

# ΑΞΟΝΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ

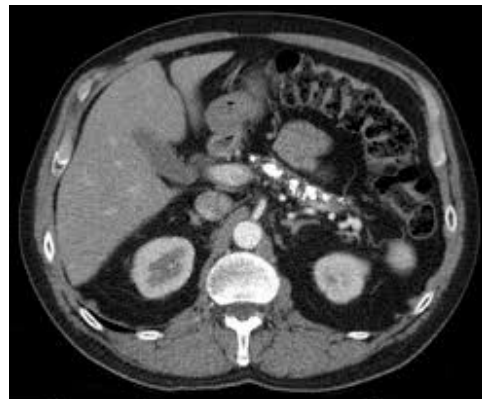
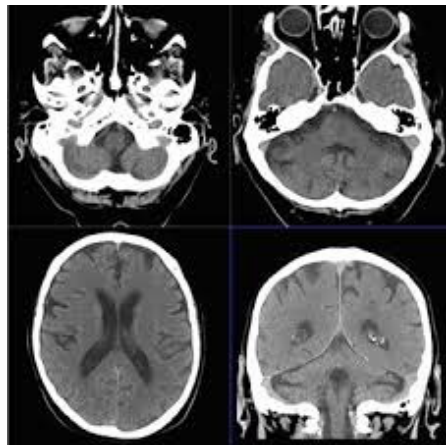
Ευάγγελος Παντελής  
Αν. Καθ. Ιατρικής Φυσικής  
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής  
Ιατρική Σχολή Αθηνών

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Η ακριβής και έγκαιρη διάγνωση, η εκτίμηση της πορείας μιας νόσου, αλλά και ο σχεδιασμός θεραπευτικών παρεμβάσεων βασίζονται σήμερα σε σημαντικό βαθμό σε τεχνικές ιατρικής απεικόνισης.
- Στην **ιατρική απεικόνιση** μελετάται η αλληλεπίδραση διαφόρων μορφών ενέργειας με τους βιολογικούς ιστούς και η ανάπτυξη της κατάλληλης τεχνολογίας για την εξαγωγή κλινικά χρήσιμης πληροφορίας από τις παρατηρήσεις αυτής της αλληλεπίδρασης.
- Η πληροφορία αυτή συνήθως αποδίδεται με την μορφή εικόνας – χαρτογράφηση μιας τομής (καταγραφή) των τιμών κάποιας ιδιότητας των ιστών.
- Έτσι οι ιατρικές εικόνες μπορεί να είναι είτε απλές, όπως είναι μία ακτινογραφία ακτίνων-Χ ή αρκετά πολύπλοκες όπως μία υπολογιστικά ανακατασκευασμένη εικόνα σαν αυτή που αναπαράγεται από έναν **υπολογιστικό τομογράφο** (CT) με χρήση των ακτίνων-Χ, ή έναν μαγνητικό τομογράφο με την βοήθεια του πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (MRI) με τη χρήση μαγνητικών πεδίων.

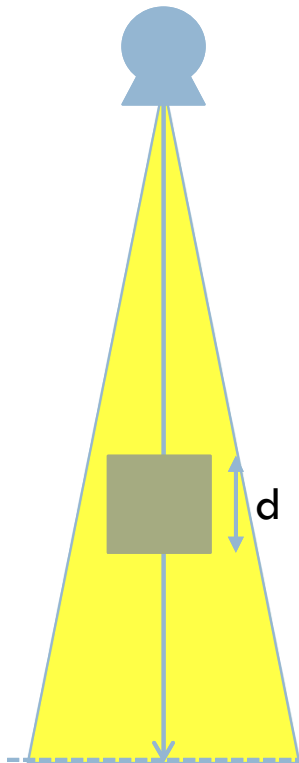
# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## □ ΜΕΡΙΚΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ



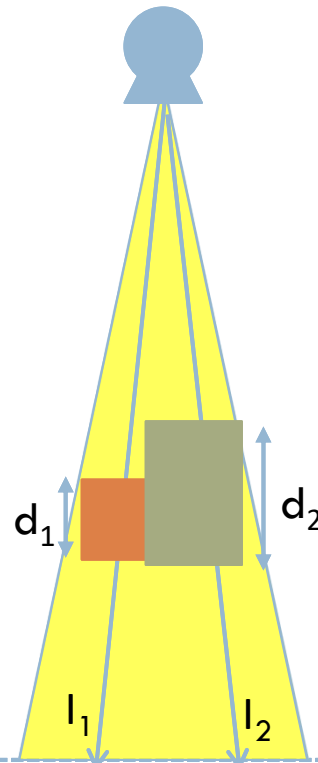
# ΕΚΘΕΤΙΚΗ ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ

Λυχνία Ακτίνων-x

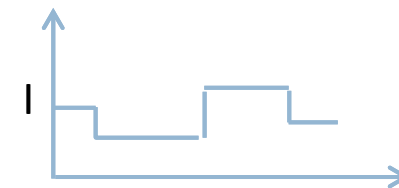
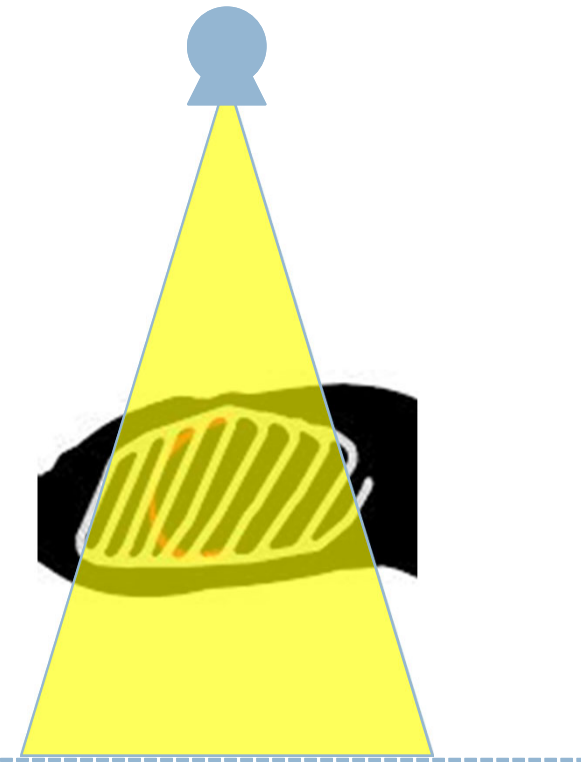


$$I = I_0 e^{-\mu(E, Z, \rho) \cdot d}$$

Λυχνία Ακτίνων-x



Λυχνία Ακτίνων-x



# Απλή ακτινογραφία ακτίνων-χ

- Στην ακτινογραφία λοιπόν αποτυπώνουμε σε έναν ανιχνευτή (π.χ., φιλμ) τις διαφορές στην απορρόφηση της ακτινοβολίας-χ κατά τη διέλευσή της από το σώμα του εξεταζόμενου.
- Όσο μεγαλύτερη ποσότητα ακτίνων χ προσπίπτει στο φιλμ τόσο μεγαλύτερη είναι η αμαύρωση που δημιουργείται.
- Έτσι σε μια ακτινογραφία θώρακος τα οστά που απορροφούν εντονότερα απεικονίζονται άσπρα ενώ ο πνεύμονας πολύ λιγότερο και γι' αυτό απεικονίζεται μαύρος.

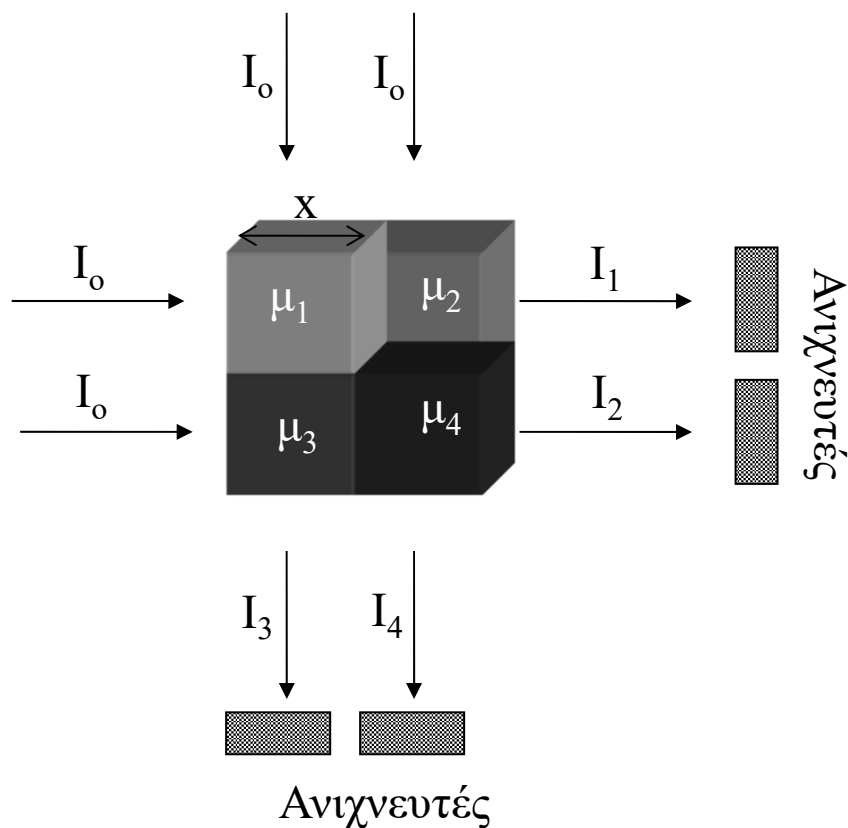


# Απλή ακτινογραφία ακτίνων-χ

Τα βασικότερα μειονεκτήματα της μεθόδου της ακτινογραφίας είναι :

1. Απώλεια βάθους. Οι τρισδιάστατες δομές του σώματος προβάλλονται σε ένα επίπεδο δύο διαστάσεων.
2. Επιτρέπει το διαχωρισμό μεταξύ δύο δομών με τουλάχιστον 5% διαφορά σε αντίθεση μεταξύ τους (π.χ. δεν απεικονίζονται δομές όπως τα αγγεία ή ανατομικές λεπτομέρειες της καρδιάς κ.λ.π.)
3. Σε μία συνήθη ακτινογραφία οι ανατομικές δομές που βρίσκονται κατά μήκος μιας κατακόρυφης γραμμής επιπροβάλλονται στην ίδια περιοχή του ακτινογραφικού φιλμ. Αυτό έχει σαν συνέπεια την ασαφή απεικόνιση ανατομικών λεπτομερειών που μπορεί να παρουσιάζουν διαγνωστικό ενδιαφέρον.

# ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ



$$I_1 = I_0 e^{-(\mu_1 + \mu_2)x} \frac{I_1}{I_0}$$

$$I_2 = I_0 e^{-(\mu_3 + \mu_4)x} \frac{I_2}{I_0}$$

$$I_3 = I_0 e^{-(\mu_1 + \mu_3)x} \frac{I_3}{I_0}$$

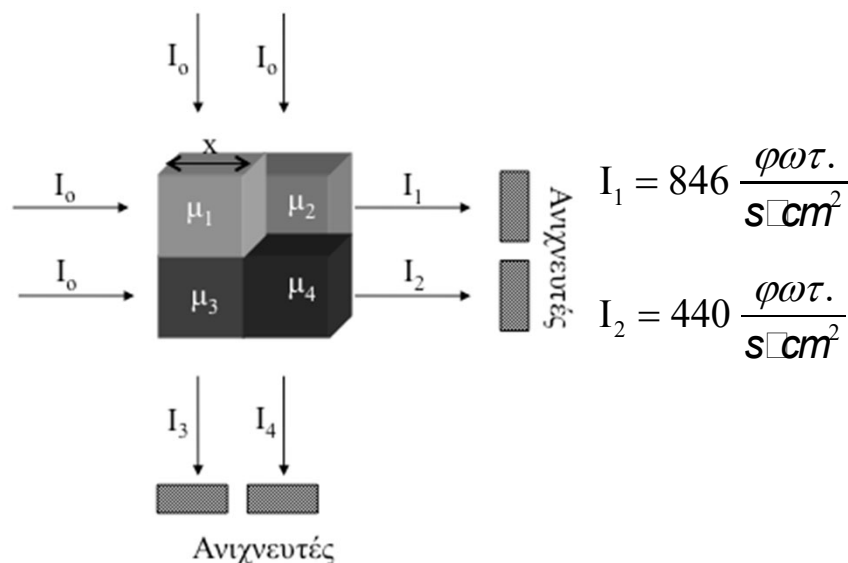
$$I_4 = I_0 e^{-(\mu_2 + \mu_4)x} \frac{I_4}{I_0}$$

Σύστημα  
εξισώσεων  
4x4

# ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ

## ΕΦΑΡΜΟΓΗ :

- Ενέργεια φωτονίων 100 keV
- Αρχική ενταση  $I_0 = 1000 \text{ φωτ./s cm}^2$
- Μέγεθος ογκοστοιχείου – voxel :  $x=1 \text{ cm}$



$$I_3 = 571 \frac{\text{φωτ.}}{\text{s cm}^2} \quad I_4 = 663 \frac{\text{φωτ.}}{\text{s cm}^2}$$

Το σύστημα των εξισώσεων γίνεται:

$$\mu_1 + \mu_2 = 0.167$$

$$\mu_3 + \mu_4 = 0.82$$

$$\mu_1 + \mu_3 = 0.56$$

$$\mu_2 + \mu_4 = 0.4101$$

$\mu_1 = 0.167 \text{ cm}^{-1}$  (για  $E = 100 \text{ keV}$ , η τιμή αυτή αντιστοιχεί στο νερό)

$\mu_2 = 1.9 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$  (για  $E = 100 \text{ keV}$ , η τιμή αυτή αντιστοιχεί στον αέρα)

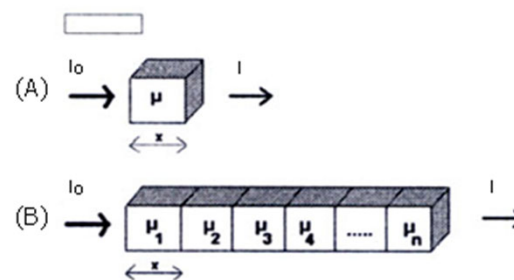
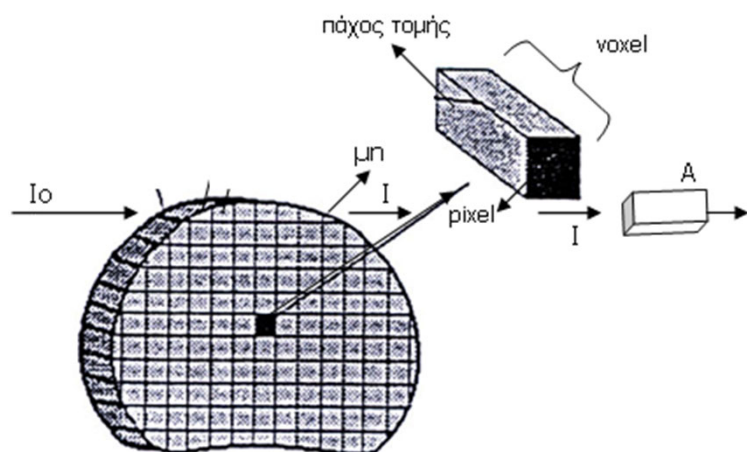
$\mu_3 = 0.41 \text{ cm}^{-1}$  (για  $E = 100 \text{ keV}$ , η τιμή αυτή αντιστοιχεί στο οστό)

$\mu_4 = 0.41 \text{ cm}^{-1}$



# ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ

## □ ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΜΗΣ ΚΑΙ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ ΟΓΚΟΥ (voxel)



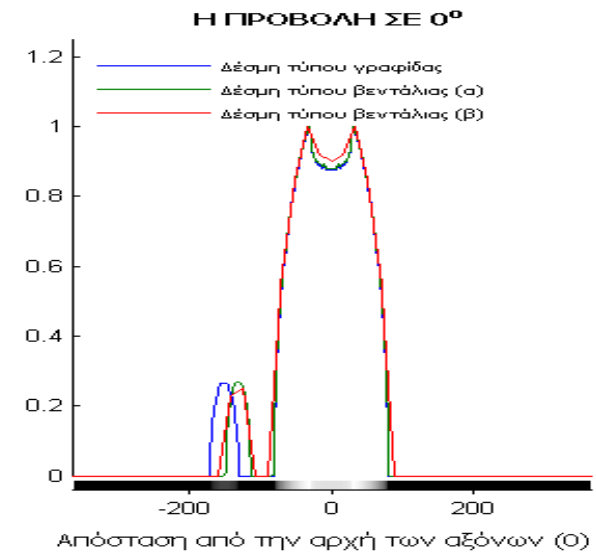
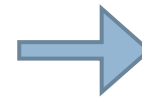
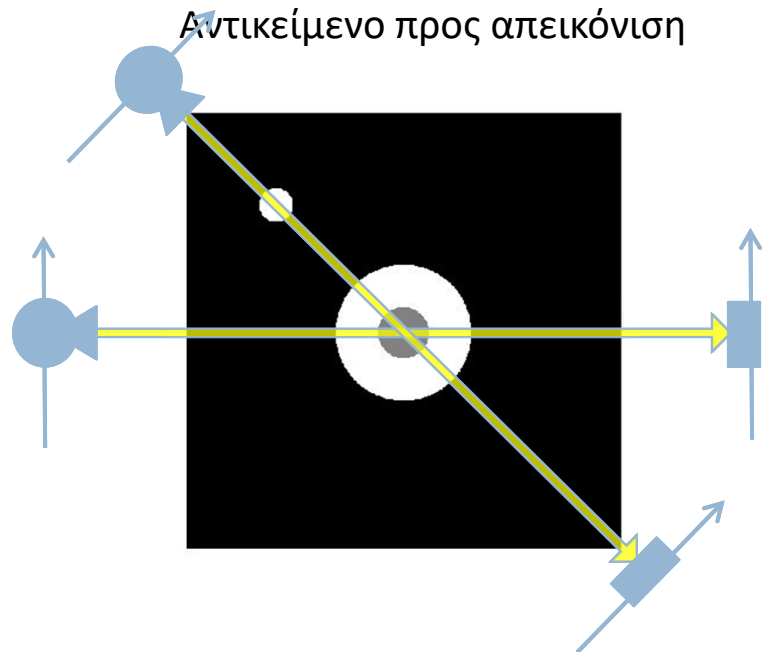
$$(A) I = I_0 e^{-\mu x}$$

$$(B) I = I_0 e^{-(\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n)x}$$

**Εικόνα 2:** Διερχόμενη δέσμη κατά μήκος της πρώτης οριζόντιας σειράς των στοιχειωδών όγκων τομής του ανθρωπίνου σώματος.

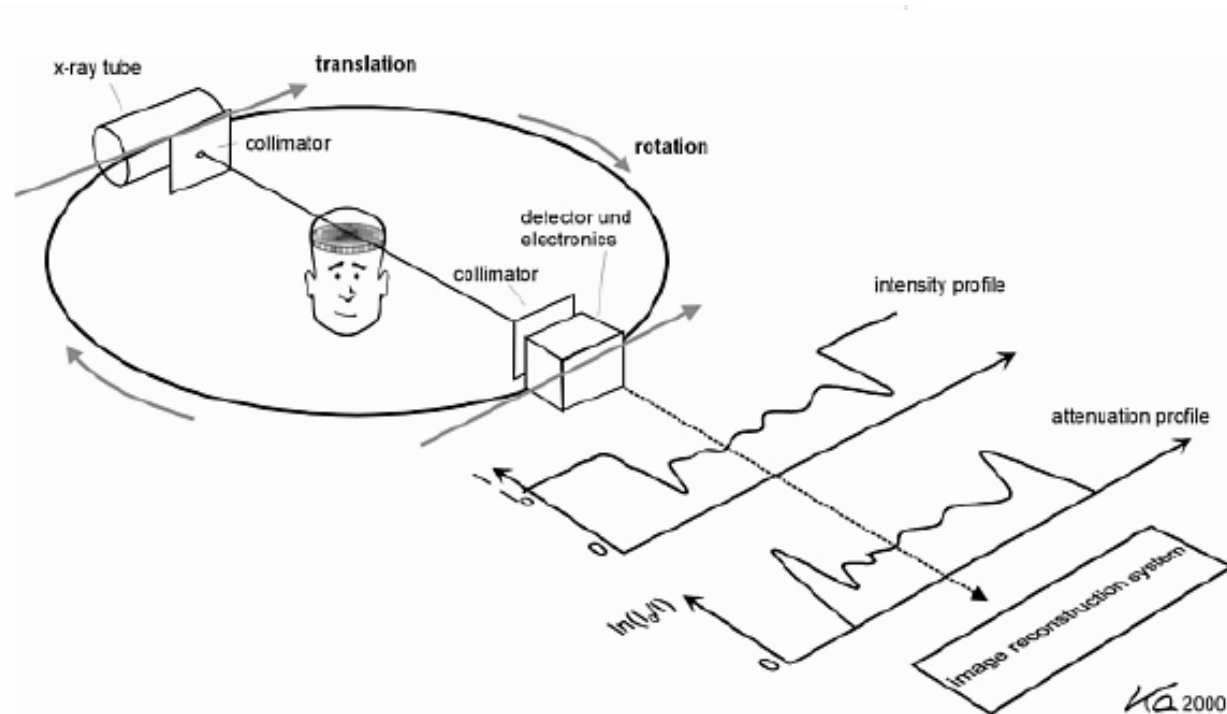
# ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ

- Συλλογή μετρήσεων - Η έννοια της προβολής

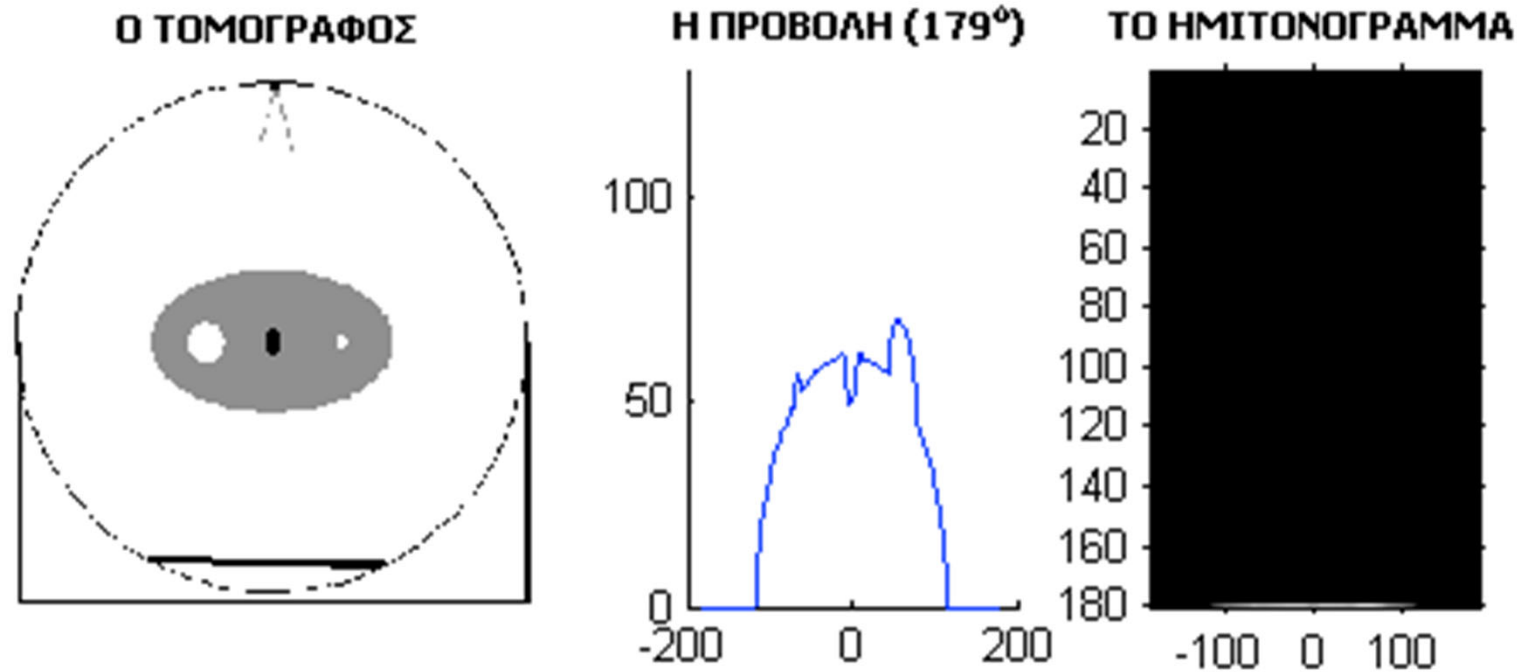


# ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΞΟΝΙΚΟΥ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ

- Συλλογή μετρήσεων – Η έννοια της προβολής



# ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ



- Ημιτονόγραμμα (sinogram) = το σύνολο των προβολών ζωγραφισμένο σε άξονες θέσης – γωνίας προβολής

# ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΞΟΝΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ

- Πρόβλημα ανακατασκευής εικόνας = Ο υπολογισμός των συντελεστών εξασθένισης κάθε στοιχείου όγκου της τομής από τις προβολές.
  - Αριθμός voxel κάθε τομής = 512 x 512 (συνήθως)
    - Αριθμός αγνώστων : 512x512= 262144
  - Αριθμός προβολών ανά τομή > 360 (τουλάχιστον κάθε 1°)
  - Αριθμός μετρήσεων ανά προβολή > 700
  - Στην πράξη δεν υπολογίζεται ο γραμμικός συντελεστής εξασθένισης κάθε voxel αλλά η παράμετρος :

$$\text{αριθμος CT} = 1000 \frac{\mu - \mu_{\text{νερου}}}{\mu_{\text{νερου}}}$$

