ενώ τα νετρόνια που δεν έχουν ηλεκτρικό φορτίο δεν θα έπρεπε να συγκρατούνται στον πυρήνα. Συνεπώς, αν αναπτύσσονταν μόνο ηλεκτρικές δυνάμεις μεταξύ των συστατικών του πυρήνα, οι πυρήνες θα διαλύονταν αυτόματα σε ανεξάρτητα πρωτόνια και νετρόνια. Από αυτά γίνεται φανερό ότι για να εξασφαλιστεί η σταθερότητα των πυρήνων, μεταξύ των συστατικών του πυρήνα πρέπει να αναπτύσσονται και άλλες δυνάμεις, που είναι ελεκτικές και ισχυρότερες από τις ηλεκτρικές. Οι δυνάμεις αυτές ονομάζονται πυρηνικές.

- ✓ Γενικά ανάμεσα σε σώματα που φέρουν ηλεκτρικό φορτίο ασκούνται **ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις**. Σ' αυτές τις δυνάμεις οφείλεται η συγκρότηση του ατόμου.



Σχήμα 1.2 Δυνάμεις που συγκρατούν τα συστατικά των ατόμων. Δεξιά: ισχυρές δυνάμεις συγκρατούν τον πυρήνα. Αριστερά: ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις που συγκρατούν το άτομο.

Ο Rutherford για να ερμηνεύσει ότι το άτομο είναι ηλεκτρικά ουδέτερο, όταν δεν είναι διεγερμένο, σε κανονικές συνθήκες, απέδειξε ότι το φορτίο των πρωτονίων του πυρήνα είναι ίδιο με το φορτίο των ηλεκτρονίων που κινούνται γύρω από τον πυρήνα.

Επειδή η ευστάθεια της περιφοράς των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα δεν μπορεί να εξηγηθεί με τις κλασικές αντιλήψεις, ο Bohr διατύπωσε τις παρακάτω συνθήκες:

- ο **Πρώτη συνθήκη του Bohr:** Τα ηλεκτρόνια ενός ατόμου δεν μπορούν να περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα σε οποιεσδήποτε τροχιές, αλλά μόνο σε ορισμένες που καλούνται *στοιβάδες*.

Ο αριθμός των ηλεκτρονίων κάθε στοιβάδας είναι ίσος με $2n^2$ όπου n είναι ο αριθμός που χαρακτηρίζει τη στοιβάδα, δηλ. ο αριθμός της στοιβάδας από την πιο εσωτερική που έχει $n = 1$ προς την πιο εξωτερική. Οι στοιβάδες αυτές είναι επτά και συμβολίζονται ως εξής: K, L, M, N, O, P, Q.

Κατά αντιστοιχία έχουν (n) η K=1, L=2, M=3, N=4, O=5, P=6, Q=7. Οι στοιβάδες συμπληρώνονται από τις εσωτερικές προς τις εξωτερικές (K-L-M-N-O-P-Q). Οι χημικές ιδιότητες ενός στοιχείου καθορίζονται από τον αριθμό των ηλεκτρονίων που υπάρχουν στην ασυμπλήρωτη στοιβάδα.

Η προτελευταία δεν έχει όσα ηλεκτρόνια καθορίζει ο τύπος $2n^2$, αλλά μέχρι 18 ηλεκτρόνια, ενώ η τελευταία όχι περισσότερα από 8 ηλεκτρόνια. Αυτό γίνεται, γιατί στη φύση τα στοιχεία δεν έχουν σύνολο ηλεκτρονίων τόσο μεγάλο που να υπερβαίνει τους αριθμούς αυτούς.

- ο **Δεύτερη συνθήκη του Bohr:** Κάθε τροχιά ή στοιβάδα έχει ηλεκτρόνια που πρέπει να έχουν κάποια συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας. Όταν ένα ηλεκτρόνιο βρίσκεται σε εκείνη από τις επιτρεπόμενες τροχιές, στην οποία η ενέργειά του είναι ελάχιστη, δεν μπορεί να πέσει σε άλλη τροχιά, αλλά κινείται σε θεμελιώδη τροχιά. Εάν όμως μεταπηδήσει από τροχιά υψηλότερης ενέργειας σε τροχιά χαμηλότερης, τότε εκπέμπει τη διαφορά μεταξύ των ενεργειών των δύο αυτών τροχιών σαν ακτινοβολία.

Όπως περιγράφει η θεωρία του **Plank**, το φως και οποιαδήποτε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, εκπέμπονται με τη μορφή μικρότατων (στοιχειωδών) ποσοτήτων ενέργειας που καλούνται **κβάντα**. Έτσι λοιπόν, σύμφωνα με την **κβαντική θεωρία** του Plank, η ενέργεια που εκπέμπεται υπό τη μορφή ακτινοβολίας, δεν εκπέμπεται κατά οποιαδήποτε ποσότητα και συνεχόμενο τρόπο, αλλά ασυνεχώς και κατά στοιχειώδη ποσά, «πακέτα» (κβάντα).

Η ενέργεια κάθε πακέτου που είναι γνωστό και σαν **φωτόνιο**, αυξάνει με τη συχνότητα ν της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και συνδέεται με αυτή με τη σχέση $E=h\nu$, όπου h η σταθερά του Plank, E η ενέργεια, ν η συχνότητα. Δηλ. η ενέργεια των φωτονίων εξαρτάται αποκλειστικά από τη συχνότητα (ν) της ακτινοβολίας.

Ξαναγυρνώντας στη 2η συνθήκη Bohr, το ηλεκτρόνιο που μετεπήδησε από την τροχιά της μεγαλύτερης ενέργειας (E_1), στην τροχιά της χαμηλότερης ενέργειας (E_2), απέδωσε τη διαφορά E_1-E_2 σαν ακτινοβολία, συχνότητας ν σύμφωνα με την εξίσωση $E_1-E_2=h\nu$.

Μεταξύ της μάζας και της ενέργειας υπάρχει στενή σχέση που εκφράζεται με την περίφημη εξίσωση του **Einstein** $E=mc^2$, όπου E = ενέργεια, m = μάζα, C = ταχύτητα του φωτός στο κενό.

Συνδυάζοντας τα παραπάνω υπολογίζεται η μάζα από τον τύπο $m = h\nu/c^2$, αφού $E=mc^2 = h\nu$.

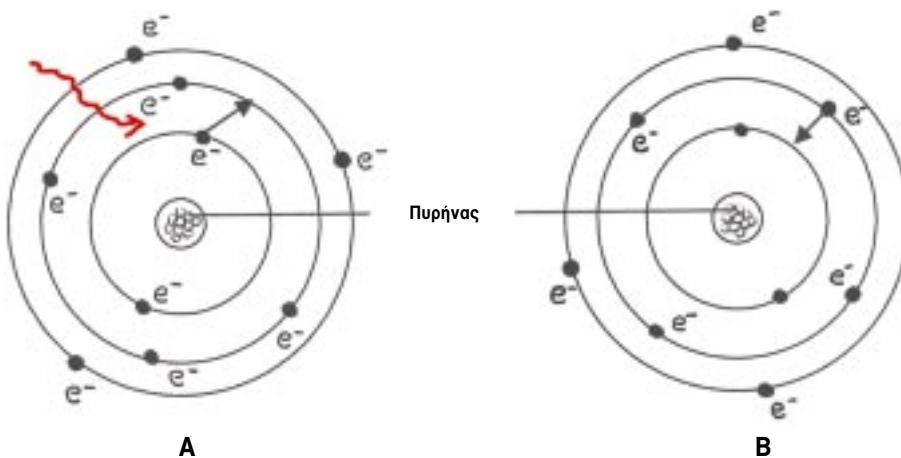
■ 1.4 Διέγερση - Ιονισμός

Όταν στο άτομο προσέσει μια ποσότητα ενέργειας – ακτινοβολία παραδείγματος χάρη - και την προσλάβει, τότε ένα ηλεκτρόνιο μπορεί:

1. Να παύσει να κινείται στη θεμελιώδη τροχιά και να μεταπηδήσει σε άλλη επιτρεπόμενη τροχιά μεγαλύτερης ενέργειας χρησιμοποιώντας την ενέργεια που έλαβε (Σχ. 1.3. A).

Η ενέργεια που απαιτείται για την παραπάνω μεταφορά του ηλεκτρονίου, λέγεται **έργο διέγερσης**. Το άτομο παραμένει σε κατάσταση **διέγερσης**, η οποία δεν είναι σταθερή. Σε ελάχιστο χρόνο (10^{-8} sec) το κενό, το οποίο δημιουργήθηκε στη στοιβάδα κατά τη διέγερση, συμπληρώνεται από ένα ηλεκτρόνιο ανώτερης στοιβάδας, με ταυτόχρονη εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (**αποδιέγερση**) (Σχ. 1.3. B).

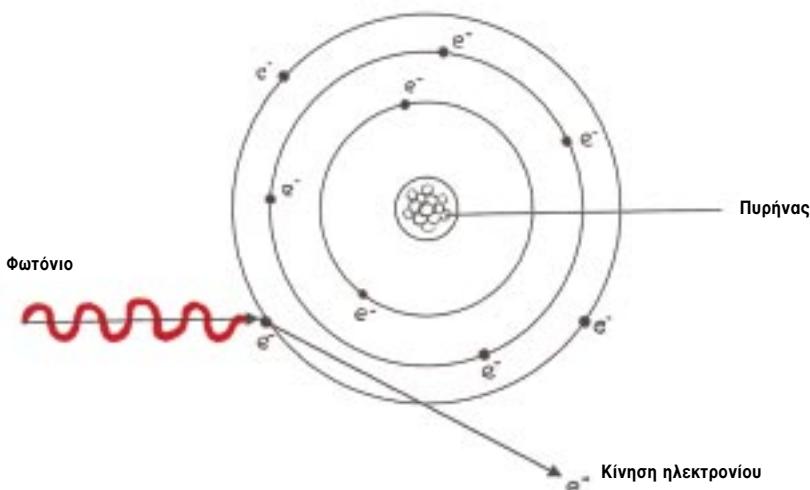
Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται κατά την αποδιέγερση του ατόμου, έχει ενέργεια ίση με τη διαφορά των ενεργειακών σταθμών των στοιβάδων μεταξύ των οποίων μετακινήθηκε το ηλεκτρόνιο.



Σχήμα 1.3 Διέγερση και αποδιέγερση του ατόμου.

2. Αν στο άτομο προσφέρεται ακόμη μεγαλύτερη ενέργεια, τότε το ηλεκτρόνιο πιθανόν να ελευθερωθεί από την έλξη του πυρήνα και να απομακρυνθεί εντελώς από το άτομο (Σχ. 1.4). Το φαινόμενο αυτό περιγράφε-

ται σαν **ιονισμός**. Τότε το άτομο θα έχει χάσει ένα ηλεκτρόνιο, θα του περισσεύει ένα στοιχειώδες θετικό φορτίο και θα μετατραπεί σε θετικό ιόν.



Σχήμα 1.4 Ιονισμός του ατόμου.

Γενικά **Ιόν** είναι κάθε μη ηλεκτρικά ουδέτερο άτομο, δηλαδή άτομο ηλεκτρικά φορτισμένο. Διακρίνονται θετικά και αρνητικά ιόντα αντίστοιχα με το αν έχουν έλλειψη ή περίσσεια ηλεκτρονίων.

Συνοπτικά, λοιπόν ιονισμός είναι η διαδικασία απόσπασης ηλεκτρονίου ή ηλεκτρονίων από το άτομο. Ο ιονισμός συμβαίνει όταν η ενέργεια που προσφέρεται στο άτομο είναι ίση ή μεγαλύτερη από το έργο ιονισμού του². Διέγερση συμβαίνει, όταν η ενέργεια που προσφέρεται στο άτομο είναι μικρότερη από το έργο ιονισμού του. Κατά τη διέγερση του ατόμου παρατηρείται μετακίνηση ηλεκτρονίων σε τροχιές μεγαλύτερης ενέργειας. Τα ηλεκτρόνια αυτά πολύ σύντομα επιστρέφουν στην αρχική τους τροχιά με εκπομπή χαρακτηριστικής ακτινοβολίας (αποδιέγερση ατόμου).

2 Έργο ιονισμού είναι η ενέργεια που χρειάζεται το πιο χαλαρό συνδεδεμένο ηλεκτρόνιο για να εγκαταλείψει το άτομο.

Α ΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Τα άτομα αποτελούνται από τον πυρήνα και τα περιφερειακά ηλεκτρόνια, που κινούνται γύρω του σε τροχιές.

Ο πυρήνας αποτελεί το πυκνότερο τμήμα του ατόμου και βρίσκεται στο κέντρο του χώρου που καταλαμβάνει το άτομο και αποτελείται από δύο είδη σωματιδίων, τα πρωτόνια και τα νετρόνια. Τα άτομα στη φυσική τους κατάσταση είναι ουδέτερα, γιατί ο αριθμός των πρωτονίων είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων τους. Τα νετρόνια είναι ουδέτερα σωματίδια.

Τα ηλεκτρόνια ενός ατόμου δεν μπορούν να περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα σε οποιεσδήποτε τροχιές, αλλά μόνο σε ορισμένες που καλούνται στοιβάδες. Κάθε τροχιά ή στοιβάδα έχει ηλεκτρόνια που πρέπει να έχουν κάποια συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας. Όταν ένα ηλεκτρόνιο βρίσκεται σε κείνη από τις επιτρεπόμενες τροχιές στην οποία η ενέργειά του είναι ελάχιστη, δεν μπορεί να πέσει σε άλλη τροχιά, αλλά κινείται σε θεμελιώδη τροχιά. Εάν όμως μεταπηδήσει από τροχιά υψηλότερης ενέργειας σε τροχιά χαμηλότερης ενέργειας, τότε εκπέμπει τη διαφορά μεταξύ των ενεργειών των δύο αυτών τροχιών σαν ακτινοβολία.

Όταν στο άτομο προσπέσει ποσότητα ενέργειας π.χ. ακτινοβολία και το άτομο αυτό προσλάβει ενέργεια, μπορεί να συμβεί ιονισμός αυτού ή διέγερση.

Ιονισμός είναι η διαδικασία απόσπασης ηλεκτρονίου ή ηλεκτρονίων από το άτομο. Ο ιονισμός συμβαίνει όταν η ενέργεια που προσφέρεται στο άτομο είναι ίση ή μεγαλύτερη από το έργο ιονισμού του.

Διέγερση συμβαίνει, όταν η ενέργεια που προσφέρεται στο άτομο είναι μικρότερη από το έργο ιονισμού του. Κατά τη διέγερση του ατόμου παρατηρείται μετακίνηση ηλεκτρονίων σε τροχιές μεγαλύτερης ενέργειας. Τα ηλεκτρόνια αυτά πολύ σύντομα επιστρέφουν στην αρχική τους τροχιά με εκπομπή χαρακτηριστικής ακτινοβολίας (αποδιέγερση ατόμου).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι είναι το φωτόνιο;
2. Τι καλείται ατομικός αριθμός, τι μαζικός αριθμός, τι ηλεκτρόνιο;
3. Τι είναι ιονισμός και τι διέγερση ατόμου;
4. Συνδυάστε σωστά στις απέναντι στήλες, τις ανάλογες λέξεις.

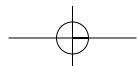
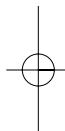
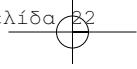
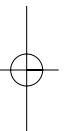
Ισότοπα άτομα ίδιο μαζικό, αλλά διαφορετικό ατομικό αριθμό.

Ισοβαρή άτομα ίδιο ατομικό, αλλά διαφορετικό μαζικό αριθμό.

Αρνητικό ιόν έλλειψη ηλεκτρονίων.

Θετικό ιόν περίσσεια ηλεκτρονίων.

- Απαντήστε στις ερωτήσεις τοποθετώντας σε κύκλο τον αριθμό της σωστής απάντησης.**
5. Διέγερση ατόμου είναι:
 - a. Πλήρης απομάκρυνση του ηλεκτρονίου μιας στοιβάδας του ατόμου.
 - b. Μεταπήδηση ηλεκτρονίου από στοιβάδα χαμηλότερης ενέργειας σε στοιβάδα υψηλότερης ενέργειας.
 - c. Όταν το άτομο είναι ηλεκτρικά ουδέτερο.
 - d. Τίποτα από τα παραπάνω.
 6. Ατομικός αριθμός ενός στοιχείου είναι:
 - a. Το σύνολο των πρωτονίων και νετρονίων
 - b. Το σύνολο των πρωτονίων
 - c. Το σύνολο των νετρονίων.
 7. Τα ηλεκτρόνια είναι σωματίδιο:
 - a. Με θετικό φορτίο
 - b. Με αρνητικό φορτίο
 - c. Ουδέτερο.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΑΚΤΙΝΕΣ X (RÖNTGEN)

**ΣΤÓΧΟΙ**

Με την ολοκλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου αυτού θα πρέπει:

- να γνωρίζεις πότε και από ποιον ανακαλύφθηκαν οι ακτίνες X
- να περιγράψεις και να γνωρίζεις τα τμήματα μιας ακτινολογικής λυχνίας
- να γνωρίζεις την παραγωγή ακτίνων X
- να γνωρίζεις τι είναι η «εκ πεδήσεως» ακτινοβολία Roentgen
- να αναφέρεις τις ιδιότητες των ακτίνων X και την εκμετάλλευση αυτών στην Ακτινολογία και στην Ακτινοπροστασία.

■ 2.1 Ιστορική αναδρομή

Ο Γερμανός καθηγητής της φυσικής Βίλχελμ Κόνραντ Ραίντγκεν, το φθινόπωρο του 1895, πειραματίζόταν – όπως και αρκετοί άλλοι φυσικοί της εποχής του – πάνω στις καθοδικές ακτίνες³. Για αρκετές εβδομάδες έμενε απομονωμένος στο εργαστήριό του, προστλωμένος σε συγκεκριμένα πειράματα και εργάστηκε, έως ότου ήταν έτοιμος να εκθέσει τα συμπεράσματά του σε άλλους επιστήμονες.

Σήμερα σώζεται το σύντομο χειρόγραφό του, με τίτλο: «Για ένα νέο είδος ακτίνων, μια πρόδομη ανακοίνωση», που το παρουσίασε στο γραμματέα της φυσικής ιατρικής του Wurzburg. Η αρχή του έχει ως εξής:

³ Η συμπεριφορά των καθοδικών ακτίνων - όπως τις χαρακτήριζαν τότε - προκαλούσε μεγάλο ενδιαφέρον στους επιστήμονες. Ανάμεσα στα άλλα οι καθοδικές ακτίνες είχαν την ιδιότητα να καθιστούν φωτεινές ακόμα και στο σκοτάδι, μερικές ουσίες που βρίσκονταν μακριά κατά μήκος της τροχιάς τους. Επειδή όμως, όπως φαινόταν, οι καθοδικές ακτίνες μπορούσαν να δημιουργηθούν μόνο μέσα στο κενό, ήταν αδύνατο τότε να φανταστεί κανείς ποιες πρακτικές εφαρμογές θα είχαν.

«Για ένα νέο είδος ακτίνων, μια πρόδρομη ανακοίνωση. Η παρατήρηση του νέου αυτού είδους των ακτίνων έγινε, όταν κατά τη δίοδο επαγωγικού ρεύματος από το σωλήνα Lenard, σε τέλεια σκοτεινό δωμάτιο, ένα κομμάτι χαρτονιού που έχει αλειφθεί με πλατινοκυανούχο βάριο και βρισκόταν κοντά στο σωλήνα, φθόριζε ή λαμπύριζε σε κάθε δίοδο ρεύματος από το σωλήνα. Ο φθορισμός αυτός συνέβαινε ανεξάρτητα με το αν η επιχρισμένη ή η άλλη όψη του χαρτονιού ήταν στραμμένη προς το σωλήνα.»

Συνεχίζοντας παρακάτω, αναφέρει: «...το χαρτί είναι πολύ διάφανο. Παρατήρησα ότι η φθορίζουσα οθόνη εξακολουθούσε να λάμπει πίσω από ένα χο-

ντρό βιβλίο 1000 σχεδίων. Η μελάνη της εκτύπωσης δεν είχε καμία αξιοσημείωτη επίδραση». Τελειώνοντας συμπεραίνει: «...η διαφάνεια των διαφόρων υποθεμάτων με την προϋπόθεση του ιδίου πάχους εξαρτάται πρωταρχικά από την πυκνότητά τους.»

Ο Röentgen ονόμασε τις ακτίνες που ανακάλυψε «**ακτίνες X**» δηλ. ακτίνες αγνώστου φύσεως. Η ονομασία αυτή έμεινε, παράλληλα με τον όρο ακτίνες Röentgen, που χρησιμοποιείται έκτοτε προς τιμήν του.

Για να πληροφορήσει την επιστημονική κοινότητα για την ανακάλυψή του, τα νέα της οποίας εξαπλώθηκαν πολύ γρήγορα, έστειλε αντίγραφα της ανακοίνωσής του και φωτογραφίες ακτινογραφιών που είχε επιτύχει.



Εικόνα 2.1 O Dr W. Roentgen

Τα οστά του χεριού π.χ., σταματούσαν τις ακτίνες, οι οποίες απεναντίας διαπερνούσαν άριστα το μαλακό ιστό που βρισκόταν γύρω από τα οστά. Χαρακτηριστική είναι η εικόνα της πρώτης ακτινογραφίας áκρας χειρός της γυναίκας του (Εικ.2.2.).

Διαισθάνθηκε ότι στην ιατρική επιστήμη οι ακτίνες X θα πρόσφεραν σημαντική βοήθεια. Η ιατρική οφείλει πολλές από τις επιτυχίες και τις προόδους της, στην ανακάλυψη αυτή. Σήμερα, χάρη στη βελτίωση των ακτινολο-

γικών μηχανημάτων και με τη συμμετοχή της ψηφιακής τεχνολογίας, η έρευνα στο εσωτερικό του ανθρωπίνου σώματος με μη επεμβατικό τρόπο, προσφέρει άριστα αποτελέσματα με σημαντική ασφάλεια. Πέρα από την ακτινοδιαγνωστική χρησιμοποιούνται και στην ακτινοθεραπεία, όπου οι ενέργειες των ακτίνων Χ είναι μεγαλύτερες.

Αλλά και στο βιομηχανικό τομέα, ολοένα και περισσότερο χρησιμοποιούνται οι ακτίνες Χ για έλεγχο αγωγών, εξαρτημάτων μηχανών, συσκευών κ.λ.π. για να διαπιστωθούν τυχόν ρήγματα. Οι ακτίνες Χ χρησιμοποιούνται με επιτυχία για την αναγνώριση της αυθεντικότητας και τον προσδιορισμό του χρόνου εκτέλεσης έργων τέχνης.

Στα νοσοκομεία, τα διαγνωστικά κέντρα και τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, υπάρχουν τώρα άπειρα μηχανήματα παραγωγής ακτίνων Χ, που αν και προσφέρουν πολύ περισσότερα από τις αδύναμες ακτινοβολίες που δειλά - δειλά έκαναν την εμφάνισή τους εκείνο το Νοέμβρη του 1895, κανένα δεν μπορεί να αποσπάσει τα πρωτεία από εκείνο το μικρό σωλήνα που φώτισε ξαφνικά άγνωστους και απέραντους ορίζοντες.



Εικόνα 2.2 Η πρώτη ακτινογραφία, το χέρι της κυρίας Roentgen

■ 2.2 Λυχνία Coolidge παραγωγής ακτίνων Χ

Το 1931 ο W.D. Coolidge εισήγαγε τη βασική σχεδίαση της ομώνυμης λυχνίας παραγωγής ακτίνων Χ, η οποία χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα σε εξελιγμένη μορφή. Στα πρώτα χρόνια της ακτινολογίας χρησιμοποιούσαν τους ιοντικούς σωλήνες Crooks. Σήμερα χρησιμοποιούνται μόνο οι αερόκεννοι σωλήνες Coolidge με θερμαινόμενο νήμα στην κάθοδο. Βελτίωση στη διάταξη αυτής της λυχνίας έγινε με αντικατάσταση της σταθερής ανόδου από την περιστρεφόμενη.

Μια κλασική λυχνία Coolidge, περιστρεφόμενης ανόδου αποτελείται από:

- ένα αερόκενο σωλήνα, από πυρίμαχο γυαλί συνήθως.
- την κάθοδο, ένα ηλεκτρόδιο ειδικής κατασκευής που φέρει συνήθως δύο νήματα βιολφραμίου και μια κοιλότητα εστίασης. Με θέρμανση του νήματος παράγονται ηλεκτρόνια (θερμική εκπομπή).
- την άνοδο, ένα δίσκο από βιολφράμιο στον οποίο προσκρούουν τα ηλεκτρόνια από την κάθοδο μόλις εφαρμοσθεί υψηλή τάση στα άκρα της λυχνίας. Είναι στηριγμένος στο ρότορα ενός ηλεκτροκινητήρα, ώστε να περιστρέφεται.



Εικόνα 2.3 Λυχνία Coolidge περιστρεφόμενης ανόδου.

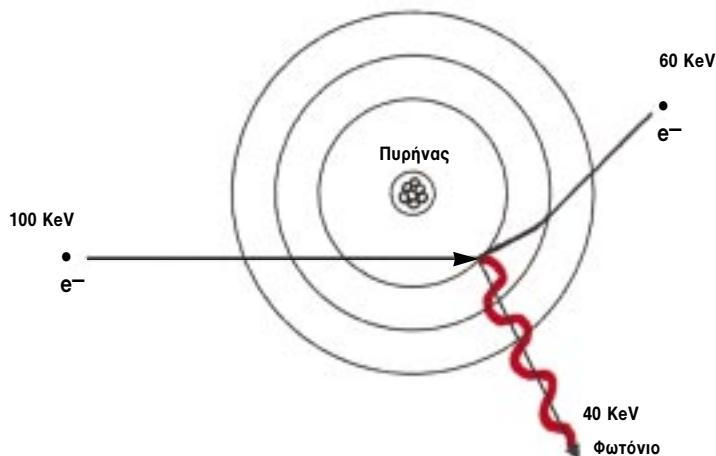
Ο δίσκος της ανόδου περιφερικά, στην περιοχή παραγωγής των ακτίνων X, παρουσιάζει μικρή κλίση προς τα πίσω. Στις σύγχρονες λυχνίες ο δίσκος αποτελείται μόνο από ένα επιφανειακό στρώμα βιολφραμίου, στηριγμένο πάνω σε μολυβδαίνιο, ενώ μπορεί να υπάρχει και τρίτο στρώμα από γραφίτη

■ 2.3 Παραγωγή ακτίνων X

Οι ακτίνες X παράγονται, όταν ταχέως κινούμενα ηλεκτρόνια προσπέσουν (σταματήσουν απότομα) σε υλικό με υψηλό ατομικό αριθμό. Εκμετάλλευση αυτού του φαινομένου, γίνεται στις λυχνίες παραγωγής ακτίνων X, τους αερόκενους σωλήνες Coolidge.

Έτσι λοιπόν στη λυχνία Coolidge τα απαραίτητα ηλεκτρόνια παράγονται από τη θερμαινόμενη κάθοδο. Κάτω από την επίδραση ισχυρότατου ηλεκτρικού πεδίου στα άκρα της λυχνίας, τα ηλεκτρόνια αποκτούν πολύ μεγάλες ταχύτητες, εξορμούν και προσκρούουν πάνω στην άνοδο, που έχει υψηλό ατομικό αριθμό.

Όταν αυτά τα ηλεκτρόνια προσπίπτουν στην άνοδο, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειάς τους περίπου 99%, μετατρέπεται σε θερμότητα, ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό λιγότερο από 1%, μετατρέπεται σε ακτίνες X.



Σχήμα 2.1 Σχηματική εικόνα μετατροπής της κινητικής ενέργειας του ηλεκτρονίου σε ισοδύναμο φωτόνιο. Η ελκτική δύναμη του πυρήνα, αναγκάζει το ηλεκτρόνιο με την έλξη να επιβραδύνει την ταχύτητά του και να διαγράψει αντί της ευθείας τοξοειδή τροχιά πριν βγει από την περιοχή του ατόμου. έτσι η απώλεια της κινητικής ενέργειας θα μετατραπεί σε φωτόνιο με ισοδύναμη ενέργεια.

Συγκεκριμένα, τα ηλεκτρόνια – των οποίων η κινητική ενέργεια δεν καταναλώθηκε για θερμική κίνηση – περνούν πολύ κοντά από τον πυρήνα των ατόμων του υλικού της ανόδου και έλκονται (Σχ. 2.1). Μετά απ' αυτό παρεκκλίνουν της τροχιάς τους και σταματάνε απότομα. Εξαιτίας της απότομης αυτής επιβράδυνσης προκαλείται δημιουργία μεταβαλλόμενων ηλεκτρομαγνητικών πεδίων γύρω από τα προαναφερθέντα ηλεκτρόνια, από τα οποία τελικά εκπέμπονται ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Η ηλεκτρομαγνητική αυτή ακτινοβολία λέγεται **ακτινοθολία από πέδηση**, ως αποτέλεσμα του απότομου σταματήματος των ηλεκτρονίων. Τα φωτόνια που παράγονται δεν θα έχουν όλα την ίδια ένταση.

Η ακτινοβολία από πέδηση αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγόμενης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την άνοδο.

- 4 Τα φωτόνια από πέδηση δεν έχουν την ίδια ένταση, αφού ένα ηλεκτρόνιο που θα πέσει πάνω στο πυρήνα, χάνει τη μεγαλύτερη κινητική ενέργεια και το φωτόνιο αντίστοιχα που θα προκύψει θα έχει τη μεγαλύτερη ενέργεια, ενώ αυτό το ηλεκτρόνιο που περνά μακρύτερα από τον πυρήνα χάνει τη μικρότερη κινητική ενέργεια και αντίστοιχα το φωτόνιο θα έχει μικρότερη ενέργεια.

Ένα μικρό ποσοστό της συνολικής εκπεμπόμενης ακτινοβολίας αποτελεί και η χαρακτηριστική ακτινοβολία. Η **χαρακτηριστική ακτινοβολία** εκπέμπεται από τα άτομα του υλικού της ανόδου.⁵

■ 2.4 Ιδιότητες ακτίνων X

Μερικές από τις ιδιότητες των ακτίνων X που έχουν σπουδαιότητα για την Ακτινοδιαγνωστική, ενμέρει για την Ακτινοθεραπεία και την εφαρμογή μεθόδων ακτινοπροστασίας είναι:

1. Δεν εκτρέπονται από την ευθύγραμμη πορεία τους τόσο από ηλεκτρικό όσο και από μαγνητικό πεδίο.
2. Σαν φωτόνια που είναι, διαδίδονται ευθύγραμμα στο κενό με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα του φωτός c ($c = 300.000 \text{ km/sec}$).
3. Περνώντας μέσα από τα αέρια προκαλούν τον ιονισμό τους.
4. Προκαλούν το φθορισμό ορισμένων κρυστάλλων και αυτό είναι ουσιώδες για την κατασκευή των ενισχυτικών πινακίδων.
5. Επηρεάζουν τη φωτογραφική πλάκα και παράγουν λανθάνουσα εικόνα που μπορεί να «εμφανισθεί» κατόπιν χημικής επεξεργασίας.
6. Έχουν την ικανότητα να διαπεράσουν σώματα, τα οποία το φως δεν μπορεί να περάσει.
7. Όταν διέρχονται από υλικά μεγάλου ατομικού αριθμού, απορροφώνται σε μεγάλο βαθμό.
8. Έχουν χημικές και βιολογικές επιδράσεις όταν προσπίπτουν σε όργανα, ιστούς, κύτταρα και γενικά στη ζώσα ύλη.
9. Στο κενό υπακούουν στο νόμο του αντίστροφου τετραγώνου, σύμφωνα με τον οποίο η ένταση της ακτινοβολίας σε απόσταση από σημειακή πηγή μεταβάλλεται με το αντίστροφο του τετραγώνου της απόστασης.
10. Οι περισσότερες είναι ετερογενείς (έχουν πλείστα όσα και διαφορετικά μήκη κύματος).

⁵ Ένας άλλος αριθμός ηλεκτρονίων, συγκρουόμενων με τα άτομα του υλικού της ανόδου, προκαλεί διέγερση των ηλεκτρονίων των εσωτερικών τροχιών των ατόμων του υλικού της ανόδου. Αυτά κατά την αποδιέγερσή τους αποδίδουν τη **χαρακτηριστική ακτινοβολία**.

11. Δεν εστιάζονται – ανιχνεύονται από φωτογραφικό φακό.

Στην *Ακτινοθεραπεία* εκμεταλλευόμαστε την 7^η και 8^η ιδιότητα, όπου η ακτινοβολία :

- έχει βιολογικές επιδράσεις όταν προσπίπτει στη ζώσα ύλη,
- απορροφάται ολικώς ή μερικώς διερχόμενη από τα σώματα.

Ενώ στην *Ακτινολογία* εκμεταλλευόμαστε την ιδιότητά τους να:

- προσβάλλουν τη φωτογραφική πλάκα,
- προκαλούν το φθορισμό ορισμένων ουσιών,
- έχουν την ικανότητα να διαπεράσουν σώματα που το φως δεν μπορεί να τα διαπεράσει και
- απορροφώνται σε μεγάλο βαθμό διερχόμενες από υλικά μεγάλου ατομικού αριθμού.

Η βασική ιδιότητα των ακτίνων X που εκμεταλλευόμαστε στην *ακτινοπροστασία* είναι αυτή που αναφέρει ότι διερχόμενες από υλικά μεγάλου ατομικού αριθμού – π.χ. μόλυβδος – απορροφώνται σε μεγάλο βαθμό. Γι' αυτό οι επενδύσεις τοίχων, η μολύβδινη ποδιά και διάφορα άλλα προστατευτικά υλικά είναι από μόλυβδο. Μια άλλη ιδιότητα επίσης που εκμεταλλευόμαστε στην ακτινοπροστασία είναι ότι οι ακτίνες X απομακρυνόμενες από τη λυχνία εξασθενούν σύμφωνα με το νόμο του αντίστροφου τετραγώνου της απόστασης.

Τέλος όσον αφορά τον έλεγχο της ακτινοβολίας που γίνεται με τα δοσίμετρα, για συμμόρφωση προς τους κανόνες ακτινοπροστασίας, εκμεταλλευόμαστε τις ακόλουθες ιδιότητες:

- ότι προκαλούν αμαύρωση του φιλμ (φωτογραφικά δοσίμετρα που χρησιμοποιούνταν παλιότερα),
- ότι προκαλούν φθορισμό ορισμένων ουσιών (δοσίμετρα θερμοφωταύγειας) και
- ότι περνώντας από τον αέρα προκαλούν ιονισμό αυτού (θάλαμος ιονισμού).

Α ΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Οι ακτίνες Χ ανακαλύφθηκαν από το Γερμανό φυσικό W.Röentgen, το 1895. Η ιατρική οφείλει πολλές από τις επιτυχίες και τις προόδους της στην ανακάλυψη αυτή. Σήμερα με την τελειοποίηση των ακτινολογικών συσκευών, η έρευνα στο εσωτερικό του ανθρωπίνου σώματος με μη επεμβατικό τρόπο, έχει λάβει εκπληκτικές διαστάσεις.

Οι ακτίνες Χ παράγονται στη λυχνία Coolidge, που είναι ένας αερόκενος σωλήνας με δύο ηλεκτρόδια (κάθοδος – άνοδος). Όταν θερμανθεί κατάλληλα το νήμα της καθόδου, παράγονται ηλεκτρόνια, τα οποία, όταν εφαρμοσθεί ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων, κινούνται με μεγάλη ταχύτητα προς την άνοδο.

Όταν αυτά τα ηλεκτρόνια προσπέσουν στην άνοδο, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειάς τους μετατρέπεται σε θερμότητα, 99% περίπου, ενώ ένα μικρό μόνο μέρος σε ποσοστό λιγότερο από 1% μετατρέπεται σε ακτίνες Χ.

Πολλές από τις ιδιότητες των ακτίνων Χ βρίσκουν ευεργετική για τον άνθρωπο εφαρμογή στην Ακτινολογία, όπως το ότι: επηρεάζουν τη φωτογραφική πλάκα, προκαλούν το φθορισμό ορισμένων ουσιών, έχουν την ικανότητα να διαπεράσουν σώματα που το φως δεν μπορεί να τα διαπεράσει και διερχόμενες από υλικά μεγάλου ατομικού αριθμού απορροφώνται σε μεγάλο βαθμό.

Η βασική ιδιότητα των ακτίνων Χ που εκμεταλλευόμαστε στην ακτινοπροστασία είναι αυτή που αναφέρει ότι, όταν διέρχονται από υλικά μεγάλου ατομικού αριθμού, απορροφώνται σε μεγάλο βαθμό.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πότε και από ποιον ανακαλύφθηκαν οι ακτίνες Χ;
 2. Περιγράψτε την ακτινολογική λυχνία Goolidge, περιστρεφόμενης ανόδου.
 3. Περιγράψτε το φαινόμενο παραγωγής ακτίνων X.
 4. Τι είναι η «εκ πεδήσεως» ακτινοβολία Roentgen;
 5. Ποιες ιδιότητες των ακτίνων X εκμεταλλευόμαστε στην ακτινοπροστασία;
 6. Γιατί ο μόλυβδος χρησιμοποιείται ως ακτινοπροστατευτικό υλικό;
 7. Ποιες ιδιότητες των ακτίνων X εκμεταλλεύονται στην Ακτινολογία.
- **Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις τοποθετώντας σε κύκλο τον αριθμό της σωστής απάντησης.**
8. Ποια από τα παρακάτω δεν είναι ιδιότητα των ακτίνων X που παράγονται από τη λυχνία;
 - α. Είναι διεισδυτικές.
 - β. Προκαλούν ιονισμό των αερίων.
 - γ. Εκτρέπονται από την ευθύγραμμη πορεία τους τόσο από ηλεκτρικό όσο και από μαγνητικό πεδίο.
 - δ. Προκαλούν φθορισμό κατάλληλων ουσιών.
 9. Το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγόμενης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τη λυχνία αποτελεί:
 - α. Η χαρακτηριστική ακτινοβολία.
 - β. Η ακτινοβολία από πέδεση.
 - γ. Η ακτινοβολία α.
 - δ. Η ακτινοβολία β.

(Συνέχεια)

10. Η κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων που κατευθύνονται από την κάθοδο της λυχνίας στην άνοδο, μετατρέπεται:
- α. Όλη σε ακτίνες X.
 - β. Το μεγαλύτερο μέρος σε θερμότητα.
 - γ. Το μεγαλύτερο μέρος σε ακτίνες X.
 - δ. Το μικρότερο μέρος σε ακτίνες X.
 - ε. Το μικρότερο μέρος σε θερμότητα.
 - στ. Το β και το δ.
 - ζ. Το γ και το ε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ X



ΣΤÓΧΟΙ

Με την ολοκλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου αυτού θα πρέπει:

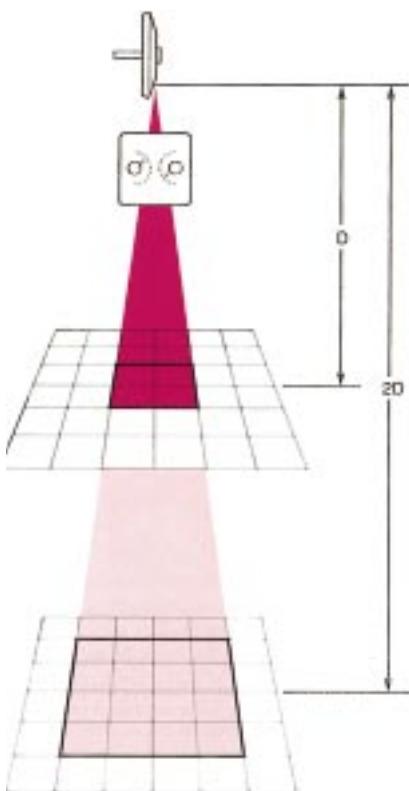
- να γνωρίζεις τους τρόπους και τα φαινόμενα που γίνεται η απορρόφηση ακτινοβολίας στην κλασική ακτινολογία
- να αναφέρεις τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η απορρόφηση της ακτινοβολίας.
- να γνωρίζεις το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο
- να γνωρίζεις το φαινόμενο COMPTON
- να γνωρίζεις το φαινόμενο δίδυμης γένεσης
- να διατυπώσεις το νόμο του αντίστροφου του τετραγώνου της απόστασης και να εξηγήσεις τις πρακτικές του εφαρμογές.

■ Εισαγωγή

Η ακτινοβολία εξασθενεί προοδευτικά κατά τη διαδρομή της από την άνοδο στο ακτινολογικό φιλμ. Αυτό ενμέρει οφείλεται στην εξασθένησή της στον αέρα λόγω της απόστασης και στην απορρόφησή της από το υλικό σώμα (ασθενής).

■ 3.1 Εξασθένηση ακτινοβολίας λόγω απόστασης

Η ένταση της δέσμης της ακτινοβολίας βαθμιαία εξασθενεί κατά τη διόδο της από τον αέρα· η εξασθένηση αυτή είναι συνάρτηση της απόστασης του φιλμ από την πηγή. Όταν πρόκειται για μια αποκλίνουσα δέσμη, η ενέργειά της θα κατανέμεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια (Σχ.3.1.). Η εξασθένηση εξηγείται με το «*νόμο του αντίστροφου του τετραγώνου της απόστασης*».



Σχήμα 3.1 Η ένταση της ακτινοβολίας είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης.

Σύμφωνα με το νόμο αυτό η ένταση της ακτινοβολίας η οποία εκπέμπεται από μία πηγή, είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης της πηγής από το φιλμ.

Έτσι, όταν διπλασιάζεται η απόσταση από την πηγή, η ένταση υποβιβάζεται στο 1/4 της αρχικής τιμής, όταν τριπλασιάζεται η απόσταση, η ένταση υποβιβάζεται στο 1/9 κ.ο.κ.

Χρήση του παραπάνω νόμου γίνεται:

- Στην ακτινοπροστασία
- Όταν αλλάζει η εστιακή απόσταση⁶ στις διάφορες ακτινογραφικές εξετάσεις.

Μεταξύ των ιδιοτήτων των ακτίνων X που αναφέρθηκαν, είναι και η διεισδυτικότητα στην ύλη. Όταν μία δέσμη ακτίνων X προσπέσει πάνω σε ένα υλικό σώμα, δεν θα εξέλθουν από αυτό, όσες ακτίνες εισήλθαν, γιατί ένα μέρος τους θα απορροφηθεί από την ύλη.

Όσον αφορά την απορρόφηση της διαγνωστικής ακτινοβολίας, αυτή γίνεται με δύο τρόπους: με το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και με το φαινόμενο Compton (για μεγαλύτερες ενέργειες): στο φαινόμενο Compton οφείλεται και η σκέδαση της ακτινοβολίας.

■ 3.2 Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

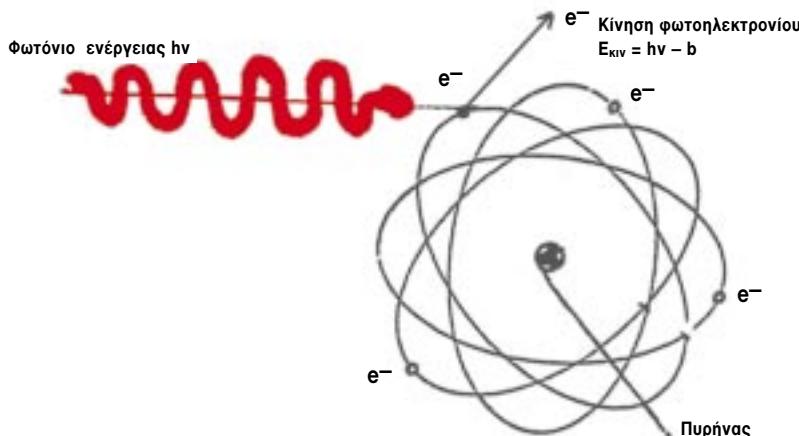
Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο αλληλεπιδρούν ένα φωτόνιο με το ηλεκτρόνιο ενός ατόμου και κατά την αλληλοεπίδραση το φωτόνιο, δίνει

⁶ Εστιακή απόσταση είναι η απόσταση λυχνίας – φιλμ.

όλη του την ενέργεια του στο ηλεκτρόνιο με αποτέλεσμα την απόσπασή του από το άτομο.

Από την ενέργεια του φωτονίου ($h\nu$), ένα μέρος καταναλώνεται για την υπερνίκηση της δεσμευτικής του ενέργειας (έργο εξαγωγής του ηλεκτρονίου), ενώ το υπόλοιπο μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του απομακρυσμένου από το άτομο ηλεκτρονίου (φωτοηλεκτρόνιο).

Κατά το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο λοιπόν, συμβαίνει πλήρης απορρόφηση της ακτινοβολίας.

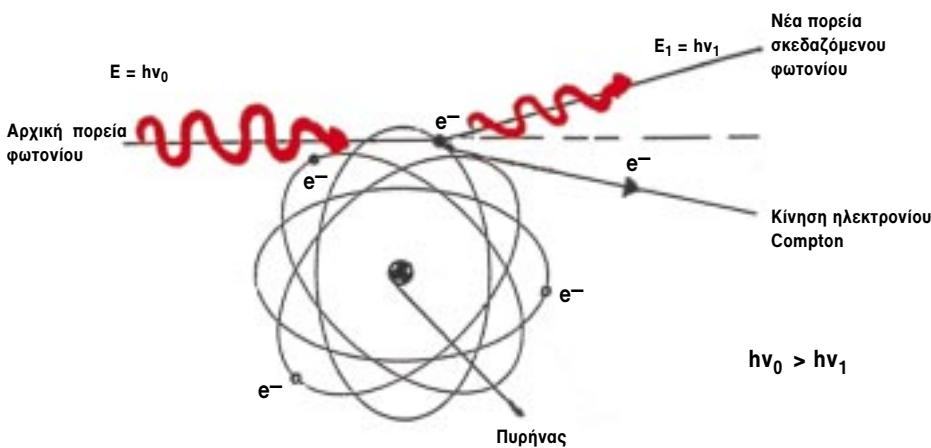


Σχήμα 3.2 Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. $E = h\nu - b$ όπου $E = \eta$ μέγιστη κινητική ενέργεια του φωτοηλεκτρονίου, $h\nu = \eta$ ενέργεια του φωτονίου και $b =$ έργο εξαγωγής του ηλεκτρονίου.

■ 3.3 Φαινόμενο Compton

Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο αλληλεπιδρούν ένα φωτόνιο με ένα ηλεκτρόνιο και κατά την αλληλοεπίδραση μέρος της ενέργειας του φωτονίου δίνεται στο ηλεκτρόνιο (ηλεκτρόνιο Compton), το οποίο απομακρύνεται από το άτομο, ενώ εμφανίζεται φωτόνιο με διαφορετική κατεύθυνση και με ελαττωμένη ενέργεια σε σχέση με την ενέργεια του προσπίπτοντος φωτονίου.

Το φωτόνιο λοιπόν μετά τη σύγκρουση έχει λιγότερη ενέργεια, αφού ένα μέρος της αρχικής του ενέργειας απορροφήθηκε από το ηλεκτρόνιο που



Σχήμα 3.3 Φαινόμενο Compton.

έφυγε από τη στοιβάδα του. Η πορεία της κίνησης του αρχικού φωτονίου έχει εκτραπεί, και η εκτροπή έγινε στο σημείο της σύγκρουσης. Η εκτροπή αυτή της πορείας λέγεται **σκέδαση**.

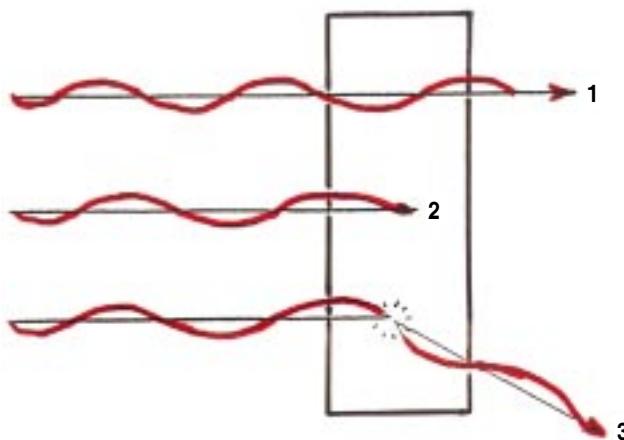
Κατά την αλληλεπίδραση με φωτόνια υψηλής ενέργειας, προσδίδεται το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας τους στα ηλεκτρόνια Compton, ενώ κατά την αλληλεπίδραση με φωτόνια χαμηλής ενέργειας, το μεγαλύτερο ποσό της ενέργειας δίνεται στο σκεδαζόμενο φωτόνιο.

'Όταν η ενέργεια του προσπίπτοντος φωτονίου είναι ίση ή ελαφρά μεγαλύτερη από την ενέργεια σύνδεσης του ηλεκτρονίου, τότε συμβαίνει το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Για να προκληθεί το φαινόμενο Compton, πρέπει η ενέργεια του φωτονίου να είναι πολύ μεγαλύτερη από την ενέργεια σύνδεσης του τροχιακού ηλεκτρονίου.

Με αυτόν τον τρόπο, καθώς αυξάνεται η ενέργεια του φωτονίου, η πιθανότητα να συμβεί φωτοηλεκτρικό φαινόμενο μειώνεται πολύ γρήγορα, ενώ αυξάνει η πιθανότητα να συμβεί Compton.

Έτσι η συνεισφορά κάθε ενός φαινομένου στην ελάττωση της δέσμης είναι διαφορετική για διάφορες περιοχές ενέργειας των φωτονίων. Σε χαμηλές ενέργειες επικρατεί το φωτοηλεκτρικό, ενώ σε υψηλότερες το φαινόμενο Compton.

'Όπως δείχνει και το σχήμα 3.4 κατά τη δίοδο των φωτονίων από την ύλη:



Σχήμα 3.4 Σχηματική παράσταση της τύχης των φωτονίων κατά την πορεία τους μέσα στην ύλη: 1. Το φωτόνιο δεν αλληλεπιδρά και περνά χωρίς να χάσει ενέργεια και επομένως χωρίς να αλλάξει κατεύθυνση. 2. Η ενέργεια του φωτονίου απορροφάται πλήρως από το υλικό σώμα. Ετσι το φωτόνιο εξαφανίζεται. 3. Η απορρόφηση της ενέργειας του φωτονίου είναι μερική. Το φωτόνιο στην περίπτωση αυτή εξέρχεται με το υπόλοιπο της ενέργειας του και με διαφορετική κατεύθυνση (διάχυση).

- Ποσότητα φωτονίων περνά αμετάβλητη,
- Ποσότητα φωτονίων απορροφάται τελείως εξαιτίας του φωτοηλεκτρικού φαινομένου,
- Ποσότητα φωτονίων απορροφάται μερικώς και η υπόλοιπη σκεδάζεται με το φαινόμενο Compton.

Η απορρόφηση της ακτινοβολίας εξαρτάται:

- από την **ενέργεια των φωτονίων**. Όσο μεγαλύτερη ενέργεια έχει μια ακτινοβολία, τόσο πιο διαπεραστική γίνεται.
- από τη **σύνθεση της ύλης** (ατομικός αριθμός). Στοιχεία μικρού ατομικού αριθμού απορροφούν λίγο την ακτινοβολία, ενώ αντίθετα στοιχεία μεγάλου ατομικού αριθμού απορροφούν σημαντικά την ακτινοβολία.
- από το **πάχος και την πυκνότητα της ύλης**. Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος και η πυκνότητα του υλικού τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η απορρόφηση των ακτίνων X από αυτό.

■ 3.4 Δίδυμη γένεση

Όταν ένα φωτόνιο υψηλής ενέργειας εισχωρήσει στο έντονο ηλεκτρικό πεδίο που υπάρχει κοντά στον πυρήνα του ατόμου, τότε είναι δυνατόν να δώσει όλη του την ενέργεια (εξαφάνιση του φωτονίου) με αποτέλεσμα την ταυτόχρονη παραγωγή ζεύγους ηλεκτρονίων (αρνητικό και θετικό ηλεκτρόνιο). Η εξαφάνιση του φωτονίου και η εμφάνιση ζεύγους ηλεκτρονίων –ηλεκτρόνιο + ποζιτρόνιο– ονομάζεται δίδυμη γένεση.

Η δίδυμη γένεση είναι ένα παράδειγμα μετατροπής της ενέργειας σε μάζα σύμφωνα με την εξίσωση του Einstein $E=mc^2$. Το αντίστροφο φαινόμενο, δηλ. η μετατροπή της μάζας σε ενέργεια, επιτυγχάνεται όταν το θετικό ηλεκτρόνιο ενώνεται με ένα ηλεκτρόνιο και παράγονται δύο φωτόνια (εξαύλωση).

Το φαινόμενο της διδύμης γένεσης εμφανίζεται όταν η ενέργεια των φωτονίων είναι πολύ μεγάλη⁷. Τέτοιες ενέργειες χρησιμοποιούνται στην ακτινοθεραπεία.

⁷ Η ενέργεια ξεπερνά τα 1,02 εκατομμύρια volts.

Α ΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Hακτινοβολία κατά τη διάδοσή της στο χώρο εξασθενεί προοδευτικά. Αυτό οφείλεται στην εξασθένησή της στον αέρα λόγω της απόστασης του φιλμ από την πηγή και στην απορρόφησή της από το υλικό σώμα (ασθενής).

Στην Ακτινοδιαγνωστική, η απορρόφηση της ακτινοβολίας γίνεται με δύο τρόπους: με το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και με το φαινόμενο Compton (για μεγαλύτερες ενέργειες).

Με το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο αλληλεπιδρούν ένα φωτόνιο με ένα ηλεκτρόνιο ενός ατόμου και όλη την ενέργεια του φωτονίου δίνεται στο ηλεκτρόνιο, με αποτέλεσμα την απόσπαση του ηλεκτρονίου από το άτομο.

Στο φαινόμενο Compton οφείλεται και η σκέδαση της ακτινοβολίας. Κατά το φαινόμενο αυτό, ένα φωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο αλληλεπιδρούν και μέρος της ενέργειας του φωτονίου δίνεται στο ηλεκτρόνιο (ηλεκτρόνιο Compton), το οποίο απομακρύνεται από το άτομο, ενώ εμφανίζεται φωτόνιο με διαφορετική κατεύθυνση και με ελαττωμένη ενέργεια σε σχέση με την ενέργεια του προσπίποντος φωτονίου.

Η απορρόφηση της ακτινοβολίας εξαρτάται:

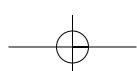
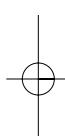
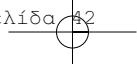
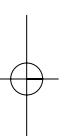
- από την ενέργεια των φωτονίων,
- από τη σύνθεση της ύλης (ατομικός αριθμός) και
- από το πάχος και την πυκνότητα της ύλης.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Διατυπώστε το νόμο του αντίστροφου του τετραγώνου της απόστασης και εξηγείστε τις πρακτικές του εφαρμογές.
2. Με βάση τις ενέργειες που χρησιμοποιούνται στην Ακτινοδιαγνωστική, με ποιά φαινόμενα (ονομαστικά) γίνεται η απορρόφηση της ακτινοβολίας και από ποιους παράγοντες εξαρτάται;
- **Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις τοποθετώντας σε κύκλο τον αριθμό της σωστής απάντησης.**
3. Καθώς αυξάνεται η ενέργεια των φωτονίων, η πιθανότητα να συμβεί το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο σε σχέση με το φαινόμενο Compton:
 - a. Αυξάνει.
 - b. Μειώνεται.
 - γ. Το φαινόμενο δε σχετίζεται με την ενέργεια των φωτονίων.
4. Για ενέργειες φωτονίων που χρησιμοποιούνται στην Ακτινοδιαγνωστική, η απορρόφηση της ακτινοβολίας γίνεται με τους εξής τρόπους:
 - 1ος Με το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.
 - 2ος Με το φαινόμενο Compton.
 - 3ος Με τη δίδυμη γένεση.
 - 4ος Το 1ο και το 2ο
5. Τι από τα παρακάτω ισχύει για τη σκεδαζόμενη ακτινοβολία:
 - a. Έχει μεγαλύτερη ενέργεια από την πρωτογενή
 - b. Έχει την ίδια πορεία με την πρωτογενή
 - γ. Μειώνει τη σκιαγραφική αντίθεση
 - δ. Παράγεται από την ακτινολογική λυχνία.
6. Η απορρόφηση της ακτινοβολίας εξαρτάται από:
 - a. τη σύνθεση της ύλης
 - β. το πάχος και την πυκνότητα της ύλης

(Συνέχεια)

- γ. την ενέργεια των φωτονίων
δ. όλα τα παραπάνω
ε. κανένα από αυτά.
7. Κατά το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο παρατηρείται:
- α. πλήρης απορρόφηση της ακτινοβολίας
 - β. μερική απορρόφηση της ακτινοβολίας
 - γ. καθόλου απορρόφηση της ακτινοβολίας
 - δ. μη συσχέτηση με την απορρόφηση της ακτινοβολίας.
8. Η ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από μια σημειακή πηγή είναι:
- α. ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης από την πηγή
 - β. αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης από την πηγή
 - γ. ευθέως ανάλογη της απόστασης από την πηγή
 - δ. αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης από την πηγή.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΑΚΤΙΝΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ



ΣΤÓΧΟΙ

Με την ολοκλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου αυτού θα πρέπει:

- να γνωρίζεις τις κατασκευαστικές και λειτουργικές προϋποθέσεις που χρειάζεται ένας ακτινοδιαγνωστικός θάλαμος, ώστε να είναι ασφαλής ως προς τη χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας
- να γνωρίζεις τη λειτουργική σήμανση του εργαστηρίου και τις προϋποθέσεις για ασφάλεια κατά τη λειτουργία
- να είσαι σε θέση να περιγράψεις τους χώρους ενός ακτινολογικού εργαστηρίου
- να γνωρίζεις τα βασικά μέρη ενός κλασικού ακτινοδιαγνωστικού συγκροτήματος
- να γνωρίζεις τα κριτήρια επιλογής της θέσης του χώρου του χειριστηρίου
- να είσαι ενημερωμένος για τις δυνατότητες που έχει μια τράπεζα χειρισμού

■ 4.1 Περιγραφή χώρων εργαστηρίου

Το μεγαλύτερο ποσοστό των απλών ακτινολογικών εξετάσεων που εκτελούνται ημερησίως διεξάγεται μέσα στο ακτινολογικό εργαστήριο, στο οποίο γίνεται παραγωγή ακτινοβολίας. Για την προφύλαξη του προσωπικού που εργάζεται στο χώρο αυτό και για την προστασία του γενικού πληθυσμού, το ακτινολογικό εργαστήριο «θωρακίζεται», δηλαδή επενδύεται με ένα φύλλο από υλικό, που έχει μεγάλο συντελεστή απορρόφησης της ακτινοβολίας. Ένα τέτοιο υλικό είναι ο μόλυβδος (Pb) που χρησιμοποιείται λό-

γω του μεγάλου ατομικού του αριθμού. Για το σκοπό αυτό έχουν νομοθετηθεί κανόνες ακτινοπροστασίας, στους οποίους υπόκεινται οι ακτινολογικοί θάλαμοι.

Το εργαστήριο αποτελείται το λιγότερο από δύο βασικούς χώρους:

- ***Toν ακτινοδιαγνωστικό θάλαμο και το χώρο του χειριστηρίου.***

Στον ακτινοδιαγνωστικό θάλαμο γίνεται η τοποθέτηση του εξεταζόμενου για απλές ακτινογραφικές ή ακτινοσκοπικές εξετάσεις.

Στο χώρο του χειριστηρίου που συνυπάρχει διαχωριστικά μέσα στον ακτινολογικό θάλαμο, τοποθετείται η τράπεζα χειρισμού που παρέχει τη δυνατότητα ελέγχου της παραγόμενης ακτινοβολίας, όπως επίσης και τη δυνατότητα ελέγχου της λειτουργίας των μηχανημάτων που βρίσκονται στον ακτινοδιαγνωστικό θάλαμο.

- ***Το χώρο του εμφανιστηρίου ή σκοτεινό θάλαμο*, όπου γίνεται η χημική επεξεργασία του ακτινογραφικού φιλμ για να επιτευχθεί το τελικό αποτέλεσμα, που είναι η ακτινολογική εικόνα.**
- ✓ Όσον αφορά τον ακτινολογικό εξοπλισμό, θα πρέπει οι χώροι εγκατάστασής του να είναι άνετοι και λειτουργικοί, η δε θωράκιση για κάθε ακτινολογικό θάλαμο χωριστά, θα πρέπει να πληρεί τις προδιαγραφές της ισχύουσας Νομοθεσίας, περί Ακτινοπροστασίας.
- ✓ Οι χώροι του εργαστηρίου πρέπει να διαθέτουν, όπου δεν αντενδείκνυται, επαρκή φυσικό και τεχνητό φωτισμό, επαρκή εξαερισμό και κλιματισμό και να εξασφαλίζουν τις καλύτερες δυνατές συνθήκες εργασίας και υγιεινής.
- ✓ Πρέπει να υπάρχουν: χώρος αναμονής ασθενών, γραφείο προσωπικού εργαστηρίου ικανοποιητικών διαστάσεων για την εξασφάλιση άνετης εργασίας και παραμονής, χώροι υγιεινής ασθενών και προσωπικού, καθώς και χώρος αλλαγής ρουχισμού.
- ✓ Πρέπει να υπάρχουν θωρακισμένοι χώροι φύλαξης και επεξεργασίας των ακτινοδιαγνωστικών φιλμ με ελεγχόμενες τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας και καθαρότητας του αέρα.

■ 4.2 Απαιτήσεις χώρων

Οι κατασκευαστικές και οι λειτουργικές προϋποθέσεις που πρέπει να ικανοποιεί ένας ακτινοδιαγνωστικός θάλαμος για να είναι ασφαλής ως προς τη χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας είναι:

- i. Οι διαστάσεις των χώρων να εξασφαλίζουν την καλύτερη δυνατή λειτουργικότητα του εργαστηρίου και θωράκιση του θαλάμου, όπου γίνεται χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας με φύλλα μολύβδου σύμφωνα με τους κανονισμούς ακτινοπροστασίας.
- ii. Ο χώρος που βρίσκεται το χειριστήριο πρέπει να είναι κατάλληλα θωρακισμένος και να βρίσκεται σε λειτουργική θέση, ώστε να εξασφαλίζεται εύκολη και γρήγορη πρόσβαση στο χώρο ακτινογράφησης. Να εξασφαλίζεται επίσης άνετη οπτική και ακουστική επαφή εξεταστή - εξεταζόμενου. Ο έλεγχος στο θάλαμο ακτινογραφιών γίνεται μέσω ειδικού παραθύρου, το οποίο καλύπτεται από μολυβδύαλο
- iii. Στο θάλαμο να υπάρχουν κώνοι, προστατευτικά γονάδων, μολύβδινες ποδιές, μολύβδινα κολάρα και γάντια.
- iv. Να υπάρχουν πινακίδες ενημέρωσης του κοινού ότι στον ακτινοδιαγνωστικό θάλαμο γίνεται χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας και ευανάγνωστες οδηγίες για τις εγκύους, αναρτημένες στην αίθουσα αναμονής ασθενών.
- v. Στην είσοδο κάθε ακτινολογικού θαλάμου, πάνω από την πόρτα, πρέπει να υπάρχει έντονη φωτεινή ένδειξη - κόκκινη ηλεκτρική λάμπα - η οποία θα ενεργοποιείται κάθε φορά που γίνεται χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας και θα παραμένει αναμμένη από τη στιγμή της προετοιμασίας έως και τον τερματισμό της ακτινοβόλησης.

Ασφάλεια κατά τη λειτουργία

Κατά τη λειτουργία των λυχνιών παραγωγής ακτίνων X πρέπει να λειτουργεί πάνω στο χειριστήριο του μηχανήματος οπτικό ή και ακουστικό προειδοποιητικό σύστημα.

- Απαγορεύεται η ταυτόχρονη εξέταση περισσοτέρων του ενός ασθενών μέσα στον ίδιο ακτινοδιαγνωστικό θάλαμο.

- Κατά τη διάρκεια των ακτινοδιαγνωστικών εξετάσεων το προσωπικό πρέπει να παραμένει πίσω από τα προστατευτικά πετάσματα ή θώρακες. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό, τότε πρέπει να φοράει προστατευτική ποδιά 0,25 mm ισοδύναμου πάχους μολύβδου τουλάχιστον.
- Απαγορεύεται η χρησιμοποίηση, μετακίνηση ή η αντικατάσταση του εξοπλισμού του εργαστηρίου από άτομα που σύμφωνα με το νόμο δεν έχουν οριστεί υπεύθυνα.

Για την ασφαλή από άποψη ακτινοπροστασίας λειτουργία εργαστηρίου ιοντίζουσων ακτινοβολιών απαιτείται *ειδικευμένο και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό*.

Έτσι λοιπόν σε όλους τους εργαζόμενους -τεχνολόγος ακτινολόγος, βοηθός ακτινολογικών εργαστηρίων, ειδικευμένος γιατρός- που έχουν δικαίωμα να χρησιμοποιήσουν τον εξοπλισμό για την παραγωγή ιοντίζουσας ακτινοβολίας για ιατρικούς σκοπούς, παρέχεται η κατάλληλη εκπαίδευση. Μ' αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η ακτινοπροστασία του ίδιου και των λοιπών εργαζομένων, αλλά και του εξεταζόμενου.

Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι σε κάθε τμήμα, όπου γίνεται χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας, πρέπει να υπάρχει ένας υπεύθυνος ακτινοπροστασίας. Να έχει επιπλέον λάβει κατάλληλη εκπαίδευση και να είναι υπεύθυνος για την επίβλεψη της τήρησης των μέτρων προστασίας, την εφαρμογή των κανονισμών ακτινοπροστασίας που προβλέπονται ανάλογα με το είδος της εργασίας και την παροχή συμβουλών πάνω σε κάθε σχετικό θέμα.

■ 4.3 Μέρη ενός ακτινοδιαγνωστικού συγκροτήματος

1. Η **γεννήτρια ακτίνων X**, στην οποία ανήκουν η τράπεζα χειρισμού, οι μετασχηματιστές υψηλής και χαμηλής τάσης, οι ανορθωτές, και τα καλώδια υψηλής τάσης.
 - i. Η τράπεζα χειρισμού παρέχει τη δυνατότητα ελέγχου της παραγόμενης ακτινοβολίας και των μηχανημάτων που βρίσκονται στον ακτινοδιαγνωστικό θάλαμο.
 - ii. Οι μετασχηματιστές και οι ανορθωτές. Μεταμορφώνουν το ρεύμα

του δικτύου έτσι ώστε να μπορεί να λειτουργεί η ακτινολογική λυχνία. Βρίσκονται σ'ένα γειωμένο μεταλλικό κουτί που περιέχει βιομηχανικό λάδι. Το λάδι χρησιμοποιείται κυρίως για λόγους μόνωσης. Οι ανορθωτές⁸ μετατρέπουν το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές, ενώ με τη βοήθεια των μετασχηματιστών⁹, αναπτύσσονται οι απαιτούμενες τάσεις για την παραγωγή των ακτίνων X. Το ρεύμα στη λυχνία μεταφέρεται με τα καλώδια υψηλής τάσης¹⁰.

2. Η ακτινολογική λυχνία αποτελεί την καρδιά του ακτινολογικού μηχανήματος και το πιο ευαίσθητο κομμάτι του. Χρησιμεύει για την παρ-

8 Όπως είναι γνωστό η φορά του εναλλασσόμενου ρεύματος, αντιστρέφεται περιοδικά στο χρόνο. Είναι απαραίτητη για τη λειτουργία της ακτινολογικής λυχνίας η μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές. Αυτή η μετατροπή ονομάζεται **ανόρθωση** του εναλλασσόμενου ρεύματος και γίνεται με ειδικές διατάξεις που ονομάζονται ανορθωτές. Με τη χρήση των ανορθωτών αποτρέπουμε την καταστροφή της λυχνίας από την κίνηση ηλεκτρονίων από την άνοδο στην κάθοδο.

Γενικά οι **ανορθωτές** είναι μια διάταξη που, όταν είναι στο κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος, επιτρέπει στο ρεύμα να περάσει κατά τη μία φορά, ενώ δεν επιτρέπει κατά την αντίθετη φορά. Έτσι από τον ανορθωτή περνάει ρεύμα μόνο κατά τη μία ημιπερίοδο. Το ρεύμα έχει σταθερή φορά, αλλά παρουσιάζει περιοδικές διακοπές, που κάθε μία διαρκεί μισή περίοδο (ημιανόρθωση). Με κατάλληλες διατάξεις μπορούμε να εκμεταλλευόμαστε με τη μορφή συνεχούς ρεύματος και τις δύο ημιπεριόδους του εναλλασσόμενου ρεύματος (**πλήρης ανόρθωση**). Έτσι το ρεύμα που φτάνει στη λυχνία είναι σχεδόν συνεχές.

9 Ένας μετασχηματιστής αποτελείται από τον πυρήνα σε σχήμα δακτυλίου και από σπείρες του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος πηνίου. Η γεννήτρια ακτίνων X περιλαμβάνει:

- Το μετασχηματιστή υψηλής τάσης για την ανύψωση και την ανορθωτική διάταξη για την ανόρθωση της τάσης έτσι, ώστε να παρέχεται η απαραίτητη υψηλή τάση για τη λειτουργία της λυχνίας ακτίνων X.
- Το μετασχηματιστή του νήματος, ο οποίος είναι ένας μετασχηματιστής υποβιβασμού τάσης και παρέχει το ρεύμα για τη θέρμανση του νήματος της λυχνίας.

Το πρωτεύον τροφοδοτείται με ρεύμα από το δίκτυο ενώ εξ επιαγωγής δημιουργείται ρεύμα στο δευτερεύον. Έτσι επιτυγχάνεται ο μετασχηματισμός της τάσης του δικτύου (220 V) σε τάσεις απαραίτητες για τη λειτουργία της λυχνίας:

- υψηλή τάση της τάξης των δεκάδων χιλιάδων Volt
- χαμηλή τάση περίπου 8-14 Volt).

10 Τα καλώδια υψηλής τάσης βρίσκονται μεταξύ μετασχηματιστή και λυχνίας ακτίνων X και μεταφέρουν την υψηλή τάση που απαιτείται για την παραγωγή της ακτινοβολίας. Αποτελούνται από:

- τρεις κεντρικούς αγωγούς,
- έναν περιφερειακό που εξυπηρετεί τη γείωση και
- από μονωτικό υλικό στο οποίο οφείλουν και το μεγάλο πάχος τους.



Εικ. 4.1 Ορθοστάτης.



Εικ. 4.2 Εξεταστική τράπεζα.

γωγή των ακτίνων X. Στο μεταλλικό κύλινδρο που την περιβάλλει (κέλυφος) υπάρχουν κατάλληλες υποδοχές για τα καλώδια υψηλής τάσης, από τα οποία γίνεται η τροφοδοσία της λυχνίας από τη γεννήτρια. Στο ειδικό άνοιγμα της κεφαλής (θυρίδα εξόδου), βρίσκεται διάταξη περιορισμού της δέσμης (ηθμοί, κιβώτιο διαφραγμάτων βάθους).

3. Η εξεταστική τράπεζα και ο ορθοστάτης, που χρησιμεύουν για την τοποθέτηση του εξεταζόμενου. Ο ορθοστάτης (εικ. 4.1) χρησιμοποιείται για εξετάσεις που χρειάζονται να γίνουν σε καθιστή ή ορθία θέση.

Η επιφάνειά τους είναι από ακτινοδιαπερατό υλικό και φέρουν από την κάτω πλευρά ηλεκτροκίνητο αντισκεδαστικό διάφραγμα, στο οποίο προσαρμόζεται συρτάρι για την τοποθέτηση διαφόρων μεγεθών ακτινολογικών κασετών.

Το οριζόντιο ακτινολογικό τραπέζι -σύγχρονης τεχνολογίας- έχει τη δυνατότητα μετακίνησης σε οριζόντιο επίπεδο, δεξιά – αριστερά ή και κατά τον επιμήκη άξονα (κεφάλι – πόδια).

Συνήθως υπάρχει ενσωματωμένη κολώνα με βραχίονα για τη συγκράτηση της λυχνίας. Ο συγκρατήρας μπορεί να στηρίζεται στο δάπεδο ή στην οροφή ή και στα δύο. Ο συγκρατήρας οροφής έχει το πλεονέκτημα της ελευθερίας των κινήσεων προς όλες τις κατευθύνσεις (εικ. 4.2).

4. Το σύστημα βοηθητικών μέσων σχηματισμού της εικόνας. Πρόκειται για τις ακτινολογικές κασέτες, που φέρουν τα φίλμ και τις ενισχυτικές πινακίδες, που συμβάλουν στη δημιουργία της ακτινολογικής εικόνας.
5. Τέλος πρέπει να αναφερθεί και το **εμφανιστήριο** όπου γίνεται η χημική επεξεργασία του φίλμ που ακτινοβολήθηκε και σχηματίζεται πάνω σ' αυτό η ακτινολογική εικόνα.

■ 4.4 Τράπεζα χειρισμού

Η τράπεζα χειρισμού βρίσκεται έξω από τον ακτινοδιαγνωστικό θάλαμο σε τέτοια θέση, ώστε να παρέχει τη δυνατότητα ελέγχου του από το χειριστή και να επιτρέπει την εύκολη και γρήγορη πρόσβαση του χειριστή προς το θάλαμο ακτινογραφιών και αντίστροφα.

Ο έλεγχος του θαλάμου ακτινογραφιών γίνεται μέσω ειδικού παραθύρου, το οποίο καλύπτεται από μολυβδύαλο (= κράμα γυαλιού και μολύβδου). Ο χώρος του χειριστηρίου παρέχει προστασία από την ακτινοβολία στο χειριστή, αφού υπάρχει και εδώ η ανάλογη θωράκιση.

Η τράπεζα χειρισμού αποτελεί βασικό εξάρτημα του ακτινολογικού μηχανήματος και οι δυνατότητές της ουσιαστικά καθορίζουν την ποιότητα του μηχανήματος. Τα τελευταία μοντέλα έχουν περιορίσει σημαντικά την προσωπική συμβολή του χειριστή στη λήψη των ακτινογραφιών.

Παρέχει επίσης τη δυνατότητα ελέγχου της παραγόμενης ακτινοβολίας, όσον αφορά την ποιότητα και την ποσότητά της, καθώς επίσης και τον έλεγχο της χρονικής διάρκειας της, δηλαδή ποια χρονική στιγμή θα γίνει η παραγωγή της ακτινοβολίας και πόσο χρόνο θα διαρκέσει η ακτινοβόληση. Στην Ακτινοδιαγνωστική ο χρόνος έκθεσης συνήθως δεν ξεπερνά το 1 δευτερόλεπτο (είναι δέκατα του δευτερολέπτου).

Από το χειριστήριο ακόμα ελέγχεται και η λειτουργία των μηχανημάτων που βρίσκονται στον ακτινοδιαγνωστικό θάλαμο.

Συνήθως επάνω στην τράπεζα χειρισμού υπάρχουν:

- ✓ **Διακόπτης δικτύου:** είναι ο διακόπτης λειτουργίας του μηχανήματος, ο οποίος ανοίγει ή κλείνει ανάλογα, όταν αρχίζει ή τελειώνει η εξέταση.



Εικ. 4.3 Σύγχρονο χειριστήριο, ψηφιακού τύπου.

που καθορίζει αυτόματα την έκθεση της ακτινοβολίας πάνω στο φιλμ.

- ✓ **Διακόπτης επιλογής εστίας:** Επιλέγεται η μικρή ή η μεγάλη εστία της ακτινολογικής λυχνίας.
- ✓ **Διακόπτης λειτουργίας αντισκεδαστικού διαφράγματος,** με τον οποίο επιλέγουμε, αν θα χρησιμοποιηθεί ή όχι το αντισκεδαστικό διάφραγμα.
- ✓ **Διακόπτης λήψης:** Λειτουργεί σε δύο βαθμίδες. Στην πρώτη γίνεται η θέρμανση της λυχνίας και η εκκίνηση περιστροφής της ανόδου. Μετά από 1 sec περίπου, μπορεί να εκτελεστεί η λήψη (πίεση στη δεύτερη βαθμίδα).
- Το μηχάνημα γενικά είναι εφοδιασμένο με μηχανισμό που διακόπτει αυτόματα την έκθεση μετά από προκαθορισμένο χρόνο. Κατά τη λειτουργία της ακτινοσκόπησης ή της λήψης ακτινογραφίας, ανάβει αντίστοιχα και ειδικό φωτάκι πάνω στην τράπεζα χειρισμού.

✓ Διακόπτες επιλογής θέσης εργασίας:

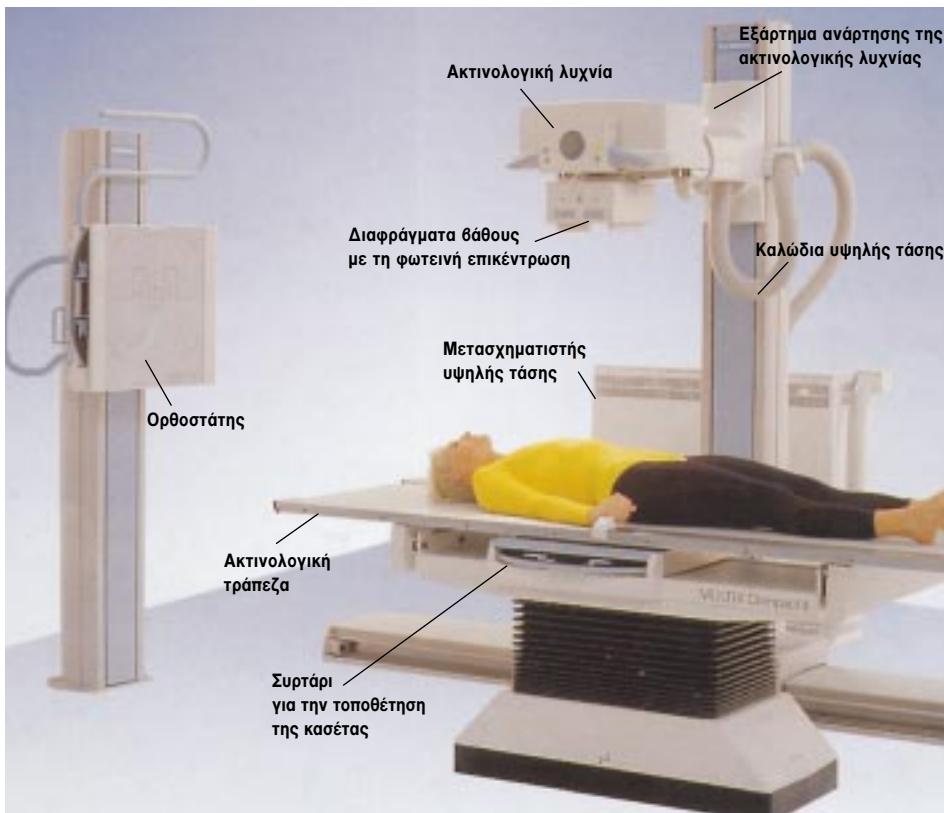
Ανάλογα με τη θέση εργασίας που επιλέγεται - ορθοστάτης, οριζόντια τράπεζα, κρανιογράφος, τομογράφος κλπ - υπάρχουν και οι αντίστοιχοι διακόπτες.

✓ Διακόπτες στοιχείων λήψης:

Είναι διακόπτες για την επιλογή των ακτινολογικών στοιχείων - kV , mA , sec - που χρειάζονται για την εκτέλεση της ακτινογραφίας ή της ακτινοσκοπικής εξέτασης (ξεχωρίζουν αυτοί της ακτινολογικής εξέτασης από τους διακόπτες της ακτινοσκοπικής). Σε μερικές τράπεζες χειρισμού υπάρχει και σύστημα ιοντομάτ, το οποίο είναι ένας μηχανισμός

Σε κάθε ακτινολογικό θάλαμο υπάρχουν διάφορα μηχανήματα και εξαρτήματα, δηλαδή ο εξοπλισμός του θαλάμου διαφοροποιείται σε ποιότητα, ποσότητα και δυνατότητες ανάλογα με τις ακτινολογικές εξετάσεις που απαιτείται να εκτελούνται εκεί.

Ακολουθεί εικόνα βασικού εξοπλισμού μιας ακτινολογικής αίθουσας.



Εικ. 4.4 Ακτινοδιαγνωστικός θάλαμος.

■ 4.5 Φορητό ακτινογραφικό ή ακτινοσκοπικό μηχάνημα

1. Φορητό ακτινογραφικό μηχάνημα

Χρησιμοποιείται για την ακτινογράφηση ασθενών στο χειρουργείο, σε μονάδες εντατικής θεραπείας (ΜΕΘ) ή στο θάλαμο νοσηλείας, όταν για κλινικούς λόγους, δεν επιτρέπεται να μετακινηθεί ο νοσηλευόμενος από το κρεβάτι του.



Εικ. 4.5 Φορητό ακτινολογικό μηχάνημα.

Είναι συνήθως ένα μικρό, ευέλικτο και εύκολο στη χρήση του, ακτινογραφικό μηχάνημα που μπορεί σε ελάχιστο χρόνο να βρεθεί κοντά στον άρωστο και να παράγει «έργο».

Μολονότι μειονεκτεί σημαντικά σε σχέση με το σταθερό και κύριο εξοπλισμό του Ακτινολογικού τμήματος - κυρίως στον τομέα της Ακτινοπροστασίας και στην ποιότητα της ακτινολογικής εικόνας- εντούτοις μπορούμε να πούμε μετά βεβαιότητος ότι:

'Όταν γίνεται σωστή χρήση του όρου «Ακτινογραφία επί κλίνης» και όχι κα-

τάχρηση, το φορητό ακτινογραφικό μηχάνημα συμμετέχει ευεργετικά στην προσπάθεια βελτίωσης της υγείας του ασθενή και αναμφίβολα αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην εύρυθμη λειτουργία του Ακτινοδιαγνωστικού Τμήματος.

2. Φορητό Ακτινοσκοπικό μηχάνημα (C – ARM)

Χρησιμοποιείται κυρίως στο χειρουργείο από γιατρούς καρδιολογίας, ορθοπεδικής, χειρουργικής και ουρολογίας, προσφέροντάς τους οπτική εικόνα που κρίνεται απαραίτητη σε συγκεκριμένες χειρουργικές επεμβάσεις όπως είναι λόγου χάρη: η προσωρινή τοποθέτηση βηματοδότη, η διατροχαντήριος επέμβαση σε κάκωση του μηριαίου οστού, η διαδερμική μέθοδος αφαίρεσης λίθων νεφρού κ.λ.π.

Όταν προκύψει ανάγκη το μηχάνημα έχει τη δυνατότητα λήψης ακτινογραφιών (24 X 30 εκ.) και συνήθως παραμένει μονίμως στους χώρους του χειρουργείου.



Εικ. 4. 6 Φορητό ακτινοσκοπικό μηχάνημα (C – ARM).

Α ΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Το εργαστήριο αποτελείται από δύο βασικούς χώρους, το χώρο του ακτινοδιαγνωστικού θαλάμου - χειριστηρίου και το χώρο του εμφανιστηρίου.

Ένας ακτινοδιαγνωστικός θάλαμος για να είναι ασφαλής ως προς τη χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας, πρέπει να ικανοποιεί ορισμένες κατασκευαστικές και λειτουργικές προϋποθέσεις. Έχουν θεσμοθετηθεί κανόνες ακτινοπροστασίας, στους οποίους υπόκεινται οι ακτινολογικοί θάλαμοι.

Για την ασφαλή –από άποψη ακτινοπροστασίας– λειτουργία εργαστηρίου ιοντίζουσων ακτινοβολιών απαιτείται ειδικευμένο και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό. Μ' αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται η ακτινοπροστασία του ίδιου και των λοιπών εργαζομένων, αλλά και του εξεταζόμενου.

Τα βασικά μέρη ενός ακτινοδιαγνωστικού συγκροτήματος, είναι:

- Η γεννήτρια ακτίνων X, που περιλαμβάνει την τράπεζα χειρισμού, καθώς επίσης τους μετασχηματιστές και τους ανορθωτές, οι οποίοι μεταμορφώνουν το ρεύμα του δικτύου. Η τράπεζα χειρισμού παρέχει τη δυνατότητα ελέγχου της παραγόμενης ακτινοβολίας, όσον αναφορά την ποιότητα και την ποσότητά της, καθώς επίσης και τον έλεγχο της χρονικής διάρκειας της ακτινοβολίας, αλλά και την λειτουργία όλων των μηχανημάτων που βρίσκονται μέσα στον ακτινοδιαγνωστικό θάλαμο.
- η ακτινολογική λυχνία, που χρησιμεύει για την παραγωγή των ακτίνων X.
- η εξεταστική τράπεζα και ο ορθοστάτης, που χρησιμεύουν στην τοποθέτηση του εξεταζόμενου θέματος.
- Το σύστημα ακτινοσκόπησης για βασικές ειδικές εξετάσεις.
- Το σύστημα βοηθητικών μέσων σχηματισμού της εικόνας(κασέτες-ενισχυτικές πινακίδες – φιλμ).

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιοι οι βασικοί χώροι ενός ακτινοδιαγνωστικού συγκροτήματος και ποια η λειτουργία τους;
 2. Ποιες κατασκευαστικές και ποιες λειτουργικές προϋποθέσεις πρέπει να ικανοποιεί ένας ακτινοδιαγνωστικός θάλαμος για να είναι ασφαλής ως προς τη χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας εντός αυτού;
 3. Ποια τα κριτήρια επιλογής της θέσης του χώρου του χειριστηρίου;
 4. Αναφέρατε διάφορους διακόπτες που βρίσκονται στην τράπεζα χειρισμού και είναι απαραίτητοι τόσο για τον έλεγχο της ακτινοβολίας όσο και για τη λειτουργία των μηχανημάτων που βρίσκονται στο θάλαμο.
 5. Ποιες οι παρατηρήσεις σας για τη λειτουργική σήμανση του εργαστηρίου και τις προϋποθέσεις ασφάλειας κατά τη λειτουργία;
 6. Τι περιλαμβάνει η μονάδα μετασχηματιστών;
 7. Τι είναι η ανόρθωση του ηλεκτρικού ρεύματος και ποια η σημασία του στην ακτινοτεχνολογία;
 8. Τι είναι τα καλώδια υψηλής τάσης της λυχνίας X;
- **Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις τοποθετώντας σε κύκλο τον αριθμό της σωστής απάντησης.**
9. Ο χώρος του χειριστηρίου πρέπει:
 - a. να είναι κατάλληλα θωρακισμένος
 - b. να βρίσκεται σε λειτουργική θέση
 - c. να έχει άνετη οπτική και ακουστική επαφή με τον ακτινοδιαγνωστικό θάλαμο
 - d. όλα τα παραπάνω
 - e. τίποτα από τα παραπάνω.

(Συνέχεια)

10. Η επιφάνεια της εξεταστικής τράπεζας είναι:
- a. από διαφανές υλικό
 - b. από μη ακτινοδιαπερατό υλικό
 - c. από ακτινοδιαπερατό υλικό
 - d. τίποτα από τα παραπάνω.
11. Ο έλεγχος του θαλάμου ακτινογραφιών από το χώρο χειριστηρίου γίνεται:
- a. μέσω κοινού παραθύρου
 - b. μέσω κλειστού κυκλώματος
 - c. μέσω παραθύρου που καλύπτεται από μολυβδύαλο
 - d. τίποτα από τα παραπάνω.
12. Ο διακόπτης λήψης ακτινογραφιών που υπάρχει στην τράπεζα χειρισμού, λειτουργεί σε:
- a. 1 βαθμίδα
 - b. 2 βαθμίδες
 - c. 3 βαθμίδες
 - d. 4 βαθμίδες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΗ ΛΥΧΝΙΑ



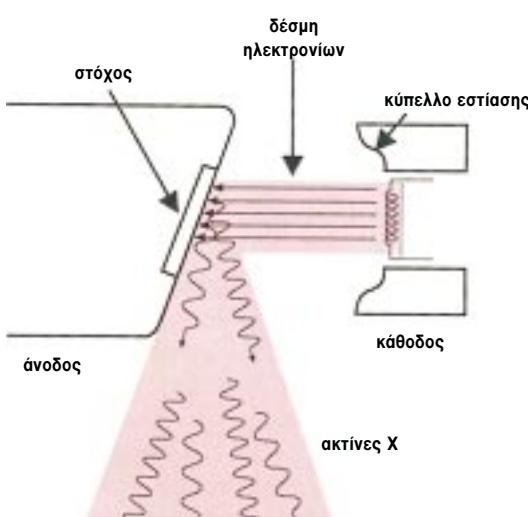
ΣΤÓΧΟΙ

Με την ολοκλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου αυτού θα πρέπει να γνωρίζεις:

- τη δομή της ακτινολογικής λυχνίας Goolidge, περιστρεφόμενης ανόδου
- τους παράγοντες που είναι απαραίτητοι για την παραγωγή ακτίνων X
- τα φαινόμενα που προκαλούνται κατά τη λειτουργία της λυχνίας
- πώς παράγονται τα θερμοηλεκτρόνια
- ποια είναι η σημασία του κατευθυντήρα της καθόδου
- τι εννοούμε με τον όρο διπλοεστιακή λυχνία X
- σε ποιες ακτινολογικές εξετάσεις χρησιμοποιείται το μικρό και σε ποιες το μεγάλο σπείραμα καθόδου
- ποια η αξία του υψηλού κενού του γυάλινου σωλήνα παραγωγής ακτίνων X
- με ποιον τρόπο προσδίδεται κινητική ενέργεια στα θερμοηλεκτρόνια
- τι είναι το παράθυρο εξόδου της λυχνίας
- ποια η σημασία της γωνίας κλίσης της ανόδου
- ποιο είναι το σημαντικότερο πρόβλημα που παρουσιάζεται κατά τη λειτουργία της λυχνίας X. Με ποιους τρόπους αντιμετωπίζεται
- τι είναι το προστατευτικό μεταλλικό περίβλημα της λυχνίας και σε τι χρησιμεύει

■ 5.1 Εισαγωγή

Η ακτινολογική λυχνία αποτελεί το σπουδαιότερο τμήμα μιας συσκευής παραγωγής ακτίνων και είναι κατά κάποιον τρόπο η καρδιά του ακτινολογικού συγκροτήματος.



Σχήμα 5.1 Σχηματική αναπαράσταση ακτινολογικής λυχνίας.

Σε μία ακτινολογική λυχνία αναγκαίοι παράγοντες για την παραγωγή ακτίνων X είναι:

1. Μία πηγή ελεύθερων ηλεκτρονίων· η **κάθοδος**.
2. Μία δύναμη για να θέσει σε κίνηση τα ηλεκτρόνια· η **υψηλή τάση** στα άκρα της λυχνίας.
3. Ένα υψηλό **κενό** μέσα στη λυχνία για την ελεύθερη διακίνηση των ηλεκτρονίων.
4. Μία διάταξη κατεύθυνσης ηλεκτρονίων· το **κύπελλο εστίασης**.

5. Μία επιφάνεια πρόσκρουσης των ηλεκτρονίων και ανακοπής της ταχύτητας τους· η **άνοδος**.

Στην ακτινολογική λυχνία επιδρούν δύο κυκλώματα:

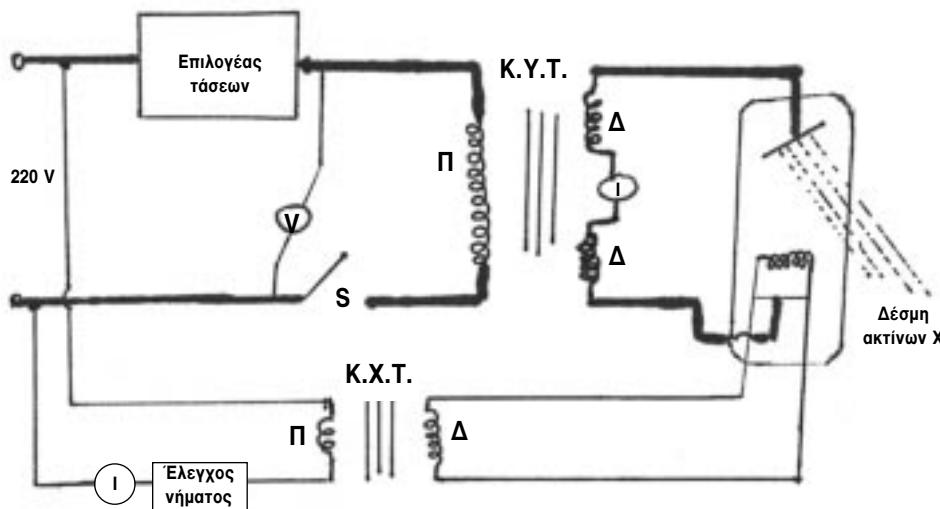
A. Το κύκλωμα θέρμανσης νήματος της καθόδου.

Το κύκλωμα αυτό είναι απαραίτητο για την παραγωγή ηλεκτρονίων, ύστερα από θέρμανση του νήματος της καθόδου. Η τάση στο κύκλωμα θέρμανσης του νήματος είναι έως 15 V.

B. Το κύκλωμα υψηλής τάσης στα άκρα της λυχνίας.

Το κύκλωμα αυτό είναι απαραίτητο, αφού με την υψηλή τάση που θα εφαρμοσθεί στα άκρα της λυχνίας, τα ηλεκτρόνια κινούνται με μεγάλη ταχύτητα. Η τάση στα άκρα της λυχνίας κυμαίνεται από 40 έως 150 KV.

Η πιο απλοποιημένη μορφή σχεδιασμού κυκλώματος ακτινολογικής λυχνίας, παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (Σχ. 5.2). Ο χρονοδιακόπτης καθορίζει τη χρονική διάρκεια της ακτινοβόλησης.



Σχήμα 5.2 Κύκλωμα χαμηλής και υψηλής τάσης, *S*: Χρονοδιακόπτης, *Π*: Πρωτεύον πηνίο, *Δ*: Δευτερεύον πηνίο, *KYT*: Κύκλωμα υψηλής τάσης, *KXT*: Κύκλωμα χαμηλής τάσης.

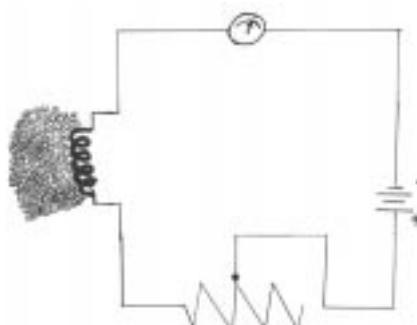
■ 5.2 Κάθοδος

Αποτελείται από **νήμα βολφραμίου**, τοποθετημένο σε κατάλληλη κοιλότητα εστίασης. Το νήμα θερμαίνεται κατά τη λειτουργία της λυχνίας γύρω στους 2.200°C . Η θέρμανση του νήματος γίνεται με ξεχωριστό κύκλωμα.

Με την πυράκτωση αυτή, επιτυγχάνεται θερμική απελευθέρωση ηλεκτρονίων – **θερμοϊονική εκπομπή** – τα οποία περιβάλλουν σαν νέφος το σπείραμα (Σχ. 5.3).

Όσο αυξάνει η θέρμανση του νήματος της καθόδου, τόσο η ποσότητα των εξερχόμενων ηλεκτρονίων γίνεται μεγαλύτερη, με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η ποσότητα της ακτινοβολίας που θα παραχθεί.

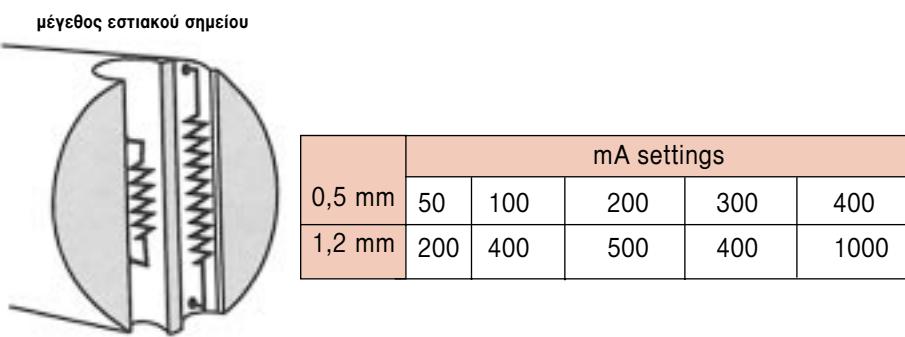
Η επιλογή του βολφραμίου ως υλικού κατασκευής του νήματος έγινε για τους εξής λόγους:



Σχήμα 5.3 Νέφος ηλεκτρονίων μετά από θέρμανση και πυράκτωση της καθόδου.

- έχει υψηλό σημείο τήξης 3.400° (περίπου),
- δεν εξαχνώνεται εύκολα,
- είναι σκληρό μέταλλο και ανθεκτικότατο,
- έχει υψηλή θερμική αγωγιμότητα και
- επιτρέπει την κατασκευή ανθεκτικών νημάτων.

Το νήμα της καθόδου έχει μορφή ελικοειδούς ελατηρίου. Έτσι επιτυγχάνεται μεγαλύτερη θερμαινόμενη επιφάνεια και συγχρόνως παραγωγή δεσμης ηλεκτρονίων μικρότερης διατομής.



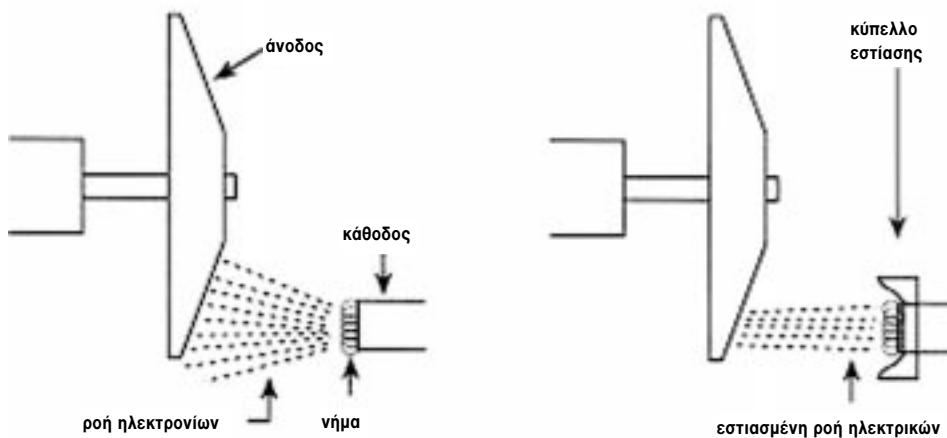
Σχήμα 5.4 Κάθοδος με δύο νήματα.

Αν το νήμα θερμανθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα, εξαχνώνεται, με αποτέλεσμα να γίνεται όλο και πιο λεπτό και στο τέλος ίσως να κοπεί.

Πολλές σύγχρονες λυχνίες διαθέτουν δύο ξεχωριστά νήματα διαφορετικού μήκους που τοποθετούνται το ένα δίπλα στο άλλο (διπλοεστιακές λυχνίες) (Σχ. 5.4).

Το **μικρό νήμα** χρησιμοποιείται σε ακτινογραφίες που απαιτούν μικρές ποσότητες φωτονίων και παρέχει απεικόνιση πολύ υψηλής διακριτικής ικανότητας. Μία ακτινολογική εικόνα έχει καλή διακριτική ικανότητα, όταν έχει επαρκή καταγραφή των μορφολογικών λεπτομερειών.

Το **μεγάλο νήμα** χρησιμοποιείται στις ακτινογραφίες που απαιτούν μεγάλες ποσότητες φωτονίων, σε βάρος όμως της απεικόνισης, αφού υποβαθμίζεται η διακριτική ικανότητα. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο θεωρείται σημαντικό πλεονέκτημα για μια λυχνία, να παρέχει τη δυνατότητα χρήσης μικρής εστίας και κατά την ακτινογράφηση μεγάλων ανατομικών δομών.



Σχήμα 5.5 Κύπελλο εστίασης.

Για τη συγκέντρωση των ηλεκτρονίων στην κάθοδο υπάρχει μία ανάλογη διάταξη συγκέντρωσης και κατεύθυνσης. Πρόκειται για μια κυλινδρική ή ημισφαιρική «εσοχή» που ονομάζεται **κύπελλο εστίασης** (Σχ. 5.5).

Είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένο με το νήμα και έτσι περιορίζει τη διάχυση των ηλεκτρονίων. Εστιάζει την ηλεκτρονική δέσμη και την κατευθύνει προς την άνοδο (στόχο), για να πέσει σε επιθυμητό μέγεθος και σχήμα. Το κύπελλο εστίασης βρίσκεται συνήθως στο ίδιο δυναμικό με το νήμα, όμως σε ορισμένες περιπτώσεις, ο έλεγχος του δυναμικού μπορεί να καθορίσει κάποια χαρακτηριστικά της λυχνίας, όπως για παράδειγμα το μέγεθος του σημείου πρόσκρουσης των ηλεκτρονίων επί της ανόδου (*Εστιακό σημείο*).

Όταν εφαρμοσθεί **υψηλή τάση** μεταξύ ανόδου και καθόδου, η άνοδος φορτίζεται θετικά και τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια κινούνται με μεγάλη ταχύτητα προς αυτήν. Η ταχύτητά τους εξαρτάται από την τάση που επιλέγεται.

Η μεγάλη επιτάχυνση και κίνηση των καθοδικών ηλεκτρονίων, επιτυγχάνεται σε **υψηλό κενό** που υπάρχει μέσα στη λυχνία και εξασφαλίζει την απρόσκοπτη κίνηση των ηλεκτρονίων προς την άνοδο. Έτσι τα ηλεκτρόνια δεν έχουν απώλειες στην κινητική τους ενέργεια από τυχόν συγκρούσεις με άτομα του αέρα, με αποτέλεσμα να μη μειώνεται η ενέργεια των παραγόμενων

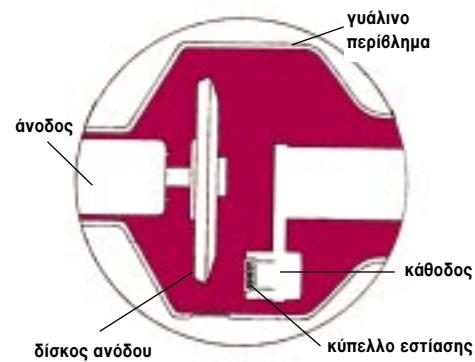
φωτονίων. Επιπλέον, με την ύπαρξη υψηλού κενού αποφεύγεται ο ιονισμός και αυξάνεται ο χρόνος ζωής της λυχνίας.

■ 5.3 Άνοδος

Έχει σχήμα δίσκου (Σχ. 5.6) που είναι στηριγμένος στο ρότορα ενός ηλεκτροκινητήρα, ώστε να έχει τη δυνατότητα περιστροφής και παρουσιάζει περιφερικά μικρή κλίση προς τα πίσω (ημικλινής επιφάνεια). Στις σύγχρονες λυχνίες ο δίσκος αποτελείται κυρίως από ένα επιφανειακό στρώμα βολφρα-

μίου, στηριγμένο πάνω σε μολυβδίνιο, ενώ μπορεί να υπάρχει και τρίτο στρώμα από γραφίτη.

Η άνοδος είναι ένα θετικό ηλεκτρόδιο που βρίσκεται απέναντι από την κάθοδο και σε απόσταση λίγων εκατοστών από αυτή ($\approx 2,5$ εκ.). Υπάρχουν δύο τύποι ανόδου: η σταθερή και η περιστρεφόμενη. Λυχνίες με σταθερή άνοδο συναντώνται μόνο σε ορισμένες κατηγορίες

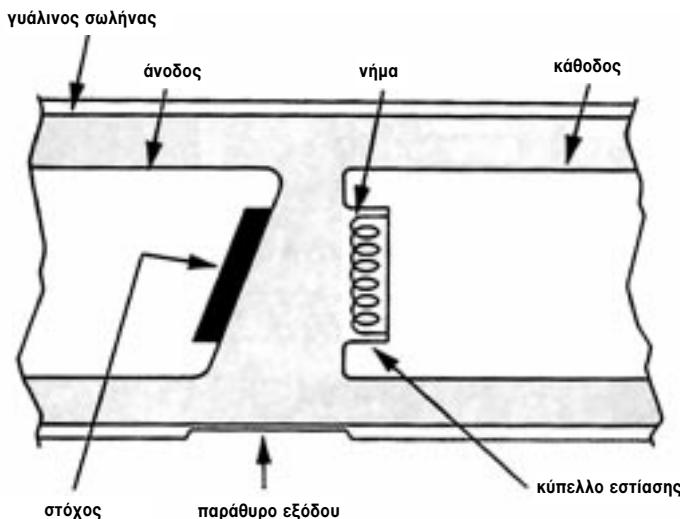


Σχήμα 5.6 Άνοδος.

μηχανημάτων (φορητά μηχανήματα, οδοντιατρικά μηχανήματα). Σήμερα στα ακτινοδιαγνωστικά μηχανήματα χρησιμοποιείται κυρίως η περιστρεφόμενη άνοδος.

Η δέσμη των ηλεκτρονίων που προέρχεται από την κάθοδο, προσκρούει στην ημικλινή επιφάνεια της ανόδου, σε μια περιοχή λίγων τετραγωνικών χιλιοστών που βρίσκεται ακριβώς απέναντι από το σπείραμα της καθόδου. Η ημικλινής περιοχή ονομάζεται **στόχος** της ανόδου¹¹ και το σημείο πρόσκρουσης **εστιακό σημείο**. Από το σημείο αυτό γίνεται η εκπομπή των ακτίνων X.

¹¹ Στο μαστογράφο ο στόχος της ανόδου, είναι από μολυβδίνιο ($Z = 42$), γιατί η χαρακτηριστική του ακτινοβολία βρίσκεται στη χρήσιμη περιοχή ενεργειών για μαστογραφία. Στη λυχνία μολυβδίνου η ένταση της ακτινοβολίας είναι μικρή λόγω μικρότερου ατομικού αριθμού της εστίας της ανόδου.



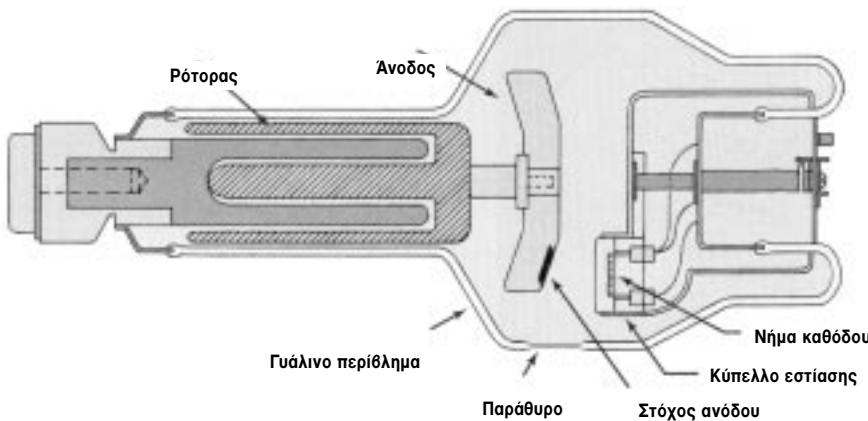
Σχήμα 5.7 Σχηματική παράσταση λυχνίας παραγωγής ακτίνων X με σταθερή άνοδο.

Ο στόχος της ανόδου κατασκευάζεται από βολφράμιο διότι:

- έχει υψηλό σημείο τήξης. Έτσι αποφεύγεται η τήξη του εστιακού σημείου λόγω υπερθέρμανσης
- έχει μεγάλο ατομικό αριθμό ($Z=74$). Αυτό επιτρέπει την παραγωγή ακτίνων X μεγαλύτερης διεισδυτικής ικανότητας
- έχει καλή απορρόφηση και διάδοση της θερμότητας έξω από το στόχο. Έτσι διαχέεται γρήγορα η θερμότητα που παράγεται στο στόχο
- δεν εξαχνώνεται εύκολα
- έχει μηχανική αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες.

Η κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων, κατά την πρόσκρουσή τους στην άνοδο μετατρέπεται κατά 99% περίπου σε θερμότητα και λιγότερο από 1% σε ακτίνες X. Επειδή το εστιακό σημείο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο, τα ποσά της θερμότητας πρέπει να συγκεντρώνονται σε μικρή επιφάνεια. Έτσι ανακύπτουν στην άνοδο τεράστια θερμικά προβλήματα που απαιτούν άμεση αντιμετώπιση.

Στις λυχνίες σταθερής ανόδου η απαγωγή των τεραστίων ποσοτήτων θερμότητας γίνεται με τη βοήθεια του χαλκού που περιβάλλει το στόχο της ανόδου και που είναι καλός αγωγός της θερμότητας. Το χάλκινο τμήμα είναι σκόπιμα μεγάλο, ώστε να απορροφήσει το μέγιστο της θερμότη-



Σχήμα 5.8 Σχηματική παράσταση λυχνίας με περιστρεφόμενη άνοδο

τας. Συγχρόνως όλο το σύστημα ψύχεται ή με κατάλληλο ανεμιστήρα ή με τη χρήση ποσότητας βιομηχανικού λαδιού.

Στις λυχνίες περιστρεφόμενης ανόδου, λόγω της περιστροφής της με μεγάλη ταχύτητα, τα ηλεκτρόνια δεν προσκρούουν πάνω στο ίδιο σημείο της επιφάνεια του δίσκου, αλλά σε διαφορετικό.

Έτσι η λυχνία αντέχει περισσότερο σε θερμικά φορτία γιατί:

- η κατανομή του θερμικού φορτίου γίνεται σε πολύ μεγαλύτερη επιφάνεια και
- η απαγωγή της θερμότητας γίνεται από μεγαλύτερη περιοχή και είναι αποτελεσματικότερη.

Όταν η διάμετρος του δίσκου της ανόδου είναι μεγαλύτερη, η κατανομή της θερμότητας γίνεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια διευκολύνοντας έτσι την καλύτερη απαγωγή της.

Η ταχύτητα περιστροφής είναι συνήθως από 3.000 έως 10.000 στροφές ανά λεπτό και σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φθάσει τις 20.000 στροφές/λεπτό, ανάλογα με την κατασκευή και τις ανάγκες που έχει να καλύψει η λυχνία.

Να σημειωθεί πως τα ποσά θερμότητας που μπορεί να αντέξει μία λυχνία με περιστρεφόμενη άνοδο εξαρτώνται και από τη συχνότητα περιστροφής.

Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα περιστροφής, τόσα μεγαλύτερα ποσά θερμότητας αντέχει η άνοδος.

Βασικό μειονέκτημα της περιστρεφόμενης ανόδου είναι οι προκαλούμενοι κραδασμοί, εξαιτίας της μεγάλης ταχύτητας περιστροφής της, με κίνδυνο να σπάσει το γυάλινο περίβλημα της λυχνίας. Κίνδυνος υπάρχει και όταν η συχνότητα περιστροφής συμπίπτει με την ιδιοσυχνότητα του συστήματος, αφού προκαλείται συντονισμός. Άλλο πρόβλημα επίσης είναι η αδράνεια, που καθυστερεί την ανάπτυξη της επιθυμητής ταχύτητας. Αυτό αντιμετωπίζεται με τη χρήση ελαφρών υλικών στη βάση του στόχου

Στις λυχνίες περιστρεφόμενης ανόδου, άλλοι τρόποι για την καλύτερη απαγωγή της θερμότητας, είναι:

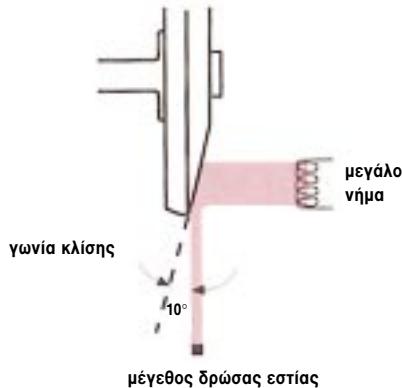
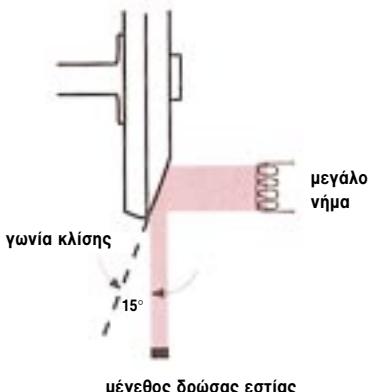
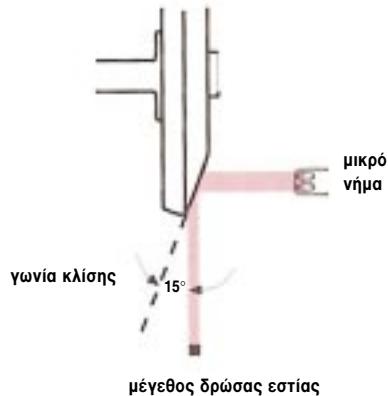
- σύνδεση του βιολφραμίου με υλικά που έχουν μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα, όπως το μολυβδαίνιο και ο γραφίτης.
- σύστημα ψύξης - λάδι, νερό, αέρας - που περιβάλλει τη λυχνία και απομακρύνει τη θερμότητα που αναπτύσσεται στα γυάλινα τοιχώματα της λυχνίας.

Μ' αυτούς τους τρόπους αποφεύγεται η υπερθέρμανση της λυχνίας και αυξάνεται ο χρόνος ζωής της, αφού απομακρύνεται ο κίνδυνος της θερμικής καταστροφής του μετάλλου της ανόδου. Εξάλλου αυξάνεται και η αντοχή σε μεγαλύτερα ηλεκτρικά φορτία, που είναι απαραίτητα για ορισμένες εξετάσεις.

Τελευταία έχει κατασκευασθεί λυχνία, το γυάλινο περίβλημα της οποίας έχει αντικατασταθεί με μεταλλικό (Εικ.5.1). Η αντικατάσταση αυτή συμβάλλει ακόμη περισσότερο στην απαγωγή της θερμότητας.



Εικόνα 5.1 Ακτινολογική λυχνία με μεταλλικό περίβλημα



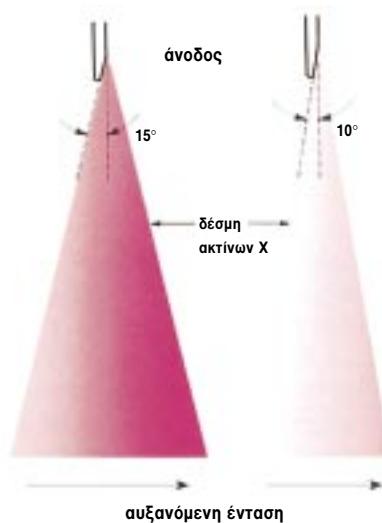
Εικόνα 5.2 Το μέγεθος του εστιακού σημείου και η κλίση της ανόδου καθορίζουν το μέγεθος της φαινόμενης εστίας. Όσο πιο μικρή είναι, τόσο πιο ικανοποιητική θα είναι και η λεπτομέρεια στην απεικόνιση.

Οι διαστάσεις του εστιακού σημείου πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες για να παρουσιάζεται ικανοποιητική λεπτομέρεια απεικόνισης στην ακτινογραφία. Το μέγεθος των εστιακών σημείων μιας λυχνίας ($0,3\text{mm}$, $0,6\text{mm}$, $1,2\text{mm}$) χαρακτηρίζει και την ποιοτική της απόδοση όσον αφορά τη διαγνωστική εικόνα.

Παλιότερα χρησιμοποιούνταν οι όροι πραγματική και φαινόμενη εστία ανόδου. Ως πραγματική εστία χαρακτήριζαν την επιφάνεια της ανόδου στην οποία προσκρούουν τα ηλεκτρόνια, όταν εφαρμοστεί τάση στα άκρα της λυχνίας. Αυτή βρίσκεται στην επικλινή πλευρά του δίσκου της ανόδου. Η γεωμετρική προβολή της πραγματικής εστίας στο επίπεδο ακτινογράφησης - φαινόμενη εστία - εξαιτίας της κλίσης της λυχνίας ($\approx 15^\circ$), είναι μικρότερη.

Οι γεωμετρικές διαστάσεις του θερμονήματος της καθόδου καθορίζουν το μέγεθος του εστιακού σημείου της ανόδου. Το μέγεθος του εστιακού σημείου και η κλίση της ανόδου καθορίζουν το μέγεθος της φαινόμενης εστίας. Όσο πιο μικρή είναι, τόσο πιο ικανοποιητική λεπτομέρεια απεικόνισης παρουσιάζεται στην ακτινογραφία (Εικ. 5.2).

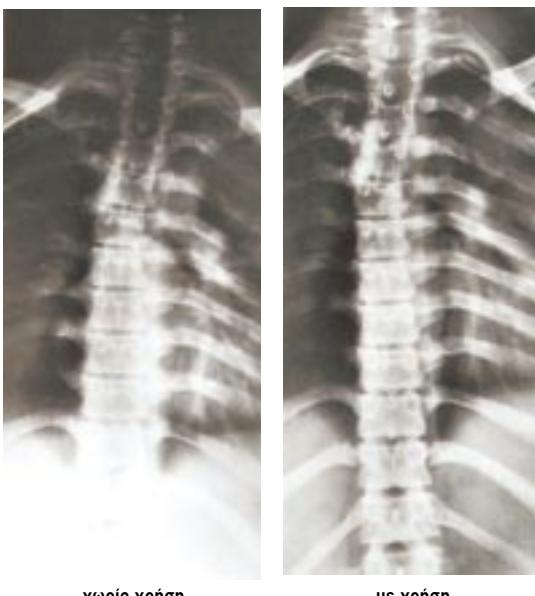
Στο σημείο αυτό, αξίζει να αναφερθεί και το **φαινόμενο πτέρνας**. Σύμφωνα με το φαινόμενο αυτό το τμήμα της δέσμης των ακτίνων X που βρίσκεται προς την πλευρά της ανόδου εξασθενεί, επειδή απορροφάται από την άνοδο. Αυτό συμβαίνει, γιατί η παραγωγή των ακτίνων X δε γίνεται στην επιφάνεια του στόχου, αλλά σε διάφορα βάθη μέσα στο υλικό της ανόδου. Έτσι λοιπόν το φαινόμενο πτέρνας είναι υπεύθυνο για την ανομοιογένεια που παρουσιάζεται στην



Σχήμα 5.9 Φαινόμενο πτέρνας. Η ένταση της δέσμης ελαττώνεται προς την πλευρά της ανόδου.

ένταση της ακτινοβολίας, η οποία είναι μικρότερη από τη μεριά της ανόδου και μεγαλύτερη από την πλευρά της καθόδου.

Το φαινόμενο πτέρνας στην πρακτική εφαρμογή επηρεάζει ποιοτικά την ακτινολογική εικόνα, αφού:



Εικόνα 5.3 Εφαρμογή του φαινομένου πτέρνας στην α/α ΘΜΣΣ.

- Μπορεί να καθορίσει την τοποθέτηση του εξεταζόμενου, ώστε το λεπτότερο μέρος του σώματός του να βρίσκεται προς την πλευρά της ανόδου. Ήτοι μπορεί να γίνει εκμετάλλευση του φαινομένου πτέρνας κατά την πραγματοποίηση ακτινογραφιών σε μέρη του σώματος με διαφορές στο πάχος απ' άκρη σε άκρη, όπως: α/ες σπονδυλικής στήλης (Εικ. 5.3), α/α μηριαίου, α/α βραχιονίου κ.α. Εφαρμογή βρίσκει και στη μαστογραφία.

Το φαινόμενο αυτό:

- είναι αισθητά μικρότερο όταν μειώνεται η απόσταση λυχνίας - φιλμ (εστιακή απόσταση)
- γίνεται πιο έντονο όσο η γωνία της ανόδου ελαττώνεται
- είναι λιγότερο έντονο, όταν οι διαστάσεις της δέσμης είναι μικρές, αφού στην κεντρική ακτίνα της δέσμης υπάρχει σχεδόν ομοιόμορφη ένταση.

■ 5.4 Κέλυφος λυχνίας

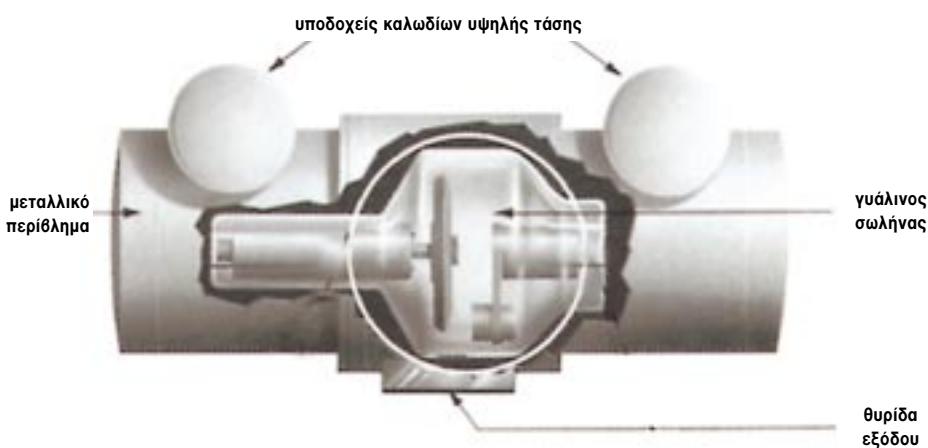
Η λυχνία παραγωγής ακτίνων X κατασκευάζεται από γυαλί επειδή:

- κατασκευάζεται εύκολα,
- έχει μικρή απορρόφηση των ακτίνων X και
- είναι πολύ καλό μονωτικό υλικό

Στο γυάλινο περιβλήμα της λυχνίας υπάρχει μια μικρή περιοχή, περίπου 5 εκατ. μικρότερου πάχους από το υπόλοιπο περιβλήμα, από το οποίο εξέρχονται οι ακτίνες X, που ονομάζεται **παράθυρο εξόδου** της λυχνίας.

Η λυχνία τοποθετείται μέσα σε ειδικό κέλυφος. Το **προστατευτικό κάλυμμα** που την περιβάλλει, παρέχει:

- ακτινοπροστασία, αφού απορροφά την ακτινοβολία με εξαίρεση την ωφέλιμη δέσμη της, την οποία περιορίζει μόνο από τη θυρίδα εξόδου. Το κέλυφος κατασκευάζεται συνήθως από χάλυβα ή κράμα αλουμινίου και φέρει επένδυση μολύβδου για ακτινοπροστασία εξεταζομένων και προσωπικού. Μεταξύ κελύφους και γυάλινου σωλήνα υπάρχει βιομηχανικό λάδι που συμβάλλει στην ηλεκτρική μόνωση της λυχνίας και στη γρήγορη απαγωγή της θερμότητας από τη λυχνία προς το περιβάλλον (μονωτικές και ψυκτικές ιδιότητες).
- προστασία από το ρεύμα, αφού περιβάλλει όλους τους αγωγούς υψηλής τάσης και είναι γειωμένο.
- μηχανική προστασία στην λυχνία.
- βοήθεια για στήριξη του στάτορα του ηλεκτροκινητήρα, ο οποίος περιστρέφει την άνοδο και για την τοποθέτηση στη θυρίδα εξόδου, του κιβωτίου των διαφραγμάτων.



Εικόνα 5.4 Κέλυφος της λυχνίας.

Α ΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Tο σπουδαιότερο τμήμα ενός ακτινολογικού συγκροτήματος είναι η ακτινολογική λυχνία. Αναγκαίοι παράγοντες για τη λειτουργία της είναι:

- Μία πηγή ελεύθερων ηλεκτρονίων είναι η κάθοδος που φέρει νήμα από βιολφράμιο. Με θέρμανση του νήματος που γίνεται με ξεχωριστό κύκλωμα μέχρι πυράκτωσής του, παράγονται ηλεκτρόνια.
- Μία δύναμη για να θέσει σε κίνηση τα ηλεκτρόνια είναι η υψηλή τάση που εφαρμόζεται στα άκρα της λυχνίας.
- Ένα υψηλό κενό μέσα στη λυχνία, για την ελεύθερη διακίνηση εντός της λυχνίας, των ηλεκτρονίων.
- Μία διάταξη κατεύθυνσης ηλεκτρονίων έτσι, ώστε αυτά να μην διαχέονται, αλλά προσπέσουν σε μια μικρή, όσο γίνεται, επιφάνεια της ανόδου (κύπελλο εστίασης).
- Μία επιφάνεια πρόσκρουσης των ηλεκτρονίων και ανακοπής της ταχύτητας τους είναι η άνοδος. Όσο πιο μικρό χώρο καταλαμβάνει η προσπίπτουσα δέσμη ηλεκτρονίων στην επιφάνεια της ανόδου, δηλαδή όσο πιο μικρό είναι το εστιακό σημείο τόσο πιο ικανοποιητική λεπτομέρεια απεικόνισης παρουσιάζεται στην ακτινογραφία.

Όταν τα ηλεκτρόνια προσπέσουν στο στόχο της ανόδου με μεγάλη κινητική ενέργεια, η ενέργειά τους αυτή μετατρέπεται σε θερμότητα. Μόνο ένα μικρό μέρος της ενέργειας μικρότερο του 1%, μετατρέπεται σε ακτίνες X. Έτσι ανακύπτουν τεράστια θερμικά προβλήματα στην άνοδο.

Για να μην καταστραφεί γρήγορα η άνοδος, η απαγωγή των τεραστίων ποσοτήτων θερμότητας επιτυγχάνεται με τη βοήθεια υλικών, που περιβάλλουν το στόχο της ανόδου και ταυτόχρονα είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας. Συγχρόνως όλο το σύστημα ψύχεται ή με κατάλληλο ανεμιστήρα ή με τη χρήση ποσότητας βιομηχανικού λαδιού.

(Συνέχεια)

Βελτίωση στη διάταξη της λυχνίας έγινε με αντικατάσταση της «σταθερής» ανόδου, με την «περιστρεφόμενη» άνοδο, όπου τα ηλεκτρόνια δεν πέφτουν πάνω στο ίδιο σημείο, αλλά σε διαφορετικό.

Το γυάλινο περίβλημα της λυχνίας τοποθετείται μέσα σε ειδικό κέλυφος. Το προστατευτικό αυτό κάλυμμα παρέχει:

- ακτινοπροστασία, αφού απορροφά την ακτινοβολία με εξαίρεση την ωφέλιμη δέσμη αυτής, η οποία περιορίζεται μόνο από τη θυρίδα εξόδου
- προστασία από το ρεύμα
- μηχανική προστασία και βοήθεια για τη στήριξη διαφόρων εξαρτημάτων της λυχνίας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιοι είναι ονομαστικά οι παράγοντες που είναι απαραίτητοι για την παραγωγή των ακτίνων X;
2. Περιγράψτε την ακτινολογική λυχνία Goolidge, περιστρεφόμενης ανόδου.
3. Από τι υλικό αποτελείται η άνοδος και από τι η κάθοδος;
4. Πώς παράγονται τα θερμοηλεκτρόνια;
5. Τι είναι το ηλεκτρονικό νέφος καθόδου;
6. Τι εννοούμε με τον όρο διπλοεστιακή λυχνία X;
7. Γιατί είναι σημαντικό να έχει όσο το δυνατόν μικρότερες διαστάσεις το θερμονήμα της καθόδου;
8. Σε ποιες ακτινολογικές εξετάσεις χρησιμοποιείται το μικρό και σε ποιες το μεγάλο σπείραμα καθόδου;
9. Για απεικόνιση υψηλής διακριτικής ικανότητας επιλέγεται:
 - α. Μικρό εστιακό σημείο
 - β. Μεγάλο εστιακό σημείο
 - γ. Κανένα από τα δύο.
10. Ποια είναι η σημασία του κυπέλλου εστίασης;
11. Ποια η αξία του υψηλού κενού του γυάλινου σωλήνα παραγωγής ακτίνων X;
12. Με ποιον τρόπο προσδίδεται κινητική ενέργεια στα θερμοηλεκτρόνια;
13. Τι είναι το παράθυρο εξόδου της λυχνίας;
14. Ποια η σημασία της γωνίας κλίσης της ανόδου ;
15. Τι είναι η φαινομενική και τι η πραγματική εστία ανόδου ;
16. Με ποια ταχύτητα περιστρέφεται συνήθως ο δίσκος της ανόδου και ποιο πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την περιστροφή αυτή;

(Συνέχεια)

17. Γιατί η λυχνία περιστρεφόμενης ανόδου αντέχει περισσότερο σε θερμικά φορτία σε σχέση με τη λυχνία σταθερής ανόδου;
 18. Ποιο είναι το σημαντικότερο πρόβλημα που παρουσιάζεται κατά τη λειτουργία της λυχνίας X; Με ποιους τρόπους αντιμετωπίζεται;
 19. Τι είναι το προστατευτικό μεταλλικό περίβλημα της λυχνίας και σε τι χρησιμεύει;
 20. Με τι συμπληρώνεται ο χώρος μεταξύ γυάλινου σωλήνα X και του προστατευτικού περιβλήματος της λυχνίας και σε τι χρησιμεύει;
Γιατί επιλέγεται το συγκεκριμένο υλικό που αναφέρεται;
 21. Γιατί η λυχνία παραγωγής ακτίνων X κατασκευάζεται από γυαλί;
- *Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις τοποθετώντας σε κύκλο τον αριθμό της σωστής απάντησης.*
22. Στην ακτινολογική λυχνία επιδρούν:
 - α. 1 κύκλωμα
 - β. 2 κυκλώματα
 - γ. 3 κυκλώματα
 - δ. 4 κυκλώματα.
 23. Το μεγάλο νήμα της καθόδου χρησιμοποιείται σε ακτινογραφίες:
 - α. που απαιτούν μεγάλες ποσότητες φωτονίων
 - β. που απαιτούν μικρές ποσότητες φωτονίων
 - γ. ανεξάρτητα από τις ποσότητες (μικρές ή μεγάλες) φωτονίων
 - δ. στις οποίες παρέχεται η δυνατότητα χρήσης του.

(Συνέχεια)

24. Το μικρό νήμα παρέχει απεικόνιση:
- χαμηλής διακριτικής ικανότητας
 - υψηλής διακριτικής ικανότητας
 - υψηλής αντίθεσης
 - χαμηλής αντίθεσης.
25. Μέσα στο γυάλινο σωλήνα ακτινολογικής λυχνίας υπάρχει:
- αέρας με υψηλή πίεση
 - αέρας με χαμηλή πίεση
 - κενό αέρα.
26. Το σημείο πρόσκρουσης των ηλεκτρονίων στην άνοδο ονομάζεται:
- δίσκος ανόδου
 - ρότορας
 - εστιακό σημείο
 - κύπελλο εστίασης.
27. Το μέγεθος του εστιακού σημείου πρέπει να είναι όσο το δυνατό:
- μεγαλύτερο, αφού αναπτύσσονται τεράστια ποσά θερμότητας
 - μικρότερο για να παρουσιάζεται ικανοποιητική λεπτομέρεια απεικόνισης
 - μεγαλύτερο για να παράγει μεγάλη ποσότητα ακτίνων X.
28. Το κέλυφος της λυχνίας είναι από:
- γυαλί
 - χάλυβα ή αλουμίνιο με επένδυση μολύβδου
 - χαλκό
 - κράματα βολφραμίου - γραφίτη- μολυβδαίνιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ
ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΣΤΟΧΟΙ

Με την ολοκλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου αυτού θα πρέπει να γνωρίζεις:

- για ποιους λόγους και πώς εξασθενεί η ακτινοβολία
- τι εννοούμε με τον όρο kV και τι με τον όρο mAs.
- πώς ελέγχεται η ποιότητα και η ποσότητα της ακτινοβολίας
- την επίδραση των μεταβολών του kV
- την επίδραση των μεταβολών mA
- την επίδραση των μεταβολών του χρόνου ακτινοβόλησης
- τη συσχέτιση εξασθένησης ακτινοβολίας με την απόσταση λυχνίας – φιλμ.
- τη σχέση εξασθένησης ακτινοβολίας με την ποιότητα του παρεμβαλλόμενου θέματος (πυκνότητα, πάχος, ατομικός αριθμός)
- τι είναι φίλτρα ή ηθμοί της ακτινολογικής λυχνίας και σε τι εξυπηρετούν
- τι είναι και σε τι εξυπηρετεί το κιβώτιο διαφραγμάτων της λυχνίας.

■ 6.1 Εξασθένηση της ακτινοβολίας

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, η ένταση της ακτινοβολίας εξασθενεί λόγω απόστασης, σύμφωνα με το νόμο του αντιστροφου του τετραγώνου της απόστασης¹².

Όταν η δέσμη της ακτινοβολίας X εισέλθει σε ένα σώμα που η σύσταση

¹² Η ένταση της ακτινοβολίας σε κάποιο σημείο, είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης του σημείου από την εστία.



Εικόνα 6.1 Ακτινογραφία áκρας χειρός.

του ποικίλει, η ένταση της δέσμης που θα βγει από το σώμα αυτό εξασθενεί. Η εξασθένηση της δέσμης συμβαίνει, γιατί ένας αριθμός φωτονίων θα απορροφηθεί από το σώμα (φωτοηλεκτρικό φαινόμενο), ενώ συγχρόνως ένας άλλος αριθμός φωτονίων αποκλίνει από την αρχική δέσμη και συνεχίζει προς νέα κατεύθυνση, με μειωμένη ένταση σε σχέση με την αρχική (φαινόμενο Compton).

Τέλος, ένα μέρος από τα φωτόνια με τα άτομα της ύλης δεν αλληλεπιδρούν και συνεχίζουν την αρχική τους πορεία. Το γεγονός της διαφορετικής απορρόφησης της ακτινοβολίας από τους ιστούς παράγει την ακτινολογική εικόνα.

Σε κάθε ακτινολογική απεικόνιση, η απορρόφηση της ακτινοβολίας εξαρτάται από τη διεισδυτική ικανότητα της δέσμης (kVp) τη συγκεκριμένη στιγμή και από παράγοντες που αφορούν τη σύσταση και τη σύνθεση του σώματος. Τέτοιοι είναι η πυκνότητα, το πάχος και ο ατομικός αριθμός.

Γενικά, προκειμένου να καταγραφεί στο φιλμ ικανοποιητική εικόνα, θα πρέπει η διαφορετική εξασθένηση της δέσμης από τα οστά και τους μαλακούς ιστούς να είναι στην επιθυμητή αναλογία.

Θα πρέπει όμως και ο συνολικός αριθμός των φωτονίων που θα φθάσει στο φιλμ, μετά τη διέλευσή του από την εξεταζόμενη δομή, να είναι αρκετός για να εκτεθεί όσο πρέπει το φιλμ.

Έτσι κατά τη λήψη ακτινογραφιών, στη διάρκεια των οποίων γίνεται παραγωγή ακτινοβολίας, υπάρχει πάντοτε η δυνατότητα ρύθμισης της ποσότητας και της ποιότητας της ακτινοβολίας.

■ 6.2 Ακτινολογικά στοιχεία

Με τον όρο **kV**, αναφερόμαστε στη διεισδυτικότητα της ακτινοβολίας, δηλ. την ποιότητα της ακτινοβολίας. Η έννοια kV στην εκτέλεση ακτινολογικών λήψεων, ταυτίζεται με τη διεισδυτική ικανότητα της χορηγούμενης ακτινοβολίας. Ουσιαστικά είναι η διαφορά δυναμικού μεταξύ καθόδου και ανόδου της λυχνίας.

Όσο μεγαλύτερη τάση υπάρχει τόσο πιο μεγάλη είναι η κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων που κινούνται από την κάθοδο στην άνοδο και κατά συνέπεια τόσο περισσότερο διεισδυτικά φωτόνια θα παράγει η λυχνία. Έτσι και η παραγόμενη ακτινοβολία θα είναι μεγαλύτερης ενέργειας και θα έχει περισσότερη διεισδυτική ικανότητα. Αυτό σημαίνει ότι με ευκολία η δέσμη θα διαπεράσει οστέινες περιοχές ή περιοχές με συμπαγή όργανα.

Η μεταβολή των kV έχει ως αποτέλεσμα:

- Μεταβολή του αριθμού των φωτονίων που θα διαπεράσουν το εξεταζόμενο θέμα και επομένως του αριθμού των φωτονίων που θα επηρεάσει το φιλμ
- Μεταβολή στην αντίθεση της ακτινολογικής εικόνας, αφού π. χ. αύξηση της τιμής των kV θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της αντίθεσης και αντίστροφα. Αντίθεση είναι η διαφορά βαθμού αμαύρωσης δύο γειτονικών περιοχών της εικόνας της ακτινογραφίας. Εκφράζει τις μεταβολές της οπτικής πυκνότητας που υπάρχουν μεταξύ διαφόρων περιοχών του φιλμ.
- Μεταβολή στην καταχώρηση περισσότερων διαγνωστικών πληροφοριών στο φιλμ.
- Μεταβολή στην παραγωγή της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας, αφού αύξηση της τιμής των kV έχει ως συνέπεια την αύξηση της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας.

Εκτός του ότι η εξασθένηση της ακτινοβολίας, μετά τη διέλευσή της από το εξεταζόμενο θέμα, χρειάζεται να είναι σε σωστή αναλογία, θα πρέπει επίσης και ο συνολικός αριθμός των φωτονίων που θα φθάσει στο φιλμ, να είναι αρκετός για να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα, δηλαδή τη σωστή

αμαύρωση του φιλμ. Αυτό επιτυγχάνεται με τη σωστή επιλογή των **mAs**. Τα mAs διαδραματίζουν τον ίδιο ρόλο που παίζει το φως στη φωτογραφία. Ένα φιλμ που έχει εκτεθεί με τη χρησιμοποίηση ολίγων mAs σημαίνει ότι έχει υπο-εκτεθεί, ενώ αντίθετα αν χρησιμοποιηθούν πολλά mAs θα έχει υπερεκτεθεί.

Έτσι η μεταβολή των mAs έχει ως αποτέλεσμα:

- τη μεταβολή του αριθμού των φωτονίων που θα προσπέσουν στο σώμα
- τη μεταβολή των φωτονίων που θα εξέλθουν από το σώμα και θα προσβάλουν το φιλμ, οπότε και τη μεταβολή στην αμαύρωση του φιλμ.

Με τον όρο λοιπόν mAs εννοούμε το ηλεκτρικό φορτίο¹³ - αριθμός ηλεκτρονίων - που περνά στη λυχνία κατά τη διάρκεια μιας έκθεσης. Αφορά λοιπόν την ποσότητα της ακτινοβολίας, δηλαδή τον αριθμό των φωτονίων¹⁴.

Η ποσότητα των ηλεκτρονίων, όπως έχει αναφερθεί, εξαρτάται από τη θερμοκρασία του νήματος της καθόδου. Αυξάνοντας την θερμοκρασία, θα αυξηθεί και ο αριθμός των ηλεκτρονίων (mA) και κατά συνέπεια ο αριθμός των φωτονίων.

Η γνώση όμως των κατάλληλων ακτινολογικών στοιχείων, καθίσταται ευκολότερη, με την εισαγωγή της επιθυμητής ένδειξης του ρεύματος (mA) στη μονάδα του χρόνου (sec). Ο χρονοδιακόπτης περιορίζει τη χρονική διάρκεια της ακτινοβόλησης. Το γινόμενο (mA x sec) mAs είναι λοιπόν ένα μέτρο για την ποσότητα της ακτινοβολίας.

Είναι ευνόητο ότι ο χρόνος είναι αντιστρόφως ανάλογος της έντασης και αντίστροφα¹⁵.

¹³ 1Ampere = 1 coulomb/sec = 6.25×10^{18} electrons/sec.

1 mAs = 1/1000 του αμπερίου (ηλεκτρόνια) ανά δευτερόλεπτο = $6.250.000.000.000$ ηλεκτρόνια/ανά δευτερόλεπτο.

¹⁴ Πιο συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια της ακτινοβόλησης υπάρχει συνεχής ροή ηλεκτρονίων από την κάθοδο στην άνοδο. Η ροή αυτή ελέγχεται με την παρεμβολή αμπερόμετρου, η ένδειξη του οποίου φανερώνει την ποσότητα του ρεύματος που πέρασε από το κύκλωμα, και το οποίο είναι το αποτέλεσμα του αριθμού των παραχθέντων ηλεκτρονίων. Έτσι μπορεί να προσδιοριστεί το ποσό των ηλεκτρονίων που απαιτείται για την πραγματοποίηση μίας ακτινολογικής λήψης, από το ρεύμα που θα περάσει μέσα από το κύκλωμα.

¹⁵ Έτσι π.χ. από μία ένταση 100 mA και ένα χρόνο 2 sec ($100 \text{ mA} \times 2 \text{ sec} = 200 \text{ mAs}$) η ποσότητα της ακτινοβολίας είναι 4 φορές μεγαλύτερη από ότι μία ένταση πάλι 100 mA και χρόνο 0,5 sec ($100 \text{ mA} \times 0,5 \text{ sec} = 50 \text{ mAs}$).

Όταν λοιπόν ο χρόνος έκθεσης μικραίνει, τότε αντίστοιχα πρέπει τα mA να αυξάνονται προκειμένου η ποσότητα της ακτινοβολίας να παραμένει σταθερή¹⁶.

Στην ακτινοδιαγνωστική ο χρόνος έκθεσης κατά τη λήψη απλών ακτινογραφικών εξετάσεων περιορίζεται σε κλάσματα δευτερολέπτου· έτσι μειώνεται στο ελάχιστο η ακτινοβόληση του εξεταζόμενου και ταυτόχρονα αποφεύγεται πιθανή μετακίνησή του.

Η ρύθμιση της τάσης στα άκρα της λυχνίας επηρεάζει την ποιότητα της ακτινοβολίας, ενώ η επίδρασή της στην ποσότητα δεν είναι πρακτικά αξιόλογη.

Πέραν όμως των παραπάνω ρυθμιστικών παραγόντων, στην πράξη η ποιότητα της ακτινοβολίας Röentgen ρυθμίζεται και με την παρεμβολή ηθμών (φίλτρων) στη δέσμη των ακτίνων αμέσως μετά την έξοδό τους από τη λυχνία.

■ 6.3 Φίλτρα

Tα φίλτρα ή οι ηθμοί της ακτινολογικής λυχνίας, είναι λεπτά μεταλλικά φύλλα αλουμινίου ή χαλκού, που παρεμβάλλονται, μεμονωμένα ή σε συνδυασμό μεταξύ τους, στην πορεία των ακτίνων X με σκοπό την αποκοπή (ελάττωση) των φωτονίων χαμηλής ενέργειας από το φάσμα των ακτίνων X. Αυτά τα φωτόνια δε συμβάλλουν στην παραγωγή εικόνας, αφού λόγω της χαμηλής τους ενέργειας απορροφώνται από το σώμα του εξεταζόμενου με αποτέλεσμα την αύξηση της δόσης. Τα φίλτρα παρεμβάλλονται αμέσως μετά τη θυρίδα εξόδου μεταξύ του προστατευτικού περιβλήματος και του κιβωτίου των διαφραγμάτων.

¹⁶ Για παράδειγμα αν απαιτείται ποσότητα ακτινοβολίας για μια ακτινογραφία 80 mA_s, τότε υπάρχουν διάφοροι συνδυασμοί mA X sec όπως: 100mA X 0,4 sec =80 mA_s ή 400mA X 0,2sec=80 mA_s. Από αυτούς τους συνδυασμούς ο δεύτερος χρησιμοποιεί μικρότερο χρόνο έκθεσης και πολλά mA, ενώ ο πρώτος μεγαλύτερο χρόνο έκθεσης, αλλά λιγότερα mA που σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το μικρό νήμα της καθόδου.

Η παρεμβολή του φίλτρου επιφέρει τα εξής αποτελέσματα στην δέσμη της ακτινοβολίας:

- Γίνεται πιο ομοιογενής
- Ελαττώνει την ένταση της, αφού απορροφά ορισμένα φωτόνια και αυξάνει τη διεισδυτική ικανότητα της, επειδή τώρα η δέσμη περιέχει μικρότερο ποσοστό φωτονίων χαμηλής ενέργειας. Έτσι η δέσμη γίνεται «σκληρότερη» και περισσότερο διεισδυτική αλλά συγχρόνως ελαττώνεται η έντασή της.

Συμπερασματικά λοιπόν, η μέγιστη ενέργεια των φωτονίων εξαρτάται από την τιμή της τάσης μεταξύ ανόδου-καθόδου, ενώ η τιμή της μικρότερης ενέργειας ακτίνων X εξαρτάται από την υπάρχουσα διήθηση¹⁷ της δέσμης.

■ 6.4 Ρύθμιση ακτινοβολίας στην πράξη

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η ποιότητα της δέσμης μπορεί να μεταβληθεί είτε με μεταβολή της υψηλής τάσης στα άκρα της λυχνίας (kV) είτε με μεταβολή του πάχους του φίλτρου.

Ο βαθμός διεισδυτικότητας της δέσμης της ακτινοβολίας στην ύλη χαρακτηρίζεται από την ποιότητά της.

Μία δέσμη υψηλής μέσης ενέργειας («σκληρή») εξασθενεί λιγότερο κατά τη διέλευσή της από το εξεταζόμενο θέμα. Επομένως θα επηρεάσει πιο έντονα το φιλμ. Μ' αυτόν το τρόπο θα είναι έντονος και ο βαθμός αμαύρωσης του φιλμ.

Η αμαύρωση του φιλμ εκτός από τη διεισδυτικότητα της ακτινοβολίας (kV), εξαρτάται και από την έντασή της, δηλαδή τα mAs.

Οι ακτινογραφίες αυτές, στις οποίες ο βαθμός αμαύρωσης του φιλμ είναι

¹⁷ Ολική διήθηση είναι η διήθηση που υφίσταται η δέσμη των ακτίνων X μέχρι την είσοδό της στο σώμα του εξεταζόμενου. Διακρίνεται σε εσωτερική και επιπρόσθετη διήθηση.

- Η εσωτερική αναφέρεται στη διήθηση των ακτίνων X από το γυάλινο περίβλημα της λυχνίας και το στρώμα λαδιού που παρεμβάλλεται στην πορεία της δέσμης.
- Η επιπρόσθετη περιλαμβάνει τα φίλτρα που παρεμβάλλονται μεταξύ του προστατευτικού περίβληματος και του κιβωτίου των διαφραγμάτων καθώς και των κατασκευών του κιβωτίου, όπως του καθρέπτη και του πλαστικού στην έξοδο.

Το ισοδύναμο αλουμινίου της εσωτερικής και επιπρόσθετης διήθησης είναι η ολική διήθηση.



Εικόνα 6.2 Μεταβολή στην απεικόνιση σε ακτινογραφία αυχενικής μοίρας σπονδυλικής στήλης, όταν μεταβάλλονται τα ακτινολογικά στοιχεία.

έντονος, (επειδή η προσπίπτουσα ακτινοβολία είναι φιλτραρισμένη, υψηλής τάσης και πολλών MAS) λέγονται «**σκληρές**».

Αντίθετα «**μαλακές**» ακτινογραφίες είναι αυτές όπου το φιλμ έχει χαμηλό βαθμό αμαύρωσης, αφού η προσπίπτουσα ακτινοβολία είναι ασθενής και τα διάφορα σημεία απεικονίζονται τώρα λιγότερο σκιερά. Ανάλογα με τα ανατομικά μόρια και τη σύσταση κάποιας παθολογικής εστίας που θέλουμε να απεικονίσουμε, θα χρειαστούμε ενίοτε «μαλακή» ή «σκληρή» ακτινογραφία.

'Οσον αφορά τη χρησιμοποίηση σωστών ακτινολογικών στοιχείων στην πράξη, συνήθως στα εργαστήρια υπάρχει πίνακας με αναγραφόμενες τιμές για κάθε εξέταση και για άτομα μικρού – μεσαίου και μεγάλου μεγέθους. Η επιλογή της αυξομείωσης των ακτινολογικών στοιχείων επιτυγχάνεται με βάση το συλλογισμό ότι ένα λεπτό άτομο θα χρειαστεί λιγότερα στοιχεία και αντίθετα.

Για τη σκάλα των kV υπάρχει άμεση ένδειξη και γίνεται εύκολη η τοποθέτηση της επιθυμητής τάσης. 'Οσον αφορά τα mAs, δεν υπάρχουν ανάλογες προϋποθέσεις, αφού το διερχόμενο από το κύκλωμα ρεύμα (mA) ρυθμίζεται πάντοτε σε συνάρτηση με το χρόνο (sec).

Πολλές σύγχρονες ακτινοδιαγνωστικές λυχνίες επιλύουν το παραπάνω πρόβλημα, με τη χρήση αυτόματου συστήματος έκθεσης. Όταν ο χρήστης επιλέγει το σύστημα αυτό, τοποθετεί την κατάλληλη τάση kV και τα mA ρυθμίζονται αυτόματα από το σύστημα έτσι, ώστε η ποσότητα της ακτινοβολίας που προσβάλλει το φιλμ, να δημιουργεί την επιθυμητή αμαύρωση.

Συγκεκριμένα κατάλληλος ανιχνευτής ιονισμού, μετράει την ποσότητα της ακτινοβολίας που διέρχεται από τον ασθενή και προσβάλλει το φίλμ. Μόλις αυτή η ακτινοβολία φτάσει σε κάποιο προκαθορισμένο επίπεδο, προκαλείται διακοπή της έκθεσης.

Πάντως σε ένα ακτινολογικό εργαστήριο, πρέπει απαραίτητα να υπάρχει σε κάθε θάλαμο, ακριβής πίνακας στοιχείων έκθεσης, ώστε να μειωθούν οι επαναλήψεις.

Τα ευεργετικά αποτελέσματα των παραπάνω παραμέτρων αναμφίβολα θα είναι:

- ✓ Η καλύτερη διαγνωστική απεικόνιση
- ✓ Το χαμηλότερο λειτουργικό κόστος και
- ✓ Η καλύτερη ακτινοπροστασία για τον ασθενή, το προσωπικό και το περιβάλλον.

Γενικά η ποιοτικά επιτυχής απεικόνιση στις ακτινολογικές εξετάσεις εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι θα αναφερθούν παρακάτω.

Σε αρκετές περιπτώσεις απαιτείται ειδική τεχνική. Για παράδειγμα σε ορισμένες παθολογικές καταστάσεις, προκειμένου αυτές να αναδειχθούν ευκρινέστερα, απαιτείται μεταβολή της τιμής των στοιχείων έκθεσης (kV, mAs ή και των δύο).

Κατά την ακτινογράφηση, χρειάζεται να λαμβάνεται υπόψη η ηλικία του εξεταζόμενου. Έτσι στα νεογνά η επιλογή των παραγόντων έκθεσης γίνεται ανάλογα με το βάρος, ενώ στα βρέφη και τα μικρά παιδιά δεν πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο ειδικός πίνακας έκθεσης. Σε μεγαλύτερα παιδιά και εφήβους κατά την επιλογή των ακτινολογικών στοιχείων λαμβάνεται υπόψη το βάρος, το ύψος, η μυϊκή κατάσταση.

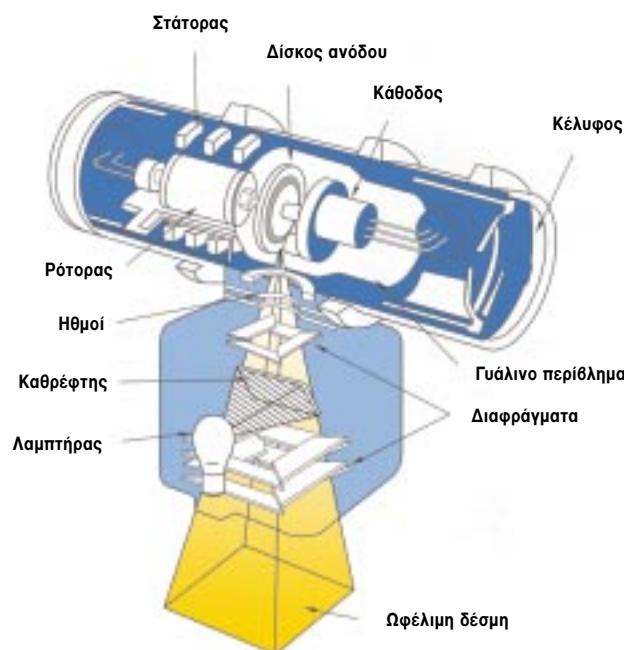
Γενικά πάντως πρέπει να επιλέγονται οι καλύτερες συνθήκες που επηρεάζουν τη διαγνωστική εικόνα και να υπολογίζεται και η ανάγκη ελαχιστοποίησης της έκθεσης στην ακτινοβολία.

■ 6.5 Κιβώτιο διαφραγμάτων

Είναι μία συσκευή που προσαρμόζεται στη θυρίδα εξόδου της λυχνίας και διαθέτει ρυθμιζόμενα μολύβδινα διαφράγματα, με τα οποία επιτυγχάνεται ο ακριβής καθορισμός της έκτασης της επιφάνειας, την οποία θα καλύψει η προσπίπτουσα ακτινοβολία.

Το σύστημα στην απλή του μορφή αποτελείται από δύο ζεύγη πλακών. Οι πλάκες κάθε ζεύγους μετατοπίζονται παράλληλα κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να απομακρύνονται ή να πλησιάζουν η μία την άλλη. Έτσι αυξομειώνεται το άνοιγμα από το οποίο τελικά θα περάσει η δέσμη των φωτονίων. Τα σύγχρονα ακτινοσκοπικά μηχανήματα διαθέτουν μηχανισμό και αυτομάτως ρυθμίζονται στο μέγεθος της κασέτας.

Στο κιβώτιο διαφραγμάτων έχει προσαρμοστεί ένα σύστημα που εκπέμπει φως - **φωτεινή επικέντρωση** - έτσι, ώστε να γίνεται ορατή η έκταση της επιφανείας που θα πρέπει να ακτινοβοληθεί για κάθε ακτινογραφία.



Σχήμα 6.1 Ακτινολογική λυχνία με το κιβώτιο διαφραγμάτων.

Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει μια λάμπα και ένα κάτοπτρο τοποθετημένο με γωνία τέτοια, ώστε η φωτεινή δέσμη να συμπίπτει με την δέσμη ακτινοβολίας.

Στην έξοδό του το κιβώτιο φράσσεται από διαφανές πλαστικό στο κέντρο του οποίου είναι σχηματισμένος αδιαφανής σταυρός, ώστε να βοηθάει στην επικέντρωση.

Έτσι τώρα ανάβοντας το φως καθορίζεται η επιφάνεια που θα φωτισθεί, η οποία αντιστοιχεί σ' αυτήν που θα ακτινογραφηθεί.

Με τα διαφράγματα γίνεται εφικτή η ακτινοβόληση αποκλειστικά και μόνο της εξεταζόμενης περιοχής και έτσι ελαττώνεται:

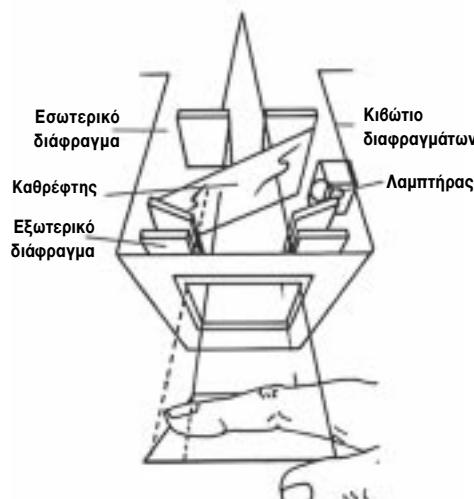
- ✓ η δόση ακτινοβολίας που δέχεται ο εξεταζόμενος, αλλά και
- ✓ η σκεδαζόμενη ακτινοβολία που ενδιαφέρει άμεσα τον εργαζόμενο στο ακτινολογικό εργαστήριο.

Γίνεται αντιληπτό από τα προαναφερόμενα πόσο απαραίτητη είναι η χρήση του κιβωτίου διαφραγμάτων και πόσο σοβαρό λάθος είναι να εργάζεται κανείς έχοντας μόνιμα ανοικτά τα διαφράγματα· λάθος επικίνδυνο για τον εξεταζόμενο όσο και για τον εργαζόμενο.

Ο περιορισμός του πεδίου με τη χρήση των διαφραγμάτων σε όσο το δυ-

νατό μικρότερες διαστάσεις επιβάλλεται. Σύμφωνα με τους κανονισμούς ακτινοπροστασίας, το πεδίο ακτινοβόλησης ή πρέπει να περιορίζεται μόνο στην περιοχή του ενδιαφέροντος ή το πολύ στις διαστάσεις της ακτινογραφικής πλάκας μειωμένης περιμετρικά κατά 1 cm.

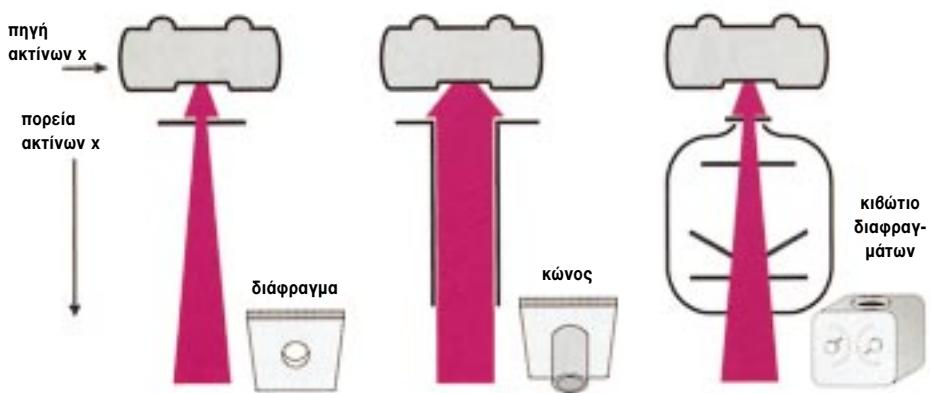
Είναι απαραίτητη η σωστή χρήση των διαφραγμάτων τόσο για λόγους ακτινοπροστασίας όσο και ποιότητας της εικόνας. Αυτό γιατί, εκτός του περιορι-



Σχήμα 6.2 Σχηματική παράσταση κιβώτιου διαφραγμάτων.

σμού της πρωτογενούς δέσμης, ελαττώνεται σημαντικά και η σκεδαζόμενη ακτινοβολία, η οποία πέραν του ότι είναι επικίνδυνη για τον εργαζόμενο και τον εξεταζόμενο, αποτελεί και παράγοντα υποβάθμισης της ποιότητας της ακτινογραφικής εικόνας. Θα πρέπει λοιπόν να υπάρχει μέριμνα για την καλή λειτουργία του διαφραγματικού συστήματος.

Εκτός του κιβωτίου διαφραγμάτων υπάρχουν και άλλα συστήματα περιορισμού δέσμης ακτινοβολίας, όπως δείχνει το σχήμα 6.3.



Σχήμα 6.3 Συστήματα περιορισμού δέσμης ακτινοβολίας.

Α ΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Hένταση της ακτινοβολίας εξασθενεί λόγω απόστασης και λόγω απορρόφησής της από την ύλη. Η απορρόφηση εξαρτάται από τη διεισδυτικότητα της ακτινοβολίας και από παράγοντες που αφορούν στη σύσταση και τη σύνθεση του υλικού σώματος. Όταν η δέσμη της ακτινοβολίας **X** εισέλθει σ' ένα σώμα που η σύστασή του ποικίλει, η ένταση της δέσμης που θα εξέλθει από το σώμα, εξασθενεί ανομοιογενώς.

Για να καταγραφεί στο φίλμ ικανοποιητική εικόνα, θα πρέπει η διαφορετική εξασθένηση της δέσμης από τα οστά και τα μαλακά μόρια να είναι σε επιθυμητή αναλογία. Έτσι λοιπόν πρέπει να ελέγχεται η ποιότητα και η ποσότητα της ακτινοβολίας. Αυτό επιτυγχάνεται με τα ακτινολογικά στοιχεία **kV** και **mAs**.

Με τα **kV** ρυθμίζεται η ποιότητα της ακτινοβολίας, συνδέεται δηλαδή με τη διεισδυτική ικανότητα της δέσμης των ακτίνων **X**.

Με τα **mAs** ρυθμίζεται η ποσότητα της ακτινοβολίας. Η ποιότητά της εξαρτάται και από τους ηθμούς που βρίσκονται στη θυρίδα εξόδου πάνω από το κιβώτιο διαφραγμάτων. Αυτά εξυπηρετούν με το να αποκόπτουν τα ανεπιθύμητα φωτόνια χαμηλής ενέργειας.

Το κιβώτιο διαφραγμάτων, είναι μία συσκευή που προσαρμόζεται στη θυρίδα εξόδου της λυχνίας και διαθέτει μολύβδινα διαφράγματα με κατάλληλες κινήσεις των οποίων επιτυγχάνεται ο καθορισμός της έκτασης της επιφάνειας, την οποία θα καλύψει η προσπίπτουσα ακτινοβολία. Με τα διαφράγματα επιτυγχάνεται να ακτινοβολείται μόνο η υπό εξέταση περιοχή και έτσι ελαττώνεται:

- ✓ η δόση ακτινοβολίας που δέχεται ο εξεταζόμενος, αλλά και
- ✓ η σκεδαζόμενη ακτινοβολία που επηρεάζει εξεταζόμενο και εργαζόμενο και κυρίως **μειώνει σημαντικά την διαγνωστική αξία της εικόνας.**

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι εννοούμε με τον όρο kV και τι με τον όρο mA;
2. Πώς ελέγχεται η ποιότητα και η ποσότητα της ακτινοβολίας;
3. Επίδραση των μεταβολών του kV: αν γίνει λήψη δύο ακτινογραφιών, στις οποίες θα κρατηθούν σταθερές οι υπόλοιπες παράμετροι και θα μεταβληθούν όμως μόνο τα kV, τι θα συμβεί στο κύκλωμα της λυχνίας;
4. Επίδραση των μεταβολών mA: αν γίνει λήψη δύο ακτινογραφιών, στις οποίες θα κρατηθούν σταθερές οι παράμετροι και θα μεταβληθούν όμως μόνο τα mA, τι θα συμβεί μέσα στο κύκλωμα της λυχνίας;
5. Επίδραση των μεταβολών του χρόνου ακτινοβόλησης: αν γίνει λήψη δύο ακτινογραφιών, στις οποίες θα κρατηθούν σταθερές οι παράμετροι και θα μεταβληθούν όμως ο χρόνος ακτινοβόλησης. Τι θα συμβεί στο κύκλωμα της λυχνίας;
6. Συσχέτιση εξασθένησης ακτινοβολίας με την απόσταση λυχνίας – φιλμ: αν γίνει λήψη δύο ακτινογραφιών με διαφορετική την απόσταση λυχνίας – φιλμ και παραμείνουν σταθερές οι υπόλοιπες παραμέτροι, τι μεταβολή θα υπάρξει στην αμαύρωση του φιλμ;
7. Διατυπώστε το νόμο του αντίστροφου του τετραγώνου της απόστασης.
8. Σχέση εξασθένησης ακτινοβολίας με την ποιότητα του παρεμβαλλόμενου θέματος (πυκνότητα, πάχος, ατομικός αριθμός του θέματος) : αν γίνει λήψη ακτινογραφιών σε διάφορα αντικείμενα τα οποία έχουν διαφορετικό βαθμό απορρόφησης, ποια τα αποτελέσματα όσον αφορά την απεικόνισή τους στο φιλμ; Τι θα συμβεί, όταν η δέσμη της ακτινοβολίας εισέλθει στο ανθρώπινο σώμα;
9. Τι είναι φίλτρα ή ηθμοί της ακτινολογικής λυχνίας;
10. Τι είναι το κιβώτιο διαφραγμάτων της λυχνίας;

(Συνέχεια)

- **Απαντήστε στις ερωτήσεις τοποθετώντας σε κύκλο τον αριθμό της σωστής απάντησης.**
- 11.** Ο παράγοντας που καθορίζει την ποσότητα της δέσμης ακτίνων X είναι:
- 1) Τα kV 2) τα mA
3) ο χρόνος 4) τα mAs.
- 12.** Ο παράγοντας που καθορίζει την ποιότητα της δέσμης ακτίνων X είναι:
- 1) τα mAs 2) τα kV
3) η απόσταση 4) οι ηθμοί
5) το 1. και 2 6) Το 2 και 4.
- 13.** Η διάρκεια παραγωγής ακτίνων X καθορίζεται από:
- 1) τα mAs 2) τα kV
3) τα mA 4) το χρόνο
5) όλα τα παραπάνω.
- 14.** Τα φίλτρα ή οι ηθμοί αποκόπτουν τα φωτόνια:
- 1) υψηλής ενέργειας
2) τα σκεδαζόμενα
3) χαμηλής ενέργειας
4) μέσης ενέργειας.
- 15.** Το κιβώτιο διαφραγμάτων:
- 1) βρίσκεται κάτω από το ακτινολογικό τραπέζι και αποκόπτει τη σκεδαζόμενη ακτινοβολία.
2) μετατρέπει τη δέσμη της ακτινοβολίας σε φως
3) περιορίζει την ένταση της ακτινοβολίας
4) βρίσκεται στη θυρίδα εξόδου και αποκόπτει τα φωτόνια χαμηλής ενέργειας.