|  |
| --- |
| **logo.png** ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ **ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:**  …………………………………………………………………………. **ΟΜΑΔΑ ΕΡΓ/ΡΙΟΥ:** …….…. **ΗΜΕΡΑ/ ΩΡΑ:** …………..………..……….. **ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** ……………..…..… |

**ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ**

**ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΦΑΚΩΝ – ΣΦΑΛΜΑ ΧΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΚΤΡΟΠΗΣ**

Όταν λευκό φως περνά μέσα από φακό, το είδωλο που σχηματίζεται εμφανίζει έγχρωμα άκρα. Αυτό οφείλεται στο φαινόμενο της διασποράς, στην εξάρτηση δηλαδή του δείκτη διάθλασης n από το μήκος κύματος λ (ισοδύναμα από τη συχνότητα ν) της ακτινοβολίας που διέρχεται μέσα από το φακό.

Σε διαφανή υλικά και στην ορατή περιοχή του φάσματος, ο δείκτης διάθλασης ελαττώνεται όταν αυξάνεται το μήκος κύματος. Επομένως, η τιμή του για το ερυθρό είναι μικρότερη από ότι για το ιώδες. Δεδομένου ότι η εστιακή απόσταση f εξαρτάται από το δείκτη διάθλασης n μέσω της σχέσης $\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{r\_{1}}-\frac{1}{r\_{2}}\right)$, το ερυθρό έχει μεγαλύτερη εστιακή απόσταση από το ιώδες. Η διαφορά των δύο αυτών εστιακών αποστάσεων σε ένα φακό καλείται διαμήκης χρωματική εκτροπή του φακού.

Ειδικότερα, η διαμήκης χρωματική εκτροπή Α ενός φακού προσδιορίζεται από τη διαφορά των εστιακών αποστάσεων fc - fF που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένα μήκη κύματος λC=656.3nm (ερυθρό) και λF=486.2nm (ιώδες). (Οι αντίστοιχες ακτινοβολίες εκπέμπονται από το υδρογόνο και καλούνται C- & F- γραμμές Fraunhofer.

Για τις fc & fF ισχύει:

|  |  |
| --- | --- |
| $$\frac{1}{f\_{C}}=(n\_{C}-1)\left(\frac{1}{r\_{1}}-\frac{1}{r\_{2}}\right)$$ | $⟹ \frac{1}{f\_{F}}-\frac{1}{f\_{C}}=\left(n\_{F}-n\_{C}\right)\left(\frac{1}{r\_{1}}-\frac{1}{r\_{2}}\right)⇒\frac{A}{f\_{F}∙f\_{C}}=\left(n\_{F}-n\_{C}\right)\left(\frac{1}{r\_{1}}-\frac{1}{r\_{2}}\right)$ **(1)** |
| $$\frac{1}{f\_{F}}=(n\_{F}-1)\left(\frac{1}{r\_{1}}-\frac{1}{r\_{2}}\right)$$ |

Αν θεωρήσουμε ότι η D- γραμμή Fraunhofer με μήκος κύματος λD=589nm αντιστοιχεί στο μέσο δείκτη διάθλασης nD τότε:

* οι αντίστοιχες εστιακές αποστάσεις συνδέονται μέσω της σχέσης $f\_{C}∙f\_{F}≈f\_{D}^{2} (2)$
* και η διαφορά $\left(\frac{1}{r\_{1}}-\frac{1}{r\_{2}}\right)$ υπολογίζεται από την fD ως:

$$\frac{1}{f\_{D}}=\left(n\_{D}-1\right)\left(\frac{1}{r\_{1}}-\frac{1}{r\_{2}}\right) ⇒ \left(\frac{1}{r\_{1}}-\frac{1}{r\_{2}}\right)= \frac{1}{\left(n\_{D}-1\right)}∙\frac{1}{f\_{D}} (3)$$

Αντικαθιστώντας στη σχέση (1) βρίσκουμε τελικά:

 $\frac{A}{f\_{D}^{2}}=\left(n\_{F}-n\_{C}\right)\frac{1}{\left(n\_{D}-1\right)}∙\frac{1}{f\_{D}}⇒Α= \frac{n\_{F}-n\_{C}}{n\_{D}-1}∙f\_{D}=ω∙f\_{D} (4) $

Η ποσότητα $ω=\frac{n\_{F}-n\_{C}}{n\_{D}-1}=\frac{A}{f\_{D}}$ καλείται ***ισχύς διασποράς του υλικού*** και το αντίστροφό της

**ω-1 = V** είναι ο **αριθμός του Abbe (V-number):**

$$V=ω^{-1}=\frac{f\_{D}}{Α}= \frac{n\_{D}-1}{n\_{F}-n\_{C}} (5)$$

**ΣΥΛΛΟΓΗ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

1. Δημιουργείστε (στο πρόγραμμα προσομοίωσης) αμφίκυρτο φακό με ακτίνες καμπυλότητας Rleft=Rright=10cm και δείκτη διάθλασης 1.5. Να υπολογίσετε την τιμή της ποσότητας $\frac{1}{r\_{1}}-\frac{1}{r\_{2}}$ στη σχέση (1). **Υπενθυμίζεται ότι**
* οι δείκτες 1 (αντίστοιχα 2) δηλώνουν την επιφάνεια του φακού που συναντά πρώτη (αντίστοιχα 2η) το φως
* η ακτίνα καμπυλότητας λαμβάνεται θετική όταν η επιφάνεια στην οποία προσπίπτει το φώς είναι κυρτή, ενώ όταν το φως προσπίπτει σε κοίλη επιφάνεια η ακτίνα της λαμβάνεται αρνητική.
1. Παρατηρείστε τη διαφορετική διαδρομή που ακολουθούν οι φωτεινές ακτίνες για τα δύο χρώματα ερυθρό και ιώδες (γραμμές C- και F- αντίστοιχα) με μήκη κύματος στα όρια του ορατού φάσματος.
2. Χρησιμοποιείστε την επιλογή “Zoom in” για να παρατηρήσετε με ποιά γωνία α προσπίπτει η κάθε ακτίνα στη δεύτερη πλευρά του φακού καθώς και τις αντίστοιχες γωνίες εξόδου δ. Σημειώστε τις τιμές στις αντίστοιχες στήλες 2,3 5 &6 του Πίνακα 1.

Πίνακας 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n προσομ. | αC | δC | nC | αF | δF | nF | fC | fF | fD | nD | A= fC- fF | V |
| 1.5 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.9 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Αξιοποιώντας το νόμο του Snell κατά την έξοδο των ακτίνων από το φακό ($n∙ημα=1∙ημδ$) , να υπολογίσετε τις τιμές nC και nF του δείκτη διάθλασης που αντιστοιχούν στο κάθε χρώμα και από αυτές τις αντίστοιχες εστιακές αποστάσεις fC και fF.
2. Να υπολογίσετε τη διαμήκη χρωματική απόκλιση Α= fC - fF , την εστιακή απόσταση

 $ f\_{D}=\sqrt{f\_{C}∙f\_{F}}$ και τον αντίστοιχο δείκτη διάθλασης nD.

1. Από τις τιμές nC, nF και nD του δείκτη διάθλασης να βρείτε τον αριθμό του Abbe (σχέση (5)).
2. Στο πρόγραμμα προσομοίωσης μεταβάλλετε το δείκτη διάθλασης του φακού αυξάνοντας την τιμή από 1.5 ως 2.1 με βήμα 0.1.
3. Για κάθε τιμή του δείκτη διάθλασης, επαναλάβετε τα βήματα 3-6 και συμπληρώστε τις αντίστοιχες στήλες του πίνακα 1.
4. Να κατασκευάστε το διάγραμμα που δίνει τη διαμήκη χρωματική εκτροπή Α συναρτήσει του δείκτη διάθλασης nD. Τι παρατηρείτε;
5. Κατασκευάστε το διάγραμμα που δίνει το δείκτη διάθλασης nD συναρτήσει του αριθμού Abbe V. Σχολιάστε.

**ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ**

Για την εξάλλειψη του χρωματικού σφάλματος χρησιμοποιείται αχρωματικό σύστημα φακών που αποτελείται από δύο λεπτούς φακούς σε επαφή. Έστω f και f’ οι εστιακές αποστάσεις και V και V’ οι αντίστοιχοι αριθμοί Abbe των δύο φακών. Αν fΣ είναι η εστιακή απόσταση του συστήματος αποδεικνύεται ότι η διαμήκης χρωματική εκτροπή $f\_{C}^{Σ}-f\_{F}^{Σ}$ μηδενίζεται όταν

$$f\_{D}∙V+f\_{D}^{'}∙V^{'}=0$$

* Δεδομένου ότι οι αριθμοί Abbe V και V’ παίρνουν θετικές τιμές τι συμπεραίνετε για τα πρόσημα των $f\_{D}$, $f\_{D}^{'}$ ;
* Αν το υλικό του ενός φακού είναι στεφανύαλος (crown glass) με V=51.8, ενώ ο δεύτερος φακός είναι πυριτύαλος (flint glass) με V’=36.9, ποιά θα πρέπει να είναι η εστιακή απόσταση καθενός από αυτούς ώστε να προκύπτει αχρωματικό σύστημα με εστιακή απόσταση fΣ=0.35m; Υποθέστε ότι δημιουργείται σύστημα λεπτών φακών σε επαφή ώστε η ισχύς $\frac{1}{f^{Σ}}$ του συστήματος είναι: $\frac{1}{f\_{D}^{Σ}}=\frac{1}{f\_{D}}+\frac{1}{f\_{D}'}$.