



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ & ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Προστασία που παρέχουν οι φακοί από την ηλιακή  
ακτινοβολία»**

*Δαλαμπίρα Άννα*

*Σκιαδαρέση - Λάζαρη Κωνσταντίνα*

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

*Δρ Χρυσανθόπουλος Αθανάσιος*

**Αίγιο, Ιούνιος 2014**

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ηλιακή ακτινοβολία, είναι κάτι το οποίο βιώνουν όλοι οι άνθρωποι σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό. Περισσότερο εκτεθειμένοι είναι όσοι ζουν σε ηλιόλουστες περιοχές ή οι δραστηριότητές τους (εργασία, αθλήματα, χόμπι) απαιτούν πολύωρη παραμονή σε εξωτερικούς χώρους. Ωστόσο, είναι πλέον γνωστό πως η υπερβολική έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία (η οποία αποτελεί τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας) είναι επιβλαβής για τον ανθρώπινο οργανισμό και – συνεπώς – τους οφθαλμούς. Για την αποφυγή, επομένως, διαφόρων οφθαλμικών επιπλοκών, βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων, συστήνεται η προστασία των ματιών με τη χρήση οφθαλμικών φακών οράσεως και ηλίου, καθώς και φακών επαφής με UV-blocking.

Σκοπός αυτής της εργασίας, είναι η έρευνα σχετικά με τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή οφθαλμικών φακών οράσεως, φακών ηλίου, φακών επαφής και τεχνητών δακρύων και η καταλληλότητα των υλικών αυτών να προστατεύσουν τους οφθαλμούς από τη βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία. Παρακάτω αναφέρονται βιβλιογραφικά στοιχεία σχετικά με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των υλικών αυτών. Έπειτα, ακολουθεί μια πειραματική διαδικασία, κατά την οποία μετρήθηκε η διαπερατότητα των παραπάνω υλικών, ώστε να αποδειχθεί αν η προστασία που παρέχουν είναι επαρκής. Η μελέτη αυτή, αποτελεί πτυχιακή εργασία για το τμήμα Οπτικής και Οπτομετρίας του ΑΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας (παράρτημα Αιγίου).

Η έρευνα αυτή θα μπορούσε να αποτελέσει έναυσμα για περισσότερη μελέτη στον τομέα της προστασίας των οφθαλμών από την υπεριώδη ακτινοβολία. Άλλωστε, η πρόληψη αποτελεί σημαντικό κομμάτι όσον αφορά τον τομέα της υγείας.

Κλείνοντας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους ανθρώπους που βοήθησαν κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας. Ευχαριστούμε ιδιαίτερα τον υπεύθυνο καθηγητή της εργασίας Δρ Αθανάσιο Χρυσανθόπουλο για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του, το Χημικό Πανεπιστήμιο Αθηνών για την παραχώρηση του εργαστηρίου με σκοπό τη διεξαγωγή του πειράματος, και τους κυρίους Ανδρέα Κάκια και Νίκο Καλογήρου για τις πολύτιμες πληροφορίες που μας προσέφεραν.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο ήλιος είναι η κυριότερη πηγή ενέργειας για τον πλανήτη Γη. Η ηλιακή ενέργεια φτάνει στη γη με τη μορφή ακτινοβολίας. Η υπεριώδης (UV) ακτινοβολία αποτελεί ένα μικρό μέρος του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο έδαφος της Γης. Παρά τη μικρή της ένταση, η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στον άνθρωπο, όταν υπάρχει μεγάλη έκθεση σε αυτήν. Με το πέρασμα των χρόνων και τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας, ερευνώνται νέες μέθοδοι και καινοτόμα υλικά για την προστασία των οφθαλμών από τη βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία.

Σκοπός αυτής της έρευνας, είναι η εύρεση στη βιβλιογραφία και η παρουσίαση των κατάλληλων υλικών για την προστασία των οφθαλμών από την υπεριώδη ακτινοβολία. Αρχικά, γίνεται αναφορά στις μεθόδους και τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή οφθαλμικών φακών οράσεως, φακών ηλίου και φακών επαφής και την καταλληλότητά τους για την κατασκευή γυαλιών οράσεως, γυαλιών ηλίου και φακών επαφής. Με τον τρόπο αυτό, είναι σχετικά εύκολη η εύρεση των υλικών που κρίνεται πως παρέχουν επαρκή προστασία των οφθαλμών από την υπεριώδη ακτινοβολία. Έπειτα, ακολουθεί η πειραματική διαδικασία της έρευνας. Με τη βοήθεια της ηλεκτρονικής φασματοσκοπίας μελετήθηκαν υλικά διαφόρων τύπων οφθαλμικών φακών οράσεως, φακών ηλίου, καθώς και φακών επαφής ως προς την ιδιότητά τους να προσφέρουν επαρκή προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία.

## ABSTRACT

The sun is the essential source of energy for the planet Earth. Solar energy arrives to Earth through the atmosphere in the form of radiation. Ultraviolet (UV) radiation constitutes a small part of the solar radiation spectrum that reaches the Earth. Despite its low intensity, UV radiation might cause severe problems to humans, when there is great exposure to it. Over the years, with the continuous technological advancement, new methods and innovative materials have been investigated for the protection of the eyes from the harmful UV radiation.

The purpose of this research is the finding in literature of the appropriate materials for the protection of the eyes from the UV radiation. At first, some reference is made to the methods and the materials that are used for the construction of ocular lenses, sunglasses lenses and contact lenses as well as their suitability for the construction of vision glasses, sunglasses or contact lenses. Thus, the finding of the materials that are considered to provide sufficient protection of the eyes against the UV radiation, is quite easy. Afterwards, the experimental process of the research follows. With the help of electronic spectroscopy, materials of different types of vision eye lenses, sun lenses as well as contact lenses were studied regarding their ability to provide sufficient protection against UV radiation.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	iii
ABSTRACT.....	iii
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 Το ηλιακό φάσμα .....</b>	<b>7</b>
1.1.1 Υπεριώδης ακτινοβολία.....	8
1.2 Δείκτης UV (UV Index) .....	9
1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την υπεριώδη ακτινοβολία.....	10
1.4 Μέτρα προστασίας από την ηλιακή ακτινοβολία.....	11
1.5 Επιλογή κατάλληλων γυαλιών ηλίου .....	12
1.6 Συχνές επιπλοκές από έκθεση σε UV ακτινοβολία .....	13
<b>2. ΟΦΘΑΛΜΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ ΟΡΑΣΕΩΣ.....</b>	<b>17</b>
2.1 Κατηγορίες οφθαλμικών φακών σύμφωνα με την κατασκευή τους .....	17
2.2 Υλικά οφθαλμικών φακών .....	20
2.2.1 Φακοί από γυαλί (κρύσταλλα) .....	20
2.2.2 Οργανικοί οφθαλμικοί φακοί.....	22
2.2.3 Polycarbonate και Trivex.....	23
2.3 Κατασκευή φακών .....	24
2.4 Επιστρώσεις .....	25
2.4.1 Διαδικασία επίστρωσης φακών .....	28
2.5 Διπλεστικά οφθαλμικοί φακοί.....	29
2.6 Πολυεστιακοί οφθαλμικοί φακοί.....	30
2.7 Φωτοχρωμικοί φακοί .....	31
2.7.1 Τρόπος λειτουργίας φωτοχρωμικών φακών.....	34
2.7.2 Κατασκευή φωτοχρωμικών φακών και φακών Transitions.....	34
2.8 Υλικά φακών και απορροφητικότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας .....	36
<b>3. ΓΥΑΛΙΑ ΗΛΙΟΥ .....</b>	<b>38</b>
3.1 Γυαλιά ηλίου και διαθλαστικές ανωμαλίες .....	38
3.2 Υλικά κατασκευής γυαλιών ηλίου.....	39
3.3 Κατηγορίες σκουρότητας φακών ηλίου.....	39
3.4 Διαδικασία βαφής γυαλιών ηλίου.....	39
3.5 Χρώματα φακών γυαλιών ηλίου.....	41
3.6 Φακοί ηλίου gradient .....	41

3.7 Πολωτικοί φακοί.....	42
3.8 Κατοπτρικές επιστροφές (Γυαλιά ηλίου καθρέφτες).....	44
<b>4. ΦΑΚΟΙ ΕΠΑΦΗΣ.....</b>	<b>45</b>
4.1 Κατηγορίες φακών επαφής.....	45
4.1.1 Συμβατικοί φακοί επαφής (μονοεστιακοί).....	45
4.1.2 Κερατοκωνικοί φακοί επαφής.....	48
4.1.3 Θεραπευτικοί φακοί επαφής.....	49
4.1.4 Κοσμητικοί φακοί επαφής.....	49
4.2 Τύποι φακών επαφής.....	50
4.2.1 Μαλακοί φακοί επαφής.....	51
4.2.2 Υλικά κατασκευής μαλακών φακών επαφής.....	51
4.2.3 Μέθοδοι κατασκευής μαλακών φακών επαφής.....	52
4.2.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά των φακών επαφής.....	54
4.2.5 Ιδιότητες των μαλακών φακών επαφής.....	55
4.3 Προστασία UV και φακοί επαφής.....	59
4.3.1 UV προστασία όλο το χρόνο.....	59
4.3.2 Η έρευνα και τα οφέλη των UV-blocking φακών.....	60
4.3.3 Ο ρόλος των UV φακών επαφής.....	61
4.4 Τεχνητά δάκρυα.....	65
4.4.1 Ξηροφθαλμία.....	66
<b>5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....</b>	<b>68</b>
Πειραματική διαδικασία.....	68
5.1 Περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας.....	74
5.2 Απορρόφηση ακτινοβολίας.....	75
5.3 Μετρήσεις Διαπερατότητας.....	76
<b>6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....</b>	<b>81</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί τον σπουδαιότερο παράγοντα για την δημιουργία του κλίματος της Γης. Είναι παρούσα σε όλες τις φυσικές και χημικές διεργασίες, καθώς και στα φυσικά φαινόμενα, όπως είναι: το χρώμα του ουρανού, το διάχυτο φως ή το ουράνιο τόξο.

Το φως είναι ένα από τα πιο συνηθισμένα φαινόμενα στη ζωή μας. Μπορούμε να δούμε, επειδή έχουμε κατάλληλα όργανα όπως τα μάτια μας που αισθάνονται την ένταση (την φωτεινότητα) και το μήκος κύματος (το χρώμα του φωτός) [1].

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι πηγή ζωής για τον άνθρωπο αλλά μπορεί να γίνει και επικίνδυνη. Με τη βοήθειά της, γίνονται βασικές διεργασίες του ανθρώπινου οργανισμού όπως:

• Ενεργοποίηση της σύνθεσης της βιταμίνης D, η απουσία της οποίας μπορεί να προκαλέσει ραχίτιδα (μια διαταραχή στον μεταβολισμό του ασβεστίου και του φωσφόρου που έχει ως αποτέλεσμα τα οστά να γίνονται πιο μαλακά, υπάρχει μειωμένη ακαμψία και χαρακτηριστικές παραμορφώσεις) [2].

• Παραγωγή μελανίνης και φυσικό μαύρισμα.

• Πρόκληση αισιόδοξης και χαρούμενης διάθεσης.

Αποτελεί, επίσης, ζωτικό παράγοντα για την ανάπτυξη των φυτών και των ζώων.

Από την άλλη πλευρά, η παρατεταμένη έκθεση στον ήλιο, ειδικά το καλοκαίρι, έχει βλαβερές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό, οι οποίες αρχίζουν από τις πιο απλές όπως, για παράδειγμα, ένα ηλιακό έγκαυμα και μπορούν να φτάσουν σε πιο σοβαρές βλάβες, όπως, για παράδειγμα, κάποιο δερματικό κακοήθες μελάνωμα. Επίσης, προκαλεί φωτογήρανση, οφθαλμικές βλάβες, φωτοευαισθητοποίηση και εξασθένιση του ανοσοποιητικού συστήματος [3].

Για την προστασία των οφθαλμών από την ηλιακή ακτινοβολία, χρησιμοποιούνται γυαλιά ηλίου κατασκευασμένα από πλαστικό ή γυαλί με ή χωρίς ειδικές επιστρώσεις. Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα που ακολουθεί, έχει τη δυνατότητα να καταγράφει την διαπερατότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας και ονομάζεται φασματοφωτόμετρο. Με την βοήθεια της μοριακής φασματοσκοπίας που μελετά την αλληλεπίδραση των μορίων με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και τη βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών (όπου λαμβάνονται τα διαγράμματα) θα μελετηθεί εκτενέστερα αυτό το φαινόμενο.

*Ο αντικειμενικός σκοπός αυτής της εργασίας, είναι η παρουσίαση της μεθοδολογίας που απαιτείται για να καταμετρηθεί η βλαβερή υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία και η μελέτη της καταλληλότητας των οφθαλμικών φακών οράσεως, των οφθαλμικών φακών ηλίου, των φακών*

επαφής και των τεχνητών δακρύων για την προστασία των οφθαλμών από την ηλιακή ακτινοβολία και τις επικίνδυνες επιδράσεις του ήλιου.

Οι εταιρείες συνεχώς δημοσιεύουν πληροφορίες για την προστασία των ματιών από την υπεριώδη ακτινοβολία. Πάραυτα ενδιαφέρονται κυρίως για την πώληση των προϊόντων τους. Για το λόγο αυτό τα δεδομένα τους πρέπει να μελετώνται με προσοχή. Εν συνεχεία, θα μάθουμε ποια είναι τα κριτήρια που πρέπει να επιλέγουμε γυαλιά ηλίου.

## 1.1 Το ηλιακό φάσμα

Το ηλιακό φάσμα αποτελείται από τρεις ζώνες:

- Την υπεριώδη ακτινοβολία
- Την ορατή ακτινοβολία
- Την υπέρυθρη ακτινοβολία

Οι υπεριώδεις ακτίνες (μήκος κύματος 190-400 nm), είναι υπεύθυνες για παθολογίες των εξωτερικών χιτώνων του ματιού και του κρυσταλοειδή φακού (π.χ. καταρράκτης)

Οι ακτίνες υψηλής ενέργειας στο ορατό φάσμα που αντιστοιχούν στο μπλε ιώδες φως (μήκος κύματος 400-700 nm) είναι υπεύθυνες για παθολογίες του αμφιβληστροειδούς (όπως είναι η εκφύλιση της ωχράς κηλίδας). Οι τελευταίες δεν αναφέρονται συχνά, ενώ είναι οι πιο επικίνδυνες για τα μάτια, αφού προκαλούν μη αναστρέψιμες βλάβες.

Οι υπέρυθρες ακτίνες (μήκος κύματος 700 - 2300 nm), είναι υπεύθυνες για την αύξηση της θερμοκρασίας των κύτταρων του οργανισμού [4].

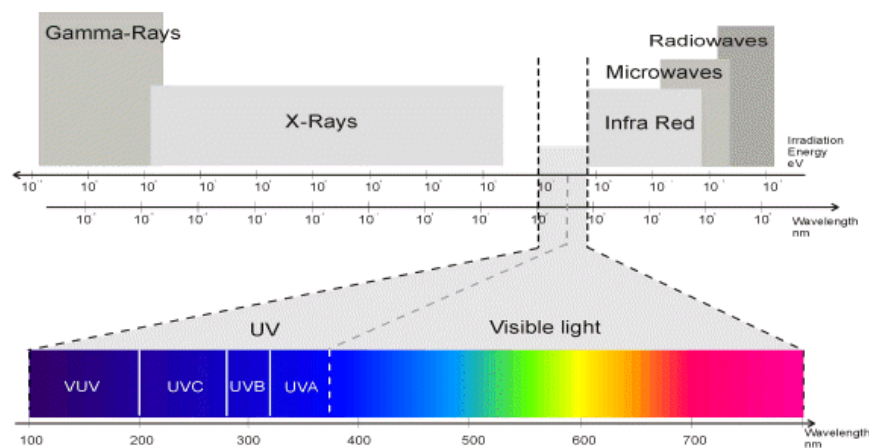


Εικόνα 1.1: Τα 3 μέρη του ηλιακού φάσματος

### 1.1.1 Υπεριώδης ακτινοβολία

Η υπεριώδης (ultraviolet / UV) ακτινοβολία είναι το κομμάτι του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, που έχει μήκη κύματος μικρότερα από το ορατό φως. Η UV ακτινοβολία εκτείνεται σε μια περιοχή από 50 nm μέχρι 400 nm. Αποτελείται από τρεις ομάδες που είναι άορατες στο ανθρώπινο μάτι και ασκούν σημαντική επίδραση στις βιοχημικές διεργασίες του οργανισμού:

- Η UV-C ακτινοβολία είναι το πιο επικίνδυνο είδος της υπεριώδους ακτινοβολίας, καθώς με αυτήν έχουν επιτευχθεί εργαστηριακά μεταλλάξεις. Η UV-C ακτινοβολία κυμαίνεται μεταξύ 40 nm και 280 nm.
- Η UV-B ακτινοβολία προκαλεί το ερύθημα του δέρματος από παρατεταμένη έκθεση στον ήλιο και μπορεί να γίνει πολύ επικίνδυνη. Το λεγόμενο μαύρισμα ή τα εγκαύματα προκύπτουν από την παρατεταμένη έκθεση του δέρματος σε αυτό το είδος ακτινοβολίας. Η UV-B ακτινοβολία εισχωρεί μέχρι τον κερατοειδή χιτώνα του οφθαλμού, προκαλώντας αλλοιώσεις.
- Η UV-A ακτινοβολία. Η δράση της είναι ηπιότερη και θεωρείται το πιο ακίνδυνο είδος υπεριώδους ακτινοβολίας, εξαιτίας του μεγαλύτερου μήκους κύματος που τη χαρακτηρίζει (πιο «μαλακή» ακτινοβολία). Πάραυτα, εισχωρεί στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού, όπως άλλωστε εισχωρούν και οι ακτίνες του ορατού φάσματος.



Εικόνα 1.2: Είδη και ενέργειες ακτινοβολίας

Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι ένα μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, και μάλιστα, οι ακτίνες UVC, UVB και UVA απορροφώνται από το όζον της ατμόσφαιρας, τους υδρατμούς, το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και το 10% από την επιφάνεια της γης.



- Ø UV-C (μικρού μήκους) 0.10 - 0.28 μm
- Ø UV-B (μεσαίου μήκους) 0.28 - 0.315 μm
- Ø UV-A (μεγάλου μήκους) 0.315 - 0.37 μm

Η υπεριώδης ακτινοβολία φτάνει στη γη μέσω της επανεκπομπής της από τη στρατόσφαιρα. Είναι επικίνδυνη ακτινοβολία και το στρώμα του όζοντος προστατεύει την επιφάνεια της γης από αυτήν [1].

Η ελάττωση του στρώματος του όζοντος είναι γνωστό ότι επιδεινώνει τις επιπτώσεις στην υγεία από τη UV ακτινοβολία για τον άνθρωπο, τα ζώα, τους θαλάσσιους οργανισμούς και τα φυτά, διότι τότε δεν απορροφάται αποτελεσματικά (ιδίως UVB ακτινοβολία). Υπολογιστικά μοντέλα προβλέπουν ότι μείωση 10% του όζοντος στη στρατόσφαιρα θα μπορούσαν να προκαλέσουν 300000 καρκίνους του δέρματος, 4500 μελανώματα και μεταξύ 1.6 – 1.75 εκατομμύρια επιπλέον περιστατικά οφθαλμικού καταρράκτη / έτος παγκοσμίως [6].

## 1.2 Δείκτης UV (UV Index)

Ο Δείκτης UV (Ultra - Violet = Υπεριώδης) είναι το μέγεθος το οποίο καθιερώθηκε διεθνώς ως ένα μέσο έκφρασης της επικινδυνότητας της ηλιακής υπεριώδους ακτινοβολίας, όπως , για παράδειγμα, εκφράζεται η θερμοκρασία για το πόσο ζεστή ή κρύα είναι η ατμόσφαιρα. Πραγματικές τιμές του Δείκτη UV, αλλά και προβλέψεις για την επόμενη ημέρα, ανακοινώνονται από τα μέσα ενημέρωσης και το διαδίκτυο σχεδόν σε όλες της χώρες, όπως, επίσης, και στην Ελλάδα. Κάτω από φυσιολογικές συνθήκες, η τιμή του Δείκτη UV στην Ελλάδα φτάνει μέχρι και 10 ή 11, τιμές που εκφράζουν εξαιρετικά ισχυρή ακτινοβολία, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ανάγκης άμεσης λήψης μέτρων προστασίας από τον ήλιο. Όσο ο ήλιος πλησιάζει στον ορίζοντα, τόσο μικρότερες τιμές έχει ο Δείκτης UV, με αποτέλεσμα την ύπαρξη μικρότερου κίνδυνου από την υπεριώδη ακτινοβολία. Όσο μεγαλύτερος είναι ο Δείκτης UV, τόσο ευκολότερη γίνεται η εμφάνιση ανεπιθύμητων παρενεργειών λόγω της υπεριώδους ακτινοβολίας [5].



Εικόνα 1.3: Δείκτης προστασίας UV

### 1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την υπεριώδη ακτινοβολία

Η υπεριώδης ακτινοβολία επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

• **ΤΟ ΟΖΟΝ:** Η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το όζον που βρίσκεται στη στρατόσφαιρα. Η μείωση περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε όζον, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας στο έδαφος, και αντίστροφα.

• **ΤΑ ΣΥΝΝΕΦΑ:** Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι πιο έντονη όταν δεν υπάρχουν σύννεφα. Τα σύννεφα γενικά αποδυναμώνουν την ηλιακή ακτινοβολία, αλλά η αποτελεσματικότητά τους εξαρτάται από το πάχος και το είδος των νεφών. Όταν είναι αραιά ή διασκορπισμένα σύννεφα, έχουν μια πολύ μικρή επίπτωση (περίπου 10%), ενώ τα μαύρα σύννεφα προκαλούν ξηραντική εξασθένιση μέχρι και 80%. Κάτω από ορισμένες συνθήκες και για πολύ μικρές περιόδους, μεμονωμένα και λαμπερά σύννεφα μπορούν να προκαλέσουν μια μικρή αύξηση της ακτινοβολίας. Όταν ο ήλιος είναι ορατός, τότε η εξασθένιση της υπεριώδους ακτινοβολίας από τα σύννεφα είναι σχεδόν αμελητέα.

• **ΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ:** Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι ισχυρότερη όσο απομακρυνόμαστε κατακόρυφα από την επιφάνεια της θάλασσας, επειδή η ποσότητα των συστατικών της ατμόσφαιρας που την απορροφούν μειώνεται με το ύψος. Μετρήσεις έδειξαν ότι η UV ακτινοβολία αυξάνεται περίπου 10% για κάθε 1000 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Û **ΑΝΑΚΛΑΣΕΙΣ:** Ένα αντικείμενο ή ένας άνθρωπος δέχεται ακτινοβολία απευθείας από τον ήλιο, αλλά και από ανακλάσεις στο έδαφος. Το ποσοστό της ανακλώμενης ακτινοβολίας, εξαρτάται από το είδος της επιφάνειας του εδάφους, δηλαδή: τα δέντρα, το γρασίδι, το χώμα και το νερό ανακλούν λιγότερο από το 10% της υπεριώδους ακτινοβολίας, σε αντίθεση με το χιόνι το οποίο ανακλά μέχρι και 80% της ηλιακής ακτινοβολίας. Εξαιτίας των ανακλάσεων, τα άτομα που βρίσκονται σε περιοχές με χιόνια ή σε παραλίες με έντονο κυματισμό, δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία.

Û **ΤΟ ΝΕΡΟ:** Περίπου το 95% της υπεριώδους ακτινοβολίας διαπερνά το νερό και το 50% διεισδύει περίπου στα 3 μέτρα. Είναι, επομένως, κατανοητό πως κατά τη διάρκεια της κολύμβησης που το σώμα του κολυμβητή βρίσκεται μόλις λίγα εκατοστά κάτω από την επιφάνεια του νερού, δεν προστατεύεται από την υπεριώδη ακτινοβολία.

Û **Η ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟΝ ΟΡΙΖΟΝΤΑ:** Σε μία μέρα χωρίς σύννεφα, η υπεριώδης ακτινοβολία είναι εντονότερη κατά τις μεσημεριανές ώρες παρά τις πρωινές ή τις απογευματινές. Όσο πιο ψηλά βρίσκεται ο ήλιος από τον ορίζοντα, τόσο πιο ισχυρή είναι η ακτινοβολία και για το λόγο αυτό, το καλοκαίρι υπάρχει εντονότερη ακτινοβολία από ότι το χειμώνα. [5]

#### **1.4 Μέτρα προστασίας από την ηλιακή ακτινοβολία**

Σύμφωνα με τα πιο πάνω δεδομένα, είναι πολύ σημαντική η λήψη μέτρων προστασίας για τους οφθαλμούς και γενικότερα για τον οργανισμό:

Û Το πρώτο και πιο διαδεδομένο μέτρο προστασίας, είναι η χρήση γυαλιών ηλίου. Τα γυαλιά ηλίου αποτρέπουν την υπεριώδη ακτινοβολία να διαπερνά τους φακούς ηλίου και να προσπίπτει στα μάτια. Αυτή η ιδιότητα δεν επηρεάζεται από τη σκουρότητα των φακών ηλίου. Τα γυαλιά ηλίου θα πρέπει, επίσης, να είναι απορροφητικά. Αυτό σημαίνει πως οι φακοί θα πρέπει να μπορούν να απορροφούν τις βλαβερές ακτίνες του ήλιου, χωρίς να αλλοιώνουν την οπτική αντίληψη και τα χρώματα. Επομένως, μεγαλύτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στην ποιότητα των γυαλιών και όχι τόσο στο χρώμα ή την τιμή τους. Καλό θα είναι η αγορά γυαλιών ηλίου να γίνεται από οπτικά καταστήματα και όχι από πλανόδιους μικροπωλητές ή από καταστήματα με γυαλιά αμφιβόλου προέλευσης, επειδή σε αυτές τις περιπτώσεις είναι πολύ πιθανό τα γυαλιά να μην έχουν κατασκευαστεί με τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Συμβουλές για τη σωστή προστασία των ματιών μπορούν να ζητηθούν από οφθαλμίατρο ή από κάποιον οπτικό.

- Û Χρήση γυαλιών ηλίου όλο το χρόνο, ακόμη και το χειμώνα τις ημέρες της ηλιοφάνειας.
  
- Û Χρήση απορροφητικών γυαλιών ηλίου θα πρέπει να γίνεται και από τα παιδιά, από την ηλικία εκείνη που μπορούν να τα φορέσουν. Η προστασία πρέπει να γίνεται από τη μικρότερη δυνατή ηλικία.
  
- Û Οι ακτίνες έχουν τη δυνατότητα να περάσουν στα μάτια από το πάνω μέρος των γυαλιών και κατά συνέπεια το καπέλο με μεγάλο γείσο προστατεύει τα μάτια από τις ακτίνες που φτάνουν εκ των άνω.
  
- Û Χρήση αντιηλιακών κρεμών με μεγάλο δείκτη προστασίας και ειδικών αντιηλιακών κρεμών για τα μάτια (χαμηλότερη συγκέντρωση ουσιών, ώστε να αποφεύγεται ο ερεθισμός των ματιών). Χρήσιμες συμβουλές μπορούν να ζητηθούν από δερματολόγο και ειδικά όσον αφορά σκευάσματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία. [7, 8]
  
- Û Ακόμη και αν γίνεται χρήση φακών επαφής με παροχή προστασίας από την υπεριώδη ακτινοβολία, θα πρέπει να γίνεται ταυτόχρονη χρήση γυαλιών ηλίου, για την επίτευξη ολοκληρωμένης προστασίας των ματιών.

### 1.5 Επιλογή κατάλληλων γυαλιών ηλίου

Για να θεωρηθεί ένα ζευγάρι γυαλιών ηλίου ιδανικό, θα πρέπει να υπάρχουν κάποιες συγκεκριμένες προδιαγραφές:

- Ø Πιστοποίηση ποιότητας από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ένδειξη CE).
  
- Ø Πιστοποίηση ποιότητας απορροφητικότητας φακών από την ηλιακή ακτινοβολία (UVA και UVB) με αυτοκόλλητο UV προστασίας 100%. Τυπικά η απορροφητικότητα θα πρέπει να είναι το λιγότερο 85%, ενώ για τους μεγάλους σε ηλικία χρήστες χρειάζονται γυαλιά μικρότερης απορροφητικότητας λόγω της μικρότερης διαμέτρου της κόρης.

- Ø Υλικό και χρωματισμός κρυστάλλων ίδιο και για τα δύο μάτια και χρήση άθραυστων φακών.
- Ø Δεν πρέπει να εμποδίζεται η χρωματική αντίληψη των χρηστών, ιδιαίτερα κατά την οδήγηση.
- Ø Οι φακοί δε θα πρέπει να ελαττώνουν την οπτική ευκρίνεια και οπτικό πεδίο.
- Ø Να επιλέγεται η κατηγορία των φακών ανάλογα με την ηλιοφάνεια της περιοχής που κατοικούμε. Στην Ελλάδα, η κατηγορία 3 είναι η ενδεδειγμένη. Στα μεγάλα υψόμετρα με πολύ έντονη ηλιοφάνεια, συστήνεται η κατηγορία 4.

Επιπλέον, τα γυαλιά ηλίου εκτός από αισθητικά ωραία και οικονομικά, θα πρέπει να προσφέρουν την καλύτερη δυνατή προστασία για την υγεία και φροντίδα των ματιών. [4]

## **1.6 Συνχές επιπλοκές από έκθεση σε UV ακτινοβολία**

### **Πτερύγιο**

Το πτερύγιο είναι μια μη νεοπλασματική ινοαγγειακή εκφυλιστική αλλοίωση, που εκτείνεται από τον επιπεφυκότα προς τον κερατοειδή σαν μια τριγωνική σαρκώδη πτυχή πάνω στον κερατοειδή. Δημιουργείται συνήθως στην εσωτερική γωνία του ματιού. Ο κύριος παράγοντας ανάπτυξης του φαίνεται να είναι η έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία, αλλά και η ξηρότητα, η φλεγμονή η έκθεση στον άνεμο και τη σκόνη, είναι επίσης σημαντικοί παράγοντες. Στη χώρα μας συναντάται σε μεγάλο βαθμό σε άτομα που ζουν στα νησιά των Κυκλάδων, όπου υπάρχει πολύ μεγάλη ηλιοφάνεια. Μπορεί να αφαιρεθεί χειρουργικά, αλλά συχνά επανεμφανίζεται και αν δεν αντιμετωπιστεί έγκαιρα, μπορεί να προκληθεί απώλεια της όρασης. Σε περιπτώσεις που απειλείται ο κεντρικός κερατοειδής και σε περιπτώσεις μεγάλου ερεθισμού, ενδείκνυται η αφαίρεση του πτερυγίου. Επίσης, είναι κοινός τύπος ότι η υπεριώδης ακτινοβολία αποτελεί παράγοντα προδιάθεσης για καρκίνο του δέρματος, όπου συμπεριλαμβάνονται τα βλέφαρα και το δέρμα του προσώπου.



**Εικόνα 1.4: Πτερύγιο**

### **Στεάτιο**

Το στεάτιο είναι μια εκφυλιστική βλάβη του βολβικού επιπεφυκότα. Εμφανίζεται κοντά στο σκληροκερατοειδές όριο, στην μεσοβλεφάρια σχισμή, συνήθως ρινικά. Μοιάζει με κιτρινωπή κηλίδα ή μικρό εξόγκωμα που δημιουργείται από εναποθέσεις πρωτεϊνών και λίπους. Οφείλεται στην επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας του ηλιακού φωτός ή είναι αντίδραση σε κάποιο χρόνια ερεθισμό του ματιού.



**Εικόνα 1.5: Στεάτιο**

### **Εκφύλιση της ωχράς κηλίδας**

Ο εκφυλισμός της ωχράς κηλίδας είναι ο κύριος λόγος μειωμένης όρασης στα άτομα ηλικίας άνω των 55 ετών. Η έκθεση σε έντονη υπεριώδη (UV) ακτινοβολία και σε ορατού φάσματος μπλε – βιολετί ακτινοβολία, προκαλεί βλάβες στον ιστό του αμφιβληστροειδή, όπως αποδείχτηκε από εργαστηριακά πειράματα.

### **Καταρράκτης**

Καταρράκτης ονομάζεται οποιαδήποτε θόλωση του κρυσταλλοειδή φακού και οφείλεται στην εκφύλιση των πρωτεϊνών του, που συμβαίνει αναπόφευκτα λόγω γήρατος. Ωστόσο,

διάφοροι μηχανισμοί, όπως η υπερβολική έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία και η κακή διατροφή, μπορεί να επιταχύνουν την εμφάνιση και την εξέλιξη του καταρράκτη. Οι φακοί που έχουν υποστεί βλάβη, δεν αναπτύσσονται τόσο γρήγορα όσο οι φυσιολογικοί. Οι θολερότητες του φακού που οφείλονται σε τραύμα ή σε μεταβολικό στρες, συνήθως δημιουργούνται στην υποκαψική περιοχή, το φλοιό ή τον πυρήνα. Η μορφολογία, ωστόσο, επηρεάζει τη συμπτωματολογία του αρρώστου. Καμία ταξινόμηση του καταρράκτη δεν είναι πλήρως ικανοποιητική. Η κατάταξη μπορεί να βασίζεται στην αιτία, την ηλικία εισβολής, τη βαρύτητα της θόλωσης, ή την εντόπιση και το είδος της θόλωσης των φακικών ινών. Η επικρατέστερη διαίρεση των καταρρακτών, είναι αυτή που τους χωρίζει ανάλογα με την ηλικία εμφάνισης σε: συγγενείς-κληρονομικούς και επίκτητους.

### **Επιδημιολογία**

Ο σχετιζόμενος με την ηλικία καταρράκτης είναι πολυπαραγοντική ασθένεια, στην οποία οι γενετικοί, περιβαλλοντικοί, κοινωνικοοικονομικοί και βιοχημικοί παράγοντες δρουν συνεργικά. Ενδεικτικά αναφέρονται: η ηλικία, η νεφρική ανεπάρκεια, προηγούμενη επέμβαση για γλαύκωμα, διαβήτης, λήψη κορτικοστεροειδών, βαριά διάρροια, κατάχρηση καπνού και οίνοπνεύματος και υπεριώδης ακτινοβολία, είναι δυνατό να ενέχονται στην εμφάνιση καταρράκτη. Έχει, επίσης, υπολογισθεί ότι αν η έναρξη του καταρράκτη θα μπορούσε να καθυστερήσει κατά 10 χρόνια, ο ετήσιος αριθμός εγχειρήσεων καταρράκτη θα μειωνόταν κατά 45%.

### **Αίτια του καταρράκτη:**

#### Συγγενής

- Ø Ενδομήτριος λοίμωξη π.χ. (ερυθρά)
- Ø Γενετικός
- Ø Μεταβολικός π.χ. (γαλακτοζαιμία, σύνδρομο Lowe)
- Ø Χρωμοσωμικές ανωμαλίες π.χ. (σύνδρομο Down)
- Ø Οφθαλμικά δυσπλαστικά σύνδρομα π.χ. (ανωμαλία Peter)
- Ø Τραυματισμός κατά τον τοκετό.

#### Επίκτητος

- Ø Γεροντικός
- Ø Ενδοκρινικός (διαβήτης, υποπαραθυρεοειδισμός)
- Ø **Τραυματικός (θλαστικό ή διατιτραίνον τραύμα, ακτινοβολία)**
- Ø Φαρμακευτικός (στεροειδή)
- Ø Μεταβολικός (έκζεμα, χρόνια διάρροια)
- Ø Όψιμος γενετικός (μυοτονική δυστροφία, σύνδρομο Down)
- Ø Ενδοφθάλμια νόσος (ραγοειδίτις, δυστροφίες του αμφιβληστροειδούς)



**Εικόνα1.6: Καταρράκτης**

### **Φωτοκερατίτιδα**

Η φωτοκερατίτιδα είναι ένα είδος εγκαύματος του κερατοειδή, που προκαλείται από υπερβολική έκθεση σε ακτινοβολία UV-B. Πλήττει κυρίως άτομα που περνούν πολλές ώρες στην παραλία ή στο χιόνι και δεν έχουν πάρει τις απαραίτητες προφυλάξεις για τα μάτια τους. Η βλάβη είναι αναστρέψιμη, όμως μπορεί να προκαλέσει έντονους πόνους για 1-2 ημέρες και προσωρινή απώλεια όρασης. [9]



## 2. ΟΦΘΑΛΜΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ ΟΡΑΣΕΩΣ

Οι οφθαλμικοί φακοί οράσεως χρησιμοποιούνται στα γυαλιά οράσεως και βοηθούν στη διόρθωση των διαθλαστικών ανωμαλιών (μυωπία, υπερμετρωπία, αστιγματισμός), καθώς και στη διόρθωση της πρεσβυωπίας. Η διόρθωση επιτυγχάνεται με την τροποποίηση του μήκους της εστίασης του φακού, ώστε να επιτευχθεί η άμβλυση των παραπάνω αμετρωπιών.

Η διαθλαστική δύναμη των οφθαλμικών φακών μετριέται σε διοπτρίες. Οι φακοί που διορθώνουν τη μυωπία (αποκλίνοντες ή αρνητικοί) έχουν αρνητικό βαθμό διοπτριών, ενώ οι φακοί για τη διόρθωση της υπερμετρωπίας και της πρεσβυωπίας (συγκλίνοντες ή θετικοί) έχουν θετικό βαθμό διοπτριών. Έχουν μία εστία (μονοεστιακοί) και διορθώνουν κάθε φορά μόνο τη μακρινή, την κοντινή ή τη μέση όραση. Στην περίπτωση του αστιγματισμού, τα πράγματα είναι λίγο διαφορετικά. Για τη διόρθωση του αστιγματισμού (με ή χωρίς τη συνύπαρξη μυωπίας, υπερμετρωπίας ή πρεσβυωπίας), απαιτείται η χρήση φακού, ο οποίος έχει διαφορετική δύναμη στους κάθετους άξονες (άξονες με διαφορά 90 μοιρών).

### 2.1 Κατηγορίες οφθαλμικών φακών σύμφωνα με την κατασκευή τους

Οι οφθαλμικοί φακοί διακρίνονται κατασκευαστικά στις εξής κατηγορίες:

- Αμφίκυρτοι
- Επιπεδόκυρτοι
- Κοιλόκυρτοι ή συγκλίνοντες μηνίσκοι (παχείς στο κέντρο – λεπτοί στα άκρα)
- Αμφίκοιλοι
- Επιπεδόκοιλοι
- Κοιλόκυρτοι ή αποκλίνοντες μηνίσκοι (λεπτοί στο κέντρο-παχείς στα άκρα)
- Αρνητικός κύλινδρος
- Θετικός κύλινδρος

**Θετικοί φακοί ή συγκλίνοντες:** είναι οι φακοί που προκαλούν σύγκλιση σε μια παράλληλη εισερχόμενη δέσμη φωτός. Τέτοιοι φακοί είναι οι: επιπεδόκυρτοι, αμφίκυρτοι και οι μηνίσκοι.

**Αρνητικοί φακοί ή αποκλίνοντες:** είναι οι φακοί που προκαλούν απόκλιση σε μια παράλληλη εισερχόμενη δέσμη. Τέτοιοι φακοί είναι οι επιπεδόκοιλοι, οι αμφίκοιλοι και οι μηνίσκοι [10].

Ανάλογα με την κατασκευή και τη χρησιμότητά τους, οι οφθαλμικοί φακοί χωρίζονται σε σφαιρικούς, κυλινδρικούς και σφαιροκυλινδρικούς.

Οι σφαιρικοί έχουν την ίδια διαθλαστική ισχύ σε όλους τους μεσημβρινούς και διορθώνουν τη μυωπία, την υπερμετρωπία και την πρεσβυωπία.

Οι κυλινδρικοί έχουν διαφορετική διαθλαστική ισχύ σε κάθε άξονα. Ουσιαστικά, η κατανομή ισχύος στους μεσημβρινούς είναι η εξής: Στον μεσημβρινό άξονα, η διοπτρική δύναμη είναι μηδενική, ενώ στον διοπτρικό μεσημβρινό, η διοπτρική δύναμη είναι μέγιστη (μέγιστη τιμή καμπυλότητας). Όλοι οι άλλοι πλάγιοι μεσημβρινοί έχουν δυνάμεις των οποίων οι τιμές ποικίλλουν από λίγο πιο πάνω από το μηδέν, έως λίγο πιο κάτω από τη μέγιστη, αφού η καμπυλότητά τους έχει ανάλογες τιμές. Οι φακοί αυτοί, σχηματίζουν αστιγματικό ή γραμμικό είδωλο.

Οι σφαιροκυλινδρικοί έχουν, επίσης, διαφορετική διαθλαστική ισχύ σε κάθε άξονα, υπάρχουν όμως διαφορές στην κατανομή ισχύος. Στους σφαιροκυλινδρικούς φακούς, οι δυνάμεις κατά μήκος των κύριων μεσημβρινών είναι οι εξής: Για τον μεσημβρινό άξονα η ισχύς είναι ίση με τη δύναμη του σφαιρικού στοιχείου του συνδυασμού, ενώ για τον διοπτρικό μεσημβρινό, η ισχύς είναι ίση με το αλγεβρικό άθροισμα των δυνάμεων τόσο του σφαιρικού, όσο και του κυλινδρικού στοιχείου του συνδυασμού [11].

Για την καλύτερη κατανόηση των όρων που χρησιμοποιήθηκαν, παρατίθενται οι ακόλουθοι ορισμοί:

**Φακός** καλείται ένα διαφανές, ομογενές και ισότροπο διαθλαστικό μέσο που μεταβάλλει την κατεύθυνση ή την κλίση των ακτινών μιας φωτεινής δέσμης που περνά μέσα από το μέσο.

**Σφαιρικός φακός** καλείται κάθε διαφανές, ομογενές και ισότροπο διαθλαστικό μέσο που περιορίζεται από ή περατώνεται σε δύο σφαιρικές ή μια σφαιρική και μια επίπεδη επιφάνεια και μεταβάλλει την κατεύθυνση ή την κλίση των ακτινών μιας φωτεινής δέσμης που περνά μέσα από το μέσο.

**Κυλινδρικός φακός** καλείται κάθε διαφανές, ομογενές και ισότροπο διαθλαστικό μέσο που περιορίζεται από ή περατώνεται σε δύο κυλινδρικές ή μια κυλινδρική και μια σφαιρική επιφάνεια.

**Σφαιροκυλινδρικός φακός** καλείται κάθε διαφανές, ομογενές και ισότροπο διαθλαστικό μέσο που περιορίζεται από ή περατώνεται σε μια κυλινδρική και μια σφαιρική επιφάνεια.

\*Διαφανές, είναι το σώμα δια του οποίου μπορεί να διέλθει το φως, και που μας επιτρέπει να διακρίνουμε με ευκρίνεια τα σχήματα αντικειμένων τα οποία βρίσκονται πίσω από αυτό.

\*Ομογενές, είναι το σώμα του οποίου η μάζα έχει την ίδια μηχανική πυκνότητα και την ίδια χημική σύσταση σε όλη της την επιφάνεια.

\*Ισότροπο, είναι το σώμα στο οποίο το διερχόμενο φως, συμπεριφέρεται ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις της μάζας του [12].

### **Ασφαιρικοί οφθαλμικοί φακοί**

Όταν ένας κύκλος περιστραφεί γύρω από τη διάμετρό του, το στερεό σχήμα που δημιουργείται, ονομάζεται σφαίρα και η επιφάνεια της σφαίρας ονομάζεται σφαιρική. Οποιαδήποτε επιφάνεια δεν είναι σφαιρική, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ασφαιρική. Αυτό σημαίνει πως η κυλινδρική επιφάνεια (ή η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τορική επιφάνεια) μπορεί να ονομαστεί ασφαιρική επιφάνεια. Στο σχεδιασμό των φακών, ο όρος ασφαιρική επιφάνεια συνήθως αναφέρεται σε μια επιφάνεια που είναι συμμετρική περιστροφικά, αλλά την ίδια στιγμή δεν είναι σφαιρική.

Οι ασφαιρικοί φακοί χρησιμοποιούνταν συνήθως για τη διόρθωση μεγάλων αμετροπιών. Τα τελευταία χρόνια, οι ασφαιρικές επιφάνειες χρησιμοποιούνται και για φακούς μικρής ισχύος που απαιτούνται από τις συνηθισμένες συνταγές (για την κατασκευή γυαλιών οράσεως). Η χρήση ασφαιρικών μορφών για χαμηλής και μέσης ισχύος φακούς, επιτρέπει την κατασκευή λεπτότερων και ελαφρύτερων φακών.

Η μείωση του πάχους αυτών των επιφανειών, είναι αποτέλεσμα μιας διαδικασίας δύο φάσεων. Αρχικά, ο φακός γίνεται πιο επίπεδος λόγω της χρήσης πιο ρηχής βασικής καμπυλότητας. Έπειτα, για να επιτευχθεί μεγαλύτερη ελάττωση του πάχους, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα υλικό με υψηλό δείκτη διάθλασης.

Το μειονέκτημα των ασφαιρικών φακών, είναι πως δεν έχουν καλές οπτικές ιδιότητες. Όταν ο οφθαλμός περιστρέφεται για να δει μέσα από τμήματα του φακού εκτός αξόνων, προκαλείται θετικός αστιγματισμός από σφάλμα. Ωστόσο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια ασφαιρική επιφάνεια, η μορφή της οποίας δημιουργεί αρνητικό επιφανειακό αστιγματισμό, έτσι ώστε να εξουδετερωθεί ο πλάγιος αστιγματισμός. [13]

Για την καλύτερη κατανόηση της ασφαιρικότητας, παρατίθεται ο ορισμός:

#### Ασφαιρικότητα

Σε γενικές γραμμές η ακτίνα καμπυλότητας αυξάνεται όσο αυξάνεται η απόσταση από την κορυφή της επιφάνειας, έτσι ώστε η επιφάνεια γίνεται πιο επίπεδη μακριά από την κορυφή. Οι επιφάνειες που είναι μη σφαιρικές με αυτήν την έννοια, συχνά περιγράφονται ως ασφαιρικές. [14]

## 2.2 Υλικά οφθαλμικών φακών

Ο κάθε φακός που χρησιμοποιείται σήμερα, είναι αποτέλεσμα συνδυασμού πολλών υλικών, καθώς και πολλών επιστρώσεων που του δίνουν συγκεκριμένες ιδιότητες. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται, δεν προσφέρουν μόνο τη διορθωτική λειτουργία του φακού, αλλά δρουν και ως βάση για τις επιστρώσεις.

Στις αναπτυγμένες χώρες, το 90% των φακών που χρησιμοποιούνται, είναι από πλαστικά υλικά. Εξαιτίας της διαύγειας αλλά και της ασφάλειας που προσφέρουν, τα πλαστικά έχουν σχεδόν ολοκληρωτικά αντικαταστήσει το κρύσταλλο ως πρώτη επιλογή για την κατασκευή οφθαλμικών φακών. Το κρύσταλλο χρησιμοποιείται πλέον κυρίως σε υψηλές διορθώσεις, λόγω του μεγάλου δείκτη διάθλασης (έως 1,9), και σε φωτοχρωμικούς φακούς (οι φωτοχρωμικοί φακοί αναλύονται εκτενέστερα παρακάτω) με εξειδικευμένα χαρακτηριστικά. Όταν παράγεται ένα νέο υλικό για οφθαλμικούς φακούς, δημοσιεύονται από τον προμηθευτή ή από τον κατασκευαστή του φακού συγκεκριμένες πληροφορίες της φυσικής του σύστασης, προσφέροντας, έτσι, μεγάλη γκάμα φακών από το καινούριο υλικό. Οι συνήθεις πληροφορίες που δίνονται, είναι:

- Δείκτης διάθλασης
- Abbe value (μέτρο διασποράς)
- UV cut-off point (σημείο αποκοπής της UV ακτινοβολίας)
- Πυκνότητα [12]

### 2.2.1 Φακοί από γυαλί (κρύσταλλα)

Το γυαλί είναι ένα πολύ ξεχωριστό υλικό, το οποίο δεν ανήκει ούτε στα υγρά, ούτε στα στερεά, ούτε στα αέρια. Είναι σκληρό αλλά και εύθραυστο και σε υψηλές θερμοκρασίες γίνεται ημίρρευστο. Δημιουργείται από το λιώσιμο των οξειδίων στοιχείων όπως το πυρίτιο, ασβέστιο, νάτριο, κάλιο, μόλυβδος, βάριο, τιτάνιο και λανθάνιο σε πολύ υψηλή θερμοκρασία (1500°C/2700°F). Δεν κρυσταλλώνει κατά τη διάρκεια της ψύξης και παραμένει σε μια άμορφη κατάσταση. Το γυαλί δεν έχει ομοιογενή χημική δομή και για το λόγο αυτό δεν υπάρχει ακριβές σημείο τήξης στο οποίο η κατάστασή του να αλλάζει αμέσως από τη στερεή στην υγρή μορφή.

Οι κατασκευαστές μπορούν να φτιάξουν μεγάλη ποικιλία φακών. Από γυάλινους φακούς λιωμένου πυριτίου (το καθαρό πυρίτιο είναι διαυγές στις ακτίνες UV), ως γυάλινους φακούς με πολύ μικρή ή καθόλου περιεκτικότητα σε πυρίτιο όπως φακούς με υψηλή περιεκτικότητα σε μόλυβδο (81%) τους οποίους δεν μπορούν να διαπεράσουν ακτίνες X.

Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τη γενική σύνθεση κάποιων κύριων τύπων οπτικών γυαλιών.

**Πίνακας 2.1: Γενική σύνθεση κύριων τύπων οφθαλμικών φακών οράσεως από γυαλί.**

ΥΛΙΚΑ ΟΦΘΑΛΜΙΚΩΝ ΦΑΚΩΝ ΑΠΟ ΓΥΑΛΙ					
	CROWN	1.6	1.7	1.8	1.9
SiO <sub>2</sub>	70	56	36	29	7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	1	-	-	-
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1	6	10	2	17
Na <sub>2</sub> O	11	9	2	-	-
K <sub>2</sub> O	5	8	-	-	-
Li <sub>2</sub> O	-	4	6	4	-
MgO	1	-	-	-	-
CaO	9	-	9	15	14
BaO	2	-	-	-	-
ZrO <sub>2</sub>	-	1	5	5	6
TiO <sub>2</sub>	-	15	6	9	9
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	-	9	15	21
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	14	21	24
SrO	-	-	3	-	-

Το βασικό συστατικό του γυαλιού είναι η “silica”-οξείδιο του πυριτίου (65% έως 80%). Στη Γαλλία, η άμμος του Fontainbleau περιέχει 99% “silica”. Εκτός από τη silica, χρησιμοποιούνται και άλλα υλικά για την παραγωγή του γυαλιού, όπως:

- Σόδα (ανθρακικό νάτριο)
- Ποτάσα (ανθρακικό κάλιο)
- Υδροξείδιο του ασβεστίου
- Μόλυβδος
- Βορικό οξύ
- Τιτάνιο
- Νιόβιο

Παρόλο που το γυαλί είναι πολύ σκληρό ως υλικό, μετά από μακρόχρονη χρήση ή σε περίπτωση που δε ληφθούν οι βασικές προφυλάξεις, οι αρχικά καλογυαλισμένοι και απολύτως καθαροί φακοί, μπορούν να χάσουν τη στιλπνότητά τους. Ως αποτέλεσμα, προκύπτουν φακοί με πολλές μικρές επιφανειακές χαρακιές που διαχέουν το εισερχόμενο φως και μεταβάλλουν τη διαπερατότητα του γυαλιού και την ποιότητα της όρασης.

Στον πίνακα που ακολουθεί, φαίνεται το ειδικό βάρος και το abbe value για κρύσταλλα διαφόρων δεικτών διάθλασης και ιδιοτήτων (λευκά / φωτοχρωμικά, ασφαιρικής ή μη ασφαιρικής κατασκευής) [12].

**Πίνακας 2.2:** Στον πίνακα παρουσιάζεται το ειδικό βάρος και το abbe value για οφθαλμικούς φακούς οράσεως από γυαλί, λευκούς και φωτοχρωμικούς, σφαιρικής ή ασφαιρικής κατασκευής και διαφόρων δεικτών διάθλασης [15].

ΚΡΥΣΤΑΛΛΑ		
ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ*	ABBE VALUE
1.525 ΛΕΥΚΑ	2.55	58.30
1.525 ΦΩΤΟΧΡΩΜΙΚΑ	2.41	56.70
1.604 ΛΕΥΚΑ	2.65	40.90
1.604 ΛΕΥΚΑ ΑΣΦΑΙΡΙΚΑ	2.67	43.80
1.705 ΛΕΥΚΑ	3.21	34.40
1.807 ΛΕΥΚΑ	3.65	34.40
1.892 ΛΕΥΚΑ	3.99	30.40

\*Το ειδικό βάρος είναι ο λόγος της πυκνότητας μιας δεδομένης ουσίας προς την πυκνότητα του νερού. Είναι το σύνηθες πρότυπο αναφοράς για στερεά σε κανονικές συνθήκες και δεν έχει μονάδα μέτρησης.

### 2.2.2 Οργανικοί οφθαλμικοί φακοί

Φακοί από το υλικό CR39 κατασκευάστηκαν για πρώτη φορά στην Καλιφόρνια το 1947. Ήταν οι πρώτοι εναλλακτικοί φακοί από άποψη αντοχής, ασφάλειας και ελαφρότητας. Το 1960 εισήχθησαν στην Ευρώπη. Το αυθεντικό μονομερές CR39 παράχθηκε από Αμερικάνικη εταιρεία, η οποία τώρα έχει την άδεια της παραγωγής του σε όλο τον κόσμο.

Με το πέρασμα των χρόνων, η εταιρεία αναβάθμισε τα υλικά της. Έτσι, βελτιώνοντας το υλικό (αλλάζοντας, δηλαδή, τη χημική του ένωση και το δείκτη διάθλασής του), βελτιώθηκαν και οι ιδιότητές του. Σταδιακά ανέβηκε ο δείκτης διάθλασης του υλικού, πράγμα που είχε ως αποτέλεσμα τη δυνατότητα κατασκευής λεπτότερων φακών (συνεπώς και ελαφρύτερων). Το υλικό που αρχικά είχε δείκτη διάθλασης 1,5 , έχει φτάσει σήμερα να έχει δείκτη διάθλασης μέχρι 1,76 (διατίθεται από συγκεκριμένες εταιρείες προς το παρόν) [12, 15, 16].

Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται τα χαρακτηριστικά των οργανικών φακών ανάλογα με το δείκτη διάθλασής τους.

**Πίνακας 2. 3:** Στον πίνακα παρουσιάζεται το ειδικό βάρος και το abbe value για οργανικούς οφθαλμικούς φακούς οράσεως, λευκούς και φωτοχρωμικούς, σφαιρικής και ασφαιρικής κατασκευής και διαφόρων δεικτών διάθλασης [15].

ΟΡΓΑΝΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ		
ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ*	ABBE VALUE
1.5 ΛΕΥΚΟΙ	1.32	58
1.5 ΛΕΥΚΟΙ ΑΣΦΑΙΡΙΚΟΙ	1.32	58.2
1.502 ΦΩΤΟΧΡΩΜΙΚΟΙ	1.32	58.2
1.56 ΛΕΥΚΟΙ ΑΣΦΑΙΡΙΚΟΙ	1.28	38
1.6 ΛΕΥΚΟΙ ΑΣΦΑΙΡΙΚΟΙ	1.30	42
1.665 ΛΕΥΚΟΙ	1.35	32
1.738 ΛΕΥΚΟΙ	1.47	33
1.76 ΛΕΥΚΟΙ	1.49	30

### 2.2.3 Polycarbonate και Trivex

Στους οργανικούς φακούς ανήκουν επίσης οι polycarbonate και οι trivex φακοί (αν και πολλές φορές αντιμετωπίζονται ως ξεχωριστή κατηγορία εξαιτίας των ιδιοτήτων τους).

Το polycarbonate (Lexan) ανακαλύφθηκε το 1950. Είναι το πρώτο από τα «μηχανικά πλαστικά», τα οποία ονομάστηκαν έτσι λόγω της μεγάλης αντίστασης που προβάλλουν σε μηχανικές δυνάμεις και στη θερμοκρασία. Όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί, το polycarbonate έχει υψηλό δείκτη διάθλασης συγκριτικά με τους «απλούς» γυάλινους ή οργανικούς φακούς (δείκτης διάθλασης 1.523 και 1.5 αντίστοιχα), ενώ, παράλληλα, έχει μικρότερη πυκνότητα από αυτούς, άρα και μικρότερο βάρος.

Λόγω αυτού του συνδυασμού, φαίνεται να είναι πλεονεκτικό υλικό για διορθωτικούς οφθαλμικούς φακούς, οι οποίοι, εκτός από ελαφρείς, θα είναι και ασφαλείς, χάρη στα μηχανικά χαρακτηριστικά του υλικού. Οι φακοί από polycarbonate προτείνονται κυρίως στη σχεδίαση γυαλιών για προστασία των ματιών στα σπορ και σε βιομηχανικό περιβάλλον. Τα αρνητικά αυτού του υλικού είναι τα εξής:

- αν και είναι πολύ ανθεκτικό, χαράσσεται εύκολα
- έχει χαμηλό αριθμό abbe, πράγμα που σημαίνει πως δημιουργείται μεγαλύτερη χρωματική εκτροπή

Το trivex είναι ένα αρκετά πιο καινούριο υλικό. Έχει, επίσης, μεγαλύτερη ανθεκτικότητα και καλύτερες οπτικές ιδιότητες από το polycarbonate. Αυτήν τη στιγμή είναι

το ελαφρύτερο υλικό οφθαλμικών φακών στην αγορά. Στον πίνακα που ακολουθεί, παρατίθενται τα χαρακτηριστικά των δύο υλικών που αναλύθηκαν [12, 15, 16].

**Πίνακας 4:** Στον πίνακα παρουσιάζεται το ειδικό βάρος και το abbe value για οφθαλμικούς φακούς οράσεως από polycarbonate και trivex, καθώς και ο δείκτης διάθλασης κάθε υλικού [15].

	POLYCARBONATE	TRIVEX
ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ	1.59	1.53
ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	1.2	1.11
ABBE VALUE	31	45

### 2.3 Κατασκευή φακών

Η κατασκευή των φακών από γυαλί, περιλαμβάνει 6 βήματα:

1. Ο ακατέργαστος φακός τοποθετείται στο blocker και συγκρατείται σε ειδική υποδοχή (βύσμα) στη μία του επιφάνεια, αφήνοντας ελεύθερη την άλλη επιφάνεια (αυτή που θα υποστεί κατεργασία). Στη συνέχεια γίνεται η κατεργασία της εσωτερικής επιφάνειας με τον κόφτη (generator), οπότε και αποδίδεται η επιθυμητή καμπυλότητα στο φακό (πρώτα αποδίδεται ο κύλινδρος και μετά το σφαίρωμα).
2. Τοποθετείται ο φακός στους μύλους (surfacers), όπου με μήτρα ορισμένης καμπυλότητας και αντίθετης από την επιθυμητή στο φακό, γίνεται η λείανση της επιφάνειας.
3. Μετά τη λείανση, ακολουθεί το γυάλισμα της εσωτερικής επιφάνειας.
4. Ο φακός αφαιρείται από το μηχάνημα και επανατοποθετείται, αλλά αυτήν τη φορά η επιφάνεια που συγκρατείται είναι η άλλη (αυτή που έχει υποστεί την κατεργασία). Ακολουθεί η κατεργασία της εξωτερικής επιφάνειας με τον κόφτη, οπότε και αποδίδεται η επιθυμητή καμπυλότητα στο φακό (πρώτα αποδίδεται ο κύλινδρος και μετά το σφαίρωμα).
5. Ο φακός τοποθετείται στους μύλους, όπου με μήτρα ορισμένης καμπυλότητας και αντίθετης από την επιθυμητή στο φακό, γίνεται η λείανση της επιφάνειας.



6. Μετά τη λείανση, ακολουθεί το γυάλισμα της εξωτερικής επιφάνειας.

Οι οργανικοί φακοί επεξεργάζονται με τελείως διαφορετικό τρόπο. Ουσιαστικά γίνεται έγχυση του (εκάστοτε) υλικού σε ειδικά εκμαγεία, ώστε ο φακός να πάρει την επιθυμητή καμπυλότητα [12, 15].

## 2.4 Επιστρώσεις

### *Είδη επιστρώσεων*

- § Antireflex – multireflex
- § Antiscratch
- § Υδροφοβη – λιπόφοβη
- § Απορροφητική

### Antireflex – Multireflex

Το antireflex είναι ένα πολύ λεπτό επίστρωμα, το οποίο επικάθεται με την κατάλληλη μέθοδο στις επιφάνειες των διάφορων φακών και πετυχαίνει τη μείωση ή την ελαχιστοποίηση (με τάση το μηδενισμό) του ποσοστού εκείνου των φωτεινών ακτινών που προσπίπτοντας στο φακό δεν τον διαπερνούν, αλλά ανακλώνται είτε στη μία είτε στην άλλη επιφάνειά του. Τα απλά επιστρώματα παρουσιάζουν το μειονέκτημα της μη διαθεσιμότητας υλικών για επίστρωση όταν πρόκειται για κρύσταλλα με δείκτη διάθλασης χαμηλότερο από 1,9. Για να ξεπεραστεί αυτή η δυσκολία, επινοήθηκε η μέθοδος της πολλαπλής επίστρωσης (multireflex).

Στις αντανάκλαστικές επιστρώσεις απλής επίστρωσης χρησιμοποιείται το υλικό  $CeF_3$ , γνωστό ως επίστρωση Selene ή και το  $MgF_2$ , γνωστό ως επίστρωση Vega.

Στην επίστρωση antireflex χρησιμοποιείται μία στρώση από υλικό, συνήθως το Vega. Στη multireflex το πρώτο υλικό είναι το Selene και ως δεύτερο μπαίνει το Vega. Το πάχος του κάθε επιστρώματος καθορίζεται από τη συσκευή επίστρωσης με τη βοήθεια ενός φωτοκύτταρου και ενός φωτόμετρου που είναι ενσωματωμένα στην κονσόλα ελέγχου συσκευής.

Υλικά με υψηλό δείκτη διάθλασης πρέπει να είναι επιστρωμένα αντι-αντανάκλαστικά, ώστε να επιτύχουν μια αποδεκτή μετάδοση και να εμποδίσουν διασπαστικές (στην προσοχή) αντανάκλασεις.

Η τιμή της ολικής πρόσθιας αντανάκλασης για μια επιλογή διάφανων υλικών φακών, δίνεται στον παρακάτω πίνακα. Θα πρέπει να σημειωθεί πως όσο αυξάνεται ο δείκτης διάθλασης, αυξάνεται και η αντανάκλαση, συνεπώς μειώνεται η μετάδοση [12].

**Πίνακας 2.5: Τιμές μετάδοσης και αντανάκλασης του προσπίπτοντος φωτός για διάφορα υλικά (και συνεπώς) διάφορους δείκτες διάθλασης [12].**

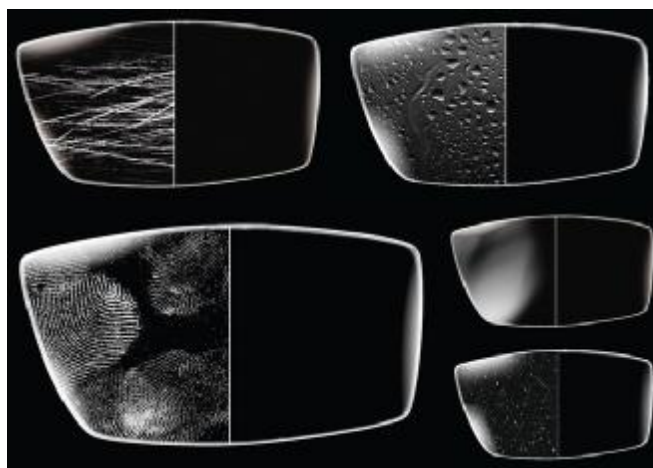
ΥΛΙΚΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ	ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΗ	ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ
CR39	1.498	7.6%	92.4%
ΣΤΕΦΑΝΥΑΛΟΣ	1.523	8.2%	91.8%
ΜΕΣΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ	1.6	10.1%	89.9%
ΥΨΗΛΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ	1.7	12.6%	87.4%
ΥΨΗΛΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ	1.8	15.1%	84.9%
ΔΙΑΜΑΝΤΙ	2.417	29.3%	70.7%

#### Antiscratch

Η αντιχαρακτική επίστρωση είναι μία προστατευτική τρισδιάστατη σύνθεση που ενισχύει την αντοχή του φακού στο χάραγμα. Η αρχή λειτουργίας της στηρίζεται στη σκλήρυνση του φακού (είτε κρυστάλλου, είτε οργανικού). Αξίζει να αναφερθεί πως οι οργανικοί φακοί είναι πιο ευπαθείς στο χάραγμα σε σχέση με τα κρύσταλλα.

Στους οργανικούς φακούς όσον αφορά την αντιχαρακτική επίστρωση, προτιμάται το οργανικό υλικό SUPRA, το οποίο έχει βελτιωμένη αντοχή στη χάραξη συγκριτικά με τα υπόλοιπα οργανικά υλικά.

Ο φακός με anti-scratch έχει επιτευχθεί από τον πολυμερισμό ενός μονομερούς, μεταξύ δύο τοιχωμάτων ενός γυάλινου εκμαγείου, που συνδέονται με έναν αρμό και συγκρατούνται από ένα κλιπ σύσφιξης. Το μονομερές “carbonate d’ allyle diglycol” είναι μία ρητίνη που σκληραίνει με τη θερμότητα, η οποία, αναμειγμένη με έναν καταλύτη, σχηματίζει ένα πολυμερές. Από τη σωστή εξέλιξη του πολυμερισμού εξαρτάται η ποιότητα του φακού και ιδιαίτερα οι φυσικές και οπτικές του ιδιότητες.



**Εικόνα 2.1: Οι επιστρώσεις μπορούν να προστατεύσουν τους φακούς από χαραγματιές, δαχτυλιές, νερό, σκόνη και αντανάκλασεις.**

Τα κρύσταλλα, προκειμένου να αναπτύξουν μια αντιχαρακτική δράση υφίστανται θερμική και χημική σκλήρυνση.

#### Θερμική σκλήρυνση κρυστάλλων

Στη θερμική μέθοδο, το γυαλί θερμαίνεται μέχρι να φτάσει στο σημείο τήξης και έπειτα ψύχεται πολύ γρήγορα. Ο σκοπός αυτής της μεθόδου, είναι να κρυώσουν οι εξωτερικές επιφάνειες του γυαλιού πιο γρήγορα από το εσωτερικό τους, που παραμένει σχετικά ρευστό για αρκετή ώρα. Η διαδικασία σκλήρυνσης του φακού, περιλαμβάνει θέρμανσή του σε ηλεκτρικό κλίβανο σε θερμοκρασία 650 βαθμών Κελσίου. Η θερμοκρασία διατηρείται για χρόνο ανάλογα με τον τύπο, το μέγεθος και το βάρος του φακού. Μετά τη θέρμανση, ο φακός τοποθετείται μεταξύ σωλήνων που φυσούν κρύο πεπιεσμένο αέρα πάνω σε κάθε επιφάνεια για ένα λεπτό περίπου.

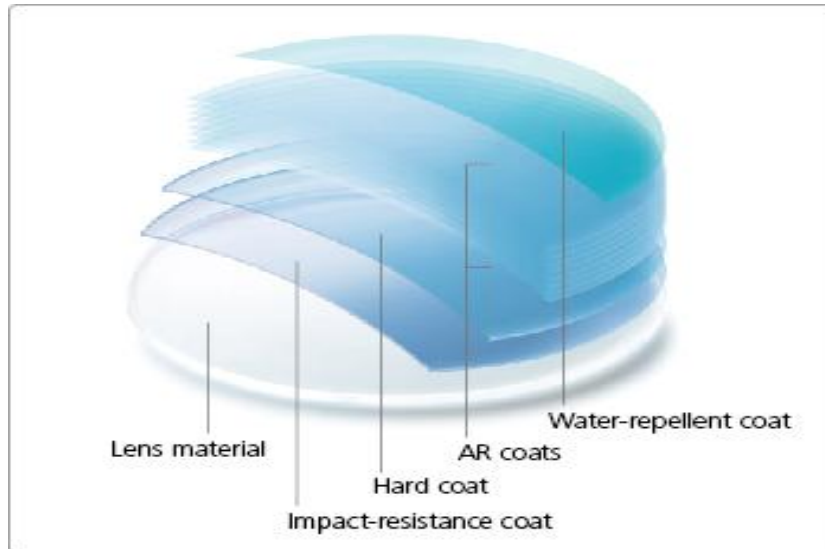
Ένα αποτέλεσμα της θερμικής σκλήρυνσης, είναι η αύξηση του πάχους του φακού. Θα πρέπει, επίσης, να σημειωθεί πως δεν είναι όλοι οι φακοί κατάλληλοι για θερμική σκλήρυνση.

#### Χημική σκλήρυνση κρυστάλλων

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει εμβάπτιση του φακού σε λιωμένο άλας του καλίου σε θερμοκρασία 470 βαθμών Κελσίου (που είναι πολύ χαμηλότερη από το σημείο τήξης του γυαλιού). Τότε γίνεται μια χημική αντίδραση μεταξύ των ιόντων του νατρίου στο γυαλί και των ιόντων καλίου στο άλας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ισχυρής συμπίεσης στις επιφάνειες του γυαλιού.

#### Υδρόφοβη – λιπόφοβη επίστρωση

Η υδρόφοβη – λιπόφοβη επίστρωση (hydrostal – antistatic) είναι μια νέα μέθοδος κατασκευής antireflex στους οργανικούς φακούς και τα κρύσταλλα. Καταργεί τις αντανακλάσεις και έχει ως αποτέλεσμα έναν τελείως αόρατο φακό. Αποτελείται από πολλαπλές επιστρώσεις antireflex με ιόντα, με αντιστατική και υδρόφοβη επίστρωση. Λόγω αυτής της επίστρωσης, οι φακοί είναι απωθητικοί στο λίπος, τα δακτυλικά αποτυπώματα, τις βλεφαρίδες, τα φρύδια, τη σκόνη, το νερό κλπ. Τέλος, βελτιώνεται η όραση κατά τη νυχτερινή οδήγηση.



**Εικόνα 2.2: Επίστρώσεις οφθαλμικών φακών**

### Απορροφητικά φίλτρα

Για την προστασία των οφθαλμών από την ανεπιθύμητη ακτινοβολία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η φόρμα ενός φίλτρου. Το φίλτρο είναι ένα μέσο που μεταβάλλει την ένταση και τη φασματική κατανομή του φωτός που περνά διαμέσου αυτού.

### 2.4.1 Διαδικασία επίστρωσης φακών

#### Διαδικασία επίστρωσης κρυστάλλων

Η επιφανειακή επίστρωση ξεκινά από τον καθαρισμό των φακών (συνήθως γίνεται στο χέρι με ένα μαλακό πανί). Ο καθαρισμός γίνεται με διάλυμα από οινόπνευμα και ακετόνη, και έτσι, ένας ένας, οι φακοί καθαρίζονται και μπαίνουν σε ειδικά τελάρα. Έπειτα, μπαίνουν σε ειδικές δεξαμενές με νερό και υπερήχους (εμβάπτιση). Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει είτε με το χέρι, είτε με ειδικό μηχάνημα. Στην πρώτη δεξαμενή περιέχεται βασικό διάλυμα, μετά μπαίνουν στη δεύτερη δεξαμενή που περιέχει νερό και ξεπλένονται οι φακοί. Στη συνέχεια, τοποθετούνται σε μια τρίτη, που περιέχει όξινο διάλυμα και πάλι για ξέπλυμα σε μια τέταρτη δεξαμενή με νερό. Τέλος, μπαίνουν σε μια πέμπτη και μια έκτη δεξαμενή με απιονισμένο νερό, όπου υπάρχουν και υπέρηχοι.

Ο χρόνος παραμονής σε κάθε δεξαμενή, είναι τρία λεπτά. Μετά από αυτές τις εμβαπτίσεις, οι φακοί μπαίνουν σε φούρνο μικροκυμάτων με θερμό αέρα και φεύγει κάθε ίχνος νερού. Αφού βγουν και από εκεί, έχει τελειώσει το στάδιο του καθαρισμού και αποθηκεύονται σε έναν άλλο φούρνο μέχρι να μπουν για τελική επεξεργασία.

Μετά από αυτές τις διαδικασίες ξεκινά το τελικό στάδιο της επίστρωσης. Οι φακοί τοποθετούνται σε μια ειδική επιφάνεια σαν ομπρέλα και όλο αυτό το σύστημα τοποθετείται

στο φούρνο. Εκεί περιστρέφεται για είκοσι λεπτά σε κενό αέρος υπό πίεση 1/10000 bar και θερμοκρασία 300 βαθμών Κελσίου.

Η επίστρωση επιτυγχάνεται με τη μέθοδο της εξάχνωσης με πυροβόλο ηλεκτρονίων, όπου με τη δημιουργία μαγνητικού πεδίου, αυξάνονται και επιταχύνονται τα ιόντα, με αποτέλεσμα να επικάθονται πάνω στους φακούς. Η κυρίως επίστρωση γίνεται στην έσω και την έξω επιφάνεια, όπου ανάλογα με την κάθε εταιρεία, έχουμε διαφορετικό αριθμό επιστρώσεων (μέχρι και 15), καθώς και μια επιπλέον επιφάνεια αντιστατική και υδρόφοβη.

Διαδικασία επίστρωσης οργανικών φακών.

1. Καθάρισμα των φακών και οπτικός έλεγχος.
2. Υπερηχητικό καθάρισμα και στέγνωμα.
3. Σύντομη προθέρμανση σε υπερηχητικό φούρνο.
4. Τοποθέτηση των φακών σε ειδικό δίσκο που τους συγκρατεί.
5. Τελική απομάκρυνση της σκόνης με σύστημα ιονισμένου αέρα.
6. Διεργασία επίστρωσης με τη μέθοδο του κενού.
7. Τελική επιθεώρηση των φακών.

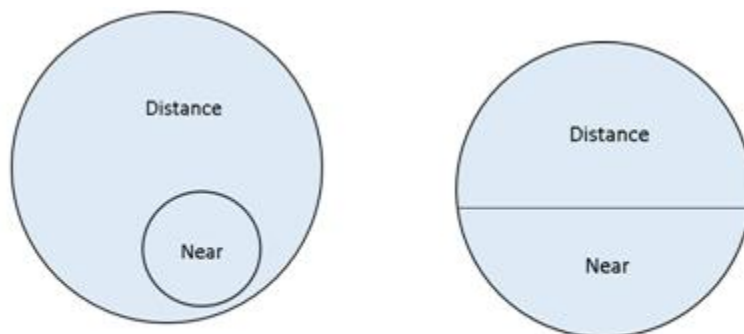
\*Στους οργανικούς φακούς, η επίστρωση γίνεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία και πίεση (1/10000 bar) και χρησιμοποιείται πυροβόλο ιόντων για την καλύτερη επικόλληση των επιστρώσεων [12].

## 2.5 Διπλεστικά οφθαλμικοί φακοί

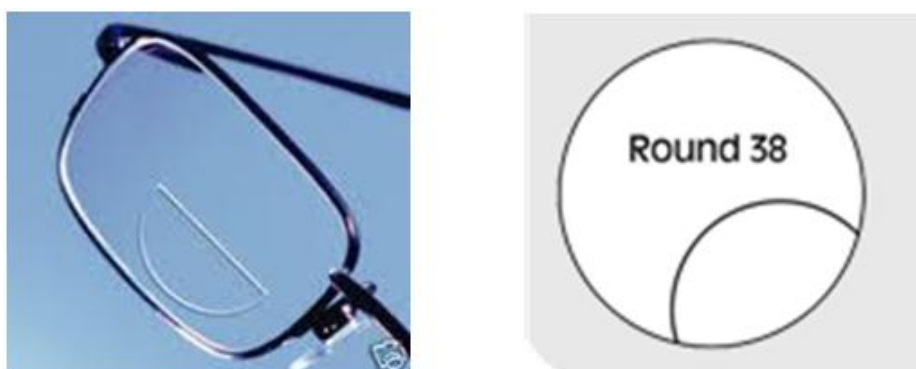
Όταν ένα άτομο απαιτεί διαφορετική διόρθωση για τη μακρινή και την κοντινή όραση, οι δύο συνταγές μπορούν να χορηγηθούν σαν ένα ζευγάρι γυαλιών, στη μορφή διπλεστικών φακών (φακός με δύο εστίες - διπλεστικός). Η περιοχή του φακού που χρησιμοποιείται για τη μακρινή όραση καλείται μακρινή περιοχή και η περιοχή που χρησιμοποιείται για την κοντινή όραση, καλείται περιοχή κοντινής όρασης ή περιοχή διαβάσματος. Είναι πολύ χρήσιμο όταν εξετάζεται η θεωρία και η απόδοση των διπλεστικών φακών, να θεωρείται πως αποτελούνται από δύο μέρη: τον κυρίως φακό, ο οποίος είναι συνήθως το τμήμα της μακρινής όρασης, στον οποίο είναι προσκολλημένο ένα συμπληρωτικό τμήμα (segment) φακού, η ισχύς του οποίου είναι ίση με την ισχύ του υπόλοιπου φακού, με την προσθήκη της ισχύος που απαιτείται για τη διόρθωση της μέσης ή της κοντινής όρασης.

Οι διπλεστικοί φακοί, χωρίζονται (σύμφωνα με την κατασκευή τους) στους:

- Kryptok
- Flat-top
- Executive
- Tyllier



**Εικόνα 2.3:** Διπλεστικός φακός με σχεδίαση Kryptok (αριστερά) και διπλεστικός φακός με σχεδίαση executive (δεξιά).



**Εικόνα 2.4:** Διπλεστικός φακός με σχεδίαση flat-top (αριστερά) και διπλεστικός φακός με σχεδίαση Tyllier (δεξιά).

## 2.6 Πολυεστιακοί οφθαλμικοί φακοί

Οι πολυεστιακοί φακοί είναι ένας τύπος αόρατων (λευκών) διπλεστικών, στα οποία η δύναμη αυξάνεται περιοδικά από το μακρινό στο κοντινό τμήμα του φακού. Τα πολυεστιακά συνεχίζουν την ιδέα των τριπλεστικών, δίνοντας στον διοπτροφόρο κάθε αναγκαία δύναμη για όραση σε όλες τις αποστάσεις.

Η ακτίνα καμπυλότητας της πολυεστιακής επιφάνειας μειώνεται προοδευτικά από το μακρινό στο κοντινό τμήμα του φακού. Έτσι, εμφανίζεται μια μεγάλη περιοχή για μακρινή όραση στην κορυφή, ένα στενό κανάλι για τις ενδιάμεσες αποστάσεις στο κέντρο και μια μεσαίου μεγέθους περιοχή διαβάσματος στη βάση του φακού. Στην περίπτωση των πολυεστιακών, όμως, (αντίθετα με τα διπλεστικά και τα τριπλεστικά), οι περιοχές αυτές δε διαχωρίζονται με γραμμές.

Οι πολυεστιακοί φακοί, προσφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα, όπως:

- ✓ Συνεχόμενο πεδίο ευκρινούς όρασης για όλες τις αποστάσεις εστίασης.
- ✓ Δεν υπάρχει αναπήδηση ειδώλου (έλλειψη γραμμών διαχωρισμού περιοχών).
- ✓ Καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα.
- ✓ Συνεχής υποστήριξη προσαρμογής του οφθαλμού.
- ✓ Συνεχής αντίληψη χώρου.

Το κυριότερο μειονέκτημά τους, είναι οι μη χρησιμοποιούμενες περιοχές του φακού, οι οποίες βρίσκονται δεξιά και αριστερά από το οπτικό κανάλι. Σε αυτές τις περιοχές υπάρχει ανεπιθύμητος κύλινδρος, ο οποίος δημιουργεί παραμορφώσεις στην όραση. Επιπλέον, οι ασθενείς χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να προσαρμοστούν (συγκριτικά με το χρόνο προσαρμογής που χρειάζονται οι χρήστες διπλεσσιακών φακών οράσεως), καθώς και περισσότερες βλεμματικές κινήσεις και κινήσεις του κεφαλιού.

Τα πολυεστιακά πρώτης γενιάς είχαν πιο συγκεκριμένα όρια για τις περιοχές της μακρινής, της ενδιάμεσης και της κοντινής όρασης, μικρότερο οπτικό κανάλι και, συνεπώς, περισσότερες παραμορφώσεις (μεγαλύτερα τμήματα εκατέρωθεν του καναλιού με ανεπιθύμητο κύλινδρο), λόγω του σφαιρικού σχεδιασμού τους. Τα πολυεστιακά δεύτερης γενιάς, είχαν ως κύριο χαρακτηριστικό τους την ασφαιρική κατασκευή των φακών, με αποτέλεσμα την καλύτερη ποιότητα όρασης. Τέλος, παρουσίαζαν ευρύτερο κανάλι, άρα και λιγότερες παραμορφώσεις στην περιφέρεια. [13]



**Εικόνα 2.5:** Σχεδιασμός πολυεστιακών φακών (αριστερά). Φαίνεται η αύξηση της οπτικής ζώνης και η μείωση των περιφερειακών εκτροπών ανάλογα με την ποιότητα του φακού. Η εικόνα στα δεξιά απεικονίζει την όραση ενός πρεσβύωπα μέσα από έναν πολυεστιακό φακό.

## 2.7 Φωτοχρωμικοί φακοί

Φωτοχρωμικοί ονομάζονται οι φακοί, οι οποίοι σκουραίνουν κατά την έκθεσή τους σε συγκεκριμένους τύπους φωτός (κυρίως κατά την έκθεσή τους στην υπεριώδη ακτινοβολία). Όταν, όμως, απομακρυνθεί η φωτεινή πηγή (όταν για παράδειγμα κάποιος μπει σε εσωτερικό χώρο), οι φακοί επανέρχονται σταδιακά στην αρχική «λευκή» (διαφανή) τους κατάσταση. Με αυτόν τον τρόπο, όταν εκτίθενται σε ηλιακό φως (απευθείας, λόγω αντανάκλασης ή

διάχυσης), αποκτούν συνήθως καφέ ή γκρι χρώμα. Η σκουρότητα του χρώματος εξαρτάται από την ένταση της προσπίπτουσας υπεριώδους ακτινοβολίας και από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου.



**Εικόνα 2.6: Σταδιακή αμαύρωση φωτοχρωμικών φακών.**

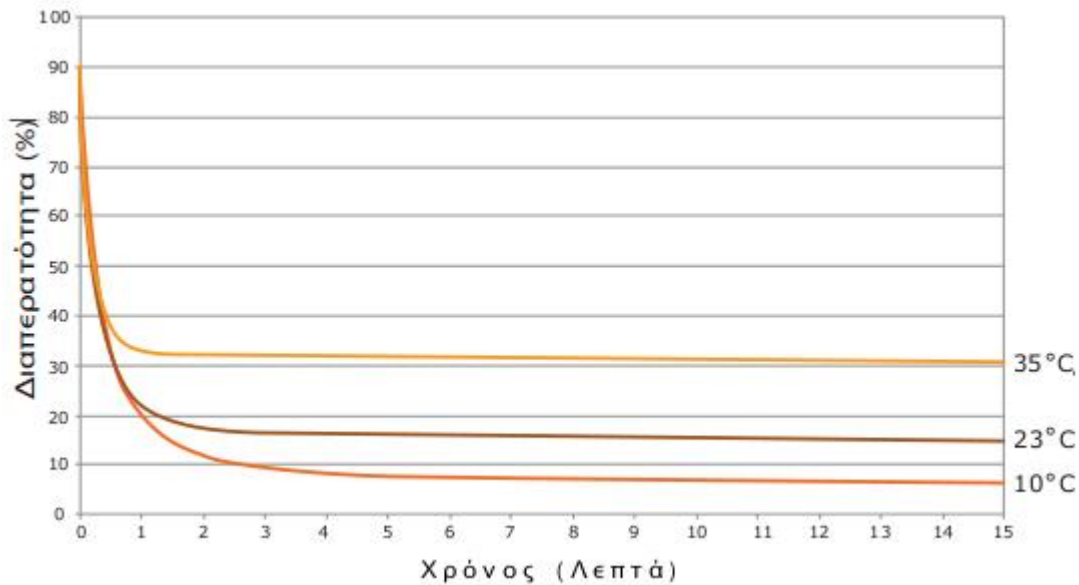
Οι φακοί αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη θέση των συμβατικών (λευκών) φακών για την κατασκευή γυαλιών οράσεως και μπορεί να είναι κατασκευασμένοι από γυαλί, polycarbonate (πολυανθρακικό) ή άλλο «πλαστικό». Αναπτύχθηκαν από τον Roger Araujo στη δεκαετία του 1960 και η διαδικασία αυτή χρησιμοποιήθηκε στην πρώτη μαζική παραγωγή φακών με μεταβλητή απόχρωση.

Ο τύπος φωτοχρωμικών που χρησιμοποιείται κυρίως στις μέρες μας, ονομάζεται Transitions. Αυτός ο τύπος έχει εδραιωθεί εδώ και χρόνια και σήμερα βρίσκεται στην έκτη γενιά του. Εξελισσόμενος από γενιά σε γενιά, βελτιώνει σημαντικά χαρακτηριστικά του όπως:

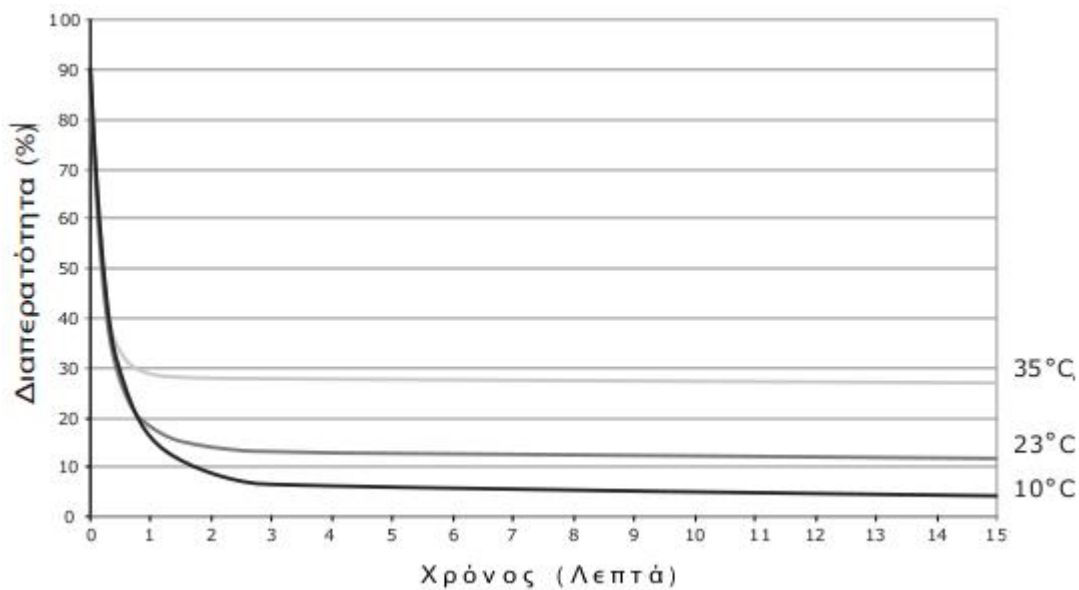
- ∅ αυξάνει τα ποσοστά μέγιστης σκουρότητας και διαύγειας
  
- ∅ μειώνει το χρόνο απόκρισης (το χρόνο, δηλαδή, που χρειάζεται ο φακός για να σκουρύνει όταν εκτεθεί σε ηλιακό φως και το χρόνο που χρειάζεται για να γίνει διαυγής όταν μεταφερθεί σε εσωτερικό χώρο)

Οι φωτοχρωμικοί φακοί Transitions VI έχουν απόχρωση γκρι ή καφέ. Οι γκρι φακοί αποκτούν μεγαλύτερη σκουρότητα σε σχέση με τους καφέ. Αυτό φαίνεται στα δυο επόμενα διαγράμματα, που απεικονίζουν τη μείωση της οπτικής διαπερατότητας όταν ένας φακός εκτεθεί σε ηλιακό φως. Το πρώτο διάγραμμα είναι για καφέ φακό Transitions VI, ενώ το δεύτερο για γκρι φακό Transitions VI [18, 19, 20].





Εικόνα 2.7: Διαπερατότητα καφέ φακού Transitions VI, σε συνάρτηση με το χρόνο (σε διάφορες θερμοκρασίες), κατά την έκθεση των φακών στην ηλιακή ακτινοβολία [18].



Εικόνα 2.8: Διαπερατότητα γκρι φακού Transitions VI, σε συνάρτηση με το χρόνο (σε διάφορες θερμοκρασίες), κατά την έκθεση των φακών στην ηλιακή ακτινοβολία [18].

Από τα παραπάνω σχήματα προκύπτει ότι και οι δύο φακοί (καφέ και γκρι) σε εσωτερικό χώρο έχουν διαπερατότητα 90% (αν οι φακοί είναι επιστρωμένοι θα έχουν 95%). Αν εκτεθούν σε ηλιακό φως, με θερμοκρασία περιβάλλοντος 23°C, σε 1 λεπτό το καφέ αποκτά 22% διαπερατότητα (78% σκουρότητα) και το γκρι 18% διαπερατότητα (82% σκουρότητα). Η αντίστροφη διαδικασία καθυστερεί, όμως, αρκετά περισσότερο. Όταν οι φακοί μετακινηθούν σε εσωτερικό χώρο, το καφέ χρειάζεται 7 λεπτά και το γκρι 9 λεπτά, μέχρι η σκουρότητά τους να μειωθεί στο 30% [18].

Σημείωση: Οι φωτοχρωμικοί φακοί μπορεί να είναι μονοεστιακοί, διπλεστιακοί ή πολυεστιακοί (δεν υπάρχει κάποιος περιορισμός σε αυτές τις κατηγορίες).

### 2.7.1 Τρόπος λειτουργίας φωτοχρωμικών φακών

Οι φωτοχρωμικοί φακοί περιέχουν εκατομμύρια μόρια χλωριούχου αργύρου ή αλογονιδίου του αργύρου ενσωματωμένα στο υλικό τους. Αυτά τα μόρια είναι διαφανή στο ορατό φως όταν υπάρχει έλλειψη υπεριώδους ακτινοβολίας (UV ακτινοβολίας), πράγμα που είναι φυσιολογικό σε συνθήκες τεχνητού φωτισμού. Όταν, όμως, οι φακοί εκτεθούν σε υπεριώδη ακτινοβολία (όπως συμβαίνει κατά την έκθεση στο φως του ήλιου), τα μόρια υφίστανται μια χημική διαδικασία που τα αναγκάζει να αλλάξουν σχήμα και να απορροφήσουν τμήματα του ορατού φωτός, κάνοντας με αυτόν τον τρόπο τους φακούς να σκουρύνουν. Η διαδικασία αυτή είναι αναστρέψιμη. Από τη στιγμή που ο φακός απομακρύνεται από ισχυρές πηγές υπεριώδους ακτινοβολίας, οι ενώσεις αργύρου επανέρχονται σε μία κατάσταση η οποία επιτρέπει και πάλι σε όλο το φως να διαπεράσει το φακό [21].

### 2.7.2 Κατασκευή φωτοχρωμικών φακών και φακών Transitions

Οι γυάλινοι φωτοχρωμικοί φακοί επιτυγχάνουν τις φωτοχρωμικές τους ιδιότητες μέσω της ενσωμάτωσης μικροκρυσταλλικών αλογονιδίων του αργύρου (συνήθως χλωριούχου αργύρου) ή μορίων σε ένα γυάλινο υπόστρωμα. Με το φωτοχρωμικό υλικό να διασπείρεται στο γυάλινο υπόστρωμα, ο βαθμός αμαύρωσης εξαρτάται από το πάχος του γυαλιού, το οποίο δημιουργεί προβλήματα όταν πρόκειται για φακούς των οποίων το πάχος διαφέρει (το πάχος μεταβάλλεται σε διαφορετικά σημεία του ίδιου φακού), κάτι που συναντάται κυρίως σε συνταγογραφούμενα γυαλιά οράσεως.

Οι «πλαστικοί» φωτοχρωμικοί φακοί στηρίζονται σε οργανικά φωτοχρωμικά μόρια (για παράδειγμα οξαζίνες και ναφθοπυράνες), έτσι ώστε να επιτευχθεί μια αναστρέψιμη αμαύρωση του φακού. Στους οργανικούς φακούς το υλικό είναι συνήθως ενσωματωμένο στο επιφανειακό στρώμα του πλαστικού σε ένα ομοιόμορφο πάχος έως 150μm.

Όσον αφορά τους φακούς Transitions, υπάρχουν δύο ιδιόκτητες διαδικασίες για να γίνει η φωτοχρωμική τεχνολογία αναπόσπαστο μέρος του φακού:

- Η μία διαδικασία ονομάζεται “imbibing” (από τη λατινική λέξη imbibere = αφομοίωση/απορρόφηση). Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί τη θερμότητα ώστε να απορροφηθεί η φωτοχρωμική βαφή από τον ίδιο το φακό. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία (imbibing), εφαρμόζεται μια αντιχαρακτική επίστρωση στην επιφάνεια του φακού.
- Σε κάποια υλικά φακών δεν μπορεί να εφαρμοστεί το imbibing και έτσι, σε αυτές τις περιπτώσεις, χρησιμοποιείται η δεύτερη διαδικασία, γνωστή και ως Trans-

Bonding™. Όταν στη διαδικασία imbibing χρησιμοποιείται η φωτοχρωμική τεχνολογία κάτω από την επιφάνεια του φακού, η κατοχυρωμένη με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας Trans – Bonding βάζει τη φωτοχρωμική τεχνολογία πάνω στην επιφάνεια του φακού.

Όσον αφορά τα Transitions, και οι δύο μέθοδοι που χρησιμοποιούνται παρέχουν ομοιόμορφη απόχρωση σε όλη την επιφάνεια του φακού, ανεξάρτητα από τις διαφορές στο πάχος του τελευταίου (που υπάρχουν συνήθως στους συνταγογραφούμενους φακούς οράσεως) [20, 21].

Οι φωτοχρωμικοί φακοί, όμως, έχουν και κάποια αρνητικά. Τα κυριότερα είναι:

- ✘ Επειδή οι φωτοχρωμικές χημικές ενώσεις επιστρέφουν στη διαυγή τους κατάσταση με θερμική διαδικασία, όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκονται οι φακοί, τόσο λιγότερο σκούροι θα είναι οι φωτοχρωμικοί φακοί. Αυτό το θερμικό φαινόμενο ονομάζεται «εξάρτηση από τη θερμοκρασία» και εμποδίζει αυτές τις συσκευές από την επίτευξη σκουρότητας αντίστοιχης με αυτή των γυαλιών ηλίου σε συνθήκες πολύ υψηλής θερμοκρασίας. Αντιστρόφως, οι φωτοχρωμικοί φακοί θα γίνουν πολύ σκούροι σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας (γεγονός που καθιστά τους φακούς αυτούς πιο κατάλληλους για χειμερινούς σκιέρ, παρά για ανθρώπους που είναι εκτεθειμένοι για μεγάλα χρονικά διαστήματα στην ηλιακή ακτινοβολία σε περίοδο με υψηλές θερμοκρασίες). Όταν απομακρυνθούν από την πηγή της υπεριώδους ακτινοβολίας, οι φακοί που ήταν εκτεθειμένοι σε περιβάλλον με χαμηλή θερμοκρασία, θα χρειαστούν περισσότερο χρόνο για να επανακτήσουν τη διαφάνειά τους συγκριτικά με φακούς που ήταν εκτεθειμένοι σε περιβάλλον με υψηλή θερμοκρασία [18, 21].
- ✘ Στο εσωτερικό των αυτοκινήτων, πολλές φορές, υπάρχει πρόβλημα στη λειτουργία των φωτοχρωμικών φακών. Αυτό συμβαίνει, διότι τα τζάμια των αυτοκινήτων είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να φιλτράρουν το εισερχόμενο φως από την υπεριώδη ακτινοβολία. Έτσι, οι φωτοχρωμικοί φακοί δε λαμβάνουν την απαιτούμενη ποσότητα υπεριώδους ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα να σκουραίνουν από ελάχιστα έως καθόλου.

Σχετικά με το δεύτερο μειονέκτημα των φωτοχρωμικών φακών, έχει βρεθεί ένας τρόπος επίλυσης του προβλήματος. Υπάρχουν, πλέον, διαθέσιμοι στην αγορά φωτοχρωμικοί φακοί, οι οποίοι περιέχουν μια ειδικά σχεδιασμένη φωτοχρωμική φόρμουλα που ανταποκρίνεται εξίσου στην υπεριώδη ακτινοβολία, αλλά και στο ορατό φως μικρού μήκους κύματος, έτσι ώστε οι φακοί να μπορούν να προσαρμόζονται και στο εσωτερικό του αυτοκινήτου (όπου δεν υπάρχει η απαιτούμενη υπεριώδης ακτινοβολία) [18, 20].

## 2.8 Υλικά φακών και απορροφητικότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας

Δεδομένων των βλαβερών επιπτώσεων που έχει η υπεριώδης ακτινοβολία στους οφθαλμούς, είναι λογική η αναζήτηση όλο και πιο εξελιγμένων υλικών για την απορρόφησή της, έτσι ώστε να υπάρξει η καλύτερη δυνατή προστασία των οφθαλμών από τις επιπτώσεις της. Οι πιο συχνοί σύμμαχοι για την προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία, είναι οι οφθαλμικοί φακοί. Είτε πρόκειται για φακούς οράσεως, είτε για φακούς ηλίου, οργανικούς ή γυάλινους, επιστρωμένους ή ανεπίστρωτους, οι φακοί προστατεύουν σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό τους οφθαλμούς. Αυτό που θα αναλυθεί παρακάτω, είναι η ικανότητα των υλικών από τα οποία κατασκευάζονται οι φακοί οράσεως, καθώς και των επιστρώσεων των φακών οράσεως να απορροφούν μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας.

### Κρύσταλλα

Πολλοί οφθαλμικοί φακοί, κατασκευάζονται από γυαλί, το οποίο ξεκινά να διαβιβάζει την ακτινοβολία UV περίπου στα 280nm και γρήγορα η διαβίβαση αυτή αυξάνεται στο 90% περίπου όταν πρόκειται για μήκος κύματος 340nm. Οι γυάλινοι φακοί οράσεως δε θεωρούνται αποδεκτοί για παροχή προστασίας των οφθαλμών από την υπεριώδη ακτινοβολία, εκτός και αν ο παράγοντας που προκαλεί απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι ενσωματωμένος μέσα στο υλικό [22].

**Πίνακας 2.6: Αναφορά σημείων UV-cut σε γυάλινους φακούς, λευκούς ή φωτοχρωμικούς, διαφόρων δεικτών διάθλασης [17].**

UV CUT ΣΕ ΚΡΥΣΤΑΛΛΑ	
ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ [nm]
1.523 ΛΕΥΚΑ	330
1.523 ΦΩΤΟΧΡΩΜΙΚΑ	348
1.6 ΛΕΥΚΑ	334
1.6 ΦΩΤΟΧΡΩΜΙΚΑ	348
1.7 ΛΕΥΚΑ	342
1.8 ΛΕΥΚΑ	342
1.9 ΛΕΥΚΑ	340

### Οργανικοί φακοί (CR-39)

Το υλικό CR-39, είναι ένα πολυμερές που χρησιμοποιείται σε γυαλιά οράσεως εδώ και πολλά χρόνια. Οι φακοί που είναι κατασκευασμένοι από αυτό το υλικό (οργανικοί), όταν στο υλικό περιέχεται ένας αναστολέας της UV ακτινοβολίας, επιτρέπουν τη διαβίβαση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) από τα 350nm και επιτυγχάνουν τη μεγαλύτερη διαβίβασή της στα 400nm.

Στην περίπτωση της προσθήκης όμως απορροφητών υπεριώδους ακτινοβολίας (UV absorbers) στο υλικό των φακών, τα δεδομένα αλλάζουν. Σε αυτήν την περίπτωση, λοιπόν, έχουμε ένα υλικό που προστατεύει απόλυτα τους οφθαλμούς από την υπεριώδη ακτινοβολία (η μεταβίβαση υπεριώδους ακτινοβολίας ξεκινά στα 400nm, δηλαδή παρέχει προστασία έναντι στη UVA, UVB και UVC).

Προσθέτοντας περισσότερο μονομερές για την απορρόφηση της UV στο υλικό CR-39, το πολυμερές μπορεί να αρχίσει τη μεταβίβαση της υπεριώδους ακτινοβολίας σε μήκος κύματος μέχρι και 450nm. Τέτοιοι φακοί δεν προτιμώνται για δύο λόγους:

- ✘ Ο φακός γίνεται κίτρινος ή πορτοκαλοκίτρινος (σε εμφάνιση).
- ✘ Η απορρόφηση των μηκών κύματος του μπλε, δημιουργεί μια ψευδο-τριτανοπία (τριτανοπία είναι ένα είδος αχρωματοψίας) που εξαλείφει το μπλε χρώμα σε φυσιολογική όραση [22].

### Polycarbonate (πολυανθρακικό)

Το polycarbonate είναι ένα πολυμερές με εξαιρετικά χαρακτηριστικά αντοχής σε υψηλές θερμοκρασίες και κρούση, αλλά τείνει να χαράσσεται και να διαβιβάζει τη UV ακτινοβολία εύκολα. Οι φακοί από πολυανθρακικό απορροφούν ελάχιστη υπεριώδη ακτινοβολία και επιτρέπουν την έναρξη διαβίβασής της στα 290nm, και την επίτευξη της διαβίβασης του 86% της υπεριώδους ακτινοβολίας στα 380nm περίπου.

Όταν ο φακός επικαλυφθεί με μια χημική ουσία ανθεκτική στη χάραξη, εμφανίζει μεγάλη αντοχή στην τριβή και άριστη απορρόφηση στις υπεριώδους ακτινοβολίας. Η μικρή ποσότητα υπεριώδους ακτινοβολίας που διαβιβάζεται στα 380nm - 400nm δε θα πρέπει να αποτελεί κίνδυνο, διότι ο κρυσταλλοειδής φακός του ματιού εμποδίζει τη διαβίβασή της σχεδόν στο ίδιο μήκος κύματος που ξεκινά να την επιτρέπει ο οφθαλμικός φακός [22].

**Πίνακας 2.7: Αναφορά σημείων αποκοπής UV-cut σε γυάλινους φακούς, λευκούς ή φωτοχρωμικούς, διαφόρων δεικτών διάθλασης [17].**

UV CUT ΣΕ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥΣ ΦΑΚΟΥΣ	
ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ [nm]
1.5 ΛΕΥΚΑ	350
1.5 ΦΩΤΟΧΡΩΜΙΚΑ	390
1.56 ΛΕΥΚΑ	400
1.59 POLYCARBONATE	385
1.6 ΛΕΥΚΑ	350-400
1.67 ΛΕΥΚΑ	400
1.74 ΛΕΥΚΑ	395

### 3. ΓΥΑΛΙΑ ΗΛΙΟΥ

Η ιστορία των γυαλιών ηλίου αρχίζει χιλιάδες χρόνια πίσω, αν και ήταν πολύ διαφορετικά από αυτά που φοριούνται σήμερα και υπηρέτησαν ένα τελείως διαφορετικό σκοπό. Ο Ρωμαίος αυτοκράτορας Νέρων ήθελε να παρακολουθεί αγώνες μονομάχων μέσα από στιλβωμένους πολύτιμους λίθους. Οι φακοί φτιάχνονταν από χαλαζία, ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία από την αντηλία. Για να πάρει, όμως, ο φακός ένα σκούρο χρώμα, η επεξεργασία του χαλαζία γινόταν σε καπνό. Στα μέσα του 12ου αιώνα εμφανίστηκαν στην Κίνα γυαλιά με χρωματιστούς επίπεδους φακούς από κρύσταλλο χαλαζία και σύμφωνα με τους ιστορικούς τα χρησιμοποιούσαν οι δικαστές, ώστε να κρύβουν τις εκφράσεις τους και οι μάρτυρες να μη διαβάζουν τη σκέψη τους.

Η πρώτη εικόνα ανθρώπου να φοράει γυαλιά οράσεως είναι από 1352. Βρίσκεται στην Ιερά Μονή του Αγίου Νικολάου στο Τρεβίζο, αποδίδεται στην Tommaso da Modena και είναι ο Καρδινάλιος Hugh της Προβηγκίας. Παρόμοια γυαλιά χρησιμοποιούνταν στην Ιταλία το 1400, επίσης, για χρήση κυρίως σε δικαστικές υποθέσεις. Αργότερα, το 1750, ο James Ayscough πειραματίστηκε με φιμέ φακούς, οι οποίοι πίστευε ότι θα διορθώσουν ορισμένα προβλήματα όρασης.

Τον 20ο αιώνα, τα γυαλιά ηλίου έγιναν πιο διαδεδομένα από ηθοποιούς που τα φορούσαν στα γυρίσματα για να προστατεύσουν τα μάτια τους από τα φώτα της σκηνής. Το 1929 ένας Αμερικανός ονόματι Sam Foster άρχισε να παράγει μαζικά φτηνά γυαλιά ηλίου που εύκολα αγόραζαν θαμώνες στην παραλία στο Νιου Τζέρσεϊ και την περίοδο αυτή παρατηρήθηκε μια μαζική έκρηξη τους και ως αξεσουάρ μόδας. Αργότερα, το 1936, ο Edwin Land, με το πατενταρισμένο φίλτρο Polaroid, λάνσαρε τους πολωτικούς φακούς.

Πλέον τα γυαλιά ηλίου χρησιμοποιούνται συχνά και για λόγους αισθητικής, ή ακόμα και για να κρύψουν τα μάτια. Αρκετοί τυφλοί άνθρωποι φοράνε αδιαφανή γυαλιά ηλίου για να κρύψουν τα μάτια τους για αισθητικούς λόγους. Η σημαντικότερη, βέβαια, χρηστικότητα των γυαλιών ηλίου, είναι η προστασία των οφθαλμών από την υπεριώδη ακτινοβολία. Για να θεωρηθεί ένας φακός ηλίου απόλυτα απορροφητικός, θα πρέπει να απορροφά την υπεριώδη ακτινοβολία το λιγότερο μέχρι τα 400nm, έτσι ώστε να αποφευχθούν οι παθήσεις που προκαλούνται από αυτήν (βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες) [23].

#### 3.1 Γυαλιά ηλίου και διαθλαστικές ανωμαλίες

Τα γυαλιά ηλίου που υπάρχουν στο εμπόριο (ετοιμοπαράδοτα), είναι κατασκευασμένα με φακούς χωρίς διόρθωση για διαθλαστικές ανωμαλίες. Κάποιος, όμως, που θα ήθελε τα γυαλιά του όχι μόνο να προσφέρουν προστασία από τη UV ακτινοβολία, αλλά να διορθώνουν παράλληλα και τη διαθλαστική ανωμαλία που τυχόν υπάρχει, μπορεί να παραγγείλει φακούς (όπως θα έκανε και με τους λευκούς οφθαλμικούς φακούς του) και να ζητήσει να γίνει βαφή στο χρώμα που αυτός επιθυμεί. Οι φακοί ηλίου με διόρθωση διαθλαστικού προβλήματος, μπορεί να είναι μονοεστιακοί, διπλεστιακοί ή πολυεστιακοί.

### 3.2 Υλικά κατασκευής γυαλιών ηλίου

Τα υλικά κατασκευής των φακών ηλίου, είναι τα ίδια περίπου με αυτά των φακών οράσεως. Υπάρχουν, επομένως, το γυαλί, το CR-39 (οργανικό) και το polycarbonate (πολυανθρακικό). Καλό θα ήταν να σημειωθεί, βέβαια, πως οι οργανικοί φακοί χρωματίζονται ευκολότερα και σε μεγαλύτερη ποικιλία χρωμάτων. Επίσης, οι πολυανθρακικοί φακοί δεν χρησιμοποιούνται με σκελετούς οξικού εστέρα, εξαιτίας της ασυμβατότητας των υλικών.

Στα υλικά των φακών ηλίου, έρχεται να προστεθεί και το APX. Ο APX είναι ένας φακός ρητίνης που είναι συμβατός με όλα τα υλικά σκελετών και ο οποίος, χάρη στις ιδιότητές του, μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν είναι απαραίτητο να τοποθετηθούν βίδες και να ανοιχτούν τρύπες στον φακό [6].

### 3.3 Κατηγορίες σκουρότητας φακών ηλίου

Τα γυαλιά ηλίου χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες, ανάλογα με το βαθμό που αφήνουν το φως να τα διαπερνά. Προσοχή, όμως: ο βαθμός αυτός δεν έχει καμία σχέση με την προστασία, παρά μόνο με την άνεση με την οποία ένα άτομο μπορεί να βλέπει σε διάφορες κλιματολογικές συνθήκες.

Κατηγορία 0: Άχρωμο ή πολύ απαλό φίλτρο, διαπερατότητα για την ορατή ακτινοβολία 80 έως 100%, ιδανική για χρήση τη νύχτα.

Κατηγορία 1: Διαπερατότητα 43-80% για συννεφιά.

Κατηγορία 2: Διαπερατότητα 18-43% για τη διάρκεια της ημέρας, ελαφριά συννεφιά.

Κατηγορία 3: Σκοτεινό φίλτρο, διαπερατότητα 8-18%, για ηλιόλουστο καιρό.

Κατηγορία 4: Πολύ σκοτεινό φίλτρο, διαπερατότητα 3-8%, για ακραίες συνθήκες και μεγάλα υψόμετρα. Δεν είναι ιδανικό για χρήση στο αυτοκίνητο [6].

### 3.4 Διαδικασία βαφής γυαλιών ηλίου

#### Διαδικασία βαφής κρυστάλλων

1. Καθαρισμός με ισχυρό οξύ ή λευκό οινόπνευμα.
2. Τοποθέτηση των φακών σε ειδικά άγκιστρα και καθαρισμός με πινέλο βουτηγμένο σε αιθέρα
3. Τοποθέτηση των φακών στη συσκευή βαφής σε θερμοκρασία 295-300 βαθμών Κελσίου.

4. Έλεγχος της βαφής [12].

#### Διαδικασία βαφής οργανικών φακών

1. Καθαρισμός των φακών.
2. Τοποθέτηση των φακών σε ειδικά άγκιστρα.
3. Τοποθέτηση των φακών στη συσκευή βαφής.
4. Χρήση σταθεροποιητικού COLORMAKER, κάψουλας colorfixing, 500ml νερού, μπουκαλιού βαφής ανά δόση βαφής.

Η βαφή των φακών (είτε γυάλινων είτε οργανικών), διαρκεί από 4 λεπτά έως 2 ώρες, ανάλογα με τη σκουρότητα του χρώματος [12].

#### Χρόνοι για τη δημιουργία διαφόρων χρωμάτων

Υλικό: CR-39

Χρώματα: Καφέ / Γκρι / Πράσινο

1 λεπτό → 25% σκουρότητα

3-5 λεπτά → 50% σκουρότητα

7-10 λεπτά → 75% σκουρότητα

12-20 λεπτά → 90% σκουρότητα

Υλικό: High index / Polycarbonate

Χρώματα: Καφέ / Γκρι / Πράσινο

1-2 λεπτά → 25% σκουρότητα

5-7 λεπτά → 50% σκουρότητα

9-13 λεπτά → 75% σκουρότητα

15-25 λεπτά → 90% σκουρότητα

\* Η θερμοκρασία στο βαφείο πρέπει να είναι 95°C [12].



### 3.5 Χρώματα φακών γυαλιών ηλίου

Γκρι και πράσινο: Τα πιο δημοφιλή χρώματα για γενική χρήση. Τα χρώματα παραμένουν ρεαλιστικά, δίχως αλλοίωση. Το φως εξομαλύνεται, ώστε να διατηρείται η κανονική αντίληψη του βάθους. Συνιστώνται για μακρά περίοδο χρήσης και υπό εξαιρετικά δυσμενείς συνθήκες.

Καφέ: Φιλτράρει μεγάλο ποσοστό του κυανού φωτός που απαντάται συνήθως σε συνθήκες καταχνιάς, ομίχλης ή χαμηλού φωτισμού. Βελτιώνει την αντίληψη του βάθους και της αντίθεσης.

Ροζ: Όπως και το καφέ, φιλτράρει αποτελεσματικά το διάσπαρτο κυανό φως και βελτιώνει την αντίθεση, βοηθώντας ουσιαστικά στην απορρόφηση του φωτός σε ομιχλώδη ή μουντό καιρό. Παρέχουν εξαιρετική ορατότητα σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού.

Πορτοκαλί και κίτρινο: Ενισχύουν περαιτέρω την αντίληψη του βάθους, παρόλο που τα χρώματα είναι κάπως αλλοιωμένα. Επιτρέπουν περισσότερο φως να διεισδύσει, καθιστώντας τους φακούς αυτούς καλύτερη επιλογή όταν ο ουρανός είναι νεφελώδης. Δεν συνιστανται για χρήση σε ηλιόλουστες ημέρες.

Διαφανές: Χρησιμοποιείται για φακούς μόδας. Οι φακοί αυτοί παρέχουν προστασία από τη UV ακτινοβολία. Συναντώνται στον αθλητισμό και σε περιπτώσεις όπου ο κάτοχος των γυαλιών επιθυμεί προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία, χωρίς, όμως, οι φακοί να έχουν χρώμα [6].

### 3.6 Φακοί ηλίου gradient

Οι φακοί ηλίου gradient είναι ουσιαστικά φακοί, το χρώμα των οποίων γίνεται προοδευτικά όλο και πιο ανοιχτόχρωμο όσο «κατεβαίνει» το βλέμμα. Στο επάνω μέρος του, ο φακός είναι αρκετά σκούρος, ενώ στο κάτω μέρος, είναι σχεδόν διάφανος. Αυτός ο τρόπος βαφής μπορεί να γίνει μόνο σε οργανικούς φακούς.



**Εικόνα 3.1: Γυαλιά ηλίου gradient.**

Η σχεδίαση είναι πρακτική, διότι διευκολύνει το χρήστη των γυαλιών κατά την οδήγηση (σε περίπτωση συννεφιάς μπορεί να βλέπει ξεκούραστα από το κάτω μέρος του φακού, ενώ σε περίπτωση ηλιοφάνειας, βλέπει μέσα από το πάνω μέρος του φακού, έτσι ώστε να μειώσει το θάμβος από την έντονη ηλιοφάνεια).



**Εικόνα 3.2: Γυαλιά ηλίου gradient.**

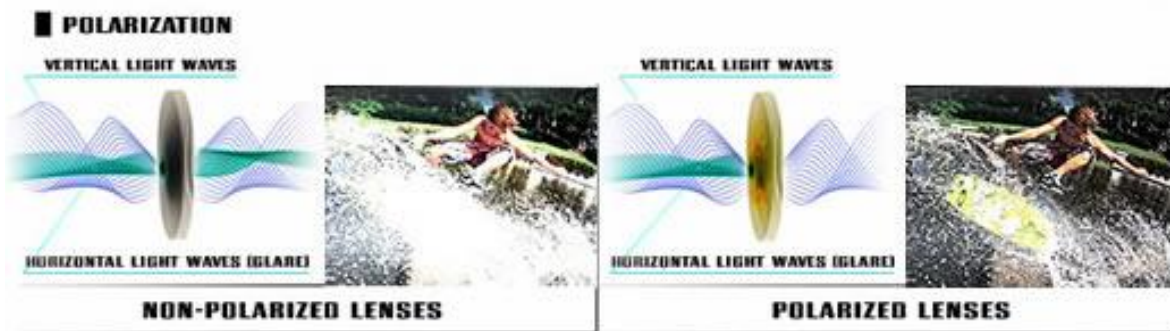
Βοηθούν, επίσης, κατά το διάβασμα σε εξωτερικό χώρο. Ο χρήστης μπορεί ξεκούραστα να διαβάζει κάποιο βιβλίο (όταν χρησιμοποιείται η κοντινή όραση, το βλέμμα χαμηλώνει, άρα ο χρήστης βλέπει από το ανοιχτόχρωμο μέρος του φακού), ενώ όταν σηκώνει το βλέμμα του για να δει μακριά, κοιτάζοντας μέσα από το σκουρόχρωμο μέρος του φακού, έχει ξεκούραστη όραση.



**Εικόνα 3.3: Γυαλιά ηλίου gradient.**

### **3.7 Πολωτικοί φακοί**

Η κατασκευή και η χρήση των πολωτικών φίλτρων σε γυαλιά ηλίου, στηρίζεται στο φαινόμενο της πόλωσης (αναλύεται παρακάτω). Με τη χρήση πολωτικών φακών στα γυαλιά ηλίου, μειώνονται κατά πολύ οι αντανακλάσεις (κυρίως όταν προέρχονται από μεγάλες και λείες επιφάνειες) και το θάμβος.

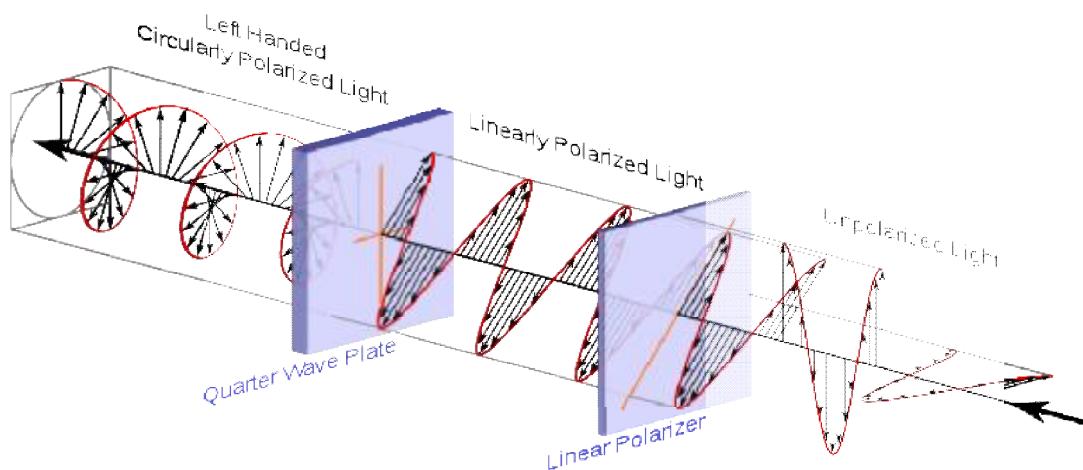


Εικόνα 3.4: Αριστερά φαίνεται η εικόνα που βλέπει ο χρήστης γυαλιών ηλίου χωρίς πολωτικούς φακούς και δεξιά παρουσιάζεται η ίδια εικόνα, αυτή τη φορά με τη χρήση γυαλιών ηλίου με πολωτικούς φακούς

Ένας πολωτικός φακός λειτουργεί όταν τοποθετείται σε μια γωνία 90 μοιρών προς την πηγή της αντανάκλασης. Πολωτικά γυαλιά ηλίου, τα οποία έχουν σχεδιαστεί για να φιλτράρουν το οριζόντιο φως, είναι τοποθετημένα κάθετα προς το πλαίσιο, και πρέπει να είναι προσεκτικά ευθυγραμμισμένα έτσι ώστε να φιλτράρουν σωστά τα κύματα φωτός. Για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των πολωτικών φακών, όμως, θα πρέπει να γίνει κατανοητό το φαινόμενο της πόλωσης.

### Πόλωση

Το φως μπορεί να θεωρηθεί ένα εγκάρσιο ηλεκτρομαγνητικό κύμα.



Εικόνα 3.5: Από αριστερά προς τα δεξιά παρουσιάζονται: αριστερόστροφα κυκλικά πολωμένο φως, γραμμικά πολωμένο φως και φυσικό φως (μη πολωμένο φως).

Φυσικό φως έχουμε όταν η διεύθυνση ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου μεταβάλλεται τυχαία με το χώρο και με το χρόνο πάνω σε ένα επίπεδο κάθετο στη διεύθυνση διάδοσής του.

Γραμμικά ή επίπεδα πολωμένο φως έχουμε όταν το ηλεκτρικό πεδίο ταλαντώνεται σε ένα μόνο άξονα σε όλα τα σημεία του χώρου και σε κάθε χρονική στιγμή. Ο άξονας αυτός είναι κάθετος στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος, μιας και το φωτεινό κύμα είναι εγκάρσιο [24].

### 3.8 Κατοπτρικές επιστρώσεις (Γυαλιά ηλίου καθρέφτες)

Οι κατοπτρικές επιστρώσεις καθιστούν έναν φακό πιο αποτελεσματικό στο έντονο ηλιακό φως. Γίνεται τοποθέτηση μιας λεπτής μεταλλικής επίστρωσης στην πρόσθια επιφάνεια συμβατικών φακών ηλίου, ώστε να δημιουργηθεί μια κατοπτρική εμφάνιση. Βοηθούν στη μείωση του εκθαμβωτικού φωτός, αντικατοπτρίζοντας μεγάλη ποσότητα του φωτός που προσπίπτει στην επιφάνειά τους. Οι κατοπτρικές επιστρώσεις κάνουν τα αντικείμενα να εμφανίζονται σκουρότερα από όσο είναι στην πραγματικότητα και, επομένως, τα γυαλιά ηλίου με κατοπτρικές επιστρώσεις είναι περισσότερο κατάλληλα σε συνθήκες έντονου φωτισμού [6].



**Εικόνα 3.6: Γυαλιά ηλίου με κατοπτρική επίστρωση.**

## 4. ΦΑΚΟΙ ΕΠΑΦΗΣ

Οι φακοί επαφής είναι προθέσεις που έρχονται σε επαφή με τον κερατοειδή, με σκοπό την αποφυγή της χρήσης διορθωτικών γυαλιών οράσεως. Διορθώνουν τις διαθλαστικές ανωμαλίες (τη μυωπία, την υπερμετρωπία και τον αστιγματισμό) ή την πρεσβυωπία. Έχουν ένα ευρύτερο πεδίο όρασης, είναι ιδανικοί για την διόρθωση της ανισομετρωπίας, δεν προκαλούν πρισματική εκτροπή των αντικειμένων όπως τα γυαλιά οράσεως στη διόρθωση μεγάλων αμετρωπιών, είναι αισθητικά ανώτεροι, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα σπορ και, επιπλέον, χρησιμοποιούνται για θεραπευτικούς σκοπούς [25].

Το σπουδαιότερο κίνητρο των χρηστών φακών επαφής είναι κοσμητικοί λόγοι, παρόλο που οι ασθενείς με αφακία (έλλειψη του κρυσταλλοειδή φακού) ή άνθρωποι με υψηλή μυωπία έχουν ως πρόσθετο κίνητρο τη βελτίωση της ποιότητας της όρασης. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία τύπων φακών επαφής, καθώς και τεχνικών εφαρμογής τους, γεγονός που αποδεικνύει πως δεν υπάρχει ένας γενικός φακός για όλους τους χρήστες. Αξίζει να σημειωθεί ότι η χορήγηση φακών επαφής είναι μια ιατρική πράξη που έχει ενδείξεις και αντενδείξεις, ενώ πρέπει να δίνεται η μέγιστη δυνατή προσοχή, αφού μπορούν να γίνουν ακόμα και επικίνδυνοι αν δεν τηρούνται οι κανόνες υγιεινής [16].

### 4.1 Κατηγορίες φακών επαφής

Παρακάτω γίνεται αναφορά στις κατηγορίες των φακών επαφής, ανάλογα με την χρηστικότητά τους.

#### 4.1.1 Συμβατικοί φακοί επαφής (μονοεστιακοί)

Είναι οι πιο διαδομένοι φακοί επαφής στο εμπόριο. Διορθώνουν τις διαθλαστικές ανωμαλίες (μυωπία, υπερμετρωπία, αστιγματισμός) και την πρεσβυωπία. Με βάση το διαθλαστικό σφάλμα που διορθώνουν, κατηγοριοποιούνται στους: μυωπικούς, υπερμετρωπικούς, αστιγματικούς και υπερμετρωπικούς.

#### Μυωπικοί φακοί επαφής

Το μεγαλύτερο μέρος των χρηστών φακών επαφής είναι οι μύωπες. Οι λόγοι που προτιμούν τη χρήση των φακών επαφής αντί των γυαλιών οράσεως, είναι οι εξής:

- Μεγαλύτερο οπτικό πεδίο
- Καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα
- Καλύτερη οπτική οξύτητα
- Εύκολη χρήση

Ο περισσότεροι χρήστες έχουν πάρει την πρωτοβουλία να δοκιμάσουν φακούς επαφής και στη συνέχεια αποφασίζουν μόνοι τους για την καταλληλότητα ή μη των φακών που χρησιμοποιούν, παραλείποντας να αναζητήσουν τη συμβουλή κάποιου ειδικού. Ωστόσο, η εφαρμογή, καθώς και η επιλογή του τύπου φακών που είναι ιδανικός για κάθε χρήστη, πρέπει να γίνεται μετά από διεξοδική εξέταση των οφθαλμών και έπειτα από συζήτηση με τον εφαρμοστή. Επίσης, δε θα πρέπει να παραλείπεται η αναφορά στους κανόνες υγιεινής που θα πρέπει να τηρούνται κατά τη χρήση και συντήρηση των φακών επαφής, έτσι ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος επιπλοκών.

Σε περίπτωση που ο χρήστης έχει ξηροφθαλμία (μικρή ποσότητα δακρύων ή κακή ποιότητα δακρύων), συστήνεται η χρήση τεχνητών δακρύων.

Οι χρήστες με μικρή μυωπία (μεταξύ 0,25 και 4,00 διοπτριών), μπορεί να γίνει χρήση σχεδόν οποιουδήποτε τύπου φακού επαφής και υπάρχει δυνατότητα επιλογής μεταξύ πολλών μεθόδων αντικατάστασης μαλακών φακών επαφής. Οι μέθοδοι αντικατάστασης (ανάλογα με το χρόνο αντικατάστασης των φακών) είναι:

- Ημερήσιοι φακοί επαφής με χρήση μικρότερη από 18 ώρες.
- Εβδομαδιαίοι, δεκαπενθήμεροι ή οι μηνιαίοι φακοί επαφής, οι οποίοι χρησιμοποιούνται από την πλειοψηφία των χρηστών και η χρήση τους μπορεί να είναι παρατεταμένη ή συνεχής, δηλαδή από 7 μέχρι και 30 ημέρες.
- Εξαμηνιαίοι φακοί επαφής ή φακοί που αντικαθιστώνται κάθε 9 μήνες.
- Ετήσιοι φακοί επαφής (ή φακοί επαφής διαρκείας).

Υπάρχει, βέβαια, και η κατηγορία χρηστών που κάνει ελαστική χρήση φακών, δηλαδή περιστασιακή χρήση κατά τον ύπνο, η οποία αντενδείκνυται από όλους τους εφαρμοστές, ακόμα και αν οι φακοί επαφής είναι εγκεκριμένοι για τέτοιου είδους χρήση.

Για τους χρήστες φακών επαφής με μυωπία πάνω από 4,00 διοπτρίες (dpt), οι κύριες επιλογές με βάση το υλικό των φακών, είναι: οι φακοί επαφής υδρογέλης, οι φακοί επαφής υδρογέλης υψηλής περιεκτικότητας σε νερό, οι υπέρλεπτοι φακοί επαφής υδρογέλης και οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής [27].

#### Υπερμετρωπικοί φακοί επαφής

Σύμφωνα με τελευταίες μελέτες, το μεγαλύτερο ποσοστό ανθρώπων με διαθλαστική ανωμαλία, είναι υπερμέτρωπες. Αποτελούν, όμως, μειοψηφία όσον αφορά τη χρήση φακών επαφής. Αυτό συμβαίνει, διότι ένας υπερμέτρωπας χρησιμοποιεί την προσαρμογή των

οφθαλμών του για να δει μακριά, επομένως έχει καλή μακρινή οπτική οξύτητα, η οποία συνήθως συνοδεύεται από κοπιωπία (κούραση των ματιών ή και ενόχληση, λόγω συνεχούς χρήσης της προσαρμογής).

Εάν, τελικά, ένας υπερμέτρωπας πειστεί να φορέσει φακούς επαφής, έχει να επιλογή μεταξύ: φακών σιλκόνης υδρογέλης, υπέρλεπτων φακών υδρογέλης, φακών υδρογέλης με υψηλή περιεκτικότητα σε νερό και στους σκληρών αεροδιαπερατών φακών επαφής. Η εφαρμογή ένας θετικού φακού επαφής είναι δυσκολότερη από την εφαρμογή ενός αρνητικού, εξαιτίας του μεγαλύτερου πάχους του θετικού φακού (συγκριτικά με τον αντίστοιχο αρνητικό). Αυτό, όπως είναι φυσικό, έχει αντίκτυπο στην άνεση κατά τη χρήση των φακών επαφής, καθώς και στην οξυγόνωση του κερατοειδή [27].

### Αστιγματικοί φακοί επαφής

Στις μέρες μας, οι επιλογές για την διόρθωση του αστιγματισμού είναι πολλές. Για την κάλυψη ενός συμμετρικού αστιγματισμού, χρησιμοποιούνται:

- Υδρόφιλοι φακοί, που βασίζονται στην μέθοδο του σφαιρικού ισοδύναμου, τορικοί φακοί εμπρόσθιας ή οπίσθιας επιφάνειας.
- Σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί που μπορεί να είναι σφαιρικοί, τορικοί οπίσθιας ή εμπρόσθιας επιφάνειας ή και διτορικοί, στους οποίους και η εμπρόσθια και η οπίσθια επιφάνεια είναι τορικές.

Εάν ο αστιγματισμός είναι ασύμμετρος, διορθώνεται με την μέθοδο που διορθώνεται ο κερατόκωνος.

Σε αυτήν την κατηγορία, σημαντικό ρόλο παίζει η σταθεροποίηση του φακού στους κύριους μεσημβρινούς, οι οποίοι πρέπει να είναι ευθυγραμμιζόμενοι με τους αντίστοιχους του ματιού [27].

### Πρεσβυωπικοί φακοί επαφής

Μετά από μια ηλικία, χάνεται η ικανότητα προσαρμογής (ικανότητα πολύ χρήσιμη για την επίτευξη καλής κοντινής όρασης). Αυτό οφείλεται η σταδιακή απώλεια της προσαρμοστικότητας του κρυσταλλοειδή φακού του οφθαλμού. Αυτή η κατάσταση ονομάζεται πρεσβυωπία. Οι περισσότεροι άνθρωποι τρομάζουν με αυτήν την αλλαγή στην όρασή τους και αναζητούν την καλύτερη δυνατή λύση. Πλέον, υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες επιλογές για τη διόρθωση της πρεσβυωπίας. Ο οπτικός θα πρέπει να κάνει μια λεπτομερή ενημέρωση για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε επιλογής. Εκτός από τα

μονοεστικά, διπλεστικά και πολυεστικά γυαλιά οράσεως, μπορεί να προταθεί και η χρήση των αντίστοιχων κατηγοριών φακών επαφής. Επομένως, υπάρχουν:

- ✓ Οι διπλεστικοί φακοί επαφής, οι οποίοι είναι συνήθως σκληροί αεροδιαπερατοί (σχεδίαση που θυμίζει το segment των διπλεστικών γυαλιών οράσεως και λειτουργεί με βάση την ίδια λογική).
- ✓ Οι υδρόφιλοι πολυεστικοί φακοί. Υπάρχει ο σχεδιασμός στον οποίο η κεντρική ζώνη χρησιμοποιείται για τη διόρθωση της κοντινής όρασης και η περιφερική ζώνη για τη διόρθωση της μακρινής όρασης, καθώς και ο σχεδιασμός με την αντίστροφη λογική, όπου η κεντρική ζώνη χρησιμοποιείται για τη διόρθωση της μακρινής όρασης και η περιφερική ζώνη για τη διόρθωση της κοντινής όρασης. Επίσης, υπάρχουν φακοί επαφής με πολλαπλές ζώνες όπου εναλλάσσεται η διόρθωση της κοντινής και της μακρινής όρασης.

Οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής, με σχεδιασμό όπου η κεντρική ζώνη διορθώνει την κοντινή όραση, αλλά και το αντίστροφο, όπου η κεντρική ζώνη διορθώνει τη μακρινή όραση [28].

#### 4.1.2 Κερατοκωνικοί φακοί επαφής

Ο κερατόκωνος είναι μια εκτασία στην οποία ο κερατοειδής γίνεται πολύ λεπτός και επιμηκύνεται παθολογικά, δημιουργώντας μια κωνική προεξοχή. Το σχήμα αυτό προκαλεί σοβαρές παραμορφώσεις στην όραση. Ανάλογα με την εξέλιξή του, ο κερατόκωνος κατηγοριοποιείται σε: ήπιο, υποκλινικό, μεσαίο και προχωρημένο. Παρά το γεγονός ότι ο κερατόκωνος μπορεί να είναι αρκετά προχωρημένος, ο κερατοειδής δεν έχει αδιαφάνεια.

Ο κερατόκωνος δεν είναι πλέον μια σπάνια οφθαλμολογική πάθηση. Μόνο στην Ελλάδα, οι κερατοκωνικοί ασθενείς υπολογίζονται πάνω από 20.000. Συμπτώματα του κερατόκωνου είναι η θολή όραση και η αύξηση του αστιγματισμού και της μυωπίας. [29]

Στον κερατόκωνο εφαρμόζονται φακοί όπως:

- ∅ Κερατοκωνικοί μαλακοί φακοί επαφής ή σφαιρικοί, οι οποίοι αποτελούν κακή εμπειρία για τον ασθενή, λόγω της κακής διαπερατότητας οξυγόνου, της μέτριας διαβροχής, τη μέτριας ποιότητας όρασης και του υψηλού κόστους.
- ∅ Μαλακοί τορικοί φακοί που διορθώνουν ένα μέρος του αστιγματισμού.



- Ø Ημίσκληροι φακοί (σκληροί αεροδιαπερατοί RGP ), που έχουν καλά αποτελέσματα τόσο στην ποιότητα όρασης, όσο και στην άνεση κατά την χρήση. Απαιτείται προσεκτική εφαρμογή από εξειδικευμένο εφαρμοστή.
  
- Ø Υβριδικοί φακοί (σκληρό κεντρικό τμήμα και περιφέρεια υδρογέλης ή σιλικόνης υδρογέλης). Προσφέρουν πολύ καλύτερη αρχική άνεση σε σχέση με τους ημίσκληρους, λόγω της αλληλεπίδρασης των βλεφάρων με ένα μαλακό, αντί για ένα άκαμπτο υλικό. Προσφέρουν την ποιότητα όρασης των φακών RGP, αλλά σε αντίθεση με αυτούς, ασκούν πολύ μικρότερη πίεση στον επιπεφυκότα και στην περιοχή του σκληροκερατοειδούς ορίου, καθιστώντας με αυτόν τον τρόπο την εφαρμογή πολύ πιο άνετη συγκριτικά με την εφαρμογή ενός φακού RGP.
  
- Ø Περιορισμένη χρήση, λόγω προβλημάτων οξυγόνωσης, γίνεται σε σκληρικούς φακούς επαφής που, πλέον, κατασκευάζονται από RGP υλικά ή έχουν μικρές οπές του επιτρέπουν την καλύτερη οξυγόνωση του κερατοειδή.

Αξίζει να σημειωθεί πως οι κερατοκωνικοί φακοί βελτιώνουν την ποιότητα όρασης, αλλά δε θεραπεύουν τον κερατόκωνο [30].

#### **4.1.3 Θεραπευτικοί φακοί επαφής**

Οι θεραπευτικοί φακοί (Plano), είναι οι φακός που εφαρμόζονται στον κερατοειδή, πετυχαίνοντας, έτσι, την επούλωση τραυμάτων του επιθήλιου και του στρώματός του. Χρησιμοποιούνται ως προστασία από εξωγενείς παράγοντες (όπως ξένα σώματα) ή από την τριβή των βλεφάρων και ανακουφίζουν από οφθαλμικούς πόνους. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που χρειάζεται να γίνει ελεγχόμενη απελευθέρωση οφθαλμικών φαρμάκων [31].

Είναι μαλακοί φακοί με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε νερό (70 -80%), διαπερατότητα οξυγόνου και διάμετρο 14.50 - 16.00 mm συγκριτικά με τους υπόλοιπους μαλακούς φακούς. Η τοποθέτηση και η αφαίρεση αυτού του είδους φακών επαφής γίνεται από οφθαλμίατρο [32].

#### **4.1.4 Κοσμητικοί φακοί επαφής**

Οι κοσμητικοί φακοί επαφής είναι έγχρωμοι και χρησιμοποιούνται για:

- ▶ αλλαγή του χρώματος της ίριδας για αισθητικούς λόγους (υδρόφιλοι)

- ▶ την εξομοίωση του χρώματος της ίριδας τους ενός οφθαλμού με τον άλλον. Οι φακοί αυτοί ονομάζονται προσθετικοί φακοί επαφής (υδρόφιλοι, σκληρικοί και σκληροί)
- ▶ το θέατρο ή τον κινηματογράφο (υδρόφιλοι)
- ▶ αύξηση της αντίθεσης (contrast), για σπορ όπως το σκι ή η σκοποβολή [33].

Οι φακοί κατασκευάζονται σύμφωνα με τα μέτρα και τις ανάγκες του χρήστη. Με μαύρη ή διάφανη κόρη, σφαιρικοί ή αστιγματικοί [33].

Οι προσθετικοί φακοί κατασκευάζονται με τρία διαφορετικά υλικά, γιατί χρησιμοποιούνται καθαρά για ιατρικούς λόγους. Παρακάτω, αναφέρονται οι περιπτώσεις που απαιτείται η χρήση τέτοιων φακών:

- Ø Πτώση βλέφαρου
- Ø Αμβλυωπία
- Ø Νυσταγμός ή Αλφισμός
- Ø Ολική ή μερική αδιαφάνεια του κερατοειδή
- Ø Ανιριδία, λευκοκορία, προχωρημένος καταρράκτης, μικροκορία ή εκτοπισμένη ίριδα
- Ø Μικρής γωνίας στραβισμός με μη λειτουργική όραση.
- Ø Ετεροχρωμία
- Ø Διόφθαλμη σύγχυση
- Ø Φθισικός βολβός και τεχνητός βολβός με ένθετο μόσχευμα
- Ø Χρήστες με φωτοφοβία που χρειάζονται αποκλεισμό του φωτός [28].

#### 4.2 Τύποι φακών επαφής

Οι φακοί επαφής, βάσει της φύσης του υλικού κατασκευής τους, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- μαλακοί φακοί επαφής
- σκληροί φακοί επαφής

Οι σκληροί φακοί επαφής χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: στους σκληρικούς φακούς επαφής, τους σκληρούς αεροδιαπρατούς φακούς (που είναι φακοί από RGP υλικό) και τους συμβατικούς σκληρούς που είναι κατασκευασμένοι από PMMA. Η πλειοψηφία των σκληρών φακών που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας, είναι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής. Μικρό αλλά ιδιαίτερα σημαντικό πεδίο εφαρμογής έχουν οι σκληρικοί φακοί επαφής, ενώ η χρήση συμβατικών σκληρών φακών επαφής έχει εγκαταλειφθεί εδώ και χρόνια [27].

Η αρνητική στάση πολλών εφαρμοστών απέναντι στους RGP φακούς, οφείλεται στην δυσανεξία που αισθάνεται ο χρήστης, τη μεγάλη ζήτηση μαλακών φακών επαφής συχνής αντικατάστασης, την αρνητική δημοσιότητα που έχουν δεχτεί και, φυσικά, στην απουσία

σχετικής εμπειρίας στις εφαρμογές αυτού του είδους φακών. Παρόλα αυτά, υπάρχουν πολλοί υποψήφιοι χρήστες (όπως, για παράδειγμα, άνθρωποι με υψηλό αστιγματισμό ή μυωπία, χρήστες φακών με έντονη ξηροφθαλμία, κάποιοι πρεσβύωπες, ασθενείς με κερατόκωνο ή παιδιά) που θα μπορούσαν να έχουν μια επιτυχημένη εφαρμογή RGP φακών. Με κάποια νέα υλικά που έχουν συμπεριληφθεί στην κατασκευή αυτού του τύπου φακών (φθόριο - σιλικονούχα ακρυλικά), έχουν επιτευχθεί: σταθερότητα όρασης και εφαρμογής, αυξημένη διαπέραση οξυγόνου σε σχέση με προηγούμενα υλικά και νέοι σχεδιασμοί, όπως πολυεστιακοί φακοί επαφής [34].

Ακολουθεί εκτενέστερη αναφορά για τους μαλακούς φακούς επαφής, διότι εκτός από τη ακτινοβολία με φίλτρα UV – blocking. Υπάρχουν, βέβαια, και οι σκληροί αεροδιαπερατοί φακοί επαφής, αλλά δεν θα αναλυθούν περαιτέρω, διότι δε συμπεριλαμβάνονται στην πειραματική διαδικασία.

#### 4.2.1 Μαλακοί φακοί επαφής

Η εισαγωγή των μαλακών φακών στη γενική οφθαλμική πρακτική, έφερε την επανάσταση στην προσέγγιση του ασθενή από τον οφθαλμίατρο. Είναι οι πιο συνηθισμένοι φακοί (ως προς την χρήση), είναι άνετοι, και υπάρχει μεγάλη ανοχή από τον οφθαλμό από την πρώτη κιόλας εφαρμογή. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αθλήματα (χωρίς να υπάρχει ο φόβος τραυματισμού που υπάρχει κατά τη χρήση των γυαλιών οράσεως), καθώς, επίσης, και για αισθητικούς λόγους (έγχρωμοι φακοί επαφής). Η αυξημένη περιεκτικότητα σε νερό και το γεγονός ότι είναι εύκαμπτοι, οδήγησε σε μεγαλύτερη αποδοχή από τους χρήστες φακών και επέτρεψε την εφαρμογή τους σε περιπτώσεις που προηγουμένως η χρήση φακών δεν ήταν ενδεδειγμένη. Τα μειονεκτήματά τους είναι:

- ✓ η διακύμανση της οπτικής οξύτητας κατά τον βλεφαρισμό
- ✓ η εύκολη πρόκληση ζημίας κατά το χειρισμό (κυρίως σε υλικά με υψηλή υδροφιλία
- ✓ η βραχύτερη διάρκεια ζωής σε σχέση με τους σκληρούς φακούς επαφής
- ✓ κατά τη χρήση τους θα πρέπει να αποφεύγονται τοπικά φάρμακα που χρωματίζουν, όπως η φλουρεσκεΐνη, οι ενώσεις και τα παράγωγα επινεφρίνης και τα οφθαλμικά εναιωρήματα
- ✓ δεν ενδείκνυνται σε ορισμένες περιπτώσεις φαρμακευτικής αγωγής [16].

#### 4.2.2 Υλικά κατασκευής μαλακών φακών επαφής

Οι μαλακοί φακοί επαφής χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με το υλικό κατασκευής και την περιεκτικότητά τους σε νερό.

##### ⌘ Φακοί υδρογέλης

###### Λεπτοί υδροφιλοι φακοί

- Υλικό: HEMA ή πολυμερείς ενώσεις του
- Περιεκτικότητα σε νερό: 38-43%
- Κεντρικό πάχος: < 0,10mm

(Παραδείγματος χάριν : WEICON 38E)

#### Φακοί μεγάλης περιεκτικότητας σε νερό

- Υλικό: ενώσεις HEMA με άλλες πολυμερείς ουσίες
- Περιεκτικότητα σε νερό: 59-80%
- Κεντρικό πάχος: > 0.10mm

(Παραδείγματος χάριν: WEICON CE)

#### Λεπτοί φακοί μέσης περιεκτικότητας σε νερό

- Υλικό: ενώσεις HEMA με άλλες πολυμερείς ουσίες
- Περιεκτικότητα σε νερό: 44-58%

(Παραδείγματος χάριν : AQUALENS)

#### **Δ Φακοί σιλικόνης υδρογέλης**

- Υλικό: ενώσεις HEMA με άλλες πολυμερείς ουσίες (MMA και NVP) και σιλικόνη
- Περιεκτικότητα σε νερό: 24-48%
- Πολύ υψηλή διαπερατότητα σε O<sub>2</sub>
- Δυνατότητα παρατεταμένης χρήσης

(Παραδείγματος χάριν: AIROPTIX AQUA) [34]

#### **Δ Φακοί σιλικόνης**

- Παιδιατρική ή αφακική χρήση
- Μέγιστη δυνατή διαπερατότητα σε O<sub>2</sub>
- Περιεκτικότητα σε νερό: 0 %

(Παραδείγματος χάριν: SILSOFT) [27]

### **4.2.3 Μέθοδοι κατασκευής μαλακών φακών επαφής**

### Χύτευση με περιστροφή

Σε αυτόν τον τρόπο κατασκευής, γίνεται έγχυση του υγρού πολυμερούς στο περιστρεφόμενο καλούπι και με τη φυγόκεντρο δύναμη δημιουργείται η ακτίνα καμπυλότητας του φακού. Η πρόσθια επιφάνεια του φακού είναι εξαρτώμενη από το σχήμα του καλουπιού, ενώ η οπίσθια καμπυλότητα και το πάχος του φακού έχουν σχέση με τη φύση του υλικού και τη υψηλή επαναληψιμότητά του. Η σταθεροποίηση του υλικού γίνεται με θερμότητα και υπεριώδη ακτινοβολία.

### Τόρνος (χειροκίνητος ή αυτόματος CNC)

Η κατασκευή του φακού με τόρνο γίνεται με την χρήση ειδικού διαμαντιού και είναι η καταλληλότερη μέθοδος για ειδικές κατασκευές και για παραγωγή μικρού αριθμού φακών επαφής.

Η τεχνολογία έχει φτάσει σε τέτοιο επίπεδο, που τα προϊόντα που παράγονται από τους τόρνους έχουν ακρίβεια ενός εκατομμυριοστού του μέτρου. Με τον αυτόματο τόρνο CNC και τα κατάλληλα λογισμικά, υπάρχει η δυνατότητα σχεδιασμού φακών με οποιαδήποτε γεωμετρία.

Οι μαλακοί φακοί επαφής κατασκευάζονται με τον ίδιο τρόπο που κατασκευάζονται οι σκληροί, με τη διαφορά ότι οι πρώτοι περνούν από έναν κύκλο ενυδάτωσης. Μέσα από αυτόν απορροφούν νερό, με αποτέλεσμα να αυξηθούν σε μήκος, σε διαστάσεις και καμπυλότητα. Στους φακούς σιλικόνης υδρογέλης προστίθενται άλλοι λιπαντικοί παράγοντες, έτσι ώστε να βελτιωθεί η άνεση που προσφέρουν κατά τη χρήση.

### Χύτευση σε καλούπι

Είναι η πιο παλιά μέθοδος κατασκευής μαλακών φακών επαφής και η πιο διαδομένη, λόγω της μεγάλης παραγωγής υδρογελικών φακών επαφής μηνιαίας αντικατάστασης. Γίνεται έγχυση του υγρού πολυμερούς στο θηλυκό καλούπι και κουμπώνεται από το αρσενικό καλούπι. Η απόσταση μεταξύ των δυο καλουπιών ορίζει το πάχος των φακών και η γεωμετρία των καλουπιών ορίζει την ισχύ του φακού. Μετά τη σταθεροποίηση του πολυμερούς, ακλουθεί η ενυδάτωση.

Είναι μια γρήγορη μέθοδος με πολύ χαμηλό κόστος και πολύ υψηλή πιστότητα αναπαραγωγής, γιατί πραγματοποιούνται συχνοί ποιοτικοί έλεγχοι στα δείγματα.



Εικόνα 4.1: Αναλογία μεταξύ κόστους και ποσότητας παραγωγής φακών επαφής από 4 μεθόδους κατασκευής. Κάθε μέθοδος παράγει φακούς με βάση τη χρονική τους αντικατάσταση. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αυτοματισμός της εκάστοτε μεθόδου, τόσο αυξάνεται η ποσότητα, ενώ το κόστος μειώνεται σημαντικά (Lightstream Technology – Dailies, Ciba Vision) [27-34].

#### 4.2.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά των φακών επαφής

Οι μαλακοί φακοί επαφής παρουσιάζουν μια αλληλεξάρτηση μεταξύ διαμέτρου και πρωτεύουσας βασικής καμπυλότητας. Κάθε φακός επαφής έχει μια διάμετρο ή διάμετρο χορδής, που αντιπροσωπεύει το πλάτος του ή το μέγεθος από το χείλος του φακού ως το απέναντι χείλος. Η μέτρησή της γίνεται στο επίπεδο της περιφέρειας του φακού. Ως πρωτεύουσα βασική καμπυλότητα (ΟΚΚ ή οπίσθια κεντρική καμπυλότητα) του φακού ορίζεται η καμπυλότητα του κέντρου της οπίσθιας επιφάνειας, η οποία περιγράφεται με μια σειρά από σφαιρικές ή σχεδόν σφαιρικές ζώνες. Οι δευτερεύουσες, τριτεύουσες (και ούτω καθεξής) ζώνες, ονομάζονται διαδοχικές δακτυλιοειδείς ζώνες όσο απομακρυνόμαστε διαδοχικά από το κέντρο.

Η πρωτεύουσα βασική καμπυλότητα και όλες οι άλλες καμπυλότητες ενός φακού, μπορούν να εκφραστούν με την ακτίνα καμπυλότητας σε χιλιοστά και διοπτρίες. Σχεδιάζεται παραπλήσια με την καμπυλότητα της οπτικής ζώνης του κερατοειδή και η κεντρική ζώνη περιέχει τη διαθλαστική δύναμη του φακού, που αντιστοιχεί στην κεντρική μοίρα του κερατοειδή. Η μεταβολή οποιασδήποτε από τις δυο αυτές παραμέτρους, επηρεάζει τη σχετική επιπεδότητα (χαλαρή εφαρμογή) ή την κυρτότητα (σφιχτή εφαρμογή) του φακού. Με λίγα λόγια, η αύξηση της διαμέτρου του φακού ή η ελάττωση της ακτίνας της βασικής καμπυλότητας, θα έχει ως αποτέλεσμα μια σφιχτή εφαρμογή, ενώ η ελάττωση της διαμέτρου ή η αύξηση της ακτίνας της βασικής καμπυλότητας του φακού, θα έχει ως αποτέλεσμα μια χαλαρή εφαρμογή [16].

Σημαντικούς παράγοντες αποτελούν, επίσης, η οπτική ζώνη, το πάχος του φακού επαφής, η δύναμη και ο σφαιρικός ή ασφαιρικός σχεδιασμός του. Στην οπτική ζώνη κυρίαρχο

ρόλο παίζει η διάμετρος της κόρης. Οι φακοί επαφής που έχουν μεγάλο πάχος παρουσιάζουν μεγαλύτερη κινητικότητα σε σχέση με τους λεπτούς, εξαιτίας της μεγαλύτερης αλληλεπίδρασης του φακού επαφής με τα βλέφαρα.

Σχετικά με την δύναμη του φακού υπάρχει μια μεταβλητή, η απόσταση Vertex, που αποτελεί γνώμονα για οποιαδήποτε μεταβολή. Ο διορθωτικός φακός θα πρέπει να έχει συγκεκριμένη δύναμη και να βρίσκεται πάντα σε συγκεκριμένη απόσταση από τον οφθαλμό. Όταν μεταβάλλεται η απόσταση αυτή, θα πρέπει να μεταβάλλεται ανάλογα και η δύναμη. Εάν ένας αρνητικός φακός πλησιάζει προς το μάτι, η δύναμή του θα πρέπει να μειωθεί, ενώ όταν ένας θετικός φακός πλησιάζει προς το μάτι, η δύναμή του θα πρέπει να αυξηθεί. Αυτό έχει ιδιαίτερη βαρύτητα όταν πρόκειται για δύναμη 4 διοπτριών και πάνω.

Όταν ένας ασθενής έχει μια συνταγή σφαιροκυλινδρική που έχει κύλινδρο μικρότερο ή ίσο με 0,75 διοπτρίες, τότε χρησιμοποιείται το σφαιρικό ισοδύναμο αναλύεται παρακάτω) για την επιλογή του κατάλληλου φακού επαφής ως προς την δύναμη.

Τέλος, υπάρχει ο σφαιρικός και ο ασφαιρικός σχεδιασμός των φακών επαφής, που ακολουθεί την αντίστοιχη λογική των οφθαλμικών φακών [34].

Σφαιρικό ισοδύναμο: Όταν για κάποιο λόγο πρέπει να αποφευχθεί η χρήση τορικού φακού επαφής, υπολογίζεται το σφαιρικό ισοδύναμο της σφαιροκυλινδρικής συνταγής, προσθέτοντας στις διοπτρίες του σφαιρώματος τις μισές διοπτρίες του κυλίνδρου.

#### **4.2.5 Ιδιότητες των μαλακών φακών επαφής**

Ένα υλικό, για να θεωρηθεί κατάλληλο για την κατασκευή μαλακών φακών επαφής, πρέπει να έχει κάποιες προδιαγραφές, οι οποίες είναι:

- Ασφάλεια
- Βιοσυμβατότητα
- Έλλειψη τοξικότητας
- Φυσική και χημική σταθερότητα
- Ανθεκτικότητα
- Εύκολη παραγωγή και επεξεργασία
- Καλή διαβροχή
- Επαρκής αντίσταση στις εναποθέσεις
- Παροχή καλύτερης δυνατής όρασης
- Προσιτή τιμή

Υλικό που να καλύπτει όλα αυτά τα κριτήρια δεν υπάρχει, οπότε τα σημερινά υλικά προσπαθούν να συνδυάσουν κάποια από τα πιο πάνω χαρακτηριστικά.

## Συντελεστής ελαστικότητας

Ορίζεται ως η ικανότητα ενός υλικού να διατηρεί το σχήμα του κατά την εφαρμογή. Οι λιγότερο εύκαμπτοι φακοί επαφής κατασκευάζονται από υλικά με μεγάλο συντελεστή ελαστικότητας, ενώ οι πιο εύκαμπτοι φακοί επαφής κατασκευάζονται από υλικά με χαμηλό συντελεστή ελαστικότητας. Οι φακοί σιλικόνης υδρογέλης έχουν πολύ μεγαλύτερο συντελεστή ελαστικότητας (λόγω της σιλικόνης) σε σχέση με τους κλασικούς φακούς υδρογέλης. Προσφέρουν καλύτερη οπτική οξύτητα, ευκολία τοποθέτησης και αφαίρεσης κατά την εφαρμογή και, γενικότερα, καλύτερο χειρισμό. Ένα μειονέκτημά τους, είναι πως ο χρήστης αισθάνεται τον φακό επαφής πιο παχύ σε σχέση με έναν φακό υδρογέλης, ενώ απαιτείται και περισσότερη δύναμη κατά την αφαίρεσή τους.

Σημαντική ιδιότητα των υλικών μαλακών φακών επαφής, αποτελεί και η αντοχή στον εκφυλισμό, δηλαδή, ο φακός μπορεί να διπλώνει και έπειτα να επιστρέφει στο αρχικό του σχήμα χωρίς να υποστεί αλλοίωση.

## Συντελεστής τριβής

Τριβή είναι η αντίσταση που προβάλλουν οι κινήσεις των βλεφάρων πάνω στην επιφάνεια του φακού επαφής κατά την διάρκεια του βλεφαρισμού. Οι ιδιότητες της τριβής ενός φακού επαφής περιγράφονται με τον όρο «συντελεστής τριβής». Αυτός ο παράγοντας επηρεάζεται από παράγοντες όπως: το πόσο λείες είναι η επιφάνειες, η περιεκτικότητα του φακού σε νερό και ο ρυθμός που δημιουργούνται οι εναποθέσεις. Μελέτες έδειξαν ότι η άνεση του φακού επαφής ενισχύεται όταν υπάρχει χαμηλός συντελεστής τριβής.

Προβλήματα που μπορεί να προκαλέσει ένα υλικό με μεγάλο συντελεστή τριβής, είναι οι επιθηλιακές αποπτώσεις και η στίξη του επιθηλίου. Φακοί επαφής με υψηλό δείκτη τριβής δεν ενδείκνυνται για χρήση σε οφθαλμούς με ευαισθησία σε επιπεφυκίτιδες και βλεφαρίτιδες.

Οι φακοί υδρογέλης έχουν πολύ χαμηλό συντελεστή τριβής και εάν καθαρίζονται επιμελώς, συντηρούνται κατάλληλα και εφαρμόζονται σωστά, προκαλούν ελάχιστα οφθαλμικά προβλήματα τριβής στο μάτι.

Τα υλικά σιλικόνης υδρογέλης, αφού πρώτα μείωσαν το ποσοστό της σιλικόνης και αύξησαν την περιεκτικότητα σε νερό, έτυχαν καλύτερης άνεσης στην εφαρμογή. Το υλικό τους είχε μαλακή υφή με κύριο σκοπό την εξαφάνιση των παρενεργειών που αναφερθήκαν πιο πάνω. Για να αυξηθεί η διαπερατότητα του οξυγόνου, τα πρώτα υλικά σιλικόνης υδρογέλης είχαν μεγάλο ποσοστό σιλικόνης και μικρή περιεκτικότητα σε νερό, με αποτέλεσμα οι φακοί σιλικόνης υδρογέλης να είναι πιο άβολοι σε σχέση με τους φακούς υδρογέλης και να προσφέρουν μειωμένη άνεση λόγω της τριβής.

## Ιονικότητα

Η ηλεκτρική φόρτιση στα υλικά των μαλακών φακών επαφής είναι αποτέλεσμα των ηλεκτρικά φορτισμένων ομάδων στην χημική ένωση των υλικών τους. Τις περισσότερες φορές το φορτίο είναι αρνητικό. Αυτή η ιδιότητα είναι πολύ σημαντική στους υδρόφιλους



φακούς, καθώς επηρεάζει κατά πόσο οι φακοί επαφής είναι συμβατοί με το υγρό καθαρισμού τους και κατά πόσο είναι δυνατή η δημιουργία εναποθέσεων στο φακό. Τα δάκρυα δημιουργούν θετικές εναποθέσεις στο φακό, με αποτέλεσμα να έλκονται από το αρνητικό φορτίο των ιονικών υλικών.

### Περιεκτικότητα σε νερό

Η υδροφιλία ενός φακού είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας και ορίζει την περιεκτικότητα σε νερό που μπορεί να απορροφήσει ή να κρατήσει ένας φακός επαφής. Όσο πιο υδρόφιλος είναι ένας φακός, τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητά του να διατηρεί ομοιόμορφα το νερό στην επιφάνειά του. Η περιεκτικότητα σε νερό μπορεί να βρεθεί αν διαιρέσουμε το βάρος του υγρού φακού μείον το βάρος του ξερού φακού με το βάρος του υγρού φακού επί το 100%. Επηρεάζεται από τη χρήση του φακού επαφής και το χρόνο. Αν, δηλαδή, ο φακός απομακρυνθεί από το υγρό συντήρησης, αρχικά θα χάσει το νερό που βρίσκεται μέσα στους πόρους του και έπειτα, εξαιτίας του χρόνου που βρίσκεται έξω από αυτό, θα αφυδατωθεί. Για την αποφυγή της αφυδάτωσης, θα πρέπει να δοθεί μεγάλη σημασία κυρίως στην ποιότητα και την ποσότητα δακρύων του χρήστη.

Σε περίπτωση ξηροφθαλμίας, χρησιμοποιούνται συνήθως φακοί επαφής με χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό. Παρατίθενται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτού του είδους φακών.

### Πλεονεκτήματα

- Δεν επηρεάζονται από περιβαλλοντικούς παράγοντες
- Υψηλότερος δείκτης διάθλασης (λεπτότεροι φακοί επαφής)
- Μεγαλύτερη αντοχή
- Δημιουργία λιγότερων εναποθέσεων

### Μειονεκτήματα

- Μικρότερη παροχή οξυγόνου στον κερατοειδή
- Μειωμένη άνεση κατά την εφαρμογή
- Μειωμένη κινητικότητα

Για να υπάρξει καλύτερη διαβίβαση οξυγόνου, απαιτούνται λεπτότεροι φακοί επαφής, δηλαδή φακοί επαφής με υψηλότερη περιεκτικότητα σε νερό, πράγμα που σημαίνει :

- Δυσκολία στο χειρισμό
- Πιο εύθραυστοι φακοί
- Εύκολη συσσώρευση εναποθέσεων

Τα υδρόφιλα υλικά έχουν μια ξεχωριστή ικανότητα να επανέρχονται στην ενυδατωμένη τους μορφή, ακόμα και αν έχουν υποστεί αφυδάτωση. Ο φακός θα στεγνώσει σταδιακά αν βρεθεί έξω από υγρό περιβάλλον (υγρό συντήρησης / οφθαλμοί) και θα πάρει τη σκληρή του μορφή (δηλαδή τη μορφή που είχε όταν βγήκε από την μέθοδο του τόνου) ή θα παραμορφωθεί (αν είναι κατασκευασμένος από χύτευση περιστροφής ή καλουπιού). Πάραυτα, σε περίπτωση που δεν έχει σπάσει, σκιστεί ή ραγίσει, ο φακός μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί.

#### Διαπερατότητα και μεταβιβαστικότητα οξυγόνου

Η διαπερατότητα οξυγόνου (P) ενός υλικού, είναι η φυσική ιδιότητα του υλικού που περιγράφει την ικανότητά του να διαπερνάται από το οξυγόνο και περιγράφεται από τη σχέση  $P=Dk$ . Η διαπερατότητα σε οξυγόνο έχει ως μονάδα μέτρησης το Barrer και είναι ανάλογη με τη θερμοκρασία (όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία, τόσο υψηλότερο είναι το Dk). Η μέτρησή της γίνεται στους 35°C, κοντά, δηλαδή, στη φυσιολογική θερμοκρασία του κερατοειδή. Αναλογικά έχει σχέση και με το pH.

$Dk \hat{=}$  διαπερατότητα του οξυγόνου

$D \hat{=}$  συντελεστής διάχυσης (το μέτρο για το πόσο γρήγορα κινούνται τα ελεύθερα μόρια του οξυγόνου μέσα στο υλικό)

$k \hat{=}$  συντελεστής διαλυτότητας (αριθμός διαλυμένων μορίων του οξυγόνου στο υλικό).

Αξίζει να σημειωθεί ότι: στους φακούς υδρογέλης όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα σε νερό, τόσο μεγαλύτερη και είναι η διαπερατότητα του οξυγόνου.

Η μεταβιβαστικότητα οξυγόνου είναι ιδιότητα ενός φακού επαφής συγκεκριμένου πάχους και εκφράζει το ποσό οξυγόνου που το διαπερνά για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και διαφορά πίεσης. Μετράται σε Barrer. Αντιπροσωπεύεται από την σχέση  $Dk/t$  όπου t είναι το πάχος του φακού με μέσο όρο τιμών πάχους ενός φακού επαφής με δύναμη -3,00 διοπτριών (dpt). Όσο πιο παχύς είναι ένας φακός, τόσο μικρότερη μεταβιβαστικότητα έχει, γιατί αφήνει λιγότερο οξυγόνο να περάσει στον κερατοειδή (συγκριτικά με έναν λεπτότερο).

Σε φακούς με υλικό HEMA η μεταβιβαστικότητα οξυγόνου με την περιεκτικότητα σε νερό είναι σχεδόν αναλογική, γεγονός που μας δείχνει ότι η μεταβιβαστικότητα οξυγόνου είναι μια ασταθής χρονικά ιδιότητα που συνδέεται με την πιθανή αφυδάτωση του φακού κατά τη χρήση.

Οι φακοί υδρογέλης με μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό γύρω στο 70% σπάνια θα ξεπεράσουν τα 30 Barrer/cm. Την υψηλότερη μεταβιβαστικότητα οξυγόνου έχουν οι φακοί σιλικόνης με  $Dk$  340 Barrer. Ακολουθούν οι φακοί σιλικόνης υδρογέλης από 60-140 Barrer.

Στα υλικά σιλικόνης – υδρογέλης, σε αντίθεση με τα υλικά υδρογέλης, η διαπερατότητα οξυγόνου μειώνεται με την αύξηση της περιεκτικότητας σε νερό, διότι η αυξημένη περιεκτικότητα σε νερό επιτυγχάνεται με μείωση του ποσοστού σιλικόνης στο υλικό. Αυτό, βέβαια, μέχρι ένα ποσοστό της τάξης του 50%. Από εκεί και πάνω η αυξημένη

περιεκτικότητα σε νερό οφείλεται στο αυξημένο ποσοστό υδρογέλης που συνεπάγεται μια αντίστοιχη αύξηση στη διαπερατότητα οξυγόνου [27].

### 4.3 Προστασία UV και φακοί επαφής

Σε αυτήν την ενότητα θα αναφερθεί για ποιο λόγο πρέπει:

- να εφαρμόζονται φακοί επαφής με φίλτρα UV (όχι μόνο το καλοκαίρι αλλά κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου)
- να χρησιμοποιούνται, εκτός από καπέλο με γείσο, γυαλιά ηλίου και οι φακοί επαφής με προστασία από τη UV ακτινοβολία
- οι οπτικοί-οπτομέτρες και οι οφθαλμίατροι να προωθούν στους χρήστες φακών επαφής, φακούς με προστασία από τη UV ακτινοβολία ως καλύτερη λύση για την προστασία των ματιών από την υπεριώδη ακτινοβολία (συγκριτικά με τους φακούς επαφής χωρίς προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία).

Επιπλέον, αναφέρεται η έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον καθηγητή James Wolffsohn, αποδεικνύοντας ότι οι χρήστες φακών επαφής που φορούν φακούς επαφής με προστασία από τη UV ακτινοβολία, έχουν διαφορά στην πυκνότητα της χρωστικής ουσίας της ωχράς κηλίδας συγκριτικά με αυτούς που φορούσαν απλούς φακούς επαφής. Επίσης, υπάρχει ένδειξη καθυστέρησης στην εμφάνιση της πρεσβυωπίας.

#### 4.3.1 UV προστασία όλο το χρόνο

Μια πρόσφατη έρευνα που δημοσιεύτηκε, έδειξε ότι οι χρήστες φακών επαφής, σε ποσοστό 65 %, ανησυχούν για την προστασία των ματιών τους από τις βλαβερές ακτίνες UV, αλλά μόνο το 6% θεωρεί ότι χρειάζεται προστασία σε μια συνεφιασμένη μέρα. Το 90% δηλώνει πως πιστεύει ότι εκτίθεται στην υπεριώδη ακτινοβολία μόνο το καλοκαίρι. Πάραυτα, είναι αποδεδειγμένο ότι η έκθεση σε αυτήν μπορεί να είναι σημαντικά επικίνδυνη κατά την διάρκεια όλου του χρόνου και οι ώρες μέγιστης έκθεσης στον ήλιο που βλάπτουν τα μάτια είναι διαφορετικές από εκείνες που βλάπτουν το δέρμα [35].

Κατά την διάρκεια του χειμώνα, οι κίνδυνοι της UV ακτινοβολίας υπάρχουν (με το 50% αυτής να διαχέεται από έμμεσες πηγές όπως οι ανακλάσεις από το πάγο και το χιόνι). Οι ακτίνες UV μπορούν όχι μόνο να διαπερνούν τα σύννεφα, αλλά και να αντικατοπτρίζονται σε όλες τις επιφάνειες κάτω από οποιοσδήποτε καιρικές συνθήκες. Νέα έρευνα δείχνει ότι τα

μάτια είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στην υπεριώδη ακτινοβολία νωρίς το πρωί και αργά το απόγευμα [35].

Οι εφαρμοστές φακών επαφής θα πρέπει να υπενθυμίζουν στους χρήστες ότι η προστασία από την UV ακτινοβολία είναι σημαντική για την υγεία των οφθαλμών. Σε πολλά χειμερινά αθλήματα που γίνονται στο χιόνι, οι οφθαλμοί εκτίθενται σε μεγαλύτερα επίπεδα υπεριώδους ακτινοβολίας από τα συνηθισμένα. Επειδή το χιόνι αντανακλά περισσότερο από το 80% της UV ακτινοβολίας, η αντανακλώμενη ακτινοβολία μπορεί να αποβεί πιο επικίνδυνη από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, επειδή οι άνθρωποι συνηθίζουν να κοιτάζουν προς τα κάτω, παρά προς τα πάνω, με αποτέλεσμα το φως να αντανακλάται κατευθείαν μέσα στα μάτια τους.

Επίσης, σε μεγάλο υψόμετρο απορροφάται μικρότερο μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα. Μια ώρα έκθεσης σε UV ακτινοβολία που αντανακλάται από το χιόνι σε μεσημεριανή ώρα, είναι αρκετή για την πρόκληση φωτοτραυματικής κερατίτιδας ή αλλιώς τύφλωσης χιονιού. Η UV ακτινοβολία, εκτός από την παραπάνω ασθένεια, έχει συνδεθεί και με μια πιο σοβαρές παθήσεις, όπως: εκφύλιση της ωχράς κηλίδας, καταρράκτης. Τα αποτελέσματα μιας πρόσφατης πιλοτικής έρευνας, δείχνουν ότι οι χρήστες των φακών επαφής με προστασία από την UV ακτινοβολία, μπορεί να έχουν βελτιωμένη την λειτουργία της προσαρμογής σε σχέση με τους χρήστες που φορούν απλούς φακούς. Ενδεχομένως οι UV- blocking φακοί επαφής μπορούν να καθυστερήσουν την εμφάνιση της πρεσβυωπίας.

Οι φακοί των γυαλιών οράσεως, συνήθως, παρέχουν μικρή προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία (κυρίως σε χαμηλά μήκη κύματος). Επίσης, τα γυαλιά που δεν εφαρμόζουν σωστά μπορούν να εκθέσουν τα μάτια στην UV ακτινοβολία από το πλαϊνό μέρος και από τις αντανακλάσεις στην οπίσθια επιφάνεια των φακών οράσεως. Την καλύτερη προστασία των ματιών από την υπεριώδη ακτινοβολία, παρέχει ο συνδυασμός χρήσης φακών επαφής με ενσωματωμένα φίλτρα προστασίας από την υπεριώδη ακτινοβολία και απορροφητικών γυαλιών οράσεως ή ηλίου. Έχει αποδειχτεί ότι οι φακοί επαφής με φίλτρο προστασίας από την υπεριώδη ακτινοβολία, βοηθούν στην προστασία των ματιών από την βλάβη που μπορεί να προκαλέσει ο ήλιος. Οι ιδιότητες του φίλτρου UV, βοηθούν στην παροχή προστασίας από τη μετάδοση της επιβλαβούς ακτινοβολίας στον κερατοειδή χιτώνα και στο εσωτερικό των οφθαλμών. Δεν προσφέρουν όλοι οι φακοί επαφής προστασία από την UV ακτινοβολία. Οι φακοί που απορροφούν την ακτινοβολία UV δεν αποτελούν υποκατάστατα των γυαλιών ηλίου, καθώς δεν καλύπτουν πλήρως τα μάτια και τη γύρω περιοχή.

#### **4.3.2 Η έρευνα και τα οφέλη των UV-blocking φακών**

Ο καθηγητής James Wolffsohn, πραγματοποίησε μια έρευνα για τους φακούς επαφής με φίλτρα UV, η οποία δημοσιεύτηκε το 2012 από το BCLA (British Contact Lens Association). Αυτή η μελέτη αποδεικνύει το σημαντικό ρόλο των φακών επαφής με προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία. [36]

Ο σκοπός της μελέτης, ήταν η εξέταση αναδρομικών αποτελεσμάτων της χρήσης φακών επαφής: στην προστασία από τις ακτίνες UV, στην οφθαλμική προσαρμογή και στη χρωστική ουσία της ωχράς κηλίδας. Το δείγμα που μελετήθηκε περιελάμβανε σαράντα προ-

πρεσβύωπες χρήστες, που είχαν φορέσει φακούς επαφής για τουλάχιστον 5 χρόνια. Οι είκοσι από αυτούς χρησιμοποίησαν φακούς με UV - blocking και οι άλλοι είκοσι χρησιμοποίησαν φακούς επαφής με ελάχιστες δυνατότητες αποκλεισμού των ακτινών UV. Η οφθαλμική υγεία των υποκειμένων της έρευνας αξιολογήθηκε με σχισμοειδή λυχνία βιομικροσκόπιας και μια κλίμακα διαβάθμισης. Η οφθαλμική προσαρμογή αξιολογήθηκε υποκειμενικά με το push-up τεστ και με καμπύλες αποεστίασης. Αντικειμενικές μετρήσεις για την απόκριση της οφθαλμική προσαρμογή ποσοτικοποιήθηκαν με ένα διαθλασίμετρο ανοικτού πεδίου και καθορίστηκε η οπτική πυκνότητα της χρωστικής ουσίας της ωχράς κηλίδας (Macular pigment optical density- MPOD).

Οι συμμετέχοντες ταξινομήθηκαν κατά ηλικία, φύλο, φυλή, δείκτη μάζας σώματος, διατροφή, τρόπο ζωής, έκθεση σε UV ακτινοβολία, διαθλαστικό σφάλμα και οπτική οξύτητα. Οπτική υγεία ( $p>0.05$ ), εύρος οφθαλμικής προσαρμογής ( $p=0.217$ ), εύρος καθαρής εστίασης ( $p=0.783$ ), και αντικειμενικό ερέθισμα καμπύλης απόκρισης ( $p=0.185$ ), ήταν στατιστικά όμοια για όλους τους συμμετέχοντες, ανεξάρτητα αν είχαν φορέσει απλούς φακούς επαφής ή φακούς επαφής με UV - blocking. Η ομάδα των χρηστών φακών επαφής με UV - blocking, έδειξαν μεγαλύτερη προσαρμοστική ανταπόκριση συγκριτικά με την ομάδα των χρηστών απλών φακών επαφής ( $0.25 \pm 0.15$  διοπτρίες). Παρόλα αυτά, η οπτική πυκνότητα της χρωστικής ουσίας της ωχράς κηλίδας (MPOD) ήταν σημαντικά μεγαλύτερη ( $p=0.014$ ) σε μάτια που είχαν φορεθεί φακοί επαφής με UV - blocking ( $0.41 \pm 0.13$ ) συγκριτικά με τα μάτια στα οποία είχαν φορεθεί φακοί επαφής χωρίς υλικό αποκλεισμού ακτινών UV ( $0.33 \pm 0.15$ ).

Από αυτήν την έρευνα, προέκυψε ότι η προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία με χρήση φακών επαφής που έχουν φίλτρο UV, είναι επωφελής στη διατήρηση της οπτικής πυκνότητας της χρωστικής της ωχράς κηλίδας (κατά μέσο όρο 23% περισσότερη) και, επίσης, υπάρχουν ενδείξεις για ενδεχόμενη καθυστέρηση εμφάνισης πρεσβυωπίας.

Με λίγα λόγια, στην έρευνα έγινε σύγκριση χρηστών που φορούσαν φακούς επαφής με προστασία UV, με χρήστες που φορούσαν απλούς φακούς. Η εκτίμηση έγινε μετά από χρήση 5 ετών. Από τα αποτελέσματα της έρευνας προκύπτει ως συμπέρασμα ότι υπάρχει διαφορά στην πυκνότητα της χρωστικής ουσίας της ωχράς κηλίδας (Macular Pigment Density, MPD) και υπάρχουν ενδείξεις καθυστέρησης στην εμφάνιση της πρεσβυωπίας. [36, 37]

#### 4.3.3 Ο ρόλος των UV φακών επαφής

Οι UV-blocking φακοί επαφής παίζουν σημαντικό ρόλο στην προστασία των ματιών από τους κινδύνους της μακροπρόθεσμης έκθεσης στην υπεριώδη ακτινοβολία. Είναι γνωστό εδώ και χρόνια πως η έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει μακροπρόθεσμες αλλά και βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις στον οφθαλμό. Ειδικότερα, ένα αυξανόμενο σύνολο επιδημιολογικών ενδείξεων έχει συσχετίσει τη χρόνια έκθεση στη UV ακτινοβολία με ένα φάσμα οφθαλμολογικών παθήσεων συμπεριλαμβανομένων τον καρκίνο των βλεφάρων, το πτερύγιο, τις κερατοπάθειες, το καταρράκτη και ενδεχομένως παθήσεις του αμφιβληστροειδή χιτώνα όπως η ηλιακή εκφύλιση της ωχράς κηλίδας. Ενώ δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η χρόνια προστασία του οφθαλμού από την υπεριώδη ακτινοβολία έχει ως αποτέλεσμα την διατήρηση της υγιούς όρασης, δεν υπήρξε ενδιαφέρον από τους οπτικούς – οπτομέτρους ή τους οφθαλμιάτρους για την προστασία των ματιών από την υπεριώδη ακτινοβολία. Για παράδειγμα, οι UV-blocking φακοί είναι διαθέσιμοι εδώ και 10 χρόνια, αλλά, συνήθως, δε συγκαταλέγεται στα θετικά για την προώθηση αυτού του είδους φακών

επαφής. Επιπλέον, η ποικιλία των UV-blocking φακών είναι μικρή και οι οπτικοί - οπτομέτρες, όπως και οι οφθαλμίατροι, έχουν άλλα κριτήρια για την επιλογή των φακών επαφής.

Ο πρώτος φακός με προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία ήταν από υλικό υδρογέλης, ενώ, σήμερα, η UV προστασία παρέχεται και σε φακούς από υλικό σιλικόνης – υδρογέλης, καθώς και σε αεροδιαπερατούς σκληρούς φακούς. Με ένα ευρύτερο σύνολο επιλογών, οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να συνταγογραφήσουν πιο ευκολότερα φακούς επαφής με προστασία στην υπεριώδη ακτινοβολία.

Για τη μέγιστη δυνατή προστασία των ματιών, θα πρέπει γίνεται χρήση καπέλων με γείσο και, φυσικά, γυαλιών ηλίου. Πολλοί δε χρησιμοποιούν αυτά τα εξαρτήματα, με αποτέλεσμα να δέχονται τις συνέπειες, ενώ, η πλειοψηφία τους, δεν έχει επίγνωση ότι ακόμη και με τη χρήση τους, δεν παρέχουν πάντα επαρκή προστασία. Τα γυαλιά ηλίου συχνά αποτυγχάνουν να παρέχουν επαρκή προστασία, επειδή ένα μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας εισέρχεται στους οφθαλμούς από το πάνω και το κάτω μέρος, καθώς από και τα πλαϊνά των γυαλιών. Ως εκ τούτου, το ποσοστό της προστασίας που μπορεί να προσφέρει ένα ζευγάρι γυαλιών ηλίου καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα του φακού, το σχεδιασμό του σκελετού και την εφαρμογή πάνω στο πρόσωπο. Στη χειρότερη περίπτωση τα γυαλιά ηλίου (κυρίως τα μη απορροφητικά) μπορούν όχι μόνο να μην προστατεύσουν τα μάτια, αλλά και να κάνουν κακό, καθώς γυαλιά ηλίου που αναστέλλουν τους φυσικούς μηχανισμούς προστασίας του ματιού από την υπεριώδη ακτινοβολία, μπορεί να αυξήσουν την ποσότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας που φτάνει στις εσωτερικές δομές του οφθαλμού.

Οι UV-blocking φακοί επαφής προσφέρουν μια βιώσιμη επιλογή για την προστασία του ματιού από την υπεριώδη ακτινοβολία. Για να επιτευχθεί η μέγιστη προστασία για τους οφθαλμούς, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι UV-blocking φακοί επαφής, το καπέλο με το γείσο και τα γυαλιά ηλίου ταυτόχρονα, έτσι ώστε να προστατεύεται ολόκληρη η επιφάνεια του ματιού και η περιοχή γύρω από τα μάτια,. Φυσικά, είναι σχεδόν απίθανο οι άνθρωποι που δε χρησιμοποιούν διορθωτικούς φακούς επαφής να αρχίσουν να χρησιμοποιούν φακούς με UV προστασία για να προστατεύσουν καλύτερα τα μάτια τους.

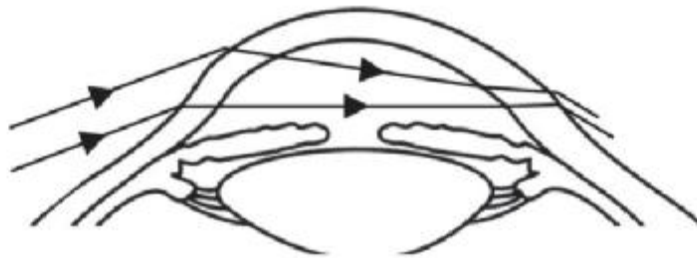
Με την αποτελεσματικότητα της UV-blocking προστασίας έχει ασχοληθεί το American National Standards Institute (ANSI) πρότυπο Z80.20, όπου η FDA (*Food and Drug Administration* U.S.) δημιούργησε δυο κατηγορίες UV-blocking φακών επαφής με βάση την αποτελεσματικότητά τους: την Class I και την Class II.

Η κατηγορία Class I πρέπει να απορροφά περισσότερο από το 90% της UVA (316-380nm) και το 99% της UVB (280-315nm). Αυτά τα κριτήρια έχουν εγκριθεί επίσης από την American Optometric Association (AOA), που προσφέρει σφραγίδα έγκρισης για ειδικούς φακούς. Η Class I συνίσταται για περιβαλλοντικές συνθήκες με υψηλές τιμές υπεριώδους ακτινοβολίας, όπως είναι τα βουνά ή οι παραλίες. Η κατηγορία Class II φακών επαφής, οι οποίοι προτείνονται από την FDA ως φακοί γενικού σκοπού, μπλοκάρουν πάνω από το 70% της UVA και το 95% της UVB ακτινοβολίας.

Οι απλοί φακοί επαφής μπλοκάρουν μια μικρή ποσότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας (έως και 10% της UVA και 30% της UVB), λόγω του πάχους των φακών και των ιδιοτήτων των υλικών, αλλά αυτό δεν αρκεί για να προσφέρουν ουσιαστική προστασία.

Αν και τα γυαλιά ηλίου, ειδικότερα αν δεν έχουν σχεδιαστεί να καλύπτουν όλη την περιοχή του ματιού ( όπως για παράδειγμα τα γυαλιά ηλίου τύπου μάσκας), μπλοκάρουν λίγες από τις ακτίνες του ηλίου που προσπίπτουν στο μάτι από τα πλαϊνά του φακού.

Η περιφερική UV ακτινοβολία έχει καθιερωθεί από τον Corneo και τους συναδέλφους του ως ιδιαίτερη απειλή για την υγεία του οφθαλμού. Εξαιτίας του φαινομένου των περιφερικών ακτίνων εστίασης του φωτός (PLF), ο λοξός φωτισμός (συμπεριλαμβανομένων των UV ακτίνων) διαθλάται από τον περιφερικό κερατοειδή χιτώνα, με αποτέλεσμα να ταξιδεύουν σε όλο τον πρόσθιο θάλαμο και η εστίαση να γίνεται στο ρινικό σκληροκερατοειδές όριο, όπου υπάρχουν τα βλαστοκύτταρα του κερατοειδή (Εικόνα 4.2) [38].



**Εικόνα 4.2: Οι UV-blocking φακοί επαφής προσφέρουν προστασία από την επίδραση της PLF, στην οποία επικεντρώνεται περιφερικά προσπίπτον φως από τον κερατοειδή χιτώνα στο ρινικό σκληροκερατοειδές όριο [38].**

Αυτό το περιφερικό φως, έχει αποδειχτεί ότι διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην παθογένεση του πτερυγίου και του καταρράκτη. Δεδομένου ότι οι μαλακοί φακοί επαφής και οι σκληροί αεροδιαπερατοί καλύπτουν το μάτι μέχρι και το σκληροκερατοειδές όριο, είναι σε θέση να προστατεύσουν αυτήν την ζωτικής σημασίας περιοχή από την άμεση ακτινοβολία UV και το φαινόμενο PLF.

Επιπλέον, επειδή οι φακοί επαφής συνήθως εφαρμόζονται για μεγάλα χρονικά διαστήματα, παρέχουν συνεχή προστασία από τη UV ακτινοβολία, σε αντίθεση με τα γυαλιά ηλίου ή το καπέλο. Οι ασθενείς με διαθλαστικά σφάλματα είναι σχεδόν απίθανο να ξεχάσουν να φορέσουν τους φακούς τους.

Η προστασία UV θα πρέπει να είναι ένα από τα πολλά πράγματα που εξετάζονται κατά την επιλογή ενός φακού επαφής, ιδιαίτερα όσον αφορά τους ασθενείς που διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο από την έκθεση των οφθαλμών τους στην υπεριώδη ακτινοβολία. Καλό είναι, λοιπόν, πριν από την τελική επιλογή των φακών επαφής, να γίνεται ενημέρωση του χρήστη φακών επαφής για τη σημασία της οφθαλμικής προστασίας από τη UV ακτινοβολία και συζήτηση για τα πλεονεκτήματα της χρήσης των UV-blocking φακών, που είναι η πρώτη επιλογή διόρθωσης της όρασης σε ασθενείς υψηλού κινδύνου (όπως αναφέρει ο καθηγητής William L. Miller) [38].

Ομάδα αυξημένου κινδύνου αποτελούν άνθρωποι που ζουν σε εξαιρετικά ηλιόλουστες περιοχές ή εργάζονται σε εξωτερικούς χώρους. Οι βλαβερές συνέπειες της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι γνωστό ότι συσσωρεύονται καθόλη την διάρκεια της ζωής. Έτσι, οι φακοί επαφής με προστασία UV είναι μια εξαιρετική επιλογή για την διόρθωση της όρασης, κυρίως

για μικρότερης ηλικίας χρήστες που σκοπεύουν να κάνουν χρήση φακών επαφής για πολλά χρόνια.

Οι αφακικοί ασθενείς είναι μια άλλη υψηλού κινδύνου ομάδα που έχει ανάγκη την καλύτερη δυνατή προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία, εξαιτίας της απουσίας του κρυσταλλοειδή φακού (αποτελεί την πιο αποτελεσματική δομή για την απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας από τον οφθαλμό). Οι λειτουργίες του κερατοειδή σε συνδυασμό με αυτές του κρυσταλλοειδή φακού, δημιουργούν ένα σύστημα φιλτραρίσματος της υπεριώδους ακτινοβολίας στην πρόσθια επιφάνεια του οφθαλμού, απορροφώντας σχεδόν το 100% της UVC και κάποια ποσότητα της UVB.

Η λέπτυνση του κερατοειδή μειώνει την ποσότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας που μπορεί να απορροφηθεί από τον κερατοειδή, παράλληλα, όμως, οδηγεί στη μετάδοση πρόσθετης UV ακτινοβολίας μέσω του κερατοειδή χιτώνα στον κρυσταλλοειδή φακό, γεγονός που μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο εμφάνισης καταρράκτη. Λέπτυνση του κερατοειδή μπορεί να προκληθεί από κάποια ασθένεια εκτασίας του κερατοειδή (όπως ο κερατόκωνος) ή μετά από διαθλαστική επέμβαση (όπως η Lasik ή η PRK).

Το κόστος και ο χρόνος κατασκευής αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που θα μπορούσαν να περιορίσουν την περαιτέρω επέκταση των φακών επαφής με UV προστασία. Ωστόσο, καθώς οι χρήστες αρχίζουν να εξοικειώνονται με την επικινδυνότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας και οι μακροχρόνιες κλινικές μελέτες μας γνωστοποιούν περισσότερα στοιχεία σχετικά με το προστατευτικό αποτελέσματα αυτών των φακών, γίνεται εμφανές πως η UV προστασία πρέπει να αποτελέσει σημαντικό χαρακτηριστικό για όλους τους φακούς επαφής.

Μέχρι τότε, το κλειδί για την κατανόηση της ανάγκης για προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία, της χρησιμότητας των UV - blocking φακών και, συνεπώς, την υιοθέτησή τους από τους χρήστες, είναι η εκπαίδευση, η οποία θα πρέπει να επεκταθεί από τον οπτικό – οπτομέτρη ή τον οφθαλμίατρο στον χρήστη φακών επαφής.

Εν κατακλείδι, οι φακοί επαφής κατηγορίας Class I μπλοκάρουν αποτελεσματικά τουλάχιστον το 90% της UVA και το 99% της UVB ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια του ματιού και οι φακοί επαφής κατηγορίας Class II, το 70% της UVA και το 95% της UVB ακτινοβολίας. Οι φακοί επαφής μπλοκάρουν την υπεριώδη ακτινοβολία από όλες τις προσπίπτουσες γωνίες και είναι πιθανόν η εφαρμογή να διαρκεί από το πρωί μέχρι και όλη την νύχτα. Οι UV-blocking φακοί επαφής μπορούν να θεωρηθούν το βέλτιστο μέσο για την διόρθωση της όρασης (ειδικά για ασθενείς υψηλού κινδύνου, όπως: μικρά παιδιά, αφακικοί ασθενείς, ασθενείς με μικρό πάχος κερατοειδή και ασθενείς που εργάζονται σε εξωτερικούς χώρους ή ζουν σε εξαιρετικά ηλιόλουστες περιοχές).



<b>UV-ABSORBING CONTACT LENSES</b>	
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Classifications</b>
—	Class I (AOA seal of acceptance): absorb 90% UVA, 99% UVB
—	Class II: absorb 70% UVA, 95% UVB
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Particular advantages</b>
—	All-day protection
—	Protection of limbal stem cells
—	Prevention of PLF
<input checked="" type="checkbox"/>	<b>Protection for high-risk groups</b>
—	Patients in areas with intense solar UV
—	Patients working outside
—	Young patients
—	Aphakic patients
—	Thin corneas from disease or refractive surgery

**Εικόνα 4.3:** Περιληπτικά δοσμένες πληροφορίες για την απορρόφηση της UV από τους φακούς επαφής, τις κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται, ιδιαίτερα πλεονεκτήματα και προστασία που παρέχουν στις ομάδες υψηλού κινδύνου.

#### 4.4 Τεχνητά δάκρυα

Τα τεχνητά δάκρυα είναι ένα από τα δείγματα που θα επεξεργαστούν στην πειραματική διαδικασία που ακολουθεί, επειδή είναι ένα προϊόν που χορηγείται σε οφθαλμικές επιπλοκές όπως η ξηροφθαλμία. Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων θα φανεί αν προσφέρουν (σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό) κάποια προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία.

Τα τεχνητά δάκρυα είναι λιπαντικές οφθαλμικές σταγόνες που χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία της ξηρότητας και του ερεθισμού όταν αυτά σχετίζονται με την ανεπαρκή παραγωγή δακρύων (ξηροφθαλμία). Χρησιμοποιούνται, επίσης, για τη διαβροχή των φακών επαφής. Περιέχουν καρβοξυ μεθυλο κυτταρίνη, υδροξυ προπυλο μεθυλκυτταρίνη, υδροξυ προπυλο κυτταρίνη και υαλουρονικό οξύ. Περιέχουν, επίσης, νερό, άλατα και πολυμερή, αλλά δεν περιέχουν τις πρωτεΐνες που βρίσκονται στα φυσικά δάκρυα. Οι ασθενείς που τα χρησιμοποιούν συχνότερα από μία φορά κάθε τρεις ώρες, θα πρέπει να επιλέξουν ένα διάλυμα χωρίς συντηρητικά ή ένα με μη ερεθιστικά συντηρητικά. Συνήθως είναι η πρώτη θεραπεία για την ξηροφθαλμία. Οι ήπιες περιπτώσεις ξηροφθαλμίας, απαιτείται εφαρμογή τεχνητών δακρύων τέσσερις φορές την ημέρα. Στις σοβαρότερες περιπτώσεις, απαιτείται πιο επιθετική θεραπεία, όπως η χρήση τους δέκα έως δώδεκα φορές την ημέρα. Το μεγάλο πάχος των τεχνητών δακρύων ενδέχεται να θολώσει προσωρινά όραση.

Πιθανές αρνητικές επιπτώσεις της καρβοξυμεθυλοκυτταρίνης και παρόμοιων λιπαντικών ουσιών, μπορεί να είναι: πόνος του οφθαλμού, ερεθισμός, ερυθρότητα και διαταραχές της όρασης. Η χρήση θα πρέπει να διακόπτεται εάν παρατηρηθεί κάτι από τα

παραπάνω. Οι παρενέργειες της υδροξυπροπυλοκυτταρίνης είναι: υπεραιμία, φωτοφοβία, δυσφορία και ερεθισμός. Η μακροχρόνια χρήση των συντηρητικών που υπάρχουν σε ορισμένα τεχνητά δάκρυα, μπορεί να βλάψει το μάτι. Μια τεκμηριωμένη αντένδειξη των τεχνητών δακρύων είναι η υπερευαισθησία. [39]

#### 4.4.1 Ξηροφθαλμία

Το σύνδρομο ξηροφθαλμίας είναι ένα από τα πιο συχνά προβλήματα που αντιμετωπίζει ένας οφθαλμίατρος. Συνήθως προκαλείται λόγω κακής ποιότητας της δακρυϊκής στιβάδας που ενυδατώνει τον οφθαλμό.

Τα δάκρυα αποτελούνται από τρεις στιβάδες: τη βλεννώδη, την υδαρή και τη λιποειδή). Η (εσωτερική) βλεννώδης στιβάδα καλύπτει τον κερατοειδή χιτώνα (εξωτερική επιφάνεια του ματιού) δημιουργώντας μια χαμηλή συγκόλληση με αυτόν, ούτως ώστε το δάκρυ να παραμένει σταθερό επάνω στο μάτι. Η υδαρής στιβάδα (μεσαία στιβάδα) παρέχει την υγρασία και μεταφέρει οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά στον κερατοειδή χιτώνα. Αποτελείται κυρίως από νερό (98%), μικρές ποσότητες χλωριούχου νατρίου (αλάτι), πρωτεϊνών και άλλων συστατικών. Το εξωτερικό λιπώδες στρώμα δημιουργεί μια ελαιώδη μεμβράνη, η οποία καλύπτει τη δακρυϊκή στιβάδα και την προστατεύει από την εξάτμιση.

Τα δάκρυα δημιουργούνται σε πολλούς αδένες γύρω από το μάτι. Το υδάτινο στρώμα παράγεται στο δακρυϊκό αδέν, που βρίσκεται στη βάση του άνω βλεφάρου. Πολλοί μικροί αδένες ανάμεσα στα τοιχώματα των βλεφάρων παράγουν το ελαιώδες στρώμα. Με κάθε βλεφαρισμό, τα βλέφαρα απλώνουν τα δάκρυα επάνω στο μάτι. Η περίσσεια ποσότητα δακρύων κυλά προς τους δύο μικρούς πόρους στην άκρη του οφθαλμού κοντά στη μύτη. Αυτοί οι πόροι οδηγούν στα δακρυϊκά σωληνάκια, τα οποία καταλήγουν στη ρινική κοιλότητα. Η επικοινωνία μεταξύ των δακρυϊκών πόρων και της ρινικής κοιλότητας είναι ο λόγος για τον οποίο κατά τη διάρκεια του κλάματος, υπάρχει ροή δακρύων από τη μύτη.

Εκτός από την ενυδάτωση του ματιού, η παραγωγή των δακρύων αποτελεί αντανακλαστικό σε εξωτερικά ερεθίσματα, όπως τραύματα ή έντονο συναίσθημα. Εντούτοις, τα αντανακλαστικά δάκρυα προκαλούν μικρή ανακούφιση της ξηροφθαλμίας και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο ακόμα και με δακρυσμένα μάτια μπορεί κάποιος να νιώθει ερεθισμό.

Το σύνδρομο ξηροφθαλμίας έχει πολλές αιτίες. Μια από τις πιο συχνές είναι η διαδικασία γήρανσης. Με το πέρασμα των χρόνων, το σώμα παράγει λιγότερες λιπαρές ουσίες (σε ηλικία 65 ετών παράγονται 60% λιγότερες λιπαρές ουσίες συγκριτικά με εκείνες που παραγότουσαν στην ηλικία των 18 ετών). Αυτό είναι περισσότερο εμφανές στις γυναίκες, επειδή τείνουν να έχουν ξηρότερο δέρμα συγκριτικά με εκείνο των ανδρών. Η δακρυϊκή στιβάδα προσβάλλεται από την έλλειψη λιπαρών ουσιών, χωρίς τις οποίες μικραίνει το πάχος της λιποειδούς στιβάδας των δακρύων, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την ταχύτερη εξάτμιση των δακρύων και, πιθανώς, την ελλιπή διαβροχή ορισμένων περιοχών του κερατοειδή. Άλλοι παράγοντες που συντελούν στην πρόκληση ξηροφθαλμίας, είναι: η ζέστη, η ξηρασία, ο αέρας, το μεγάλο υψόμετρο, ο καπνός του τσιγάρου και η πολύωρη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών χωρίς ενδιάμεσα διαλείμματα (Κατά τη χρήση του υπολογιστή, ελαττώνεται η συχνότητα των βλεφαρισμών. Συχνά διαλείμματα για βλεφαρισμό, προσφέρουν ενυδάτωση και απαλλάσσουν από τα συμπτώματα).

Οι χρήστες φακών επαφής μπορεί, επίσης, να υποφέρουν από ξηροφθαλμία, διότι οι φακοί επαφής απορροφούν κάποια ποσότητα δακρύων (έτσι ώστε να παραμείνουν ενυδατωμένοι), δημιουργώντας μακροχρόνιο σχηματισμό πρωτεϊνικών ιζημάτων στο φακό επαφής. Τέλος, ορισμένα φάρμακα, προβλήματα του θυρεοειδούς αδένος, έλλειψη βιταμίνης Α, εμμηνόπαυση (λόγω ορμονικών αλλαγών), η νόσος του Parkinson και το σύνδρομο Sjogren, μπορούν, επίσης, να προκαλέσουν ξηροφθαλμία.

#### Συμπτώματα

- ο Ενόχληση
- ο Καύσος
- ο Ερυθρότητα
- ο Φαγούρα
- ο Θολή όραση που βελτιώνεται με τον βλεφαρισμό
- ο Υπερβολική ποσότητα δακρύων
- ο Αύξηση των συμπτωμάτων μετά το διάβασμα την τηλεόραση ή την δουλειά στον υπολογιστή

Μία θεραπευτική προσέγγιση, είναι η χρήση τεχνητών δακρύων. Όσον αφορά την ενυδάτωση, καλό είναι να αναφερθεί πως το κάθε περιστατικό θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ξεχωριστή περίπτωση, ανάλογα με την κατάσταση της δακρυϊκής στιβάδας (και γενικότερα των οφθαλμών) του κάθε ασθενή. Υπάρχουν διάφορες μορφές σκευασμάτων, όπως, για παράδειγμα, υδατώδη σκευάσματα για προσωρινή ανακούφιση των συμπτωμάτων ή σκευάσματα με πιο πηχτή σύσταση (για να προσκολλώνται στον οφθαλμό και να προσφέρουν ανακούφιση μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας). Τα τεχνητά δάκρυα που δεν περιέχουν συντηρητικά χορηγούνται συχνότερα, διότι προσφέρουν ανακούφιση χωρίς την πρόκληση επιπλέον ερεθισμών [40].



**Εικόνα 4.4: Τεχνητά δάκρυα**

## 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Πειραματική διαδικασία

Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας, θα παρουσιαστεί το πείραμα που πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο για τη μέτρηση της προστασίας που παρέχουν οι οφθαλμικοί φακοί οράσεως, οι οφθαλμικοί φακοί ηλίου, οι φακοί επαφής και τα τεχνητά δάκρυα. Σκοπός του πειράματος, είναι η κατανόηση της αποτελεσματικότητας των δειγμάτων για την προστασία των οφθαλμών από την υπεριώδη, καθώς και τη μεγάλης έντασης ηλιακή ακτινοβολία.

Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν, περιλαμβάνουν: 6 οφθαλμικούς φακούς οράσεως, 13 οφθαλμικούς φακούς ηλίου, 9 φακούς επαφής και 1 δείγμα τεχνητών δακρύων. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν διαδοχικά στο φασματοφωτόμετρο (οι φακοί επαφής και το δείγμα τεχνητών δακρύων τοποθετήθηκαν στο μηχάνημα μέσα σε μία κυνελίδα με αμελητέα απορροφητικότητα στην ακτινοβολία των μικρών κύματος που μελετήθηκαν), έτσι ώστε να ληφθούν μετρήσεις που αφορούν την απορρόφηση υπεριώδους – ορατού φωτός για το κάθε δείγμα ξεχωριστά.

### Δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν

#### 1. Φακοί ηλίου

Δείγμα 1a: Φακός ηλίου, plano (χωρίς διόρθωση), ανεπίστρωτος (χωρίς επιστρώσεις), απορροφητικός.

Υλικό κατασκευής	CR-39
Χρώμα	Καφέ
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Gradient
Κατάσταση φακού	Καινούριος
Σημείο μέτρησης	Σκουρόχρωμη πλευρά

Δείγμα 1b: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, απορροφητικός.

Υλικό κατασκευής	CR-39
Χρώμα	Καφέ
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Gradient
Κατάσταση φακού	Καινούριος
Σημείο μέτρησης	Ανοιχτόχρωμη πλευρά

Δείγμα 2a: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, μη απορροφητικός.

Υλικό κατασκευής	CR-39
Χρώμα	Καφέ
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Gradient
Κατάσταση φακού	Καινούριος
Σημείο μέτρησης	Σκουρόχρωμη πλευρά

Δείγμα 2b: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, μη απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	CR-39
Χρώμα	Καφέ
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Gradient
Κατάσταση φακού	Καινούριος
Σημείο μέτρησης	Ανοιχτόχρωμη πλευρά

Δείγμα 3: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	Οργανικός
Χρώμα	Γκρι
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Πολωτικός
Κατάσταση φακού	Καινούριος

Δείγμα 4: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	Crown glass
Χρώμα	Πράσινο (G-15)
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Μονόχρωμος
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος

Δείγμα 5: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	CR-39
Χρώμα	Πράσινο (G-15)
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Μονόχρωμος
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος

Δείγμα 6: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	Crown glass
Χρώμα	Καφέ
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Μονόχρωμος
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος
Σημείο μέτρησης	Η δέσμη προσπίπτει πρώτα στην πρόσθια επιφάνεια («σωστή θέση»)

Δείγμα 6b: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	Crown glass
Χρώμα	Καφέ
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Μονόχρωμος
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος
Σημείο μέτρησης	Η δέσμη προσπίπτει πρώτα στην οπίσθια επιφάνεια («λάθος θέση»)

Δείγμα 7: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	CR-39
Χρώμα	Καφέ
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Μονόχρωμος
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος

Δείγμα 8: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	Crown glass
Χρώμα	Γκρι
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Μονόχρωμος
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος

Δείγμα 9a: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	CR-39
Χρώμα	Πορτοκαλί
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Gradient
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος
Σημείο μέτρησης	Σκουρόχρωμη πλευρά

Δείγμα 9b: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	CR-39
Χρώμα	Πορτοκαλί
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Gradient
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος
Σημείο μέτρησης	Ανοιχτόχρωμη πλευρά

Δείγμα 10a: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	CR-39
Χρώμα	Μωβ
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Gradient
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος
Σημείο μέτρησης	Σκουρόχρωμη πλευρά

Δείγμα 10b: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	CR-39
Χρώμα	Μωβ
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Gradient
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος
Σημείο μέτρησης	Ανοιχτόχρωμη πλευρά

Δείγμα 11a: Φακός ηλίου, plano, επιστρωμένος (κατοπτρική επίστρωση), απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	CR-39
Χρώμα	Καφέ
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Καθρέφτης (μπλε)
Κατάσταση φακού	Ελάχιστα χρησιμοποιημένος
Σημείο μέτρησης	Η δέσμη προσπίπτει πρώτα στην επίστρωση (καθρέφτη)

Δείγμα 11b: Φακός ηλίου, plano, επιστρωμένος (κατοπτρική επίστρωση), απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	CR-39
Χρώμα	Καφέ
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Καθρέφτης (μπλε)
Κατάσταση φακού	Ελάχιστα χρησιμοποιημένος
Σημείο μέτρησης	Η δέσμη προσπίπτει πρώτα στην οπίσθια πλευρά του φακού

Δείγμα 12: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, μη απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	CR-39
Χρώμα	Καφέ
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Gradient
Κατάσταση φακού	Ελάχιστα χρησιμοποιημένος

Δείγμα 13: Φακός ηλίου, plano, ανεπίστρωτος, απορροφητικός

Υλικό κατασκευής	CR-39
Χρώμα	Μωβ
Τύπος φακού ή χρωματισμού	Gradient
Κατάσταση φακού	Ελάχιστα χρησιμοποιημένος

## 2. Οφθαλμικοί φακοί οράσεως

Δείγμα 14: Οφθαλμικός φακός οράσεως, ανεπίστρωτος

Υλικό κατασκευής	Crown glass
Δείκτης διάθλασης	1,523
Τύπος φακού	Λευκός
Εστίες	Μονοεστιακός
Δύναμη φακού (συνταγή)	Sph (Σφαίρωμα) + 3,25 Dpt
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος

Δείγμα 15: Οφθαλμικός φακός οράσεως, ανεπίστρωτος

Υλικό κατασκευής	CR-39
Δείκτης διάθλασης	1,5
Τύπος φακού	Λευκός
Εστίες	Μονοεστιακός
Δύναμη φακού (συνταγή)	Sph + 1,75 Dpt (διοπτρίες)
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος

Δείγμα 16: Οφθαλμικός φακός οράσεως, επιστρωμένος

Υλικό κατασκευής	Crown glass
Δείκτης διάθλασης	1,523
Τύπος φακού	Λευκός
Εστίες	Μονοεστιακός
Δύναμη φακού (συνταγή)	Sph + 2,00 Dpt
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος

Δείγμα 17: Οφθαλμικός φακός οράσεως, επιστρωμένος

Υλικό κατασκευής	CR-39
Δείκτης διάθλασης	1,5
Τύπος φακού	Λευκός
Εστίες	Μονοεστιακός
Δύναμη φακού (συνταγή)	Sph + 2,25
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος

Δείγμα 18: Οφθαλμικός φακός οράσεως, επιστρωμένος

Υλικό κατασκευής	Crown glass
Δείκτης διάθλασης	1,523
Τύπος φακού	Φωτοχρωμικός (καφέ)
Εστίες	Μονοεστιακός
Δύναμη φακού (συνταγή)	+ 2,00 sph/ + 0,50 cyl (κύλινδρος) x 177° (άξονας)
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος

Δείγμα 19: οφθαλμικός φακός οράσεως, επιστρωμένος

Υλικό κατασκευής	CR-39
Δείκτης διάθλασης	1,502
Τύπος φακού	Φωτοχρωμικός (γκρι)
Εστίες	Πολυεστιακός
Δύναμη φακού (συνταγή)	+1,50 sph/ +0,75 cyl x 12° Addition (πρεσβυωπία) + 2,75 Dpt
Κατάσταση φακού	Χρησιμοποιημένος

### 3. Φακοί επαφής

Δείγμα 01: Bausch and Lomb Soflens 59, φακός επαφής υδρογέλης χωρίς προστασία UV, σφαιρικός

Υλικό: Hilafilcon B
Περιεκτικότητα νερού: 59%
Κεντρικό πάχος: 0,14mm
Διάμετρος: 14,20mm
Ακτίνα καμπυλότητας: 8,60mm
Συχνότητα αντικατάστασης: Μηνιαία

Δείγμα 02: Aqualens UV, φακός επαφής υδρογέλης με προστασία UV, σφαιρικός

Υλικό: Methafilcon A
Περιεκτικότητα σε νερό: 55%
Κεντρικό πάχος: 0,07mm
Διάμετρος: 14,20mm
Ακτίνα καμπυλότητας: 8,60mm
Συχνότητα αντικατάστασης: Μηνιαία



Δείγμα 03: Aqualens Refresh, φακός επαφής σιλικόνης υδρογέλης με προστασία UV, σφαιρικός

Υλικό: Filicon II 3
Περιεκτικότητα σε νερό: 56%
Κεντρικό πάχος: 0,07mm
Διάμετρος: 14,20mm
Ακτίνα καμπυλότητας: 8,60mm
Συχνότητα αντικατάστασης: Μηνιαία

Δείγμα 04: Air Optix Aqua, φακός επαφής σιλικόνης υδρογέλης, χωρίς προστασία UV, σφαιρικός

Υλικό: Lotrafilcon B
Περιεκτικότητα σε νερό: 33%
Κεντρικό πάχος: 0,08 mm
Διάμετρος : 14,20mm
Ακτίνα καμπυλότητας: 8,6mm
Συχνότητα αντικατάστασης: Μηνιαία

Δείγμα 05: Acuvue Oasys ,φακός επαφής κατασκευασμένος από υλικό σιλικόνης και σιλικόνης υδρογέλης (υβριδικός), με προστασία UV,σφαιρικός

Υλικό: Senofilcon A
Περιεκτικότητα σε νερό: 38%
Κεντρικό πάχος: 0,07 mm
Διάμετρος : 14,20mm
Ακτίνα καμπυλότητας: 8,6mm
Συχνότητα αντικατάστασης: Δεκαπενθήμερη

Δείγμα 06: Aquaclear for astigmatism, φακός επαφής υδρογέλης, με προστασία UV, αστιγματικός

Υλικό: Methafilcon A
Περιεκτικότητα σε νερό: 55%
Κεντρικό πάχος: 0,07mm
Διάμετρος: 14,40mm
Ακτίνα καμπυλότητας: 8,70mm
Συχνότητα αντικατάστασης: Μηνιαία

Δείγμα 07: Bausch and Lomb Soflens toric,φακός επαφής υδρογέλης, χωρίς προστασία UV , αστιγματικός

Υλικό: Alphafilcon A
Περιεκτικότητα νερού: 66%
Κεντρικό πάχος: 0,195mm
Διάμετρος: 14,50mm
Ακτίνα καμπυλότητας: 8,50mm
Συχνότητα αντικατάστασης: Μηνιαία

Δείγμα 08: Bausch and Lomb Purevision multi-focal, φακός επαφής σιλικόνης υδρογέλης, χωρίς προστασία UV , πολυεστιακός

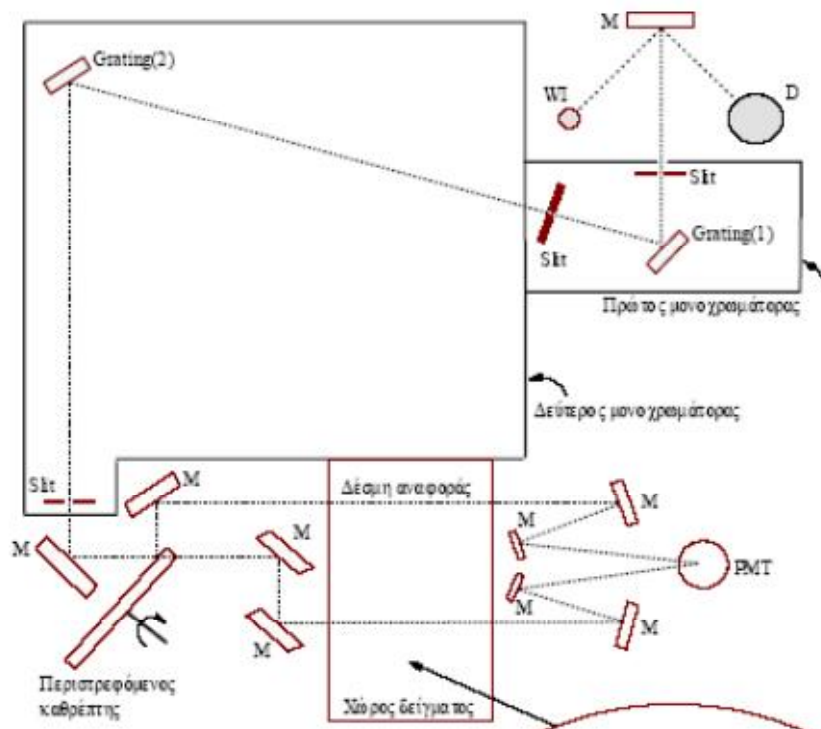
Υλικό: Balafilcon A
Περιεκτικότητα νερού: 36%
Κεντρικό πάχος: 0,09mm
Διάμετρος: 14,00mm
Ακτίνα καμπυλότητας: 8,60mm
Συχνότητα αντικατάστασης: Μηνιαία

Δείγμα 09: Aqualens Refresh multi-focal, φακός επαφής σιλικόνης υδρογέλης, με προστασία UV, πολυεστιακός

Υλικό : Filicon II 3
Περιεκτικότητα σε νερό: 56%
Κεντρικό πάχος: 0,07mm
Διάμετρος: 14,00mm
Ακτίνα καμπυλότητας: 8,60mm
Συχνότητα αντικατάστασης: Μηνιαία

### 5.1 Περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας

Για τη λήψη των μετρήσεων, χρησιμοποιήθηκε φασματοφωτόμετρο απλής δέσμης HELIOS-Gamma της UNICAM και φασματοφωτόμετρο διπλής δέσμης (model Lambda 900) της Perkin – Elmer. Ως πηγή ορατής ακτινοβολίας χρησιμοποιήθηκε λάμπα βολφραμίου (W), ενώ για πηγή υπεριώδους ακτινοβολίας λάμπα δευτερίου (D2). Η ανάλυση της ακτινοβολίας έγινε από φράγματα περίθλασης (gratings) σε διπλό ή απλό μονοχρώματα.



**Εικόνα 4.1: Σχηματική αναπαράσταση φασματοφωτόμετρου ορατού - υπεριώδους διπλής δέσμης.**

Αφού ρυθμίσαμε την περιοχή και την ταχύτητα σάρωσης (200 nm / min), μηδενίσαμε το σήμα με αέρα και ακολούθως τοποθετήσαμε αρχικά στη θέση του δείγματος διαδοχικά τα 13 δείγματα φακών ηλίου, τα 6 δείγματα οφθαλμικών φακών οράσεως, τα 9 δείγματα φακών επαφής και τα το δείγμα τεχνητών δακρύων -τα τελευταία τα τοποθετήθηκαν πρώτα σε κυψελίδα με αμελητέα απορροφητικότητα (η απορροφητικότητα αναλύεται παρακάτω) στα μήκη κύματος της ακτινοβολίας που μελετήθηκε και έπειτα τοποθετήθηκαν στο μηχάνημα. Με τη διαδικασία αυτή, αφαιρούμε οποιαδήποτε άλλη συνεισφορά στη μέτρηση που δεν προέρχεται από το υλικά αυτών.

## 5.2 Απορρόφηση ακτινοβολίας

Η φασματοσκοπία απορρόφησης, αναφέρεται σε φασματοσκοπικές τεχνικές που μετρούν την απορρόφηση της ακτινοβολίας ως συνάρτηση της συχνότητας ή του μήκους κύματος, λόγω της αλληλεπίδρασής της με ένα δείγμα. Το δείγμα απορροφά την ενέργεια, δηλαδή, τα φωτόνια από το πεδίο της ακτινοβολίας. Η ένταση της απορρόφησης μεταβάλλεται ως μια συνάρτηση συχνότητας και αυτή η παραλλαγή είναι το φάσμα της απορρόφησης. Η φασματοσκοπία απορρόφησης μπορεί να πραγματοποιηθεί σε όλο το εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα πειραματικών προσεγγίσεων για τη μέτρηση των φασμάτων απορροφητικότητας. Η πιο κοινή διεύθυνση, είναι η κατεύθυνση μιας δέσμης φωτός που παράγεται από ακτινοβολία, πάνω σε ένα δείγμα και η ανίχνευση της έντασης της ακτινοβολίας που περνά μέσα από αυτό (το δείγμα). Η μεταδιδόμενη ενέργεια μπορεί να

χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της απορρόφησης. Αυτή μπορεί να υπολογιστεί αν η μεταδιδόμενη ενέργεια αφαιρεθεί από την αρχική ενέργεια της δέσμης φωτός (πριν αυτή πέσει στην επιφάνεια του υλικού και το διαπεράσει). Έχοντας βρει την ποσότητα της έντασης της ακτινοβολίας συγκεκριμένης συχνότητας που έχει απορροφηθεί από το δείγμα, είναι πολύ εύκολο να βρεθεί και το ποσοστό (%) απορρόφησης του υλικού. Για να γίνει αυτό, πρέπει απλώς να διαιρεθεί η ποσότητα ενέργειας που απορροφήθηκε από το δείγμα προς την τιμή της αρχικής ενέργειας της δέσμης και το αποτέλεσμα να πολλαπλασιαστεί επί 100%.

Η πηγή, η διάταξη των δειγμάτων και η τεχνική ανίχνευσης ποικίλλουν σημαντικά, ανάλογα με την περιοχή των συχνοτήτων και το σκοπό του πειράματος [41].

### 5.3 Μετρήσεις Διαπερατότητας

#### Διαπερατότητα

Η διαπερατότητα ενός υλικού, υπολογίζεται σε ποσοστό επί τοις εκατό (%) και ισούται με το λόγο της έντασης του φωτός που αλληλεπιδρά (διαπερνά το δείγμα) προς την ένταση της αρχικής ακτινοβολίας επί 100%. Η εξίσωση είναι:

$$\%T = \frac{I}{I_0} \times 100\% ,$$

όπου:

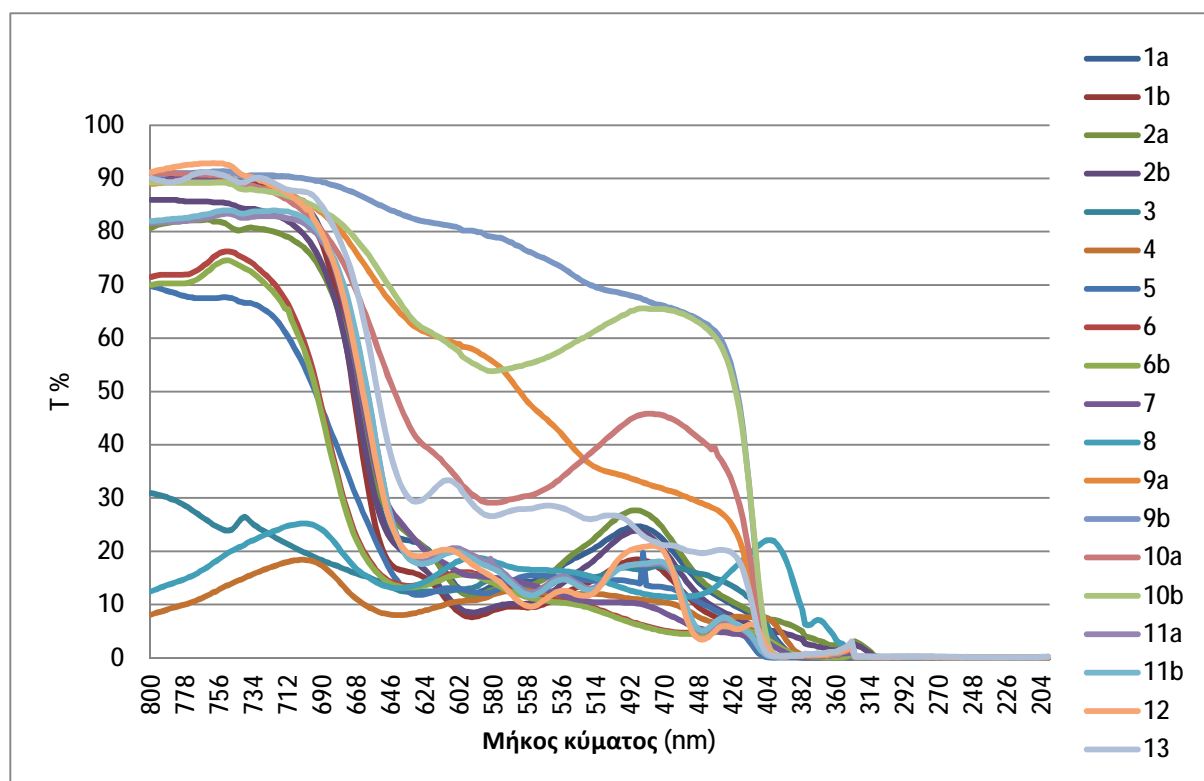
T: διαπερατότητα

I: ένταση του φωτός που διαπερνά το δείγμα

I<sub>0</sub>: ένταση προσπίπτοντος στο δείγμα φωτός

Ακολούθως, παρουσιάζουμε σε τρία διαγράμματα τα φάσματα διαπερατότητας (%T) της ακτινοβολίας για δείγματα: οφθαλμικών φακών οράσεως, φακών ηλίου και φακών επαφής. Δεν καταγράφονται τα τεχνητά δάκρυα, διότι έχουν σταθερή διαπερατότητα στο 80% περίπου και επειδή ένας φακός επαφής είναι πολύ πιο λεπτός σε σύγκριση με το πάχος της στιβάδας των δακρύων (ίση με το πλάτος της κυψελίδας που χρησιμοποιήσαμε, 1cm), δεν μπορεί να γίνει άμεση σύγκριση.

## 1. Φακοί ηλίου



**Εικόνα 5.2:** Στο γράφημα παρουσιάζονται οι μετρήσεις των ποσοστών ακτινοβολίας που διαπερνούν το κάθε υλικό των φακών ηλίου (ανάλογα με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας).

Όσον αφορά τους φακούς ηλίου, παρατηρούμε πως σε γενικές γραμμές προσφέρουν πολύ καλή προστασία στους οφθαλμούς από την υπεριώδη ακτινοβολία. Η διαπερατότητα των υλικών αρχίζει να αυξάνεται περίπου στην ακτινοβολία των 310nm και πάνω (και πάλι, όμως, τα ποσοστά διατηρούνται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα μέχρι τα 380-400nm).

Επίσης, υπάρχει σημαντική διαφορά απορροφητικότητας μεταξύ των υλικών. Οι οργανικοί φακοί (CR-39) απορροφούν περισσότερη υπεριώδη ακτινοβολία από τους γυάλινους φακούς (Crown glass), ακόμα και αν οι φακοί έχουν το ίδιο χρώμα.

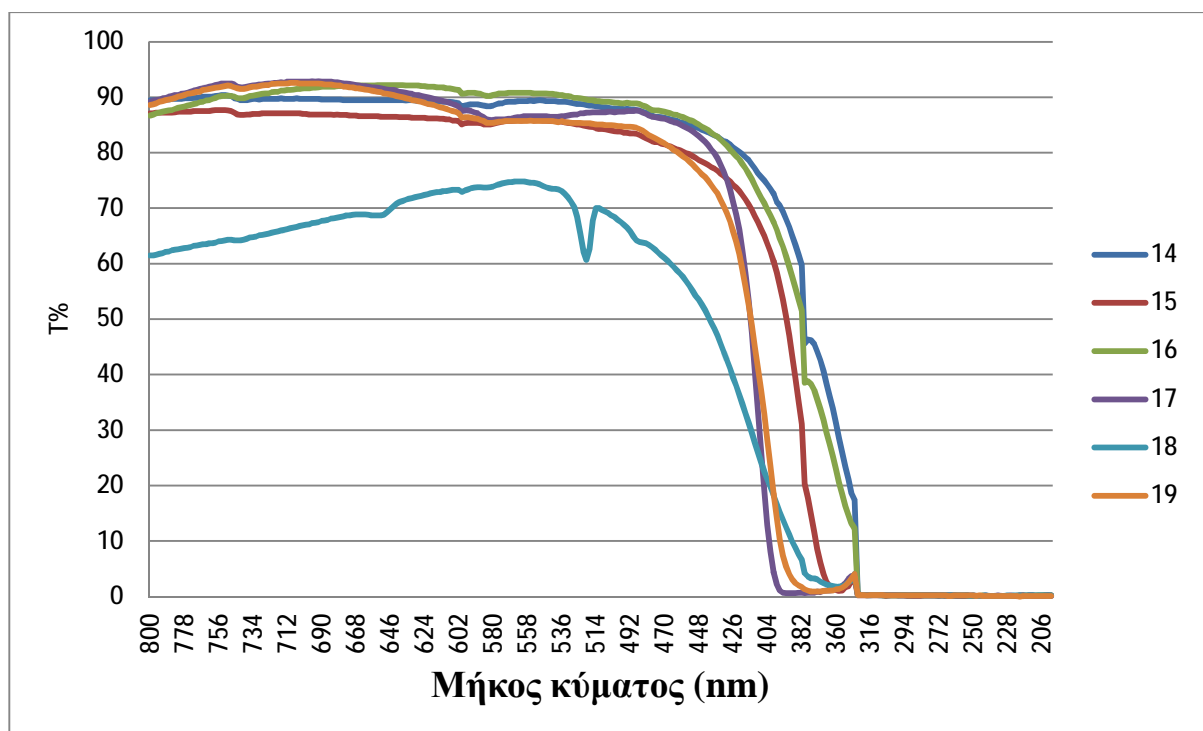
Θα πρέπει να σημειωθεί πως τα δείγματα των φακών που ήταν χρησιμοποιημένα (άρα είχαν υποστεί κάποια φθορά), είχαν μειωμένη ικανότητα προστασίας από την υπεριώδη ακτινοβολία συγκριτικά με τους αχρησιμοποίητους ή τους ελάχιστα χρησιμοποιημένους φακούς. Για να πετύχουμε, επομένως, την καλύτερη δυνατή προστασία, θα πρέπει να γίνεται αλλαγή των γυαλιών ηλίου ή των φακών ηλίου μετά από κάποιο διάστημα χρήσης ή όταν παρατηρείται κάποια φθορά.

Δεν παρατηρήθηκε κάποια ιδιαίτερη διαφορά στην αποτελεσματικότητα από την ηλιακή ακτινοβολία μεταξύ σκουρόχρωμων και ανοιχτόχρωμων φακών ηλίου.

Για το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν και φακοί χαρακτηριζόμενοι ως «μη απορροφητικοί», φακοί, δηλαδή, αμφιβόλου προέλευσης και ποιότητας. Τα αποτελέσματα είχαν κάποια διαφορά μεταξύ τους. Ωστόσο, υπήρξε φακός (πιο συγκεκριμένα το δείγμα 12), ο οποίος παρουσίασε πολύ καλή απορροφητικότητα. Αυτό, όμως, δεν αρκεί για να χαρακτηριστεί κατάλληλος για χρήση. Εκτός από την απορροφητικότητα, θα πρέπει να μετρηθούν και άλλες παράμετροι για να αποδειχθεί αν ακολουθούνται οι απαραίτητες προδιαγραφές για να θεωρηθούν τέτοιου είδους φακοί κατάλληλοι για χρήση.

*Από τα παραπάνω, προκύπτει πως οι φακοί ηλίου αποτελούν πολύ καλή μέθοδο προστασίας των ματιών από την έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία.*

## 2. Οφθαλμικοί φακοί οράσεως



**Εικόνα 5.3:** Στο γράφημα παρουσιάζονται οι μετρήσεις των ποσοστών ακτινοβολίας που διαπερνούν το κάθε υλικό των φακών οράσεως (ανάλογα με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας).

Βλέποντας τη γραφική παράσταση των φακών οράσεως, μπορούμε να πούμε πως δε θεωρούνται η ιδανικότερη λύση για την προστασία των ματιών από την ηλιακή ακτινοβολία. Επαναλαμβάνεται η διαφορά απορροφητικότητας μεταξύ γυάλινων και οργανικών φακών (όπου υπερτερούν οι δεύτεροι). Αυτό ισχύει για τους λευκούς, αλλά και για τους φωτοχρωμικούς φακούς.

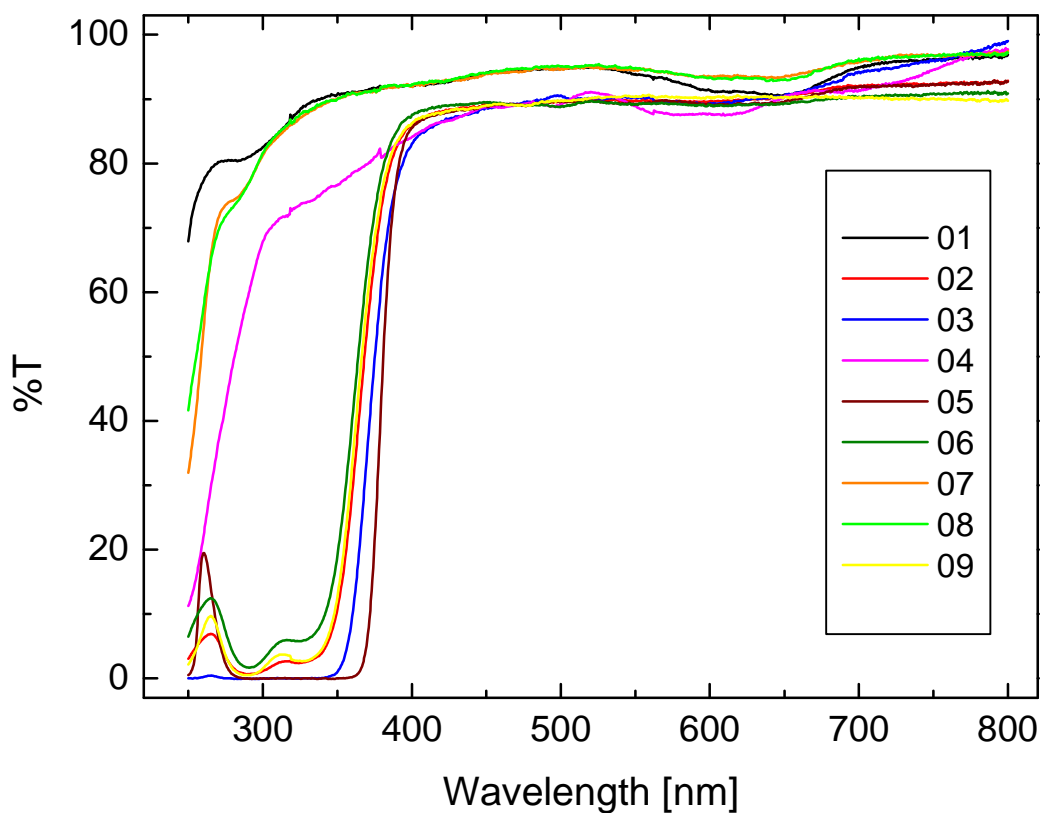
Υπάρχει, όμως, και άλλη διαφορά μεταξύ των δύο αυτών υλικών. Βλέπουμε πως η απορροφητικότητα των γυάλινων φακών δεν αυξάνεται ιδιαίτερα με την προσθήκη των επιστρώσεων, πράγμα που δεν ισχύει για τους οργανικούς φακούς.

Όσον αφορά τη χρήση των οφθαλμικών φακών για προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία, ίσως θα μπορούσαν να προστατεύσουν επαρκώς φακοί οργανικοί, λευκοί και επιστρωμένοι ή οργανικοί φωτοχρωμικοί, επιστρωμένοι. Ιδανική λύση για κάποιον αμέτρωπα που θέλει να προστατευθεί από την ακτινοβολία σε εξωτερικούς χώρους, θα μπορούσαν να αποτελέσουν τα γυαλιά ηλίου με διόρθωση (πρόκειται για φακούς οράσεως – ηλίου που κατασκευάζονται σύμφωνα με τις διαθλαστικές ανάγκες του χρήστη). Επίσης, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα φακοί επαφής για τη διόρθωση της αμετροπίας (κατά προτίμηση με προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία) και γυαλιά ηλίου.

Σχετικά με τη φθορά των φακών οράσεως και την προστασία που προσφέρουν από την ηλιακή ακτινοβολία, ισχύουν τα ίδια πράγματα με τους φακούς ηλίου. Σε αυτό το διάγραμμα δε διακρίνονται μεγάλες διαφορές, όμως ίσως η αιτία να είναι πως όλα τα δείγματα οράσεως είχαν ήδη κάποια φθορά. Γενικά ισχύει πως με τη χρήση, την ελλιπή φροντίδα των φακών ή / και καθημερινά μικροατυχήματα οι φακοί φθείρονται και, αντικειμενικά, δε γίνεται η όραση να παραμείνει το ίδιο ποιοτική, εφόσον ο φακός δε βρίσκεται στην αρχική του κατάσταση (αυτό ισχύει κυρίως για επιστρωμένους φακούς).

Θα πρέπει να σημειωθεί πως η μέτρηση των φωτοχρωμικών φακών ξεκίνησε ενώ αυτοί βρισκόντουσαν στη διαυγή τους κατάσταση (πριν τις μετρήσεις διατηρήθηκαν σε εσωτερικό χώρο, προστατευμένοι από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία).

### 3. Φακοί επαφής



Εικόνα 5.4: Φάσματα % διαπερατότητας της ακτινοβολίας των φακών επαφής που μελετήθηκαν

Συγκρίνοντας τις μετρήσεις των φακών επαφής, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι φακοί επαφής θεωρούνται βοηθητικοί στην προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία και πρέπει να είναι «μη διαπερατοί» στην υπεριώδη ακτινοβολία. Παρατηρώντας, λοιπόν, το παραπάνω διάγραμμα, καταλήγουμε στα ακόλουθα συμπεράσματα :

- Ø Τα δείγματα 03 και 05 παρέχουν προστασία στην περιοχή 300-350nm.
- Ø Το δείγμα 05 παρέχει την καλύτερη προστασία στην περιοχή 350 - 450nm.
- Ø Όλα τα δείγματα παρουσιάζουν μεγάλη διαπερατότητα στην περιοχή της ορατής ακτινοβολίας.



## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Με βάση τη βιβλιογραφία που μελετήθηκε κατά τη διεξαγωγή αυτής της εργασίας, αλλά και σύμφωνα με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν κατά την πειραματική εργασία, έχουν προκύψει κάποια συμπεράσματα. Αφορούν κυρίως την καταλληλότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή οφθαλμικών φακών οράσεως και ηλίου, καθώς και για την κατασκευή φακών επαφής, να προστατεύσουν τους οφθαλμούς από την υπεριώδη ακτινοβολία. Επιπλέον, αναφέρουμε και κάποιους τρόπους που θεωρούμε πως προσφέρουν επαρκή προστασία από τη UV ακτινοβολία.

Συνοψίζοντας, λοιπόν, οι οργανικοί φακοί προσφέρουν μεγαλύτερη προστασία (συγκριτικά με τους γυάλινους) από την υπεριώδη ακτινοβολία και αυτό αποδεικνύεται από τις μετρήσεις των φακών ηλίου, αλλά και των φακών οράσεως.

Η απορροφητικότητα των φακών ηλίου φαίνεται πως δεν εξαρτάται από το χρώμα τους, αλλά από την ποιότητα του φακού και την καλή (ή κακή) κατάστασή του. Επιπρόσθετα, μπορεί να γίνει παράλληλη χρήση φακών επαφής με προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία, έτσι ώστε να επιτευχθεί μεγαλύτερη απορροφητικότητα, συνεπώς και μεγαλύτερη προστασία από τις βλαβερές ακτίνες UV.

Τα μη απορροφητικά γυαλιά που πωλούνται από καταστήματα με προϊόντα αμφιβόλου προέλευσης και ποιότητας, καθώς και από πλανόδιους πωλητές, θα πρέπει να αναλυθούν περαιτέρω. Έτσι θα αποδειχθεί αν είναι κατάλληλα για χρήση (αν και υπάρχουν πολλές επιφυλάξεις). Μέχρι τότε, η προμήθεια των γυαλιών οράσεως και ηλίου, καθώς και των γυαλιών επαφής, θα πρέπει να γίνεται από οπτικά καταστήματα.

Όσον αφορά τα υλικά οφθαλμικών φακών (οράσεως και ηλίου), υπάρχουν περιθώρια περαιτέρω διερεύνησης. Διατίθενται στην αγορά πολλοί τύποι φακών και από διάφορα υλικά που δε θα ήταν δυνατό να συμπεριληφθούν σε αυτήν την πειραματική διαδικασία.

Σχετικά με τους φακούς επαφής, διαπιστώνουμε ότι η χρήση φακών επαφής ως τρόπος προστασίας των ανθρώπινων οφθαλμών από την ηλιακή ακτινοβολία, είναι αποτελεσματικός μόνο με την ταυτόχρονη χρήση γυαλιών ηλίου με απορροφητικούς φακούς. Η μείωση της διαπερατότητας της ακτινοβολίας με την παράλληλη χρήση γυαλιών ηλίου και φακών επαφής, είναι αισθητή.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://9lyk-patras.ach.sch.gr/autosch/joomla15/phocadownload/ilioskaiepidrasistonanthropo.pdf>
2. [http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CF%84%CE%B1%CE%BC%CE%AF%CE%BD%CE%B7#.CE.92.CE.B9.CF.84.CE.B1.CE.BC.CE.AF.CE.BD.CE.B7\\_D](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CF%84%CE%B1%CE%BC%CE%AF%CE%BD%CE%B7#.CE.92.CE.B9.CF.84.CE.B1.CE.BC.CE.AF.CE.BD.CE.B7_D)
3. <http://www.hospkorinthos.gr/docs/sunprotection.pdf>
4. : <http://www.iatronet.gr/ygeia/ofthalmologia/article/789/pws-epilegoyme-gyalia-iliou.html>
5. <http://lap.physics.auth.gr/upload/UltraViolet.pdf>
6. Πτυχιακή εργασία Σαρρή Σταύρου, θέμα «Γυαλιά ηλίου – Υλικά κατασκευής και προστασία», Αίγιο, Οκτώβριος 2012
7. <http://www.iatronet.gr/ygeia/ofthalmologia/article/789/pws-epilegoyme-gyalia-iliou.html>
8. 8:<http://www.dramaeyecenter.gr/?%CE%A3%CF%85%CE%BC%CE%B2%CE%BF%CF%85%CE%BB%CE%B5%CF%82,6,,>
9. Γαρυφαλλόπουλος, Θ., Δαλαμπίρα, Α., Καλαμπόγιας, Π., Χατζηθεοχάρους, Η., «Οφθαλμοπαθολογία», Εργασία για το μάθημα Κλινική Διάθλαση (διδάσκουσα Γ. Γεωργανοπούλου), 2012, ΑΤΕΙ Πατρών, Παράρτημα Αιγίου, Τμήμα Οπτικής και Οπτομετρίας
10. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CE%B1%CE%BA%CF%8C%CF%82>
11. [http://users.teiath.gr/achand/ASKHSEIS\\_OPTIKHS\\_NORM.pdf](http://users.teiath.gr/achand/ASKHSEIS_OPTIKHS_NORM.pdf)
12. Πατέρας, Ε. (2010), *ΟΦΘΑΛΜΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ 1*, Αθήνα: «Ελλην»
13. Πατέρας, Ε. (2010), *ΟΦΘΑΛΜΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ 2*, Αθήνα: «Ελλην»
14. Atchinson, D., Smith, G. (2000), *Optics of the Human Eye*, Great Britain: Reed Educational and Professional Publishing Ltd.
15. Ανδρέας Κάκιας, συνταξιούχος οπτικός.
16. American Academy of Ophthalmology (1996) *Optics, Refraction and Contact Lenses*, Αθήνα: ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ «Π.Χ. ΠΑΣΧΑΛΙΔΗΣ».
17. Σπύρος Τσιόκος, Διευθυντής Παραγωγής στην εταιρεία Unilens.
18. Κουτσοθεοδωρής, Θ., σημειώσεις για το μάθημα: Τεχνολογία Οφθαλμικών Φακών, 2010, ΑΤΕΙ Πατρών, Παράρτημα Αιγίου, Τμήμα Οπτικής και Οπτομετρίας.
19. [http://en.wikipedia.org/wiki/Photochromic\\_lens](http://en.wikipedia.org/wiki/Photochromic_lens)
20. <http://www.transitions.com/emea/transitions-every-day/the-technology/photochromic-technology/>
21. [http://en.wikipedia.org/wiki/Photochromic\\_lens](http://en.wikipedia.org/wiki/Photochromic_lens)
22. Pitts, D. G., Kleinstein, R. N. (1993) *ENVIRONMENTAL VISION, Interactions of the Eye, Vision and the Environment*, USA: Butterworth – Heinemann.
23. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%93%CF%85%CE%B1%CE%BB%CE%B9%CE%AC#.CE.93.CF.85.CE.B1.CE.BB.CE.B9.CE.AC.CE.BF.CF.81.CE.AC.CF.83.CE.B5.CF.89.CF.82>
24. Πολύζος, Ι., σημειώσεις για το μάθημα «Οπτικά Υλικά», 2013, ΑΤΕΙ Πατρών, Παράρτημα Αιγίου, Τμήμα Οπτικής και Οπτομετρίας.
25. <http://www.iatronet.gr/ygeia/ofthalmologia/article/20/oi-fakoi-epafis.html>
26. Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη, Δ. (2010) *ΦΑΚΟΙ ΕΠΑΦΗΣ Α' ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ*, Αθήνα: Σύγχρονη Γνώση
27. Κατσούλος, Κ., Μακρυνιώτη, Δ. (2010) *ΦΑΚΟΙ ΕΠΑΦΗΣ Β' ΚΛΙΝΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ & ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ*, Αθήνα: Σύγχρονη Γνώση
28. <http://www.athensvision.eu/content/view/47/95/lang/el/>

29. Οπτικά Νέα ,Τριμηνιαία έκδοση της ΠΕΟΟ στην υπηρεσία των Ελλήνων Οπτικών, Τεύχος 73,Ιουλιος-Αυγουστος-Σεπτεμβριος,σελ.26-30
30. <http://www.opticalhouse.gr/el/optometry/therapeutic-lenses/therapeutic-lenses.html>
31. <http://www.ofthalmologiko>
32. [iatrio.gr/products6.php?wh=1&lang=1&the1id=17&theid=17&open1=17&open2=](http://iatrio.gr/products6.php?wh=1&lang=1&the1id=17&theid=17&open1=17&open2=)
33. Οπτικά Νέα, Τριμηνιαία έκδοση της ΠΕΟΟ στην υπηρεσία των Ελλήνων Οπτικών, Τεύχος 2,Οκτωβριος-Νοεμβριος-Δεκεμβριος,σελ.70
34. [http://www.digital-in.info/iland/index.php?option=com\\_content&view=article&id=77&Itemid=207](http://www.digital-in.info/iland/index.php?option=com_content&view=article&id=77&Itemid=207)
35. Οπτικά νέα, Τεύχος 3, Ιανουάριος-Φεβρουάριος-Μάρτιος 2014, Τριμηνιαία έκδοση στην υπηρεσία του οπτικού οπτομέτρη, Δημοσίευση της Johnson and Johnson, σελ.64.
36. *Wolffsohn, J., Eperjesi, F., Bartlett, H., Sheppard, A., Howells, O., Drew, T., Sulley, A., Osborn Lorenz, K., “Does Blocking Ultra-Violet Light with Contact Lenses Benefit Eye Health?” Presented May 25th, 2012, 2012 British Contact Lens Association Clinical Conference.*
37. <http://www.jnj.com/news/all/uv-blocking-contact-lenses-may-have-an-effect-on-maintaining-eyes-macular-pigment-density-study-suggests>
38. <http://www.refractiveeyecare.com/2012/02/uv-blocking-a-vital-but-underappreciated-feature-of-contact-lenses/>
39. [http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial\\_tears](http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_tears)
40. <http://www.eyenet.gr/?p=71>
41. [http://en.wikipedia.org/wiki/Absorption\\_spectroscopy](http://en.wikipedia.org/wiki/Absorption_spectroscopy)