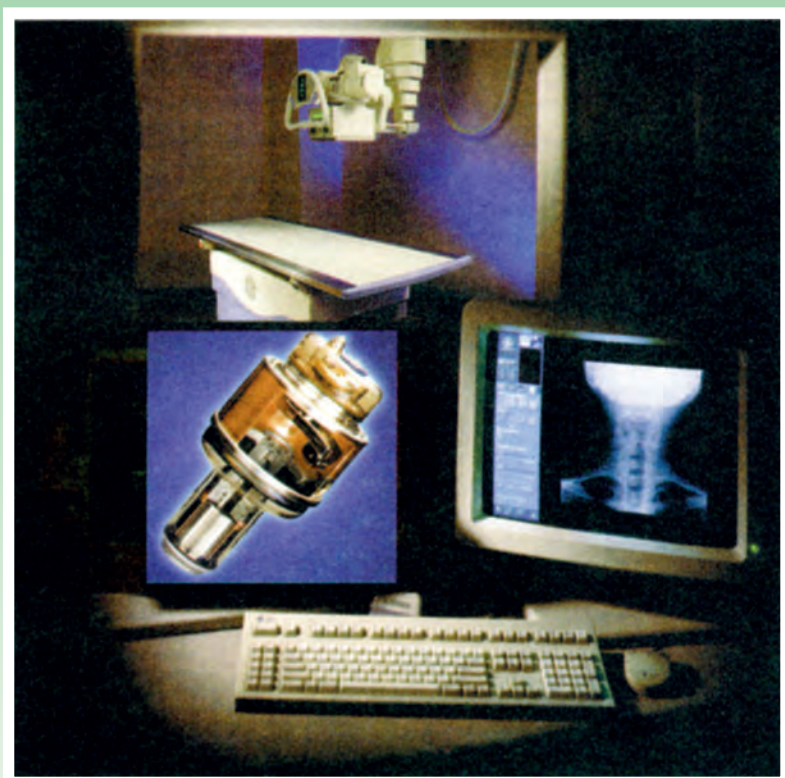


Ζαμάνης Κωνσταντίνος, Κατσιφαράκης Δημήτριος, Ταμπάκη Ευγενία

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΚΤΙΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Β' & Γ' ΕΠΑ.Λ.



ΤΟΜΕΑΣ ΥΓΕΙΑΣ - ΠΡΟΝΟΙΑΣ - ΕΥΕΞΙΑΣ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

ΣΤΟΙΧΕΙΑ
ΑΚΤΙΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

Ζαράνης Κωνσταντίνος

Εκπαιδευτικός Π.Ε. 18 Ραδιολογίας-Ακτινολογίας

Κατσιφάρακης Δημήτριος

Τεχνολόγος-Ακτινολόγος

Ταμπάκη Ευγενία

Εκπαιδευτικός Π.Ε. 18 Ραδιολογίας-Ακτινολογίας

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ

Μπατάκης Νικόλαος

*Ιατρός-Ακτινολόγος, Διευθυντής του Π.Γ.Ν. Αθηνών
«Κοργιαλένιο Μπενάκειο» Ε.Ε.Σ.*

Πετρόπουλος Δημήτριος

Τεχνολόγος-Ακτινολόγος

Σκαλιώτης Κυριάκος

*Τεχνολόγος Ραδιολογίας-Ακτινολογίας
R.T., (Canada), ARRT (USA)*

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ

Ζαράνης Κωνσταντίνος

Εκπαιδευτικός Π.Ε.18 Ραδιολογίας-Ακτινολογίας

ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Καραπέτσα Ελευθερία

Φιλολόγος

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Μαρία Σοφία Μουρτζίνη

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Σταμάτης Αλαχιώτης

*Καθηγητής Γενετικής Πανεπιστημίου Πατρών
Πρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου*

- Επιστημονικός Υπεύθυνος του Έργου

Γεώργιος Βούτσινος

Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

- Υπεύθυνη του Τομέα Υγείας και Πρόνοιας

Ματίνα Στάππα, Οδοντίατρος

Πάρεδρος ε.θ. του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Ζαμάνης Κωνσταντίνος Κατσιφαράκης Δημήτριος Ταμπάκη Ευγενία

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε
υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΚΤΙΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**Β΄ ΕΠΑ.Λ.
Επιλογής**

**Γ΄ ΕΠΑ.Λ.
Ειδικότητα: Βοηθός Ακτινολογικών Εργαστηρίων**

ΤΟΜΕΑΣ ΥΓΕΙΑΣ - ΠΡΟΝΟΙΑΣ - ΕΥΕΞΙΑΣ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ
«ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

Τα σχήματα 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 3.2, 3.3, 3.4, 5.2, 5.3 και 8.2 τα επιμελήθηκε ο Κωνσταντίνος Ζαμάνης.

Τα σχήματα 7.3, 7.5 και 10.1 τα επιμελήθηκε ο Δημήτρης Κατσιφαράκης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	11
-----------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ - ΔΙΕΓΕΡΣΗ - ΙΟΝΙΣΜΟΣ

Στόχοι	13
Εισαγωγή	13
1.1 Δομή της ύλης	13
1.2 Ατομικός - Μαζικός αριθμός	15
1.3 Δυνάμεις που συγκρατούν τα συστατικά των ατόμων	15
1.4 Διέγερση - Ιονισμός	18
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	20
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΑΚΤΙΝΕΣ Χ (RÖNTGEN)

Στόχοι	23
2.1 Ιστορική αναδρομή	23
2.2 Λυχνία Coolidge παραγωγής ακτίνων Χ	25
2.3 Παραγωγή ακτίνων Χ	26
2.4 Ιδιότητες ακτίνων Χ	28
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	30
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ

Στόχοι	33
Εισαγωγή	33
3.1 Εξασθένηση ακτινοβολίας λόγω απόστασης	33
3.2 Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο	34
3.3 Φαινόμενο Compton	35
3.4 Δίδυμη γένεση	38
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	39
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΡΗ ΑΚΤΙΝΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ

Στόχοι	43
4.1 Περιγραφή χώρων εργαστηρίου	43
4.2 Απαιτήσεις χώρων	45
4.3 Μέρη ενός ακτινοδιαγνωστικού συγκροτήματος	46
4.4 Τράπεζα χειρισμού	49
4.5 Φορητό ακτινογραφικό ή ακτινοσκοπικό μηχάνημα	51
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	54
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΗ ΛΥΧΝΙΑ

Στόχοι	57
5.1 Εισαγωγή	57
5.2 Κάθοδος	59
5.3 Άνοδος	62
5.4 Κέλυφος λυχνίας	68
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	70
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ - ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στόχοι	75
6.1 Εξασθένηση της ακτινοβολίας	75
6.2 Ακτινολογικά στοιχεία	77
6.3 Φίλτρα	79
6.4 Ρύθμιση ακτινοβολίας στην πράξη	80
6.5 Κιβώτιο διαφραγμάτων	83
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	86
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	87

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΘΕΣΗΣ

ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΚΕΔΑΖΟΜΕΝΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Στόχοι	89
7.1 Η σκέδαση: σημαντική αιτία περιορισμού της αντίθεσης	89
7.2 Ο μηχανισμός του φαινομένου Compton	90
7.2.1 Η σκέδαση Compton στο σώμα του αρρώστου	91
7.3 Το αντισκεδαστικό διάφραγμα	92
7.3.1 Θέση του αντισκεδαστικού διαφράγματος	93
7.3.2 Η αντισκεδαστική δράση του διαφράγματος	94
7.3.3 Ιστορική εξέλιξη του αντισκεδαστικού διαφράγματος	95
7.3.4 Μειονεκτήματα από τη χρήση του αντισκεδαστικού διαφράγματος	95
7.3.5 Λόγος αντισκεδαστικού διαφράγματος	96
7.3.6 Η χρησιμότητα του λόγου για τον επαναπροσδιορισμό των mAs	98
7.3.7 Συγκλίνον διάφραγμα:	98
7.4 Η Τεχνική προβολικού κενού	99
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ / ΠΕΡΙΛΗΨΗ	101
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	102

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΩΟ

ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΙΚΟΝΑΣ

(ΚΑΣΕΤΕΣ - ΕΝΙΣΧΥΤΙΚΕΣ ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ - ΦΙΛΜ)

Στόχοι:	103
8.1 Ακτινογραφική κασέτα:	104
8.2 Ενισχυτικές πινακίδες:	106
8.2.1 Αρχή λειτουργίας-Φυσικά χαρακτηριστικά	108
8.2.2 Δομή της ενισχυτικής πινακίδας	110
8.2.3 Κατηγορίες ενισχυτικών πινακίδων	112
8.3 Ακτινολογικό φιλμ	116
8.4 Ψηφιακή ακτινογραφία (Digital Radiography DR).	122
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	126
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	127

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

Ο ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΛΑΝΘΑΝΟΥΣΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

Στόχοι	131
9.1 Η καταγραφή της απεικόνισης από το φωτογραφικό γαλάκτωμα	131
9.2 Ο σχηματισμός της λανθάνουσας εικόνας.	131
9.3 Η θεωρία των Gurney-Mott.	133
ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	136
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	137

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

ΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΙΛΜ-ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΕΜΦΑΝΙΣΤΗΡΙΟ

-ΣΚΟΤΕΙΝΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ

Στόχοι	139
Εισαγωγή	139
10.1 Σκοτεινός Θάλαμος	140
10.2 Συσκευές χημικής επεξεργασίας του φιλμ.	142
10.2.1 Χειροκίνητο εμφανιστήριο	142
10.2.2 Η κατασκευή και λειτουργία του μηχανικού εμφανιστηρίου	143
10.2.3 Η τροφοδοσία του μηχανήματος με φιλμ	143

10.2.4	Η προώθηση του φιλμ μέσα στους κάδους χημικής επεξεργασίας με το σύστημα των κυλίνδρων προώθησης	144
10.2.5	Ο έλεγχος της σταθερής θερμοκρασίας στον κάδο της εμφάνισης	145
10.2.6	Το σύστημα αναζωογόνησης των χημικών	145
10.2.7	Το σύστημα ξήρανσης και απαγωγής των αναθυμιάσεων	146
10.3	Χημικά διαλύματα επεξεργασίας του φιλμ	146
10.3.1	Το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας του φιλμ: εμφάνιση της εικόνας	146
10.3.2	Συστατικά στοιχεία εμφανιστή για μηχανικό εμφανιστήριο	147
10.3.3	Βιομηχανική μορφή του εμφανιστή - η διάλυσή του.	148
10.3.4	Το δεύτερο στάδιο επεξεργασίας του φιλμ: στερέωση της εικόνας	150
10.3.5	Βιομηχανική μορφή στερεωτή - διάλυση.	151
10.3.6	Τελική πλύση - στέγνωμα του φιλμ	152
10.4	Κίνδυνοι κατά τη διάλυση των χημικών	152
	ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ	153
	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	154

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

	Στόχοι	155
11.1	Η παραγωγή ποιοτικά άρτιας ακτινογραφίας	155
11.2	Το kVp	156
11.3	Το γινόμενο mA επί second	157
11.4	Η απόσταση λυχνίας X - φιλμ.	158
11.5	Οι παράγοντες ακτινογραφικής έκθεσης και η επίδρασή τους στην ποιότητα της ακτινογραφίας. Τεχνικές έκθεσης	159
11.6	Παράγοντες της φωτογραφικής ποιότητας της απεικόνισης	159
11.6.1	Η οπτική πυκνότητα	159
11.6.2	Η αντίθεση	161

11.6.3 Ο περιορισμός της ασάφειας ή η αύξηση της απεικονιστικής οξύτητας	164
11.6.4 Παραμόρφωση	165
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	167
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΩΔΕΚΑΤΟ	
ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΟΙ ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΒΟΛΕΣ	
Στόχοι	169
12.1 Οδηγά ανατομικά σημεία	169
12.2 Βασικά επίπεδα	170
12.3 Θέσεις εξεταζόμενου	170
12.4 Ακτινολογικές προβολές	172
12.5 Κλίση ακτινολογικής λυχνίας.	177
12.6 Βήματα που ακολουθούνται κατά τον προβολικό έλεγχο	177
12.7 Αξιολόγηση ακτινογραφικής εικόνας	180
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	185
 ΠΗΓΕΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΩΝ	187
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	189

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό γράφτηκε για τους μαθητές που φοιτούν στην ειδικότητα Βοηθών Ακτινολογικών Εργαστηρίων του τομέα Υγείας και Πρόνοιας των Τ.Ε.Ε.

Οι συγγραφείς προσπάθησαν να παρουσιάσουν την προβλεπόμενη ύλη από το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, με τρόπο απλό που να ταιριάζει στο επίπεδο σπουδών των μαθητών. Έτσι τα φαινόμενα περιγράφονται στην απλή τους μορφή, χωρίς εξηγήσεις και αποδείξεις με μαθηματικό τρόπο, ο οποίος ξεφεύγει άλλωστε και από το γνωστικό ενδιαφέρον της ειδικότητας.

Η παραγωγή της ακτινοβολίας Χ για ιατρικούς σκοπούς είναι πράξη πολύ υπεύθυνη, η οποία πρέπει να εκτελείται μόνο ύστερα από συστηματικές σπουδές και γνώση. Η γνώση που παρέχεται στο επίπεδο σπουδών Τ.Ε.Ε. είναι εισαγωγική, θέτει τις βάσεις για τη συνέχιση των σπουδών σε μεταλυκειακό επίπεδο και σκοπό έχει να εφοδιάσει τους μαθητές με τα απαραίτητα στοιχεία ώστε να προσφέρουν πλήρως τις υπηρεσίες τους στον τομέα της υγείας.

Το βιβλίο αποτελείται από δώδεκα κεφάλαια. Στα κεφάλαια 1 έως 3 παρουσιάζονται η δομή του ατόμου, τα φαινόμενα της διέγερσης και του ιονισμού, η παραγωγή των ακτίνων Χ από μια ακτινολογική λυχνία και οι ιδιότητές τους. Επίσης αναλύονται τα φαινόμενα αλληλεπίδρασης των ακτίνων Χ με την ύλη και οι τρόποι απορρόφησης της ακτινοβολίας. Στα κεφάλαια 4 έως 6 παρουσιάζονται τα βασικά μέρη ενός ακτινοδιαγνωστικού συγκροτήματος, αναλύεται η δομή της ακτινολογικής λυχνίας και οι τρόποι ρύθμισης της ποιότητας και ποσότητας της ακτινοβολίας (ακτινολογικά στοιχεία). Στο 8ο κεφάλαιο αναλύονται τα βοηθητικά μέσα σχηματισμού της ακτινολογικής εικόνας –κασέτες - ενισχυτικές πινακίδες - φιλμ– ενώ στο 12ο κεφάλαιο αναφέρονται οι ακτινολογικοί όροι και οι προβολές που χρησιμοποιούνται στις ακτινολογικές εξετάσεις.

Το 7ο κεφάλαιο αναφέρεται στις τεχνικές και συσκευές βελτίωσης της αντίθεσης της ακτινογραφίας από τη σκεδάζομενη ακτινοβολία, το 9ο καταπιάνεται με το σχηματισμό της λανθάνουσας εικόνας, το 10ο με τη χημική επεξεργασία του φιλμ –μηχανικό εμφανιστήριο– σκοτεινό θάλαμο και το 11ο με την ποιό-

τητα της ακτινογραφίας. Τα κείμενα συνοδεύονται από εικόνες και σχήματα που σκοπό έχουν να συμβάλουν στην καλύτερη κατανόηση των κεφαλαίων. Οι ερωτήσεις που υπάρχουν στο τέλος κάθε κεφαλαίου δίνουν την ευκαιρία ελέγχου της κατανόησης της ύλης.

Η ειδικότητα Βοηθών Ακτινολογικών Εργαστηρίων έχει μέλλον στα επαγγέλματα υγείας, αφού:

- ☐ Η υγεία είναι πρώτη ανάγκη
- ☐ Υπάρχει μεγάλη ανάπτυξη στο εργαστηριακό μέρος της ιατρικής
- ☐ Η είσοδος της σύγχρονης τεχνολογίας στην Ακτινολογία έχει συμβάλει στην εισαγωγή νέων απεικονιστικών μεθόδων, όπως για παράδειγμα ο αξονικός τομογράφος, ο μαγνητικός τομογράφος κ.ά.
- ☐ Συμβάλλει στο σημαντικό τομέα της πρόληψης.

Τα σύγχρονα επαγγέλματα Υγείας εξάλλου είναι ένας τομέας που συνεχώς εξελίσσεται. Ταιριάζουν δε σε άτομα νέα, φιλόδοξα, με ευαισθησία και αγάπη για τον άνθρωπο. Επομένως με συνεχή βελτίωση των γνώσεων και χρησιμοποιώντας περισσότερο το μυαλό από τα χέρια κατά την εξέταση, το αποτέλεσμα θα είναι να ανταπεξέλθετε με επιτυχία στα καθήκοντά σας.

Επιθυμούμε να ευχαριστήσουμε τους κριτές: Μπατάκη Νικόλαο, Πετρόπουλο Δημήτριο και Σκαλιώτη Κυριάκο, για τις πολύτιμες παρατηρήσεις τους και υποδείξεις. Ιδιαίτέρως, ευχαριστούμε τον Κυριάκο Σκαλιώτη για την ευγενή παραχώρηση των εικόνων και τις συμβουλές του κατά τη συγγραφή των κειμένων.

ΟΙ ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ



Στόχοι

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:

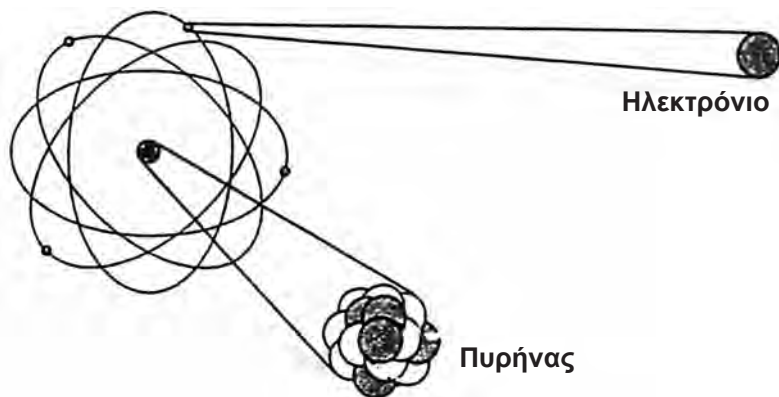
- Ύλη είναι οτιδήποτε καταλαμβάνει χώρο και έχει μορφή ή σχήμα.
- Μάζα είναι η ποσότητα της ύλης που περιέχεται σε ένα αντικείμενο.
- Ενέργεια είναι η ικανότητα παραγωγής έργου. Υπάρχουν διάφορες μορφές ενέργειας, όπως: δυναμική, κινητική, χημική, ηλεκτρική, θερμική, πυρηνική, ηλεκτρομαγνητική.

■ 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 πυκνότερο 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 = $9,1 \times 10^{-31}$ Kgr.) και ορισμένο αρνητικό φορτίο, το οποίο είναι και το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο ($1,6 \times 10^{-19}$ 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 άτομο, 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 .

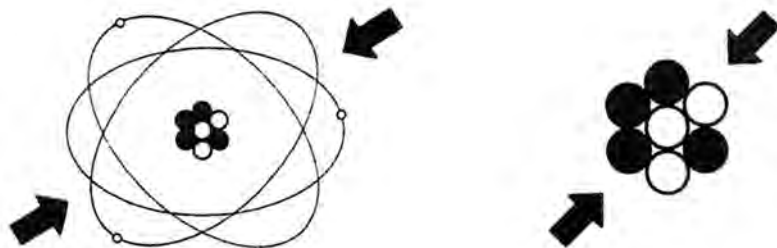
Τα άτομα που έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό, αλλά διαφορετικό μαζικό λέγονται **ισότοπα**. Τα ισότοπα άτομα, αφού έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό, ανήκουν στο ίδιο στοιχείο και έχουν τις ίδιες χημικές ιδιότητες. Μόνο οι φυσικές ιδιότητες είναι διαφορετικές (π.χ. πυκνότητα, σημείο τήξης κ.ά.).

Ισότονα ή ισοβαρή 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 ελκτικές 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:

- ✓ **Πρώτη συνθήκη του Bohr:** Τα ηλεκτρόνια ενός ατόμου δεν μπορούν να περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα σε οποιοσδήποτε τροχίες, 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.

✓ **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 $E = mc^2 = h\nu$.

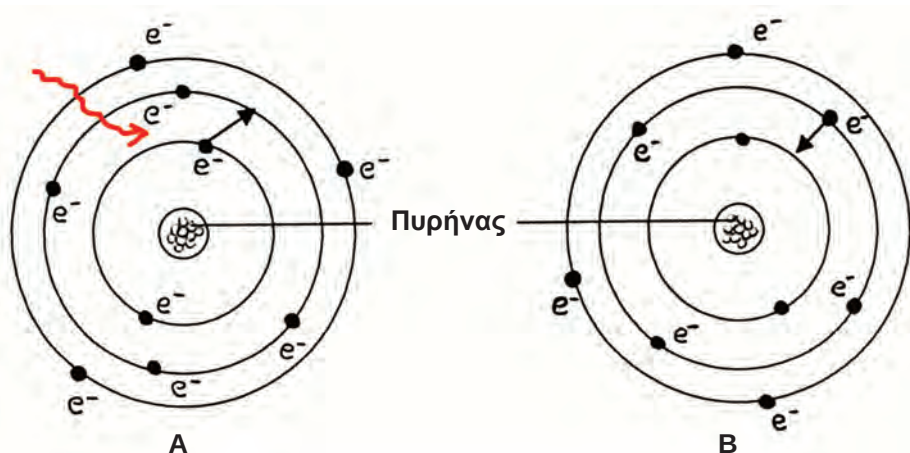
■ 1.4 Διέγερση - Ιονισμός

Όταν στο άτομο προσπέσει 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. Α).

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. Β).

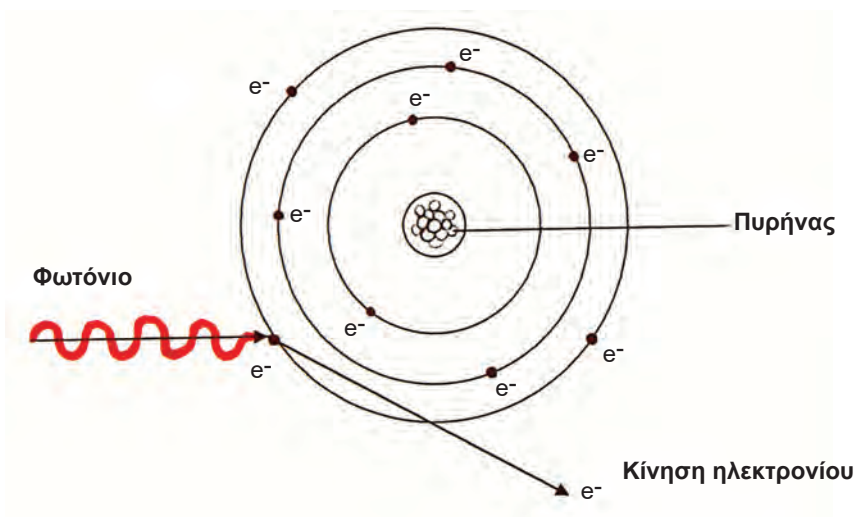
Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται κατά την αποδιέγερση του ατόμου έχει ενέργεια ίση με τη διαφορά των ενεργειακών σταθμών των στοιβάδων μεταξύ των οποίων μετακινήθηκε το ηλεκτρόνιο.



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 περιγράφεται 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 του**². **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.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



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:
 - α. Πλήρης απομάκρυνση του ηλεκτρονίου μιας στοιβάδας του ατόμου.
 - β. Μεταπήδηση ηλεκτρονίου από στοιβάδα χαμηλότερης ενέργειας σε στοιβάδα υψηλότερης ενέργειας.
 - γ. Όταν το άτομο είναι ηλεκτρικά ουδέτερο.
 - δ. Τίποτα από τα παραπάνω.
 6. Ατομικός αριθμός ενός στοιχείου είναι:
 - α. Το σύνολο των πρωτονίων και νετρονίων
 - β. Το σύνολο των πρωτονίων
 - γ. Το σύνολο των νετρονίων.
 7. Τα ηλεκτρόνια είναι σωματίδια:
 - α. Με θετικό φορτίο
 - β. Με αρνητικό φορτίο
 - γ. Ουδέτερο.



Στόχοι

Με την ολοκλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου αυτού θα πρέπει:

- να γνωρίζεις πότε και από ποιον ανακαλύφθηκαν οι ακτίνες Χ
- να περιγράψεις και να γνωρίζεις τα τμήματα μιας ακτινολογικής λυχνίας
- να γνωρίζεις την παραγωγή ακτίνων Χ
- να γνωρίζεις τι είναι η «εκ πεδήσεως» ακτινοβολία Röntgen
- να αναφέρεις τις ιδιότητες των ακτίνων Χ 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, πειραματιζόταν –όπως και αρκετοί άλλοι φυσικοί της εποχής του– πάνω στις καθοδικές ακτίνες³. Για αρκετές εβδομάδες έμενε απομονωμένος στο εργαστήριό του, προσηλωμένος 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 πρόδρομη 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 χοντρό βιβλίο 1000 σχεδίων. Η μελάνη της εκτύπωσης δεν είχε καμία αξιοσημείωτη επίδραση».



Εικόνα 2.1 Ο Dr W. Röntgen.

Τελειώνοντας συμπεραίνει: «...η διαφάνεια των διαφόρων υποθεμάτων με την προϋπόθεση του ιδίου πάχους εξαρτάται πρωταρχικά από την πυκνότητά τους.»

Ο Röntgen ονόμασε τις ακτίνες που ανακάλυψε «**ακτίνες X**» δηλ. ακτίνες αγνώστου φύσεως. Η ονομασία αυτή έμεινε, παράλληλα με τον όρο ακτίνες Röntgen, 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.

Τα οστά του χεριού π.χ. σταματούσαν τις ακτίνες, οι οποίες απεναντίας δι-απερνούσαν άριστα το μαλακό ιστό που βρισκόταν γύρω από τα οστά. Χαρακτηριστική είναι η εικόνα της πρώτης ακτινογραφίας άκρας 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 ακτινολογικών μηχαν-

νημάτων και με τη συμμετοχή της ψηφιακής τεχνολογίας, η έρευνα στο εσωτερικό του ανθρώπινου 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.λπ. για να διαπιστωθούν τυχόν ρήγματα. Οι ακτίνες Χ χρησιμοποιούνται με επιτυχία για την αναγνώριση της αυθεντικότητας και τον προσδιορισμό του χρόνου εκτέλεσης έργων τέχνης.



Εικόνα 2.2 Η πρώτη ακτινογραφία, το χέρι της κυρίας Röntgen.

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.

■ 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 αερόκενοι 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:

- έναν αερόκενο σωλήνα, από πυρίμαχο γυαλί συνήθως.
- την κάθοδο, ένα ηλεκτρόδιο ειδικής κατασκευής που φέρει συνήθως δύο νήματα βολφραμίου και μια κοιλότητα εστίασης. Με θέρμανση του νήματος παράγονται ηλεκτρόνια (θερμική εκπομπή).
- την άνοδο, ένα δίσκο από βολφράμιο 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.

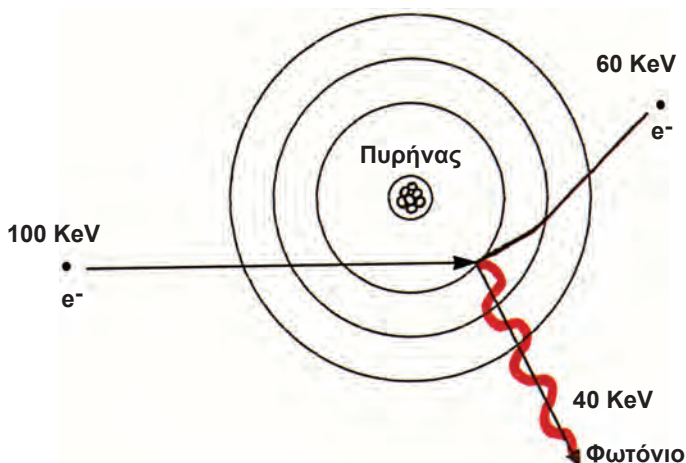
Ο δίσκος της ανόδου περιφερικά, στην περιοχή παραγωγής των ακτίνων Χ, παρουσιάζει μικρή κλίση προς τα πίσω. Στις σύγχρονες λυχνίες ο δίσκος αποτελείται μόνο από ένα επιφανειακό στρώμα βολφραμίου, στηριγμένο πάνω σε μολυβδαίνιο, ενώ μπορεί να υπάρχει και τρίτο στρώμα από γραφίτη.

■ 2.3 Παραγωγή ακτίνων Χ

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



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 **ακτινοβολία από πέδηση**, ως αποτέλεσμα του απότομου σταματήματος των ηλεκτρονίων. Τα φωτόνια⁴ 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 στον 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 Χ

Μερικές από τις ιδιότητες των ακτίνων Χ που έχουν σπουδαιότητα για την Ακτινοδιαγνωστική, εν μέρει 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 7η και 8η 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 Χ 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 Χ 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).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Οι ακτίνες Χ ανακαλύφθηκαν από το Γερμανό φυσικό W. Röntgen, 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 αερό-κενος 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 Coolidge, περιστρεφόμενης ανόδου.
3. Περιγράψτε το φαινόμενο παραγωγής ακτίνων Χ.
4. Τι είναι η «εκ πεδήσεως» ακτινοβολία Röntgen;
5. Ποιες ιδιότητες των ακτίνων Χ εκμεταλλευόμαστε στην ακτινοπροστασία;
6. Γιατί ο μόλυβδος χρησιμοποιείται ως ακτινοπροστατευτικό υλικό;
7. Ποιες ιδιότητες των ακτίνων Χ 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 Χ 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 Χ.
- β.** Το μεγαλύτερο μέρος σε θερμότητα.
- γ.** Το μεγαλύτερο μέρος σε ακτίνες Χ.
- δ.** Το μικρότερο μέρος σε ακτίνες Χ.
- ε.** Το μικρότερο μέρος σε θερμότητα.
- στ.** Το β και το δ.
- ζ.** Το γ και το ε.



Στόχοι

Με την ολοκλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου αυτού θα πρέπει:

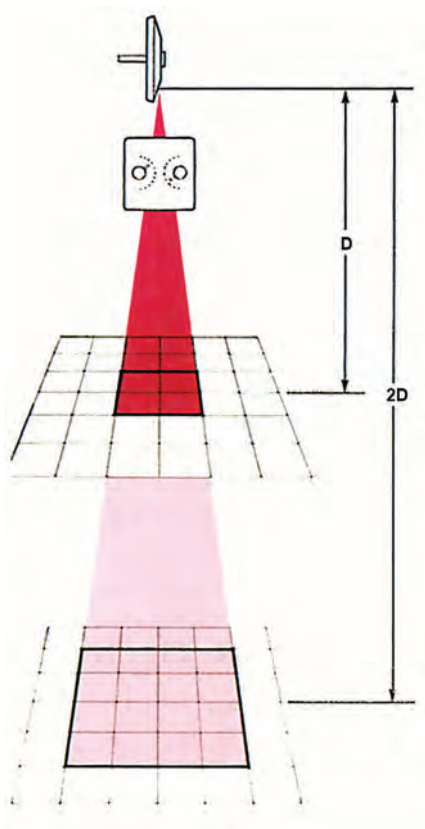
- να γνωρίζεις τους τρόπους και τα φαινόμενα που γίνεται η απορρόφηση ακτινοβολίας στην κλασική ακτινολογία
- να αναφέρεις τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η απορρόφηση της ακτινοβολίας
- να γνωρίζεις το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο
- να γνωρίζεις το φαινόμενο COMPTON
- να γνωρίζεις το φαινόμενο 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 εν μέρει 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 δίοδό 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 Χ που αναφέρθηκαν, είναι και η διεισδυτικότητα στην ύλη. Όταν μία δέσμη ακτίνων Χ 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

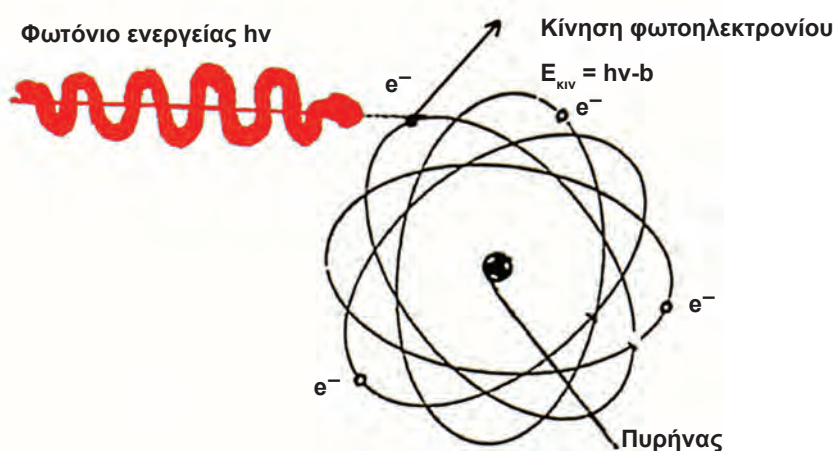
Είναι το φαινόμενο κατά το οποίο αλληλεπιδρούν ένα φωτόνιο με το ηλεκτρόνιο ενός ατόμου και κατά την αλληλοεπίδραση το φωτόνιο δίνει όλη

⁶ Εστιακή απόσταση είναι η απόσταση λυχνίας - φιλμ.

του την ενέργεια 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.

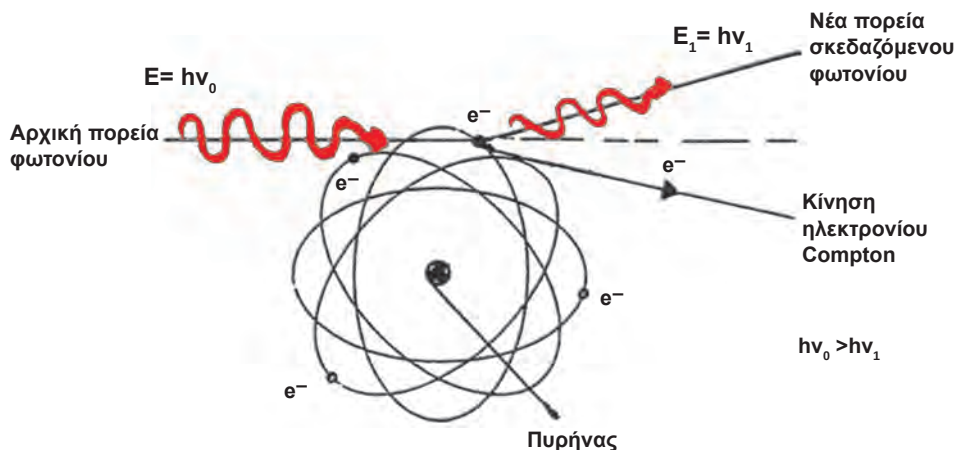


Σχήμα 3.2 Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. $E = h\nu - b$ όπου E = η μέγιστη κινητική ενέργεια του φωτοηλεκτρονίου, $h\nu$ = η ενέργεια του φωτονίου και b = έργο εξαγωγής του ηλεκτρονίου.

■ 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**.

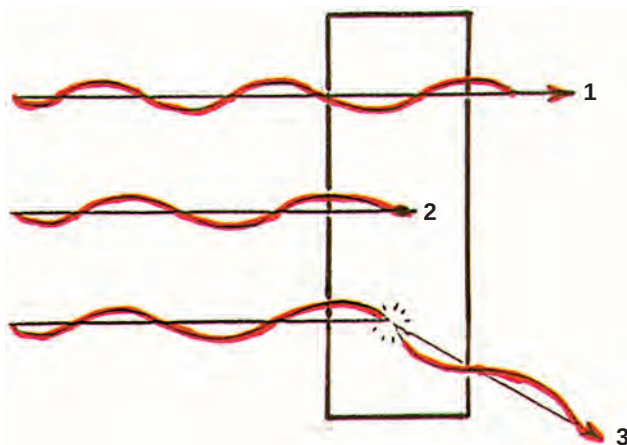
Κατά την αλληλεπίδραση με φωτόνια υψηλής ενέργειας, προσδίδεται το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειάς τους στα ηλεκτρόνια Compton, ενώ, κατά την αλληλεπίδραση με φωτόνια χαμηλής ενέργειας, το μεγαλύτερο ποσό της ενέργειας δίνεται στο σκεδαζόμενο φωτόνιο.

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. Έτσι το φωτόνιο εξαφανίζεται. 3. Η απορρόφηση της ενέργειας του φωτονίου είναι μερική. Το φωτόνιο στην περίπτωση αυτή εξέρχεται με το υπόλοιπο της ενέργειάς 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 Χ 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 (εξαϋλωση).

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

⁷

Η ενέργεια ξεπερνά τα 1,02 εκατομμύρια volts.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Η ακτινοβολία 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 η 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 προσπίπτοντος 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 εξηγήστε τις πρακτικές του εφαρμογές.
2. Με βάση τις ενέργειες που χρησιμοποιούνται στην Ακτινοδιαγνωστική, με ποια 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:
 - α. Αυξάνει.
 - β. 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;
 - α. Έχει μεγαλύτερη ενέργεια από την πρωτογενή
 - β. 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:
 - α. 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 συσχέτιση 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.



Στόχοι

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 περιγράφεις 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 λόγω 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:

- **Τον 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 πληροί 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 ακτινοβολήσης.

Ασφάλεια κατά τη λειτουργία

Κατά τη λειτουργία των λυχνιών παραγωγής ακτίνων Χ 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 Χ. 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. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή

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 Χ περιλαμβάνει:

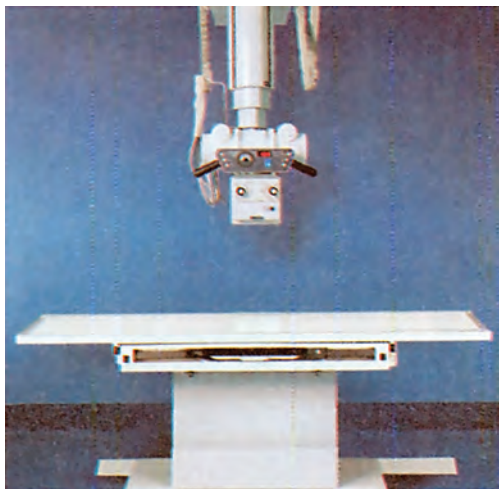
- Το μετασχηματιστή υψηλής τάσης για την ανύψωση και την ανορθωτική διάταξη για την ανόρθωση της τάσης έτσι, ώστε να παρέχεται η απαραίτητη υψηλή τάση για τη λειτουργία της λυχνίας ακτίνων Χ.
- Το μετασχηματιστή του νήματος, ο οποίος είναι ένας μετασχηματιστής υποβιβασμού τάσης και παρέχει το ρεύμα για τη θέρμανση του νήματος της λυχνίας.
Το πρωτεύον τροφοδοτείται με ρεύμα από το δίκτυο ενώ εξ επαγωγής 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 Χ 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.

των ακτίνων Χ. 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 φιλμ 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 φιλμ 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 διάρκειάς της, δηλαδή ποια χρονική στιγμή θα γίνει η παραγωγή της ακτινοβολίας και πόσο χρόνο θα διαρκέσει η ακτινοβολήση. 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.

✓ **Διακόπτες επιλογής θέσης εργασίας:** Ανάλογα με τη θέση εργασίας που επιλέγεται –ορθοστάτης, οριζόντια τράπεζα, κρανιογράφος, τομογράφος κ.λπ.– υπάρχουν και οι αντίστοιχοι διακόπτες.

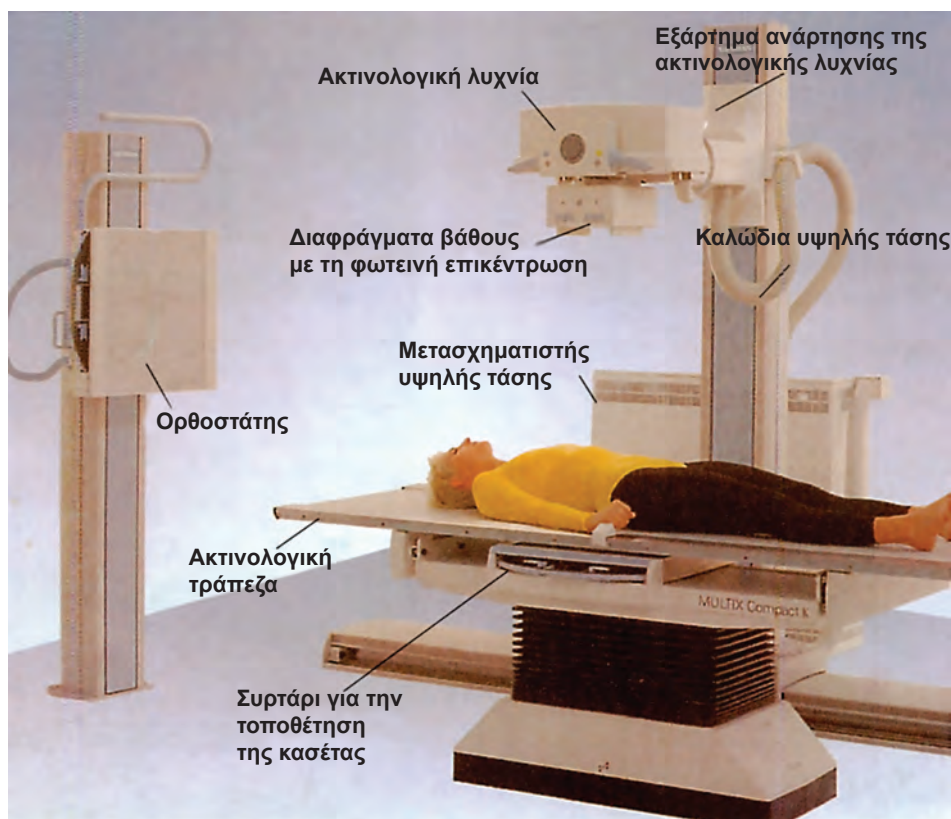
✓ **Διακόπτες στοιχείων λήψης:** Είναι διακόπτες για την επιλογή των ακτινολογικών στοιχείων – kV , mA , sec – που χρειάζονται για την εκτέλεση της ακτινογραφίας ή της ακτινοσκοπικής εξέτασης (ξεχωρίζουν αυτοί της ακτινολογικής εξέτασης από τους διακόπτες της ακτινοσκοπικής). Σε μερικές τράπεζες χειρισμού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

θεση 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.

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.

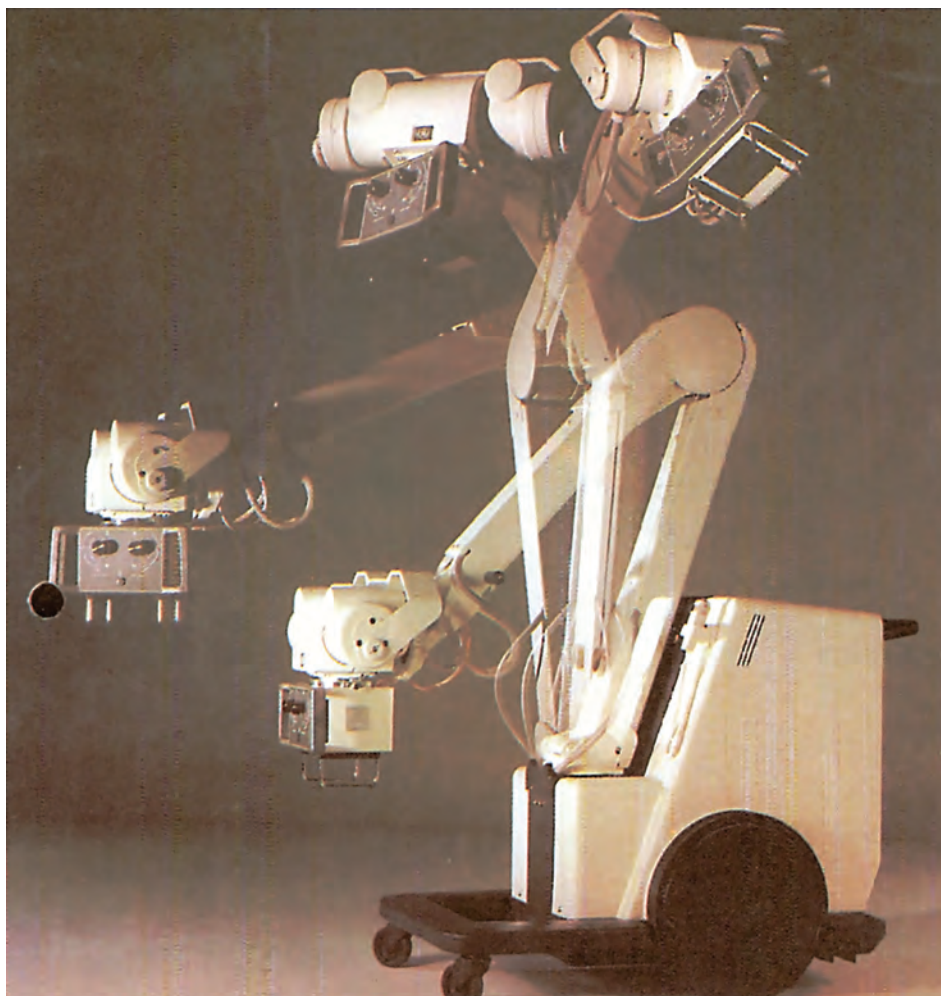


Εικ. 4.4 Ακτινοδιαγνωστικός θάλαμος.

■ 4.5 Φορητό ακτινογραφικό ή ακτινοσκοπικό μηχάνημα

1. Φορητό ακτινογραφικό μηχάνημα

Χρησιμοποιείται για την ακτινογράφιση 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 άρρωστο 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 βεβαιότητας ότι:

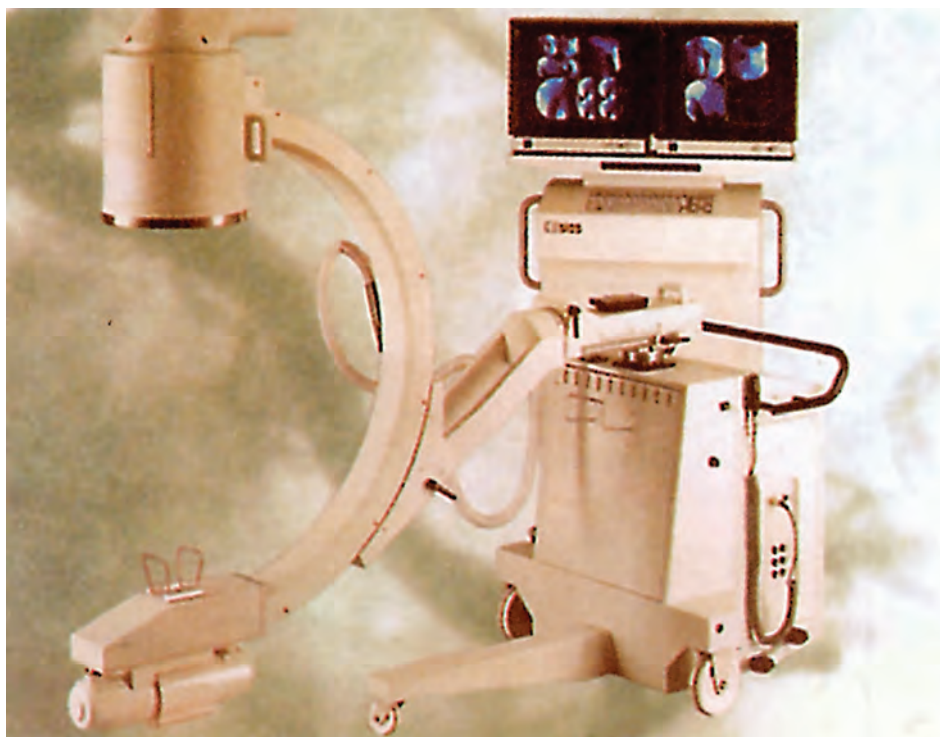
Όταν γίνεται σωστή χρήση του όρου «Ακτινογραφία επί κλίνης» και όχι κα-

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, ορθοπαιδικής, χειρουργικής και ουρολογίας, προσφέροντάς τους οπτική εικόνα που κρίνεται απαραίτητη σε συγκεκριμένες χειρουργικές επεμβάσεις όπως είναι λόγου χάρι: η προσωρινή τοποθέτηση βηματοδότη, η διατροχαντήριος επέμβαση σε κάκωση του μηριαίου οστού, η διαδερμική μέθοδος αφαίρεσης λίθων νεφρού κ.λπ.

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



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

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



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 Χ, 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 αφορά 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 Χ.
- 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:
 - α. να είναι κατάλληλα θωρακισμένος
 - β. να βρίσκεται σε λειτουργική θέση
 - γ. να έχει άνετη οπτική και ακουστική επαφή με τον ακτινοδιαγνωστικό θάλαμο
 - δ. όλα τα παραπάνω
 - ε. τίποτα από τα παραπάνω.

(Συνέχεια)

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



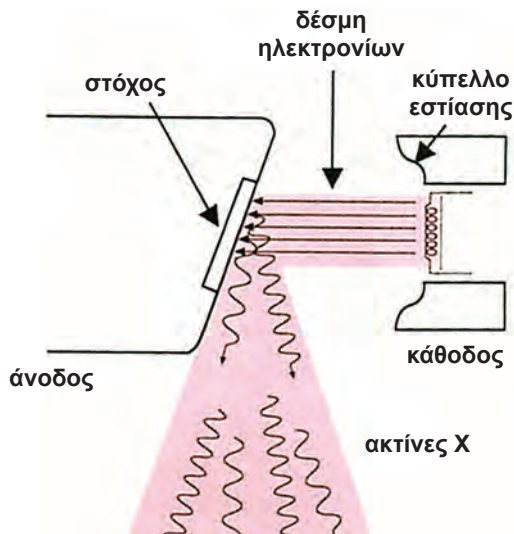
Στόχοι

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

- τη δομή της ακτινολογικής λυχνίας Coolidge, περιστρεφόμενης ανόδου
- τους παράγοντες που είναι απαραίτητοι για την παραγωγή ακτίνων Χ
- 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 Χ
- 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 Χ
- 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 Χ. 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 Χ 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 ταχύτητάς τους· η **άνοδος**.

Στην ακτινολογική λυχνία επιδρούν δύο κυκλώματα:

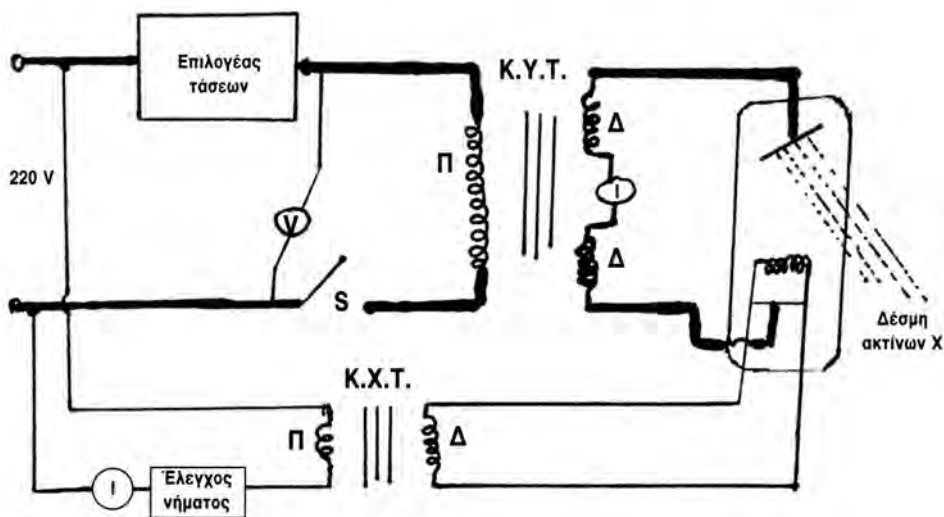
A. Το κύκλωμα θέρμανσης νήματος της καθόδου.

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 ακτινοβολήσης.



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

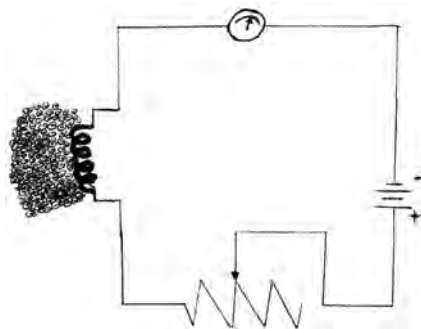
■ 5.2 Κάθοδος

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:

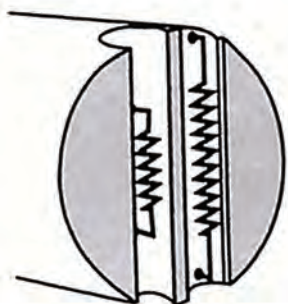


Σχήμα 5.3 Νέφος ηλεκτρονίων μετά από θέρμανση και πυράκτωση της καθόδου.

- 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 δέσμης ηλεκτρονίων μικρότερης διατομής.

μέγεθος εστιακού σημείου



	mA settings				
0,5 mm	50	100	200	300	400
1,2 mm	200	400	500	400	1000

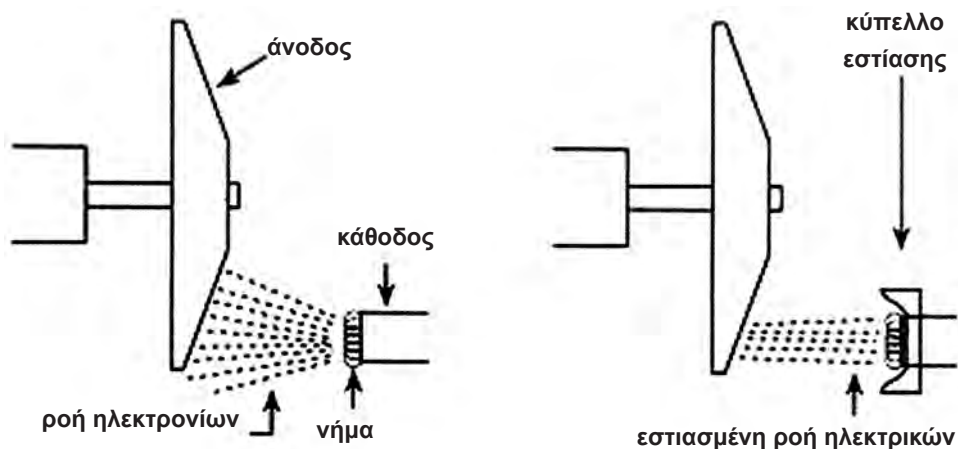
Σχήμα 5.4 Κάθοδος με δύο νήματα.

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 ακτινογράφιση μεγάλων ανατομικών δομών.



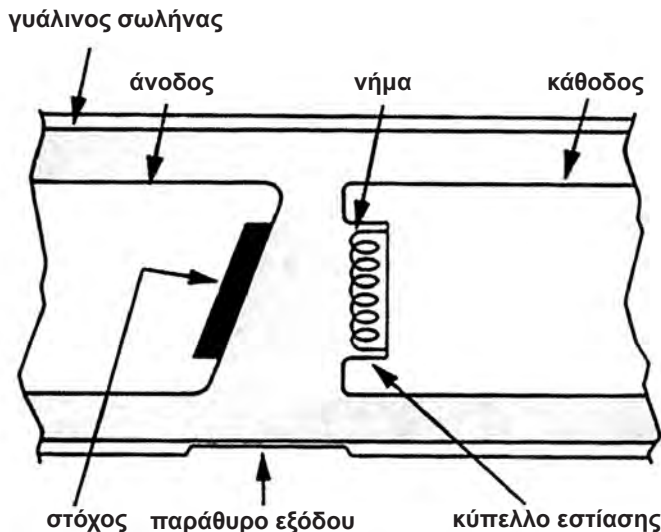
Σχήμα 5.5 Κύπελλο εστίασης.

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.



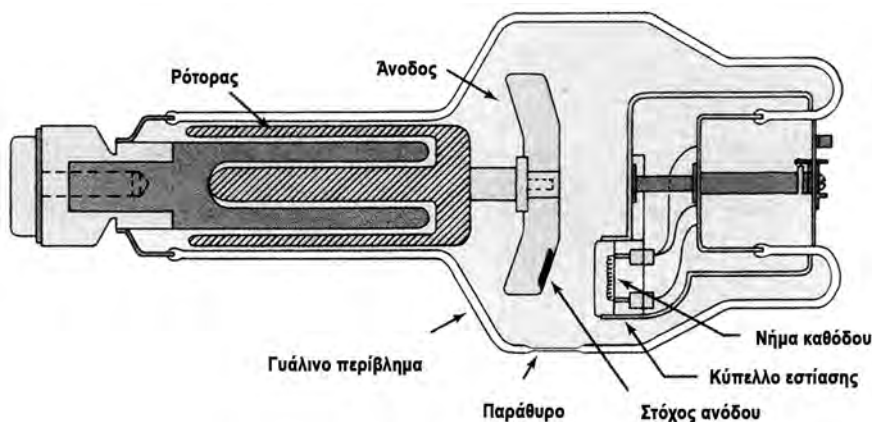
Σχήμα 5.7 Σχηματική παράσταση λυχνίας παραγωγής ακτίνων Χ με σταθερή άνοδο.

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 Χ 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 Χ. 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 θερμότητας. Συγχρόνως όλο το



Σχήμα 5.8 Σχηματική παράσταση λυχνίας με περιστρεφόμενη άνοδο

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 επιφάνειας 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.

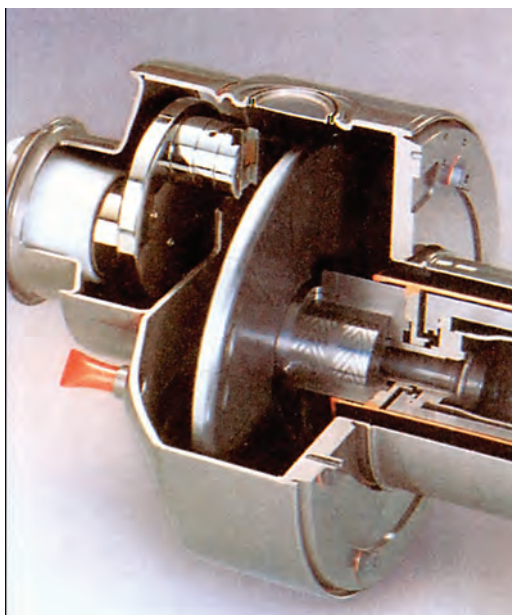
Βασικό μειονέκτημα της περιστρεφόμενης ανόδου είναι οι προκαλούμενοι κραδασμοί, εξαιτίας της μεγάλης ταχύτητας περιστροφής της, με κίνδυνο να σπάσει το γυάλινο περίβλημα της λυχνίας. Κίνδυνος υπάρχει και όταν η συχνότητα περιστροφής συμπίπτει με την ιδιοσυχνότητα του συστήματος, αφού προκαλείται συντονισμός. 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 βολφραμίου 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.

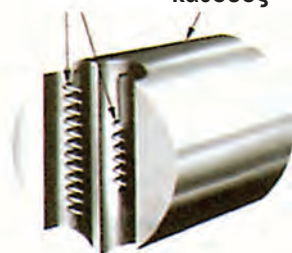
Τελευταία έχει κατασκευασθεί λυχνία, το γυάλινο περίβλημα της οποίας έχει αντικατασταθεί με μεταλλικό (Εικ. 5.1). Η αντικατάσταση αυτή συμβάλλει ακόμη περισσότερο στην απαγωγή της θερμότητας.



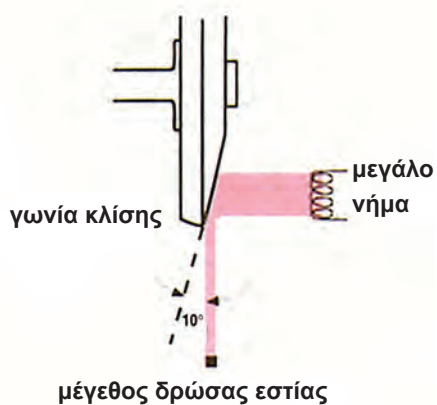
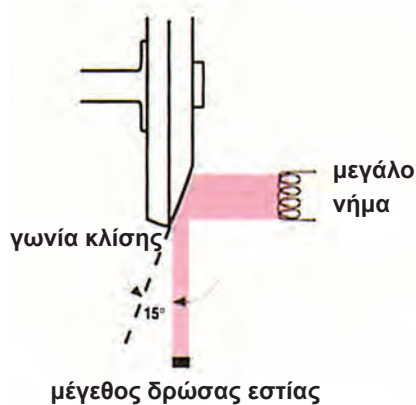
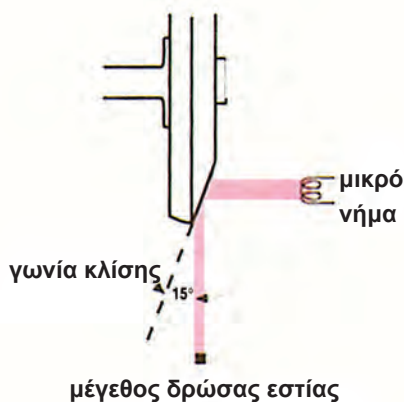
Εικόνα 5.1 Ακτινολογική λυχνία με μεταλλικό περίβλημα.

νήματα καθόδου

κάθοδος



κύπελλο εστίασης



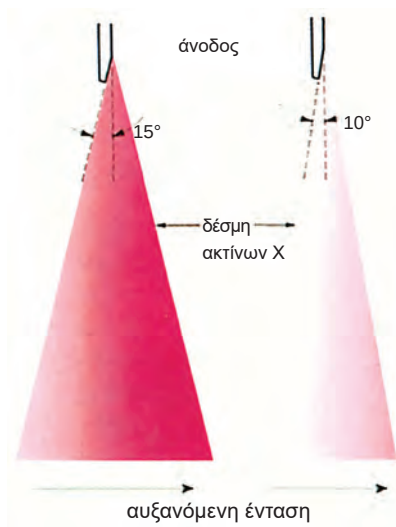
Εικόνα 5.2 Το μέγεθος του εστιακού σημείου και η κλίση της ανόδου καθορίζουν το μέγεθος της φαινόμενης εστίας. Όσο πιο μικρή είναι, τόσο πιο ικανοποιητική θα είναι και η λεπτομέρεια στην απεικόνιση.

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 (0,3mm, 0,6mm, 1,2mm) 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).

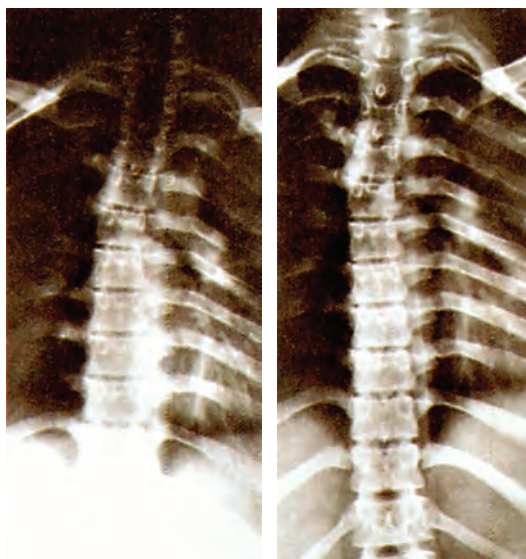
Στο σημείο αυτό, αξίζει να αναφερθεί και το **φαινόμενο πτέρνας**. Σύμφωνα με το φαινόμενο αυτό το τμήμα της δέσμης των ακτίνων Χ που βρίσκεται προς την πλευρά της ανόδου εξασθενεί, επειδή απορροφάται από την άνοδο. Αυτό συμβαίνει, γιατί η παραγωγή των ακτίνων Χ δε γίνεται στην επιφάνεια του στόχου,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



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

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:



χωρίς χρήση

με χρήση

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. Έτσι 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.ά. 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

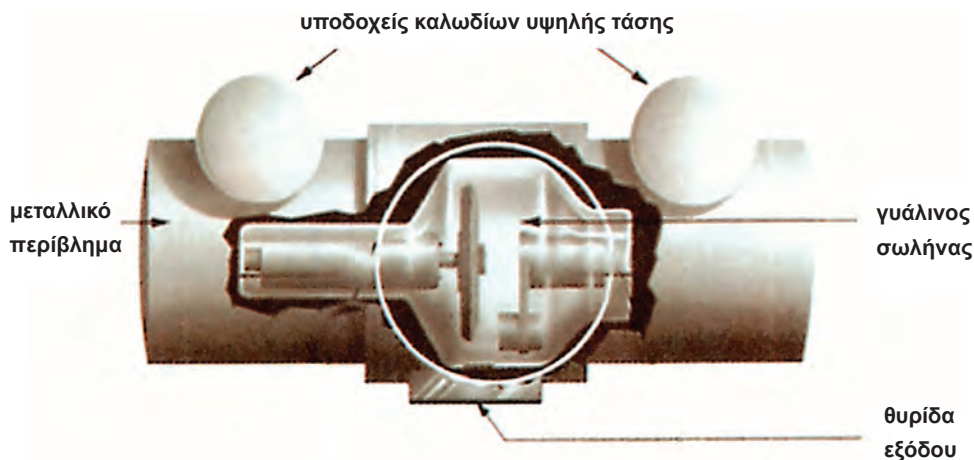
Η λυχνία παραγωγής ακτίνων Χ κατασκευάζεται από γυαλί επειδή:

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

Στο γυάλινο περίβλημα της λυχνίας υπάρχει μια μικρή περιοχή, περίπου 5 εκατ. μικρότερου πάχους από το υπόλοιπο περίβλημα, από το οποίο εξέρχονται οι ακτίνες Χ, 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 στη 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.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Το 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 βολφράμιο. 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 να προσπέσουν σε μια μικρή, όσο γίνεται, επιφάνεια της ανόδου (κύπελλο εστίασης).
- Μία επιφάνεια πρόσκρουσης των ηλεκτρονίων και ανακοπής της ταχύτητάς 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 Χ. 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 Χ;
2. Περιγράψτε την ακτινολογική λυχνία Coolidge, 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 Χ;
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 Χ;
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:
- α. χαμηλής διακριτικής ικανότητας
 - β. υψηλής διακριτικής ικανότητας
 - γ. υψηλής αντίθεσης
 - δ. χαμηλής αντίθεσης.
25. Μέσα στο γυάλινο σωλήνα ακτινολογικής λυχνίας υπάρχει:
- α. αέρας με υψηλή πίεση
 - β. αέρας με χαμηλή πίεση
 - γ. κενό αέρα.
26. Το σημείο πρόσκρουσης των ηλεκτρονίων στην άνοδο ονομάζεται:
- α. δίσκος ανόδου
 - β. ρότορας
 - γ. εστιακό σημείο
 - δ. κύπελλο εστίασης.
27. Το μέγεθος του εστιακού σημείου πρέπει να είναι όσο το δυνατό:
- α. μεγαλύτερο, αφού αναπτύσσονται τεράστια ποσά θερμότητας
 - β. μικρότερο για να παρουσιάζεται ικανοποιητική λεπτομέρεια απεικόνισης
 - γ. μεγαλύτερο για να παράγει μεγάλη ποσότητα ακτίνων Χ.
28. Το κέλυφος της λυχνίας είναι από:
- α. γυαλί
 - β. χάλυβα ή αλουμίνιο με επένδυση μολύβδου
 - γ. χαλκό
 - δ. κράματα βολφραμίου - γραφίτη- μολυβδαίνιο.

ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ
ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στόχοι

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 ακτινοβολήσης
- 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 αντίστροφου του τετραγώνου της απόστασης¹².

Όταν η δέσμη της ακτινοβολίας X εισέλθει σε ένα σώμα που η σύστασή του

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



Εικόνα 6.1 Ακτινογραφία άκρας χειρός.

ποικίλλει, 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 περισσότερα 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 *υποεκτεθεί*, 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 τη 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 ακτινοβολήσης. 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 1 Ampere = 1 coulombe/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 ακτινοβολήσης 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 ό,τι 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 αξιολογη.

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

■ 6.3 Φίλτρα

Τα 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 Χ με σκοπό την αποκοπή (ελάττωση) των φωτονίων χαμηλής ενέργειας από το φάσμα των ακτίνων Χ. 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 mAs, τότε υπάρχουν διάφοροι συνδυασμοί mA X sec όπως: 100mA X 0,4 sec = 80 mAs ή 400mA X 0,2sec = 80 mAs. 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 στη δέσμη της ακτινοβολίας:

- Γίνεται πιο ομοιογενής
- Ελαττώνει την έντασή της, αφού απορροφά ορισμένα φωτόνια και αυξάνει τη διεισδυτική ικανότητά 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 Χ 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 Χ μέχρι την είσοδό της στο σώμα του εξεταζόμενου. Διακρίνεται σε εσωτερική και επιπρόσθετη διήθηση.

- Η εσωτερική αναφέρεται στη διήθηση των ακτίνων Χ 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 περιβλήματος 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.

Όσον 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. Όσον 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 mAs 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 φιλμ. 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 ποιοτική 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 ακτινογράφιση, 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.

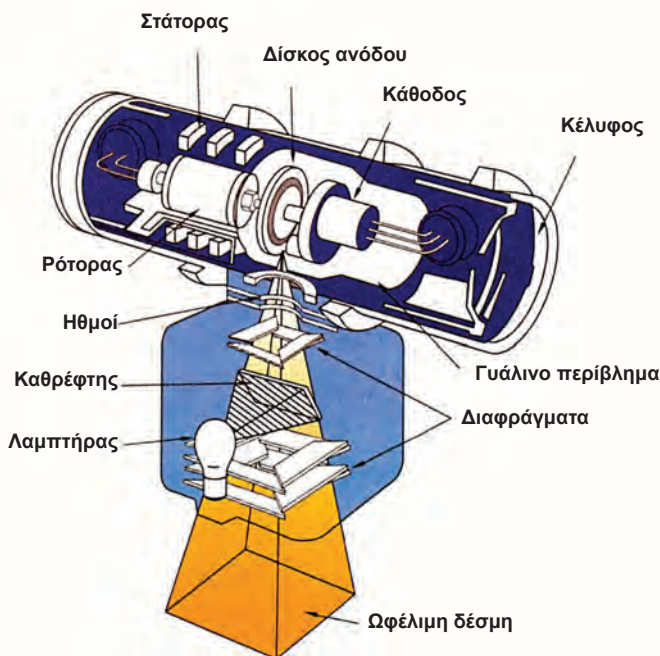
Γενικά πάντως πρέπει να επιλέγονται οι καλύτερες συνθήκες που επηρεάζουν τη διαγνωστική εικόνα και να υπολογίζεται και η ανάγκη ελαχιστοποίησης της έκθεσης στην ακτινοβολία.

■ 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 επιφάνειας 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 τη δέσμη ακτινοβολίας.

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

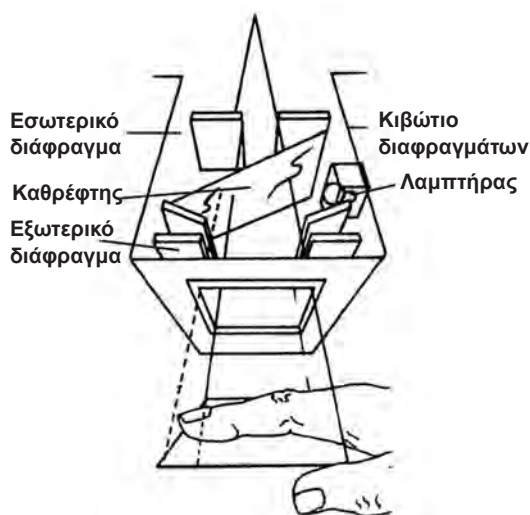
Έτσι τώρα ανάβοντας το φως καθορίζεται η επιφάνεια που θα φωτισθεί, η οποία αντιστοιχεί σ' αυτήν που θα ακτινογραφηθεί.

Με τα διαφράγματα γίνεται εφικτή η ακτινοβολήση 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-



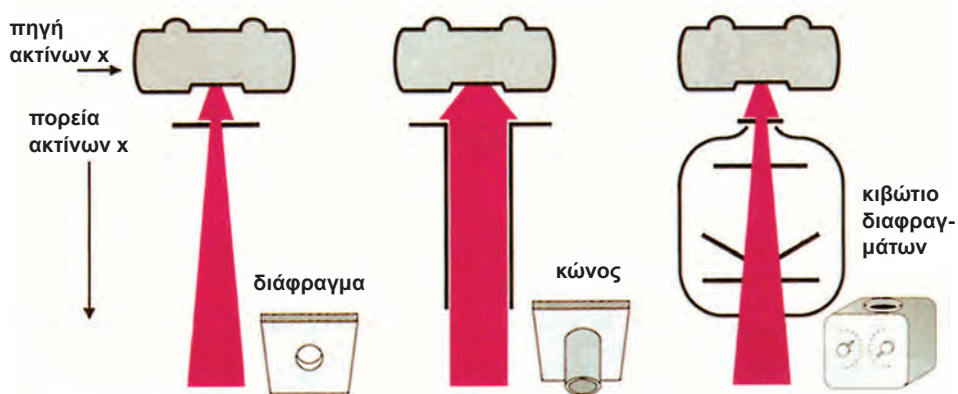
Σχήμα 6.2 Σχηματική παράσταση κιβωτίου διαφραγμάτων.

νατό μικρότερες διαστάσεις επιβάλλεται. Σύμφωνα με τους κανονισμούς ακτινοπροστασίας, το πεδίο ακτινοβολήσης 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-

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.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Η ένταση 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 Χ εισέλθει σ' ένα σώμα που η σύστασή του ποικίλλει, η ένταση της δέσμης που θα εξέλθει από το σώμα εξασθενεί ανομοιογενώς.

Για να καταγραφεί στο φιλμ ικανοποιητική εικόνα, θα πρέπει η διαφορετική εξασθένηση της δέσμης από τα οστά και τα μαλακά μέρη 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 Χ.

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 τη διαγνωστική αξία της εικόνας.**

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι εννοούμε με τον όρο kV και τι με τον όρο mAs;
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 ακτινοβολήσης: αν γίνει λήψη δύο ακτινογραφιών, στις οποίες θα κρατηθούν σταθερές οι παράμετροι και θα μεταβληθεί όμως ο χρόνος ακτινοβολήσης. 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;

■ Απαντήστε στις ερωτήσεις τοποθετώντας σε κύκλο τον αριθμό της σωστής απάντησης.

11. Ο παράγοντας που καθορίζει την ποσότητα της δέσμης ακτίνων Χ είναι:

 - 1) Τα kV
 - 2) τα mA
 - 3) ο χρόνος
 - 4) τα mAs.
12. Ο παράγοντας που καθορίζει την ποιότητα της δέσμης ακτίνων Χ 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 Χ 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.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΘΕΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΑΣ ΑΠΟ ΤΗ ΣΚΕΔΑΖΟΜΕΝΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ



Στόχοι

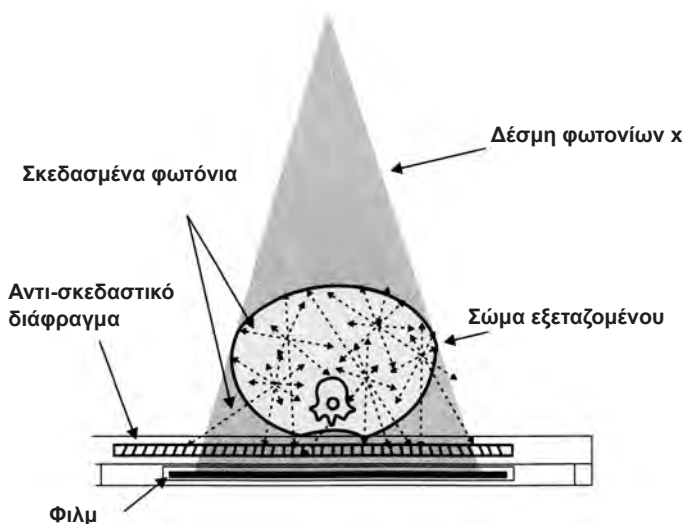
Με την ολοκλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου αυτού θα πρέπει:

- Να μπορείς να εξηγήσεις τι είναι σκέδαση, πώς παράγεται και σε τι επηρεάζει την ακτινογραφία.
- Να εξηγήσεις πώς είναι δυνατόν να ελέγξεις τη σκέδαση.
- Να περιγράψεις την κατασκευή του αντισκεδαστικού διαφράγματος.
- Να εξηγήσεις τι είναι λόγος αντισκεδαστικού διαφράγματος και σε τι χρησιμεύει στην καθημερινή πρακτική.
- Να περιγράψεις το συγκλίνον αντισκεδαστικό διάφραγμα.
- Να ονομάσεις τα προβλήματα που δημιουργεί η χρησιμοποίηση των αντισκεδαστικών διαφραγμάτων.
- Να εξηγήσεις τι είναι τεχνική προβολικού κενού και πού χρησιμεύει να εφαρμόζεται.
- Να συζητήσεις για άλλους τρόπους περιορισμού της σκέδασης.

■ 7.1 Η σκέδαση: σημαντική αιτία περιορισμού της αντίθεσης

Κατά την ακτινογράφηση, η δέσμη της ακτινοβολίας Χ από την ακτινολογική λυχνία κατευθύνεται με αποκλίνουσα φορά στο σώμα του εξεταζόμενου. Όταν όμως τα φωτόνια περάσουν μέσα από το σώμα του εξεταζόμενου, συμβαίνουν τα φαινόμενα που δείχνονται στο σχήμα 7.1.

Άλλα φωτόνια συνεχίζουν με την ίδια ευθύγραμμη πορεία και καταλήγουν στην κασέτα, άλλα απορροφώνται από το σώμα και δεν φθάνουν ποτέ στο φιλμ και σε άλλα εκτρέπεται η αρχική τους πορεία και χάνουν μέρος της ενέργειάς τους.



Σχήμα 7.1 Όταν η δέσμη των ακτίνων X διέρχεται μέσα από το σώμα, τότε πολλά φωτόνια της σκεδάζονται. Όσα από αυτά προσκρούουν στα διαφραγμάτια του αντισκεδαστικού διαφράγματος απορροφώνται και δε φθάνουν στο φιλμ. (Δ. Κατσιφαράκης, Αρχές Ακτινογραφικής Απεικόνισης).

Η εκτροπή της πορείας σε αρκετά από τα φωτόνια της δέσμης προκαλεί τυχαίο διασκορπισμό σημαντικού τμήματος αυτής προς διάφορες κατευθύνσεις.

Αυτό ονομάζεται **σκέδαση**. Το φαινόμενο αυτό της σκέδασης ερμήνευσε ο αμερικανός φυσικός Compton, και έτσι πήρε το όνομά του (σκέδαση ή φαινόμενο Compton).

Είναι σκόπιμο να δούμε αναλυτικότερα το φαινόμενο ή σκέδαση Compton για να καταλάβουμε τον τρόπο που επιδρά και περιορίζει την αντίθεση της ακτινογραφίας.

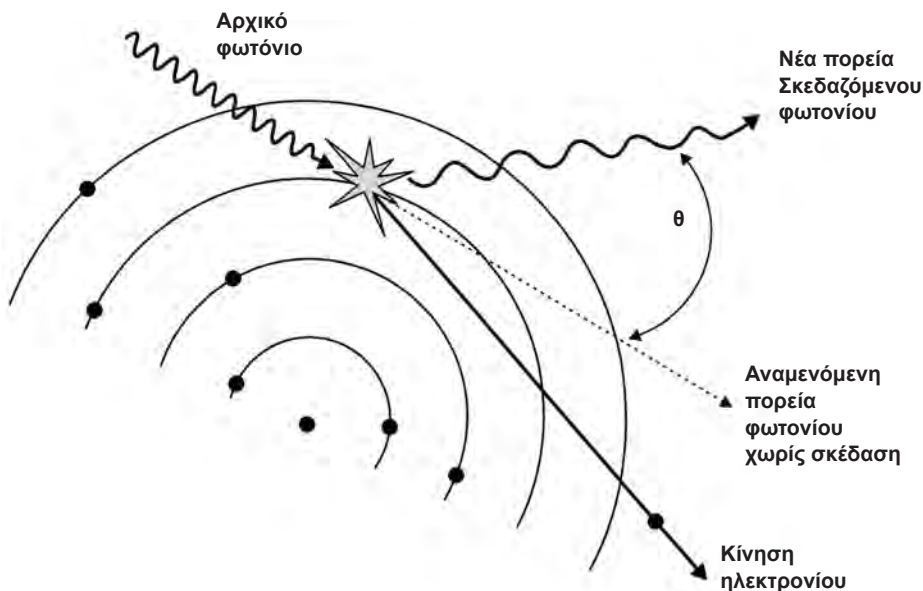
■ 7.2 Ο μηχανισμός του φαινομένου Compton

Στο σχήμα 7.2 το φωτόνιο συναντά στην πορεία του ένα ηλεκτρόνιο.

Από την πρόσκρουση του φωτονίου στο ηλεκτρόνιο, το ηλεκτρόνιο απορροφά ποσό ενέργειας που του επιτρέπει να απομακρυνθεί από τον πυρήνα. Δημιουργείται τότε ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο.

Το φωτόνιο μετά τη σύγκρουση δεν είναι πλέον το ίδιο. Είναι ένα νέο με λι-

γότερη ενέργεια. Ένα μέρος της αρχικής του ενέργειας απορροφήθηκε από το ηλεκτρόνιο που έφυγε από τη στοιβάδα του. Η πορεία της κίνησής του πια δεν είναι ευθεία αλλά έχει εκτραπεί.



Σχήμα 7.2 Σχηματική απεικόνιση της σκέδασης Compton. Το αρχικό φωτόνιο συναντά ηλεκτρόνιο εξώτερης στοιβάδας και αλληλεπιδρά μαζί του. Το ηλεκτρόνιο αποκτά ενέργεια και εγκαταλείπει τη στοιβάδα του απομακρυσμένου από την ελκτική επίδραση του πυρήνα του ατόμου. Το φωτόνιο χάνει μέρος της ενέργειάς του κατά την αλληλεπίδραση, και χάνει και την αρχική του πορεία. Μετά την αλληλεπίδραση προκύπτει ένα θετικά φορτισμένο ιόν, ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο, και ένα νέο, χαμηλότερης ενέργειας φωτόνιο, με διαφορετική πορεία από το αρχικό. (Δ. Κατσιφαράκης, Αρχές Ακτινογραφικής Απεικόνισης).

7.2.1. Η σκέδαση Compton στο σώμα του αρρώστου

Τα σκεδασμένα φωτόνια εξερχόμενα από το σώμα του αρρώστου θα προσβάλλουν το φιλμ σε τυχαίες θέσεις. Εκεί θα του αναπτύξουν πυκνότητα που όχι μόνον δεν είναι χρήσιμη, αλλά είναι και ανεπιθύμητη. Η ανεπιθύμητη αυτή πυκνότητα θα καλύψει σαν ένα ημιδιάφανο πέπλο την ακτινογραφία και θα υποβαθμίσει την **αντίθεση**.

Για να περιορίσουμε την ανεπιθύμητη πυκνότητα:

1. Φροντίζουμε για τον περιορισμό των διαφραγμάτων της λυχνίας στο απολύτως απαραίτητο για το ακτινογραφούμενο πεδίο

11. Για τη συμπίεση της ακτινογραφούμενης περιοχής του αρρώστου, αν είναι δυνατό, με εφαρμογή πιεστικής ζώνης (ελάττωση του πάχους του θέματος).

Ακόμα προσπαθούμε για την αποκοπή των σκεδασμένων φωτονίων ώστε αυτά να μη φθάσουν στο φιλμ. Αυτό το πετυχαίνουμε με τη χρησιμοποίηση ενός φίλτρου που ονομάζεται αντισκεδαστικό διάφραγμα.

Τέλος σε ορισμένες περιπτώσεις εκμεταλλευόμαστε την αποκλίνουσα φορά των σκεδασμένων φωτονίων, ώστε να μη φθάσουν πάνω στο φιλμ. Η αναχαίτιση αυτή επιτυγχάνεται με την τεχνική προβολικού κενού (air-gap technique).

Όλα αυτά θα τα δούμε στη συνέχεια.

Ωστόσο είναι χρήσιμο να απομνημονεύσετε τα ακόλουθα:

Η σκέδαση Compton περιορίζει την αντίθεση της ακτινογραφίας και για αυτό είναι ανεπιθύμητη.

Είναι το φαινόμενο που επικρατεί από τα 60 kVp και πάνω.

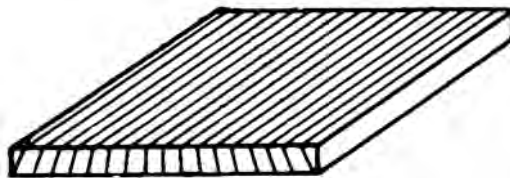
Πολλά kVp σημαίνουν έντονη παρουσία σκεδασμένων φωτονίων.

Είναι εντονότερη, όταν το πάχος της ακτινογραφούμενης περιοχής είναι μεγαλύτερο από 12 εκατοστά.

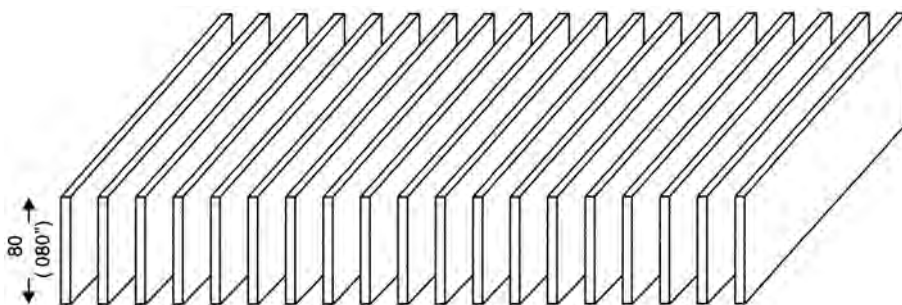
Όσο μεγαλύτερο είναι το πεδίο ακτινογράφησης τόσο εντονότερη παρουσιάζεται, και τόσο περιορίζει την αντίθεση της ακτινογραφίας υποβαθμίζοντας την ποιότητά της.

■ 7.3 Το αντισκεδαστικό διάφραγμα

Ένα αντισκεδαστικό διάφραγμα είναι μια λεπτή επίπεδη πλάκα που οι διαστάσεις του πλάτους της και του μήκους της μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με



Το σχήμα 7.3 Σχηματική αναπαράσταση αντισκεδαστικού διαφράγματος. Οι μαύρες γραμμές αναπαριστούν τις λεπτές μεταλλικές λωρίδες, τα διαφραγμάτια. Οι λευκές περιοχές αναπαριστούν το διάμεσο υλικό.



Το σχήμα 7.4 Διαφραγμάτια από μέταλλο τοποθετημένα παράλληλα μεταξύ τους σε ίσες αποστάσεις. Από το διάκενό τους μπορούν και διέρχονται τα φωτόνια Χ, ενώ, όσα προσκρούουν στα διαφραγμάτια, απορροφώνται. (Δ. Κατσιφαράκης, Αρχές Ακτινογραφικής Απεικόνισης).

το σκοπό που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί. Συνηθισμένες διαστάσεις είναι: 35X35 cm ή 35X43 cm. Το πάχος του δεν ξεπερνά τα 4 ή 5 mm.

Το σχήμα 7.3 παριστάνει ένα αντισκεδαστικό διάφραγμα.

Οι έντονα μαύρες γραμμές παριστάνουν μεταλλικές λεπτές και μακρόστενες λωρίδες, τα **διαφραγμάτια**.

Τα διαφραγμάτια είναι τοποθετημένα με τον επιμήκη τους άξονα παράλληλο μεταξύ τους. Απέχουν το ένα από το άλλο ίσες και σταθερές αποστάσεις (σχήμα 7.4).

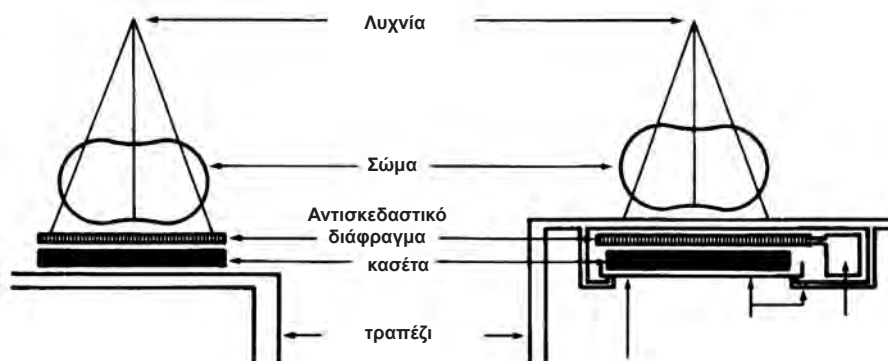
Αυτό εξασφαλίζεται από τον κατασκευαστή με την τοποθέτηση ανάμεσα τους ενός διαμέσου υλικού χαρακτηριστικά του οποίου είναι η μικρή απορρόφηση της ακτινοβολίας Χ και η ευκολία τοποθέτησής του.

Το μέταλλο από το οποίο κατασκευάζονται τα διαφραγμάτια είναι υψηλού ατομικού αριθμού. Σε ένα φθινό διάφραγμα χρησιμοποιείται ο μόλυβδος ($Z = 74$) ενώ σε ακριβότερες κατασκευές μπορεί να χρησιμοποιηθούν κράματα μετάλλων. Το διάμεσο υλικό μπορεί να είναι πολυεστέρας, ή αλουμίνιο.

Εξωτερικά η όλη κατασκευή καλύπτεται από λεπτό στρώμα αλουμινίου ή πλαστικού.

7.3.1. Θέση του αντισκεδαστικού διαφράγματος

Το διάφραγμα βρίσκεται σε μόνιμη ειδική θέση –μηχανισμό κίνησης– ακριβώς πάνω από τον ειδικό μεταλλικό δίσκο υποδοχής της κασέτας. Έτσι τα



Σχήμα 7.5 Θέση αντισκεδαστικού διαφράγματος σε σχέση με την κασέτα και το τραπέζι.

σκεδασμένα φωτόνια, αφού βγουν από το σώμα του εξεταζόμενου, θα προσκρούσουν στο ακτινογραφικό τραπέζι, εύκολα θα το διαπεράσουν και στη συνέχεια θα συναντήσουν το αντισκεδαστικό διάφραγμα. Εκεί τα περισσότερα από τα σκεδασμένα θα απορροφηθούν, ενώ τα περισσότερα από τα έχοντα την αρχική ευθύγραμμη πορεία θα περάσουν ανάμεσα από τα διαφραγμάτια και θα συναντήσουν το φιλμ μέσα στην κασέτα.

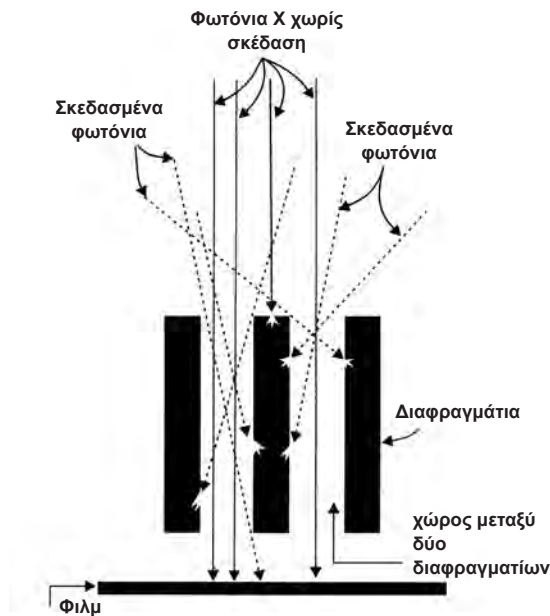
Στις ακτινογραφίες επί της κλίνης του αρρώστου, συνήθως έχουμε φορητό αντισκεδαστικό διάφραγμα που τοποθετείται με την πλευρά του σωλήνα (δες επόμενη) προς τη λυχνία, ακριβώς μετά το σώμα του εξεταζόμενου, ενώ πίσω του βρίσκεται η κασέτα.

7.3.2. Η αντισκεδαστική δράση του διαφράγματος

Ας δούμε ξανά την ακτινοβολία να περνά από το σώμα και να σκεδάζεται (σχήμα 7.6).

Όσα φωτόνια ακολουθούν την αρχική τους ευθύγραμμη πορεία περνούν ανενόχλητα ανάμεσα από τα διαφραγμάτια και φθάνουν στο φιλμ.

Τα σκεδασμένα φωτόνια δεν έχουν παράλληλη πορεία και είναι επόμενο να προσκρούουν πάνω στα διαφραγμάτια. Τότε χάρις στο μεγάλο ατομικό αριθμό του υλικού του διαφραγματίου τα φωτόνια απορροφώνται και δε φθάνουν στο φιλμ.



Σχήμα 7.6 Η αντισκεδαστική δράση των διαφραγμάτων. Ανεξάρτητα από το αν η κάθε ακτίνα έχει σκεδαστεί ή όχι, αν συναντήσει διαφραγμάτιο στην πορεία της, θα απορροφηθεί. (Δ. Κατσιφαράκης, Αρχές Ακτινογραφικής Απεικόνισης).

7.3.3. Ιστορική εξέλιξη του αντισκεδαστικού διαφράγματος

Το διασταυρούμενου τύπου αντισκεδαστικό διάφραγμα επινοήθηκε το 1913 από τον Gustav Bucky που το χρησιμοποίησε για να απαλλαγεί από τα προβλήματα της ανεπιθύμητης πυκνότητας σε ακτινογραφίες για μεγάλο πάχος θέματος.

Το 1920 ο Hollis Potter ξανασχεδίασε το αντισκεδαστικό διάφραγμα του Bucky κατά τέτοιο τρόπο, ώστε όλα τα διαφραγμάτια να είναι διατεταγμένα στην ίδια κατεύθυνση (γραμμικό αντισκεδαστικό διάφραγμα). Ακόμα ο Potter επινόησε μηχανισμό ο οποίος έκανε το διάφραγμα να ταλαντώνεται γύρω από την θέση του κατά τη διάρκεια της έκθεσης.

7.3.4. Μειονεκτήματα από τη χρήση του αντισκεδαστικού διαφράγματος

Ας εξετάσουμε τι συμβαίνει με τα φωτόνια που δεν έχουν σκεδαστεί και ακολουθώντας ευθύγραμμη πορεία κατά την έξοδό τους από το σώμα συναντούν το αντισκεδαστικό διάφραγμα.

Εδώ διακρίνονται 2 περιπτώσεις:

- α. Να πορευθούν μέσα από το διάμεσο υλικό και να φθάσουν στο φιλμ· πράγμα που είναι και το επιθυμητό.
- β. Να συναντήσουν στην πορεία τους ένα διαφραγμάτιο. Στην περίπτωση αυτή το φωτόνιο απορροφάται. Αυτό θεωρείται σημαντικό μειονέκτημα του αντισκεδαστικού διαφράγματος, αφού πρωτογενή φωτόνια-φορείς αληθινών πληροφοριών εξαφανίζονται.

Η εξαφάνιση των πληροφοριών αποτυπώνεται στην ακτινογραφία ως σειρά λεπτών διαφανών γραμμών παράλληλων μεταξύ τους (**γραμμώσεις απορρόφησης**), που υπάρχουν σε όλο το φιλμ (κάτι σαν να παρατηρεί κανείς οθόνη τηλεόρασης από πολύ κοντά).

Το πρόβλημα των γραμμώσεων απορρόφησης μπορεί ως ένα βαθμό να αντιμετωπιστεί με δύο τρόπους:

- α. Την τοποθέτηση του αντισκεδαστικού διαφράγματος πάνω σε ένα μηχανισμό που θα το ταλαντώνει –είτε μονόδρομα είτε παλινδρομικά– κατά τη διάρκεια της έκθεσης του φιλμ.
- β. Την κατασκευή διαφραγματίων εξαιρετικά μικρού πάχους η οποία σε συνδυασμό με τη μεγάλη πυκνότητά τους ανά τετραγωνικό εκατοστό καθιστά σχεδόν αδύνατη την όρασή τους με το μάτι, αφού αυτό δεν μπορεί να διακρίνει πάνω από έναν αριθμό γραμμών ανά μονάδα επιφάνειας. Ωστόσο μια τέτοια κατασκευή διαφράγματος είναι ιδιαίτερα δαπανηρή.

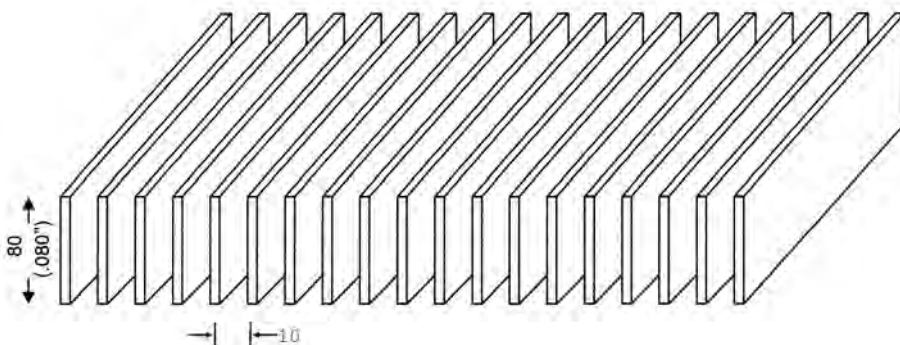
7.3.5. Λόγος αντισκεδαστικού διαφράγματος

Λόγος διαφράγματος (σχήμα 7.7) ονομάζεται το ύψος των διαφραγματίων προς την απόσταση δύο διαδοχικών διαφραγματίων.

Συνήθως ο λόγος (r) εκφράζεται σαν κλάσμα, με τον παρονομαστή πάντοτε 1.

Μερικοί κατασκευαστές γράφουν το λόγο σαν ακέραιο αριθμό, σημειώνοντας μόνον τον αριθμητή του κλάσματος.

Ο λόγος αναγράφεται πάντα στην άκρη της μιας πλευράς του αντισκεδαστικού διαφράγματος.



Σχήμα 7.7 Λόγος αντισκεδαστικού διαφράγματος είναι το ύψος του διαφραγματίου (π.χ. 0.08 cm) δια την απόσταση δύο διαδοχικών διαφραγματίων (π.χ. 0.01 cm). Λόγος: $0.08/0.01 = 8$. (Δ. Κατσιφαράκης, Αρχές Ακτινογραφικής Απεικόνισης).

Τα διαφράγματα που έχουν λόγο 5:1, 6:1, 8:1 θεωρούνται χαμηλού λόγου, και αυτά που έχουν 12:1, 16:1 ονομάζονται υψηλού λόγου.

Τα χαμηλού λόγου διαφράγματα μπορούν και αποκόπτουν καλά τα σκεδασμένα φωτόνια που έχουν παραχθεί με τάση ανόδου έως 70-75 kVp, ενώ τα υψηλού λόγου αποκόπτουν φωτόνια που έχουν προέλθει από τάσεις πολύ μεγαλύτερες, μέχρι και 125 kVp.

Προσοχή: Όταν ο λόγος του διαφράγματος είναι κάτω από 8:1 δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται περισσότερα από 75 kVp. Είναι αδύνατον να μπορέσει να συγκρατήσει ισχυρότερα σκεδασμένα φωτόνια, και η ανεπιθύμητη πυκνότητα θα κάνει αισθητή την παρουσία της στο φιλμ.

Επίσης: Αν το αντισκεδαστικό διάφραγμα είναι υψηλού λόγου (12:1 για παράδειγμα) δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για ακτινογραφίες με λιγότερο από 75 kVp. Αυτό συμβαίνει, επειδή, μολονότι θα συγκρατήσει πολύ καλά τα σκεδασμένα φωτόνια, θα απαιτήσει τετραπλασιασμό των mAs σε σχέση με το αν δεν χρησιμοποιούσε κανείς διάφραγμα (υποθετική περίπτωση αναφοράς)· μ' άλλα λόγια θα επιβαρύνει με περιττή ακτινοβολία τον εξεταζόμενο.

Για παιδιατρικές λήψεις παιδιών μικρής ηλικίας και κανονικού σωματικού βάρους δεν πρέπει να χρησιμοποιείται αντισκεδαστικό με λόγο μεγαλύτερο του 8:1 ή το πολύ 10:1.

7.3.6. Η χρησιμότητα του λόγου για τον επαναπροσδιορισμό των mAs

Στην καθημερινή πρακτική χρειάζεται σε έκτακτες περιστάσεις να εκτελέσουμε μια ακτινογραφία χωρίς αντισκεδαστικό. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να μειωθούν τα mAs. Ο λόγος μας καθοδηγεί έτσι, ώστε τα νέα mAs να υπολογιστούν σωστά.

Αν το αντισκεδαστικό είναι χαμηλού λόγου, (π.χ. 8:1), τότε τα νέα mAs θα προκύψουν από τη διαίρεση των παλαιών δια 3.

Αν είναι υψηλού λόγου (π.χ. 12:1), τότε τα νέα mAs θα διαιρεθούν δια 4.

Παράδειγμα: Για μία τεχνική χρησιμοποιούνται 70 kVp και 30 mAs με αντισκεδαστικό λόγου 8:1. Αν χρειάζεται να εφαρμοστεί η τεχνική αυτή και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντισκεδαστικό, ποια μεταβολή στους παράγοντες έκθεσης πρέπει να γίνει;

Η νέα τεχνική θα κρατήσει τα ίδια kVp, αλλά θα υποτριπλασιάσει τα mAs ($30:3=10$). Άρα 10 mAs.

Πρακτικός κανόνας:

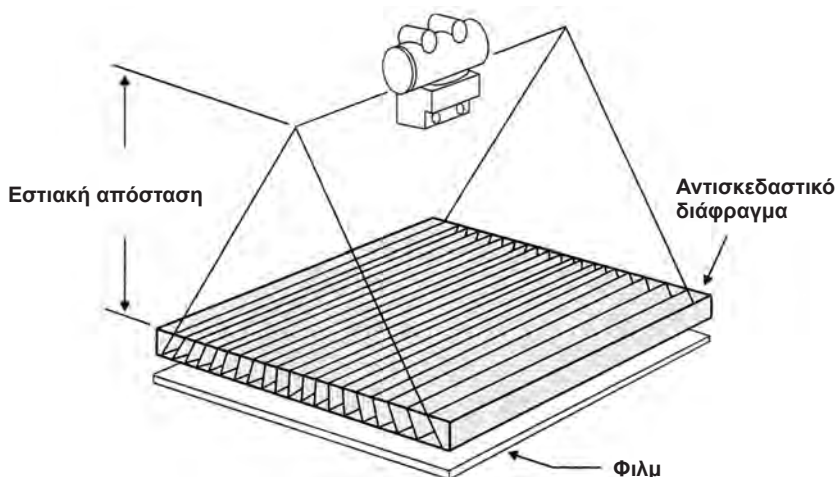
Αντισκεδαστικό διάφραγμα χρησιμοποιείται πάντα, όταν έχουμε πάχος θέματος μεγαλύτερο από 10 εκατοστά και τάση μεγαλύτερη από 60kVp.

7.3.7. Συγκλίνον διάφραγμα:

Πρόκειται για τον πιο συνηθισμένο τύπο αντισκεδαστικού (σχήμα 7.8).

Στο συγκλίνον διάφραγμα, τα διαφραγμάτια ως προς το μεγάλο τους άξονα είναι παράλληλα μεταξύ τους· ενώ ως προς το βραχύ τους άξονα συγκλίνουν προς ένα υποθετικό κέντρο, στο οποίο τοποθετείται η λυχνία. Η απόσταση από το κέντρο του αντισκεδαστικού μέχρι το υποθετικό κέντρο σύγκλισης των διαφραγματίων ονομάζεται **εστιακή απόσταση** και είναι η ιδεώδης απόσταση τοποθέτησής του από τη λυχνία. Χαμηλού λόγου συγκλίνοντα διαφράγματα επιτρέπουν την τοποθέτηση της λυχνίας σε χαλαρότερες αποστάσεις από την εστιακή, ενώ υψηλού λόγου διαφράγματα απαιτούν πολύ προσεκτική τοποθέτηση με ελάχιστες αποκλίσεις· σε αντίθετη περίπτωση εμφανίζεται το πρόβλημα της **διαφραγματικής αποκοπής**.

Διαφραγματική αποκοπή θα παρουσιαστεί επίσης από λάθος τοποθέτηση του διαφράγματος: αν ο επιμήκης άξονας των διαφραγματίων είναι κάθετος



Σχήμα 7.8 Σχέση παράλληλου συγκλίνοντος αντισκεδαστικού διαφράγματος και εστιακής απόστασης λυχνίας - διαφράγματος. Τα χαμηλού λόγου συγκλίνοντα διαφράγματα επιτρέπουν μεγαλύτερες αποκλίσεις στην τοποθέτηση της λυχνίας σε σχέση με την εστιακή τους απόσταση, σε σχέση με τα υψηλού λόγου όπου η εστιακή τους απόσταση πρέπει να τηρείται αυστηρά. (Δ. Κατσιφαράκης, Αρχές Ακτινογραφικής Απεικόνισης).

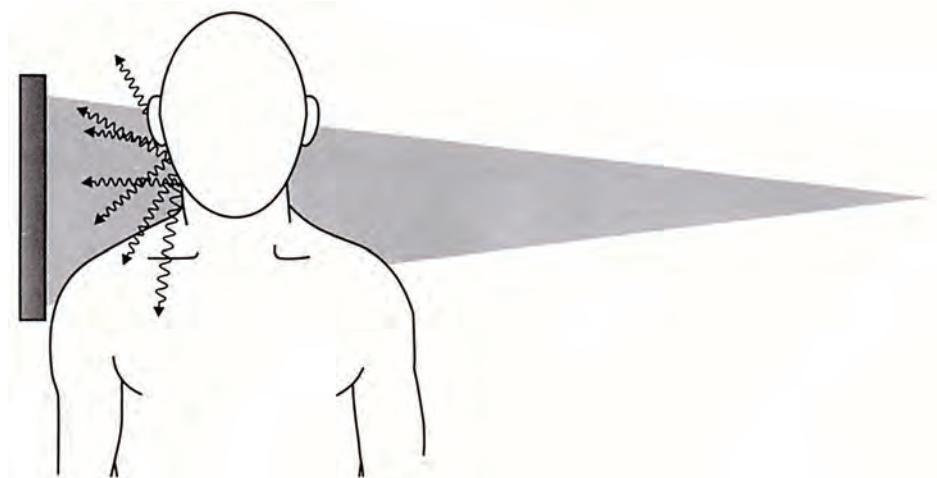
προς το επίπεδο γωνίωσης της λυχνίας. Αυτό μπορεί να συμβεί κατά τη χρήση φορητού αντισκεδαστικού διαφράγματος.

Το συγκλίνον διάφραγμα χρειάζεται ιδιαίτερα προσεκτική τοποθέτηση μέσα στην ειδική υποδοχή του στο ακτινογραφικό τραπέζι. Η πλευρά, προς την οποία συγκλίνουν υποθετικά τα διαφραγμάτια, πρέπει να είναι στραμμένη προς τη λυχνία. Συνήθως οι κατασκευαστές σημαδεύουν αυτήν την πλευρά ή και αναγράφουν επάνω στο διάφραγμα το ενδεικτικό tube side (πλευρά του σωλήνα).

■ 7.4 Η Τεχνική προβολικού κενού

Για την τεχνική προβολικού κενού, η απόσταση θέματος-φιλμ (προβολική απόσταση) αυξάνεται με την απομάκρυνση του πλησιέστερου σημείου του θέματος σε μια απόσταση 10-25 εκατοστών από το φιλμ, ανάλογα με το είδος του θέματος (σχήμα 7.9).

Τα σκεδασμένα φωτόνια έχουν να διανύσουν αυτό το κενό μεταξύ θέματος -φιλμ, αλλά εξαιτίας της έντονα αποκλίνουσας φοράς τους, πολλά από αυτά δε



Σχήμα 7.9 Η αρχή του προβολικού κενού για τον περιορισμό των επιπτώσεων της σκέδασης επί του φιλμ. Τα πιο πολλά σκεδασμένα φωτόνια δε συναντούν το φιλμ λόγω της έντονα αποκλίνουσας φοράς τους σε συνδυασμό με την απόσταση θέματος - φιλμ. Για να περιοριστεί η μεγέθυνση του απεικονιζόμενου θέματος, αυξάνεται η απόσταση λυχνίας-φιλμ και χρησιμοποιείται πολύ κεντρική δέσμη. (Δ. Κατσιφαράκης, Αρχές Ακτινογραφικής Απεικόνισης).

συναντούν ποτέ το φιλμ αλλά περνούν στις πλάγιες πλευρές του και σε απόσταση από αυτό.

Ωστόσο η αύξηση της προβολικής απόστασης προκαλεί μεγέθυνση στην ακτινογραφική εικόνα. Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα απομακρύνεται η λυχνία από το θέμα έως και στο διπλάσιο της αρχικής απόστασης (για τον έλεγχο της σκολίωσης η απόσταση φθάνει τα 240 εκατοστά). Τότε χρησιμοποιείται ιδιαίτερα κεντρική δέσμη ακτίνων Χ, των οποίων η πορεία θεωρείται ότι είναι σχεδόν παράλληλη. Αυτό συμβάλλει στον περιορισμό της μεγέθυνσης του θέματος.

Το πλεονέκτημα από την εφαρμογή της τεχνικής αυτής στον έλεγχο της σκολίωσης σε νεαρά άτομα είναι ότι δεν χρησιμοποιείται αντισκεδαστικό διάφραγμα, πράγμα που επιτρέπει να μειωθούν τα mAs στο μισό σε σχέση με το αν είχε χρησιμοποιηθεί αντισκεδαστικό διάφραγμα.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Η σκέδαση της ακτινοβολίας, καθώς περνά από το σώμα του εξεταζόμενου, προκαλεί απώλεια της αντίθεσης στην ακτινογραφία.

Για να περιοριστεί η απώλεια της αντίθεσης, χρησιμοποιείται το αντισκεδαστικό διάφραγμα, που κυρίως αποκόπτει τα σκεδασμένα φωτόνια.

Ωστόσο, επειδή αποκόπτει και μη σκεδασμένα φωτόνια, χρειάζεται αύξηση των mAs κατά τη χρήση του.

Ο λόγος του αντισκεδαστικού διαφράγματος καθορίζει σε πόσα kVp μπορεί να αποδώσει βελτίωση της αντίθεσης το διάφραγμα.

Χαμηλού λόγου διαφράγματα χρησιμοποιούνται σε περιοχές έως 75kVp.

Υψηλού λόγου διαφράγματα χρησιμοποιούνται μέχρι τα 125kVp.

Η χρησιμοποίηση αντισκεδαστικού διαφράγματος επιφέρει αύξηση της χορηγούμενης ποσότητας ακτινοβολίας (mAs) στον εξεταζόμενο.

Λανθασμένη τοποθέτηση του φορητού αντισκεδαστικού διαφράγματος σε σχέση με την εστιακή του απόσταση ή τον προσανατολισμό του σε σχέση με τη λυχνία επιφέρει το φαινόμενο της διαφραγματικής αποκοπής.

Εναλλακτικά σε σχέση με το αντισκεδαστικό σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνική του προβολικού κενού.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ



1. Περιγράψτε τη σκέδαση Compton.
2. Ποιος πρότεινε την κατασκευή του αντισκεδαστικού διαφράγματος και πότε;
3. Η σκεδαζόμενη ακτινοβολία ποιο από τα επόμενα επηρεάζει;
α. αντίθεση β. λεπτομέρεια γ. πυκνότητα
4. Το αντισκεδαστικό διάφραγμα περιορίζει το ποσό της ακτινοβολίας X που φθάνει:
α. το φιλμ γ. το χειριστή
β. τον εξεταζόμενο δ. μαζί τα α και β
5. Το αντισκεδαστικό διάφραγμα πρέπει να χρησιμοποιείται σε ανατομικές περιοχές που έχουν πάχος περισσότερο απόεκατοστά του μέτρου.
α. 4 β. 8 γ. 10 δ. 16 ε. 18
6. Περιγράψτε το πιο συνηθισμένο είδος αντισκεδαστικού.
7. Γιατί ονομάζεται η μία όψη του αντισκεδαστικού «πλευρά του σωλήνα» και σε τι χρησιμεύει η γνώση της;
8. Τι είναι ο λόγος του αντισκεδαστικού διαφράγματος;
9. Καθώς ο λόγος του αντισκεδαστικού αυξάνει, η αντίθεση:
α. αυξάνει β. μειώνεται γ. παραμένει η ίδια
10. Μια τεχνική ακτινογράφησης χρησιμοποιεί ένα αντισκεδαστικό λόγου 6:1 και 600 mA και 30 ms. Τι mAs πρέπει να χρησιμοποιήσεις, εάν χρειαστεί να κάνεις την ίδια τεχνική χωρίς αντισκεδαστικό;

ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΕΙΚΟΝΑΣ
(Κασέτες - Ενισχυτικές Πινακίδες - Φιλμ)

Στόχοι

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

- τη δομή, τη λειτουργικότητα της ακτινολογικής κασέτας, τη φροντίδα και συντήρησή της
- να ταξινομείς τις ακτινολογικές κασέτες ανάλογα με τους διάφορους τύπους
- τη δομή της ενισχυτικής πινακίδας
- την αρχή λειτουργίας των ενισχυτικών πινακίδων
- τη σχέση ευαισθησίας ενισχυτικών πινακίδων - ακτινολογικών στοιχείων
- την επίδραση των ενισχυτικών πινακίδων στην ποιότητα της ακτινολογικής εικόνας
- τους τύπους των ενισχυτικών πινακίδων και τις εξετάσεις που θα χρησιμοποιηθούν αντίστοιχα
- τι είναι οι ενισχυτικές πινακίδες σπανίων γαιών
- τη δομή ενός φιλμ
- τα είδη των φιλμ και τους τρόπους ταξινόμησής τους
- τις ενέργειες που χρειάζεται να γίνουν, ώστε να διατηρούνται τα απεικονιστικά υλικά καθαρά
- να κατανοείς την έννοια του ακτινογραφικού contrast και του εύρους του φιλμ
- γιατί είναι απαραίτητη η γνώση της φασματικής ευαισθησίας του φιλμ
- τι εννοούμε με τον όρο φιλμ μπλε και φιλμ πράσινης ευαισθησίας

- τα πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα του φιλμ διπλής επίστρωσης έναντι του φιλμ μονής επίστρωσης
- τι είναι το φιλμ μονής επίστρωσης και πού χρησιμοποιείται
- τις συνθήκες που πρέπει να αποθηκεύονται και να διατηρούνται τα μη εκτεθειμένα φιλμ.

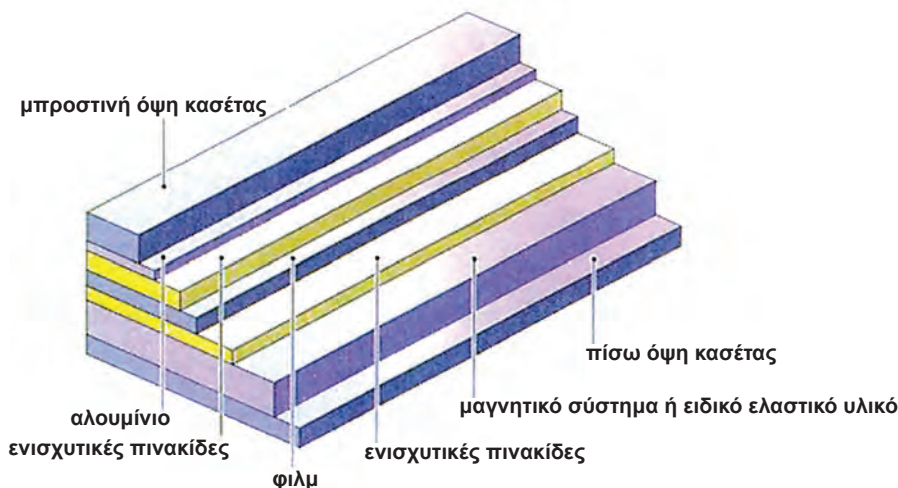
Τα μέσα που χρησιμοποιούμε για την καταγραφή της ακτινοβολίας και τη διαμόρφωση της λανθάνουσας εικόνας είναι:

- η ακτινογραφική κασέτα
- οι ενισχυτικές πινακίδες και
- το ειδικό ακτινογραφικό φιλμ.

■ 8.1 Ακτινογραφική κασέτα

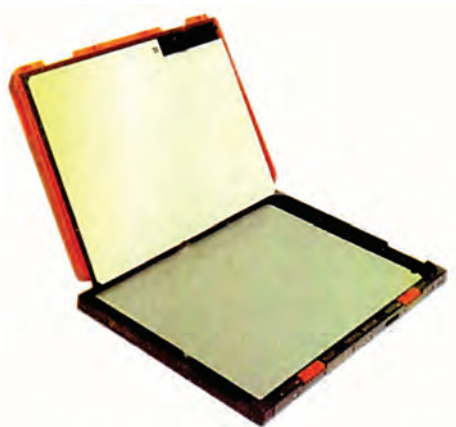
Είναι ειδική θήκη μέσα στην οποία τοποθετείται το φιλμ. Οι δύο εσωτερικές επιφάνειές της καλύπτονται από αντίστοιχες ενισχυτικές πινακίδες. Οι κασέτες εξυπηρετούν διότι:

- Προστατεύουν το φιλμ από την επίδραση του φωτός.
- Συγκρατούν τις ενισχυτικές πινακίδες.



Σχήμα 8.1 Σχηματική παράσταση ακτινολογικής κασέτας με ενισχυτικές πινακίδες και φιλμ.

- Προσφέρουν μηχανική προστασία στο σύστημα ενισχυτικής πινακίδα - φιλμ.
- Συμβάλλουν στο να υπάρχει η απαιτούμενη καλή επαφή φιλμ - ενισχυτικών πινακίδων. Η καλή επαφή είναι απαραίτητη, γιατί έτσι αποφεύγεται η ασάφεια στην απεικόνιση. Αυτό επιτυγχάνεται με ένα ειδικό ελαστικό υλικό που υπάρχει μεταξύ της πίσω εσωτερικής επιφάνειας



Εικόνα 8.1 Ανοικτή ακτινολογική κασέτα. Απεικονίζεται η πρόσθια ενισχυτική πινακίδα και το φιλμ.

της κασέτας και της πίσω ενισχυτικής πινακίδας. Τελευταία οι εταιρείες αντί του ελαστικού υλικού έχουν τοποθετήσει μαγνητικό σύστημα. Κατά το κλείσιμο της κασέτας το φιλμ 'συμπιέζεται' ανάμεσα στις ενισχυτικές πινακίδες, για πληρέστερη επαφή, χωρίς κενά αέρα.

Η πρόσθια επιφάνεια της κασέτας, που τοποθετείται προς την πλευρά της λυχνίας, είναι κατασκευασμένη από εύκολα διαπερατό από τις ακτίνες Röntgen υλικό (συνήθως βακελίτη ή αλουμίνιο). Στην πίσω επιφάνεια βρίσκεται ο μηχανισμός κλεισίματος. Η επιφάνεια αυτή φέρει υλικό υψηλότερου ατομικού αριθμού, για να απορροφήσει την ακτινοβολία που πέρασε από την πίσω ενισχυτική πινακίδα.

Τελευταία οι κασέτες κατασκευάζονται από ίνες του άνθρακα· ένα υλικό που είναι ελαφρύτερο από το αλουμίνιο και με μεγαλύτερη αντοχή, καθιστώντας την κασέτα πιο ανθεκτική σε διάφορες κακώσεις που υφίσταται στην καθημερινή πράξη.



Εικόνα 8.2 Κασέτες διάφορων διαστάσεων.

Η όλη κατασκευή της κασέτας απαιτείται να τηρεί προδιαγραφές τέτοιες, που να εξασφαλίζουν τη λειτουργικότητά της όπως για παράδειγμα να έχει αντοχή στα κτυπήματα, τα κλείστρα της να είναι εύκολα στη χρήση και ανθεκτικά, να έχει μικρό βάρος κ.λπ.

Υπάρχουν διαφόρων διαστάσεων ακτινολογικές κασέτες. Οι συνηθισμένες διαστάσεις είναι: 18 εκ. x 24 εκ., 24 εκ. x 30 εκ., 30 εκ. x 40 εκ., 20 εκ. x 40 εκ., 35 εκ. x 35 εκ. και 35 εκ. x 43 εκ. Η κάθε κασέτα χρησιμοποιείται για απεικόνιση θεμάτων με ανάλογες διαστάσεις.

■ 8.2 Ενισχυτικές πινακίδες

Είναι δύο λεπτά φύλλα που καλύπτουν τις εσωτερικές επιφάνειες της ακτινολογικής κασέτας που ανάμεσά τους τοποθετείται το φιλμ. Έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν την αόρατη ακτινοβολία Χ σε ορατό φως. Οι ενισχυτικές πινακίδες αποτελούνται από επίστρωμα φθορίζοντος υλικού, το οποίο απορροφά τις ακτίνες Χ και διεγείρεται. Κατά την αποδιέγερσή του, εκπέμπει φως, το οποίο σταματά να εκπέμπεται ταυτόχρονα με τη διακοπή της διέγερσης από την ακτινοβολία.

Αν κατά την ακτινογράφιση γινόταν χρήση μόνο κασέτας και φιλμ χωρίς ενισχυτικές πινακίδες, αφενός η ακτινοβολία έκθεσης θα ήταν δεκάδες φορές μεγαλύτερη και αφετέρου η ποιότητα της εικόνας επιεικώς απαράδεκτη. Με τη χρήση όμως των ενισχυτικών πινακίδων, ο χρόνος έκθεσης που απαιτείται είναι πάρα πολύ μικρότερος.

Γενικά η εικόνα που καταγράφεται σε ένα ακτινολογικό φιλμ οφείλεται περίπου κατά 95% στο φως των πινακίδων και κατά 5% στην απευθείας δράση των ακτίνων Χ στο φιλμ.

Η συμβολή των ενισχυτικών πινακίδων συνίσταται στα εξής σημεία:

- ✓ Μειωμένη έκθεση του εξεταζόμενου.
- ✓ Μειωμένος χρόνος έκθεσης και συνεπώς μειωμένη ασάφεια λόγω κίνησης του θέματος, άρα καλύτερη απεικόνιση.
- ✓ Μειωμένη ηλεκτρική φόρτιση και παραγωγή θερμότητας στη λυχνία με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη διάρκεια «ζωής» της.

Για να γίνει αντιληπτό το μέγεθος της προσφοράς των ενισχυτικών πινακίδων στη διαγνωστική απεικόνιση, αναφέρουμε τα ακόλουθα:

 «Πριν από 30 περίπου χρόνια, στο τέλος της δεκαετίας του '60, δεν υπήρχαν «ΑΡΓΕΣ» ενισχυτικές πινακίδες.

Έτσι για να επιτυγχάνεται η ικανοποιητική διαγνωστική απεικόνιση των λεπτών οστικών δομών, γινόταν χρήση ειδικών φωτοστεγών χαρτοφακέλων –από άκαμπτο χαρτόνι με φύλλο μολύβδου στην πλάτη– χωρίς ενισχυτικές πινακίδες.

Τότε λοιπόν για μια απλή ακτινογραφία άκρου ποδός τα απαιτούμενα στοιχεία έκθεσης ήσαν: 100 mAs και 55 kV. Σήμερα είναι 4 mAs και 55 kV με πινακίδες σπανίων γαιών και το αποτέλεσμα απεικονιστικά είναι πολύ καλύτερο χάρη στην απόδοση των εκπληκτικών αυτών πινακίδων υψηλής ευκρίνειας.

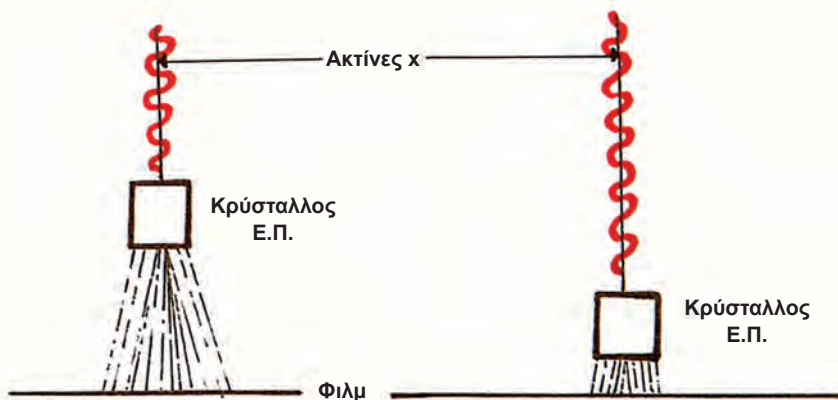
Αναλογικά το ίδιο ισχύει και για τις υπόλοιπες διαβαθμίσεις ευαισθησίας των σημερινών ενισχυτικών πινακίδων. Τότε λόγου χάρη για μια Ο-Π ακτινογραφία κρανίου τα ακτινολογικά στοιχεία ήσαν 150 mAs και 75 kV με ενισχυτικές πινακίδες εκείνης της εποχής. Σήμερα τα στοιχεία είναι 10 mAs και 75 kV με ορθοχρωματικές πινακίδες κανονικής ταχύτητας.»

Περίληπτικά μπορούμε να πούμε ότι οι σημερινές ενισχυτικές πινακίδες διαδραματίζουν ρόλο πρωταγωνιστικό στην ποιοτική αναβάθμιση της διαγνωστικής εικόνας και στην ακτινοπροστασία όλων μας.

Η επαφή του φιλμ με τις ενισχυτικές πινακίδες πρέπει να είναι πλήρης. Για το λόγο αυτό υπάρχει ειδικό ελαστικό υλικό στο πίσω μέρος της κασέτας ή μαγνητικό σύστημα, που με το κλείσιμο της κασέτας η ενισχυτική πινακίδα εφαρμόζει απόλυτα σε όλα τα σημεία της επιφάνειας του φιλμ. Όταν σε κάποιο σημείο των ενισχυτικών πινακίδων (πινακίδας) δεν γίνεται καλή επαφή με το φιλμ, τότε το εκπνευμένο φως διαχέεται σε μεγαλύτερη έκταση με αποτέλεσμα την ασάφεια του απεικονιζόμενου θέματος (Σχ. 8.2). Αυτό συμβαίνει



επειδή η ελαττωματική διάχυση των φωτονίων προσπίπτει εν μέρει και στην περιοχή που επηρεάζουν τα φωτόνια των γειτονικών κρυστάλλων με αποτέλεσμα οι πληροφορίες που μεταφέρουν να αλληλοπροβάλλονται μερικώς και να χάνουν έτσι τη διαγνωστική τους αξία. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται συνήθως σε κάκωση ή φυσική φθορά των ενισχυτικών πινακίδων. Αυτό επιβάλλει τη χωρίς κανένα ενδοιασμό απόσυρσή τους, επειδή η συνεχιζόμενη χρήση τους εγκυμονεί κινδύνους για εσφαλμένη διάγνωση.



Σχήμα 8.2 Σχηματική παράσταση της έκτασης που καταλαμβάνει η διάχυση του εκπέμπε-
 μμένου φωτός από τον κρύσταλλο της ενισχυτικής πινακίδας α) όταν δεν εφάπτεται η
 ενισχυτική πινακίδα του φιλμ και β) όταν είναι κανονικά σε πλήρη επαφή.

8.2.1. Αρχή λειτουργίας - Φυσικά χαρακτηριστικά

Η βασική αρχή χρησιμοποίησης των ενισχυτικών πινακίδων βασίζεται στο φαινόμενο της φωταύγειας¹⁸ και πιο συγκεκριμένα στο φαινόμενο του **φθορι-
 σμού**.

18 Φωταύγεια είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα υλικό εκπέμπει φως, όταν διεγείρεται από ακτινο-
 βολία X. Μορφές αυτού του φαινομένου είναι ο φθορισμός και ο φωσφορισμός.

Φθορισμός είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα υλικό εκπέμπει φως κατά τη διάρκεια της διέγερ-
 σής του, από κάποια ιοντίζουσα ακτινοβολία. Το φως αυτό σταματά να εκπέμπεται ταυτόχρονα με τη
 διακοπή της διέγερσης του υλικού από την ακτινοβολία.

Φωσφορισμός είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα υλικό συνεχίζει να εκπέμπει φως και μετά τη
 διακοπή της διέγερσης από την ακτινοβολία.

Στην κατασκευή των ενισχυτικών πινακίδων γίνεται εκμετάλλευση του φαινομένου του φθορισμού. Αυτό γίνεται, γιατί το υλικό των πινακίδων πρέπει αμέσως μετά τη διέγερσή του να αποδιεγερθεί πλήρως έτσι, ώστε ένα νέο φιλμ να μπορεί να τοποθετηθεί στην κασέτα χωρίς τον κίνδυνο της επιπρόσθετης ύπαρξης διαγνωστικών πληροφοριών από την προηγούμενη διέγερσή του.

Βασικό συστατικό λοιπόν μίας ενισχυτικής πινακίδας είναι ο φώσφορος κρύσταλλος από τον οποίο είναι φτιαγμένη η φθορίζουσα επιφάνειά της. Ο φώσφορος κρύσταλλος απορροφά το φωτόνιο που πέφτει πάνω του εξαιτίας κυρίως του *φωτοηλεκτρικού φαινομένου* αλλά και του φαινομένου Compton. Τα κενά στις θεμελιώδεις στοιβάδες, εξαιτίας των ηλεκτρονίων που εκδιώχθηκαν από τα φωτόνια, καλύπτονται από ηλεκτρόνια υψηλότερων στοιβάδων με σύγχρονη εκπομπή χαρακτηριστικής ακτινοβολίας, που ανήκει στην περιοχή του **ορατού** φάσματος.

Η ένταση της εκπεμπόμενης φωτεινής ενέργειας είναι ανάλογη με τη δόση των ακτίνων Χ που έχει απορροφηθεί.

Από τα προαναφερθέντα, γίνεται αντιληπτό ότι ο κάθε κρύσταλλος της ενισχυτικής πινακίδας ουσιαστικά είναι και **μετατροπέας** αόρατων φωτονίων Χ σε ορατό φως.

Οι φώσφοροι κρύσταλλοι που χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή της ενισχυτικής πινακίδας χαρακτηρίζονται από φυσικές ιδιότητες όπως: υψηλή απορροφητικότητα ακτίνων Χ και υψηλή αποδοτικότητα μετατροπής της ενέργειας ακτίνων Χ σε ενέργεια ορατών φωτονίων. Κατά την επιλογή τους χρειάζεται λοιπόν να ικανοποιούνται και ορισμένες προϋποθέσεις όπως:

1. Ο φώσφορος να μπορεί να διεγείρεται γρήγορα και να είναι ικανός να εκπέμπει φως και η εκπομπή αυτή να είναι σημαντική σε σχέση με την ακτινοβολία που δέχθηκε (**ικανότητα ενίσχυσης**).
2. Ο κρύσταλλος αφού διεγερθεί θα πρέπει αμέσως μετά να αποδιεγερθεί και μάλιστα τελείως, ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί ένα νέο φιλμ σε επαφή με τις ενισχυτικές πινακίδες, χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος επιπρόσθετων πληροφοριών που να προέρχονται από την προηγούμενη διέγερση.

Η ικανότητα που έχει μια ενισχυτική πινακίδα να μετατρέπει τις ακτίνες X σε φως εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως:

- τη σύνθεση και το μέγεθος των κρυστάλλων
- το πάχος του στρώματος του φθορίζοντος υλικού
- την ύπαρξη κατάλληλων χημικών ουσιών.

Το υλικό που ακόμη και σήμερα χρησιμοποιείται για την κατασκευή των ενισχυτικών πινακίδων είναι το **βολφραμικό ασβέστιο** (CaWO_4), που, όταν διεγερθεί από την ακτινοβολία, εκπέμπει φως στην περιοχή του **μπλε** χρώματος· στο φως αυτό είναι ευαίσθητο το συμβατικό φιλμ. Τις ιδιότητες του φθορισμού του βολφραμικού ασβεστίου, όταν αυτό εκτίθεται στις ακτίνες X, ανακάλυψε ο αμερικανός Thomas Edison το 1896. Μέχρι τη δεκαετία του 1970 το βολφραμικό ασβέστιο ήταν το ευρύτερα διαδεδομένο υλικό στην κατασκευή των ενισχυτικών πινακίδων.

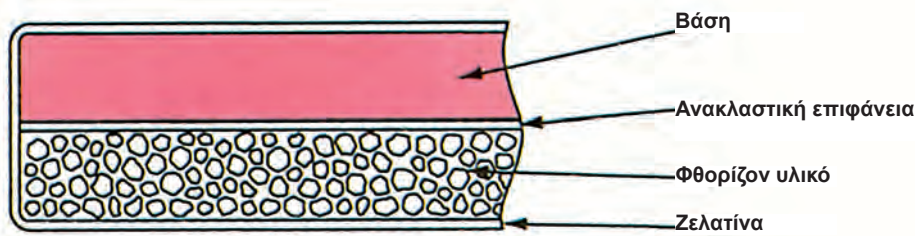
Παρά την προσπάθεια χρήσης και άλλων υλικών με ιδιότητες φθορισμού, η πλέον πειστική ως σήμερα πρόταση είναι αυτή που συνιστά τη χρήση των **σπανίων γαιών** με προσθήκη *ενεργοποιητών* για την κατασκευή των ενισχυτικών πινακίδων. Χρησιμοποιούνται από το 1972 και η αποδοτικότητά τους είναι πολύ μεγάλη. Οι κρύσταλλοί τους είναι θειούχα οξειδία σπανίων γαιών κυρίως λανθάνιου, γαδολινίου ή ύτριου. Για τη βελτίωση της ευαισθησίας, για τον καθορισμό του φάσματος του φωτός αλλά και γενικότερα οι φώσφοροι προκειμένου να λειτουργήσουν χρειάζονται και πολύ μικρές ποσότητες ξένων στοιχείων που διασκορπίζονται στη μάζα τους και ονομάζονται *ενεργοποιητές* (οι κρύσταλλοι του βολφραμικού ασβεστίου δε χρειάζονται την ύπαρξη ενεργοποιητή).

Οι φώσφοροι σπανίων γαιών εκπέμπουν ανάλογα στην **περιοχή του μπλε και του πράσινου φωτός**.

8.2.2. Δομή της ενισχυτικής πινακίδας

Μια ενισχυτική πινακίδα αποτελείται από 4 στρώματα τα οποία από κάτω προς τα πάνω είναι:

1. **Η βάση** που είναι συνήθως κατασκευασμένη από πολυεστέρα και χρησιμεύει στη δημιουργία ενός σταθερού στρώματος πάνω στο οποίο θα επιστρωθεί το φθορίζον υλικό.



Σχήμα 8.3 Δομή της ενισχυτικής πινακίδας.

2. Η **ανακλαστική επιφάνεια** που χρησιμεύει στην ανάκλαση των φωτεινών ακτίνων –που πορεύονται προς τη βάση– από τη βάση προς το φιλμ. Η ύπαρξη του στρώματος αυτού είναι προαιρετική και οδηγεί σε αύξηση της αποδοτικότητας των ενισχυτικών πινακίδων, σε βάρος όμως της σαφήνειας της ακτινολογικής εικόνας.
3. Το **στρώμα του φθορίζοντος υλικού (φώσφοροι κρύσταλλοι)** που είναι το κατεξοχήν λειτουργικό στρώμα των ενισχυτικών πινακίδων. Αποτελείται από κόκκους βολφραμικού ασβεστίου ή θειούχων οξειδίων σπανίων γαιών, που μετατρέπουν τις ακτίνες Χ σε ορατό φως.
4. Το **προστατευτικό επίστρωμα** που είναι λεπτότατη διαφανής επίστρωση από πλαστικό υλικό (ζελατίνα) και τοποθετείται πάνω από το στρώμα των φωσφόρων. Χρησιμεύει στο ότι:
 - παραθέτει λεία επιφάνεια που βρίσκεται σε επαφή με το φιλμ
 - συγκρατεί και προστατεύει τους φωσφόρους από μηχανικές κακώσεις και υγρασία
 - επιτρέπει τον ασφαλή καθαρισμό των πινακίδων από ξένες ύλες
 - συμβάλλει στη μείωση του στατικού ηλεκτρισμού.

Φροντίδα - Τοποθέτηση

Κατά τη χρησιμοποίηση των ενισχυτικών πινακίδων χρειάζεται μεγάλη προσοχή στις εξωτερικές κακώσεις. Έτσι λοιπόν η τοποθέτηση του φιλμ ανάμεσά τους πρέπει να γίνεται προσεκτικά και η αλλαγή του να μην είναι βιαστική. Μ' αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται αμυχές που μπορούν να προκληθούν από τα νύχια ή από τις γωνίες του φιλμ. Μόνιμη αμυχή στην ενισχυτική πινακίδα ισοδου-

ναμεί με ακρήστευση της. Επίσης η παραμονή στα δάκτυλα υγρών εμφάνισης ή στερέωσης από προηγούμενη εργασία επηρεάζει σαφώς την επιφάνεια των πινακίδων με αποτέλεσμα ακόμη και την ακρήστευσή τους.

Βέβαια, σε τακτά χρονικά διαστήματα πρέπει να γίνεται ο καθαρισμός των πινακίδων. Αυτός επιτυγχάνεται με βαμβάκι ή άλλο μαλακό υλικό που έχει απλώς υγρανθεί με ειδικό καθαριστικό ή νερό, ποτέ όμως με οινόπνευμα, βενζίνη ή τυχόν άλλες διαλυτικές ουσίες. Μετά τον καθαρισμό θα πρέπει η κασέτα να παραμείνει μισο-ανοικτή και όρθια μέχρι να στεγνώσουν οι πινακίδες.

Με τις φροντίδες αυτές εξασφαλίζεται η αύξηση του μέσου χρόνου ζωής και η καλύτερη λειτουργία των ενισχυτικών πινακίδων.

Οι ενισχυτικές πινακίδες προσκολλώνται στο εσωτερικό της κασέτας έτσι, ώστε να εφαρμόσουν απόλυτα. Η πρόσθια ενισχυτική πινακίδα (FRONT) και η οπίσθια (BACK) τοποθετούνται αντίστοιχα στις εσωτερικές επιφάνειες της κασέτας, για να χρησιμοποιηθεί φιλμ διπλής επίστρωσης. Στη μαστογραφία χρησιμοποιούνται ειδικές κασέτες με μια πινακίδα σε συνδυασμό βέβαια με φιλμ μονής επίστρωσης.

8.2.3. Κατηγορίες ενισχυτικών πινακίδων

Οι ενισχυτικές πινακίδες *ταξινομούνται ανάλογα με το φως που εκπέμπουν*. Υπάρχουν επομένως ενισχυτικές πινακίδες:

- **μπλε εκπομπής** που εκπέμπουν στην περιοχή του μπλε φωτός και
- **πράσινης εκπομπής ή ορθοχρωματικές** που εκπέμπουν στην περιοχή του πράσινου φωτός.

Οι πινακίδες βολφραμικού ασβεστίου είναι πάντα μπλε εκπομπής, ενώ οι σπανίων γαιών μπορεί να είναι ορθοχρωματικές ή και μπλε εκπομπής, ανάλογα με το τι ενεργοποιητή¹⁹ χρησιμοποιούν.

Χρειάζεται απαραίτητα να είναι γνωστό το φως που εκπέμπει μια πινακίδα,

¹⁹ Οι φώσφοροι προκειμένου να λειτουργήσουν χρειάζονται και πολύ μικρές ποσότητες ξένων στοιχείων που διασκορπίζονται στη μάζα τους που ονομάζονται ενεργοποιητές.

για να χρησιμοποιηθεί και το αντίστοιχο φιλμ που θα έχει τη μέγιστη ευαισθησία σ' αυτό το φως.

Ένας τρόπος για να διαπιστωθεί το τι φως εκπέμπει μια ενισχυτική πινακίδα και να χαρακτηριστεί μπλε ή πράσινης εκπομπής είναι ο εξής: *τοποθετούμε ανοικτή την κασέτα στο ακτινολογικό τραπέζι, με την πινακίδα στραμμένη προς τη λυχνία. Στη συνέχεια, αφού σβήσουν όλα τα φώτα στον ακτινολογικό θάλαμο και είναι τελείως σκοτεινά, ακτινοβολούμε την πινακίδα. Η πινακίδα φωτοβολεί και ανάλογα με το φως που εκπέμπεται χαρακτηρίζεται και η πινακίδα.*

Οι ενισχυτικές πινακίδες εκτός από το είδος του φωτός που εκπέμπουν *ταξινομούνται και ανάλογα με την ταχύτητά τους*. Ως **ταχύτητα** ορίζεται η ικανότητα της πινακίδας να αποδίδει συγκεκριμένη ποσότητα φωτός, όταν δεχθεί προκαθορισμένη ποσότητα ακτίνων Χ. Ο όρος αυτός αναφέρεται νοηματικά στην αποδοτικότητα του φθορίζοντος υλικού καθώς αυτό απορροφά φωτόνια Χ και τα μετατρέπει σε φως.

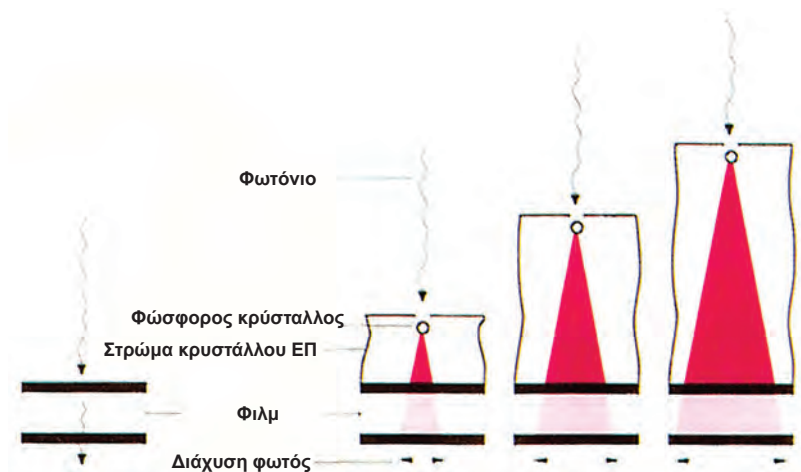
Όταν μία ενισχυτική πινακίδα Α εκτεθεί σε μικρής έντασης ακτινοβολία Χ και παράγει ίδιου βαθμού αμαύρωση σε φιλμ, με αυτήν που θα παρήγαγε σε ίδιας ποιότητας φιλμ μια άλλη ενισχυτική πινακίδα Β, που έχει εκτεθεί όμως σε ακτινοβολία Χ μεγαλύτερης έντασης, τότε λέμε ότι η πινακίδα Α έχει μεγαλύτερη ταχύτητα από την πινακίδα Β.

Η ταχύτητα των ενισχυτικών πινακίδων καθορίζεται από:

- Το *μέγεθος των κόκκων* (μεγάλοι κρύσταλλοι - μεγάλη αποδοτικότητα).
- Το *πάχος του στρώματος* του φθορίζοντος υλικού (αυξάνοντας το πάχος αυξάνεται και η απορρόφηση ακτίνων Χ, άρα αυξάνεται η ταχύτητα).

Η αύξηση του μεγέθους του κρυστάλλου, του πάχους του φθορίζοντος στρώματος καθώς και η ύπαρξη ανακλαστικού στρώματος έχουν ως συνέπεια τη μεγαλύτερη διάχυση του φωτός. Έτσι λοιπόν στις ενισχυτικές πινακίδες βολφραμικού ασβεστίου, όσο αυξάνεται η ταχύτητα τόσο αυξάνεται και η ασάφεια στην απεικόνιση²⁰. Αυτό δεν μπορεί να ειπωθεί υποχρεωτικά και για τις ενισχυτικές πινακίδες σπανίων γαιών.

²⁰ Ως ασάφεια ορίζεται η μειωμένη οριακή ευκρίνεια των ανατομικών περιοχών του θέματος στην εικόνα.



Σχήμα 8.4 Όσο αυξάνεται το πάχος του φθορίζοντος υλικού προκαλείται μεγαλύτερη διάχυση του φωτός, άρα και μεγαλύτερη απώλεια της απεικονιζόμενης λεπτομέρειας.

Για τη διευκόλυνση ενός μαθητευόμενου όσον αφορά τις επιλογές σε ενισχυτικές πινακίδες αναφέρονται τα παρακάτω:

- ✓ όσο πιο ευαίσθητη είναι η ενισχυτική πινακίδα τόσο πιο πολύ συμβάλλει στην ακτινοπροστασία του εξεταζόμενου, σε βάρος όμως της ευκρίνειας στην ακτινολογική εικόνα.
- ✓ Οι ενισχυτικές πινακίδες βολφραμικού ασβεστίου διακρίνονται σε:
 - *Αργές (slow)* στις οποίες οι κόκκοι των κρυστάλλων φωσφόρων είναι λεπτοί. Παρέχουν πολύ καλή οριακή ευκρίνεια στην ακτινολογική εικόνα, απαιτούν όμως πολλά ακτινολογικά στοιχεία. Χρησιμοποιούνται για ακτινογραφίες οστών ή οργάνων που απαιτούν υψηλή οριακή ευκρίνεια στην απεικόνιση.
 - *Μέτριες ή μέσης ταχύτητας (Universal, medium):* Παρέχουν –σε σχέση με τις προηγούμενες– λιγότερη οριακή ευκρίνεια στην ακτινολογική εικόνα και χρησιμοποιούνται γενικά με ικανοποιητικά αποτελέσματα στην απεικόνιση οργάνων, των οποίων δεν είναι απαραίτητη η υψηλή οριακή ευκρίνεια. Το κόστος της μειωμένης οριακής ευκρίνειας αντισταθμίζεται με τη μείωση της δόσης ακτινοβολίας που δέχεται ο εξεταζόμενος. Χρησιμοποιούνται γενικά για ακτινογραφίες στην περιοχή της κοιλιάς και σε ορισμένες περιοχές του θώρακα και του κρανίου.

- *Πολύ γρήγορες ή υπερευαίσθητες (High speed)*: Η υφή των κρυστάλλων είναι αδρότερη (χοντροί κόκκοι), γι' αυτό και δίνουν μειωμένη οριακή ευκρίνεια στην ακτινολογική εικόνα. Χρησιμοποιούνται μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις για ακτινογραφίες λεκάνης, κοιλιακής χώρας και πλάγιας προβολής οσφυϊκής μοίρας, όταν ο εξεταζόμενος έχει μεγάλες διαστάσεις.

- ✓ **Ενισχυτικές πινακίδες σπανίων γαιών (Μπλε ή πράσινης εκπομπής)**
Η ταχύτητά τους είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτές του βολφραμικού ασβεστίου. Στην κατηγορία αυτή υπάρχουν πινακίδες με διαφορετική ταχύτητα ανάλογα με το είδος του ενεργοποιητή. Όσο αυξάνεται η ταχύτητα, τόσο ελαττώνεται η απαιτούμενη έκθεση, προκειμένου να επιτευχθεί ο ίδιος βαθμός αμαύρωσης.

Ορισμένα πλεονεκτήματα των ενισχυτικών πινακίδων σπανίων γαιών είναι:

1. Ο εξεταζόμενος λαμβάνει χαμηλότερη δόση γιατί οι παράγοντες έκθεσης είναι μικρότεροι από αυτούς που επιλέγονται στην περίπτωση χρήσης πινακίδων βολφραμικού ασβεστίου.
2. Οι μειωμένοι παράγοντες έκθεσης παρέχουν τη δυνατότητα επιλογής μικρού εστιακού σημείου ανόδου, με συνέπεια τη βελτίωση της οριακής ευκρίνειας της ακτινολογικής εικόνας.
3. Μειώνεται η πιθανότητα ασάφειας λόγω κίνησης.
4. Επιβαρύνεται λιγότερο το περιβάλλον με ακτινοβολία.

- ✓ **Ενισχυτικές πινακίδες διαβαθμιζόμενης ευαισθησίας**

Πρόκειται για πινακίδες που χρησιμοποιούνται όταν το εξεταζόμενο θέμα έχει κατά μήκος του διαφορετικό πάχος (π.χ. το μηριαίο οστόν). Στις πινακίδες αυτές η ταχύτητα αυξάνεται κατά μήκος της ενισχυτικής πινακίδας και το τμήμα με την υψηλότερη ευαισθησία τοποθετείται κάτω από το παχύτερο τμήμα του θέματος.

Η κασέτα φέρει την ένδειξη (+) στο άκρο με την υψηλότερη ευαισθησία και την ένδειξη (-) στο αντίθετο άκρο.

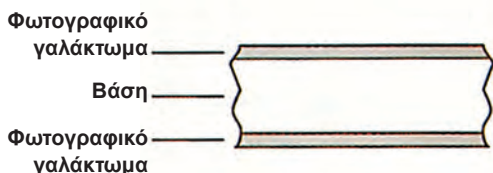
■ 8.3 Ακτινολογικό φιλμ

Το ακτινολογικό φιλμ αποτελεί σήμερα το πιο συνηθισμένο μέσο καταγραφής διαγνωστικών εικόνων. Αποτελείται από ένα διαφανές στρώμα πολυεστέρα, το οποίο καλύπτεται και από τις δύο πλευρές του με φωτοπαθές γαλάκτωμα, πάνω από το οποίο υπάρχει η επένδυση (ζελατίνη).

Τα φιλμ που χρησιμοποιούνται στις περισσότερες ακτινολογικές εξετάσεις είναι επιστρωμένα και στις δύο όψεις τους με φωτοπαθές γαλάκτωμα και λέγονται φιλμ διπλής επίστρωσης.

Σε μία κάθετη τομή ενός κοινού φιλμ διπλής επίστρωσης, διακρίνονται τα εξής μέρη:

- Η **βάση** του φιλμ που βρίσκεται στο μέσο του –συνήθως είναι από πολυεστέρα– η οποία πρέπει να είναι ελαφριά, διαφανής, εύκαμπτη, να μην είναι εύφλεκτη, να μην απορροφά μόρια νερού για να μη διογκώνεται και να μη σπάει.
- Το **συνδετικό στρώμα** που βρίσκεται πάνω και κάτω από τη βάση και στηρίζεται με το γαλάκτωμα μέσω κατάλληλου στρώματος συγκόλλησης. Αυτό είναι απαραίτητο, επειδή μεταξύ βάσης και γαλακτώματος αναπτύσσονται απωθητικές δυνάμεις. Αν δεν υπήρχε το συνδετικό στρώμα, οι δυνάμεις αυτές θα αποκολλούσαν το γαλάκτωμα από τη βάση.



Σχήμα 8.5 Αριστερά σχηματική παράσταση της δομής του ακτινολογικού φιλμ. Στη δεξιά φωτογραφία, απεικονίζεται το φωτογραφικό γαλάκτωμα φιλμ διπλής επίστρωσης. Στην ένθετη κυκλική μεγέθυνση μια μικροφωτογραφία του γαλακτώματος.

- Το **φωτοπαθές γαλάκτωμα** που βρίσκεται πάνω από το συνδετικό στρώμα. Αποτελείται από ζελατίνη στο εσωτερικό της οποίας βρίσκονται κρύσταλλοι αργυραλογόνου που συνήθως είναι χημικές ενώσεις βρωμιούχου αργύρου με μικρές ποσότητες ιωδιούχου αργύρου. Στο στρώμα αυτό δημιουργείται η ακτινολογική εικόνα. Το φωτοπαθές αυτό γαλάκτωμα είναι το κυρίως ευαίσθητο στρώμα του φιλμ, το οποίο διαμορφώνει και αποθηκεύει σε εικόνα τις πληροφορίες που μεταφέρουν τα φωτόνια. Όταν το φωτοπαθές γαλάκτωμα εκτίθεται στο φως ή τις ακτίνες Χ αναπτύσσει οπτική πυκνότητα. Σε μια ακτινογραφία οι περιοχές που έχουν έντονα μαύρο χρώμα –με δυσκολία περνά το φως μέσα από αυτές– χαρακτηρίζονται ως περιοχές με μεγάλη οπτική πυκνότητα, ενώ οι διαφανείς περιοχές χαρακτηρίζονται ως περιοχές χαμηλής οπτικής πυκνότητας.
- Η **επένδυση** που βρίσκεται στην επιφάνεια του φιλμ. Είναι καθαρή ζελατίνη και προστατεύει το φωτοπαθές γαλάκτωμα από διάφορες κακώσεις και ελαφριές πιέσεις που δέχεται όταν χρησιμοποιείται το φιλμ με τα χέρια ή κατά τη διάρκεια της χημικής επεξεργασίας.

Για να είναι οι κρύσταλλοι του γαλακτώματος ευαίσθητοι στο φως, δημιουργούνται κατά την κατασκευή τους σκόπιμα κάποιες δομικές ατέλειες (σφάλματα). Πρόκειται για περιοχές χαμηλής ενέργειας μέσα στο κρυσταλλικό πλέγμα, που ονομάζονται **κέντρα ευαισθησίας**.

Τα κέντρα ευαισθησίας δημιουργούν τις προϋποθέσεις του σχηματισμού της λανθάνουσας εικόνας, δηλ. αυτής της εικόνας που δεν είναι ορατή με γυμνό οφθαλμό, αλλά καθίσταται ορατή μετά την ευαισθητοποίησή της με τη χημική επεξεργασία του φιλμ.

Επομένως κατά το σχηματισμό της λανθάνουσας εικόνας, καταγράφονται οι πληροφορίες στους κόκκους του αργυραλογόνου του φιλμ μετά την έκθεσή του σε ακτινοβολία. Στα παρακάτω κεφάλαια, γίνεται πλήρης αναφορά τόσο στο σχηματισμό της λανθάνουσας εικόνας όσο και στην ανάδειξή της.

Το φωτοπαθές γαλάκτωμα του ακτινογραφικού φιλμ είναι ελάχιστα ευαίσθητο στις ακτίνες Χ και γι' αυτό χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τις ενισχυτικές

πινακίδες. Η γνώση της φασματικής ευαισθησίας²¹ είναι λοιπόν απαραίτητη, αφού θα καθορίσει:

- ✓ την επιλογή των κατάλληλων ενισχυτικών πινακίδων που θα χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με το φιλμ.
- ✓ την επιλογή του χρώματος του φωτός ασφάλειας του σκοτεινού θαλάμου κατά τη χημική επεξεργασία του φιλμ.

Ανάλογα με την ευαισθησία τους τα φιλμ διακρίνονται σε:

1. **Φιλμ μπλε ευαισθησίας:** Ο τύπος αυτός του φιλμ είναι ευαίσθητος στο μπλε φως (τα φιλμ αυτά ονομάζονται και συνήθη ή συμβατικά).
2. **Φιλμ ορθοχρωματικό ή πράσινης ευαισθησίας:** Το φιλμ αυτό χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ενισχυτικές πινακίδες σπανίων γαιών και είναι ευαίσθητο στο μπλε και πράσινο φως.

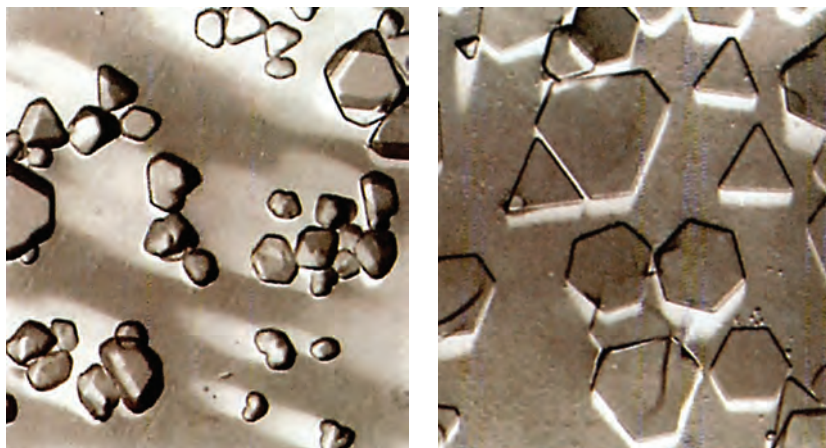
Εκτός από τα φιλμ διπλής επίστρωσης υπάρχουν και **φιλμ μονής επίστρωσης** που φέρουν φωτογραφικό γαλάκτωμα μόνο από τη μία επιφάνεια. Χρησιμοποιούνται στη μαστογραφία και σε εξετάσεις που απαιτείται μεγάλη οριακή ευκρίνεια στην ακτινολογική εικόνα. Χρησιμοποιούνται επίσης για καταγραφή της εικόνας που αναπαράγεται από τον υπολογιστή στην υπολογιστική τομογραφία, τη μαγνητική τομογραφία, την ψηφιακή αγγειογραφία, τους υπέρηχους κ.ά. Με το φιλμ μονής επίστρωσης βελτιώνεται σημαντικά η οριακή ευκρίνεια στην ακτινολογική εικόνα, σε σχέση με τα φιλμ διπλής επίστρωσης. Αυτό συμβαίνει, γιατί η εικόνα δε σχηματίζεται σε δύο επίπεδα· σε αντίθεση με το φιλμ διπλής επίστρωσης στο οποίο γίνεται επιπροβολή των δύο εικόνων. Μ' αυτόν τον τρόπο μειώνεται η ασάφεια που ενδεχομένως προέκυπτε. Απαιτούν όμως περισσότερα ακτινολογικά στοιχεία.

Κατά την τοποθέτηση του φιλμ μονής επίστρωσης στην ειδική ακτινολογική κασέτα στο σκοτεινό θάλαμο, χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, ώστε η μοναδική φωτοευαίσθητη επιφάνεια να είναι τοποθετημένη προς τη μεριά της ενισχυτικής πινακίδας, απ' όπου θα προέλθει και το φως. Συνήθως η μη φωτοευαίσθητη όψη είναι γυαλιστερή, ενώ η φωτοευαίσθητη είναι ματ (θαμπή).

21 Η φασματική ευαισθησία εκφράζει τη μεταβολή του φιλμ σε σχέση με το μήκος κύματος της φωτεινής ακτινοβολίας.

Χαρακτηριστικά φωτογραφικού γαλακτώματος

Δύο διαφορετικά φιλμ, αν δεχθούν την ίδια ποσότητα ακτινοβολίας, μπορεί να μην αναπτύξουν τον ίδιο βαθμό αμαύρωσης²². Το φιλμ που απαιτεί μικρότερη ποσότητα ακτινοβολίας, για να φθάσει στον ίδιο βαθμό αμαύρωσης με το άλλο, χαρακτηρίζεται ως ταχύτερο.



Εικόνα 8.3 Διαφορετικής μορφής κρύσταλλοι φωτογραφικού γαλακτώματος.

Η ταχύτητα του φιλμ εξαρτάται από τον αριθμό των κέντρων ευαισθησίας, την ποιότητα του διαλύματος της εμφάνισης, το πάχος, το μέγεθος, τον αριθμό και την κατανομή των κρυστάλλων του φωτοπαθούς γαλακτώματος.

Η διαφορά ελάχιστης και μέγιστης πυκνότητας δυο γειτονικών περιοχών του φιλμ αποτελεί **την αντίθεση (contrast) του φιλμ**.

Η ικανότητα ενός φιλμ να καταγράφει μεγάλη κλίμακα εντάσεων ακτινοβολίας, και να αποτυπώνει έτσι τις ανατομικές λεπτομέρειες, δείχνει το **εύρος έκθεσης** του φιλμ. Η ικανότητα του φιλμ να αναδεικνύει πολλές αποχρώσεις του γκρι ξεκινώντας από το διάφανο και καταλήγοντας στο μαύρο είναι το **εύρος** (κλίμακα του γκριζου).

Το εύρος και η αντίθεση (contrast) είναι όροι αντιστρόφως ανάλογοι, δηλαδή ένα φιλμ χαμηλού contrast προσφέρει μεγάλο εύρος απεικόνισης, σε αντίθεση με ένα φιλμ υψηλού contrast που προσφέρει περιορισμένο εύρος.

²² Αμαύρωση είναι η καταγραφή της κλίμακας του γκρι στο φιλμ (Gray scale).

Στα σημερινά ακτινολογικά φιλμ το εύρος και η αντίθεση συνυπάρχουν αρμονικά.

Παρατήρηση: Τα σημερινά ακτινολογικά φιλμ είναι μέσης ευαισθησίας και οι παράμετροι της τελικής εικόνας εύρος - contrast ελέγχονται και καθορίζονται:

- ✓ από την ποιότητα - ταχύτητα των ενισχυτικών πινακίδων και
- ✓ από την επιλογή των ακτινολογικών στοιχείων έκθεσης.

Θα πρέπει να τονισθεί, τέλος, ότι το ακτινογραφικό φιλμ παρουσιάζει μία αρχική αμαύρωση πριν ακόμα εκτεθεί στην ακτινοβολία. Αυτή οφείλεται στην αδιαφάνεια της βάσης του φιλμ και στην αμαύρωση ορισμένων κόκκων βρωμιούχου αργύρου χωρίς να εκτεθούν στην ακτινοβολία. Η αμαύρωση αυτή καλείται *ομίχλωση βάσης* (Base fog) και εξαρτάται:

- από την ημερομηνία λήξης του φιλμ που αναγράφεται στην ατομική συσκευασία των 50 ή 100 φύλλων,
- από τη θερμοκρασία και την υγρασία του χώρου αποθήκευσης,
- από την ακτινοβολία του περιβάλλοντος (κοσμική ακτινοβολία, ακτίνες Χ ή ακτινοβολία από ραδιενεργά στοιχεία η οποία μπορεί να φθάσει στο χώρο αποθήκευσης),
- από την ακαταλληλότητα του φωτός ασφάλειας στο σκοτεινό θάλαμο ή την είσοδο λευκού φωτός και
- από τα χημικά διαλύματα εμφάνισης (αυξημένος χρόνος παραμονής του φιλμ στα χημικά ή αυξημένη θερμοκρασία αυτών).

Χώροι αποθήκευσης των φιλμ

Τα μη εκτεθειμένα φιλμ πρέπει να αποθηκεύονται και να διατηρούνται σε χώρο που να πληροί τις παρακάτω συνθήκες:

- ✓ να έχει κατάλληλη σχετική υγρασία και κατάλληλη θερμοκρασία. Λεπτομέρειες αναγράφονται στη συσκευασία τους.
- ✓ να είναι μακριά από τις ακτινοβολίες. Το δωμάτιο φύλαξης και αποθήκευσης πρέπει να βρίσκεται μακριά από τους θαλάμους παραγωγής ακτίνων Χ. Έτσι δε θα φθάνουν στο χώρο αυτό φωτόνια τα οποία είναι δυνατόν να επηρεάσουν τα φιλμ. Επειδή η κοσμική ακτινοβολία είναι διάχυτη και πολύ διεισδυτική και μπορεί να φθάνει σε οποιοδήποτε αθωράκιστο

χώρο, ο πιο κατάλληλος τρόπος για την προστασία του φιλμ από την κοσμική ακτινοβολία είναι η αποθήκευσή του για σύντομο χρονικό διάστημα πριν τη χρησιμοποίησή του.

- ✓ να είναι ο χώρος άνετος για να μην προκύπτουν προβλήματα –πίεση των φιλμ– κατά την αποθήκευση και ταξινόμησή τους. Τα κουτιά συσκευασίας πρέπει να τοποθετούνται πάντοτε σε όρθια θέση.
- ✓ να είναι μακριά από χημικά.

Τα προαναφερθέντα που σχετίζονται με την αποθήκευση των φιλμ πρέπει να τηρούνται έτσι, ώστε οι συνθήκες που απαιτούνται στους χώρους αυτούς να είναι τέτοιες να περιορίζουν αισθητά την ομίχλωσή τους.

Συντήρηση κασέτας

Οι κασέτες μαζί με τις ενισχυτικές πινακίδες είναι σπουδαία βοηθητικά μέσα που επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα της διαγνωστικής εικόνας. Γι' αυτό πρέπει:

1. Να γίνεται **καθαρισμός** των ενισχυτικών πινακίδων σε τακτά χρονικά διαστήματα με κατάλληλο υλικό καθαρισμού.
2. Να ελέγχεται η **καλή επαφή** φιλμ - ενισχυτικών πινακίδων.
3. Να ελέγχεται η **φωτοστεγανότητα** της κασέτας. Αυτό συμβαίνει πιο πολύ στις κασέτες που χρησιμοποιούνται επί κλίνης²³. Εξαιτίας του βάρους του σώματος που ασκείται επάνω της, η κασέτα παραμορφώνεται (στραβώνει) και χάνει τη φωτοστεγανότητά της.

Συχνά πάνω στο ακτινολογικό φιλμ εμφανίζονται σκιάσεις –άσπρες περιοχές– ή διαυγασίες –μαύρες περιοχές– που δεν έχουν καμιά διαγνωστική αξία και μπορεί να δώσουν ψευδενδείξεις (artifacts). Τα σφάλματα αυτά μπορεί να είναι:

- Σφάλματα από ενισχυτικές πινακίδες. Όταν πάνω σ' αυτές υπάρχουν λεκέδες, σκόνη ή τρίχες, είναι δυνατόν να προκληθούν μικρές κηλίδες πάνω στο φιλμ.
- Σφάλματα από τους κυλίνδρους του αυτόματου εμφανιστηρίου. Προκα-

²³ Στα επί κλίνης η ακτινογράφιση των εξεταζόμενων γίνεται στο κρεβάτι τους.

λούνται από τον ελλιπή καθαρισμό των κυλίνδρων του αυτόματου εμφανιστηρίου και εμφανίζονται ως εναλλασσόμενες γραμμοειδείς σκιάσεις και διαυγασίες σε όλο το μήκος του φιλμ.

- Σφάλματα από κακή χημική επεξεργασία που εμφανίζονται ως στίγματα πάνω στο φιλμ.
- Σφάλματα από πίεση που εμφανίζονται ως κηλίδες και προκαλούνται από απερίσκεπτο χειρισμό κατά την τοποθέτηση ή απομάκρυνση του φιλμ από την κασέτα.
- Σφάλματα λόγω στατικού ηλεκτρισμού που προκαλούνται λόγω τριβής και εμφανίζονται ως μικρές διαυγασίες που πολλές φορές παρουσιάζουν διακλαδώσεις (σαν μικρό «δένδρο»). Έτσι λοιπόν κατά την τοποθέτηση του φιλμ στην κασέτα, πρέπει να αποφεύγονται γρήγορες κινήσεις, αφού με την τριβή μπορεί να δημιουργηθεί στατικός ηλεκτρισμός.

■ 8.4 Ψηφιακή ακτινογραφία (Digital Radiography DR)

Τα συστήματα της ψηφιακής ακτινογραφίας διαφέρουν από τα κλασικά συστήματα που χρησιμοποιούν φιλμ - ενισχυτικές πινακίδες στο ότι η μετατροπή



Εικόνα 8.4 Συγκρότημα συστήματος ψηφιακής ακτινογραφίας.

των ακτίνων Χ σε ορατό φως επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός άλλου «μέσου» και όχι με τη χρήση ενισχυτικών πινακίδων.

Ανάλογα με το είδος αυτού του μέσου διακρίνονται 3 βασικές κατηγορίες ψηφιακής ακτινογραφίας:

- ✓ Συστήματα με *φθορίζουσα οθόνη*. Η οθόνη αυτή απορροφά τις ακτίνες Χ και τις μετατρέπει σε ορατό φως.



Εικόνα 8.5 Ενισχυτής εικόνας σε ψηφιακό σύστημα.

- ✓ Συστήματα με *ενισχυτή εικόνας*, όμοιο με αυτό των ακτινοσκοπικών μηχανημάτων. Στην είσοδο του ενισχυτή εικόνας υπάρχει η φθορίζουσα οθόνη, η οποία απορροφά τις ακτίνες Χ και τις μετατρέπει σε ορατό φως. Το φως αυτό προσπίπτει σε φωτοκάθοδο, η οποία το μετατρέπει σε ρεύμα ηλεκτρονίων. Στη συνέχεια τα ηλεκτρόνια, αφού επιταχυνθούν, προσπίπτουν σε φθορίζουσα οθόνη που βρίσκεται στην έξοδο του ενισχυτή και μετατρέπονται σε ορατό φως με ενισχυμένη όμως ένταση.
- ✓ Συστήματα *φωσφόρου αποθήκευσης*. Ο φώσφορος αποθήκευσης που έχει μορφή επίπεδης οθόνης απορροφά τις ακτίνες Χ και αποθηκεύει την ενέργειά τους για χρονικό διάστημα που κυμαίνεται από λίγα λεπτά έως και ημέρες ανάλογα με το είδος του φωσφόρου. Την αποθηκευμένη αυτή ενέργεια την αποδίδει με τη μορφή ορατού φωτός, αφού πρώτα διεγερθεί με μια δέσμη λέιζερ που σαρώνει την επιφάνειά του. Έτσι οι πληροφορίες που μεταφέρει μπορεί να διαβαστούν και αργότερα. Κατά τη διάρκεια του διαβάσματος δεν απελευθερώνεται όλη η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στο φώσφορο. Για να διασφαλιστεί αυτό ο φώσφορος «σβήνεται» με την έκθεσή του σε πολύ φως για μικρό χρονικό διάστημα. Αυτό επιτρέπει τη χρησιμοποίησή του και σε άλλη εξέταση. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι το σύστημα αυτό σε σχέση με τα προηγούμενα έχει την ικανότητα να καταγράψει μεγαλύτερο αριθμό πληροφοριών.

Το φως που εκπέμπεται από τα προαναφερθέντα συστήματα μετατρέπεται με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων σε ηλεκτρικό σήμα, το οποίο στη συνέχεια οδηγείται σε έναν αναλογικό ψηφιακό μετατροπέα, όπου μετατρέπεται σε ψηφιακό. Ακολουθεί επεξεργασία του από ηλεκτρονικό υπολογιστή και αποθήκευσή του σε ψηφιακή μνήμη πριν οδηγηθεί σε ειδική κάμερα για φωτογράφιση ή σε ειδικούς δίσκους αποθήκευσης.

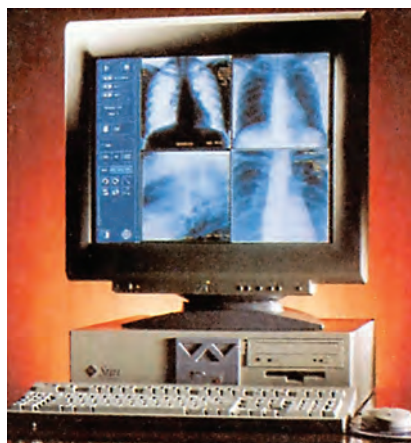
Τελευταία έχουν παρουσιαστεί συστήματα που χρησιμοποιούν ανιχνευτές από άμορφο σελήνιο, μέσω των οποίων οι ακτίνες Χ μετατρέπονται απευθείας σε ηλεκτρικό σήμα.

Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής ακτινογραφίας είναι:

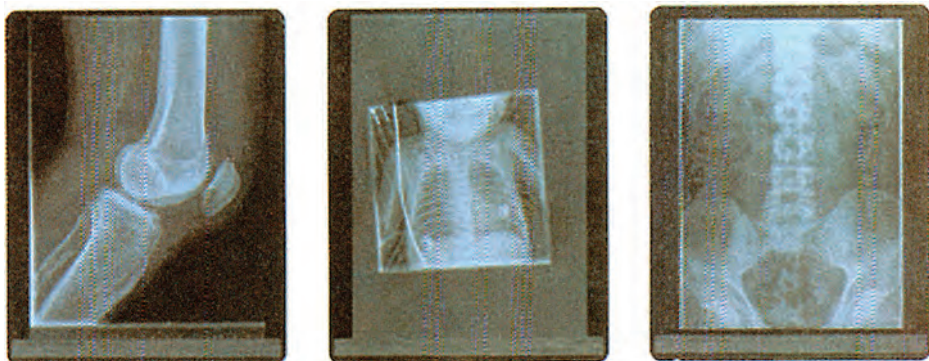
- Παροχή υψηλής ποιότητας εικόνας.
- Δυνατότητα επεξεργασίας της εικόνας, ανεξάρτητα από την αρχική έκθεση του εξεταζόμενου. Μ' αυτόν το τρόπο μειώνεται ο αριθμός των επαναλήψεων. Ακόμα δίνεται η δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινότητας στην τελική εικόνα καθώς και η δυνατότητα ελέγχου μαλακών μορίων και οστών με μια μόνο έκθεση (ρύθμιση της κλίμακας του γκρι).
- Δυνατότητα μεταφοράς μέσω δικτύου ηλεκτρονικών υπολογιστών σε άλλα τμήματα όπως ορθοπεδικό, χειρουργικό καθώς και σε εξωτερικές κλινικές που συνδέονται με το νοσοκομείο. Έτσι η ψηφιακή ακτινογραφία γίνεται προσιτή ακόμα και σε απομακρυσμένες περιοχές.



Εικόνα 8.6 Σύστημα ψηφιακής ακτινογραφίας.

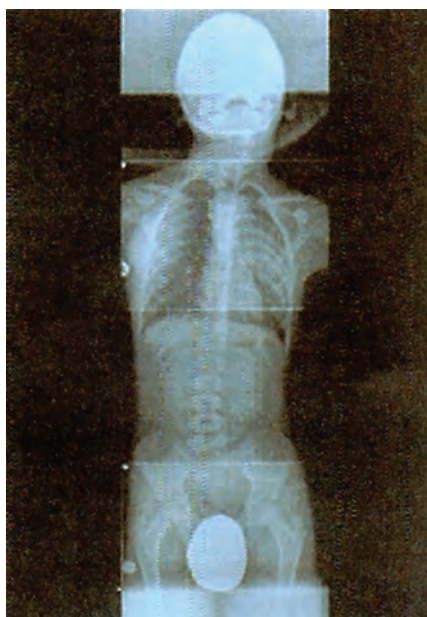


Εικόνα 8.7 Οθόνη και πληκτρολόγιο σε σύστημα ψηφιακής ακτινογραφίας.



Εικόνα 8.8 Ψηφιακές ακτινογραφίες.

- Αύξηση της παραγωγικότητας και εξοικονόμηση χρόνου, αφού οι εικόνες εμφανίζονται ψηφιακά εκεί που έγινε η λήψη και είναι έτοιμες να μπουν στο δίκτυο.
- Δυνατότητα ελάττωσης του κόστους, αν γίνει διάγνωση μόνο από την εμφανιζόμενη στην οθόνη εικόνα και η εκτύπωση σε φιλμ γίνεται μόνο, όταν κρίνεται αναγκαία. Βέβαια η ελάττωση του κόστους θα ήταν ακόμη μεγαλύτερη, αν τα νοσηλευτικά ιδρύματα και τα διαγνωστικά κέντρα διέθεταν οργανωμένο δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών.



Εικόνα 8.9 Σύνθεση ψηφιακών εικόνων.

- Δυνατότητα αποτελεσματικότερης διαχείρισης των εικόνων και των πληροφοριών (ηλεκτρονική βιβλιοθήκη). Έτσι οι εικόνες ούτε χάνονται ούτε μπερδεύονται.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Τα βοηθητικά μέσα για το σχηματισμό της ακτινολογικής εικόνας στην κλασική ακτινολογία είναι οι ακτινολογικές κασέτες που περιέχουν τις ενισχυτικές πινακίδες και τα φιλμ.

Οι κασέτες είναι ειδικές φωτοσταγείς θήκες μέσα στις οποίες τοποθετείται το φιλμ· οι εσωτερικές επιφάνειες καλύπτονται από ενισχυτικές πινακίδες. Οι ενισχυτικές πινακίδες έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν την αόρατη ακτινοβολία Χ σε ορατό φως. Αποτελούνται από στρώμα φθορίζοντος υλικού, το οποίο, όταν πέσουν επάνω του οι ακτίνες Χ, τις απορροφά, διεγείρεται και, κατά την αποδιέγερσή του, εκπέμπει φως· το φως αυτό σταματά να εκπέμπεται ταυτόχρονα με τη διακοπή της διέγερσης από την ακτινοβολία. Το φθορίζον υλικό που χρησιμοποιείται είναι από βολφραμικό ασβέστιο (παλιότερα) ή από σπάνιες γαίες. Η εικόνα η οποία καταγράφεται σε ένα φιλμ που προσβάλλεται από το φως των ενισχυτικών πινακίδων οφείλεται κατά 95% περίπου στο φως των πινακίδων και κατά 5% περίπου στην απευθείας δράση των ακτίνων Χ στο φιλμ.

Το φιλμ είναι το πιο συνηθισμένο μέσο καταγραφής διαγνωστικών εικόνων. Αποτελείται από διαφανές στρώμα πολυεστέρα, το οποίο καλύπτεται και από τις δύο πλευρές με φωτοπαθές γαλάκτωμα και πάνω απ' αυτό υπάρχει η επένδυση (ζελατίνα).

Ανάλογα με την ευαισθησία τους τα φιλμ διακρίνονται σε:

- φιλμ μπλε ευαισθησίας, τα οποία είναι ευαίσθητα στο μπλε φως
- φιλμ ορθοχρωματικά ή πράσινης ευαισθησίας, τα οποία είναι ευαίσθητα στο μπλε και πράσινο φως.

Εκτός από τα φιλμ διπλής επίστρωσης υπάρχουν και φιλμ μονής επίστρωσης.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ



1. Ποια η δομή της ακτινολογικής κασέτας;
2. Αναφέρατε τις σχετικές ενέργειες ως προς τη λειτουργικότητα, τη φροντίδα και συντήρηση κασετών.
3. Ποια είναι η χρησιμότητα των κασετών;
4. Ποια η δομή της ενισχυτικής πινακίδας (Ε.Π.);
5. Αν γίνει απεικόνιση ενός αντικειμένου σε φιλμ κασέτας που έχει Ε.Π. και σε φιλμ που βρίσκεται σε κασέτα που δεν έχει Ε.Π. και αν χρησιμοποιηθούν τα ίδια ακτινολογικά στοιχεία, ποια κατά την άποψή σας θα είναι τα φωτογραφικά αποτελέσματα;
6. Ποια τα πλεονεκτήματα της χρήσης των ενισχυτικών πινακίδων κατά την πραγματοποίηση μιας ακτινογραφίας;
7. Πώς επιτυγχάνεται η αύξηση της ταχύτητας των ενισχυτικών πινακίδων;
8. Σχέση ευαισθησίας Ε.Π. - ακτινολογικών στοιχείων: αν γίνει προβολή ενός αντικειμένου σε φιλμ που βρίσκεται σε κασέτα που τη μια φορά περιέχει απλές και την άλλη υπερευαίσθητες Ε.Π., ποια κατά την άποψή σας τα αποτελέσματα στην ακτινολογική εικόνα;
9. Η ποιότητα της ακτινολογικής εικόνας επηρεάζεται κατά την άποψή σας από τις ενισχυτικές πινακίδες;
10. Αναφέρετε τους τύπους των Ε.Π. και τις εξετάσεις που θα χρησιμοποιηθούν αντίστοιχα. Δικαιολογήστε τη θέση σας.
11. Τι είναι οι ενισχυτικές πινακίδες σπανίων γαιών; Αναφέρετε τα πλεονεκτήματά τους.
12. Ποιο το χαρακτηριστικό των Ε.Π. διαβαθμιζόμενης ευαισθησίας;
13. Γιατί υπάρχει το προστατευτικό επίστρωμα στις Ε.Π.;
14. Αναφέρατε τη δομή ενός φιλμ.

(Συνέχεια)

15. Εξηγήστε γιατί είναι απαραίτητη η γνώση της φασματικής ευαισθησίας του φιλμ.
16. Τι εννοούμε με τον όρο φιλμ μπλε και φιλμ πράσινης ευαισθησίας;
17. Ποια τα πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα του φιλμ διπλής επίστρωσης έναντι του φιλμ μονής επίστρωσης;
18. Τι είναι το φιλμ μονής επίστρωσης και πού χρησιμοποιείται;
19. Κάτω από ποιες συνθήκες πρέπει να αποθηκεύονται και να διατηρούνται τα μη εκτεθειμένα φιλμ;
20. Αναφέρατε ορισμένα σφάλματα που εμφανίζονται στο ακτινολογικό φιλμ και πώς μπορείτε να τα αποφύγετε.
21. Αναφέρατε ορισμένα πλεονεκτήματα της ψηφιακής ακτινογραφίας έναντι της κλασικής.
22. Σε τι διαφέρουν τα συστήματα της ψηφιακής ακτινογραφίας από τα κλασικά συστήματα;
23. Συνδυάστε σωστά τις απέναντι στήλες:

συμβατικά ή συνήθη φιλμ	μπλε και πράσινο φως
ορθοχρωματικά φιλμ	μπλε φως
24. Η χρήση υπερευαίσθητων ενισχυτικών πινακίδων τη δόση του εξεταζόμενου:
 - α. Την αυξάνει
 - β. Τη μειώνει
 - γ. Δεν την επηρεάζει.
25. Λιγότερη απώλεια στη λεπτομέρεια της ακτινολογικής εικόνας παρέχει η χρήση ενισχυτικών πινακίδων:
 - α. Απλών
 - β. Ευαίσθητων
 - γ. Υπερευαίσθητων.

(Συνέχεια)

26. Η συμβολή των ενισχυτικών πινακίδων συνίσταται στα εξής σημεία:
- α. Αύξηση της παραγωγής θερμότητας στη λυχνία
 - β. Αύξηση του χρόνου έκθεσης
 - γ. Μειωμένη έκθεση του εξεταζόμενου
 - δ. Μειωμένη δυνατότητα παραγωγής φωτονίων μεγάλων ενεργειών.
27. Η χρήση των ενισχυτικών πινακίδων σπανίων γαιών έχει ως αποτέλεσμα:
- α. Ο εξεταζόμενος να λαμβάνει περισσότερη ακτινοβολία
 - β. Ο εξεταζόμενος να λαμβάνει λιγότερη ακτινοβολία
 - γ. Να αυξάνεται η πιθανότητα ασάφειας λόγω κίνησης
 - δ. Να χρησιμοποιείται μεγάλο εστιακό σημείο, αφού αυξάνονται οι παράγοντες έκθεσης.
28. Τα φιλμ διπλής επίστρωσης παρέχουν σε σχέση με τα μονής:
- α. Ακτινοπροστασία
 - β. Καλύτερη οριακή ευκρίνεια
 - γ. Καλύτερη απεικόνιση στην ακτινολογική εικόνα
 - δ. Αύξηση των ακτινολογικών στοιχείων.
29. Ο χώρος αποθήκευσης των μη εκτεθειμένων φιλμ πρέπει να βρίσκεται:
- α. μέσα στον ακτινοδιαγνωστικό θάλαμο για εύκολη και γρήγορη πρόσβαση
 - β. σε δροσερό και ξηρό μέρος
 - γ. στο σκοτεινό θάλαμο
 - δ. σ' ένα δωμάτιο σκοτεινό, που να έχει υγρασία.

Ο ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΛΑΝΘΑΝΟΥΣΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ



Στόχοι

Με την ολοκλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου αυτού θα πρέπει:

- Να μπορείς να ορίζεις τι είναι λανθάνουσα εικόνα
- Να γνωρίζεις τι είναι κέντρα ευαισθησίας
- Να εξηγείς πώς γίνεται η μηχανική και πώς η χημική ευαισθητοποίηση του κρυστάλλου του αργυραλογόνου
- Να περιγράφεις τη θεωρία Gerney-Mott για το σχηματισμό της λανθάνουσας εικόνας
- Να εξηγήσεις γιατί η αντίδραση σχηματισμού λανθάνουσας εικόνας λέγεται φωτοχημική.

■ 9.1 Η καταγραφή της απεικόνισης από το φωτογραφικό γαλάκτωμα

Η καταγραφή της απεικόνισης από το γαλάκτωμα γίνεται με τη διάσπαση του αργυραλογόνου κάτω από την επίδραση της ακτινοβολίας (ή του φωτός) που προκαλεί και το διαχωρισμό του αλογόνου από τον άργυρο και τη μετατροπή των ιόντων αργύρου σε μεταλλικό άργυρο. Ο μεταλλικός άργυρος (άργυρος με σθένος = 0) είναι μαύρος, και στην παρουσία του οφείλεται η ύπαρξη μαύρων περιοχών στην ακτινογραφία.

■ 9.2 Ο σχηματισμός της λανθάνουσας εικόνας

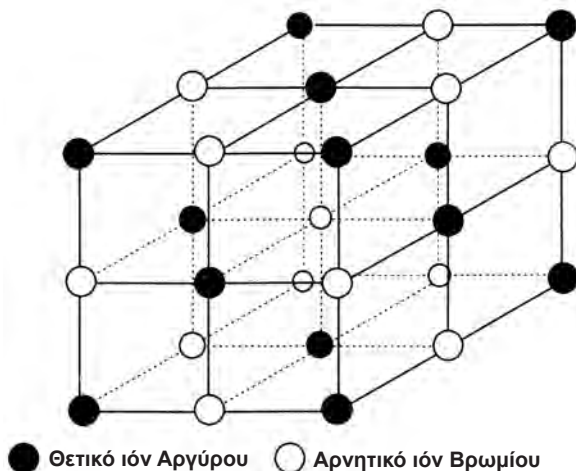
Η λανθάνουσα (=κρυμμένη) εικόνα σχηματίζεται στο φιλμ κατά την έκθεσή του στην ακτινοβολία, αλλά δεν μπορεί να γίνει ορατή από το μάτι παρά μόνο αφού γίνει η χημική επεξεργασία του φιλμ.

Είναι δηλαδή ένα ποιοτικό φαινόμενο, το οποίο, προκειμένου να καταστεί ορατό, χρειάζεται ποσοτική ενίσχυση (δες χημική επεξεργασία φιλμ).

Το αργυραλογόνο σε επίπεδο μορίου είναι δομημένο σε κρυσταλλική μορφή. Άργυρος και αλογόνο βρίσκονται τοποθετημένα σε κανονική δομική διάταξη και σε σταθερές αποστάσεις μεταξύ τους (σχήμα 9.1). Το αλογόνο είναι σε μορφή αρνητικών ιόντων (περίσσειμα ηλεκτρονίων) ενώ ο άργυρος σε μορφή θετικών ιόντων (έλλειμμα ηλεκτρονίων).

Η δομή του κρυστάλλου είναι ευπαθής εξαιτίας τεχνικών σφαλμάτων που σκόπιμα κατά την κατασκευή του γαλακτώματος έχουν προκληθεί. Αυτό ονομάζεται και μηχανική ευαισθητοποίηση του κρυστάλλου.

Τα τεχνικά σφάλματα είναι η απουσία ιόντων αργύρου από τις αναμενόμενες προκαθορισμένες θέσεις τους στον κρύσταλλο. Τα ιόντα αυτά του αργύρου περιφέρονται ανάμεσα στο κρυσταλλικό πλέγμα σε τυχαίες θέσεις και ονομάζονται ιόντα διαπλεγματικού αργύρου. Ακόμα η παρουσία θείου στον κρύσταλλο δημιουργεί θειικό άργυρο, ο οποίος με τη σειρά του αποτελεί ένα σημείο ευπάθειας του κρυστάλλου. Αυτό ονομάζεται χημική ευαισθητοποίηση του κρυστάλλου.



Σχήμα 9.1 Σχηματική αναπαράσταση της κρυσταλλικής δομής του αργυραλογόνου. Το βρώμιο μετέχει σε αναλογία έως και 99%, ενώ σε αναλογία 1% ή και περισσότερη μετέχουν το χλώριο και το ιώδιο. (Δ. Κατσιφαράκης, Αρχές Ακτινογραφικής Απεικόνισης).

Τα ευπαθή σημεία του κρυστάλλου είτε από μηχανική είτε από χημική ευαισθητοποίηση ονομάζονται κέντρα ευαισθησίας.

Τα κέντρα ευαισθησίας είναι περιοχές χαμηλής ενεργειακής στάθμης και λειτουργούν ως παγίδες ηλεκτρονίων.

Πρέπει λοιπόν να θυμάσαι:

Η εικόνα στην ακτινογραφία οφείλεται στη μετατροπή του ιόντος αργύρου σε μεταλλικό άργυρο.

■ 9.3 Η θεωρία των Gurney-Mott

Διατυπώθηκε το 1937 και εξηγεί ικανοποιητικά τον τρόπο σχηματισμού των περιοχών του μεταλλικού αργύρου (άργυρος με σθένος μηδέν).

Η θεωρία αυτή ονομάζεται και κλασική θεωρία ερμηνείας του σχηματισμού της λανθάνουσας εικόνας. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, συμβαίνει μια αντίδραση μεταξύ φωτός και χημικού μορίου, με συνέπεια τις ριζικές μεταβολές στο μόριο του κρυστάλλου. Η αντίδραση αυτή ονομάζεται φωτοχημική.

Η θεωρία των Gurney-Mott περιλαμβάνει μια σειρά διαδοχικών σταδίων που είναι (σχήμα 9.2):

1ο στάδιο:

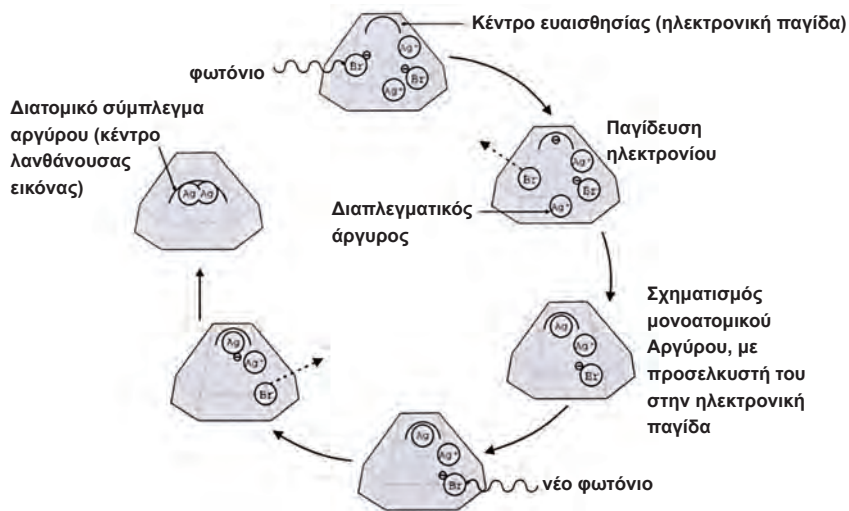
Όταν ένα φωτόνιο ακτινοβολίας X ή φωτός πέσει στον κρύσταλλο του αργυραλογόνου, του προσφέρει ενέργεια και τότε απομακρύνεται το αλογόνο από τον άργυρο. Το αλογόνο -σε μεγάλη αναλογία βρώμιο- βρίσκεται σε ιοντική μορφή με περίσσειμα ενός ηλεκτρονίου.

2ο στάδιο:

Μακριά από την επίδραση του ιόντος αργύρου, το ηλεκτρόνιο που περισσεύει στο βρώμιο έλκεται από το κέντρο ευαισθησίας και παγιδεύεται σ' αυτό. Το βρώμιο σε μορφή ατόμου πλέον καθλώνεται από τη ζελατίνη σε τυχαία θέση.

3ο Στάδιο:

Το ηλεκτρόνιο μέσα στην παγίδα σχηματίζει μια περιοχή με έντονα αρνητικό



Σχήμα 9.2 Η Θεωρία Gurney-Mott σχηματικά. (Δ. Κατσιφαράκης, Αρχές Ακτινογραφικής Απεικόνισης).

φορτίο που ασκεί δυνάμεις στο θετικό ιόν αργύρου και το έλκει στην παγίδα. Στη θέση αυτή μετατρέπεται σε μεταλλικό άργυρο.

4ο στάδιο:

Στην κατάσταση αυτή υπάρχουν 2 πιθανότητες:

- α. επιπλέον ενέργεια φωτονίων είτε θα εκδιώξει το ηλεκτρόνιο από τον άργυρο δημιουργώντας ξανά ένα ιόν αργύρου είτε
- β. ένα άλλο μόριο αργυραλογόνου θα διασπασθεί και με ανάλογο τρόπο θα προκύψει ελεύθερο ηλεκτρόνιο και ιόν αργύρου.

5ο στάδιο:

Το ελεύθερο ηλεκτρόνιο θα παγιδευτεί από το κέντρο ευαισθησίας

6ο στάδιο:

Το κέντρο ευαισθησίας θα έλξει και ιόν αργύρου που θα ενωθεί με το ηλεκτρόνιο και θα σχηματίσει μεταλλικό άργυρο. Θα υπάρχουν συνεπώς 2 άτομα μεταλλικού αργύρου στην παγίδα. Αυτό το διατομικό σύμπλεγμα είναι ισχυρότερο από το μονοατομικό, και με αντίστοιχη διαδικασία το ίδιο επαναλαμβάνεται 3-6 φορές.

Τα κέντρα που έχουν 3-6 άτομα μεταλλικού αργύρου είναι αρκετά σταθερά και αποτελούν τα κέντρα σχηματισμού της λανθάνουσας εικόνας. Η περιοχή γύρω από το κέντρο σχηματισμού λανθάνουσας εικόνας είναι κατεστραμμένη ηλεκτρικά και αυτό δίνει τη δυνατότητα στο χημικό της εμφάνισης -κατά τη χημική επεξεργασία του φιλμ- να δράσει στην περιοχή αυτή επιλεκτικά και να δημιουργήσει ορατή εικόνα, πολλαπλασιάζοντας τα άτομα του μεταλλικού αργύρου.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Η ακτινοβολία Χ φθάνει στις ενισχυτικές πινακίδες και τις διεγείρει σε εκπομπή φωτός. Το φως των πινακίδων αλλά και η ακτινοβολία Χ επιδρούν στο φωτοπαθές γαλάκτωμα του φιλμ.

Το φωτοπαθές γαλάκτωμα αποτελείται από αργυραλογόνο σε κρυσταλλική μορφή. Η κρυσταλλική δομή του αργυραλογόνου έχει ευαισθητοποιηθεί χημικά –με την προσθήκη προσμίξεων θείου και αλογόνου εκτός του βρωμίου– και μηχανικά. Οι ευαισθητοποιημένες περιοχές του κρυστάλλου ονομάζονται κέντρα ευαισθησίας.

Η αντίδραση των κρυστάλλων του αργυραλογόνου και της ακτινοβολίας συμβαίνει στα κέντρα ευαισθησίας και ονομάζεται φωτοχημική. Αποτέλεσμά της είναι η μετατροπή του ιόντος αργύρου σε μεταλλικό άργυρο.

Ο μεταλλικός άργυρος είναι το μαύρο της ακτινογραφίας. Η εικόνα που καταγράφεται είναι αόρατη στο γυμνό μάτι και ονομάζεται λανθάνουσα.

Η θεωρία των Gurney-Mott που διατυπώθηκε το 1937 παρέχει ικανοποιητικές εξηγήσεις για τον σχηματισμό της λανθάνουσας εικόνας.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι ονομάζεται κέντρο ευαισθησίας του φιλμ;
2. Τι είναι η μηχανική ευαισθητοποίηση του κρυστάλλου του αργυραλογόνου;
3. Τι είναι η χημική ευαισθητοποίηση του κρυστάλλου του αργυραλογόνου;
4. Τι ονομάζεται φωτοχημική αντίδραση;
5. Πότε διατυπώθηκε η θεωρία Gurney-Mott;
6. Ποια είναι τα κυριότερα σημεία της θεωρίας Gurney-Mott;
7. Ποια εικόνα ονομάζεται λανθάνουσα, και τι σημαίνει αυτό;

**ΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΦΙΛΜ - ΜΗΧΑΝΙΚΟ
ΕΜΦΑΝΙΣΤΗΡΙΟ - ΣΚΟΤΕΙΝΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ****Στόχοι**

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

- τη χημική επεξεργασία της εμφάνισης του φιλμ και της στερέωσης του φιλμ
- τα συστατικά στοιχεία του εμφανιστή και του στερεωτή
- τον τρόπο παρασκευής των χημικών επεξεργασίας του φιλμ
- τους χημικούς κινδύνους από την επεξεργασία του φιλμ
- τους τρόπους προφύλαξης
- την κατασκευή και τη βασική λειτουργία του μηχανικού εμφανιστηρίου
- τις προδιαγραφές εργασίας στον σκοτεινό θάλαμο.

■ Εισαγωγή

Κατά την έκθεση του φιλμ στην ακτινοβολία δημιουργείται η λανθάνουσα εικόνα. Η εικόνα αυτή είναι αόρατη. Για να γίνει ορατή, χρειάζεται να ακολουθήσει η επεξεργασία του φιλμ σε υγρά χημικά διαλύματα. Η διαδικασία είναι περισσότερο γνωστή ως εμφάνιση του φιλμ, και περιλαμβάνει 3 βασικά διαδοχικά στάδια:

1ο Στάδιο: Εμφάνιση

Η λανθάνουσα εικόνα μέσα στο χημικό διάλυμα της εμφάνισης μετατρέπεται σε ορατή.

2ο Στάδιο: Στερέωση

Εδώ γίνεται η μονιμοποίηση της ορατής εικόνας στο φιλμ ή στερέωση του φιλμ.

3ο Στάδιο: Πλύση και ξήρανση

Το φιλμ ξεπλένεται και στεγνώνει.

Όλη αυτή η διαδικασία συμβαίνει σε ένα σκοτεινό δωμάτιο –το σκοτεινό θάλαμο– στον οποίο βρίσκεται εγκαταστημένο το μηχανικό εμφανιστήριο. Παλαιότερα η χημική επεξεργασία γινόταν σε χειροκίνητο εμφανιστήριο.

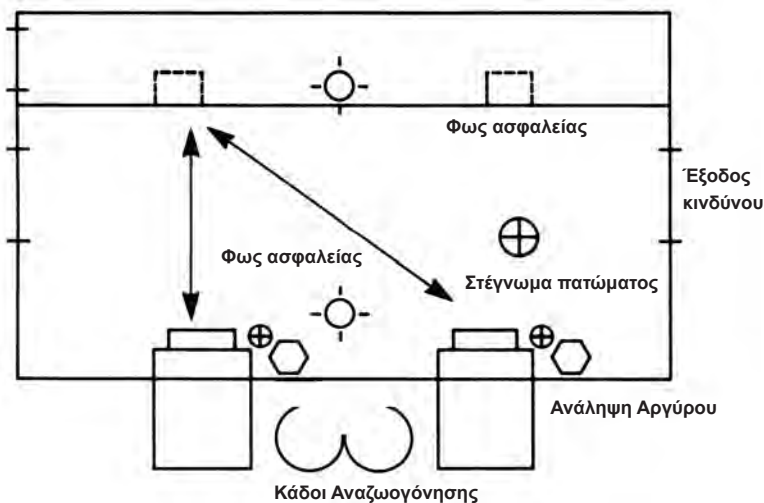
Ανεξάρτητα από το είδος του εμφανιστηρίου, σημαντικότατο ρόλο διαδραματίζουν για τη χημική επεξεργασία η ποιότητα των χημικών διαλυμάτων που χρησιμοποιούνται, η σωστή διάλυσή τους, η ανανέωση και η τακτική συντήρηση του εμφανιστηρίου.

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε το σκοτεινό θάλαμο, το μηχανικό εμφανιστήριο και τα χημικά διαλύματα.

■ 10.1 Σκοτεινός Θάλαμος

Πρόκειται για ένα δωμάτιο που δεν μπορεί να εισχωρήσει φως ημέρας ή φως από άλλο δωμάτιο ή χώρο. Ακόμα και από τη σχισμή της εισόδου στο δάπεδο δεν πρέπει να εισέρχεται φως.

Στον χώρο αυτό γίνεται το γέμισμα της κασέτας με νέο φιλμ μη εκτεθειμένο,



Εικόνα 10.1 Κάτοψη σκοτεινού θαλάμου.

και το άδειασμά της από το εκτεθειμένο φιλμ, το οποίο προορίζεται για χημική επεξεργασία.

Ο σκοτεινός θάλαμος, όταν βρίσκεται σε λειτουργία, πρέπει να έχει ασφαλισμένη τη θύρα εισόδου του από μέσα έτσι, ώστε να μην μπορεί κάποιος απ έξω να την ανοίξει εισερχόμενος και να εκφωτίσει το φιλμ.

Η επικοινωνία με τον εξωτερικό χώρο στην περίπτωση αυτή γίνεται, για μεν τη συνεννόηση με σύστημα ενδοεπικοινωνίας, για δε την προώθηση των κασετών από ειδικές θυρίδες που ανοίγουν κατάλληλα –πάσο– ώστε φως να μην εισχωρήσει στο σκοτεινό θάλαμο.

Μέσα στο σκοτεινό θάλαμο βρίσκονται:

- Θήκες φωτοστεγείς που φυλάσσονται τα φιλμ.
- Η είσοδος τροφοδοσίας με φιλμ του μηχανικού εμφανιστηρίου.
- Πάγκος εργασίας.

Στην περίπτωση που υπάρχει χειροκίνητο εμφανιστήριο, βρίσκεται και αυτό τοποθετημένο εδώ.

Ο σκοτεινός θάλαμος φωτίζεται κατά τη διαδικασία εμφάνισης των φιλμ από φωτιστικά ασφαλείας. Πρόκειται για φωτιστικά σώματα που εκπέμπουν φιλτραρισμένο κόκκινο φως χαμηλής έντασης. Το κόκκινο φως, όταν προέρχεται από φιλτράρισμα μέσω ειδικών φίλτρων, δεν προσβάλλει το φιλμ και δεν επηρεάζει τη λανθάνουσα εικόνα.

Ακόμα ο σκοτεινός θάλαμος, για να είναι ασφαλής χώρος εργασίας για το χειριστή, θα πρέπει να διαθέτει σύστημα εξαερισμού, ώστε να εξασφαλίζονται πέντε πλήρεις ανανεώσεις του αέρα του δωματίου σε διάρκεια μιας ώρας.

Προσοχή εδώ: να μη συγχέεται η λειτουργία κλιματιστικού με τον εξαερισμό του χώρου. Το κλιματιστικό μηχάνημα ανακυκλώνει τον αέρα που υπάρχει στο χώρο αλλά δεν τον ανανεώνει. Για το λόγο αυτό, αναζητήστε, πριν εργαστείτε σε σκοτεινό θάλαμο, τις προδιαγραφές ανανέωσης του αέρα και μην αρκεστείτε μόνον στην πιθανή ύπαρξη κλιματιστικού.

Ο σκοτεινός θάλαμος πρέπει να διαθέτει και ηλεκτρικό λευκό φως με λαμπτήρα πυράκτωσης που να ανάβει, όταν το θελήσουμε, για να γίνουν εργασίες καθαριότητας και συντήρησης. Η ύπαρξη λαμπτήρων φθορισμού λευκού φωτός για φωτισμό του σκοτεινού θαλάμου πρέπει να αποφεύγεται, επειδή μερικές

φορές οι λαμπτήρες –έστω και σβηστοί– εξακολουθούν αμυδρά να φθορίζουν και αυτό μπορεί να προκαλέσει ανάπτυξη ανεπιθύμητης πυκνότητας στο φιλμ.

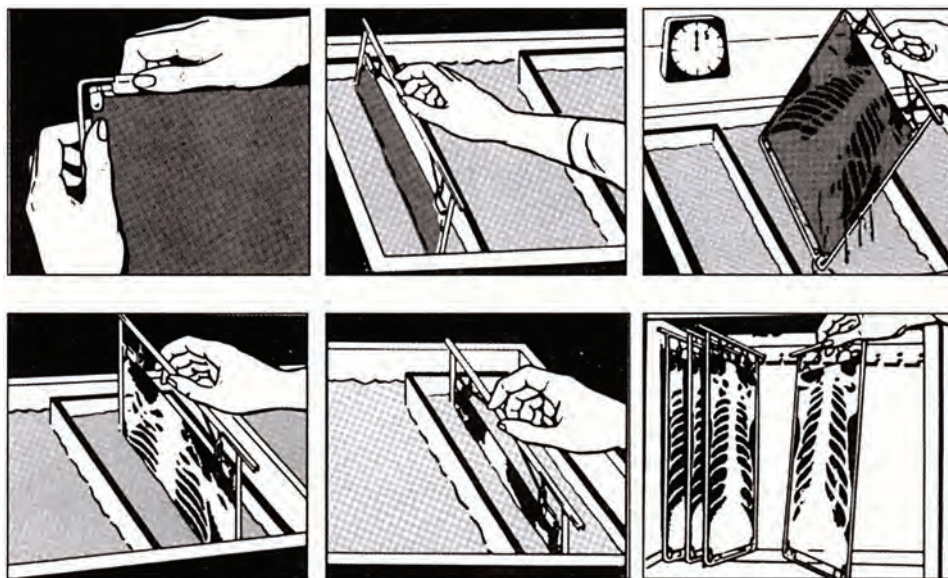
■ 10.2 Συσκευές χημικής επεξεργασίας του φιλμ

Αφού εκτεθεί στην ακτινοβολία, χρειάζεται να επακολουθήσει χημική επεξεργασία του φιλμ προκειμένου να αναδειχθεί η ακτινογραφική απεικόνιση.

10.2.1 Χειροκίνητο εμφανιστήριο

Η χημική του επεξεργασία αρχικά γινόταν σε κάδους χημικών σε σκοτεινό δωμάτιο και κρατώντας το φιλμ κρεμασμένο σε συρμάτινα πλαίσια, ο χειριστής το βουτούσε με τη σειρά στους κάδους: Της εμφάνισης, της ενδιάμεσης πλύσης –περιείχε νερό–, της στερέωσης και της τελικής πλύσης –ο οποίος περιείχε νερό με συνεχή ροή. Τέλος το φιλμ ήταν έτοιμο να τοποθετηθεί σε θερμό θάλαμο όπου στέγνωνε.

Η διαδικασία αυτή ήταν χειροκίνητη, χρονοβόρα και πολύ επιβαρυντική για



Εικόνα 10.2 Χειροκίνητη διαδικασία εμφάνισης.

την υγεία των χειριστών. Μια πλήρης διαδικασία χημικής επεξεργασίας ενός φιλμ διαρκούσε 60-80 λεπτά της ώρας.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1960 κατασκευάστηκαν τα μηχανικά εμφανιστήρια. Αυτά διευκόλυναν τη διαδικασία, επιτάχυναν τους χρόνους της χημικής επεξεργασίας και αύξησαν την παραγωγικότητα στα ακτινολογικά εργαστήρια.

Με την είσοδο των μηχανικών εμφανιστηρίων άρχισε να αποσύρεται η χρήση των χειροκίνητων. Σήμερα δε χρησιμοποιούνται πλέον σε κανένα νοσοκομείο ή κέντρο Υγείας, εκτός από περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Η χρήση τους παραμένει σε μερικά κέντρα για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Στη συνέχεια θα δούμε την κατασκευή και τον τρόπο λειτουργίας των μηχανικών εμφανιστηρίων.



Εικόνα 10.3 Φωτογραφία εξωτερικού τμήματος μηχανικού εμφανιστηρίου.

10.2.2. Η κατασκευή και λειτουργία του μηχανικού εμφανιστηρίου

Το μηχανικό εμφανιστήριο αποτελείται από ηλεκτρικά μέρη και μηχανισμούς που εξασφαλίζουν την προώθηση του φιλμ μέσα από τους κάδους της χημικής επεξεργασίας, τη σταθερή θερμοκρασία και την αναζωογόνηση των χημικών διαλυμάτων στους κάδους. Στη συνέχεια περιγράφονται τα μέρη αυτά.

10.2.3. Η τροφοδοσία του μηχανήματος με φιλμ

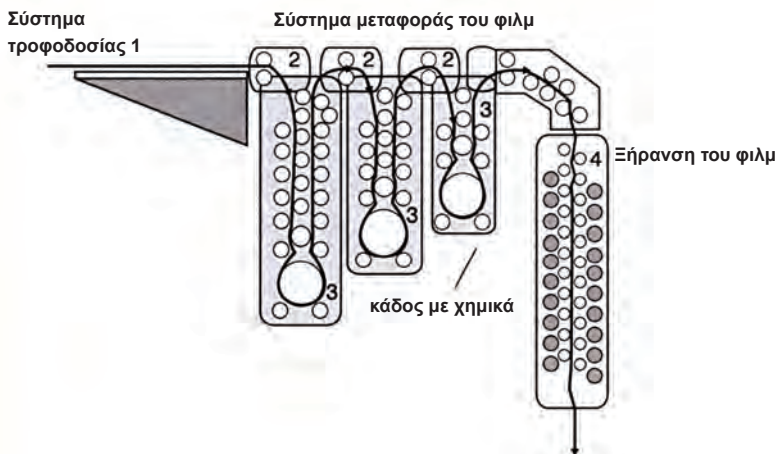
Το φιλμ εισέρχεται στο εμφανιστήριο από μια μακρόστενη σχισμή. Κατά μήκος της σχισμής σε μικρά διαστήματα υπάρχουν ειδικοί ανιχνευτές –που ανάλογα με τη διάσταση του φιλμ– δίνουν εντολή στις αντλίες αναζωογόνησης να αντλήσουν συγκεκριμένη ποσότητα φρέσκου χημικού προς τους κάδους εμφάνισης και στερέωσης.

Επιπλέον το σύστημα τροφοδοσίας ελέγχει και το χρόνο που απαιτείται να παρέλθει από την είσοδο ενός φιλμ έως την είσοδο του επομένου και με ηχητικό

σήμα και φωτεινή ένδειξη ειδοποιεί για την ασφαλή τροφοδότηση του μηχανήματος με το επόμενο φιλμ.

10.2.4. Η προώθηση του φιλμ μέσα στους κάδους χημικής επεξεργασίας με το σύστημα των κυλίνδρων προώθησης

Μόλις το φιλμ εισέλθει στη σχισμή εισόδου του συστήματος τροφοδοσίας, οι αισθητήρες ερεθίζονται και το σύστημα μεταφοράς τίθεται σε λειτουργία. Ένα σύστημα κυλίνδρων μεταφοράς αναλαμβάνει να οδηγήσει το φιλμ μέσα από το λουτρό της εμφάνισης που βρίσκεται στον πρώτο κάδο και στη συνέχεια να το προωθήσει σε ένα σύστημα κυλίνδρων αποστράγγισης που θα απομακρύνουν το χημικό διάλυμα της εμφάνισης, που μεταφέρει το φιλμ. Στη συνέχεια ένα δεύτερο σύστημα κυλίνδρων θα οδηγήσει το φιλμ στον κάδο της στερέωσης και θα το προωθήσει μέσα από αυτόν, ώστε το φιλμ να υποστεί τη διαδικασία της στερέωσης. Στη συνέχεια ακολουθούν οι κύλινδροι αποστράγγισης και ένα τρίτο σύστημα κυλίνδρων μεταφοράς θα αναλάβει να οδηγήσει το φιλμ μέσα από τον κάδο πλύσης, όπου το φιλμ ξεπλένεται με νερό από το δίκτυο ύδρευσης.



Εικόνα 10.4 Σχηματικό διάγραμμα κάθετης τομής μηχανικού εμφανιστηρίου, και πορείας του φιλμ σε αυτό. 1: σύστημα τροφοδοσίας με φιλμ, 2: σύστημα μεταφοράς του φιλμ, 3: κάδος με χημικά, 4: ξήρανση του φιλμ. (Δ. Κατσιφαράκης, Αρχές Ακτινογραφικής Απεικόνισης).

Κατόπιν ένα ακόμα σύστημα κυλίνδρων –αφού αποστραγγίσει το φιλμ από το νερό– θα το αναγκάσει να περάσει από ένα σύστημα ξήρανσης.

10.2.5. Ο έλεγχος της σταθερής θερμοκρασίας στον κάδο της εμφάνισης

Η σταθερή θερμοκρασία του λουτρού της εμφάνισης είναι πολύ σημαντική για την επιτυχή επεξεργασία της ακτινογραφίας κάτω από ελεγχόμενες σταθερές συνθήκες. Μεταβολή της θερμοκρασίας εμφάνισης –έστω και κατά 1 βαθμό Κελσίου– θα επηρεάσει την αναμενόμενη αντίθεση της ακτινογραφίας.

Η θερμοκρασία στον κάδο εμφάνισης ρυθμίζεται σε μια συγκεκριμένη τιμή στην περιοχή μεταξύ 32-36°C.

Σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του εμφανιστηρίου πρέπει η συγκεκριμένη τιμή να παραμένει σταθερή.

Το χημικό στον κάδο της εμφάνισης φθάνει στην επιθυμητή θερμοκρασία θερμαινόμενο με μια ηλεκτρική αντίσταση που βρίσκεται βυθισμένη στον κάδο της εμφάνισης. Ένας θερμοηλεκτρικός αισθητήρας αναλαμβάνει να θέσει σε λειτουργία ή να διακόψει τη λειτουργία της αντίστασης, όταν το χημικό υπολείπεται ή έχει φθάσει στη θερμοκρασία λειτουργίας αντίστοιχα.

Ταυτόχρονα μια αντλία ανάδευσης αναλαμβάνει να μετακινεί διαρκώς τη μάζα του χημικού της εμφάνισης μέσα στον κάδο προκειμένου και η θερμοκρασία να παραμένει ομοιόμορφη σε κάθε περιοχή του χημικού –και στα ανώτερα και στα κατώτερα στρώματα του κάδου– αλλά και η ανάμιξη του χημικού του κάδου με αυτό που φθάνει από το σύστημα της αναζωογόνησης να γίνεται επίσης ομοιόμορφα.

10.2.6. Το σύστημα αναζωογόνησης των χημικών

Η διέλευση του φιλμ μέσα από τους κάδους του εμφανιστηρίου μειώνει και τον όγκο των χημικών των κάδων και την δραστηρότητά τους. Για να παραμένουν σταθερά όγκος και δραστηρότητα, είναι αναγκαίο το σύστημα αναζωογόνησης το οποίο να μπορεί να αναπληρώνει με την κατάλληλη ποσότητα και με σταθερή ποιότητα τις απώλειες.

Το σύστημα αναζωογόνησης αποτελείται από τους κάδους και τις αντλίες αναζωογόνησης. Οι κάδοι είναι μεγάλης χωρητικότητας, τουλάχιστον 20 λίτρων

ο καθένας και είναι φυσικά διαφορετικός για το χημικό της εμφάνισης και διαφορετικός για το χημικό της στερέωσης.

Οι αντλίες αναζωογόνησης δέχονται ηλεκτρικά ερεθίσματα από τους αισθητήρες εισόδου του φιλμ στον κάδο με τους κυλίνδρους μεταφοράς της κι ανάλογα με τις διαστάσεις του φιλμ αντλούν χημικό από τους κάδους αναζωογόνησης στους κάδους της εμφάνισης και στερέωσης αντίστοιχα.

Το χημικό εισέρχεται στους κάδους επεξεργασίας του φιλμ και αναγκάζει αντίστοιχη ποσότητα χημικού –το οποίο υπάρχει ήδη στους κάδους– να διαφύγει μέσω σωλήνα υπερχειλίσης προς την αποχέτευση.

10.2.7. Το σύστημα ξήρανσης και απαγωγής των αναθυμιάσεων

Παλαιότερα χρησιμοποιούταν σύστημα ηλεκτρικών αντιστάσεων και ανεμιστήρας που προωθούσε αέρα μέσω των αντιστάσεων.

Σε περισσότερα σύγχρονα εμφανιστήρια χρησιμοποιείται σύστημα υπερύθρων ακτίνων. Αυτό προσφέρει οικονομία στην κατανάλωση ρεύματος και συντομία στο χρόνο προθέρμανσης. Τέλος το σύστημα απαγωγής των αναθυμιάσεων απάγει τις πτητικές ουσίες μέσα από το σώμα του εμφανιστηρίου και τις προωθεί με τουρμπίνα στον εξωτερικό χώρο του κτηρίου.

■ 10.3. Χημικά διαλύματα επεξεργασίας του φιλμ

Ιδιότητες –συστατικά-βιομηχανική μορφή–, κίνδυνοι και προφυλάξεις από τη χρήση τους.

10.3.1. Το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας του φιλμ: η εμφάνιση της εικόνας

Ο σχηματισμός της λανθάνουσας εικόνας είναι ένα ποιοτικό φαινόμενο.

Η μετατροπή της λανθάνουσας εικόνας σε ορατή είναι ποσοτικό φαινόμενο και γίνεται από τον εμφανιστή. Πρόκειται για ένα υδατικό διάλυμα χημικών ουσιών του οποίου η δράση ενισχύει το αποτέλεσμα της έκθεσης στους κρυστάλλους του αργυραλογόνου.

Για να χρησιμοποιηθεί ένα χημικό διάλυμα ως εμφανιστής πρέπει να έχει δύο βασικές ιδιότητες:

Μετατρεπτικότητα:

Ο εμφανιστής περιέχει αναγωγικά στοιχεία που μπορούν να μετατρέψουν τους κρυστάλλους του εκτεθέντος αργυραλογόνου σε μεταλλικό άργυρο. Αυτό γίνεται με εκχώρηση ηλεκτρονίων από τον εμφανιστή στον κρύσταλλο του αργυραλογόνου.

Εκλεκτικότητα:

Είναι η ικανότητα των δραστικών στοιχείων του εμφανιστή να συμπεριφέρονται διαφορετικά στους εκτεθέντες κρυστάλλους του αργυραλογόνου μετατρέποντάς τους σε μεταλλικό άργυρο απ' ό,τι στους μη εκτεθέντες κρυστάλλους και να μην επιδρούν σ' αυτούς.

10.3.2. Συστατικά στοιχεία εμφανιστή για μηχανικό εμφανιστήριο

Ένας εμφανιστής συστήματος PQ αποτελείται από:

1. Φαινιντόνη

Η φαινιντόνη είναι ουσία που δρα πολύ γρήγορα πάνω στους εκτεθέντες κρυστάλλους του αργυραλογόνου και τους μετατρέπει σε μεταλλικό άργυρο.

Είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη των ενδιαμέσων τόνων του γκρι στην ακτινογραφία.

2. Υδροκινόνη

Αυτή δρα λίγο αργότερα από τη φαινιντόνη στους εκτεθειμένους κρυστάλλους. Είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη τόνων υψηλής πυκνότητας της ακτινογραφίας. Πρόκειται για πολύ ευαίσθητη και ευπαθή ουσία. Εύκολα οξειδώνεται από τον αέρα και το χημικό της μόριο καταστρέφεται και από την παρατεινόμενη ανάδευση (ανακάτωμα) αλλά και κατά την κρούση.

Η καταστροφή των ιδιοτήτων της υδροκινόνης ισοδυναμεί με καταστροφή του εμφανιστή.

Έτσι, η υδροκινόνη αποτελεί το δείκτη της κατάστασης του εμφανιστή.

3. Επιταχυντής

Ο ρόλος του είναι να δημιουργήσει ένα σταθερό αλκαλικό περιβάλλον (pH 9.5 -11.5) μέσα στο οποίο ενεργοποιείται η υδροκινόνη. Συνήθως χρησιμοποιείται το υδροξείδιο του καλίου (KOH).

4. Αντιομιχλωτικό

Αποτρέπει το σύστημα εμφανιστή από το να δρα πάνω σε μη εκτεθειμένους κρυστάλλους αργυραλογόνου. Έτσι έχει ανασχετική δράση. Χρησιμοποιείται είτε η βενζοτρίαζόλη είτε το βρωμιούχο κάλιο.

5. Συντηρητικό

Προστατεύει το P-Q σύστημα από την οξειδωτική δράση του αέρα. Συνήθως χρησιμοποιείται το θειούχο νάτριο και θειούχο κάλιο.

6. Σκληρυντικό

Προστατεύει τη διογκωμένη ζελατίνη του γαλακτώματος του φιλμ από τις κακώσεις κατά τη διέλευση του φιλμ μέσα από τους κυλίνδρους του εμφανιστηρίου. Ως σκληρυντής χρησιμοποιείται η γλουταραλδεΐδη και το οξικό οξύ.

7. Starter

Το starter χρησιμοποιείται μόνο στον κάδο της εμφάνισης, στον οποίο βρίσκονται οι κύλινδροι του εμφανιστηρίου και ποτέ στον κάδο της αναζωογόνησης. Μετά από ένα γενικό καθαρισμό του εμφανιστηρίου είναι φυσικό στον κάδο των κυλίνδρων της εμφάνισης να υπάρχει φρέσκος εμφανιστής.

Το φρέσκο διάλυμα του εμφανιστή έχει κατά μία μονάδα περίπου υψηλότερο pH από το pH που θα έχει το ίδιο διάλυμα μετά την εμφάνιση λίγων δεκάδων φιλμ ή το ίδιο διάλυμα αρκετές ώρες μετά.

Έτσι ο ρόλος του starter συνίσταται στο να επιτυγχάνει «τεχνητή παλαίωση» του φρέσκου εμφανιστή.

Ως starter χρησιμοποιείται διάλυμα ιόντων βρωμίου με τη μορφή Βρωμιούχου Καλίου σε μίγμα με οξικό οξύ.

10.3.3. Βιομηχανική μορφή του εμφανιστή - η διάλυσή του

Από τους κατασκευαστές χημικών διαλυμάτων ο εμφανιστής διατίθεται σε συσκευασία συμπυκνωμένου υγρού διαλύματος σε περιεχόμενο 3 διαφορετικών φιαλών:

Μιας μεγάλης 5 λίτρων περίπου γνωστής σαν ΜΕΡΟΣ Α και δύο μικρών των 250 ml περίπου η κάθε μία, με ενδείξεις ΜΕΡΟΣ Β και ΜΕΡΟΣ Γ.

Η σωστή διάλυση των τριών αυτών φιαλών σε νερό δίνει ποσότητα εμφανιστή 20 λίτρων έτοιμου για χρήση.

Για τον τρόπο της διάλυσης των χημικών και για τις συνθήκες χρησιμοποίησης του έτοιμου διαλύματος απαραίτητα και σχολαστικά πρέπει να ακολουθούνται οι οδηγίες του κατασκευαστή.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο τρόπος της διάλυσης της φιάλης με το ΜΕΡΟΣ Β που περιέχει φαινιντόνη.

Η φαινιντόνη είναι αδιάλυτη στο νερό. Για να διαλυθεί χρειάζεται να αναμειχθεί με αιθυλενογλυκόλη.

Για το λόγο αυτό ποτέ μην ρίξετε στο νερό το μέρος Β χωρίς προηγουμένως να έχει διαλυθεί το μέρος Α.

Ακόμα ποτέ μην ρίξετε ταυτόχρονα το μέρος Α και το μέρος Β στο νερό. Η φαινιντόνη θα μείνει αδιάλυτη στον πάτο του δοχείου. Ένας τέτοιος εμφανιστής είναι άχρηστος.

Επιπλέον: Μη διαλύετε φρέσκα χημικά σε δοχεία που έχουν πολύ παλιά χημικά ή σε βρώμικα δοχεία που έχουν στα τοιχώματά τους πιτσιλιές παλιών χημικών, οι οποίες αναγνωρίζονται εύκολα σαν καφέ κηλίδες. Τα χημικά θα οξειδωθούν πολύ γρήγορα και οι ακτινογραφίες δεν θα έχουν αντίθεση. Καθαρίστε προηγουμένως καλά το δοχείο. Ποτέ μην αφήνετε ξεσκέπαστο το δοχείο της αναζωογόνησης.

Όταν διαλύετε χημικά, η ανάδευση πρέπει να γίνεται ομαλά χωρίς βίαιες αναταράξεις. Θυμηθείτε ότι η υδροκινόνη είναι πολύ ευαίσθητη. Πάντα αναδεύετε πριν προσθέσετε το επόμενο μέρος. Στο τέλος αναδεύστε για δύο τουλάχιστον λεπτά ολόκληρο το διάλυμα.

Τα άδεια δοχεία των χημικών πρέπει να καταστρέφονται για να μην χρησιμοποιηθούν για αποθήκευση και μεταφορά νερού ή άλλων πόσιμων υγρών.

Τέλος μην χρησιμοποιείτε χημικά αυτόματου εμφανιστηρίου σε χειροκίνητο εμφανιστήριο· οι προδιαγραφές λειτουργίας τους είναι εντελώς διαφορετικές.

10.3.4. Το δεύτερο στάδιο επεξεργασίας του φιλμ: στερέωση της εικόνας

Ο ρόλος του χημικού της στερέωσης είναι να απομακρύνει γρήγορα τους μη εκτεθειμένους κρυστάλλους από το φιλμ αλλά να μην δράσει πάνω στο μεταλλικό άργυρο, στον οποίο και οφείλεται η ύπαρξη της εικόνας.

Ο χρόνος του σταδίου της στερέωσης είναι κατά κανόνα ο διπλάσιος του χρόνου της εμφάνισης.

Σε ένα εμφανιστήριο 90 δευτερολέπτων, 20 δευτερόλεπτα διατίθενται για την εμφάνιση και 40 για τη στερέωση.

Τα συστατικά στοιχεία του στερεωτή είναι:

1. Στερεωτικό

Ως στερεωτικό χρησιμοποιείται, είτε το θειοθειικό αμμώνιο είτε το θειοθειικό νάτριο.

2. Οξύ

Ο ρόλος του είναι να δημιουργεί όξινο περιβάλλον. Μέσα στο περιβάλλον αυτό ουδετεροποιείται το φιλμ που μόλις έρχεται από το αλκαλικό περιβάλλον του διαλύματος της εμφάνισης.

Χρησιμοποιείται το οξικό οξύ σε συνδυασμό με χλωριούχο αργίλιο σαν σκληρυντής (αργίλιο = αλουμίνιο) ή θειικό οξύ με θειικό αργίλιο σαν σκληρυντής.

3. Ρυθμιστικό διάλυμα pH

Το ρυθμιστικό διάλυμα στον στερεωτή είναι το οξικό οξύ σε συνδυασμό με το συντηρητικό.

4. Συντηρητικό

Το συντηρητικό χρησιμοποιείται για να αποτρέψει τη διάσπαση του στερεωτικού μέσα από τη δέσμευση των παραγώγων θείου στο διάλυμα. Ως συντηρητικό χρησιμοποιείται το θειικό νάτριο ή κάλιο.

Επιπλέον οι ενώσεις αυτές προστατεύουν το διάλυμα από την οξειδωση κατά την επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα.

5. Σκληρυντικό

Ο ρόλος του σκληρυντικού είναι να προετοιμάσει το φιλμ για να περάσει στο δοχείο των κυλίνδρων της τελικής πλύσης και του στεγνώματος.

Εάν δεν υπάρχει καθόλου σκληρυντής ή υπάρχει σε μικρή ποσότητα στο διάλυμα της στερέωσης, τότε μπορεί να κολλήσει το φιλμ στην είσοδο του χώρου της ξήρανσης στο μηχανικό εμφανιστήριο.

Σκληρυντής χλωριούχου αργιλίου συνδυάζεται με οξικό οξύ.

Σκληρυντής θειικού αργιλίου συνδυάζεται με θειικό οξύ.

6. Διαλύτης

Πάντα χρησιμοποιείται νερό από το δίκτυο της ύδρευσης.

10.3.5. Βιομηχανική μορφή στερεωτή - διάλυση

Συνήθως ο στερεωτής υπάρχει σε συμπυκνωμένο διάλυμα δύο δοχείων, σαν ΜΕΡΟΣ Α που περιέχει το στερεωτικό, το οξύ, το ρυθμιστικό διάλυμα (buffer) και το συντηρητικό και το ΜΕΡΟΣ Β που περιέχει το σκληρυντή και οξύ.

Κατά την παρασκευή του διαλύματος της στερέωσης πρέπει να τηρούνται συστηματικά και αυστηρά οι οδηγίες του κατασκευαστή.

Απαραίτητα πρέπει αυτός που παρασκευάζει το διάλυμα της στερέωσης στο εμφανιστήριο να φοράει ελαστικά γάντια, πλαστική μπλουζα και προστατευτικά πλαστικά γυαλιά.

Είναι πολύ συνηθισμένο στα ακτινολογικά τμήματα να μην τηρούνται οι προφυλάξεις αυτές, ωστόσο είναι εύκολο να προκληθούν σε κάποιον εγκαύματα ή αλλεργία (δερματίτιδα) από μόλυνση κατά την παρασκευή του στερεωτή.

Ιδιαίτερα επικίνδυνο είναι να πιτσιλιστεί το μάτι από στερεωτή. Αν πιτσιλιστείτε με στερεωτή, χρειάζεται προσεκτικό πλύσιμο του ματιού με συχνή ροή νερού για 5 τουλάχιστον λεπτά και στη συνέχεια επίσκεψη στον οφθαλμίατρο. Σε διαφορετική περίπτωση μπορεί να συμβεί τύφλωση. Ποτέ δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ο ίδιος αναδευτήρας κατά την παρασκευή εμφάνισης και στερέωσης. Όταν παρασκευάζεται το ένα διάλυμα, ο κάδος του άλλου πρέπει να είναι σκεπασμένος, γιατί εύκολα μπορεί να πιτσιλιστεί το ένα διάλυμα από το άλλο. Λίγες σταγόνες στερέωσης αρκούν για να καταστρέψουν ένα δοχείο με αρκετά λίτρα εμφανιστή εξαιτίας του διαφορετικού pH.

Η ανάμιξη εμφανιστή με στερεωτή απελευθερώνει αέριο αμμωνία, η οποία

είναι ιδιαίτερα τοξική, αν εισπνευσθεί. Έτσι ποτέ δεν πρέπει να αδειάζονται ταυτόχρονα δοχεία με εμφανιστή και στερεωτή στην αποχέτευση, μιας και θα παραχθεί αμμωνία.

Επιβάλλεται η παρασκευή χημικών να γίνεται πάντα σε χώρο που εξαερίζεται πολύ καλά.

10.3.6. Τελική πλύση - στέγνωμα του φιλμ

Η τελική πλύση του φιλμ στο μηχανικό εμφανιστήριο γίνεται με συνεχή ροή νερού της βρύσης. Σκοπός της είναι να απομακρύνει όλα τα ευδιάλυτα άλατα που έχουν απομείνει από τη στερέωση.

Το στέγνωμα ή ξήρανση γίνεται είτε με θερμό αέρα είτε με υπέρυθρες ακτίνες.

Σκοπός είναι η γρήγορη απομάκρυνση του νερού της τελικής πλύσης για την άμεση παρατήρηση της ακτινογραφίας μόλις βγει από το εμφανιστήριο χωρίς να υποστεί κακώσεις, όπως θα συνέβαινε, αν ήταν βρεγμένο.

■ 10.4. Κίνδυνοι κατά τη διάλυση των χημικών

Τα χημικά πρέπει να διαλύονται σε καλά αεριζόμενο χώρο και μετά να μεταφέρονται στο σκοτεινό θάλαμο. Πάντα κατά τη διάλυση των χημικών πρέπει τα χέρια να προστατεύονται με πλαστικά γάντια και τα μάτια με προστατευτικά γυαλιά, για να αποφευχθεί ο κίνδυνος εκτίναξης σταγόνων.

Στον εμφανιστή τα μέρη Α & Β μπορούν να προκαλέσουν εγκαύματα στο δέρμα ή αλλεργίες. Το μέρος Γ μπορεί να προκαλέσει ερεθισμό.

Στη συνέχεια δίνεται ένας πίνακας που περιέχει τα στοιχεία κάθε μέρους διαλύματος και τους κινδύνους που μπορούν να προκαλέσουν.

Α	Προκαλεί εγκαύματα	Υδροκινόνη, συντηρητικό, επιταχυντή
Β	Προκαλεί εγκαύματα	Φαινιντόνη, αιθυλενογλυκόλη, ανασχετικό
Γ	Προκαλεί ερεθισμό	Οξικό οξύ γλουταρελδεϋδη

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Ο σκοτεινός θάλαμος είναι ο χώρος επεξεργασίας των φιλμ και της φόρτωσης-εκφόρτωσης των κασετών με φιλμ και επικοινωνεί με τον εξωτερικό χώρο, όταν λειτουργεί μόνο μέσω ειδικής θυρίδας· το πάσο.

Είναι σημαντικό ο σκοτεινός θάλαμος να φωτίζεται με κατάλληλο φωτιστικό ασφαλείας κόκκινου φωτισμού και να εξαερίζεται πάρα πολύ καλά. Είναι υποχρέωση του χειριστή να φροντίζει και να ελέγχει αν ο εξαερισμός λειτουργεί ικανοποιητικά, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία.

Το μηχανικό εμφανιστήριο αναλαμβάνει να επεξεργαστεί χημικά το φιλμ σε χρόνο περίπου 90 δευτερολέπτων.

Περιλαμβάνει μηχανισμούς προώθησης του φιλμ, τροφοδοσίας και αναζωογόνησης των χημικών, σύστημα διατήρησης σταθερής και ομοιόμορφης θερμοκρασίας στον κάδο της εμφάνισης. Επίσης σύστημα ξήρανσης του φιλμ και απαγωγής των χημικών αναθυμιάσεων.

Τα χημικά διαλύματα χωρίζονται σε χημικά της εμφάνισης και χημικά της στερέωσης.

Διαλύονται με νερό σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Χρειάζεται πολύ προσοχή κατά την παρασκευή τους, τόσο για να μην μολυνθεί ο εμφανιστής από σταγόνες του στερεωτή, όσο και για να προστατευθεί και αυτός που τα παρασκευάζει.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποια τα συστατικά στοιχεία του εμφανιστή;
2. Ποια τα συστατικά στοιχεία του στερεωτή;
3. Ποιες πρώτες βοήθειες θα πρέπει να πάρετε, όταν πιτσιλιστεί κάποιος με στερεωτή στο μάτι;
4. Ποια μέτρα προστασίας πρέπει να παίρνετε, όταν παρασκευάζετε χημικά;
5. Ποιοι οι κίνδυνοι για την υγεία από κάθε μέρος χημικού επεξεργασίας του φιλμ;
6. Τι είναι οι κάδοι αναζωογόνησης στο μηχανικό εμφανιστήριο;
7. Γιατί ο σκοτεινός θάλαμος χρειάζεται ειδικό φωτισμό; Τι χρώμα πρέπει να έχει ο φωτισμός αυτός και γιατί;
8. Τι πρέπει να διαθέτει ο σκοτεινός θάλαμος, προκειμένου να προστατεύσετε την υγεία σας;
9. Γιατί δεν πρέπει να εισέρχεται καθόλου λευκό φως στο σκοτεινό θάλαμο;
10. Συζητήστε στην τάξη σας πώς μπορείτε να ελέγξετε, αν εισέρχεται λευκό φως από οπουδήποτε μέσα στο σκοτεινό θάλαμο.



Στόχοι

Με την ολοκλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου αυτού θα πρέπει:

- Να γνωρίζεις τι είναι το kVp, το mAs, και από πού ελέγχονται.
- Να γνωρίζεις την επίδραση της απόστασης λυχνίας - φιλμ στην ακτινογραφική πυκνότητα.
- Να γνωρίζεις τους κανόνες:
 - του 15% για τον έλεγχο της σχέσης kVp-mAs.
 - του 30% για τον έλεγχο της πυκνότητας.
 - τη σχέση απόστασης - mAs στην περίπτωση αλλαγής της απόστασης λυχνίας-φιλμ.
- Να γνωρίζεις τι είναι αντίθεση, πυκνότητα και πώς ελέγχονται.
 - Τι είναι ευκρίνεια, ασάφεια, και είδη ασάφειας.
 - Τι είναι παραμόρφωση θέματος.

■ 11.1 Η παραγωγή ποιοτικά άρτιας ακτινογραφίας

Η παραγωγή μιας ποιοτικά άρτιας ακτινογραφίας προϋποθέτει δύο βασικές κατηγορίες ενεργειών:

1. Τη σωστή προβολική τοποθέτηση του εξεταζόμενου σε σχέση με το ζητούμενο να απεικονιστεί.
2. Το σωστό υπολογισμό και ρύθμιση των παραγόντων έκθεσης προκειμένου να απεικονιστούν όσον το δυνατόν περισσότερα ανατομικά μορφώματα της απεικονιζόμενης περιοχής, τα οποία θα αποδώσουν τις αντίστοιχες διαγνωστικές πληροφορίες.

Οι παράγοντες έκθεσης βρίσκονται στην απόλυτη ευχέρεια του χειριστή του

μηχανήματος να τους ρυθμίσει. Αυτοί είναι: Το kVp, το γινόμενο mA επί s και η απόσταση λυχνίας-συστήματος απεικόνισης.

Πρέπει να υπογραμμιστεί εδώ πως η επιλογή των παραγόντων έκθεσης –kVp, mAs, απόσταση λυχνίας-φίλμ– δεν είναι θέμα προσωπικής επιλογής και προτίμησης αλλά υπόθεση που συναρτάται με υψηλό αίσθημα επαγγελματισμού και ευθύνης απέναντι στον άρρωστο που ακτινοβολείται. Έτσι κάθε ακτινολογικό τμήμα πρέπει να υιοθετεί ένα πρωτόκολλο ρύθμισης των παραγόντων έκθεσης, το οποίο όλοι ανεξαιρέτως θα τηρούν καθώς και προσωπικές παρεμβάσεις και επιλογές, τις οποίες το τμήμα δεν έχει υιοθετήσει οφείλουν να αποφεύγονται.

Δευτερευόντως συνεισφορά στην ποιότητα της απεικόνισης έχουν το μέγεθος του εστιακού σημείου της λυχνίας –που επηρεάζεται από το μέγεθος του θερμονήματος–, η γωνία κλίσης της ανόδου, τα χαρακτηριστικά του απεικονιστικού συστήματος πινακίδας φίλμ και η τεχνολογία της γεννήτριας (μονοφασική, τριφασική, υψηλών συχνοτήτων). Σ' αυτούς τους παράγοντες ο χειριστής του μηχανήματος ελάχιστα ή καθόλου μπορεί να παρέμβει.

■ 11.2 Το kVp

Το kVp προσδιορίζει τη διεισδυτική ικανότητα της δέσμης των ακτίνων Χ. Όσο περισσότερο υψηλό kVp επιλέγει να χρησιμοποιήσει ο χειριστής του μηχανήματος για την παραγωγή μιας απεικόνισης τόσο περισσότερο διεισδυτικά φωτόνια θα παράγει η λυχνία Χ, άρα και τόσο περισσότερο διεισδυτική θα είναι και η δέσμη της ακτινοβολίας.

Υψηλή διεισδυτικότητα δέσμης σημαίνει ότι αυτή με ευκολία διαπερνά οστέινες περιοχές του σώματος ή περιοχές με συμπαγή όργανα.

Η κύρια συνεισφορά του kVp στην ποιότητα της ακτινογραφικής απεικόνισης είναι ο έλεγχος της κλίμακας των τόνων σκιαγραφικής αντίθεσης που θα έχει. Εξαιτίας όμως της μεγάλης ενέργειας των φωτονίων του υψηλού kVp αυξάνει το φαινόμενο της σκέδασης.

Γενικά πρέπει να καταστεί σαφές πως η χρησιμοποίηση τεχνικών έκθεσης με υψηλό kVp σημαίνει λιγότερη δόση ακτινοβολίας στον εξεταζόμενο.

■ 11.3 Το γινόμενο mA επί second

Το mA αντιπροσωπεύει τον αριθμό των ακτίνων X που παράγονται από τη λυχνία και συνεπώς την ποσότητα της ακτινοβολίας X.

Οι αλλαγές των mA συνεπάγονται αναλογικά αλλαγές των παραγομένων φωτονίων από τη λυχνία. Όταν από μια θέση 400 mA επιλέγεται η θέση των 600mA στο χειριστήριο, τότε προκύπτει αύξηση κατά 50% των παραγομένων φωτονίων από τη λυχνία.

Ωστόσο τα mA για μια ακτινογραφική έκθεση υπολογίζονται σαν γινόμενο μαζί με το χρόνο στον οποίο παρήχθησαν. Έτσι προσδιορίζεται η ποσότητα των mA σε συγκεκριμένο χρόνο. Ο χρόνος s είναι ο χρόνος κατά τον οποίο εφαρμόζεται η υψηλή τάση kVp.

Η σημασία της χρησιμοποίησης όσο το δυνατόν μικρότερων χρόνων έκθεσης είναι ιδιαίτερα σημαντική, μιας και περιορίζει ή και εξαλείφει την ασάφεια λόγω κίνησης που μπορεί να υπάρξει στην απεικόνιση.

Πράγματι ένας πιθανός παράγοντας αποτυχίας ποιοτικά άρτιας απεικόνισης είναι η εμφάνιση ασάφειας λόγω κίνησης στην ακτινογραφία. Η κίνηση μπορεί να προέλθει είτε από κίνηση του εξεταζόμενου –π.χ. αναπνοή κατά την έκθεση– είτε από κίνηση του οργάνου –π.χ. κίνηση της καρδιάς κατά την ακτινογραφία θώρακος.

Και στις δύο περιπτώσεις η χρησιμοποίηση πολύ μικρών χρόνων έκθεσης θα «παγώσουν» την κίνηση και η ποιότητα της ακτινογραφίας θα διαφυλαχθεί.

Για κάθε ακτινογραφία απαιτείται μια συγκεκριμένη ποσότητα ακτινοβολίας. Πρακτικά την ποσότητα της ακτινοβολίας τη ρυθμίζει ο χειριστής του μηχανήματος σαν γινόμενο mAs.

Όταν ο χρόνος έκθεσης μικραίνει, τότε αντίστοιχα πρέπει το mA να αυξάνεται, προκειμένου η ποσότητα ακτινοβολίας να παραμένει σταθερή. Για παράδειγμα αν μια ακτινογραφία απαιτεί ποσότητα ακτινοβολίας 60 mAs, τότε υπάρχουν διάφοροι συνδυασμοί mA επί s που μπορούν να δώσουν το γινόμενο αυτό: 300mA επί 0.02 sec=60mAs, ή 600mA επί 0.1sec=60, ή 1200mA επί 0.05 sec=60 mAs. Από τους τρεις αυτούς συνδυασμούς ο συνδυασμός που χρησιμοποιεί 0.05 sec χρόνο έκθεσης είναι ο ασφαλέστερος για να περιορίσει

δραστικά ή και να εξαφανίσει την πιθανότητα να παρουσιαστεί κατά την απεικόνιση ασάφεια από κίνηση.

Ένα σημαντικό κριτήριο καλής ποιότητας των γεννητριών είναι να μπορούν να αποδώσουν μεγάλες τιμές mA (π.χ. 1200) και πολύ μικρούς χρόνους έκθεσης (π.χ. 1 ή 2 ms).

Σε μια γεννήτρια που είναι βαθμονομημένη και ποιοτικά ελεγμένη με ακρίβεια, η ίδια τιμή των mAs ανεξάρτητα από το συνδυασμό μιλιμπέρ επί χρόνο που θα παραχθεί πρέπει να δώσει την ίδια πυκνότητα σε φιλμ άμεσης έκθεσης.

Η μεταβολή των mAs αλλάζει μόνο τον αριθμό των ηλεκτρονίων που εκπέμπονται από την κάθοδο προς την άνοδο και όχι την ίδια τους την ενέργεια. Έτσι η αλλαγή των mAs αντιστοιχεί μόνο στην ποσότητα των παραγόμενων ακτίνων X και όχι στη διεισδυτικότητά τους.

■ 11.4 Η απόσταση λυχνίας X - φιλμ

Η ένταση της ακτινοβολίας που φθάνει σε μια επιφάνεια είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης που έχει η επιφάνεια από την πηγή της ακτινοβολίας. Ο νόμος αυτός –γνωστός σαν νόμος του αντίστροφου τετραγώνου της απόστασης– αναγορεύει την απόσταση λυχνίας-φιλμ σε ένα σημαντικό παράγοντα ακτινογραφικής έκθεσης. Η αξία του φαίνεται κάθε φορά που χρειάζεται να γίνει μια δεδομένη έκθεση με διαφορετική από τη συνηθισμένη απόσταση λυχνίας-κασέτας. Τότε, αν δεν ληφθεί υπόψη η μεταβολή της απόστασης και αντίστοιχα να τροποποιηθεί η ποσότητα της ακτινοβολίας, η έκθεση θα αποτύχει, μιας και η πυκνότητα της ακτινογραφίας δεν θα είναι η σωστή.

Ο υπολογισμός της ποσότητας της ακτινοβολίας που απαιτεί μια έκθεση, όταν αλλάξει η απόσταση σε σχέση με την ποσότητα που είχε απαιτηθεί για την ίδια ακτινογραφία σε δεδομένη απόσταση, δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\frac{\text{νέα mAs}}{\text{παλαιά mAs}} = \frac{\text{νέα απόσταση}^2}{\text{παλαιά απόσταση}^2}$$

■ 11.5 Οι παράγοντες ακτινογραφικής έκθεσης και η επίδρασή τους στην ποιότητα της ακτινογραφίας. Τεχνικές έκθεσης

Για την παραγωγή μιας άρτιας ακτινογραφίας επιδιώκεται η ακριβής τοποθέτηση του εξεταζόμενου στην κατάλληλη προβολική θέση για την απεικόνιση του ζητούμενου από το παραπτεμπτικό και την επιλογή και ρύθμιση των παραγόντων έκθεσης κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη δυνατή απεικόνιση με το μικρότερο ποσό δόσης στον εξεταζόμενο, φυσικά με την πρώτη φορά.

■ 11.6 Παράγοντες της φωτογραφικής ποιότητας της απεικόνισης

Εδώ πρέπει να διευκρινιστεί ότι η έννοια της φωτογραφικής ποιότητας εισάγεται για να γίνει αντιδιαστολή με την ακτινογραφική ποιότητα από προβολικής-ακτινοανατομικής άποψης που αποτελεί το άλλο σημαντικότερο ζητούμενο της διαδικασίας της ακτινογραφικής απεικόνισης, το οποίο όμως δεν είναι αντικείμενο του παρόντος βιβλίου.

Οι παράγοντες της φωτογραφικής ποιότητας σε μια ακτινογραφία είναι:

1. Η ύπαρξη της κατάλληλης οπτικής πυκνότητας.
2. Η ύπαρξη της κατάλληλης αντίθεσης.
3. Ο περιορισμός της ασάφειας στο μικρότερο δυνατό βαθμό.
4. Η εξάλειψη ή η όσο το δυνατόν περισσότερη εξάλειψη της παραμόρφωσης του απεικονιζόμενου θέματος.

11.6.1. Η οπτική πυκνότητα

Η οπτική πυκνότητα σχετίζεται με την ποσότητα μεταλλικού αργύρου στην ακτινογραφία, δηλαδή με το πόσο ικανοποιητικά εκτεθειμένο είναι στην ακτινοβολία το φιλμ. Μια υπερεκτεθειμένη ακτινογραφία είναι υπερβολικά μαύρη και τότε λέμε ότι έχει υπερβολική πυκνότητα. Μια υποεκτεθειμένη ακτινογραφία είναι υπερβολικά διάφανη ή ελαφρά γκρίζα.

Η ανάπτυξη της πυκνότητας στην ακτινογραφία ελέγχεται κυρίως από τα mAs και στην περίπτωση της μεταβολής της απόστασης και από την απόσταση λυχνίας-κασέτας.

Εφόσον διαπιστωθεί ότι μια ακτινογραφία δεν έχει τη σωστή πυκνότητα, ενώ οι άλλοι φωτογραφικοί παράγοντές της δεν πάσχουν, τότε η επανάληψη της θα πρέπει να γίνει με διόρθωση μόνον των mAs. Στην περίπτωση αυτή η ρύθμιση των mAs δεν πρέπει να γίνει τυχαία ή να στηρίζεται σε εμπειρικές κινήσεις αλλά να ακολουθήσει το φυσικό νόμο των Weber-Frechner για την κατά βήματα αλλαγή της πυκνότητας.

Τα βήματα αλλαγής της οπτικής πυκνότητας και ο κανόνας του 30% για τη μεταβολή της είναι:

Σύμφωνα με το νόμο των Weber-Frechner για να γίνει μια μεταβολή της οπτικής πυκνότητας αντιληπτή στο μάτι, αυτή θα πρέπει να προκύψει από μια μεταβολή στην έκθεση κατά 27% της προηγούμενης. Πρακτικά εφαρμόζοντας τον νόμο αυτό ο χειριστής, αν θέλει να αυξήσει την πυκνότητα της ακτινογραφίας κατά την επανάληψή της κατά μία φορά –κατά ένα βήμα έκθεσης–, θα πρέπει να αυξήσει κατά 30% τα mAs σε σχέση με τα προηγούμενα. Αν χρειάζεται ενίσχυση της πυκνότητας ακόμη περισσότερο, τότε η αύξηση των mAs θα πρέπει να γίνει κατά 60% κ.λπ. Το αντίστροφο χρειάζεται να γίνει για την ελάττωση της πυκνότητας σε μια υπερεκτεθειμένη ακτινογραφία.

Στην περίπτωση της βελτίωσης της πυκνότητας κατά την επανάληψη της ακτινογραφίας, ο εκτελών την εξέταση πρέπει να κινείται με βάση το νόμο του 30% για τον έλεγχο της πυκνότητας, και όχι τυχαία ή μηχανικά. Η εμπειρία εδώ είναι πολύτιμος βοηθός για να προσδιορίσει πόσα βήματα έκθεσης απέχει η προβληματική ακτινογραφία από την επιθυμητή ποιοτικά άρτια.

Το kVp θεωρητικά δεν μπορεί να αποκλειστεί ως παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την πυκνότητα. Πράγματι μια υποεκτεθειμένη ακτινογραφία μπορεί να βελτιωθεί με μόνη την αύξηση των kVp ή και σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη αύξηση των mAs. Και αυτό, επειδή μια αύξηση των kVp θα προσδώσει περισσότερη ενέργεια στη δέσμη, η σκέδαση θα αυξηθεί κι αυτό θα επηρεάσει την αντίθεση. Στο μη έμπειρο χειριστή τότε θα προκύψει το δίλημμα, αν η αντίθεση είναι αυτή που πάσχει ή η πυκνότητα και αυτό θα προσδώσει άσκοπη πολυπλοκότητα στο πρόβλημα.

Σχέση kVp και mAs. Ο κανόνας του 15%

Η σχέση πάντως που συνδέει το kVp με το mAs διέπεται από τον κανόνα του 15%. Σύμφωνα με τον κανόνα αυτό, για την περιοχή μεταξύ 60 και 90 kVp και για τριφασική γεννήτρια, για κάθε αύξηση του kVp κατά 15%, μια αντίστοιχη μείωση των mAs κατά 50% πρέπει να γίνει προκειμένου η οπτική πυκνότητα να είναι σταθερή ή πάντως ισοδύναμη αυτής πριν τη μεταβολή.

Ο κανόνας του 15% για τη μεταβολή των kVp αποτελεί και ένα δυναμικό εργαλείο στα χέρια του τεχνολόγου ακτινολόγου για τον περιορισμό της δόσης στον εξεταζόμενο.

Παράδειγμα: Έστω ότι σε μια τεχνική έκθεσης χρησιμοποιούνται 60 kVp και 60mAs. Ωστόσο εσείς θεωρείτε ότι η τιμή των 60kVp είναι αρκετά μικρή για το δεδομένο ανατομικό θέμα και η τιμή των 60mAs είναι αρκετά μεγάλη και επιβαρύνει με περιττή ποσότητα ακτινοβολίας τον εξεταζόμενο. Αποφασίζετε τη μεταβολή των παραγόντων με ακρίβεια χρησιμοποιώντας τον κανόνα του 15% όπως ακολουθεί:

Η μείωση των mAs γίνεται στο 50% των προηγούμενων: $60:2=30$. Τα kVp στην περίπτωση αυτή αυξάνονται κατά 15% των προηγούμενων: $60 \times 15\% = 9$. Τα νέα kVp θα είναι: $9+60=69$

Αν χρειαστεί να μεταβληθεί η απόσταση λυχνίας κασέτας για την παραγωγή μιας ακτινογραφίας που τα απαιτούμενα mAs της για την προηγούμενη δεδομένη απόσταση ήταν γνωστά, τότε ο προσδιορισμός των νέων mAs θα πρέπει να γίνει με την εφαρμογή του νόμου του αντίστροφου του τετραγώνου της απόστασης.

11.6.2. Η αντίθεση

Χάρis στην αντίθεση γίνονται απεικονίσιμες και ορατές οι λεπτές ανατομικές διαφορές του απεικονιζόμενου θέματος.

Μια ακτινογραφία απεικονίζει τόσο καλύτερα ένα θέμα όσο μεγαλύτερη κλίμακα οπτικών πυκνοτήτων παρουσιάζει, δηλαδή όσο μεγαλύτερη κλίμακα σκιαγραφικών αντιθέσεων έχει αναπαράγει. Με όρους ευαισθησιμετρικούς προσδιοριζόμενη, η αντίθεση προκύπτει σαν σύγκριση δύο γειτονικών περιοχών με διαφορετικές οπτικές πυκνότητες. Ακριβώς η διαφορά αυτή των γειτονικών

πυκνотήτων σχηματίζει μια διαχωριστική γραμμή που περιγράφει το όριο ή τα σημεία επαφής της μιας ως προς την άλλη.

Η διαφορά των πυκνотήτων προκύπτει σαν διαφορά εξασθένησης της ακτινοβολίας, καθώς απορροφάται σε διαφορετικό βαθμό από κάθε ξεχωριστό ανατομικό μόρφωμα. Έτσι σε μια ακτινογραφία άκρου για παράδειγμα η εξασθένηση της ακτινοβολίας, καθώς διέρχεται μέσα από το οστό, είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή που διέρχεται από τα μαλακά μόρια του άκρου.

Το πρόβλημα κυρίως παρουσιάζεται σε περιοχές του σώματος, στις οποίες η διαφορά απορρόφησης της ακτινοβολίας ελάχιστα ή και καθόλου διαφέρει στα διάφορα όργανα ή μορφώματα. Στην ακτινογραφία κοιλίας για παράδειγμα, το στομάχι δεν προκαλεί καμιά διαφορετική εξασθένηση της ακτινοβολίας από το έντερο, και ίσως ελάχιστα ξεχωρίζει το νεφρικό περίγραμμα και οι ψοίτες μύες. Ωστόσο οι σπόνδυλοι, το άνω τμήμα της πυελικής ζώνης και οι κατώτερες πλευρές διακρίνονται ευχερέστερα, αφού ως οστείνα τμήματα απορροφούν εντονότερα την ακτινοβολία. Το ήπαρ επίσης απορροφά κάπως περισσότερο την ακτινοβολία από τα άλλα όργανα της κοιλίας και αναπτύσσει διαφορετική πυκνότητα, πράγμα που δημιουργεί μια διαφορά σκιαγραφικής αντίθεσης με τα γειτονικά ανατομικά μόρια και ξεχωρίζει.

Ο έλεγχος της αντίθεσης γίνεται από τα kVp. Το kVp καθορίζει τη διεισδυτικότητα της δέσμης και αυτή αναδεικνύει τις διαφορές της απορρόφησής της από τα ανατομικά μόρια. Η διεισδυτικότητα δηλαδή της ακτινοβολίας πρέπει να είναι τέτοια ανάλογα με την ακτινογραφούμενη περιοχή ώστε η δέσμη να μην μπορεί να διαπεράσει με μεγάλη ευκολία κάθε ανατομικό μόρφωμα, αλλά και να μην είναι εξασθενημένη, ώστε να συγκρατείται με ευχέρεια από το καθένα. Χρειάζεται να δίνεται στη δέσμη μέσα από το kVp μια σχετική ή κρίσιμη διεισδυτικότητα τέτοια που να αποδίδει τις διαφορές της απορρόφησης τις οποίες υφίσταται.

Ακτινογραφίες υψηλής και χαμηλής αντίθεσης

Συχνά περιγράφονται ακτινογραφίες με το χαρακτηρισμό υψηλής ή χαμηλής αντίθεσης.

Τα επόμενα επιχειρούν να αποκαταστήσουν το πολύ σημαντικό θέμα της

χρησιμοποιούμενης ορολογίας και του τι εννοούμε με τους χαρακτηρισμούς αυτών.

Καταρχήν, ακτινογραφία υψηλής αντίθεσης σημαίνει λίγες διαφορές οπτικών πυκνοτήτων στην απεικόνιση και άρα περιορισμένη ποικιλία οπτικών πυκνοτήτων. Η ποικιλία των οπτικών πυκνοτήτων της, αν τοποθετηθεί σε μια κλίμακα μεγέθους, θα καταλάβει λίγες βαθμίδες απ' αυτήν.

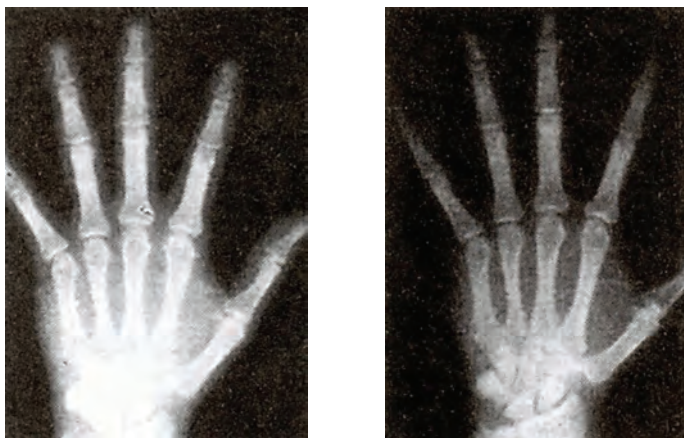
Αντίθετα μια ακτινογραφία που παρουσιάζει μια μεγάλη ποικιλία πυκνοτήτων είναι ακτινογραφία χαμηλής αντίθεσης. Στην περίπτωση αυτή η κλίμακα θα έχει πολύ περισσότερες βαθμίδες πυκνότητας κατειλημμένες.

Με βάση το διαχωρισμό αυτό, δεν είναι σκόπιμη η χρήση της φράσης πως “επιτυχημένη είναι η ακτινογραφία με υψηλή αντίθεση”. Με μια τέτοια έκφραση γίνεται αντιληπτό πως μια ακτινογραφία υψηλής αντίθεσης αποδίδει πολύ λίγες διαφορές οπτικών πυκνοτήτων και συνεπώς αποκρύπτει αρκετές διαγνωστικές πληροφορίες.

Υψηλής αντίθεσης ακτινογραφία, δηλαδή ακτινογραφία με λίγες διαφορετικές τιμές πυκνοτήτων, παράγεται από χαμηλά kVp.

Οι ακτινογραφίες με χαμηλή αντίθεση δηλαδή με μεγάλη ποικιλία πυκνοτήτων -μεγάλη κλίμακα πυκνοτήτων- παράγονται με υψηλό kVp.

Ωστόσο από μόνο του το kVp δεν μπορεί να ελέγξει την αντίθεση, που επηρεάζεται δευτερευόντως και από άλλες παραμέτρους, όπως:



Εικόνα 11.1 Ακτινογραφία χαμηλής και υψηλής αντίθεσης.

Η τιμή των mAs: Υπερβολικά μεγαλύτερες τιμές mAs ή πολύ μικρότερες από τις απαιτούμενες για μια άρτια έκθεση θα δώσουν περισσότερη ή πολύ λιγότερη πυκνότητα στην ακτινογραφία, και θα περιορίσουν την προσπάθεια ελέγχου της αντίθεσης μέσω του kVp. Τα mAs δεν πρέπει να περιορίζονται πέραν ενός ορίου, γιατί τότε η ποιότητα της απεικόνισης υποβαθμίζεται συνολικά.

Η σκέδαση της ακτινοβολίας επιπεδοποιεί τις μικρές διαφορές των οπτικών πυκνοτήτων και έτσι χαμηλώνει την κλίμακα της αντίθεσης. Τα αντισκεδαστικά διαφράγματα με υψηλό λόγο αφαιρούν σημαντικά τις σκεδαζόμενες ακτίνες και έτσι προάγουν την κλίμακα της αντίθεσης.

11.6.3. Ο περιορισμός της ασάφειας ή η αύξηση της απεικονιστικής οξύτητας

Στόχος κάθε άρτιας απεικόνισης είναι να αποδίδονται και οι μικρότερες ανατομικές λεπτομέρειες στην ακτινογραφία. Η έκφραση απεικονιστική οξύτητα ακριβώς αποδίδει την οξύτητα με την οποία αποδίδονται και οι πλέον μικρές ανατομικές δομές του απεικονιζόμενου θέματος.

Η απεικονιστική οξύτητα προσδιορίζεται από δύο επιμέρους παραμέτρους που σχετίζονται με την αιτιολογία που προάγει ή περιορίζει την ευκρίνεια. Αυτές είναι:

Η οριακή ευκρίνεια των απεικονιζόμενων λεπτών δομών

Αναφέρεται στην απόδοση των δομικών ορίων των ιστών ή των μορφωμάτων στην απεικόνιση που υπάρχουν στο θέμα που ακτινογραφείται. Εκτιμάται ο βαθμός περιορισμού της ασάφειας ή προαγωγής της οξύτητας, της καθαρότητας με την οποία οι δομές αυτές απεικονίζονται.

Η οριακή ευκρίνεια ελέγχεται μέσα από τους γεωμετρικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της απεικόνισης και την παρουσία ή απουσία κίνησης (άρα εμμέσως ελέγχεται και από τον χρόνο έκθεσης). Οι γεωμετρικοί παράγοντες που επιδρούν στην οριακή ευκρίνεια είναι:

- το μέγεθος του θερμονήματος (της εστίας της καθόδου), η απόσταση λυχνίας - συστήματος απεικόνισης (όσο μεγαλύτερη τόσο περιορίζεται η απώλεια της ευκρίνειας), η απόσταση θέματος - συστήματος απεικόνισης (όσο μικρότερη τόσο προάγεται η ευκρίνεια).

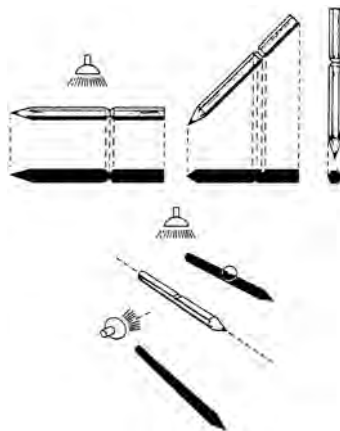
- ο τύπος των ενισχυτικών πινακίδων και του φιλμ (γεωμετρικά χαρακτηριστικά κρυστάλλων γαλακτωμάτων).
- Η απόσταση θέματος - φιλμ. Όσο μικρότερη η απόσταση αυτή τόσο βελτιώνεται η ευκρίνεια της απεικόνισης.

Η ορατότητα της λεπτομέρειας στην απεικόνιση

Ανεξάρτητα από το πόσο ικανοποιητικά έχουν χρησιμοποιηθεί οι γεωμετρικοί παράγοντες και ο χρόνος έκθεσης για την προαγωγή της οριακής ευκρίνειας, η ακτινογραφική οξύτητα μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά από άλλους παράγοντες και το τελικό αποτέλεσμα να παρουσιάζει σημαντική απώλεια στη λεπτομέρεια των απεικονιζόμενων. Στους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την απώλεια της λεπτομέρειας στην απεικόνιση ανήκουν η ομίχλωση του φιλμ, η υπερβολική σκέδαση, ή ένα φιλμ έξω από την ημερομηνία λήξης του. Όλα αυτά μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την ευκρίνεια που έχει επιτευχθεί με καλή χρήση από το χειριστή των γεωμετρικών παραγόντων και του απεικονιστικού συστήματος.

11.6.4. Παραμόρφωση

Με τον όρο παραμόρφωση εννοούμε την αλλοίωση του μεγέθους ή του σχήματος του απεικονιζόμενου, στην ακτινογραφία. Η αλλοίωση αυτή μπορεί να προκληθεί:



Εικόνα 11.2 Διαφόρου τύπου παραμόρφωσης θέματος.

- α. Από την ανεπιθύμητη μεγέθυνση του «θέματος»
- β. Από λανθασμένη κλίση της λυχνίας
- γ. Από «κακή» προβολική τοποθέτηση του «θέματος»
- δ. Από ανεπαρκή επικέντρωση της λυχνίας.

Η ανεπαρκής επικέντρωση της λυχνίας με το απεικονιστικό σύστημα –π.χ. την κασέτα– μπορεί να απεικονίσει με αυξημένο μήκος –να επιμηκύνει– το απεικονιζόμενο μόριο ή να το βραχύνει –να το παρουσιάσει μικρότερο από τις πραγματικές του διαστάσεις.

Η παραμόρφωση αποφεύγεται με την κατάλληλη τοποθέτηση λυχνίας-θέματος-κασέτας, σύμφωνα με την ενδειγμένη για κάθε απεικόνιση προβολική θέση.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ



1. Τι σημαίνει ότι η δέσμη ακτινοβολίας X έχει υψηλή διεισδυτικότητα;
2. Στο γινόμενο mAs τι αντιπροσωπεύει ο χρόνος (s);
3. Πώς μπορεί να ελεγχθεί η ασάφεια λόγω κίνησης του θέματος;
4. Ποιοι είναι οι παράγοντες της φωτογραφικής ποιότητας σε μια ακτινογραφία;
5. Από τι ελέγχεται η ανάπτυξη της πυκνότητας σε μια ακτινογραφία;
6. Τι λέει ο νόμος των Weber-Frechner και πού μπορείτε να τον εφαρμόσετε;
7. Ποια σχέση συνδέει τα kVp με τα mAs και πώς η σχέση αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί στην καθημερινή πρακτική; Δώσε ένα παράδειγμα.
8. Ποιος παράγοντας έκθεσης ελέγχει την αντίθεση;
9. Με ποιο εξάρτημα ακτινογράφησης μπορούμε να προάγουμε την αντίθεση;
10. Τι σημαίνει ο χαρακτηρισμός: ακτινογραφία υψηλής απεικονιστικής οξύτητας;
11. Τι εννοούμε με τον όρο «παραμόρφωση»;



Στόχοι

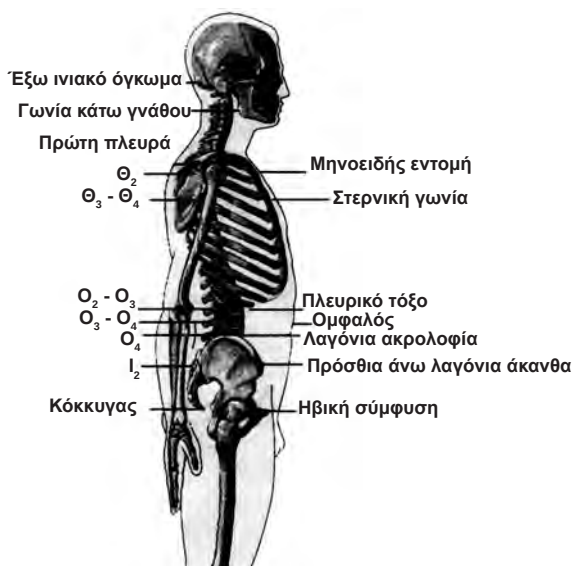
Με την ολοκλήρωση της μελέτης του κεφαλαίου αυτού θα πρέπει να γνωρίζεις:

- τα οδηγά ανατομικά σημεία
- τα επίπεδα, τις επιφάνειες, τις θέσεις και τις κινήσεις του εξεταζόμενου που θα έχει κατά τον ακτινολογικό έλεγχο
- τις ακτινολογικές προβολές
- τους ακτινολογικούς όρους
- τα βήματα που ακολουθούνται κατά τον προβολικό έλεγχο
- τους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της ακτινολογικής εικόνας
- τα χαρακτηριστικά μιας επιτυχημένης ακτινογραφίας
- τον όρο σκιαγραφική αντίθεση και από ποιους παράγοντες επηρεάζεται
- τον όρο οριακή ευκρίνεια και από ποιους παράγοντες επηρεάζεται
- τις συνθήκες παρατήρησης μιας ακτινογραφίας.

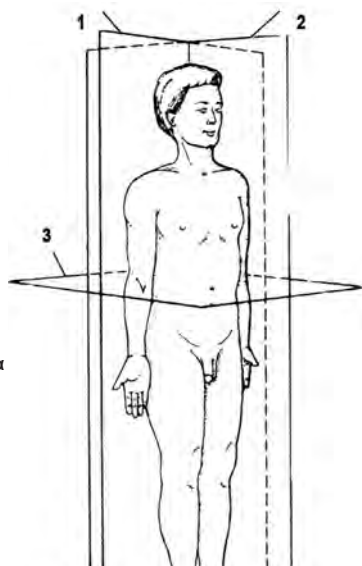
■ 12.1 Οδηγά ανατομικά σημεία

Για την ακτινολογική εξέταση του ανθρωπίνου σώματος γίνεται χρήση οδηγών σημείων, τα οποία είτε είναι ορατά στην επιφάνεια του σώματος είτε ψηλαφιούνται εύκολα. Τα οδηγά σημεία μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό της θέσης κάποιου οργάνου· χρησιμοποιώντας κατάλληλα τα οδηγά σημεία, η τοποθέτηση του εξεταζόμενου κατά τον ακτινολογικό έλεγχο γίνεται πιο ακριβής και έτσι βοηθούν στη λήψη ακτινογραφιών οι οποίες είναι σε θέση να περιέχουν το ζητούμενο θέμα αποφεύγοντας επαναλήψεις.

Τα πιο συχνά οδηγά σημεία προβάλλονται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 12.1 Οδηγό ανατομικά σημεία.



Εικόνα 12.2 Βασικά επίπεδα. 1. Μέσο οβελιαίο. 2. Μετωπιαίο ή στεφανιαίο. 3. Εγκάρσιο.

■ 12.2 Βασικά επίπεδα

Μέσο οβελιαίο επίπεδο: Είναι κάθετο επίπεδο, συμπίπτει με τον κατά μήκος άξονα της σπονδυλικής στήλης και διαιρεί το σώμα σε δύο ημιμόρια (δεξί και αριστερό). Τα επίπεδα που φέρονται παράλληλα με το μέσο οβελιαίο επίπεδο λέγονται οβελιαία επίπεδα.

Μετωπιαίο ή στεφανιαίο επίπεδο: Είναι παράλληλο προς το μέτωπο και είναι κάθετο στο μέσο οβελιαίο πεδίο.

Εγκάρσιο επίπεδο: Αυτό φέρεται κάθετα τόσο στο οβελιαίο όσο και στο μετωπιαίο και διαιρεί το σώμα στο πάνω και στο κάτω μέρος.

■ 12.3 Θέσεις εξεταζόμενου

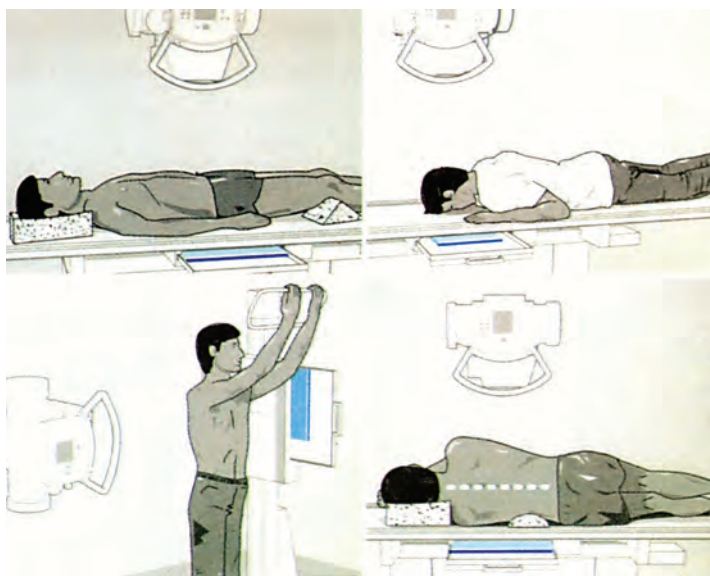
Ο εξεταζόμενος κατά τον ακτινολογικό έλεγχο είναι δυνατόν να βρίσκεται σε κατάκλιση (ξαπλωμένος), καθήμενος ή σε όρθια στάση. Η θέση του μπορεί να είναι πρηνής, ύπτια, πλάγια, λοξή.

Ύπτια θέση: Ακουμπάει στο ακτινολογικό τραπέζι η ραχιαία επιφάνεια του σώματος. Το μετωπιαίο επίπεδο είναι παράλληλο με το φιλμ.

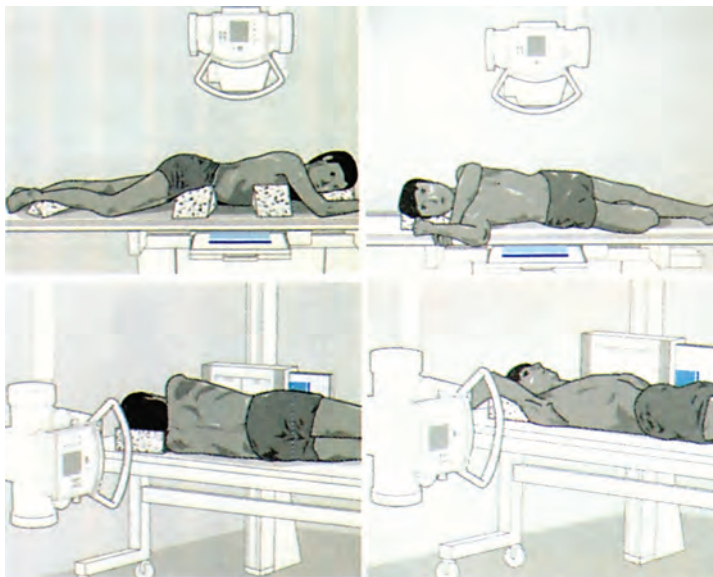
Πρηνής θέση: Ακουμπάει στο ακτινολογικό τραπέζι η κοιλιακή επιφάνεια του σώματος. Το μετωπιαίο επίπεδο είναι παράλληλο με το φιλμ.

Πλάγια θέση: Ακουμπάει στο ακτινολογικό τραπέζι το πλάγιο τοίχωμα του κορμού του σώματος. Το μετωπιαίο επίπεδο είναι κάθετο στο φιλμ· ανάλογα με την πλευρά που ακουμπάει και βρίσκεται πιο κοντά στο φιλμ είναι η δεξιά ή αριστερή πλάγια.

Λοξή θέση: Στη θέση αυτή το μετωπιαίο επίπεδο δεν είναι ούτε κάθετο ούτε παράλληλο με το φιλμ, αλλά σχηματίζει γωνία. Η λοξή θέση ανάλογα με την επιφάνεια που πρόσκειται στο φιλμ διακρίνεται: σε οπίσθια λοξή, όταν πρόσκειται η οπίσθια επιφάνεια και σε πρόσθια λοξή, όταν πρόσκειται η πρόσθια επιφάνεια του σώματος. Ανάλογα με την πλευρά που πρόσκειται, οι οπίσθιες και οι πρόσθιες λοξές διακρίνονται σε δεξιές -ακουμπάει η δεξιά πλευρά- και αριστερές -ακουμπάει η αριστερή πλευρά- λοξές πρόσθιες ή οπίσθιες. Έτσι λοιπόν υπάρχει η ΔΟΛ, ΑΟΛ, ΔΠΛ και ΔΟΛ θέση.



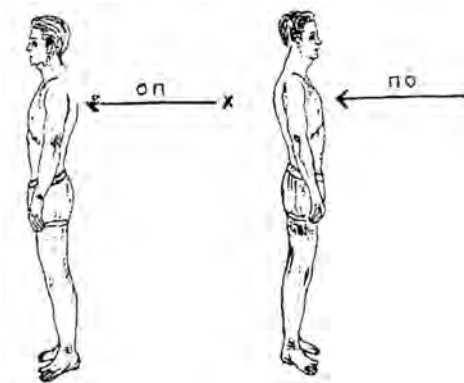
Εικόνα 12.3 Θέσεις του εξεταζόμενου. Ύπτια θέση (πάνω αριστερά), πρηνής θέση (πάνω δεξιά), πλάγια θέση (κάτω).



Εικόνα 12.4 Θέσεις του εξεταζόμενου: αριστερή πρόσθια λοξή θέση (πάνω αριστερά), δεξιά οπίσθια λοξή (πάνω δεξιά), πλάγια κατακεκλιμένη θέση (κάτω αριστερά), ύπια κατακεκλιμένη θέση (κάτω δεξιά).

Όταν ο εξεταζόμενος είναι κατακεκλιμένος και βρίσκεται σε πλάγια θέση, τότε η θέση αυτή ονομάζεται (δεξιά ή αριστερή) **πλάγια κατακεκλιμένη**.

■ 12.4 Ακτινολογικές προβολές



Εικόνα 12.5 Ο-Π, Π-Ο προβολή. (Κ. Σκαλιώτης, Θεωρία και Τεχνική της Ιατρικής Ακτινογραφίας).

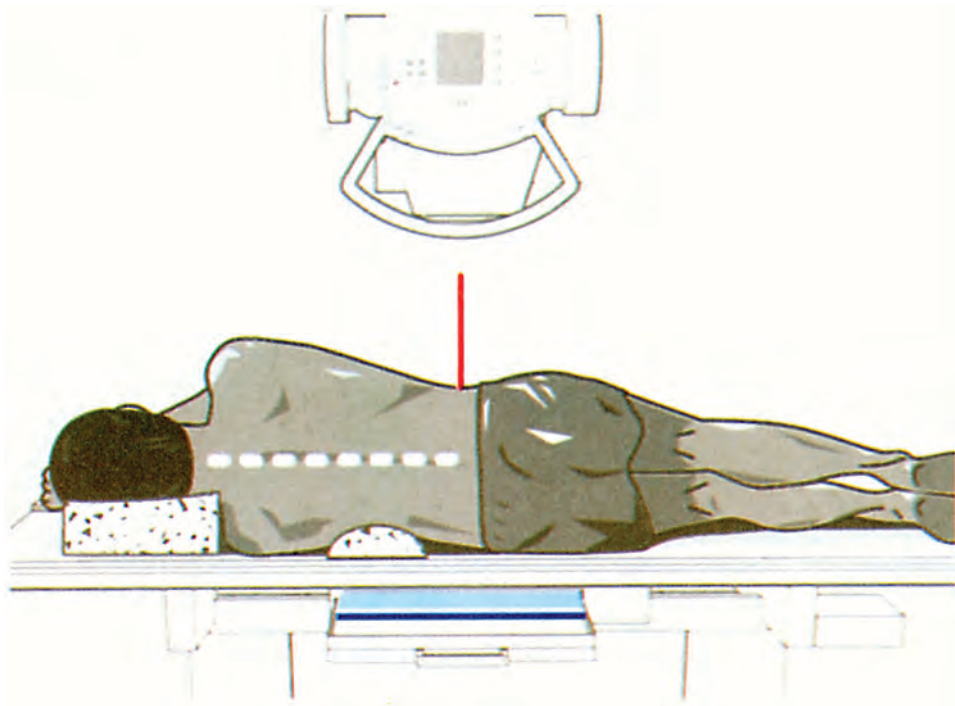
1) **Κατά μέτωπο προβολή:** Υπάρχει η οπισθοπρόσθια (Ο-Π) και η προσθιοπίσθια (Π-Ο) προβολή.

- Κατά την **Ο-Π προβολή** οι ακτίνες X εισέρχονται από την οπίσθια επιφάνεια και εξέρχονται από την πρόσθια επιφάνεια του σώματος (η ραχιαία επιφάνεια βλέπει προς τη λυχνία).
- Κατά την **Π-Ο προβολή** αντίθετα οι ακτίνες εισέρχονται από την

πρόσθια επιφάνεια και εξέρχονται από την οπίσθια επιφάνεια του σώματος (η πρόσθια ή κοιλιακή επιφάνεια βλέπει προς τη λυχνία).

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Με τον όρο πρόσθια, οπίσθια, πλάγια κ.λπ. επιφάνεια του σώματος, γίνεται αναφορά σε όλες τις ανατομικές δομές του σώματος που ελέγχονται ακτινολογικά.

2. **Πλάγια προβολή:** Γενικά κατά την πλάγια προβολή, το επίπεδο που εφάπτεται της πρόσθιας ή οπίσθιας επιφάνειας της ανατομικής δομής που ακτινογραφείται θα πρέπει να είναι κάθετο στο φιλμ.



Εικόνα 12.6 Πλάγια προβολή.

3. **Λοξές προβολές:** Στις λοξές προβολές η κεντρική ακτίνα της δέσμης σχηματίζει γωνία τόσο με το οβελιαίο επίπεδο όσο και με το στεφανιαίο επίπεδο. Διακρίνονται σε:
 - ✓ Στις πρόσθιες λοξές όπου ακουμπάει στο ακτινολογικό τραπέζι η πρόσθια ή κοιλιακή επιφάνεια του σώματος που πρόσκειται στο φιλμ. Ανάλογα με την πλευρά του σώματος που ακουμπάει διακρίνεται η:



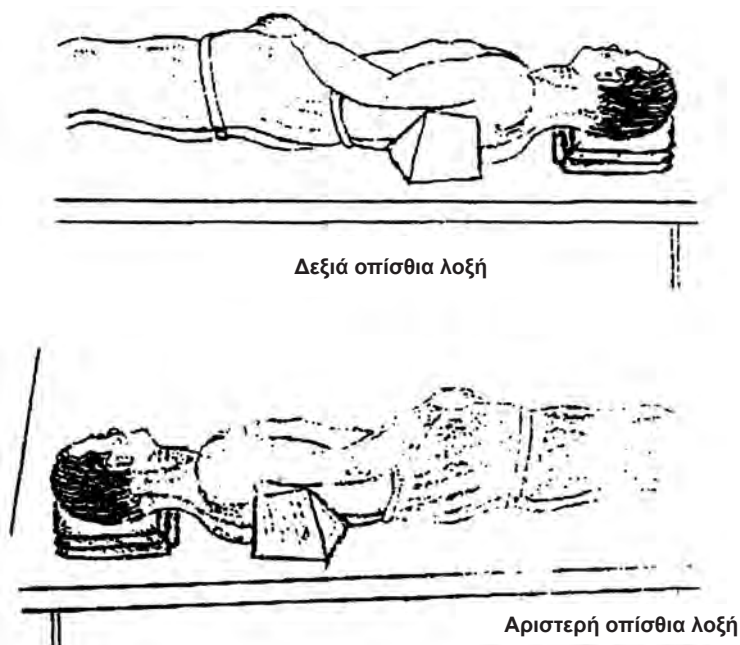
Δεξιά πρόσθια λοξή



Αριστερά πρόσθια λοξή

Εικόνα 12.7 Αριστερή και δεξιά πρόσθια λοξή προβολή. (Κ. Σκαλιώτης R.T. Θεωρία και Τεχνική της Ιατρικής Ακτινογραφίας).

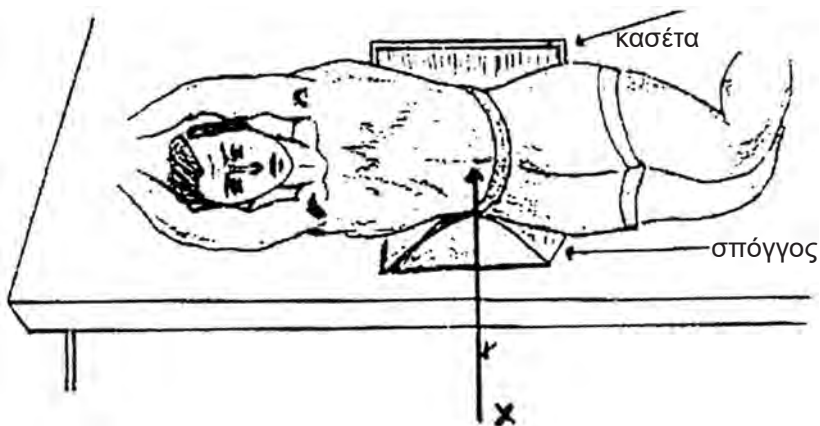
- Δεξιά Πρόσθια Λοξή (Δ.Π.Λ.), όπου το δεξιό τμήμα της πρόσθιας ή κοιλιακής επιφάνειας βρίσκεται πλησιέστερα στο φιλμ
- Αριστερή Πρόσθια Λοξή (Α.Π.Λ.) όπου το αριστερό τμήμα της πρόσθιας επιφάνειας βρίσκεται πλησιέστερα στο φιλμ.
- ✓ Στις οπίσθιες λοξές προβολές, ακουμπάει στο ακτινολογικό τραπέζι η οπίσθια ή ραχιαία επιφάνεια του σώματος και ανάλογα με την πλευρά του σώματος που ακουμπάει έχουμε και εδώ την:
 - Δεξιά Οπίσθια Λοξή (Δ.Ο.Λ.), όπου το δεξιό τμήμα της οπίσθιας ή ραχιαίας επιφάνειας βρίσκεται πλησιέστερα στο φιλμ και την
 - Αριστερή Οπίσθια Λοξή (Α.Ο.Λ.), όπου το αριστερό τμήμα της οπίσθιας ή ραχιαίας επιφάνειας του σώματος βρίσκεται πλησιέστερα στο φιλμ.



Εικόνα 12.8 Δεξιά και αριστερή οπίσθια λοξή προβολή. (Κ. Σκαλιώτης R.T. Θεωρία και Τεχνική της Ιατρικής Ακτινογραφίας).

4. **Κατ' εφαπτομένη προβολή**, όπου η κεντρική ακτίνα διέρχεται με τη διεύθυνση της εφαπτομένης του εξεταζόμενου θέματος, το οποίο αναδεικνύεται χωρίς να συμπεριβάλλεται με γειτονικά ανατομικά μόρια.
5. **Αριστερή ή Δεξιά πλάγια κατακεκλιμένη (Decubitus)**. Ο εξεταζόμενος βρίσκεται σε κατακεκλιμένη θέση, αναπαύεται στο αριστερό ή δεξιό πλευρό και λαμβάνεται μία Π.Ο ή Ο.Π προβολή με τη **χρήση οριζόντιας δέσμης** (Εικ. 12.9). Η θέση αυτή λέγεται Decubitus και έτσι έχουμε ανάλογα με την πλευρά που αναπαύεται ο εξεταζόμενος τη δεξιά πλάγια Decubitus και την αριστερή πλάγια Decubitus. Στην ακτινογραφία πρέπει να συμπληρώνουμε την ένδειξη Δ ή Α πλάγια Decubitus. Σημειώνεται ότι η προβολή αυτή λαμβάνεται συνήθως για περαιτέρω έρευνα των πνευμόνων και της κοιλιακής χώρας.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: ο όρος *Decubitus* αναφέρεται αποκλειστικά στην Ο-Π ή Π-Ο προβολή με οριζόντια δέσμη, του πνευμονικού πεδίου και της κοιλιακής χώρας.

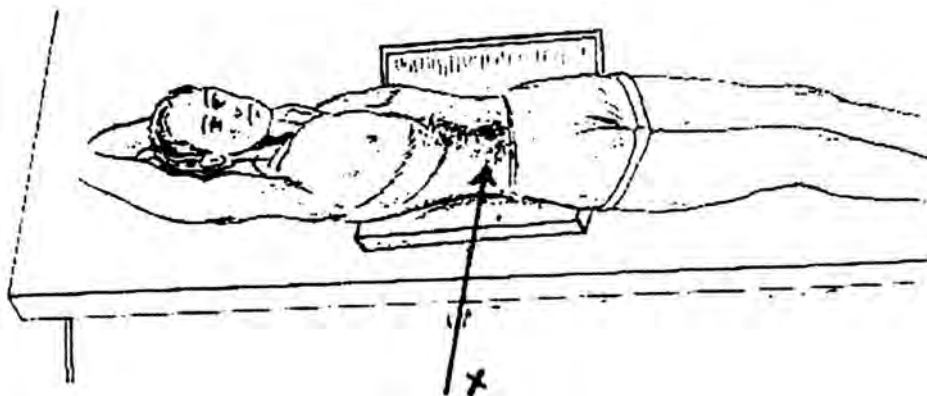


Εικόνα 12.9 Δεξιά πλάγια κατακεκλιμένη (Decubitus). (Κ. Σκαλιώτης R.T. Θεωρία και Τεχνική της Ιατρικής Ακτινογραφίας).

6. Πλάγια προβολή με χρήση οριζόντιας δέσμης. Εδώ ο εξεταζόμενος βρίσκεται σε θέση ύπτια ή πρηνή και η κεντρική ακτινοβολία είναι κάθετη προς το μέσο οβελιαίο επίπεδο του σώματος (Εικ. 12.10). Στην ακτινογραφία πρέπει να συμπληρώνουμε την ένδειξη: *πλάγια με οριζόντια δέσμη*.

Σημείωση: αυτή η προβολή λαμβάνεται συνήθως:

- Εναλλακτικά για την έρευνα της κοιλιακής χώρας, όταν ο ασθενής δε συνεργάζεται
- Για την έρευνα της σπονδυλικής στήλης, όταν δεν επιτρέπεται η μετακίνηση του ασθενή.



Εικόνα 12.10 Πλάγια προβολή με οριζόντια δέσμη.

■ 12.5 Κλίση ακτινολογικής λυχνίας

Κατά τον ακτινολογικό έλεγχο σε πολλές προβολές θα χρειαστεί να δοθεί κάποια κλίση στη λυχνία για τη σωστή απεικόνιση του εξεταζόμενου θέματος στο φιλμ.

Η κλίση της λυχνίας μπορεί να είναι:

- **κεφαλική**, όταν η κλίση της γίνεται προς το κεφάλι και
- **ουραία**, όταν η κλίση της γίνεται προς τον κόκκυγα.

Η κλίση της λυχνίας συνήθως δίνεται για την αποφυγή συμπροβολών αλλά και μερικές φορές λόγω αδυναμίας συνεργασίας του εξεταζόμενου.



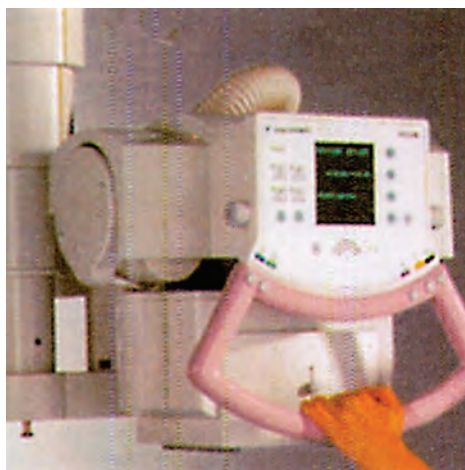
Εικόνα 12.11 Κλίση της λυχνίας.

■ 12.6 Βήματα που ακολουθούνται κατά τον προβολικό έλεγχο

1. Παίρνουμε το παραπεμπτικό, όπου αναγράφεται το ονοματεπώνυμο του εξεταζόμενου και η αιτούμενη ακτινολογική εξέταση, προβαίνουμε σε προσεκτική ανάγνωσή του και επιλέγουμε το ανάλογο σύστημα απεικόνισης.
2. Ενημερώνουμε τον εξεταζόμενο σύντομα και περιεκτικά για τη διαδικασία της εξέτασης, επιδιώκοντας τη συνεργασία του και εφαρμόζοντας πάντα τους κανονισμούς ακτινοπροστασίας (π.χ. εγκυμοσύνη, ηλικία εξεταζόμενου κ.λπ.). Όλα αυτά με τον απαιτούμενο πάντα σεβασμό στην προσωπικότητα του εξεταζόμενου.



Εικόνα 12.12 Επιλογή των ακτινολογικών στοιχείων.



Εικόνα 12.13 Ρύθμιση κιβωτίου διαφραγμάτων.

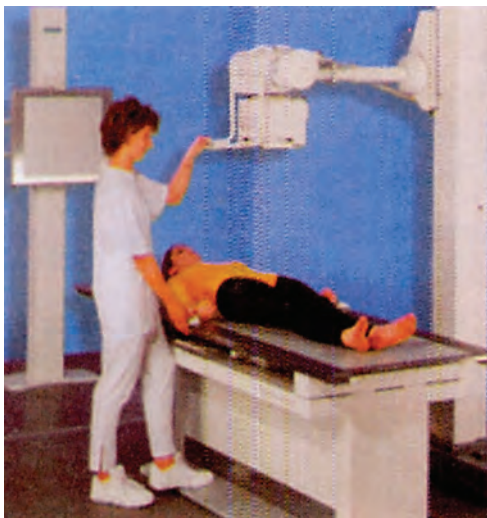
3. Επιλέγουμε τα κατάλληλα ακτινολογικά στοιχεία ανάλογα με τα σωματικά χαρακτηριστικά του εξεταζόμενου και τις απαιτήσεις της εξέτασης, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιότητες των βοηθητικών μέσων σχηματισμού εικόνας που θα χρησιμοποιηθούν.
4. Επικεντρώνουμε τη λυχνία με το συρτάρι και ρυθμίζουμε το ύψος και την κλίση της, αν χρειάζεται.
5. Τοποθετούμε τον εξεταζόμενο στη σωστή προβολική θέση.
6. Απομακρύνουμε τα ξένα αντικείμενα από την εξεταζόμενη περιοχή.
7. Επικεντρώνουμε με το σταυρό της φωτεινής επικέντρωσης στο κέντρο του εξεταζόμενου οργάνου και αυξομειώνουμε τις διαστάσεις του πεδίου ακτινοβολίας με τη βοήθεια του κιβωτίου διαφραγμάτων. Σύμφωνα με τον κανονισμό ακτινοπροστασίας πάντοτε το πεδίο ακτινοβολίας πρέπει να περιορίζεται μόνο στην περιοχή που ενδιαφερόμαστε ή το πολύ στις διαστάσεις της κασέτας μειωμένο όμως περιμετρικά κατά 1cm. Βέβαια λαμβάνονται και όλα τα άλλα ενδεικνυόμενα μέτρα για την τήρηση των κανόνων ακτινοπροστασίας.
8. Επιλέγουμε την κατάλληλη κασέτα με τις ανάλογες διαστάσεις και την τοποθετούμε κατάλληλα, τοποθετώντας την ένδειξη Δ ή Α, όποτε χρειάζεται.

Η κασέτα μπορεί να τοποθετηθεί με τη μεγαλύτερη διάστασή της, παράλληλη ή κάθετη αντίστοιχα στον επιμήκη άξονα του εξεταζόμενου θέματος. Για κάθε εξεταζόμενο θέμα θα πρέπει να χρησιμοποιείται κασέτα με διαστάσεις ελαφρώς μεγαλύτερες από τις διαστάσεις του θέματος.

Όσον αφορά την τοποθέτηση διακριτικών τονίζεται ότι:

Στις κατά μέτωπο και λοξές προβολές η ένδειξη πρέπει να βρίσκεται

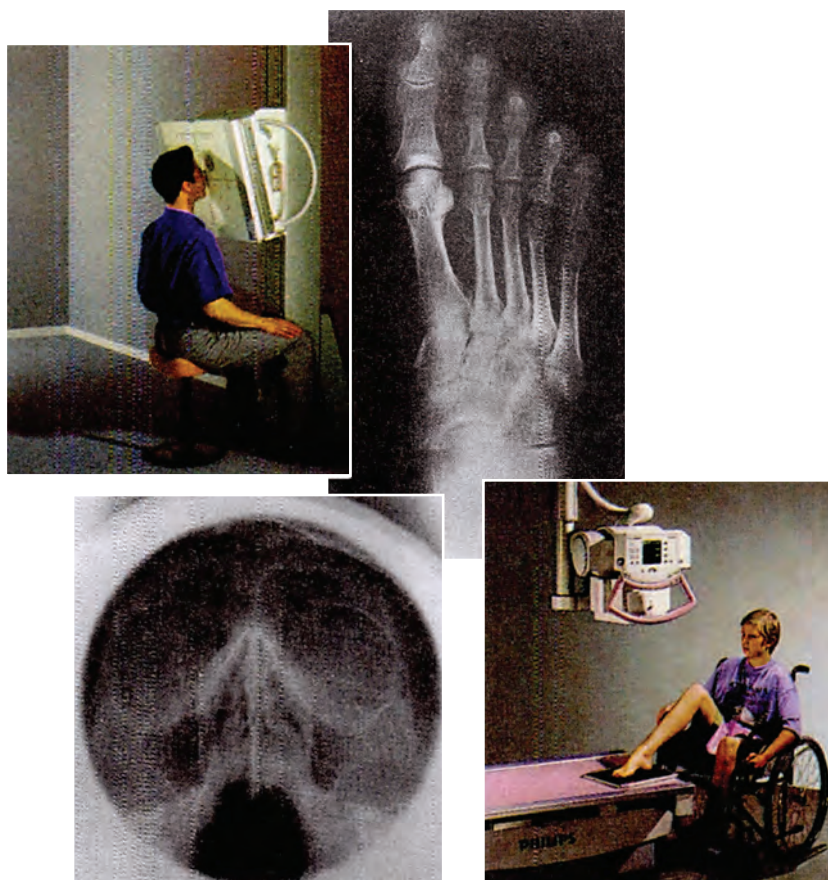
μέσα στο πεδίο ακτινοβολήσης και στη σωστή πλευρά του εξεταζόμενου. Στις προβολές των άκρων το διακριτικό δηλώνει το εξεταζόμενο άκρο. Στις πλάγιες προβολές, όταν χρησιμοποιείται ένδειξη, δηλώνει την πλευρά του ασθενή που πρόσκειται στο φιλμ.



Εικόνα 12.14 Τοποθέτηση εξεταζόμενου.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη σωστή χρήση των ενδείξεων Δ=Δεξιά και Α=Αριστερά, διότι λανθασμένη χρήση τους μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στην υγεία του εξεταζόμενου.

9. Εισερχόμαστε στο χειριστήριο, εκφωνούμε τις κατάλληλες οδηγίες πριν από την έκθεση του εξεταζόμενου και προβαίνουμε στην ακτινοβολήσή του, διασφαλίζοντας ότι κατενόησε πλήρως τη διαδικασία.
10. Αφαιρούμε την κασέτα και την προωθούμε για χημική επεξεργασία στο σκοτεινό θάλαμο. Υπενθυμίζουμε στον εξεταζόμενο το χώρο που έχει αποθέσει τα ρούχα και τα προσωπικά του αντικείμενα και δίνουμε πληροφορίες για το χρόνο που θα χρειαστεί να περιμένει.
11. Μετά τη χημική επεξεργασία του φιλμ και την αξιολόγηση της ακτινογραφίας αναγράφουμε πάνω στο φιλμ όλες τις απαραίτητες πληροφορίες (π.χ. ονοματεπώνυμο-ημερομηνία).



Εικόνα 12.15 Τοποθέτηση εξεταζόμενου σε διάφορες προβολικές θέσεις και αντίστοιχες ακτινογραφίες.

■ 12.7 Αξιολόγηση ακτινογραφικής εικόνας

Η αξιολόγηση της ακτινογραφικής εικόνας δεν θα πρέπει να γίνεται με βάση τις προσωπικές μας προτιμήσεις, αλλά με βάση την ακτινοδιαγνωστική της αξία και αντικειμενικά κριτήρια βάσει των οποίων επιδιώκεται η βελτιστοποίηση των διαγνωστικών πληροφοριών που παρέχει η ακτινογραφία, έχοντας υπόψη και την ελαχιστοποίηση της έκθεσης ακτινοβολίας εξεταζόμενου και προσωπικού.

Στόχος της διαγνωστικής απεικόνισης είναι ο εντοπισμός πιθανών παθολογικών ευρημάτων στο ανθρώπινο σώμα.

Η ποιότητα της ακτινογραφικής εικόνας επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες (περισσότερο ή λιγότερο, θετικά ή αρνητικά). Οι σπουδαιότεροι είναι:

- α) Η προβολική τοποθέτηση του θέματος
- β) Η επιλογή των στοιχείων έκθεσης/ακτινογράφησης (KV, mAs).

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν θετικά ή αρνητικά την ποιότητα της ακτινολογικής εικόνας είναι:

- Η εστιακή απόσταση
- Η προβολική απόσταση
- Το μέγεθος του εστιακού σημείου
- Τα διαφράγματα βάθους (ποιότητα και σωστή χρήση)
- Η ποιότητα κατασκευής και ο «λόγος» του αντισκεδαστικού διαφράγματος
- Ο συνδυασμός ενισχυτικών πινακίδων-φιλμ
- Η λειτουργική κατάσταση των κασετών και των ενισχυτικών πινακίδων
- Η σωστή παρεμβολή ηθμών
- Η δομή, η σύνθεση και το μέγεθος του εξεταζόμενου θέματος
- Η συνεργασία ή όχι του εξεταζόμενου
- Ο φωτισμός του σκοτεινού θαλάμου, οι συνθήκες αποθήκευσης των χημικών και φιλμ καθώς και η ημερομηνία λήξης αυτών
- Ο βαθμός απόδοσης των μέσων που συμμετέχουν στην επεξεργασία του φιλμ, δηλαδή του εμφανιστηρίου και των χημικών.

Για να είναι επιτυχημένη μια ακτινογραφία, πρέπει να έχει καλή **διακριτική ικανότητα** δηλαδή επαρκή καταγραφή των μορφολογικών λεπτομερειών, καλή **οριακή ευκρίνεια** δηλαδή ευκρινή τα όρια της εξωτερικής γραμμής κάθε ανατομικού μορίου που απεικονίζεται και τέλος καλή **σκιαγραφική αντίθεση - contrast** δηλαδή ευδιάκριτες διαφορές διαύγασης σκιερότητας των διαφόρων περιοχών της εικόνας.

Υπενθυμίζεται ότι η **σκιαγραφική αντίθεση** εξαρτάται:

- Από τη διαφορετική εξασθένηση των ακτίνων Χ που διέρχονται από το εξεταζόμενο θέμα. Η εξασθένηση αυτή επηρεάζεται από τον ατομικό αριθμό, την πυκνότητα και το πάχος του εξεταζόμενου θέματος.



Εικόνα 12.16 Ακτινογραφία θώρακα.



Εικόνα 12.17 Κατά μέτωπο ακτινογραφία ποδοκνημικής άρθρωσης.

- Από τη διεισδυτικότητα της ακτινοβολίας (KV). Με τη χρήση υψηλού KV μειώνεται η αντίθεση.
- Από τη σκεδαζόμενη ακτινοβολία. Η αντίθεση μειώνεται, όταν αυξάνεται η σκεδαζόμενη ακτινοβολία.
- Από τη φύση των ενισχυτικών πινακίδων και από τη δομή του φωτογραφικού γαλακτώματος.
- Από τις συνθήκες εμφάνισης του φιλμ (χρόνος παραμονής στην εμφάνιση - θερμοκρασία).

Η οριακή ευκρίνεια εξαρτάται από:

- Την απόσταση αντικειμένου - φιλμ (προβολική απόσταση). Η ευκρίνεια αυξάνεται όσο ελαττώνεται η προβολική απόσταση.
- Την απόσταση εστίας - φιλμ (εστιακή απόσταση). Η ευκρίνεια αυξάνεται όσο αυξάνεται η εστιακή απόσταση.
- Το μέγεθος του εστιακού σημείου της ανόδου. Όσο μικρότερο είναι αυτό τόσο καλύτερη ευκρίνεια παρέχεται.
- Τη διάχυση του φωτός στο εσωτερικό των πινακίδων. Όσο το μέγεθος των κρυστάλλων και το πάχος του φθορίζοντος υλικού είναι μικρότερο, τόσο λιγότερη ασάφεια υπάρχει στην ακτινολογική εικόνα. Βέβαια για τη

μείωση αυτής πρέπει να υπάρχει απόλυτη επαφή του φιλμ με τις ενισχυτικές πινακίδες.

- Τη χρήση φιλμ διπλής επίστρωσης, τα οποία σε σχέση με τα φιλμ μονής επίστρωσης περιορίζουν την ευκρίνεια.
- Τη συνεργασία του εξεταζόμενου που αντιμετωπίζεται ικανοποιητικά με τη χρήση μικρού χρόνου έκθεσης και με την ακινητοποίηση της ανατομικής δομής που εξετάζεται.



Εικόνα 12.18 Διάφορες ακτινολογικές εξετάσεις.

Η τοποθέτηση ενός φιλμ στο διαφανοσκόπιο γίνεται σαν ο ασθενής να στέκεται μπροστά από τον παρατηρητή στην ανατομική θέση. Δηλαδή το δεξί του ασθενή στην ακτινογραφία τοποθετείται στο αριστερό του παρατηρητή. Επίσης οι ακτινογραφίες κορμού, σπονδυλικής στήλης, κρανίου, άκρων τοποθετούνται σαν ο ασθενής να είναι σε όρθια θέση. Οι ακτινογραφίες με άκρα χέρια και άκρα πόδια τοποθετούνται με τα δάκτυλα προς την οροφή.

Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι η αξιολόγηση του ελέγχου - γνωμάτευσης της ποιότητας της ακτινογραφικής εικόνας εξαρτάται και από συνθήκες όπως:

- Ο φωτισμός του διαφανοσκοπίου που πρέπει να έχει ομοιογένεια και κατάλληλη ένταση. Όταν υπάρχει έντονος φωτισμός, η εικόνα παρουσιάζεται ως υποεκτιθέμενη, ενώ αντίθετα, σε αδύναμο φωτισμό, η εικόνα παρουσιάζεται ως υπερεκτιθέμενη. Για τη μελέτη υπερεκτιθεμένων τμημάτων της ακτινογραφικής εικόνας χρησιμοποιείται διαφανοσκόπιο ρυθμιζόμενης φωτεινότητας.
- Ο φωτισμός του περιβάλλοντος χώρου. Ο φωτισμός του δωματίου δεν πρέπει να είναι έντονος και ανομοιόμορφος.
- Η τεχνική παρατήρησης της ακτινογραφικής εικόνας (απόσταση και γωνία παρατήρησης, χρήση βοηθητικών εξαρτημάτων π.χ. μεγεθυντικού φακού).

Τέλος πρέπει να τονιστεί ότι:

 «Ο κύριος ακτινολογικός εξοπλισμός μαζί με όλα τα βοηθητικά μέσα και εξαρτήματα απαιτεί χειρισμούς με φροντίδα, ευαισθησία και λεπτότητα –σαν να επρόκειτο για ζωντανό οργανισμό–, χρειάζεται «αβρή» μεταχείριση προκειμένου να αποδώσει και σε ποιότητα και σε διάρκεια.»

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Αναφέρατε τα οδηγιά ανατομικά σημεία, τις επιφάνειες και τα επίπεδα του ανθρωπίνου σώματος.
2. Ποιες οι θέσεις εξεταζόμενου κατά τον ακτινολογικό του έλεγχο;
3. Αναφέρατε τις προβολές (Ο.Π - Π.Ο - Πλάγια - Λοξές - Κατ' εφαπτομένη - Decubitus) και ποια η πορεία των ακτίνων Χ σε κάθε μια προβολή;
4. Τι κλίση μπορεί να πάρει η ακτινολογική λυχνία;
5. Ποια τα βήματα που θα κάνετε, κατά την πραγματοποίηση μιας προβολής; Δικαιολογήστε το κάθε σας βήμα.
6. Πώς γίνεται η αξιολόγηση μιας ακτινογραφίας;
7. Πώς γίνεται η τοποθέτηση μιας ακτινογραφίας στο διαφανοσκόπιο;
8. Από ποιους παράγοντες επηρεάζεται η ποιότητα της ακτινογραφικής εικόνας;
9. Πότε μια ακτινογραφία θεωρείται επιτυχημένη;
10. Τι είναι σκιαγραφική αντίθεση και από τι εξαρτάται;
11. Τι είναι οριακή ευκρίνεια και από τι εξαρτάται;

Πηγές προέλευσης σχημάτων και εικόνων

Για τα κεφάλαια 7, 9, 10 και 11, τα σχήματα και οι εικόνες προέρχονται από το βιβλίο του συγγραφέα Κατσιφαράκη Δημήτρη Αρχές ακτινογραφικής Απεικόνισης, Αθήνα 2000.

Οι εικόνες 12.5, 12.7, 12.8, 12.9 και 12.10 προέρχονται, κατόπιν άδειας, από το βιβλίο του Κυριάκου Α. Σκαλιώτη R.T. Θεωρία και Τεχνική της Ιατρικής Ακτινογραφίας.

Οι εικόνες 5.2, 5.3, 5.4, 6.1, 8.3, 10.2, 10.5, καθώς και τα σχήματα 3.1, 5.1, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.9, 6.2, 6.3, 8.3, 8.4, 8.5 προέρχονται από την εταιρεία Kodak, *Introduction to Medical Radiographic Imaging*, 1993.

Οι εικόνες 4.3, 5.1, 8.5, 8.6, 12.3, 12.4, 12.6, 12.12, 12.13, 12.15, 12.16 και 12.17 προέρχονται από το εγχειρίδιο Radiography manual και τα διαφημιστικά έντυπα της εταιρείας Philips.

Οι εικόνες 4.5, 6.2, 8.4, 8.7 και 12.18 προέρχονται από διαφημιστικά έντυπα της εταιρείας GE Medical Systems.

Οι εικόνες 4.4, 12.14 προέρχονται από διαφημιστικά έντυπα της εταιρείας Siemens.

Το σχήμα 8.1 και οι εικόνες 8.1, 8.2, 8.8 και 8.9 προέρχονται από διαφημιστικά έντυπα της εταιρείας Agfa.

Οι εικόνες 4.1, 4.2 προέρχονται από διαφημιστικά έντυπα της εταιρείας Villa Sistemi Medicali.

Η εικόνα 4.6 προέρχεται από διαφημιστικά έντυπα της εταιρείας Picker. Η εικόνα 10.3 είναι από διαφημιστικό έντυπο της εταιρείας DuPont.

Ευχαριστούμε τις εταιρείες Kodak, Philips, G.E. Medical System, Siemens, Agfa, Villa Sistemi Medicali, Picker, DuPont για την ευγενική παραχώρηση του φωτογραφικού υλικού.

Βιβλιογραφία

Ελληνική βιβλιογραφία

ΒΛΑΧΟΣ Ι., ΖΑΧΟΣ Κ., ΚΟΚΚΟΤΑΣ Π., ΤΙΜΟΘΕΟΥ Γ., *Φυσική Γ΄ Λυκείου*, 1993.

ΔΗΜΑΚΗΣ Π., *Εγχειρίδιο τεχνικής ακτινοδιαγνωστικών μηχανημάτων*, Σημειώσεις ΤΕΙ Αθηνών.

ΚΑΝΔΡΑΡΑΚΗΣ Ι., *Φυσικές και τεχνολογικές αρχές ακτινοδιαγνωστικής*, Αθήνα, 1994.

ΚΑΤΣΙΦΑΡΑΚΗΣ Δ., *Αρχές Ακτινογραφικής Απεικόνισης*, Αθήνα, 2000.

ΚΛΕΙΤΣΑ Π., *Εργαστήριο ακτινολογίας Ι*, Σημειώσεις ΤΕΙ Αθηνών.

ΚΟΥΜΑΡΙΑΝΟΣ Δ., *Άτλας Ακτινολογικών Προβολών και Ακτινοανατομίας*, Αθήνα, 1994.

ΚΟΥΤΡΟΥΜΠΗΣ Γ., *Ακτινοφυσική Ι*, 1983.

ΜΑΛΑΜΑ ΑΣΤΕΡΩ, *Εισαγωγή στην ακτινοδιαγνωστική*, Σημειώσεις ΤΕΙ Αθηνών.

ΜΑΛΑΜΑ ΑΣΤΕΡΩ, *Εργαστήριο ακτινολογίας αντιδιαχυτικό διάφραγμα*, Σημειώσεις ΤΕΙ Αθηνών.

ΜΑΝΙΑΤΗΣ Π., *Ιατρική φυσική*, 1992.

ΜΗΝΟΣ Ε., *Εργαστήριο ακτινολογίας Ι- ακτινολογικό φιλμ*, Σημειώσεις ΤΕΙ Αθηνών.

ΜΠΕΝΑΚΗΣ Β., *Εισαγωγή στην ακτινοδιαγνωστική απεικονιστική*.

ΠΑΛΛΗΚΑΡΑΚΗΣ Ν., ΝΙΚΗΦΟΡΙΔΗΣ Γ., ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΚΗΣ Γ., *Για φοιτητές φυσικής*, 1991.

ΠΑΝΑΓΙΩΤΑΚΗΣ Γ., *Φυσική της Ακτινοδιαγνωστικής*.

ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ Κ., ΓΟΥΛΙΑΜΟΣ Α., *Ακτινολογία*, 1987.

ΠΟΝΤΙΦΗΣ Γ., *Κλινική Ακτινοδιαγνωστική*.

ΣΚΑΛΙΩΤΗΣ Κ., *Θεωρία και Τεχνική της Ιατρικής Ακτινογραφίας*, 1988.

ΨΑΡΡΑΚΟΣ Κ., *Ιατρική Φυσική:*

– Ιατρική φυσική τόμος Α΄ Κ. Ψαρράκος - Κ. Καρακατσάνης, 1985

– Ιατρική φυσική τόμος Β΄ Κ. Καρακατσάνης - Ε. Πανδουλας - Ν. Καρατζάς, 1985.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

DAFFNER H. R., *Clinical Radiology the Essentials*, 1993.

DANIEL P. DONOHUE, *An Analysis of Radiographic Quality*, University Park Press, Baltimore 1984.

DN AND MO CHESNEY, *Radiographic Imaging*, Blackwell, 4th Ed. Oxford, 1987.

EASTMAN R. TERRY, *Radiographic fundamentals and technique guide*, Mosby, 1979.

KODAK, *Introduction to Medical Radiographic Imaging*, 1993.

MURRY R., *Christiansen's Introduction to the physics of diagnostic Radiology Th. Curru III*, 4th Edition Lea and Febiger.

PETER SAUNDES, *Η ακτινοβολία και εσείς*.

PHILIPS, *Radiography Manual*, 1995.

SELMAN JOSEPH, *The Fundamentals of X-ray and Radium Physics*, USA.

SUTTON DAVID, *A Textbook of Radiology and Imaging*, 4th edition.

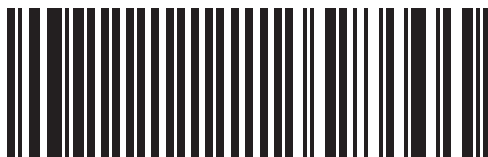
THOMPSON, HATTWAY, HALL, DOWD, *Principles of Imaging Science and Protection*, Saunders, 1994.

WILLIAM E. J. MCKINNEY, *Radiographic processing and Quality Control*, J. B. Lippincott company, Philadelphia, 1988.

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.

Κωδικός βιβλίου: 0-24-0273
ISBN 978-960-06-3036-7



(01) 000000 0 24 0273 4