Πειραματική Εξέταση

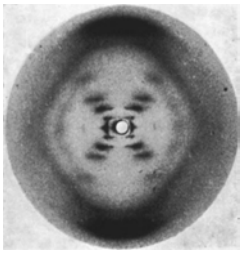
07 Ιουλίου 2015

Γενικές Οδηγίες

- Η πειραματική εξέταση διαρκεί 5 ώρες και βαθμολογείται με άριστα το 20.
- Δεν πρέπει να ανοίξετε το φάκελο των εκφωνήσεων ούτε να ασχοληθείτε με τον πειραματικό εξοπλισμό πριν ακουστεί το ηχητικό σήμα έναρξης της εξέτασης.
- Για τις απαντήσεις σας θα σας δοθούν ειδικά Απαντητικά Φύλλα (ΑΦ) της IPhO. Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας στα κατάλληλα πλαίσια/πίνακες του αντίστοιχου ΑΦ. Όλα τα γραφήματα θα σχεδιαστούν αποκλειστικά σε Φύλλα Μιλιμετρέ (ΦΜ) της IPhO που θα σας δοθεί. Επίσης θα σας δοθούν λευκές σελίδες (με την επισήμανση **B - blank**). Αν σημειώσετε κάτι σε αυτά τα φύλλα που δεν επιθυμείτε να βαθμολογηθεί, φροντίστε να το διαγράψετε με ένα X.
- Συμπληρώστε όλα τα πεδία στην κεφαλίδα κάθε σελίδας (Κωδικός υποψηφίου, Αριθμός Σελίδας κ.λπ.).
- Δεν επιτρέπεται να εγκαταλείψετε τη θέση εργασίας σας χωρίς άδεια. Αν χρειάζεστε οποιαδήποτε βοήθεια (χαλασμένος υπολογιστής τσέπης, φυσική ανάγκη, κ.λπ.), παρακαλείστε να τραβήξετε την προσοχή του επιτηρητή σηκώνοντας την κατάλληλη κάρτα (κόκκινη για βοήθεια, πράσινη για φυσική ανάγκη).
- Ηχητικές σημάνσεις καθορίζουν την έναρξη και τη λήξη της εξέτασης. Επιπρόσθετα θα ακούγεται μια ηχητική σήμανση ανά ώρα, υποδεικνύοντας το χρόνο που έχει παρέλθει. Δεκαπέντε λεπτά πριν τη λήξη της εξέτασης θα ακουστεί ειδικό ηχητικό σήμα.
- Όταν σημάνει η λήξη της εξέτασης πρέπει να αμέσως σταματήσετε να γράφετε. Τακτοποιήστε και αριθμήστε τα ΑΦ και τα ΦΜ. Τοποθετήστε τα στο φάκελο που θα σας δοθεί τον οποίο θα αφήσετε στο τραπέζι σας. Δεν επιτρέπεται να πάρετε μαζί σας σελίδες της εξέτασης κατά την αποχώρησή σας.
- Περιμένετε στο τραπέζι σας μέχρι την παραλαβή του φακέλου σας. Όταν μαζευτούν όλοι οι φάκελοι, ο οδηγός σας θα σας καθοδηγήσει για την αποχώρησή σας.

Περίθλαση που οφείλεται σε Ελικοειδή Δομή

(Σύνολο μονάδων: 10)



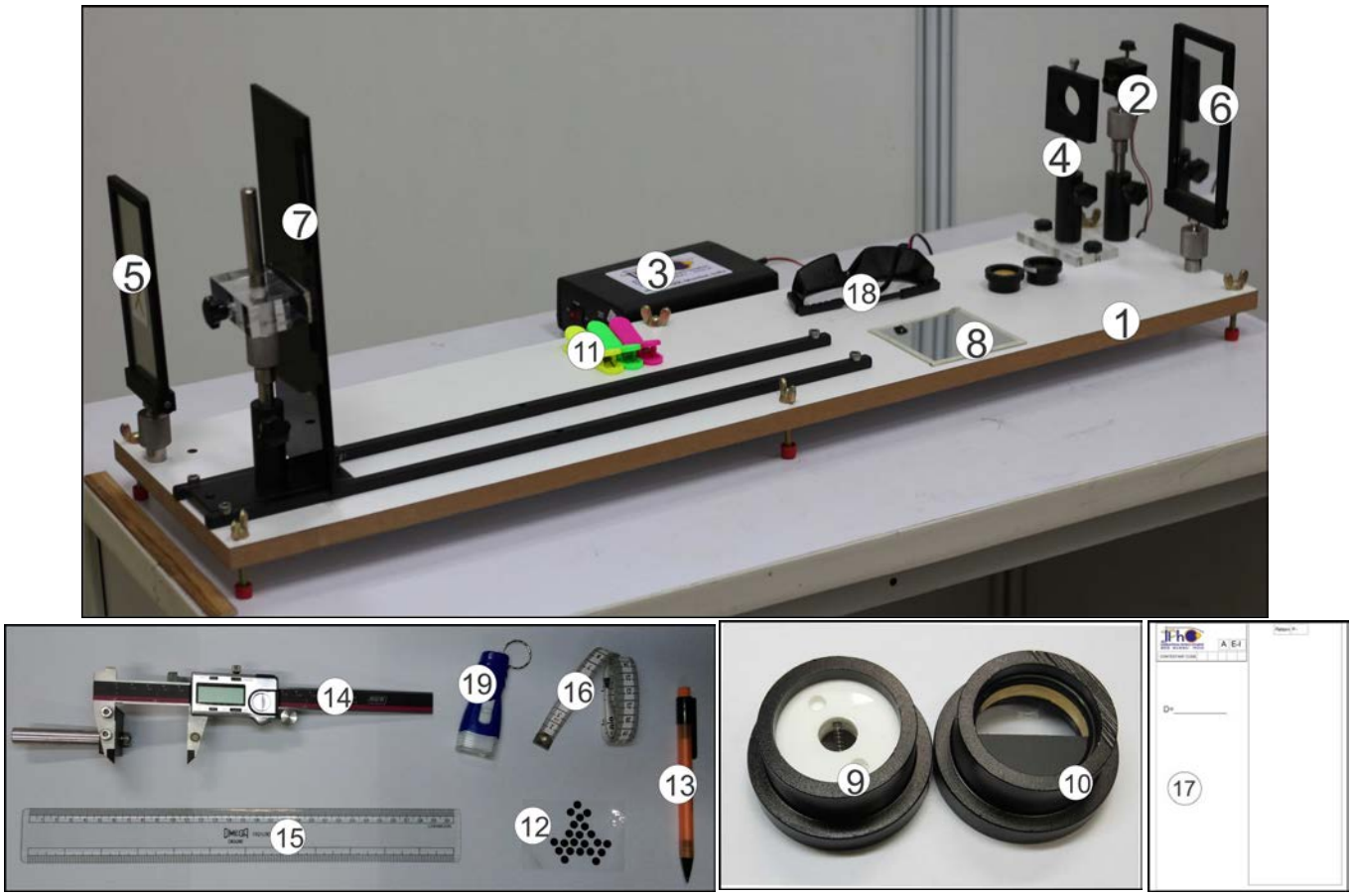
Εικόνα 1: Φωτογραφία 51

Εισαγωγή

Η εικόνα της περίθλασης των ακτίνων X από το DNA (Εικ. 1) που λήφθηκε στο εργαστήριο της Rosalind Franklin, γνωστή ως «Φωτογραφία 51», αποτέλεσε τη βάση για την ανακάλυψη της διπλής ελικοειδούς δομής του DNA από τους Watson και Crick το 1952. Αυτό το πείραμα θα μας βοηθήσει να κατανοήσουμε τα μοτίβα της περίθλασης από ελικοειδείς δομές χρησιμοποιώντας ορατό φως.

Σκοπός

Να προσδιορίσουμε τις γεωμετρικές παραμέτρους των ελικοειδών δομών χρησιμοποιώντας το φαινόμενο της περίθλασης.



Εικόνα 2: Συσκευές για το πείραμα E-I

Πειραματικός εξοπλισμός

[1]	Ξύλινη Πλατφόρμα	[11]	Πλαστικά μανταλάκια
[2]	Πηγή Laser με το στήριγμα και τη βάση της	[12]	Κυκλικά μαύρα αυτοκόλλητα
[3]	Πηγή ρυθμιζόμενου συνεχούς ρεύματος (DC) για την πηγή Laser	[13]	Μηχανικό μολύβι (μολυβόπεννα)
[4]	Στήριγμα δείγματος με τη βάση του	[14]	Ψηφιακό διαστημόμετρο με στήριγμα
[5]	Αριστερός ανακλαστήρας (καθρέφτης)	[15]	Πλαστικός χάρακας (30 cm)
[6]	Δεξιός ανακλαστήρας (καθρέφτης)	[16]	Μετροταινία (1.5 m)
[7]	Οθόνη (10 cm x 30 cm) με το στήριγμα και τη βάση της	[17]	Φύλλα αποτύπωσης του ίχνους

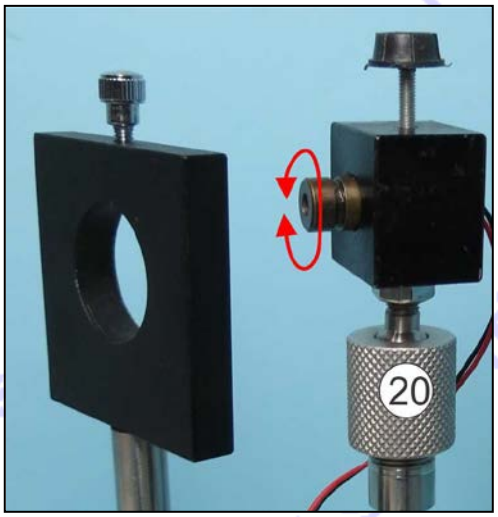
[8]	Επίπεδος καθρέφτης (10 cm x 10 cm)	[18]	Προστατευτικά γυαλιά
[9]	Δείγμα I (Ελικοειδές ελατήριο)	[19]	Φαναράκι (φακός) μπαταρίας
[10]	Δείγμα II μορφή Διπλής Έλικας τυπωμένη σε γυάλινο πλακίδιο		

Σημείωση: Τα αντικείμενα [1], [3], [14], [15], [16] και [18] χρησιμοποιούνται επίσης και στο πείραμα E-II.

Περιγραφή της Συσκευής

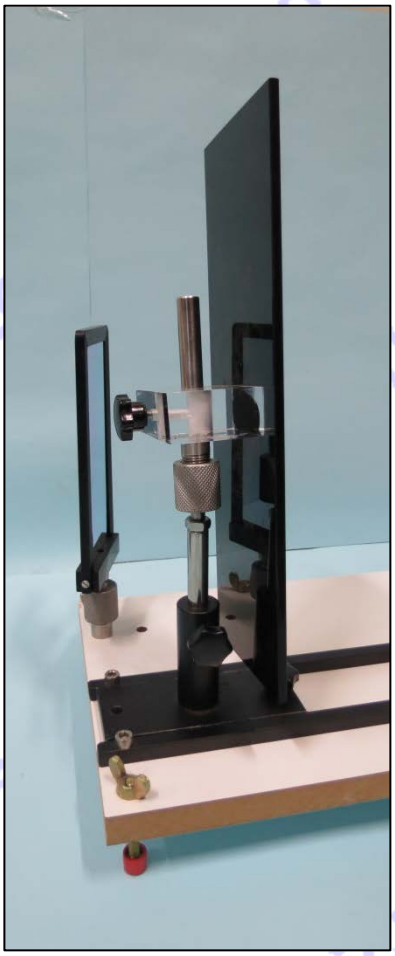
Η ξύλινη πλατφόρμα [1]: Σε αυτήν είναι στερεωμένα, σε σταθερές θέσεις, δύο ράγες οδηγοί, laser, ανακλαστήρες, οθόνη και στηρίγματα δείγματος.

Πηγή laser με το στήριγμα και τη βάση της [2]: Μία πηγή φωτός μήκους κύματος λ = 635 nm (1 nm = 10^{-9} m) είναι στερεωμένη μέσα στο μεταλλικό στήριγμα χρησιμοποιώντας μία σφαιρική άρθρωση ([20] στην εικ. 3), που επιτρέπει την προσαρμογή στις διευθύνσεις X-Y-Z. Η συσκευή laser μπορεί να περιστρέφεται και να στερεώνεται χρησιμοποιώντας τη βίδα στην κορυφή. Μπορείτε να ρυθμίσετε την εστίαση της ακτίνας περιστρέφοντας το κάλυμμα του μπροστινού φακού (κόκκινο βέλος στην εικ. 3) ώστε να πετύχετε ένα καθαρό και ακριβές μοτίβο (εικόνα) της περίθλασης.
Πηγή ρυθμιζόμενου συνεχούς ρεύματος (DC) [3]: Ο μπροστινός πίνακας διαθέτει ένα διακόπτη έντασης (high/low), μία υποδοχή για τη σύνδεση με την πηγή laser και τρεις θύρες USB. Ο πίσω πίνακας διαθέτει ένα διακόπτη τροφοδοσίας και υποδοχή τροφοδοσίας (ένθετο στην εικ. 4)



Εικόνα 3: Πηγή Laser και στήριγμα δείγματος. [20] Σφαιρική άρθρωση.

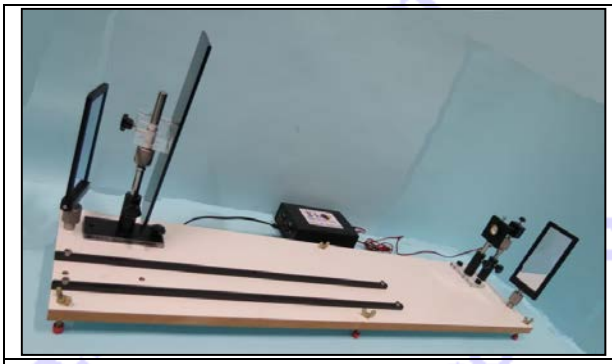
Εικόνα 4: Πηγή ρυθμιζόμενου συνεχούς ρεύματος (DC).



Εικόνα 5: Αριστερός ανακλαστήρας και οθόνη.

Στήριγμα δείγματος με τη βάση του [4]: Χρησιμοποιείστε τη βίδα στην κορυφή για να προσαρμόσετε τα δείγματα μέσα σ' αυτό (εικ. 3).Το στήριγμα του δείγματος μπορεί να ρυθμίζεται οριζοντίως, καθέτως και περιστροφικά.

Αριστερός ανακλαστήρας [5]: Αυτός ο ανακλαστήρας είναι στερεωμένος στην πλατφόρμα (εικ. 5). Μην χρησιμοποιείτε την πλευρά στην οποία αναγράφεται το σύμβολο X.
Δεξιός Ανακλαστήρας [6]: Αυτός είναι στερεωμένος στην πλατφόρμα και μπορεί να αφαιρείται (θα αφαιρεθεί στο πείραμα E-II). Μην χρησιμοποιείτε την πλευρά στην οποία αναγράφεται το σύμβολο X.
Οθόνη με στηρίγμα [7]: Η οθόνη είναι στερεωμένη πάνω σε μια σφαιρική άρθρωση και μία βάση η οποία επιτρέπει τη ρύθμιση σε όλες τις διευθύνσεις (εικ. 5). Η οθόνη μπορεί να στερεωθεί, όπως φαίνεται στην εικ. 2 ή όπως στην εικ. 6, αναλόγως του πειράματος που εκτελείτε.
Δείγμα I [9]: Ελικοειδές ελατήριο προσαρμοσμένο σε ένα κυκλικό στήριγμα με τη χρήση ακρυλικών πλακιδίων.
Δείγμα II [10]: Μορφή διπλής έλικας τυπωμένη σε γυάλινο πλακίδιο, που είναι στερεωμένο στο κυκλικό στήριγμα.

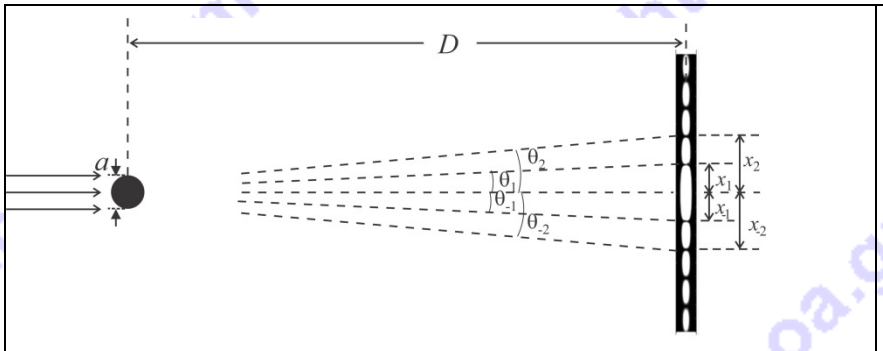


Εικόνα 6: Εναλλακτική θέση της οθόνης σε σύγκριση με αυτή που φαίνεται στην εικ. 2.

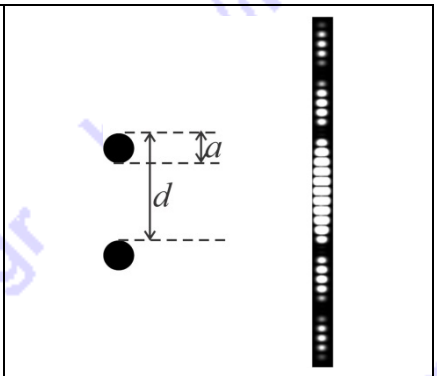
Ψηφιακό διαστημόμετρο με στήριγμα [14]: Το ψηφιακό διαστημόμετρο είναι στερεωμένο σε ένα στήριγμα (το στήριγμα απαιτείται στο πείραμα E-II). Διαθέτει έναν διακόπτη On/Off, ένα διακόπτη για επαναφορά της μέτρησης στο μηδέν, έναν επιλογέα μονάδας μέτρησης mm/inch (κρατήστε τον στα mm), μία βίδα και έναν βραχίονα για να ρυθμίζετε το άνοιγμα. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το ψηφιακό διαστημόμετρο για να μετρήσετε αποστάσεις πάνω στο φύλλο αποτύπωσης του μοτίβου (εικόνας) περίθλασης.
Φύλλο αποτύπωσης ίχνους [17]: Το φύλλο αποτύπωσης του μοτίβου (εικόνας) περίθλασης μπορεί να διπλωθεί στη μέση και να στερεωθεί στην οθόνη με τα μανταλάκια. Βεβαιωθείτε ότι σημειώνετε εκείνο το μέρος του μοτίβου που βρίσκεται μέσα στο ορθογώνιο πλαίσιο.

Θεωρία

Μία ακτίνα laser μήκους κύματος λ, προσπίπτει κάθετα σε ένα κυλινδρικό σύρμα διαμέτρου a, περιθλάται στη διεύθυνση που είναι κάθετη στο σύρμα. Στην εικ. 7 παρουσιάζεται το μοτίβο (εικόνα) της περίθλασης όπως παρατηρείται στην οθόνη.



Εικόνα 7: Σχηματική αναπαράσταση της περίθλασης από μονό κυλινδρικό σύρμα δαμέτρου a.



Εικόνα 8: Σχηματική αναπαράσταση της περίθλασης από δύο κυλιδρικά σύρματα.

Η κατανομή της έντασης ως συνάρτηση της γωνίας θ με την διεύθυνση πρόσπτωσης δίνεται από τη σχέση

$$I(\theta) = I(0)\left[\frac{\sin\beta}{\beta}\right]^2 \qquad \text{όπου } \beta = \frac{\pi\, a \sin\theta}{\lambda}$$

Η κεντρική κηλίδα είναι φωτεινή και για άλλες γωνίες, όταν το $\sin\beta$ ($\beta \neq 0$) είναι ίσο με μηδέν, η ένταση εξαφανίζεται. Έτσι η κατανομή της έντασης έχει n-οστό ελάχιστο για τη γωνία θ_n η οποία δίνεται από τη σχέση:

$$\sin\theta_n = \pm n\frac{\lambda}{a} \qquad n = 1, 2, 3, 4, 5 \ldots.$$

Το $\pm$ αναφέρεται στις δύο πλευρές της κεντρικής κηλίδας ($\theta = 0$).

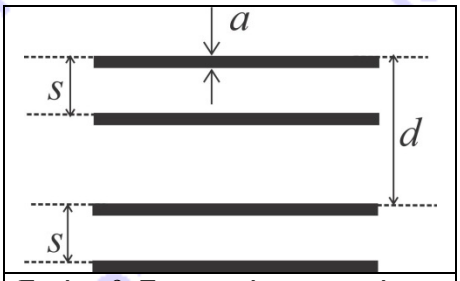
Το μοτίβο (εικόνα) της περίθλασης από δύο παράλληλα και πανομοιότυπα σύρματα σε απόσταση d το ένα από το άλλο (εικ. 8) είναι ένας συνδυασμός των ιχνών δύο μοτίβων (περίθλαση από ένα σύρμα και συμβολή από δύο σύρματα)

Το αποτέλεσμα της κατανομής της έντασης δίνεται από τη σχέση,

$$I(\theta) = I(0)\cos^2\delta\left[\frac{\sin\beta}{\beta}\right]^2$$

όπου το $\delta = \frac{\pi\, d\sin\theta}{\lambda}$ και το $\beta = \frac{\pi\, a\sin\theta}{\lambda}$

Σε μία οθόνη, που βρίσκεται σε μία μεγάλη απόσταση D από το σύρμα, τα ελάχιστα παρατηρούνται στις θέσεις $x_{\pm n} = \pm n\frac{\lambda D}{a}$ λόγω περίθλασης και $x_{\pm m} = \pm\left(m - \frac{1}{2}\right)\frac{\lambda D}{d}$ λόγω συμβολής (όπου $m, n = 1, 2, 3, 4, 5 \ldots$). Ομοίως για ένα σετ τεσσάρων πανομοιότυπων συρμάτων (εικ. 9), η συνολική κατανομή τη έντασης είναι ένας συνδυασμός της περίθλασης από το κάθε σύρμα και της συμβολής από κάθε ζευγάρι συρμάτων, οπότε εξαρτάται από τα a, d και s. Με άλλα λόγια, παρατηρείται ο συνδυασμός τριών διαφορετικών μοτίβων έντασης.



Εικόνα 9: Σετ τεσσάρων συρμάτων.

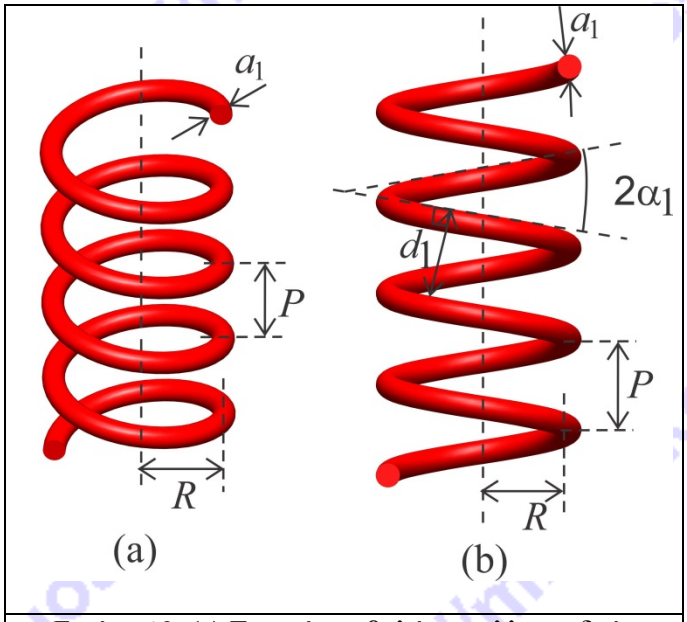
Αρχικές ρυθμίσεις

1. Να θέσετε σε λειτουργία την πηγή του laser και να ρυθμίσετε τα δύο ανακλαστικά κάτοπτρα με τέτοιο τρόπο ώστε η κηλίδα του laser να προσπίπτει στην οθόνη.
2. Να χρησιμοποιήσετε τον πλαστικό χάρακα και να ρυθμίσετε το laser και τα ανακλαστικά κάτοπτρα με τέτοιο τρόπο ώστε η ακτίνα laser να είναι παράλληλη με τη ξύλινη πλατφόρμα.
3. Να σιγουρευτείτε ότι η κηλίδα του laser προσπίπτει κοντά στο κέντρο της οθόνης.
4. Να απενεργοποιήσετε το laser. Να στερεώσετε το φύλλο αποτύπωσης του ίχνους στην οθόνη.
5. Να στερεώσετε με τα πλαστικά μανταλάκια το επίπεδο κάτοπτρο στην οθόνη και να θέσετε σε λειτουργία ξανά την πηγή του laser.
6. Να ρυθμίσετε την οθόνη με τέτοιο τρόπο ώστε η ακτίνα laser να επιστρέφει στο σημείο εκπομπής της. Αφαιρέστε τον καθρέφτη όταν ολοκληρώσετε την ευθυγράμμιση.
7. Μπορείτε να ανάψετε ή να σβήσετε τον φωτισμό του κουβουκλίου εργασίας ανάλογα με την εργασία που εκτελείτε.

Πείραμα

Μέρος Α: Προσδιορισμός των γεωμετρικών παραμέτρων του ελικοειδούς ελατηρίου.

Το Δείγμα Ι είναι ένα ελικοειδές ελατήριο με ακτίνα R και βήμα P, από σύρμα σταθερής διαμέτρου a_1 όπως φαίνεται στο Εικ. 10(a). Η ορθοκανονική του προβολή του (όταν το ελατήριο είναι απέναντι των ματιών) είναι ισοδύναμη με δύο σετ παράλληλων συρμάτων του ιδίου πάχους που απέχουν απόσταση d_1 και γωνία $2\alpha_1$ μεταξύ τους (Εικ. 10(b)).



Εικόνα 10: (a) Τυπική προβολή του ελλικοειδούς ελατηρίου (b Ορθοκανονική προβολή του ελικοειδούς ελατηρίου.

- Να στερεώσετε το Δείγμα Ι στο στήριγμα του με τέτοιο τρόπο ώστε το ελατήριο να είναι κατακόρυφο.
- Να σχεδιάσετε ένα καθαρό και σαφές σχήμα σε μορφή Χ της προβολής της περίθλασης στο χαρτί αποτύπωσης της προβολής.
- Για να το επιτύχετε αυτό θα πρέπει να ρυθμίσετε
  - την εστίαση της ακτίνας του (περιστροφή του καλύμματος του μπροστινού φακού)
  - την κατεύθυνση της ακτίνας (περιστροφή της συσκευής laser ώστε να φωτίζονται μόνο δύο σπείρες του ελατηρίου).
  - την ένταση το laser (high/low διακόπτης στην πηγή τροφοδοσίας)
  - το φως του περιβάλλοντος (ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση του φωτός στο κουβούκλιο εργασίας)

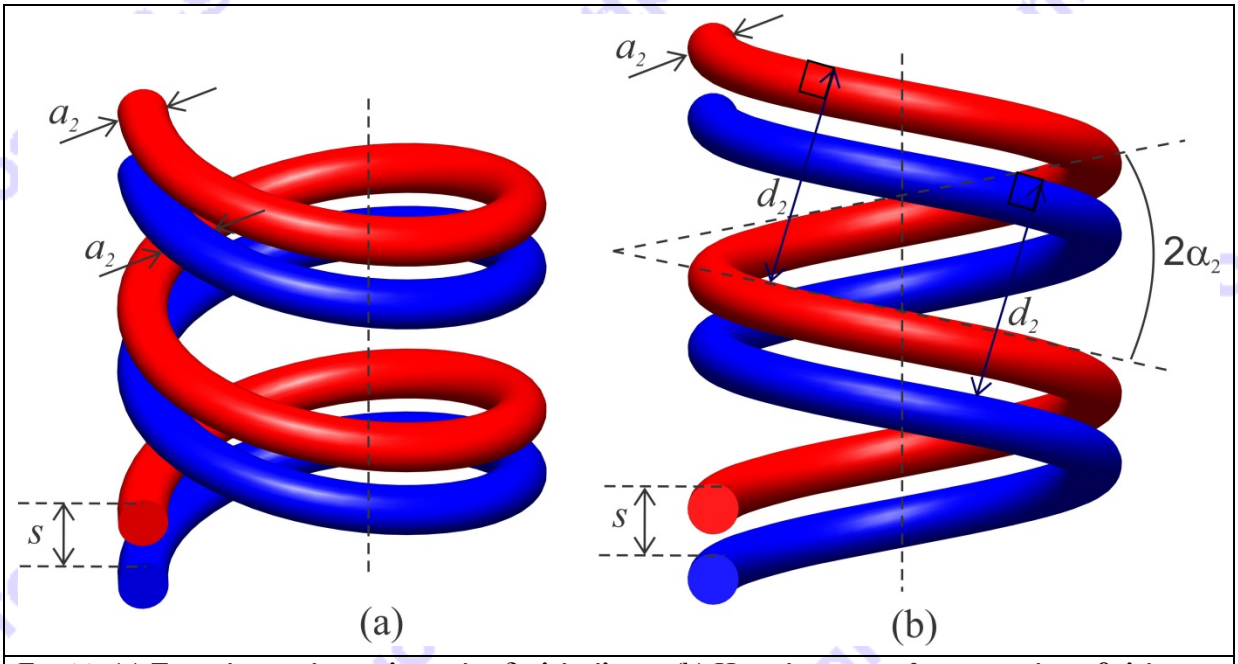
Εάν το κεντρικό μέγιστο είναι πολύ φωτεινό, μπορείτε να κολλήσετε κυκλικά μαύρα αυτοκόλλητητο στο ίχνος πάνω στο φύλλο για να μειωθεί η σκέδαση.

Ερώτημα	Περιγραφή	Μονάδες
A1	Να σημειώσετε τις κατάλληλες θέσεις (χρησιμοποιώντας το μολύβι που σας δίνεται [13]) των ελαχίστων της έντασης για να προσδιορίσετε το a_1 και d_1 στις δύο πλευρές της κεντρικής κηλίδας στο χαρτί αποτύπωσης της προβολής. Αριθμήστε τα φύλλα αποτύπωσης του ίχνους ως P-1, P-2, κ.λπ.	**0.7**
A2	Να μετρήσετε, χρησιμοποιώντας το ψηφιακό παχύμετρο, τις κατάλληλες αποστάσεις και να τις καταγράψετε στον Πίνακα A1 για προσδιορίσετε το a_1	**0.5**

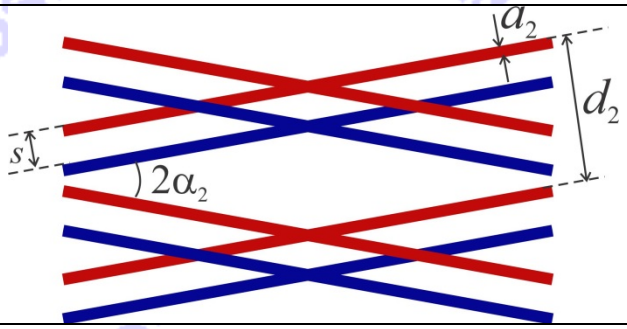
A3	Να χαράξετε την κατάλληλη γραφική παράσταση, να την ονομάσετε Graph A1 και από την κλίση να προσδιορίσετε a_1.	**0.7**
A4	Να μετρήσετε τις κατάλληλες αποστάσεις και να τις καταγράψετε στον Πίνακα A2 για να προσδιορίσετε το d_1.	**0.8**
A5	Να χαράξετε την κατάλληλη γραφική παράσταση, να την ονομάσετε Graph A2 και από την κλίση να προσδιορίσετε το d_1.	**0.6**
A6	Από την προβολή που έχει μορφή X, να προσδιορίσετε τη γωνία α_1.	**0.2**
A7	Να εκφράσετε το P σε συνάρτηση των d_1 και α_1 και στη συνέχεια να υπολογίσετε το P.	**0.2**
A8	Να εκφράσετε το R σε συνάρτηση των P και α_1 και στη συνέχεια να υπολογίσετε το R (αγνοείστε το a_1).	**0.2**

Μέρος Β: Προσδιορισμός των γεωμετρικών παραμέτρων του μοτίβου της διπλής – έλικας

Η είκονα 11(a) δείχνει δύο σπείρες της διπλής έλικας. Η Εικ. 11(b) είναι δισδιάστατη προβολή της διπλής έλικας σε ορθοκανονική προβολή. Κάθε έλικας με πάχος a_2 έχει μία γωνία $2\alpha_2$ και μια κάθετη απόσταση d_2 μεταξύ των σπειρών. Η απόσταση μεταξύ δύο σπειρών όπως φαίνεται στο σχήμα είναι s. Το Δείγμα ΙΙ είναι η μορφή μιας διπλής έλικας τυπωμένη σε γυάλινο πλακίδιο (Εικ. 12), της οποίας το μοτίβο (εικόνα) της περίθλασης είναι παρόμοια αυτής της διπλής έλικας. Σε αυτό το μέρος, θα προσδιορίσετε τις γεωμετρικές παραμέτρους του Δείγματος ΙΙ.



Εικ 11: (a) Τυπική μορφή του ελατηρίου διπλής έλικας (b) Η αντίστοιχη ορθοκανονική προβολή.



Εικ. 12: Προβολή της διπλής έλικας του Δείγματος ΙΙ

- Να στερεώσετε το Δείγμα ΙΙ στο στήριγμα του δείγματος.
- Στερεώστε ένα νέο φύλλο αποτύπωσης της προβολής στην οθόνης.

- Να σχεδιάσετε ένα καθαρό και σαφές σχήμα σε μορφή X της προβολής της περίθλασης στο χαρτί αποτύπωσης της προβολής.

Ερώτημα	Περιγραφή	Μονάδες
B1	Να σημειώσετε τις κατάλληλες θέσεις των ελαχίστων της έντασης και στις δύο πλευρές της κεντρικής κηλίδας, για να προσδιορίσετε τα a_2, s και d_2. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε περισσότερα του ενός χαρτιά αποτύπωσης της προβολής.	**1.1**
B2	Να μετρήσετε τις κατάλληλες αποστάσεις και να τις καταγράψετε στον Πίνακα B1 για να προσδιορίσετε το a_2.	**0.5**
B3	Να σχεδιάσετε την κατάλληλη γραφική παράσταση, να την ονομάσετε Graph B1 και από την κλίση να υπολογίσετε το a_2.	**0.5**
B4	Να μετρήσετε τις κατάλληλες αποστάσεις και να τις καταγράψετε στον Πίνακα B2 για να προσδιορίσετε το s.	**1.2**
B5	Να χαράξετε την κατάλληλη γραφική παράσταση, να την ονομάσετε Graph B2 και από την κλίση να προσδιορίσετε το s.	**0.5**
B6	Να μετρήσετε τις κατάλληλες αποστάσεις και να τις καταγράψετε στον Πίνακα B3 για να προσδιορίσετε το d_2.	**1.6**
B7	Να χαράξετε την κατάλληλη γραφική παράσταση, να την ονομάσετε Graph B3 και από την κλίση να προσδιορίσετε το d_2.	**0.5**
B8	Από την προβολή της μορφής X, να προσδιορίσετε τη γωνία α_2.	**0.2**

http://micro-kosmos.uoa.gr

Μέρος Α: Προσδιορισμός των γεωμετρικών παραμέτρων ενός ελικοειδούς ελατηρίου

Ερώτημα	Περιγραφή	Μονάδες
A1	Αριθμός επισυναπτόμενων φύλλων αποτύπωσης για το μέρος Α: _____ με ετικέτες : P___	
A2	Πίνακας Α1: Παρατηρήσεις από το μοτίβο P_____ Μέτρηση | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |	
A3	Γραφική Παράσταση Α1 για τον προσδιορισμό του a_1: _____ σε σχέση με _____ Κλίση της Γραφικής Παράστασης Α1 = Υπολογισμός του a_1: a_1 =	

http://micro-kosmos.uoa.gr

		Μονάδες
Α4	Πίνακας Α2: Παρατηρήσεις από το μοτίβο Ρ_____	
Α5	Γραφική Παράσταση Α2 για τον προσδιορισμό του d_1: _____ σε σχέση με _____ Κλίση της Γραφικής Παράστασης Α2 = Υπολογισμός του d_1: d_1 =	
Α6	$\alpha_1 =$	

Μέτρηση		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

http://micro-kosmos.uoa.gr

Α7	Έκφραση του P συναρτήσει των d_1 και α_1 : $P =$	
Α8	Έκφραση του R συναρτήσει των P και α_1 : $R =$	
	Σύνολο	

Μέρος Β: Προσδιορισμός των γεωμετρικών παραμέτρων της μορφής της διπλής έλικας

Ερώτημα	Περιγραφή	Μονάδες
Β1	Αριθμός των επισυναπτόμενων φύλλων αποτύπωσης για το μέρος Β: _____ με ετικέτες : Ρ____	
Β2	Πίνακας Β1: Παρατηρήσεις από το μοτίβο Ρ_____	

Μέτρηση		
1		
2		
3		
4		
5		

B3

Γραφική Παράσταση Β1 για τον προσδιορισμό του a_2: _____ σε σχέση με _____

Κλίση της Γραφικής Παράστασης Β1 =

Υπολογισμός του a_2:

$a_2 =$

B4

Πίνακας Β2: Παρατηρήσεις από το μοτίβο Ρ____

Μέτρηση		
1		
2		
3		
4		
5		
6		

http://micro-kosmos.uoa.gr

B5

Γραφική Παράσταση Β2 για τον προσδιορισμό του s: _____ σε σχέση με _____

Κλίση της Γραφικής Παράστασης Β2 =

Υπολογισμός του s:

$s =$

B6

Πίνακας Β3: Παρατηρήσεις από το μοτίβο Ρ_____

Μέτρηση		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

http://micro-kosmos.uoa.gr

B7	Γραφική Παράσταση Β3 για τον προσδιορισμό του d_2: _____ σε σχέση με _____ Κλίση της Γραφικής Παράστασης Β3 = Υπολογισμός του d_2: $d_2 =$	
B8	$\alpha_2 =$	
	Σύνολο	

http://micro-kosmos.uoa.gr