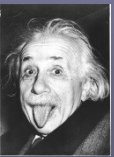


Φυσική της Ακτινοδιαγνωστικής

Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής
Ιατρικό Τμήμα, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας



Medical Physics after 1886



Related mainly to
the medical use of
radiation:

- X-rays
- Isotops
- Radiotherapy
- Phys. meas.
- Imaging



Willem Röntgen

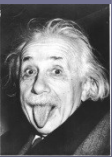
Η πρώτη του εικόνα 1895



Η απεικονιστική αλυσίδα

- 8 Στάδια Απεικόνισης

1. Πηγή: λυχνία ακτίνων Χ
2. Αντικείμενο: ασθενής
3. Συλλογή: φακός
4. Σύλληψη: φιλμ, κάμερα
5. Επεξεργασία: χημική, ηλεκτρική, ψηφιακή
6. Αποθήκευση: φιλμ, αρχείο υπολογιστή
7. Μετάδοση: καλώδιο, σήμα, υπολογιστής
8. Εμφάνιση: οθόνη, τύπωμα



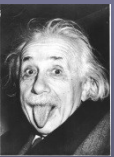
ΚΛΑΣΙΚΗ και ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑ

(ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΓΓΕΙΟΓΡΑΦΙΑ)

Ακτινολογία: η ειδικότητα της ιατρικής επιστήμης που χρησιμοποιεί ιοντίζουσες ακτινοβολίες (και μη ιοντίζουσες π.χ υπέρηχοι) με σκοπό τη διάγνωση (αλλά και την θεραπεία, π.χ. Ακτινοθεραπεία) διαφόρων βλαβών και ασθενειών.

Διαγνωστική Ακτινολογία: η εκτίμηση της κατάστασης των ανθρώπινων ιστών (τόσο της φυσιολογικής ανατομίας όσο και παθολογικών ανωμαλιών που προκαλούνται από διάφορες ασθένειες) με τη βοήθεια στατικών ή δυναμικών ακτινολογικών εικόνων.

Στο σύνολό τους οι ακτινολογικές πράξεις βασίζονται στη παραγωγή ακτίνων Χ από την Ακτινολογική λυχνία.



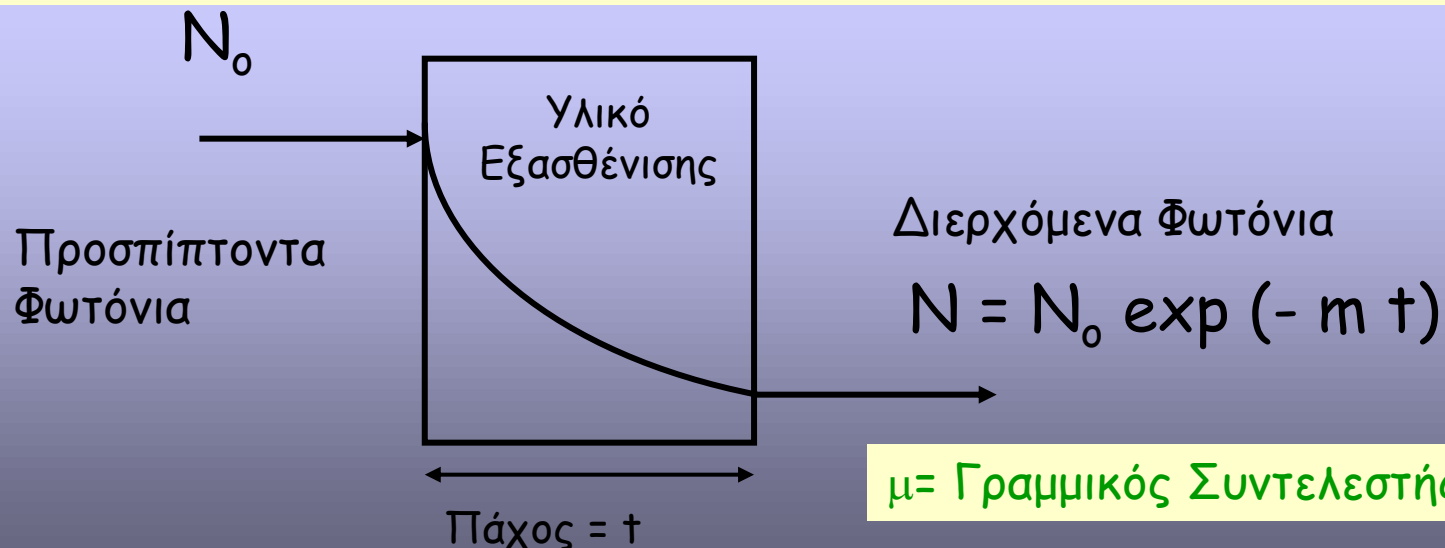
Απεικόνιση με συμβατικές ακτίνες Χ

Οι ανατομικές δομές εξοβελίζουν φωτόνια από την δέσμη.

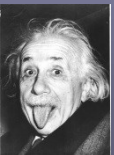
Η πληροφορία κωδικοποιείται ως μεταβολή του αριθμού των πρωτονίων της προσπίπτουσας δέσμης.

Αλληλεπίδραση διαγνωστικών ακτίνων Χ με την ύλη - ΦΩΤΟΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ.

Εξασθένιση = απορρόφηση και διάχυση. Προσεγγιστικά Εκθετική.



μ = Γραμμικός Συντελεστής Εξασθένισης



Απεικόνιση με συμβατικές ακτίνες X

Γραμμικός Συντελεστής Εξασθένησης = Μαζικός Συντελεστής Εξασθένησης × φυσική πυκνότητα

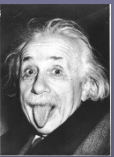
$$m = m_m \times \rho$$

m_m για το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο $\propto Z^3$

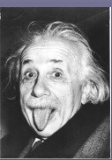
Ιστοί	Z_{eff}	Πυκνότητα (gm/cm ³)
Οστό	11.6	1.75
Λίπος	6.3	0.92
Μυς	7.4	1.00

Η διαφορά μεταξύ Z_{eff} για οστά & μαλακούς ιστούς δημιουργεί την αντίθεση εικόνας

$$(11.6)^3 = 1561, (6.3)^3 = 250, (7.4)^3 = 405$$



ΛΥΧΝΙΕΣ ΑΚΤΙΝΩΝ Χ



Λυχνία Coolidge:

Η λυχνία είναι ένας αερόκενος σωλήνας (πίεση $<10^{-6}$ mmHg) με δύο ηλεκτρόδια, την **κάθοδο** και την **άνοδο**.

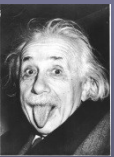
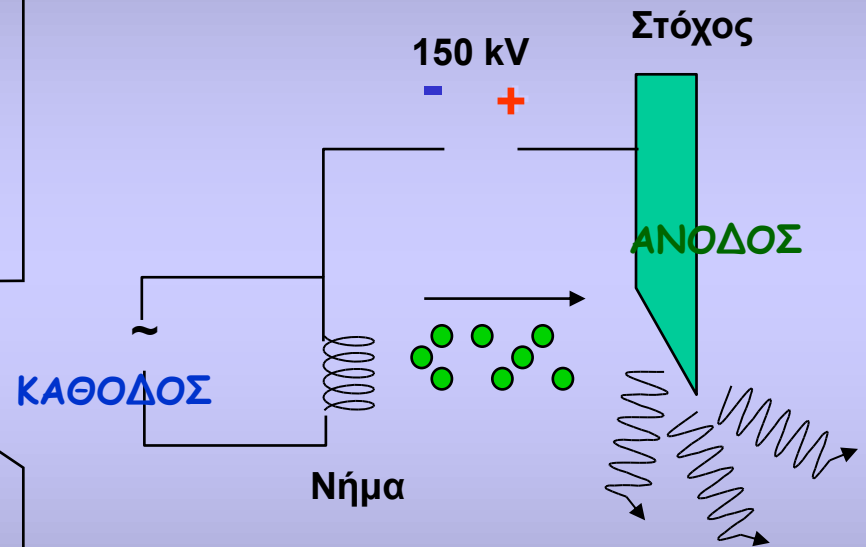
Από ένα **νήμα** βολφραμίου που υπάρχει στην κάθοδο, παρέχονται με θέρμανση, **ηλεκτρόνια** τα οποία ευρισκόμενα σε μια διαφορά δυναμικού επιταχύνονται (με την υψηλή τάση) και προσκρούουν στην άνοδο (στόχο).

Η **κάθοδος** είναι με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένη ώστε να εστιάζει την δέσμη των ηλεκτρονίων που προσκρούουν στην άνοδο.

Η **άνοδος** είναι κατασκευασμένη από δύστηκτο μέταλλο, συνήθως βολφράμιο. Η τάση μεταξύ ανόδου - καθόδου είναι πάντα αρκετά υψηλή ώστε όλα τα παραγόμενα ηλεκτρόνια να προσπίπτουν στην άνοδο.

Η πρόσκρουση των ηλεκτρονίων στην άνοδο παράγει φωτόνια λόγω του **φαινομένου πέδησης** και τα οποία αποτελούν την διαγνωστική δέσμη.

Πηγή ακτίνων X



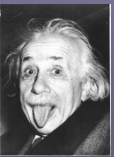
Ακτινογραφικοί Παράγοντες

- Οι ακτινογραφικοί παράγοντες επηρεάζουν την ποσότητα και την ποιότητα της ακτινοβολίας και κατά συνέπεια την εικόνα.
- 3 βασικοί παράγοντες:
 - mA - το ρεύμα στο εσωτερικό της λυχνίας ακτίνων X (ηλεκτρόνια)
 - kVp - η διαφορά δυναμικού στα άκρα της λυχνίας (επιτάχυνση ηλεκτρονίων)
 - χρόνος - χρόνος έκθεσης

Χαρακτηριστικά ακτινογράφησης

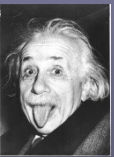
- υψηλή τάση (kV)
- ένταση (ma),
- χρόνος έκθεσης (sec)

- Η υψηλή τάση αντιστοιχεί σε διεισδυτικά φωτόνια
- Η ένταση σε συνδυασμό με τον χρόνο έκθεσης είναι ανάλογη με την ποσότητα των εκπεμπομένων φωτονίων



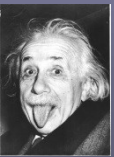
Πυκνότητα, αντίθεση και ποιότητα εικόνας (αμαύρωση),

- Γενικοί Κανόνες - Επιλογή ακτινογραφικών παραγόντων
 - mA - ελέγχει την πυκνότητα της εικόνας - πυκνότητα αμαύρωσης στο φιλμ.
 - $\uparrow mA \Rightarrow \uparrow$ πυκνότητα
 - kVp - ελέγχει αντίθεση και πυκνότητα
 - $\uparrow kVp \Rightarrow \downarrow$ αντίθεση εικόνας & \uparrow πυκνότητα
 - χρόνος - ελέγχει την πυκνότητα της εικόνας
 - \uparrow χρόνος $\Rightarrow \uparrow$ πυκνότητα
 - \downarrow την ποιότητα λόγω της πιθανής κίνησης του ασθενούς

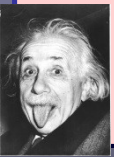
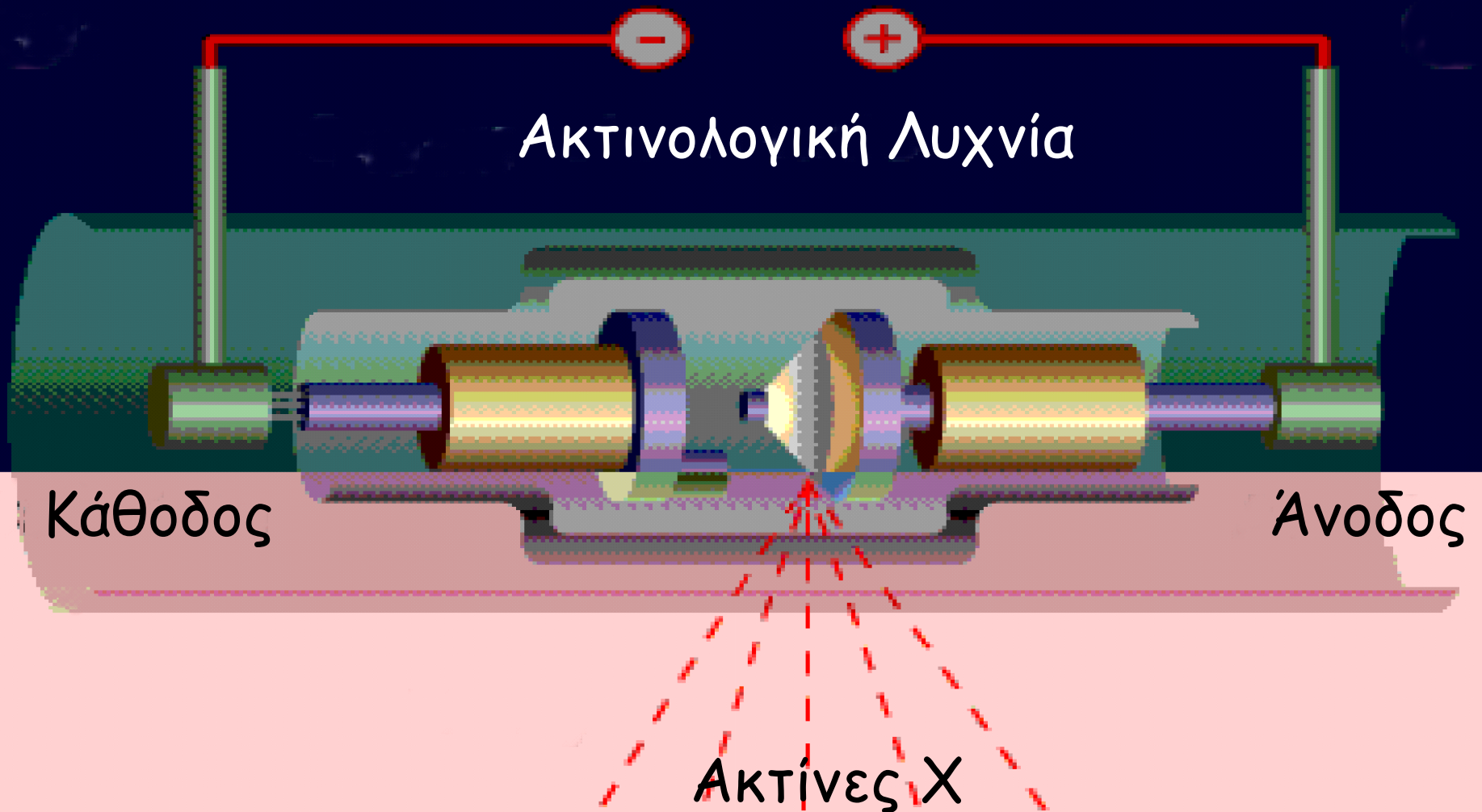


Πληροφορία:	διαφορά στην ένταση εξερχομένων ακτινών X
Σκιαγραφικά:	αύξηση απορρόφησης ακτινών X από τους ιστούς (π.χ ιώδιο αγγειογραφία)
Ακτινογράφηση:	φιλμ
Ακτινοσκόπηση:	φθορίζων πέτασμα ή οθόνη

- Παράθυρο εξόδου κεφαλής -> **φίλτρο** (αλουμινίου ή χαλκού) απορρόφηση φωτονίων μικρής ενέργειας
- **Διάφραγμα** (μεταβλητές διαστάσεις , διαμόρφωση του πεδίου)
- **Αντιδιαχυτικό διάφραγμα (bucky)** (πλέγμα απομάκρυνσης σκεδαζόμενων φωτονίων).

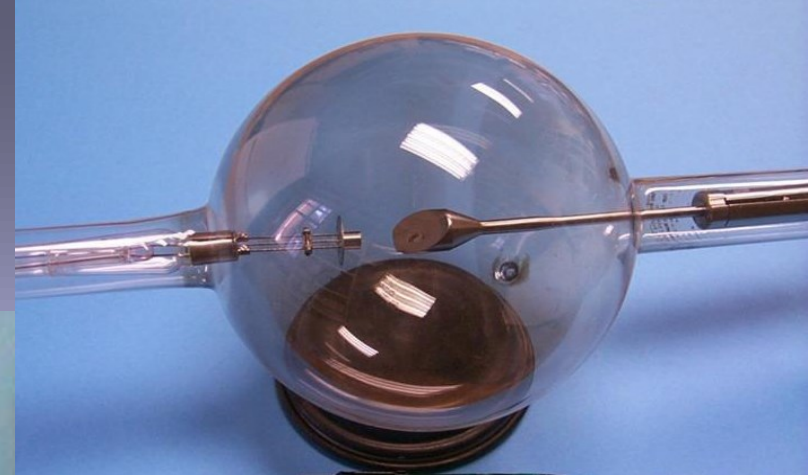


Παραγωγή ακτίνων-Χ

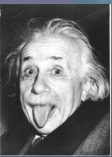


Κάθοδος

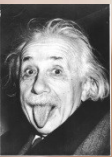
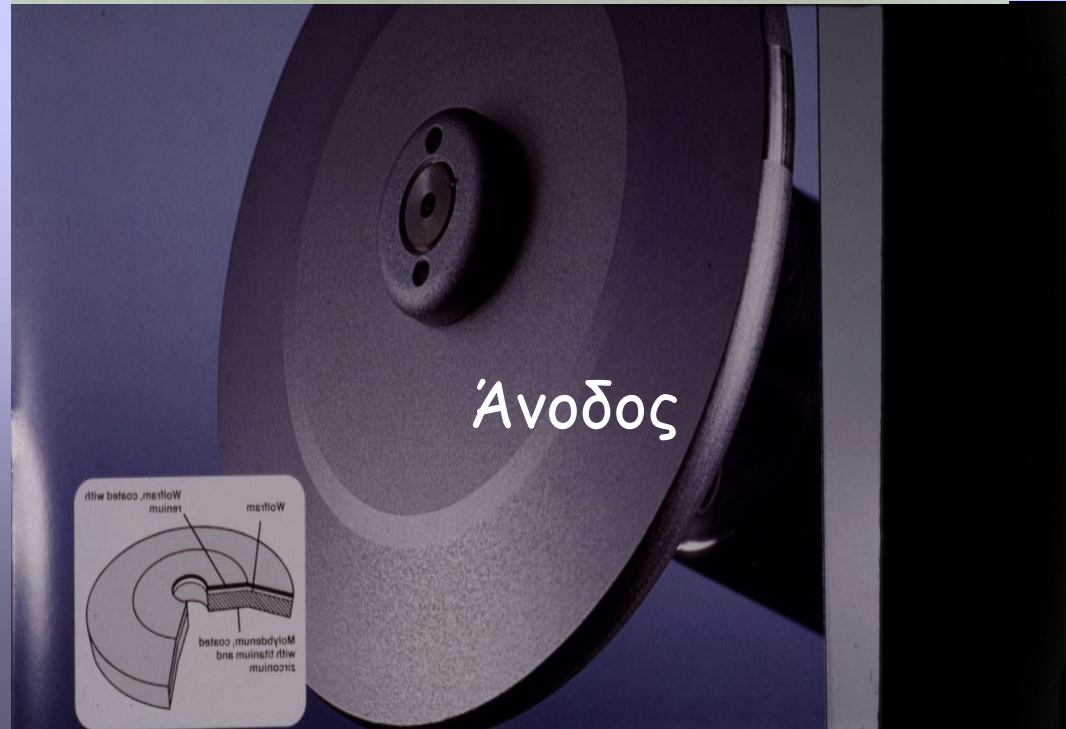
Ανοδος

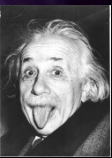


Παλαιού Τύπου Λυχνία Ακτίνων Χ



Λυχνίες ακτίνων X

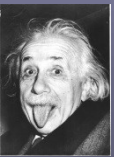
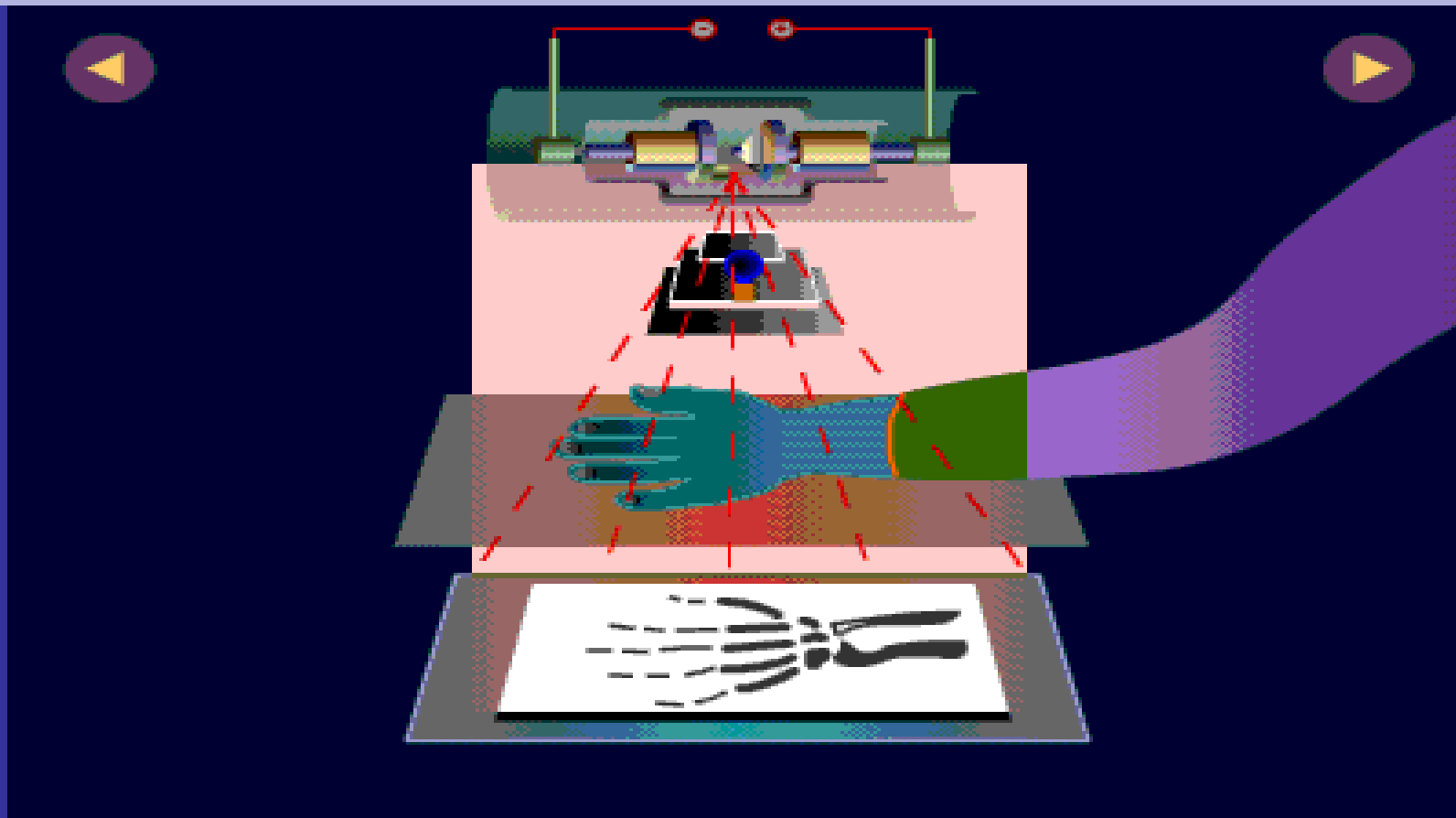




Πυράκτωση ανόδου λυχνίας ακτίνων X λόγω της πρόσπτωσης των ηλεκτρονίων

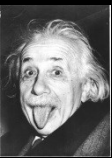
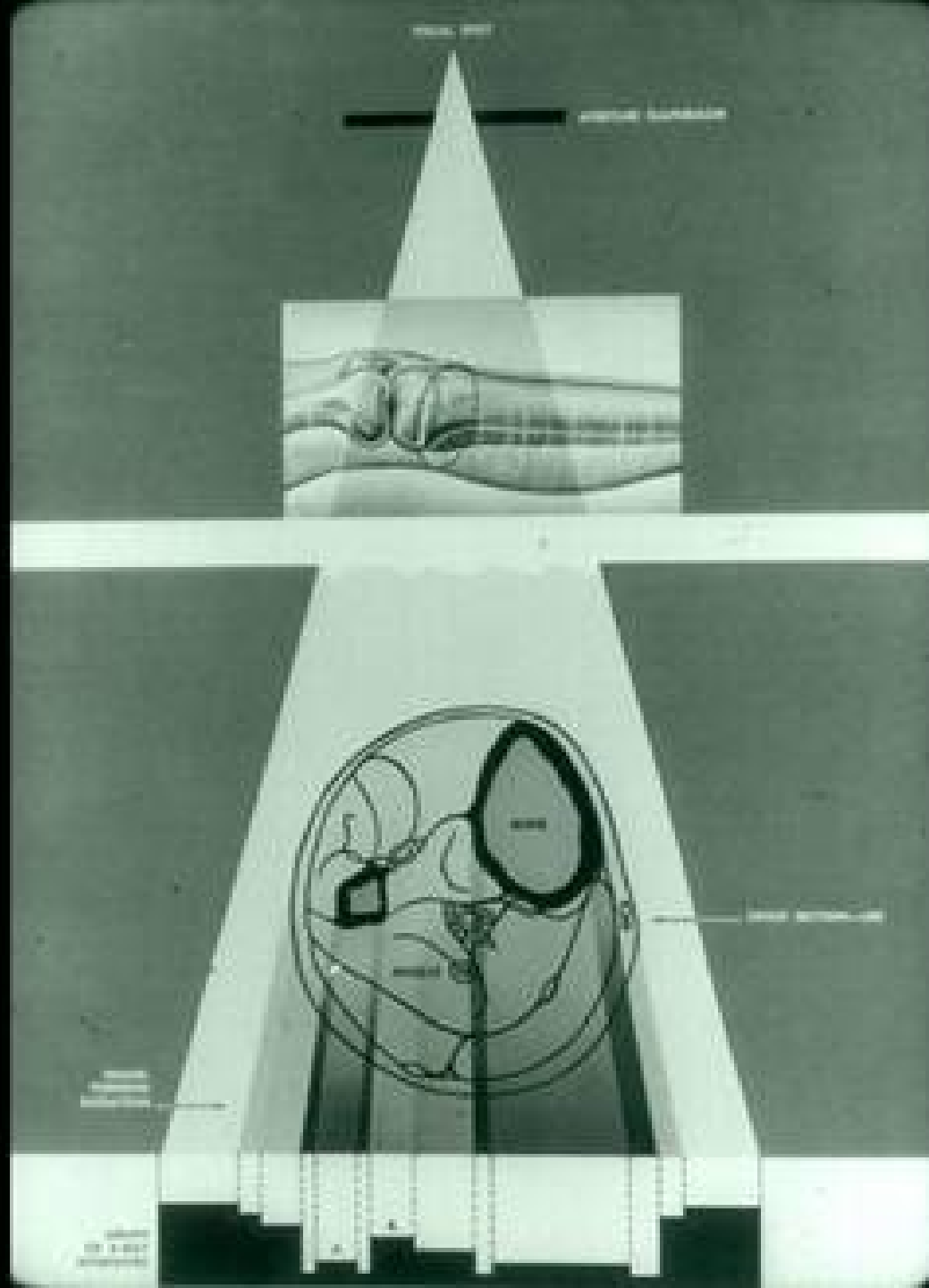
Η αρχή λειτουργίας της διαγνωστικής ακτινολογίας περιλαμβάνει:

- την διαπέραση μιας επικεντρωμένης δέσμης ακτίνων X μέσα από το υπό εξέταση όργανο και
- την δημιουργία μιάς εικόνας επάνω στο φιλμ ή σε μια οθόνη



ΑΚΤΙΝΕΣ Χ

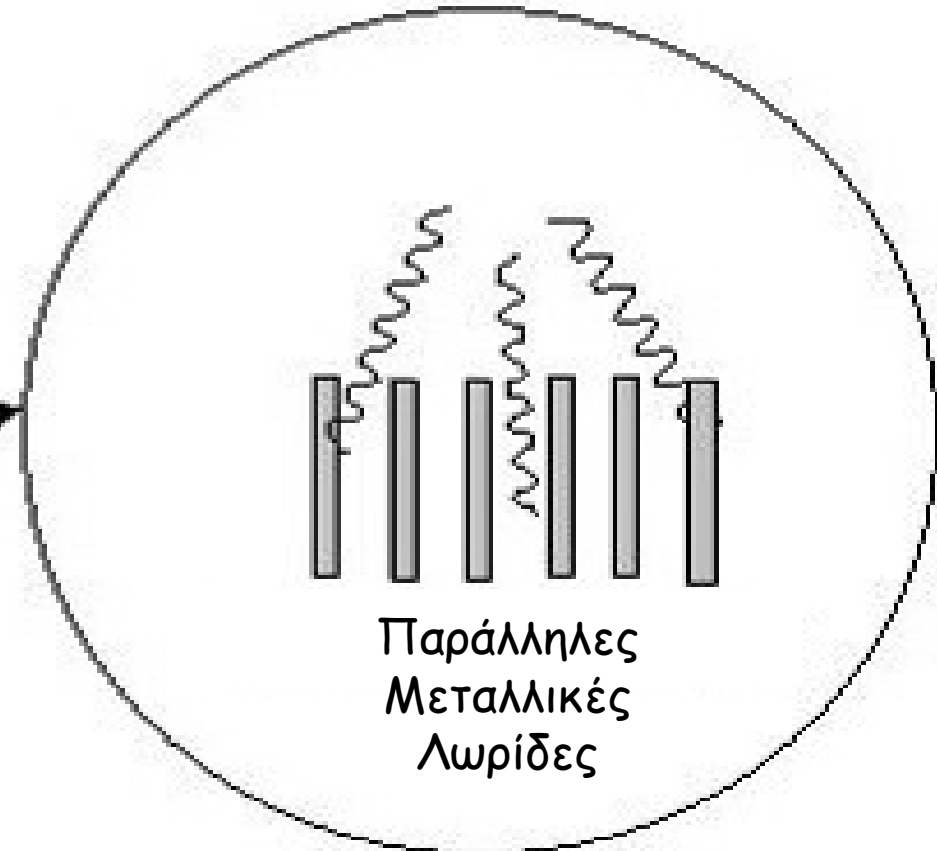
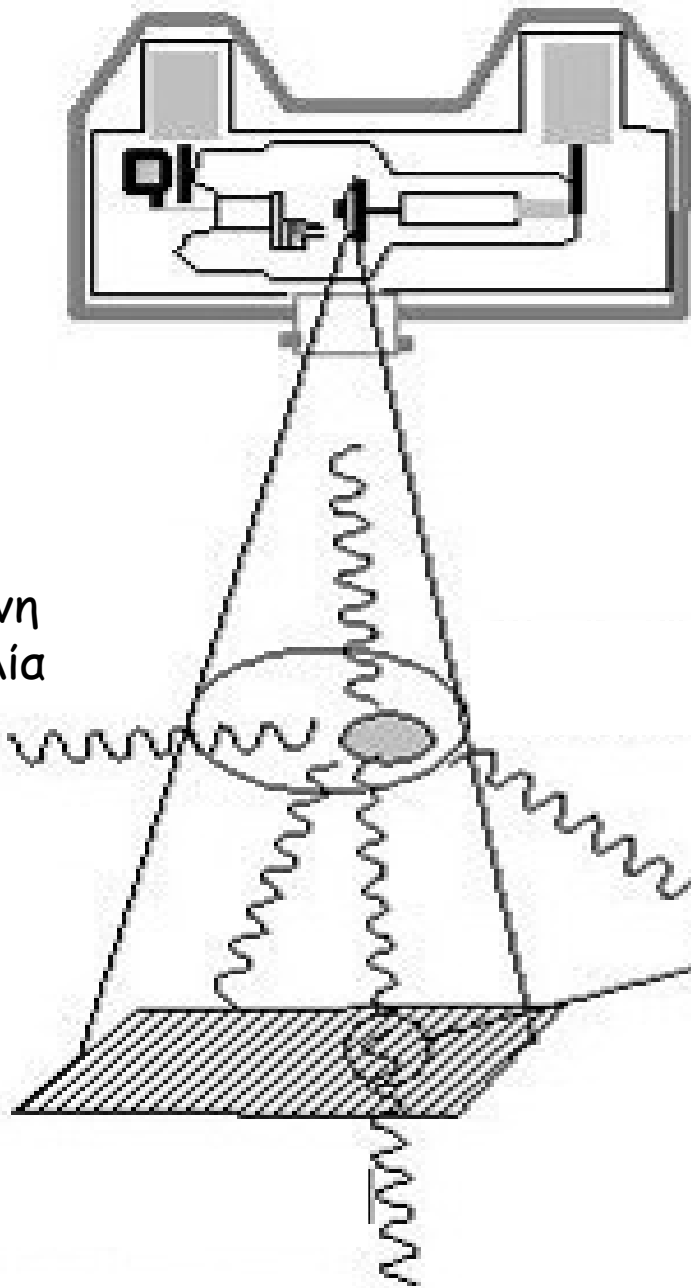
- Δέσμη ακτίνων
- Απορρόφηση
- Σκέδαση
- Διέλευση (1 %)



Λυχνία Ακτίνων-Χ

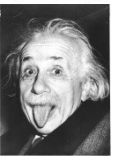
ΑΝΤΙΔΙΑΧΥΤΙΚΟ
ΔΙΑΦΡΑΓΜΑ (σχάρα)

διαχεόμενη
ακτινοβολία

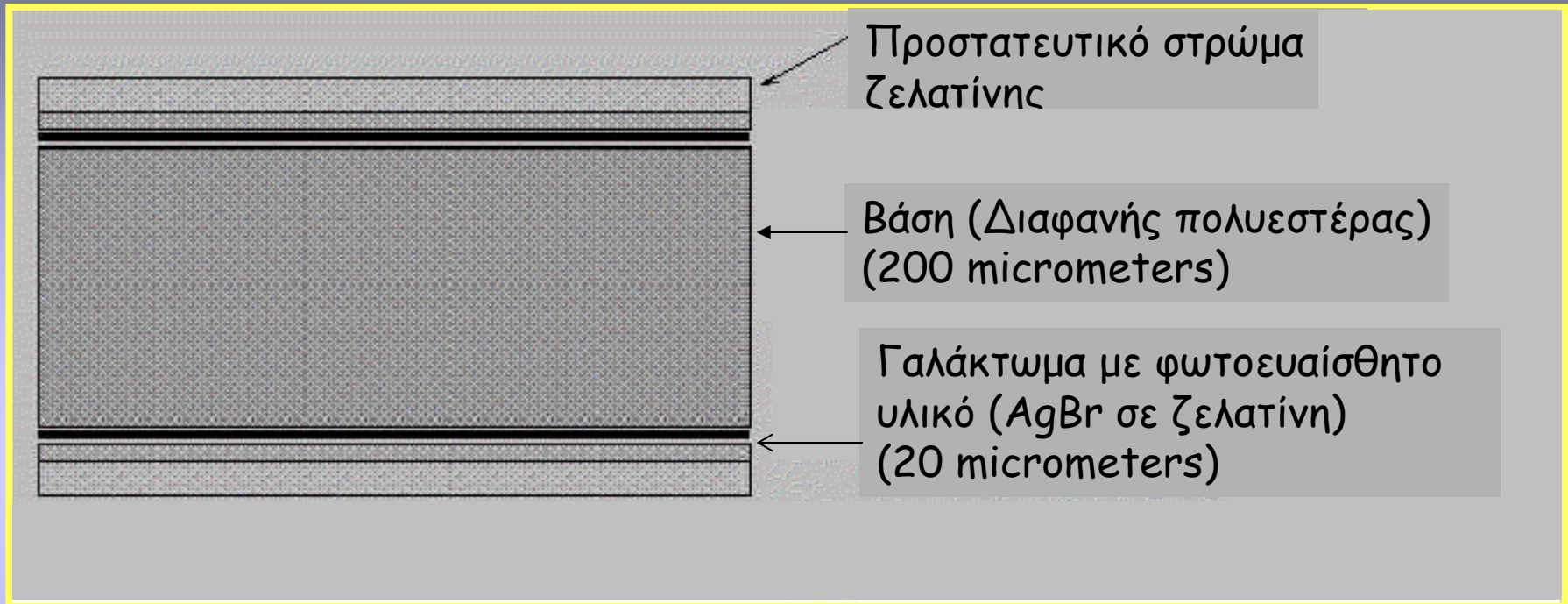


Παράλληλες
Μεταλλικές
Λωρίδες

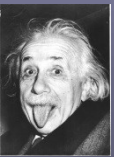
απ'ευθείας ακτινοβολία



Φιλμ



Λανθάνουσα εικόνα -> Επεξεργασία -> Εμφάνιση
Αξιολόγηση -> Διαφανοσκόπιο



Οπτική πυκνότητα ή αμαύρωση

$$OD = \log \frac{B_0}{B}$$

B_0 --> Ένταση προσπίπτουσας δέσμης φωτός,

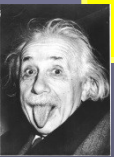
B --> Διερχόμενη ένταση φωτός

Αντίθεση (Contrast) = $OD_2 - OD_1$

Ευαισθησία του φιλμ:

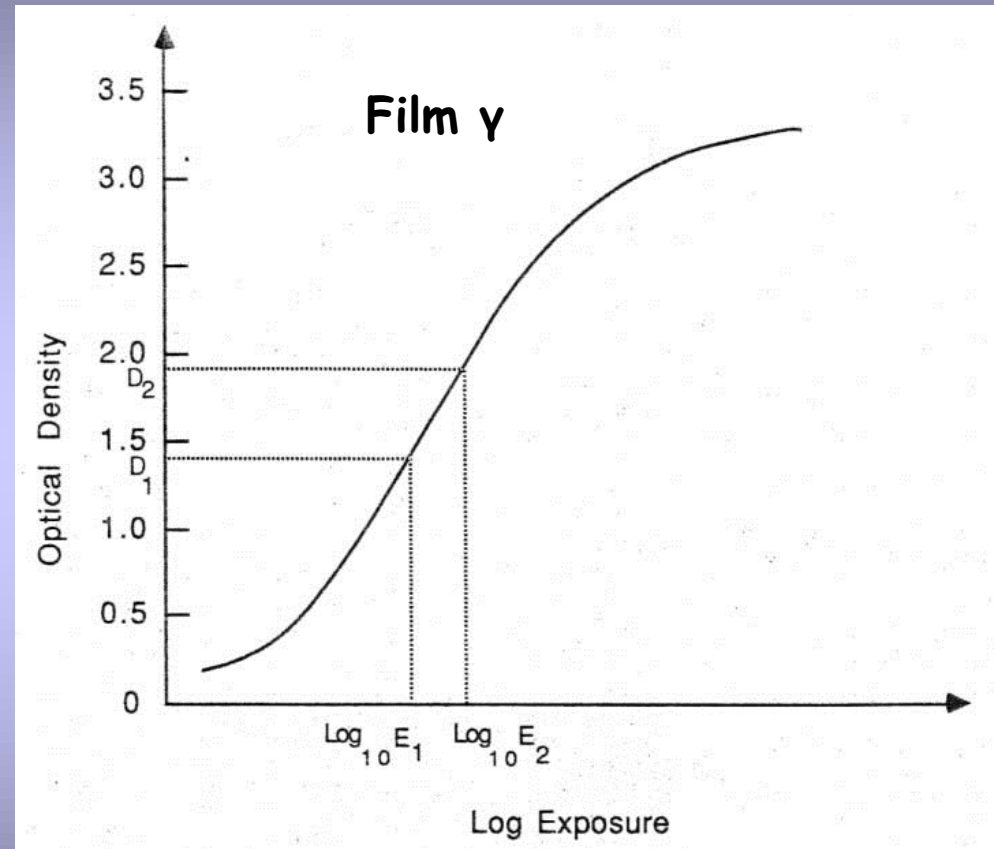
Ανάλογη της κλίσης της χαρακτηριστικής καμπύλης

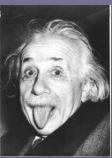
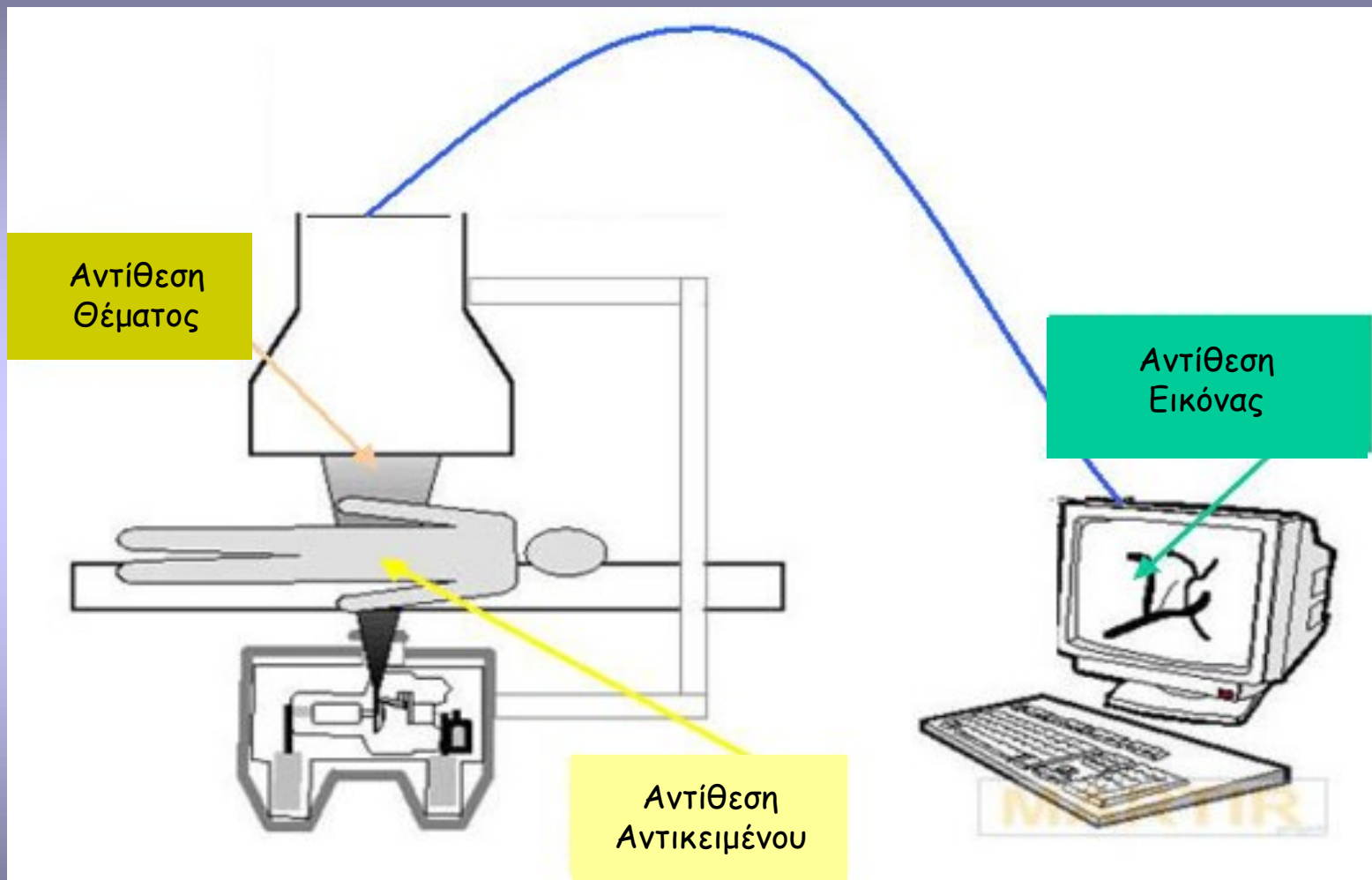
$$\gamma = \frac{OD_2 - OD_1}{\log E_2 - \log E_1}$$



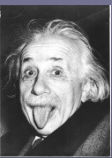
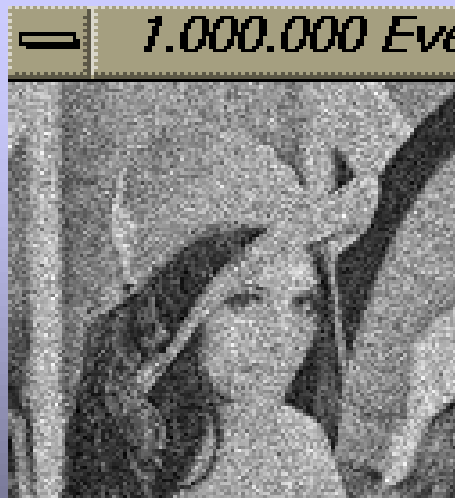
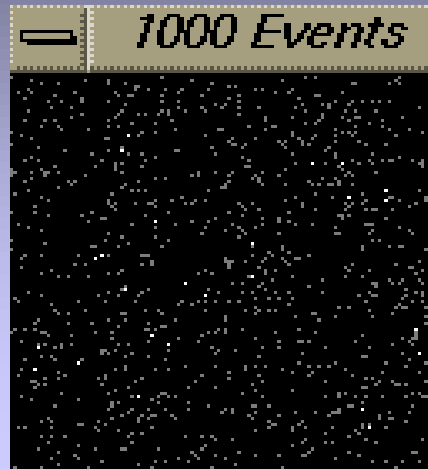
υπολογίζεται στην ευθεία της καμπύλης

Καμπύλη Αμαύρωσης φιλμ (Χαρακτηριστική καμπύλη)

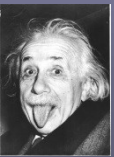
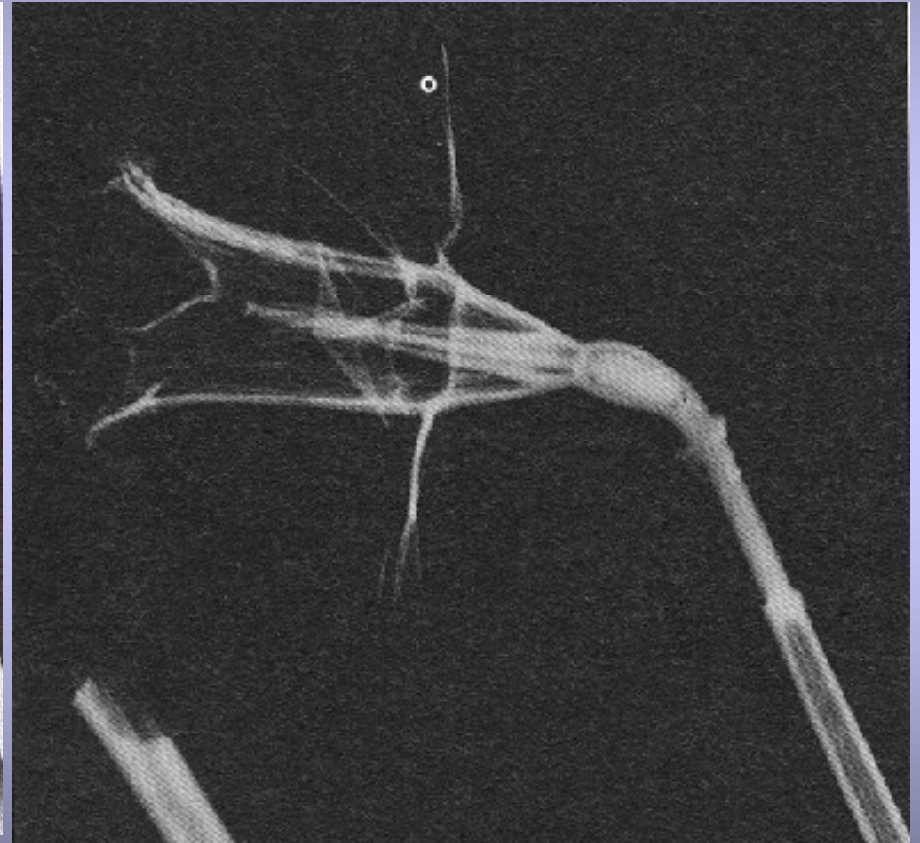
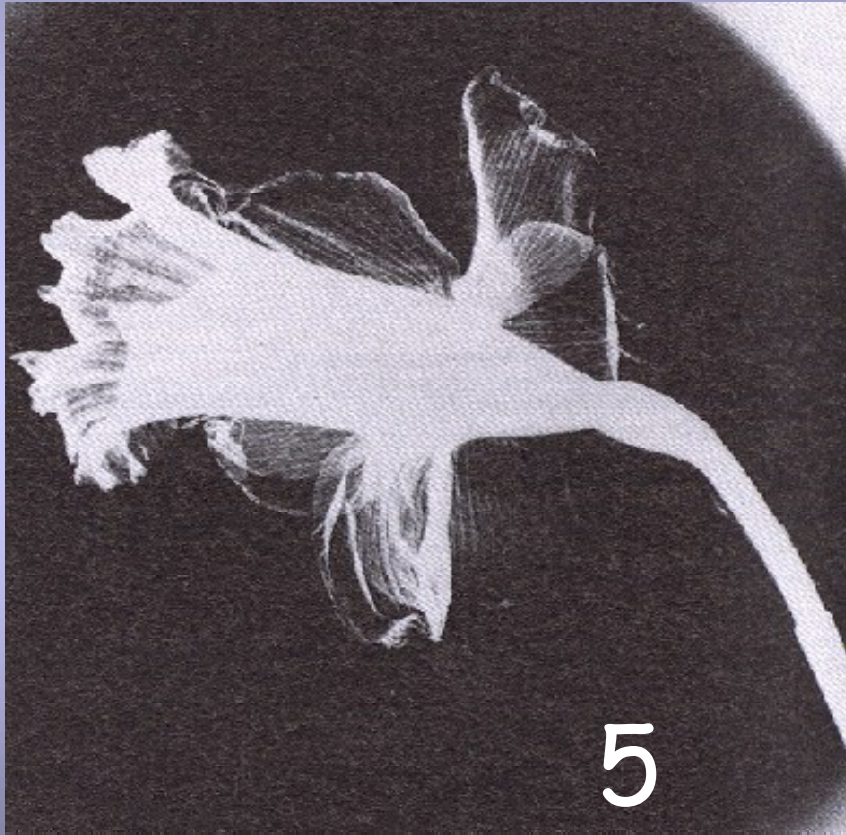




Δόση και Ποιότητα Εικόνας



Εικόνα Нарκίσσου σε 5 και 20kV



Τα απεικονιστικά συστήματα χαρακτηρίζονται:

1. Διακριτική Ικανότητα Αντίθεσης

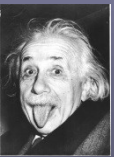
Η δυνατότητα να εντοπίζονται μικρές αλλαγές στην εξασθένηση, π.χ. Χαμηλή αντίθεση, αμυδρά αντικείμενα. Αυξάνεται με την αύξηση της έντασης του σήματος και την μείωση του θορύβου.

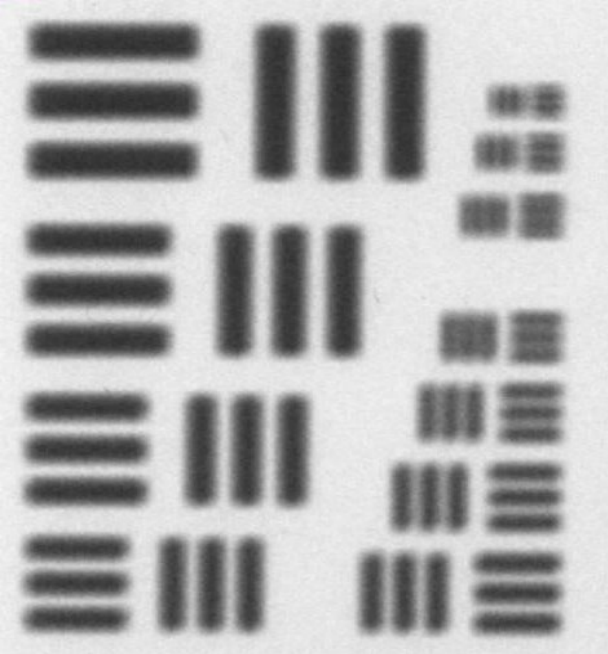
2. Χωρική Διακριτική Ικανότητα

Η δυνατότητα απεικόνισης μικρών αντικειμένων, λεπτομερειών. Αυξάνεται όσο η διασπορά του σημείου εντύπωσης στο απεικονιστικό μέσο γίνεται μικρότερη.

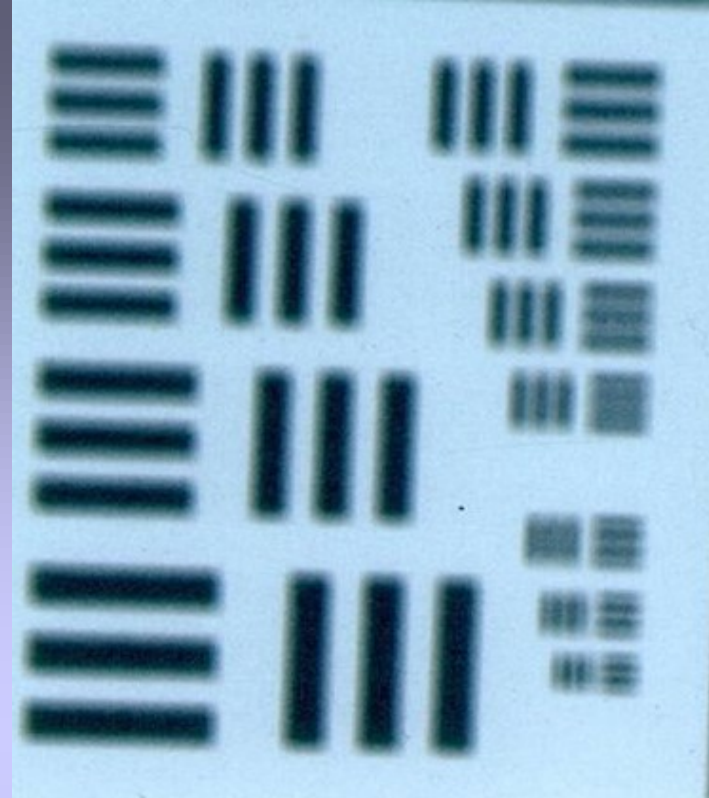
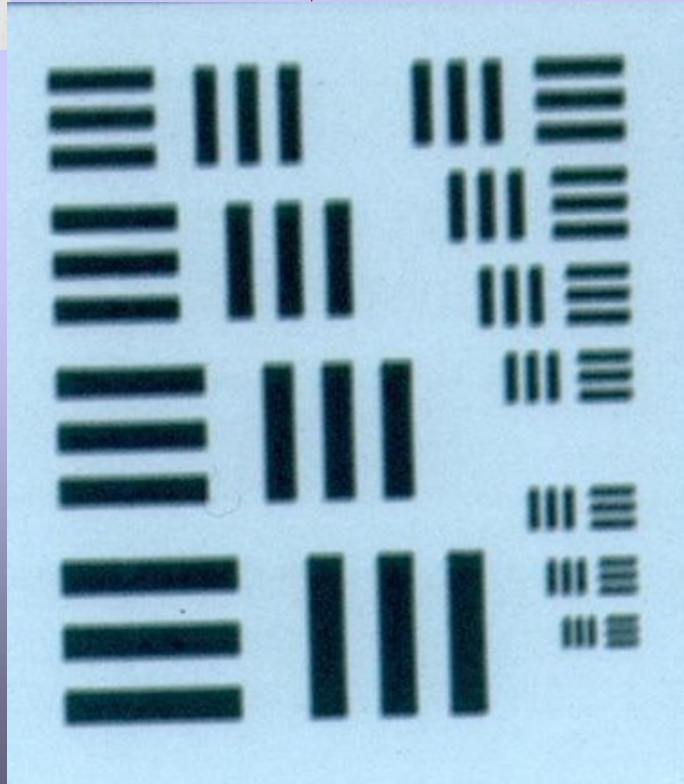
3. Χρονική Διακριτική Ικανότητα

Η δυνατότητα διακοπής της κίνησης και του ελέγχου της κίνησης. Αυξάνεται με την μείωση του χρόνου έκθεσης και την αύξηση του ρυθμού καταγραφής λήψεων.





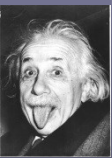
Ακτινογραφία οργάνου
με χρήση μικρής εστίας



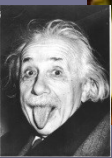
Ακτινογραφία οργάνου με χρήση
μεγάλης εστίας



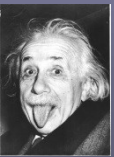
Όργανο ελέγχου χωρικής
διακριτικής ικανότητας



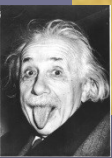
Παράδειγμα υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας (High Spatial Resolution) με υψηλής αντίθεσης εικόνα (High Contrast Resolution image) (BROEGEL)



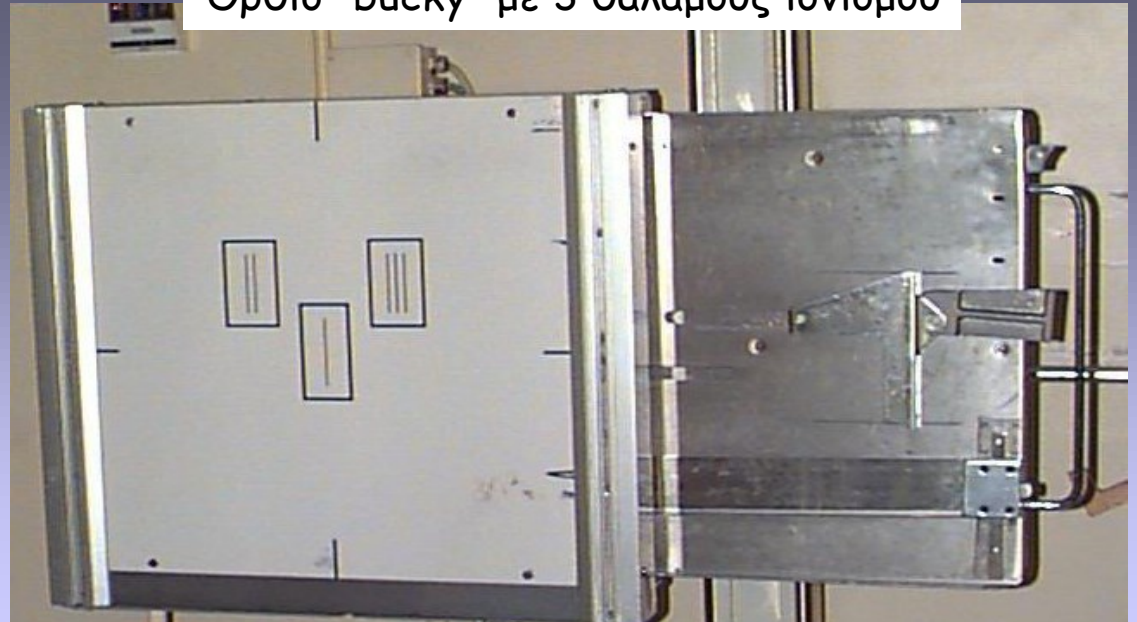
Παράδειγμα υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας (High Spatial Resolution) με χαμηλής αντίθεσης εικόνα (Low Contrast Resolution image) (VAN GOGH)



Παράδειγμα χαμηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας (Low Spatial Resolution) με χαμηλής αντίθεσης εικόνα (Low Contrast Resolution image) (MONET)



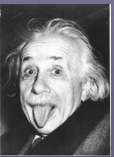
Όρθιο "bucky" με 3 θαλάμους ιονισμού



Η έκθεση πρέπει να ελέγχεται μόνο από τη θέση του χειριστήριου, εκτός από τις ειδικές διαγνωστικές τεχνικές, κατά τις οποίες το προσωπικό πρέπει να φοράει προστατευτικές ποδιές και γάντια.

Πρέπει να γίνεται προσεκτικός έλεγχος των παραμέτρων λειτουργίας της λυχνίας και σωστή επεξεργασία των φιλμ, για την αποφυγή των άσκοπων επαναλήψεων.

Συνιστάται η ύπαρξη μηχανημάτων αντιγραφής ακτινογραφιών, ώστε να είναι δυνατή η χορήγηση αντιγράφων στους εξεταζόμενους, όταν τούτο είναι αναγκαίο.



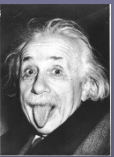
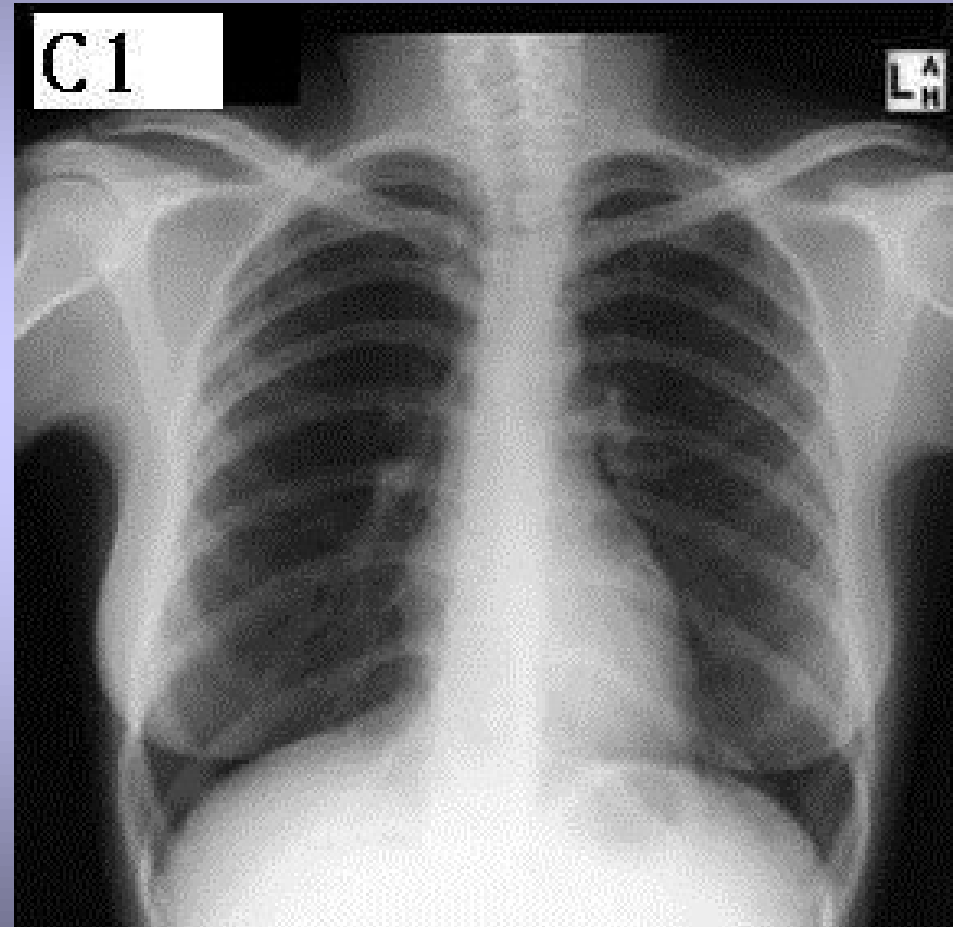
Συμβατική Ακτινογραφία Χεριού

Ακτινογραφία Θώρακα

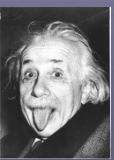


Αρθριτικό

Υγιές



Ακτινογραφίες

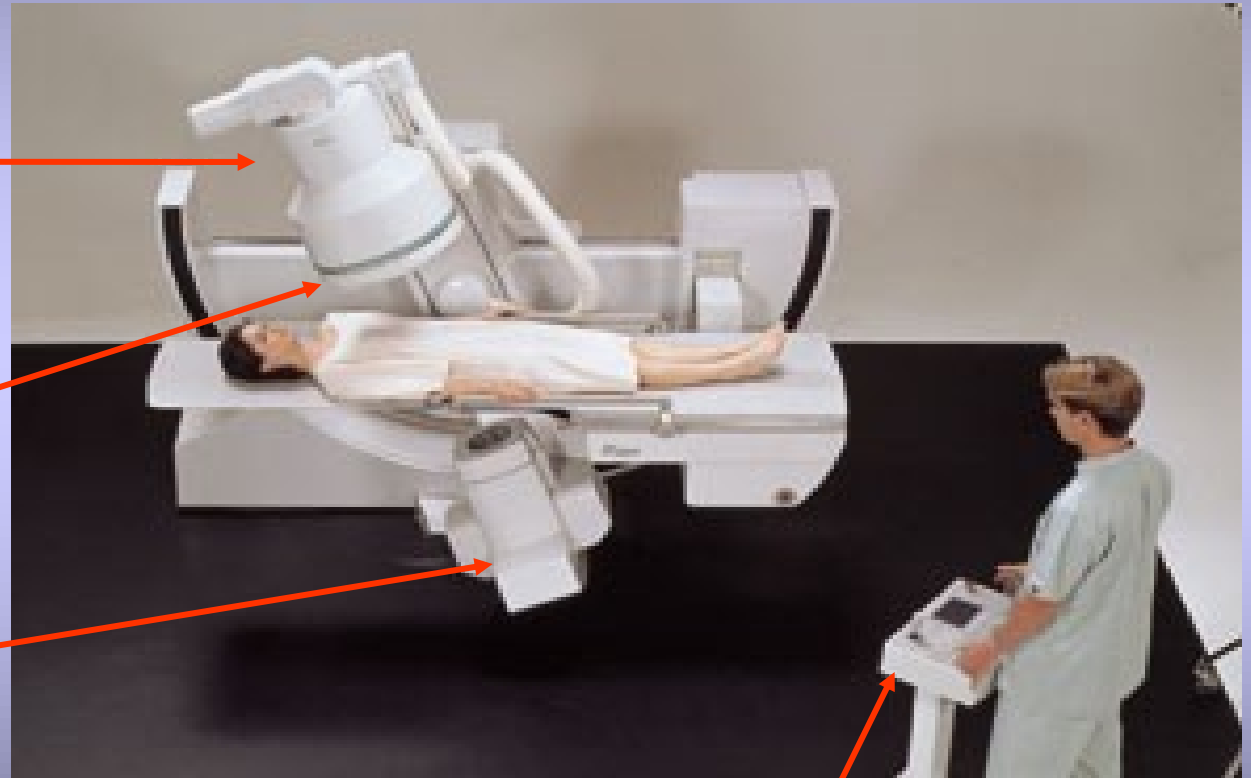


ΑΚΤΙΝΟΣΚΟΠΗΣΗ

TV CAMERA
ή
CCD ARRAY
(για ψηφιακή απεικόνιση)

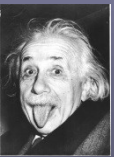
Ενισχυτής
Εικόνας

Λυχνία
Ακτίνων X

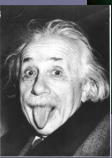
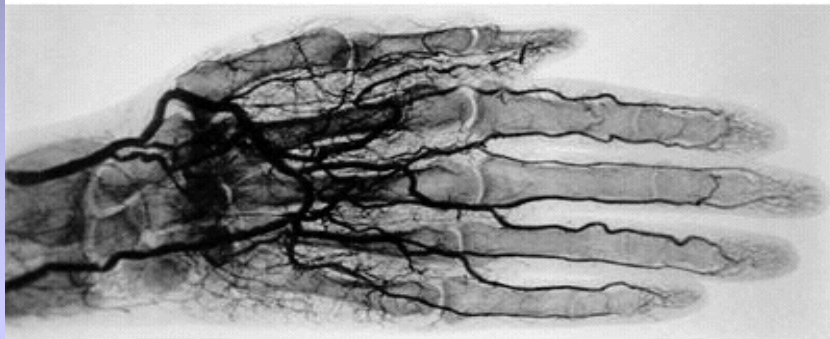


CONTROL

Επιτρέπει δυναμική απεικόνιση
των αγγείων (αγγειογραφία)
και «επεμβατικές» διαδικασίες

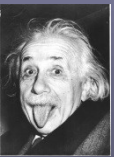


Πολλά βιολογικά συστήματα ή όργανα δεν είναι ορατά με τις καθιερωμένες ακτινογραφικές τεχνικές. Μπορούν να γίνουν όμως ορατά με την κατάποση, χορήγηση ή εισπνοή διαφόρων υλικών αντίθεσης (contrast media). π.χ βαριούχο γεύμα ή υποκλυσμός, μυελογραφία, αγγειογραφία.



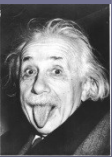
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΚΤΙΝΟΣΚΟΠΗΣΗΣ

- Απαγορεύονται οι ακτινοσκοπικές εξετάσεις χωρίς τη χρήση συστήματος ενισχυτή εικόνας.
- Η λυχνία των ακτινών Χ, το σύστημα διαφραγμάτων και ο ενισχυτής εικόνας πρέπει να είναι συνδεδεμένα μόνιμα κατά τέτοιο τρόπο ώστε κατά την ακτινοσκόπηση, η χρήσιμη δέσμη να περιορίζεται εντός των ορίων του ενισχυτή εικόνας για οποιαδήποτε απόσταση εστίας - ενισχυτή εικόνας.



ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΚΤΙΝΟΣΚΟΠΗΣΗΣ

- Πρέπει να υπάρχει ποδοδιακόπτης ή χειροδιακόπτης λειτουργίας της ακτινοσκόπησης που ενεργοποιείται μόνο όταν πιέζεται (τύπου dead-man).
- Η ελάχιστη απόσταση εστίας-δέρματος πρέπει εκ κατασκευής της συσκευής να είναι 40 cm.
- Πρέπει να υπάρχει πέτασμα που αποτελείται από επιπεύοντα τεμάχια μολυβδούχου ελαστικού για διευκόλυνση της ψηλάφησης. Το πέτασμα αυτό πρέπει να προσφέρει θωράκιση ισοδύναμου πάχους 0.5 mm μολύβδου και οι διαστάσεις του να μην είναι μικρότερες από 45 x 45 cm.
- Επιβάλλεται η χρήση ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού όπου απαιτείται (ποδιά, γάντια, γυαλιά κλπ)



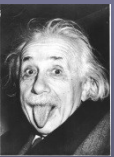
Επεμβατική Ακτινολογία

Είναι μία μη χειρουργική θεραπεία ενός μεγάλου αριθμού ασθενειών που χρησιμοποιεί την ακτινοσκόπηση ώστε να οδηγούνται ειδικοί καθετήρες, ή μπαλονάκια δια μέσου των φλεβών και άλλων οργάνων.

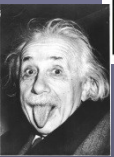
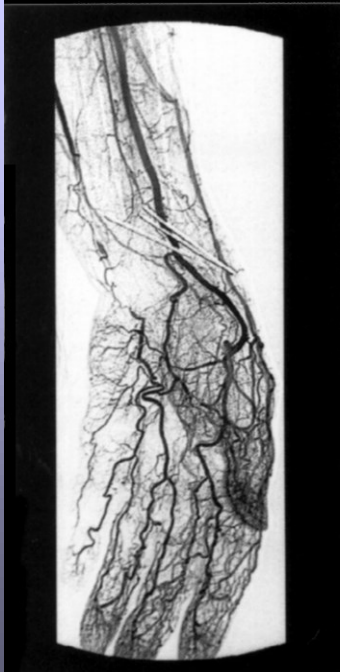
- Αγγειοπλαστική (*balloon angioplasty*), για την διάνοιξη αρτηριών.
- Καθετηριασμός των σαλπίγγων
- Θρομβολύσεις (*thrombolysis*), που διαλύει αιματικούς θρόμβους



Αγγειογράφος



Digital Subtraction Angiography - DSA
(Ψηφιακή Αφαιρετική Αγγειογραφία)



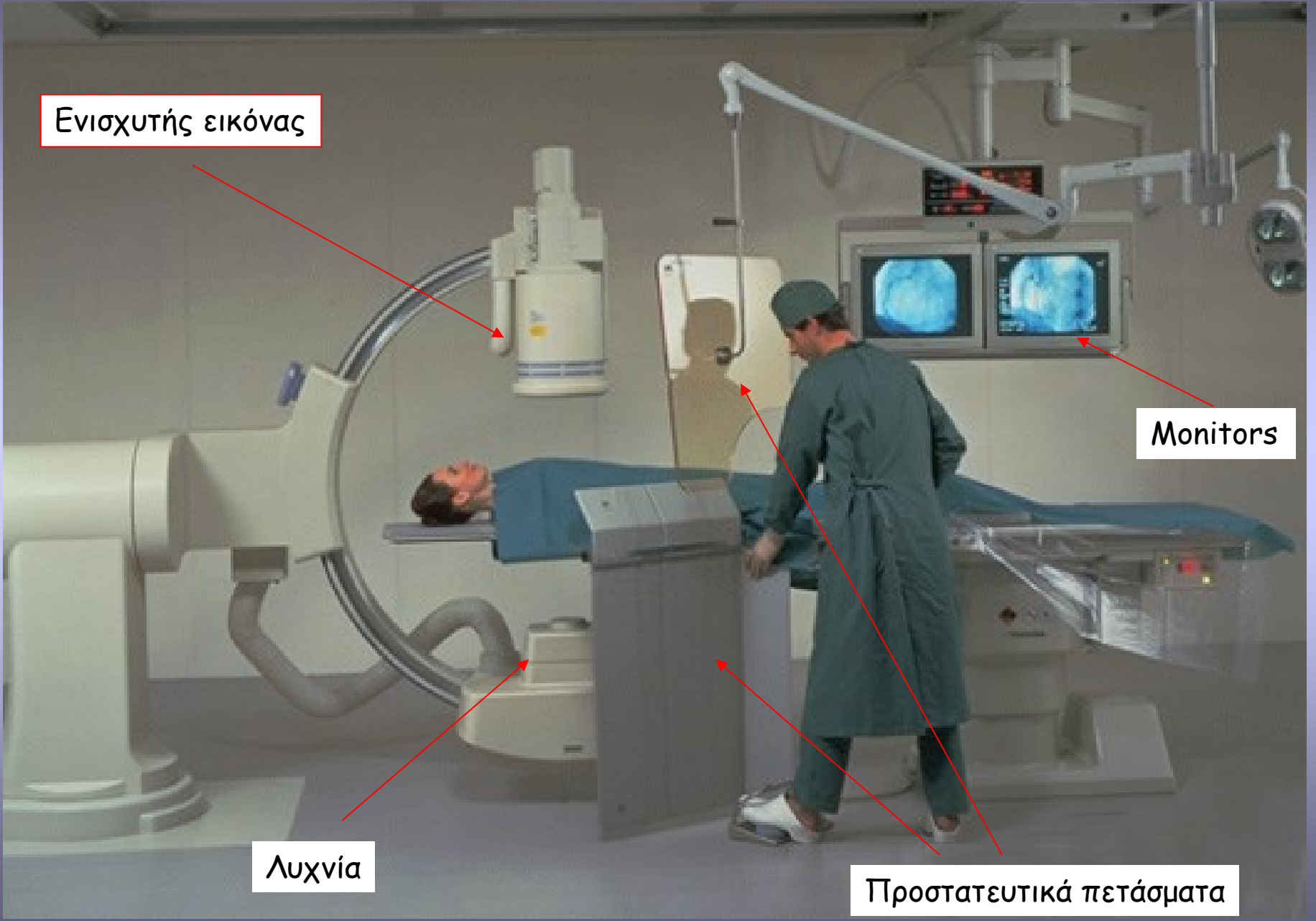
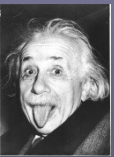
Αγγειογράφος

Ενισχυτής εικόνας

Monitors

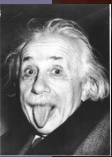
Λυχνία

Προστατευτικά πετάσματα





Αξονική Τομογραφία

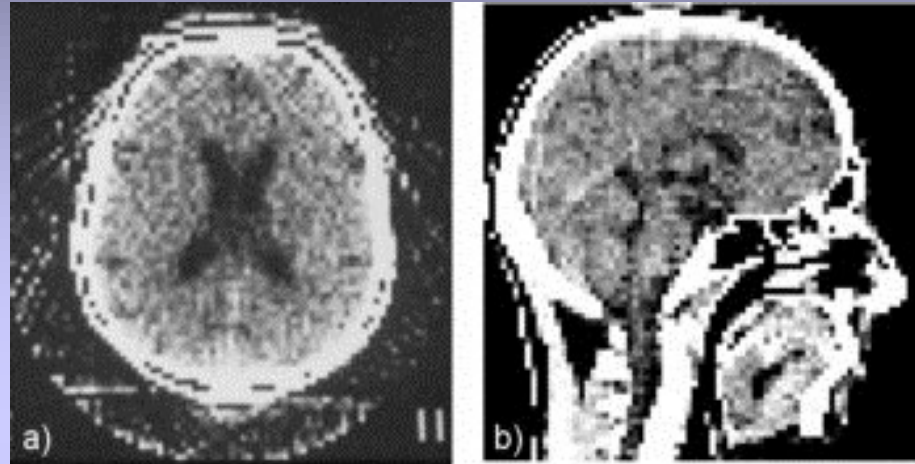


Υπολογιστική Τομογραφία

1974:

80 x 80 pixels

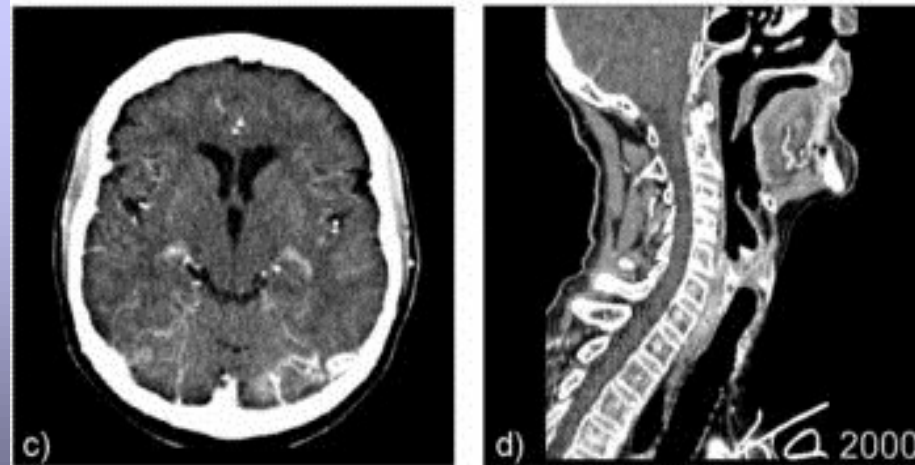
τομές πάχους 13 mm



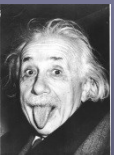
2000:

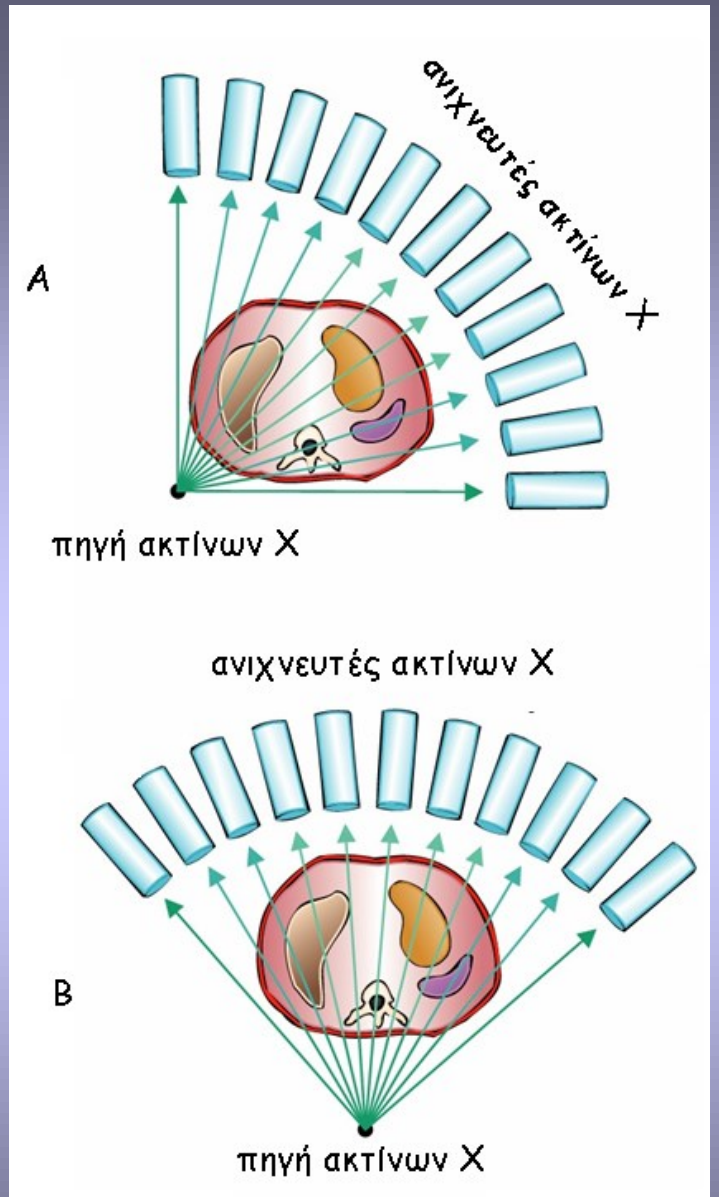
1024 x 1024 pixels

ελικοειδής σάρωση

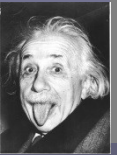


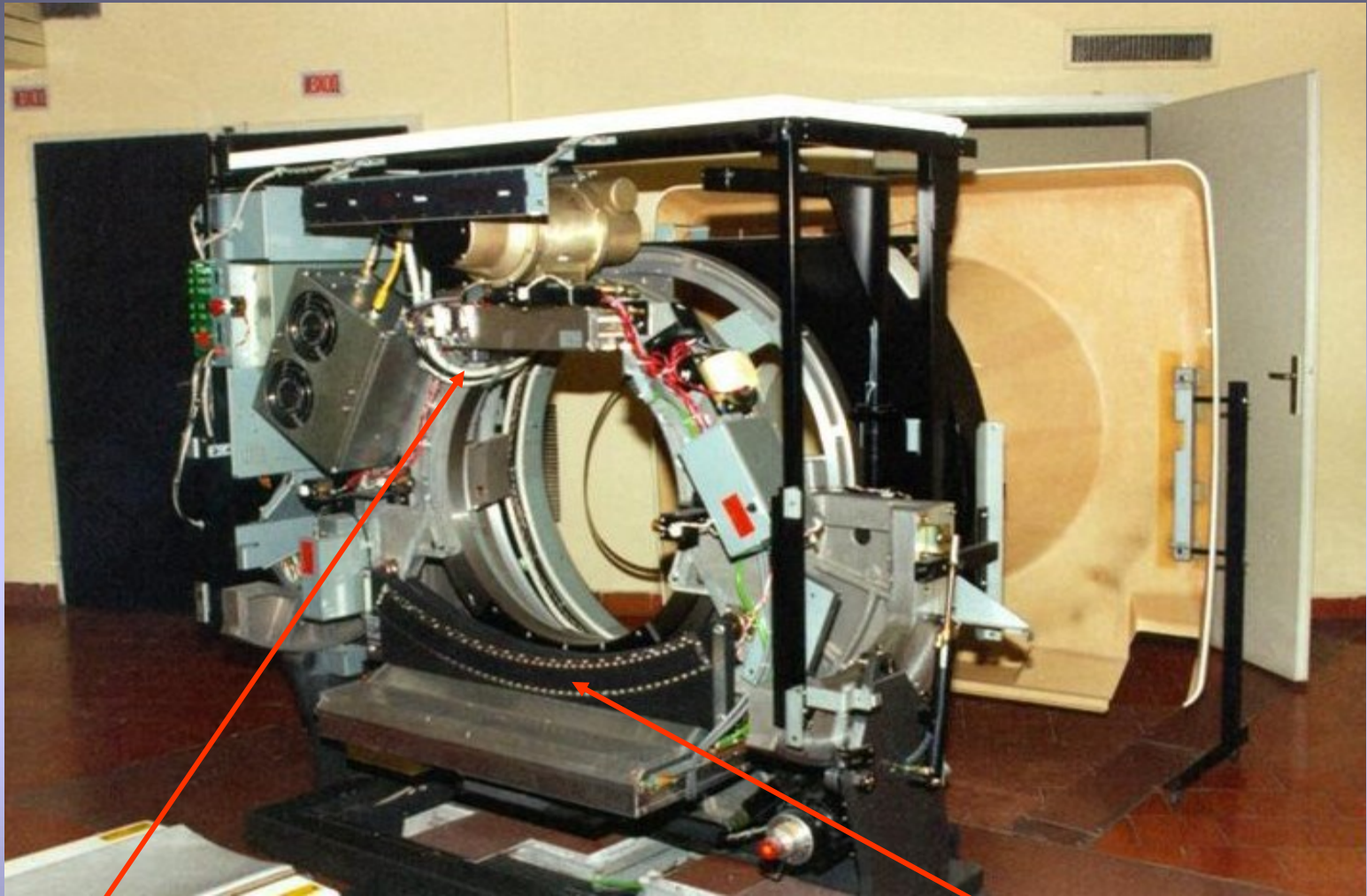
From: W.A. Kalender, CT, 2000, MCD Verlag





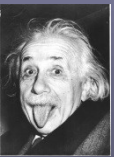
Αρχή Λειτουργίας Αξονικού Τομογράφου 3ης γενιάς. Μία λυχνία ακτίνων X με διάφραγμα λεπτής δέσμης και σειρά ανιχνευτών είναι τοποθετημένοι αντιδιαμετρικά σε ένα κινούμενο τροχό (gantry).

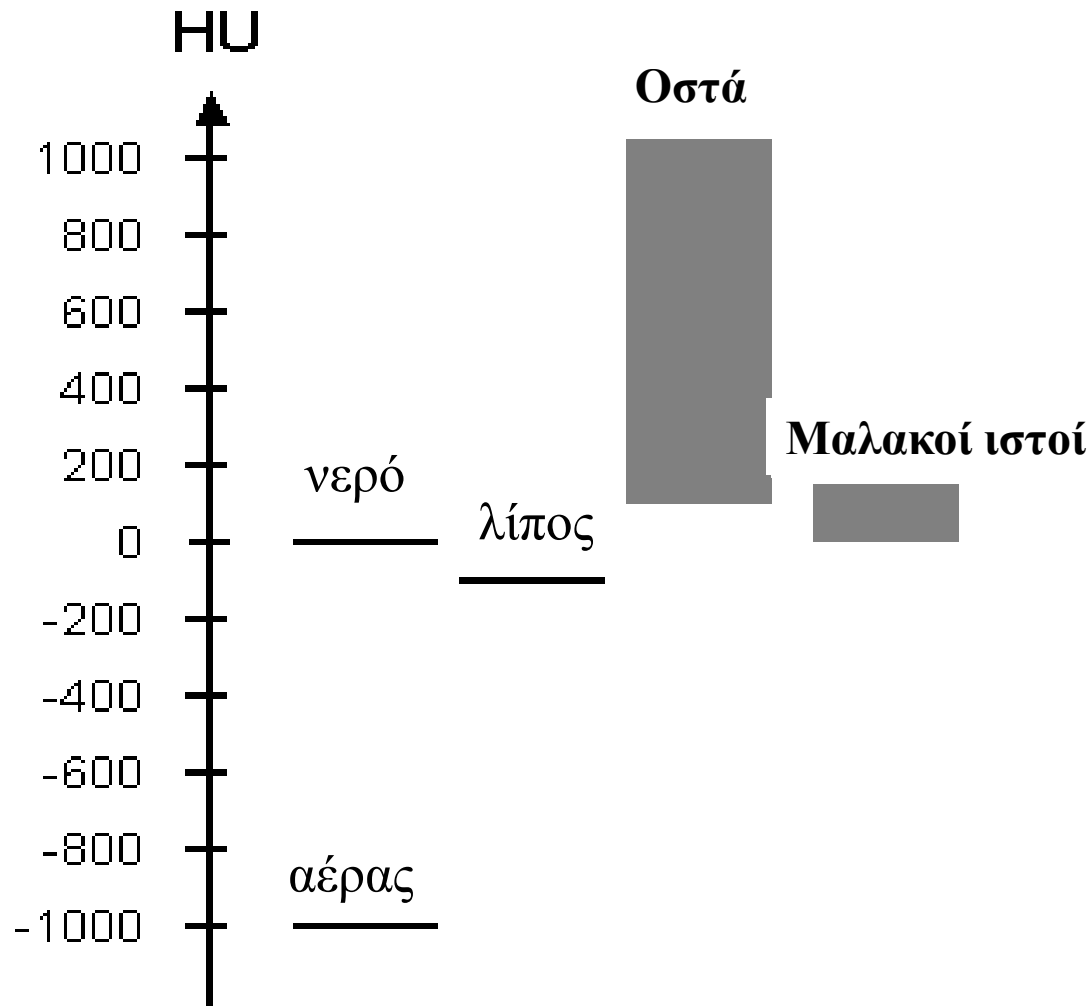




Λυχνία ακτίνων Χ

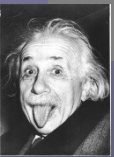
Σειρά ανιχνευτών





Κάθε συστατικό (οστά, λίπος, κ.λ.π.) εμφανίζει διαφορετικό συντελεστή απορρόφησης των ακτίνων Χ και κατ'επέκταση διαφορετικό αριθμό CT (HU)

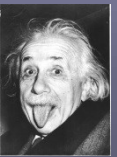
Αριθμοί CT για διάφορα είδη ιστών



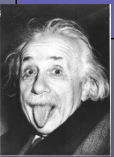
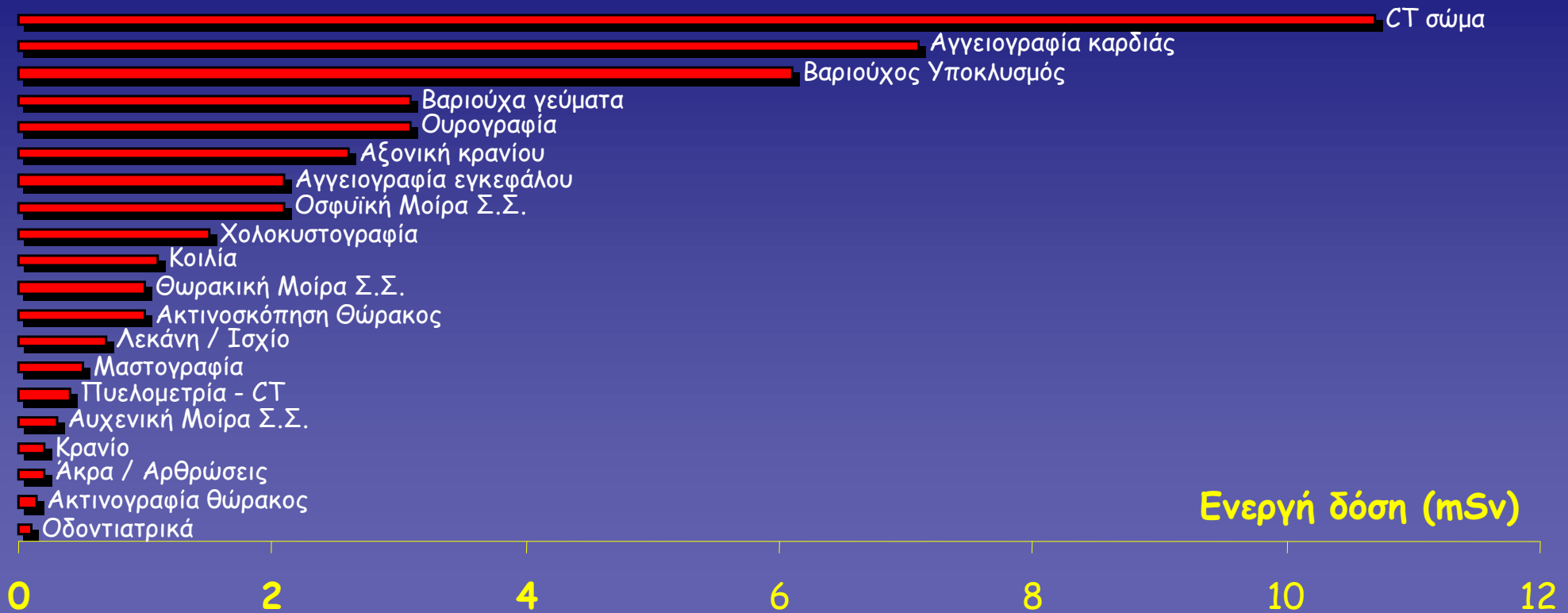
Εικόνα Κοιλίας CT

Εγκάρσια τομή
(εικόνα από τα πόδια προς το
κεφάλι)

Ηπατικές Μεταστάσεις



Τυπικές δόσεις κατά τις Ακτινοδιαγνωστικές εξετάσεις



Απεικόνιση

Ακτίνες Χ

Η εικόνα αντιπροσωπεύει μια χαρτογράφηση των συντελεστών εξασθένησης των ακτίνων Χ από τον ιστό.

Υπέρηχοι

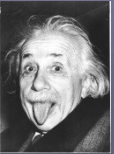
Η εικόνα αντιπροσωπεύει μια χαρτογράφηση των αλλαγών στην ακουστική εμπέδηση των ιστών.

Ραδιοισότοπα

Η εικόνα αντιπροσωπεύει την εσωτερική την εσωτερική λειτουργική κατανομή ενός εισερχόμενου ραδιοφαρμάκου.

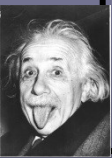
Μαγνητική Τομογραφία

Η εικόνα αντιπροσωπεύει μια χαρτογράφηση της πυκνότητας πρωτονίων σταθμισμένη με τους πυρηνικούς χρόνους χαλάρωσης σε σχέση με τα διάφορα μοριακά περιβάλλοντα.



Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Τεχνική Απεικόνισης	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Ακτίνες Χ	Διάκριση διεπιφάνειας μαλακών ιστών - οστών. Υψηλή χωρική διακριτική ικανότητα. Ταχύ και φτηνό.	Χαμηλή αντίθεση μεταξύ μαλακών ιστών. Δισδιάστατο - εκτός CT.
Υπέρηχοι	"Ανεκτή" αντίθεση μεταξύ μαλακών ιστών. Ταχύ και φτηνό.	Κυρίως ανατομικές πληροφορίες. 'Λογική' χωρική διακριτική ικανότητα. 'Δισδιάστατο'.
Πυρηνική Ιατρική	Περισσότερο λειτουργικότητα παρά ανατομία. Μπορεί να δώσει τρισδιάστατη πληροφορία. PET - πολύ ευαίσθητο μεταβολικό εργαλείο.	Περισσότερο λειτουργικότητα παρά ανατομία. Poor spatial resolution. η PET είναι πολύ ακριβή. Μεγάλοι Χρόνοι Σάρωσης
MRI	Πολύ καλή αντίθεση μεταξύ μαλακών ιστών. Δυνατότητες λειτουργικής απεικόνισης και φασματοσκοπίας. 3 (ή 4) δισδιάστατο.	'Λογική' χωρική διακριτική ικανότητα. Μεγάλοι Χρόνοι Σάρωσης.



Σχετιζόμενη Φυσική

Τεχνική Απεικόνισης	Φυσική
Ακτίνες Χ	Κβαντική και Ατομική Φυσική. Πυρηνική, Μοριακή και Φυσική Στερεών, Εφαρμογές Ημιαγωγών. Radiation Physics. Φυσική των Υλικών. Ιατρική Φυσική
Υπέρηχοι	Κύματα και Σχετικά φαινόμενα. Ιατρική Φυσική. Μηχανική
Πυρηνική Ιατρική	Πυρηνική Δομή Εφαρμογές Ημιαγωγών. Ιατρική Φυσική. Σωματιδιακή Φυσική. Ακτινοφυσική
MRI	Κβαντική και Ατομική Φυσική. Ηλεκτρομαγνητισμός, Ηλεκτρισμός & Μαγνητισμός. Στατιστική Φυσική και Φυσική χαμηλών Θερμοκρασιών Θερμοδυναμική.

