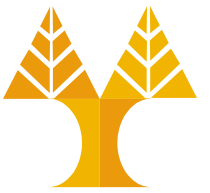


**HMY 370**

**Εισαγωγή στη Βιοϊατρική Μηχανική**

**Ακτινολογική Απεικόνιση**

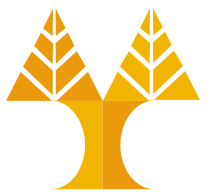


- **Νέα διάσταση στη διαγνωστική ιατρική**

- Δυνατότητα να βλέπουμε τι υπάρχει πίσω από αδιαφανείς επιφάνειες
- Βλέπουμε μέσα στο ανθρώπινο σώμα, χωρίς κάποια επέμβαση
  - Ο χειρουργός ψηλαφούσε τα κοκάλια και τις πληγές → χειρουργικές επεμβάσεις χωρίς τελικά να υπάρχει πρόβλημα
- Εφαρμογή σε διάφορους τομείς της ιατρικής
  - Απεικόνιση
  - Ακτινοθεραπεία
- Εξετάσεις με ακτίνες X αποτελούν τουλάχιστον **70%** όλων των ιατρικών διαγνωστικών εξετάσεων

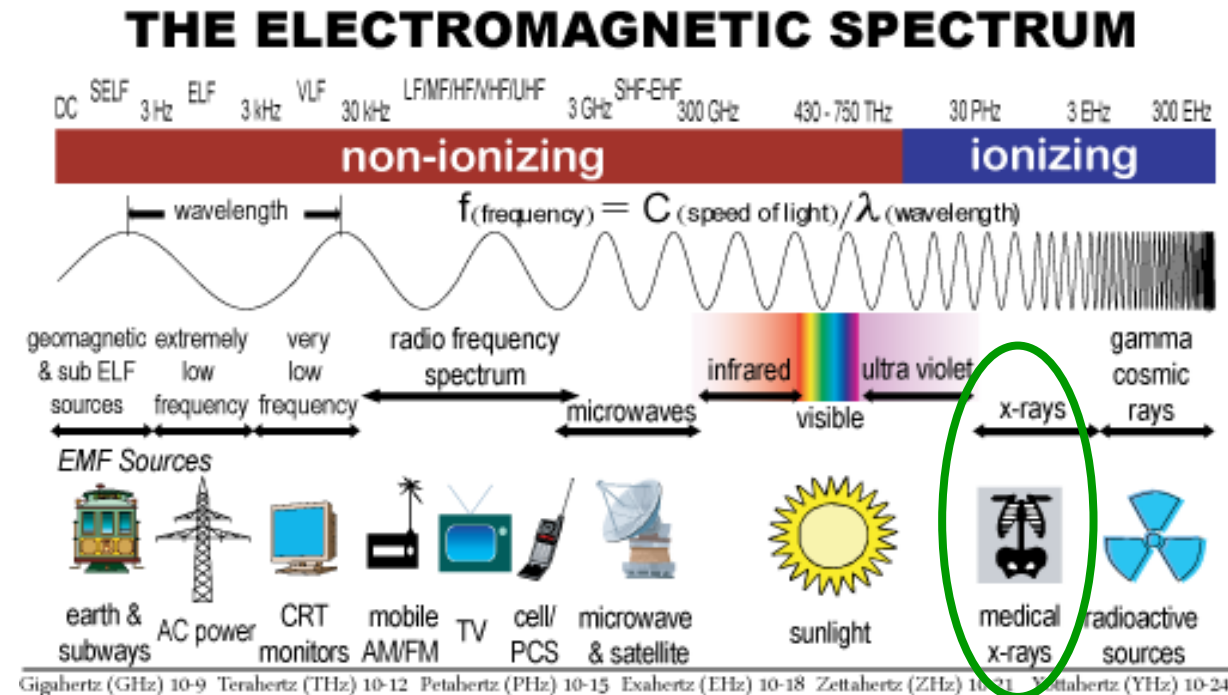
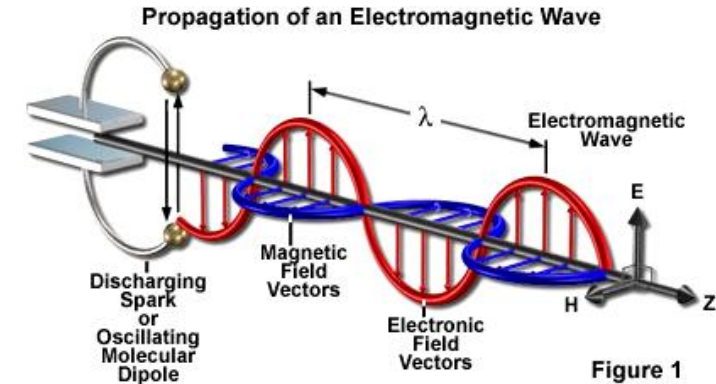


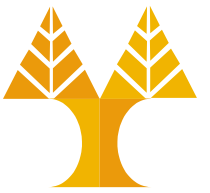
# Ακτίνες Χ



## • Ακτίνες Χ

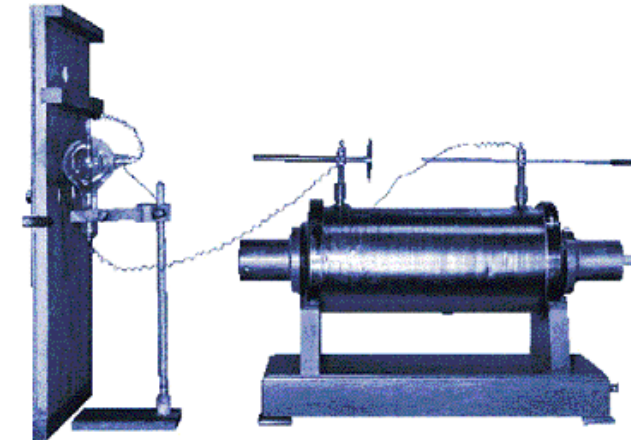
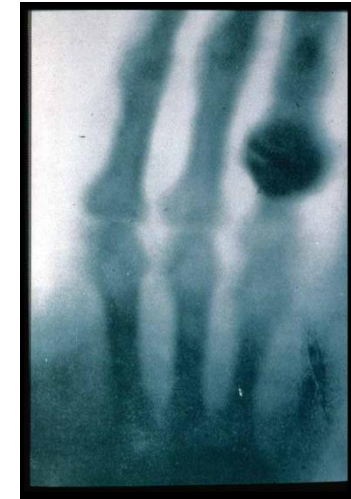
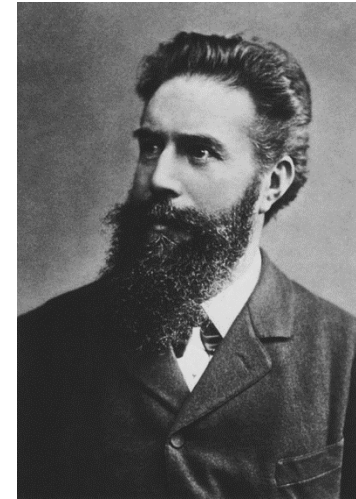
- Τύπος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας
- Ψηλής ενέργειας
- Μήκος κύματος περίπου 0.01 έως 10 nm

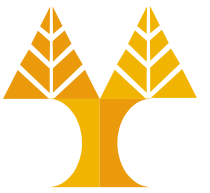




## • Βίλχελμ Κόνρατ Ραίντγκεν

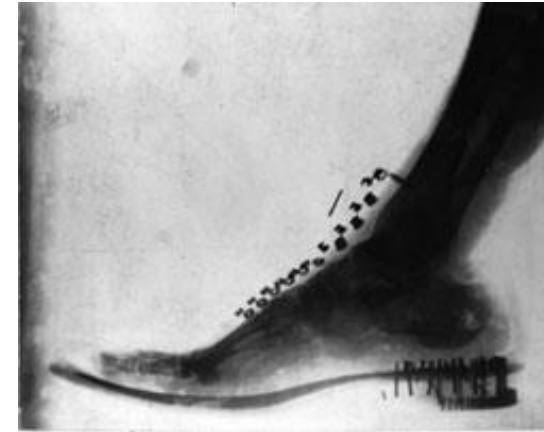
- 8 Νοεμβρίου του 1895
- Ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο στο κενό του ηλεκτρικού λαμπτήρα
- Διέκρινε μια λάμψη προερχόμενη από τη φωσφορίζουσα άνοδο του σωλήνα
- Άφηνε αποτυπώματα σε φωτογραφική πλάκα
- Οι ακτίνες ήταν σε θέση να περάσουν ακόμα και ένα τραπέζι από ξύλο ή ένα βιβλίο με 1000 σελίδες
- 1901 κέρδισε το βραβείο Νόμπελ Φυσικής





- **Μεγάλος ενθουσιασμός για την ανακάλυψη των ακτινών**

- Χρησιμοποιούνταν ακόμα και για εφαρμογή παπουτσιών



- **Πρώτη εφαρμογή στην ιατρική**

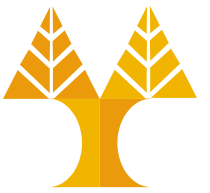
- Τόμας Έντισον
- Μεγάλη κάλυψη από τον τύπο

- **Κατάχρηση**

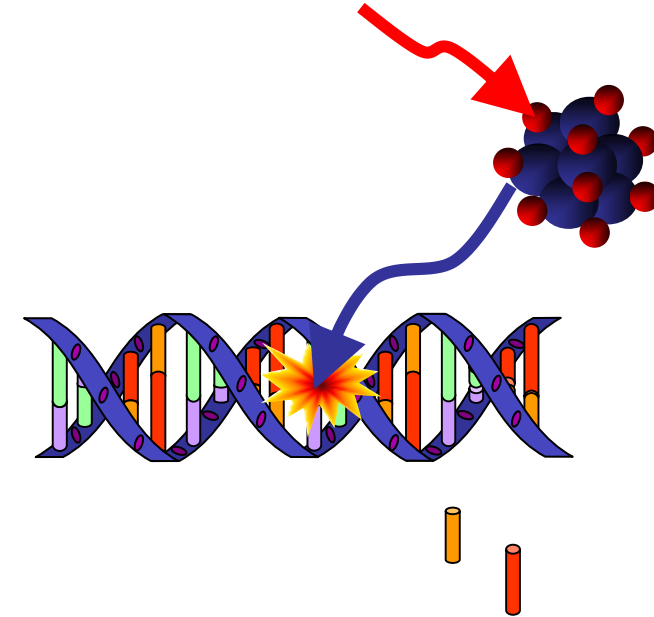
- Σημαντικές παρενέργειες
- Σοβαρές βλάβες στα κύτταρα
- Τριχόπτωση
- Εγκαύματα
- Ακόμα και θάνατο



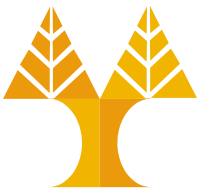
Mihran Kassabian (1870-1910)



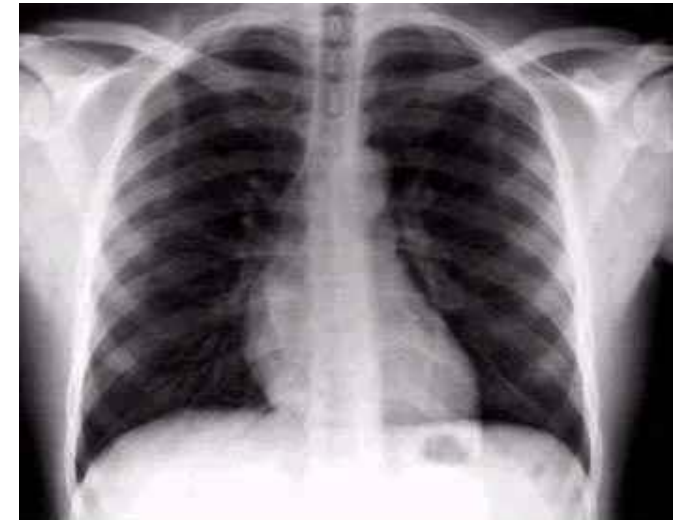
- Οι ακτίνες X μπορούν να γίνουν επιβλαβείς
- **Μορφή ακτινοβολίας ιονισμού**
  - Ορατό φως χτυπά ένα άτομο
    - Δεν μπορεί να αλλάξει το άτομο κατά οποιοδήποτε σημαντικό τρόπο
  - Μια ακτίνα X χτυπά ένα άτομο
    - Μπορεί να αφαιρέσει ηλεκτρόνια από το άτομο
    - Δημιουργεί ένα ιόν
    - Ελεύθερα ηλεκτρόνια συγκρούονται με άλλα άτομα → περισσότερα ιόντα
- **Ιόντα**
  - Αφύσικες χημικές αντιδράσεις μέσα στα κύτταρα
  - Σπάζουν τις αλυσίδες DNA
  - Το κύτταρο θα πεθάνει
    - Ασθένειες λόγω της καταστροφής των ιστών και της δυσλειτουργίας των οργάνων
  - Αν το DNA αναπτύξει μια μεταλλαγή
    - Μπορεί να εξελιχθεί σε καρκίνο



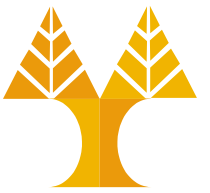
- Οι ακτίνες X σήμερα χρησιμοποιούνται λιτά
  - Ασφαλέστερη επιλογή από μια τυφλή χειρουργική επέμβαση



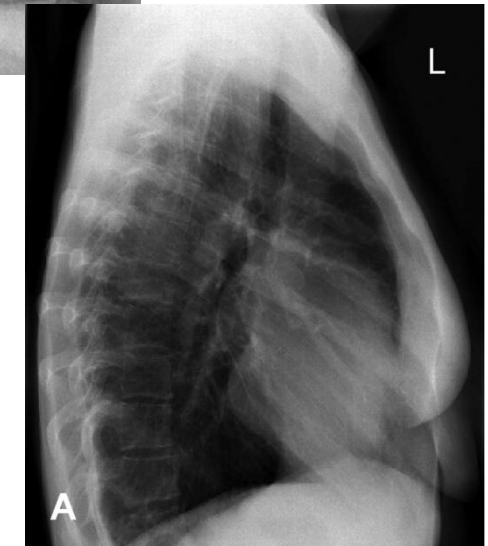
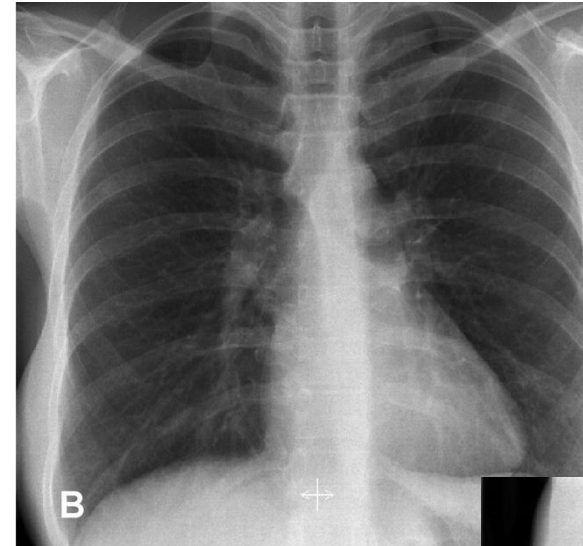
- Οι ακτινογραφίες μετρούν την απορρόφηση των ακτίνων X από τους διάφορους ιστούς
- **Διαφορετικοί ιστοί του σώματος → διαφορετική απορρόφηση**
  - Τα οστά απορροφούν εύκολα τις ακτίνες X
    - "Βαρύτερα" (ψηλότερου ατομικού αριθμού) άτομα (π.χ. ασβέστιο στα οστά) απορροφούν τα υψηλής ενέργειας φωτόνια
  - Το δέρμα, και ο αέρας στους πνεύμονες, επιτρέπουν στις ακτίνες να περάσουν
    - "Ελαφρύτερα" άτομα (π.χ. οξυγόνο, υδρογόνο, άνθρακας) απορροφούν ελάχιστα
- **Σε φιλμ ή στην οθόνη στην αρνητική μορφή**
  - Περιοχές που εκτίθενται σε περισσότερο φως εμφανίζονται σκοτεινότερες
  - Περιοχές που εκτίθενται σε λιγότερο φως εμφανίζονται πιο ανοικτές
    - Οστά → άσπρα
    - Μαλακότερα υλικά → μαύρα ή γκρίζα

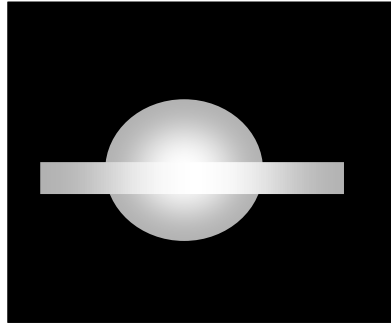
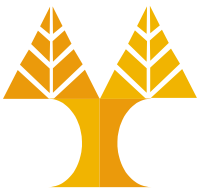


# Ακτινογραφία

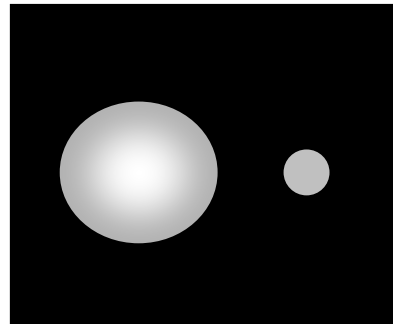


- **Προβολές τρισδιάστατων οργάνων σε ένα επίπεδο φωτογραφικό φιλμ**
  - Διάφορα όργανα φαίνονται να επικαλύπτουν το ένα το άλλο
- **Χρειαζόμαστε περισσότερες από μια ακτινογραφίες (από διαφορετικές γωνίες)**
  - Πραγματική γεωμετρία
  - Πραγματικό σχήμα του κάθε αντικειμένου

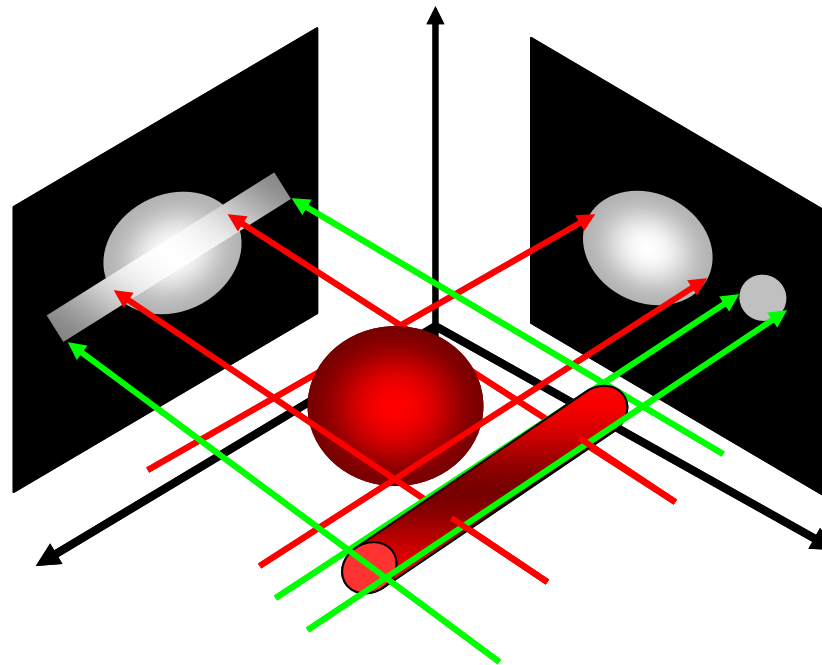


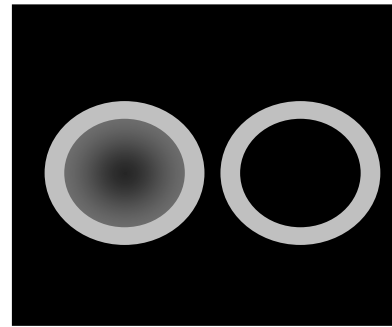
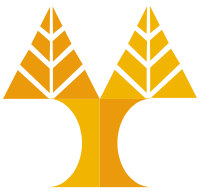


Μπροστά



Πλάι

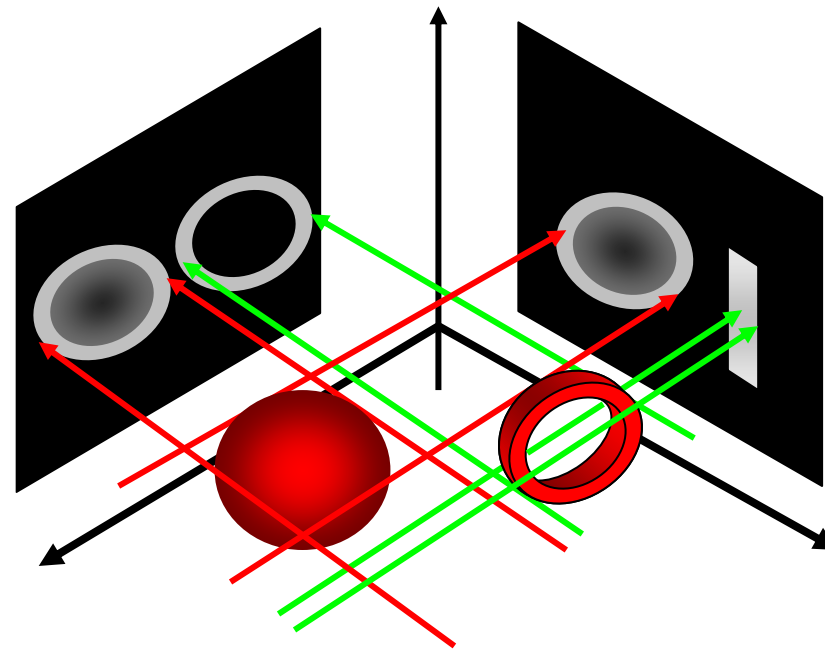


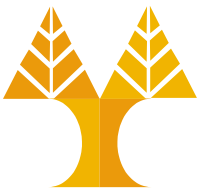


Μπροστά



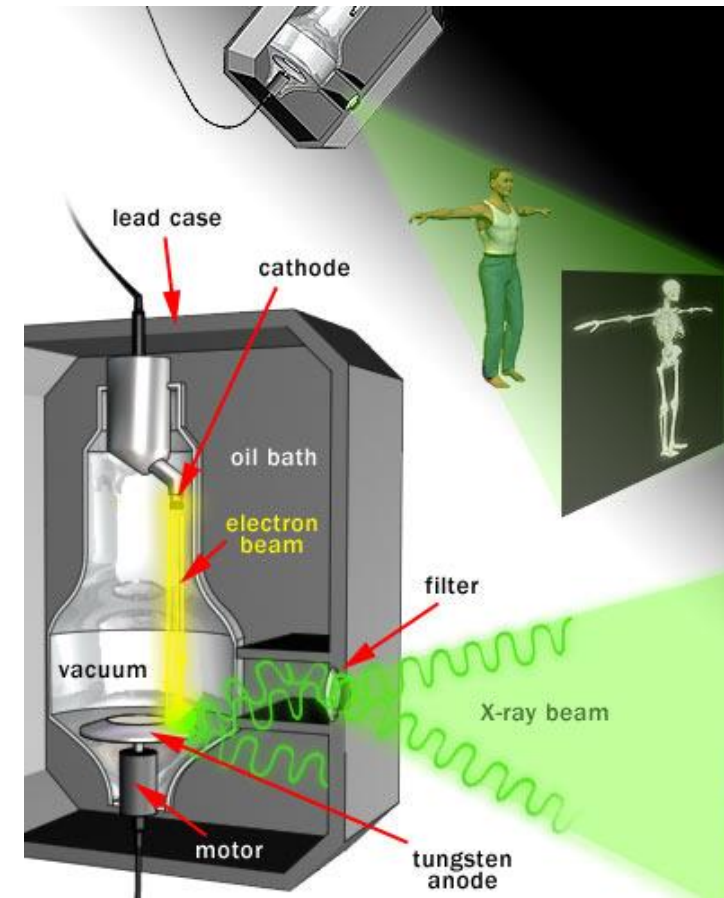
Πλάι



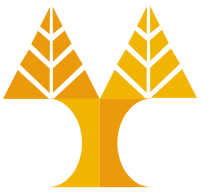


## • Μηχανή ακτίνων X

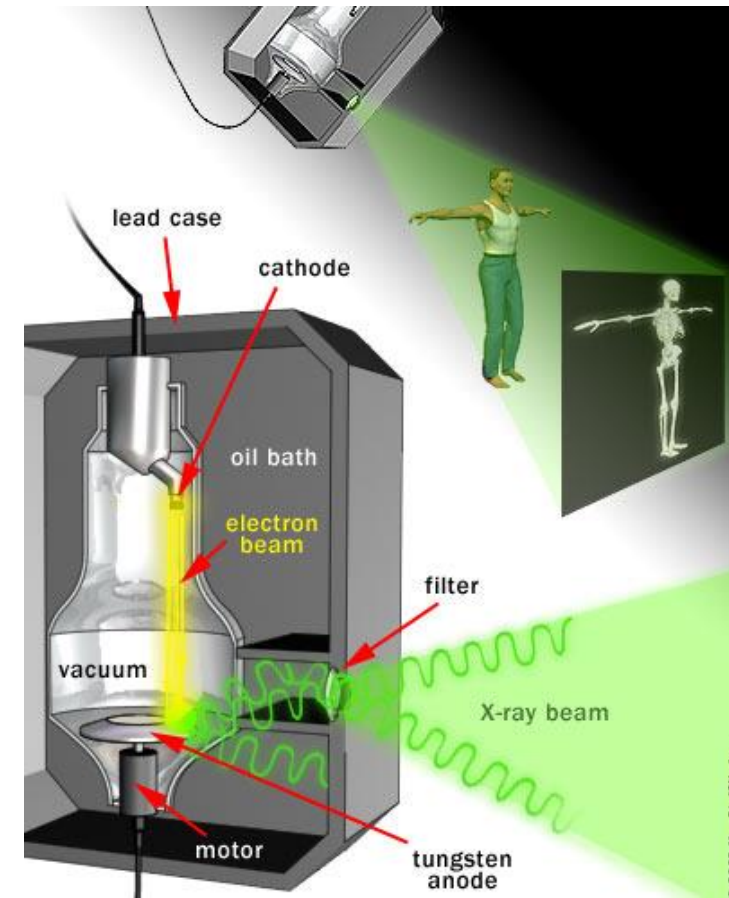
- Ένα ζευγάρι ηλεκτροδίων
  - Κάθοδος και άνοδος
  - Σε έναν σωλήνα κενού
- Θερμότητα απελευθερώνει ηλεκτρόνια από την κάθοδο
- Τα ελκύει η άνοδος
- Τα ηλεκτρόνια αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες
- Χτυπούν με δύναμη τα ηλεκτρόνια του μετάλλου
  - Απελευθερώνουν ενέργεια υπό την μορφή φωτονίων ακτίνων X

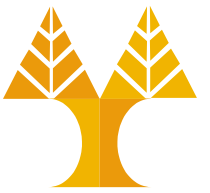


# Ακτινογραφία



- Οι συγκρούσεις των ηλεκτρονίων παράγουν πολλή θερμότητα
  - Μοτέρ περιστρέφει την άνοδο ώστε να μην λειώσει
  - Λάδι για ψύξη της μηχανής.
- Περιβάλλεται από ένα χοντρό στρώμα μολύβδου
  - Οι ακτίνες X δεν μπορούν να διαφύγουν προς όλες τις κατευθύνσεις
  - Ένα μικρό παράθυρο στην ασπίδα μολύβδου αφήνει μια καθορισμένη ακτίνα
  - Περνά μέσω μιας σειράς φίλτρων
  - Φτάνει στον ασθενή





- **Σκιαγραφικό υλικό**

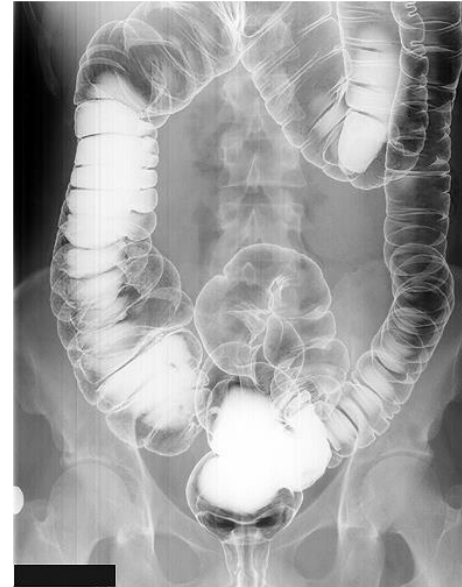
- Απορροφά ακτίνες Χ
- Για απεικόνιση μαλακών ιστών ή των αιμοφόρων αγγείων

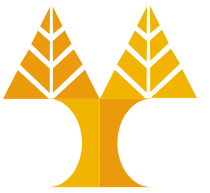
- **Πεπτικό σύστημα ή μέρη ενδοκρινών αδένων**

- Μίγμα βαρίου
- Ακτινογραφία πριν ή μετά

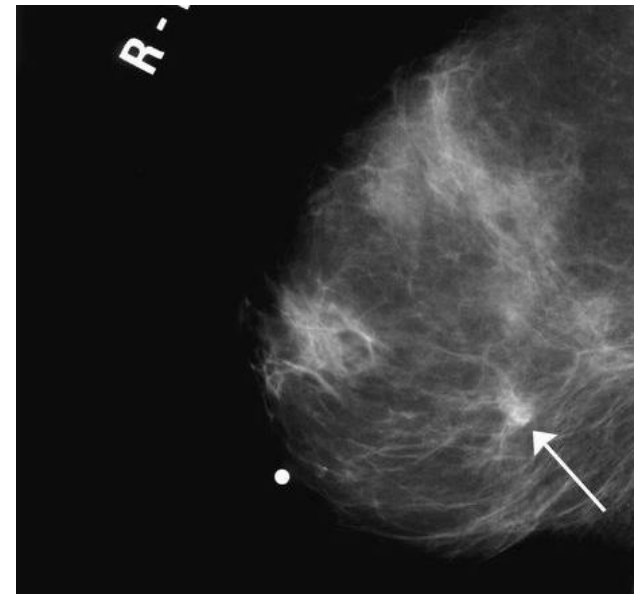
- **Αιμοφόρα αγγεία (αγγειογραφία)**

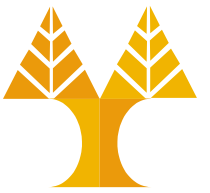
- Οθόνη φθορισμού
- Δημιουργεί μια κινούμενη ακτινογραφία
- Όλες οι φάσεις της μετάβασης του σκιαγραφικού υλικού
- Καταγραφή σε ταινία ή βίντεο





- **Η βάση της διάγνωσης του καρκίνου μαστού**
  - Ειδικά όταν υπάρχει ψηλαφητή ανωμαλία στο μαστό
- **Απεικόνιση**
  - Μορφολογίας
  - Δομής
  - Παθολογικών αλλοιώσεων του μαστού
- **Αυστηρά κριτήρια όσον αφορά στην τεχνική αλλά και στην διαγνωστική**



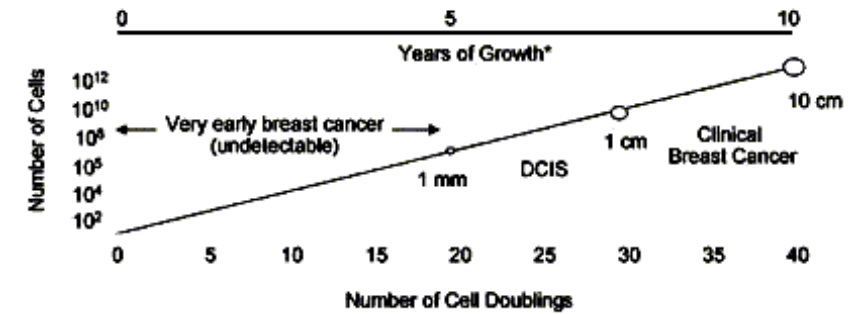


- **Καρκίνος του μαστού**

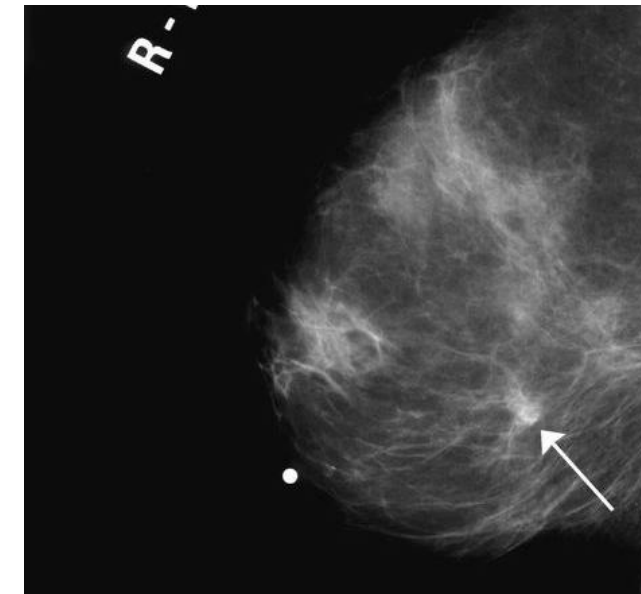
- Συχνό κλινικό πρόβλημα
  - Μία στις δέκα γυναίκες στη διάρκεια της ζωής της
- Συστηματική εφαρμογή της προληπτικής μαστογραφίας μπορεί να βελτιώσει την επιβίωση

- **Πρώιμος υποκλινικός καρκίνος του μαστού**

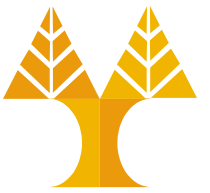
- Αντιμετωπίζεται με επιτυχία χειρουργικά
- Έγκαιρη διάγνωση κάνει περιττή την χημειοθεραπεία
  - Αν δεν έχει επεκταθεί στους λεμφαδένες
- Τακτικός περιοδικός έλεγχος των μαστών συστήνεται emphatically από τους γιατρούς όλων των ειδικοτήτων



\*Note 90-day doubling time x 40 doublings = 3600 days (approximately 10 years)  
Harris et al. *Breast Diseases*, 2nd ed. 1991:165-189.



# Μαστογραφία



- **Μαστογραφία → προληπτική εξέταση**

- Τακτά χρονικά διαστήματα
- Μαστογραφία αναφοράς → 40 χρονών
- Μαστογραφικός έλεγχος ανά διετία ή ανά έτος ανάλογα
- Μετά την ηλικία των 50 ετών μία μαστογραφία ανά έτος

- **Διαδικασία**

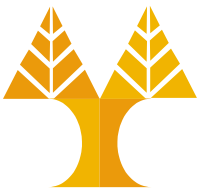
- Χωρίς σκιαγραφικό μέσο
- Συμπίεση του στήθους μεταξύ δύο πλακών

- **Δύο προβολές**

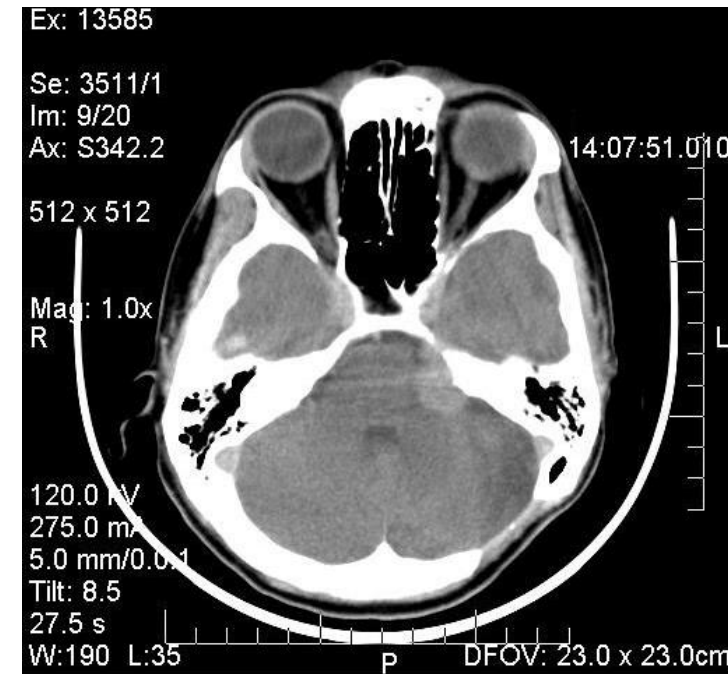
- Καλύτερης ποιότητας ακτινογραφία (καθαρή απεικόνιση όλων των μερών του στήθους)
- Λιγότερη ακτινοβολία
- Ανάγνωση με ελεγχόμενες συνθήκες φωτισμού



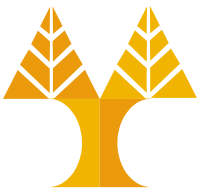
# Αξονική Τομογραφία



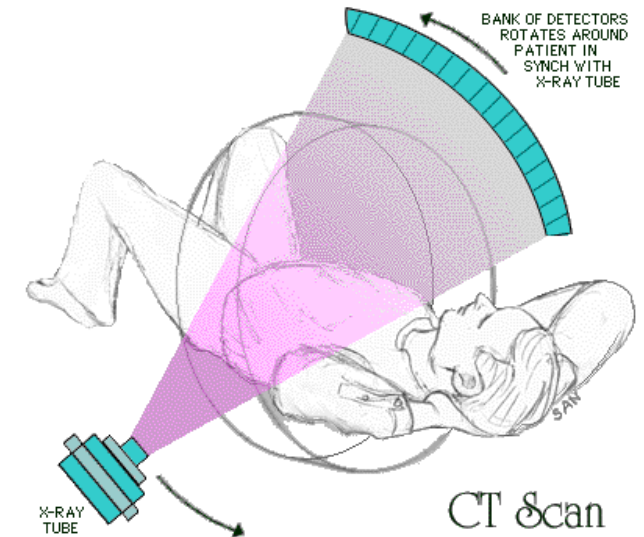
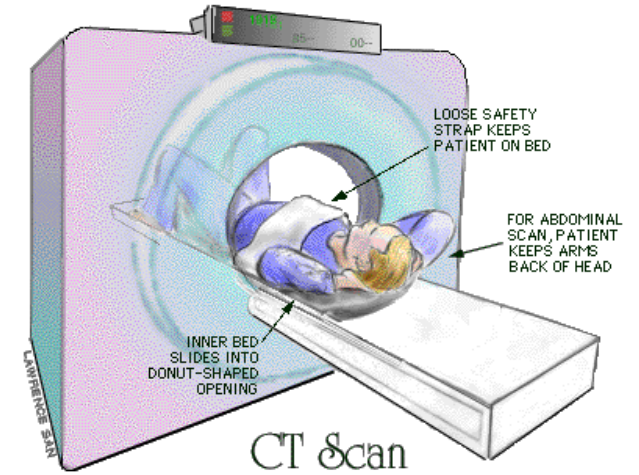
- Απεικονίζει εγκάρσιες τομές του ανθρωπίνου σώματος με χρήση ακτίνων Χ



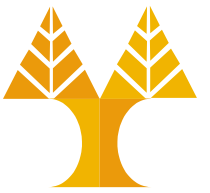
# Αξονική Τομογραφία



- Απορρόφηση της ακτινοβολίας Χ από διάφορες γωνίες
  - Περιστρέφεται η λυχνία ακτίνων-Χ και οι ανιχνευτές γύρω από τον εξεταζόμενο
- Μετρήσεις ψηφιοποιούνται
- Οι τομές δημιουργούνται μετά από μαθηματική επεξεργασία
  - Υπολογίζεται ο συντελεστής απορρόφησης (linear attenuation coefficient) για κάθε εικονοστοιχείο (pixel) της εικόνας

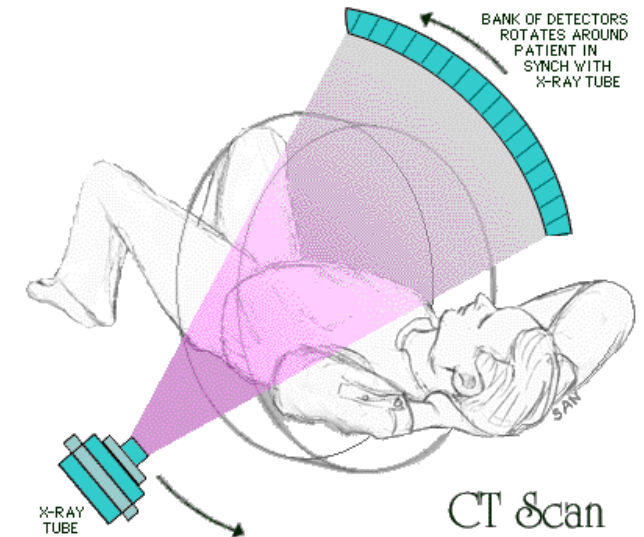
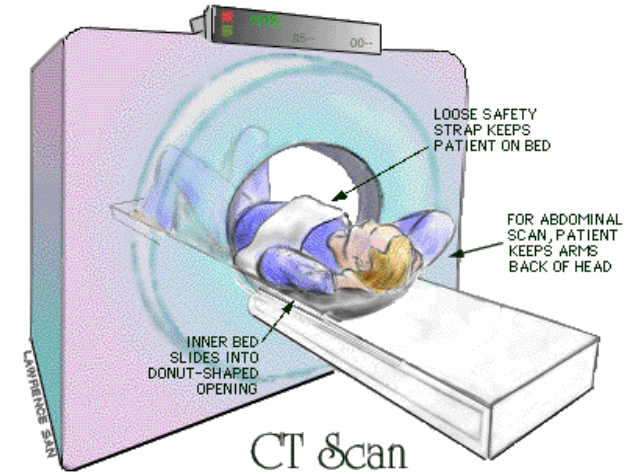


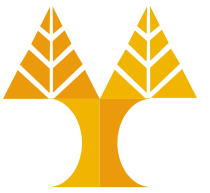
# Αξονική Τομογραφία



## • Τεχνολογία

- Gantry
  - Γεννήτρια ακτίνων X
  - σύστημα εστιασμού
    - → πάχος της τομής
  - Σειρά ανιχνευτών
    - Περίπου 1 X 25 mm
    - Ψηφιοποιούνται → σύστημα συλλογής δεδομένων
  - Πολλαπλοί μικροεπεξεργαστές
    - Περιστροφή, μετακίνηση, κλίση, αναβοσβήσιμο των ακτίνων X κ.α.
- Εξεταστικό τραπέζι
- Ηλεκτρονικοί υπολογιστές
  - Κεντρικός υπολογιστής → ενορχηστρώνει τη λειτουργία ολόκληρου του συστήματος
  - Σταθμός επεξεργασίας και αρχειοθέτησης
  - Τερματικός σταθμός και άλλα εξειδικευμένα συστήματα ελέγχου
- Κονσόλα χειρισμού
- Σύστημα φωτογράφισης (ηλεκτρονικό ή/και φιλμ)



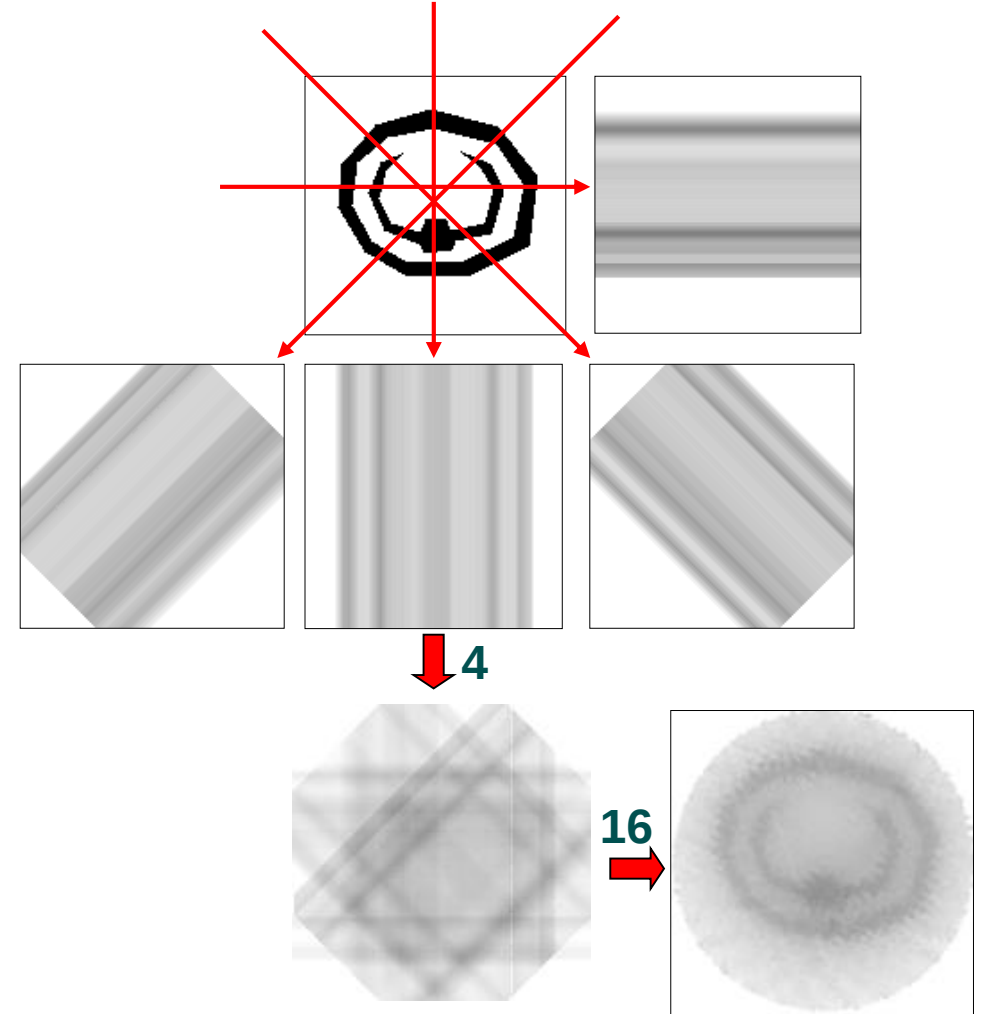


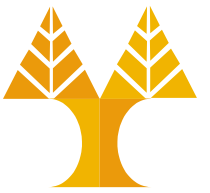
- **Μαθηματική διαδικασία**

- Ανακατασκευή (reconstruction)
- Υπολογίζονται οι συντελεστές απορρόφησης για κάθε σημείο
- Αναπαράγονται με ακρίβεια τομές του εσωτερικού του ανθρώπινου σώματος
- Αρκεί να έχουμε πολλές προβολές του αντικειμένου από διαφορετικές θέσεις

- **Χρόνος ανασύνθεσης της εικόνας**

- Μειώνεται συνεχώς όσο βελτιώνονται οι υπολογιστές
- 250.000.000 μαθηματικοί υπολογισμοί για μια εικόνα 512 x 512

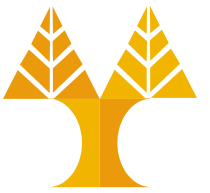




## • Κλίμακα Hounsfield (HU)

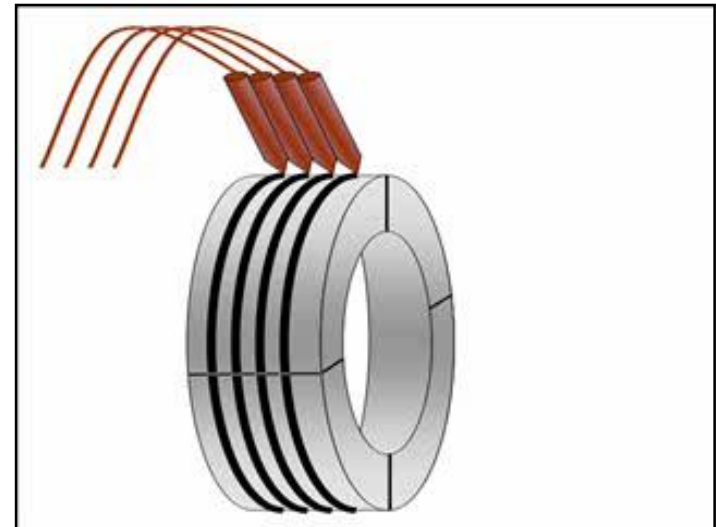
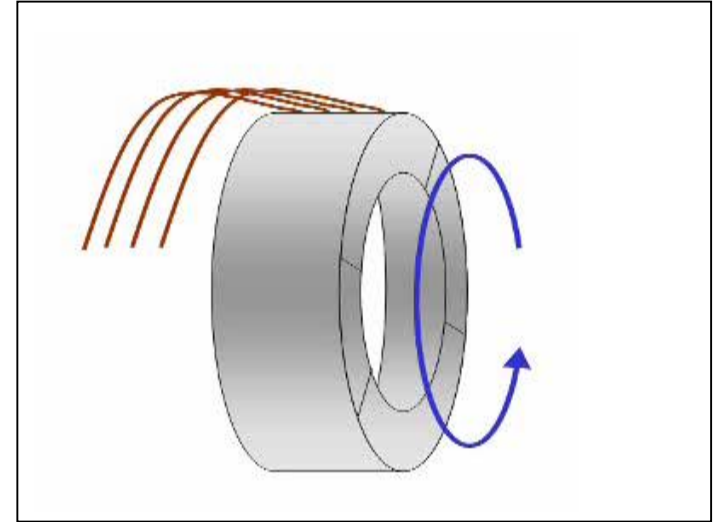
- Κλίμακα του γκρίζου
- Τιμή αναφοράς το νερό με τιμή μηδέν και ο αέρας με τιμή -1000
  - Όσο περισσότερο ένα υλικό απορροφά την ακτινοβολία τόσο περισσότερο άσπρο απεικονίζεται (π.χ. οστό)
  - Όσο λιγότερο απορροφά την ακτινοβολία, τόσο πιο μαύρο απεικονίζεται (π.χ. αέρας)
- Προσδιορίζει τους συντελεστές απορρόφησης διαφόρων υλικών
- Φυσιολογικές αποκλίσεις
  - π.χ. το φυσιολογικό ήπαρ μπορεί να πάρει τιμές από 45HU έως 75HU και ο νεφρός από 20HU έως 40HU
- Εξωγενείς παράγοντες, όπως χορήγηση σκιαγραφικής ουσίας

| Ιστός           | HU          |
|-----------------|-------------|
| Συμπαγή οστά    | >250        |
| Πορώδη οστά     | 130 +/- 100 |
| Αίμα Θρομβωμένο | 80 +/- 10   |
| Θυρεοειδής      | 70 +/- 10   |
| Ήπαρ            | 65 +/- 5    |
| Αίμα φλεβικό    | 55 +/- 5    |
| Μύες            | 45 +/- 5    |
| Σπλήνας         | 45 +/- 5    |
| Λέμφωμα         | 45 +/- 10   |
| Πάγκρεας        | 40 +/- 10   |
| Νεφροί          | 30 +/- 10   |
| Πλάσμα          | 27 +/- 2    |
| Λίπος           | -65 +/- 10  |

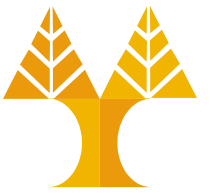


## • Τεχνολογικές καινοτομίες

- Λυχνίες
  - Καλύτερη ποιότητα ακτίνας με μικρότερη κατανάλωση ενέργειας
- Ανιχνευτές
  - Πιο ευαίσθητα υλικά με μικρότερο χρόνο απόκρισης ώστε να μειωθεί η έκθεση στην ακτινοβολία
- Υπολογιστές
  - Ταχύτητα και παράλληλη επεξεργασία
- Τεχνολογία των ολισθαινόντων δακτυλίων (slip-ring)
  - Ομόκεντροι κύκλοι οι οποίοι βρίσκονται ακίνητοι
  - Σειρά από ακίδες έρχονται σε άμεση επαφή και γλιστράνε πάνω στους δακτυλίους
  - Μεταφορά των εντολών
  - Μεταφορά των δεδομένων
  - Παροχή ρεύματος



# Αξονική Τομογραφία



- **Συμβατική Αξονική Τομογραφία(ΣΑΤ)**

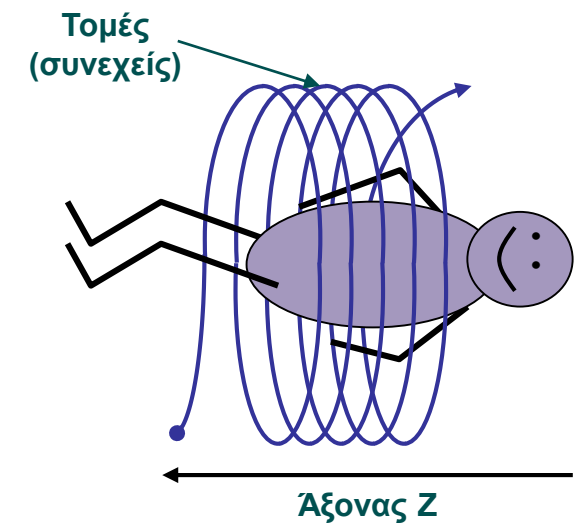
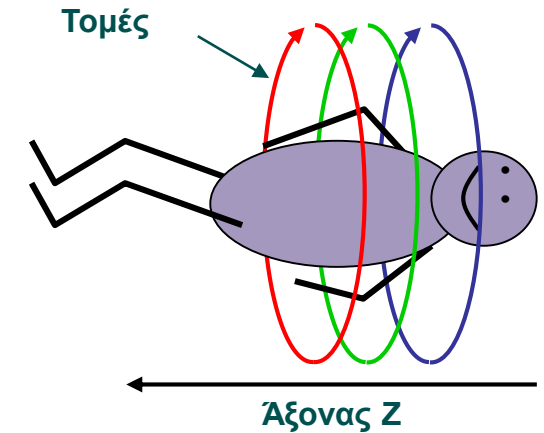
- Συλλογή των δεδομένων → ασυνεχής διαδικασία

- **Ελικοειδής Αξονική Τομογραφία (ΕΑΤ)**

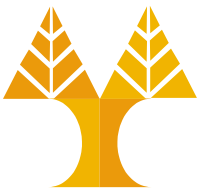
- Συλλογή των δεδομένων → συνεχής διαδικασία

- **Πλεονεκτήματα ΕΑΤ**

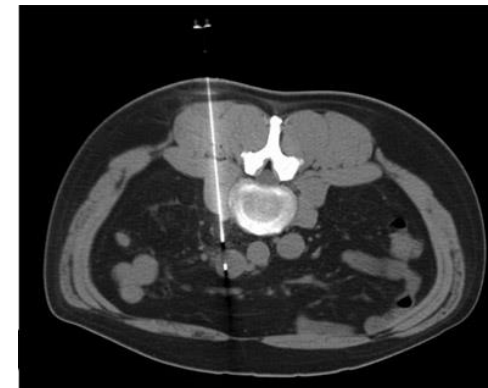
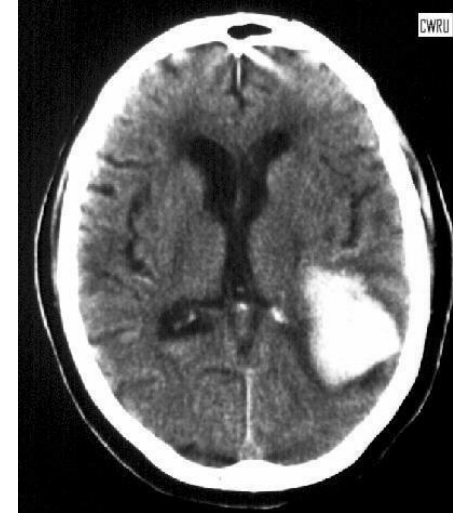
- Ταχύτητα με την οποία μπορεί να ολοκληρωθεί η εξέταση
- Τρισδιάστατος όγκος δεδομένων με συνέχεια στο χώρο
  - Ακόμη πιο μικρή διάρκεια εξέτασης. Εξέταση μη συνεργάσιμων ασθενών.
  - Μείωση της συνολικής δόσης της σκιαγραφικής ουσίας
  - Εξαφάνιση των παραμορφώσεων κίνησης.
  - Δυνατότητα εξέτασης περιοχών με συνεχή ακούσια κίνηση (καρδιά).
  - Υψηλή χωρική ανάλυση (spatial resolution). Μεγαλύτερη αξιοπιστία στην ανίχνευση μικρών βλαβών.
  - Υψηλή χρονική ανάλυση (temporal resolution). Πολυφασικές μελέτες οργάνων.
  - Μεγάλο μήκος κάλυψης.
  - Ακόμη καλύτερες 2D και 3D ανασυνθέσεις. Αγγειογραφίες.
  - Ακριβέστερες πυκνομετρήσεις και ογκομετρήσεις

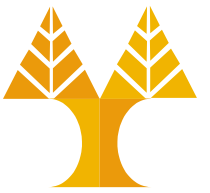


# Αξονική Τομογραφία



- **Χρήσεις**
- **Αρχικά**
  - Εξετάσεις εγκεφάλου και σπονδυλικής στήλης
- **Στη συνέχεια**
  - Εξετάσεις κοιλίας, πνευμόνων, οστών και μαλακών μορίων
  - Αγγειογραφίες
  - Βιοψίες με την καθοδήγηση του ΑΤ
  - Παροχετεύσεις συλλογών και κύστεων
  - Επείγουσες και οξείες καταστάσεις, π.χ. σε τραύματα, σε αιμορραγικά εγκεφαλικά επεισόδια
    - Δεν φαίνονται τα πρώιμα ισχαιμικά εγκεφαλικά επεισόδια → MRI
  - Σταδιοποίηση καρκινοπαθούς
    - Δύσκολο να εντοπιστούν μεταστάσεις → Πυρηνική Απεικόνιση
  - Εικονική ενδοσκοπική μελέτη κοίλων οργάνων εικονικά



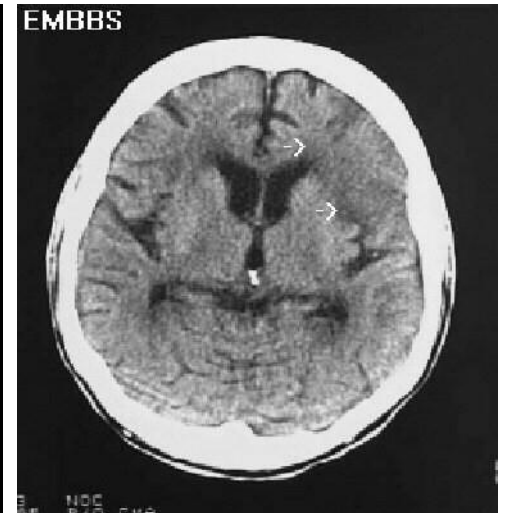
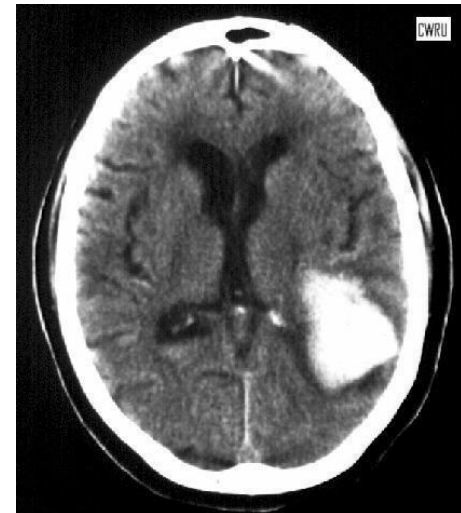
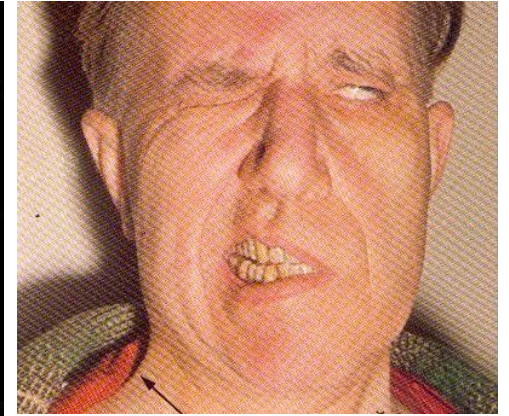
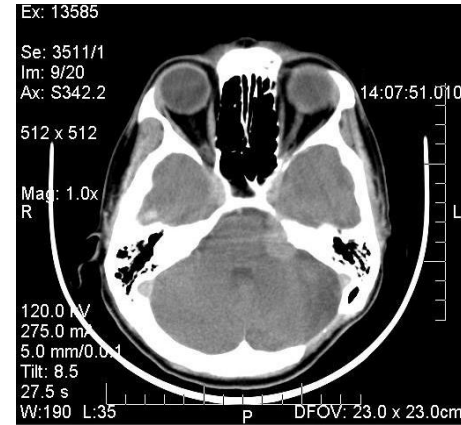


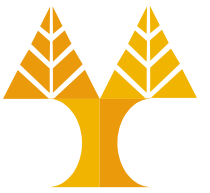
- **Κρανίο και Εγκέφαλος**

- Ανωμαλίες που καταλαμβάνουν κάποιο όγκο μέσα στο κρανίο
  - Τραύματα, όγκους και μεταστάσεις
  - Παρουσία, μέγεθος, θέση και έκταση ενός όγκου

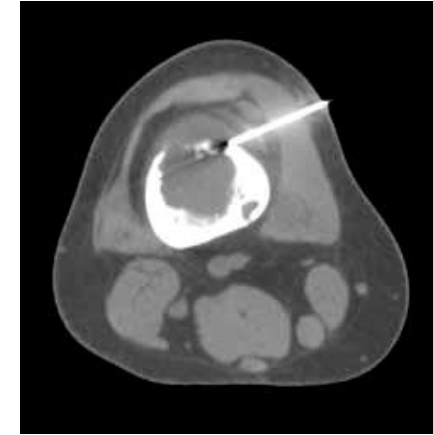
- **Εγκέφαλος**

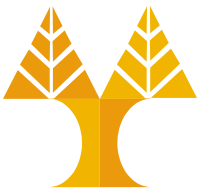
- Όγκοι
- Θρόμβοι, ανωμαλίες των αιμοφόρων αγγείων
- Διευρυμένες κοιλίες (συγκέντρωση εγκεφαλονωτιαίου υγρού)
- Άλλες ανωμαλίες των νεύρων ή των μυών του ματιού.





- **Παρεμβατική ακτινολογία**
  - Βιοψία καθοδηγημένη με ΑΤ
- **Βάση για τον καθορισμό της θεραπείας του καρκίνου με ακτινοθεραπεία**
  - Ακριβής καθορισμούς του τύπου του καρκίνου και της καταλληλότερης θεραπείας
  - Παρακολούθηση της πορείας της θεραπείας
    - Απόκριση του όγκου στη θεραπεία



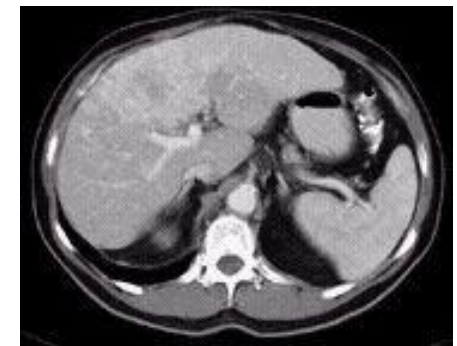
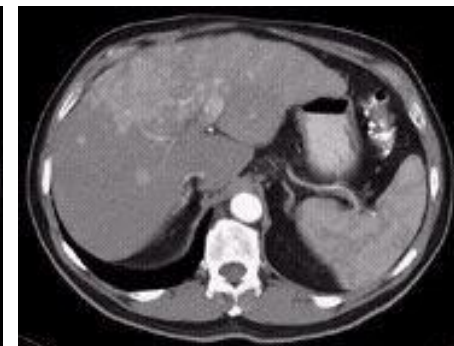
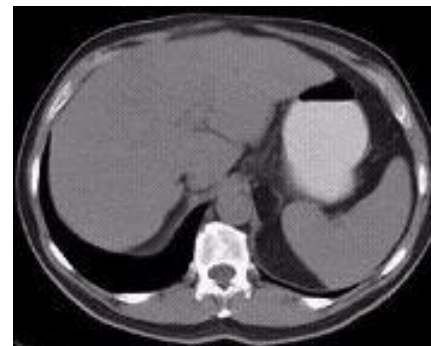
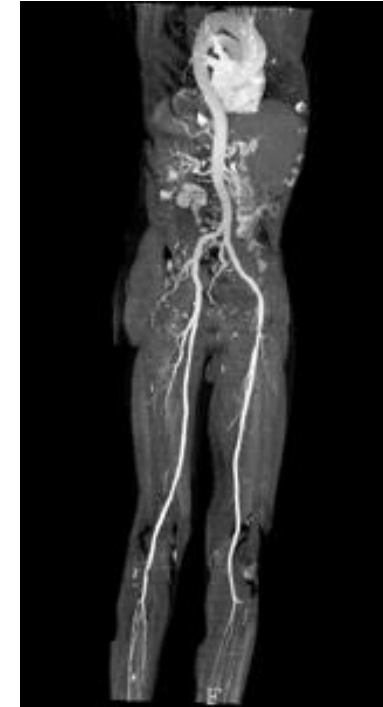


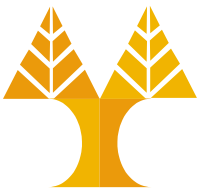
- **Αξονική Αγγειογραφία**

- Με χρήση σκιαγραφικού υλικού
- Μπορεί να διακρίνει
  - Κοιλιακά αορτικά ανευρύσματα
  - Νεφρικές αρτηρίες
  - Καρωτίδες
  - Αρτηρίες του εγκεφάλου

- **“Πολυφασικές” μελέτες**

- Φάσεις της ροής σκιαγραφικού σε πραγματικό χρόνο
- ↑ αντίθεση στις περιοχές όγκων
  - Αρτηριακή ή/και φλεβική φάση
- Σημεία για τη διάγνωση της ασθένειας





- **Εικονική Ενδοσκόπηση**

- Τρισδιάστατη απεικόνιση από τομές ΑΤ
- Εικόνα παρόμοια με ενδοσκόπιο
- Μειονεκτήματα
  - Δεν είναι πραγματικά “έγχρωμη”
    - Δεν μπορεί να διαγνώσει μικρές διαφοροποιήσεις που εκδηλώνονται με αλλαγή χρώματος του ιστού
  - Δεν μπορείς να επέμβεις
    - Θα δούμε την ενδοσκόπηση σε κατοπινή διάλεξη

