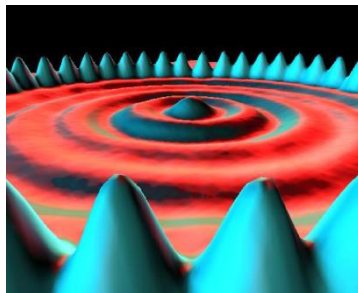


## Κβαντοφυσική

*Η φυσική των πολύ μικρών στοιχείων  
με τις μεγάλες εφαρμογές*



### 3<sup>ο</sup> Μέρος : ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΡΙΟΤΗΤΕΣ

*Εύρεση του πάχους μιας ανθρώπινης τρίχας χρησιμοποιώντας  
την περίθλαση του φωτός*



Το Quantum Spin-Off χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση υπό το πρόγραμμα LLP Comenius (540059-LLP-1-2013-1-BE-COMENIUS-CMP).

Renaat Frans, Laura Tamassia

Επαφή: [renaat.frans@khlm.be](mailto:renaat.frans@khlm.be)

Το παρόν υλικό αντικατοπτρίζει τις απόψεις των συγγραφέων και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δεν μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνη για τη χρήση οποιασδήποτε πληροφορίας περιέχεται στο παρόν



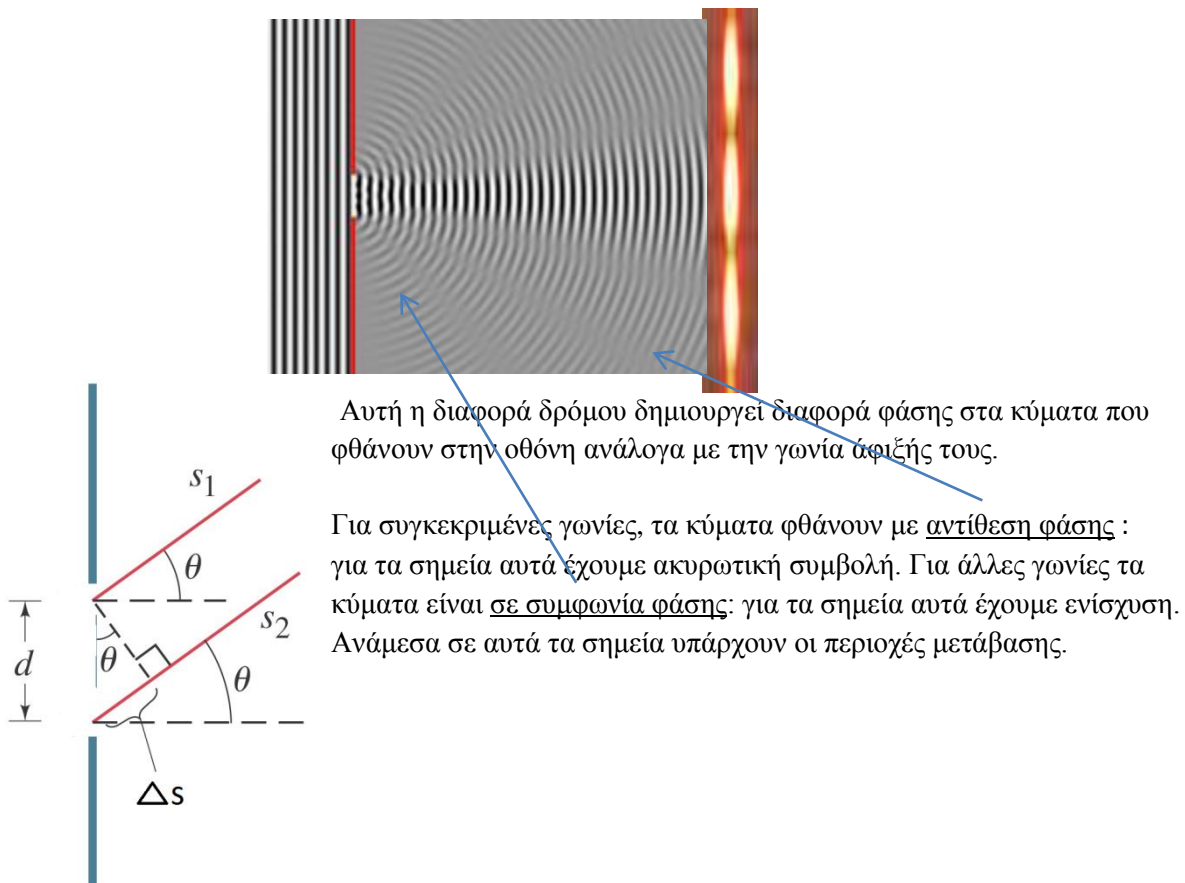
**Ερευνητικό Θέμα:****Πως μπορούμε να μετρήσουμε το πάχος μιας τρίχας;****ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Όταν το φως διέρχεται από ένα μικρό εμπόδιο ή περνά από ένα μικρό άνοιγμα, συμβαίνει το φαινόμενο της περίθλασης.



Ένα εμπόδιο και μια σχισμή δημιουργούν το ίδιο διαμόρφωμα περίθλασης. Μιας και είναι ευκολότερο να εκτελέσουμε τον υπολογισμό με μια σχισμή, θα σκεφτούμε την τρίχα σαν μία σχισμή με μέγεθος ίσο με το μέγεθος της τρίχας.

Το διαμόρφωμα περίθλασης εμφανίζεται ως συνέπεια : (1) της αρχής του Huygens, η οποία αναφέρει ότι κάθε σημείο δρα ως πηγή φωτεινών κυμάτων και (2) της διαφοράς δρόμου ανάμεσα στα διαφορετικά φωτεινά κύματα που διέρχονται από τη σχισμή.



Πρακτική Δραστηριότητα : Εύρεση του πάχους μιας ανθρώπινης τρίχας χρησιμοποιώντας την περίθλαση του φωτός.

Τα φωτεινά κύματα υπερτίθενται. Με άλλα λόγια λέμε ότι συμβάλλουν. Κατά συνέπεια θα υπάρχει φώς, όχι μόνο πίσω από την σχισμή, αλλά και δίπλα σε αυτή με τη μορφή ενός διαμορφώματος μεγίστων και ελαχίστων.

Όσο πιο μικρή είναι η σχισμή ή το αντικείμενο, τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι η γωνία ώστε η διαφορά δρόμου να είναι ικανοποιητική ώστε να προκαλέσει ακυρωτική συμβολή. Όσο πιο μεγάλη είναι η σχισμή ή το αντικείμενο, τόσο πιο μικρή είναι η γωνία που χρειάζεται για να παρατηρήσουμε αναίρεση. **Με άλλα λόγια, τα μικρά αντικείμενα δημιουργούν ένα ευρύ διαμόρφωμα συμβολής όπου η απόσταση ανάμεσα στα διαδοχικά ελάχιστα (και τα μέγιστα) είναι μεγάλη. Μεγάλα αντικείμενα ή φαρυδιές σχισμές δημιουργούν ένα στενό διαμόρφωμα με εναλασσόμενα μέγιστα και ελάχιστα.** Αν η σχισμή είναι πολύ μεγάλη, το διαμόρφωμα συμβολής εξαφανίζεται και στη θέση του έχουμε απλά φως πίσω απ' τη σχισμή.

Η περίθλαση μας παρέχει έναν τρόπο να προσδιορίσουμε το μέγεθος ενός μικρού αντικειμένου όπως μια τρίχα ή ένα αιμοσφαίριο, διότι το εύρος του διαμορφώματος συμβολής εξαρτάται από τις διαστάσεις της σχισμής ή του εμποδίου.

Σε αυτήν την πρακτική δραστηριότητα θα προσδιορίσουμε το πάχος μιας τρίχας.

Μια τρίχα είναι αρκετά λεπτή, άρα το διαμόρφωμα συμβολής που θα παρατηρηθεί θα έχει εύρος τέτοιο ώστε να μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια χρησιμοποιώντας έναν χάρακα.

## Προσδιορισμός των διαστάσεων αντικειμένων από το διαμόρφωμα συμβολής με χρήση τριγωνομετρίας

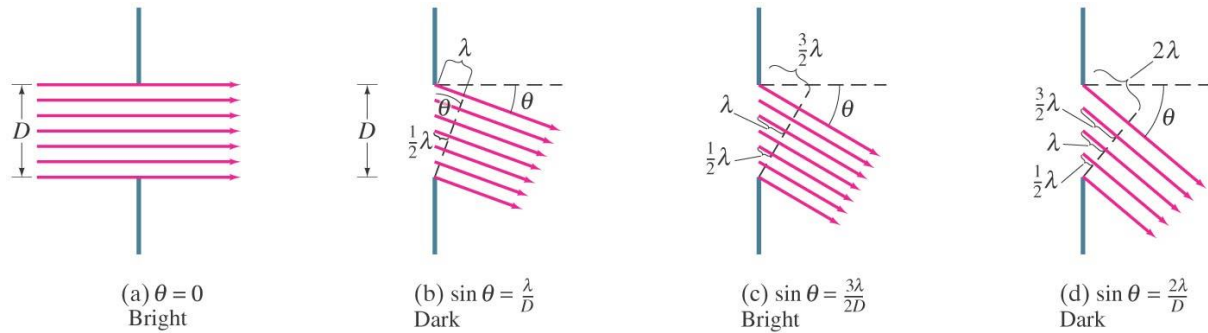
Πως μπορούμε να εξάγουμε μία σχέση με την οποία να προσδιορίσουμε το μέγεθος του αντικειμένου από την μετρούμενη απόσταση ανάμεσα στα ελάχιστα του διαμορφώματος περίθλασης;

Η διαφορά δρόμου  $\Delta s$  (δείτε την εικόνα) είναι ο καθοριστικός παράγοντας σχετικά με το αν θα υπάρχει απόσβεση ή ενίσχυση. Είναι δυνατόν να συσχετίσουμε αυτό το  $\Delta s$  χρησιμοποιώντας μια τριγωνομετρική σχέση ανάμεσα στη γωνία  $\theta$  και το εύρος της σχισμής  $D$ ; (Μπορείτε να βρείτε το σωστό τρίγωνο που θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί γι αυτό;)

$$\eta\mu\theta = \frac{\Delta s}{D} \Leftrightarrow \Delta s = D \cdot \eta\mu\theta$$

**Ποια είναι η συνθήκη την οποία θα πρέπει να πληροί το  $\Delta s$  για να έχουμε απόσβεση;**

Πρακτική Δραστηριότητα : Εύρεση του πάχους μιας ανθρώπινης τρίχας χρησιμοποιώντας την περίθλαση του φωτός.



Πρώτα θεωρούμε ότι οι δέσμες κινούνται ευθύγραμμα. Όλες τους βρίσκονται σε συμφωνία φάσης ( $\Delta s = 0$ ) με αποτέλεσμα ακριβώς μπροστά από τη σχισμή να υπάρχει μέγιστο.

Στη συνέχεια θεωρούμε μια γωνία για την οποία η διαφορά δρόμου της άνω και της κάτω ακτίνας είναι ακριβώς ίση με ένα μήκος κύματος ( $\Delta s = \lambda$ ). Η ακτίνα η οποία διέρχεται ακριβώς από το μέσο της σχισμής θα διαφέρει ακριβώς μισό μήκος κύματος (άρα θα είναι σε αντίθεση φάσης) με την άνω ακτίνα. Αυτές οι δύο ακτίνες θα συμβάλουν ακυρωτικά στην οθόνη. Επιπλέον μία δέσμη που διέρχεται λίγο κάτω από το μέσον θα είναι σε αντίθεση φάσης με μια ακτίνα που διέρχεται λίγο κάτω από το άνω άκρο της σχισμής. Με άλλα λόγια, για την ακτίνα στην οποία η διαφορά φάσης ισούται με ένα μήκος κύματος  $\lambda$ , οι ακτίνες θα ακυρώσουν η μία την άλλη κατά ζεύγη και θα δημιουργήσουν ένα ελάχιστο στην οθόνη.

Αν  $\Delta s = \lambda$  υπάρχει ένα ελάχιστο, επομένως η συνθήκη για ένα ελάχιστο δίδεται από:

$$\Delta s = \lambda = D \cdot \eta\mu\theta$$

Επίσης, αν  $\Delta s = 2\lambda$ , μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο επιχειρήμα για να δούμε ότι θα υπάρξει απόσβεση των ακτίνων κατά ζεύγη. Επομένως η συνθήκη για να παρατηρήσουμε ελάχιστο δίδεται από :

$$\Delta s = m\lambda = D \cdot \eta\mu\theta \quad (1)$$

όπου  $m = 1, 2, 3$

και  $D$  το εύρος της σχισμής,  $\lambda$  το μήκος κύματος του φωτός και  $\theta$  η γωνία ανάμεσα στην ευθεία που συνδέει σχισμή και οθόνη και την διεύθυνση του "m<sup>οστό</sup>" ελαχίστου.

Αν ο στόχος είναι ο προσδιορισμός του  $D$  είναι καλύτερο να ξαναγράψουμε την παραπάνω σχέση ως:

$$D = \frac{m\lambda}{\eta\mu\theta}$$

Λόγω του ότι οι μικρές γωνίες είναι δύσκολο να μετρηθούν, μπορούμε να αξιοποιήσουμε τη σχέση

$$\eta\mu\theta \approx \epsilon\phi\theta \quad \text{για μικρό } \theta$$

Και

$$\epsilon\phi\theta = \frac{A}{L}$$

Πρακτική Δραστηριότητα : Εύρεση του πάχους μιας ανθρώπινης τρίχας χρησιμοποιώντας την περίθλαση του φωτός.

Με  $L$  την απόσταση ανάμεσα στο αντικείμενο και την οθόνη και  $A$  η απόσταση έως το ελάχιστο. (Σχεδιάστε το ορθογώνιο τρίγωνο) ώστε:

$$D = \frac{m\lambda}{A} L \quad (2)$$

Το πάχος της τρίχας,  $D$ , θα προσδιοριστεί από την μέτρηση του  $A_n$  έως το πρώτο ( $n=1$ ), το 2<sup>ο</sup> ( $n=2$ ) ή το  $n$ -οστό **ελάχιστο της περίθλασης**. Στο κλασσικό διαμόρφωμα συμβολής μπορούμε να δούμε καθαρά ένα σημείο χαμηλής έντασης ανάμεσα στα μέγιστα της συμβολής.

## ΠΕΙΡΑΜΑ: Μέτρηση του εύρους μιας τρίχας μέσω περίθλασης

### ΥΛΙΚΑ

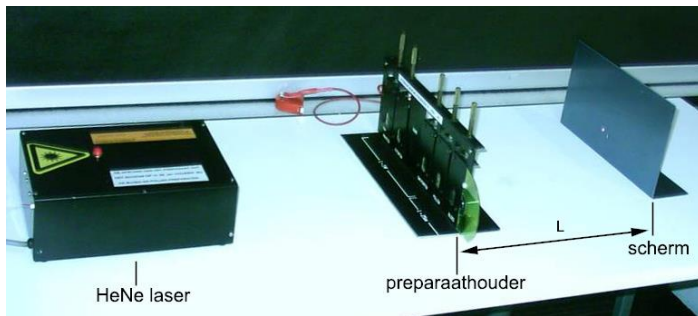
- Διάταξη στήριξης του δείγματος
- Λέιζερ ( $\lambda = 632.8\text{nm}$ )
- Οθόνη (χρησιμοποιήστε ένα φύλλο χαρτί ως οθόνη)
- Μετροταινία
- Χάρακα
- Μολύβι

### ΜΕΘΟΔΟΣ

1. Προσαρμόστε ένα φύλλο χαρτί στην οθόνη.
2. Τοποθετήστε την διάταξη στήριξης του δείγματος σε απόσταση ακριβώς 1m από την οθόνη.
3. Τοποθετήστε το λέιζερ περίπου 20cm μακριά από το δείγμα.
4. Ανάψτε το λέιζερ.
5. Μετακινήστε το λέιζερ αργά μέχρι να φωτίσει την τρίχα με τρόπο τέτοιο ώστε να έχουμε διαμόρφωμα συμβολής.
6. Μετρήστε τις αποστάσεις  $A_n$  ανάμεσα στο φωτεινό σημείο της κεντρικής φωτεινής δέσμης και του n-οστού μεγίστου (για  $n=1$  έως  $n=5$ ). Σημειώστε τις θέσεις των ελαχίστων στο φύλλο χαρτί με ένα μολύβι.
7. Κλείστε το λέιζερ και αφαιρέστε το χαρτί από την οθόνη.
8. Μετρήστε την απόσταση (A) και συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα.
9. Χρησιμοποιήστε τις μαθηματικές σχέσεις που έχουν δοθεί για να υπολογίσετε το εύρος της τρίχας (D).

Πρακτική Δραστηριότητα : Εύρεση του πάχους μιας ανθρώπινης τρίχας χρησιμοποιώντας την περίθλαση του φωτός.

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ



### ΠΙΝΑΚΑΣ

m (αριθμός ελαχίστου)	A Απόσταση από το κέντρο έως το ελάχιστο (cm)	D Πάχος της τρίχας (μm)	<d> Μέσο πάχος (μm)
1			
2			
3			
4			
5			

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

$$D = \frac{m\lambda}{A} L$$

Πρακτική Δραστηριότητα : Εύρεση του πάχους μιας ανθρώπινης τρίχας χρησιμοποιώντας την περίθλαση του φωτός.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από το πείραμα μπορούμε να προσδιορίσουμε ότι το ‘μέσο’ πάχος της μετρούμενης τρίχας είναι ίσο με :

\_\_\_\_\_  $\mu\text{m}$

Στην βιβλιογραφία, το πάχος μιας τρίχας βρίσκεται στην περιοχή ανάμεσα σε 9 και 100  $\mu\text{m}$ .