



ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

- Να γνωρίζετε τι είναι και πότε εμφανίζεται το φαινόμενο της περίθλασης.
- Να γνωρίζεται την βασική εξίσωση της περίθλασης από σχισμή και από κυκλικό άνοιγμα.
- Να γνωρίζετε το κριτήριο του Rayleigh για τη διακριτική ικανότητα δύο σημείων με τη βοήθεια ενός οργάνου.



ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ (ΦΩΤΕΙΝΩΝ) ΑΚΤΙΝΩΝ ΔΕΝ ΕΞΗΓΕΙ ΟΛΑ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΦΩΣ

- Το μοντέλο των φωτεινών ακτίνων δεν μπορεί να εξηγήσει όλα τα φαινόμενα που σχετίζονται με το φως.
- Έτσι, όταν το φως αλληλεπιδρά με αντικείμενα με διαστάσεις συγκρίσιμες με το μήκος κύματός του τότε το μοντέλο των ακτίνων είναι ανεπαρκές.



ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΩΝ (ΦΩΤΕΙΝΩΝ) ΑΚΤΙΝΩΝ ΔΕΝ ΕΞΗΓΕΙ ΟΛΑ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΦΩΣ

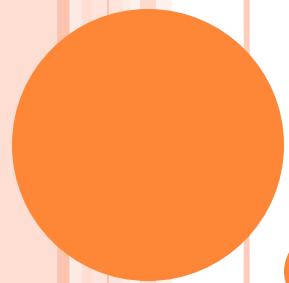
- Υπάρχει λοιπόν μια σειρά φαινομένων για τα οποία είμαστε αναγκασμένοι να προσφύγουμε στην κυματική φύση του φωτός για να τα εξηγήσουμε.



ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΕΞΗΓΟΥΝΤΑΙ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ ΓΙΑ ΤΟ ΦΩΣ

- Τέτοια φαινόμενα που για να εξηγηθούν απαιτείται η επίκληση της κυματικής φύσης του φωτός είναι η συμβολή και η περίθλαση.





ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ



ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ

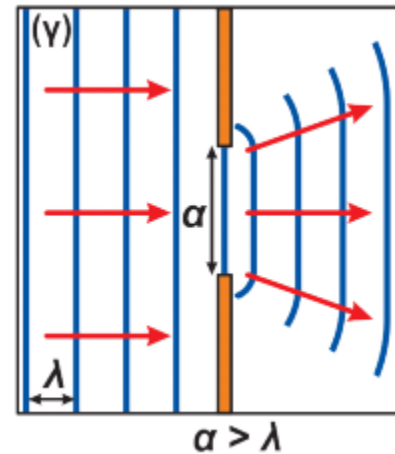
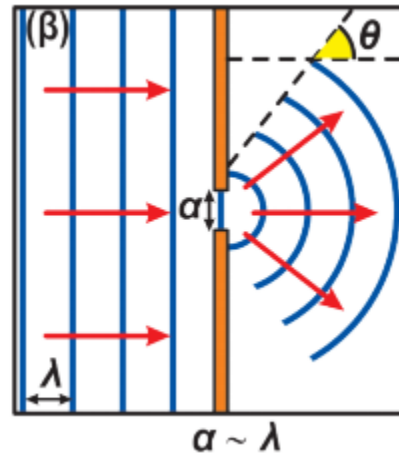
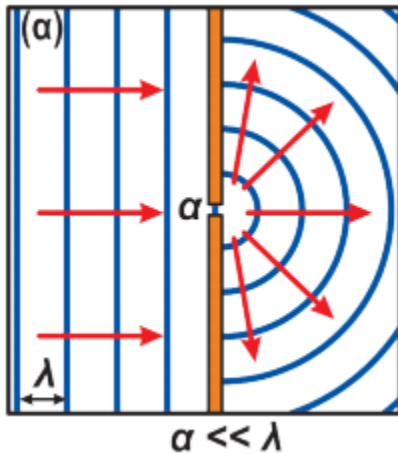
- Είναι το φαινόμενο που το φως (ή γενικότερα οποιοδήποτε κύμα) αποκλίνει από την ευθύγραμμη διάδοση όταν συναντά ανοίγματα ή εμπόδια με διαστάσεις συγκρίσιμες με το μήκος κύματος.
- Επομένως στην περίθλαση εμφανίζεται φως σε περιοχές που δεν το περιμένουμε, με βάση το μοντέλο των ακτίνων, να υπάρχει.



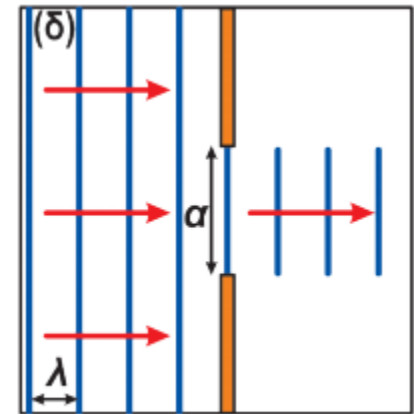
ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ

○ Σχηματικά

Διάδοση με βάση
την περίθλαση



Διάδοση χωρίς
περίθλαση



ΜΙΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗΣ

- Κατά τον φωτισμό ενός ξυραφιού από μονοχρωματικό φως παρατηρούμε κοντά στα άκρα του ξυραφιού εναλλάξ φωτεινές και σκοτεινές περιοχές.
- Αυτές οφείλονται στην περίθλαση που παθαίνει το φως από την ακμή του ξυραφιού.



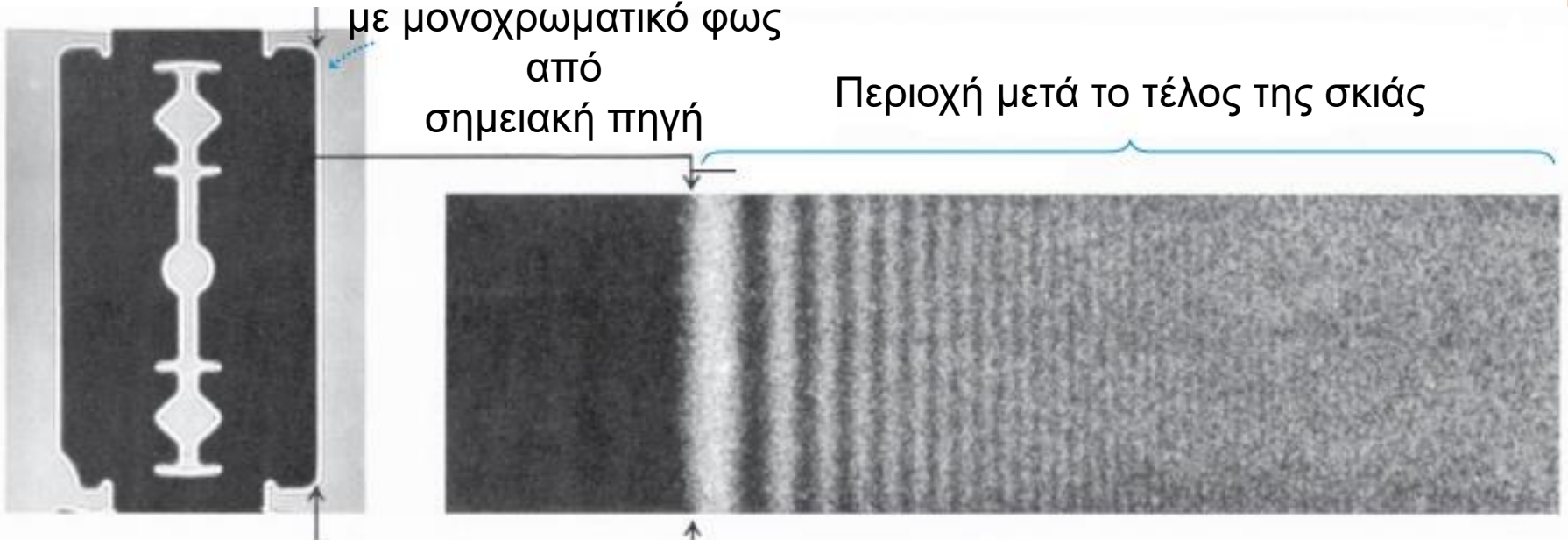
ΜΙΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗΣ

○ Σχηματικά

Φωτογραφία ενός
ξυραφιού

με μονοχρωματικό φως
από
σημειακή πηγή

Περιοχή μετά το τέλος της σκιάς



Τέλος της σκιάς λόγω
γεωμετρικής οπτικής



ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΓΙΑ ΝΑ ΕΜΦΑΝΙΣΤΕΙ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΘΛΑΣΗΣ

- Το φως που πέφτει στο εμπόδιο ή το άνοιγμα πρέπει να είναι μονοχρωματικό (να έχει μια μοναδική συχνότητα).



ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΠΟ ΣΧΙΣΜΗ

- Έστω ότι μια σχισμή εύρους a φωτίζεται από μονοχρωματικό φως. Η οθόνη παρατήρησης βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση (D) από τη σχισμή ($D \gg a$).
- Αυτή λέγεται περίθλαση Fraunhofer, ενώ αν η οθόνη είναι κοντά στη σχισμή έχουμε την περίθλαση Fresnel.



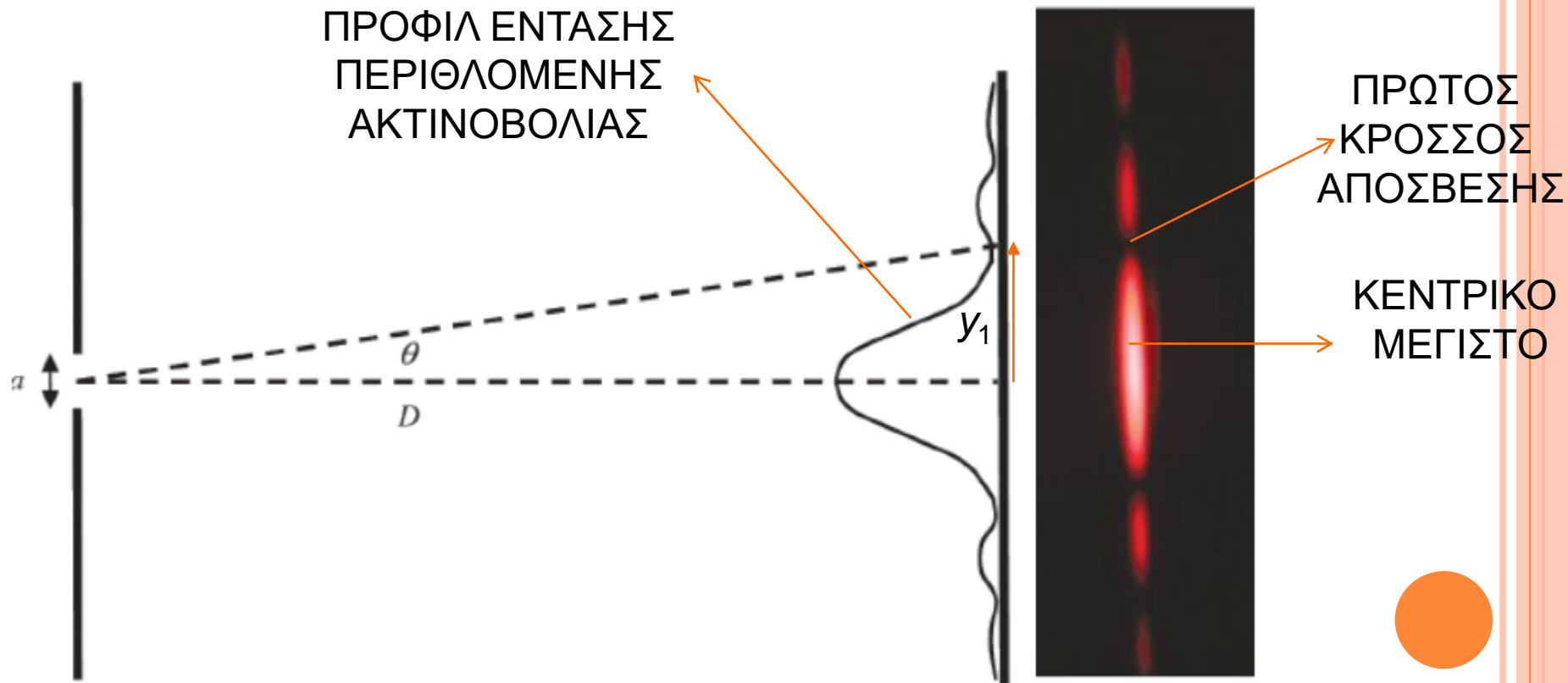
ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΠΟ ΣΧΙΣΜΗ

- Στην οθόνη θα παρατηρήσουμε ένα κεντρικό μέγιστο και δεξιά και αριστερά κροσσούς μεγίστων και ελαχίστων.



ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΠΟ ΣΧΙΣΜΗ

○ Σχηματικά



ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΠΟ ΣΧΙΣΜΗ

- Αποδεικνύεται ότι στην περίπτωση αυτή οι θέσεις των σκοτεινών κροσσών δίνονται από τη σχέση:

$$a \cdot \sin\theta = m \cdot \lambda \quad m = \pm 1, \pm 2 \dots$$

- Χρησιμοποιώντας το γεγονός ότι για $m = 1$ (1^{ος} σκοτεινός κροσσός) $\sin\theta \approx y_1/D$, καταλήγουμε ότι:

$$a \cdot \frac{y_1}{D} = \lambda \Rightarrow a = \frac{\lambda \cdot D}{y_1}$$



ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΠΟ ΛΕΠΤΗ ΤΡΙΧΑ

- Η ίδια ακριβώς θεωρία και η ίδια εξίσωση ισχύει στην περίπτωση που μονοχρωματικό φως πέφτει πάνω σε μια λεπτή τρίχα, δηλαδή αντί για σχισμή έχουμε εμπόδιο πλάτους a .
- Αυτή είναι η περίπτωση της Άσκησης 10 του εργαστηρίου φυσικής.



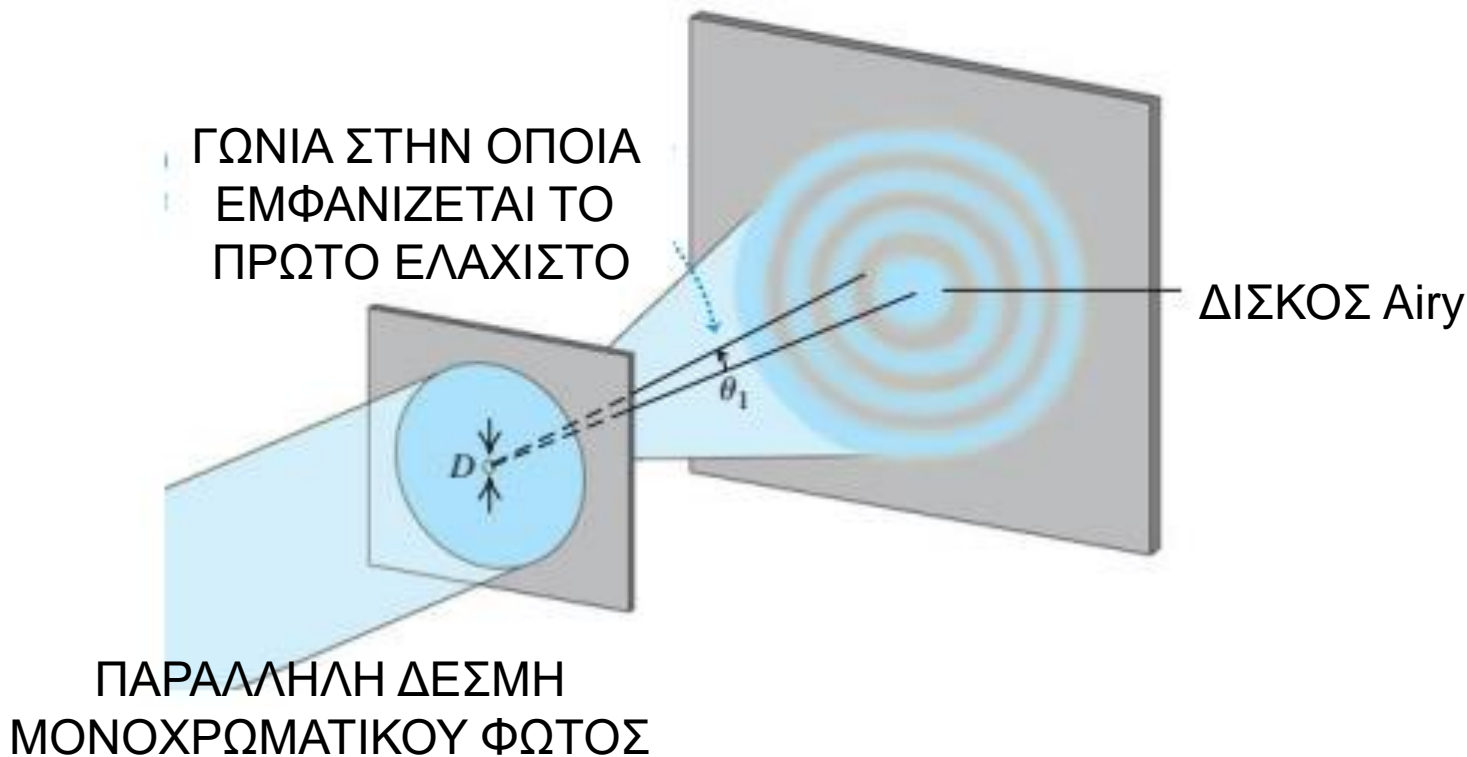
ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΠΟ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΠΗ

- Στην περίπτωση που το άνοιγμα είναι μια κυκλική οπή διαμέτρου D , αλλάζει το μοτίβο της παρατηρούμενης περίθλασης.



ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΠΟ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΠΗ

- Σχηματικά το πείραμα γίνεται με την ακόλουθη διάταξη.



ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΑΠΟ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΠΗ

- Αποδεικνύεται ότι σε αυτή την περίπτωση το πρώτο ελάχιστο βρίσκεται σε γωνία θ_1 η οποία δίνεται από τη σχέση:

$$\sin\theta_1 = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{D}$$





ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΟΡΓΑΝΟΥ

- Τα διάφορα οπτικά όργανα (μικροσκόπια, μάτι, τηλεσκόπια κ.ο.κ.) έχουν κυκλικά ανοίγματα.
- Η προηγούμενη περίπτωση περίθλασης λοιπόν θέτει ένα όριο στη διακριτική ικανότητα αυτών των οργάνων.



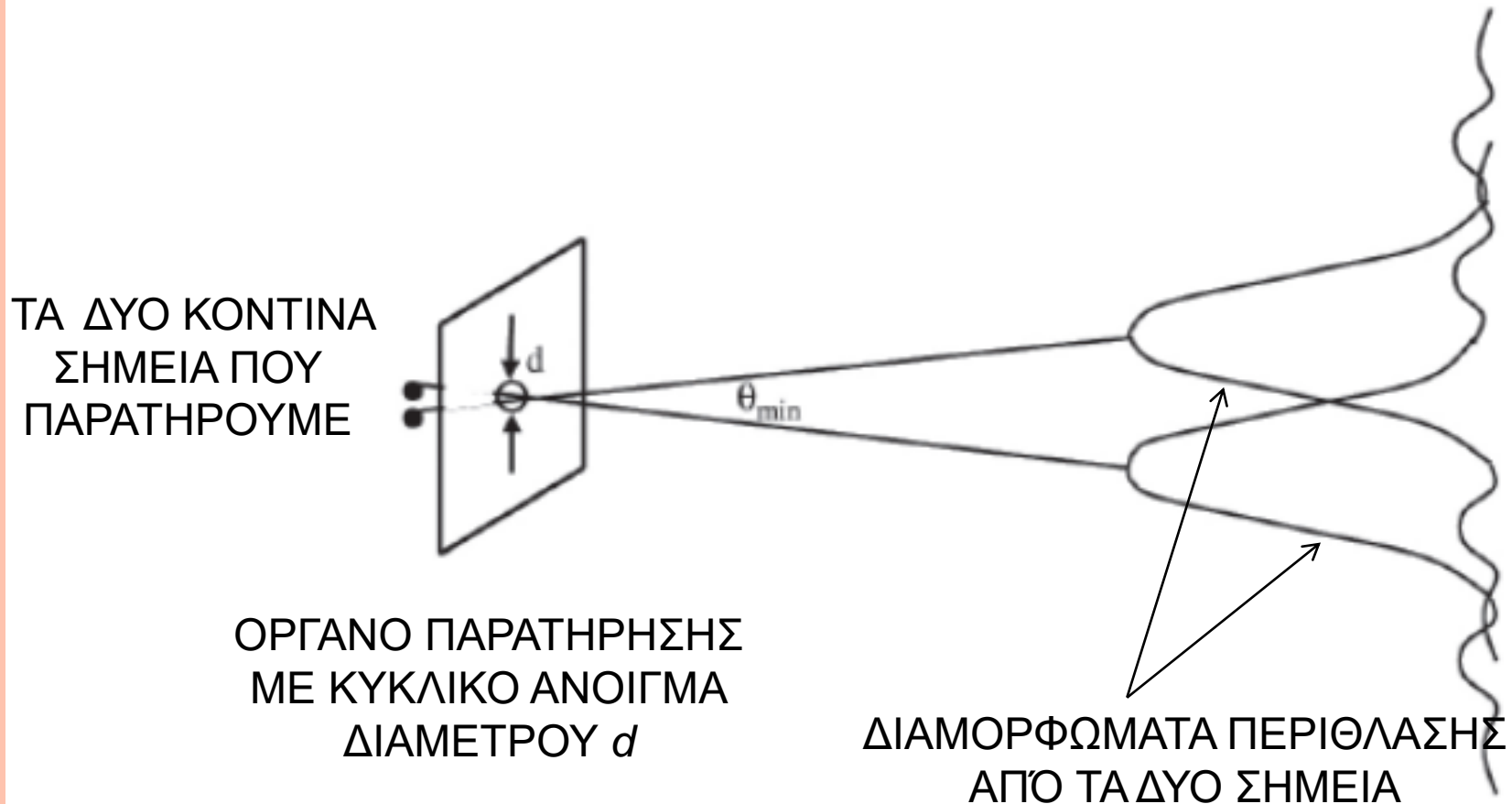
ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΟΡΓΑΝΟΥ

- Έστω λοιπόν ότι μέσα από κάποιο όργανο με κυκλικό άνοιγμα διαμέτρου d παρατηρούμε δύο κοντινά σημειακά αντικείμενα.
- Τα είδωλα που θα σχηματίζονται δεν είναι ελεύθερα περίθλασης.



ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΟΡΓΑΝΟΥ

○ Σχηματικά



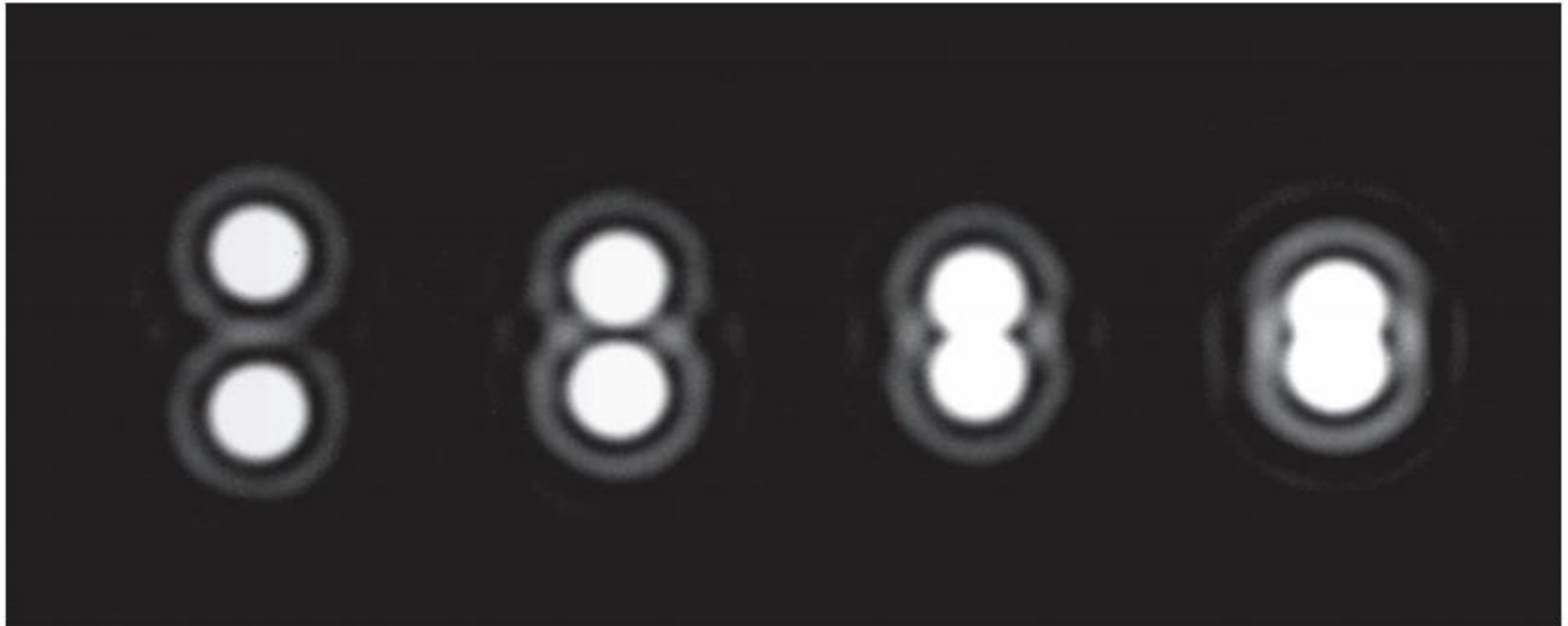
ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΟΡΓΑΝΟΥ

- Για να είμαστε σε θέση να ξεχωρίζουμε τα δύο σημεία θα πρέπει να ξεχωρίζουμε τα δύο μέγιστα περίθλασης.



ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΟΡΓΑΝΟΥ

- Σχηματικά, καθώς τα σημεία πλησιάζουν έχουμε τις ακόλουθες εικόνες.



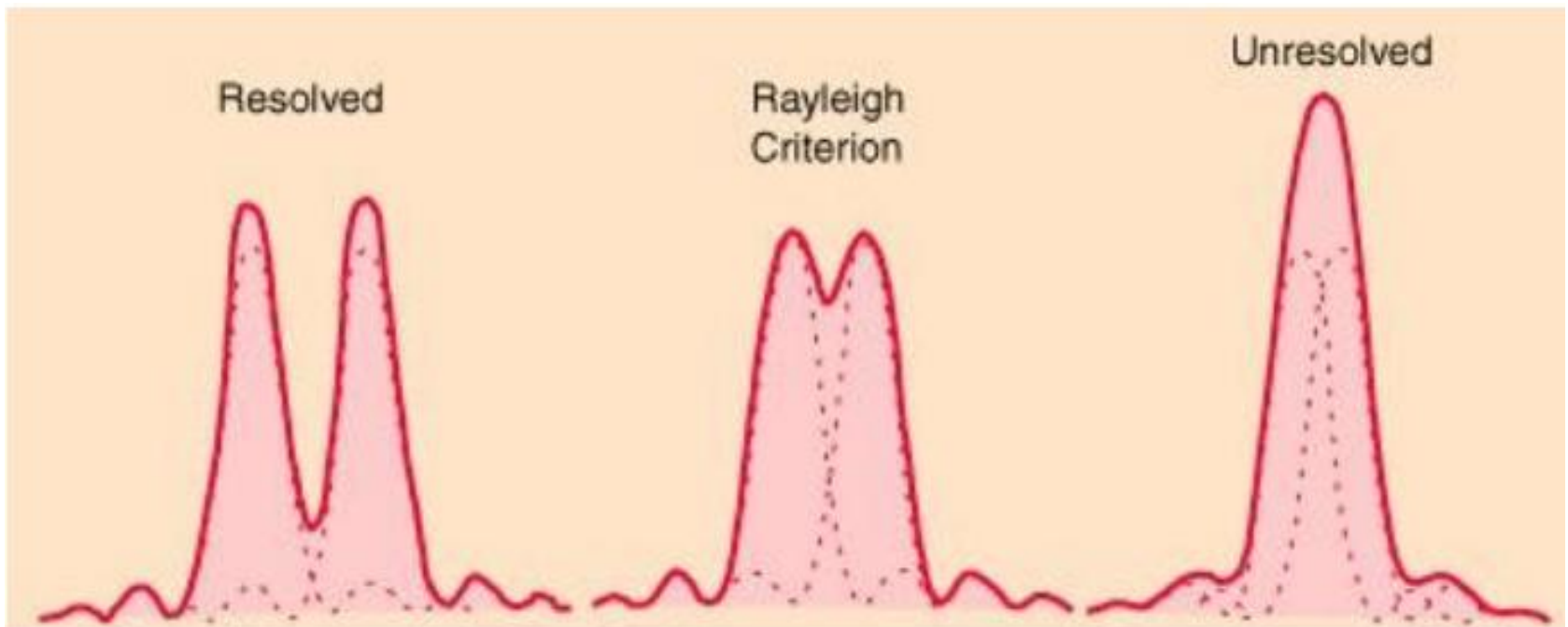
ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΟΡΓΑΝΟΥ

- Συμβατικά, έχει επικρατήσει να χρησιμοποιούμε το κριτήριο Rayleigh σύμφωνα με το οποίο για να διακρίνουμε δύο σημεία θα πρέπει το μέγιστο της έντασης του ενός να πέφτει στο πρώτο ελάχιστο του άλλου.



ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΟΡΓΑΝΟΥ

- Σχηματικά



ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΟΡΓΑΝΟΥ

- Προκύπτει λοιπόν ότι η ελάχιστη γωνία που μπορεί να απέχουν τα δύο σημεία για να είναι διακριτά είναι:

$$\sin\theta_{min} = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{D}$$



ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΟΡΓΑΝΟΥ

- Επειδή η γωνία αυτή είναι μικρή, συνήθως χρησιμοποιούμε την προσέγγιση $\sin\theta_1 \cong \theta_1$ οπότε η ελάχιστη γωνία για να διακρίνονται δύο σημεία είναι:

$$\theta_1 = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{D}$$

