

Μέτρηση Μήκους Κύματος και Συχνότητας μονοχρωματικού φωτός

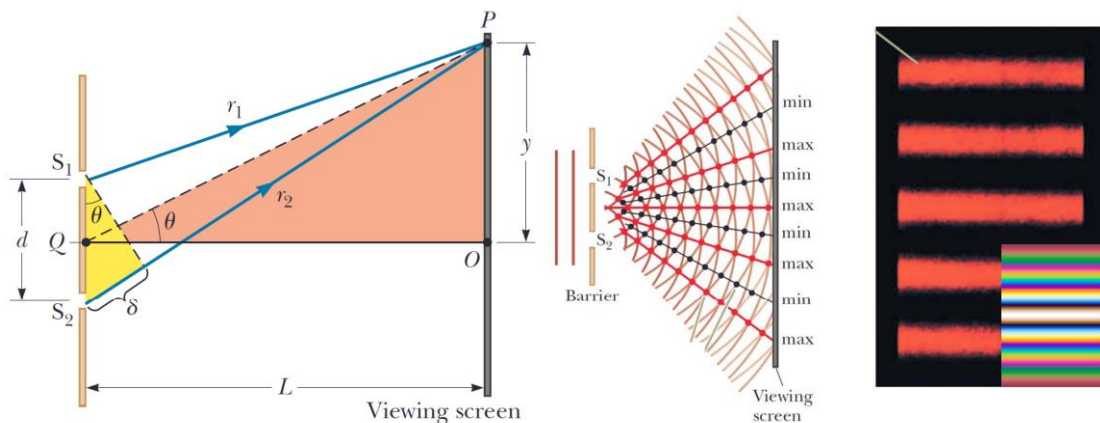
Κωνσταντίνος Παπαφυλάκης

17/12/2023

Θεωρία

Συμβολή ονομάζεται η αλληλεπίδραση δύο κυμάτων τα οποία είτε προέρχονται από την ίδια πηγή, είτε από διαφορετικές πηγές έχοντας την ίδια ή παραπλήσια συχνότητα και διαδίδονται στο ίδιο μέσο, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός κύματος με μεγαλύτερο ή μικρότερο πλάτος. Δύο κύματα που διαδίδονται ταυτόχρονα στην ίδια περιοχή του μέσου μπορούν να συμβάλλουν είτε ενισχυτικά είτε αποσβεστικά. Ενισχυτική συμβολή λαμβάνει χώρα στην περίπτωση που τα κύματα βρίσκονται στην ίδια φάση, ενώ αν στην ίδια περιοχή του χώρου συναντηθούν κύματα που έχουν διαφορά φάσης 180° το αποτέλεσμα είναι η αποσβεστική συμβολή.

Για τη μέτρηση του μήκους κύματος και της συχνότητας μονοχρωματικού φωτός, θα παρατηρήσουμε τη συμβολή του φωτός από δύο σχισμές (πείραμα του Young).



Εικόνα 1: Εικόνα συμβολής από δύο σχισμές (πείραμα του Young)

Στην συμβολή από δύο σχισμές, για τους φωτεινούς κροσσούς (μέγιστα της συμβολής), δηλαδή εκεί που η ένταση είναι μέγιστη, ισχύει

$$\sin \theta = \frac{n\lambda}{d}, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots [0 = \text{κεντρικός φωτεινός κροσσός}, 1 = 1^{\text{ος}} \text{ φωτεινός κροσσός}, 2 = 2^{\text{ος}} \text{ φωτεινός κροσσός}, \dots]$$

για $d \ll L$, όπου d η απόσταση μεταξύ των δύο σχισμών, L η απόσταση από την οθόνη, λ το μήκος κύματος και θ η γωνία, την οποία θεωρούμε σχετικά μικρή. Από το σχήμα της Εικόνας 1 προκύπτει ότι

$$\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{y_n}{L}$$

όπου y_n η απόσταση μεταξύ του κεντρικού φωτεινού κροσσού (κεντρική φωτεινή δέσμη) και του n -οστού φωτεινού κροσσού. Συνδυάζοντας τις 2 παραπάνω εξισώσεις προκύπτει ότι

$$y_n = \frac{n\lambda L}{d}, \quad m = \pm 1, 2, \dots$$

Άρα, το μήκος κύματος είναι

$$\lambda = \frac{y_n d}{nL}, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

Αφού υπολογιστεί το μήκος κύματος, η συχνότητα του φωτός υπολογίζεται πολύ εύκολα από τον θεμελιώδη νόμο της κυματικής:

$$c = \lambda f$$

όπου $c \cong 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ η ταχύτητα του φωτός στο κενό (ο αέρας έχει δείκτη διάθλασης $n \approx 1$ οπότε θεωρούμε η ταχύτητα του φωτός στον αέρα είναι περίπου ίδια με αυτή στο κενό) και f η συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος (φως). Άρα η συχνότητα δίνεται από τη σχέση

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Πείραμα: Μέτρηση Μήκους Κύματος και Συχνότητας μονοχρωματικού φωτός

ΥΛΙΚΑ

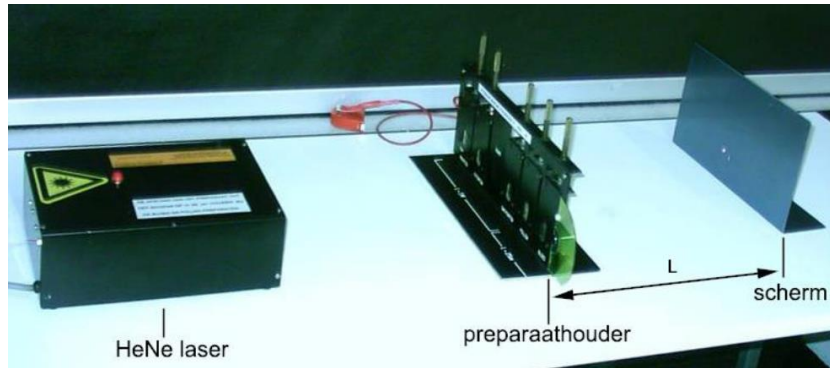
- 'Φράγμα' περίθλασης 2 σχισμών με γνωστή την απόσταση ανάμεσα στις δύο σχισμές του (η απόσταση πρέπει να είναι πολύ μικρή, της τάξης του 1mm)
- Laser (μονοχρωματικό φως)
- Οθόνη (χρησιμοποιήστε ένα φύλλο χαρτί ή έναν τοίχο ως οθόνη)
- Μετροταινία/χάρακας
- Μολύβι
- Φύλλο χαρτί

ΜΕΘΟΔΟΣ

1. Τοποθετήστε το 'φράγμα' περίθλασης σε απόσταση L από την οθόνη.
3. Τοποθετήστε το laser περίπου 20cm μακριά από το 'φράγμα' περίθλασης.
4. Ανάψτε το laser.
5. Μετακινήστε το laser αργά μέχρι να φωτίσει το 'φράγμα' με τρόπο τέτοιο ώστε να έχουμε εικόνα συμβολής.
6. Μετρήστε τις αποστάσεις y_m ανάμεσα στον κεντρικό φωτεινό κροσσό και του n -οστού φωτεινού κροσσού (για $n=1$ έως $n=5$). Σημειώστε τις θέσεις των μεγίστων στο φύλλο χαρτί με ένα μολύβι.
7. Κλείστε το laser
8. Μετρήστε την απόσταση L και συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα.

9. Χρησιμοποιήστε τις μαθηματικές σχέσεις που έχουν δοθεί για να υπολογίσετε το μήκος κύματος λ του laser και στη συνέχεια τη συχνότητά του.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ



ΠΙΝΑΚΑΣ

n (Αριθμός μεγίστου)	y Απόσταση από το κέντρο ως το μέγιστο (cm)	λ μήκος κύματος (nm)	$\langle \lambda \rangle$ Μέσο μήκος κύματος (nm)
1			
2			
3			
4			
5			

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

$$\lambda = \frac{y_n d}{nL}$$

και

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από το πείραμα, το 'μέσο' μήκος κύματος του laser είναι

_____ nm

και η 'μέση' συχνότητα του φωτός είναι

_____ Hz

ΣΧΕΤΙΚΟ ΣΦΑΛΜΑ

Τέλος, υπολογίζουμε το σχετικό σφάλμα (θεωρούμε ότι $\lambda_{\theta\epsilon\omega\rho}$ είναι εκείνο που δίνει ο κατασκευαστής του laser pointer) με τη βοήθεια της σχέσης:

$$\sigma = \frac{|\lambda_{\theta\epsilon\omega\rho} - \lambda_{\pi\epsilon\iota\rho}|}{\lambda_{\theta\epsilon\omega\rho}} \cdot 100\%$$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1) ΑΠΘ, Τμήμα Φυσικής, "Εργαστηριακά Θέματα Οπτικής - Πειράματα", "1 ΣΥΜΒΟΛΗ",
https://erofpa.physics.auth.gr/wp-content/uploads/2020/06/1-INTERFERENCE_1592513019.pdf

2) Wikipedia, "Συμβολή (Φυσική)",
[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%85%CE%BC%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CE%AE_\(%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AE\)](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%85%CE%BC%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CE%AE_(%CF%86%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AE))

3) ΕΚΦΕ ΕΥΡΥΤΑΝΙΑΣ, "Εργαστηριακή διδασκαλία των Φυσικών Μαθημάτων", "Μέτρηση μήκους κύματος μονοχρωματικής ακτινοβολίας",
http://ekfechalandr.att.sch.gr/RealLabWorksheets/Physics/Lyceum_C/EKFE_Evritanias_Measurement_of_wavelength_of_light.pdf