

# ΨΣ003 – Φυσική

## Συμβολή, περίθλαση

Γιάννης Λιαπέρδος

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου  
Σχολή Οικονομίας και Τεχνολογίας  
Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων



# Περιεχόμενα

- 1 Κυματική οπτική
- 2 Συμβολή
- 3 Περίθλαση

# Κυματική οπτική

- Η **κυματική οπτική** μελετά τα φαινόμενα τα οποία δεν μπορούν να εξηγηθούν με βάση τις αρχές της γεωμετρικής οπτικής.
- Τέτοια φαινόμενα είναι η **συμβολή**, η **περίθλαση**, κ.λπ.

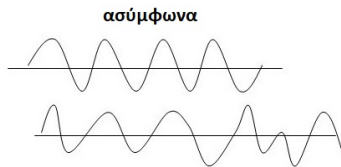
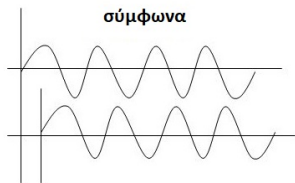


# Περιεχόμενα

- 1 Κυματική οπτική
- 2 Συμβολή**
- 3 Περίθλαση

# Σύμφωνα κύματα

- **Σύμφωνα** (coherent) ονομάζονται δύο κύματα τα οποία έχουν συγκεκριμένη σχέση φάσης (ή, αλλιώς, έχουν **σταθερή διαφορά φάσης**).
- Δύο κύματα που δεν είναι σύμφωνα, ονομάζονται **ασύμφωνα** (incoherent).



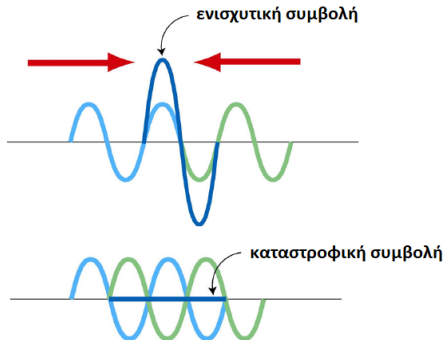
# Συνθήκες για την εμφάνιση συμβολής

Για την εμφάνιση του φαινομένου της **συμβολής** απαιτούνται δύο πηγές κυμάτων για τις οποίες:

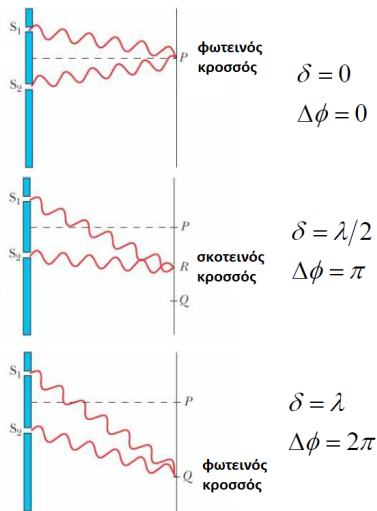
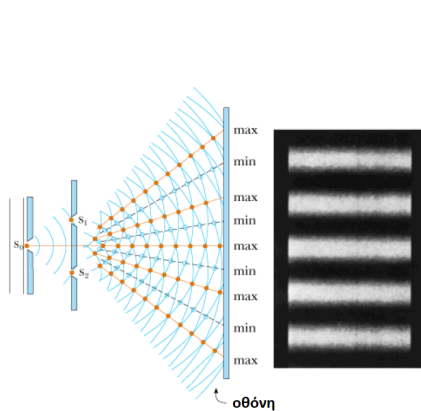
- Τα κύματα που παράγουν να είναι **σύμφωνα**.
- Να είναι **μονοχρωματικές**, δηλαδή τα παραγόμενα κύματα να έχουν την **ίδια συχνότητα**.

# Υπέρθωση κυμάτων

- Χαρακτηριστικές περιπτώσεις της **υπέρθωσης** κυμάτων είναι η **ενισχυτική** και η **καταστροφική** συμβολή.

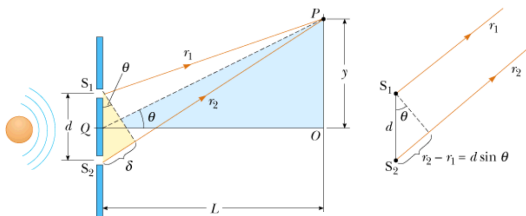


# Το πείραμα της διπλής σχισμής του Young





# Πείραμα Young: προσδιορισμός της θέσης των κροσσών (1/2)



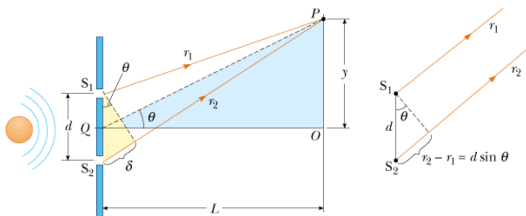
- $\delta = r_2 - r_1 = d \sin \theta$
- $\delta \gg \lambda \Rightarrow \sin \theta \approx \tan \theta \Rightarrow y = L \tan \theta \approx L \sin \theta$
- Για την περίπτωση **ενισχυτικής** συμβολής:

$$\delta = d \sin \theta = m \lambda, \quad y_{\text{φωτ. κροσ.}} = \frac{\lambda L}{d} m$$

$$(m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$



# Πείραμα Young: προσδιορισμός της θέσης των κροσσών (2/2)



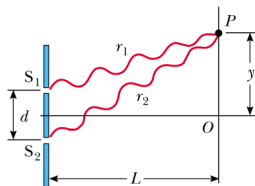
- $\delta = r_2 - r_1 = d \sin \theta$
- $\delta \gg \lambda \Rightarrow \sin \theta \approx \tan \theta \Rightarrow y = L \tan \theta \approx L \sin \theta$
- Για την περίπτωση **καταστροφικής** συμβολής:

$$\delta = d \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda, \quad y_{\text{σκοτ. κροσ.}} = \frac{\lambda L}{d} \left(m + \frac{1}{2}\right)$$

$$(m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$



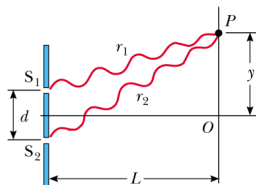
# Πείραμα Young: κατανομή φωτεινής έντασης (1/2)



- $E_1 = E_0 \sin \omega t, \quad E_2 = E_0 \sin(\omega t + \phi)$
- $\delta = r_2 - r_1 = d \sin \theta$
- Αν  $\delta = \lambda$  τότε  $\phi = 2\pi$ .
- $\frac{\delta}{\lambda} = \frac{\phi}{2\pi} \Rightarrow \phi = 2\pi \frac{\delta}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta$



# Πείραμα Young: κατανομή φωτεινής έντασης (2/2)



- $E_p = E_1 + E_2$
- $E_p = E_0[\sin\omega t + \sin(\omega t + \phi)] \Rightarrow E_p = 2E_0 \cos\left(\frac{\phi}{2}\right) \sin\left(\omega t + \frac{\phi}{2}\right)$
- $I \propto E_p^2 = 4E_0^2 \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right) \sin^2\left(\omega t + \frac{\phi}{2}\right)$
- $I = I_{max} \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right) \Rightarrow I = I_{max} \cos^2\left(\frac{\pi d \sin\theta}{\lambda}\right) \Rightarrow$

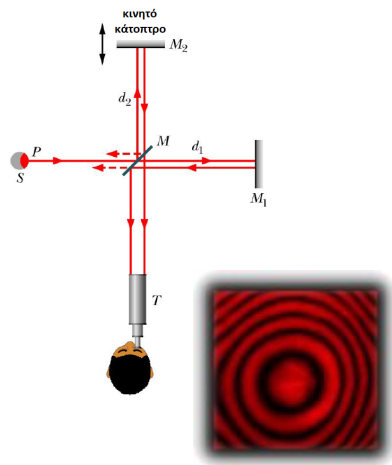
$$I = I_{max} \cos^2\left(\frac{\pi d}{\lambda L} y\right)$$

# Συμβολόμετρο Michelson

- Ένα **συμβολόμετρο** μπορεί να μετρά εξαιρετικά μικρές διαφορές απόστασης μέσω της παρατήρησης των **κροσσών συμβολής**.
- Η **διαφορά φάσης** μεταξύ των δύο ακτίνων οφείλεται στη διαφορά δρόμου μεταξύ των δύο σκελών του συμβολόμετρου.

$$\delta = 2(d_1 - d_2)$$

- Αν ένα λεπτό αντικείμενο εισαχθεί στο ένα σκέλος, η **μεταβολή** στον αριθμό των κροσσών αντιστοιχεί στη μεταβολή της διαφοράς δρόμου.



# Ασκήσεις

## Άσκηση 13.1

Στο πείραμα συμβολής του Young οι σχισμές φωτίζονται με φως μήκους κύματος  $480 \text{ nm}$ . Ο φωτεινός κροσσός συμβολής τέταρτης τάξης (θετικές τιμές τάξης κροσσών) απέχει  $12 \text{ cm}$  από τον κεντρικό φωτεινό κροσσό και οι σχισμές απέχουν  $6 \text{ cm}$  από την οθόνη παρατήρησης. Να υπολογίσετε:

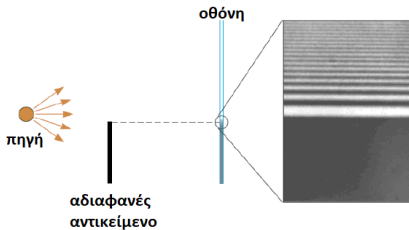
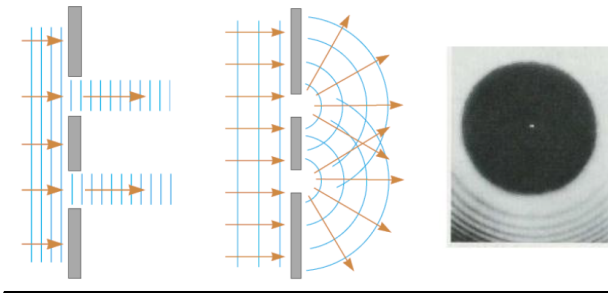
- 1 την απόσταση μεταξύ των σχισμών
- 2 τη θέση του έκτου σκοτεινού κροσσού συμβολής



# Περιεχόμενα

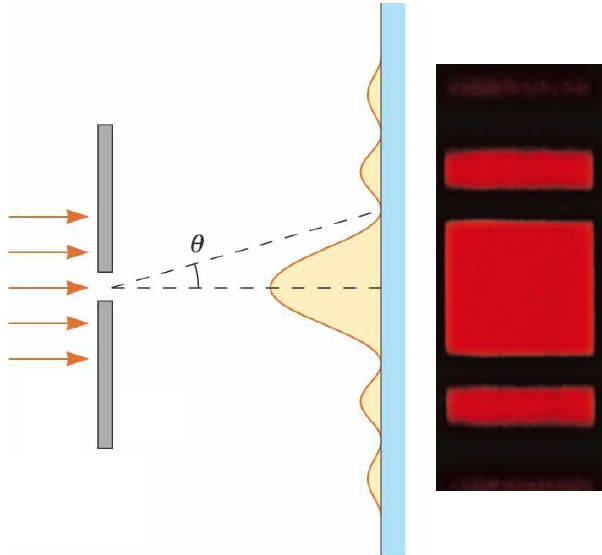
- 1 Κυματική οπτική
- 2 Συμβολή
- 3 Περίθλαση**

# Περίθλαση





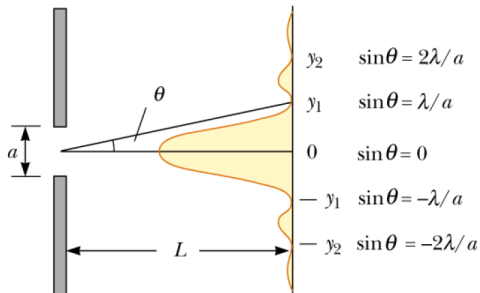
# Περίθλαση Fraunhofer





# Περίθλαση από λεπτή σχισμή: Θέσεις σκοτεινών κροσσών

- $\sin\theta_m = \frac{m\lambda}{\alpha}$
- $\tan\theta_m = \frac{y_m}{L}$
- $\tan\theta \approx \sin\theta$
- $\frac{m\lambda}{\alpha} \approx \frac{y_m}{L}$



$$y_m \approx \frac{L}{\alpha} \lambda m, \quad (m = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots)$$