

Ευαιθησιομετρία *Sensitometry*

ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑ Ι-6

Ακτινοβολία Χ και φιλμ

- Οι ακτίνες- Χ προκαλούν στο ακτινολογικό φιλμ κατανομή διαφορετικών ΟΠ επειδή
- Η ομοιόμορφη δέση που πέφτει πάνω στο ΑΘ εξασθενεί σε διαφορετικό βαθμό από τον κάθε ιστό που συναντά
- Η ακτινοβολία που εξέρχεται από τον ασθενή με διαφοροποιημένη ανάλογα με τις αλληλεπιδράσεις την κατανομή ενεργειών φθάνει στο φιλμ όπου προκαλεί τη λανθάνουσα εικόνα
- Η ΧΕ κάνει ορατή και μόνιμη τη λανθάνουσα εικόνα
- Η φωτοπαθής επίστρωση του φιλμ αποτελείται από ζελατίνη με διάσπαρτους κρυστάλλους βρωμιούχου αργύρου.
- Οι κρύσταλλοι που έχουν απορροφήσει φωτόνια θα εμφανισθούν κατά τη ΧΕ (μεταλλικός άργυρος, μαύρο - ΟΠ)
- Οι μη εκτεθειμένοι κρύσταλλοι θα απομακρυνθούν από το φιλμ κατά τη ΧΕ αφήνοντας διάφανη περιοχή

ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΟΜΕΤΡΙΑ

- Κλάδος της Ακτινοτεχνολογίας.
- Είναι η μελέτη και αντικειμενοποίηση της *ευαισθησίας του* φιλμ στην επίδραση της ακτινοβολίας.
- Σε ακτινοβολημένο φιλμ.
- Σε μη ακτινοβολημένο φιλμ στα πλαίσια του ποιοτικού ελέγχου.
- Ποσοτικές μετρήσεις, οπτική παρατήρηση από έμπειρους επαγγελματίες.

- Ποικιλία διαβαθμίσεων τόνων του γκρι σε φως.
- Ποσοστό αμαύρωσης ή σκίασης.
- Διαφανοσκόπιο.
- Καθορισμένης έντασης φωτός.
- Παρατήρηση ή μέτρηση της έντασης που τελικά περνάει.
- Ένταση προσπίπτοντος φωτισμού και Ένταση διερχόμενου.

- Διέλευση = Ένταση διερχόμενου / Ένταση προσπίπτοντος
- Σκιερότητα = Ένταση προσπίπτοντος / Ένταση διερχόμενου
- Οπτική πυκνότητα = \log_{10} Σκιερότητα

Διέλευση = Ένταση διερχ / Ένταση προσπίπτοντος

- Ένταση προσπίπτοντος 100,
- Ένταση διερχ 10
- Διέλευση 10%
- Δεν εκφράζει αμαύρωση, οι τιμές του λόγου μικραίνουν όσο αυξάνει η αμαύρωση.

Σκιερότητα= Ένταση προσπίπτοντος / Ένταση διερχ

- Οι τιμές του λόγου αυξάνουν όσο αυξάνει η αμαύρωση (μεγαλ από το 1).
- Μεγάλες τιμές, όχι στατιστική επεξεργασία
- Αριθμητικές τιμές με δυο η τρία δεκαδικά ψηφία, άρα δύσκολο μαθηματικό χειρισμό.

Οπτ πυκν = \log_{10} Σκιερότητα

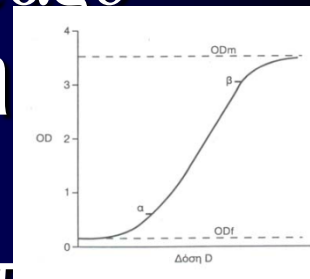
- Οι τιμές του λόγου αυξάνουν όσο αυξάνει η αμαύρωση (τιμές 0.10-4.0).
- Οπτ πυκν ανάλογη με την παρουσία μεταλλικού αργύρου στο φιλμ
- Περιορισμός του εύρους της κλίμακας
- Λογαριθμική έκφραση διευκολύνει μαθηματικούς χειρισμούς
- Το ανθρώπινο μάτι τις διαφορές αμαύρωσης κατά ένα λογαριθμικό τρόπο

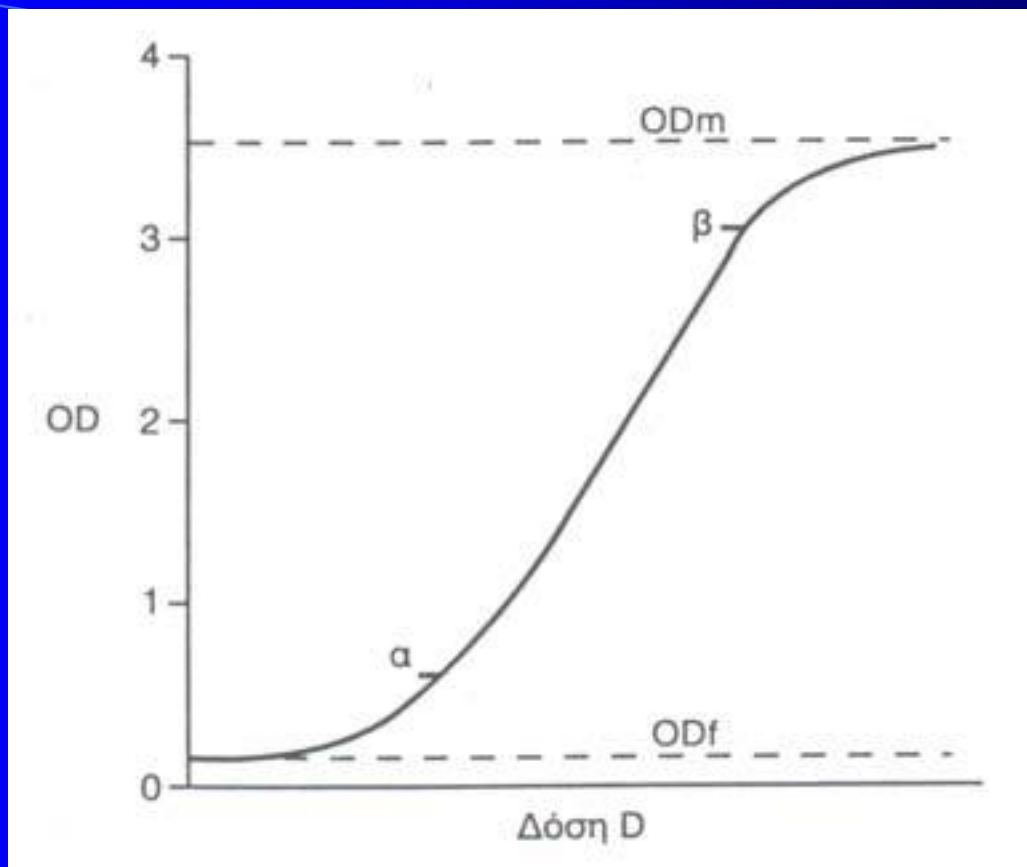
Δεκαδικός λογάριθμος

- Λογάριθμος ενός αριθμού είναι η δύναμη στην οποία πρέπει να υψωθεί ένας δεδομένος αριθμός, η βάση, ώστε να παραχθεί αυτός ο αριθμός.
- Για παράδειγμα ο λογάριθμος του 1000 με βάση το 10 είναι 3, επειδή το 1000 ισούται με 10 υψωμένο εις την 3: $1000 = 10^3 = 10 \times 10 \times 10$. Πιο γενικά, αν $x = by$ τότε το y είναι ο λογάριθμος του x με βάση το b , και γράφεται $\log_b(x)$, έτσι $\log_{10}(1000) = 3$.

- **Το οπτικό πυκνόμετρο** γνωστό και από την ευαισθησιομετρία είναι ηλεκτρονική συσκευή που μέσω αισθητήρα φωτός (φωτοδιόδου) μετατρέπει το φως σε ηλεκτρικό σήμα (τιμές 0.25-2,5).

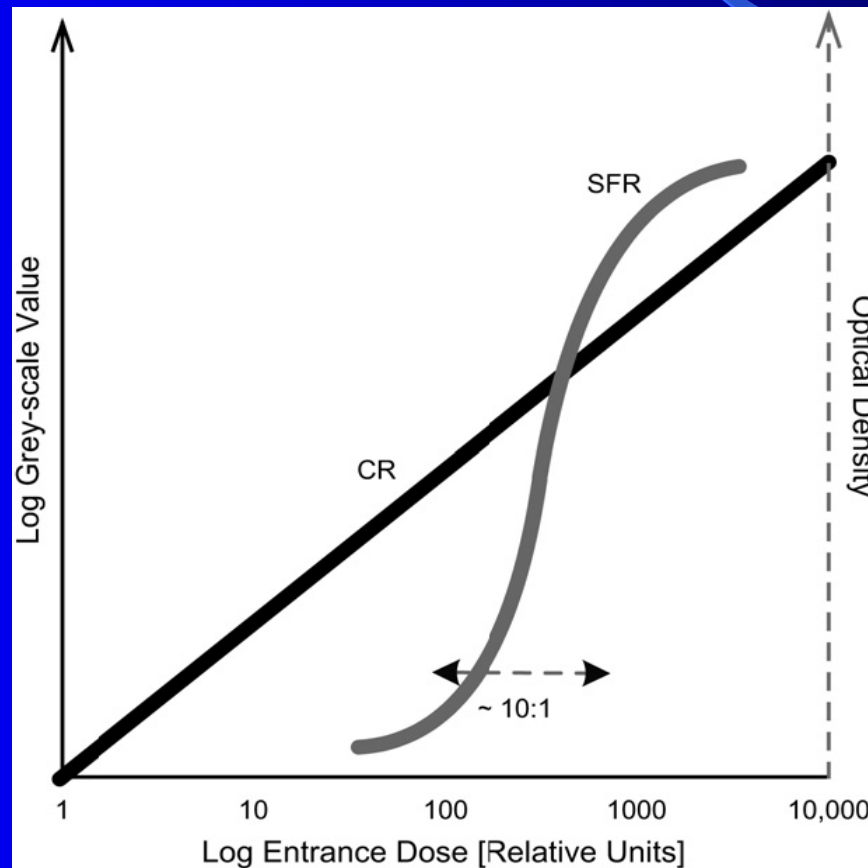
- Χαρακτηριστική καμπύλη ονομάζεται η γραφική παράσταση που παρουσιάζει τη σχέση μεταξύ της οπτικής πυκνότητας και την έκθεση τη ακτινοβολίας που την προκάλεσε.
- Στον κάθετο άξονα είναι οι τιμές της οπτικής πυκνότητας και στον οριζόντιο οι σχετικές τιμές της έκθεσης.
- Χαρακτηριστική γιατί έχει συγκεκριμένη μορφή και τιμές για τις ιδιαίτερες, κάθε φορά, συνθήκες υλικών, έκθεσης, και χημικής επεξεργασίας, με τις οποίες δημιουργήθηκε.



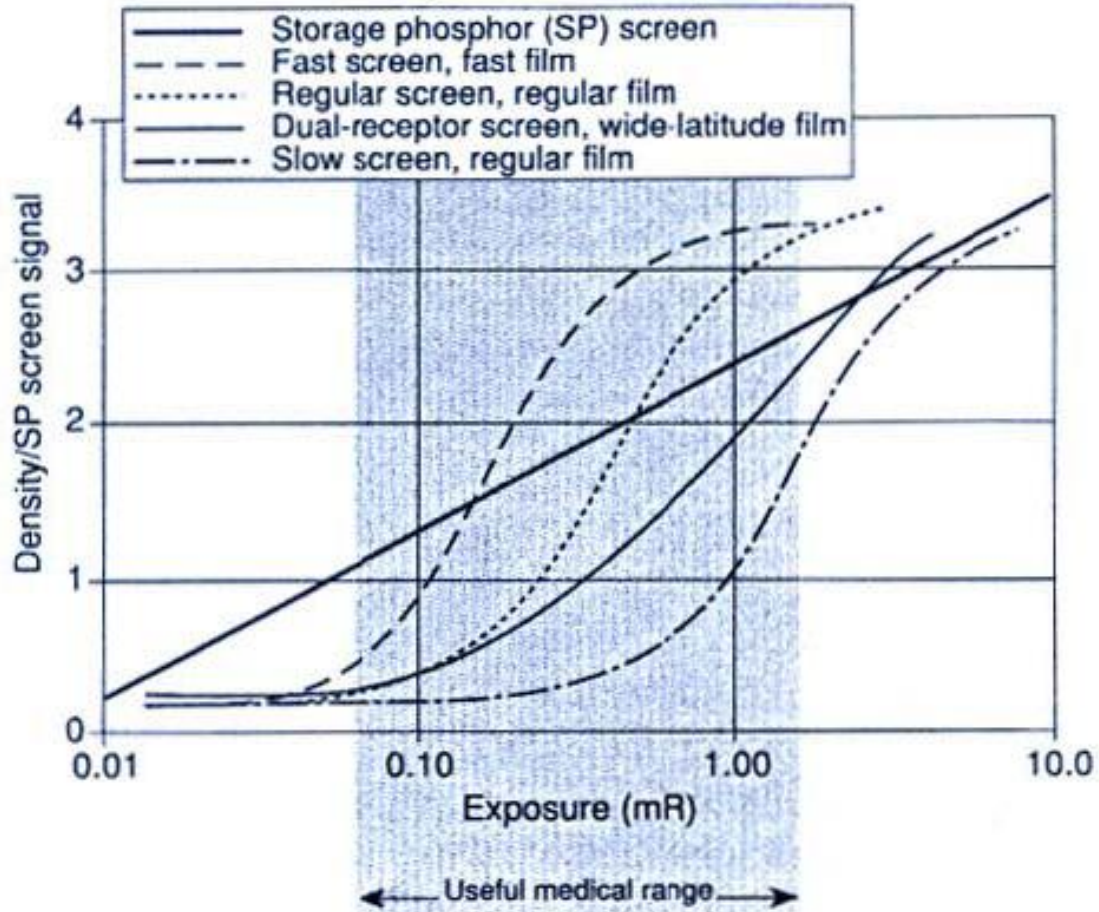


Πρόκειται για μια γραφική παράσταση, που παρουσιάζει τη σχέση μεταξύ της αμαύρωσης του φιλμ και του λογαρίθμου της έκθεσης, και μας δίνει σημαντικές πληροφορίες για την πλέον χρήσιμη περιοχή οπτικών πυκνοτήτων, που αντιστοιχεί σ' ένα γραμμικό κομμάτι αυτής. Το εύρος και η κλίση (μέση αντίθεση γ) του γραμμικού τμήματος καθορίζουν, επίσης, τα όρια εκθέσεων μεταξύ των οποίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί το φιλμ, όπως και την ευαισθησία αυτού σε μικρές αλλαγές της εντάσεως της δέσμης.

Χαρακτηριστική καμπύλη

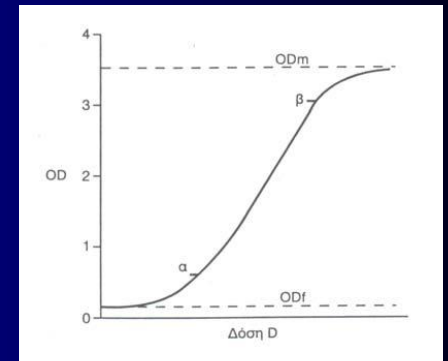


X-ray sensitometry



Συμπεράσματα

- Hurter Driffield
- Πρώτη τιμή στο πόδι, τιμή πυκνότητας βάσης συν τιμή ομίχλωσης(0.25).
- Χημικά στοιχεία της βάσης μειώνουν την διέλευση. Πρέπει να παράγουν καθαρότερες και διαφανείς βάσεις.
- Μείωση φωτός από φαινόμενα οπτικής ανάκλασης, διάθλασης και περίθλασης
- Το χρώμα ελαττώνει την διέλευση

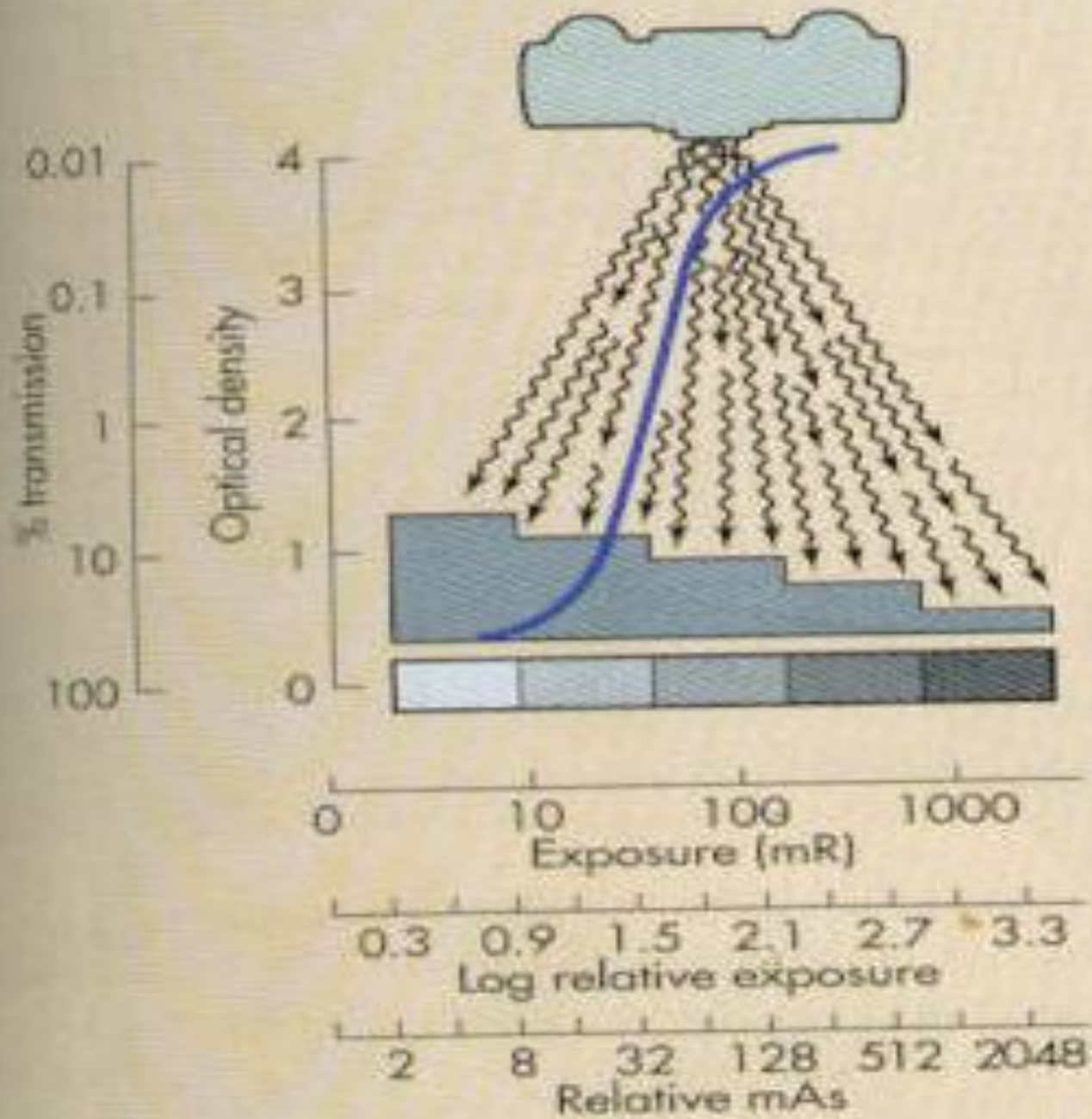


- Ευαισθησιομετρία

Μέτρηση της ευαισθησίας στο φως και της ανταπόκρισης του φιλμ στις μεταβολές τεχνικής και χημικής επεξεργασίας

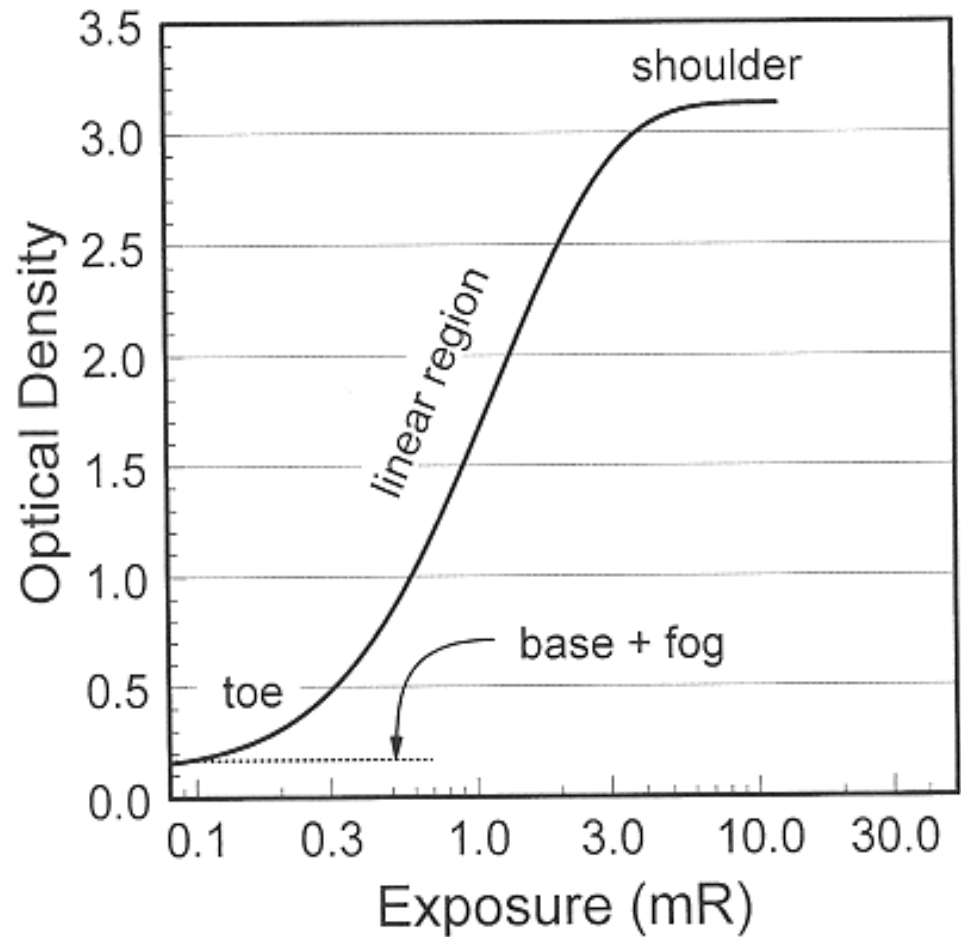
- Πυκνομετρία

Μέτρηση της πυκνότητας του φιλμ με βάση το ποσοστό του διερχομένου φωτός



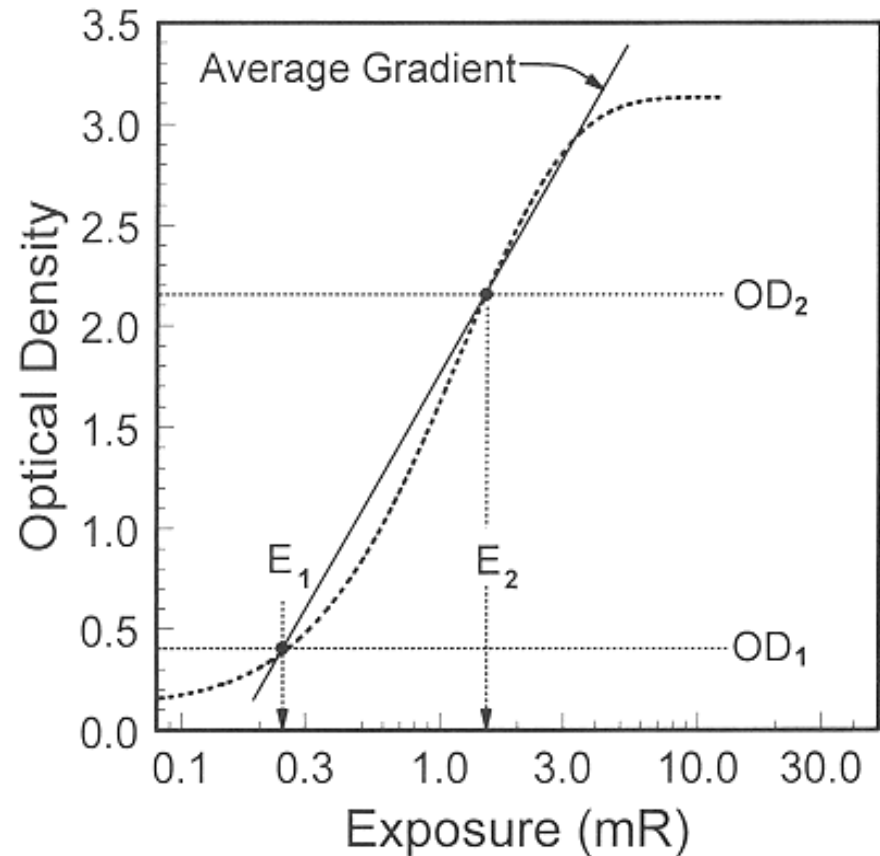
Χαρακτηριστική καμπύλη Hurter και Driffield

- Η απόκριση του φιλμ στην ακτινοβολία δεν είναι γραμμική
- Η καμπύλη που περιγράφει την ΟΠ σε σχέση με το λογάριθμο (βάση 10) της έκθεσης ονομάζεται χαρακτηριστική καμπύλη
- Έχει σιγμοειδές σχήμα



Contrast

- Η σκιαγραφική αντίθεση σχετίζεται με την κλίση της καμπύλης H&D:
 - Μεγαλύτερη κλίση
υψηλότερο contrast
 - Μικρή κλίση
χαμηλότερο contrast
- Αριθμός που περιγράφει το συνολικό contrast ενός τύπου φιλμ είναι η μέση κλίση (average gradient)

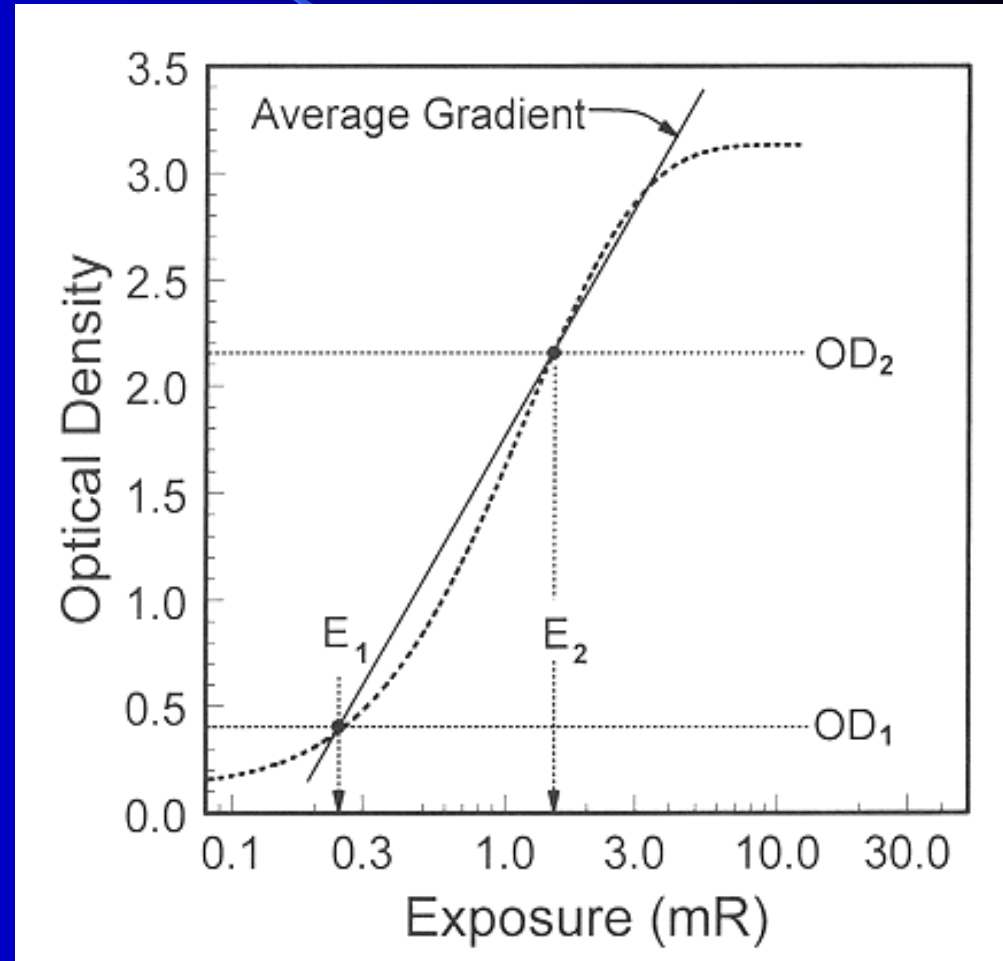


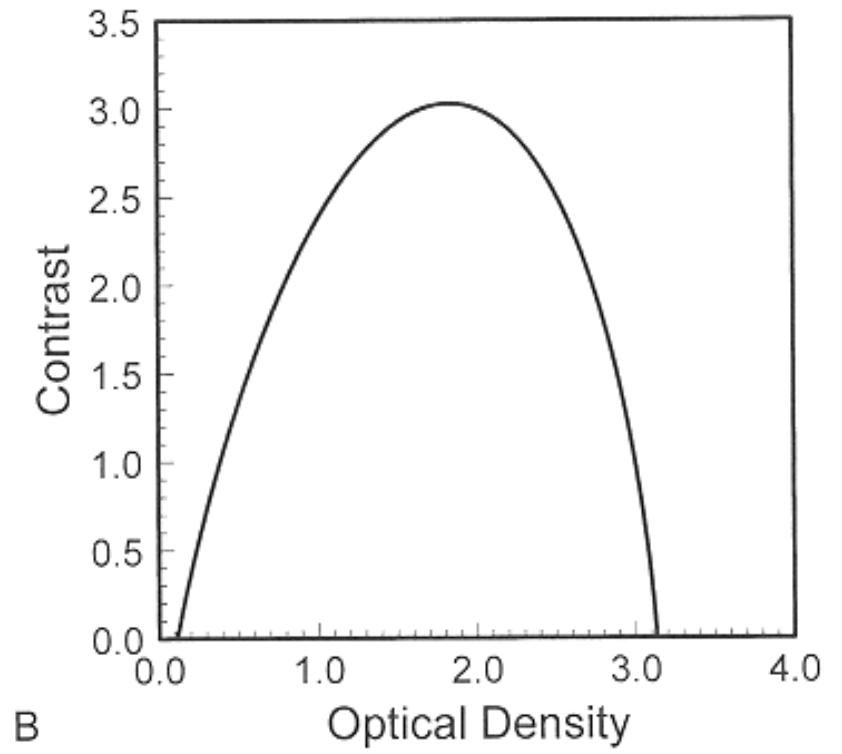
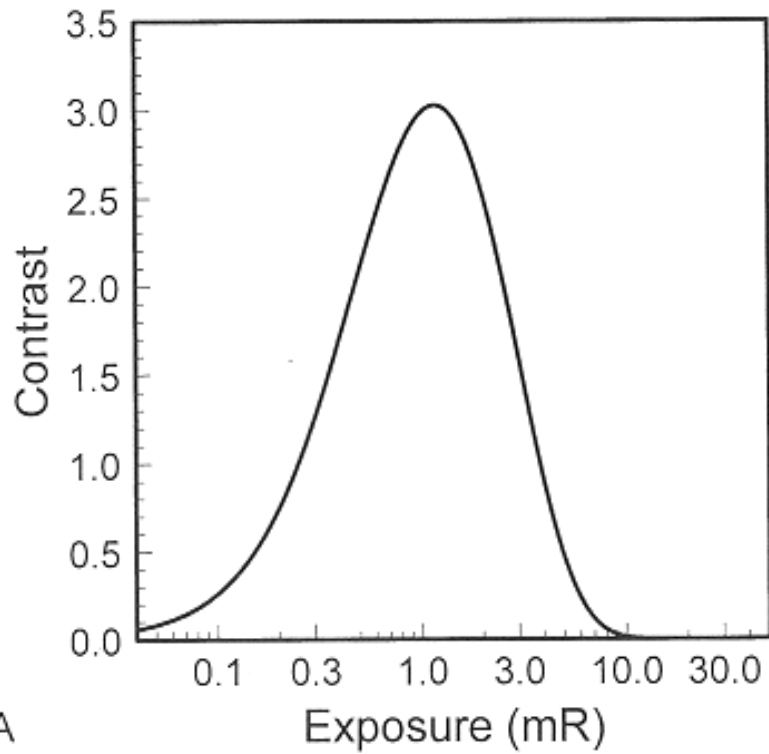
Μέση κλίση

$$\text{Average gradient} = \frac{OD_2 - OD_1}{\log_{10} E_2 - \log_{10} E_1}$$

- $OD_1 = 0.25 + \text{βάση} + \text{ομίχλωση}$
- $OD_2 = 2.0 + \text{βάση} + \text{ομίχλωση}$

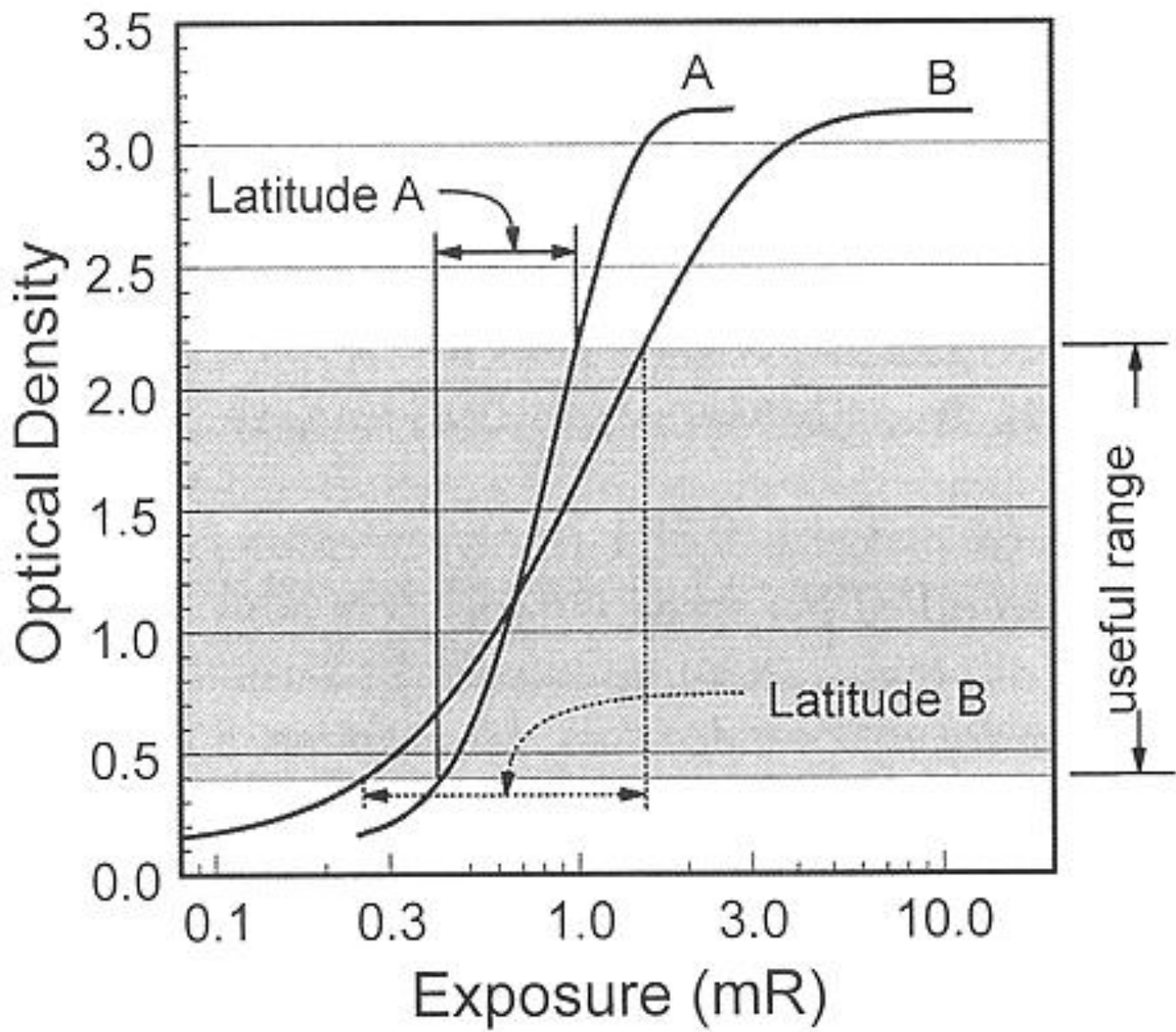
- Μέση κλίση των ακτινολογικών φιλμ είναι από 2.5 το 3.5





Εύρος έκθεσης

- Contrast είναι απαραίτητο για να υπάρχει εικόνα (διαφορά πυκνοτήτων)
- Εύρος έκθεσης είναι το φάσμα εκθέσεων στην ακτινοβολία από το οποίο προκύπτουν χρήσιμες ΟΤ (0.3 -2,5, φυσιολογία όρασης)
- Τα συστήματα υψηλού contrast έχουν μικρό εύρος έκθεσης
 - Είναι πιο δύσκολο να επιτύχουμε σταθερά καλές εκθέσεις όταν χρησιμοποιούμε συστήματα μικρού εύρους έκθεσης (υψηλού contrast)
 - Το μεγάλο εύρος έκθεσης επιτρέπει μέχρι και 15% σφάλμα από τον ΤΑ



Σκιαγραφική αντίθεση

Διαφορά ΟΤΠ μεταξύ δύο κοντινών περιοχών

- υψηλό contrast, δηλ. η εικόνα είναι μαυρόασπρη (λίγες βαθμίδες στη σφηνοειδή κλίμακα)
- χαμηλό contrast, δηλ. η εικόνα είναι γκρίζα (πολλές βαθμίδες στη σφηνοειδή κλίμακα, επίπεδο φιλμ)

Επηρεάζεται από:

- Δέσμη
- ΑΘ
- Συνδυασμό ΕΤΠ-φιλμ
- Ομίχλωση

Σκιαγραφική αντίθεση - Δέσμη

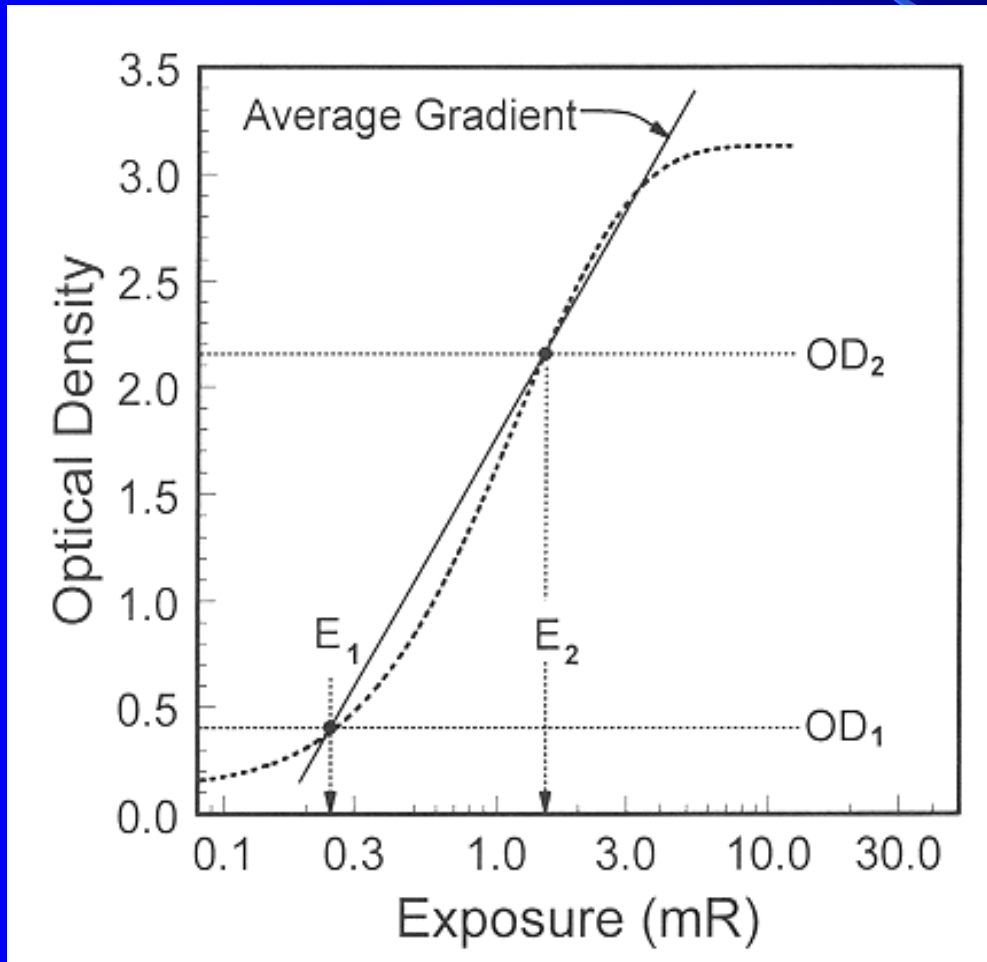
- kV
- φίλτρα
- πεδίο ακτινοβολησης

Σκιαγραφική αντίθεση - ΑΘ

- Ζ,
- ρ,
- πάχος,
- επιφάνεια



Σκιαγραφική αντίθεση - ΕΠΠ/φιλμ



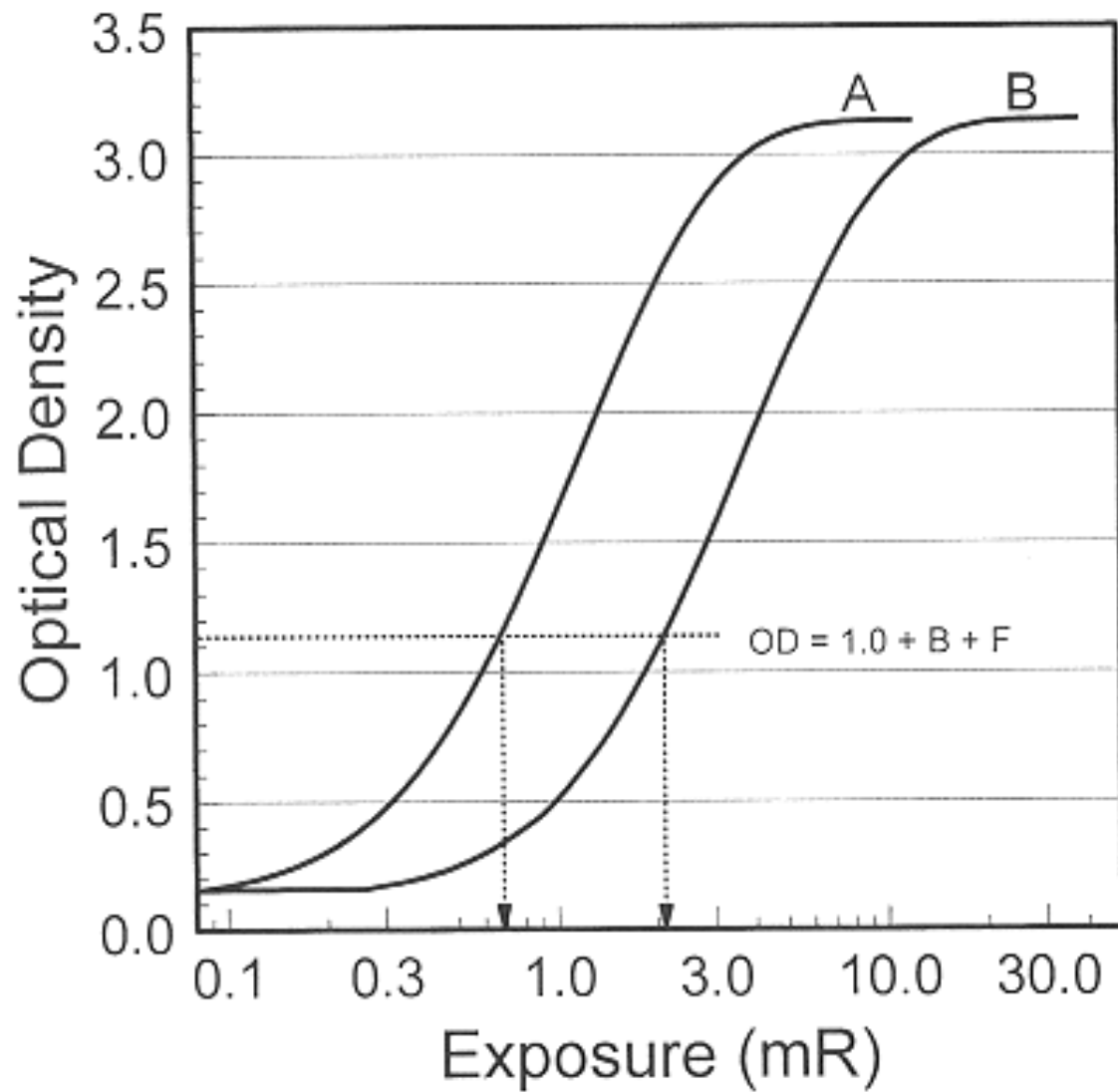
Σκιαγραφική αντίθεση - Ομίχλωση

- Ομίχλωση
 - από σκέδαση, χρήση ΑΔ
- Ομίχλωση
 - Φιλμ,
 - ΧΕ
 - Λανθασμένοι χειρισμοί

Ταχύτητα - Ευαισθησία

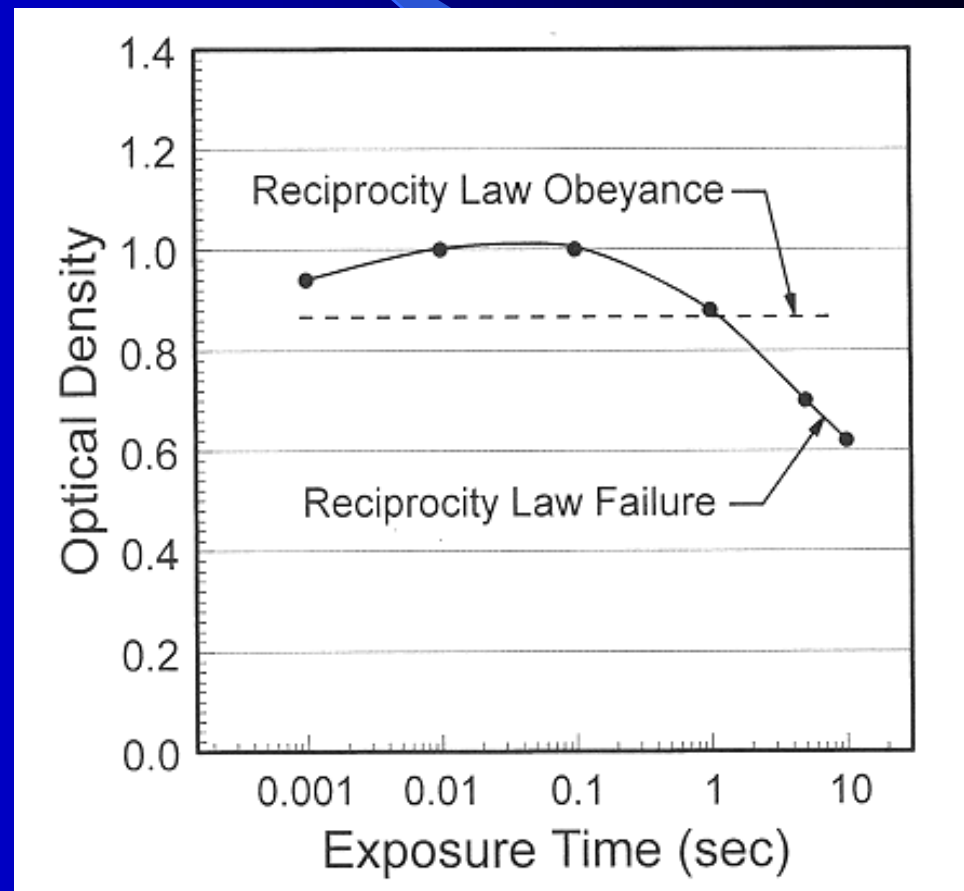


- Η ταχύτητα / ευαισθησία ενός συστήματος ΕΠ / φιλμ μπορεί να εκτιμηθεί από την χαρακτηριστική καμπύλη (H&D curve)
- Αύξηση της ταχύτητας του συστήματος σημαίνει ότι χρειάζεται μικρότερη δόση ακτινοβολίας για να πετύχουμε την ίδια οπτική πυκνότητα
- Απόλυτη ταχύτητα είναι το αντίστροφο της έκθεσης σε roentgens που χρειάζεται για να πετύχουμε $OPT = 1.0 + base + fog$
- Στο εμπόριο ο καθορισμός είναι σχετικός Τα συστήματα χαμηλής ταχύτητας (par speed) έχουν αυθαίρετη τιμή 100



Νόμος αμοιβαιότητας Reciprocity law

- Η σχέση δόσης ακτινοβολίας και ΟΠ πρέπει να παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από το ρυθμό έκθεσης
- Για πολύ μεγάλους ή πολύ μικρούς χρόνους έκθεσης παρατηρείται εξάρτηση της ΟΠ από το ρυθμό έκθεσης και αυτό αποκαλείται reciprocity law failure



Reciprocity law

- Για σταθερά mAs η ΟΠ παραμένει ίδια ανεξάρτητα από το χρόνο έκθεσης
 - $100 \text{ mA} \times 1.0 \text{ sec} = 100 \text{ mAs}$
 - $200 \text{ mA} \times 0.5 \text{ sec} = 100 \text{ mAs}$
 - $400 \text{ mA} \times .25 \text{ sec} = 100 \text{ mAs}$
 - $500 \text{ mA} \times 0.2 \text{ sec} = 100 \text{ mAs}$
 - Συμβαίνει στην άμεση έκθεση
- ίδια ΟΠ

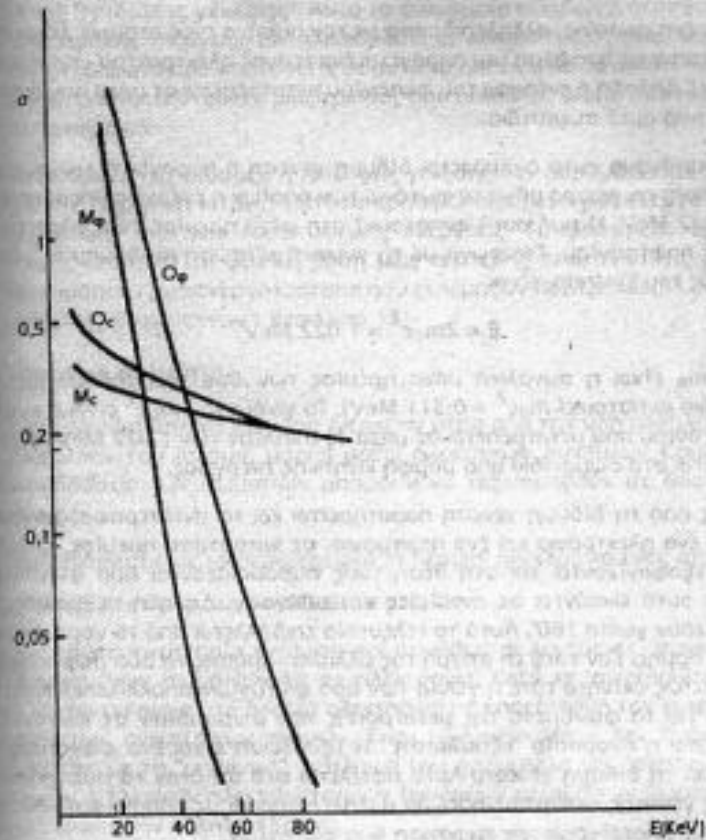
Reciprocity law failure

FILM/SCREEN

- Χρόνοι έκθεσης < 10 MILLISECONDS
- Χρόνοι έκθεσης > 5 SECONDS
- Επεμβατική ακτινολογία
- Μαστογραφία

Contrast & δόση

- Το σύστημα ΕΠ / φιλμ είναι καθοριστικό της συνολικής απόδοσης σε contrast της διαδικασίας καταγραφής
- Σε αυτό συμμετέχουν ο χρόνος έκθεσης (σφάλματα από κίνηση) και η δόση ακτινοβολίας στον ασθενή.
- Επιλογή χαμηλών kVp βελτιώνει το contrast ιδιαίτερα στην απεικόνιση των οστών
- Κατάλληλη επιλογή kVp για κάθε τύπο εξέτασης είναι πολύ σημαντική και οι τιμές αυτές έχουν βελτιστοποιηθεί μέσα από την εμπειρία ενός αιώνα.
- Ανάλογα με το μέγεθος του ασθενούς χρειάζονται όμως αναπροσαρμογές



Σχήμα 35. Πιθανότητα εμφάνισης του φωτοηλεκτρικού φαινομένου και του φαινομένου Compton σε συνάρτηση με την ενέργεια (keV)

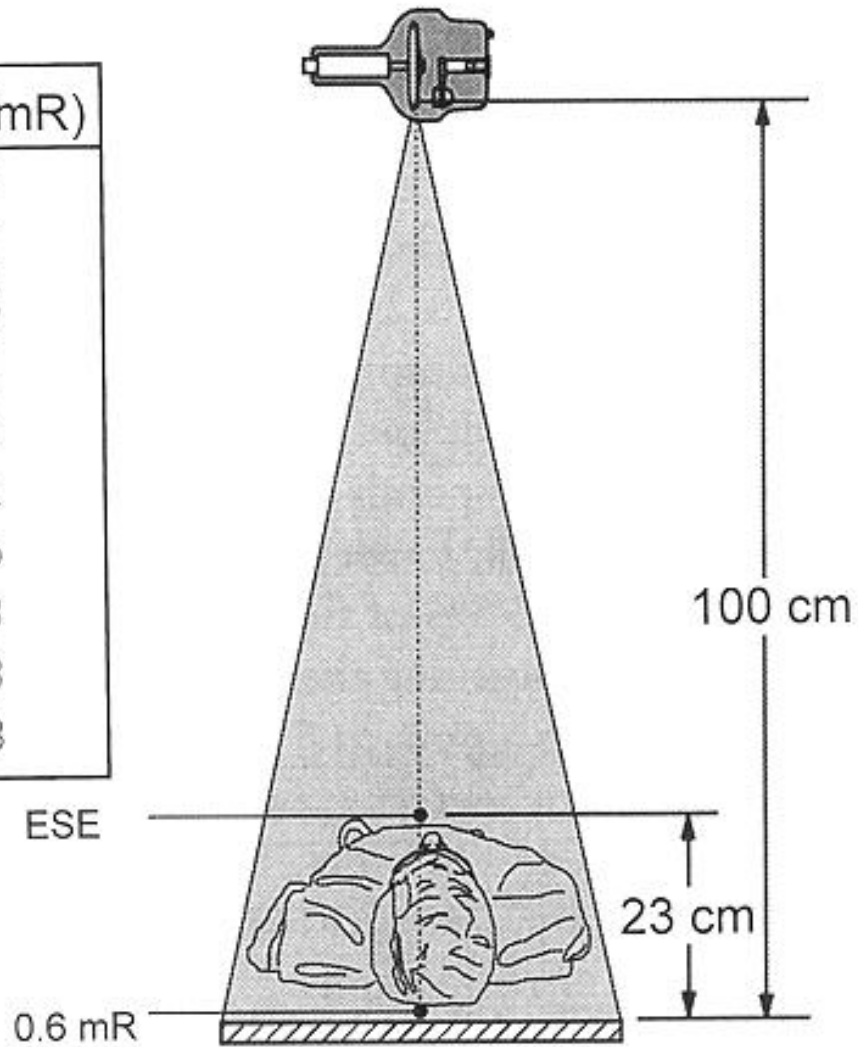
σ : σχετική ενεργός διατομή (πιθανότητα), M_ϕ : φωτοηλεκτρικό φαινόμενο σε μαλακό ιστό, M_c : φαινόμενα Compton σε μαλακό ιστό, O_ϕ : φωτοηλεκτρικό φαινόμενο σε οστό, O_c : φαινόμενο Compton σε οστό, E : ενέργεια

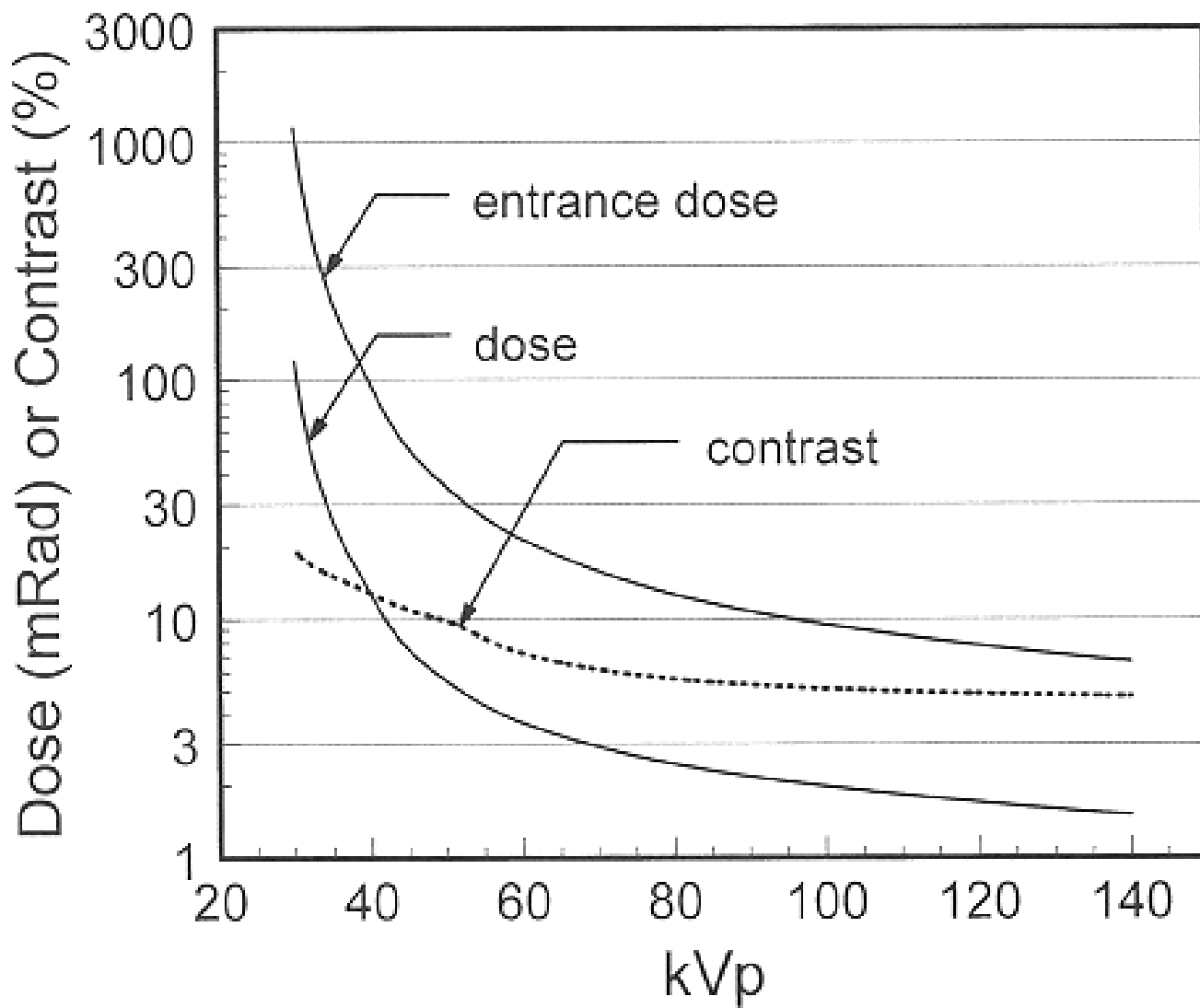
NOISE - Θόρυβος



- **FILM GRAININESS** - κόκκος του φιλμ - κατασκευαστικό χαρακτηριστικό - μέγεθος των κρυστάλλων αλογονούχου αργύρου
- **STRUCTURE MOTTLE** - κόκκος της ΕΠ - κατασκευαστικό χαρακτηριστικό - μέγεθος των φθοριζόντων κρυστάλλων
- **QUANTUM MOTTLE** - Μικρός αριθμός X-RAY φωτονίων αλληλεπιδρούν με την ΕΠ. Παράγεται ανεπαρκής ποσότητα φωτός από τους κρυστάλλους.

kVp	ESE (mR)
50	1656
60	841
70	546
80	391
90	304
100	251
110	215
120	188
130	168
140	153





Έλεγχος ποιότητας Quality Control



Η σωστή ακτινογραφία χαρακτηρίζεται από:

- Ακριβή αναπαραγωγή της ανατομικής εικόνας
- Η σωστή ακτινογραφία έχει:
 - Σωστές τεχνικές παραμέτρους
 - Δεν υπάρχει κίνηση
 - Δεν υπάρχουν ψευδενδείξεις (ARTIFACTS)
 - Σωστή χημική επεξεργασία

Ο ΤΑ ελέγχει:

- kVp
- φίλτρα
- mAs
- Μέγεθος εστίας / σπείραμα
- ΕΑ
- Ταχύτητα ΕΠ / φιλμ
- Κύκλο ΧΕ

Υψηλά kVp vs Υψηλά mAs

- + ελάττωση της δόσης στον ασθενή
- + μεγαλύτερο εύρος έκθεσης (επιδέχεται > σφάλμα έκθεσης)
- αύξηση σκέδασης
- αύξηση ομίχλωσης

- + αύξηση ΟΤΤ
- + χαμηλότερος θόρυβος
- αύξηση δόσης στον ασθενή
- Μικρότερο εύρος έκθεσης (μικρότερο περιθώριο λάθους έκθεσης)

Ποιότητα εικόνας - ψηφιακά συστήματα

Στην ψηφιακή απεικόνιση:

οι ίδιοι κανόνες, θεωρίες και νόμοι εξακολουθούν να ισχύουν

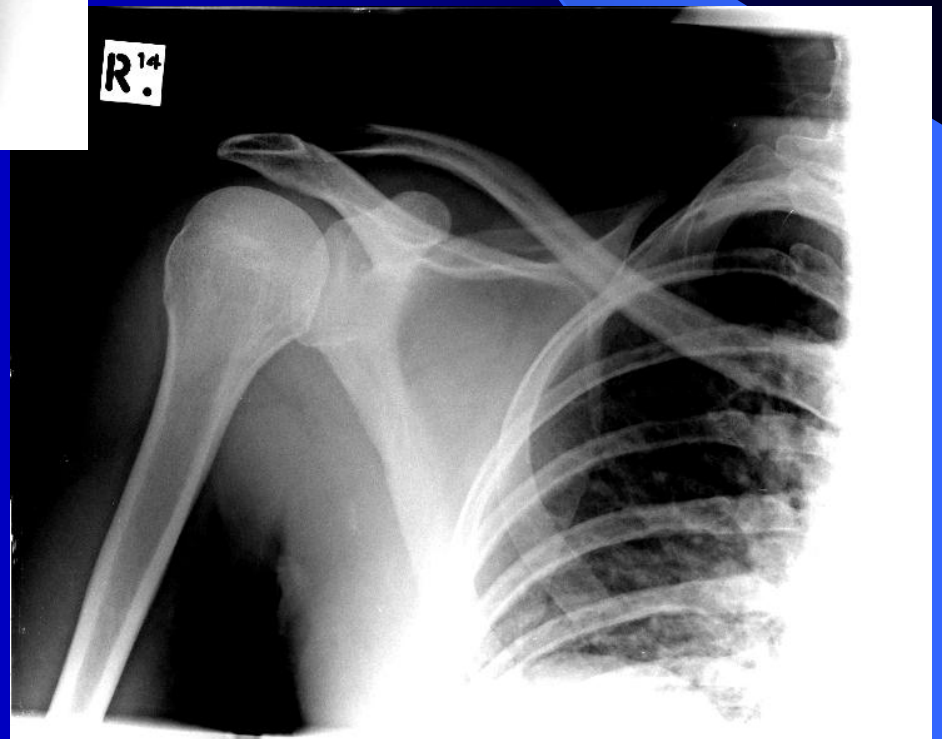
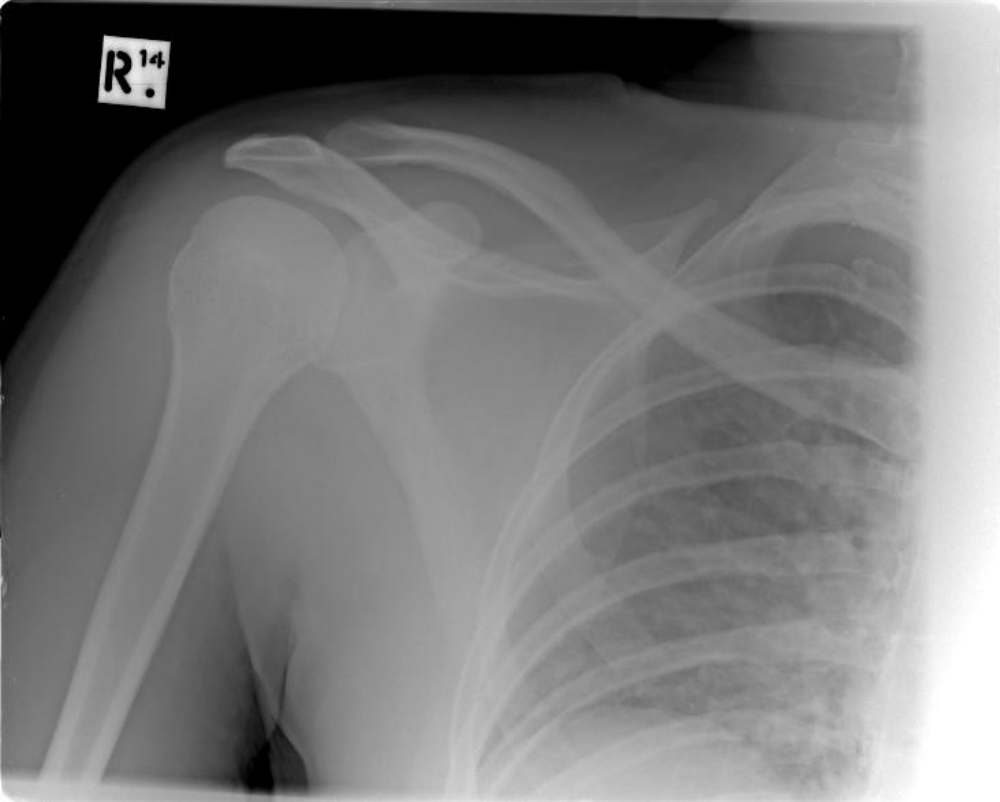
- ο ΕΑ - προβολική απόσταση
- ο Νόμος του αντιστρόφου του τετραγώνου της απόστασης
- ο Επικέντρωση λυχνία - ΑΘ - Ανιχνευτής
- ο Πεδίο ακτινοβολήσης
- ο ΑΔ
- ο Παράγοντες έκθεσης
- ο Τοποθέτηση ασθενούς

RESOLUTION - Διακριτική ικανότητα

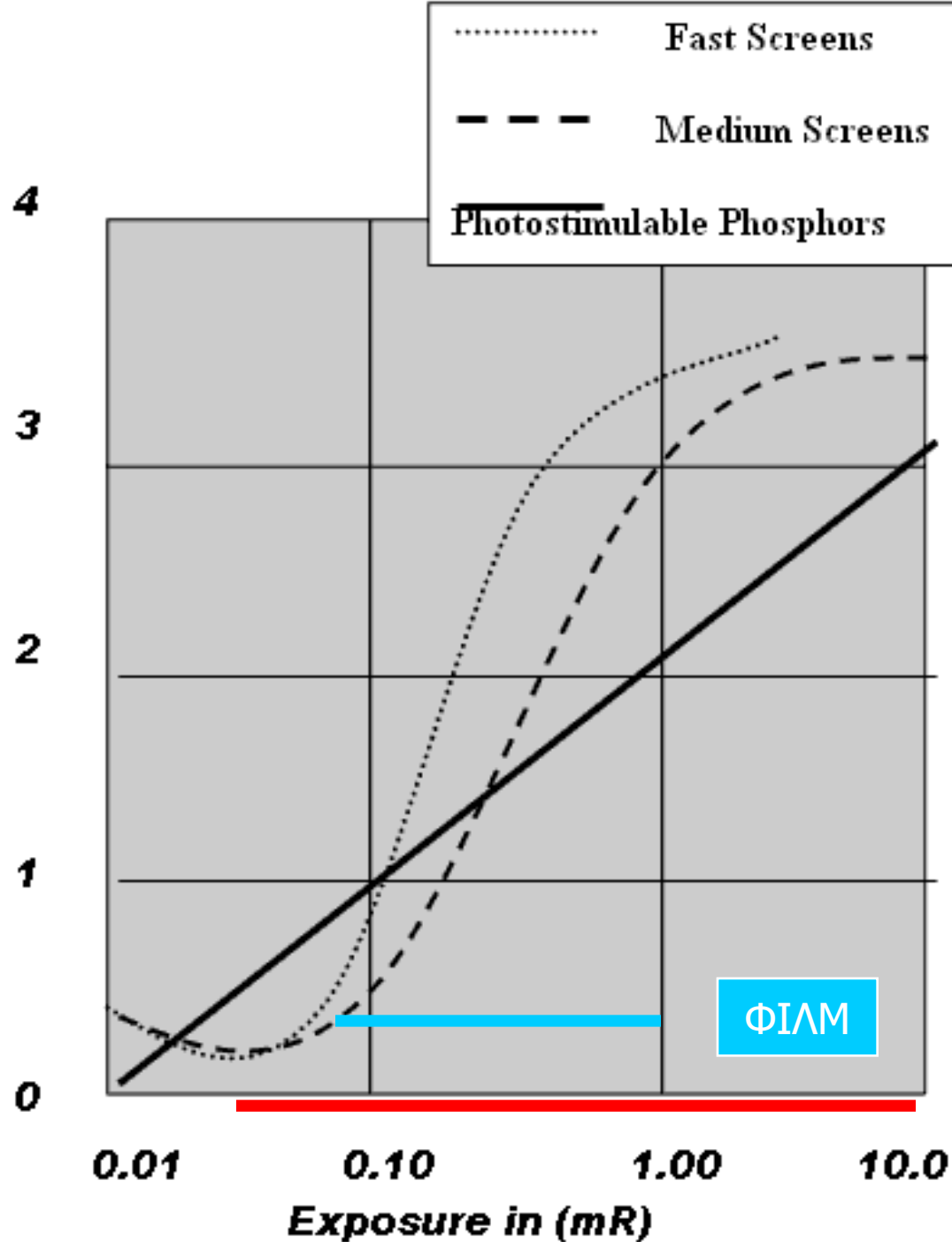
- Δυνατότητα να ξεχωρίσουμε οπτικά δύο αντικείμενα
- *Spatial resolution* - Χωρική διακριτική ικανότητα - οριακή ευκρίνεια (υψηλής αντίθεσης)
- *Contrast resolution* - Διακριτική ικανότητα χαμηλής σκιαγραφικής αντίθεσης

Αντίθεση - Ψηφιακά συστήματα

- Δέσμη
 - Η διέγερση του ανιχνευτή απαιτεί χρήση υψηλότερων kVp
- ΑΘ
- ΑΔ
- Δυνατότητα διόρθωσης
 - Μεταβλητή κλίση



Storage Phosphor Screen Signal Density



..... Fast Screens
- - - Medium Screens
_____ Photostimulable Phosphors

$\Phi I \Delta t$

CR

Ταχύτητα - Ψηφιακά συστήματα

- Μοναδικά χαρακτηριστικά ΕΠ-φιλμ
 - "αυτόματος περιορισμός" δόσης
 - Κατανοητή έννοια της ταχύτητας
- Νέα θέματα με την ψηφιακή απεικόνιση
 - Έλλειψη "αυτόματου περιορισμού"
 - Μη ενιαίος ορισμός ταχύτητας
 - Καθορισμός ταχύτητας από τον κατασκευαστή

- Τα ψηφιακά συστήματα είναι πιο ευαίσθητα στα τεχνικά σφάλματα

