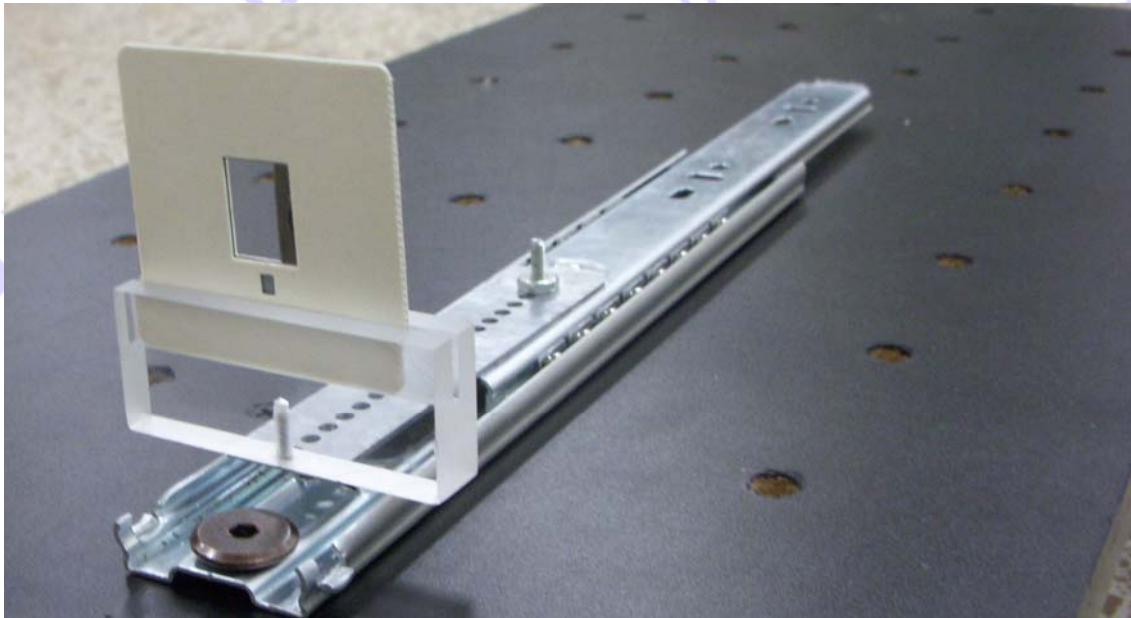


ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ Νο. 1**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΦΩΤΟΣ LASER****ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ**

Επιπρόσθετα με τα υλικά 1), 2) και 3), αναμένεται να χρησιμοποιήσετε τα ακόλουθα:

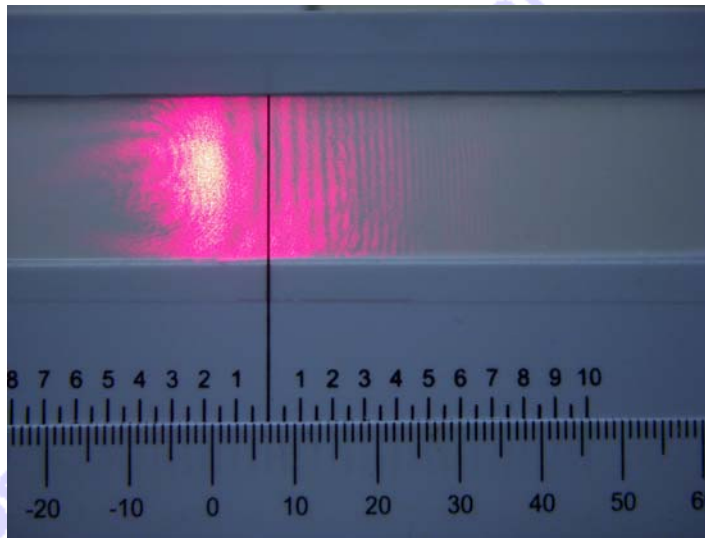
- 4) Φακός ενσωματωμένος μέσα σε ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο στήριγμα (με την ετικέτα C).
- 5) Λεπίδα ενσωματωμένη μέσα σε πλαίσιο (με την ετικέτα D1) στηριγμένο σε βάση, η οποία μπορεί να ολισθαίνει κατά μήκος μεταλλικής τροχιάς (με την ετικέτα D2). Χρησιμοποιήστε κατσαβίδι για να σφίξετε τη βάση, εάν είναι απαραίτητο. Παρατηρήστε την αντίστοιχη εικόνα για οδηγίες.
- 6) Οθόνη για τις παρατηρήσεις, με κλίμακα (1/20 mm) (με την ετικέτα E).
- 7) Μεγεθυντικός φακός (με την ετικέτα F).
- 8) Χάρακας 30 cm (με την ετικέτα G).
- 9) Διαστημόμετρο (με την ετικέτα H).
- 10) Μετροταινία (με την ετικέτα I).
- 11) Υπολογιστική μηχανή.
- 12) Λευκές κάρτες, κολλητική ταινία, ψαλίδι, σετ τριγώνων, κολλητική ουσία.
- 13) Μολύβια, κόλες, χαρτί για γραφική παράσταση.



Λεπίδα ενσωματωμένη μέσα σε πλαίσιο (LABEL D1) στηριγμένο σε βάση η οποία μπορεί να ολισθαίνει κατά μήκος μεταλλικής τροχιά (LABEL D2).

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

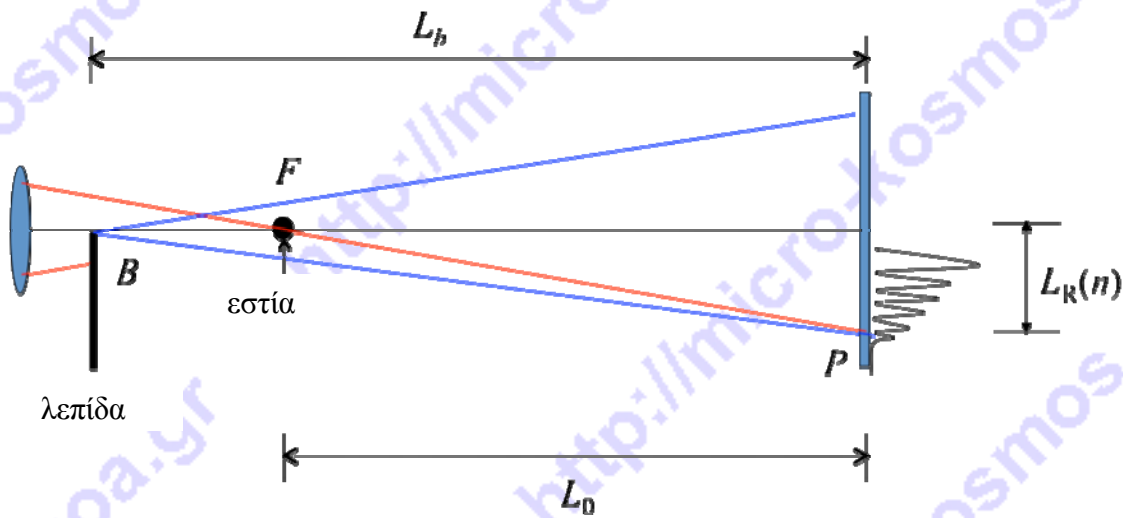
Ο σκοπός του πειράματος, είναι ο προσδιορισμός του μήκους κύματος φωτός laser διόδου. Ένα χαρακτηριστικό του πειράματος αυτού, είναι ότι δεν χρησιμοποιείται φράγμα περίθλασης ή άλλο υλικό με ακρίβεια κλίμακας μικρομέτρου. Το μικρότερο μήκος που μετρείται σε αυτό το πείραμα είναι στην κλίμακα του χιλιοστομέτρου. Το μήκος κύματος προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας την περίθλαση του φωτός που λαμβάνει χώρα στην άκρη μιας πολύ λεπτής λεπίδας.



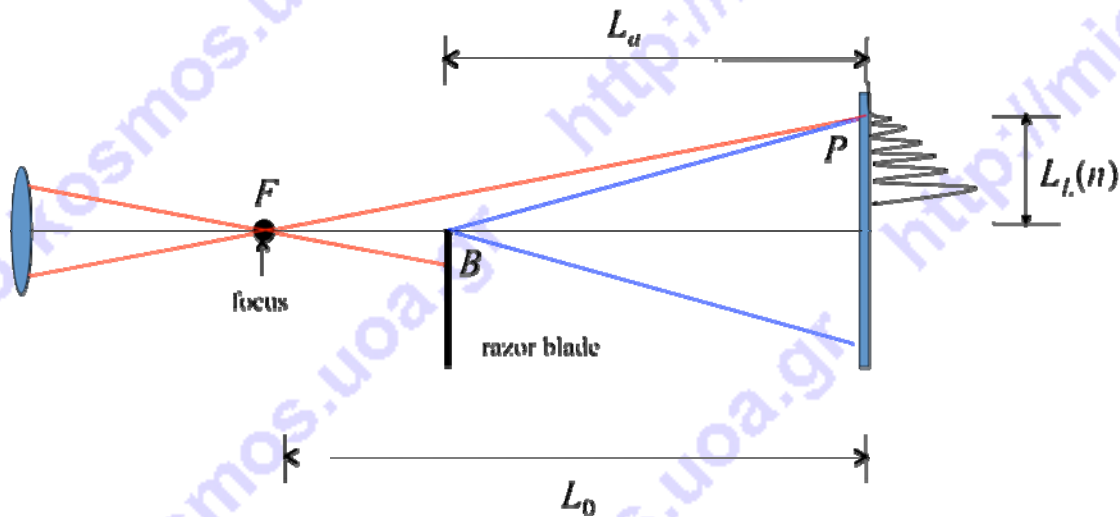
Σχήμα 1.1 Τυπική εικόνα κροσσών συμβολής.

Καθώς το φως laser (A) ανακλάται στον καθρέπτη (B), θα πρέπει να κατευθυνθεί διαμέσου του φακού (C), ο οποίος έχει εστιακή απόσταση μερικά εκατοστόμετρα. Μπορούμε τώρα να υποθέσουμε ότι η εστία του φακού αποτελεί τη σημειακή πηγή φωτός laser, από την οποία εκπέμπεται σφαιρικό κύμα. Μετά το φακό η δέσμη φωτός laser συναντά την άκρη της λεπίδας, ως εμπόδιο στην ευθεία διάδοση της δέσμης. Το σημείο στο οποίο η δέσμη συναντά τη λεπίδα μπορεί να θεωρηθεί τώρα ως φωτεινή πηγή εκπομπής κυλινδρικού κύματος. Αυτά τα δύο κύματα συμβάλουν μεταξύ τους, στην κατεύθυνση διάδοσης, δημιουργώντας την εικόνα της συμβολής που αποτελείται από τους λεγόμενους κροσσούς συμβολής, που μπορεί να παρατηρηθεί στην οθόνη. Παρατηρήστε το σχήμα 1.1 με την εικόνα αυτού του αποτελέσματος.

Υπάρχουν δύο σημαντικές περιπτώσεις, παρατηρήστε τα Σχήματα 1.2 και 1.3.



Σχήμα 1.2. Περίπτωση (I). Η λεπίδα βρίσκεται **πριν** την εστία του φακού. Το Σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα. Το B σε αυτό το διάγραμμα είναι η άκρη της λεπίδας και F είναι η εστία του φακού.



Σχήμα 1.3. Περίπτωση (II). Η λεπίδα βρίσκεται **μετά** την εστία του φακού. Το Σχήμα δεν είναι υπό κλίμακα. Το B σε αυτό το διάγραμμα είναι η άκρη της λεπίδας και F είναι η εστία του φακού.



ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Εργασία 1.1 Πειραματική Διάταξη (1.0 point). Σχεδιάστε την πειραματική διάταξη με την οποία μπορούμε να παρατηρήσουμε την εικόνα της συμβολής όπως περιγράφηκε πιο πάνω. Η απόσταση L_0 από την εστία του φακού μέχρι την οθόνη πρέπει να είναι αρκετά μεγαλύτερη από την εστιακή απόσταση.

- Σχεδιάστε την πειραματική διάταξη πάνω στην οπτική τράπεζα που έχετε στη διάθεσή σας. Θα πρέπει να σημειώσετε τα γράμματα των ετικετών, που αντιστοιχούν στα υλικά που χρειάζονται για την πειραματική διάταξη. Μπορείτε να σχεδιάσετε επιπρόσθετα κάτι που νομίζετε θα κάμει πιο ξεκάθαρο το σχεδιάγραμμα της πειραματικής διάταξης.
- Μπορείτε να ευθυγραμμίσετε τη δέσμη laser, χρησιμοποιώντας μια από τις λευκές κάρτες, για να ακολουθήσετε την τροχιά της δέσμης.
- Σχεδιάστε την τροχιά της δέσμης laser στο διάγραμμα της οπτικής τράπεζας και γράψετε το ύψος h της δέσμης, όπως μετρείται από την οπτική τράπεζα.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Αγνοήστε τη μεγαλύτερη σε διαστάσεις κυκλική εικόνα της συμβολής που μπορεί να παρουσιαστεί. Αυτό το αποτέλεσμα οφείλεται στην ίδια την πηγή laser.

Αφιερώστε λίγο χρόνο ώστε να μάθετε την πειραματική διάταξη. Αναμένεται να μπορείτε να δείτε στην οθόνη 10 ή περισσότερες κατακόρυφες γραμμές συμβολής (κροσσοί). Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το μεγεθυντικό φακό, για να παρατηρήσετε καλύτερα τους κροσσούς συμβολής. **Ο καλύτερος τρόπος να παρατηρήσετε τους κροσσούς συμβολής, είναι να κοιτάξετε από το πίσω μέρος της οθόνης (E).** Έτσι, η κλίμακα της οθόνης πρέπει να είναι προς την έξω πλευρά της οπτικής τράπεζας. Εάν οι οπτικές συσκευές ευθυγραμμίζονται ορθά, αναμένεται να παρατηρήσετε και τις δύο εικόνες (των Περιπτώσεων I και II), απλά με το να μεταφέρετε ολισθαίνοντας τη λεπίδα (D1) πάνω στην τροχιά (D2). Οι μετρήσεις λαμβάνονται χρησιμοποιώντας τις θέσεις των σκοτεινών κροσσών συμβολής.

ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Με αναφορά τα σχήματα 1.2 και 1.3 πιο πάνω, υπάρχουν πέντε βασικά μήκη:

L_0 : Η απόσταση μεταξύ της εστίας και της οθόνης.

L_b : Η απόσταση μεταξύ της λεπίδας και της οθόνης, Περίπτωση I.

L_a : Η απόσταση μεταξύ της λεπίδας και της οθόνης, Περίπτωση II.

$L_R(n)$: Θέση του **σκοτεινού** κροσσού n-τάξης για την Περίπτωση I.

$L_L(n)$: Θέση του **σκοτεινού** κροσσού n-τάξης για την Περίπτωση II.

Ο πρώτος σκοτεινός κροσσός, για τις δύο Περιπτώσεις I και II, είναι και ο πιο πλατύς και αντιστοιχεί στην τιμή $n = 0$.

Η πειραματική σας διάταξη πρέπει να είναι τέτοια ώστε, $L_R(n) \ll L_0, L_b$ για την Περίπτωση I και $L_L(n) \ll L_0, L_a$ για την Περίπτωση II.

Το φαινόμενο της συμβολής, σε αυτή την περίπτωση, οφείλεται στη διαφορά οπτικού δρόμου των κυμάτων που ξεκινούν αρχικά από το ίδιο σημείο. Ανάλογα με τη διαφορά φάσης των κυμάτων που συμβάλλουν, τα κύματα μπορούν να αλληλοεξουδετερωθούν (πλήρης απόσβεση) δημιουργώντας σκοτεινούς κροσσούς συμβολής ή μπορούν να προστεθούν (πλήρης ενίσχυση) δημιουργώντας φωτεινούς κροσσούς συμβολής.

Μια λεπτομερής ανάλυση της συμβολής των κυμάτων δίνει ως αποτέλεσμα την ακόλουθη σχέση για τη συνθήκη να δημιουργηθούν σκοτεινοί κροσσοί, για την Περίπτωση I:

$$\Delta_I(n) = \left(n + \frac{5}{8} \right) \lambda \quad \text{όπου } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.1)$$

και για την Περίπτωση II:

$$\Delta_{II}(n) = \left(n + \frac{7}{8} \right) \lambda \quad \text{όπου } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.2)$$

όπου λ είναι το μήκος κύματος του φωτός laser, και Δ_I και Δ_{II} είναι η διαφορά οπτικού δρόμου για κάθε περίπτωση.



Η διαφορά οπτικού δρόμου για τα δύο κύματα, για την Περίπτωση I είναι,

$$\Delta_I(n) = (BF + FP) - BP \quad \text{για κάθε } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.3)$$

καθώς για την Περίπτωση II είναι,

$$\Delta_{II}(n) = (FB + BP) - FP \quad \text{για κάθε } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.4)$$

Εργασία 1.2: Σχέσεις για τη διαφορά οπτικών δρόμων (0.5 points).

Υποθέτοντας $L_R(n) \ll L_0, L_b$ για την Περίπτωση I και $L_L(n) \ll L_0, L_a$ για την Περίπτωση II για τις εξισώσεις (1.3) και (1.4) (βεβαιωθείτε ότι η πειραματική σας διάταξη ικανοποιεί αυτές τις συνθήκες), εξάγετε σχέσεις που δίνουν κατά προσέγγιση τις τιμές των $\Delta_I(n)$ και $\Delta_{II}(n)$ σε σχέση με τα μεγέθη $L_0, L_b, L_a, L_R(n)$ και $L_L(n)$.

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τη σχέση $(1+x)^r \approx 1+rx$ if $x \ll 1$.

Οι δυσκολίες σε αυτό το πείραμα με τις πιο πάνω σχέσεις, είναι ότι τα μεγέθη $L_0, L_R(n)$ και $L_L(n)$ δεν μπορούν να μετρηθούν με ακρίβεια. Το πρώτο μέγεθος L_0 δεν μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια επειδή δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί με ακρίβεια η εστία του φακού. Για τα άλλα δύο μεγέθη, $L_R(n)$ και $L_L(n)$, η μη ακρίβεια στις μετρήσεις τους οφείλεται στο γεγονός ότι το σημείο αναφοράς από το οποίο προσδιορίζονται οι τιμές των δύο αυτών μεγεθών, μπορεί να μεταβάλλεται αισθητά λόγω της κακής ευθυγράμμισης των οπτικών μέσων του πειράματος.

Για να αντιμετωπίσουμε αυτές τις δυσκολίες με τις ακριβείς μετρήσεις των μεγεθών $L_R(n)$ και $L_L(n)$, πρώτα επιλέξτε την τιμή μηδέν (0) της κλίμακας στην οθόνη (με την ετικέτα E) ως το σημείο αναφοράς για όλες τις μετρήσεις σας που αφορούν τις θέσεις των κροσσών. Έστω l_{0R} και l_{0L} να είναι οι (άγνωστες) θέσεις από τις οποίες τα μεγέθη $L_R(n)$ και $L_L(n)$ ορίζονται. Έστω $l_{R(n)}$ και $l_{L(n)}$ να είναι οι θέσεις των κροσσών όπως μετρούνται από το σημείο αναφοράς (0) που επιλέξατε. Έχουμε τότε,

$$L_R(n) = l_{R(n)} - l_{0R} \quad \text{και} \quad L_L(n) = l_{L(n)} - l_{0L}$$



ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Εργασία 1.3: Προσδιορισμός των θέσεων των σκοτεινών κροσσών (3.25 points)

- Για την Περίπτωση I και Περίπτωση II, μετρήστε τις θέσεις των σκοτεινών κροσσών $l_{R(n)}$ και $l_{L(n)}$ ως συνάρτηση της τάξης μεγέθους του κροσσού n . Καταγράψτε τις μετρήσεις σας στον Πίνακα I. Θα πρέπει να καταγράψετε τουλάχιστο 8 μετρήσεις για κάθε περίπτωση.
- Καταγράψτε, επίσης, τις θέσεις της λεπίδας L_b και L_a και γράψτε σε παρένθεση ΤΟ ΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΕΤΙΚΕΤΑΣ που αντιστοιχεί στο όργανο που χρησιμοποιήσατε για την αντίστοιχη μέτρηση.
- ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΕΙΣΗΓΗΣΗ: Για σκοπούς καλύτερης ακρίβειας και απλότητας στην ανάλυση των δεδομένων, μετρήστε απευθείας την απόσταση $d = L_b - L_a$ με μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι να μετρήσετε την απόσταση αυτή από τις μετρήσεις των L_b και L_a . Σημειώστε ΤΟ ΓΡΑΜΜΑ ΤΗΣ ΕΤΙΚΕΤΑΣ που αντιστοιχεί στο όργανο που χρησιμοποιήσατε.

Βεβαιωθείτε ότι συμπεριλαμβάνετε το σφάλμα της μέτρησης στις μετρήσεις σας.

Εργασία 1.4: Ανάλυση Δεδομένων (3.25 points)

Με βάση όλες τις πληροφορίες που έχετε ήδη, μπορείτε να υπολογίσετε τις τιμές των μεγεθών L_0 , l_{0R} και l_{0L} . Τέλος, φυσικά, μπορείτε να υπολογίσετε την τιμή του μήκους κύματος λ .

- Σκεφτείτε τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσετε για να υπολογίσετε αυτές τις τιμές. Καταγράψτε στη διαδικασία τη σχέση ή τις σχέσεις που απαιτούνται για το σκοπό αυτό. Να αποδείξετε τις αντίστοιχες σχέσεις για τον υπολογισμό των πιο πάνω μεγεθών.
- Συμπεριλάβετε στη διαδικασία την ανάλυση δεδομένων και την ανάλυση σφαλμάτων. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τον Πίνακα I ή να χρησιμοποιήσετε ένα δεύτερο πίνακα για να καταγράψετε τα αποτελέσματά σας. Βεβαιωθείτε ότι καταγράφετε καθαρά το περιεχόμενο των στηλών στους πίνακες.
- Σχεδιάστε γραφικές παραστάσεις των μεταβλητών που αναλύσατε στα τετραγωνισμένα χαρτιά που σας δίνονται.
- Γράψτε τις υπολογισμένες τιμές των μεγεθών l_{0R} και l_{0L} μαζί με το αντίστοιχο σφάλμα μέτρησης.

**Εργασία 1.5: Υπολογισμός του λ . (2.0 points)**

Υπολογίστε την τιμή του μήκους κύματος λ από την πιο πάνω ανάλυση δεδομένων. Συμπεριλάβετε το σφάλμα μέτρησης και τη διαδικασία για τον υπολογισμό του.

ΕΙΣΗΓΗΣΗ: Στην εξίσωση για το μήκος κύματος λ , όπου υπάρχει ο όρος $L_b - L_a$ αντικαταστήστε τον με d και χρησιμοποιήστε την τιμή που μετρήσατε.