

# ΨΣ003 – Φυσική Φύση και διάδοση του φωτός

Γιάννης Λιαπέρδος

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου  
Σχολή Οικονομίας και Τεχνολογίας  
Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

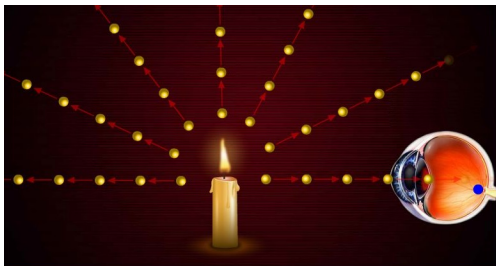


# Περιεχόμενα

- 1 Η φύση του φωτός
- 2 Ταχύτητα του φωτός
- 3 Αρχές γεωμετρικής οπτικής
- 4 Προσομοίωση
- 5 Ασκήσεις

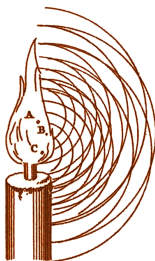
# Σωματιδιακή θεωρία του φωτός

- Με βάση τη **σωματιδιακή** θεωρία του φωτός, το φως είναι **ροή σωματιδίων**.
- Σύμφωνα με τον Νεύτωνα, τα αντικείμενα εκπέμπουν **σωματίδια** τα οποία διεγείρουν την αίσθηση της όρασης όταν εισέρχονται στο μάτι.



# Κυματική θεωρία του φωτός

- Με βάση τη **κυματική** θεωρία του φωτός, την οποία διατύπωσε ο **Huygens**, το φως είναι **ένα είδος κυματικής κίνησης**.
- Η πρώτη ένδειξη για την κυματική φύση του φωτός προέκυψε από τον **Thomas Young**, ο οποίος απέδειξε ότι οι ακτίνες φωτός **συμβάλλουν**, γεγονός το οποίο ήταν αδύνατο να ερμηνευθεί με βάση τη σωματιδιακή θεωρία.



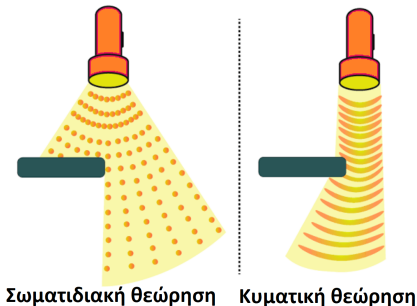
# Σύγχρονες απόψεις για το φως

- Ο **Maxwell** διατύπωσε την άποψη πως το φως είναι μια μορφή **ηλεκτρομαγνητικού κύματος** υψηλής συχνότητας, γεγονός που επιβεβαιώθηκε με τα πειράματα του **Hertz**.
- Οι στοιχειώδεις πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι τα **επιταχυνόμενα ηλεκτρικά φορτία**.
- Όλα τα σώματα εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία λόγω της **θερμικής κίνησης** των μορίων τους.
- Φως παράγεται επίσης κατά τη διάρκεια **ηλεκτρικών εκκενώσεων** μέσα σε ιονισμένα αέρια.
- Στις περισσότερες φωτεινές πηγές το φως εκπέμπεται **ανεξάρτητα** από διαφορετικά άτομα μέσα στην πηγή.



# Κυματοσωματιδιακή φύση του φωτός

- Ορισμένες **ιδιότητες** του φωτός μπορούν να εξηγηθούν με την **σωματιδιακή** θεωρία, ενώ άλλες με την **κυματική**.
- Το γεγονός αυτό μάς ωθεί να υποθέσουμε πως η φύση του φωτός είναι **διττή**: Σε ορισμένες περιπτώσεις, το φως εκδηλώνει συμπεριφορά **κύματος**, ενώ σε κάποιες άλλες συμπεριφέρεται ως **σωματίδιο**.



# Περιεχόμενα

- 1 Η φύση του φωτός
- 2 Ταχύτητα του φωτός
- 3 Αρχές γεωμετρικής οπτικής
- 4 Προσομοίωση
- 5 Ασκήσεις

# Μέτρηση της ταχύτητας του φωτός

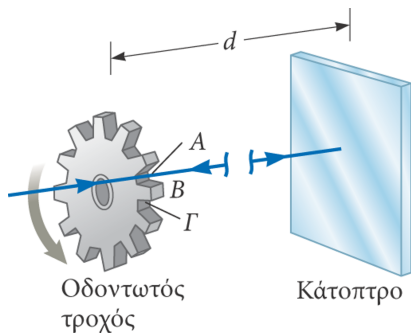
- Η ταχύτητα του φωτός (συμβολίζεται με  $c$ ) είναι περίπου **300000 km/s**.
- Λόγω της πολύ μεγάλης τιμής της, οι πρώτες απόπειρες μέτρησης της ταχύτητας του φωτός υπήρξαν **ανεπιτυχείς**.
- Οι πρώτες προσπάθειες μέτρησης της ταχύτητας του φωτός αποδίδονται στους **Γαλιλαίο** και **Roemer**.





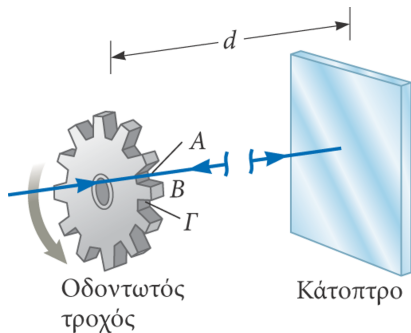
# Μέτρηση της ταχύτητας του φωτός – – Μέθοδος Fizeau (1849)

- Πρόκειται για την πρώτη επιτυχή μέθοδο με τη χρήση αποκλειστικά **επίγειων** τεχνικών.
- Χρησιμοποιεί έναν **περιστρεφόμενο οδοντωτό τροχό**.
- Σε γνωστή απόσταση  **$d$**  από τον τροχό τοποθετείται επίπεδος **καθρέφτης (κάτοπτρο)**.



# Μέτρηση της ταχύτητας του φωτός – – Μέθοδος Fizeau (1849)

- Έστω  $\Delta t$  ο χρόνος που απαιτείται για τη μετάβαση μιας ακτίνας φωτός μέσω του τροχού στον καθρέφτη και την επιστροφή της.
- Τότε,  $c = 2d / \Delta t$ .
- Η μέτρηση του Fizeau προσδιόρισε την ταχύτητα του φωτός στην τιμή  $c = 3.1 \times 10^8 m/s$

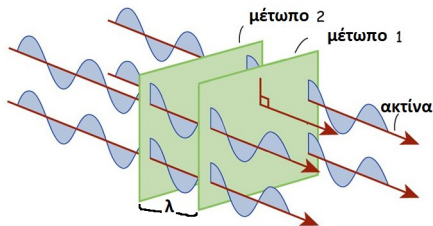


# Περιεχόμενα

- 1 Η φύση του φωτός
- 2 Ταχύτητα του φωτός
- 3 Αρχές γεωμετρικής οπτικής**
- 4 Προσομοίωση
- 5 Ασκήσεις

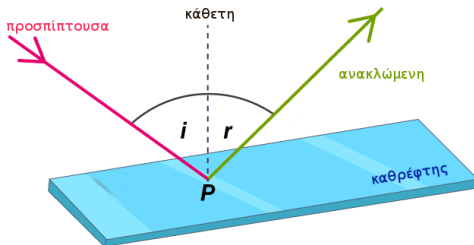
# Μέτωπα και ακτίνες φωτός

- **Μέτωπο** ενός κύματος ονομάζεται μια **επιφάνεια** η οποία περιλαμβάνει **ισοδύναμα** σημεία **γειτονικών** κυμάτων.
- **Διαδοχικά** μέτωπα απέχουν ένα **μήκος κύματος** ( $\lambda$ ).
- Μια **ακτίνα** φωτός είναι **κάθετη** στα μέτωπα και αντιστοιχεί στην **κατεύθυνση διάδοσης** του κύματος.



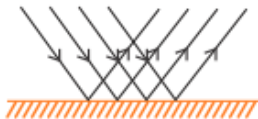
# Ανάκλαση

- Η προσπίπτουσα ακτίνα, η ανακλώμενη όπως και η κάθετη στην ανακλαστική επιφάνεια ανήκουν στο ίδιο επίπεδο.
- Η γωνία ανάκλασης ( $r$ ) είναι ίση με τη γωνία πρόσπτωσης ( $i$ ).

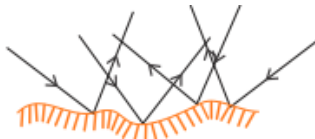


# Διάχυση

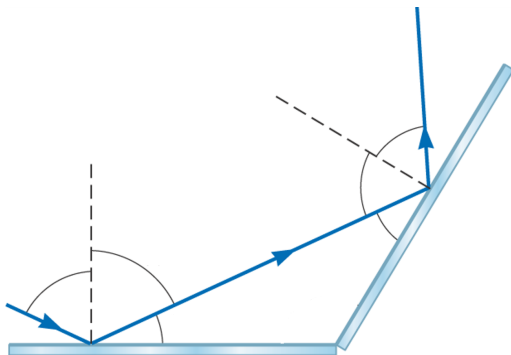
- Ανάκλαση σε **επίπεδη** ανακλαστική επιφάνεια.



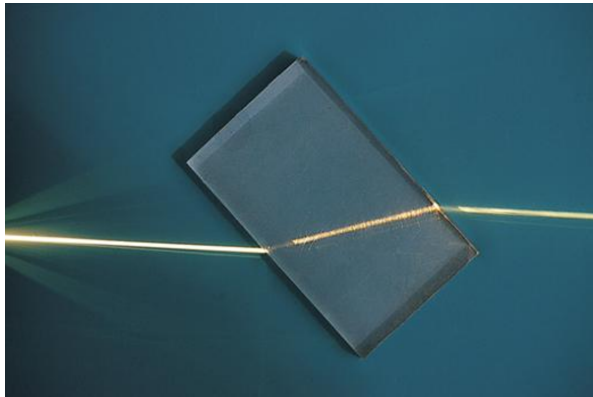
- Ανάκλαση (**διάχυση**) σε **ακανόνιστη** επιφάνεια.



# Πολλαπλή ανάκλαση



# Διάθλαση





# Δείκτης διάθλασης

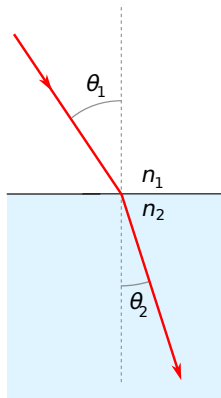
- Ο δείκτης διάθλασης ( $n$ ) ενός διαφανούς υλικού ορίζεται ως εξής:

$$n = \frac{c}{v}$$

όπου  $c$  η ταχύτητα του φωτός στο κενό και  $v$  η ταχύτητα του φωτός στο υλικό.



## Νόμος του Snell

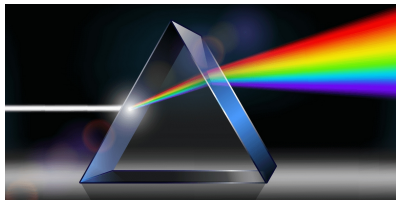


$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{n_1}{n_2}$$



# Διασπορά

- Για συγκεκριμένο υλικό, ο δείκτης διάθλασης  $n$  είναι διαφορετικός για διαφορετικό μήκος κύματος  $\lambda$  του φωτός το οποίο διέρχεται από το υλικό.
- Σύμφωνα με τον νόμο του Snell, όταν σε ένα διαφανές υλικό προσπίπτει φως που περιλαμβάνει διαφορετικά μήκη κύματος (χρώματα), τότε κάθε χρώμα εκτρέπεται με διαφορετική γωνία.



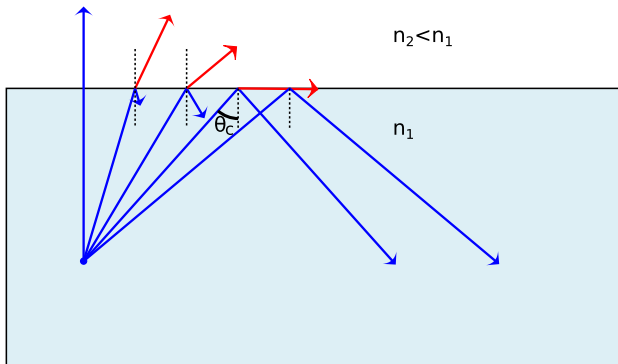
# Ολική εσωτερική ανάκλαση

- Όταν το φως, κινούμενο μέσα σε ένα διαφανές υλικό, συναντά υλικό με **μικρότερο δείκτη διάθλασης** υπό κατάλληλη γωνία σε σχέση με τη διαχωριστική επιφάνεια των δύο υλικών, εμφανίζεται το φαινόμενο της **ολικής εσωτερικής ανάκλασης**.



# Ολική εσωτερική ανάκλαση – κρίσιμη γωνία

- **Κρίσιμη γωνία** ονομάζεται η τιμή της γωνίας πρόσπτωσης για την οποία η γωνία διάθλασης γίνεται ίση με  $90^\circ$ .



# Ολική εσωτερική ανάκλαση – κρίσιμη γωνία

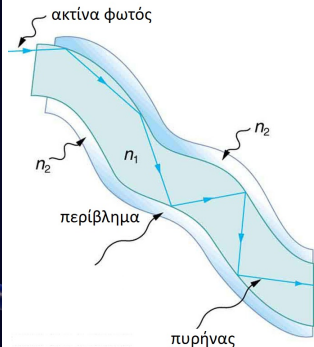
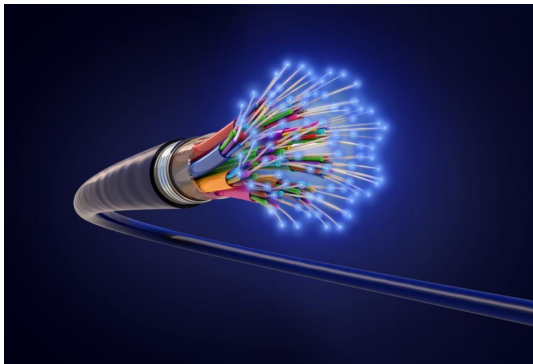
- Με τη βοήθεια του νόμου του Snell, η **κρίσιμη γωνία**  $\theta_c$  μπορεί να υπολογιστεί με βάση την εξής έκφραση:

$$\theta_c = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$



# Οπτικές ίνες

- Οι οπτικές ίνες αποτελούν εφαρμογή του φαινομένου της ολικής εσωτερικής ανάκλασης.
- Χρησιμοποιούνται κυρίως στις τηλεπικοινωνίες, στα ενδοσκόπια, κ.λπ.



# Περιεχόμενα

- 1 Η φύση του φωτός
- 2 Ταχύτητα του φωτός
- 3 Αρχές γεωμετρικής οπτικής
- 4 Προσομοίωση**
- 5 Ασκήσεις



# Προσομοίωση



<https://phet.colorado.edu/en/simulations/bending-light>

# Περιεχόμενα

- 1 Η φύση του φωτός
- 2 Ταχύτητα του φωτός
- 3 Αρχές γεωμετρικής οπτικής
- 4 Προσομοίωση
- 5 Ασκήσεις**

# Ασκήσεις

## Άσκηση 11.1

Να υπολογίσετε την ταχύτητα του φωτός σε γυαλί με δείκτη διάθλασης  $n=1.5$ .

## Άσκηση 11.2

Ακτίνα φωτός κινείται μέσα σε νερό με δείκτη διάθλασης  $n=1.33$  και κατευθύνεται προς διαχωριστική επιφάνεια με διαφανές στερεό, με γωνία πρόσπτωσης  $56.4^\circ$ . Η ακτίνα διαθλάται προς το εσωτερικό του στερεού με γωνία διάθλασης  $42.1^\circ$ . Να υπολογίσετε τον δείκτη διάθλασης του διαφανούς στερεού. Δίνονται:  $\sin(56.4^\circ)=0.83$ ,  $\sin(42.1^\circ)=0.67$



# Ασκήσεις

## Άσκηση 11.3

Ακτίνα φωτός κινείται στον αέρα (δείκτης διάθλασης = 1) κατευθυνόμενη προς την επιφάνεια άγνωστου διαφανούς υλικού, διανύοντας 4 μέτρα κάθετα προς την επιφάνεια του υλικού για κάθε 3 μέτρα που διανύει παράλληλα προς τη διαχωριστική επιφάνεια. Η ακτίνα διαθλάται προς το εσωτερικό του άγνωστου υλικού, εντός του οποίου διανύει 12 μέτρα κάθετα προς την επιφάνεια του υλικού για κάθε 5 μέτρα που διανύει παράλληλα προς αυτή. Να βρεθεί ο δείκτης διάθλασης του άγνωστου υλικού.

## Άσκηση 11.4

Η κρίσιμη γωνία ενός υλικού, όταν περιβάλλεται από νερό (δείκτης διάθλασης = 1.33), είναι  $45^\circ$ . Να βρεθεί η κρίσιμη γωνία του ίδιου υλικού, όταν αυτό περιβάλλεται από αέρα (δείκτης διάθλασης = 1).

# Ασκήσεις

## Άσκηση 11.5

Ακτίνα φωτός κινείται εντός οπτικής ίνας (δείκτης διάθλασης = 1.44) και εξέρχεται στον αέρα. Αν η γωνία πρόσπτωσης στο άκρο της ίνας είναι  $30^\circ$ , να βρεθεί η γωνία διάθλασης στον αέρα. Όμοια για την περίπτωση όπου η γωνία πρόσπτωσης είναι  $50^\circ$ .

## Άσκηση 11.6

Αποδείξτε την έκφραση υπολογισμού της κρίσιμης γωνίας:

$$\theta_c = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

