



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ



Σχολή
Μηχανικών
Παραγωγής &
Διοίκησης



Έλεγχος UV προστασίας σε οπτικά σκίασης του εμπορίου μέσω φασματοφωτομετρίας

Κοκοτσάκης Εμμανουήλ

Επιβλέπων καθηγητής
Κονσολάκης Μιχαήλ

Χανιά, Ιούνιος 2022

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα γίνει αρχικά ανάλυση της έννοιας της οπτικής καθώς και επεξήγηση της έννοιας της φασματοφωτομετρίας, πού χρησιμεύει και τι επιτυγχάνεται με τη χρήση της. Θα πραγματοποιηθεί επίσης πειραματικός προσδιορισμός της απορρόφησης του φωτός από οπτικά σκίασης του εμπορίου με χρήση φασματοφωτομετρίας. Σκοπός της εργασίας είναι να ελεγχθεί κατά πόσο απορροφάται από αυτά το φως της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς και τα μήκη κύματος στα οποία γίνεται η απορρόφηση του φωτός. Έπειτα θα εξεταστούν τα μήκη κύματος τα οποία παρέχουν τη μικρότερη προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία, καθώς και τα μήκη κύματος τα οποία εισέρχονται στον οφθαλμό από ανάκλαση στα γύρω αντικείμενα. Τέλος, θα γίνει σύγκριση μεταξύ μοντέλων διαφορετικής ποιότητας προκειμένου να εξεταστεί η συνάφεια της τιμής των μοντέλων και του βαθμού προστασίας του οφθαλμού.

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Κονσολάκη Μιχαήλ ο οποίος μου έδωσε την δυνατότητα να ασχοληθώ με το παραπάνω θέμα, της διπλωματικής μου εργασίας και με καθοδήγησε στην υλοποίησή της. Επιπλέον ευχαριστώ τον Δρ. Περράκη Κωνσταντίνο για την συμβολή του στο πειραματικό μέρος της εργασίας. Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου, τον αδελφό μου και τους φίλους μου, για την ανιδιοτελή στήριξή τους καθ'όλη την διάρκεια της φοίτησης μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1:Οπτική.....	6
1.1. Τι μελετά η επιστήμη της οπτικής.....	6
1.2. Γεωμετρική οπτική.....	6
1.2.1 Γεωμετρική οπτική ευθύγραμμη διάδοση του φωτός.....	6
1.2.2 Ανάκλαση.....	7
1.2.3 Διάθλαση.....	8
1.2.4 Νόμος του Snell.....	9
1.2.5 Ολική ανάκλαση– Οπτικές ίνες.....	10
1.2.6 Κάτοπτρα – Είδη κατόπτρων.....	11
1.2.6.1 Επίπεδο κάτοπτρο.....	12
1.2.6.2 Σφαιρικά κάτοπτρα.....	13
1.2.7 Σχηματισμός ειδώλου.....	15
1.2.8 Οπτικοί φακοί.....	15
1.3 Φυσική οπτική.....	18
1.3.1 Διάγραμμα μήκους κύματος και χρωμάτων.....	19
1.3.2 Πώς διασπάται το λευκό φως σε ένα ουράνιο τόξο.....	19
1.3.3 Χρώματα πέρα από το ορατό φάσμα.....	20
1.4 Αμφιβληστροειδής χιτώνας.....	20
1.4.1 Τι είναι ο αμφιβληστροειδής χιτώνας.....	20
1.4.2 Τι είναι η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια.....	21
1.4.3 Τι είναι η υπερτασική αμφιβληστροειδοπάθεια.....	21
1.4.4 Τι είναι η αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς;.....	22
1.5 Κερατοειδής χιτώνας.....	22
1.5.1 Τι είναι ο κερατοειδής χιτώνας;.....	22
1.5.2 Στιβάδες κερατοειδούς.....	23
1.5.3 Παθήσεις & Δυστροφίες (παθήσεις κερατοειδούς).....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Η Φασματοφωτομετρία.....	25
2.1 Η Φασματοσκοπία.....	25
2.2 Φασματοσκοπικές μέθοδοι.....	25

2.3 Νόμος Beer-Lambert.....	26
2.4 Οργανολογία Φασματοφωτομετρίας.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Φασματοφωτόμετρο SPECORD 200	32
3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά των φασματοφωτομέτρων	32
3.2 Περιγραφή συσκευών και αρχή λειτουργίας.....	34
3.3 Σχεδιασμός συναρμολογημάτων.....	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Υπεριώδης ακτινοβολία, επιπτώσεις και τρόποι προστασίας.....	37
4.1 Υπεριώδης UV ακτινοβολία και τα είδη της.....	37
4.1.1 UVC.....	37
4.1.2 UVB.....	37
4.1.3 UVA.....	38
4.2 Απόκριση οφθαλμού στην ακτινοβολία.....	38
4.3 Φίλτρο UV 400 και τύποι φίλτρων στα γυαλιά	43
4.3.1 Μεγαλύτερη προστασία από τον ήλιο χάρη στις κατηγορίες φίλτρων.....	43
4.4 Οι ακτίνες UV βλάπτουν τον αμφιβληστροειδή χιτώνα.....	45
4.5 Άλλα χαρακτηριστικά ποιότητας των γυαλιών ηλίου και οράσεως.....	45
4.5.1 Με ποια κριτήρια θα πρέπει να γίνει η επιλογή γυαλιών ηλίου.....	45
4.5.2 Ποιος ο ρόλος και η σπουδαιότητα των φακών των γυαλιών ηλίου;.....	46
4.5.3 Ποιος τύπος φακού είναι κατάλληλος για τα μάτια;.....	46
4.5.4 Από ποια υλικά είναι κατασκευασμένοι οι φακοί των γυαλιών ηλίου;.....	47
4.5.5 Ποια απόχρωση φακού είναι καλύτερη για τα μάτια.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Πειραματική Διαδικασία.....	50
5.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων.....	50
5.2 Πειραματικό Συμπέρασμα.....	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Συμπέρασμα.....	73
Βιβλιογραφία.....	74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Κεφάλαιο 1: Οπτική

1.1 Τι μελετά η επιστήμη της οπτικής

Η οπτική [1] είναι ένας τομέας της φυσικής που ασχολείται με τη συμπεριφορά και τις ιδιότητες του φωτός, όπως των αλληλεπιδράσεων του με την ύλη και την κατασκευή οργάνων που το χρησιμοποιούν ή το ανιχνεύουν. Η οπτική περιγράφει τη συμπεριφορά του ορατού, υπεριώδους και υπέρυθρου φωτός. Επειδή το φως είναι ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα, άλλες μορφές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας όπως οι ακτίνες Χ, τα μικροκύματα, και τα ραδιοκύματα παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά.

Μερικά φαινόμενα βασίζονται τόσο στις κυματικές όσο και τις σωματιδιακές ιδιότητες του φωτός. Η θεωρία αυτών των επιδράσεων σχετίζεται με την κβαντική μηχανική. Όταν μελετώνται οι ιδιότητες του φωτός, παρόμοιες με τα σωματίδια, το φως διαμορφώνεται ως συλλογή σωματιδίων, τα οποία ονομάζονται φωτόνια.

Η οπτική μελετάται σε πολλούς κλάδους, όπως στην αστρονομία στη μηχανική, τη φωτογραφία και την ιατρική, ιδιαίτερα στην οφθαλμολογία και την οπτομετρία. Πρακτικές εφαρμογές της οπτικής βρίσκονται σε μια ποικιλία τεχνολογιών και καθημερινών αντικειμένων, όπως καθρέφτες, φακοί, τηλεσκόπια, μικροσκόπια, λέιζερ και οπτικές ίνες.

1.2 Γεωμετρική οπτική

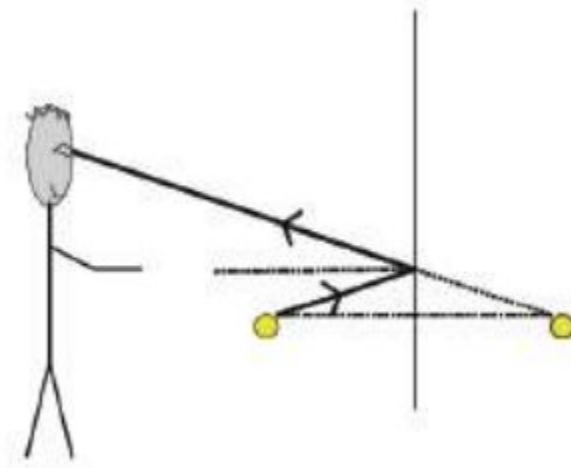
1.2.1 ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Όταν προσπίπτει φως [2] σε μια διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ δύο οπτικά διαφορετικών μέσων, ένα μέρος του υφίσταται ανάκλαση και επιστρέφει στο πρώτο μέσο διάδοσης, ενώ το υπόλοιπο διέρχεται στο δεύτερο μέσο και ονομάζεται διάθλαση. Λόγω της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός σε ένα ομογενές μέσο, χρησιμοποιούνται ευθείες γραμμές για την αναπαράσταση της διαδρομής του. Για επίπεδα κύματα φωτός, τα επίπεδα μέτωπα κύματος είναι κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης που παριστάνεται με μια τέτοια ευθεία και οι ακτίνες φωτός είναι όλες παράλληλες σε αυτήν.

Οι σημειακές πηγές εκπέμπουν σφαιρικά κύματα φωτός, τα μέτωπα του εκπεμπόμενου κύματος είναι σφαιρικές επιφάνειες και οι ακτίνες του φωτός που είναι κάθετες στα σφαιρικά κυματικά μέτωπα είναι αποκλίνουσες.

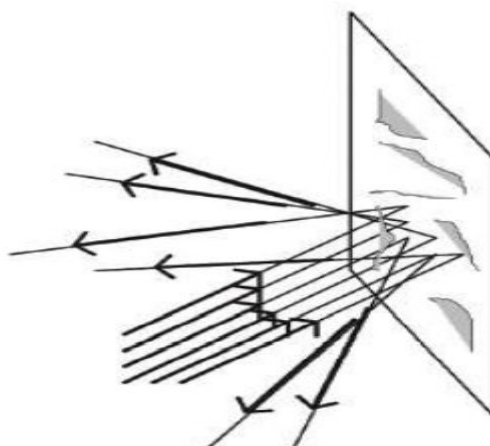
1.2.2 ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Όταν ένα επίπεδο κύμα φωτός με παράλληλες ακτίνες προσπίπτει σε μια λεία διαχωριστική, επίπεδη επιφάνεια μεταξύ δύο διαφανών μέσων, υφίσταται κατοπτρική ανάκλαση και οι ανακλώμενες ακτίνες παραμένουν παράλληλες.



Σχήμα 1.1 :Πρόσπτωση παράλληλων ακτίνων φωτός σε λεία επιφάνεια [2]

Εάν η επίπεδη επιφάνεια, στην οποία προσπίπτει το φως, είναι τραχιά, η ανακλώμενη ακτινοβολία υφίσταται διαχεόμενη ανάκλαση.



Σχήμα 1.2: Πρόσπτωση παράλληλων ακτίνων φωτός σε τραχιά επιφάνεια [2]

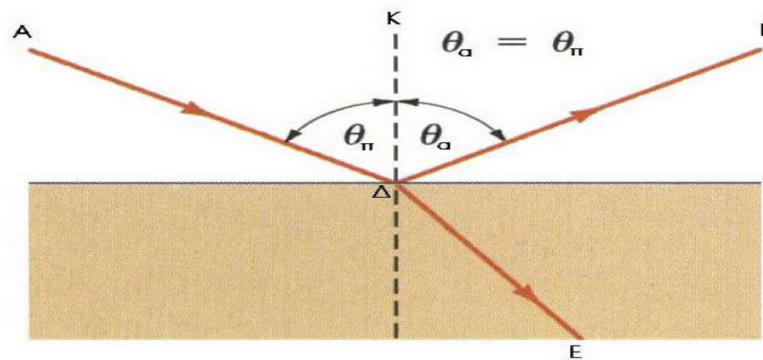
Κατοπτρική ανάκλαση παρατηρείται κυρίως σε καθρέπτες, τζάμια και άλλες γυαλιστερές επιφάνειες, ενώ διαχέομενη ανάκλαση παρατηρείται σε θαμπές και τραχιές επιφάνειες.

Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ των δύο αυτών τύπων ανάκλασης είναι ότι σχηματίζεται είδωλο μόνο στην κατοπτρική ανάκλαση.

Η ακτίνα πριν την ανάκλαση, ονομάζεται προσπίπτουσα, ενώ μετά την ανάκλαση ονομάζεται ανακλώμενη. Η γωνία που σχηματίζει η προσπίπτουσα με την κάθετη στην διαχωριστική επιφάνεια στο σημείο πρόσπτωσης, ονομάζεται γωνία πρόσπτωσης (θ_{π}). Η γωνία που σχηματίζει η ανακλώμενη ακτίνα με την κάθετη στην διαχωριστική επιφάνεια στο σημείο πρόσπτωσης, ονομάζεται γωνία ανάκλασης (θ_{α}).

α' νόμος της ανάκλασης: Η ανακλώμενη ακτίνα είναι στο επίπεδο που ορίζεται από την προσπίπτουσα ακτίνα και την κάθετο στη διαχωριστική επιφάνεια στο σημείο πρόσπτωσης.

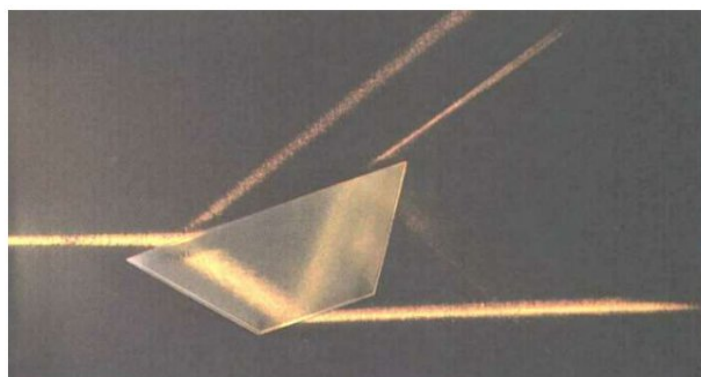
β' νόμος της ανάκλασης: Η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης.



Σχήμα 1.3: Δεύτερος νόμος ανάκλασης [2]

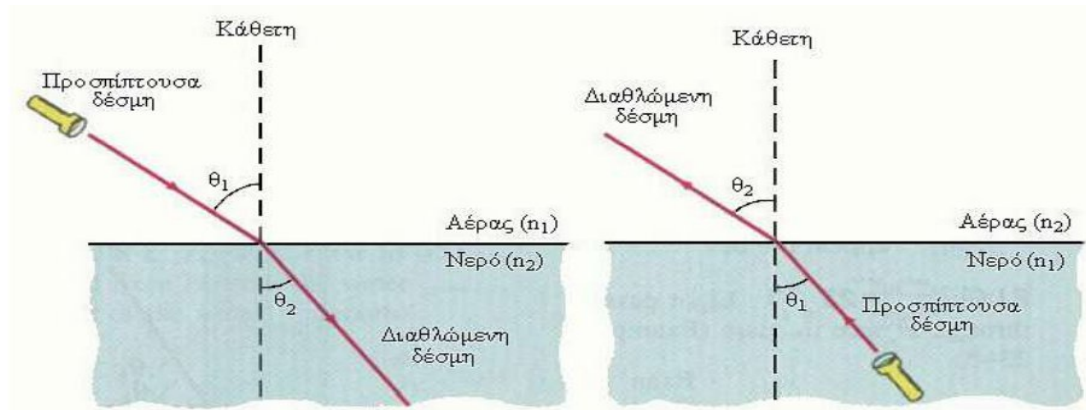
1.2.3 ΔΙΑΘΛΑΣΗ

Όταν μία δέσμη (παραλλήλων) φωτεινών ακτίνων, που διαδίδεται σε ένα μέσο, συναντάει τη διαχωριστική επιφάνεια με ένα άλλο μέσο, τότε ένα μέρος από αυτή ανακλάται και το υπόλοιπο διέρχεται στο δεύτερο μέσο αλλάζοντας τη διεύθυνση διάδοσής της. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται διάθλαση του φωτός (refraction).



Σχήμα 1.4: Φαινόμενο Διάθλασης [2]

Τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάθλασης συμβαίνουν την στιγμή, που το φως διέρχεται από ένα μέσο σε ένα άλλο, όπως απεικονίζεται στο γυάλινο πρίσμα της φωτογραφίας. Η διαθλώμενη δέσμη ανακλάται και διαθλάται ως ένα βαθμό και από την κάτω διαχωριστική επιφάνεια του πρίσματος.



Σχήμα 1.5: Πορεία φωτεινής ακτίνας που προσπίπτει σε γυάλινο πρίσμα, από τον αέρα στο νερό και αντίστροφα[2]

Η πορεία των φωτεινών ακτίνων είναι αντίστροφη στα δύο σχήματα. Στο αριστερό σχήμα η πορεία μιας ακτίνας διαθλάται περνώντας από τον αέρα στο νερό, ενώ στο δεξί σχήμα η πορεία της δέσμης περνάει από το νερό στον αέρα.

Το μέρος της ακτίνας που διαθλάται, λέγεται διαθλώμενη ακτίνα και η γωνία που σχηματίζει με την κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια στο σημείο πρόσπτωσης, ονομάζεται γωνία διάθλασης (θ_2).

Η διαθλώμενη ακτίνα βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο που είναι κάθετο στη διαχωριστική επιφάνεια στο σημείο πρόσπτωσης και περιέχει την προσπίπτουσα και την ανακλώμενη.

1.2.4 ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ SNELL

Η γωνία διάθλασης θ_2 εξαρτάται:

- από την ταχύτητα του φωτός στα δύο μέσα διάδοσης (1) και (2)

π.χ. για το σχήμα

μέσο (1): Αέρας με

$$n_1 = \frac{c}{v_1}$$

και μέσο (2): Νερό με

$$n_2 = \frac{c}{v_2}$$

- από τη γωνία πρόσπτωσης θ_1

Ο νόμος της διάθλασης ή νόμος του Snell (Willebrord Snell, 1591-1626, Δανός ερευνητής) συνδέει τα παραπάνω μεγέθη, όπου (1) είναι το μέσο προέλευσης και (2) το μέσο διάθλασης με την παρακάτω συνθήκη:

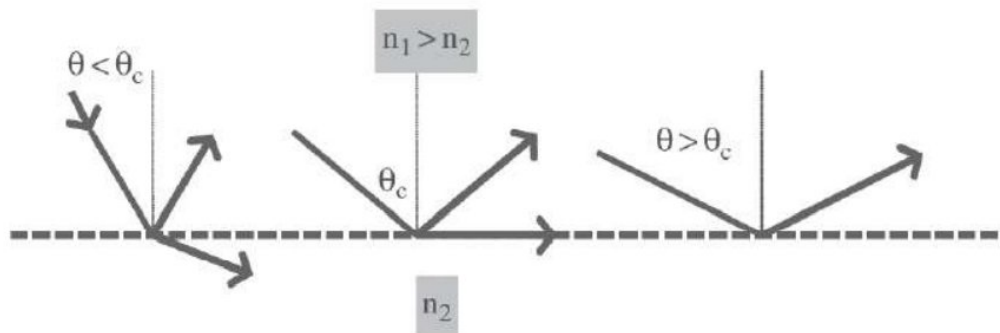
Phet: Διάθλαση φωτός
$$\frac{\sin\theta_2}{\sin\theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

1.2.5 ΟΛΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ – ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

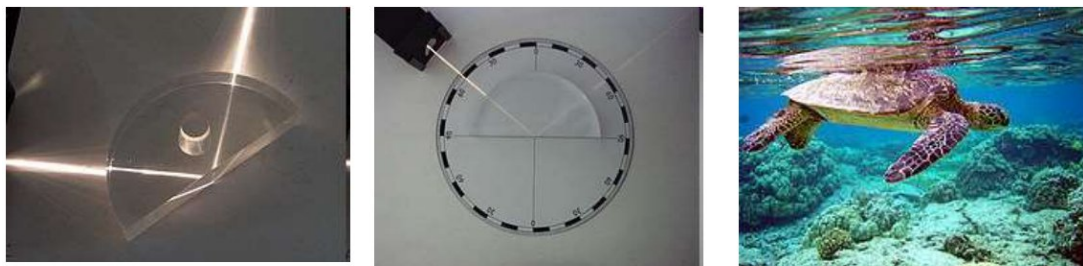
Από τον νόμο του Snell:
$$\sin\theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin\theta_1$$

Στην περίπτωση που η ακτινοβολία ενώ διαδίδεται σε μέσο με δείκτη διάθλασης n_1 , προσπίπτει σε διαχωριστική επιφάνεια με μέσο μικρότερου δείκτη διάθλασης n_2 , και η γωνία πρόσπτωσης είναι μεγαλύτερη μιας κρίσιμης τιμής θ_c , οι ακτίνες δεν διέρχονται στο δεύτερο μέσο, συνεπώς όλο το φως ανακλάται. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ολική εσωτερική ανάκλαση και η κρίσιμη γωνία υπολογίζεται από τη σχέση:

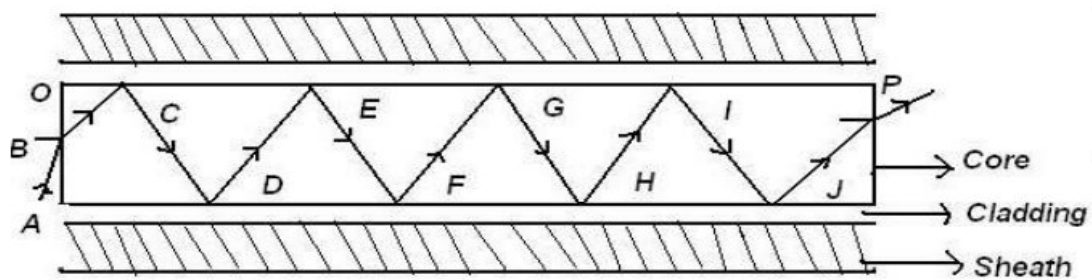
$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$



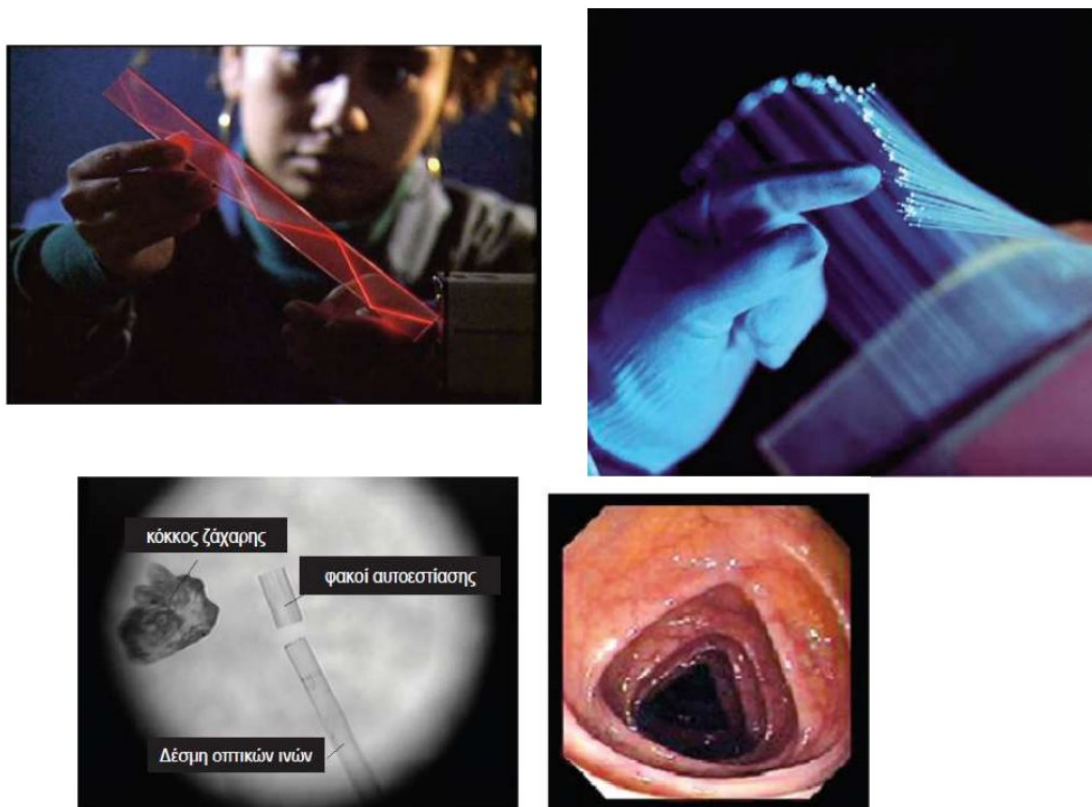
Σχήμα 1.6: Η πορεία της ανακλώμενης ακτίνας από μεγαλύτερο σε μικρότερο δείκτη διάθλασης, εξαρτώμενη από την σχέση της γωνίας πρόσπτωσης με την κρίσιμη γωνία [2]



Σχήμα 1.7: Παραδείγματα ολικής ανάκλασης [2]



Σχήμα 1.8: Πορεία οπτικών ινών σε ολική εσωτερική ανάκλαση [2]



Σχήμα 1.8: Οπτικές Ίνες -Ιατρικές εφαρμογές – ενδοσκόπια –Τηλεπικοινωνίες [2]

1.2.6 ΚΑΤΟΠΤΡΑ – ΕΙΔΗ ΚΑΤΟΠΤΡΩΝ

Οι κατηγορίες των κατόπτρων είναι τρεις:

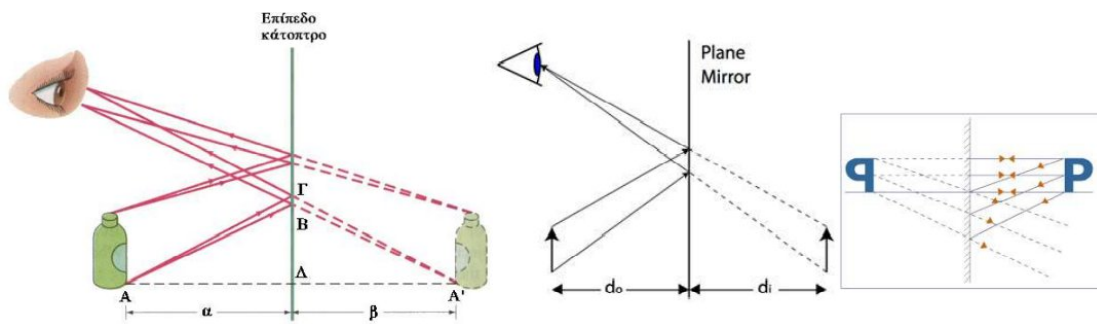
- Επίπεδα κάτοπτρα
- Καμπύλα κάτοπτρα
- Σφαιρικά κάτοπτρα

1.2.6.1 ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΤΟΠΤΡΟ

•Κάτοπτρο ή καθρέπτης (mirror) είναι μια επίπεδη ή σφαιρική επιφάνεια γυαλιού, στην επιφάνεια της οποίας έχει ενσωματωθεί με εξάχνωση ένα λεπτό στρώμα μετάλλου, με υψηλό συντελεστή ανακλαστικότητας. Οτιδήποτε παρατηρείται μέσα από ένα κάτοπτρο είναι το είδωλο (image) του αντικειμένου.

•Ο εγκέφαλος επεξεργάζεται πραγματικές ακτίνες που εισέρχονται στο μάτι και έχουν διαδοθεί ευθύγραμμα. Ένα επίπεδο κάτοπτρο (plane mirror) σχηματίζει το είδωλο ενός αντικειμένου στην αντίθετη όψη από αυτή που βρίσκεται το αντικείμενο.

•Η απόσταση του ειδώλου, $\beta = d_i$ (image distance) από το κάτοπτρο, είναι ίση με την απόσταση του αντικειμένου, $\alpha = d_o$ (object distance) απ' αυτό.



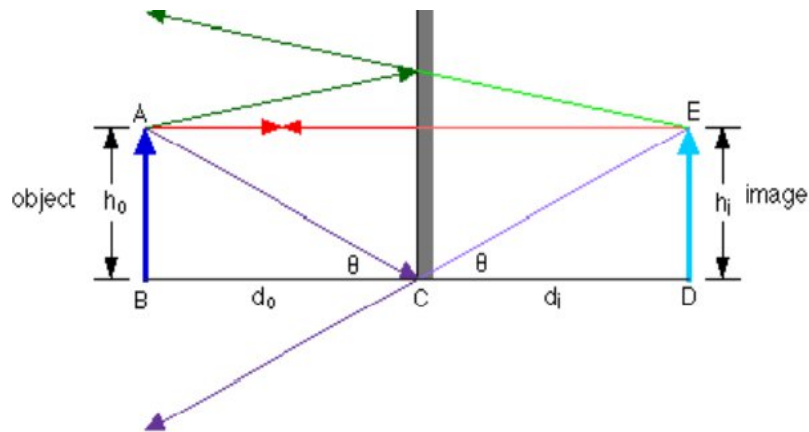
Σχήμα 1.9: Απόσταση ειδώλου β = απόσταση αντικειμένου α από κάτοπτρο [2]

Για το επίπεδο, θεωρούμε ακτίνα καμπυλότητας $R = \infty$. Επομένως και $f = \frac{R}{2} = \infty$ και $\frac{1}{f} = 0$.

Από την εξίσωση κατόπτρων, $\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$, έχουμε τότε $d_i = -d_o$, δηλαδή φανταστικό είδωλο.

Η μεγέθυνση, που γενικά δίνεται από τη σχέση: $m = -\frac{d_i}{d_o}$, θα είναι τότε: $m = 1$, δηλαδή το είδωλο θα είναι ορθό και στο μέγεθος του αντικειμένου.

Για να προσδιορίσουμε το είδωλο με διάγραμμα ακτίνων, θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσουμε τους νόμους ανάκλασης αφού δεν υπάρχει εστιακό σημείο για το επίπεδο κάτοπτρο και οι ανακλώμενες από αυτό ακτίνες δεν συγκλίνουν.



Σχήμα 1.10: Διάγραμμα ακτίνων με νόμους ανάκλασης [2]

1.2.6.2 ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

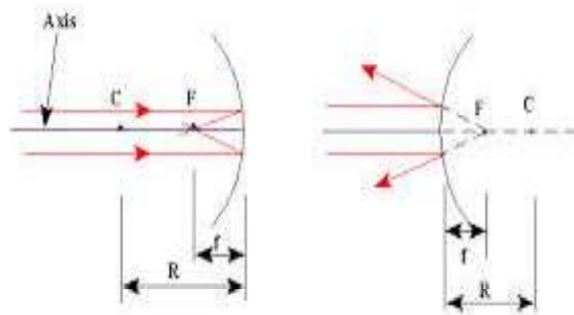
Στην παρακάτω εικόνα παρατίθεται ένα παράδειγμα σφαιρικού κατόπτρου:



Σχήμα 1.11: Παράδειγμα σφαιρικού κατόπτρου [2]

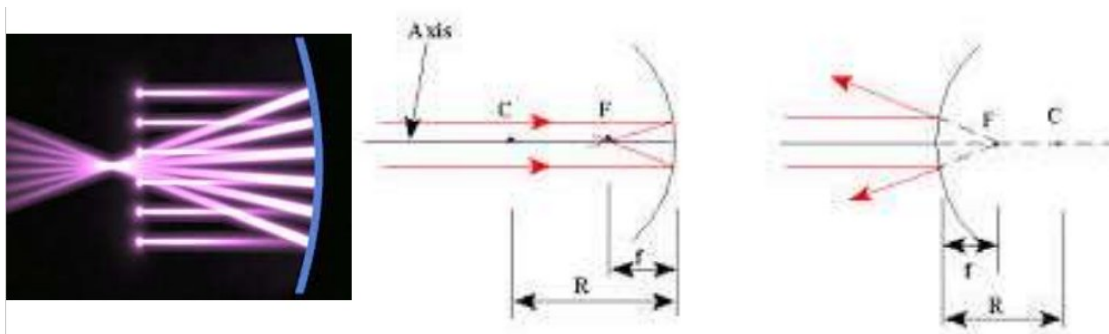
Ο πιο διαδεδομένος τύπος είναι το σφαιρικό κάτοπτρο. Υπάρχουν δύο είδη σφαιρικών κατόπτρων. Εξαρτάται από το ποια πλευρά της σφαιρικής επιφάνειας προσπίπτει το φως: Τα κοίλα κάτοπτρα είναι κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε να ανακλούν το φως από την εσωτερική επιφάνεια που είναι απέναντι από το κέντρο της σφαίρας (π.χ. καθρέφτες που δημιουργούν μεγεθυμένη εικόνα).

Τα κυρτά κάτοπτρα ανακλούν το φως από την εξωτερική επιφάνεια (π.χ. καθρέφτες αυτοκινήτων ή καθρέφτες ασφαλείας καταστημάτων, αφού αντικατοπτρίζουν μια μεγαλύτερη περιοχή).



Σχήμα 1.12: Κύριος άξονας κατόπτρου διερχόμενος από το κέντρο του [2]

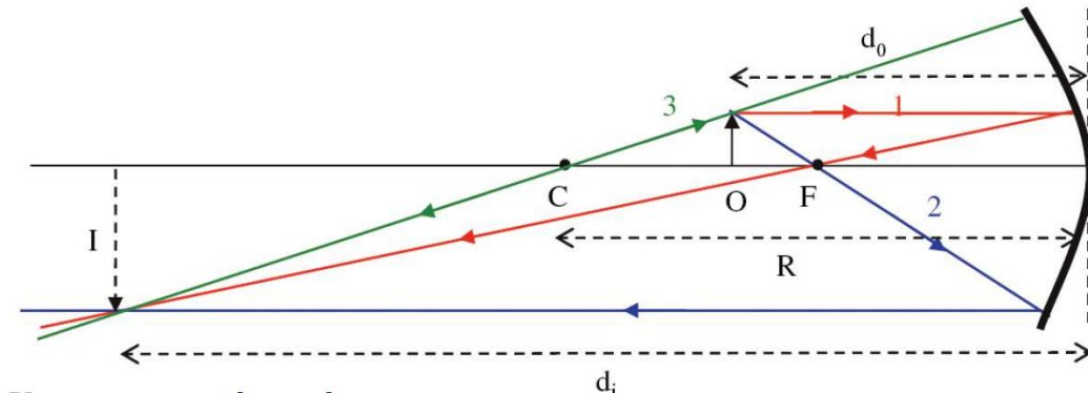
Ο κύριος άξονας του κατόπτρου, περνά από το κέντρο καμπυλότητας του κατόπτρου C, που είναι το σημείο που απέχει κατά μία ακτίνα καμπυλότητας R από όλα τα σημεία της επιφάνειας του κατόπτρου, καθώς και το κέντρο του.



Σχήμα 1.13: Όλες οι ακτίνες φωτός ανακλώνται από την επιφάνεια του κατόπτρου σύμφωνα με τον νόμο της ανάκλασης και συγκλίνουν στο εστιακό σημείο F [2]

Όλες οι ακτίνες φωτός ανακλώνται από την επιφάνεια του κατόπτρου σύμφωνα με τον νόμο της ανάκλασης και συγκλίνουν στο εστιακό σημείο F του κατόπτρου που βρίσκεται σε απόσταση f που ονομάζεται εστιακή απόσταση, κατά μήκος του κύριου άξονα από την επιφάνειά του. Η εστιακή απόσταση για ένα σφαιρικό κάτοπτρο δίνεται ως: $f = \frac{R}{2}$. Επομένως, η ακτίνα καμπυλότητας του κατόπτρου ορίζει άμεσα την εστιακή του απόσταση, που είναι η σημαντικότερη παράμετρος για τον σχηματισμό του ειδώλου.

1.2.7 ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΙΔΩΛΟΥ



Σχήμα 1.14: Πορεία ακτινών μετά την ανάκλαση στο κάτοπτρο [2]

Χαρακτηριστικές ακτίνες: Η ακτίνα 1 είναι παράλληλη στον κύριο άξονα του κατόπτρου, ανακλάται σε αυτό και στη συνέχεια περνά από το εστιακό του σημείο F. Η ακτίνα 2 διέρχεται από το εστιακό σημείο, ανακλάται στο κάτοπτρο και κατευθύνεται παράλληλα στον κύριο άξονα. Η ακτίνα 3 διέρχεται από το κέντρο καμπυλότητας C και ανακλάται κάθετα στο κάτοπτρο ακολουθώντας την αντίθετη κατεύθυνση. Στο σημείο τομής των ανακλώμενων ακτινών βρίσκεται η κορυφή του βέλους του ειδώλου που σχηματίζεται από το κάτοπτρο.

Εξίσωση των κατόπτρων:
$$\frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f}$$

Από την εξίσωση των κατόπτρων, μπορούμε να προσδιορίσουμε τη θέση (και τη μεγέθυνση) του ειδώλου ενός αντικειμένου σε κάτοπτρο.

Μεγέθυνση: $(|m| = \frac{h_i}{h_0})$,

h_i : το ύψος του ειδώλου

h_0 : το ύψος του αντικειμένου

ή

$$m = -\frac{d_i}{d_0}$$

όπου το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει ότι το είδωλο είναι αντεστραμμένο ως προς το αντικείμενο.

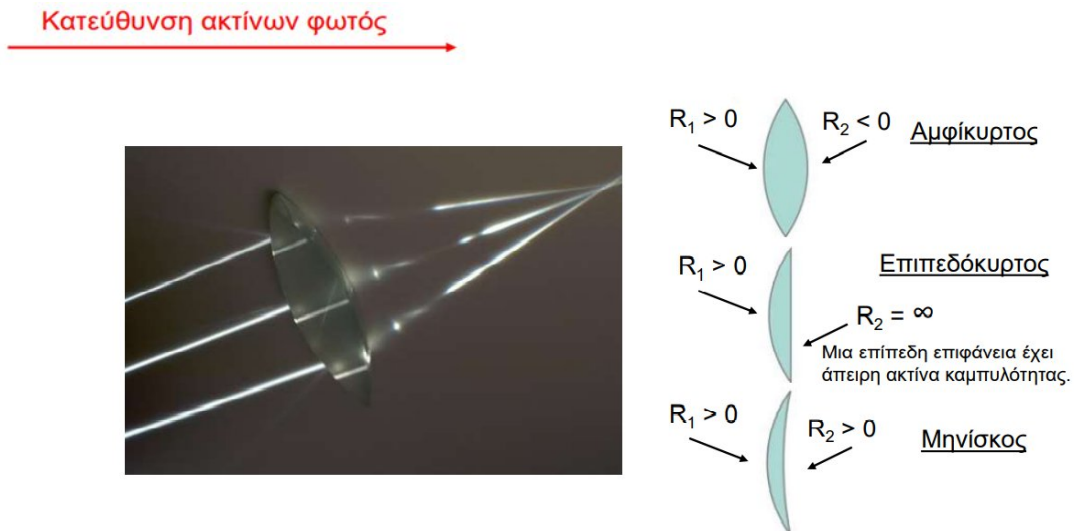
1.2.8 ΟΠΤΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

Ο φακός είναι ένα σώμα διαφανές που περιορίζεται από τουλάχιστον δύο διαθλαστικές επιφάνειες (δίοπτρα), με συνέπεια να αποτελεί οπτικό σύστημα που βασίζεται στο φυσικό φαινόμενο διάθλαση .

Οι φακοί κατασκευάζονται συνήθως από γυαλί ή διαφανές πλαστικό που λειαίνεται. Βασικές μορφές φακών:

Συγκλίνοντες φακοί, οι οποίοι είναι πιο παχιοί στο κέντρο και λεπτότεροι στα άκρα τους.

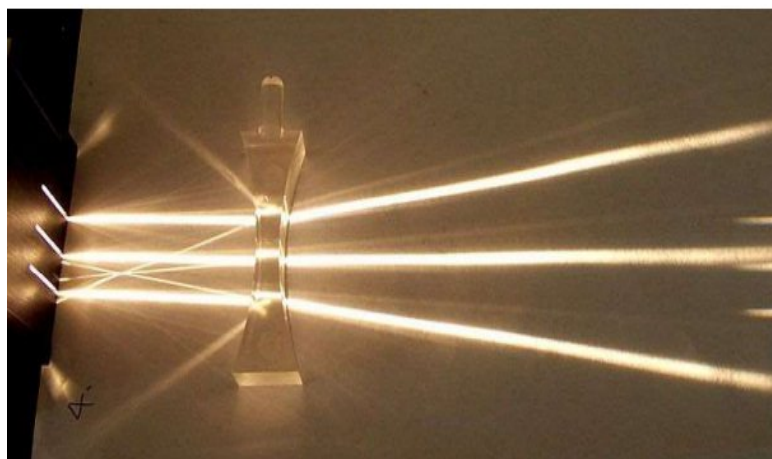
Παρακάτω παρατίθεται σε εικόνα ένα παράδειγμα συγκλίνοντα φακού:

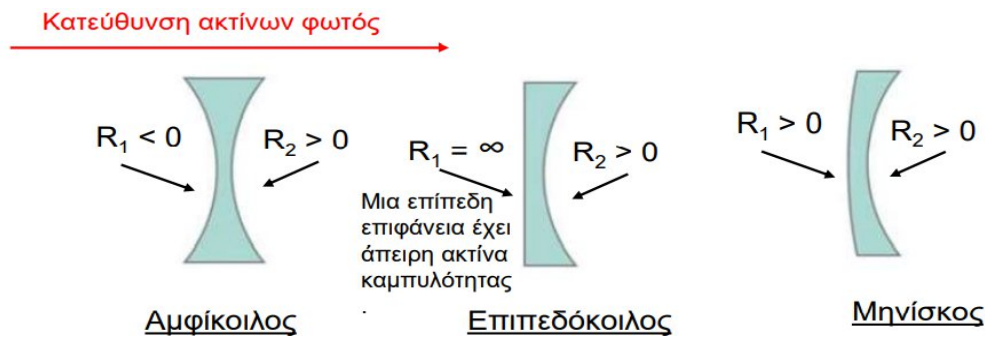


Σχήμα 1.15: Συγκλίνοντες φακοί [2]

Β) Αποκλίνοντες φακοί, που είναι πιο λεπτοί στο κέντρο απ' ό,τι στα άκρα.

Παρακάτω παρατίθεται σε εικόνα ένα παράδειγμα αποκλίνοντος φακού:

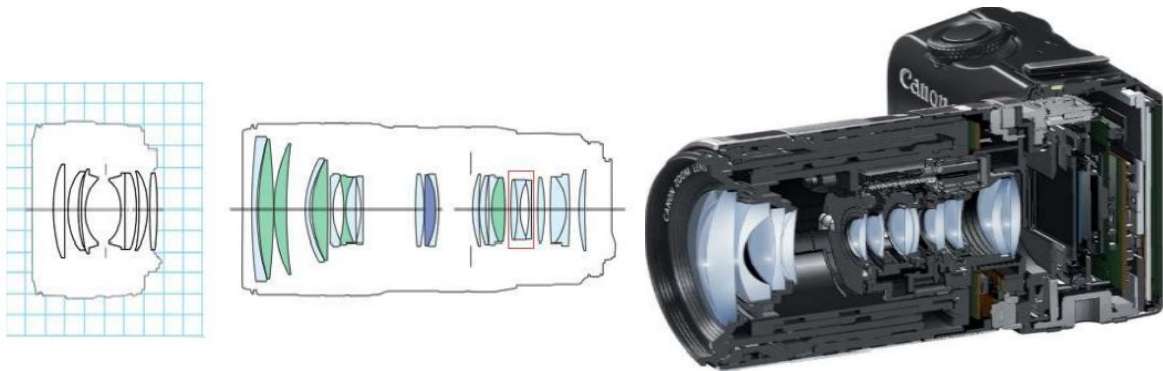




Σχήμα 1.16: Αποκλίνοντες φακοί [2]

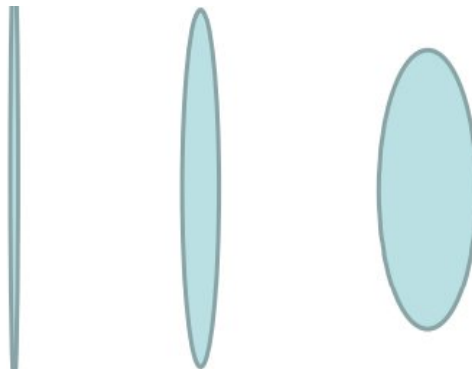
Γ) Σύνθετοι φακοί: συνδυασμός πολλών απλών φακών σε σειρά και σε επαφή μεταξύ τους.

Παρακάτω παρατίθεται σε εικόνα ένα παράδειγμα σύνθετου φακού:



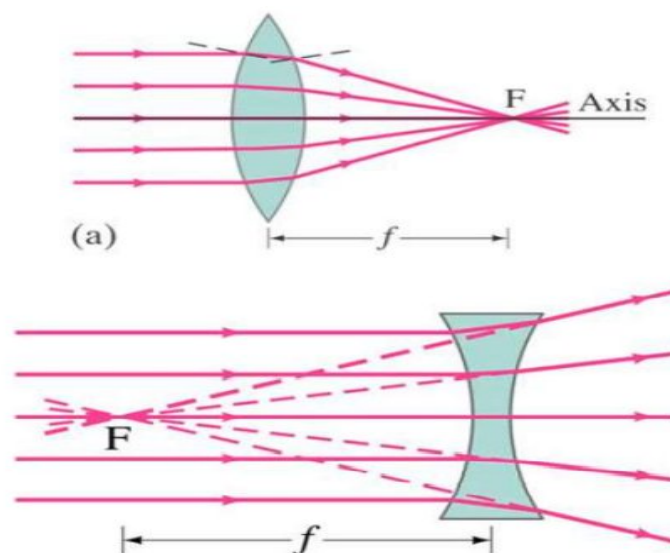
Σχήμα 1.17: Σύνθετοι φακοί [2]

Απλοί φακοί θεωρούνται αυτοί που έχουν πολύ μικρό πάχος σε σχέση με τη διάμετρό τους και είναι γνωστοί ως λεπτοί φακοί. Παρακάτω παρατίθεται σε εικόνα ένα παράδειγμα απλού φακού:



Σχήμα 1.18: Απλοί φακοί [2]

Οπτικός άξονας φακού είναι η ευθεία που περνά από το κέντρο του σε διεύθυνση κάθετη στις δύο επιφάνειές του. Για έναν λεπτό φακό υπάρχει ένα εστιακό σημείο F, στο οποίο όλες οι ακτίνες συγκλίνουν και τέμνουν τον οπτικό του άξονα. Η απόσταση f αυτού του σημείου από το κέντρο του φακού λέγεται εστιακή απόσταση του φακού και είναι η ίδια και από τις δύο πλευρές του φακού (αν ο φακός περιστραφεί 180° γύρω από ένα κατακόρυφο άξονα θα εστιάζει το φως στο ίδιο σημείο).



Σχήμα 1.19: Οπτικός άξονας φακού, εστιακό σημείο, εστιακή απόσταση [2]

Η εστιακή απόσταση ενός λεπτού φακού εξαρτάται από τις ακτίνες καμπυλότητας R1 και R2 των δύο πλευρών του και τον δείκτη διάθλασης n του υλικού του (δεδομένου ότι το περιβάλλον του φακού είναι ο αέρας για τον οποίον $n_{\text{αέρα}} = 1$). Από την εξίσωση του κατασκευαστή φακών (για λεπτό φακό):

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R1} - \frac{1}{R2} \right)$$

Η εξίσωση αυτή ορίζει μία και μοναδική εστιακή απόσταση για έναν φακό, από όποια πλευρά κι αν προσπίπτει το φως ακόμα και σε περίπτωση που οι πλευρές του έχουν διαφορετικές ακτίνες καμπυλότητας.

1.3 Φυσική οπτική

Στη φυσική οπτική [3], το φως διαδίδεται ως κύμα. Αυτό το είδος της οπτικής προβλέπει φαινόμενα όπως παρεμβολές και διάθλαση, τα οποία δεν αναλύονται στη γεωμετρική οπτική. Η ταχύτητα των φωτεινών κυμάτων στον αέρα είναι περίπου 3×10^8 m/s (ακριβώς 299,792,458 m/s σε κενό). Το μήκος κύματος των ορατών κυμάτων φωτός κυμαίνεται μεταξύ

400 και 700nm, αλλά ο όρος "φως" εφαρμόζεται επίσης συχνά στις υπέρυθρες (700-300000 nm) και στην υπεριώδη ακτινοβολία (10-400nm).

Το μοντέλο κυμάτων χρησιμοποιείται με σκοπό προβλέψει την συμπεριφορά ενός οπτικού συστήματος, χωρίς να απαιτείται εξήγηση για το τι "κυματίζει" σε κάθε μέσο. Μέχρι τα μέσα του 19ου αιώνα, η πλειοψηφία των φυσικών πίστευαν σε ένα «αιθέριο» μέσο, στο οποίο διαδόθηκε η διαταραχή του φωτός. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα εμφανίστηκαν για πρώτη φορά το 1865 ως αποτέλεσμα των εξισώσεων **Maxwell**. Αυτά τα κύματα διαδίδονται με την ταχύτητα του φωτός και έχουν διάφορα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που είναι ορθογώνια μεταξύ τους, καθώς και προς την κατεύθυνση της διάδοσης των κυμάτων. Τα ελαφριά κύματα αντιμετωπίζονται τώρα γενικά ως ηλεκτρομαγνητικά κύματα, εκτός από όταν πρέπει να ληφθούν υπόψη οι κβαντικές μηχανικές επιπτώσεις .

1.3.1 Διάγραμμα μήκους κύματος και χρωμάτων [4]

Το μήκος κύματος του φωτός, που σχετίζεται με τη συχνότητα και την ενέργεια, καθορίζει το αντιληπτό χρώμα. Τα εύρη αυτών των διαφορετικών χρωμάτων παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα. Ορισμένες πηγές διαφοροποιούν αυτά τα εύρη αρκετά δραστικά και τα όριά τους είναι κάπως προσεκτικά, καθώς συνδυάζονται μεταξύ τους. Οι άκρες του φάσματος ορατού φωτός συνδυάζονται με τα επίπεδα υπεριώδους και υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα μήκη κύματος που αντιστοιχούν στο κάθε χρώμα στο ορατό φάσμα:

Πίνακας 1.1: Μήκη κύματος χρωμάτων του ορατού φάσματος [4]

Το Ορατό Φάσμα Φωτός	
ΧΡΩΜΑ	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ(nm)
ΚΟΚΚΙΝΟ	625-740
ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ	590-625
ΚΙΤΡΙΝΟ	565-590
ΠΡΑΣΙΝΟ	520-565
ΚΥΑΝΟ	500-520
ΜΠΛΕ	435-500
ΒΙΟΛΕΤΙ	380-435

1.3.2 Πώς διασπάται το λευκό φως σε ένα ουράνιο τόξο

Το μεγαλύτερο φως, με το οποίο αλληλεπιδράει ο άνθρωπος έχει τη μορφή λευκού φωτός, το οποίο περιέχει τις περισσότερες ή όλες αυτές τις περιοχές μήκους κύματος. Η λάμψη του λευκού φωτός μέσω ενός πρίσματος προκαλεί κάμψη των μηκών κύματος σε ελαφρώς

διαφορετικές γωνίες λόγω της οπτικής διάθλασης. Το φως που προκύπτει χωρίζεται στο ορατό φάσμα χρωμάτων.

Αυτό προκαλεί ένα ουράνιο τόξο, με τα σωματίδια του αέρα που λειτουργούν ως διαθλαστικό μέσο. Με μία προσεκτική παρατήρηση ενός ουράνιου τόξου ή φάσματος, το κυανό φαίνεται να εμφανίζεται και μεταξύ πράσινου και μπλε. Οι περισσότεροι άνθρωποι δεν μπορούν να διακρίνουν το λουλακί από το μπλε ή το βιολετί, για αυτό πολλοί χρωματικοί χάρτες το παραλείπουν.

Χρησιμοποιώντας ειδικές πηγές, διαθλαστικά και φίλτρα, κάποιος μπορεί να αποκτήσει μια στενή ζώνη περίπου 10nm σε μήκος κύματος που θεωρείται μονοχρωματικό φως. Τα λέιζερ είναι ειδικά, επειδή αποτελούν την πιο συνεπή πηγή στενού μονοχρωματικού φωτός που μπορεί να επιτευχθεί. Τα χρώματα που αποτελούνται από ένα μόνο μήκος κύματος ονομάζονται φασματικά χρώματα ή καθαρά χρώματα.

1.3.3 Χρώματα πέρα από το ορατό φάσμα

Το ανθρώπινο μάτι και ο εγκέφαλος μπορούν να διακρίνουν πολλά περισσότερα χρώματα από αυτά του φάσματος. Το μοβ και το magenta είναι ο τρόπος του εγκεφάλου να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ κόκκινου και βιολετί. Τα ακόρεστα χρώματα όπως το ροζ και το aqua είναι επίσης διακριτά, καθώς και το καφέ και το μαύρισμα.

Ωστόσο, ορισμένα ζώα έχουν διαφορετικό ορατό εύρος, το οποίο συχνά επεκτείνεται στην υπέρυθη περιοχή (μήκος κύματος μεγαλύτερο από 700nm) ή υπεριώδες (μήκος κύματος μικρότερο από 380nm). Για παράδειγμα, οι μέλισσες μπορούν να δουν υπεριώδες φως, το οποίο χρησιμοποιείται από λουλούδια, για να προσελκύσει επικονιαστές (*οτιδήποτε βοηθά στη μεταφορά της γύρης από το αρσενικό μέρος του άνθους στο θηλυκό τμήμα του ίδιου ή άλλου λουλουδιού. Η κίνηση της γύρης πρέπει να συμβεί για να γονιμοποιηθεί το φυτό και να παράγει καρπούς, σπόρους και νεαρά φυτά* [25]). Τα πουλιά μπορούν επίσης να δουν υπεριώδες φως και να έχουν σημάδια που είναι ορατά κάτω από ένα μαύρο (υπεριώδες) φως. Μεταξύ των ανθρώπων, υπάρχει διαφορά μεταξύ του βαθμού που μπορεί να δει το μάτι στο κόκκινο και το ιώδες. Τα περισσότερα ζώα που μπορούν να δουν υπεριώδη δεν μπορούν να δουν υπέρυθρες.

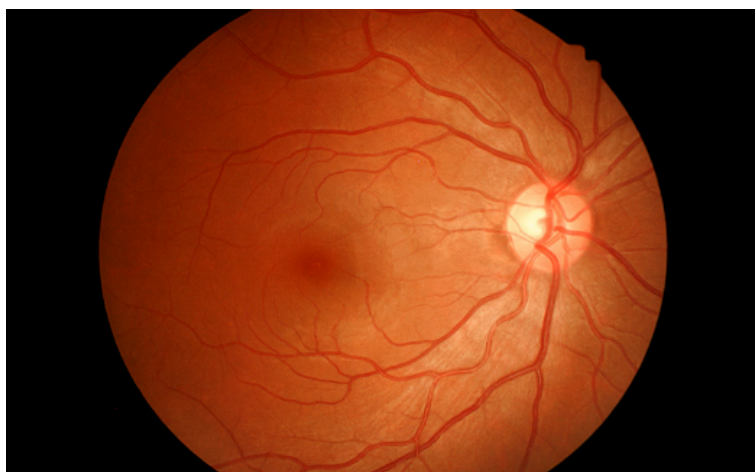
1.4 Αμφιβληστροειδής χιτώνας [28]

1.4.1 Τι είναι ο αμφιβληστροειδής χιτώνας

Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας είναι μία πολύ λεπτή ημιδιαφανής μεμβράνη στην εσωτερική επιφάνεια του ματιού, όπου επιτυγχάνεται η πρώτη φάση της λειτουργίας της όρασης. Ειδικότερα, ο αμφιβληστροειδής χιτώνας είναι ο νευρικός ιστός, στον οποίο

πραγματοποιούνται όλες οι απαραίτητες χημικές διαδικασίες για τον σχηματισμό των εικόνων που λαμβάνει ο άνθρωπος από τον εξωτερικό κόσμο. Έτσι, ο αμφιβληστροειδής χιτώνας είναι εξαιρετικά αναγκαίος για την όρασή του και η σωστή λειτουργία του είναι απαραίτητη, για να βλέπει.

Υπάρχουν διάφορες σοβαρές παθήσεις του αμφιβληστροειδή χιτώνα, από τις οποίες πιο συχνές είναι η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια, η υπερτασική αμφιβληστροειδοπάθεια και η αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς.



Σχήμα 1.20: Αμφιβληστροειδής χιτώνας [28]

1.4.2 Τι είναι η διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια

Ο διαβήτης αποτελεί μια μεταβολική ασθένεια, η οποία χαρακτηρίζεται από την αύξηση της συγκέντρωσης σακχάρου στο αίμα και τη διαταραχή του μεταβολισμού της γλυκόζης και οφείλεται, είτε σε έλλειψη, είτε σε μειωμένη αποτελεσματικότητα της ενδογενούς ινσουλίνης. Αυτοί που πάσχουν από χρόνια διαβήτη, (πάνω από 10 χρόνια) έχουν τις περισσότερες πιθανότητες να αναπτύξουν διαβητική αμφιβληστροειδοπάθεια, μία πάθηση που αναπτύσσεται με την πάροδο του χρόνου, προκαλώντας αλλοιώσεις στον αμφιβληστροειδή και, κυρίως, την ωχρά κηλίδα, κάτι το οποίο θεωρείται μία από τις κυριότερες και σοβαρότερες αιτίες τύφλωσης.

1.4.3 Τι είναι η υπερτασική αμφιβληστροειδοπάθεια

Η αρτηριακή υπέρταση μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα σε διάφορα όργανα του ανθρώπινου σώματος. Στους οφθαλμούς, μπορεί να δημιουργήσει τη λεγόμενη υπερτασική αμφιβληστροειδοπάθεια, δηλαδή αλλοιώσεις στα αγγεία του

αμφιβληστροειδούς χιτώνα. Ειδικότερα, λόγω της συστηματικής υπέρτασης, οι αρτηρίες του αμφιβληστροειδούς στενεύουν ενώ η υπερτασική αμφιβληστροειδοπάθεια χαρακτηρίζεται επίσης από αρτηριοσκλήρυνση, διαρροή και σύσπαση των αγγείων. Η σοβαρότητα των αλλοιώσεων, που επιφέρει η συγκεκριμένη πάθηση στα αγγεία του αμφιβληστροειδούς, εξαρτάται άμεσα από τη χρονική διάρκεια της αρτηριακής υπέρτασης, καθώς επίσης και από το ύψος της διαστολικής πίεσης του ατόμου. Σοβαρότερες επιπλοκές της συγκεκριμένης ασθένειας είναι η αποφρακτική νόσος, η οπτική νευροπάθεια, το οίδημα στο οπτικό νεύρο ή ακόμη και η τύφλωση.

1.4.4 Τι είναι η αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς

Η αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς είναι μία πολύ σοβαρή πάθηση, η οποία αν δεν διαγνωσθεί εγκαίρως και δε θεραπευτεί άμεσα μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια όρασης ή ακόμα και στην τύφλωση. Σε αρχικό στάδιο η αποκόλληση του αμφιβληστροειδούς μπορεί να είναι τοπική, όμως χωρίς την κατάλληλη θεραπεία ελλοχεύει ο κίνδυνος να αποκολληθεί ολόκληρος ο αμφιβληστροειδής.

Υπάρχουν 3 μορφές αποκόλλησης του αμφιβληστροειδούς, η **ρηγματογενής**, η **εξιδρωματική** και η **ελκτική αποκόλληση**. Συμπτώματα της πάθησης είναι:

- Η εμφάνιση λάμψεων στο οπτικό πεδίο (Φωτοψία).
- Τα μαύρα κινούμενα στίγματα ή σχήματα με τη μορφή ιστού αράχνης.
- Η διαταραχή του οπτικού πεδίου, σαν να υπάρχει μία μαύρη κουρτίνα (σκιά), η οποία ξεκινά από κάποιο ημιμόριο του οπτικού πεδίου και φτάνει πολλές φορές μέχρι την κεντρική όραση.
- Η αντίληψη των ευθειών γραμμών ως τεθλασμένων.
- Η απώλεια της κεντρικής όρασης.

1.5 Κερατοειδής χιτώνας [29]

1.5.1 Τι είναι ο κερατοειδής χιτώνας

Ο κερατοειδής είναι το διαφανές 'παράθυρο' του οφθαλμού στον κόσμο. Ο πρόσθιος αυτός χιτώνας αποτελεί την πιο διαθλαστική επιφάνεια του ματιού και είναι υπεύθυνος για την ακριβή εστίαση των ακτίνων φωτός στον αμφιβληστροειδή, ο οποίος με την σειρά του μεταφράζει το φως σε οπτικό ερέθισμα.

1.5.2 Στιβάδες κερατοειδούς

Ο κερατοειδής χιτώνας αποτελείται από τις ακόλουθες στιβάδες:

- Επιθήλιο
- Μembrάνη Bowman
- Στρώμα
- Μembrάνη Descemet
- Ενδοθήλιο

Συνήθως το πάχος ενός κερατοειδούς κυμαίνεται μεταξύ 450 και 620 μm . Μια οποιαδήποτε θόλωση ή μεταβολή της καμπυλότητας κερατοειδούς έχει άμεση συνέπεια στην ποιότητα της όρασης.

1.5.3 Παθήσεις & Δυστροφίες (παθήσεις κερατοειδούς)

Επειδή ο κερατοειδής χιτώνας είναι εκτεθειμένος, (δεν προστατεύεται συνεχώς από τα βλέφαρα) δεν είναι καθόλου απίθανο να τραυματιστεί ή να μολυνθεί. Έτσι κάποιος τραυματισμός, ή κάποιες μολύνσεις, ή ακόμα και κληρονομικές παθήσεις είναι σε θέση να προκαλέσουν θόλωση, παραμόρφωση ή και ουλές στον κερατοειδή. Όταν ο κερατοειδής θολώσει το φως, δεν μπορεί να περάσει μέσα στον οφθαλμό και να φθάσει στον αμφιβληστροειδή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση της όρασης (σε ακραίες περιπτώσεις και τύφλωση). Ο κερατοειδής έχει πολλά και επιφανειακά νεύρα, με αποτέλεσμα τον έντονο πόνο στον ελάχιστο τραυματισμό του. Η ύπαρξη φυσιολογικών δακρύων προστατεύει τον κερατοειδή από την ξήρανση και τις μολύνσεις, επομένως η έλλειψη δακρύων είναι σε θέση να προκαλέσει προβλήματα στις στιβάδες του κερατοειδούς χιτώνα.

Υπάρχουν πάρα πολλές παθήσεις και δυστροφίες του κερατοειδούς χιτώνα με τις σοβαρότερες να παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- Κερατόκωνος: μία αρκετά συνηθισμένη πάθηση κατά την οποία ο κερατοειδής χιτώνας του ματιού προσδεδεικτικά λαμβάνει ανώμαλο κωνικό σχήμα και μπορεί να προκαλέσει σοβαρή διαταραχή της όρασης λόγω δημιουργίας ανώμαλου αστιγματισμού.
- Γεροντότοξο: είναι η συνηθέστερη περιφερειακή θόλωση του κερατοειδούς με εμφάνιση εναποθέσεων λιπιδίων. Σχετίζεται με την ηλικία και βρίσκεται σε όλα σχεδόν τα άτομα άνω των 80 ετών.
- Κερατόσφαιρα: σπάνια πάθηση η οποία ξεκινά κατά την γέννηση. Χαρακτηρίζεται από τη λέπτυνση του κερατοειδούς στα άκρα. Σε κάποιες περιπτώσεις προκαλείται ρήξη

της δεσκεμετίου μεμβράνης ή ακόμα και ρήξη όλου του κερατοειδούς λόγω της λεπτότητάς του.

- Ενδοθηλιακή δυστροφία του Fuchs (Fuchs dystrophy): αφορά το οίδημα του κεντρικού στρώματος του κερατοειδούς, λόγω της μη αναπλήρωσης των ενδοθηλιακών κυττάρων με αποτέλεσμα τη θολότητα της όρασης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Κεφάλαιο 2: Η Φασματοφωτομετρία

2.1 Η Φασματοσκοπία

Η φασματοσκοπία είναι μία από τις χρησιμότερες ενόργανες τεχνικές ανάλυσης και μελετά την αλληλεπίδραση μεταξύ της ύλης και της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Όταν ένα σύστημα απορροφά ενέργεια (**φασματοσκοπία απορρόφησης**), τότε μεταβάλλεται από την αρχική του κατάσταση σε μία διεγερμένη κατάσταση, ενώ, όταν από μία διεγερμένη κατάσταση επανέρχεται στην αρχική ή σε μια άλλη ενδιαμέση ενεργειακή κατάσταση, τότε αποβάλλει ενέργεια (**φασματοσκοπία εκπομπής**). [9] Έτσι, κάθε μετακίνηση ηλεκτρονίων από μια στοιβάδα σε μια άλλη (μέσα στα άτομα ή στα μόρια) και κάθε περιστροφική κίνηση και δόνηση ομάδων των δομικών στοιχείων, επιφέρει την απορρόφηση ή την αποβολή ενέργειας. Οι ενεργειακές αυτές μεταβολές πραγματοποιούνται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με συγκεκριμένο μήκος κύματος ή συχνότητα ανάλογα με το είδος της μετάπτωσης των ηλεκτρονίων ή της μοριακής κίνησης.

Η φασματοσκοπία ασχολείται με τον προσδιορισμό της συχνότητας ή του μήκους κύματος της ακτινοβολίας που απορροφάται ή εκπέμπεται καθώς και με τον καθορισμό των συνθηκών και των νόμων που διέπουν τις μεταβολές αυτές.

Η φασματοφωτομετρία είναι ένα τμήμα της φασματοσκοπίας, που μελετά τις ποσοτικές σχέσεις που ισχύουν για την ένταση της ακτινοβολίας που απορροφάται (ή εκπέμπεται) και τους νόμους της απορρόφησης του φωτός.

2.2 Φασματοσκοπικές μέθοδοι

Γενικά οι φασματοσκοπικές μέθοδοι χημικής ανάλυσης, όπου ανήκει και η φασματοφωτομετρία UV-VIS [10], χρησιμοποιούνται κυρίως για την επίλυση διαφόρων χημικών προβλημάτων, όσον αφορά τη δομή, την κινητική, την ταυτοποίηση, την ποσοτική ανάλυση διαφόρων ενώσεων, κ.α. Τα πλεονεκτήματα αυτών των μεθόδων είναι :

- χρησιμοποιείται μικρή ποσότητα δείγματος
- δεν καταστρέφεται στο τέλος της ανάλυσης
- μεγάλη ακρίβεια και ευαισθησία

- μικρός χρόνος μέτρησης

Η πλειοψηφία των φασματοφωτομετρικών μεθόδων βασίζεται στην επίδραση κατάλληλης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε μια ουσία, που δεσμεύεται από τα άτομα, ή τα μόρια της ύλης και προκαλεί ηλεκτρονιακές διεγέρσεις, διεγέρσεις πυρήνων, αλλαγές στην περιστροφή και τη δόνηση των μορίων. Στη συνέχεια τα δομικά στοιχεία της ύλης επιστρέφουν στην αρχική τους κατάσταση, αφού αποβάλλουν το ποσό της ενέργειας που απορρόφησαν. Η καταγραφή της απορρόφησης της ακτινοβολίας σε συνάρτηση με το μήκος κύματος, ή τη συχνότητα της ακτινοβολίας αποτελεί το φάσμα απορρόφησης, που είναι γραμμικό στα άτομα και ταινίες στα μόρια.

Η απορρόφηση της ακτινοβολίας στην υπεριώδη περιοχή (ενέργεια περίπου 100 Kcal/mole) προκαλεί μεταβολές ηλεκτρονιακές, δόνησης και περιστροφής. Η διάκριση μεταξύ των ηλεκτρονιακών και των πιο κοντινών ταινιών δόνησης και περιστροφής δεν είναι εφικτή, το τελικό αποτέλεσμα είναι η λήψη ευρείων κορυφών.

Στο υπεριώδες διακρίνονται δύο περιοχές: α) το εγγύς υπεριώδες (400 με 190 nm) και β) το άπω υπεριώδες (190 με 100 nm). Η συνήθης οργανολογία περιορίζεται στο εγγύς υπεριώδες, διότι η απορρόφηση κάτω από τα 190 nm α) από το διοξείδιο του πυριτίου (χαλαζία), υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα τα οπτικά εξαρτήματα (κυψελίδες) και β) από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο, δεν επιτρέπει μετρήσεις στο άπω υπεριώδες.

Για να πραγματοποιηθεί απορρόφηση ακτινοβολίας, απαραίτητη προϋπόθεση είναι, τα φωτόνια που προσκρούουν στο δείγμα να έχουν ενέργεια ίση με αυτή που χρειάζεται για να προκληθεί μια κβαντισμένη ενεργειακή μεταβολή.

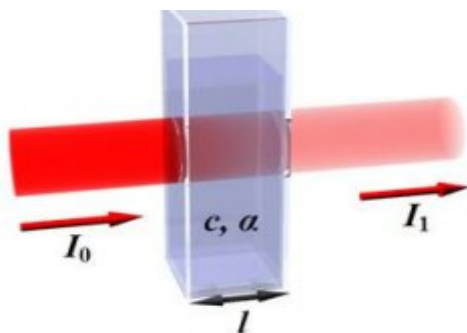
Η ενέργεια των μεταπτώσεων των ηλεκτρονίων είναι της τάξης μερικών eV, δίνεται δε από τον τύπο

$$E = E_1 - E_2 = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad (1)$$

όπου **E** η ενέργεια, **h** η σταθερά του **Planck**, **ν** η συχνότητα της ακτινοβολίας και **λ** το μήκος κύματος.

2.3 Νόμος Beer-Lambert

Οι ποσοτικές μετρήσεις που δίνει η φασματοφωτομετρία **UV-VIS** [10] βασίζεται στην εξάρτηση της απορρόφησης της ακτινοβολίας από την ποσότητα της ουσίας που απορροφά την ακτινοβολία. Η ποσοτική σχέση δίνεται από το νόμο **Beer-Lambert**. Στο σχήμα 2.1 απεικονίζεται μια κυψελίδα η οποία περιέχει διάλυμα μιας ουσίας, μέσα από την οποία εισέρχεται ακτινοβολία αρχικής έντασης **I₀** και εξέρχεται ακτινοβολία έντασης **I**.



Σχήμα 2.1: Ακτινοβολία διερχόμενη μέσα από κυψελίδα η οποία περιέχει κάποιο διάλυμα χημικής ουσίας. [10]

Σύμφωνα με το νόμο **Beer-Lambert** ισχύει:

$$I = I^0 e^{-\alpha c l} \quad (2)$$

Όπου c η συγκέντρωση του διαλύματος, l η απόσταση που κάνει η ακτινοβολία μέσα στο διάλυμα και α ο συντελεστής απορρόφησης, ο οποίος εξαρτάται από το μόριο ή ιόν που απορροφά σε ορισμένο διαλύτη και από τη συχνότητα της ακτινοβολίας.

Η σχέση (2) μετασχηματίζεται σε λογαριθμική μορφή:

$$\log \frac{I}{I_0} = -\epsilon C l \quad (3)$$

Το ϵ είναι ο **μοριακός συντελεστής απορρόφησης** (molar absorption coefficient) και εξαρτάται από το συντελεστή απορρόφησης α :

$$\epsilon = \frac{\alpha}{2.303} \quad (4)$$

Το γινόμενο $\epsilon C l$ ονομάζεται **απορρόφηση A**, absorbance.

$$A = \epsilon C l \quad (5)$$

Ο λόγος $\frac{I}{I_0}$ ονομάζεται **διαπερατότητα T**:

$$T = \frac{I}{I_0} \times \frac{1}{I_0} \quad (6)$$

Από τις σχέσεις (3) και (6) ισχύει:

$$A = -\log T \quad (7)$$

Ο **νόμος του Beer** ισχύει όταν:

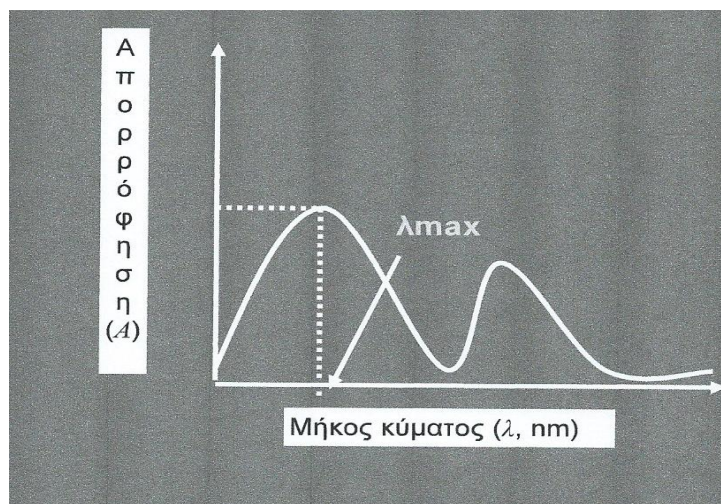
- 1) Η προσπίπτουσα ακτινοβολία είναι μονοχρωματική
- 2) Τα χημικά είδη που απορροφούν δρουν ανεξάρτητα στη διαδικασία απορρόφησης
- 3) Η απορρόφηση συμβαίνει σ' έναν όγκο ομοιόμορφης διατομής
- 4) Η ενεργειακή υποβάθμιση είναι γρήγορη (όχι φθορισμός).
Γενικά ισχύει για αραιά διαλύματα.

Αρκετά συχνά υπάρχει απόκλιση από τη γραμμική σχέση μεταξύ απορρόφησης και συγκέντρωσης, οι οποίες περιορίζουν τη δυναμική περιοχή συγκεντρώσεων που μπορεί να εφαρμοστεί ο νόμος του Beer. Ο νόμος του Beer δεν εφαρμόζεται για πυκνά διαλύματα ($C > 0,01M$), επειδή σε αυτά οι αποστάσεις μεταξύ των σωματιδίων που απορροφούν γίνονται ελάχιστες. Έτσι καθένα από αυτά επηρεάζει την κατανομή φορτίου στα κοντινότερα σωματίδια άρα και την απορροφητική τους ικανότητα ως προς την ακτινοβολία ορισμένου μήκους κύματος. Ακόμα, σε πυκνά διαλύματα μεταβάλλεται και η μοριακή απορροφητικότητα ϵ .

Η παραπάνω περίπτωση καθορίζει έναν περιορισμό θεμελιώδους σημασίας στη χρήση του νόμου του Beer και αποτελεί μία πραγματική απόκλιση. Υπάρχουν και φαινομενικές αποκλίσεις που μπορεί να οφείλονται στα χρησιμοποιούμενα όργανα και τον τρόπο διεξαγωγής των μετρήσεων απορρόφησης, όπως π.χ. στη μη γραμμική σχέση μεταξύ λαμβανομένου σήματος και ισχύος της ακτινοβολίας στη μη μονοχρωματικότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, ή σε <<παράσιτη>> ακτινοβολία, δηλαδή σε ακτινοβολία που φθάνει στον ανιχνευτή χωρίς να ανοίξει στην επιλεγμένη από τη δέσμη του μονοχρωμάτωρα (Μια οπτική συσκευή [17] που διαχωρίζει το πολυχρωμικό φως (όπως το ηλιακό φως ή το φως που προέρχεται από μια λάμπα) σε μια σειρά μεμονωμένων μηκών κύματος (μονόχρωμο φως) και επιτρέπει την επιλογή μιας στενής ζώνης αυτών των μεμονωμένων μηκών κύματος. Το φως της επιθυμητής ζώνης μήκους κύματος στη συνέχεια κατευθύνεται σε ένα δείγμα, έναν ανιχνευτή ή άλλα στοιχεία του οπτικού συστήματος. Παρέχει δηλαδή μια επιλογή μήκους κύματος σε συσκευές ανάγνωσης μικροπλακών, φασματοφωτόμετρα και άλλα όργανα μέτρησης. Επιτρέπει τη φασματική απομόνωση ενός μήκους κύματος από τη δέσμη μιας φωτεινής πηγής). Μία άλλη αιτία απόκλισης από το νόμο του Beer είναι χημικοί παράγοντες π.χ. όταν το σύνολο της ουσίας που απορροφά δεν βρίσκεται στην ίδια χημική μορφή, αλλά τα σωματίδια που απορροφούν συμμετέχουν σε χημικές ισορροπίες. Σε αυτήν την περίπτωση οποιαδήποτε μετατόπιση στη θέση ισορροπίας συνεπάγεται φαινομενική απόκλιση από το νόμο του Beer.

Η γραφική απεικόνιση της απορρόφησης ενός διαλύματος σε σχέση με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας δίνει το φάσμα απορρόφησης της διαλυμένης ουσίας. Το μήκος κύματος στο οποίο παρατηρείται το μεγαλύτερο ποσοστό απορρόφησης, ονομάζεται μήκος κύματος μέγιστης απορρόφησης και συμβολίζεται με λ_{max} . Η τιμή του λ_{max} είναι χαρακτηριστική της ουσίας, άρα μας δίνει ποιοτική πληροφορία. Το εμβαδόν της κορυφής του φάσματος σχετίζεται με τη ποσότητα της ουσίας, άρα δίνει ποσοτική πληροφορία. Στο σχήμα 2.2 απεικονίζεται ένα χαρακτηριστικό φάσμα απορρόφησης.

Απεικόνιση του A ή T σε συνάρτηση με το μήκος κύματος (λ) ονομάζεται φάσμα απορρόφησης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ταυτοποίηση (ποιοτική ανάλυση). Τα φάσματα δεν χαρακτηρίζουν συνολικά το μόριο. Μόνο στην περιοχή λ_{\max} μπορεί να εφαρμοσθεί ο νόμος Lambert – Beer, διότι μόνο εκεί η τιμή της ϵ (α) παραμένει σταθερή.



Σχήμα 2.2: Χαρακτηριστικό φάσμα απορρόφησης [10]

Χρήσιμες πληροφορίες μπορεί να πάρει κάποιος και από την απεικόνιση του μοριακού συντελεστή απορρόφησης ϵ σε συνάρτηση με το μήκος κύματος (η οποιαδήποτε άλλη έκφρασή του π.χ. συχνότητα ν ή κυματαριθμό $\overline{\nu}$). Ο κυματαριθμός ορίζεται από τη σχέση

$$\overline{\nu} = \frac{\nu}{c}$$

το δε μήκος κύματος και η συχνότητα συνδέονται από το γνωστό τύπο της κυματικής $c = \lambda \cdot \nu$.

Η **απόλυτη ένταση** μιας κορυφής δίνεται από το εμβαδόν της επιφάνειας κάτω από την κορυφή που απεικονίζεται σε ένα διάγραμμα του ϵ με τον κυματαριθμό $\overline{\nu}$ ($\overline{\nu} = \frac{1}{\lambda}$). Για την απόλυτη ένταση ισχύει:

$$I = \int_{\overline{\nu}_1}^{\overline{\nu}_2} \epsilon \cdot d\overline{\nu} \quad (8)$$

Η απόλυτη ένταση δείχνει την πιθανότητα να συμβεί η μετάπτωση. Η πιθανότητα αυτή εκφράζεται και με την ισχύ ταλαντωτή, που ορίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$f = 4 \cdot \epsilon_0 \cdot \ln 10 \cdot (m_0 \cdot c^2 \cdot N_0^{-1} \cdot e^{-2}) I \quad (9)$$

όπου ϵ_0 : η διαπερατότητα του κενού ($8.854 \cdot 10^{-12} \text{ J}^{-1} \text{ Cb}^2 \text{ m}^{-1}$)

c : η ταχύτητα του φωτός ($3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

N_0 : αριθμός του Avogadro ($6,023 \cdot 10^{23}$)

e : το φορτίο του ηλεκτρονίου ($1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$)

m_0 : μάζα ηλεκτρονίου ($9,109 \cdot 10^{-31}$ Kg)

Για τις πάρα πολύ πιθανές μεταπτώσεις η τιμή του f τείνει προς τη μονάδα, ενώ για λιγότερο πιθανές είναι μικρότερη της μονάδας.

2.4 Οργανολογία Φασματοφωτομετρίας [31]

Τα φασματοφωτόμετρα διακρίνονται σε φασματοφωτόμετρα υπεριώδους ή ορατού ή υπεριώδους-ορατού ή υπέρυθρου, σε φασματοφωτόμετρα απλής ή διπλής δέσμης και σε φασματοφωτόμετρα αμέσου αναγνώσεως ή μηδενισμού.

Οι βασικές μονάδες ενός φασματοφωτομέτρου είναι:

1. Σταθερή πηγή ακτινοβολίας (πηγή φωτός)
2. Επιλογέας μήκους κύματος
3. Κυψελίδα
4. Ανιχνευτής ακτινοβολίας
5. Σύστημα μέτρησης που περιλαμβάνει ενισχυτή και όργανο ανάγνωσης

Ως πηγές φωτός για το ορατό φάσμα χρησιμοποιούνται λυχνίες βολφραμίου και για το υπεριώδες, λυχνίες υδρογόνου. Σε ποσοτική ανάλυση, χρησιμοποιείται κατά κανόνα στενή περιοχή μηκών κύματος, για να ισχύει ο νόμος των **Lambert-Beer**. Η απομόνωση της επιθυμητής στενής περιοχής επιτυγχάνεται με φίλτρα ή μονοχρωμάτορες (πρίσμα ή φράγμα περίθλασης).

Το υλικό κατασκευής των κυψελίδων εξαρτάται από την περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που μετράται. Για την ορατή περιοχή, χρησιμοποιούνται κυψελίδες από γυαλί, ενώ στο υπεριώδες από χαλαζία, γιατί το κοινό γυαλί απορροφά έντονα την υπεριώδη ακτινοβολία. Για την υπέρυθρη περιοχή χρησιμοποιούνται κυψελίδες από αλογονίδια αλκαλίων.

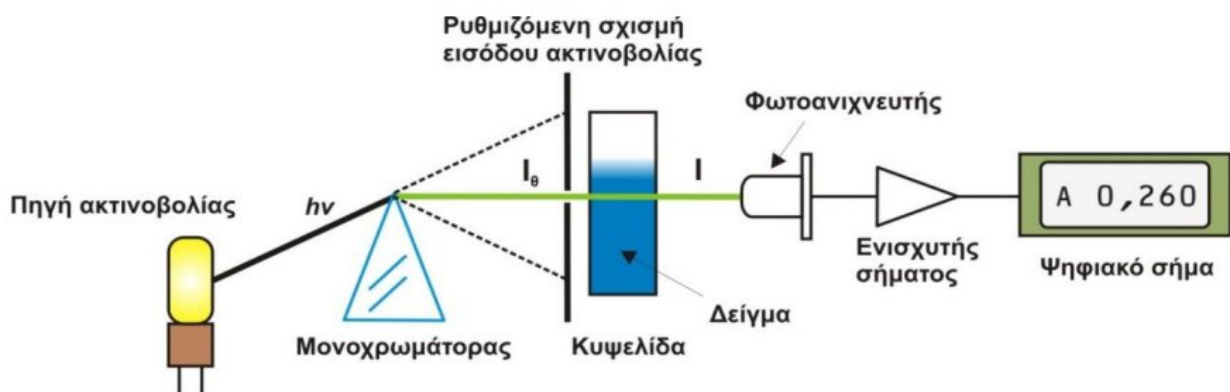
Ως ανιχνευτές χρησιμοποιούνται κυρίως φωτοκύτταρα, φωτολυχνίες, φωτοπολλαπλασιαστές, θερμοζεύγη και βολόμετρα. Ανεξάρτητα από τον τύπο του φασματοφωτομέτρου, η μέτρηση της απορρόφησης είναι πάντα σχετική, δηλαδή συγκρίνεται η απορρόφηση του δείγματος με την απορρόφηση προτύπου ή τυφλού διαλύματος. Το τυφλό διάλυμα περιέχει όλα τα αντιδραστήρια και τον διαλύτη που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή του δείγματος, εκτός από την ουσία που πρόκειται να προσδιοριστεί.

Με το τυφλό ρυθμίζεται το όργανο, ώστε να δείχνει διαπερατότητα 100% (απορρόφηση 0%) και έτσι εξουδετερώνονται σφάλματα που προέρχονται από απορρόφηση του διαλύτη και των αντιδραστηρίων, απορρόφηση της κυψελίδας, ανάκλαση μέρους της προσπίπτουσας ακτινοβολίας πάνω στην κυψελίδα και άλλα.

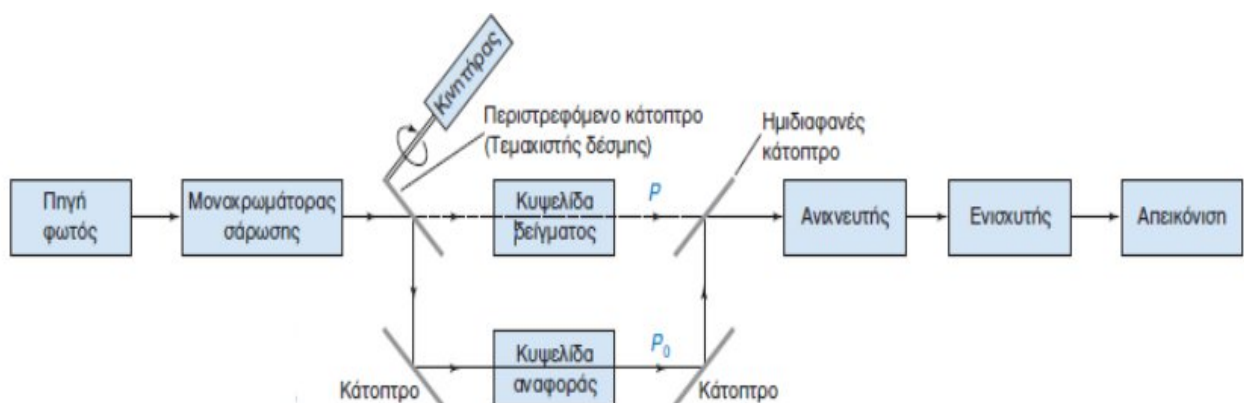
Στα φασματοφωτόμετρα απλής δέσμης (Σχήμα 2.3) υπάρχει μία μόνο οπτική διαδρομή και αυτά βαθμονομούνται (0% και 100%) για κάθε μήκος κύματος. Χρησιμοποιούνται δύο κυψελίδες, μία με το τυφλό διάλυμα και μία με το δείγμα.

- Αρχικά γίνεται η ρύθμιση του 0% της διαπερατότητας με τον διακόπτη ρύθμισης του μηδενός.
- Τοποθετείται η κυψελίδα με το τυφλό και ρυθμίζεται το 100% της διαπερατότητας.
- Αντικαθίσταται η κυψελίδα με το τυφλό με την κυψελίδα με το δείγμα.
- Μετράται η απορρόφηση ή η διαπερατότητα του δείγματος.
- Κάθε φορά που αλλάζει το μήκος κύματος πρέπει να ρυθμίζεται το 100% της διαπερατότητας με το τυφλό.

Στα φασματοφωτόμετρα διπλής δέσμης (Σχήμα 2.4), η ακτινοβολία μετά την διόδο από τον μονοχρωμάτορα, διχάζεται σε δύο δέσμες που περνούν μία από το τυφλό και μία από το δείγμα. Έτσι η βαθμονόμηση του 100% της διαπερατότητας γίνεται αυτόματα από το όργανο. Για τη λήψη φασμάτων απορρόφησης, χρησιμοποιούνται αποκλειστικά φασματοφωτόμετρα διπλής δέσμης.



Σχήμα 2.3: Φασματοφωτόμετρο απλής δέσμης [31]



Σχήμα 2.4: Φασματοφωτόμετρο διπλής δέσμης [31]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Κεφάλαιο 3: Φασματοφωτόμετρο SPECORD 200

3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά των φασματοφωτομέτρων

Για την πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήσαμε το όργανο **SPECORD 200**, τα οπτικά δεδομένα του οποίου παρουσιάζονται στη συνέχεια:

Πίνακας 3.1: Οπτικά χαρακτηριστικά του SPECORD 200 [11]

Αρχή λειτουργίας	Φασματοφωτόμετρο διπλής δέσμης με δύο μεγάλες εκτάσεις
Οπτική	Προμονοχρωματής και μονόχρωμο με ολογραφική κοίλη σχάρα, ενώ το φως είναι χωρισμένο σε δύο δοκούς από μια πλάκα διαχωρισμού δέσμης.
Μήκος κύματος	190 - 1100nm
Εύρος φωτομετρικής οθόνης	-8A - 8A
Ακρίβεια μήκους κύματος (με φίλτρο οξειδίου του χολμίου)	$\leq \pm 0.5\text{nm}$
Αναπαραγωγικότητα μήκους κύματος (με φίλτρο οξειδίου του χολμίου)	$\leq \pm 0.05\text{nm}$
Φωτομετρική ακρίβεια VIS, στα 546nm με φίλτρο Hellma F4 ουδέτερης πυκνότητας	$\leq \pm 0.005$
Φωτομετρική ακρίβεια UV με διχρωμικό κάλιο σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Φαρμακοποιία	$\leq \pm 0.01$
Το διάχυτο φως* στα 200nm (KCl Merck 1.08164.0001)	$\leq 0,5\% T$
Το διάχυτο φως στα 220nm (NaI)	$\leq 0,05\% T$
Το διάχυτο φως στα 240nm (NaI)	$\leq 0,05\% T$
Το διάχυτο φως στα 340nm (NaNO ₂)	$\leq 0,05\% T$
Θόρυβος γραμμής βάσης στα 500nm	$\leq 0.00015 \text{ (RMS)}$
Μακροπρόθεσμη σταθερότητα στα 500nm	$\leq \pm 0.001$

Ταχύτητα σάρωσης	έως 6000nm/min
Φασματικό εύρος ζώνης	1; 2; 4 nm (μεταβλητό)
Ανάλυση Τολουολίου / εξανίου	> 2.1

* (Το διάχυτο φως είναι οποιαδήποτε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που είναι ανεπιθύμητη και παρεμποδίζει την απόδοση των προβλεπόμενων λειτουργιών ενός οπτικού συστήματος. Ανεπιθύμητο διάχυτο φως μπορεί να εμφανιστεί είτε σε συστήματα απεικόνισης είτε σε συστήματα προβολής, αν και είναι συνήθως πιο κρίσιμο να ελέγχεται το πρώτο. Το διάχυτο φως μπορεί να προέρχεται από το αντικείμενο που συλλαμβάνει το οπτικό σύστημα ή από ακούσιους εξωτερικούς εκπομπούς ή, στην περίπτωση ευαίσθητων στο υπέρυθρο συστημάτων, μπορεί να προέρχεται από στοιχεία του ίδιου του συστήματος που εκπέμπουν φως λόγω της δικής τους θερμότητας) [23].

Όσο για τα γενικά τεχνικά στοιχεία του φασματοφωτομέτρου SPECORD 200 που χρησιμοποιήσαμε στο εργαστήριο, παρουσιάζονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα:

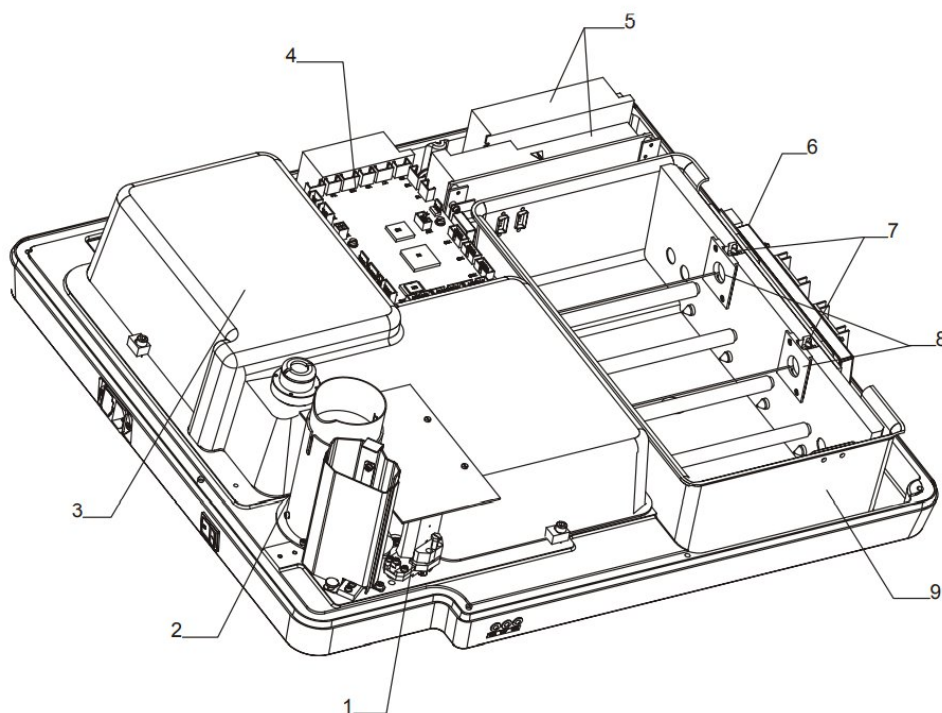
Πίνακας 3.1: Γενικά τεχνικά στοιχεία του SPECORD 200 [11]

ΒΑΡΟΣ	23,5 kg
Αποτύπωμα (W x D)	1200 x 750 mm ² με υπολογιστή
Διαστάσεις (W x H x D)	680 x 240 x 620 mm ³
Τάση γραμμής	230 VAC ±10 % ή 115 VAC ±10 % (δυνατότητα αλλαγής από την υπηρεσία)
Συχνότητα γραμμής	47-63 Hz
Κατανάλωση ενέργειας	200 VA
Ασφάλειες: Ασφάλειες γραμμής	230 V~: T 3,15 AH/250V, τύπος 19181 (Wickmann) 115 V~: T 3,15 AH/250V, τύπος 19181 (Wickmann)
Καταστολή ράδιο θορύβου	σύμφωνα με το πρότυπο EN 55011 Κατηγορίας A
Ανοσία θορύβου	σύμφωνα με το πρότυπο DIN EN 50082-1
Τύπος προστασίας	IP 20

Διεπαφές δεδομένων	<p>2 x RS-232 για αξεσουάρ</p> <p>1 x θύρα USB για τη σύνδεση εξωτερικού υπολογιστή</p> <p>1 x RS-232 για τη σύνδεση εξωτερικού υπολογιστή</p>
Απαιτήσεις Η/Υ για λογισμικό: WinASPECT	Επεξεργαστής Pentium 133 MHz, μνήμη RAM 16 MB, Windows 2000 και πάνω

3.2 Περιγραφή συσκευών και αρχή λειτουργίας

Μηχανικό σχέδιο specord



Σχήμα 4.1: Μηχανικός σχεδιασμός του SPECORD [11]

1. Πολυεστιακός διαφωτιστικός καθρέφτης στο SPECORD® 200
2. Φωτεινές πηγές
3. Κάλυψη του συστήματος φασματοφωτομέτρων και του τμήματος φωτομέτρων
4. Έλεγχος συσκευών

5. Μονάδα παροχής ηλεκτρικού ρεύματος
6. Πίνακας ανιχνευτών
7. Κάτοχος για θολά δείγματα
8. Τοποθεσίες για τον τυποποιημένο κάτοχο κυττάρων
9. Διαμέρισμα δείγματος

Τα σημαντικότερα υποσυστήματα του SPECORD είναι:

Πηγές φωτός

Ο λαμπτήρας αλογόνου και ο λαμπτήρας δευτερίου παράγουν το φως που είναι μονοχρωματισμένο στο σύστημα φασματοφωτομέτρων. Στη συνέχεια, περνάει μέσω του δείγματος.

Σύστημα φασματοφωτομέτρων

Το σύστημα φασματοφωτομέτρων προστατεύεται από το εξωγενές φως και σκόνη με κάλυψη. Ο αφυγραντής ρυθμίζει την υγρασία μέσα στο σύστημα.

Ενότητα φωτομέτρου

Αυτό το υποσύστημα χρησιμεύει για τη διάσπαση του φωτός που εξέρχεται από το μονοχρωματικό σε δείγμα και δέσμη αναφοράς. Το οπτικό σύστημα διαμορφώνει τη διατομή δέσμης στο δείγμα. Το τμήμα του φωτόμετρου, επίσης, προστατεύεται από κάλυψη.

Πίνακας ανιχνευτών

Δύο φωτοдиодοι χρησιμοποιούνται ως ανιχνευτές ακτινοβολίας, οι οποίοι είναι ελεγχόμενοι σε θερμοζεύγος peltier στο SPECORD®200.

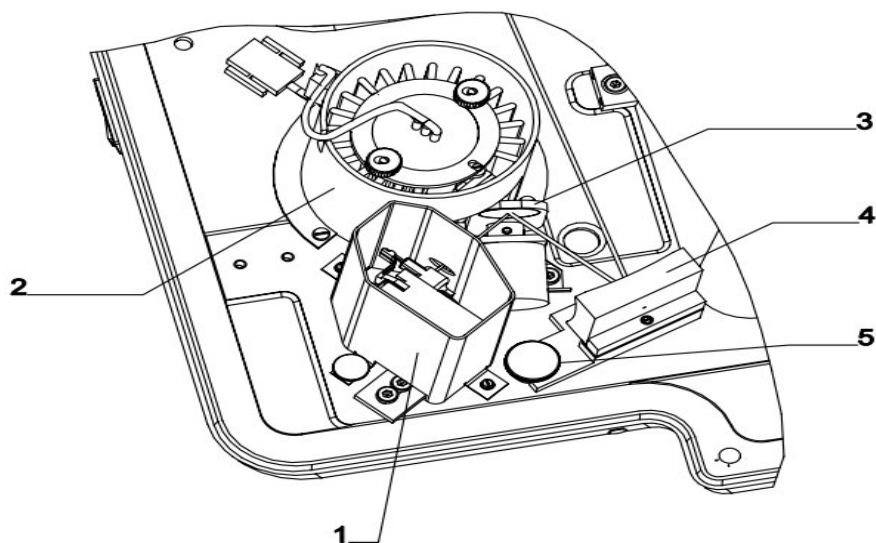
Τροφοδοτικό

Οι μονάδες παροχής ηλεκτρικού ρεύματος παρέχουν την ηλεκτρική τάση στο ηλεκτρονικό σύστημα και τους ανεμιστήρες για το θερμοηλεκτρικό έλεγχο της θερμοκρασίας των ανιχνευτών στο SPECORD 200.

Έλεγχος συσκευής ηλεκτρονικού υπολογιστή

Ο υπολογιστής ελέγχου συσκευής συντονίζει την αλληλεπίδραση των υποσυστημάτων που εμπλέκονται στις διαδικασίες μέτρησης.

3.3 Σχεδιασμός συναρμολογημάτων



Σχήμα 4.2: Φωτεινές πηγές ΦΑΣΜΑΤΟΣ® 200 [11]

1. Λαμπτήρας αλογόνου σε προστατευτική στέγαση
2. Λαμπτήρες D₂E
3. Ανακλών καθρέφτης
4. Πολυεστιακός καθρέφτης που φωτίζει
5. Σετ βίδας για την ρύθμιση του καθρέφτη



Σχήμα 4.3: Λαμπτήρας D₂E [33]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Κεφάλαιο 4: Υπεριώδης ακτινοβολία, επιπτώσεις και τρόποι προστασίας

4.1 Υπεριώδης UV ακτινοβολία και τα είδη της

Υπεριώδης ακτινοβολία [6] (υπέρ το ιώδες χρώμα, πάνω από τη συχνότητα του ιώδους χρώματος) ονομάζεται η περιοχή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας της οποίας το μήκος κύματος στο κενό κυμαίνεται περίπου μεταξύ 380 και 60nm.

Υπάρχουν τρία είδη UV ακτινοβολίας: οι **UVA**, οι **UVB** και οι **UVC**. [7]

4.1.1 UVC

Αυτές είναι οι ακτίνες **UV** με την υψηλότερη ενέργεια και θα μπορούσαν να είναι οι πιο βλαβερές για τα μάτια και το δέρμα. Το στρώμα του όζοντος της ατμόσφαιρας όμως, αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στο μπλοκάρισμα σχεδόν όλων των ακτίνων **UVC**.

Αυτό σημαίνει επίσης ότι η εξάντληση της στιβάδας του όζοντος θα μπορούσε ενδεχομένως να επιτρέψει στις ακτίνες **UVC** υψηλής ενέργειας να φτάσουν στην επιφάνεια της Γης και να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα υγείας που σχετίζονται με την υπεριώδη ακτινοβολία.

Οι ακτίνες **UVC** έχουν μήκη κύματος που κυμαίνονται από 100 έως 280nm.

4.1.2 UVB

Οι ακτίνες **UVB** έχουν λίγο μεγαλύτερα μήκη κύματος (280-315nm) και χαμηλότερη ενέργεια από τις ακτίνες **UVC**. Αυτές οι ακτίνες απορροφώνται μερικώς από τη στιβάδα του όζοντος, αλλά κάποιες φτάνουν στην επιφάνεια της Γης. Σε μικρές δόσεις, η ακτινοβολία **UVB** προκαλεί την παραγωγή μελανίνης (μια χρωστική ουσία του δέρματος), προκαλώντας έτσι το καλοκαιρινό μαύρισμα του δέρματος μας.

Παρόλα αυτά σε πιο αυξημένες δόσεις, οι ακτίνες **UVB** μπορούν να προκαλέσουν έγκαυμα που αυξάνει την πιθανότητα καρκίνου του δέρματος. Οι ακτίνες **UVB** είναι επίσης υπεύθυνες για αποχρωματισμό του δέρματος, ρυτίδες και άλλα σημάδια πρόωρης γήρανσης του δέρματος. Η υπερβολική έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία **UVB** συνδέεται ακόμα, με

διάφορα οφθαλμικά προβλήματα, όπως η φωτοκερατίτιδα (το *έγκαυμα* στον κερατοειδή χιτώνα που προκαλείται από την υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου) [27].

-Ο κερατοειδής χιτώνας απορροφά το 100 τοις εκατό των ακτίνων **UVB**. Επομένως αυτός ο τύπος υπεριώδους ακτινοβολίας δεν μπορεί να προκαλέσει καταρράκτη και εκφύλιση της ωχράς κηλίδας, τα οποία σχετίζονται με την έκθεση σε **UVA**.

4.1.3 UVA

Οι ακτίνες **UVA** είναι πιο κοντά στις ακτίνες ορατού φάσματος και έχουν χαμηλότερη ενέργεια από τις ακτίνες **UVB** και **UVC**. Όμως οι ακτίνες **UVA** μπορούν να περάσουν από τον κερατοειδή χιτώνα και να φτάσουν στον αμφιβληστροειδή μέσα στο μάτι. Η υπερβολική έκθεση στην ακτινοβολία **UVA** έχει συνδεθεί με την ανάπτυξη συγκεκριμένων τύπων καταρράκτη. Έτσι προκύπτει ότι οι ακτίνες **UVA** μπορούν να παίξουν ρόλο στην ανάπτυξη εκφύλισης της ωχράς κηλίδας.

4.2 Απόκριση οφθαλμού στην ακτινοβολία [12]

Η μακροχρόνια έκθεση στο ηλιακό φως είναι γνωστό, ότι σχετίζεται με την ανάπτυξη καρκίνου του δέρματος, τη γήρανση του δέρματος, την καταστολή του ανοσοποιητικού και ασθένειες των ματιών όπως ο καταρράκτης και η ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς κηλίδας. Επι δεκαετίες έχει διαπιστωθεί, ότι η υπεριώδης ακτινοβολία που κυμαίνεται από 100 έως 400 nm είναι επιβλαβής για τον αμφιβληστροειδή χιτώνα, ενώ το ορατό φάσμα φωτός από 400 έως 700 nm είναι σχετικά ασφαλές. Το υπεριώδες φως είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκη κύματος που κυμαίνονται από 100 έως 400 nm. Η ατμόσφαιρα της γης απορροφά σχεδόν όλο το υπεριώδες φως C (100 έως 280 nm) και το μεγαλύτερο μέρος του υπεριώδους φωτός B (280 έως 315 nm). Το υπεριώδες A (315 έως 400 nm), το ορατό φως (380 έως 760 nm) και το υπέρυθρο (>760 nm) μπορούν να φτάσουν στην επιφάνεια της γης.

Συγκεκριμένα, τρεις κομβικές οφθαλμικές δομές επηρεάζονται από την υπεριώδη έκθεση: ο κερατοειδής χιτώνας, ο φακός και ο αμφιβληστροειδής χιτώνας. Μέσω του κερατοειδούς χιτώνα μεταδίδεται ενέργεια ακτινοβολίας από 295 nm και πάνω. Ο κρυσταλλικός φακός απορροφά σχεδόν ολόκληρη την προσπίπτουσα ενέργεια σε μήκη κύματος κοντά στα 400 nm. Στις νεαρές ηλικίες, ελάχιστη είναι η ποσότητα υπεριώδους A που φθάνει στον αμφιβληστροειδή, ενώ ο φακός απορροφά όλο και περισσότερο με την πάροδο του χρόνου. Τα απορροφητικά χαρακτηριστικά του ανθρώπινου φακού διαφέρουν σημαντικά αναλόγως της ηλικίας. Ο νεαρός φακός απορροφά κυρίως την υπεριώδη ακτινοβολία A, ενώ με την ηλικία, οι απορροφήσεις είναι μεγαλύτερες στα 320 nm και σε μήκη κύματος έως και 550 nm. Ο κερατοειδής απορροφάει και φιλτράρει την ακτινοβολία μικρότερου μήκους κύματος και επομένως την πιο ενεργητική υπεριώδη ακτινοβολία (υπεριώδης C < 280 nm). Όσον αφορά την ακτινοβολία, που διεισδύει μέσω του κερατοειδούς, το υδατοειδές υγρό

απορροφά μερική ποσότητα φωτός μεταξύ 280 και 360 nm, καθώς και φως στο μεγάλο εύρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας (1200 έως 2300 nm). Η απορρόφηση αυτή σε συνδυασμό με τη στένωση της κόρης, περιορίζουν το φάσμα και ελαττώνουν την ακτινοβολία στους ενδοφθάλμιους ιστούς. Στους οφθαλμούς που έχουν φυσικούς φακούς, ο κερατοειδής είναι το κυρίαρχο προστατευτικό φίλτρο για την υπεριώδη Β και ο φακός είναι το κυρίαρχο προστατευτικό φίλτρο του αμφιβληστροειδούς για την υπεριώδη Α. Έτσι, υπάρχουν ενδοφθάλμια φίλτρα που αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά διαφορετικά μέρη του υπεριώδους φάσματος και επιτρέπουν το πολύ 1% της υπεριώδους ακτινοβολίας να φτάσει στον αμφιβληστροειδή. Ωστόσο, πρόσφατες μελέτες δείχνουν, ότι το λεγόμενο αβλαβές ορατό φάσμα του φωτός μπορεί, επίσης να προκαλέσει ζημιά στον αμφιβληστροειδή μέσω φωτοχημικής βλάβης.

Η υπερβολική έκθεση στο μπλε φως μικρού μήκους κύματος, γνωστό ως «ορατό φως υψηλής ενέργειας», μπορεί, με την πάροδο του χρόνου, να προκαλέσει επιπλέον βλάβες στα επιθηλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς, στους φωτοϋποδοχείς και στα γαγγλιακά κύτταρα. Μεγάλο μέρος αυτού του πειράματος έχει γίνει *in vitro*, σε κυτταροκαλλιέργειες και σε εντάσεις ή/και διάρκειες έκθεσης που είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές που αναμένεται να βιώσει το μέσο άτομο. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν, ότι υπάρχουν οφθαλμικά φαινόμενα από το μπλε φως, αλλά τα αποτελέσματα *in vitro* (όταν ένα πείραμα ή μία έρευνα γίνεται έξω από έναν ζωντανό οργανισμό ή σε δοκιμαστικό σωλήνα, στο εργαστήριο) μπορεί να μην μεταφραστούν πλήρως σε πραγματικές συνθήκες. Ωστόσο, πρόσφατες *in vivo* μελέτες (πειράματα που πραγματοποιούνται σε ιστούς εντός εμβίων οργανισμών) εξέτασαν τη βλάβη του αμφιβληστροειδούς από το μπλε φως σε αρουραίους και ποντίκια και η ανθρώπινη κλινική εμπειρία επανεξετάζεται και αναφέρεται.

Το μπλε φως είναι μια περιοχή του φάσματος του ορατού φωτός, που έχει μήκος κύματος μεταξύ 400 και 495 nm. Οι τυπικές περιγραφές της απόχρωσης είναι βιολετί για 400 έως 450 nm, μπλε κοντά στα 470 nm και μπλε πράσινο από 480 έως 495 nm. Τα μικρότερα μήκη κύματος, αυτά μεταξύ 400 και 450 nm, έχουν περισσότερη ενέργεια, με τα 400 έως 425 nm να έχουν το υψηλότερο επίπεδο ενέργειας.

Σύμφωνα με μία μελέτη του 2013, ερευνητές που μελετούσαν στενές ζώνες μηκών κύματος, διαπίστωσαν ότι το μπλε-ιώδες φως ήταν το πιο επιβλαβές για τα επιθηλιακά κύτταρα [19] με χρωστική ουσία του αμφιβληστροειδούς χοίρου, καθώς προκαλούσε τον περισσότερο κυτταρικό θάνατο. Ακόμα μια μελέτη σειράς [20] που πραγματοποιήθηκε το 2007, με βάση τον πληθυσμό, μέτρησε την ποσότητα έκθεσης στο ηλιακό φως και τη συχνότητα εμφάνισης της, σχετιζόμενης με την ηλικία, εκφύλισης της ωχράς κηλίδας σε 2764 άτομα κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 10 ετών. Ανακάλυψαν ότι η παρατεταμένη έκθεση στο ηλιακό φως συσχετίστηκε με υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης πρώιμης ηλικιακής εκφύλισης της ωχράς κηλίδας. Ωστόσο, η προστατευτική επίδραση των γυαλιών ηλίου ήταν μόνο οριακή και τα δεδομένα αναφέρθηκαν σε υποκειμενική βάση. Επόμενες μελέτες έδειξαν προστατευτικά οφέλη από τον αποκλεισμό του ιώδους φωτός υψηλής ενέργειας.

Η ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς κηλίδας μπορεί να αποδοθεί στο συσσωρευμένο οξειδωτικό στρες με την πάροδο του χρόνου. Αυτό το οξειδωτικό στρες οφείλεται σε μια σωρευτική επίδραση των ακόλουθων παραγόντων: υπεριώδεις και ορατό φως υψηλής ενέργειας που παράγει ελεύθερες ρίζες (γνωστές επίσης ως αντιδραστικά είδη οξυγόνου), περισσότερη έκθεση του αμφιβληστροειδούς σε ιώδες φως υψηλής ενέργειας σε ηλικίες 1 έως 40 ετών και αυξημένη έκθεση σε ορατό φως υψηλής ενέργειας από ηλεκτρονικές συσκευές. Ο συνδυασμός έκθεσης σε μπλε φως, από το ηλιακό φως, και σε χαμηλές συγκεντρώσεις αντιοξειδωτικών στο πλάσμα, έχει αποδειχθεί, ότι σχετίζεται με τα πρώιμα στάδια της ηλικιακής εκφύλισης της ωχράς κηλίδας, που είναι κοινά στον πληθυσμό, και ότι η έκθεση στο μπλε φως στη μέση ηλικία μπορεί να είναι πιο επιζήμια από αυτό σε μικρότερες ηλικίες.

Το μπλε φως διαφοροποιείται με μεγαλύτερη ακρίβεια σε «ορατό μπλε-ιώδες φως υψηλής ενέργειας» (400 έως 450 nm) και «μπλε-τιρκουάζ φως κερκάρδιου ρυθμού» (460 έως 470 nm). Η φασματική ευαισθησία της οξείας καταστολής της μελατονίνης, δείκτη του κερκάρδιου ρολογιού, κυμαίνεται από 447 έως 484 nm και κορυφώνεται κοντά στα 460 nm. Η έκθεση στο φως και η χρονική διαταραχή έχουν αναθεωρηθεί από τους Bonmati-Carrion. Επιπλέον, μια πρόσφατη ανασκόπηση κλινικών μελετών δείχνει, ότι μια δίωρη έκθεση στο φως (460 nm) το βράδυ καταστέλλει τη μελατονίνη. Η μέγιστη μελατονίνη που καταστέλλει την επίδραση της έκθεσης στο φως επιτυγχάνεται στα μικρότερα μήκη κύματος (424 nm). Η συγκέντρωση της μελατονίνης ανακάμπτει, όμως, γρήγορα, εντός 15 λεπτών από τη διακοπή της έκθεσης. Αυτό υποδηλώνει βραχυπρόθεσμη ή ταυτόχρονη επίδραση της έκθεσης στο φως.

Το χρήσιμο εύρος για την έγχρωμη όραση στον άνθρωπο είναι περίπου 450 έως 650 nm. Το ορατό φως υψηλής ενέργειας είναι φως υψηλής συχνότητας, υψηλής ενέργειας στην ιώδη-μπλε ζώνη του ορατού φάσματος από 400 έως 450 nm. Ορατό φως υψηλής ενέργειας βρίσκεται στο ηλιακό φως καθώς και σε τεχνητές πηγές φωτός, όπως φωτισμός φθορισμού και διόδων εκπομπής φωτός, smartphone, tablet, φορητοί υπολογιστές, τηλεοράσεις και πολλές άλλες ηλεκτρονικές συσκευές. Αρκετές περιεκτικές ανασκοπήσεις έχουν αναφέρει και έχουν περιγράψει λεπτομερώς την οφθαλμική φωτοτοξικότητα, τόσο από το ηλιακό φως όσο και από τον τεχνητό φωτισμό. Επιδημιολογικές μελέτες έχουν επίσης συσχετίσει την έκθεση στο ηλιακό φως με τα πρώιμα στάδια της εκφύλισης της ωχράς κηλίδας. Επιπλέον, το φως μικρού μήκους κύματος θεωρείται, ότι είναι το πιο επιβλαβές φως του ορατού φάσματος, επειδή παράγει αντιδραστικά είδη οξυγόνου που οδηγούν σε παθογένεση ασθενειών του αμφιβληστροειδούς όπως η ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς κηλίδας.

Στην ιδανική περίπτωση, ένα μεγάλο μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας φιλτράρεται από τις οφθαλμικές δομές, αφήνοντας μόνο μια μικρή ποσότητα να φτάσει στον αμφιβληστροειδή. Ωστόσο, το λεγόμενο μπλε φως φτάνει στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, εφόσον δεν εμποδίζεται από οποιαδήποτε οπτική συσκευή. Πρώιμες μελέτες προστατευτικών γυαλιών για θεραπεία με ψωραλένιο [18] (ουσίες που ανήκουν στην μεγάλη ομάδα των φυσικών προϊόντων που είναι γνωστά σαν φουροκουμαρίνες. Συγγενεύουν χημικά με τα κουμαρινικά παράγωγα. Φάρμακα τα οποία προέρχονται από τα ψωραλένια

όπως το Μεθοξαλένιο, το Τριοξαλένιο χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία της λεύκης, ψωρίασης, δερματικού Τ-λεμφώματος, έκζεμα, αλωπεκίας) και υπεριώδες Α, με επίκεντρο το υπεριώδες και το ορατό φως, διεξήχθησαν από τον Moseley [32] τη δεκαετία του 1980. Ο Reichow [5] εξέτασε ορισμένα από τα φυσικά και φασματικά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν τα γυαλιά (λιανικής και επώνυμα), για να προστατεύουν τον χρήστη από το υπεριώδες και το ιώδες φως υψηλής ενέργειας. Το 2016, ο Chorley [30] μελέτησε την προστασία γυαλιών ηλίου για πολιτικούς πιλότους και διαπίστωσε, ότι οι φακοί που κατασκευάζονται και συμμορφώνονται ελάχιστα με τα πρότυπα για την υπεριώδη μετάδοση, θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε υπερβολική έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία σε έναν πιλότο με βάση τα δεδομένα ακτινοβολίας κατά την πτήση. Οι οφθαλμικές συσκευές και τα ενδοφθάλμια εμφυτεύματα φιλτράρουν γενικά την ευρεία ζώνη υπεριώδους/ορατού μπλε φωτός, προκαλώντας έτσι ανεπιθύμητα αποτελέσματα στον κirkάδιο [24] ρυθμό ή στην αντίληψη του χρώματος. Επειδή δεν υπάρχουν πολλές πληροφορίες για συγκεκριμένους μηχανισμούς φιλτραρίσματος μήκους κύματος, σε πολλές από αυτές τις συσκευές, οι άνθρωποι συχνά βασίζονται (λανθασμένα) σε ακριβά γυαλιά θεωρώντας, ότι είναι πιο αποτελεσματικά στο να μπλοκάρουν τα επιβλαβή φάσματα φωτός μικρού μήκους κύματος. Ο κίνδυνος από το υπεριώδες φως είναι γνωστός. Το υψηλής ενέργειας ιώδες φως διερευνάται όλο και περισσότερο ως κίνδυνος για τους οφθαλμικούς ιστούς. Μπορεί επίσης να αποτελεί παράγοντα κινδύνου για εκφύλιση της ωχράς κηλίδας και άλλες παθολογίες.

Τα περισσότερα γυαλιά ηλίου διαθέτουν πλαστικό (πολυκαρβονικό και Trivex) φακό, ο οποίος προστατεύει εγγενώς τα μάτια από το υπεριώδες φως. Οι περισσότεροι φακοί γυαλιών ηλίου απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία στα 400nm (υπεριώδης Β, 280 έως 315nm, υπεριώδης Α, 315 έως 400nm), λόγω των σταθεροποιητών υπεριώδους φωτός που είναι ενσωματωμένοι στο πλαστικό. Οι απορροφητές υπεριώδους (βενζοτριαζόλες και υδροξυφαινυλοτριαζίνες για πολυανθρακικό) αποτρέπουν την υποβάθμιση των φυσικών ιδιοτήτων, όπως απώλεια αντοχής σε κρούση, αλλαγές στο χρώμα, ρωγμές, τσούξιμο και άλλα.

Η προστασία από το επιβλαβές υπεριώδες φως καθορίζεται μέσω διεθνών προτύπων όπως ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης 12311:2013 και 8980 και το Αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων Z80.3 (2013 και 2015). Η αποκοπή αμερικανικού υπεριώδους φωτός είναι 380 nm. Διατίθενται επίσης πρόσθετα πρότυπα - Ευρωπαϊκά, Αυστραλιανά/Νεοζηλανδικά, Καναδικά και Βραζιλιάνικα. Η αποκοπή υπεριώδους φωτός στην Ευρώπη είναι 380 nm, ενώ η αποκοπή για τον Καναδά, την Αυστραλία/Νέα Ζηλανδία και τη Βραζιλία είναι 400 nm. Οι περισσότεροι, αλλά όχι όλοι οι φακοί (με εξαίρεση ειδικά δύο δειγμάτων), που δοκιμάστηκαν σε αυτήν τη μελέτη, πληρούσαν τις γενικές προδιαγραφές προτύπων που αποκλείουν το 100% της υπεριώδους ακτινοβολίας Α μικρότερη από 380 nm.

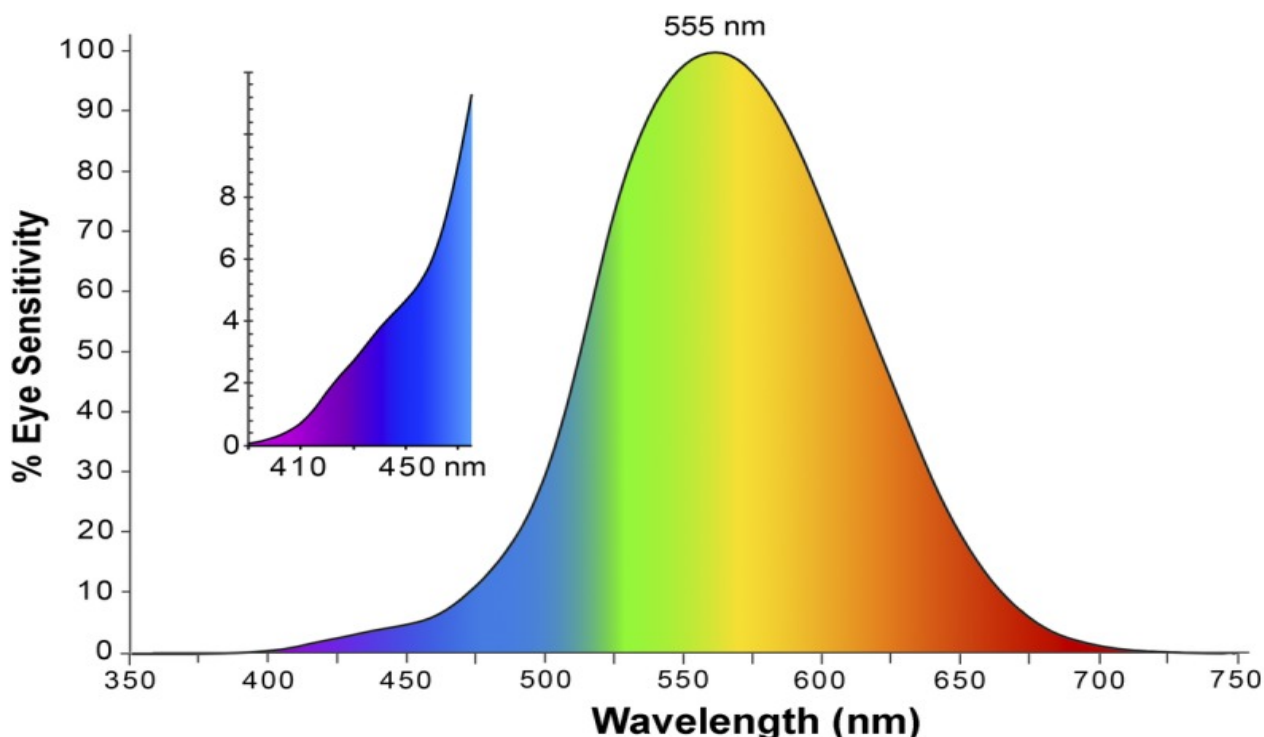
Η μελέτη πραγματοποιήθηκε από τη σκοπιά της δημόσιας υγείας και των «προληπτικών μέτρων», για την κατανόηση των βέλτιστων ιδιοτήτων του οπτικού φίλτρου του φακού που προστατεύουν τους οφθαλμικούς ιστούς από τη φωτοχημική βλάβη. Παρόμοιες μελέτες έχουν διεξαχθεί πρόσφατα για την αξιολόγηση των ιδιοτήτων φιλτραρίσματος των γυαλιών

ηλίου και του σχετικού κόστους. Κύριος σκοπός ήταν να προσδιοριστούν οι ιδιότητες φασματικής μετάδοσης διαφόρων γυαλιών ηλίου και φακών γυαλιών και να συγκριθεί η κλίση αποκοπής μήκους κύματος για αυτούς τους φακούς.

Η μέτρηση της πραγματικής ποσότητας ενός συγκεκριμένου μήκους κύματος φωτός που πέφτει ή εισέρχεται στο μάτι και φτάνει στον αμφιβληστροειδή είναι περίπλοκη. Διάφοροι παράγοντες, όπως ο σχετικός χρωματισμός του φακού, η πλευρική μετάδοση του αδέσποτου φωτός, η οπτική λείανση του φακού (με προκύπτουσες διακυμάνσεις πάχους) και το επιλεγμένο πλαίσιο γυαλιών αλλά και η θέση του φακού πάνω από το μάτι, επηρεάζουν το χρονικό μέγεθος της κόρης, το οποίο καθορίζει την ποσότητα φως που εισέρχεται στο μάτι. Επειδή η απόκριση της κόρης είναι πιο ευαίσθητη στο ορατό φως, τα συμβατικά γυαλιά ηλίου μπορεί να επιτρέπουν διαστολή της κόρης σε αναλογία με το σκοτάδι των γυαλιών ηλίου και αυξημένη ενδοφθάλμια ηλιακή ακτινοβολία. Επομένως, οι μετρήσεις μήκους κύματος μετάδοσης φωτός ενός συγκεκριμένου υλικού φακού ενδέχεται να μην προβλέπουν τις πραγματικές συνθήκες, όταν το υλικό του φακού ενσωματώνεται στα γυαλιά οράσεως ή στα γυαλιά ηλίου.

Τα γυαλιά ηλίου και οι διαφανείς οπτικοί φακοί μπορεί να περιλαμβάνουν πολλές φασματικές ζώνες φιλτραρίσματος φωτός. Η ιδιότητα φιλτραρίσματος ουδέτερης πυκνότητας κάθε φακού υπαγορεύει το συνολικό οπτικό φιλτράρισμα που καθορίζει τη φωτεινότητα ή το σκοτάδι του φακού σε ολόκληρο το φασματικό εύρος. Πρόσθετες βαφές και επικαλύψεις μακροπερατού φίλτρου αποκοπής, που εξαρτώνται από το συγκεκριμένο μήκος κύματος, καθορίζουν τα απόλυτα χαρακτηριστικά αποκλεισμού και εκπομπής φωτός κάτω και πάνω από ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος. Η μετάδοση φωτός μέσω ενός φωτοαπορροφητικού υλικού εξαρτάται επίσης από το πάχος, όπου μια μικρή διακύμανση πάχους από την οπτική λείανση του φακού μπορεί να υπαγορεύσει εάν ένας συγκεκριμένος φακός περιορίζει ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος φωτός κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο.

Η ευαισθησία του ανθρώπινου ματιού στο φως, που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, ποικίλλει έντονα στο εύρος μήκους κύματος μεταξύ 380 και 800nm. Το μέσο φυσιολογικό ανθρώπινο μάτι, υπό συνθήκες φωτός της ημέρας, είναι πιο ευαίσθητο σε μήκος κύματος 555nm και ανταποκρίνεται λιγότερο σε κόκκινο μήκος κύματος, μεγαλύτερο από 670nm και μπλε μήκη κύματος, μικρότερα από 430nm, γεγονός που υποδηλώνει ότι η διήθηση μηκών κύματος μικρότερων των 430nm πρέπει να έχει μικρή επίδραση στην αντιληπτή χρωματική όραση.



Σχήμα 4.1: Λειτουργία ευαισθησίας ματιών. Η λειτουργία φωτοπικής ευαισθησίας ματιών έχει μέγιστη ευαισθησία στην πράσινη φασματική περιοχή στα 555 nm. Το ένθετο δείχνει την περιοχή του μπλε φωτός, 400 έως 480 nm. Τραβηγμένο από το Vos [12]

4.3 Φίλτρο UV 400 και τύποι φίλτρων στα γυαλιά [8]

Οι περισσότεροι άνθρωποι εσφαλμένα πιστεύουν, ότι όσο πιο σκούρος είναι ο φακός των γυαλιών ηλίου, τόσο πιο ασφαλής είναι για τα μάτια. Η πραγματικότητα όμως, είναι διαφορετική. Το χρώμα των φακών δεν σχετίζεται άμεσα με τον βαθμό προστασίας τους. Όσο πιο σκούρο το χρώμα του φακού, τόσο πιο πολύ αυξάνεται η διαστολή της κόρης του ματιού, γεγονός που επιτρέπει σε πιο πολλές επιβλαβείς, για το μάτι, ακτίνες του ήλιου να εισέρχονται, απ' ό,τι χωρίς γυαλιά. Γι' αυτόν το λόγο, το σημαντικότερο κριτήριο στην επιλογή γυαλιών ηλίου ή οράσεως, είναι η κατηγορία του φίλτρου, η οποία υποδηλώνει και την ένταση του χρωματισμού.

4.3.1 Μεγαλύτερη προστασία από τον ήλιο χάρη στις κατηγορίες φίλτρων

Τα γυαλιά ηλίου ή οράσεως χρησιμεύουν στην πιο καθαρή όραση και την προστασία των ματιών από το φως του ήλιου. Τα επίπεδα προστασίας διακρίνονται σύμφωνα με τις λεγόμενες κατηγορίες φίλτρων. Οι κατηγορίες της **ΕΕ**, οι οποίες συνήθως αναγράφονται με πέντε ψηφία, Λατινική αρίθμηση (από I έως V) ή Αραβική (από 0 έως 4), εξηγούνται παρακάτω:

Κατηγορία φίλτρου 0 (Μόνο 3-20% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από τον φακό): Παρέχει ελάχιστη προστασία, ενώ το φίλτρο είναι χωρίς χρώμα ή ανοιχτόχρωμο. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε κλασικά αθλητικά ή προστατευτικά γυαλιά που είναι σχεδιασμένα για την προστασία από τον αέρα ή τη σκόνη, αλλά όχι και από την ηλιακή ακτινοβολία.

Κατηγορία φίλτρου 1 (Το 20-57% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από τον φακό): Κατηγορία ειδικά σχεδιασμένη για αραιή συννεφιά, καθώς πρόκειται για πολύ ελαφρώς χρωματισμένους φακούς, συνήθως κίτρινους ή πορτοκαλί, κατάλληλους για ασθενή ηλιακή ακτινοβολία ή για προστασία από τον αέρα ή τη σκόνη.

Κατηγορία φίλτρου 2 (Το 57-82% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από τον φακό): Είναι κατάλληλη για μία χαρακτηριστική καλοκαιρινή ημέρα. Αποτελεί μεσαίο σκοτεινό φίλτρο, αποδοτικό για μέση ηλιακή ακτινοβολία καθώς και για συχνή χρήση. Η απόχρωση των φακών της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι πιο ανοιχτή από το κανονικό. Είναι επομένως εφικτό, να χρησιμοποιηθούν σε ηλιόλουστες μέρες την άνοιξη και το φθινόπωρο. Ακόμα είναι πολύ βολικοί κατά την οδήγηση και στις πιθανές εναλλαγές μεταξύ σκιάς και ηλιοφάνειας.

Κατηγορία φίλτρου 3 (Το 82-92% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από τον φακό): Παρέχει έντονη προστασία. Γυαλιά ηλίου κατηγορίας 3 προτείνονται για ιδιαίτερες περιοχές, όπως η Νότια Ευρώπη. Είναι ένα σκούρο φίλτρο αποτελεσματικό για έντονη ηλιακή ακτινοβολία στην παραλία, στην πόλη, ή στο βουνό. Αυτή η κατηγορία είναι χαρακτηριστική για την πλειοψηφία τύπων γυαλιών ηλίου. Οι φακοί είναι ιδανικοί για το καλοκαίρι, επειδή παρέχουν μεγαλύτερο βαθμό προστασίας από την ηλιακή ακτινοβολία απ' ό,τι η προηγούμενη κατηγορία.

Κατηγορία φίλτρου 4 (Το 92-97% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από τον φακό): Προσφέρει πολύ ισχυρή προστασία, ουσιαστική για ψηλά βουνά και παγετώνες. Τα γυαλιά ηλίου κατηγορίας 4 είναι απαγορευτικά για την οδική κυκλοφορία (περιέχουν και ειδικό συμβολισμό). Διαθέτουν πολύ σκοτεινό φίλτρο αποτελεσματικό για πολύ έντονη ηλιακή ακτινοβολία που υφίσταται σε πολύ ιδιαίτερες περιοχές (πχ βουνά), όπου η ηλιοφάνεια δεν είναι μόνο υπερβολικά ισχυρή, αλλά υπάρχουν και πολλές ανακλάσεις.

Όσο ποιοτικοί και αν είναι οι φακοί, μέχρι και το 60% των UV ακτίνων μπορεί να περάσει από τα πλάγια ή πάνω από τους φακούς. Συνεπώς, οι μεγάλοι φακοί και ο άνετος σκελετός μπορούν να συμβάλουν στη βέλτιστη προστασία. **UV400** είναι η κατηγορία φακών που δεν επιτρέπει σε καμία ακτίνα φωτός με μήκος κύματος έως 400nm να τους διαπερνάει. Επομένως παρέχουν προστασία για όλες τις ακτίνες **UVA** και **UVB**.

4.4 Οι ακτίνες UV βλάπτουν τον αμφιβληστροειδή χιτώνα

Η πολύωρη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία συνεπάγεται εγκαύματα. Οι υπεριώδεις ακτίνες (οι γνωστές UV ακτίνες) αυξάνουν τον κίνδυνο καρκίνου του δέρματος. Επίσης, η συχνή ηλιοθεραπεία μπορεί να επιταχύνει τη γήρανση του δέρματος.

Όμως, δεν είναι μόνο το δέρμα που μπορεί να υποστεί βλάβη αλλά και τα μάτια. Εάν τα μάτια εκτίθενται στον ήλιο χωρίς προστασία, η μακρά και εντατική ακτινοβολία μπορεί να αποτελέσει σημαντική αιτία για φλεγμονές του επιπεφυκότα [26] *(Ο επιπεφυκότας είναι μία λεπτή μεμβράνη η οποία καλύπτει τον βολβό εξωτερικά (το λευκό μέρος του ματιού) και τα βλέφαρα από την εσωτερική τους επιφάνεια. Περιλαμβάνει πολύ λεπτά αγγεία τα οποία γίνονται ορατά αν παρατηρηθούν από κοντά. Από τον επιπεφυκότα παράγεται βλέννα, η οποία λιπαίνει την επιφάνεια του οφθαλμού).* και του κερατοειδούς χιτώνα. Στη χειρότερη περίπτωση, το οπτικό όργανο μπορεί να καταστραφεί μακροπρόθεσμα και το μάτι μπορεί να γίνει θολό (καταρράκτης). Έτσι, πρέπει πάντα να χρησιμοποιούνται γυαλιά με εγγυημένη UV προστασία.

Οι ακτίνες **UV-C** απορροφούνται ουσιαστικά από την ατμόσφαιρα, αλλά οι ακτίνες **UV-B** και **UV-A** διεισδύουν χωρίς να εμποδίζονται, στην επιφάνεια της Γης. Η ένδειξη **UV400** με εγγυημένη υπεριώδη προστασία, μπλοκάρει την επιβλαβή ακτινοβολία **UV-B** και **UV-A**.

4.5 Άλλα χαρακτηριστικά ποιότητας των γυαλιών ηλίου και οράσεως

Μέγεθος σκελετού και φακών: Όπως προαναφέρθηκε, το ηλιακό φως μπορεί επίσης να περάσει από τα πλάγια ή από την πάνω μεριά των φακών. Επομένως, προκειμένου να εξασφαλιστεί η βέλτιστη προστασία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ελαφρώς μεγαλύτεροι φακοί ή πιο μεγάλος και άνετος σκελετός.

Φίλτρα πόλωσης: Οι πολωμένοι φακοί έχουν ειδική επίστρωση που αυξάνει την ορατότητα με φιλτράρισμα, κατά την έκθεση σε έντονες ακτίνες φωτός. Αυτοί οι φακοί είναι ειδικά σχεδιασμένοι, για να μειώνουν την ανάκλαση που γίνεται σε διάφορες επιφάνειες όπως το νερό, το χιόνι ή το γυαλί. Τα γυαλιά ηλίου με πολωτικούς φακούς είναι ιδιαίτερα χρήσιμα και κατά την οδήγηση αυτοκινήτου.

4.5.1 Με ποια κριτήρια θα πρέπει να γίνει η επιλογή γυαλιών ηλίου [15]

Πρέπει να επιλέγονται γυαλιά ηλίου που:

- Είναι κατασκευασμένα με βάση τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που διαθέτουν δηλαδή την σήμανση **CE**. Το σήμα **CE** συναντάται σε γυαλιά από την 1η

Ιουλίου 1995 και σημαίνει ότι υπάρχει υπεριώδης προστασία τουλάχιστον 380nm. Βρίσκεται στο εσωτερικό του βραχίονα.

- Οι φακοί τους προστατεύουν 100% από τις επικίνδυνες **UVA** και **UVB** ακτίνες. Το μήκος κύματος που θεωρείται βλαβερό για την υγεία των ματιών μας, βρίσκεται περίπου στα 400nm, γι' αυτό και τα γυαλιά που θα επιλέξουμε θα πρέπει να φέρουν απαραίτητως την ένδειξη "**UV 400 protection**".
- Το υλικό κατασκευής τους είναι γνωστό. Ένα καθαρό υλικό είναι αυτό που δεν θα προκαλεί φαινόμενα αλλοιώσεων, παραμόρφωσης κι αντανάκλασεων. Το υλικό από το οποίο έχουν κατασκευαστεί οι φακοί επηρεάζει διάφορα χαρακτηριστικά των γυαλιών, όπως το βάρος, την ανθεκτικότητα, την διαύγεια καθώς και την τιμή των γυαλιών.
- Η σύστασή τους είναι ομοιογενής, χωρίς φυσαλίδες ή σώματα ξένα εντός της μάζας του υλικού.
- Η κατηγορία, στην οποία ανήκουν, είναι η σωστή και καλύπτει τις δικές μας συνήθειες, τις δραστηριότητες και τις καθημερινές ανάγκες, ανάλογα με τη γεωγραφική μας θέση, τις συνθήκες ηλιοφάνειας και άλλα. Οι φακοί χωρίζονται σε 4 κύριες κατηγορίες ανάλογα την διαπερατότητά τους από το φως.

4.5.2 Ποιος ο ρόλος και η σπουδαιότητα των φακών των γυαλιών ηλίου

Εφόσον το σημαντικότερο για όλους είναι η υγεία των οφθαλμών, τότε και το πιο σημαντικό κομμάτι των γυαλιών ηλίου πρέπει να είναι ο φακός του. Αυτός θα πρέπει να είναι άριστης ποιότητας και από υλικά όχι αγνώστου προέλευσης, παρέχοντας απόλυτη προστασία από τις επιβλαβείς ηλιακές ακτίνες. Έτσι θα μπορεί κάποιος να είναι ασφαλής, αποφεύγοντας τις σοβαρές παθήσεις των οφθαλμών, των βλεφάρων και γενικότερα του δέρματος γύρω από αυτήν την περιοχή.

4.5.3 Ποιος τύπος φακού είναι κατάλληλος για τα μάτια

Υπάρχουν διάφοροι τύποι φακών στην αγορά, οπότε καλό θα ήταν, να εντοπιστεί ο καταλληλότερος για τα μάτια. Παρακάτω παρουσιάζονται διάφοροι τύποι φακών με τις ιδιότητες τους.

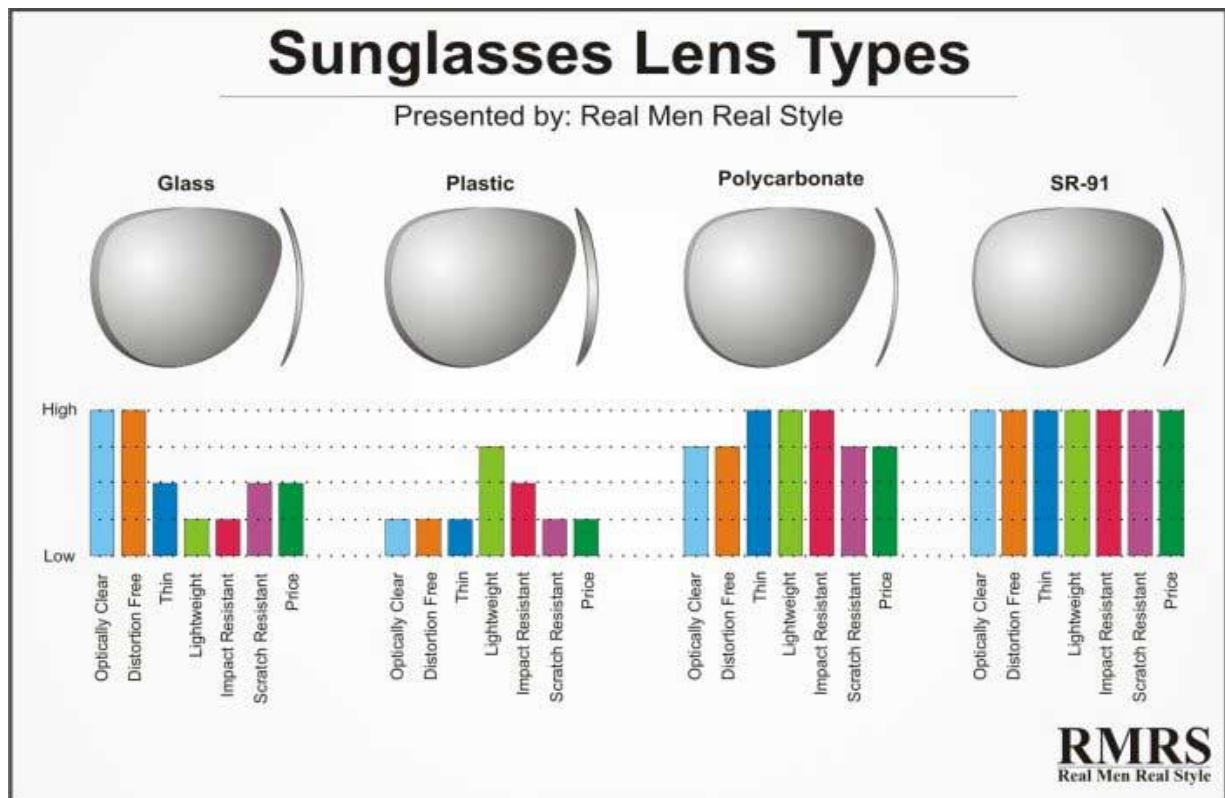
- Μελαμίνης. Οι φακοί μελαμίνης ξεχωρίζουν για την υψηλή απορροφητικότητά τους.
- Πολωτικοί. Οι πολωτικοί φακοί (polarized lenses) είναι οι καλύτεροι που κυκλοφορούν στην αγορά για περιορισμό του θάμβους κυρίως τις απογευματινές ώρες. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός, ότι αποτελούν την δημοφιλέστερη επιλογή όσων ασχολούνται με θαλάσσια αθλήματα.

- Φωτοχρωμικοί. Οι φωτοχρωμικοί φακοί (photochromic lenses) έχουν την ικανότητα να αυξομειώνουν το βαθμό της σκουρότητάς τους αναλόγως της έντασης του φωτός του ηλίου. Είναι ιδιαίτερα δημοφιλείς τα τελευταία χρόνια, κυρίως από τους χρήστες που έχουν διαθλαστικές ανωμαλίες και χρησιμοποιούν διορθωτικά γυαλιά όρασης. Οι χρήστες αυτοί με αυτές τις παθήσεις, έχουν την πολυτέλεια με ένα μοναδικό ζευγάρι γυαλιών να καλύπτουν τις οπτικές τους ανάγκες και παράλληλα να προστατεύουν τα μάτια τους από την ηλιακή ακτινοβολία.
- Διαβαθμισμένης σκουρότητας. Οι γνωστοί ως degrade lenses είναι ιδανικοί για όσους ασχολούνται με την πολύωρη καθημερινή οδήγηση. Διαθέτουν ικανοποιητική σκουρότητα στο επάνω μέρος τους, ενώ στα κάτω τμήματα είναι ανοιχτόχρωμοι. Έτσι καθιστούν πιο άνετη την όραση μέσα στο χώρο του αυτοκινήτου.
- Φακοί-καθρέφτης. Οι φακοί με εξωτερική επίστρωση καθρέπτη, οι λεγόμενοι και mirror lenses αντανακλούν ένα πολύ μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας και παράλληλα μπορούν να μειώνουν και την φωτεινότητα. Χρειάζεται όμως μεγάλη προσοχή στη χρήση τους. Εάν οδηγούμε και βρισκόμαστε σε τούνελ, μειώνουν μεγάλο μέρος της αναγκαίας ορατότητας. Είναι όμως οι πλέον κατάλληλοι για άθληση σε συνθήκες έντονης ηλιοφάνειας και σε επιφάνειες μεγάλης αντανάκλασης.

Η απορροφητικότητα των φακών των γυαλιών ηλίου δεν εξαρτάται από το χρώμα που έχουν, αλλά από το υλικό το οποίο είναι κατασκευασμένοι.

4.5.4 Από ποια υλικά είναι κατασκευασμένοι οι φακοί των γυαλιών ηλίου

- Φακοί από πολυουρεθάνη. Τα γυαλιά που έχουν κατασκευαστεί από το συγκεκριμένο υλικό είναι πολύ ελαφριά, διαυγέστατα στην ορατότητα και άκρως ανθεκτικά. Είναι πιο ακριβά σε σχέση με άλλους φακούς.
- Γυάλινοι φακοί. Ακριβός κι αυτός φακός όσον αφορά το οικονομικό σκέλος, εξαιρετικά βαρύς σε σχέση με άλλους και θα τον χαρακτηρίζαμε κι επικίνδυνο φακό, επειδή σε περίπτωση θραύσης κατά τη χρήση τους, ίσως προκληθεί κάποιο πρόβλημα στα μάτια.
- Φακοί από πολυανθρακικό. Κατατάσσονται στην κατηγορία των οικονομικών φακών, είναι όμως ιδιαίτερα ευαίσθητοι στις εκδορές. Σχετικά με την ορατότητα, δεν ανήκουν τόσο πολύ στην κατηγορία των διαυγών φακών.
- Φακοί ακρυλικοί. Θεωρούνται οι λιγότεροι ανθεκτικοί. Είναι όμως αρκετά οικονομικοί.



Σχήμα 4.2: Χαρακτηριστικά διαφόρων ειδών γυαλιών [21]

4.5.5 Ποια απόχρωση φακού είναι καλύτερη για τα μάτια

Ανάλογα με τον τρόπο ζωής και τη χρήση των γυαλιών υπάρχει και η αντίστοιχη απόχρωση του φακού.

- Για συνθήκες μεγάλης ηλιοφάνειας προτιμότεροι είναι οι φακοί σε καφέ αποχρώσεις. Δεν αλλοιώνουν σχεδόν καθόλου τα πραγματικά χρώματα του περιβάλλοντος χώρου.
- Οι προτεινόμενοι φακοί για τις πιο πολλές σχεδόν χρήσεις είναι οι γκριζοπράσινοι ή γκρι φακοί, οι οποίοι χαρίζουν μια πολύ καλή σκίαση και διατηρούν αναλλοίωτα τα χρώματα.
- Για τους λάτρεις των χειμερινών αθλημάτων προτιμότεροι είναι οι κίτρινοι φακοί, οι πορτοκαλί και οι χρυσαφένιοι. Έχουν πολύ καλή απόδοση σε συνθήκες μεσαίου και χαμηλού φωτισμού, προσφέροντας εξαιρετική αίσθηση του βάθους.
- Ιδανικοί φακοί για τη διάρκεια των χειμερινών μηνών και για συνεφιασμένο καιρό θεωρούνται οι μοβ, οι κόκκινοι και ροζ φακοί οι οποίοι δεν έχουν τη δυνατότητα να χαρίσουν την απόλυτη σκίαση και δεν ενδείκνυνται για συνθήκες έντονης ηλιοφάνειας. Τονίζουν τις αντιθέσεις, αποδίδουν πολύ καλά σε χώρους με αρκετά χαμηλό φως και σε χώρους που δεσπόζει η χρωματική κλίμακα του γαλάζιου και πράσινου.

Πολλοί πιστεύουν, [13] ότι είναι καλύτερη η μη χρήση γυαλιών ηλίου από τη χρήση γυαλιών άγνωστης ποιότητας. Η δικαιολογία είναι ότι ένα σκούρο γυαλί θα προκαλέσει διαστολή της κόρης του ματιού και επομένως μεγαλύτερη είσοδο φωτός στον οφθαλμό. Αυτό είναι λανθασμένο γιατί: Αν η μυδρίαση προκαλεί αύξηση διαμέτρου της κόρης από 3,5 στα 5 mm σε νεαρό άτομο με έντονη ηλιοφάνεια, τότε η αύξηση της ποσότητας του φωτός που διέρχεται στον οφθαλμό (που είναι ανάλογο με το εμβαδόν της κυκλικής κόρης) από $(3,5)^2$ σε $(5)^2$ είναι κατά 2 φορές μεγαλύτερη. Στην περίπτωση που κάποιος δεν φοράει καθόλου γυαλιά, τότε το 100% της ακτινοβολίας διέρχεται στον οφθαλμό. Ακόμη και στην περίπτωση ενός διαφανούς φακού το ποσό μειώνεται κατά 40% στα 380nm και μηδενίζεται για μήκη κύματος μικρότερο των 350nm. Έστω και τριπλάσιο να είναι το φως που διαπερνά την κόρη, η ισχύς στα 380 nm θα είναι μικρότερη ενώ η συνολική ισχύς στο υπεριώδες (<380 nm) θα είναι σημαντικά μειωμένη. Επομένως η μη χρήση γυαλιών ηλίου και η απευθείας έκθεση των ματιών στην ηλιακή ακτινοβολία, όχι μόνο δεν είναι ασφαλής επιλογή, αλλά είναι χειρότερη και από τη χρήση γυαλιών άγνωστου ποιότητας, τα οποία παρέχουν ως ένα βαθμό προστασία, έστω και ανεπαρκή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Κεφάλαιο 5: Πειραματική Διαδικασία

5.1 Ποιοτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων

Κατά την πειραματική διαδικασία μετρήσαμε την απορροφητικότητα (absorbance) και την διαπερατότητα (transmittance) της ακτινοβολίας έντεκα διαφορετικών φακών γυαλιών ηλίου του εμπορίου, ποικίλων τιμών, εκτός του κενού με τη χρήση του φασματοφωτομέτρου SPECORD 200.

Σκοπός της διαδικασίας αυτής ήταν να συγκρίνουμε διαφορετικούς φακούς, ως προς την προστασία τους από την επικίνδυνη υπεριώδη ακτινοβολία, καθώς και στα μεγαλύτερα μήκη κύματος, όπως το ορατό φάσμα και τις υπέρυθρες ακτίνες, στα οποία η ακτινοβολία είναι σαφώς πιο ακίνδυνη και τελικά να επιλέξουμε τους πιο προστατευτικούς φακούς για τον οφθαλμό, εξετάζοντας όλα τα κριτήρια.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των φακών στα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν:

Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά των φακών των δειγμάτων

	ΧΡΩΜΑ	ΠΟΛΩΣΗ	ΥΛΙΚΟ	ΕΥΡΟΣ ΤΙΜΩΝ	ΠΡΟΔΙΑ-ΓΡΑΦΕΣ
ΔΕΙΓΜΑ 1	ΓΚΡΙ	ΠΟΛΩΤΙΚΟΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	50-60	CE
ΔΕΙΓΜΑ 2	ΜΑΥΡΟ	ΠΟΛΩΤΙΚΟΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	80-100	CE
ΔΕΙΓΜΑ 3	ΜΑΥΡΟ	ΠΟΛΩΤΙΚΟΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	100-120	CE
ΔΕΙΓΜΑ 4	ΚΑΦΕ	ΠΟΛΩΤΙΚΟΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	80-100	CE
ΔΕΙΓΜΑ 5	ΠΡΑΣΙΝΟ	ΠΟΛΩΤΙΚΟΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	50-70	CE
ΔΕΙΓΜΑ 6	ΣΚΟΥΡΟ ΚΑΦΕ	ΠΟΛΩΤΙΚΟΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	80-100	CE
ΔΕΙΓΜΑ 7	ΜΑΥΡΟ	ΠΟΛΩΤΙΚΟΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	90-100	CE
ΔΕΙΓΜΑ 8	ΣΚΟΥΡΟ ΠΡΑΣΙΝΟ	ΠΟΛΩΤΙΚΟΣ	ΚΡΥΣΤΑΛΛΟ	140-160	USA
ΔΕΙΓΜΑ 9	ΜΠΛΕ	ΠΟΛΩΤΙΚΟΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	60-70	CE
ΔΕΙΓΜΑ 10	ΜΑΥΡΟ	ΠΟΛΩΤΙΚΟΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	70-90	CE

ΔΕΙΓΜΑ 11	ΠΡΑΣΙΝΟ	ΜΗ ΠΟΛΩΤΙΚΟΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	5-10	-
ΔΕΙΓΜΑ 12	ΣΚΟΥΡΟ ΚΑΦΕ	ΠΟΛΩΤΙΚΟΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	80	USA

“Οι προδιαγραφές CE και USA υποδεικνύουν ότι τα γυαλιά των αντίστοιχων δειγμάτων ακολουθούν τα ευρωπαϊκά και τα αμερικάνικα πρότυπα γυαλιών αντίστοιχα”

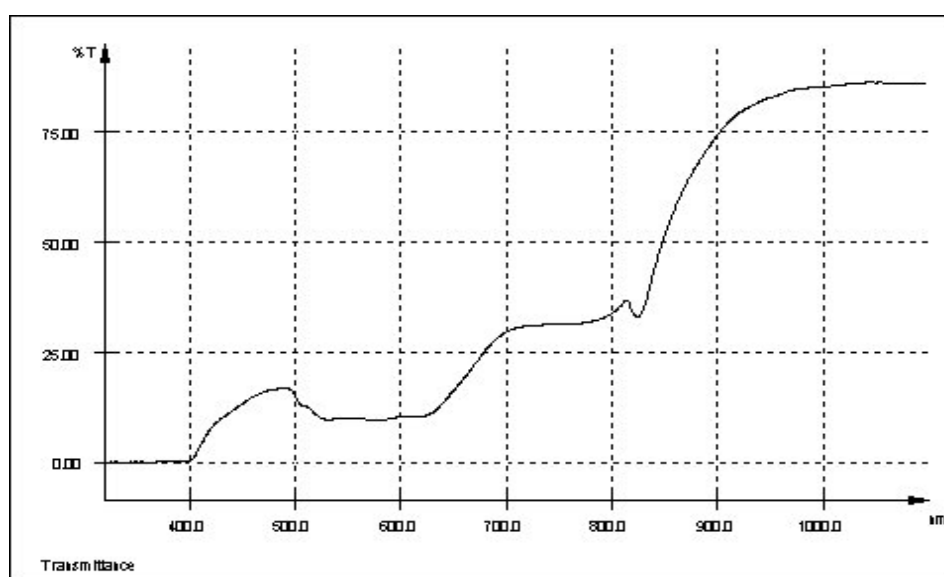
Τα διαγραμματικά αποτελέσματα των δειγμάτων (γυαλιών) που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται παρακάτω:

ΔΕΙΓΜΑ 1



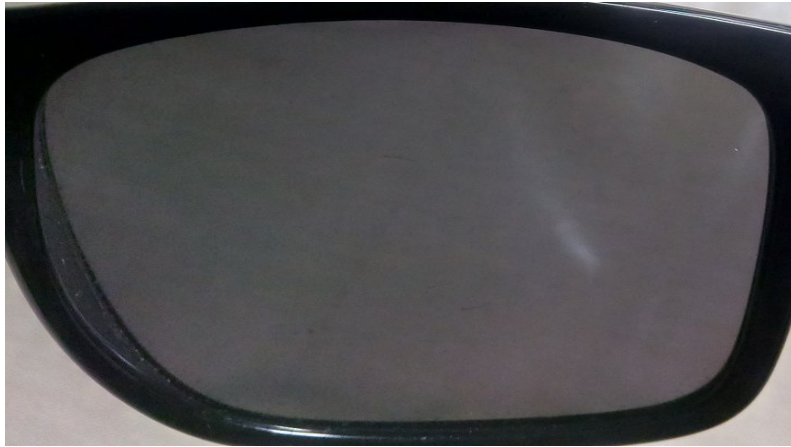
Σχήμα 5.1: Γυαλιά NOOZ Sun Dino Black

ΔΕΙΓΜΑ 1 διαπερατότητα:



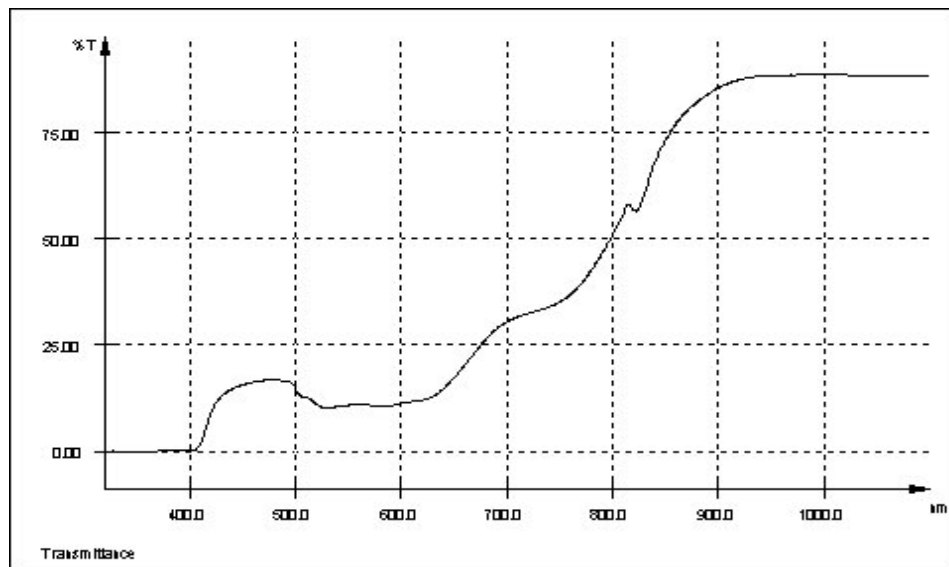
Σχήμα 5.2: Διαπερατότητα δείγματος 1

ΔΕΙΓΜΑ 2



Σχήμα 5.3: Γυαλιά sting

ΔΕΙΓΜΑ 2 διαπερατότητα:



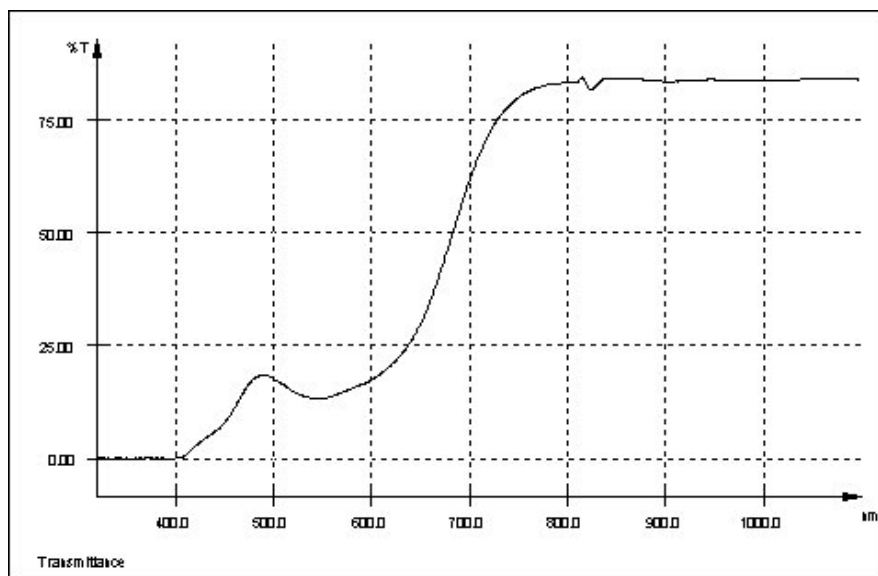
Σχήμα 5.5: Διαπερατότητα δείγματος 2

ΔΕΙΓΜΑ 3



Σχήμα 5.6: Γυαλιά byblos

ΔΕΙΓΜΑ 3 διαπερατότητα



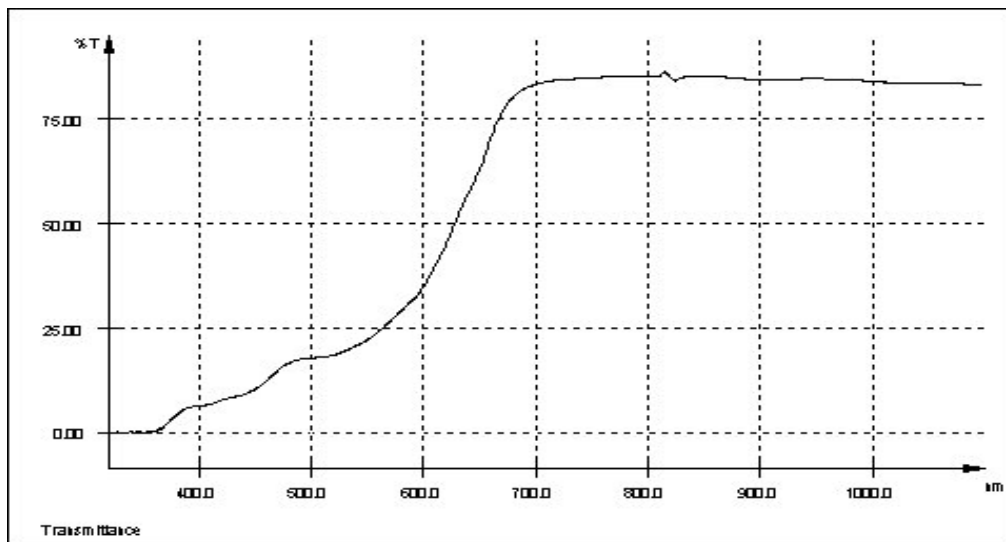
Σχήμα 5.7: Διαπερατότητα δείγματος 3

ΔΕΙΓΜΑ 4



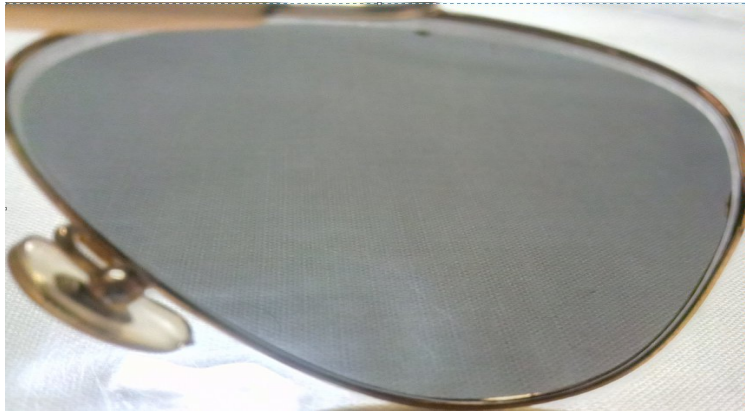
Σχήμα 5.8: Γυαλιά byblos με μυωπία

ΔΕΙΓΜΑ 4 διαπερατότητα



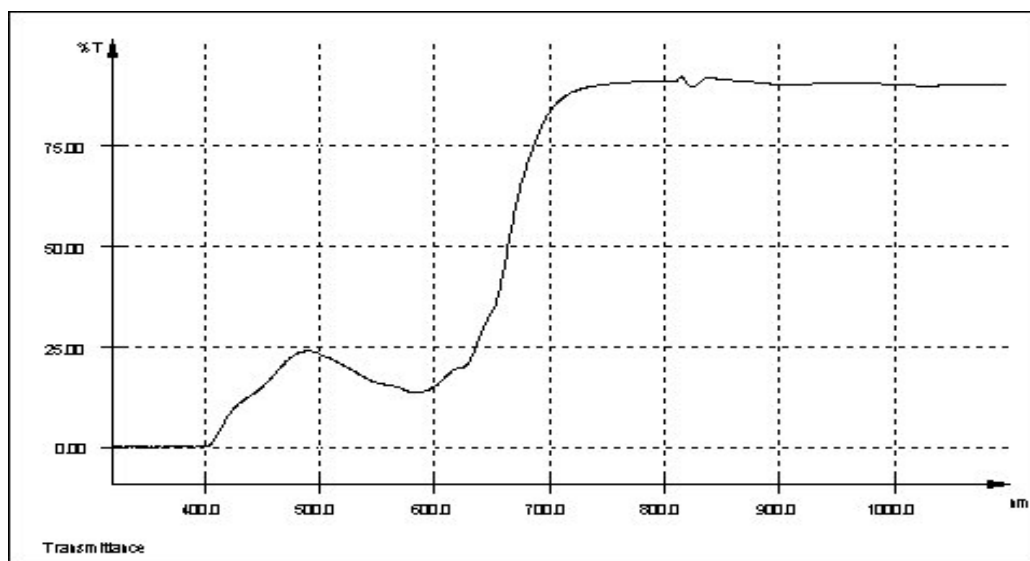
Σχήμα 5.9: Διαπερατότητα δείγματος 4

ΔΕΙΓΜΑ 5



Σχήμα 5.10: Γυαλιά top gun

ΔΕΙΓΜΑ 5 διαπερατότητα



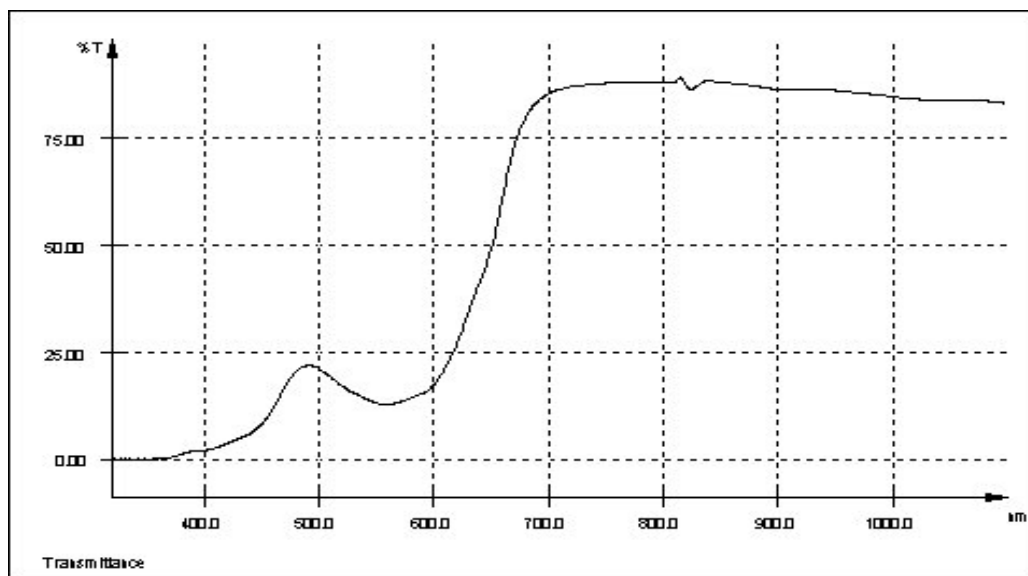
Σχήμα 5.11: Διαπερατότητα δείγματος 5

ΔΕΙΓΜΑ 6



Σχήμα 5.12: Γυαλιά vogue με μυωπία

ΔΕΙΓΜΑ 6 διαπερατότητα



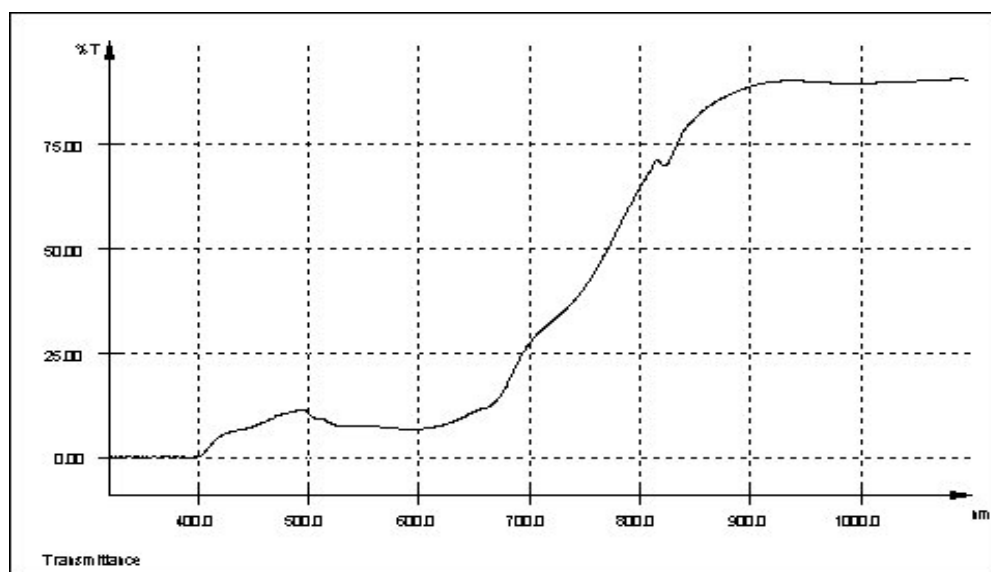
Σχήμα 5.13: Διαπερατότητα δείγματος 6

ΔΕΙΓΜΑ 7



Σχήμα 5.14: Γυαλιά inu

ΔΕΙΓΜΑ 7 διαπερατότητα



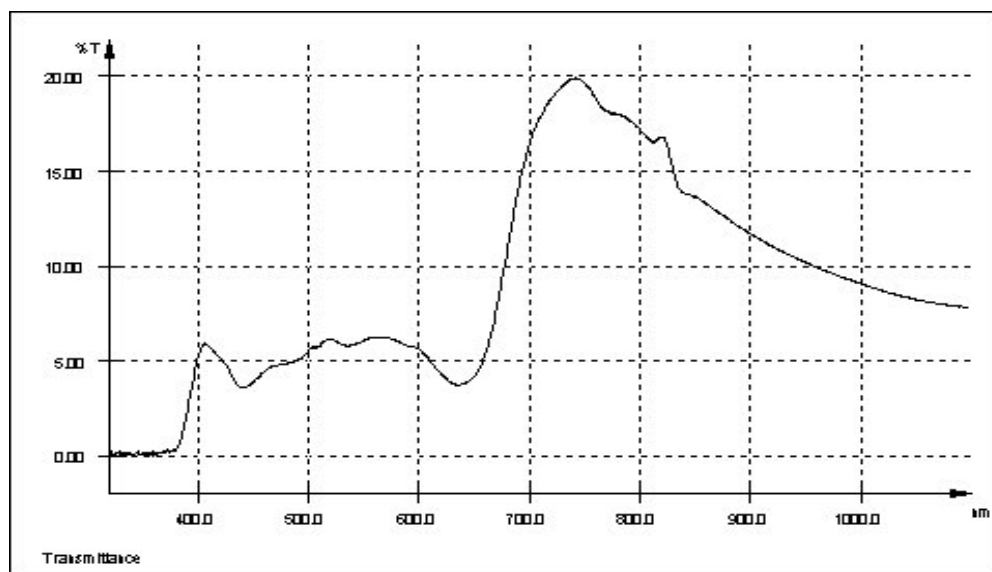
Σχήμα 5.15: Διαπερατότητα δείγματος 7

ΔΕΙΓΜΑ 8



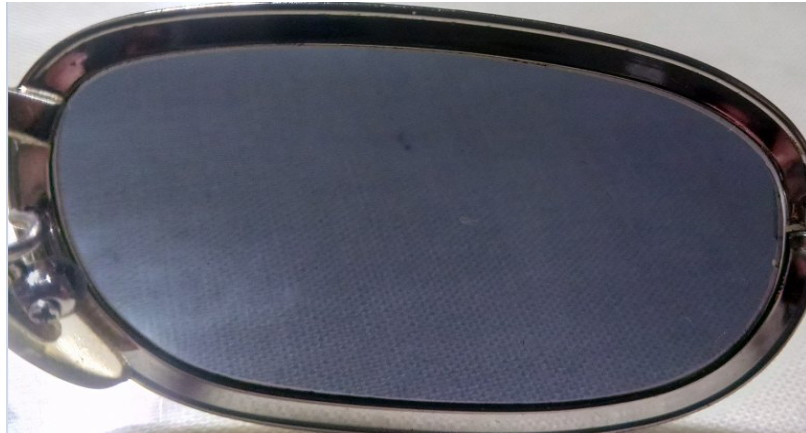
Σχήμα 5.16: Γυαλιά Command USA

ΔΕΙΓΜΑ 8 διαπερατότητα



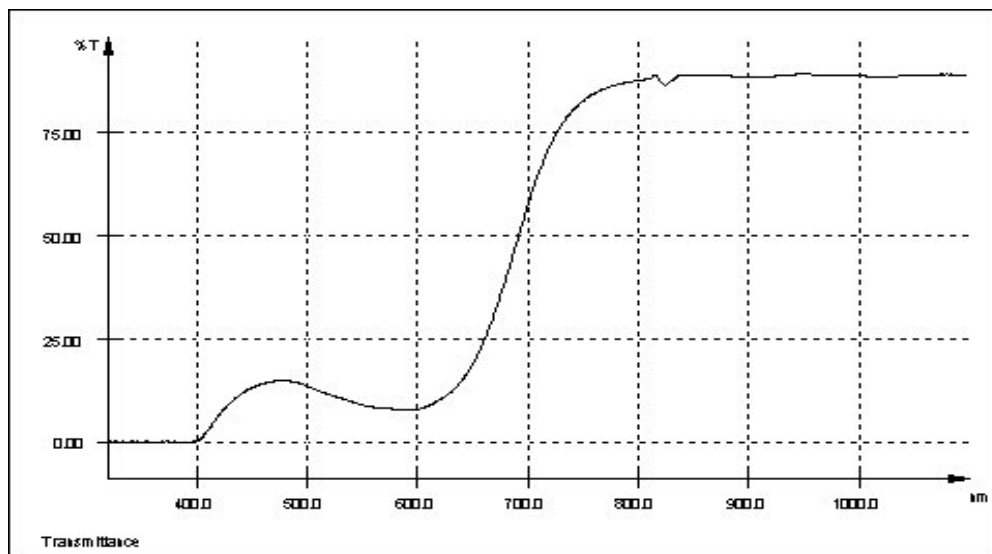
Σχήμα 5.17: Διαπερατότητα δείγματος 8

ΔΕΙΓΜΑ 9



Σχήμα 5.18: Γυαλιά sting

ΔΕΙΓΜΑ 9 διαπερατότητα



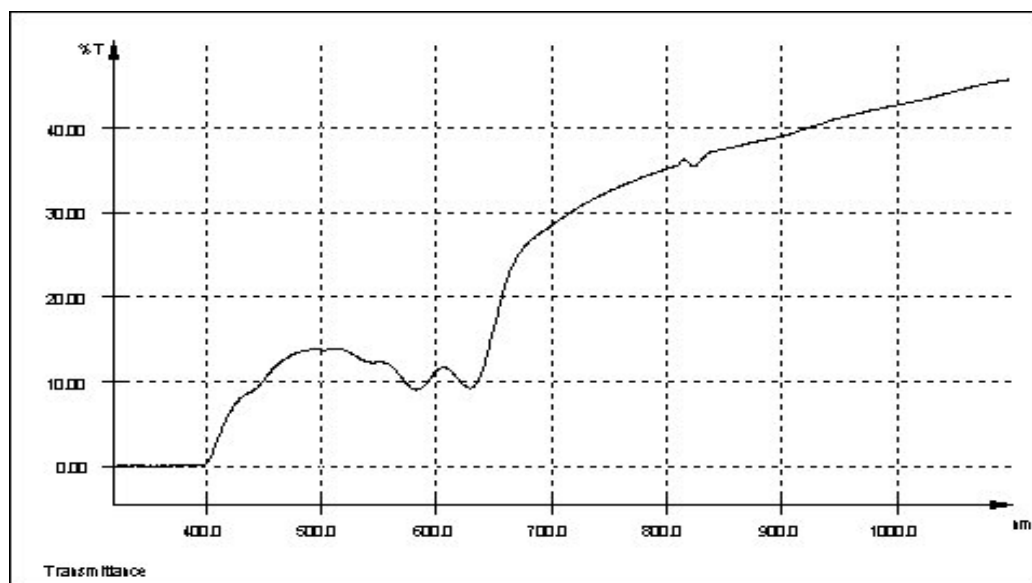
Σχήμα 5.19: Διαπερατότητα δείγματος 9

ΔΕΙΓΜΑ 10



Σχήμα 5.20: Γυαλιά vogue

ΔΕΙΓΜΑ 10 διαπερατότητα



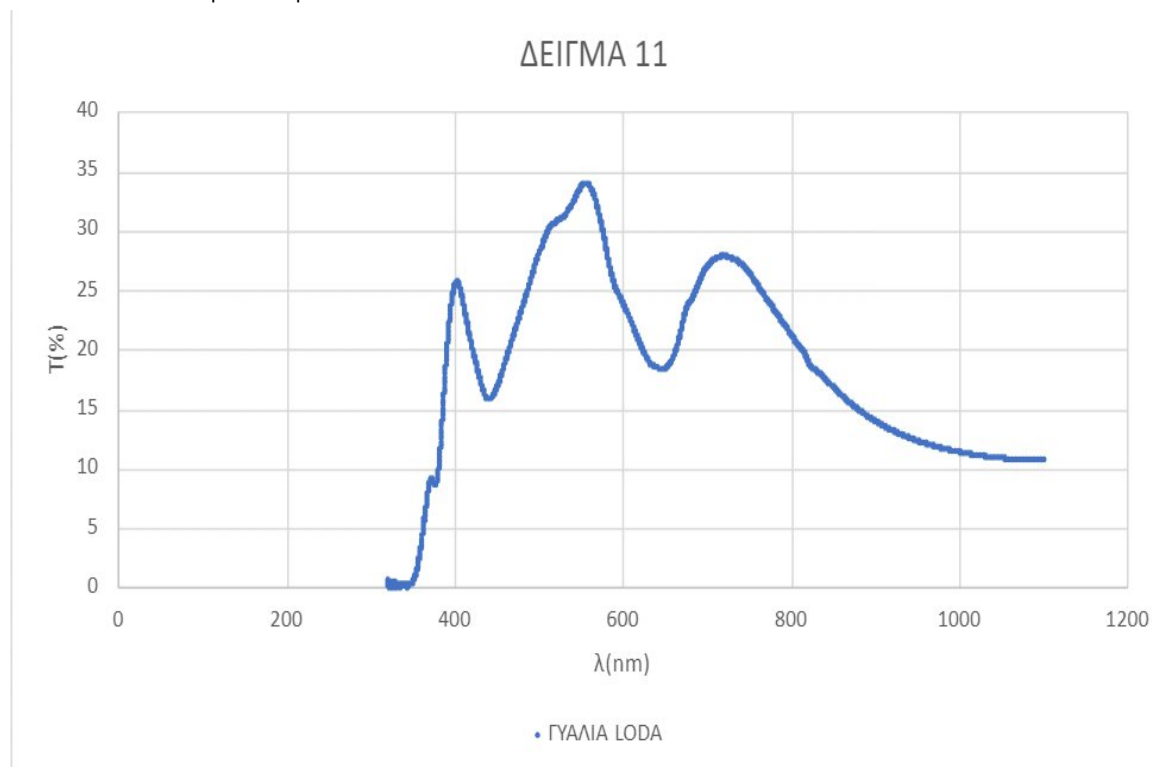
Σχήμα 5.21: Διαπερατότητα δείγματος 10

ΔΕΙΓΜΑ 11



Σχήμα 5.22: Γυαλιά LODA

ΔΕΙΓΜΑ 11 διαπερατότητα



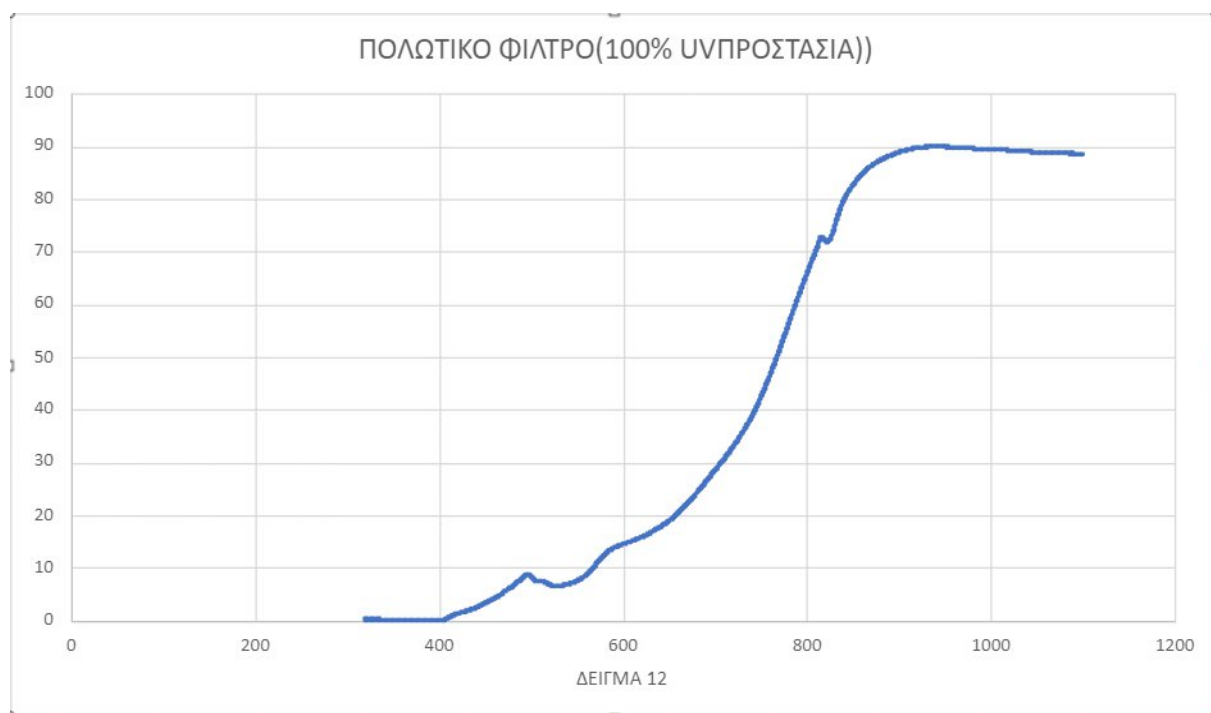
Σχήμα 5.23: Διαπερατότητα δείγματος 11

ΔΕΙΓΜΑ 12



Σχήμα 5.24: Πολωτικό φίλτρο(100% UV προστασία)

ΔΕΙΓΜΑ 12 διαπερατότητα



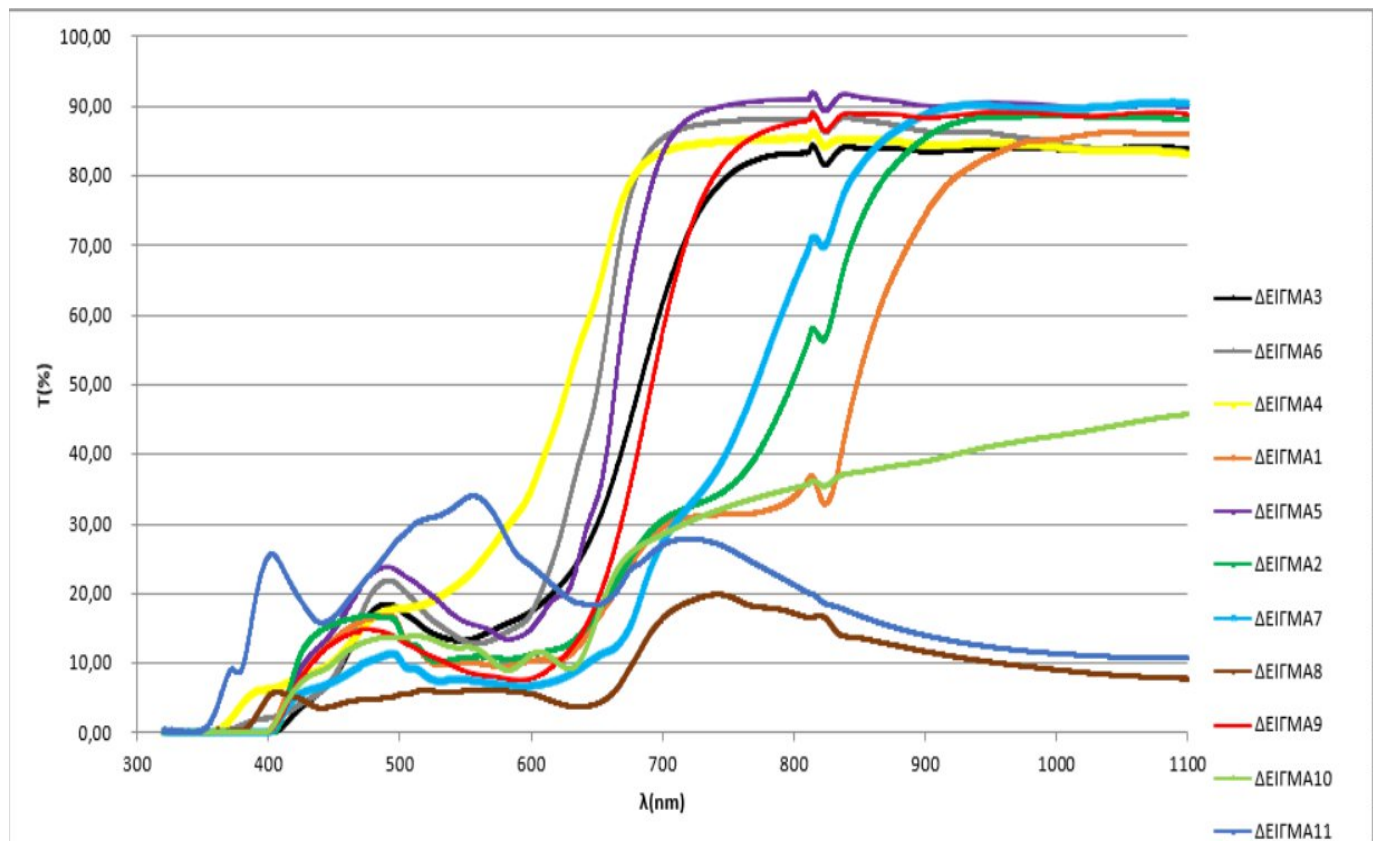
Σχήμα 5.25: Διαπερατότητα δείγματος 12

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζουμε τα ποσοστά που κυμαίνεται η διαπερατότητα στα διάφορα διαστήματα μήκους κύματος (0-400nm: υπεριώδης ακτινοβολία, 400-700nm: ορατό φάσμα, 700-1000nm: υπέρυθρη ακτινοβολία):

Πίνακας 5.2: Ποσοστά διαπερατότητας των δειγμάτων σε κάθε μήκος κύματος

$\lambda(\text{nm})=$	0 - 400	400 - 500	500 - 600	600 - 700	700 - 800	800 - 900	900 - 1000
Δείγμα 1	0	0- 17,5%	11- 16%	16- 31%	31- 35%	32,5- 74%	74- 85%
Δείγμα 2	0%	0-18%	12- 16%	12,5- 32%	32- 50%	50- 87%	88%
Δείγμα 3	0%	0-19%	14- 18%	16,5- 62,5%	62,5- 85%	84- 86%	85%
Δείγμα 4	0-6%	7-18%	18- 36%	36- 85%	85%	84- 86%	84%
Δείγμα 5	0	0-25%	15- 25%	15- 85%	85- 90%	89- 91%	90%
Δείγμα 6	0- 2,5%	2,5- 22%	14- 22%	18- 87%	87,5%	86- 88%	85- 86%
Δείγμα 7	0%	0- 12,5%	7,5- 12,5%	7,5- 27,5%	27,5- 65%	65- 86%	87%
Δείγμα 8	0-5%	3,5-6%	5,5- 6,5%	4- 16,5%	-7,5- 20%	17,5- 12%	12- 8,5%
Δείγμα 9	0%	0-16%	9-15%	9-60%	60- 89%	87- 89%	89%
Δείγμα 10	0%	0-14%	9-14%	9-28%	28- 35%	35- 38%	38- 43%
Δείγμα 11	0- 26%	16- 26%	24- 34%	18- 26%	22- 28%	14- 22%	12- 14%

Στο παρακάτω διάγραμμα $\lambda(\text{nm})$ - $T(\%)$, το οποίο προέκυψε από συγχώνευση όλων των διαγραμμάτων στο excel, παρουσιάζονται όλα τα δείγματα μαζί :



Σχήμα 5.26: Διαπερατότητα των δειγμάτων στο διάστημα 300-1100 nm

Όλα τα γυαλιά ηλίου σαρώθηκαν από 320 έως 1100nm. Η φασματική μετάδοση μέσω των φακών του δείγματος μετρήθηκε χρησιμοποιώντας ένα φασματοφωτόμετρο **SPECORD 200 Double-Beam**. Το SPECORD 200 είναι ένα ισχυρό, ελεγχόμενο από υπολογιστή, φασματοφωτόμετρο διπλής δέσμης για τη μέτρηση της μετάδοσης, της απορρόφησης, της ανάκλασης καθώς και της ενέργειας υγρών και στερεών δειγμάτων. Έχει σχεδιαστεί για μετρήσεις στη φασματική περιοχή 320 - 1100 nm. Το φασματοφωτόμετρο διπλής δέσμης SPECORD 200 παρέχει διαφορετικές φασματικές αναλύσεις όπως 1, 2 και 4 nm. Σε συνδυασμό με το ισχυρό λογισμικό WinASPECT, το SPECORD είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για χρήση σε εργαστήρια ρουτίνας με υψηλή απόδοση δειγμάτων, αλλά παρέχει επίσης λύσεις για ειδικές εφαρμογές, εάν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τα διάφορα διαθέσιμα αξεσουάρ. Είναι προσαρμοσμένο για να παρέχει ένα στάδιο τοποθέτησης εντός της οδού δέσμης φωτός. Χρησιμοποιήθηκε ένας βραχίονας βαθμίδας/στερέωσης έτσι ώστε το υλικό του φακού να είναι κάθετο στη διαδρομή της δέσμης. Ο βραχίονας παρείχε μια ομοιόμορφη απόσταση μεταξύ της πηγής φωτός και του αισθητήρα φωτός, με τη δυνατότητα μέτρησης τριών διακριτών θέσεων στο φακό. Ελήφθησαν φασματικές σαρώσεις από 1100 έως 320 nm με σημεία συλλογής δεδομένων σε κάθε $1,0 \pm 0,2$ nm. Κάθε φακός σαρώθηκε σε τρία ξεχωριστά, μεμονωμένα σημεία στην επιφάνεια του φακού και τα αποτελέσματα υπολογίστηκαν κατά μέσο όρο για αυτόν τον φακό. Αρχεία δεδομένων τιμών διαχωρισμένων με κόμματα καταγράφηκαν και εισήχθησαν στο Microsoft Excel <https://onedrive.live.com/edit.aspx?resid=E20047A248B16314!175&ithint=file%2cxlsx>

, για να προετοιμαστούν γραφήματα φασματικής σάρωσης για σύγκριση. Τα αποτελέσματα αναφέρονται ως ποσοστό μετάδοσης όπου το 100% μετάδοση αντιστοιχεί σε απορρόφηση 0% της οπτικής πυκνότητας. Τα 12 γυαλιά που δοκιμάστηκαν ουσιαστικά μπλοκάρουν από 74,57% έως 100% (κατά μέσο όρο 96,65%) στα 400nm της υπεριώδους ακτινοβολίας και φιλτράρουν κατά μέσο όρο το 92,2% ($\pm 10,98\%$) του ιώδους φωτός υψηλής ενέργειας στα 426nm με φθίνουσα κλίση έως το φιλτράρισμα περίπου 89,87% ($\pm 6,59\%$) του ιώδους φωτός υψηλής ενέργειας στα 450nm.

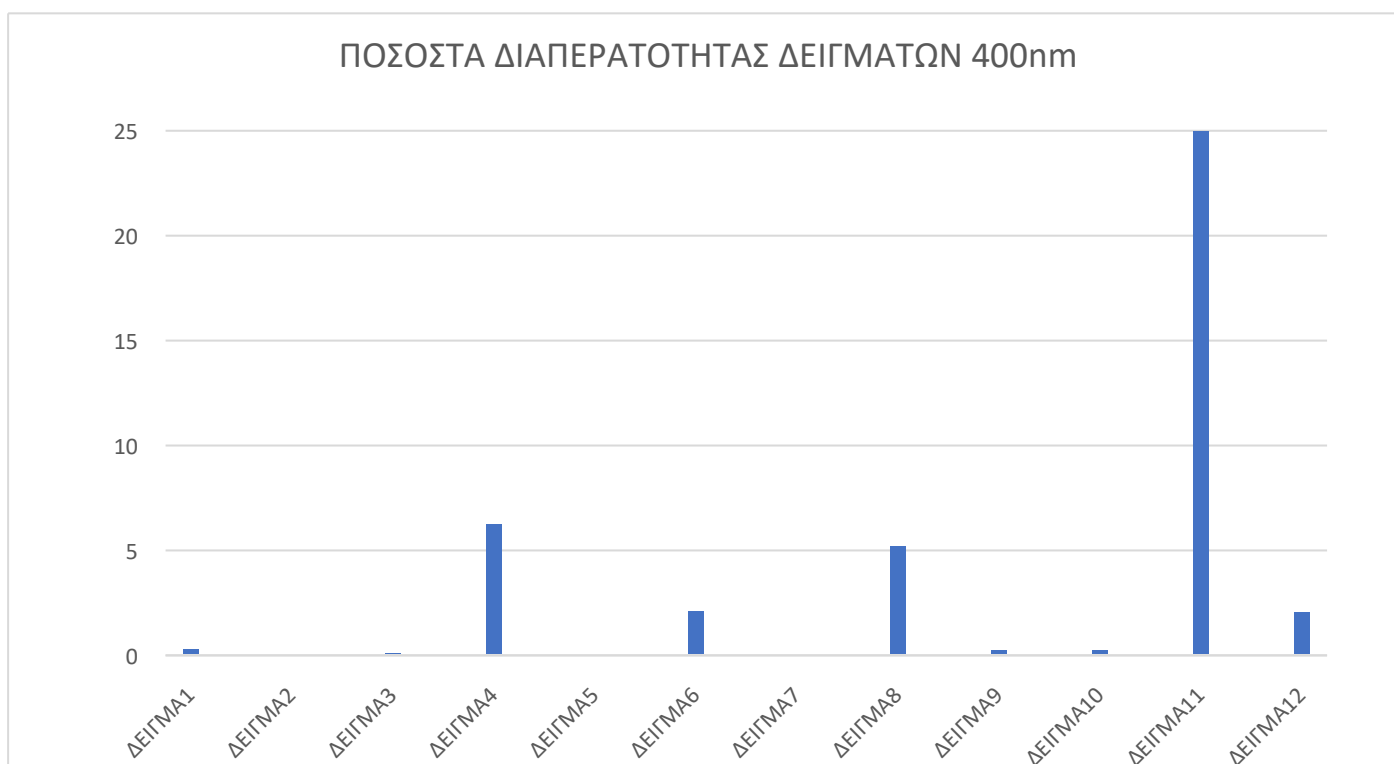
Αξιοσημείωτο είναι για τα γυαλιά **Command USA** (δείγμα 8), ότι παρόλο που παρείχαν την καλύτερη προστασία για το μπλοκάρισμα επιβλαβούς φωτός στα 429,8-450nm από 95,67% έως 96,13%, παραδόξως απέτυχαν να μπλοκάρουν το 100% του υπεριώδους φωτός, με 0,13% μετάδοση στα 320nm, αυξανόμενη έως και 5,2% μετάδοση στα 400nm. Στην περιοχή από 400 έως 426nm, οι φακοί των γυαλιών αυτών είναι πολύ σταθεροί για να μπλοκάρουν το ιώδες φως υψηλής ενέργειας, σε ποσοστά που κυμαίνονται από 94,11% στα 405,8nm έως 95,24%, στα 426nm. Τα άλλα τρία γυαλιά που επίσης δεν είχαν 100% απορροφητικότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (320-400nm) ήταν: τα γυαλιά **byblos που εμπεριέχουν και μυωπία** (δείγμα 4), τα γυαλιά **vogue με ενσωματωμένη μυωπία** (δείγμα 6) καθώς και τα γυαλιά **LODA** (δείγμα 11). Τα γυαλιά **vogue** (δείγμα 6) είχαν μετάδοση της υπεριώδους ακτινοβολίας από 0% έως και 6,3% (στα 399,2nm), ενώ τα γυαλιά **byblos** (δείγμα 4) είχαν μετάδοση από 0% έως και 2,13% (στα 400nm). Όσον αφορά τα γυαλιά **LODA** (δείγμα 11), παρατηρείται μακράν η μεγαλύτερη διαπερατότητα **UV** ακτινοβολίας, με ποσοστό σχεδόν μηδενικό έως τα 350nm (μέγιστο 0,5%), αυξανόμενο όμως έως και 25,43% στα 400nm. Στην περιοχή από 400 έως 426nm, οι φακοί των γυαλιών **vogue** (δείγμα 6) ήταν επίσης αρκετά σταθεροί στο φιλτράρισμα του ιώδους φωτός υψηλής ενέργειας, παρουσιάζοντας μικρή αύξηση σε διαπερατότητα, με το ποσοστό προστασίας να μειώνεται από 97,88% έως και 95,68%. Από εκεί και έπειτα, έως τα 450nm, το ποσοστό απορροφητικότητας της ακτινοβολίας μειώνεται συνεχώς έως και 91,82%. Οι φακοί των γυαλιών **byblos** (δείγμα 4) έχουν παρόμοια συμπεριφορά με αυτούς των γυαλιών **vogue** (δείγμα 6), καθώς στην περιοχή από 400 έως 426nm έχουν μικρή αύξηση όσον αφορά τη μετάδοση ιώδους φωτός υψηλής ενέργειας. Έτσι, από 93,75% στα 400nm, η απορροφητικότητα φτάνει με φθίνων ρυθμό έως και 91,81% στα 426nm και από εκείνο το σημείο μειώνεται αργά, αλλά σταθερά, έως τα 450nm, όπου φιλτράρει κατά 89,67% το ιώδες φως υψηλής ενέργειας.

Παρατηρήθηκε ότι τα γυαλιά **byblos** (δείγμα 3) παρείχαν σχεδόν 100% απορρόφηση του υπεριώδους φωτός, με μέγιστο ποσοστό διαπερατότητας 0,46% στα 321,4nm, ενώ είχε πολύ καλή απόδοση στο εύρος ιώδους υψηλής ενέργειας των 426nm, καθώς η προστασία μειώθηκε έως 96,2%, από 99,9% (που ήταν στα 400nm). Στη συνέχεια το φιλτράρισμα της ακτινοβολίας έφτασε με φθίνουσα κλίση έως και 92% στα 450nm. Παρόμοια συμπεριφορά παρουσιάζουν και τα γυαλιά **invu** (δείγμα 7), τα οποία εμποδίζουν σχεδόν εξ ολοκλήρου την μετάδοση του υπεριώδους φωτός με μέγιστη μετάδοση 0,15% στα 368nm, ενώ παρατηρείται και σε αυτό σταθερότητα όσον αφορά την διαπερατότητα του ιώδους φωτός

υψηλής ενέργειας. Συγκεκριμένα, η μετάδοση της ηλιακής ακτινοβολίας υψηλής ενέργειας ξεκινάει από 0,07% από τα 400nm και με αύξουσα κλίση φτάνει έως και 5,78% στα 426nm (δηλαδή 94,22% προστασία) με την αύξηση να συνεχίζεται έως και τα 450nm που φτάνει έως και 7,39% (92,61% απορρόφηση). Παρόλο που τα γυαλιά **invu** (δείγμα 7) όμως, καταλήγουν να έχουν λίγο καλύτερο φιλτράρισμα του ορατού φωτός υψηλής ενέργειας στα 450nm, καλύτερη επιλογή αποτελούν τα γυαλιά **byblos** (δείγμα 3), επειδή όπως είναι και διαγραμματικά εμφανές, στο διάστημα 400-426nm (που είναι και το πιο ενεργητικό στο διάστημα 400-450 nm) έχουν μικρότερη μετάδοση ιώδους φωτός, για την ακρίβεια είναι πιο προστατευτικό έως και τα 446nm (δηλαδή σε πολύ μεγαλύτερο διάστημα, απ' ό,τι τα invu έναντι των **byblos**). Παρόμοια συμπεριφορά παρουσιάζουν και τα υπόλοιπα δείγματα (10,9,1,5,2), δηλαδή μπλοκάρουν σχεδόν το 100% του υπεριώδους φωτός στο διάστημα 320-400nm και έχουν μια σταθερή συμπεριφορά, με μία μικρή αύξηση στη μετάδοση του ιώδους φωτός υψηλής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα στα 400, 426, 450nm:

- Τα γυαλιά **vogue** (δείγμα 10) έχει 99,74%, 92,6%, 89,87% απορροφητικότητα αντίστοιχα
- Τα γυαλιά **sting** (δείγμα 9) έχουν 99,73%, 91,7%, 86,9% απορροφητικότητα αντίστοιχα
- Τα γυαλιά **NOOZ sun Dino Black** (δείγμα 1) έχουν 99,7%, 90,93%, 86,73% απορροφητικότητα αντίστοιχα
- Τα γυαλιά **top gun** (δείγμα 5) έχουν 99,74%, 90,21%, 85,12% απορροφητικότητα αντίστοιχα
- Τα γυαλιά **sting** (δείγμα 2) έχουν 99,96%, 88,25%, 84,36% απορροφητικότητα αντίστοιχα

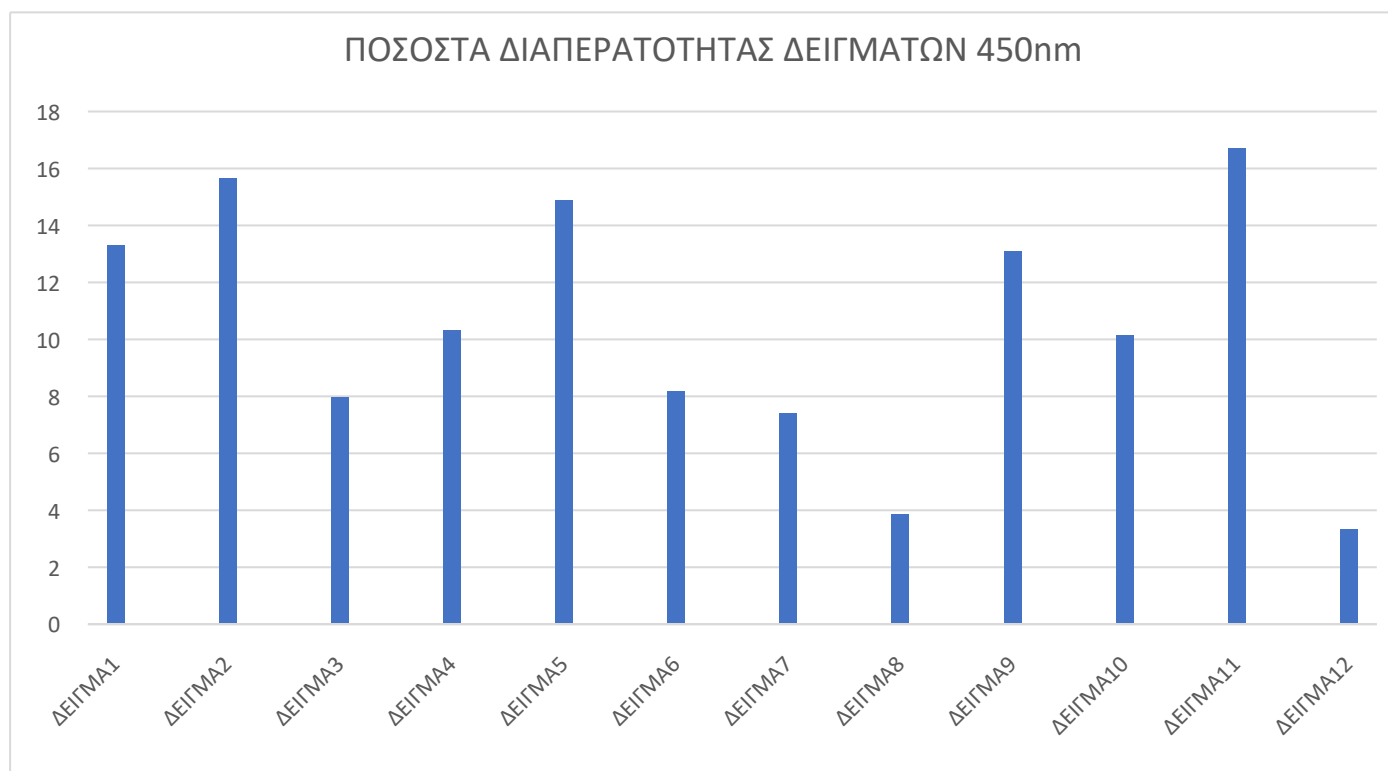
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται συγκριτικά τα δείγματα :



Σχήμα 5.27: Διαπερατότητα δειγμάτων στα 400 nm

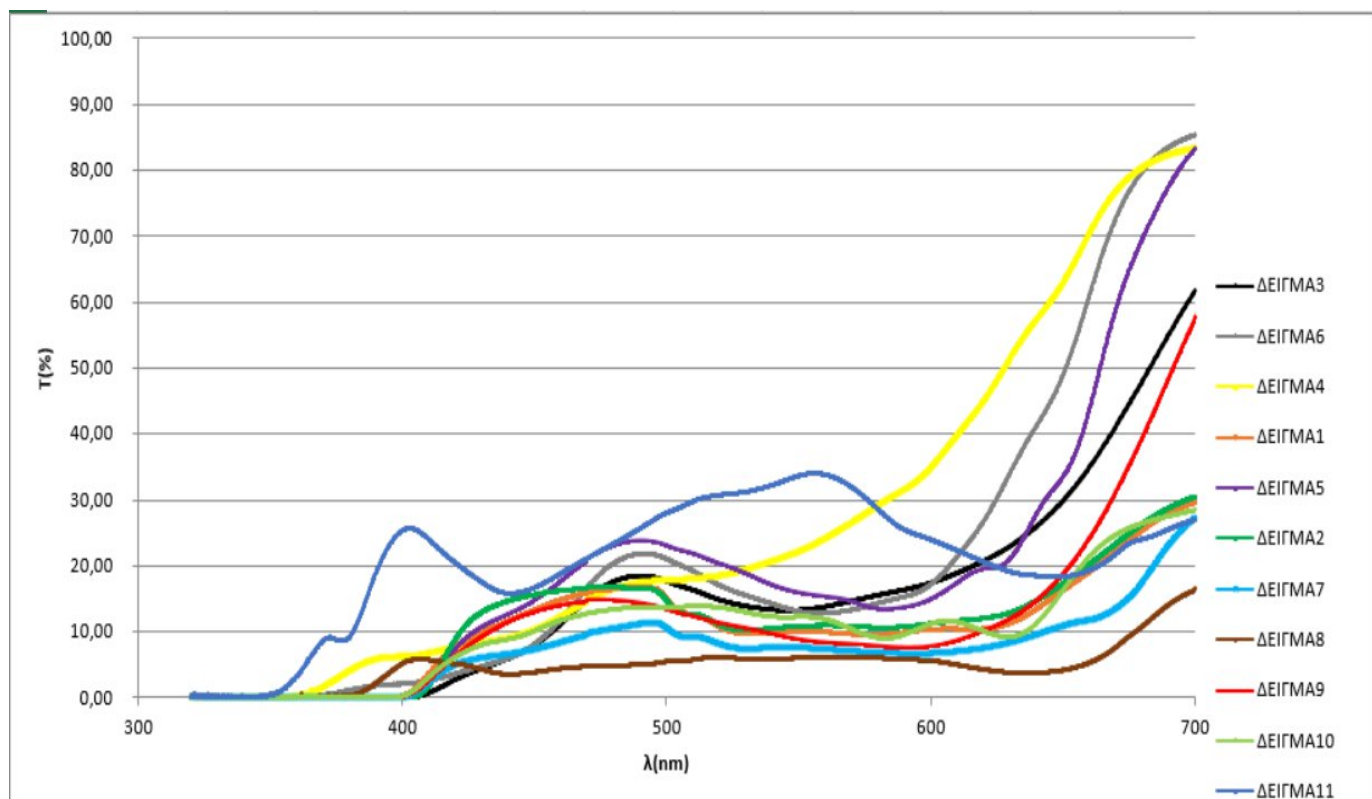


Σχήμα 5.28: Διαπερατότητα δειγμάτων στα 426 nm



Σχήμα 5.29: Διαπερατότητα δειγμάτων στα 450 nm

Στο παρακάτω διάγραμμα $\lambda(\text{nm})$ - $T(\%)$, παρουσιάζονται τα 11 πρώτα δείγματα μαζί στο διάστημα 300-700nm, δηλαδή περιλαμβάνεται το διάστημα της υπεριώδους ακτινοβολίας (300-400nm) και το ορατό φάσμα (400-700nm):



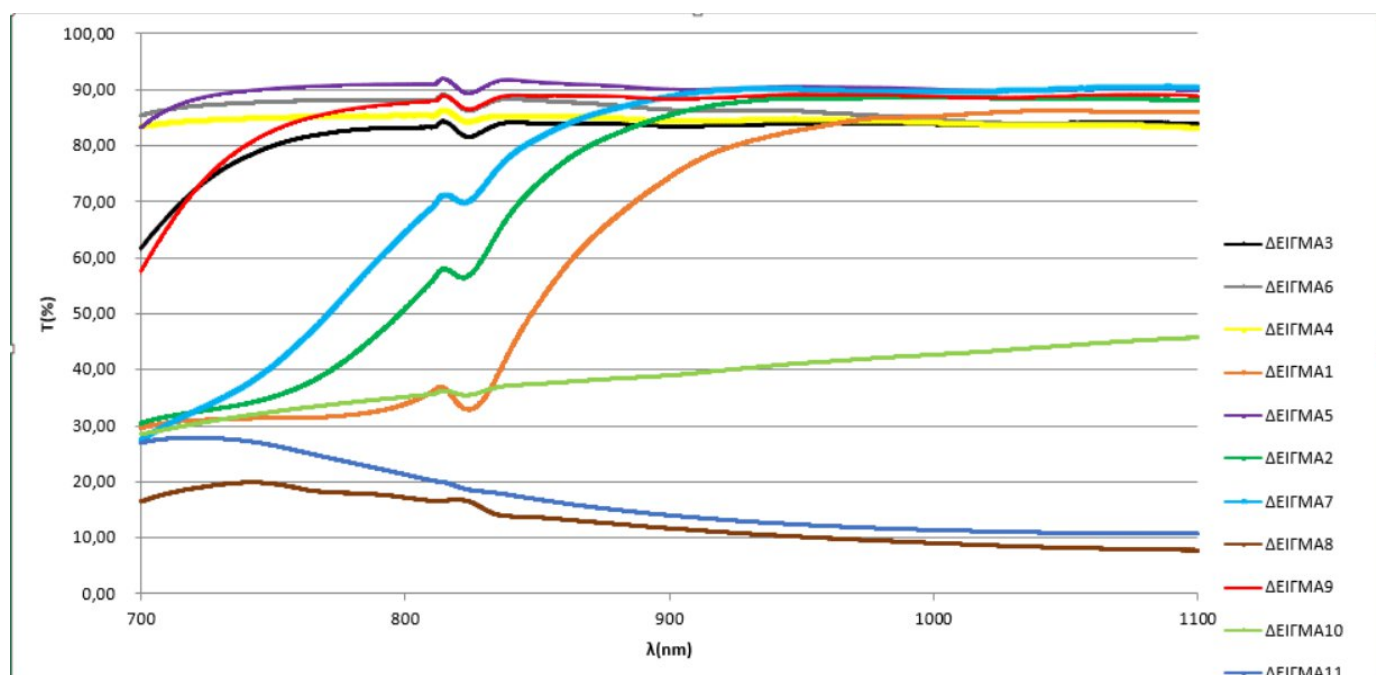
Σχήμα 5.30: Διαπερατότητα των δειγμάτων σε υπεριώδη ακτινοβολία και ορατό φάσμα (300-700nm)

Παρατηρούμε ότι τα δείγματα 4, 6, 8, 11 είναι τα μοναδικά που έχουν ένα ποσοστό διαπερατότητας στην επικίνδυνη υπεριώδη ακτινοβολία (300-400nm), που σημαίνει ότι τα συγκεκριμένα γυαλιά έχουν φακούς, οι οποίοι δεν είναι προστατευτικοί για τα μάτια στον απαραίτητο βαθμό. Συγκεκριμένα, το πιο επικίνδυνο δείγμα για τον οφθαλμό είναι το ενδέκατο, που αγγίζει διαπερατότητα 25,43% στα 400nm και έπειτα το τέταρτο που φτάνει έως και 6,3% διαπερατότητα. Το τρίτο πιο επικίνδυνο ζευγάρι γυαλιών είναι τα γυαλιά **Command USA** (δείγμα 8), το οποίο παρουσιάζει διαπερατότητα έως και 5,2% στο διάστημα 320-400nm. Τέλος το τέταρτο πιο επικίνδυνο γυαλί, δηλαδή τα γυαλιά **vogue**, με μυωπία, (δείγμα 6) φτάνει έως και 2,13% διαπερατότητα στο διάστημα αυτό. Κοινό χαρακτηριστικό των φακών αυτών είναι η παλαιότητά τους, η οποία είναι ανάλογη της έλλειψης προστασίας που παρουσιάζουν ως προς την επικίνδυνη UV ακτινοβολία. Πέρα από τον πιο επισφαλές φακό λοιπόν, δηλαδή των γυαλιών **LODA** (δείγμα 11), ο οποίος έχει ιδιαίτερα χαμηλή τιμή και προφανώς τα γυαλιά αυτά δεν συνταγογραφούνται, (επομένως αναμενόμενα παρουσιάζει τα χειρότερα επίπεδα προστασίας) τα άλλα τρία γυαλιά, ανάλογα την παλαιότητά τους παρουσιάζουν και υψηλότερη διαπερατότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία. Ο πιο παλιός φακός λοιπόν από τους τρεις, που είναι των γυαλιών **byblos** με μυωπία, (δείγμα 4), είναι και ο πιο επικίνδυνος από τους άλλους δύο, όπως προαναφέρθηκε, βάσει

αποτελεσμάτων. Όλα τα άλλα γυαλιά ηλίου (εκτός των παραπάνω τεσσάρων) έχουν φακούς με απειροελάχιστη διαπερατότητα (ουσιαστικά 0%) μέχρι 400nm, επομένως είναι 100% ασφαλή για τον οφθαλμό απέναντι στην πιο επικίνδυνη ακτινοβολία, την υπεριώδη ακτινοβολία.

Όσον αφορά το ορατό φάσμα (400-700nm) παρατηρείται διαγραμματικά, ότι την μεγαλύτερη διαπερατότητα (29%) στην ηλιακή ακτινοβολία έχουν τα γυαλιά **LODA** (δείγμα 11) έως τα 579,4nm, σημείο απ' το οποίο, την υψηλότερη διαπερατότητα παρουσιάζουν τα γυαλιά **byblos**, με μυωπία (δείγμα 4), έως τα 683nm (81%). Στο τελευταίο διάστημα του ορατού φάσματος (683-700nm) την μεγαλύτερη διαπερατότητα φαίνεται, ότι παρουσιάζουν τα γυαλιά **vogue**, με μυωπία (δείγμα 6). Τις χαμηλότερες διαπερατότητες στο ορατό φάσμα παρουσιάζουν τα γυαλιά **byblos** (δείγμα 3) έως τα 429,8nm και από κει και έπειτα τα γυαλιά **Command USA** (δείγμα 8). Σε γενικές γραμμές επομένως, στο ορατό φάσμα, το χειρότερο δείγμα είναι τα γυαλιά **LODA** (δείγμα 11), καθώς έχουν τα υψηλότερα ποσοστά στο πιο ενεργητικό διάστημα του φάσματος (400-450nm), που σημαίνει ότι έχει την λιγότερη προστασία στο επιβλαβέστερο διάστημα του συγκεκριμένου φάσματος, συνυπολογίζοντας το γεγονός ότι οι φακοί του έχουν την μικρότερη απορροφητικότητα στο μεγαλύτερο διάστημα του ορατού φάσματος (400-579nm, δηλαδή πάνω από το μισό διάστημα του ορατού φάσματος). Τα καλύτερα γυαλιά από την άλλη είναι τα γυαλιά **byblos** (δείγμα 3) έως τα 429,8nm και από εκείνο το σημείο και έπειτα τα γυαλιά **Command USA** (δείγμα 8), καθώς έχουν τις υψηλότερες απορροφητικότητες στα διαστήματα 400-429,8nm και 429,8-700nm αντίστοιχα. Παρόλα αυτά, τα γυαλιά **Command USA** (δείγμα 8) αποτελούν μία κακή επιλογή γυαλιών, διότι επιτρέπουν ένα μικρό, αλλά όχι αμελητέο, ποσοστό υπεριώδους ακτινοβολίας, να διαπερνάει τους φακούς του.

Στο παρακάτω διάγραμμα λ(nm)-T(%), παρουσιάζονται όλα τα δείγματα μαζί στο διάστημα 700-1100nm δηλαδή στο διάστημα της υπέρυθρης ακτινοβολίας:

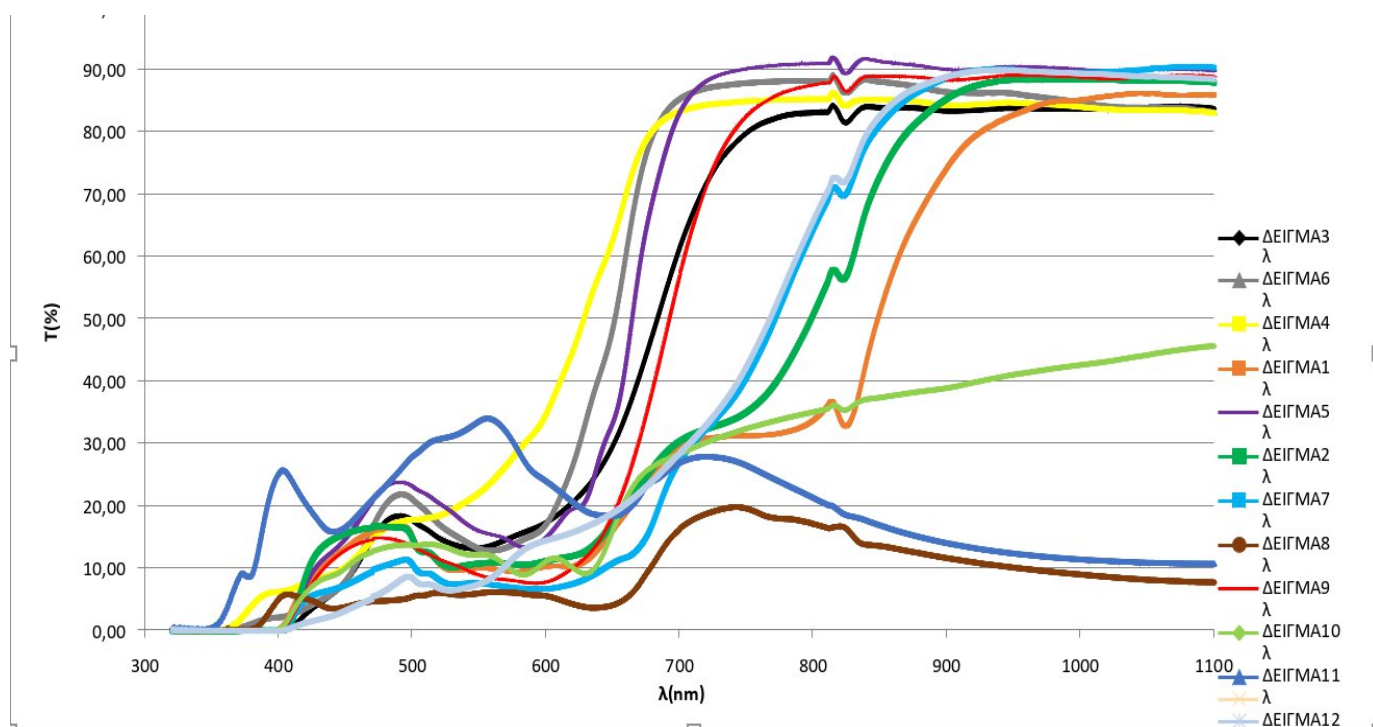


Σχήμα 5.31: Διαπερατότητα των δειγμάτων στην υπέρυθη ακτινοβολία (700-1100nm)

Παρατηρούμε, ότι στο διάστημα αυτό, τα καλύτερα γυαλιά είναι τα γυαλιά **Command USA** (δείγμα 8, με μέγιστο ποσοστό διαπερατότητας 20%) σε αντίθεση με τα γυαλιά **top gun** (δείγμα 5), τα οποία είναι χειρότερα με τα υψηλότερα ποσοστά διαπερατότητας (ξεπερνάει και το 90%). Αξίζει να σημειωθεί, ότι η υπέρυθη ακτινοβολία αποτελεί το πιο ακίνδυνο είδος ακτινοβολίας για τον οφθαλμό, σε σχέση με την ακτινοβολία ορατού φάσματος και προφανώς την υπεριώδη ακτινοβολία.

Όσον αφορά γενικά τα πολωτικά φίλτρα, από τη στιγμή που οι φακοί, που θα τοποθετηθούν, πληρούν τις προϋποθέσεις προστασίας, (κατάλληλο υλικό που απορροφάει την βλαβερή ακτινοβολία, χρώμα που παρέχει άνετη όραση στο ορατό φάσμα, διάφορες επιστρώσεις που βοηθούν στην πιο καθαρή όραση, διάφορες τεχνολογίες ενσωματωμένες στους φακούς), τότε είναι βέβαιο ότι τα μάτια προστατεύονται 100%

Το πολωτικό φίλτρο (100% UV Protection) που χρησιμοποιήθηκε, δηλαδή το δωδέκατο δείγμα, επιβεβαιώνει την ένδειξη που αναγράφεται σε αυτό και αποτελεί το καλύτερο δείγμα από τα 12, όμως δεν αναφέρθηκε στις επιλογές, επειδή είναι φίλτρο και όχι γυαλί ηλίου, επομένως μπορεί να προστεθεί σε γυαλιά μυωπίας για την προστασία από τον ήλιο, αλλά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσιο. Στο παρακάτω διάγραμμα είναι εμφανές, ότι σαν δείγμα παρέχει την καλύτερη προστασία στην πιο επιβλαβή ακτινοβολία, την υπεριώδη, καθώς επίσης την μεγαλύτερη απορροφητικότητα (μικρότερη διαπερατότητα διαγραμματικά) στο πιο ενεργητικό μέρος του ορατού φάσματος(400-450nm):



Σχήμα 5.32: Διαπερατότητα πολωτικού φίλτρου (δείγμα 12) σε σύγκριση με όλα τα άλλα σε όλο το φάσμα (300-1100 nm)

5.2 Πειραματικό Συμπέρασμα

Οι καλύτερες επιλογές γυαλιών μεταξύ των δέκα παραπάνω δείγματα είναι αυτές, των οποίων οι φακοί παρουσιάζουν μηδενικά ποσοστά διαπερατότητας στην επικίνδυνη υπεριώδη ακτινοβολία (320-400nm) και έπειτα τα χαμηλότερα ποσοστά διαπερατότητας στην ορατή ακτινοβολία υψηλής ενέργειας (μπλε ζώνη, 400-450nm) δηλαδή ανάμεσα στα γυαλιά **NOOZ sun Dino Black, sting, byblos, top gun, invu, sting, vogue** (δείγματα 1, 2, 3, 5, 7, 9, 10).

Παρατηρούμε, ότι τα γυαλιά **byblos** (δείγμα 3) παρουσιάζουν το χαμηλότερο ποσοστό διαπερατότητας (8% στα 450 nm) στο διάστημα του ορατού φάσματος υψηλής ενέργειας (400-450nm), άρα αποτελεί την **καλύτερη και την πιο ασφαλή επιλογή. Δεύτερη καλύτερη επιλογή** είναι τα γυαλιά **invu** (δείγμα 7), τα οποία παρουσιάζουν χαμηλότερο μέγιστο ποσοστό διαπερατότητας (7,4% στα 450nm) στο ορατό φάσμα υψηλής ενέργειας, αλλά στο μεγαλύτερο διάστημα του φάσματος (400-443nm) αυτού (το οποίο συμπεριλαμβάνει και το πιο ενεργητικό διάστημα του φάσματος 400-425nm) έχουν μεγαλύτερη διαπερατότητα από τα γυαλιά **byblos** (τρίτο δείγμα). **Η τρίτη καλύτερη επιλογή** είναι τα γυαλιά **vogue** (δείγμα 10), τα οποία αγγίζουν διαπερατότητα 10% στο ορατό φάσμα υψηλής ενέργειας (στα 450nm). Η τέταρτη καλύτερη επιλογή είναι τα γυαλιά **sting** (δείγμα 9) με μέγιστο ποσοστό διαπερατότητας 13,1% στα 450nm και είναι ελάχιστα καλύτερα από τα **NOOZ Sun Dino Black** (δείγμα 1), σε όλη τη διάρκεια των 400-450nm, τα οποία αποτελούν την πέμπτη καλύτερη επιλογή μεταξύ των δειγμάτων και έχουν μέγιστη διαπερατότητα 13,3% στα 450nm. Τέλος, οι δύο τελευταίες αποδεκτές επιλογές, 6η και 7η, είναι τα γυαλιά **top gun** (δείγμα 5) και τα γυαλιά **sting** (δείγμα 2) με μέγιστες διαπερατότητες 15% και 15,6% αντίστοιχα, με τα **top gun** να είναι πιο απορροφητικά (προστατευτικά) σε όλο το διάστημα του ορατού φάσματος υψηλής ενέργειας. Αξίζει να αναφερθεί, ότι οι διαφορές των παραπάνω δειγμάτων είναι μικρές ως προς την ασφάλειά τους για τον οφθαλμό. Ειδικότερα, στην υπεριώδη ακτινοβολία οι διαφορές είναι απειροελάχιστες, ουσιαστικά μηδαμινές, επομένως προσφέρουν την απόλυτη προστασία στη σημαντικότερη και την πιο επιβλαβή ακτινοβολία. Ακόμα, στην ακτινοβολία του ορατού φάσματος υψηλής ενέργειας, οι διαφορές των ποσοστών διαπερατότητας είναι μικρές, ειδικά μεταξύ των τριών καλύτερων δειγμάτων, με τα μέγιστα ποσοστά διαπερατότητας να βρίσκονται στο εύρος 7,4-10%. Μικρές είναι και οι αντίστοιχες διαφορές μεταξύ των τεσσάρων επόμενων καλύτερων δειγμάτων με αντίστοιχο εύρος 13,1-15,6%. Η μεγαλύτερη διαφορά μεγίστης διαπερατότητας, μεταξύ δύο δειγμάτων επομένως, στο συγκεκριμένο φάσμα, παρατηρείται ανάμεσα στο τρίτο (**vogue**) και το τέταρτο καλύτερο δείγμα (**sting**) και είναι 3,1% (10-13,1%). Η ποσοστιαία διαφορά στη διαπερατότητά τους αρχίζει να εκδηλώνεται στα 420 nm (6,1-6,5%) και έπειτα αυξάνεται ολοένα και περισσότερο. Το εύρος τιμών των παραπάνω γυαλιών είναι 50-120 ευρώ και όπως φαίνεται δεν έχουν κάποια ιδιαίτερα σοβαρή διαφορά μεταξύ τους.

Τέλος αξίζει να αναφερθεί, ότι οι φακοί των παραπάνω δειγμάτων είναι και οι αποδεκτές επιλογές, διότι οι φακοί των γυαλιών **byblos** με μυωπία, **vogue** με μυωπία, **Command USA** και **LODA**, των δειγμάτων 4, 6, 8, 11 αντίστοιχα, δεν παρέχουν την απαιτούμενη ασφάλεια στον οφθαλμό, αφού δεν προστατεύουν 100% από την πιο επικίνδυνη ακτινοβολία, την υπεριώδη. Μεταξύ αυτών των φακών που δεν πρέπει να επιλεγθούν, μακράν τα πιο επικίνδυνα για τον οφθαλμό, είναι τα γυαλιά **LODA**, με μέγιστη διαπερατότητα υπεριώδους ακτινοβολίας 25,43%, έπειτα τα γυαλιά **byblos** με 6,3%, στη συνέχεια τα γυαλιά **Command USA** με 5,2% και τέλος τα γυαλιά **vogue** με 2,1%. Αξίζει να σημειωθεί, ότι τα γυαλιά **Command USA**, παρότι ήταν τα πιο ακριβά γυαλιά από τα έντεκα, δεν είχαν πολύ καλή προστασία (μάλιστα είχαν ένα από τα μεγαλύτερα ποσοστά διαπερατότητας υπεριώδους ακτινοβολίας).

Την ανεξάρτητη σχέση μεταξύ ποιότητας και τιμής επιβεβαιώνει και μία μελέτη του Φεβρουαρίου του 2015 [16]. Η μάρκα και η τιμή δεν εγγυώνται τη βέλτιστη προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία ή την πολωτική απόδοση του φακού. Επίσης τα γυαλιά ηλίου που παρέχονται από μη εξουσιοδοτημένους πωλητές είναι ανησυχητικά αναξιόπιστα και θα μπορούσαν να είναι δυνητικά επικίνδυνα για τα μάτια. Παρόμοιο συμπέρασμα επιβεβαιώνεται και από το επιστημονικό άρθρο της Capital.gr, 'Είναι ασφαλή τα φθηνά γυαλιά ηλίου; [14] που δημοσιεύτηκε στην ιστοσελίδα της εταιρίας τον Ιούλιο του 2013, σύμφωνα με την οποία, η **CE** ένδειξη τους έχει πολύ μεγαλύτερη σημασία στην επιλογή ποιοτικών ζευγαριών γυαλιών, απ' ό,τι η τιμή τους. Επίσης, τα γυαλιά **LODA** (δείγμα 11), είναι ένα ζευγάρι γυαλιών, τα οποία δεν συνταγογραφούνται από οπτικό και προφανώς δεν τηρούν τις απαραίτητες προδιαγραφές για την επαρκή προστασία των ματιών. Σύμφωνα με μία μελέτη του Ιανουαρίου του 2021 [22], το 27% των μη συνταγογραφούμενων γυαλιών που χρησιμοποιήθηκαν, απέτυχαν να εμποδίσουν την επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία. Επομένως ένα σημαντικό ποσοστό μη συνταγογραφούμενων γυαλιών ηλίου που διατίθενται από πωλητές, δεν προστατεύουν την υπεριώδη ακτινοβολία και αποδίδονται κάτω από τα αναμενόμενα διεθνή πρότυπα. Η διαβεβαίωση είναι υποχρεωτική πριν χορηγηθεί στους καταναλωτές. Το ίδιο πόρισμα επιβεβαιώνει μάλιστα και η προηγούμενη μελέτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Κεφάλαιο 6: Συμπέρασμα

Η υπεριώδης ακτινοβολία, που αναλύεται στο κεφάλαιο 4, είναι η πιο επιβλαβής για τον οφθαλμό, όμως δεν είναι και η μοναδική που εγκυμονεί κινδύνους, καθώς και η πολύωρη έκθεση σε ακτινοβολία ορατού φάσματος υψηλής ενέργειας (400-450 nm) μπορεί να προκαλέσει οφθαλμικές φθορές. Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε το φασματοφωτόμετρο SPECORD 200, το οποίο περιγράφεται λεπτομερώς στο τρίτο κεφάλαιο, για τη σύγκριση 11 γυαλιών ηλίου, ως προς τη διαπερατότητα των φακών τους στην ακτινοβολία (υπεριώδης ακτινοβολία, ακτινοβολία ορατού φάσματος, υπέρυθρη ακτινοβολία). Το συμπέρασμα που προέκυψε ήταν, ότι η πιο γνωστή μάρκα και η μεγαλύτερη τιμή γυαλιών δεν εγγυώνται καλύτερη ποιότητα των φακών τους, από ένα ζευγάρι γυαλιών μικρότερης τιμής και λιγότερο διάσημης μάρκας. Επομένως θα ήταν λανθασμένη επιλογή να αγοράσει κάποιος πολύ ακριβά γυαλιά ηλίου, δίχως να γνωρίζει τα επίπεδα διαπερατότητάς τους στην υπεριώδη ακτινοβολία και στην ακτινοβολία ορατού φάσματος υψηλής ενέργειας. Η χειρότερη επιλογή που θα μπορούσε να κάνει κάποιος, θα ήταν να αγοράσει πολύ φτηνά γυαλιά (της τάξεως των 5-10 ευρώ) από μη εξουσιοδοτημένους πωλητές, διότι αυτά τα γυαλιά δεν συνταγογραφούνται και είναι, αποδεδειγμένα (και από μελέτες αλλά και από την πειραματική διαδικασία που υλοποιήθηκε), τα χειρότερα σε επίπεδο προστασίας βλαβερής ηλιακής ακτινοβολίας. Παρουσιάζουν δηλαδή τα υψηλότερα ποσοστά διαπερατότητας στις ακτινοβολίες αυτές, στις οποίες εκτίθεται ο οφθαλμός, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πολύ σοβαρές οφθαλμολογικές παθήσεις, οι οποίες αναλύονται στο πρώτο κεφάλαιο. Επομένως, υπάρχουν πολύ σημαντικότερα κριτήρια, σύμφωνα με τα οποία οφείλει κάποιος να επιλέξει γυαλιά ηλίου, από τη μάρκα και την τιμή, τόσο για λόγους οφθαλμικής ασφάλειας, όσο και για λόγους άνεσης του οφθαλμού ως προς τη χρωματική αντίληψη του περιβάλλοντος. Όλα αυτά τα κριτήρια αναλύονται στο τέταρτο κεφάλαιο.

Βιβλιογραφία

[1] Wikipedia, Οπτική.Ιστοσελίδα

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9F%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE>

(ημερομηνία προσπέλασης: 15/11/2021)

[2] “ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ”. Ιστοσελίδα

https://oeclase.aua.gr/eclass/modules/document/file.php/EFP177/%CE%9F%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE/optics2_geometric_optics.pdf (ημερομηνία προσπέλασης:

17/11/2021)

[3] Wikipedia, Optics. Ιστοσελίδα: <https://wikiel.icu/wiki/optics> (ημερομηνία προσπέλασης: 10/12/2021)

[4] Andrew Zimmerman Jones. Ορατό φως φάσμα-Επισκόπηση και διάγραμμα. Ιστοσελίδα <https://el.eferrit.com/%CE%BF%CF%81%CE%B1%CF%84%CF%8C-%CF%86%CF%89%CF%82-%CF%86%CE%AC%CF%83%CE%BC%CE%B1-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CE%BA%CF%8C%CF%80%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CE%BA%CE%B1%CE%B9/> (ημερομηνία προσπέλασης: 04/04/2022)

[5] Reichow, A. W., Citek, K., & Edlich, R. F. “Ultraviolet and short wavelength visible light exposure: why ultraviolet protection alone is not adequate. Journal of Long-Term Effects of Medical Implants” (2006). Ιστοσελίδα <https://doi.org/10.1615/JLONGTERMEFFMEDIMPLANTS.V16.I4.50>(ημερομηνία προσπέλασης 15/4/2022)

[6] Wikipedia, Υπεριώδης ακτινοβολία. Ιστοσελίδα

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CF%8E%CE%B4%CE%B7%CF%82_%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CE%AF%CE%B1 (ημερομηνία προσπέλασης: 03/03/2022)

[7] GLN Optics | “UV Ακτινοβολία και Γυαλιά Ηλίου: Πώς να προστατέψετε τα μάτια σας” (2020, June 16). Ιστοσελίδα <https://glnoptics.gr/uv-aktinovolia-prostasia-gyalia-hliou/>

(ημερομηνία προσπέλασης: 23/11/2021)

[8] “Φίλτρο UV 400 και τύποι φίλτρων στα γυαλιά” | Γλωσσάρι | Lentiamo. Ιστοσελίδα <https://www.lentiamo.gr/glossari/filtro-uv.html> (ημερομηνία προσπέλασης: 23/11/2021)

[9] Μαργαριτέλης Νικόλαος, «ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΑΝΘΕΛΜΙΝΘΙΚΩΝ ΦΑΡΜΑΚΩΝ ΣΕ ΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ», Διπλωματική εργασία ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΤΜΗΜΑ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΗΣ, ΤΟΜΕΑΣ ΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ, (2012). Ιστοσελίδα <http://ikee.lib.auth.gr/record/131227/files/Margari.pdf> (ημερομηνία προσπέλασης 25/11/2021)

[10] ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ UV-Vis.doc.

<https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Feclass.upatras.gr%2Fm>

[odules%2Fdocument%2Ffile.php%2FCMNG2161%2F%25CE%25A6%25CE%2591%25CE%25A3%25CE%259C%25CE%2591%25CE%25A4%25CE%259F%25CE%25A6%25CE%25A9%25CE%25A4%25CE%259F%25CE%259C%25CE%2595%25CE%25A4%25CE%25A1%25CE%2599%25CE%2591%2520UV-Vis.doc&wdOrigin=BROWSELINK](#)

(ημερομηνία προσπέλασης 18/11/2021)

[11] Jena Kundendienst Konrad-Zuse-Str, A. A., & Jena, A. A. (2005). SPECORD ® PC 200 / 205 / 210 / 250 UV VIS Spectrophotometer SPECORD ® Contents Contents. Ιστοσελίδα

http://www.frankshospitalworkshop.com/equipment/documents/photometer/service_manuals/Analytikjena_Specord_200-250_-_Manual.pdf (ημερομηνία προσπέλασης 5/4/2022)

[12] Steven Giannos, Edward R. Kraft, Lance J. Lyons, Praveena K. Gupta, “Spectral Evaluation of Eyeglass Blocking Efficiency of Ultraviolet/High-energy Visible Blue Light for Ocular Protection”(2019). Ιστοσελίδα <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6615932/> (ημερομηνία προσπέλασης 28/1/2022)

[13] Περράκη Άννα-Χειρουργός Οφθαλμίατρος, “Γυαλιά Ηλίου και Προστασία των ματιών μας”. Ιστοσελίδα <https://eye-surgery.gr/gialia-iliou-ke-prostasia-ton-mation-mas/>

(ημερομηνία προσπέλασης 2/3/2022)

[14] “Είναι ασφαλή τα φθηνά γυαλιά ηλίου;” Capital. (2013, July 26). Ιστοσελίδα <https://www.capital.gr/health/1842204/einai-asfali-ta-fthina-gualia-iliou> (ημερομηνία προσπέλασης 15/3/2022)

[15] “Γυαλιά ηλίου - Όλα όσα πρέπει να γνωρίζετε πριν την κάθε αγορά. (2021, January 29)”

Ιστοσελίδα <https://www.matakia.gr/odigos-agoras/proionta-matia/gualia-iliou-kritiria-prin-tin-agora/> (ημερομηνία προσπέλασης 16/3/2022)

[16] Indian Journal of Ophthalmology, Bazzazi, N., Heydarian, S., Vahabi, R., Akbarzadeh, S., & Fouladi, D. F. του τμήματος Οφθαλμολογίας, του Εκπαιδευτικού και Ιατρικού Κέντρου Farshchian και του Πανεπιστημίου Ιατρικών Επιστημών Hamadan του Ιράν “Quality of sunglasses available in the Iranian market; a study with emphasis on sellers’ license.” (2015).

Ιστοσελίδα <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25827547/> (ημερομηνία προσπέλασης 16/3/2022)

[17] Monochromator - Berthold Technologies GmbH & Co.KG. Ιστοσελίδα <https://www.berthold.com/en/bioanalytic/knowledge/glossary/monochromator/>

(ημερομηνία προσπέλασης 5/4/2022)

[18] Νίκος Καλιακμάνης. ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΖΩΝΗ, Αρθρογραφία, Ψωραλένιο.

Ιστοσελίδα: <http://elzoni.gr/html/ent/039/ent.56039.asp> (ημερομηνία προσπέλασης 5/4/2022)

[19] Smick K, Villette T, Boulton ME, Blue Light Hazard: New Knowledge, New Approaches to Maintaining Ocular Health | Points de Vue | International Review of Ophthalmic Optics.

Ιστοσελίδα <https://www.pointsdevue.com/white-paper/blue-light-hazard-new-knowledge-new-approaches-maintaining-ocular-health> (ημερομηνία προσπέλασης 10/4/2022)

[20] Klein, R., Klein, B. E. K., Knudtson, M. D., Meuer, S. M., Swift, M., & Gangnon, R. E. Fifteen-year cumulative incidence of age-related macular degeneration: the Beaver Dam Eye Study, Οφθαλμολογίας (2007). Ιστοσελίδα

<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=232f8d32beb69c92486dd359faab5f18a65b678332eaff91ab0c7dbd91c471d6JmltdHM9MTY1NDcwODAzMiZpZ3VpZD1jZTdiMzI3Ni1jMTdhLTQxZDA0OWI4OC0yNjUzMzhmOTE4ZmMmaW5zaWQ9NTE0Mw&ptn=3&fclid=7046c653-e74d-11ec-84bd-1ff0ba1a4c28&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cucG9pbnRzZGV2dWUuY29tL3ByaW50cGRmLzU3NA&ntb=1> (ημερομηνία προσπέλασης 13/4/2022)

[21] Sunglasses Infographic | A Man's Guide to Sunglasses. Ιστοσελίδα <https://www.realmenrealstyle.com/sunglasses-infographic/> (ημερομηνία προσπέλασης 5/4/2022)

[22] Are Nonprescription Sunglasses in Ethiopian Market Protective for Ultraviolet Radiation? Alemu, H. W., & Adimassu, N. F. (2021). από το Τμήμα Οπτομετρίας, το Κολλέγιο Ιατρικής και Επιστημών Υγείας, και το Πανεπιστήμιο Gondar, της πόλης Gondar, της Αιθιοπίας (13.1.2021). Ιστοσελίδα <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7797341/> (ημερομηνία προσπέλασης 7/4/2022)

[23] Synopsys - What Is Stray Light and How Does It Work? Ιστοσελίδα <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-stray-light.html> (ημερομηνία προσπέλασης 8/4/2022)

[24] <<Τι είναι ο κιρκάδιος ρυθμός και πώς μας επηρεάζει;>> Ιστοσελίδα <https://www.enallaktiko.gr/blogs/blog/circadian-rhythm> (ημερομηνία προσπέλασης 9/4/2022)

[25] U.S. National Park Service - Pollinators- <<What is a pollinator?>> Ιστοσελίδα <https://www.nps.gov/subjects/pollinators/what-is-a-pollinator.htm> (ημερομηνία προσπέλασης 11/4/2022)

[26] Οφθαλμολογικό Κέντρο Διαύγεια - Επιπεφυκότας. Ιστοσελίδα <https://www.diavgia.eu/content/125/epipefykotas> (ημερομηνία προσπέλασης 11/4/2022)

[27] ONMED - Φωτοκερατίτιδα: Πώς εκδηλώνεται το έγκαυμα του κερατοειδούς.(2015) <https://www.onmed.gr/ygeia/story/329168/fotokeratitida-pos-ekdilonetai-to-egkavma-tou-keratoeidous> (ημερομηνία προσπέλασης 11/4/2022)

[28] Οφθαλμολογικό Κέντρο Διαύγεια - Αμφιβληστροειδής. Ιστοσελίδα <https://www.diavgia.eu/content/122/amfiblistroeidis> (ημερομηνία προσπέλασης 12/4/2022)

[29] Οφθαλμολογικό Κέντρο Ophthalmica - Κερατοειδής. Ιστοσελίδα <https://www.opthalmica.gr/pathiseis/keratoeidous/> (ημερομηνία προσπέλασης 12/4/2022)

- [30] Chorley, A. C., Lyachev, A., Higlett, M. P., Khazova, M., Benwell, M. J., & Evans, B. J. W. "Sunglass Filter Transmission and Its Operational Effect in Solar Protection for Civilian Pilots. Aerospace Medicine and Human Performance" (2016). Ιστοσελίδα <https://doi.org/10.3357/AMHP.4499.2016> (ημερομηνία προσπέλασης 15/4/2022)
- [31] Χ. Σταθουλοπούλου, <<ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ>>. Ιστοσελίδα <https://eclass.uniwa.gr/modules/document/file.php/BISC108/%CE%A6%CE%B1%CF%83%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF%CF%86%CF%89%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%AF%CE%B1.pdf> (ημερομηνία προσπέλασης 18/4/2022)
- [32] Moseley H, Cox, N. H., & Mackie, R. M. "The suitability of sunglasses used by patients following ingestion of psoralen". The British Journal of Dermatology, (1988). Ιστοσελίδα <https://doi.org/10.1111/J.1365-2133.1988.TB01782.X> (ημερομηνία προσπέλασης 15/4/2022)
- [33] D2E LAMP FOR SPECORD 200 - Αναζήτηση Google. Ιστοσελίδα https://www.google.com/search?q=D2E+LAMP+FOR+SPECORD+200&tbm=isch&ved=2ahUKEwilqueM66D4AhUBWWhoKHbNsB5oQ2-cCegQIABAA&oq=D2E+LAMP+FOR+SPECORD+200&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECCMQJ1CGB1jNDWDVEWgAcAB4AIABeogBxQSSAQMWLjWYAQCGAQGqAQtnD3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&scIent=img&ei=FSaiYuXLD4G0abPZndAJ&rlz=1C1AVFC_enGR959GR960#imgsrc=DCgUpK6Ail09UM (ημερομηνία προσπέλασης 9/6/2022)