



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
**ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ**
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Οπτικές επικοινωνίες – κυματοδηγοί

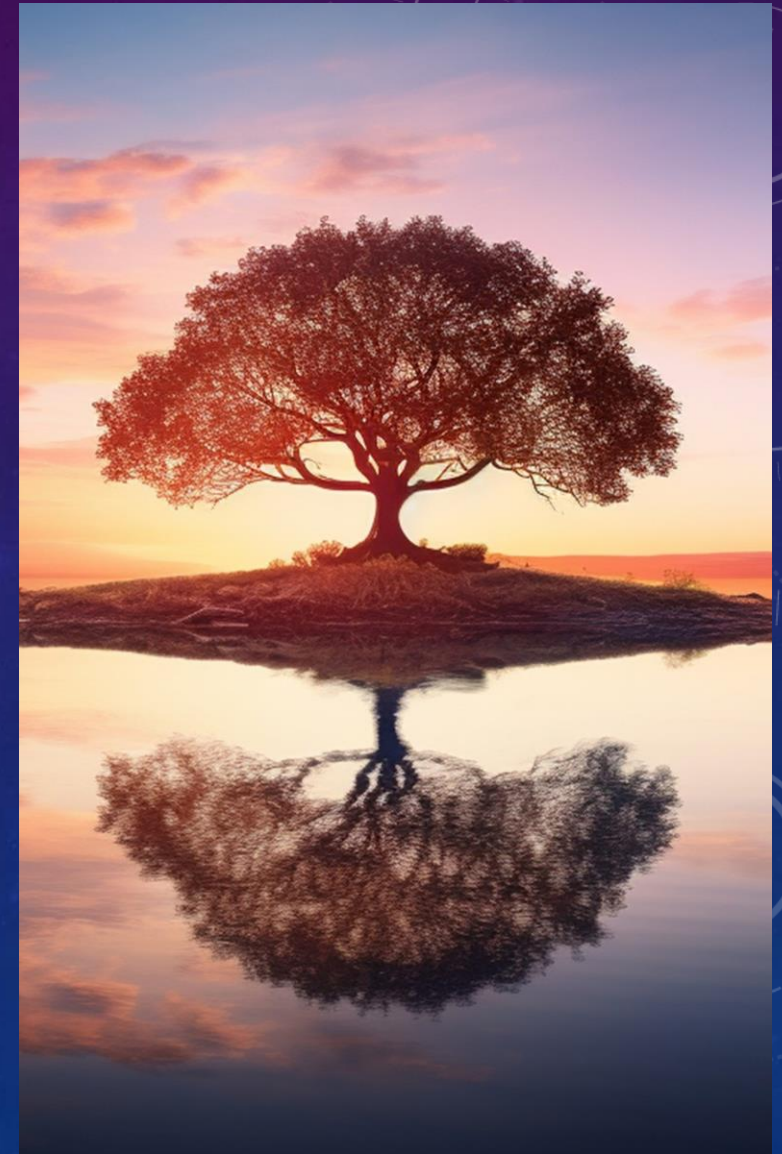
Διδάσκων: Τσορμπατζόγλου Ανδρέας

Ευθύγραμμη διάδοση του φωτός

Όταν προσπίπτει φως σε μια διεπιφάνεια που σχηματίζεται μεταξύ δύο οπτικά διαφορετικών μέσων, ένα μέρος του υφίσταται ανάκλαση ενώ το υπόλοιπο διέρχεται από το πρώτο στο δεύτερο μέσο.

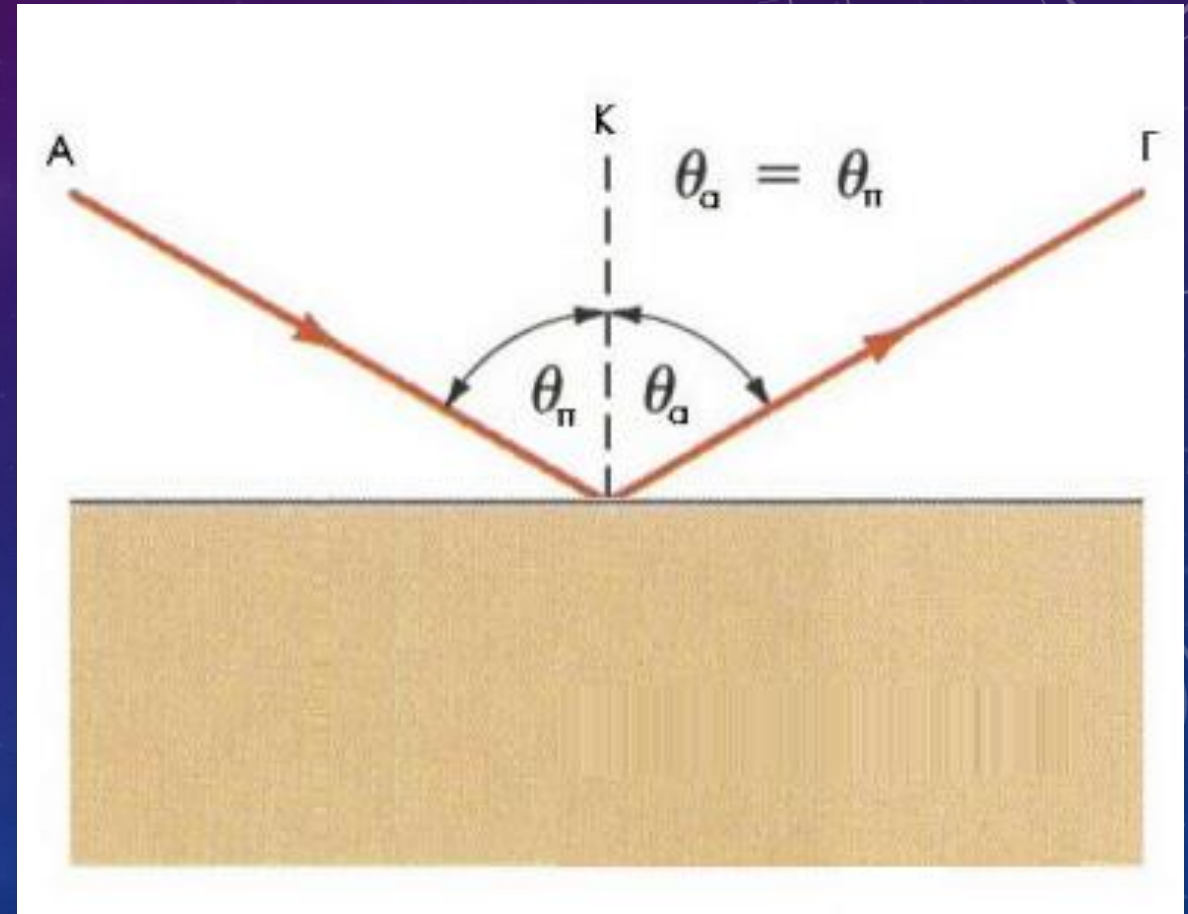
Εξαιτίας της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός σε ένα ομογενές μέσο, χρησιμοποιούμε ευθείες γραμμές για να παραστήσουμε το ίχνος της διαδρομής του.

Για επίπεδα κύματα φωτός, τα επίπεδα μέτωπα κύματος είναι κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης που σημειώνεται με μια ευθεία και οι ακτίνες φωτός είναι όλες παράλληλες σε αυτήν.



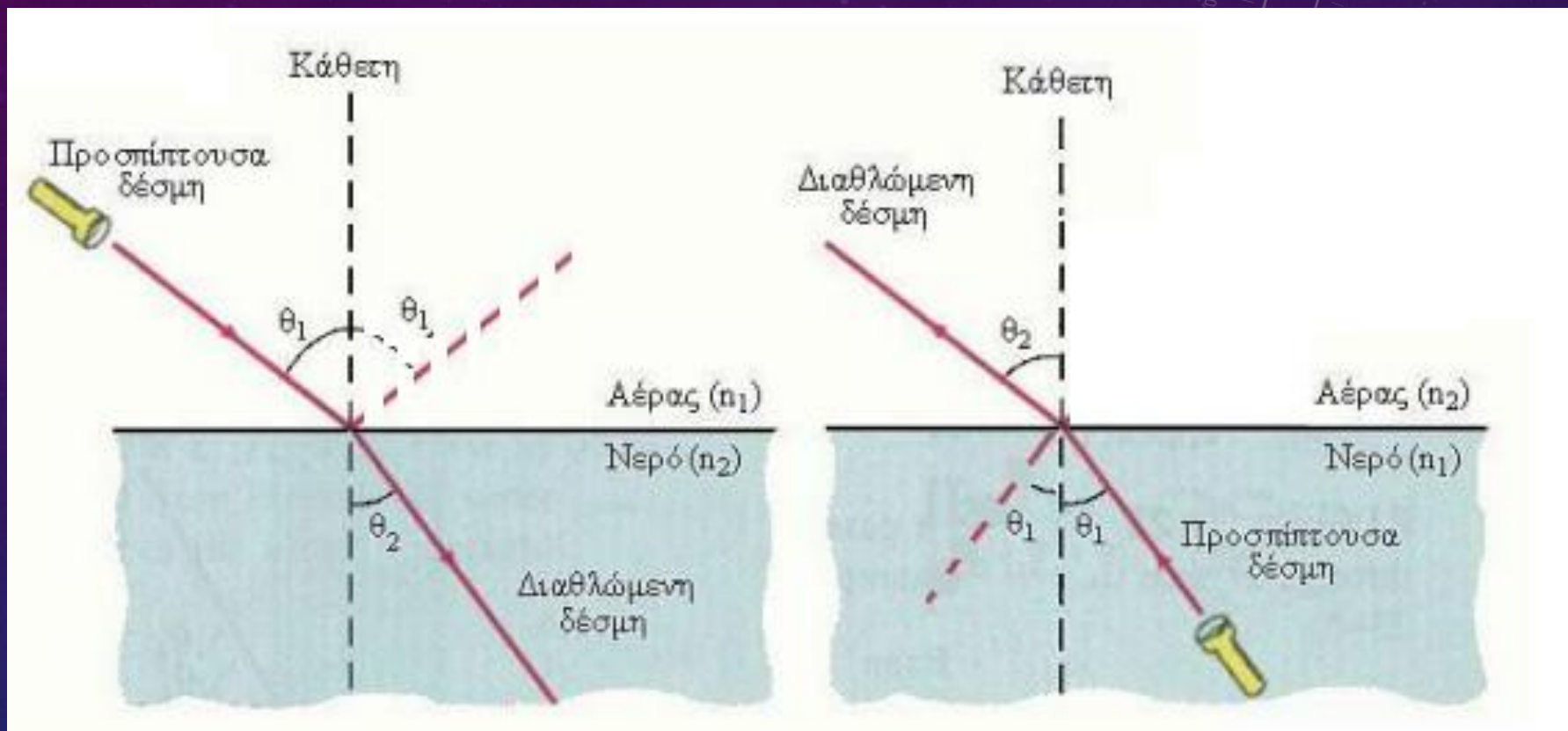
Ανάκλαση

- Η ακτίνα (ή η δέσμη) πριν ανακλαστεί ονομάζεται προσπίπτουσα ή αρχική, ενώ μετά την ανάκλαση ονομάζεται ανακλώμενη.
- Η γωνία που σχηματίζει η προσπίπτουσα με την κάθετη στην επιφάνεια στο σημείο πρόσπτωσης, ονομάζεται γωνία πρόσπτωσης θ_{π} ή θ_i .
- Η γωνία που σχηματίζει η ανακλώμενη ακτίνα με την κάθετη στην επιφάνεια στο σημείο πρόσπτωσης, ονομάζεται γωνία ανάκλασης θ_{α} ή θ_r .



Διάθλαση

Όταν μία δέσμη φωτεινών ακτίνων, που διαδίδεται σ' ένα μέσο, συναντάει τη διαχωριστική επιφάνεια με ένα άλλο μέσο, τότε ένα μέρος από αυτή ανακλάται και το υπόλοιπο περνάει στο δεύτερο μέσο αλλάζοντας τη διεύθυνση διάδοσής της. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται διάθλαση του φωτός.

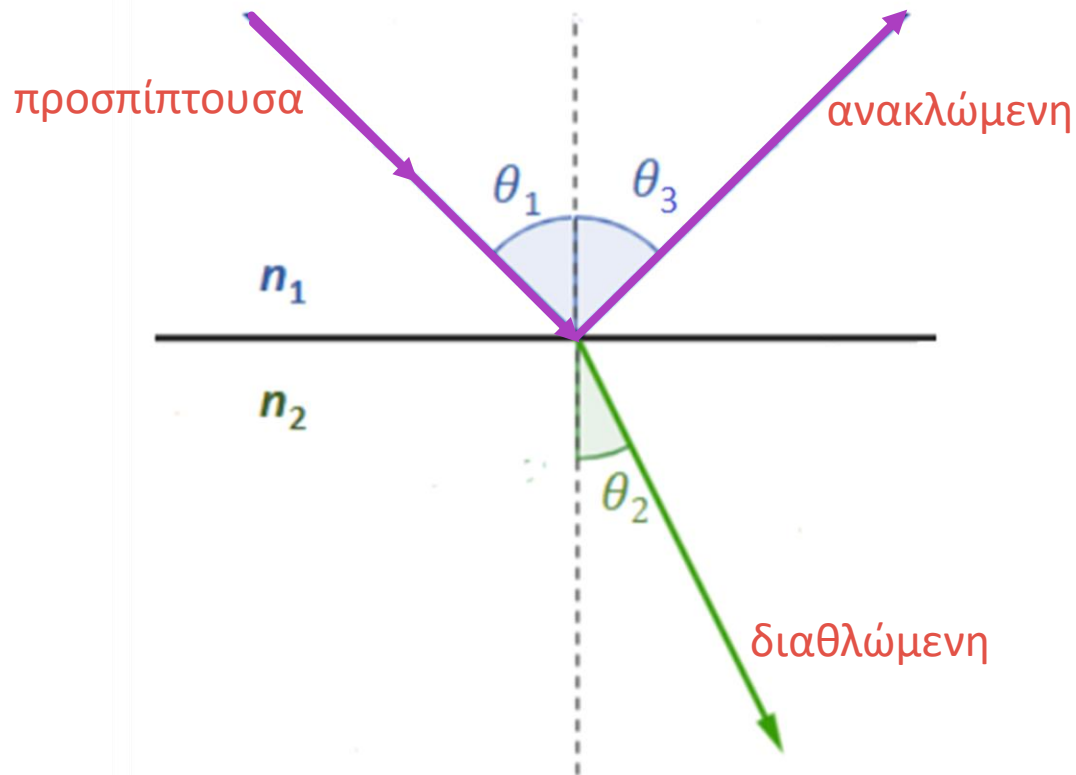


Τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάθλασης συμβαίνουν ταυτοχρόνως, όταν το φως περνάει από ένα μέσο σ' ένα άλλο

Γεωμετρική Οπτική 1

Η γεωμετρική οπτική αντιλαμβάνεται το φως ως ευθύγραμμες ακτίνες που αλλάζουν διεύθυνση όταν αλλάζουν μέσο διάδοσης

δείκτης διάθλασης, $n = \frac{\text{ταχύτητα φωτός στο κενό}}{\text{ταχύτητα φωτός στο μέσο}}$

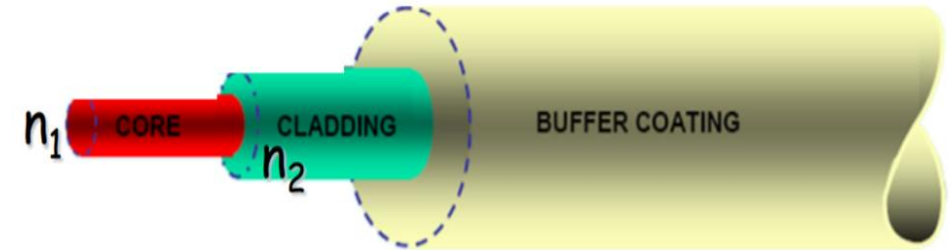
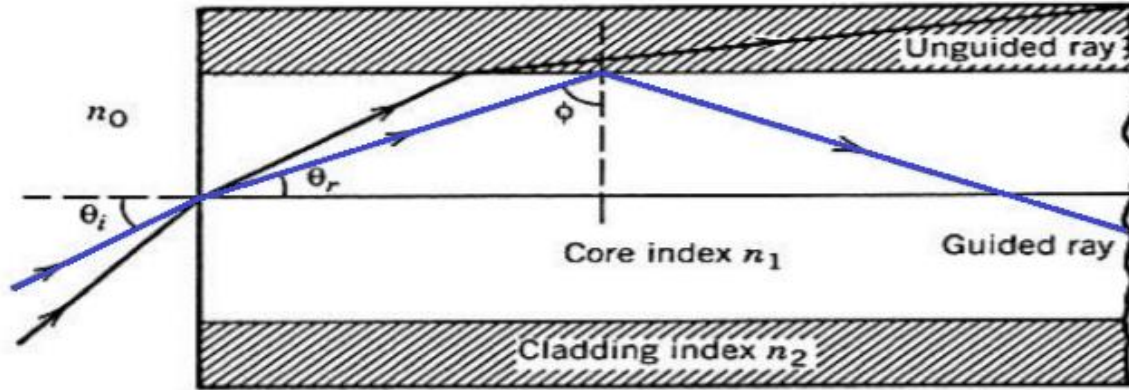


Snell's Law

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\theta_1 = \theta_3$$

Γεωμετρική Οπτική 2



Διαχωριστική επιφάνεια
αέρα-πυρήνα

$$n_0 \sin \theta_i = n_1 \sin \theta_r$$

Διαχωριστική επιφάνεια
πυρήνα-μανδύα

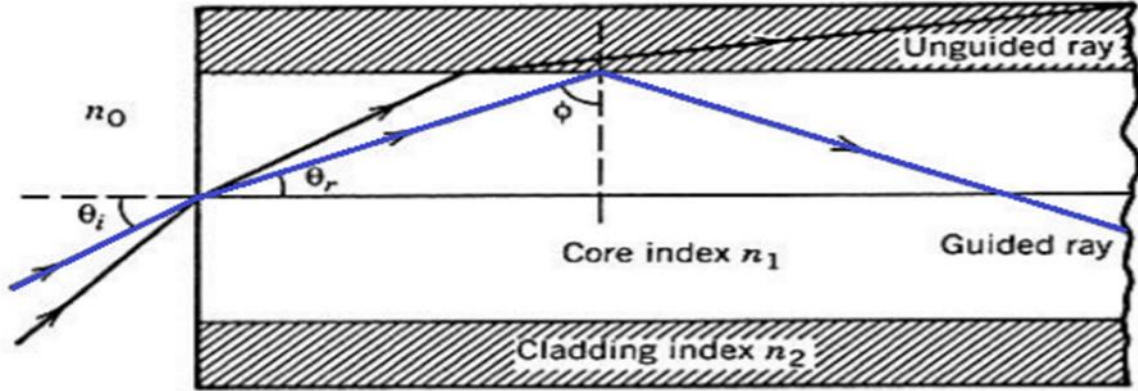
$$n_1 \sin \phi_1 = n_2 \sin \phi_2$$

Συνθήκη ολικής εσωτερικής ανάκλασης

$$\text{Αν } \phi > \phi_c = \sin^{-1} n_2/n_1$$

ϕ_c : κρίσιμη γωνία οπτικής ίνας

Γεωμετρική Οπτική 3



Μέγιστη επιτρεπτή γωνία
διαθλώμενης ακτίνας

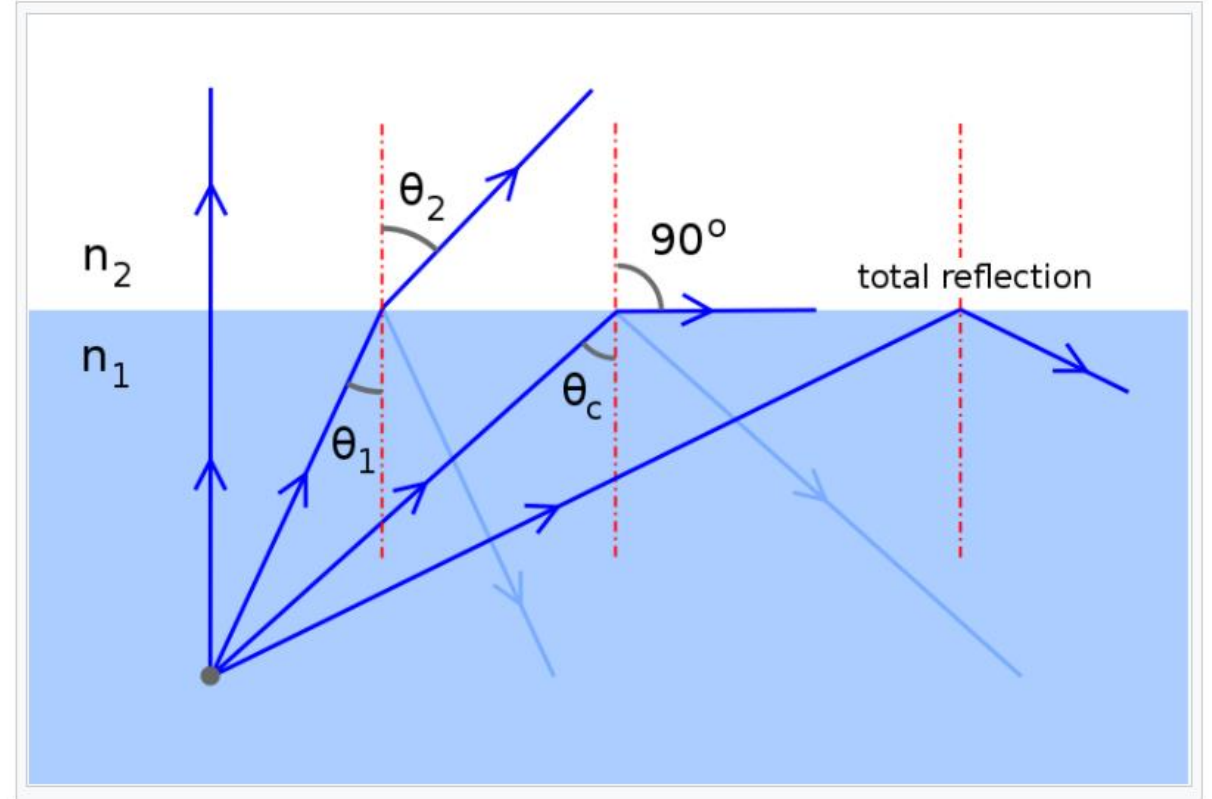
$$\theta_r^{\max} = \frac{\pi}{2} - \phi_c$$

Μέγιστη επιτρεπτή γωνία
προσπίπτουσας ακτίνας

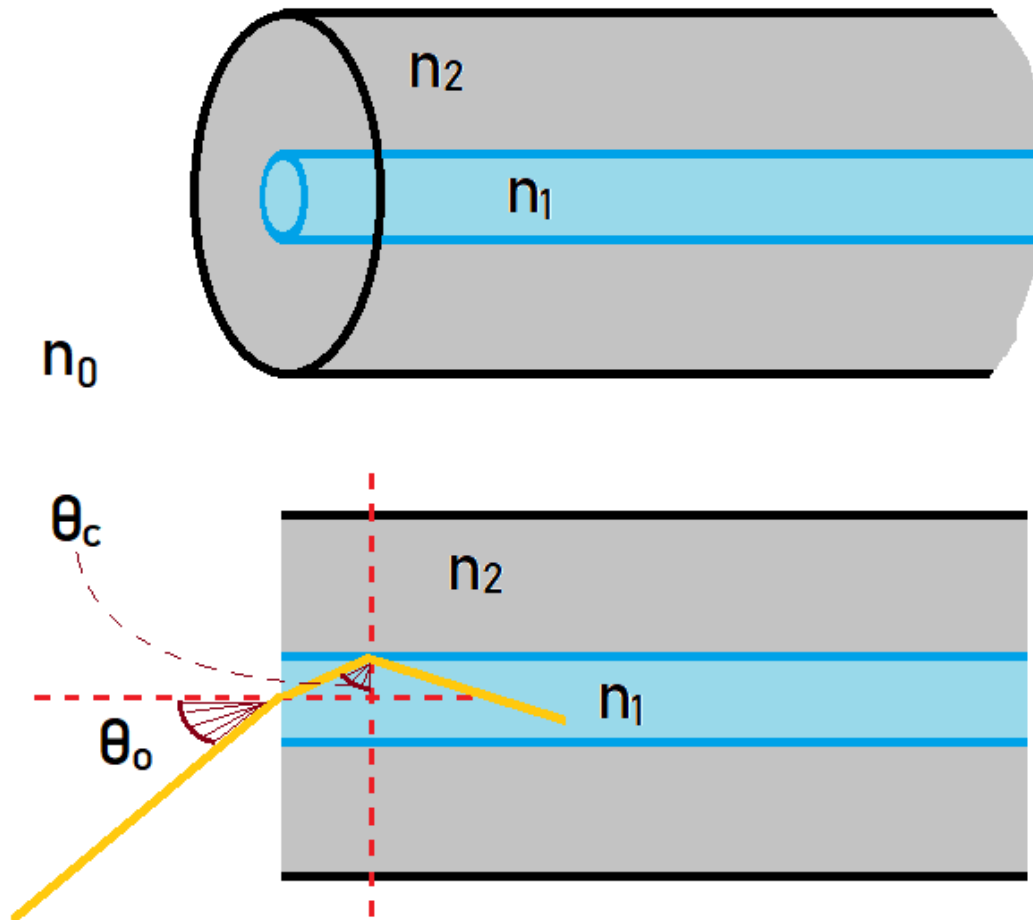
$$n_0 \sin \theta_i^{\max} = n_1 \sin \left(\frac{\pi}{2} - \phi_c \right)$$

$$n_1 \cos \phi_c = n_1 \sqrt{1 - \sin^2 \phi_c}$$

$$\sin \theta_i^{\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = NA$$



Γεωμετρική Οπτική 4



- n_0 ο δείκτης διάθλασης του μέσου έξω από την οπτική ίνα
- n_1 ο δείκτης διάθλασης του πυρήνα
- n_2 ο δείκτης διάθλασης του μανδύα

Κανόνας του Snell

- Από αραιότερο σε πυκνότερο μέσο η ακτίνα φωτός πλησιάζει την κάθετο ($n_0 < n_1$)
- Από πυκνότερο σε αραιότερο απομακρύνεται από την κάθετο ($n_1 > n_2$)

Γεωμετρική Οπτική 5

Έστω a η ακτίνα του πυρήνα της οπτικής ίνας, λ το μήκος κύματος του φωτός και NA το αριθμητικό διάφραγμα με $NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$. Ο αριθμός V της οπτικής ίνας δίνεται από τη σχέση:

$$V = \frac{2\pi a NA}{\lambda}$$

Τότε για πολύτροπη οπτική ίνα κλιμακωτού δείκτη διάθλασης το σύνολο των τρόπων διάδοσης δίνεται από τη σχέση:

$$M = \frac{V^2}{2}$$

Ενώ για οπτική ίνα βαθμιαίου δείκτη διάθλασης με προφίλ που προσδιορίζεται από τη σταθερά a_n (συνήθως για ίνες με παραβολικό προφίλ ισούται με 2) δίνεται από τη σχέση:

$$M = \frac{a_n}{a_n + 2} \frac{V^2}{2}$$

Ερωτήσεις

- Γιατί χρησιμοποιούμε ευθείες γραμμές για να παραστήσουμε το ίχνος της διαδρομής του φωτός;
- Πώς σχετίζονται η γωνία πρόσπτωσης με τη γωνία ανάκλασης;
- Πώς αντιλαμβάνεται το φως η γεωμετρική οπτική;
- Ποια η σχέση προσπίπτουσας, ανακλώμενης και διαθλώμενης σύμφωνα με τον νόμο του Snell;
- Ποια συνθήκη ικανοποιείται για να είναι η γωνία πρόσπτωσης μεγαλύτερη ή ίση της κρίσιμης γωνίας;