

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

# ΑΚΤΙΝΟΓΡΑΦΙΑ

### 1.1 Εισαγωγή

Σαράντα χρόνια μετά την ανακάλυψη των καθοδικών ακτίνων και μόλις δύο χρόνια από την κατασκευή της λυχνίας Lenard (λυχνία καθοδικών ακτίνων) ο Γερμανός Καθηγητής Φυσικής Roentgen ανακάλυψε το 1895, ένα νέο είδος ακτινοβολίας πειραματιζόμενος στις ηλεκτρικές εκκενώσεις (Βραβείο Nobel Φυσικής 1901).

Την ακτινοβολία αυτή ονόμασε ακτινοβολία Χ, δηλώνοντας έτσι την άγνωστη φύση της αλλά και τη συμπεριφορά και τις ιδιότητές της.

Η ανακάλυψη αυτή έδωσε στην Ιατρική Επιστήμη τη δυνατότητα μελέτης των ανατομικών μορίων του ανθρώπινου σώματος (ΑΚΤΙΝΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ) αλλά και τη δυνατότητα εφαρμογής θεραπευτικών σχημάτων (ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑ). Η επιστημονική κοινότητα, τιμώντας τον άνθρωπο που πρόσφερε στην ανθρωπότητα αυτό το καθοριστικό όπλο στην προσπάθεια διάγνωσης και θεραπείας, ονόμασε αυτήν την ακτινοβολία Ακτινοβολία Roentgen.

### 1.2 Ακτινολογική Λυχνία

#### 1.2.1 Γενικά

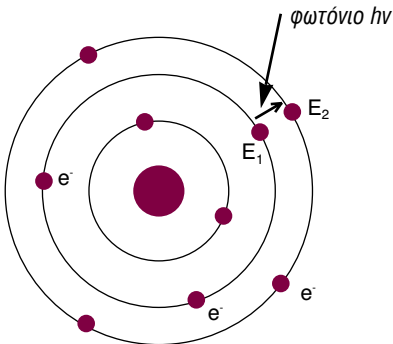
Για να κατανοήσουμε τον τρόπο παραγωγής των ακτίνων Χ ή Roentgen, πρέπει να γνωρίζουμε τα φυσικά φαινόμενα τα οποία παρατηρούνται σ' αυτή τη διαδικασία.

Τα φαινόμενα αυτά είναι :

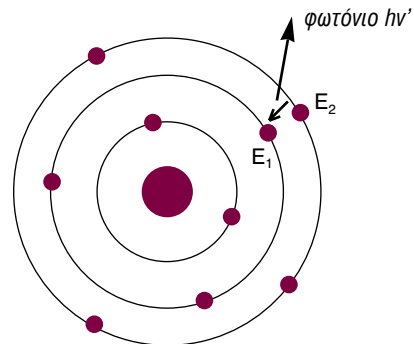
##### **α. Διέγερση – Ιοντισμός**

**Διέγερση** είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα ηλεκτρόνιο ενός ατόμου μεταπηδά από μια εσωτερική στιβάδα σε μια εξωτερική, υπό την επίδραση ενός ποσού ενέργειας. Η κατάσταση αυτή του ατόμου είναι ασταθέστατη και η τάση του ηλεκτρονίου που μετακόμισε είναι να επανέλθει στην αρχική του στιβάδα.

Η επαναφορά του ηλεκτρονίου στην αρχική του στιβάδα συνοδεύεται από την παραγωγή ακτινοβολίας Χ (χαρακτηριστική ακτινοβολία).



Σχ.: 1.1. Διέγερση ατόμου



Σχ.: 1.2. Αποδιέγερση

**Ιοντισμός** είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένα ηλεκτρόνιο ενός ατόμου, υπό την επίδραση ενός ποσού ενέργειας, απομακρύνεται από το άτομο. Το άτομο τότε αποκτά θετικό φορτίο (περισσότερα πρωτόνια στον πυρήνα του ατόμου, άρα περισσότερα θετικά φορτία) και συμπεριφέρεται ανάλογα, δηλαδή, εάν βρεθεί σε ηλεκτρικό πεδίο, θα κινηθεί προς τον αρνητικό χώρο του πεδίου.

### **β. Ηλεκτρομαγνητική θεωρία**

Ο Maxwell απέδειξε ότι, όταν ταχέως κινούμενα φορτισμένα σωματίδια σταματήσουν την κίνησή τους απότομα, τότε παράγεται ακτινοβολία (ακτινοβολία από πέδηση).

### **γ. Διαφορά δυναμικού**

Είναι το πηλίκο του παραγόμενου έργου κατά τη μετακίνηση ενός φορτίου  $q$  από ένα σημείο του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα άλλο διά του φορτίου αυτού, δηλαδή

$$V = \frac{W}{q}$$

Το ηλεκτρικό πεδίο σχηματίζεται μεταξύ δύο πόλων της καθόδου (αρνητικό) και της ανόδου ή αντικαθόδου (θετικό).

### 1.2.2 Αρχή Λειτουργίας

Η ακτινοβολία X ή Roentgen παράγεται μέσα σε υάλινους σωλήνες υψηλού κενού με δύο μηχανισμούς:

- ♦ την πέδηση, δηλαδή την επιβράδυνση των ταχέως κινούμενων ηλεκτρονίων από την κάθοδο προς την άνοδο και

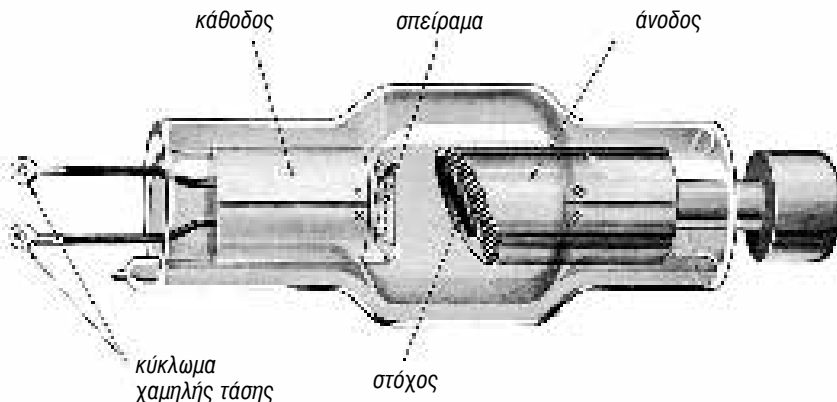
- ♦ την εκπομπή χαρακτηριστικής ακτινοβολίας λόγω πρόσκρουσης των φορτισμένων σωματιδίων στο δίσκο της ανόδου, οπότε διεγείρονται τα άτομα του υλικού της ανόδου, τα οποία κατά την αποδιέγερσή τους παρέχουν ακτινοβολία.

Είναι προφανές ότι η παραγόμενη δέσμη ακτίνων X είναι το άθροισμα της ακτινοβολίας από την πέδηση και της ακτινοβολίας από την αποδιέγερση των ατόμων του υλικού της ανόδου.

### 1.2.3 Περιγραφή της Λυχνίας

Οι πρώτοι σωλήνες παραγωγής ακτίνων X χρησιμοποιούσαν ιόντα ως φορτισμένα σωματίδια (σωλήνες Crooks).

Οι σύγχρονοι σωλήνες χρησιμοποιούν ηλεκτρόνια ως φορτισμένα σωματίδια, τα οποία παράγονται στην κάθοδο της λυχνίας, σύμφωνα με το φαινόμενο της θερμιονικής εκπομπής (θερμοηλεκτρόνια) και ονομάζονται θερμοηλεκτρονικοί σωλήνες ή σωλήνες Coolidge.



Εικ. 1.1.: Ακτινολογική λυχνία σταθερής ανόδου

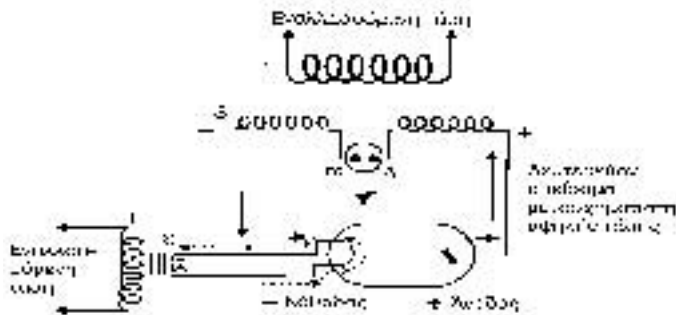
Τα επιμέρους στοιχεία της ακτινολογικής λυχνίας είναι τα εξής :

- Ο υάλινος σωλήνας, ο οποίος είναι υψηλού κενού.
- Η κάθοδος (-) που είναι κατασκευασμένη από δύστηκτο μέταλλο, συνήθως βολφράμιο.

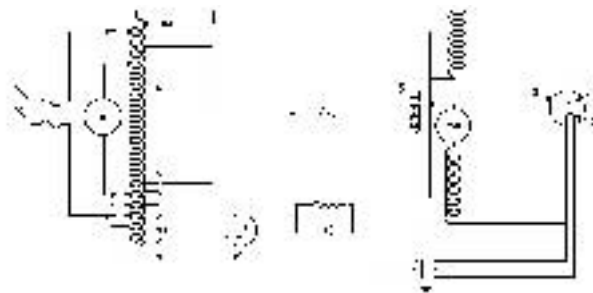
**γ.** Η άνοδος ή αντικάθοδος (+) που είναι δίσκος κατασκευασμένος από δύστηκτο μέταλλο, συνήθως βολφράμιο, ο οποίος περιστρέφεται με συχνότητα 3.000 έως 9.000 στροφές το λεπτό.

**δ.** Τα κυκλώματα, που παρέχουν ρεύμα στο σύστημα τα οποία είναι δύο διαφορετικά και εξυπηρετούν ανάλογους σκοπούς το κάθε ένα από αυτά.

- ◆ Το κύκλωμα καθόδου για το σχηματισμό των θερμοηλεκτρονίων.
- ◆ Το κύκλωμα μεταξύ ανόδου - καθόδου με σκοπό την επιτάχυνση των θερμοηλεκτρονίων. Η διαφορά δυναμικού που υπάρχει μεταξύ των δυο πόλων της λυχνίας κυμαίνεται σε χιλιάδες volts (kilovolts). Η τάση αυτή είναι μια από τις παραμέτρους που επιλέγουμε σε κάθε ακτινογράφιση, είναι δηλαδή ο παράγοντας kVp (κιλοβόλτπικ), παράγοντας που προσδιορίζει την ποιότητα της δέσμης της ακτινοβολίας (σκληρή δέσμη = πολλά KV, μαλακή δέσμη = λίγα KV).



Σχ. 1.3.: Ηλεκτρική διάταξη τροφοδοσίας θερμνήματος καθόδου.  
Δ. Κατσιφαράκης, Αρχές Ακτινογραφικής Απεικόνισης, Αθήνα 2000



Σχ. 1.4.: Διάγραμμα ηλεκτρικού κυκλώματος λυχνίας  
1: άνοδος, 2: κάθοδος, 3: γυάλινη σωλήνας  
4: αυτομετασχηματιστής,  
5: μετασχηματιστής υψηλής τάσης

Δ. Κατσιφαράκης, Αρχές Ακτινογραφικής Απεικόνισης, Αθήνα 2000

Ο άλλος παράγοντας είναι το ρεύμα που διαρρέει τη λυχνία και μετράται σε mA. Εάν αυτός ο παράγοντας προσδιοριστεί σε σχέση με το χρόνο (S), κατά τον οποίο παράγεται η δέσμη της ακτινοβολίας, τότε το γινόμενο mA.s καλείται mAs και είναι η ποσότητα των ηλεκτρονίων που θα φτάσουν στην άνοδο.

#### ε. Σύστημα ψύξης

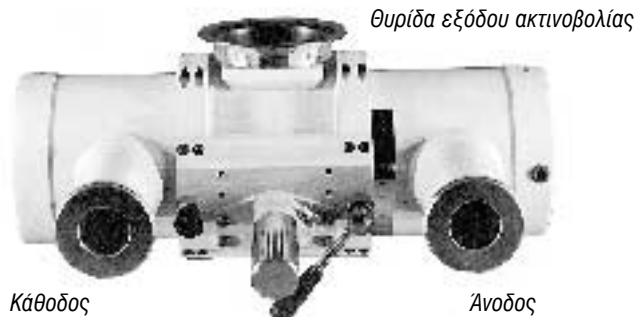
Ως γνωστόν το 99% της κινητικής ενέργειας των ηλεκτρονίων μετατρέπεται σε θερμότητα και μόνο το 1% περίπου σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (το ποσοστό αυτό μπορεί να φτάσει το 99,8% και 0,2% αντίστοιχα)<sup>1</sup>. Για το λόγο αυτό η λυχνία είναι εφοδιασμένη με ειδική διάταξη για την απαγωγή της αναπτυσσόμενης θερμότητας. Έργο της είναι η ψύξη της λυχνίας με τη συνεχή ροή ρευστών μεγάλης θερμοχωρητικότητας, όπως βιομηχανικό λάδι ή νερό ή και τα δύο μαζί.

#### στ. Μολύβδινο κέλυφος της λυχνίας

Η παραγόμενη εντός του υάλινου σωλήνα ακτινοβολία Roentgen κατευθύνεται προς όλες τις διευθύνσεις. Το γεγονός αυτό καθιστά τη λυχνία επικίνδυνη τόσο για τον εργαζόμενο όσο και τον εξεταζόμενο. Η λύση του προβλήματος βρίσκεται στο μολύβδινο κέλυφος με το οποίο περιβάλλεται η λυχνία, αφήνοντας μόνο ένα σημείο εξόδου για την παραγόμενη ακτινοβολία (θυρίδα εξόδου). Με τον τρόπο αυτό προφυλάσσουμε το περιβάλλον και τους ανθρώπους από την άσκοπη έκθεση στην ακτινοβολία, γνωρίζοντας ότι η βιολογική της δράση είναι επιβλαβής.



Εικ. 1.2.: Ακτινολογική λυχνία περιστρεφόμενης



Εικ. 1.3.: Ακτινολογική λυχνία με κέλυφος

<sup>1</sup>Joseph Selman, MD, "The fundamentals of xray and radium physics"

### 1.2.4 Ηθμοί - Φίλτρα

Η παραγόμενη εντός της λυχνίας ακτινοβολία Χ περιέχει μεγάλη ποσότητα φωτονίων και χαμηλών ενεργειών. Τα φωτόνια αυτά δεν έχουν ικανή ενέργεια να διαπεράσουν το ανατομικό μόριο που ακτινογραφούμε και να φτάσουν στο σύστημα ενισχυτικής πινακίδας – φιλμ, ώστε να δημιουργήσουν τις προϋποθέσεις για την παραγωγή της εικόνας. Η μόνη δράση αυτών των φωτονίων είναι η αύξηση της δόσης της ακτινοβολίας που δέχεται ο εξεταζόμενος.

Για να καθαρίσουμε τη δέσμη από τα ανεπιθύμητα αυτά φωτόνια, χρησιμοποιούμε τους ηθμούς ή φίλτρα. Πρόκειται για πλακίδια από κατάλληλο υλικό, συνήθως αλουμίνιο ή χαλκό, διαφόρου πάχους, τα οποία τοποθετούνται μεταξύ της παραγόμενης δέσμης και του εξεταζόμενου, βρίσκονται στη θυρίδα εξόδου. Τα φίλτρα αυτά ονομάζονται εξωτερικά φίλτρα. Τα υλικά της λυχνίας επίσης απορροφούν φωτόνια χαμηλής ενέργειας, λειτουργούν δηλαδή και αυτά σαν εσωτερικά φίλτρα. Τέτοια είναι το υάλινο κέλυφος της λυχνίας, το υλικό της θυρίδας εξόδου και το λάδι. Το συνολικό φίλτρο της λυχνίας, δηλαδή το άθροισμα των εξωτερικών και εσωτερικών φίλτρων, πρέπει να κυμαίνεται από 2 έως 4mm. Στις λυχνίες μαστογράφου το εξωτερικό φίλτρο είναι κατασκευασμένο από μολυβδαίνιο.

Εκτός από τα προαναφερθέντα φίλτρα, σε ειδικές ακτινογραφικές προβολές χρησιμοποιούμε πρόσθετα φίλτρα, όπως το γωνιώδες. Το γωνιώδες φίλτρο είναι σφηνοειδούς σχήματος από ειδικό πλαστικό, κυρίως, ή ξύλο και εξυπηρετεί στη διαμόρφωση της δέσμης, ώστε να μπορούν να ακτινογραφηθούν ανατομικά μέρη διάφορου πάχους.



Εικ. 1.4.: Γωνιώδες φίλτρο κατασκευασμένο από ξύλο οξιάς

Κ. Σκαλιώτης, Γ. Τσουρούφλης, Σισμανόγλειο Γ.Π.Ν.Α., 1987



Σχ. 1.5.: Τοποθέτηση του γωνιώδους φίλτρου

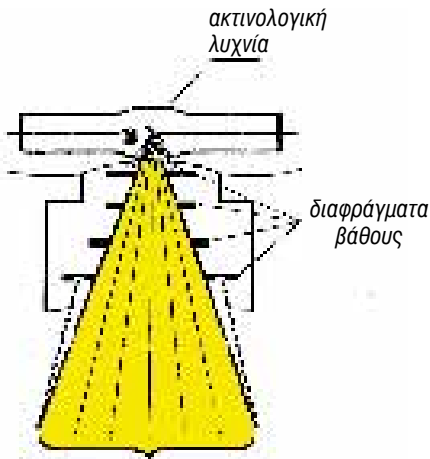
### 1.2.5 Κιβώτιο διαφραγμάτων

Προσαρμοσμένο κάτω ακριβώς από τη θυρίδα εξόδου της ακτινολογικής λυχνίας και συνδεδεμένο με το κέλυφος, βρίσκεται μεταλλικό κιβώτιο το οποίο δια-

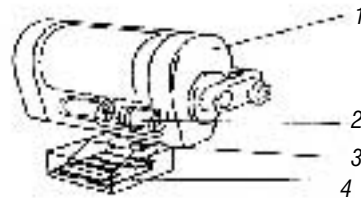
θέτει δύο συστήματα με βασική λειτουργία τον περιορισμό της δέσμης ακτινοβολίας στις επιθυμητές διαστάσεις (διαφραγματικό σύστημα) αλλά και την οπτική προβολή της ακτινοβολίας (φωτεινή επικέντρωση).

### 1.2.6 Διαφραγματικό σύστημα

Η διάταξη αποτελείται από ζεύγη μολύβδινων πλακιδίων, τα οποία αλληλοπλησιάζουν και αλληλοαπομακρύνονται, καθορίζοντας το πεδίο ακτινοβολήσης.



Σχ. 1.6.: Ελεγχόμενος κώνος Ακτινοβολίας.  
Σχηματική διάταξη των μολυβδίνων διαφραγμάτων κάτω από το παράθυρο εξόδου της ακτινοβολίας με σκοπό τον προσδιορισμό του πεδίου ακτινοβολήσης.



Σχ. 1.7.:  
1. Περιβλήμα ακτινολογικής λυχνίας.  
2. Αντικάθοδος,  
3. Φωτεινή επικέντρωση,  
4. Διαφράγματα

### 1.2.7 Φωτεινή επικέντρωση

Η ακτινοβολία Roentgen είναι αόρατη. Για να προσδιοριστεί η επιφάνεια την οποία πρέπει να ακτινογραφήσουμε, είναι απαραίτητο να προβάλουμε το φωτεινό αντίγραφο της ακτινοβολίας, ώστε, με τη βοήθεια του διαφραγματικού συστήματος, να αυξομειώσουμε το πεδίο ακτινοβολήσης. Η προβολή αυτή επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός ισχυρού λαμπτήρα, ο οποίος τροφοδοτείται με ρεύμα χαμηλής τάσεως (12 volts), και ενός κατόπτρου. Τα όργανα αυτά τοποθετούνται πάνω από το διαφραγματικό σύστημα με τέτοια γωνία, ώστε, το φωτεινό πεδίο να συμπίπτει με το πεδίο ακτινοβολήσης.

## 1.3 Ποιότητα - Ποσότητα της δέσμης ακτίνων X

Ο ποιοτικός και ποσοτικός έλεγχος της δέσμης ακτίνων X, που παράγεται στην ακτινολογική λυχνία, γίνεται από το χειριστήριο - τράπεζα χειρισμού του

ακτινογραφικού μηχανήματος.

Από την τράπεζα χειρισμού ρυθμίζεται η τροφοδοσία του μηχανήματος με ηλεκτρικό ρεύμα, η υψηλή τάση της λυχνίας (kVp), το ρεύμα της λυχνίας (mA) και ο χρόνος έκθεσης (s).

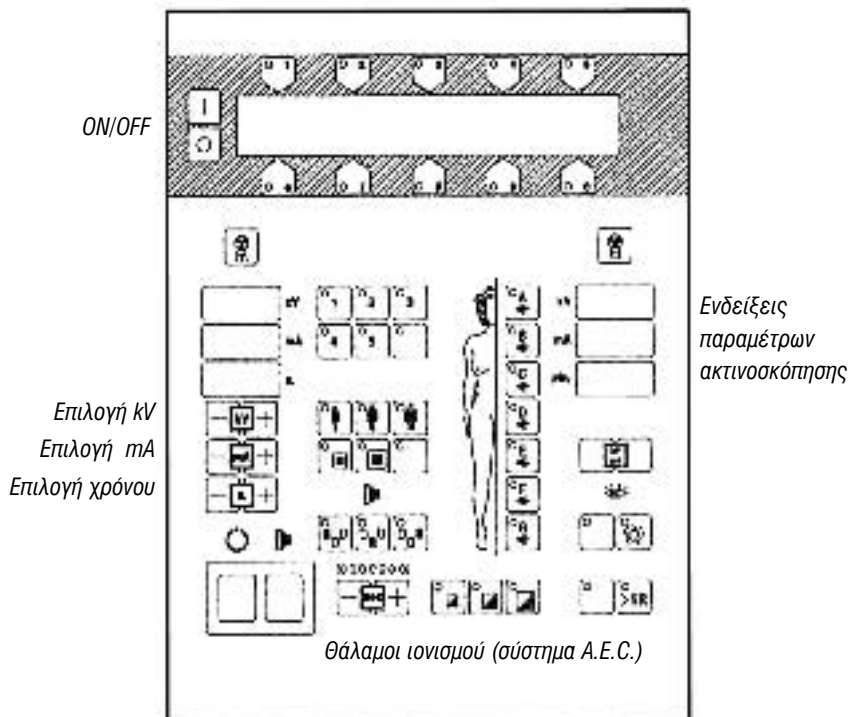
Όσον αφορά την ομαλή τροφοδοσία του μηχανήματος με ηλεκτρικό ρεύμα, πρέπει να γνωρίζουμε ότι αυτή διασφαλίζεται με διάταξη η οποία ονομάζεται σταθεροποιητής τάσεως, και έτσι αντιμετωπίζονται απρόβλεπτοι παράγοντες (π.χ. αυξομείωση τάσεως).

Το ρεύμα με τάση 220 volts (τάση πόλεως), ανάλογα με το αντικείμενο που θα ακτινογραφήσουμε, πρέπει να μετατραπεί σε τάση πολλών χιλιάδων volts. Αυτό γίνεται από το μετασχηματιστή υψηλής τάσεως, με τη βοήθεια του αυτομετασχηματιστή. Πρόκειται για διάταξη ενός μετασχηματιστή με ένα μόνο πηνίο, που παρέχει ακριβώς την ανάλογη τάση στο κύκλωμα του θερμονήματος και στο κύκλωμα της υψηλής τάσεως του μηχανήματος.

### 1.3.1 Ρύθμιση των kVp

Η ποιότητα της δέσμης των ακτίνων Roentgen, δηλαδή η διεισδυτική τους ικανότητα, εξαρτάται από τη διαφορά δυναμικού μεταξύ ανόδου - καθόδου.

Η υψηλή αυτή τάση ρυθμίζεται από κατάλληλους διακόπτες που βρίσκονται



Σχ. 1.8.: Σύγχρονη τράπεζα χειρισμού



στην τράπεζα χειρισμού και έχουν τη δυνατότητα να αυξομειώνουν τις τιμές των kVp κατά δεκάδες ή κατά μονάδες, ανάλογα των απαιτήσεων, ή σε προκαθορισμένες κλίμακες.

Οι ενδείξεις των προεπιλεγμένων kVp εμφανίζονται σε ένα βολτόμετρο, το οποίο βρίσκεται στο χειριστήριο.

### 1.3.2 Ρύθμιση των mA

Ο αριθμός των θερμοηλεκτρονίων της καθόδου, τα οποία έλκονται από την άνοδο στη μονάδα του χρόνου, αντιπροσωπεύει ηλεκτρικό ρεύμα (ανοδικό ρεύμα) που μετρείται σε mA, και είναι ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα της δέσμης.

Η ρύθμιση γίνεται από ειδικό επιλογέα στην τράπεζα χειρισμού και οι τιμές που μπορούμε να επιλέξουμε, ανάλογα με το ακτινογραφούμενο ανατομικό μόριο, είναι από 50mA και συνεχίζουν σε 100, 200, 300, 400, 500, 1000, ανάλογα με τη δυνατότητα του ακτινογραφικού μηχανήματος.

### 1.3.3 Ρύθμιση του χρόνου έκθεσης (s)

Ο παράγοντας χρόνος (s) ελέγχεται και αυτός από την τράπεζα χειρισμού είτε με μηχανικό τρόπο (μηχανικό χρονόμετρο) είτε με ηλεκτρονικό τρόπο (ηλεκτρονικό χρονόμετρο). Η διαφορά τους είναι ότι τα μηχανικά χρονόμετρα δεν μπορούν να ελέγξουν πολύ μικρούς χρόνους και πάντως όχι μικρότερους από 0,25 sec, ενώ τα ηλεκτρονικά χρονόμετρα λειτουργούν με ακρίβεια της τάξεως του 0,001 sec.

Τα σύγχρονα ακτινογραφικά μηχανήματα δεν διαθέτουν επιλογέα χρόνου αλλά mAs – χρονόμετρα, διάταξη που ελέγχει το γινόμενο mA επί sec και διακόπτει την έκθεση όταν το σύστημα έχει αποδώσει τα προεπιλεγμένα στοιχεία.

Σε κάθε έκθεση, λοιπόν η ποσότητα της δέσμης των ακτίνων X είναι ανάλογη των mA και του χρόνου έκθεσης και εκφράζεται από το γινόμενο:

$$\text{mA} \cdot \text{sec}$$

### 1.3.4 Σύστημα A.E.C. ή Σύστημα αυτομάτου ελέγχου έκθεσης (Automatic Exposure Control)

Στα πιο σύγχρονα ακτινογραφικά μηχανήματα χρησιμοποιείται ως χρονοδιακόπτης ένας ή περισσότεροι παράλληλοι επίπεδοι θάλαμοι ιονισμού. Η λειτουργία τους βασίζεται στη διακοπή της έκθεσης όταν έχει ήδη παραχθεί μια προεπιλεγμένη τιμή έντασης ακτινοβολίας, την οποία μετρά ο θάλαμος ιονισμού. Σε τέτοιου είδους μηχανήματα απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή τόσο στην τοποθέτηση του προς ακτινογράφιση ανατομικού μορίου, όσο και στη σωστή επιλογή του θαλάμου ιονισμού.

## 1.4 Μετατροπή της Αόρατης Ακτινοβολίας Χ σε Ορατό Φως

### 1.4.1 Γενικά

Τα πρώτα χρόνια εφαρμογής της ακτινοβολίας Roentgen, η καταγραφή των προς ακτινογράφιση ανατομικών μορίων γινόταν σε υάλινες πλάκες, επιστρωμένες με κατάλληλο γαλάκτωμα, χωρίς την ενδιάμεση ενίσχυση του φωτογραφικού φαινομένου. Οι χρόνοι έκθεσης στην ακτινοβολία ήταν ιδιαίτερα μεγάλοι, ώστε για μια ακτινογράφιση μικρού σχετικά πάχους ανατομικού μορίου, π.χ. άκρο πόδι, να απαιτείται έκθεση 20 λεπτών της ώρας.

Ο συγκεκριμένος τρόπος δημιουργούσε τα εξής προβλήματα :

- ◆ Οι υάλινες πλάκες ήταν δύσχρηστες, ογκώδεις, μεγάλου βάρους και η μεταφορά και φύλαξή τους προβληματική, επειδή υπήρχε κίνδυνος να σπάσουν.

- ◆ Η παραγόμενη ακτινογραφική εικόνα υστερούσε ποιοτικά, παρ' όλο που ο χρόνος έκθεσης ήταν τεράστιος.

Πολλοί ερευνητές λοιπόν ασχολήθηκαν κατ' αρχήν με την ενίσχυση του φωτογραφικού αποτελέσματος της ακτινοβολίας στο φιλμ, πειραματιζόμενοι με διάφορα υλικά. Ο Edison ανακάλυψε τις ιδιότητες του φθορισμού του βολφραμικού ασβεστίου ( $\text{CaWO}_4$ ), όταν αυτό εκτίθεται στην ακτινοβολία, και κατασκεύασε ενισχυτικές πινακίδες αλλά και οθόνες ακτινοσκοπήσεων.

### 1.4.2 Ενισχυτικές πινακίδες

Η δέσμη ακτίνων Χ, όταν διέρχεται μέσα από το προς ακτινογράφιση ανατομικό μόριο, υφίσταται εξασθένηση η οποία είναι ανάλογη με τα επιμέρους στοιχεία του ανατομικού μορίου που διαπερνά. Οι πληροφορίες που μεταφέρει πρέπει να μετατραπούν ανάλογα σε ορατό φως και να καταγραφούν στο φιλμ. Η μετατροπή της αόρατης ακτινοβολίας σε ορατή γίνεται με τη χρήση των ενισχυτικών πινακίδων. Η λειτουργία των πινακίδων βασίζεται στο φαινόμενο του φθορισμού και του φωσφορισμού. Φθορισμός είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ορισμένες ουσίες (φθορίζουσες), όταν διεγερθούν από ιοντίζουσες ακτινοβολίες, κατά την αποδιέγερσή τους εκπέμπουν ακτινοβολία μεγαλύτερου μήκους κύματος (ορατό φως), μετατρέπουν δηλαδή την αόρατη ακτινοβολία Χ σε ορατή. Φωσφορισμός είναι το φαινόμενο κατά το οποίο διάφορα υλικά συνεχίζουν να εκπέμπουν φως και μετά τη διακοπή της διέγερσής τους από ορατό φως ή ακτινοβολία Χ.

Η εικόνα που καταγράφεται στο φιλμ οφείλεται κατά 95% περίπου στο φως που εκπέμπεται από τις ενισχυτικές πινακίδες. Οι πινακίδες χρησιμοποιούνται είτε ως ζεύγος για φιλμ διπλής επίστρωσης (απλή ακτινογραφία) είτε σε ειδικές κασέτες με μια μόνο πινακίδα (μαστογραφία).

### 1.4.3 Περιγραφή των ενισχυτικών πινακίδων

Οι πινακίδες είναι δύο επίπεδες επιφάνειες κατασκευασμένες από χαρτί ή πολυεστέρα (βάση της πινακίδας), πάνω στις οποίες έχει επιστρωθεί το φθορίζον υλικό, συνήθως βολφραμικό ασβέστιο ( $\text{CaWO}_4$ ).

Μεταξύ βάσεως και φθορίζοντος υλικού υπάρχει συνήθως λεπτό στρώμα ανακλαστικού υλικού από διοξείδιο του τιτανίου ( $\text{TiO}_2$ ), για την ανάκλαση του ορατού φωτός προς το φιλμ.

Η όλη κατασκευή περιβάλλεται από πλαστικό υλικό, για την προφύλαξή της από τις κακώσεις.

Τα τελευταία χρόνια κατασκευάζονται ενισχυτικές πινακίδες με φθορίζουσα ουσία που περιέχει σπάνιες γαίες, όπως ενώσεις λανθανίου ή ενώσεις γαδολινίου.

Οι ενισχυτικές πινακίδες είναι κολλημένες στις εσωτερικές επιφάνειες μιας φωτοστεγούς κατασκευής, που ονομάζεται κασέτα. Η πρόσθια επιφάνειά τους, η οποία πρέπει να απορροφά ελάχιστα την προσπίπτουσα ακτινοβολία, είναι κατασκευασμένη από πλαστικό υλικό, συνήθως βακελίτη, ενώ η οπίσθια επιφάνεια κατασκευάζεται από σκληρότερο πλαστικό, για τη μείωση της οπισθοσκεδαζόμενης ακτινοβολίας πάνω στο φιλμ ή με ενσωματωμένο φύλλο μολύβδου στις περισσότερες των κατασκευών. Μεταξύ των πινακίδων και του εσωτερικού φύλλου της κασέτας υπάρχει ελαστικό υλικό, έτσι ώστε να συμπιέζεται το φιλμ ανάμεσα στις πινακίδες. Μεγάλη προσοχή πρέπει να δίνουμε στις ενισχυτικές πινακίδες, επειδή αυτές είναι ευαίσθητες σε μηχανικές κακώσεις, λεκέδες από τα δάχτυλά μας, λεκέδες από σταγόνες χημικών του εμφανιστηρίου, σκόνες κ.λπ.



Εικ. 1.5.: Ακτινογραφική κασέτα

Κάθε κάκωση στην πινακίδα επιφέρει και ανάλογη εμφάνιση σφαλμάτων στην ακτινογραφική εικόνα. Η συντήρηση και ο καθαρισμός τους πρέπει να γίνεται με προσοχή και σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, σε συχνά χρονικά διαστήματα. Οι κασέτες διατίθενται στο εμπόριο σε σταθερές διαστάσεις οι οποίες

είναι: 18X24, 24X30, 30X40, 20X40, 35X35, 35X43 και χρησιμοποιούνται ανάλογα με το αντικείμενο ακτινογράφησης.

#### 1.4.4 Ακτινογραφικό φιλμ

Η καταγραφή της ακτινογραφικής εικόνας γίνεται στο ακτινολογικό φιλμ, το οποίο αποτελείται από :

**α).** Τη βάση, μια διαφανή και εύκαμπτη επιφάνεια, πάνω στην οποία είναι κατάλληλα στρωμένο το φωτογραφικό γαλάκτωμα.

**β).** Το φωτογραφικό γαλάκτωμα, το οποίο είναι ουσία που, όταν εκτίθεται στο ορατό φως ή την ακτινοβολία Χ, αναπτύσσει οπτική πυκνότητα. Η ουσία αυτή αποτελείται από κρυστάλλους αργύρου - αλογόνου. Τα αλογόνα που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του φωτογραφικού γαλακτώματος είναι το βρώμιο (Br), το χλώριο (Cl) και το ιώδιο (I), και οι ενώσεις που σχηματίζονται με τον άργυρο έχουν κρυσταλλική δομή και είναι :

◆ Βρωμιούχος Άργυρος (AgBr),

◆ Χλωριούχος Άργυρος (AgCl),

◆ Ιωδιούχος Άργυρος (AgI).

Η αναλογία των φωτοευαίσθητων κόκκων είναι 95% κόκκοι AgBr και το υπόλοιπο 5% AgI. Εάν εξετάσουμε με το μικροσκόπιο το φωτογραφικό γαλάκτωμα, θα παρατηρήσουμε ότι αποτελείται από αμέτρητους μικροκρυστάλλους αργυροαλογόνου.

Οι κρύσταλλοι βρωμιούχου αργύρου (AgBr) περιέχουν και μικρά μέρη ιωδιούχου αργύρου (AgI) καθώς επίσης και σουλφίδια του αργύρου (Ag<sub>2</sub>S), δηλαδή ενώσεις του αργύρου (Ag) με το θείο (S). Η δομή αυτή του κρυστάλλου δημιουργείται κατά την κατασκευή του και σκοπό έχει την ευαισθησία του στο φως. Τα σημεία όπου συνυπάρχουν όλες αυτές οι χημικές ενώσεις μέσα στο κρυσταλλικό πλέγμα καλούνται κέντρα ευαισθησίας, είναι περιοχές χαμηλής ενεργειακής στάθμης και λειτουργούν ως παγίδες ηλεκτρονίων, συμβάλλοντας στη δημιουργία της λανθάνουσας εικόνας.

**γ).** Το συνδετικό υπόστρωμα, που παρεμβάλλεται μεταξύ βάσης και φωτογραφικού γαλακτώματος, και τα συγκρατεί μεταξύ τους.

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του φιλμ (διαδικασία εμφάνισης) για την ανάδειξη της ακτινογραφικής εικόνας μέσω της προσρόφησης ύδατος, το φωτοπαθές γαλάκτωμα διογκώνεται, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη δυνάμεων που τείνουν να διαχωρίσουν το γαλάκτωμα από τη βάση. Οι δυνάμεις αυτές εξουδετερώνονται από το συνδετικό στρώμα που βρίσκεται μεταξύ τους.

**δ).** Το προστατευτικό επίχρισμα για την προφύλαξη του φωτοπαθούς γαλακτώματος από μηχανικές κακώσεις ή την ανάπτυξη στατικού ηλεκτρισμού. Είναι ένα λεπτό στρώμα ζελατίνης.

Στις περισσότερες ακτινολογικές εξετάσεις χρησιμοποιούμε φιλμ τα οποία είναι επιστρωμένα με φωτογραφικό γαλάκτωμα και στις δυο επιφάνειες της βάσεως. Τα φιλμ αυτά χαρακτηρίζονται ως φιλμ διπλής επίστρωσης.

#### 1.4.5 Λανθάνουσα εικόνα

##### A. Σχηματισμός

Παρατηρώντας το ακτινογραφικό φιλμ μετά την ακτινοβόλησή του, δεν βλέπουμε να υπάρχει εικόνα στην επιφάνειά του. Στην πραγματικότητα όμως έχει δημιουργηθεί μια εικόνα λόγω της φωτοχημικής αντίδρασης (ακτινοβολία - ορατό φως - φωτογραφικό γαλάκτωμα), η οποία ονομάζεται λανθάνουσα εικόνα. Ο σχηματισμός της αόρατης αυτής εικόνας εξηγείται με τη θεωρία των Gurney - Mott.

Σύμφωνα λοιπόν με αυτή τη θεωρία, όταν φωτόνιο ακτινοβολίας X ή ορατού φωτός (λόγω ενισχυτικής πινακίδας) προσπέσει στο κρυσταλλικό πλέγμα του αργυραλογόνου (AgBr), θα συμβεί μετατροπή του ιόντος  $\text{Br}^-$  σε ουδέτερο άτομο με τη σύγχρονη προσφορά ενός  $e^-$  κατά τη χημική εξίσωση:



Το ηλεκτρόνιο έλκεται από το κέντρο ευαισθησίας και παγιδεύεται σ' αυτό ενώ το βρώμιο σε μορφή ατόμου καθηλώνεται σε τυχαία θέση στη ζελατίνα. Το ηλεκτρόνιο μέσα στο κέντρο ευαισθησίας δημιουργεί περιοχή έντονα αρνητικά φορτισμένη και ασκεί δυνάμεις στο θετικό ιόν του αργύρου ( $\text{Ag}^+$ ), το οποίο έλκεται στο κέντρο ευαισθησίας, όπου και μετατρέπεται σε ουδέτερο άτομο Ag. Κατά τη χημική αντίδραση :



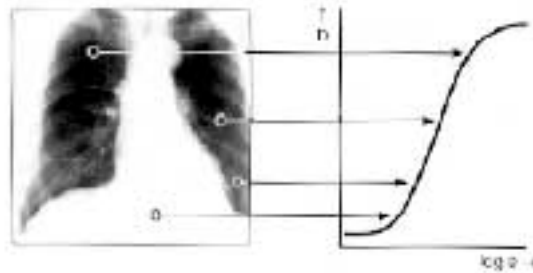
το άτομο αργύρου δρα σαν παγίδα για ένα δεύτερο ηλεκτρόνιο. Το αρνητικό φορτίο έλκει ένα άλλο ιόν αργύρου στο κέντρο ευαισθησίας.

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται αρκετές φορές, με αποτέλεσμα την συγκέντρωση ατόμων αργύρου στα κέντρα ευαισθησίας. Τα κέντρα που έχουν αρκετά άτομα μεταλλικού αργύρου αποτελούν τα κέντρα σχηματισμού της λανθάνουσας εικόνας.

##### B. Ανάδειξη της εικόνας

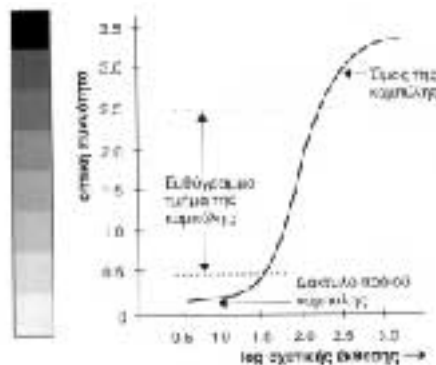
Η ανάδειξη της λανθάνουσας εικόνας σε ορατή γίνεται με τη χημική επεξεργασία του φιλμ στο μηχανικό (αυτόματο) εμφανιστήριο, μέσα στο σκοτεινό θάλαμο.

Η χημική επεξεργασία (εμφάνιση) αποτελεί μια διαδικασία που ενισχύει τη λανθάνουσα εικόνα, πολλαπλασιάζει δηλαδή εκατομμύρια φορές την αναγωγή του αργύρου, μέχρι να μεταβληθεί ο εκτεθειμένος κρύσταλλος σε μεταλλικό άργυρο.



Εικ. 1.6.: Συσχέτιση τιμών χαρακτηριστικής καμπύλης και οπτικών πυκνοτήτων στην ακτινογραφία θώρακος

Δ. Κατσιφαράκης, Αρχές Ακτινογραφικής Απεικόνισης, Αθήνα 2000



Σχ. 1.9.: Η χαρακτηριστική καμπύλη ενός ακτινογραφικού φιλμ.

Δ. Κατσιφαράκης, Αρχές Ακτινογραφικής Απεικόνισης, Αθήνα 2000

Παρατεταμένος χρόνος εμφάνισης προκαλεί τη δημιουργία μεταλλικού αργύρου και σε τμήματα του φιλμ που δεν έχουν εκτεθεί σε ακτινοβολία, έχουμε δηλαδή τη δημιουργία ομίχλωσης (Fog).

## 1.5 Ακτινοδιαγνωστική Εικόνα

Ιατρική ακτινογραφία είναι η διά των ακτίνων Χ απεικόνιση ανατομικών μορίων του ανθρωπίνου σώματος, που αποτυπώνονται σε ένα φιλμ, έτσι ώστε να προκύπτουν χρήσιμες πληροφορίες για την ανατομία - φυσιολογία της περιοχής του σώματος που ακτινογραφείται.

Η αποτύπωση των ανατομικών μορίων επιτυγχάνεται με τη διαβάθμιση του γκρι χρώματος. Σε κάθε περιοχή λοιπόν της παραγόμενης ακτινογραφικής εικόνας (ακτινογραφία) αντιστοιχεί μια ορισμένη απόχρωση του γκρι.

Κάθε διαβάθμιση του γκρι αντιστοιχεί σε ανάλογη ποσότητα ακτινοβολίας Χ που προσπίπτει στο φιλμ. Η ποσότητα αυτή εξαρτάται από την εξασθένηση που υφίσταται η πρωτογενής δέσμη ακτίνων Χ, όταν περνά μέσα από το ανθρώπινο σώμα.

Οι διαβαθμίσεις του γκρι που τείνουν προς την περιοχή του μαύρου, δηλώνουν μικρή έως ελάχιστη απορρόφηση και καλούνται διαυγασίες. Τέτοιες περιοχές καταγράφονται όταν η ακτινοβολία διαπερνά περιοχές με αέρα (όπως πνεύμονες, τραχεία κ.λπ.). Αντίθετα, οι διαβαθμίσεις του γκρι που τείνουν προς την περιοχή του λευκού, ονομάζονται σκιάσεις και δηλώνουν μεγάλη απορρόφηση της ακτινοβολίας Χ. Τέτοιες περιοχές καταγράφονται στο φιλμ, όταν η ακτινοβολία διαπερνά μόρια με υψηλό συντελεστή απορρόφησης (όπως οστά κ.λπ.). Σε αρκετές περιπτώσεις χρειάζεται τεχνικά να αυξήσουμε ή να ελαττώσουμε την απορρόφηση της ακτινοβολίας, με σκοπό την απεικόνιση ανατομικών μορφών της ίδιας περιοχής, τα οποία φυσιολογικά έχουν τον ίδιο βαθμό απορρόφησης της ακτινοβολίας. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούμε μέσα σκιαγραφικής αντίθεσης (όπως αέρα, ενώσεις βαρίου, διοξείδιο του άνθρακα, ιωδιούχα σκευάσματα).

## 1.6. Χαρακτηριστικά Διαγνωστικής Ακτινογραφίας

Μια ακτινογραφική εικόνα, για να θεωρείται ικανοποιητική, πρέπει να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά :

### ◆ Αντίθεση (contrast)

Εκφράζει τις διαφορές στην ένταση της ακτινοβολίας, που αντιστοιχούν σε διάφορες περιοχές της εικόνας. Είναι δηλαδή η διαφορά βαθμού αμαύρωσης μεταξύ δυο γειτονικών περιοχών της ακτινογραφικής εικόνας. Η διαφορά αυτή εξαρτάται από το πάχος της προς ακτινογράφιση ανατομικής περιοχής και από τους συντελεστές εξασθένησης της ακτινοβολίας που δέχεται το ανατομικό μόριο που ακτινογραφούμε.

### ◆ Πυκνότητα

Είναι ο βαθμός της συνολικής αμαύρωσης του φιλμ.

### ◆ Παραμόρφωση

Είναι η αλλοίωση που έχει υποστεί το ακτινογραφούμενο θέμα στο σχήμα και το μέγεθός του. Τέτοιες αλλοιώσεις προκαλούνται από τη θέση της λυχνίας σε σχέση με το προς ακτινογράφιση ανατομικό μόριο, από τη θέση της ακτινογραφικής κασέτας ή από το συνδυασμό όλων των ανωτέρω.

### ◆ Οριακή ευκρίνεια

Είναι ο σαφής διαχωρισμός των ορίων των σκιών και διαυγασεων σε μια διαγνωστική εικόνα. Η οριακή ευκρίνεια εξαρτάται από τη σκεδαζόμενη ακτινοβολία ή από διάφορους γεωμετρικούς παράγοντες, όπως η παρασκία.

Η αντίθεση και η πυκνότητα είναι γνωστά ως φωτογραφικά χαρακτηριστικά, ενώ η παραμόρφωση και η οριακή ευκρίνεια ως γεωμετρικά.

Τα παραπάνω φυσικά μεγέθη, καθώς και τα φαινόμενα που τα προκαλούν, περιγράφονται αναλυτικότερα σε ειδικά κεφάλαια.

## 1.7 Παράγοντες που Επηρεάζουν την Ποιότητα της Ακτινογραφικής Εικόνας

Η ποιότητα της ακτινογραφικής εικόνας εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους όχι μόνο του ακτινολογικού μηχανήματος αλλά και των υλικών και μέσων αποτύπωσης και επεξεργασίας της εικόνας. Έτσι η ποιότητα της ακτινογραφικής εικόνας εξαρτάται από :

**1. Την υψηλή τάση kV**, η οποία καθορίζει τη σκληρότητα της ακτινοβολίας και είναι η καθοριστική παράμετρος της διεισδυτικότητας της πρωτογενούς δέσμης. Επομένως, η ακρίβεια των kV είναι σημαντική για το βάθος διείσδυσης της ακτινοβολίας. Καθοριστική παράμετρος εξάλλου είναι η μέγιστη δυνατή τιμή της υψηλής τάσης 125 ή 150kV. Τέλος, είναι προφανές ότι η τιμή της υψηλής τάσης πρέπει να είναι επαναλαμβανόμενη και σταθερή. Δηλαδή, αν επιλεχθεί μία συγκεκριμένη τιμή τάσης π.χ. 81 kV, η πραγματική τιμή δεν πρέπει να διαφέρει σημαντικά από την επιλεχθείσα ονομαστική τιμή της τάσης.

**2. Την ένταση του ανοδικού ρεύματος**, η οποία συμβάλλει στη σταθερότητα της παροχής της λυχνίας. Πρέπει να διευκρινιστεί ότι το ανοδικό ρεύμα δεν πρέπει να συγχέεται με το ρεύμα που διαρρέει το νήμα της καθόδου για να τη θερμάνει. Η μέγιστη δυνατή τιμή του ανοδικού ρεύματος προσδιορίζεται από την ισχύ της γεννήτριας και τη μέγιστη στιγμιαία ισχύ της ακτινολογικής λυχνίας.

**3. Το χρόνο έκθεσης**, ο οποίος, σε συνδυασμό με το ανοδικό ρεύμα, καθορίζει τα mAs που επηρεάζουν την ποσότητα της ακτινοβολίας. Σημαντικές παράμετροι είναι η σταθερότητα του επιλεγόμενου χρόνου, η σύμπτωση της επιλεγόμενης τιμής με τον πραγματικό χρόνο έκθεσης και η ελάχιστη πραγματική τιμή του χρόνου έκθεσης.

**4. Τον τύπο ανόρθωσης**, ο οποίος επηρεάζει την ποιότητα της ακτινοβολίας. Έτσι, οι γνωστές εξαπαλμικές ή δωδεκαπαλμικές γεννήτριες παρέχουν καλύτερη ποιοτική ακτινοβολία από τις παλαιές απλής ή διπλής ανόρθωσης γεννήτριες. Φυσικά, αυτές των 6 ή ακόμη καλύτερα των 12 παλμών γεννήτριες απαιτούν τριφασική τροφοδοσία.

**5. Την ποιότητα του δικτύου τροφοδοσίας** (τάση παροχής), η οποία επηρεάζει την ποιότητα της παρεχόμενης ακτινοβολίας. Η ισοστάθμιση των τριών φάσεων είναι καθοριστικής σημασίας για την ποιότητα και την ασφαλή λειτουργία της ακτινολογικής εγκατάστασης.

**6. Το μέγεθος του εστιακού σημείου της ανόδου**, το οποίο είναι η κύρια παράμετρος που καθορίζει την ποιότητα της παραγόμενης ακτινοβολίας. Ως γνωστό, το φαινόμενο της παρασκιάς, λόγω του μεγέθους της εστίας, συμβάλλει καθοριστικά στην ελάττωση της χωρικής διακριτικής ικανότητας και επομένως στη σαφήνεια της εικόνας. Στο σύνολό τους σχεδόν, οι ακτινολογικές λυχνίες με περιστρεφόμενη άνοδο είναι διπλοεστιακές. Έτσι, το μικρό εστιακό σημείο επιλέγεται σε περιπτώσεις που απαιτείται σαφήνεια και το μεγάλο εστιακό σημείο επιλέγεται μόνο όταν η σαφήνεια δεν είναι το κυρίαρχο ζητούμενο, αλλά ο ελάχιστος δυνατός χρόνος ακτινοβολήσης. Πρέπει να τονιστεί ότι το μικρό εστιακό



σημείο επιβάλλει μεγαλύτερο περιορισμό της ισχύος, και έτσι το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα ανόδου θα είναι μικρότερο από αυτό του μεγάλου εστιακού σημείου. Υπενθυμίζεται ότι οι διάφοροι τύποι των ακτινολογικών λυχνιών έχουν μεγάλο εύρος μεγέθους εστιακών σημείων, με τις μικρότερες τιμές να απαντώνται στις ειδικές λυχνίες για μαστογράφους.

**7. Την κατάσταση της ανόδου** της ακτινολογικής λυχνίας, η οποία επηρεάζει την ποιότητα της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας. Έτσι, μια "γερασμένη" ακτινολογική λυχνία με "οργωμένη" άνοδο έχει χειρότερη απόδοση, λόγω της αύξησης του φαινομένου εστιακού σημείου και της έντονης παρουσίας του φαινομένου κλίσης (heel effect).

**8. Την κατάσταση του κιβωτίου διαφραγμάτων**, τα οποία συνεισφέρουν στην ποιότητα τόσο από άποψη εργονομίας, δηλαδή ευκολίας στην επιλογή του πεδίου ακτινοβολίας, όσο και από άποψη σαφούς περιορισμού του πεδίου ακτινοβολίας με τα διαφράγματα βάθους. Επίσης, δεν αρκεί μόνο η σύμπτωση του φωτεινού πεδίου με το πεδίο ακτινοβόλησης, αλλά και η ικανοποιητική ένταση του φωτεινού πεδίου, για τη σαφή και γρήγορη επιλογή του πεδίου ακτινοβόλησης. Οι ενδείξεις που υπάρχουν σε καλής ποιότητας κιβώτια διαφραγμάτων όπως: απόσταση από τις εξεταστικές επιφάνειες, γωνίες περιστροφής της θέσης της λυχνίας και λοιποί αυτοματισμοί, βοηθούν στην καλύτερη λειτουργία και ελαχιστοποιούν τα λάθη κατά την εκτέλεση των διαφόρων προβολικών λήψεων.

**9. Το ολικό φίλτρο της λυχνίας**, το οποίο δεν επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα, επιβάλλεται όμως να έχει συγκεκριμένη τιμή για την προστασία του εξεταζομένου από την χωρίς διαγνωστική σημασία μαλακή ακτινοβολία. Εξαίρεση αποτελεί η ακτινογραφική απεικόνιση των ουροφόρων οδών, όπου το ολικό φίλτρο δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 1,3 mm Al.

**10. Το πάχος και την υφή του εξεταζόμενου μέρους του σώματος.** Όσον αφορά την υφή, δεν υπάρχει δυνατότητα παρέμβασης. Όσον αφορά όμως το πάχος, η χρήση ιμάντων πίεσης (π.χ. στην ενδοφλέβιο ουρογραφία) ή επιφανειών συμπίεσης (π.χ. στη μαστογραφία, στομάχι), βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα της λαμβανόμενης εικόνας.

**11. Τη φύση και την κατάσταση της εξεταστικής επιφάνειας**, που μπορούν να επιδράσουν αρνητικά στην ποιότητα, είτε λόγω του πάχους και της απορρόφησης της χρήσιμης ποσότητας ακτινοβολίας, είτε λόγω ανομοιογενούς σύστασης, λόγω φθοράς ή λόγω ακτινοσκιερών ουσιών με τις οποίες αυτή έχει λερωθεί. Η χρήση λεπτών αλλά ανθεκτικών υλικών, όπως τα ανθρακονήματα, και η συνεχής φροντίδα και καθαριότητα των εξεταστικών επιφανειών συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας των ακτινολογικών εικόνων.

**12. Το αντισκεδαστικό διάφραγμα (grid)**, το οποίο χρησιμοποιείται στο μηχανισμό του bucky και το οποίο εμποδίζει τα φωτόνια που έχουν σκεδαστεί από το σώμα του εξεταζόμενου να φθάσουν στο δέκτη εικόνας, ώστε να βελτιώνεται η αντίθεση (contrast) της εικόνας. Καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα παίζουν οι διάφορες παράμετροι του αντισκεδαστικού διαφράγματος, όπως η εστιακή από-

σταση (ffd), ο λόγος (grid ratio) και η πυκνότητα δοκίδων. Όσο αυξάνεται ο λόγος του διαφράγματος, τόσο βελτιώνεται και η αντίθεση, αλλά έτσι αυξάνεται και η απαιτούμενη ποσότητα ακτινοβολίας (mAs). Παράλληλα με την αύξηση του λόγου, περιορίζεται και το εύρος της ορθής εστιακής απόστασης, γεγονός άκρως σημαντικό για το διάφραγμα του κατακόρυφου ορθοστάτη, όπου η σωστή απόσταση για ακτινογραφία θώρακα είναι 180 cm. Έτσι, για αντισκεδαστικό διάφραγμα (grid) λόγου 12:1, η εστιακή απόσταση πρέπει να είναι  $ffd = 180 \text{ cm}$ . Τέλος, η σωστή ευθυγράμμιση και η κάθετη θέση ως προς την κεντρική δέσμη της ακτινοβολίας είναι άκρως σημαντικές παράμετροι για την ποιότητα των λαμβανόμενων εικόνων. Ο έλεγχός τους πρέπει να είναι προσεκτικός, γιατί αποκλίσεις λίγων εκατοστών ή μερικών μοιρών επιδρούν σημαντικά στην ομοιογένεια της ακτινογραφικής εικόνας.

**13. Το φιλμ**, που είναι ακόμη και σήμερα το βασικό μέσο για την αποτύπωση της ακτινογραφικής εικόνας. Οι ιδιότητες των φιλμ θεωρούνται γνωστές, αλλά θα πρέπει να υπενθυμίσουμε το διαχωρισμό τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες : μπλε και πράσινης ευαισθησίας. Είναι προφανές ότι τα φιλμ πρέπει να συνδυάζονται με πινακίδες αντίστοιχου φάσματος εκπομπής. Τέλος, οι συνθήκες φύλαξης των φιλμ είναι καθοριστικής σημασίας για την καλή ποιότητα των λαμβανόμενων ακτινογραφικών εικόνων.

**14. Τις κασέτες με τις ενισχυτικές πινακίδες**, που είναι ο πλέον σημαντικός παράγοντας τόσο της ποιότητας της ακτινογραφικής εικόνας όσο και της ποσότητας ακτινοβολίας που δέχεται ο εξεταζόμενος. Υπάρχουν ενισχυτικές πινακίδες διαφόρων ταχυτήτων, αλλά μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες, αυτές που εκπέμπουν στην περιοχή του μπλε ή ιώδους (blue) και αυτές που εκπέμπουν στην περιοχή του πράσινου φάσματος (ortho). Ο ρόλος των ενισχυτικών πινακίδων είναι κυρίαρχος στην ποιότητα. Για να είναι το αποτέλεσμα ικανοποιητικό απαιτείται απόλυτη καθαριότητα των επιφανειών και καλή επαφή πινακίδων και φιλμ στην κασέτα.

**15. Το εμφανιστήριο**, το οποίο αποτελεί σημαντικό κρίκο στην αλυσίδα της ακτινογραφικής απεικόνισης, αναδεικνύοντας την τελική εικόνα από τη λανθάνουσα. Η ταχύτητα εμφάνισης, η θερμοκρασία, ο ρυθμός αναζωογόνησης των υγρών και η καθαριότητα των κάδων και κυλίνδρων του είναι σημαντικές παράμετροι της ποιότητας της εικόνας. Το εμφανιστήριο διεκδικεί μεγάλο ποσοστό στην καλή ή κακή ποιότητα της ακτινογραφικής εικόνας, αφού μικρή μεταβολή της θερμοκρασίας εμφάνισης ή / και της ταχύτητας επηρεάζει σημαντικά την οπτική πυκνότητα του εμφανιζόμενου φιλμ.

**16. Τα υγρά εμφάνισης και στερέωσης του εμφανιστηρίου**, τα οποία παίζουν το δικό τους σημαντικό ρόλο στην όλη διαδικασία της επεξεργασίας του φιλμ. Οι χημικές και φυσικές ιδιότητες των υγρών πρέπει να αποτελούν καθημερινό σημείο ελέγχου και πρέπει να τονιστεί ότι η διαδικασία παρασκευής τους πρέπει να γίνεται με προσοχή και πιστή τήρηση των οδηγιών του κατασκευαστή.

**17. Η λυχνία ασφαλείας του σκοτεινού θαλάμου**, που είναι ίσως το φθηνότε-

ρο υλικό από αυτά που επηρεάζουν την ποιότητα της ακτινογραφικής εικόνας. Σε μεγάλο ποσοστό σκοτεινών θαλάμων το βασικό πρόβλημα είναι η ακατάλληλη λυχνία ασφαλείας. Ειδικά μετά την ευρεία χρήση των ορθοχρωματικών φιλμ (ortho), τα οποία είναι περισσότερο ευαίσθητα, (αυξημένη ευαισθησία στην πράσινη περιοχή), το πρόβλημα της μη συμβατής λυχνίας ασφαλείας αποκτά σημαντικές διαστάσεις. Σε πολλά ακτινολογικά εργαστήρια υπήρχαν ή υπάρχουν έντονα προβλήματα λόγω αυξημένης ομίχλωσης των ορθοχρωματικών φιλμ και ο βασικός λόγος είναι η μη αντικατάσταση της λυχνίας ασφαλείας μετά την αλλαγή από τις μπλε ευαισθησίας πινακίδες και φιλμ στην πλέον σύγχρονη τεχνολογία των ορθοχρωματικών.

**18.** Τέλος, ρόλο στην αυξημένη ομίχλωση των φιλμ παίζει και **η φωτοστεγανότητα των σκοτεινών θαλάμων**. Οι κύριες πηγές εισόδου φωτός εντοπίζονται στην πόρτα και στο άνοιγμα του τοίχου, αν υπάρχει, στο εμφανιστήριο.

## 1.8 Κριτήρια Ποιότητας της Ακτινογραφικής Εικόνας

Τα παρακάτω γενικά κριτήρια είναι κοινά για όλες τις ακτινολογικές εξετάσεις. Όλοι όσοι έχουν σχέση είτε με τη φροντίδα εκτέλεσης των εξετάσεων είτε με την εκτίμηση των αποτελεσμάτων τους, πρέπει να τις έχουν πάντα κατά νου.

### ◆ Σημειώσεις επί της εικόνας, ταυτοποίηση

Στοιχεία εξεταζομένου, ημερομηνία εξέτασης, διακριτικά θέσης (Δεξιά-Αριστερά) που προσδιορίζουν την εξεταζόμενη πλευρά του σώματος πρέπει να είναι παρόντα και ευαναγνώστα επί του φιλμ, χωρίς να καλύπτουν περιοχές του φιλμ προς διάγνωση.

Ο έλεγχος της ποιότητας του ακτινολογικού εξοπλισμού, με προγράμματα ελέγχου ποιότητας, αποτελεί απαραίτητο τμήμα της ακτινολογικής πρακτικής (Dose - effective). Τέτοια προγράμματα πρέπει να υιοθετούνται σε κάθε ακτινολογική εγκατάσταση και πρέπει να καλύπτουν τις πλέον σημαντικές φυσικές και τεχνικές παραμέτρους, οι οποίες σχετίζονται με το είδος των ζητούμενων ακτινολογικών εξετάσεων προς διεκπεραίωση.

Για την αξιόπιστη εφαρμογή των ακτινογραφικών τεχνικών που ακολουθούνται απαιτείται να έχει καθοριστεί η ακρίβεια και τα όρια ανοχής των τεχνικών παραμέτρων.

### ◆ Θέση εξεταζομένου

Η σωστή τοποθέτηση του εξεταζομένου παίζει μείζονα ρόλο, καθοριστικό της επιτυχίας κάθε ακτινολογικής εξέτασης. Τυπικές θέσεις ακτινογράφησης πιθανώς να χρειαστεί να τροποποιηθούν ή να αλλάξουν, εφόσον το επιβάλλουν ειδικές κλινικές συνθήκες με σκοπό την ανάδειξη και οριοθέτηση μιας περιοχής ιδιαίτερου ενδιαφέροντος. Η σωστή τοποθέτηση του εξεταζομένου, για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, είναι ευθύνη του διενεργούντος την εξέταση. Χρήση τεχνικών προς ακινητοποίηση ή άσκηση πίεσης επί του εξεταζομένου, με

κατάλληλα συστήματα, έχουν τη σημασία τους στην τελική παραγωγή ικανοποιητικών εικόνων.

#### ◆ **Περιορισμός ακτινολογικής δέσμης (πρωτογενούς)**

Η ποιότητα της εικόνας βελτιώνεται και η δόση ακτινοβολίας επί του εξεταζομένου ελαττώνεται με τον περιορισμό της ακτινολογικής δέσμης στο μικρότερο δυνατό πεδίο που απαιτείται για τη μέγιστη διαγνωστική πληροφόρηση. Ο περιορισμός της ακτινολογικής δέσμης περιλαμβάνει επίσης το σκεπτικό της εξαίρεσης (όποτε αυτό είναι εφικτό) από την πρωτογενή δέσμη ακτινοευαίσθητων οργάνων. Αν αυτό δεν είναι εφικτό, πρέπει η ακτινολογική δέσμη να περιορίζεται σαφώς εντός της περιοχής ενδιαφέροντος. Πρέπει να φαίνεται ευκρινώς ο περιορισμός της δέσμης, που μπορεί να εξασφαλισθεί αυτόματα, με ειδικά εξαρτήματα.

#### ◆ **Προστατευτική θωράκιση**

Για σταθερή προστασία από την ακτινοβολία, ειδικά εξαρτήματα πρέπει να είναι πάντα διαθέσιμα, προκειμένου να προστατεύουν ακτινοευαίσθητους ιστούς ή όργανα, οποτεδήποτε αυτό είναι εφικτό. Ειδικότερα, σε άτομα της παραγωγικής ηλικίας, η προστασία κατά τη λήψη ακτινογραφιών των όρχεων ή των ωοθηκών, όταν βρίσκονται εντός της δέσμης ή πλησίον αυτής, είναι αυτονόητη.

#### ◆ **Συνθήκες ακτινογραφικής έκθεσης**

Η γνώση και η καλή χρήση των παραγόντων ακτινογραφικής έκθεσης π.χ. ακτινογραφική τάση, ονομαστική τιμή εστιακού σημείου φίλτρου - λυχνίας και απόσταση φιλμ - εστίας είναι απαραίτητες, επειδή έχουν σημαντικό μερίδιο στη δόση ακτινοβολίας επί του εξεταζομένου και στην ποιότητα της εικόνας. Πρέπει επίσης να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη πάντοτε, οι σταθεροί παράγοντες που αφορούν στο μηχάνημα, όπως το ολικό φίλτρο λυχνίας και τα χαρακτηριστικά του αντισκεδαστικού διαφράγματος.

#### ◆ **Σύστημα ενισχυτικής πινακίδας - φιλμ**

Η ευαισθησία τέτοιων συστημάτων καθορίζεται βάσει της ταχύτητας. Η ταχύτητα είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τη δόση ακτινοβολίας του εξεταζομένου. Έχει παρατηρηθεί ότι η ευαισθησία ενός ζεύγους ενισχυτικών πινακίδων - φιλμ παρουσιάζει μεταβολές σε συνάρτηση με την ενέργεια των ακτίνων Χ. Έτσι χρησιμοποιούμε ένα ευρύ φάσμα ταχύτητας ενισχυτικών πινακίδων.

#### ◆ **Οπτική πυκνότητα του φιλμ**

Η οπτική πυκνότητα του φιλμ έχει άμεση επίδραση στην ποιότητα της εικόνας. Για την ίδια την ακτινογραφική προβολή, αυτή εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες. Δόση ακτινοβολίας, ποιότητα ακτινοβολίας, σωματική διάπληση εξεταζομένου, ακτινογραφική τεχνική, ευαισθησία ενισχυτικών πινακίδων και διαδικασία επεξεργασίας φιλμ, καθορίζουν την οπτική πυκνότητα σε ένα ακτινογραφικό φιλμ.

Κατά τη διάρκεια μίας εξέτασης, η έκθεση σε ακτινοβολία πρέπει να είναι όσο

το δυνατόν μικρότερη αλλά αρκετή, ώστε να παρέχει τα απαραίτητα διαγνωστικά στοιχεία - πληροφορίες.

#### ◆ Διαδικασία επεξεργασίας φιλμ

Η διαδικασία επεξεργασίας του φιλμ επηρεάζει σημαντικά τόσο την ποιότητα της εικόνας όσο και τη δόση ακτινοβολίας επί του εξεταζομένου. Τα ανάλογα μηχανήματα (εμφανιστήρια) πρέπει να διατηρούνται σε άριστη κατάσταση και να ελέγχονται συχνά, ακόμη και καθημερινά.

#### ◆ Συνθήκες ανάγνωσης των ακτινολογικών εικόνων (διαφανοσκόπια)

Προκειμένου να έχουμε καλή ποιότητα εικόνας και να αντλήσουμε τις καλύτερες δυνατές διαγνωστικές πληροφορίες, οι παρακάτω συνθήκες οφείλουν να είναι οι καλύτερες δυνατές:

- Η ένταση του φωτός που προσπίπτει επί του οφθαλμού του εξετάζοντος πρέπει να είναι ικανοποιητική (περίπου  $100 \text{ Cd/m}^2$ ). Για να επιτευχθεί αυτό, η λαμπρότητα του διαφανοσκοπίου πρέπει να είναι μεταξύ  $2000 - 4000 \text{ Cd/m}^2$  για φιλμ με εύρος πυκνότητας 0.5-2.2.

- Το χρώμα φωτισμού των διαφανοσκοπίων πρέπει να είναι λευκό ή κυανούν, και ενιαίο σε όλη τη σειρά των διαφανοσκοπίων.

- Πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμα μέσα προκειμένου να περιορίζεται η φωτεινή περιοχή ελέγχου ενός φιλμ σε απολύτως απαραίτητες διαστάσεις (σύστημα τύπου ίριδας).

- Πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμα μέσα μεγέθυνσης της εικόνας με συντελεστή  $\times 2$  ή  $\times 4$ , με δυνατότητα να ανιχνεύονται λεπτομέρειες κάτω του  $0,1 \text{ mm}$ .

- Χρειάζεται συσκευή «σκληρού» φωτισμού με σύστημα ίριδος ισχύος τουλάχιστον  $10.000 \text{ Cd/m}^2$ , για έλεγχο πολύ σκοτεινών περιοχών του φιλμ.

- στ. Στο θάλαμο ανάγνωσης φιλμ, ο φωτισμός πρέπει να είναι χαμηλός και, αν είναι δυνατόν, ρυθμιζόμενος με ροοστάτη (dimmer).

#### ◆ Ανάλυση απορριπτών φιλμ

Τα απορριπτά φιλμ πρέπει να συλλέγονται, να αναλύονται τα αίτια απόρριψης και να γίνονται διορθωτικές κινήσεις.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ακτινοβολία X ή Roentgen παράγεται σε ειδικούς αερόκενους σωλήνες, σύμφωνα με συγκεκριμένα φυσικά φαινόμενα. Η διέγερση του ατόμου, ο σχηματισμός του ηλεκτρικού πεδίου, οι δυνάμεις που δημιουργούνται και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του σωλήνα Coolidge, είναι υπεύθυνα για το παραγόμενο αποτέλεσμα, που είναι η αόρατη ακτινοβολία X.

Η διαχείριση αυτής της ακτινοβολίας διέπεται από κανόνες για την προστασία από τις πιθανές βιολογικές βλάβες, που αυτή είναι ικανή να προκαλέσει. Έτσι, η σωστή χρήση του διαφραγματικού συστήματος, των κατάλληλων παραγόντων έκθεσης (kV, mA, sec), των κατάλληλων ενισχυτικών πινακίδων, των κατάλληλων φιλμ και της ακτινογραφικής τεχνικής διασφαλίζουν τόσο την προστασία εξεταζομένων και εξετάζοντος, όσο και την ποιότητα της παραγόμενης ακτινογραφικής εικόνας.

Τη διαγνωστική ακτινογραφία χαρακτηρίζουν κριτήρια ποιότητας, τα οποία εξασφαλίζουν τη διαγνωστική της αξία.

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

### A. Απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις:

1. Ποια η διαφορά μεταξύ διέγερσης και ιονισμού;
2. Περιγράψτε την ακτινολογική λυχνία.
3. Ποια η χρησιμότητα του διαφραγματικού συστήματος;
4. Τι γνωρίζετε για το ολικό φίλτρο της ακτινολογικής λυχνίας;
5. Σε ποιες περιπτώσεις κρίνεται αναγκαία η χρήση του γωνιώδους φίλτρου;
6. Από τι εξαρτάται η χαρακτηριστική ακτινοβολία;
7. Από τι εξαρτάται η ικανότητα απόδοσης μιας ενισχυτικής πινακίδας;
8. Περιγράψτε τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα κλασικό ακτινογραφικό φιλμ. Ποιες οι διαφορές του από ένα φιλμ μονής επίστρωσης;
9. Τι είναι σκιά και τι διαύγηση;
10. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την ακτινογραφική εικόνα;
11. Τι είναι λανθάνουσα εικόνα;
12. Ποια μεγέθη κασετών χρησιμοποιούνται στην κλασική ακτινολογία;
13. Τρόποι συντήρησης ενισχυτικών πινακίδων.
14. Τι εννοούμε με τα kV, mA, sec, στην καθημερινή πράξη;
15. Τι είναι το αυτόματο σύστημα έκθεσης (A. E. C.);