



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ & ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**UV προστασία των οφθαλμών: Φωτοχρωμικοί,  
anti-UV Οφθαλμικοί Φακοί & anti-UV Φακοί  
επαφής – Ελληνικά και Διεθνή Δεδομένα**

**Σπουδαστές**

**Καλαϊτζίδης Γ. Στέφανος, Α.Μ. 515**

**Μυλωναδάκης Α. Παντελεήμων, Α.Μ. 537**

**Επιβλέπων Καθηγητής**

**Μακρονιώτη Δήμητρα, Ph.D., MSc, BSc (Hons)**

**Αίγιο - 2017**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αισθανόμαστε την ανάγκη να επισημάνουμε την απέραντη ευγνωμοσύνη μας στους γονείς και στα αγαπημένα μας αδέρφια για όλα όσα μας έχουν προσφέρει στη διάρκεια των μαθητικών και φοιτητικών μας χρόνων και την αμέριστη υποστήριξή τους σε κάθε μας επιλογή.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζουμε στον κ. Δημόκα Σεραφείμ (υπεύθυνος Transitions) της εταιρείας Σ. Α. Βαϊράμογλου Α.Β.Ε.Ε. για την ανιδιοτελή προσφορά του, για τον σημαντικό χρόνο που μας αφιέρωσε και τις πολύτιμες πληροφορίες που μας μετέδωσε καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής αυτής, διότι χωρίς την βοήθειά του θα αποτελούσε κείμενο τουλάχιστον ελλιπές.

Εκτιμούμε ιδιαίτερω τη συμβολή του κ. Αναστασόπουλου Κωνσταντίνου (επιστημονικός συνεργάτης) από την Δούνιας Α.Ε. για την συνεισφορά του και την ώρα που μας αφοσίωσε, με σκοπό να προσφέρει όσο το δυνατόν περισσότερο.

Ευχαριστούμε τον κ. Philippe Bogard (υπεύθυνος marketing) από την εταιρεία Corning Inc. για την αξιόλογη βοήθειά της, που έπειτα από επικοινωνία μας, μας παρέπεμψε σε ιδιαίτερω ενδιαφέροντα επιστημονικά άρθρα.

Οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τον κ. Τσιόκο Σπυρίδωνα (διευθυντή παραγωγής) της Unilens S.A., EMM. Σαρατσόπουλος Α.Ε.Β.Ε. για τη σύσταση εξεζητημένων επιστημονικών σελίδων και άρθρων.

Εκτιμάμε τον κ. Σπέλα Κωνσταντίνο για τον χρόνο που αφιέρωσε απλόχερα κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας μας, ώστε να μην αφήσουμε κανένα άλυτο ερώτημα.

Επίσης, θα θέλαμε να ευγνωμονήσουμε όλους τους συμφοιτητές μας από τα Τμήματα Οπτικής και Οπτομετρίας του Α.Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδος και του Α.Τ.Ε.Ι. Αθήνας που με την αμέριστη υποστήριξή τους, μας εμπνεύσανε να ολοκληρώσουμε με επιτυχία ακόμη ένα πολυσήμαντο στόχο μας.

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε για ακόμη μία φορά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μας κα. Μακρυνιώτη Δήμητρα για την εμπιστοσύνη και την αφιέρωση πολύτιμου χρόνου ώστε να ολοκληρωθεί η εργασία αυτή.

Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους εκείνους που συνέβαλλαν στην εργασία αυτή και ιδιαίτερα τους συγγενείς και φίλους, που ο καθένας με την ξεχωριστή ιδιότητά του και με τον δικό του τρόπο έβαλε το λιθαράκι του για περάτωση της εργασίας αυτής.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Παρά το γεγονός ότι το ορατό τμήμα του φωτός είναι ζωτικής σημασίας, η υπεριώδης ακτινοβολία και ειδικά η συγκέντρωση στον οφθαλμό των περιφερικών ακτινών ευθύνονται για οφθαλμικές βλάβες και φωτοτοξικούς τραυματισμούς στα οφθαλμικά κύτταρα. Είναι προφανές ότι οι λευκοί οφθαλμικοί φακοί, οι φακοί ηλίου και οι φακοί επαφής πρέπει να παρέχουν προστασία από την διαδιδόμενη και ανακλώμενη υπεριώδη ακτινοβολία. Η εφαρμογή αντιανακλαστικών επιστρώσεων ή φίλτρων στους φακούς μπορούν να παρέχουν αποτελεσματική προστασία ενάντια στην επιβλαβή υπεριώδη ακτινοβολία αλλά και στην μπλε-ιώδη ακτινοβολία εξασφαλίζοντας διαυγή όραση σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους. Οι φακοί επαφής με φίλτρο UV αποτελούν βιώσιμη εναλλακτική επιλογή αντί των οφθαλμικών φακών για την προστασία των εσωτερικών οφθαλμικών ιστών, αλλά για την προστασία των εξωτερικών οφθαλμικών δομών επιλέγονται οι επιστρωμένοι λευκοί φακοί και φακοί ηλίου καθώς και οι φωτοχρωμικοί φακοί.

## ABSTRACT

Although the visible wavelengths are vital to vision, ultraviolet radiation and especially periphery light focusing radiation effect is responsible for many eye diseases and phototoxic injury in ocular cells. It becomes apparent that clear ophthalmic lenses, sun lenses and contact lenses must offer ultraviolet radiation blocking of transmission and reflection. Antireflective coatings or filters may be applied to ophthalmic lenses to provide effective protection against harmful ultraviolet and blue light radiation from natural and artificial light sources, offering clarity indoors and outdoors. UV blocking contact lenses can be a viable alternative option for spectacles in protecting internal ocular tissues. However, the external ocular structures benefit mostly from the use of UV blocking sun lenses, photochromic lenses and UV filter coated spectacle lenses.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....	2
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	4
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</b> .....	6
<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ</b> .....	8
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	9
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ</b> .....	11
<b>1.1 ΟΦΘΑΛΜΙΚΟΣ ΚΟΓΧΟΣ</b> .....	12
<b>1.2 ΟΦΘΑΛΜΙΚΟΣ ΒΟΛΒΟΣ</b> .....	12
1.2.1 ΤΟΙΧΩΜΑ .....	14
1.2.1.1 Ινώδης χιτώνας.....	14
1.2.1.2 Αγγειώδης ή ραγοειδής χιτώνας.....	15
1.2.1.3 Αμφιβληστροειδής χιτώνας.....	17
1.2.2 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ .....	19
1.2.2.1 Κρυσταλλοειδής φακός.....	19
1.2.2.2 Υδατοειδές υγρό.....	19
1.2.2.3 Υαλοειδές σώμα.....	20
1.2.3 ΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	20
<b>1.3 ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΟΦΘΑΛΜΟΥ</b> .....	22
1.3.1 ΕΠΠΕΦΥΚΟΤΑΣ.....	22
1.3.2 ΒΛΕΦΑΡΑ-ΒΛΕΦΑΡΙΔΕΣ .....	22
1.3.3 ΔΑΚΡΥΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ.....	23
1.3.4 ΜΥΕΣ ΟΦΘΑΛΜΟΥ.....	24
<b>1.4 ΟΠΤΙΚΟ ΝΕΥΡΟ- ΟΠΤΙΚΗ ΟΔΟΣ</b> .....	25
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΗΛΙΟΣ-UV ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΟΡΑΣΗ</b> .....	27
<b>2.1 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ</b> .....	27
<b>2.2 ΥΠΕΡΙΩΔΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (UV RADIATION)</b> .....	29
2.2.1 ΠΗΓΕΣ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	29
2.2.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΚΘΕΣΗ ΤΩΝ ΟΦΘΑΛΜΩΝ ΣΤΗΝ UV ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....	30

2.2.2.1 Το όζον .....	30
2.2.2.2 Τα ατμοσφαιρικά αιωρήματα .....	31
2.2.2.3 Η νέφωση .....	32
2.2.2.4 Το υψόμετρο.....	32
2.2.2.5 Λευκάγεια (albedo) του εδάφους .....	32
2.2.2.6 Η κλίση των ακτίνων.....	33
2.2.2.7 Γεωμετρία της έκθεσης και ανατομικά στοιχεία οφθαλμού.....	33
<b>2.3 ΟΦΘΑΛΜΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΤΗ UV ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....</b>	<b>35</b>
2.3.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΟΝ ΚΕΡΑΤΟΕΙΔΗ ΚΑΙ ΤΟΝ ΕΠΙΠΕΦΥΚΟΤΑ .....	35
2.3.1.1 Φωτοκερατίτιδα.....	35
2.3.1.2 Πτερύγιο .....	35
2.3.1.3 Στεάτιο.....	35
2.3.1.4 Κλιματική σταγονοειδής κερατοπάθεια .....	36
2.3.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΙ ΒΛΑΒΗ ΣΤΟΝ ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΗ ΚΑΙ ΧΟΡΙΟΕΙΔΗ.....	36
2.3.2.1 Ραγοειδές μελάνωμα.....	36
2.3.2.2 Ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς κηλίδας.....	37
2.3.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΙ ΒΛΑΒΗ ΣΤΟΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΕΙΔΗ ΦΑΚΟ.....	37
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΥΡΙΩΣ ΘΕΜΑ .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1 ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ-ΟΦΘΑΛΜΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ .....</b>	<b>38</b>
3.1.1 ΛΕΥΚΟΙ ΟΦΘΑΛΜΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ .....	38
3.1.1.1 Υλικά οφθαλμικών φακών .....	39
3.1.1.2 Επιστρώσεις οφθαλμικών φακών για προστασία από UV ακτινοβολία .....	42
3.1.2 ΦΩΤΟΧΡΩΜΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ.....	45
3.1.2.1 Ιστορική ανασκόπηση .....	45
3.1.2.2 Φωτοχρωμισμός .....	47
3.1.2.3 Κρύσταλλα .....	49
3.1.2.4 Οργανικά με μόρια άνθρακα μέσα στην ύλη.....	51
3.1.2.5 Οργανικά με φωτοχρωμική τεχνολογία φιλμ .....	52
3.1.2.6 Τεχνολογία TRANSITION.....	54
3.1.2.7 TRANSITIONS και UV/ΜΠΛΕ ΦΩΣ.....	56
3.1.2.8 Σύγκριση με απλούς λευκούς φακούς .....	59
3.1.2.9 Ανάλυση VANTAGE και του τι είναι το POLARIZED .....	60
3.1.3 ΟΦΘΑΛΜΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ ΗΛΙΟΥ .....	62

3.1.3.1	Είδη οφθαλμικών φακών ηλίου.....	62
3.1.3.2	Προστασία που παρέχεται από τους φακούς ηλίου.....	64
<b>3.2</b>	<b>ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ-ΦΑΚΟΙ ΕΠΑΦΗΣ .....</b>	<b>67</b>
3.2.1	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ.....	67
3.2.2	ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ UV.....	69
	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>74</b>
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>77</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.	Πλάγια όψη ανατομίας αριστερού οφθαλμού (Χανδρινός, 2012) .....	11
Εικόνα 2.	Ο οφθαλμικός κόγχος ( <a href="http://www.med.auth.gr/depts/aophthalm/gr/dexiotites.htm">http://www.med.auth.gr/depts/aophthalm/gr/dexiotites.htm</a> ) .....	12
Εικόνα 3.	Ανατομική εικόνα του οφθαλμικού βολβού (Irsch and Guyton, 2009).....	13
Εικόνα 4.	Σχηματική παράσταση των διαφορετικών στρωμάτων του κερατοειδούς (Willoughby et al., 2010).....	14
Εικόνα 5.	Ο σκληρός χιτώνας του οφθαλμού (Ansari and Nadeem, 2016). .....	15
Εικόνα 6.	Το ενδιάμεσο στρώμα του οφθαλμικού βολβού. Ο χοριοειδής χιτώνας βρίσκεται στο οπίσθιο μέρος (Ansari and Nadeem, 2016). .....	16
Εικόνα 7.	Εγκάρσια τομή αμφιβληστροειδούς με τα κωνία και τα ραβδία (Γαλιατσάτος, 2015).....	18
Εικόνα 8.	Εγκάρσια τομή του αμφιβληστροειδούς (Van de Pol, 2009).....	18
Εικόνα 9.	Κυκλοφορία υδατοειδούς υγρού. Παράγεται από το ακτινωτό σώμα, κυκλοφορεί στους θαλάμους και αποχετεύεται από τη γωνία του πρόσθιου θαλάμου (Χανδρινός, 2012). .....	19
Εικόνα 10.	Αρτηριακή παροχή αίματος στον οφθαλμό (Presland, 2007). .....	21
Εικόνα 11.	Τα εξωτερικά τμήματα του οφθαλμού (Weber and Kelley, 2010). .....	23
Εικόνα 12.	Δακρυϊκή συσκευή. Τα βλέφαρα έχουν ανασηκωθεί μακριά από τον οφθαλμικό βολβό και ο ρινοδακρυϊκός σωληνισκος έχει ανοίξει ως το κατώτερο ρινικό στόμιο (Sobotta, 2006).....	24
Εικόνα 13.	Εξοφθάλμιοι μύες (Sobotta, 2006).....	25
Εικόνα 14.	Η οπτική οδός (Χανδρινός, 2012).....	26
Εικόνα 15.	Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και οι φασματικές περιοχές (Μπάης, Μπαλής και Τουρπάλη, 2011). .....	28
Εικόνα 16.	Κατακόρυφη κατανομή όζοντος σε διάφορες περιοχές του πλανήτη και σε διάφορες εποχές του έτους (Μπάης, Μπαλής και Τουρπάλη, 2011). .....	31
Εικόνα 17.	Ωριαία μέση ένταση της UV-B ακτινοβολίας στο κεντρικό τμήμα οφθαλμού στρεφόμενο προς και μακριά από τον Ήλιο (σε Volts) (Behar-Cohen et al., 2013). .....	34

Εικόνα 18. Παθογένεση πτερυγίου: εστιακή βλάβη περιφερικών βλαστοκυττάρων και μεταφορά τους προς το κέντρο του κερατοειδούς (Chui et al., 2011). .....	35
Εικόνα 19, Σύνθεση των οφθαλμικών φακών από κρύσταλλο ( <a href="http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/1.Materials.pdf">http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/1.Materials.pdf</a> ). .....	39
Εικόνα 20. Πωλήσεις οργανικών φακών στην Αμερικανική και Ευρωπαϊκή αγορά ( <a href="http://users.teiath.gr/achand/OPTIKH_GYALIOU/HISTORY_4_BW.pdf">http://users.teiath.gr/achand/OPTIKH_GYALIOU/HISTORY_4_BW.pdf</a> ). .....	42
Εικόνα 21. Καμπύλες διαπερατότητας για φακό CR-39 με και χωρίς UV φίλτρο ( <a href="http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=53">http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=53</a> ) .....	44
Εικόνα 22. Φάσμα του μπλε-ιώδους φωτός που αποκόπτεται από τους φακούς της Zeiss ( <a href="https://www.zeiss.co.uk/vision-care/en_gb/products-services/coating-coloured-lenses/coatings/duravision-blueprotect.html">https://www.zeiss.co.uk/vision-care/en_gb/products-services/coating-coloured-lenses/coatings/duravision-blueprotect.html</a> ). .....	45
Εικόνα 23. Φωτοχρωμική αντίδραση του <i>tetracene</i> (Nakatani et al., , 2016). .....	45
Εικόνα 24. Παραδείγματα φωτοχρωμικών ενώσεων προερχόμενων από φαινυλοδραζίνη, φαινυλοοσαζίνη και ναφθαλενίνη (Nakatani, 2016). .....	46
Εικόνα 25. Απορρόφηση συναρτήσει του μήκους κύματος για δύο διαφορετικά φωτοχρωμικά υλικά Α και Β (Zmija and Malachowski, 2010). .....	47
Εικόνα 26. Φωτοχρωμική ισορροπία μεταξύ κλειστών και ανοικτών τύπων σπироπυρανών (Nakabayashi et al., 2001). .....	49
Εικόνα 27. Φωτοχρωμισμός σε οφθαλμικούς φακούς από γυαλί (κρύσταλλο) ( <a href="http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=61">http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=61</a> ) .....	50
Εικόνα 28. Τεχνολογία in-mass ( <a href="http://www.opticaltraining.com/html/continuing_ed/wbt/abo/photochromic_lenses/page_four.html">http://www.opticaltraining.com/html/continuing_ed/wbt/abo/photochromic_lenses/page_four.html</a> ) .....	51
Εικόνα 29. Τεχνολογία εμβάπτισης ( <i>imbibing</i> ) φωτοχρωμικών μορίων ( <a href="http://www.opticaltraining.com/html/continuing_ed/wbt/abo/photochromic_lenses/page_four.html">http://www.opticaltraining.com/html/continuing_ed/wbt/abo/photochromic_lenses/page_four.html</a> ). .....	52
Εικόνα 30. Κατασκευή οργανικών φωτοχρωμικών φακών με α)εμποτισμό ( <i>imbibing</i> ) β) <i>trans-bonding</i> ( <a href="http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=61">http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=61</a> ). .....	53
Εικόνα 31. Λειτουργία των οργανικών (πλαστικών) φωτοχρωμικών φακών <i>Transitions®</i> ( <a href="http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=57">http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=57</a> ). .....	55
Εικόνα 32. Επικάλυψη των ενεργοποιημένων και μη ενεργοποιημένων φασμάτων των <i>Transitions® Signature®</i> φακών καφέ και γκρι χρώματος (Baillet and Granger, 2016). .....	57
Εικόνα 33. Επικάλυψη των ενεργοποιημένων και μη ενεργοποιημένων φασμάτων των <i>Transitions® XTRActive®</i> φακών καφέ και γκρι χρώματος (Baillet and Granger, 2016). .....	58
Εικόνα 34. Προστασία ενάντια στη μπλε ακτινοβολία που προσφέρουν οι <i>Transitions® Signature®</i> και <i>Transitions® XTRActive®</i> σε 23°C σε εύρος 380-460nm (Baillet and Granger, 2016). .....	58
Εικόνα 35. Φάσμα απορρόφησης μπλε ακτινοβολίας από φωτοχρωμικούς φακούς τεχνολογίας <i>Transitions®</i> ( <a href="http://www.opticallabproducts.com/OLP/OLP-Archives/TRANSITIONS-LENSES-HAVE-ALWAYS-BLOCKED-BLUE-LIGHT-5494.aspx">http://www.opticallabproducts.com/OLP/OLP-Archives/TRANSITIONS-LENSES-HAVE-ALWAYS-BLOCKED-BLUE-LIGHT-5494.aspx</a> ). .....	59
Εικόνα 36. Υπεροχή των φωτοχρωμικών φακών στην απορρόφηση του μπλε φωτός (Baileet and Granger, 2016). .....	60

Εικόνα 37. Τεχνολογία Transitions Vantage σε σχέση με τους συμβατικούς φωτοχρωμικούς φακούς ( <a href="http://www.2020mag.com/article/transitions-vantage">http://www.2020mag.com/article/transitions-vantage</a> ).....	61
Εικόνα 38. Μεταβλητότητα πόλωσης ανάλογα με την σκουρότητα του φακού σε εξωτερικό και εσωτερικό περιβάλλον ( <a href="http://www.daniellivingston.com/2012/05/transitions-vantage-new-polarized.html">http://www.daniellivingston.com/2012/05/transitions-vantage-new-polarized.html</a> ). .....	62
Εικόνα 39. Εξάλειψη της ακτινοβολίας στο κάθετο επίπεδο από πολωτικό φακό ( <a href="http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=51">http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=51</a> ).....	63
Εικόνα 40. Σκελετός για συνταγογραφούμενους οφθαλμικούς φακούς ηλίου ( <a href="http://www.allaboutvision.com/sunglasses/rx.htm">http://www.allaboutvision.com/sunglasses/rx.htm</a> ). .....	63
Εικόνα 41. Καμπύλες διαπερατότητας φωτός σε φακό CR-39 καφέ χρωματισμού στα διάφορα μήκη κύματος ( <a href="http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=51">http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=51</a> ).....	65
Εικόνα 42. Διαγράμματα φασματικής διαπερατότητας για φακούς από CR-39 διαφορετικής χρωματικότητας: διαφανές, γκρι, καφέ και πράσινο (Πλαϊνής και Φελώνη, 2015).....	65
Εικόνα 43. Είδη φακών επαφής (Πατέρας, 2015). .....	67
Εικόνα 44. Σύγχρονοι φακοί επαφής σιλικόνης υδρογέλης ( <a href="http://www.optics-books.gr/pdf/fakoi_epafis_a.pdf">http://www.optics-books.gr/pdf/fakoi_epafis_a.pdf</a> ). .....	68
Εικόνα 45. Αριστερά: Έκθεση σε περιφερειακή UV ακτινοβολία ακόμα και με UV-blocking γυαλιά ηλίου. Δεξιά: Η χρήση UV blocking φακών επαφής παρέχουν συμπληρωματική προστασία (Walsh, 2009). .....	70
Εικόνα 46. Επίδραση PLF και UV στη ρινική περιφέρεια με χρήση φακών επαφής και γυαλιών ηλίου (Walsh, 2009).....	70
Εικόνα 47. Συγκέντρωση των UVA και UVB στο απώτατο χείλος κερατοειδούς. Στη γωνία της μέγιστης έντασης, οι φακοί με UV προστασία μείωσαν τη συγκέντρωση της UV κατά μία τάξη μεγέθους. Οι φακοί χωρίς UV φίλτρο προκάλεσαν μετατόπιση της προσπίπτουσας γωνίας της μέγιστης έντασηςσυγκρινόμενη με την περίπτωση της απουσίας των φακών (Kwok et al, 2003).....	71
Εικόνα 48. Σημαντική μείωση της UVA (αριστερά) και UVB(δεξιά) ακτινοβολίας με τη χρήση φακών επαφής με UV φίλτρο (Kwok et al., 2003).....	72
Εικόνα 49. Προστασία από UVA και UVB που προσφέρουν διάφοροι φακοί επαφής (Walsh, 2009).....	73

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Εύρος μήκους κύματος για τις φασματικές περιοχές από IR ως ακτίνες-X (Pirvi, 2008).....	29
Πίνακας 2. Οπτικές ιδιότητες χαρακτηριστικών για διάφορους οργανικούς φακούς ( <a href="http://users.teiath.gr/achand/OPTIKH_GYALIOU/HISTORY_4_BW.pdf">http://users.teiath.gr/achand/OPTIKH_GYALIOU/HISTORY_4_BW.pdf</a> ). .....	41
Πίνακας 3. Μονομερή της σύνθεσης υδρόφιλων φακών επαφής ( <a href="http://www.optics-books.gr/pdf/fakoi_epafis_a.pdf">http://www.optics-books.gr/pdf/fakoi_epafis_a.pdf</a> ). .....	68
Πίνακας 4. Υλικά φακών επαφής και οι ομάδες τους (Πατέρας, 2015).....	69



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ήλιος είναι πηγή ζωής και ενέργειας για τον άνθρωπο καθώς εμπλουτίζει τον οπτικό κόσμο με αισθητικές εμπειρίες. Το ορατό τμήμα της ηλιακής ακτινοβολίας αποτελείται από φωτόνια μήκους κύματος 400-700nm και αποτελεί την περιοχή στην οποία γίνεται εφικτή η αντίληψη της όρασης και ειδικά της χρωματικής όρασης (Πλαϊνης και Φελώνη, 2015). Το φάσμα από 380 ως 500nm του ορατού φωτός που περιλαμβάνει το βιολετί-μπλε και μπλε-πράσινο φως ονομάζεται μπλε φως (Blue light) (Smick *et al.*, 2013). Εκτός από το ορατό μέρος του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας, εκπέμπεται από τον ήλιο υπεριώδης ακτινοβολία (Ultraviolet Radiation -UVR) η οποία είναι μη ορατή (Πλαϊνης και Φελώνη, 2015). Η περιοχή της υπεριώδους ακτινοβολίας από 100 έως 400nm μπορεί να διαχωριστεί στις κατηγορίες A, B, και C: η UVA από 315 έως 400nm, η UVB από 280 έως 315nm και η UVC από 100 έως 280nm. Καθώς το ηλιακό φως διαπερνά την ατμόσφαιρα, όλα τα μήκη κύματος της UVC και το 90% της UVB ακτινοβολίας απορροφώνται από το όζον, τους υδρατμούς, το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα. Το ποσό της UVR που φτάνει στην επιφάνεια της Γης αποτελείται κατά 97% από UVR-A και κατά 3% από UVR-B. Το επίπεδο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι αξαρτώμενη από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως το ύψος του ηλίου, το γεωγραφικό πλάτος, το γεωγραφικό μήκος, το υψόμετρο και η κάλυψη των νεφών και του όζοντος (Fris, 2008).

Παρά το γεγονός ότι τα ορατά μήκη κύματος είναι ζωτικά για την όραση, το συνεχές φάσμα της UVR θεωρείται υπεύθυνο για την εμφάνιση πολλών ασθενειών των οφθαλμών (Kwok *et al.*, 2003). Επιδημιολογικές μελέτες και πειραματικές μετρήσεις δείχνουν ότι η UVR του ηλιακού φωτός είναι πιθανόν να προκαλέσουν καταρράκτη και παθήσεις στον αμφιβληστροειδή του οφθαλμού (Rosenthal *et al.*, 1986) μέσω των άμεσων και έμμεσων κυτταρικών βλαβών. Αυτό συνεπάγεται μία περίπλοκη διεργασία κυτταρικού θανάτου, αναδιαμόρφωσης της μήτρας οξειδωτικού στρες και φλεγμονής. Το μπλε φως είναι απαραίτητο για την έγχρωμη όραση και για τον συγχρονισμό του κιρκάδιου ρυθμού. Ωστόσο, το μπλε φως μπορεί να προκαλέσει βλάβες στους οφθαλμούς, να προκαλέσει το σχηματισμό τοξικών αντιδρώντων οξυγονούχων ουσιών που προκαλούν φωτοχημική βλάβη οδηγώντας στη νέκρωση με απόπτωση των κρίσιμων χρωστικών επιθηλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς

και έπειτα των φωτοϋποδοχέων. Αυτή η διαδικασία έχει ενοχοποιηθεί για την παθογένεση των εκφυλιστικών παθήσεων του αμφιβληστροειδούς. Ως εκ τούτου, υπάρχει η απαίτηση για νέες και αποτελεσματικές μεθόδους με στόχο τη μείωση της πιθανότητας των οφθαλμικών βλαβών από τη UV ακτινοβολία και το μπλε φως (Liou et al., 2015).

Για την πλήρη προστασία των οφθαλμών από τη χρόνια έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία είναι αναγκαία η χρήση γυαλιών ηλίου που θα μπορούσαν να απορροφήσουν όσο το δυνατό μεγαλύτερο ποσοστό της UVR και του μπλε φωτός και να αφήσουν τη διέλευση ποσοστού του ορατού φάσματος. Επίσης, κρίνεται απαραίτητη η χρήση οφθαλμικών φακών (φακών οράσεως) και φακών επαφής με ιδιότητες απορρόφησης υπεριώδους και υπέρυθρης ακτινοβολίας με αυξημένη διαπερατότητα των μηκών κύματος του ορατού φάσματος δεδομένου ότι η χρήση τους δεν περιορίζεται σε εσωτερικούς χώρους (Πλαΐνης και Φελώνη, 2015).

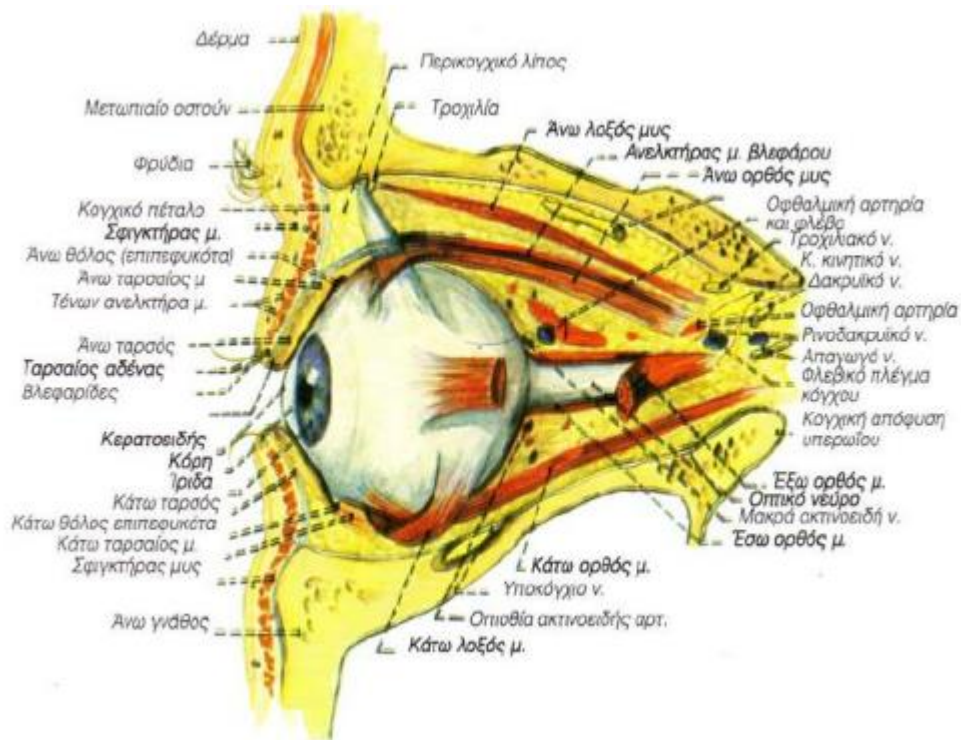
Οι οφθαλμικοί φακοί είναι ένα πολύπλοκο σύστημα που αποτελείται από το συνδυασμό διαφόρων υλικών κατασκευής και πολυάριθμων επιστρώσεων τα οποία τους προσδίδουν συγκεκριμένες ιδιότητες. Το υλικό είναι ένα από τα συστατικά των φακών: ο ρόλος του δεν περιορίζεται μόνο στη διορθωτική λειτουργία του φακού αλλά δρα και ως φορέας των επιστρώσεων (Essilor, 1997) οι οποίες ως UV-απορροφητικά ή UV-ανακλαστικά μονομερή αντανακλούν τα UV μήκη κύματος με σκοπό τη μείωση της διαπερατότητας της UV στους οφθαλμούς (Liou et al., 2015).

Οι φακοί επαφής, όπως αποδεικνύεται από τις έρευνες, μειώνουν το ποσοστό της UV ακτινοβολίας που φτάνει στην πρόσθια επιφάνεια του οφθαλμού και έχουν προταθεί ως μία αποτελεσματική μορφή προστασίας από τις ανεπιθύμητες οφθαλμικές επιδράσεις από την UV ακτινοβολία. Τα κατάλληλα χαρακτηριστικά τους και η σωστή τοποθέτηση στους οφθαλμούς διασφαλίζουν την απορρόφηση της διάχυτης ακτινοβολίας, της διερχόμενης από τους οφθαλμικούς φακούς ή της ανακλώμενης από τις εσωτερικές επιφάνειές τους. Η ιδιότητα των φακών επαφής να προκαλούν την εξασθένηση του επιβλαβούς φάσματος της ακτινοβολίας προστατεύει όχι μόνο τον κερατοειδή αλλά και τις εσωτερικές οφθαλμικές δομές (Moore and Ferreira, 2006).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

Ο ανθρώπινος οφθαλμός αποτελεί ένα από τα πιο αξιοσημείωτα αισθητήρια συστήματα και το πιο ευαίσθητο όργανο με το οποίο γίνεται η συγκέντρωση των περισσότερων πληροφοριών του εξωτερικού περιβάλλοντος μέσω της όρασης (Irsch and Guyton, 2009). Τα μέρη τα οποία συνιστούν τον οφθαλμό είναι (Χανδρινός, 2012):

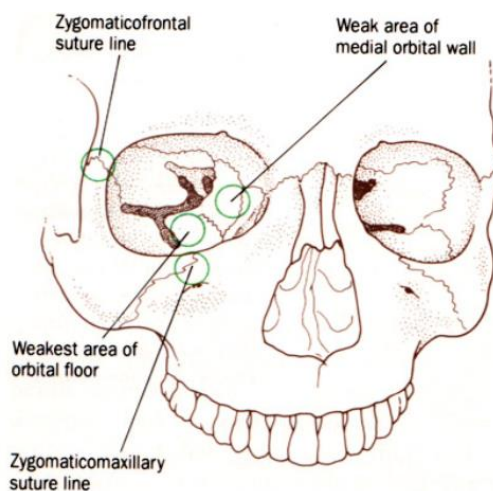
- ο οφθαλμικός βολβός, με τα τοιχώματα και το περιεχόμενο
- ο οφθαλμικός κόγχος, η κοιλότητα που προστατεύει το βολβό και
- τα επικουρικά όργανα που αποτελούνται από τα άνω βλέφαρα τα οποία προστατεύουν τον οφθαλμό, από το δακρυϊκό σύστημα, στο οποίο γίνεται παραγωγή δακρύων από τον δακρυϊκό αδένα και αποχέτευσή τους μέσω της αποχετευτικής συσκευής, από τον επιπεφυκότα ο οποίος είναι ο βλεννογόνος που καλύπτει τα βλέφαρα και το σκληρό χιτώνα, από τους οφθαλμοκινητικούς μύες, από τα αγγεία και τα νεύρα.



Εικόνα 1. Πλάγια όψη ανατομίας αριστερού οφθαλμού (Χανδρινός, 2012)

## 1.1 ΟΦΘΑΛΜΙΚΟΣ ΚΟΓΧΟΣ

Οι κόγχοι ως μορφώματα του άνω ημιμορίου του προσώπου αποτελούν οστέινα κολώματα της πρόσθιας επιφάνειας του κρανίου (Τζόνσον, 2012). Ο οφθαλμικός κόγχος έχει σχήμα πυραμίδας τεσσάρων πλευρών και στα τοιχώματα βρίσκονται οι κόλποι των οστών του προσώπου που επικοινωνούν με τη ρινική κοιλότητα (Χανδρινός, 2012).



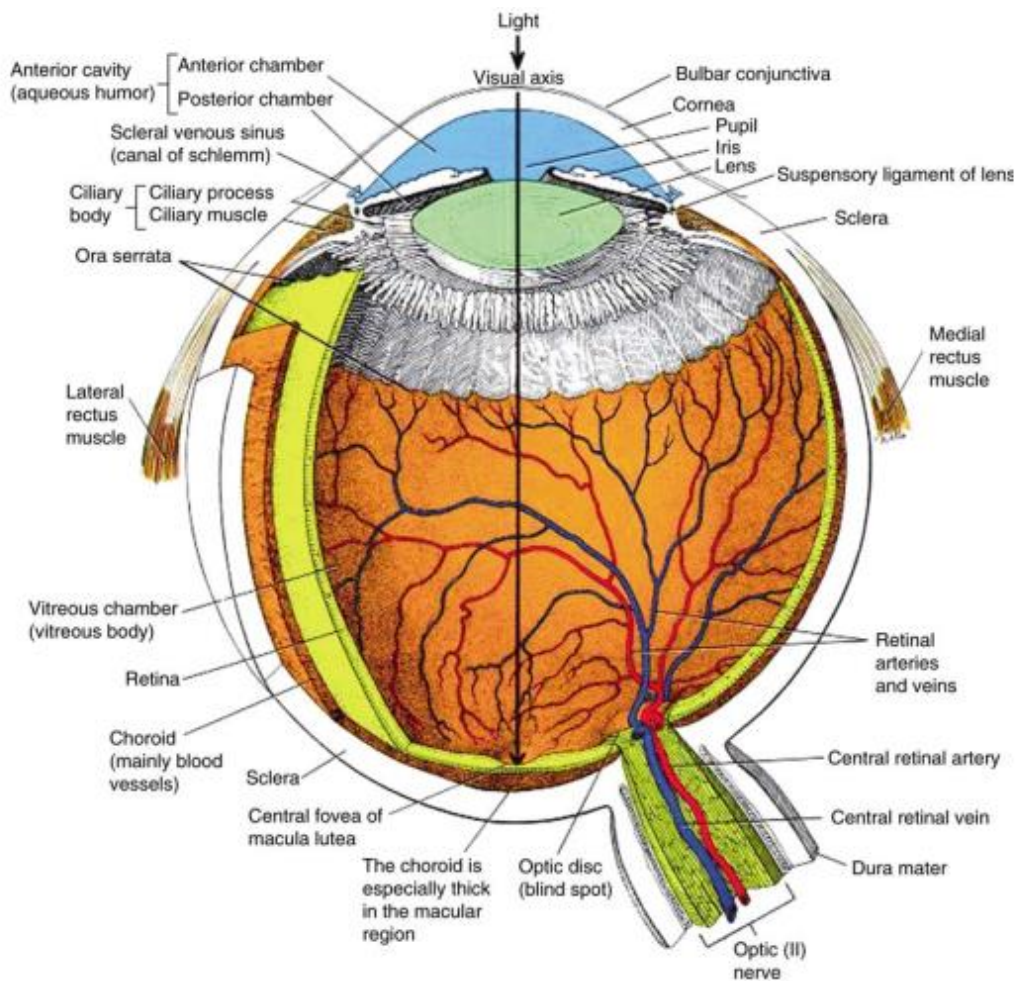
Εικόνα 2. Ο οφθαλμικός κόγχος (<http://www.med.auth.gr/depts/aophthalm/gr/dexiotites.htm>)

Στο σχηματισμό της κοιλότητας του κόγχου συμμετέχουν το ζυγωματικό, το σφηνοειδές, το μετωπιαίο, το ηθμοειδές και το δακρυϊκό οστό καθώς και η άνω γνάθος (<http://panacea.med.uoa.gr/topic.aspx?id=286>). Ο οφθαλμικός κόγχος περιέχει τον οφθαλμικό βολβό, το οπτικό νεύρο, τους εξοφθάλμιους μύες, τα οφθαλμικά νεύρα και αγγεία και το μεγαλύτερο μέρος της δακρυϊκής συσκευής (Τζόνσον, 2012).

## 1.2 ΟΦΘΑΛΜΙΚΟΣ ΒΟΛΒΟΣ

Ο οφθαλμικός βολβός αποτελεί το κύριο όργανο της όρασης και έχει σχήμα ανώμαλο σφαιρικό, το βάρος του είναι 7gr, ο όγκος είναι  $6,5\text{mm}^3$ , με τη μεγαλύτερη διάμετρο 24mm στον πρόσθιο-οπίσθιο άξονα (Γαλιατσάτος, 2015). Ο βολβός έχει δύο πόλους, τον πρόσθιο και τον οπίσθιο πόλο, τρεις κοιλότητες οι οποίες συνίστανται από τον πρόσθιο και οπίσθιο θάλαμο με το υδατοειδές υγρό μεταξύ τους, και το υαλοειδές σώμα (Τζόνσον, 2012).

Η πρόσθια προβολή του οφθαλμού αποτελεί το ένα έκτο του συνολικού όγκου του βολβού και περιέχει τον κερατοειδή χιτώνα, την ίριδα, την κόρη και τον φακό. Η προς τα πίσω προβολή περιέχει το οπτικό νεύρο. Ο πρόσθιος θάλαμος οριοθετείται προς τα εμπρός από τον κερατοειδή χιτώνα και προς τα πίσω από την ίριδα και το φακό και ο οπίσθιος θάλαμος είναι ο δακτύλιος στην οπίσθια επιφάνεια της ίριδας. Το υαλοειδές σώμα αντιπροσωπεύει τα πίσω τέσσερα πέμπτα του βολβού και αποτελεί κύρια κοιλότητα (Τζόνσον, 2012).



**Εικόνα 3. Ανατομική εικόνα του οφθαλμικού βολβού (Irsch and Guyton, 2009).**

Το τοίχωμα του οφθαλμού συνίσταται από τρεις χιτώνες, τον εξωτερικό ινώδη χιτώνα, τον ενδιάμεσο αγγειώδη χιτώνα και τον εσωτερικό αμφιβληστροειδή χιτώνα. Ο ινώδης χιτώνας αποτελείται από τον σκληρό και κερατοειδή χιτώνα (Andrade et al., 2016). Ο αγγειώδης αποτελείται από πίσω προς τα εμπρός από τον χοριοειδή χιτώνα, το ακτινωτό σώμα και την ίριδα. Ο αμφιβληστροειδής περιέχει το μελάγχρουν επιθήλιο και τον ιδίως αμφιβληστροειδή (Τζόνσον, 2012).

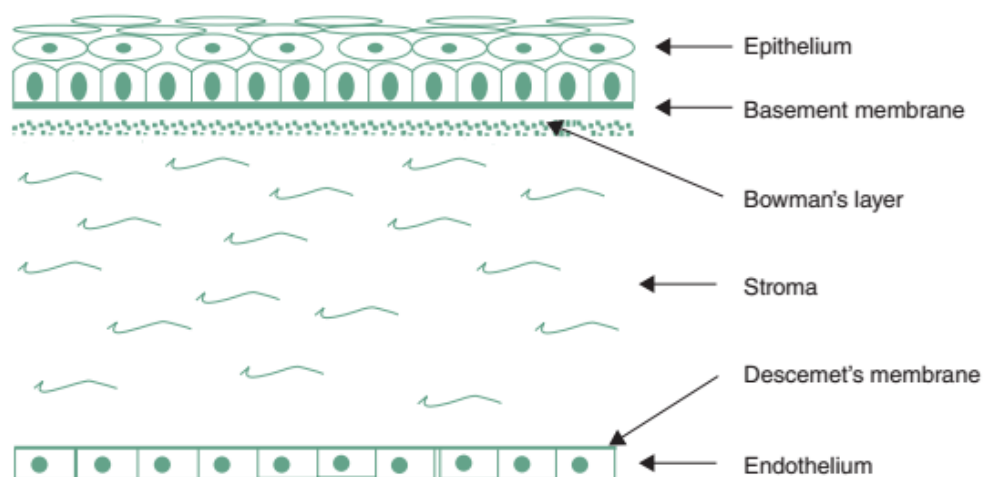
Το περιεχόμενο του οφθαλμικού βολβού αποτελείται από τα διαφανή μέρη του οφθαλμού τα οποία αποτελούν ο κρυσταλλοειδής φακός, το υδατοειδές υγρό που βρίσκεται μπροστά του και το υαλώδες σώμα το οποίο βρίσκεται πίσω από τον κρυσταλλοειδή φακό (Γαλιατσάτος, 2015).

## 1.2.1 ΤΟΙΧΩΜΑ

### 1.2.1.1 Ινώδης χιτώνας

#### 1.2.1.1.1. Κερατοειδής χιτώνας

Ο κερατοειδής είναι ένας διαφανής ιστός ελλειπτικού σχήματος, χωρίς αγγεία με πολλές νευρικές ίνες ο οποίος αποτελεί το ένα έκτο του ινώδους χιτώνα του οφθαλμού εξασφαλίζοντας τα δύο τρίτα της διαθλαστικής ισχύος του οφθαλμού (Andrade et al., 2016). Η ακτίνα της πρόσθιας επιφάνειας του κερατοειδούς είναι 7,68mm, η οριζόντια διάμετρος είναι 11,8mm, το κεντρικό πάχος είναι 0,52mm και το περιφερικό πάχος είναι 1,00mm (Πατέρας, 2015). Ο κερατοειδής αποτελείται κυρίως από τρία στρώματα: ένα εξωτερικό στρώμα επιθήλιου, ένα ενδιάμεσο στρώμα αποτελούμενο από εξωκυττάριο πλέγμα κερατοκυττάρων πλούσιο σε κολλαγόνο, και ένα εσωτερικό στρώμα αποτελούμενο από ενδοθηλιακά κύτταρα (Andrade et al, 2016). Αποτελείται επίσης και από δύο μεμβράνες: τη μεμβράνη του Bowman και τη μεμβράνη του Descemet (Πατέρας, 2015 ).



Εικόνα 4. Σχηματική παράσταση των διαφορετικών στρωμάτων του κερατοειδούς (Willoughby et al., 2010).

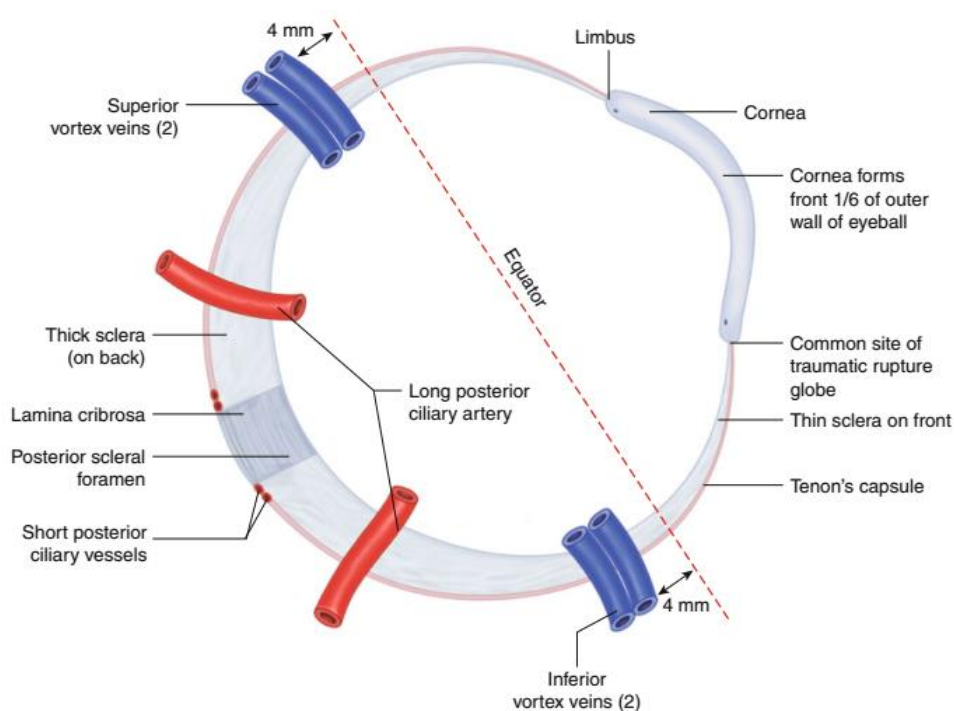
Το επιθήλιο είναι ένα προστατευτικό εξαιρετικά διαπερατό στρώμα κυττάρων με ακανόνιστο σχήμα λόγω της παρουσίας μικρολάχνων οι οποίες αλληλεπιδρούν με την επίστρωση της δακρυϊκής επιφάνειας (Willoughby et al., 2010). Η μεμβράνη του Bowman είναι μία σκληρή μεμβράνη που βρίσκεται ακριβώς κάτω από το επιθήλιο αποτελούμενη από ινώδες πλέγμα κολλαγόνου και προστατεύει το στρώμα του κερατοειδούς. Το στρώμα είναι μία διαφανής συμπαγής επιφάνεια με περιεκτικότητα σε νερό περίπου 80%, και αποτελείται από παράλληλο πλέγμα ιών κολλαγόνου τύπου I. Η μεμβράνη του Descemet είναι ένα λεπτό μη κυτταρικό στρώμα



αποτελούμενο από ινώδες κολλαγόνο τύπου IV και είναι εξαιρετικά ελαστικό. Αποτελεί την οπίσθια περιοριστική μεμβράνη του κερατοειδούς. Το ενδοθήλιο είναι μονοκυτταρικό στρώμα σε πολυγωνικό σχήμα το οποίο βρίσκεται σε άμεση επαφή με το υδατοειδές υγρό (Πατέρας, 2015).

#### 1.2.1.1.2. Σκληρός χιτώνας

Ο οφθαλμικός βολβός προστατεύεται από τον σκληρό χιτώνα ο οποίος εκτείνεται από τα άκρα του διαυγούς αμφιβληστροειδή στο πρόσθιο μέρος του οφθαλμού έως το οπτικό νεύρο στο οπίσθιο μέρος. Ο σκληρός χιτώνας αντιστοιχεί στα οπίσθια πέντε έκτα του τοιχώματος, είναι παχύς αδιαφανής λευκός ιστός και ιδιαίτερα ισχυρός καθώς διατηρεί το σχήμα του οφθαλμού και συντελεί στην πρόσφυση των οξοφθάλμιων μυών (Van de Pol, 2009).



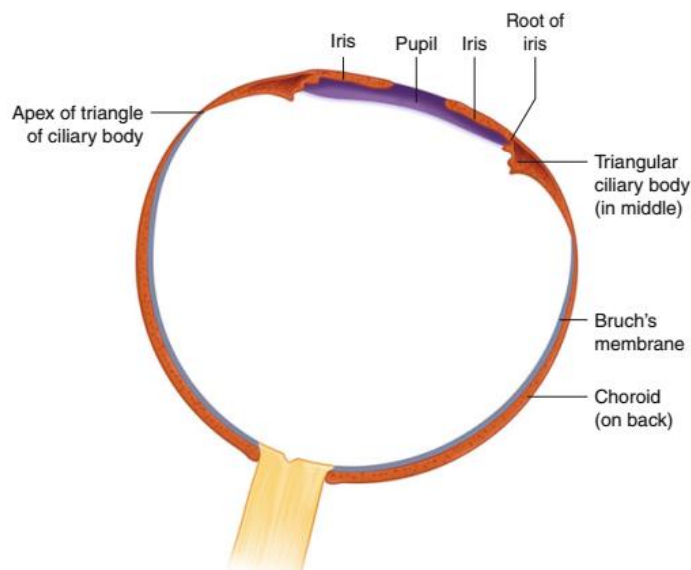
Εικόνα 5. Ο σκληρός χιτώνας του οφθαλμού (Ansari and Nadeem, 2016).

Κατά την οπίσθια όψη του οφθαλμού, ο σκληρός διαμορφώνει μια δικτυωτή δομή μέσω της οποίας διέρχεται το οπτικό νεύρο. Κοντά στο πρόσθιο τμήμα του σκληρού, δύο δακτύλιοι λείων μυών εκτείνονται ως τον αυλό του οφθαλμού (Van de Pol, 2009).

#### 1.2.1.2 Αγγειώδης ή ραγοειδής χιτώνας

##### 1.2.1.2.1 Χοριοειδής χιτώνας

Ο χοριοειδής χιτώνας αποτελεί το οπίσθιο τμήμα και τη μεγαλύτερη μοίρα του αγγειώδους χιτώνα και συμβάλλει στη θρέψη του αμφιβληστροειδή χιτώνα. Αποτελείται από κεχρωσμένο αγγειακό ιστό ο οποίος συνδέεται εξωτερικά με το σκληρό και εσωτερικά με το αμφιβληστροειδικό κεχρωσμένο επιθήλιο (Andrade et al., 2016).



Εικόνα 6. Το ενδιάμεσο στρώμα του οφθαλμικού βολβού. Ο χοριοειδής χιτώνας βρίσκεται στο οπίσθιο μέρος (Ansari and Nandeem, 2016).

Ο αγγειακός στρωματικός ιστός είναι ενσωματωμένος σε συνδετικό ιστό ο οποίος αποτελείται από ίνες κολλαγόνου, ινοβλάστες, λεμφοκύτταρα, πλασμοκύτταρα και μελανοκύτταρα (Andrade et al., 2016).

#### 1.2.1.2.2 Ακτινωτό σώμα

Το ακτινωτό σώμα περιέχει τον λείο ακτινωτό μυ και εκτείνεται από την πριονωτή περιφέρεια ως το περιφερικό χείλος της ίριδας. Έχει σχήμα τριγωνικό και οι ακτινοειδείς προεκβολές του που αποτελούν ένα στεφάνι από μυώδεις προεξοχές από την οπίσθια πλευρά, προβάλλουν προς τον φακό και εκκρίνουν το υδατοειδές υγρό. Από τον ακτινωτό κύκλο, τις ακτινοειδείς προεκβολές και τα διαστήματα μεταξύ τους, εκφύεται η Ζίννειος ζώνη η οποία καταφύεται στο περιφάκιο του φακού με ίνες στο πρόσθιο και οπίσθιο μέρος. Στην περιοχή του ακτινωτού σώματος έχουν μελαχρωστική ουσία μόνο τα κύτταρα της εξωτερικής στιβάδας (Αντωνιάδου, 2012; Τζόνσον, 2012).



#### 1.2.1.2.3 Ίρις

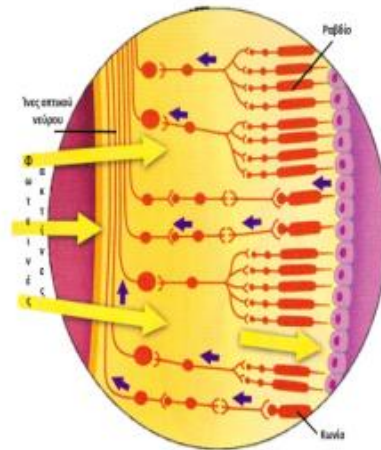
Η ίριδα είναι ένα κυκλικό διάφραγμα που βρίσκεται μπροστά από τον κρυσταλλοειδή φακό του οφθαλμού που σχηματίζει το οπίσθιο όριο του χώρου μεταξύ του πίσω μέρους του αμφιβληστροειδή και του προστινίου μέρους της ίριδας το οποίο λέγεται πρόσθιος θάλαμος. Έχει μία κεντρική κυκλική οπή, την κόρη, η οποία ελέγχει την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στον οφθαλμό και λειτουργεί ως συνδετικός κρίκος μεταξύ του πρόσθιου και οπίσθιου θαλάμου για το υδατοειδές. Έχει ένα περιφερικό ακτινωτό όριο και ένα κεντρικό κορικό όριο. Το ακτινικό όριο προστατεύει τον κυριότερο αρτηριακό κύκλο της ίριδας που σχηματίζεται από την ένωση δύο οπίσθιων ακτινωτών αρτηριών οι οποίες στέλνουν ακτινωτά μικρότερα τμήματα για την τροφοδοσία της ίριδας και των τριχοειδών των ακτινοειδών προσεκβολών. Η προσάρτηση της περιφερικής ίριδας στο ακτινωτό σώμα ονομάζεται ρίζα της ίριδας η οποία έχει μικρότερο πάχος από το υπόλοιπο τμήμα της ίριδας (Ansari and Nadeem, 2016). Το κορικό τμήμα της ίριδας εφάπτεται στην πρόσθια επιφάνεια του φακού ενώ η ρίζα της συνορεύει με τη γωνία του πρόσθιου θαλάμου. Το χρώμα της ίριδας εξαρτάται από τα χρωστικοφόρα κύτταρα, είναι μπλε στην περίπτωση των λίγων χρωματοφόρων κυττάρων και σκούρα στην περίπτωση πολλών κυττάρων (Αντωνιάδου, 2012).

#### **1.2.1.3 Αμφιβληστροειδής χιτώνας**

Ο αμφιβληστροειδής είναι ένα λεπτό φωτοευαίσθητο ημιδιαφανές στρώμα νευρικών ιστών που βρίσκεται στο εσωτερικό του οφθαλμού. Εκτείνεται από τον οπτικό δίσκο οπισθίως ως το χείλος του ακτινωτού σώματος προσθίως. Το πρόσθιο χείλος ονομάζεται πριονωτή περιφέρεια του αμφιβληστροειδούς (*ora serrata*). Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας περιέχει το έξω πέταλο και το έσω πέταλο (Ansari and Nadeem, 2016).

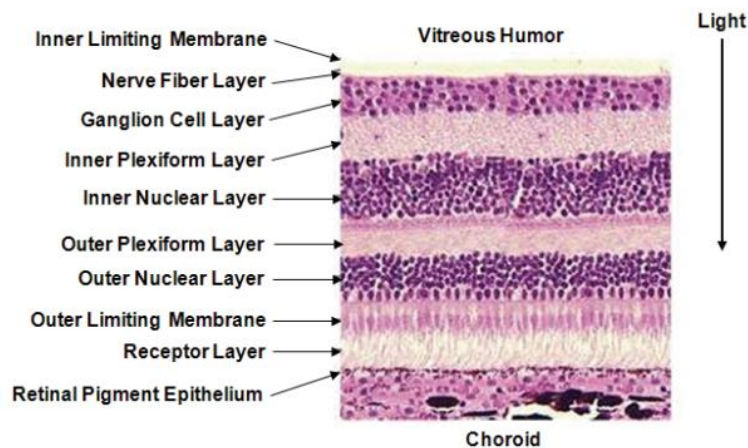
Το έξω πέταλο ονομάζεται μελάγχρουν επιθήλιο του αμφιβληστροειδούς. Υπάρχει υπαμφιβληστροειδικό κενό μεταξύ μελάγχρουν επιθηλιακού ιστού και του νευρικού αμφιβληστροειδούς αλλά συμφύονται μεταξύ τους στον οπτικό δίσκο και την πριονωτή περιφέρεια περιορίζοντας την εξάπλωση του υπαμφιβληστροειδικού υγρού σε αποκόλληση αμφιβληστροειδούς. Ο αμφιβληστροειδής είναι πιο λεπτός στο πριονωτό πρόσθιο τμήμα και στο βοθρίο στον οπίσθιο πόλο (Ansari and Nadeem, 2016).

Το έσω πέταλο ή ιδίως αμφιβληστροειδής εκτείνεται στην εσωτερική επιφάνεια του τοιχώματος από την προιονωτή περιφέρεια ως την οπτική θηλή. Οι τρεις λειτουργικές ομάδες κυττάρων είναι τα οπτικά κύτταρα, οι διάμεσοι νευρώνες και το γαγγλιακό στρώμα κυττάρων. Σε επαφή με το επιθήλιο βρίσκονται τα οπτικά κύτταρα τα οποία είναι τα κωνία και τα ραβδία, τα τελικά όργανα της όρασης (Τζόνσον, 2012).



Εικόνα 7. Εγκάρσια τομή αμφιβληστροειδούς με τα κωνία και τα ραβδία (Γαλιατσάτος, 2015).

Οι διάμεσοι νευρώνες βρίσκονται μεταξύ των οπτικών και γαγγλιακών κυττάρων, με παρουσία πυρήνα των δίπολων κυττάρων (Garhard, 2012) που βρίσκονται σε σύναψη με εσωτερικό πλεγματοειδές στρώμα (Τζόνσον, 2012).



Εικόνα 8. Εγκάρσια τομή του αμφιβληστροειδούς (Van de Pol, 2009).

Ακολουθεί στρώμα γαγγλιακών κυττάρων και τελικά στην εσώτερη επιφάνεια το στρώμα του οπτικού νεύρου συντιθέμενο από νευράξονες των γαγγλιακών κυττάρων εξερχόμενων του ηθμοειδούς πετάλου ως το οπτικό νεύρο (Τζόνσον, 2012).

## 1.2.2 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ

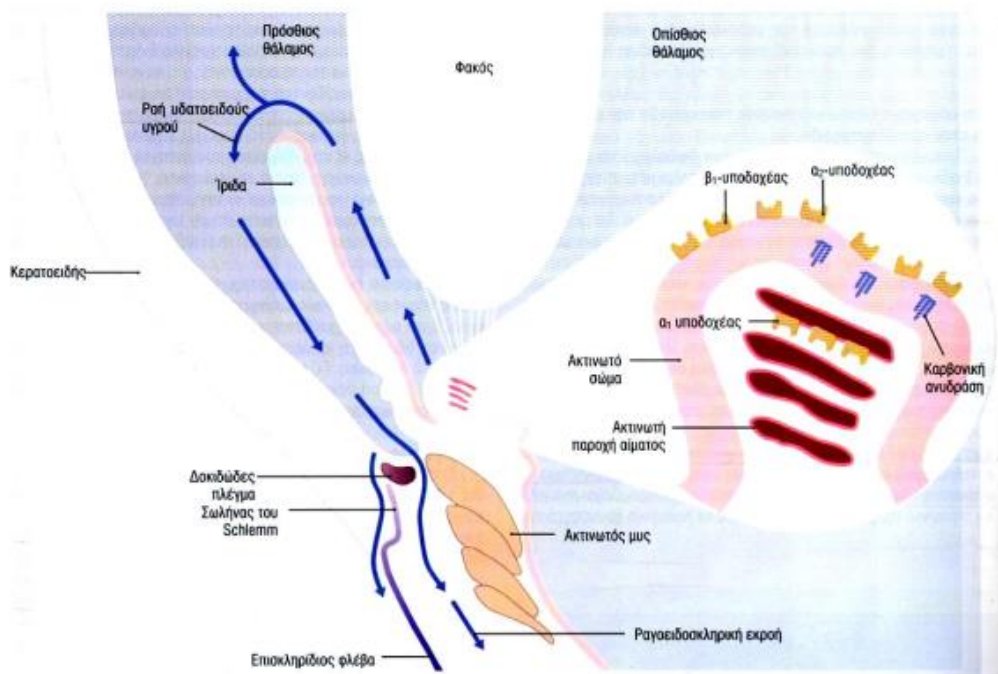
Το περιεχόμενο του οφθαλμικού βολβού περιλαμβάνει τον κρυσταλλοειδή φακό, το υδατοειδές υγρό και το υαλώδες σώμα (Γαλιατσάτος, 2015).

### 1.2.2.1 Κρυσταλλοειδής φακός

Ο κρυσταλλοειδής φακός βρίσκεται πίσω από την ίριδα και στο βοθρίο του υαλοειδούς σώματος. Έχει σχήμα αμφίκυρτου φακού και περιβάλλεται από μία κάψα, το περιφάκιο. Όπως και ο κερατοειδής χιτώνας, ο κρυσταλλοειδής φακός είναι διαφανής και έχει την ικανότητα να μετατρέπει το σχήμα του ούτως ώστε να αυξομειώνεται η διαθλαστική ισχύς που εφαρμόζεται στο φως καθώς εισέρχεται στον οφθαλμό (Irsch and Guyton, 2009). Όταν ο ακτινωτός μυς συσπάται τότε χαλαρώνει η έλξη των ινών της Ζίνειου ζώνης και ο φακός αλλάζει τη σφαιρικότητά του και έχει μεγαλύτερη διαθλαστική ισχύ. (Van de Pol, 2009).

### 1.2.2.2 Υδατοειδές υγρό

Ο χώρος ανάμεσα στον κερατοειδή και την ίριδα, ο πρόσθιος θάλαμος, περιέχει ένα λεπτό υδατώδες και διαυγές υγρό το οποίο ονομάζεται υδατοειδές υγρό. Το υδατοειδές υγρό εκκρίνεται στο θάλαμο από το ακτινωτό σώμα και αποστραγγίζεται μέσω του δοκιδωτού δικτύου (Garhard, 2012).



Εικόνα 9. Κυκλοφορία υδατοειδούς υγρού. Παράγεται από το ακτινωτό σώμα, κυκλοφορεί στους θαλάμους και αποχετεύεται από τη γωνία του πρόσθιου θαλάμου (Χανδρινός, 2012).

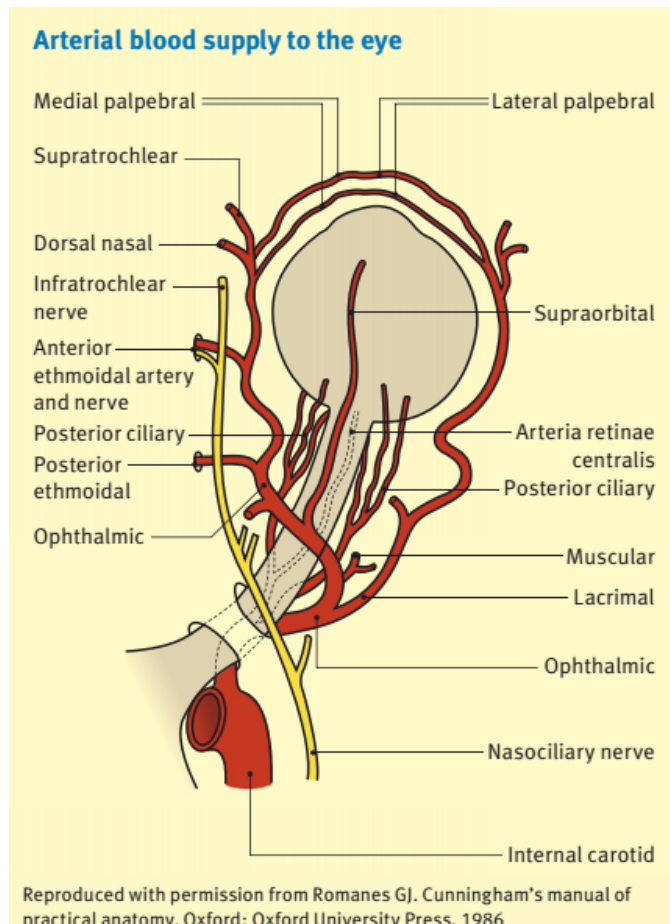
Η περιοχή αποχέτευσης του υδατοειδούς υγρού είναι η γωνία του πρόσθιου θαλάμου. Αυτή σχηματίζεται από την πρόσθια επιφάνεια της ίριδας και την οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς. Μέσω των πόρων του ηθμού που περιέχεται στη γωνία αποχετεύεται το υγρό το οποίο κυκλοφορεί εν συνεχεία μέσω του φλεβικού συστήματος (Χανδρινό, 2012). Το υδατοειδές υγρό διογκώνει τον βολβό του οφθαλμού, διατηρεί την ενδοφθάλμια πίεση και παρέχει θρεπτικά συστατικά στις μη αγγειακές δομές του οφθαλμού όπως στον οπίσθιο κερατοειδή, το φακό κ.α. (Garhard, 2012).

### **1.2.2.3 Υαλοειδές σώμα**

Το υαλοειδές σώμα αποτελεί τα τέσσερα πέμπτα του οφθαλμικού βολβού και τοποθετείται πίσω από τον φακό (Τζόνσον, 2012). Είναι ημικρυσταλλική και ζελατινώδης δομή που γεμίζει το οπίσθιο τμήμα του βολβού. Το υαλοειδές σώμα είναι χαλαρά προσαρτημένο στον αμφιβληστροειδή γύρω από την κεφαλή του οπτικού νεύρου και την ωχρά κηλίδα, και συνδεδεμένο με μεγαλύτερη σταθερότητα με τον αμφιβληστροειδή στην πριονωτή περιφέρεια πίσω από το ακτινωτό σώμα. Η σύνδεση στο πρόσθιο τμήμα του υγρού διασφαλίζει τον διαχωρισμό των υγρών σε οπίσθιο και πρόσθιο θάλαμο ενώ οι συνδέσεις γύρω από το οπτικό νεύρο συμβάλλουν στη στήριξη του αμφιβληστροειδούς χιτώνα (Van de Pol, 2009).

### **1.2.3 ΑΓΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**

Η αγγείωση του οφθαλμικού βολβού και κόγχου γίνεται μέσω της οφθαλμικής αρτηρίας η οποία αποτελεί κλάδο της έσω καρωτίδας. Εισέρχεται στην κόγχη μέσω του οπτικού καναλιού κατά μήκος του οπτικού νεύρου και οι κλάδοι της τροφοδοτούν τον βολβό και τους εξοφθάλμιους μύες. Ο πιο σημαντικός αρτηριακός κλάδος είναι η κεντρική αρτηρία του αμφιβληστροειδούς η οποία διαπερνά το σκληρό περίβλημα του οπτικού νεύρου και κυκλοφορεί εντός του νεύρου. Τροφοδοτεί το εσώτατο στρώμα του αμφιβληστροειδούς και αποτελεί την τελική αρτηρία. Με βυθοσκόπηση, εμφανίζονται οι κλάδοι της κεντρικής αρτηρίας του αμφιβληστροειδούς οι οποίοι προβάλλουν από τον οπτικό δίσκο (Presland, 2007).



**Εικόνα 10. Αρτηριακή παροχή αίματος στον οφθαλμό (Presland, 2007).**

Η οφθαλμική φλέβα απάγει αίμα του βολβού και του οφθαλμικού κόγχου και μέσω του υπερκογχίου σχίσματος συνδέεται με τον σπηραγγώδη κόλπο του εγκεφάλου (Presland, 2007; Αντωνιάδου, 2012). Εκτός από το αγγειακό σύστημα του αμφιβληστροειδή, στον οφθαλμικό βολβό διακρίνεται το αγγειακό σύστημα του επιπεφυκότα το οποίο είναι φανερό ακόμη και σε μη ερεθισμένο οφθαλμό, και τα ακτινωτά αγγεία τα οποία αιματώνουν τον ραγοειδή χιτώνα. Οι μακρές αρτηρίες και φλέβες του οπίσθιου τμήματος διακλαδίζονται στην ίριδα και στο ακτινωτό σώμα και οι βραχείς ακτινοειδείς αρτηρίες του οπίσθιου τμήματος αιματώνουν το χοριοειδή χιτώνα. Η δακρυϊκή αρτηρία προκαλεί αιμάτωση του δακρυϊκού αδένου, του επιπεφυκότα και των βλεφάρων. (Αντωνιάδου, 2012).

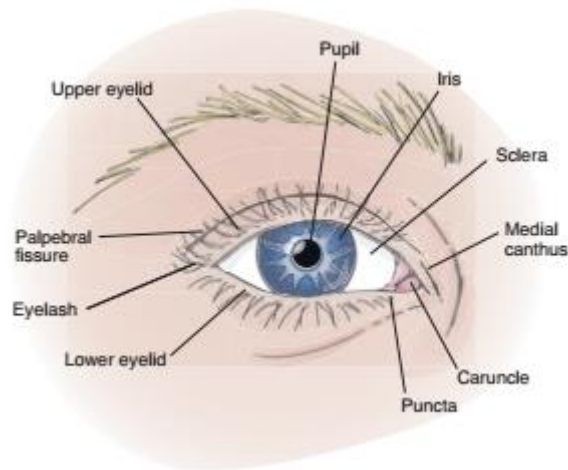
## **1.3 ΕΠΙΚΟΥΡΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΟΦΘΑΛΜΟΥ**

### **1.3.1 ΕΠΙΠΕΦΥΚΟΤΑΣ**

Ο επιπεφυκότας είναι λεπτός και διάφανος βλεννογόνος των βλεφάρων ο οποίος αποτελείται από το βλεφαρικό και το βολβικό τμήμα και βρίσκεται πάνω στο σκληρό χιτώνα του οφθαλμού. Ο βλεφαρικός καλύπτει το εσωτερικό των βλεφάρων και ο βολβικός καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του πρόσθιου οφθαλμού και συνδέονται με τον κερατοειδή. Το σημείο στο οποίο τα δύο τμήματα του επιπεφυκότα συνδέονται, σχηματίζει μια σακοειδή αναδίπλωση που επιτρέπει την κίνηση του οφθαλμικού βολβού (Weber and Kelley, 2010). Ο επιπεφυκότας καλύπτεται από δύο στιβάδες πολύστιβου κυλινδρικού επιθηλίου στο οποίο βρίσκονται καλυκοειδή κύτταρα τα οποία αραιώνουν στον κροταφικό βολβικό επιπεφυκότα. Ο ρόλος του επιπεφυκότα είναι ο έλεγχος των υποκείμενων ιστών και η προστασία του οφθαλμού από ξένα αντικείμενα([http://emed.med.uoa.gr/application/syllabus\\_II/eidika/didaktiko/03\\_ofthalmos/03\\_08\\_epikourikes\\_01\\_epipefukotas.htm](http://emed.med.uoa.gr/application/syllabus_II/eidika/didaktiko/03_ofthalmos/03_08_epikourikes_01_epipefukotas.htm)).

### **1.3.2 ΒΛΕΦΑΡΑ-ΒΛΕΦΑΡΙΔΕΣ**

Τα βλέφαρα αποτελούν κινούμενα δομικά στοιχεία του οφθαλμού και αποτελούνται από λείους και γραμμωτούς μύες. Ο ρόλος τους είναι να προστατεύουν τον οφθαλμό από τα ξένα σώματα, η λίπανση του οφθαλμού με τη διοχέτευση δακρύων και να περιορίζουν το φως καθώς εισέρχεται στον οφθαλμό. Το άνω βλέφαρο είναι μεγαλύτερων διαστάσεων, και περιέχει πέταλα ταρσού από συνδετικό ιστό που περιέχουν αδένες meibom οι οποίοι εκκρίνουν μία ελαιώδη ουσία για τη λίπανση του οφθαλμού. Τα βλέφαρα ενώνονται σε δύο σημεία: στον έξω και έσω κανθό (Weber and Kelley, 2010).



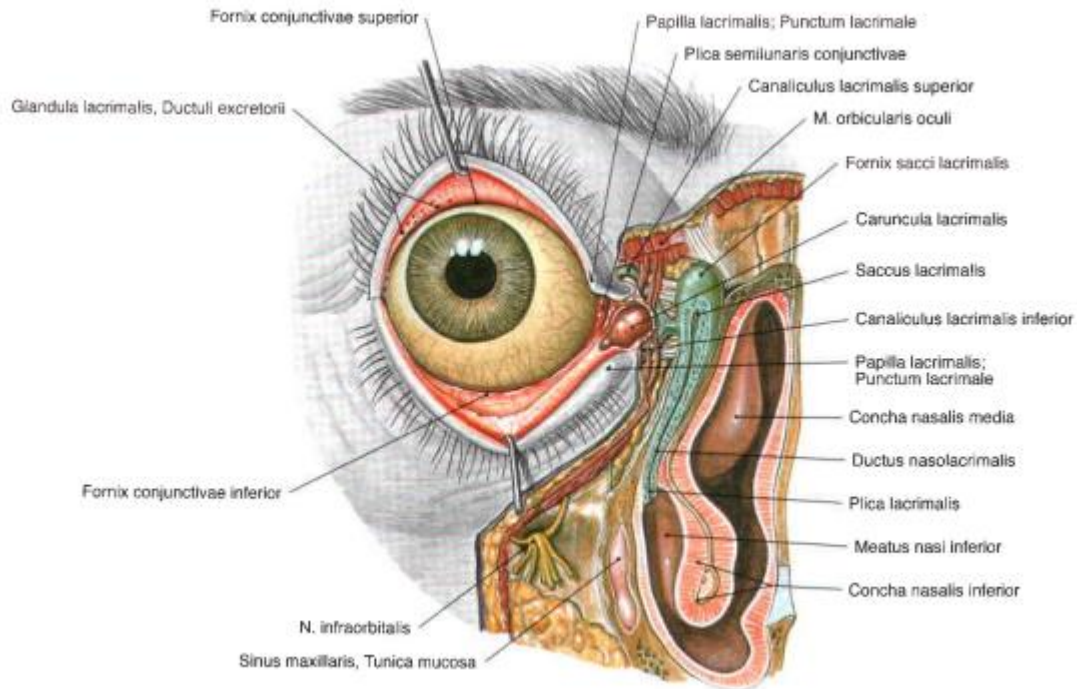
Εικόνα 11. Τα εξωτερικά τμήματα του οφθαλμού (Weber and Kelley, 2010).

Ο έσω κανθός περιέχει μικροσκοπικές οπές (puncta) που επιτρέπουν την παροχέτευση των δακρύων στο δακρυϊκό σύστημα, και περιέχει μια μικρή σαρκώδη μάζα (caruncle) από σμηγματογόνους αδένες. Το λευκό κενό ανάμεσα στα ανοικτά βλέφαρα λέγεται βλεφαρική σχισμή. Οι βλεφαρίδες είναι ένα σύνολο δύσκαμπτων τριχών γυρνώντας προς τα έξω κατά μήκος του χείλους των βλεφάρων και ο ρόλος τους είναι να φιλτράρουν τη βρωμιά και τη σκόνη από τον εισερχόμενο αέρα (Weber and Kelley, 2010).

### 1.3.3 ΔΑΚΡΥΪΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ

Η δακρυϊκή συσκευή αποτελείται από αδένες και σωληνίσκους που παράγουν τα δάκρυα για τη λίπανση του κερατοειδούς των οφθαλμών. Το δακρυϊκό διάλυμα είναι ισότονο με pH 7,4 και περιέχει ιόντα νατρίου, χλωρίου καθώς και ένζυμα όπως η λυσοζύμη για τη διάσπαση των βλεννοπολυσακχαριτών και έχει αντιμικροβιακές ιδιότητες (Γαλιατσάτος, 2015).





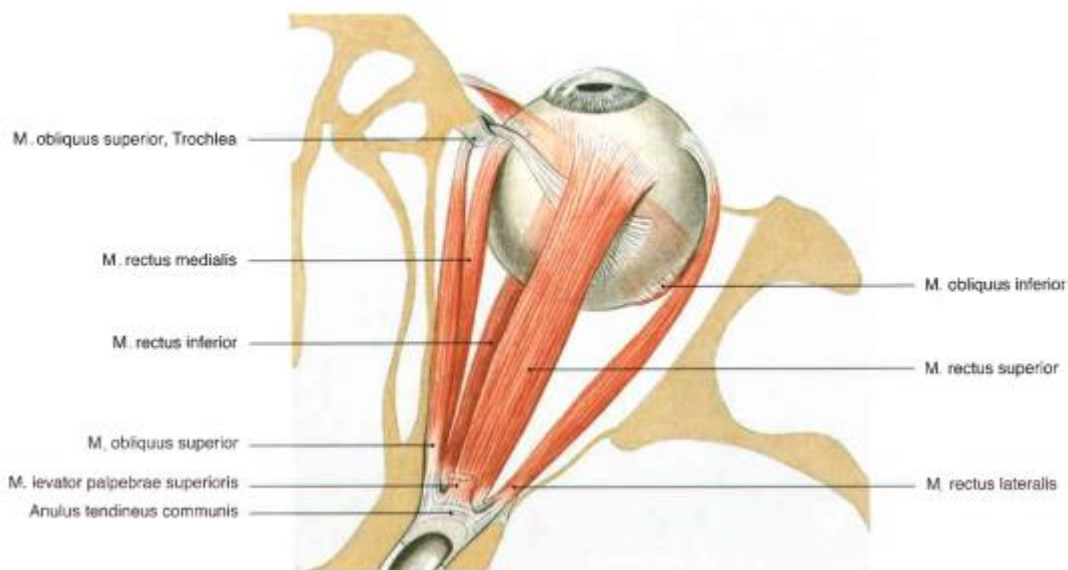
**Εικόνα 12. Δακρυϊκή συσκευή. Τα βλέφαρα έχουν ανασηκωθεί μακριά από τον οφθαλμικό βολβό και ο ρινοδακρυϊκός σωληνίσκος έχει ανοίξει ως το κατώτερο ρινικό στόμιο (Sobotta, 2006).**

Ο δακρυϊκός αδένας βρίσκεται στην άνω και έξω γωνία της κογχικής κοιλότητας πάνω από τον οφθαλμό. Καθώς ανοιγοκλείνουν τα βλέφαρα, τα δάκρυα καλύπτουν την επιφάνεια του οφθαλμού και αποχετεύονται στο puncta και διοχετεύονται στο ρινοδακρυϊκό σάκο μέσω του ρινοδακρυϊκού πόρου (Weber and Kelley, 2010).

#### **1.3.4 ΜΥΕΣ ΟΦΘΑΛΜΟΥ**

Οι εξοβολβικοί μύες είναι οι έξι μύες που καταφύονται στην εξωτερική επιφάνεια του οφθαλμικού βολβού από κοινό τενόντιο δακτύλιο και ελέγχουν έξι διαφορετικές κινήσεις του βολβού. Υπάρχουν τέσσερις ορθοί, άνω, κάτω, έσω και έξω καθώς και δύο λοξοί, άνω και κάτω. Ο ανελκτύρας μυς του άνω βλεφάρου ανυψώνει το άνω βλέφαρο. Οι ορθοί μύες εκφύονται όλοι από τον τενόντιο δακτύλιο που περιβάλλει το οπτικό τρήμα και καταφύονται στον οφθαλμικό βολβό. Ο άνω, κάτω και έσω ορθός μυς νευρώνονται από κοινό κινητικό νεύρο ενώ ο έξω μυς από απαγωγό νεύρο (Τζόνσον, 2012).



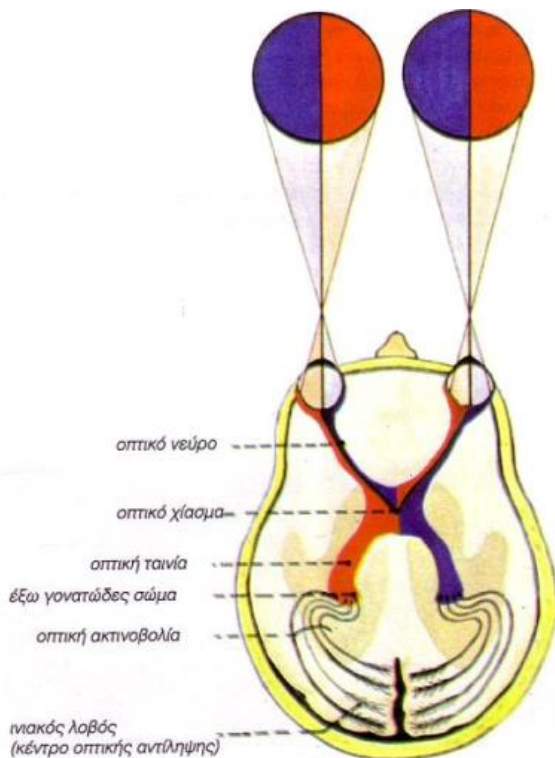


Εικόνα 13. Εξοφθάλμιοι μύες (Sobotta, 2006).

Ο άνω λοξός μυς εκφύεται από το σφηνοειδές οστό, προσφύεται στην άνω έσω γωνία του κογχικού τοιχώματος και καταφύεται στον σκληρό χιτώνα προκαλώντας κίνηση βολβού προς τα κάτω και έξω. Η νεύρωσή του γίνεται από το τροχλιακό νεύρο. Ο κάτω λοξός μυς εκφύεται από των άνω γνάθο, καταφύεται στον σκληρό προς τα έξω και κάτω και κινεί τον βολβό προς τα άνω και έξω. Η νεύρωσή του γίνεται από το κοινό κινητικό νεύρο (Τζόνσον, 2012).

#### 1.4 ΟΠΤΙΚΟ ΝΕΥΡΟ- ΟΠΤΙΚΗ ΟΔΟΣ

Το οπτικό νεύρο αποτελείται από νευράξονες γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδή που κινούνται μέσω του οπτικού χιάσματος και του οπτικού σωληναρίου στον πυρήνα του πλευρικού γονατώδους σώματος. Εκεί λαμβάνει χώρα σύναψη και ένας νέος νευρώνας προωθεί την οπτική ακτινοβολία στο οπτικό κέντρο του ινιακού λοβού. Η οπτική ακτινοβολία καταλήγει στο οπτικό κέντρο όπου γίνεται η σύνθεση των δύο εικόνων του αμφιβληστροειδούς, στο οποίο οφείλεται η διόφθαλμη όραση (Ansari and Nadeem, 2016).



**Εικόνα 14. Η οπτική οδός (Χανδρινός, 2012).**

Οι νευρικές ίνες εκφύονται από τα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδή και συγκεντρώνονται στον οπτικό δίσκο σχηματίζοντας το οπτικό νεύρο, ένα για κάθε οφθαλμό. Με την ένωση των οπτικών νευρών σχηματίζεται το οπτικό χιάσμα όπου χιάζονται οι οπτικές ίνες από τα ρινικά ημιμόρια ενώ από οι ίνες από τα κροταφικά ημιμόρια του αμφιβληστροειδούς συνεχίζουν την πορεία τους από την ίδια πλευρά με τις ρινικές ίνες του άλλου οφθαλμού. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 14, στη δεξιά πλευρά τα είδωλα του αντικειμένου σχηματίζεται στο κροταφικό ημιμόριο του αμφιβληστροειδούς του αριστερού οφθαλμού, και στο ρινικό ημιμόριο του αμφιβληστροειδούς του δεξιού οφθαλμού όπου παρουσιάζονται στο σχήμα με κόκκινο χρώμα, και μετά το χιασμό ακολουθούν πορεία αριστερά ως οπτική ταινία (Χανδρινός, 2012). Έτσι, μαζί το οπτικό νεύρο, το οπτικό χιάσμα, το πλευρικό γονατώδες σώμα, η οπτική ακτινοβολία και το ινιακό οπτικό κέντρο αποτελούν την οπτική οδό. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να γίνει εντοπισμός βλάβης στο οπτικό πεδίο εάν είναι γνωστές οι νευρικές ίνες σε διάφορα σημεία της οπτικής οδού (Ansari and Nadeem, 2016).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΗΛΙΟΣ-UV ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΚΑΙ ΟΙ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΟΡΑΣΗ

### 2.1 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ

Ο όρος *φως* χρησιμοποιείται για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που μπορούμε να δούμε μέσω της όρασης αλλά και για την υπεριώδη και υπέρυθη ακτινοβολία. Με τον όρο ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία γίνεται αναφορά σε ένα φυσικό φαινόμενο που χαρακτηρίζεται από ηλεκτρομαγνητικό πεδίο στο οποίο μεταφέρεται ενέργεια από μία θέση σε μία άλλη. Σε άλλη θεώρηση, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αποτελείται από σωματίδια (κβάντα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας) τα φωτόνια με τα οποία μεταφέρεται ενέργεια στο χώρο (Μπάης, Μπαλής και Τουρπάλη, 2011).

Στο κενό, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα έχουν την ίδια ταχύτητα,  $c=3 \times 10^8 \text{m/s}$ , επομένως το μήκος κύματος  $\lambda$  (nm), και η συχνότητα  $f$  (Hz) σχετίζονται σύμφωνα με το μαθηματικό τύπο:

$$c=\lambda \cdot f \quad (1)$$

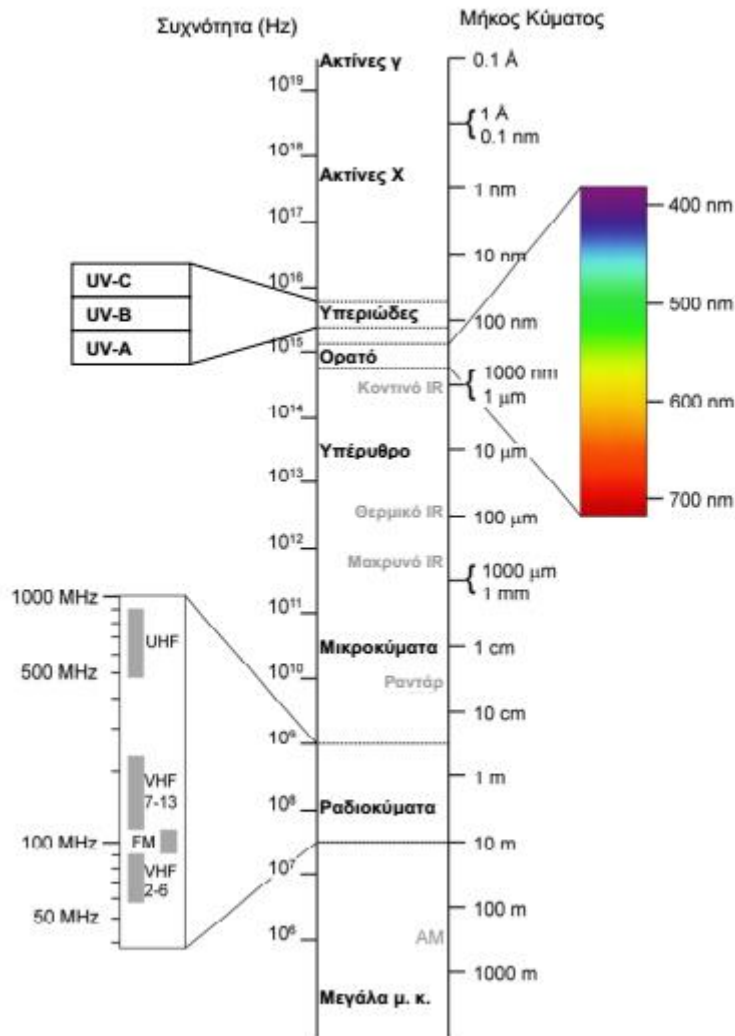
Η ενέργεια  $E$  (J) των φωτονίων είναι ανάλογη με τη συχνότητα  $f$ :

$$E=h \cdot f \quad (2)$$

όπου  $h$  είναι η σταθερά αναλογίας, γνωστή και ως σταθερά του Planck με τιμή

$h=6,626 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$  (Ελευθεριάδης κ συν., 1998).

Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα ονομάζεται η κατανομή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε συνάρτηση με την ενέργεια. Η ενέργεια των φωτονίων καλύπτει πολύ μεγάλο εύρος τιμών. Για δεδομένη ενέργεια, τα φωτόνια έχουν συγκεκριμένη συχνότητα και μήκος κύματος. Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με διαφορετικά μήκη κύματος αλληλεπιδρά διαφορετικά με την ύλη, για αυτό το λόγο διαιρέθηκε το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα σε χωριστές φασματικές περιοχές ανάλογα με τις αλληλεπιδράσεις της κάθε περιοχής με την ύλη (Μπάης, Μπαλής και Τουρπάλη, 2011).



Εικόνα 15. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και οι φασματικές περιοχές (Μπάης, Μπαλής και Τουρπάλη, 2011).

Η οπτική ακτινοβολία βρίσκεται στην περιοχή μεταξύ των ραδιοκυμάτων και των ακτίνων-Χ στο φάσμα, παρουσιάζοντας ένα μοναδικό συνδυασμό κβαντικών και κυματικών ιδιοτήτων. Στις ακτίνες-Χ και τα μικρότερα μήκη κύματος, συμπεριφέρεται ως σωματίδιο το οποίο ιονίζεται και ως κύμα στα μεγαλύτερα μήκη κύματος. Το ορατό τμήμα καταλαμβάνει μια ενδιάμεση θέση όπου συνυπάρχουν κυματικές και σωματιδιακές ιδιότητες. Το εύρος του μήκους κύματος για τις φασματικές περιοχές περιλαμβάνει τις υπέρυθρες (IR) ως τις ακτίνες-Χ. Η ακτινοβολία IR με μήκη κύματος άνω των 700nm περιέχει τη μικρότερη ποσότητα ενέργειας ανά φωτόνιο συγκριτικά με άλλη φασματική περιοχή (Pilvi, 2008).

Πίνακας 1. Εύρος μήκους κύματος για τις φασματικές περιοχές από IR ως ακτίνες-X (Pirvi, 2008).

Spectral region	Wavelength range (nm)	Energy (eV)
IR	>700	<1.8
Visible	400–700	3.4–1.8
UV	300–400	4.1–3.4
Far UV	200–300	6.2–4.1
Vacuum UV	100–200	12–6.2
Extreme UV	4–40	$3.5 \times 10^3$ –160
Soft x-rays	0.35–8	$1.2 \times 10^4$ – $3.5 \times 10^3$
Hard x-rays	0.01–0.35	$1.2 \times 10^4$ – $3.5 \times 10^3$
Gamma rays	<0.01	$>1.2 \times 10^4$

## 2.2 ΥΠΕΡΙΩΔΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (UV RADIATION)

### 2.2.1 ΠΗΓΕΣ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV, ultraviolet radiation) αποτελεί ήπια ιονίζουσα ακτινοβολία, έχει μικρότερη ενέργεια από τις ακτίνες-X και παράγεται από μεταβολές των ηλεκτρονίων στα άτομα και μόρια. Ο ήλιος ως μέλαν σώμα, εκπέμπει μεγάλες ποσότητες υπεριώδους ακτινοβολίας η οποία εξασθενίζει από το όζον και το οξυγόνο της γήινης ατμόσφαιρας και είναι η κύρια πηγή UV ακτινοβολίας. Οι υποπεριοχές της UV ακτινοβολίας, ανάλογα με το βιολογικό αποτέλεσμα στον οργανισμό (Π.Ε.Ο.Ο., 2015) είναι οι εξής (Μπάης, Μπαλής και Τουρπάλη, 2011):

- Η ακτινοβολία UV-A (315-400nm) (Yam and Kwok, 2013), η οποία κατά το μεγαλύτερο μέρος της φθάνει στη γήινη επιφάνεια καθώς κατά ένα μεγάλο ποσοστό δεν απορροφάται από το οξυγόνο και το όζον της ατμόσφαιρας.
- Η ακτινοβολία UV-B (280-315nm) (Yam and Kwok, 2013), υφίσταται σημαντική απορρόφηση από το όζον με αποτέλεσμα μικρό μέρος της να φθάνει στην επιφάνεια της Γης, σε συνάρτηση με την ποσότητα όζοντος και τη διαδρομή της ακτινοβολίας σε καθορισμένη στιγμή.
- Η ακτινοβολία UV-C (100-280nm) (Yam and Kwok, 2013), υφίσταται ισχυρή απορρόφηση από το όζον και το οξυγόνο με αποτέλεσμα να φθάνει στη γήινη

επιφάνεια αμελητέα ποσότητα, δεδομένου ότι φιλτράρεται ολοκληρωτικά από την ατμόσφαιρα.

Η ηλιακή υπεριώδης ακτινοβολία είναι η πιο σημαντική πηγή UV ακτινοβολίας και μπορεί να φθάσει στον ανθρώπινο οργανισμό από την απευθείας έκθεση στον Ήλιο, από τις σκεδαζόμενες ακτίνες και τις ανακλώμενες από τον περιβάλλοντα χώρο ειδικά από ανοιχτόχρωμες επιφάνειες και μεταλλικές (<http://www.arpana.gov.au/RadiationProtection/Basics/uvr.cfm>).

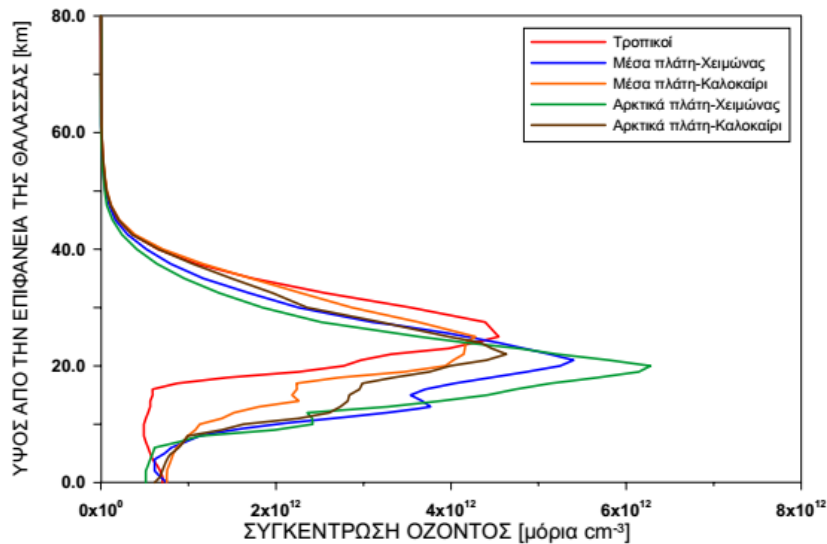
Εκτός από τον Ήλιο, υπάρχουν πολλές πηγές υπεριώδους ακτινοβολίας στις οποίες ο μέσος άνθρωπος είναι εκτεθειμένος σε καθημερινή βάση, όπως λαμπτήρες πυρακτώσεως και φθορισμού, ηλεκτροσυγκόλληση και συγκόλληση λείζερ (Π.Ε.Ο.Ο., 2015).

Τεχνητές πηγές UV ακτινοβολίας αποτελούν λαμπτήρες για ιατρική, βιομηχανική και κοσμετολογική χρήση. Οι λάμπες τεχνητού μαυρίσματος εκπέμπουν ακτινοβολία UV-B ενώ οι λάμπες για φωτοθεραπεία δερματικών και οδοντιατρικών παθήσεων εκπέμπουν UV-A και UV-B στενής περιοχής φάσματος (IARCC, 1992). Στον τομέα των τροφίμων, οι λαμπτήρες ατμών υδραργύρου μεγάλου μήκους κύματος εκπέμπουν ακτινοβολία UV-A, μεσαίου μήκους κύματος εκπέμπουν ακτινοβολία UV-B και λυχνίες με ατμό υδραργύρου χωρίς φωσφορούχο επικάλυψη επιτρέπουν τη μετάδοση της μικροβιοκτόνου UV-C ακτινοβολίας (Bintsis et al, 2000).

## **2.2.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΚΘΕΣΗ ΤΩΝ ΟΦΘΑΛΜΩΝ ΣΤΗΝ UV ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ**

### **2.2.2.1 Το όζον**

Το μεγαλύτερο ποσοστό της UV ακτινοβολίας απορροφάται από τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, στην στρατόσφαιρα με μέγιστο της κατακόρυφης κατανομής (Εικόνα 16) (Μπάης, Μπαλής και Τουρπάλη, 2011). Σε αστικές περιοχές και όπου υπάρχει φωτοχημική ρύπανση, σημειώνεται αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος το οποίο απορροφά την UV ακτινοβολία που φθάνει στο έδαφος (Madronich et al., 1998).



Εικόνα 16. Κατακόρυφη κατανομή όζοντος σε διάφορες περιοχές του πλανήτη και σε διάφορες εποχές του έτους (Μπάης, Μπαλής και Τουρπάλη, 2011).

Το στρώμα του όζοντος παρουσιάζει πρακτικά μηδενική απορροφητικότητα για ακτινοβολίες με μήκη κύματος μεγαλύτερα από 340nm έως τα 450nm. Για μήκη κύματος κάτω των 330nm η απορροφητικότητα της ακτινοβολίας οφείλεται στην παρουσία του τροποσφαιρικού όζοντος (Tenkate, 1998). Η UV ακτινοβολία παρουσιάζει χρονικές διακυμάνσεις οι οποίες είναι αντιστρόφως ανάλογες με τις διακυμάνσεις του όζοντος. Το όζον παρουσιάζει ελάχιστες τιμές το φθινόπωρο και ως εκ τούτου η φασματική πυκνότητα ροής της ακτινοβολίας παρουσιάζει μέγιστο αυτή την εποχή. Οι διακυμάνσεις της πυκνότητας ροής της ακτινοβολίας είναι εντονότερες στα μικρότερα μήκη κύματος σύμφωνα με το μέγεθος της ενεργού διατομής απορρόφησης του όζοντος (Μπάης, Μπαλής και Τουρπάλη, 2011).

### 2.2.2.2 Τα ατμοσφαιρικά αιωρήματα

Τα ατμοσφαιρικά αιωρήματα ή αερολύματα (aerosols) αποτελεί παράγοντα εξασθένησης της ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα μειώνοντας την ακτινοβολία στην επιφάνεια μέσω σκέδασης και απορρόφησης. Περιοχές με υψηλά φορτία ατμοσφαιρικών αιωρημάτων χαρακτηρίζονται από μικρότερη ποσότητα UV ακτινοβολίας σε σχέση με λιγότερο επιβαρυσμένες περιοχές. Το εύρος των ατμοσφαιρικών αιωρημάτων κυμαίνεται σε χρονική και χωρική κλίμακα, παρουσιάζεται δυσκολία στο χαρακτηρισμό τους και η επίδρασή τους στην UV ακτινοβολία εξαρτάται από τη σύστασή τους (WMO, 2003).

Η συνύπαρξη των αιωρούμενων σωματιδίων με άλλα συστατικά που έχουν την ιδιότητα να απορροφούν την ακτινοβολία, μπορεί να οδηγήσει σε ενίσχυση της

εξασθένησης της ακτινοβολίας το οποίο οφείλεται στην αύξηση της πιθανότητας της πρόσπτωσης των φωτονίων σε κάποιο συστατικό λόγω της αύξησης της διαδρομής τους (Μπάης, Μπαλής και Τουρπάλη, 2011).

#### **2.2.2.3 Η νέφωση**

Τα νέφη διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της προσπίπτουσας στο έδαφος ακτινοβολίας δεδομένου ότι τα πυκνά νέφη μπορούν να έχουν ως αποτέλεσμα την ολική εξασθένηση της ακτινοβολίας μέσω του μηχανισμού της σκέδασης. Αραιά ή διασκορπισμένα νέφη προκαλούν μικρή εξασθένηση της ακτινοβολίας (10%) ενώ τα πυκνά σύννεφα συντελούν ως και 80% στην εξασθένηση (Μπάης, Μπαλής και Τουρπάλη, 2011). Σε κάποιες περιπτώσεις, μεμονωμένα και λαμπερά νέφη μπορεί να προκαλέσουν αύξηση της ροής της ακτινοβολίας (Μπάης, Μπαλής και Τουρπάλη, 2011). Καθώς περνούν μπροστά από τον Ήλιο, η πρόσθια σκέδαση και οι πολλαπλές ανακλάσεις αυξάνουν τη συνιστώσα διάχυσης σε σχέση με την άμεση ηλιακή συνιστώσα. Η αύξηση οφείλεται στο γεγονός ότι ένα ποσοστό της προσπίπτουσας στο έδαφος UV ακτινοβολίας ανακλάται προς τον ουρανό, ενδεχομένως να χτυπά στη βάση του νέφους και μέσω αυτού του μηχανισμού ανακλάται πίσω προς το έδαφος ενισχύοντας αποτελεσματικά την ακτινοβολία εδάφους στην τιμή της ακτινοβολίας του καθαρού ουρανού (Frederick and Erlick, 1997).

Η σκέδαση της ακτινοβολίας από διάσπαρτα νέφη μπορεί να αυξήσει την δόση της έκθεσης σε ακτινοβολία UV διαφόρων μελών του σώματος και ιδιαίτερα της μύτης και των χαρακτηριστικών του προσώπου τα οποία ανακλούν τη UV προς την οφθαλμική περιοχή (Birt et al., 2007).

#### **2.2.2.4 Το υψόμετρο**

Η πυκνότητα ροής της UV ακτινοβολίας γίνεται ισχυρότερη με την απομάκρυνση από την επιφάνεια της θάλασσας λόγω ελάττωσης του αριθμού των συστατικών της ατμόσφαιρας με το ύψος. Η φασματική πυκνότητα αυξάνεται 8-10% για κάθε 1000m αύξησης υψομέτρου με σχέση μη γραμμική (Μπάης, Μπαλής και Τουρπάλη, 2011).

#### **2.2.2.5 Λευκαύγεια (albedo) του εδάφους**

Ένα αντικείμενο ή άτομο δέχεται ακτινοβολία απευθείας από τον ήλιο μέσω της διάχυτης ακτινοβολίας αλλά και μέσω της ανακλώμενης από το έδαφος. Η ανακλώμενη ακτινοβολία διαδίδεται προς τα επάνω και ένα τμήμα της σκεδάζεται



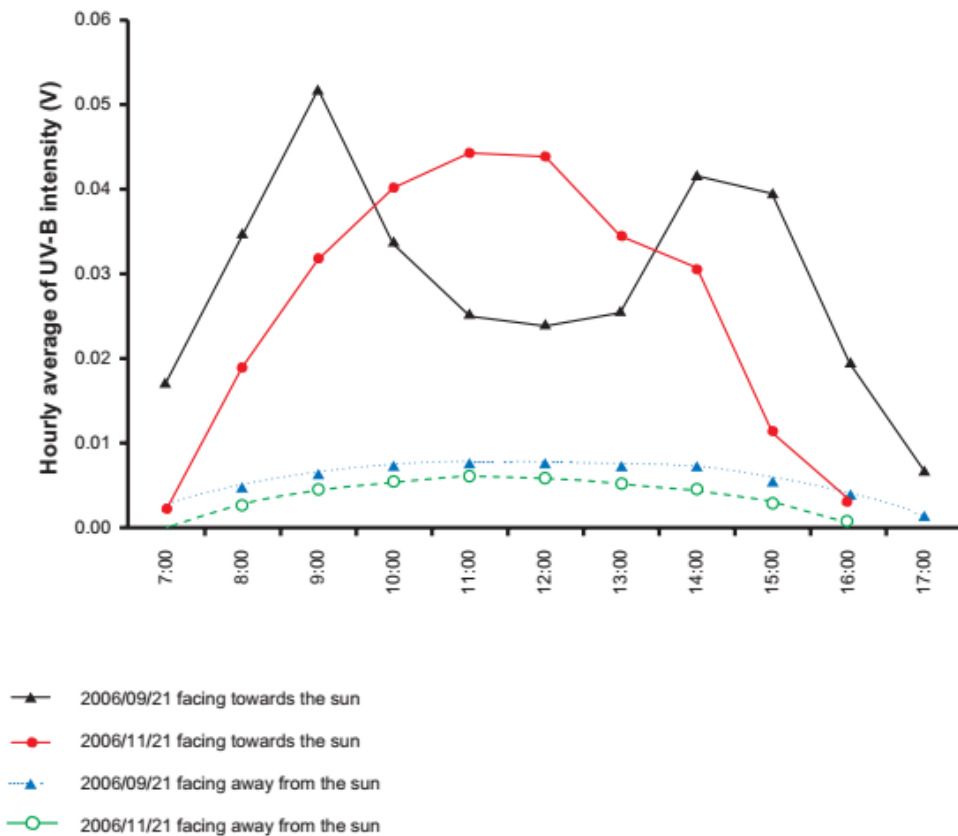
από τα μόρια της ατμόσφαιρας και ένα μέρος οδηγείται πάλι πίσω στο έδαφος με αποτέλεσμα να αυξάνεται η ροή ακτινοβολίας που δέχεται κάποιο αντικείμενο ή ζωντανός οργανισμός στο έδαφος (Μπάης, Μπαλής και Τουρπάλη, 2011).

#### **2.2.2.6 Η κλίση των ακτινών**

Σε μία μέρα χωρίς νέφωση, η UV ακτινοβολία είναι ισχυρότερη κατά τις μεσημεριανές από ότι τις απογευματινές ή πρωινές ώρες. Όσο μικρότερη είναι η κλίση των ηλιακών ακτινών, τόσο πιο έντονη είναι η ακτινοβολία. Για αυτό το λόγο το καλοκαίρι η ακτινοβολία είναι εντονότερη από ότι το χειμώνα και το μεσημέρι εντονότερη από το απόγευμα ή το πρωί. Όταν η κλίση των ηλιακών ακτινών αυξάνεται, αυξάνει και η πιθανότητα να συναντήσει ένα φωτόνιο κάποιο συστατικό της ατμόσφαιρας και να γίνει αλληλεπίδραση (Μπάης, Μπαλής και Τουρπάλη, 2011).

#### **2.2.2.7 Γεωμετρία της έκθεσης και ανατομικά στοιχεία οφθαλμού**

Πρόσφατες μελέτες υπογραμμίζουν την ανάγκη για σαφή διάκριση μεταξύ της γενικευμένης UV ακτινοβολίας και της σχετιζόμενης με τις οφθαλμικές βλάβες. Λόγω γεωμετρικών και ανατομικών παραγόντων, η έκθεση του οφθαλμού επηρεάζεται πολύ περισσότερο από την επίγεια ανάκλαση από ότι παρατηρείται στο δέρμα. Παρά την κορύφωση της UV ακτινοβολίας τις μεσημεριανές ώρες, η ακτινοβολία που φτάνει στους οφθαλμούς εξαρτάται από την ηλιακή ζενίθια γωνία. Ανάλογα με την εποχή του έτους και το πλάτος, η προσπίπτουσα στους οφθαλμούς UV ακτινοβολία μπορεί να φτάσει στο μέγιστο τις πρωινές και απογευματινές ώρες αν και θεωρείται πως είναι μειωμένη σε σχέση με την αντίστοιχη κατά τις μεσημεριανές ώρες. Η επίδραση της UV-B ακτινοβολίας, στο επίπεδο του κερατοειδούς, μεταξύ 8μm και 10μm και μεταξύ 2μm και 4μm φτάνει στο διπλάσιο σε σύγκριση με την παρατηρούμενη στις 8μm το απόγευμα (Εικόνα 17). Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του προσώπου είναι η εξήγηση στην αυξανόμενη έκθεση στη UV τις πρωινές ώρες σε σχέση με το ύψος του Ηλίου. Σε μεγάλη ζενίθια γωνία, το άνω κογχικό χείλος και η περιοχή του φρυδιού δημιουργούν σκιά στον οφθαλμό. Στη μεσαία περιοχή, ο οφθαλμός προστατεύεται από τη μύτη. Ο οφθαλμός, ακόμα και όταν δεν στρέφεται άμεσα προς τον Ήλιο, εκτίθεται στην ανακλώμενη UV ακτινοβολία η οποία μειώνεται με το κλείσιμο των οφθαλμών (Behar-Cohen et al., 2013).



Εικόνα 17. Ωριαία μέση ένταση της UV-B ακτινοβολίας στο κεντρικό τμήμα οφθαλμού στρεφόμενο προς και μακριά από τον Ήλιο (σε Volts) (Behar-Cohen et al., 2013).

Το «άνοιγμα» του οφθαλμού καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά του προσώπου όπως τα βλέφαρα, η γραμμή των φρυδιών και τα μάγουλα. Τα βλέφαρα και το μέγεθος της κόρης αντιδρούν στην ολική φωτεινότητα επηρεάζοντας την έκθεση του αμφιβληστροειδούς στην UV ακτινοβολία με εξάρτηση από διάφορους παράγοντες όπως η ηλικία και ο διάχυτος φωτισμός. Η προσπίπτουσα UV από την περιφέρεια διαθλάται μέσω του οφθαλμού και λόγω της εστιακής επίδρασης του κερατοειδούς, είναι 22 φορές ισχυρότερη στη ρινική περιφέρεια (Behar-Cohen et al., 2013).

Η εκλεκτική απορρόφηση της UV ακτινοβολίας και η διάδοσή της από τους διάφορους οφθαλμικούς ιστούς έχει ως αποτέλεσμα οφθαλμικές διαταραχές όπως το πτερύγιο, η φωτοκερατοεπιπεφυκίτιδα και ορισμένους τύπους καταρράκτη μέσω αθροιστικών επιδράσεων (Sloney, 1995).

## 2.3 ΟΦΘΑΛΜΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ ΑΠΟ ΤΗ UV ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

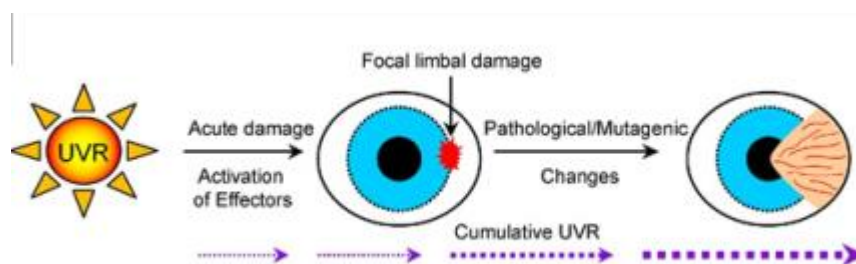
### 2.3.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΙ ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΟΝ ΚΕΡΑΤΟΕΙΔΗ ΚΑΙ ΤΟΝ ΕΠΙΠΕΦΥΚΟΤΑ

#### 2.3.1.1 Φωτοκερατίτιδα

Η φωτοκερατίτιδα αποτελεί βλάβη στον κερατοειδή προκαλούμενη από την UV ακτινοβολία η οποία μπορεί να προέρχεται από τον Ήλιο ή άλλες τεχνητές πηγές φωτός όπως είναι οι λάμπες αλογόνου και μαυρίσματος καθώς και η λάμψη ηλεκτροκόλλησης (Harding, 1995). Τα αρχικά επώδυνα συμπτώματα της φωτοκερατίτιδας οφείλονται σε βλάβη των επιθηλιακών κυττάρων οδηγώντας σε δακρύρροια και φωτοφοβία και στην εκδήλωση θόλωσης με επιδείνωση της όρασης (Cullen, 2002).

#### 2.3.1.2 Πτερύγιο

Το πτερύγιο αποτελεί υπερπλασία του προμήκους επιπεφυκότα η οποία αναπτύσσεται πάνω από τον κερατοειδή και σχετίζεται με την έκθεση σε UV ακτινοβολία και ιδιαίτερα στην περίπτωση που η ένταση είναι υψηλότερη. Οι κάτοικοι των περιοχών γεωγραφικού πλάτους μικρότερου από 30° κατά τα πέντε πρώτα χρόνια της ζωής τους διατρέχουν υψηλό κίνδυνο για ανάπτυξη πτερυγίου. Υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ κλιματικής UV ακτινοβολίας μεγάλου εύρους και της εμφάνισης του πτερυγίου καθώς η τελευταία αυξάνεται ανάλογα με τη χρονική διάρκεια έκθεσης σε εξωτερικούς χώρους (Mackenzie et al., 1992; Moran and Hollows, 1984).



Εικόνα 18. Παθογένεση πτερυγίου: εστιακή βλάβη περιφερικών βλαστοκυττάρων και μεταφορά τους προς το κέντρο του κερατοειδούς (Chui et al., 2011).

#### 2.3.1.3 Στεάτιο

Το στεάτιο αποτελεί ινώδη-λιπώδη εκφυλιστική μεταβολή του βολβικού επιπεφυκότα εντός του μεσοβλεφάριου ανοίγματος και θεωρείται ότι σχετίζεται με την έκθεση στη UV ακτινοβολία. Μελέτες έχουν δείξει τον ισχυρό επιπολασμό του στεατίου μεταξύ Αράβων στην περιοχή της Ερυθράς Θάλασσας. Ωστόσο, ο συσχετισμός μεταξύ

στεατίου και UV ακτινοβολίας είναι ασθενέστερος από την περίπτωση του πτερυγίου και ο κίνδυνος ανάπτυξης της οφθαλμικής βλάβης μικρότερος (Yam and Kwok, 2014).

#### **2.3.1.4 Κλιματική σταγονοειδής κερατοπάθεια**

Η κλιματική σταγονοειδής κερατοπάθεια CDK (Climatic Droplet Keratopathy) αποτελεί σφαιροειδή εκφυλισμό του επιφανειακού στρώματος του κερατοειδούς και αναπτύσσεται σε γεωγραφικές περιοχές με υψηλά επίπεδα έκθεσης UV ακτινοβολίας όπως είναι οι τροπικές και αρκτικές περιοχές. Η κατάσταση αυτή χαρακτηρίζεται από την απόθεση ημιδιαφανούς γκρίζου χρώματος υλικού στις περιοχές του επιφανειακού κερατοειδούς τα οποία προβάλλουν ανάμεσα στα βλέφαρα και παρουσιάζονται ως λεπτά «σταγονίδια» με τη βοήθεια της σχισμοειδούς λυχνίας. Η οφθαλμική διαταραχή σχετίζεται με χρόνια έκθεση στη UV-A και UV-B ακτινοβολία. Το μέγιστο επιπολασμό της CDK παρουσιάζεται σε περιοχές με γεωγραφικό πλάτος μεταξύ 55° και 56°. Η αντιμετώπιση της πάθησης περιλαμβάνει την επιφανειακή κερατεκτομή, ωστόσο η οριστική θεραπεία επιτυγχάνεται με κερατοπλαστική (Yam and Kwok, 2014).

### **2.3.2 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΙ ΒΛΑΒΗ ΣΤΟΝ ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΗ ΚΑΙ ΧΟΡΙΟΕΙΔΗ**

#### **2.3.2.1. Ραγοειδές μελάνωμα**

Το ραγοειδές μελάνωμα αποτελεί τον πιο κοινό πρωτογενή κακοήγη ενδοφθάλμιο όγκο στους ενήλικες με υψηλά ποσοστά θνησιμότητας μετά από 10-15 χρόνια θεραπείας η οποία μπορεί να περιλαμβάνει βραχυθεραπεία, εξωτερική ραδιοθεραπεία, διακορική θερμοθεραπεία κ.α. Πιστεύεται πως σε αντιστοιχία με τα δερματικά μελανοκύτταρα, τα οφθαλμικά μελανοκύτταρα υφίστανται κακοήγη μετάλλαξη από τη UV ακτινοβολία. Η καρκινογόνος επίδραση της UV είναι πιο σημαντική στα παιδιά από τους ενήλικες καθώς ο κρυσταλλοειδής φακός των παιδιών επιτρέπει τη διέλευση του υπεριώδους φωτός στον οπίσθιο ραγοειδή ενώ στους ενήλικες ο κρυσταλλοειδής και κερατοειδής φιλτράρουν την UV-B και το μεγαλύτερο μέρος της UV-A. Παρατηρήθηκε ότι η εξωτερική εργασία δεν αποτελεί καθοριστικό παράγοντα κινδύνου για ραγοειδές μελάνωμα ενώ η έκθεση σε τεχνητό υπεριώδες φως έχει συσχετιστεί με την πάθηση καθώς επαγγελματικές ομάδες που εκτίθενται σε τεχνητές πηγές υπεριώδους ακτινοβολίας (ηλεκτροσυγκολλήσεις), παρουσιάζουν αυξημένο κίνδυνο ραγοειδούς μελανώματος (Yam and Kwok, 2014).

### **2.3.2.2 Ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς κηλίδας**

Ο συσχετισμός μεταξύ της UV ακτινοβολίας και της εκφύλισης της ωχράς κηλίδας AMD παραμένει αμφιλεγόμενη. Ο πιο σημαντικός παράγοντας ανάπτυξης της πάθησης είναι το μπλε φως. Το ποσοστό της UV-B που φτάνει στο αμφιβληστροειδή είναι πολύ χαμηλό στους ενήλικες ανθρώπους (Behar-Cohen et al., 2013). Ιδιαίτερη ανησυχία αντιμετωπίζουν αφακικοί και ψευδοφακικοί ασθενείς στους οποίους δεν υφίσταται η προστατευτική επίδραση του γηρασμένου κρυσταλλοειδούς φακού. Η χειρουργική επέμβαση για την αντιμετώπιση του καταρράκτη μπορεί να αυξήσει την ανάπτυξη και την εξέλιξη της νεοαγγειακής AMD (Oliva and Taylor, 2005).

### **2.3.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΑΙ ΒΛΑΒΗ ΣΤΟΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΕΙΔΗ ΦΑΚΟ**

Ο καταρράκτης αποτελεί κλινικό σύνδρομο το οποίο περιλαμβάνει τη θόλωση του κρυσταλλοειδούς φακού οδηγώντας σε μείωση της όρασης. Έρευνες έδειξαν ότι περιοχές με υψηλή ηλιακή ακτινοβολία παρουσίασαν υψηλότερο επιπολασμό καταρράκτη. Σύγχρονες πειραματικές μελέτες έδειξαν ότι η UV-B προκαλεί θόλωση του πρόσθιου φλοιού και μετέπειτα του οπίσθιου (Bergmanson and Sodeberg, 1995). Η προσπίπτουσα ακτινοβολία με μικρές γωνίες πρόσπτωσης από το περιφερικό επίπεδο χτυπώντας τον κροταφικό κερατοειδή διαθλάται μέσω της κόρης προς το ρινικό τεταρτημόριο του κρυσταλλοειδούς φακού και πιστεύεται ότι η ενίσχυση και εστίαση της UV ακτινοβολίας σε αυτή την περιοχή είναι δυνατό να προκαλέσει θόλωση του φακού (Kwok and Coroneo, 2000). Μικροσκοπικά, η θόλωση του φλοιού αντιστοιχεί σε διόγκωση των επιθηλιακών κυττάρων και των φλοιικών ινών μέχρι να διαρραγούν και να προκαλέσουν έτσι το σχηματισμό κενотоπίων της φλοιώδους περιοχής. Η διόγκωση έχει συσχετιστεί με παροδική αύξηση της υγρασίας του φακού η οποία σχετίζεται με μετατόπιση νατρίου-καλίου. Η εξαρτώμενη από την ενέργεια ATPάση νατρίου-καλίου η οποία είναι υπεύθυνη για τη μετατόπιση της ισορροπίας νατρίου-καλίου στις κυτταρικές μεμβράνες του φακού, υφίσταται αυξομείωση μετά από έκθεση στη UV ακτινοβολία. Παρατεταμένη έκθεση σε UV ακτινοβολία προκαλεί μεταβολές στις πρωτεΐνες του φακού (Bergmanson and Sodeberg, 1995).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΥΡΙΩΣ ΘΕΜΑ

### 3.1 ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ-ΟΦΘΑΛΜΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

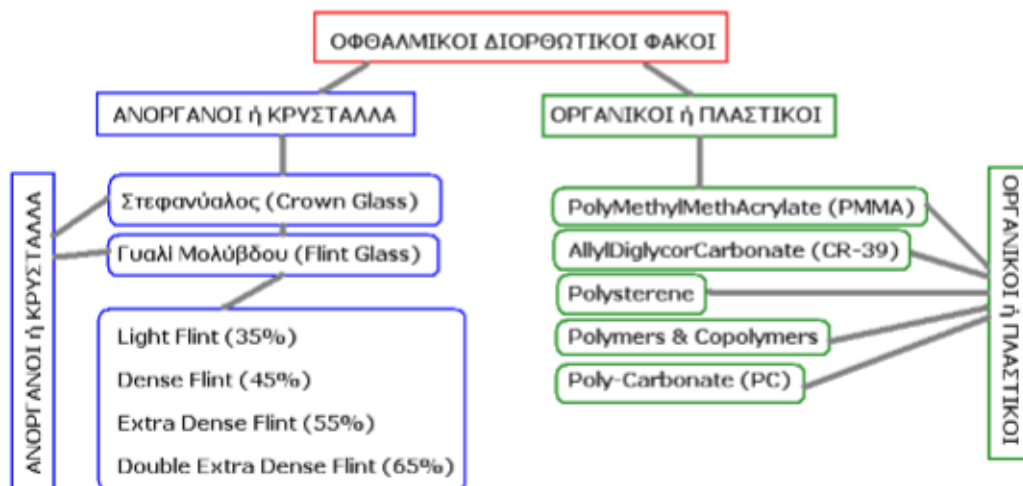
#### 3.1.1 ΛΕΥΚΟΙ ΟΦΘΑΛΜΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

Φακός ονομάζεται ένα διαφανές, ισότροπο και ομογενές διαθλαστικό μέσο που προκαλεί τη μεταβολή της κατεύθυνσης ή κλίσης των ακτινών φωτεινής δέσμης που διαδίδεται από το μέσο ([http://users.teiath.gr/achand/ASKHSEIS\\_OPTIKHS\\_NORM.pdf](http://users.teiath.gr/achand/ASKHSEIS_OPTIKHS_NORM.pdf)).

Ως *σφαιρικός* φακός ονομάζεται το διαφανές, ισότροπο, ομογενές διαθλαστικό μέσο που περιορίζεται σε δύο σφαιρικές ή σε μία σφαιρική και μία επίπεδη επιφάνεια και οδηγεί σε μεταβολή της κλίσης ή κατεύθυνσης των ακτινών φωτός που διαδίδεται στο μέσο.

Ως *κυλινδρικός* φακός ορίζεται το διαφανές, ισότροπο, ομογενές διαθλαστικό μέσο που περιορίζεται σε δύο κυλινδρικές ή μία κυλινδρική και μία επίπεδη επιφάνεια.

Ως *σφαιροκυλινδρικός* φακός ορίζεται το διαφανές, ισότροπο, ομογενές διαθλαστικό μέσο που περιορίζεται σε μία κυλινδρική και σφαιρική επιφάνεια.



Εικόνα 19. Υλικά οφθαλμικών φακών ([http://users.teiath.gr/achand/ASKHSEIS\\_OPTIKHS\\_NORM.pdf](http://users.teiath.gr/achand/ASKHSEIS_OPTIKHS_NORM.pdf)).

### 3.1.1.1 Υλικά οφθαλμικών φακών

#### 3.1.1.1.1 Κρύσταλλα ή ανόργανοι

Ο κρύσταλλος (γυαλί) θεωρείται ένα πολύ ιδιαίτερο υλικό, δεν είναι ούτε υγρό, ούτε στερεό αλλά ούτε και αέριο. Είναι το αποτέλεσμα της σύντηξης σε υψηλή θερμοκρασία μίας ανόργανης ένωσης η οποία δεν κρυσταλλώνει κατά την ψύξη και παραμένει σε άμορφη κατάσταση. Η σύνθεση του υλικού παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/1.Materials.pdf>)

	CROWN	FLINT	BORO SILICATE
Silica (SiO <sub>2</sub> )	73.6%	16.6%	67.3%
Aluminium oxide (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1.0%	1.4%	1.7%
Calcium oxide CaO	5.2%	—	—
– magnesium oxide (MgO <sub>2</sub> )	3.6%	—	0.2%
– sodium oxide (Na <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	16.0%	4.0%	4.6%
– potassium oxide (K <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	0.6%	8.0%	1.0%
– lead oxide (PbO)	—	3.0%	—
– barium oxide (BaO <sub>2</sub> )	—	—	24.6%

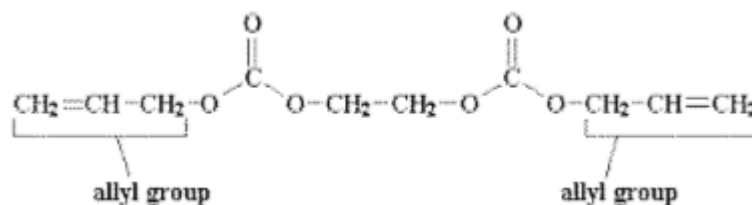
Εικόνα 20, Σύνθεση των οφθαλμικών φακών από κρύσταλλο  
(<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/1.Materials.pdf>).

Οι φακοί από κρύσταλλο έχουν μεγάλη ανθεκτικότητα αλλά παρουσιάζουν το μειονέκτημα του μεγάλου βάρους και είναι επιρρεπείς στο σπάσιμο (<http://www.unilens.gr/el/matia-orasi/%CF%85%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CF%86%CE%B1%CE%BA%CF%8E%CE%BD.html>).

#### 3.1.1.1.2 Οργανικοί (Πλαστικοί)

Οι οργανικοί φακοί συντίθενται από δύο διαφορετικά υλικά: Τα πολυμερή υλικά PMMA (polymeric materials) και τα υλικά από σκληρή ρητίνη (hard resin) τα οποία διαθέτουν μεγάλη σκληρότητα και αντοχή σε γρατσουνιές από τα υπόλοιπα πλαστικά υλικά ([http://fac.ksu.edu.sa/sites/default/files/opto\\_225\\_lec\\_2\\_pdf.pdf](http://fac.ksu.edu.sa/sites/default/files/opto_225_lec_2_pdf.pdf)).

Οι φακοί CR-39 είναι από θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη με αλλυλομάδα στο



μονομερές:

([http://users.teiath.gr/achand/OPTIKH\\_GYALIOU/HISTORY\\_4\\_BW.pdf](http://users.teiath.gr/achand/OPTIKH_GYALIOU/HISTORY_4_BW.pdf)).

Ανακαλύφθηκε κατά τη διάρκεια του 1940 από ομάδα χημικών της Columbia Corporation. Ο δείκτης διάθλασης του CR-39 είναι 1.498 ο οποίος πλησιάζει την τιμή του *στεφανύαλου* (crown glass), ειδικό βάρος  $1.32 \text{ g/cm}^3$  και αριθμό abbe 58 εξασφαλίζοντας χαμηλό χρωματισμό. Το υλικό είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό στις καταπονήσεις με υψηλή διαφάνεια. Είναι δυνατή η προσθήκη επιστρώσεων και βαφών. Το μόνο μειονέκτημα είναι η χαμηλή αντίσταση στην τριβή (Bhootra, 2009).

Οι πολυκαρβονικοί (πολυανθρακικοί) (polycarbonate) φακοί θεωρούνται σχετικά παλιό υλικό αλλά η χρήση του στους οφθαλμικούς φακούς έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια. Είναι γραμμικό θερμοπλαστικό πολυμερές με άμορφη δομή. Είναι δέκα φορές πιο ανθεκτικό από το CR-39, έχει δείκτη διάθλασης 1.586 και abbe 30. Παρουσιάζει μεγάλη ελαστικότητα και υψηλή διαφάνεια, είναι εύκολο στην κατεργασία και παρουσιάζει υψηλή απορρόφηση στις UV ακτινοβολίες. Ανάμεσα στα μειονεκτήματα είναι το υψηλό κόστος, η μικρή αντίσταση στη χάραξη και η παρουσία έγχρωμων κύκλων γύρω από τα παρατηρούμενα αντικείμενα λόγω χαμηλού αριθμού abbe (Bhootra, 2009; [http://users.teiath.gr/achand/OPTIKH\\_GYALIOU/HISTORY\\_4\\_BW.pdf](http://users.teiath.gr/achand/OPTIKH_GYALIOU/HISTORY_4_BW.pdf)).

Οι φακοί Trivex είναι από μερικώς διασυνδεδεμένο υλικό όπου γίνεται χρήση των καλύτερων χαρακτηριστικών της θερμοπλαστικής και θερμοσκληρυνόμενης διεργασίας. Το αποτέλεσμα είναι η ανώτερη αντίσταση σε κρούσεις με ανώτερη οπτική απόδοση. Ο δείκτης διάθλασης είναι 1.53 με ειδικό βάρος  $1.11 \text{ g.cm}^3$  τα οποία καθιστούν το φακό λεπτό και ελαφρύ. Ο αριθμός abbe είναι 45 και προσφέρεται 100% προστασία από τη UV ακτινοβολία. Μπορεί να χρωματιστεί εύκολα και να δεχθεί αντιανακλαστική επίστρωση (anti-reflection coating) (Bhootra, 2009).

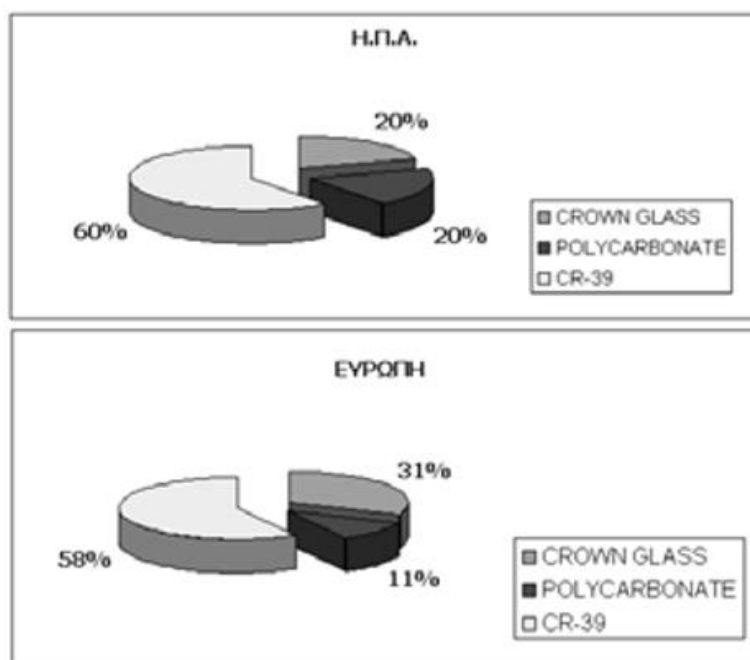


Διάφορες εταιρίες/κατασκευαστές παρέχουν οφθαλμικούς φακούς με διαφορετικά χαρακτηριστικά όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα.

Πίνακας 2. Οπτικές ιδιότητες χαρακτηριστικών για διάφορους οργανικούς φακούς ([http://users.teiath.gr/achand/OPTIKH\\_GYALIOU/HISTORY\\_4\\_BW.pdf](http://users.teiath.gr/achand/OPTIKH_GYALIOU/HISTORY_4_BW.pdf)).

Κατασκευαστές/ Προμηθευτές	Τύπος υλικού	δ.δ.	Αριθμός Abbe	Ειδικό βάρος (gr/cm <sup>3</sup> )
[ Άρκετοί ]	Οφθαλμικό crown	1,523	58,9	2,54
Pittsburg Plate Glass	CR-39	1,498	58,0	1,32
[ Άρκετοί ]	Polycarbonate	1,586	30,0	1,20
Transitions Optical	Transitions*	1,500	57,0	1,28
Sola	Spectralite	1,537	47,0	1,21
Signet Armolite	RLX – Lite	1,537	36,0	1,21
Hoya	HiLux II	1,556	40,0	1,27
Pittsburg Plate Glass	HIP	1,556	37,7	1,221
Seiko	Diaccoat Thin	1,556	40,0	1,27
Younger	Younger – Lite	1,556	37,7	1,216
Silor	Thin & Lite	1,595	36,0	1,37
Optima	Hyper – Index 1,60	1,597	37,0	1,34
Signet Armolite	1,60 High Index	1,600	36,0	1,45
Hoya	Hi – Lux Excellence	1,600	36,0	1,34
Seiko	Super 1,6	1,600	34,0	1,38
Pentax	Superthin 1,6	1,600	36,0	1,34
Zeiss	Clarlet SL	1,600	36,0	1,34
Optima	Hyperindex 166	1,660	32,0	1,35
Nikon	NL IV HCC	1,660	32,0	1,35
Hoya	Teslalid	1,710	36,0	1,40

Στο παρακάτω γράφημα παρουσιάζονται τα ποσοστά αγοράς των crown glass, polycarbonate και CR-39 στην Ευρωπαϊκή και Αμερικανική αγορά με το μεγαλύτερο ποσοστό να αντιστοιχεί στο CR-39 το οποίο συνδυάζει πλήθος χαρακτηριστικών.



Εικόνα 21. Πωλήσεις οργανικών φακών στην Αμερικανική και Ευρωπαϊκή αγορά ([http://users.teiath.gr/achand/OPTIKH\\_GYALIOU/HISTORY\\_4\\_BW.pdf](http://users.teiath.gr/achand/OPTIKH_GYALIOU/HISTORY_4_BW.pdf)).

### 3.1.1.2 Επιστρώσεις οφθαλμικών φακών για προστασία από UV ακτινοβολία

Στον Πίνακα παρουσιάζονται τα οπτικά χαρακτηριστικά φακών χωρίς επίστρωση, το χαμηλότερο μήκος κύματος στην UV που διαδίδεται στο φακό (UV cut-off) και η συνολική ανακλαστικότητα στις δύο επιφάνειες του φακού. Το γυαλί και το CR-39 επιτρέπουν τη διέλευση της UV ενώ υψηλότεροι δείκτες διάθλασης απορροφούν μέχρι τα 385nm που σημαίνει ότι από τα τελευταία παρέχεται μεγαλύτερη προστασία. Όμως, η ανακλαστικότητα της οπίσθιας επιφάνειας του φακού είναι επιβλαβής λόγω της περιφερικά εισερχόμενης ακτινοβολίας από το πλαϊνό και πάνω μέρος του σκελετού (Πλαϊνης και Φελώνη, 2015).

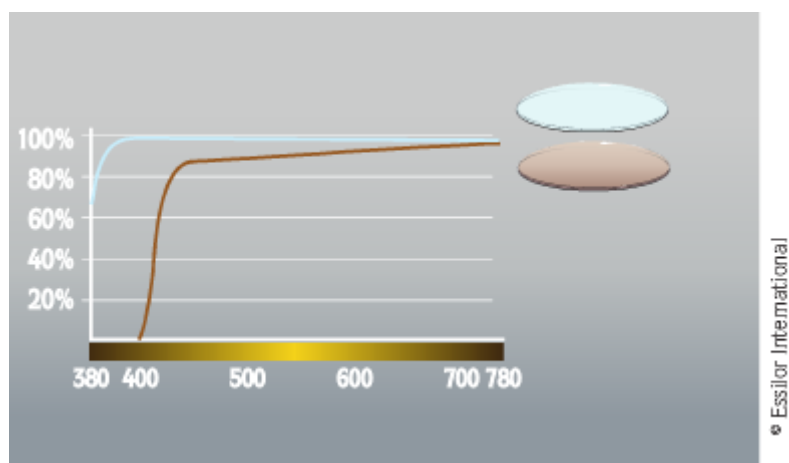
Πίνακας 3. Οπτικά χαρακτηριστικά διαφανών φακών από διαφορετικά υλικά χωρίς επιστρώσεις (Πλαϊνης και Φελώνη).

Υλικό	Δείκτης διάθλασης	UV cut-off (nm)	Ανακλαστικότητα (%)
Crown glass	1.523	320	8.4
Cr39	1.50	355	7.8
Trivex	1.53	380	8.6
Polycarbonate	1.59	385	10.1
Hoya Eyas	1.60	380	10.3
Hoya Eyry	1.71	380	13.0

Επομένως, οι αντιανακλαστικές επιστρώσεις AR (antireflective coating) στην οπίσθια επιφάνεια καθίστανται απαραίτητες για μεγαλύτερη καθαρότητα και διαύγεια αλλά και μεγαλύτερη προστασία από την έμμεση ακτινοβολία. Πολλές εταιρίες κατασκευής παρέχουν επιστρώσεις αντι-UV που είναι απαραίτητες για υλικά με χαμηλό δείκτη διάθλασης (Πλαϊνής και Φελώνη, 2015).

Μπορεί να γίνει εφαρμογή αντιανακλαστικών επιστρώσεων στους οφθαλμικούς φακούς μέσω εναπόθεσης διαφανών διηλεκτρικών οξειδίων των μετάλλων στην αντιχαρακτική επίστρωση τόσο στην κοίλη όσο και στην κυρτή επιφάνεια του φακού. Μέσω επεξεργασίας υπό κενό για μερικές εκατοντάδες nm, παρέχονται οι αντιανακλαστικές ιδιότητες στην ορατή περιοχή του φάσματος φωτός. Είναι δυνατό να κατασκευαστούν αντιανακλαστικές επιστρώσεις οι οποίες προσφέρουν ενισχυμένη προστασία στην περιοχή μπλε-ιώδες, με την προσθήκη ειδικού υλικού ανάκλασης στο μήκος κύματος αποκοπής, για παράδειγμα στα 380-460nm. Οι ανακλαστικές ιδιότητες του μπλε φίλτρου μπορεί να είναι αποτελεσματικές ως και 20%, διατηρώντας παράλληλα τις αντιανακλαστικές ιδιότητες που δραστηριοποιούνται σε ολόκληρο το ορατό φάσμα. Αυτή η επίστρωση παρέχει αποτελεσματική προστασία ενάντια στο μπλε-ιώδες (blue light) από πηγές τεχνητού φωτός σε εσωτερικούς χώρους και ικανοποιητική προστασία σε εξωτερικούς χώρους (Baillet and Granger, 2016).

Για τον φακό CR-39, η cut-off εντοπίζεται στα 355nm και μπορεί να επεκταθεί στα 400nm μέσω προσθήκης επιφανειακής επίστρωσης η οποία περιέχει UV φίλτρο και ελαφριά καφέ απόχρωση κατηγορίας 0 (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=53>).



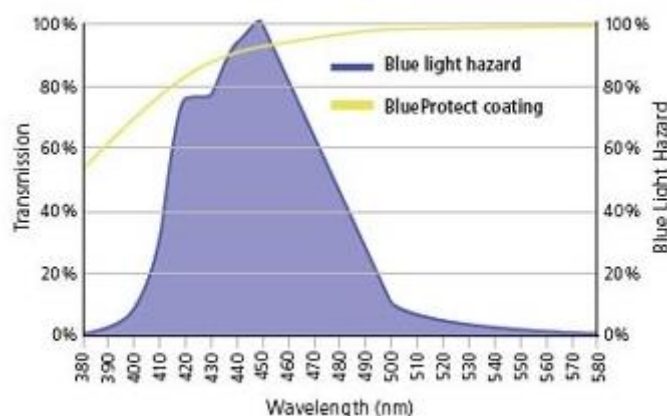
Εικόνα 22. Καμπύλες διαπερατότητας για φακό CR-39 με και χωρίς UV φίλτρο (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=53>)

Οι πολυκαρβονικοί φακοί αποτελούν καλύτερα φίλτρα προστασίας από τη UV ακτινοβολία σε σύγκριση με τους CR-39 οι οποίοι είναι χαμηλότερου δείκτη διάθλασης (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=53>).

Οι φακοί Crizal® UV από την εταιρία Essilor μειώνουν τις οπίσθιες αντανάκλασεις ως 4% με παράγοντας προστασίας (E-SPF) 25 το οποίο σημαίνει ότι η προστασία είναι 25 φορές μεγαλύτερη από ότι με ανεπίστρωτους φακούς. Για την προστασία από το μπλε-ιώδες φως, διατίθενται οι Crizal® Previncia® φακοί οι οποίοι αποκόπτουν μεγαλύτερο ποσοστό της επιβλαβούς ακτινοβολίας περισσότερο από κάθε άλλο φακό της αγοράς. Η κατοχυρωμένη με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τεχνολογία LightScan™ παρέχει αποτελεσματική προστασία μέσω του φιλτραρίσματος του μπλε-ιώδους φωτός και της UV ακτινοβολίας συμπεριλαμβανομένης της οπίσθιας ανάκλασης. Επιπλέον επιτρέπουν τη διέλευση της ευεργετικής για τις ανθρώπινες λειτουργίες μπλε-γαλάζια ακτινοβολία διατηρώντας εξαιρετική διαύγεια. Οι Crizal® Previncia® αντιθαμβωτικοί φακοί αποκόπτει το 20% της επιβλαβούς μπλε-ιώδους ακτινοβολίας στην οποία εκτίθεται ο οφθαλμός σε καθημερινή βάση. Με αυτούς τους φακούς παρέχεται πλήρης προστασία από το έντονο φως, γρατσουνιές σκόνη και εναποθέσεις στην επιφάνεια του φακού (Baillet and Granger, 2016).

Η εταιρία Zeiss παρουσιάζει τους φακούς DuraVision® BlueProtect οι οποίοι ανακλούν τμήμα του μπλε-ιώδους φωτός στην περιοχή ως 455nm και εμποδίζουν τη

διέλευσή του στον οφθαλμό ([https://www.zeiss.co.uk/vision-care/en\\_gb/products-services/coating-coloured-lenses/coatings/duravision-blueprotect.html](https://www.zeiss.co.uk/vision-care/en_gb/products-services/coating-coloured-lenses/coatings/duravision-blueprotect.html)).



Εικόνα 23. Φάσμα του μπλε-ιώδους φωτός που αποκόπτεται από τους φακούς της Zeiss ([https://www.zeiss.co.uk/vision-care/en\\_gb/products-services/coating-coloured-lenses/coatings/duravision-blueprotect.html](https://www.zeiss.co.uk/vision-care/en_gb/products-services/coating-coloured-lenses/coatings/duravision-blueprotect.html)).

### 3.1.2 ΦΩΤΟΧΡΩΜΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

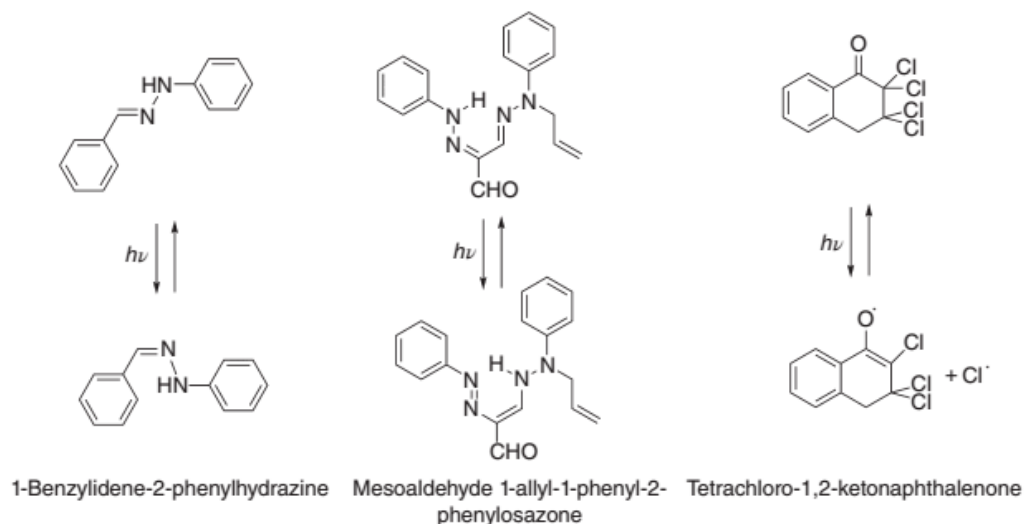
#### 3.1.2.1 Ιστορική ανασκόπηση

Ο Fritzsche, το 1867, αναφέρθηκε για πρώτη φορά στην εξής ιδιόρρυθμη συμπεριφορά του διαλύματος του *tetracene*: το αρχικά πορτοκαλί χρωματισμένο διάλυμα αποχρωματίζεται κατά την ακτινοβόλησή του με φως της ημέρας και σταδιακά γίνεται επαναφορά του αρχικού χρωματισμού έπειτα από τοποθέτηση του σε σκοτεινό χώρο (Εικόνα 24) (Nakatani et al., 2016).



Εικόνα 24. Φωτοχρωμική αντίδραση του *tetracene* (Nakatani et al., , 2016).

Αυτή η πρώτη παρατήρηση ακολουθείται από μελέτες σε διαλύματα και υλικά με παρόμοια συμπεριφορά. Παρατηρήθηκε η αλλαγή του χρώματος των βενζαλοφαινυλοϋδραζινών (*benzalphenylhydrazines*) από τον Wislicenus (Εικόνα 25).



**Εικόνα 25.** Παραδείγματα φωτοχρωμικών ενώσεων προερχόμενων από φαινυλοϋδραζίνη, φαινυλοσοαζόνη και ναφθαλενόνη (Nakatani, 2016).

Αργότερα, όπως αναφέρουν οι Nakatani et al. (2016), ο Biltz επιβεβαίωσε τις παρατηρήσεις και έδειξε την παρόμοια συμπεριφορά που παρουσίαζαν κάποιες οσαζόνες (*osazones*). Σύμφωνα με όσα αναφέρουν οι Zmija and Malachowski (2010), οι ter Meer παρατήρησαν μεταβολή του χρώματος του άλατος καλίου του δινιτροαιθανίου (*dinitroethane*) στη στερεά κατάσταση, κίτρινο στο σκοτάδι και κόκκινο στο φως της ημέρας. Το 1899, όπως αναφέρεται από τους ίδιους, ο Markwald μελέτησε την αναστρέψιμη μεταβολή του χρώματος του 2,3,4,4-τετραχλωροναφθελεν-1(4H)-όνης (®-TCDHN) στη στερεά κατάσταση. Θεώρησε πως επρόκειτο για καθαρά φυσικό φαινόμενο το οποίο ονόμασε «*φωτοτροπία*» (*phototropy*). Ο όρος αυτός αν και αναφερόταν συχνά εκείνη την περίοδο, θα πρέπει να αποφεύγεται διότι είναι παρόμοιος με τον φωτοτροπισμό ο οποίος αναφέρεται σε βιολογικά φαινόμενα. Το ενδιαφέρον για τον *φωτοχρωματισμό* ήταν συνεχές αλλά περιορισμένο μέχρι την περίοδο 1940-1960 όπου σημειώθηκε αύξηση των μηχανιστικών και τεχνικών μελετών ιδιαίτερα από τις ερευνητικές ομάδες των Hirshberg and Fischer στο Ισραήλ (Zmija and Malachowski, 2010).

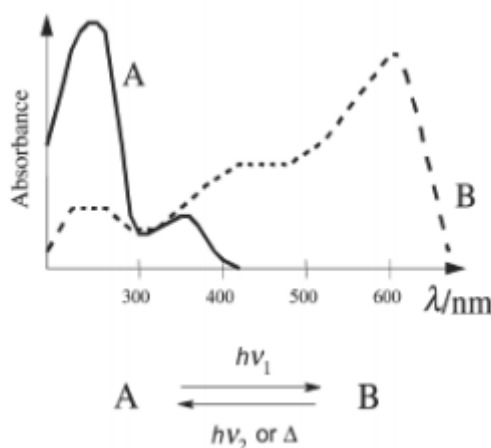
Το 1950, προτάθηκε ο όρος «*φωτοχρωμισμός*» (*photochromism*) από τον Hirshberg (1950), από τις ελληνικές λέξεις «φως» και «χρώμα» για την περιγραφή του φαινομένου. Ο όρος αυτός δεν περιορίζεται μόνο στις ενώσεις που μεταβάλλουν το χρώμα τους στο ορατό αλλά και σε εκείνα που απορροφούν το μακρινό υπεριώδες UV ως το υπέρυθρο IR σε πολύ γρήγορες ή πολύ αργές αντιδράσεις.

Παράλληλα με την εξέλιξη των φυσικών φασματοσκοπικών μεθόδων και της σύνθεσης των οργανικών ενώσεων κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960, έλαβε χώρα η επέκταση του φωτοχρωματισμού. Εκείνο το χρονικό διάστημα έγιναν διαθέσιμα τα φωτοχρωμικά γυαλιά και προάχθηκε η έρευνα (Brown, 1971).

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980, αναπτύχθηκαν οι υψηλής αντοχής σε κόπωση *σπιροοξαζίνες* (*spirooxazines*) και ιδιαίτερα τα *χρωμένα* (*chromenes*). Αυτό σηματοδότησε μια σημαντική καμπή για τη χρήση του φωτοχρωματισμού στους οφθαλμικούς φακούς μεταβαλλόμενης διαπερατότητας (Nakatani et al., 2016).

### 3.1.2.2 Φωτοχρωμισμός

Ο φωτοχρωμισμός διαφέρει από τον θερμοχρωματισμό καθώς ο πρώτος σχετίζεται με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία για τη μεταβολή του χρώματος ενώ ο δεύτερος με τη θερμότητα για τη χρωματική αλλαγή. Έτσι, ως *φωτοχρωματισμός* ορίζεται η αντιστρεπτή μεταβολή ενός χημικού είδους μεταξύ δύο καταστάσεων A και B έχοντας, διακριτά, διαφορετικά φάσματα απορρόφησης και τέτοια μεταβολή που επάγεται από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία τουλάχιστον σε μία διεύθυνση (Rawat et al., 2015). Η θερμοδυναμικά σταθερή κατάσταση A μετασχηματίζεται μέσω ακτινοβόλησης στην κατάσταση B. Η αντίστροφη αντίδραση μπορεί να εμφανιστεί θερμικά (*φωτοχρωμισμός τύπου-T*) ή φωτοχημικά (*φωτοχρωματισμός τύπου-P*) (Zmija and Malachowski, 2010).

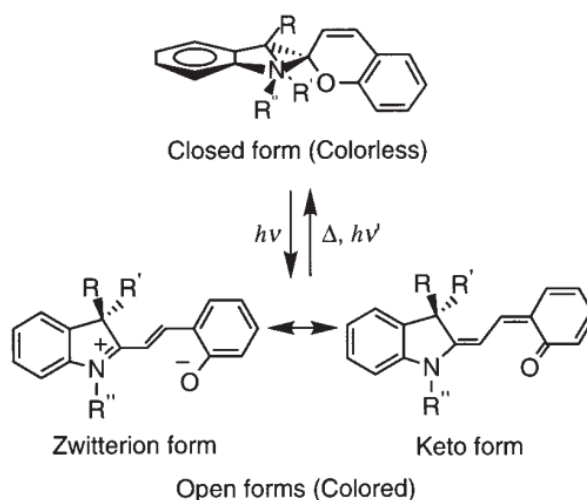


Εικόνα 26. Απορρόφηση συναρτήσει του μήκους κύματος για δύο διαφορετικά φωτοχρωμικά υλικά A και B (Zmija and Malachowski, 2010).

Υπό την ευρεία έννοια, όλες οι αντιστρεπτές φωτοχημικές αντιδράσεις που ακολουθούν τις μεταβολές στο φάσμα απορρόφησης του αντιδρώντος συστήματος

αποτελούν φωτοχρωμικές διεργασίες. Ωστόσο, από πρακτικής άποψης, οι περισσότερες δεν βρίσκουν εκτεταμένη εφαρμογή λόγω της εξαιρετικά σύντομης ζωής των υλικών, της έλλειψης φωτοσταθερότητας και των φασματοσκοπικών ιδιοτήτων. Όταν η αντίστροφη αντίδραση είναι καθαρά φωτοχημική η οποία μπορεί να προκληθεί από το μη απορροφηθέν φως από τη μητρική ένωση, η διάρκεια της χρωματικής μεταβολής ελέγχεται από τις μεταβολές της έντασης του φωτός. Σε περίπτωση που η αντίδραση είναι θερμοχρωμική, η διάρκεια της χρωματικής μεταβολής ελέγχεται από την εφαρμογή θερμότητας. Οι παράμετροι που επιδρούν στο ρυθμό της αντίστροφης αντίδρασης είναι η θερμοκρασία και το ιξώδες του μέσου (Rawat et al., 2015).

Στο μόριο του σπироπυρανίου, ο φωτοχρωμισμός οφείλεται στο μετασχηματισμό της κλειστής άχρωμης μορφής και της ανοικτής χρωματιστής μορφής. Τα σπироπυράνια αποτελούνται από μία ομάδα πυρανίου και μία άλλη χαρακτηριστική ομάδα που περιέχει συζευγμένους δακτυλίους που συγκρατούνται ορθογώνια με κοινό άτομο άνθρακα. Δεδομένου ότι δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των συστημάτων των π-ηλεκτρονίων στη μορφή-spiro, το φάσμα απορρόφησης του μορίου του σπироπυρανίου αναπαράγεται από την υπερέκθεση του φάσματος των δύο επιμέρους ομάδων. Στη φωτοχρωμική διεργασία, γίνεται διάσπαση του δεσμού μεταξύ του spiro-άνθρακα και του οξυγόνου με αποτέλεσμα το σχηματισμό ισομερών ανοικτών τύπων (*merocyanines*) οι οποίες είναι αναστρεπτές στην κλειστή μορφή. Η εκτενής σύζευξη των π-ηλεκτρονίων στην ανοικτή μορφή έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση ισχυρής απορρόφησης στην περιοχή του ορατού (Εικόνα 22) (Nakabayashi et al., 2001).



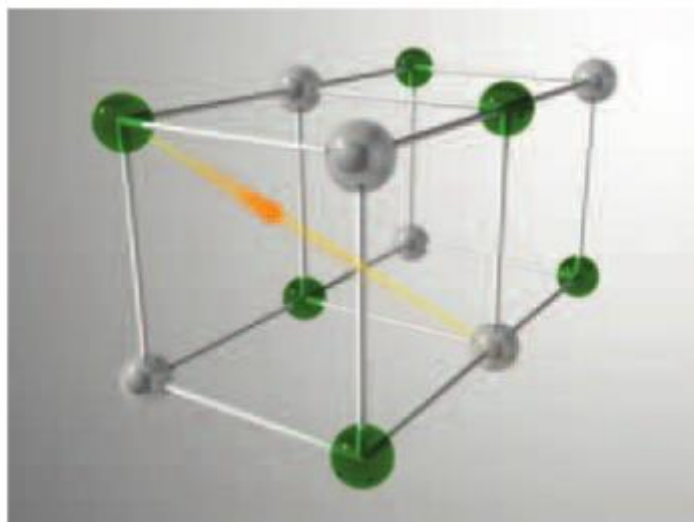


Εικόνα 27. Φωτοχρωμική ισορροπία μεταξύ κλειστών και ανοικτών τύπων σπιροπυρανών (Nakabayashi et al., 2001).

Τη δεκαετία του '60 εφευρέθηκαν τα πρώτα φωτοχρωμικά οφθαλμικά γυαλιά τα οποία είχαν την ιδιότητα να σκουραίνουν μετά την έκθεση σε υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία και να επανέρχονται στην αρχική διαυγή άχρωμη κατάστασή τους. Οι πρώτες εκδόσεις αυτών των λεγόμενων φωτοχρωμικών φακών παρουσίαζαν αργή μετάβαση από τον σκουρόχρωμο φακό στον ανοιχτόχρωμο και αντίστροφα. Οι πρώτοι φωτοχρωμικοί φακοί ήταν κατασκευασμένοι από γυαλί (κρύσταλλο) και αναπτύχθηκαν από επιστήμονες στις Η.Π.Α. στην εταιρία Corning (Ericsson, 2009).

### **3.1.2.3 Κρύσταλλα**

Η εφαρμογή του φωτοχρωματισμού στους οφθαλμικούς φακούς από γυαλί-κρύσταλλο (*mineral*) ξεκίνησε από την Corning Incorporated γύρω στο 1965 με την παρουσίαση του πρώτου φακού Photogray® και με την περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας εισήχθησαν νέες γενιές φακών τα επόμενα χρόνια. Το φαινόμενο του φωτοχρωματισμού επιτυγχάνεται με την ενσωμάτωση κρυσταλλικών αλογονιδίων αργύρου στο γυαλί το οποίο σκουραίνει όταν εκτίθεται σε UV ακτινοβολία. Σε ατομικό επίπεδο, ο θεμελιώδης μηχανισμός που οδηγεί στο φαινόμενο αφορά στην ανταλλαγή ηλεκτρονίων μεταξύ των ατόμων αργύρου και ατόμων χλωρίου που παρουσιάζονται με τη μορφή του χλωριούχου αργύρου (Εικόνα 23) και του γύρω περιβάλλοντος. Απουσία φωτός, ο δεσμός αργύρου-χλωρίου είναι ιοντικός και το άτομο του αργύρου είναι σε κατάσταση διαφάνειας επιτρέποντας τη διατήρηση του φακού σε διαυγή κατάσταση (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=61>)



Εικόνα 28. Φωτοχρωμισμός σε οφθαλμικούς φακούς από γυαλί (κρύσταλλο)

(<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=61>)

Η ακτινοβολία UV επάγει την οξείδωση των ιόντων χλωρίου σε χλώριο και την αναγωγή των ιόντων αργύρου σε άτομα αργύρου. Έπειτα τα άτομα αργύρου συσσωματώνονται εμποδίζοντας τη διάδοση του φωτός με αποτέλεσμα να σκουραίνει ο φακός σε επίπεδο που εξαρτάται από τη θερμοκρασία (Kell, 2010). Οι κρυσταλλίτες εισάγονται στο γυαλί κατά την κατασκευή του όταν τα διαφορετικά συστατικά που συνθέτουν το γυαλί συντήκονται μαζί σε υψηλή θερμοκρασία. Τα υλικά που προκύπτουν τα οποία έχουν ομοιογενή δομή αλλά ανομοιόμορφες επιφάνειες, επικαλύπτονται στο μπροστινό και στο πίσω τμήμα της επιφάνειας. Είναι δυνατή η εφαρμογή για φακούς όλων των γεωμετρικών χαρακτηριστικών όπως για διπλοεστιακούς, μονοεστιακούς, πολυεστιακούς και για δείκτες διάθλασης 1.5 και 1.6. Στην περίπτωση υψηλού δείκτη διάθλασης, ο φωτοχρωμισμός επιτυγχάνεται με λεπτό φιλμ φωτοχρωμικού γυαλιού το οποίο προσαρτάται στη μπροστινή επιφάνεια του γυαλιού. Ο συγκεκριμένος τύπος γυαλιού δεν χρησιμοποιείται τόσο συχνά πλέον (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=61>).

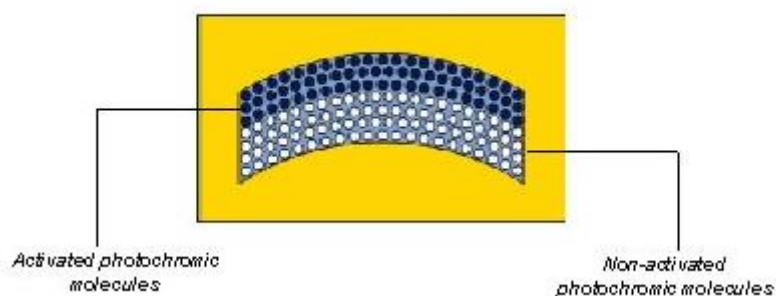
Η τεχνολογία για την κατασκευή των εν λόγω φακών είναι η *in-mass* τεχνολογία όπου γίνεται μίξη του φωτοχρωμικού υλικού με το υγρό υλικό του φακού πριν το σχηματισμό του φακού. Το μειονέκτημα του φακού από γυαλί είναι ότι το φωτοχρωμικό υλικό αντιδρά μέσω του φακού. Αυτό προκαλεί πιο έντονη σκουρότητα στα μεγαλύτερου πάχους άκρα του αρνητικού φακού σε σχέση με εκείνη στο λεπτότερο τμήμα στο κέντρο του φακού (Brooks and Borish, 2006).

### 3.1.2.4 Οργανικά με μόρια άνθρακα μέσα στην ύλη

Οι οργανικοί (πλαστικοί) φωτοχρωμικοί φακοί έκαναν την εμφάνισή τους σχετικά πρόσφατα το 1990, με την παρουσίαση των δημοφιλών φωτοχρωμικών φακών Transitions®. Η αρχή του φωτοχρωματισμού στους κρυσταλλικούς φακούς δεν ήταν εφαρμόσιμη στους οργανικούς φακούς δεδομένου του διαφορετικού μοριακού μεγέθους και της δομής, επομένως απαιτούνταν η εύρεση άλλων μορίων. (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=57>).

Για τους οργανικούς φακούς, το φαινόμενο του φωτοχρωματισμού μπορεί να επιτευχθεί με την εισαγωγή φωτοευαίσθητων συστατικών σε όλη τη μάζα του υλικού, παρόμοια με την περίπτωση των φακών από γυαλί, με την ίδια τεχνολογία *in-mass*. Η πυκνότητα, ο δείκτης διάθλασης και ο ABBE εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του υλικού του φακού ([http://www.opticaltraining.com/html/continuing\\_ed/wbt/abo/photochromic\\_lenses/page\\_four.html](http://www.opticaltraining.com/html/continuing_ed/wbt/abo/photochromic_lenses/page_four.html)).

#### ***In-Mass Technology***



Εικόνα 29. Τεχνολογία *in-mass*

([http://www.opticaltraining.com/html/continuing\\_ed/wbt/abo/photochromic\\_lenses/page\\_four.html](http://www.opticaltraining.com/html/continuing_ed/wbt/abo/photochromic_lenses/page_four.html))

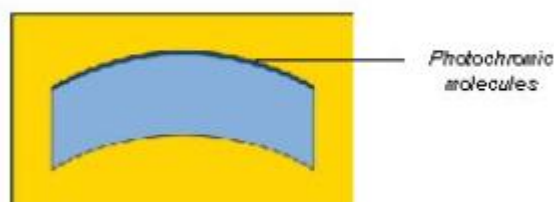
Παραδείγματα της *in-mass* τεχνολογίας είναι οι φακοί ColorMatic® της εταιρίας Rodenstock και οι SunSensors® και SunSensors+ της Corning Ophthalmic. Αυτοί οι φακοί διατηρούν τις φωτοαντιδραστικές τους ιδιότητες ακόμα και στην περίπτωση που η επιφάνεια έχει υποστεί φθορά. Επίσης, καθώς τα φωτοχρωμικά μόρια τα οποία βρίσκονται στην επιφάνεια φθείρονται και παύουν να σκουραίνουν, εκείνα τα οποία εντοπίζονται σε μεγαλύτερο βάθος στο φακό, συνεχίζουν να ενεργοποιούνται

<http://opticalabproducts.com/VCPN/VCPN-Archives/THE-EVERCHANGING-TECHNOLOGY-OF-PHOTOCHROMIC-LENSES-1011.aspx>).

### 3.1.2.5 Οργανικά με φωτοχρωμική τεχνολογία φιλμ

Μία άλλη φωτοχρωμική τεχνολογία αφορά στους «εμποτισμένους» (*imbibed*) φακούς όπου η φωτοχρωμική δράση λαμβάνει χώρα σε ένα εμποτισμένο λεπτό στρώμα στην εμπρόσθια επιφάνεια του φακού και σκουραίνει μόνο σε ένα ελάχιστο βάθος 0.15mm ([http://www.opticaltraining.com/html/continuing\\_ed/wbt/abo/photochromic\\_lenses/page\\_four.html](http://www.opticaltraining.com/html/continuing_ed/wbt/abo/photochromic_lenses/page_four.html)).

#### **Imbibed Technology**

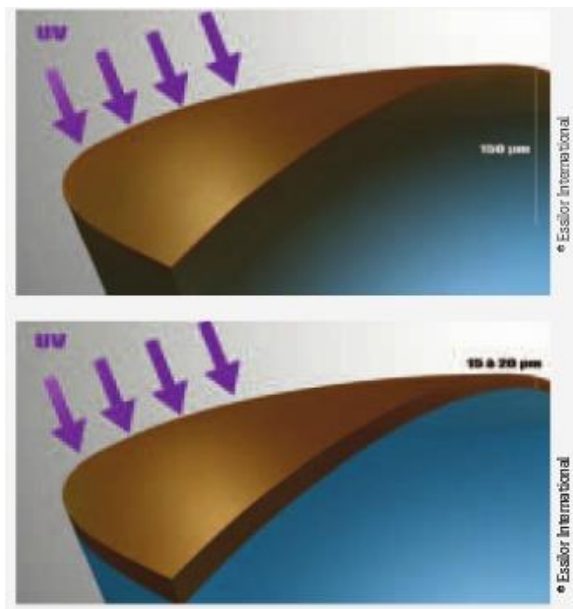


Εικόνα 30. Τεχνολογία εμβάπτισης (*imbibing*) φωτοχρωμικών μορίων ([http://www.opticaltraining.com/html/continuing\\_ed/wbt/abo/photochromic\\_lenses/page\\_four.html](http://www.opticaltraining.com/html/continuing_ed/wbt/abo/photochromic_lenses/page_four.html)).

Η τεχνολογία *imbibition* αναπτύσσεται σε ημιτελείς φακούς οι οποίοι κατασκευάζονται από υλικά με χημική σύνθεση προσαρμοσμένη στις απαιτήσεις του φωτοχρωματισμού. Γίνεται εναπόθεση ενός βερνικιού που περιέχει φωτοχρωμική βαφή στην εμπρόσθια επιφάνεια του φακού με φυγοκέντρωση ή *spin-coating*. Ο φακός έπειτα τοποθετείται σε φούρνο υψηλής θερμοκρασίας όπου η θερμότητα προκαλεί αλλαγή στη δομή του υλικού, με αποτέλεσμα τη διεύθυνση της βαφής στο υλικό σε βάθος 150-200microns και την παραμονή της εκεί μετά την ψύξη του υλικού. Το φωτοχρωμικό βερνίκι, το οποίο δεν περιέχει πλέον βαφή, υφίσταται έκπλυση από την επιφάνεια του φακού (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=61>).

Με την τεχνολογία *trans-bonding*, βερνίκι που περιέχει φωτοχρωμικά μόρια πάχους 15-20microns εναποτίθεται απευθείας στην εμπρόσθια επιφάνεια του φακού πριν την εφαρμογή των AR και αντιχαρακτικών επιστρώσεων. Το στρώμα αυτό δεν προάγει μόνο την φωτοχρωμική τεχνολογία αλλά επιπρόσθετα αποτελεί τη βάση για την εφαρμογή των προαναφερθέντων επιστρώσεων.

<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=61>).



Εικόνα 31. Κατασκευή οργανικών φωτοχρωμικών φακών με α)εμπίση (imbibing) β) trans-bonding (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=61>).

Οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να εφαρμοστούν σε φακούς χαμηλού, μεσαίου και υψηλού δείκτη διάθλασης καθώς και για μονοεστιακούς, διπλοεστιακούς και πολυεστιακούς φακούς διόρθωσης (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=61>).

Οι φακοί που κατασκευάζονται με αυτές τις τεχνολογίες παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά. Όλοι οι φακοί εμποδίζουν τη διάδοση της βλαβερής UV-B ακτινοβολίας σε κατάσταση σκουρότητας και είναι εξαρτώμενοι από τη θερμοκρασία η οποία επηρεάζει τη φωτοχρωμική απόδοσή τους. Οι φωτοχρωμικοί φακοί δεν σκουραίνουν τόσο μια θερμή ημέρα όσο μία ψυχρή και χάνουν τη σκουρότητά τους ταχύτερα σε θερμό περιβάλλον παρά σε ψυχρό. Επίσης, οι φωτοχρωμικοί φακοί δεν μπορούν να επανέλθουν πλήρως στη διαυγή κατάστασή τους σε συνθήκες φωτισμού φθορισμού όπου η UV ακτινοβολία είναι ισχυρότερη από ότι σε φωτισμό λαμπτήρων. Όσον αφορά τη χρήση των φωτοχρωμικών φακών στο εσωτερικό οχημάτων, αν και κάποιοι από αυτούς ενεργοποιούνται μερικώς, γενικά η τεχνολογία δεν προάγει την

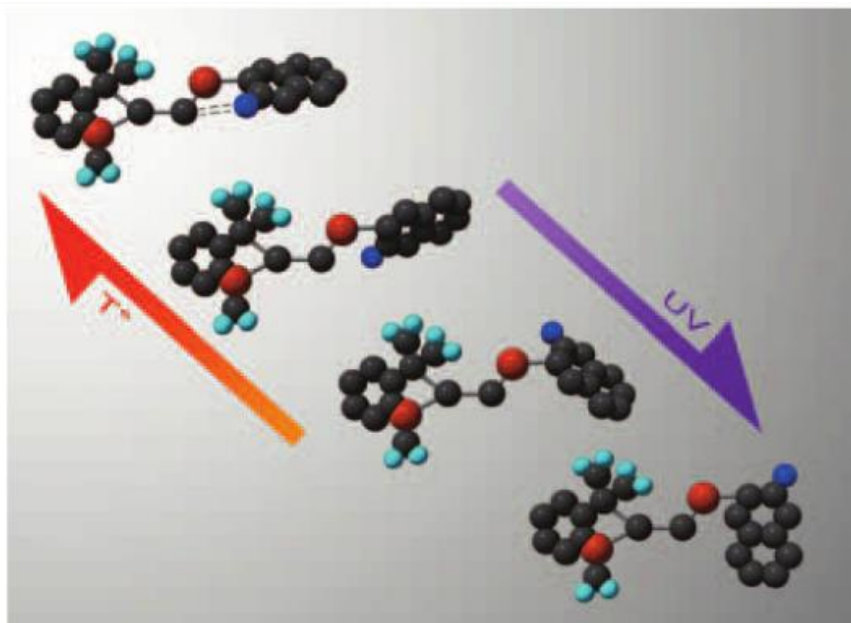
κατάλληλη απόδοση. Οι *imbibed* και *in-mass* φωτοχρωμικοί φακοί θεωρούνται πως σκουραίνουν ομοιόμορφα σε όλη την επιφάνεια του φακού ανεξάρτητα από τη διαθλαστική τους ισχύ. Ωστόσο, το βάθος μέχρι το οποίο επιτυγχάνεται η σκουρότητα, είναι διαφορετικό για τον φακό της κάθε τεχνολογίας.

([http://www.opticaltraining.com/html/continuing\\_ed/wbt/abo/photochromic\\_lenses/page\\_five.html](http://www.opticaltraining.com/html/continuing_ed/wbt/abo/photochromic_lenses/page_five.html)).

Αν και οι κορυφαίοι κατασκευαστές φωτοχρωμικών φακών των δύο τεχνολογιών υποστηρίζουν ότι η απόδοσή τους μπορεί να διαρκέσει περισσότερο από το χρόνο ισχύος της συνταγής, εργαστηριακές μελέτες υποδεικνύουν ότι η διάρκειά τους δύσκολα ξεπερνά τα δύο έτη. Αυτό συμβαίνει διότι η ικανότητα για τη μετάβαση στις δύο καταστάσεις (σκουρο-διαυγές) υποβαθμίζεται λόγω της επίδρασης της UV ακτινοβολίας. Αυτό οφείλεται στην οργανική χημεία, συνυφασμένη με τους οργανικούς φωτοχρωμικούς φακούς, η οποία αποδομείται παρουσία οξυγόνου και ακτινοβολίας. Καθώς η UV διασπά τη φωτοχρωμική βαφή στους φακούς της τεχνολογίας εμποτισμού-εμβάπτισης, υφίσταται λιγότερες χρωστικές ουσίες για την αντικατάσταση αυτών που έχουν χάσει τη δραστηριότητά τους το οποίο επιδρά στη συνοχή του χρώματος με την πάροδο του χρόνου. Στην τεχνολογία *in-mass*, με τη UV ακτινοβολία καθώς αποδυναμώνεται η δραστηριότητα των φωτοχρωμικών μορίων, άλλα μόρια τα αντικαθιστούν με αποτέλεσμα μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των φακών ([http://www.opticaltraining.com/html/continuing\\_ed/wbt/abo/photochromic\\_lenses/page\\_six.html](http://www.opticaltraining.com/html/continuing_ed/wbt/abo/photochromic_lenses/page_six.html)).

### **3.1.2.6 Τεχνολογία TRANSITION**

Η αρχή στην οποία βασίζεται η λειτουργία των φωτοχρωμικών μορίων στους φακούς Transitions® παρουσιάζεται στην Εικόνα 31. Το φωτοχρωμικό μόριο όταν υπόκειται σε UV ακτινοβολία διασπάται και καλύπτει την επιφάνεια του φακού ώστε επιτυγχάνεται η επαναδιάταξη των ηλεκτρονίων στο επίπεδο, οδηγώντας σε υψηλή απορρόφηση του ορατού φωτός που προκαλεί τη σκουρότητα στο φακό. Με την παύση της διέγερσης από τη UV ακτινοβολία γίνεται επαναφορά του μορίου στη βασική διαυγή κατάσταση (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=57>).



Εικόνα 32. Λειτουργία των οργανικών (πλαστικών) φωτοχρωμικών φακών Transitions® (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=57>).

Με την έκθεση των φακών Transitions® στη UV ακτινοβολία, τρισεκατομμύρια φωτοχρωμικά μόρια στο φακό αρχίζουν να μεταβάλλουν τη δομή τους. Αυτή η αντίδραση προκαλεί τη σκουρότητα στο φακό. Οι νέοι φακοί Transitions® Signature® κάνουν εφαρμογή της τεχνολογίας Chromea7™, μία προηγμένη σύνθεση που επιτρέπει στους φακούς να ανταποκρίνονται περισσότερο από ότι στο παρελθόν. Αυτή η αποκλειστική με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τεχνολογία αποτελείται από μοναδικές χρωστικές οι οποίες ενσωματώνονται στην επιφάνεια του φακού. Οι χρωστικές ουσίες αποτελούνται από μόρια τα οποία συνεχώς και με ομαλό τρόπο επαναταξινομούνται καθώς το φως στο γύρω περιβάλλον μεταβάλλεται. Σκουραίνουν και γίνονται πιο φωτεινοί στον κατάλληλο βαθμό ώστε να φτάνει η βέλτιστη ποσότητα φωτός στους οφθαλμούς. Η τεχνολογία Chromea7™ αναπτύχθηκε για συνθήκες έμμεσου φωτός από σκέδαση. Οι φακοί ακόμη και σε απόσταση από το φως, ενεργοποιούνται κατάλληλα και προσαρμόζονται στην κατάλληλη απόχρωση για την περίσταση. Τα μόρια στη νέα τεχνολογία, κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι περισσότερο ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία το οποίο σημαίνει ότι σκουραίνουν σε μεγαλύτερο βαθμό σε θερμότερα κλίματα. Σε άλλους φωτοχρωμικούς φακούς, έχουν παρατηρηθεί χρωματικές μεταβολές με την αύξηση της σκουρότητας κατά την αντίδραση με το φως. Οι χρωστικές στους φακούς Transitions® με τη νέα τεχνολογία λειτουργούν συνολικά για την παροχή ομοιόμορφου χρώματος σε όλα τα επίπεδα των γκρι και καφέ αποχρώσεων. Στην

τεχνολογία αυτή έχουν ληφθεί υπόψη όλες οι παράμετροι όπως οι διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, θερμοκρασίες, συνθήκες ηλιοφάνειας και νέφωσης (<http://www.transitions.com/en-us/why-transitions/the-technology/chromea7-technology/>).

Οι νέοι φακοί Transitions Drivewear® αποτελούν την επιτομή της καινοτομίας στους φωτοχρωμικούς φακούς καθώς προάγουν τις εξαιρετικές πολωτικές ιδιότητες ακόμη και στην περίπτωση που οι φακοί δεν είναι πολύ σκούροι. Η χρήση απλών γυαλιών ηλίου δεν είναι αρκετή για τη μέγιστη προστασία από τον ήλιο κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Οι συνεχείς μεταβαλλόμενες συνθήκες και το θάμβος συνδυαστικά με τα πολυάριθμα οπτικά μηνύματα που δέχεται κάποιος οδηγός καθιστούν αναγκαία τη χρήση φακών που προσαρμόζονται ανάλογα στις μεταβαλλόμενες συνθήκες (<https://transitions.gr/transitions-drivewear/>). Οι φακοί Transitions Drivewear® μεταβάλλουν το χρώμα τους ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού για την επίτευξη όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ευκρίνειας και οξύτητας. Σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού ή νέφωσης, το χρώμα γίνεται κίτρινο/πράσινο για την αύξηση της αντίθεσης. Στο εσωτερικό των οχημάτων το χρώμα μεταβάλλεται σε απόχρωση χαλκού για οξύτερη αντίληψη χρωμάτων και βάθους. Σε συνθήκες έντονου φωτισμού με ηλιοφάνεια, το χρώμα των φακών γίνεται πορτοκαλί για πιο ξεκούραστη όραση (<http://www.transitions.com/en-us/why-transitions/the-technology/drivewear-tech/>).

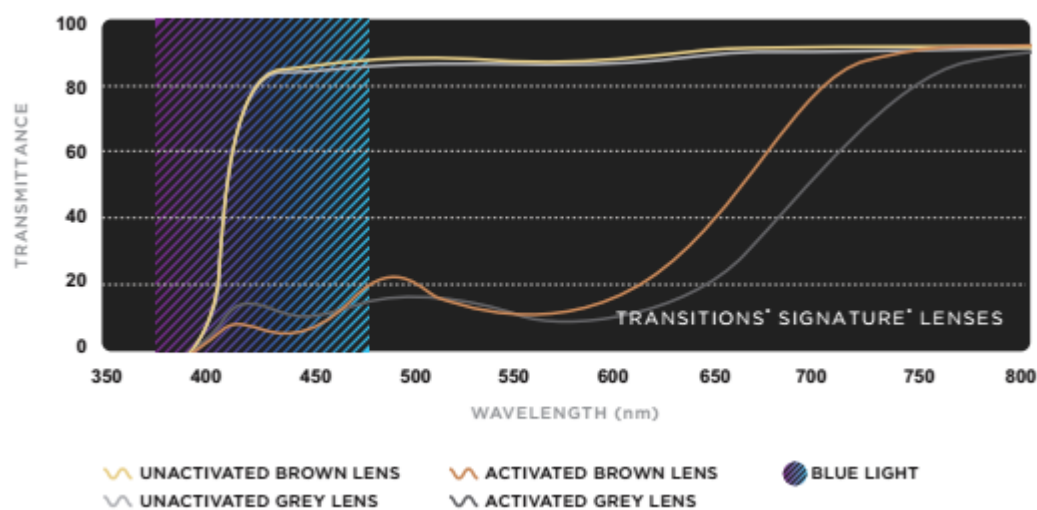
### **3.1.2.7 TRANSITIONS και UV/ΜΠΛΕ ΦΩΣ**

Οι φακοί Transitions® προσφέρουν αποτελεσματική προστασία απέναντι στις αρνητικές επιδράσεις του μπλε φωτός (*bluelight*) σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους (<http://www.transitions.com/en-us/blue-light/>). Οι φακοί Transitions® μπορούσαν να φιλτράρουν μόνο ένα μικρό ποσοστό της μπλε ακτινοβολίας (<http://www.opticallabproducts.com/OLP/OLP-Archives/TRANSITIONS-LENSES-HAVE-ALWAYS-BLOCKED-BLUE-LIGHT-5494.aspx>).

Το πλεονέκτημα των φωτοχρωμικών φακών Transitions® Signature® είναι ότι σκουραίνουν στο εξωτερικό περιβάλλον όπου επικρατούν έντονες συνθήκες ηλιακού φωτός με αποτέλεσμα να προσφέρουν υψηλό επίπεδο απορρόφησης της μπλε ακτινοβολίας παρόμοια με τα γυαλιά ηλίου. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνεχώς και προσφέρουν ικανοποιητική προστασία στους εσωτερικούς χώρους, από τον



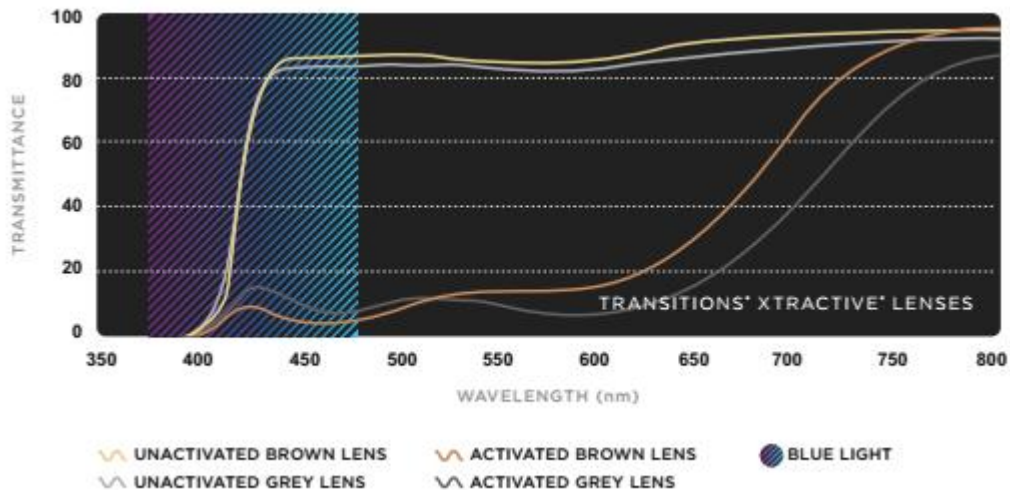
τεχνητό μπλε φωτισμό χωρίς αισθητικά προβλήματα όπως το παραμένον κίτρινο χρώμα (Baillet and Granger, 2016).



Εικόνα 33. Επικάλυψη των ενεργοποιημένων και μη ενεργοποιημένων φασμάτων των Trnsitions® Signature® φακών καφέ και γκρι χρώματος (Baillet and Granger, 2016).

Η εξισορρόπηση του χρώματος μπορεί να βοηθήσει για τον περιορισμό της κιτρινωπής απόχρωσης του δεδομένου φίλτρου. Για τους φωτοχρωμικούς φακούς, όπου απαιτείται η εξάλειψη ενός ελάχιστου επιπέδου «κιτρινίλας», αξιοποιείται η έξυπνη εξισορρόπηση των χρωμάτων. Χρειάζεται μόνο μία μικρή ποσότητα χρωστικών για να δώσουν οπτική ψευδαίσθηση για την αντιστάθμιση της κιτρινωπής απόχρωσης που προκαλείται από τα χημικά συστατικά που παρέχουν τις ιδιότητες φιλτραρίσματος του μπλε φωτός (Baillet and Granger, 2016).

Μία νέα γενιά φωτοχρωμικών φακών υψηλής τεχνολογίας όπως οι Transitions® XTRActive®, οι οποίοι επιτρέπουν την ενεργοποίηση των φωτοχρωμικών μορίων πίσω από τα παράθυρα των οχημάτων, παρουσιάζει το μοναδικό πλεονέκτημα της ελαφριάς απόχρωσης σε εσωτερικούς χώρους και ισχυρού χρώματος σε εξωτερικούς, οδηγώντας σε βέλτιστη απορρόφηση της μπλε ακτινοβολίας κάθε στιγμή χάρη στις ιδιαίτερες ιδιότητες των φωτοχρωμικών μορίων που απορροφούν εγγενώς στη μπλε περιοχή του ορατού φάσματος (Baillet and Granger, 2016).



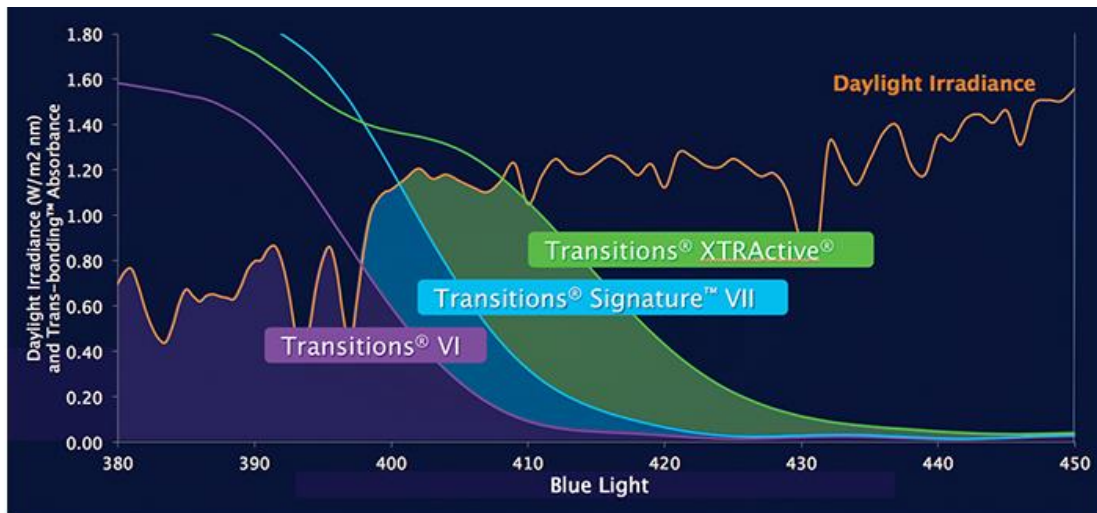
Εικόνα 34. Επικάλυψη των ενεργοποιημένων και μη ενεργοποιημένων φασμάτων των Trasitions® XTRActive® φακών καφέ και γκρι χρώματος (Baillet and Granger, 2016).



Εικόνα 35. Προστασία ενάντια στη μπλε ακτινοβολία που προσφέρουν οι Transitions® Signature® και Transitions® XTRActive® σε 23°C σε εύρος 380-460nm (Baillet and Granger, 2016).

Οι θερμές καιρικές συνθήκες δεν αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα για τη διεργασία της μετάβασης του χρώματος στους φακούς καθώς με κατάλληλη επεξεργασία μπορεί να πραγματοποιείται ο μετασχηματισμός ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία (<http://blog.rx-safety.com/transitions-xtractive-vs-vantage/>).

Εμφανίζεται διαφορά στο ποσοστό του απορροφούμενου μπλε φως από τους φωτοχρωμικούς φακούς της κάθε τεχνολογίας Transitions® (<http://www.opticallabproducts.com/OLP/OLP-Archives/TRANSITIONS-LENSES-HAVE-ALWAYS-BLOCKED-BLUE-LIGHT-5494.aspx>).



Εικόνα 36. Φάσμα απορρόφησης μπλε ακτινοβολίας από φωτοχρωμικούς φακούς τεχνολογίας Transitions® (<http://www.opticalabproducts.com/OLP/OLP-Archives/TRANSITIONS-LENSES-HAVE-ALWAYS-BLOCKED-BLUE-LIGHT-5494.aspx>).

<http://www.opticalabproducts.com/OLP/OLP-Archives/TRANSITIONS-LENSES-HAVE-ALWAYS-BLOCKED-BLUE-LIGHT-5494.aspx>

### 3.1.2.8 Σύγκριση με απλούς λευκούς φακούς

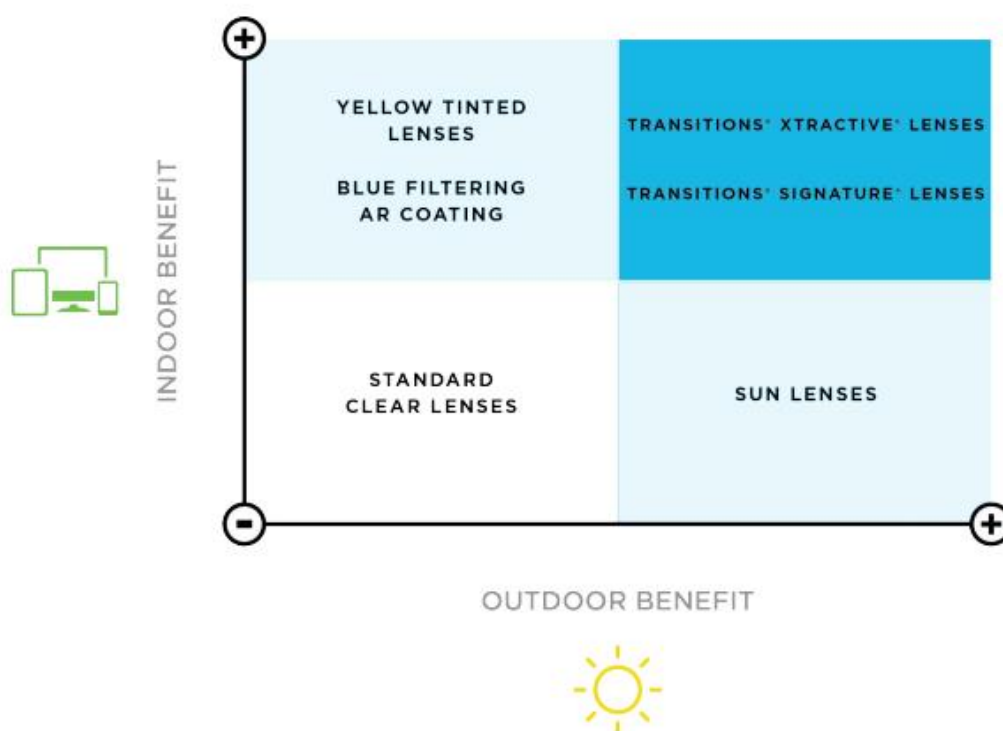
Οι φωτοχρωμικοί φακοί Transitions® Signature® υπερέχουν σε σύγκριση με τους λευκούς φακούς διότι ρυθμίζουν τη σωστή ποσότητα φωτισμού που δέχονται οι οφθαλμοί με αποτέλεσμα η όραση να είναι ξεκούραστη και διαυγής προσφέροντας άνεση, προστασία και ευχρηστία μειώνοντας το οπτικό θάμβος και παρέχοντας 100% UV προστασία. Επίσης, ενισχύεται η αντίθεση των χρωμάτων (*contrast*) το οποίο σημαίνει μεγαλύτερη οξύτητα (<http://bairamoglou.gr/portfolio/transitions-faqs/>).

Οι φακοί Transitions® Signature® αποτελούν τους πλέον σύγχρονους και ισορροπημένους λευκούς φακούς οι οποίοι αντιδρούν δυναμικά σε όλες τις συνθήκες φωτισμού με τη μέγιστη απόδοση σκουρότητας σε εξωτερικούς χώρους και άριστη διαύγεια όρασης σε εσωτερικούς χώρους και προορίζονται για την αντικατάσταση των απλών συμβατικών φακών οράσεως (<http://bairamoglou.gr/portfolio/transitions-faqs/>). Μεγίστης σημασίας αποτελεί το γεγονός πως μπλοκάρουν 20% περισσότερη μπλε ακτινοβολία σε σχέση με τους απλούς λευκούς φακούς (<http://www.opticalabproducts.com/OLP/OLP-Archives/TRANSITIONS-LENSES-HAVE-ALWAYS-BLOCKED-BLUE-LIGHT-5494.aspx>).

Οι φακοί XTRActive, σε εσωτερικό χώρο, φιλτράρουν τη μπλε ακτινοβολία τουλάχιστον δύο φορές περισσότερο από ότι οι λευκοί φακοί και 8 φορές

περισσότερο σε εξωτερικό χώρο (<http://www.transitions.com/en-us/blue-light/>). Μπορούν να αντικαταστήσουν το λευκούς οφθαλμικούς φακούς παρά την ελαφριά απόχρωση σε εσωτερικούς χώρους (<https://trade.transitions.com/resources/public/10482/TransitionsXTRActiveProductInfoSheetandFAQs.pdf>).

Όλοι οι φακοί Transitions® και ειδικά οι XTRActive προσφέρουν την ιδανική προστασία ενάντια στη μπλε ακτινοβολία και τη μέγιστη οπτική εμπειρία ανεξάρτητα από της συνθήκες φωτισμού (Baillet and Gagner, 2016).

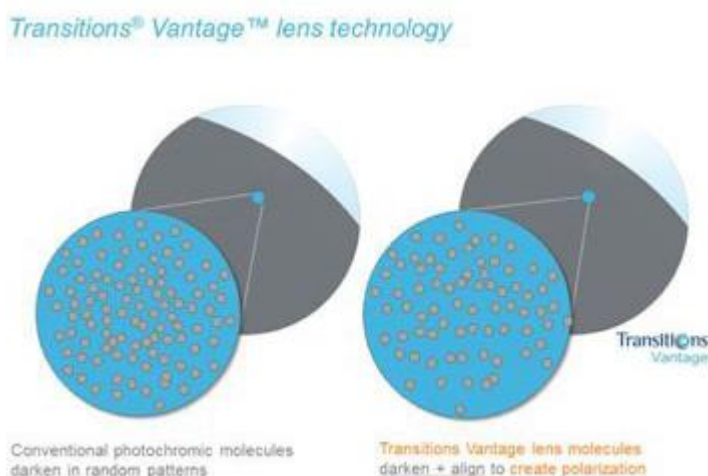


Εικόνα 37. Υπεροχή των φωτοχρωμικών φακών στην απορρόφηση του μπλε φωτός (Baileet and Granger, 2016).

### 3.1.2.9 Ανάλυση VANTAGE και του τι είναι το POLARIZED

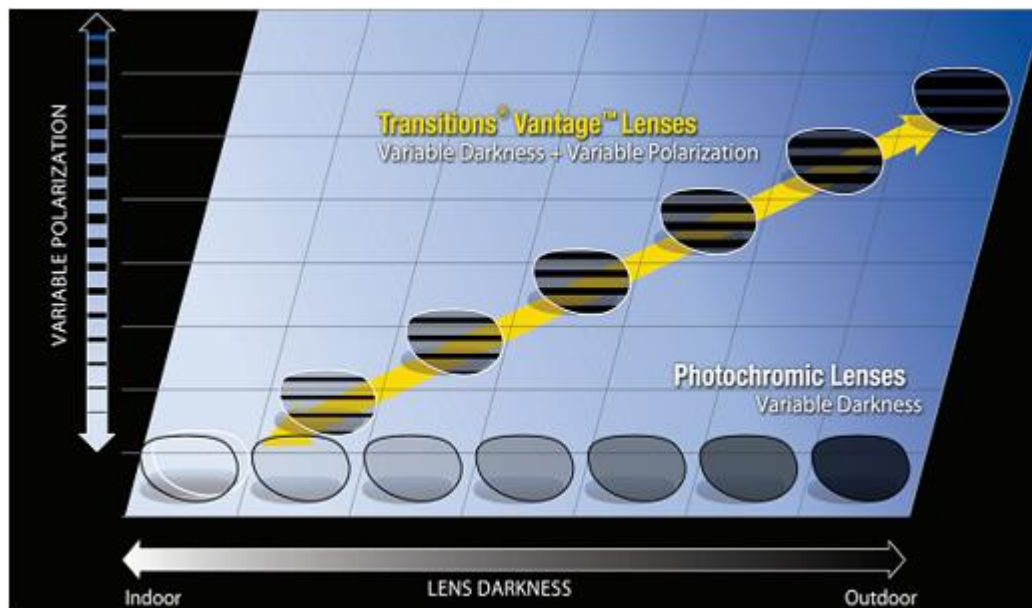
Οι φωτοχρωμικοί φακοί Transitions® Vantage™ αποτελούν ένα νέο προϊόν και προσφέρουν ότι κανένας άλλος φωτοχρωμικός φακός στην αγορά: είναι φακοί καθημερινής χρήσης, οι οποίοι είναι διαυγείς σε εσωτερικούς χώρους, και σε εξωτερικούς χώρους είναι σκουρόχρωμοι και πολωτικοί ταυτόχρονα. Διατίθενται και άλλα προϊόντα που προάγουν τη σκούρα απόχρωση όπως είναι οι Transitions® XTRActive®, και οι διαβαθμισμένης σκουρότητας πολωτικοί φακοί ηλίου Transitions® Performance Sunwear. Το βασικό πλεονέκτημα των νέων φακών είναι η

μεταβλητή πόλωση η οποία επιτρέπει τη μετάβαση από την διαυγή μορφή και κατάσταση μη πόλωσης (για εσωτερικούς χώρους και νυχτερινή όραση) σε σκουρότητα και κατάσταση πόλωσης (μέγιστη απόδοση σε εξωτερικό περιβάλλον). Η διαφορετικότητα των φακών Vantage έγκειται στο ότι το ποσοστό της πόλωσης μεταβάλλεται ανάλογα με την ποσότητα του φωτός στο περιβάλλον. Τα άλλα είδη πολωτικών φακών παρέχουν σταθερή πόλωση το οποίο σημαίνει ότι μπορεί να επιτευχθεί ένα ελάχιστο επίπεδο διαύγειας το οποίο είναι ακατάλληλο για το εσωτερικό περιβάλλον ή τις νυκτερινές ώρες και επομένως για συνεχή χρήση. Στους φακούς με σταθερή πόλωση, δεν μεταβάλλεται το επίπεδο της πόλωσης σε σχέση με το προσπίπτον φως στο φακό (<http://www.daniellivingston.com/2012/05/transitions-vantage-new-polarized.html>).



Εικόνα 38. Τεχνολογία Transitions Vantage σε σχέση με τους συμβατικούς φωτοχρωμικούς φακούς (<http://www.2020mag.com/article/transitions-vantage>)

Στους φακούς Vantage το επίπεδο της πόλωσης μεταβάλλεται και συγκεκριμένα αυξάνεται με την αύξηση του ποσού της ακτινοβολίας (<http://www.daniellivingston.com/2012/05/transitions-vantage-new-polarized.html>).



Εικόνα 39. Μεταβλητότητα πόλωσης ανάλογα με την σκουρότητα του φακού σε εξωτερικό και εσωτερικό περιβάλλον ( <http://www.daniellivingston.com/2012/05/transitions-vantage-new-polarized.html>).

Το πραγματικό πλεονέκτημα των φακών Vantage είναι η απόδοσή τους. Εξασφαλίζουν εξαιρετική διαύγεια σε εσωτερικό περιβάλλον και σκουρότητα με ευκρίνεια στο εξωτερικό περιβάλλον σε καθημερινές μη ακραίες συνθήκες όπου το φως μπορεί να είναι έντονο (<http://www.transitions.com/en-us/why-transitions/the-technology/variable-polarization/>).

### 3.1.3 ΟΦΘΑΛΜΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ ΗΛΙΟΥ

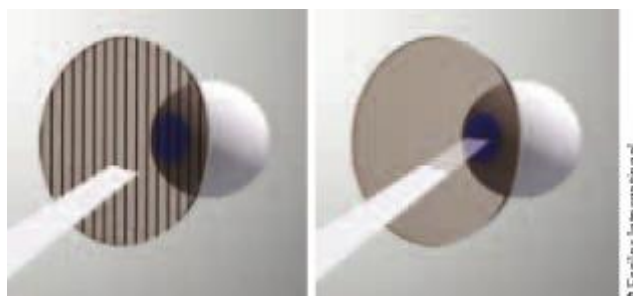
#### 3.1.3.1 Είδη οφθαλμικών φακών ηλίου

Η προστασία των οφθαλμών ενάντια στην ηλιακή ακτινοβολία παρέχεται με τη μείωση του επιπέδου της έντασης του ορατού φωτός από 60 ως 95% και με ελάττωση της επιζήμιας UV ακτινοβολίας. Οι οφθαλμικοί φακοί ηλίου επιτυγχάνουν αυτό το σκοπό καθώς το υλικό των φακών μειώνει τη UV ακτινοβολία και το χρώμα μειώνει την ένταση του ορατού φωτός. (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=51>).

Οι πολωτικοί (polarized) φακοί είναι φακοί οι οποίοι αποκόπτουν την ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία από επίπεδες οριζόντιες επιφάνειες σε κάθετο επίπεδο προς τους οφθαλμούς εξαλείφοντας το προκαλούμενο θάμβος με βελτιστοποίηση της διακριτικότητας του περιβάλλοντος. Το φαινόμενο της πόλωσης προκαλεί τη



βελτίωση της αντίθεσης και της χρωματικής αντίληψης και της αντίληψης του βάθους ([http://www.e-glasses.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=228&Itemid=275](http://www.e-glasses.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=228&Itemid=275))



Εικόνα 40. Εξάλειψη της ακτινοβολίας στο κάθετο επίπεδο από πολωτικό φακό (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=51>).

Τα πλεονεκτήματα που παρέχουν οι πολωτικοί φακοί οφείλονται στην αποκοπή των οριζόντια ανακλώμενων ακτινών φωτός. Η όραση γίνεται πιο ξεκούραστη και ευχάριστη λόγω της μείωσης της οπτικής κόπωσης που προκαλείται από το θάμβος (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=51>).

Τα *συνταγογραφούμενα* (prescription) γυαλιά ηλίου συνδυάζουν τη διαθλαστική διόρθωση και την προστασία από την επιβλαβή UV ακτινοβολία με φακούς διαφορετικής χρωματικότητας. Είναι διαθέσιμοι πολλοί τύποι φακών, πολυεστιακών, μονοεστιακών, διπλοεστιακών με μεγάλο εύρος σε σκελετούς με εξαίρεση εκείνους μεγάλης κυρτότητας. Τα υλικά των φακών περιλαμβάνουν οργανικό, κρύσταλλο, πολυκαρβονικό, Trivex καθώς και εκείνα υψηλού δείκτη διάθλασης.



Εικόνα 41. Σκελετός για συνταγογραφούμενους οφθαλμικούς φακούς ηλίου (<http://www.allaboutvision.com/sunglasses/rx.htm>).

Οι οφθαλμικοί φακοί ηλίου για αθλητικές δραστηριότητες (sport sunglasses) όπου απαιτείται μέγιστη απόδοση (performance) διαφέρουν ως προς τον τύπο τους ανάλογα με τις συνθήκες φωτός. Εκτός από την οφθαλμική διόρθωση, βελτιώνουν αισθητά την οπτική αντίθεση χάρη στην ειδική βαφή και επομένως βελτιστοποιούν την οπτική απόδοση για τους ενδιαφερόμενους. Έχει αναπτυχθεί ένα εύρος βαφών (SOL-utions™) ειδικά για να ανταποκρίνονται σε κάθε περίπτωση. Ως παράδειγμα αναφέρεται το ανοικτό καφέ/κατηγορία 2 για το γκολφ, οι πολωτικοί κίτρινοι φακοί/κατηγορία 2 για ποδηλασία, πολωτικοί καφέ/κατηγορία 3 για θαλάσσια αθλήματα και σκούρο καφέ/κατηγορία 4 για ορειβασία. Οι φακοί αυτοί είναι κατασκευασμένοι από πολυκαρβονικό υλικό το οποίο συνδυάζει την αντοχή με το μικρό τους βάρος. Όλοι οι φακοί παρέχουν προστασία 100% από τη UV ακτινοβολία και τουλάχιστον 92% από τη μπλε ακτινοβολία. Για μέγιστη οξύτητα και ευκρίνεια μπορεί να γίνει προσθήκη αντιανακλαστικών/αντι-UV επιστρώσεων στο πίσω μέρος του φακού (Crizal® Sun) όπως και επίστρωση καθρέπτη στο εμπρόσθιο φακό (Crizal® Sun Mirrors) (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=51>).

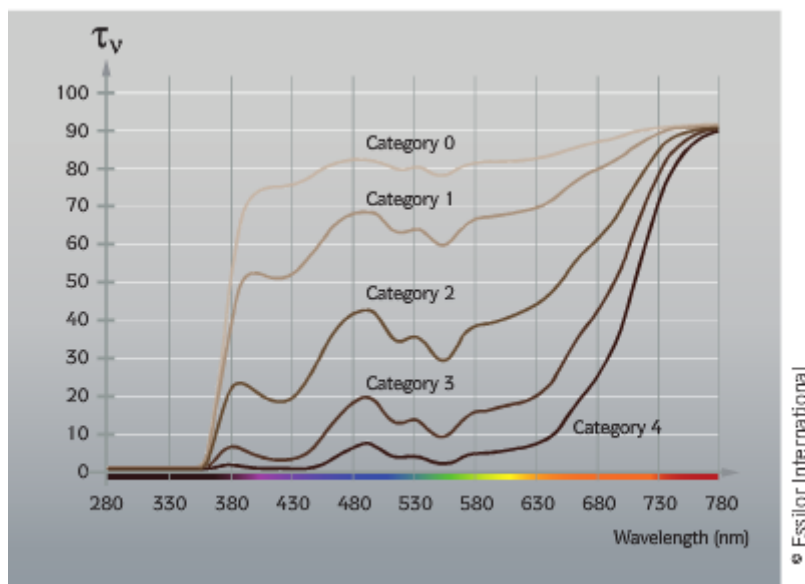
Οι οφθαλμικοί φακοί ηλίου με μελανίνη (melanin) κατασκευάζονται με ενσωμάτωση συνθετικών χρωστικών μελανίνης στο βάθος του φακού και προσφέρουν προστασία απέναντι στο διάχυτο θάμβος που προκαλείται από το μπλε φως. Βελτιώνουν την οπτική αντίθεση και απορροφούν 100% τη UV ακτινοβολία και 98% τη μπλε ακτινοβολία προάγοντας τη βέλτιστη όραση στον διοπτροφόρο. Αυτοί οι πολυκαρβονικοί φακοί έχουν καφέ απόχρωση που παρέχεται από επίστρωση που τοποθετείται στην μπροστινή επιφάνεια του φακού κατά την κατασκευή και καλύπτεται από προστατευτικό βερνίκι. Οι φακοί μελανίνης είναι σχεδιασμένοι και για χρήση από παιδιά, ηλικιωμένους και άτομα με μικρή φυσική προστασία (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=51>).

### **3.1.3.2 Προστασία που παρέχεται από τους φακούς ηλίου**

Δεν θα πρέπει να συγχέεται το επίπεδο της σκουρότητας ενός φακού με την απορροφητικότητα/διαπερατότητα στο υπεριώδες. Υπάρχει περίπτωση ένας σκούρος φακός (κατηγορία 4) με διαπερατότητα <8% να απορροφά το ορατό ελαττώνοντας τη φωτοφοβία αλλά να μην εξασφαλίζει την πλήρη απορρόφηση της UV ακτινοβολίας.

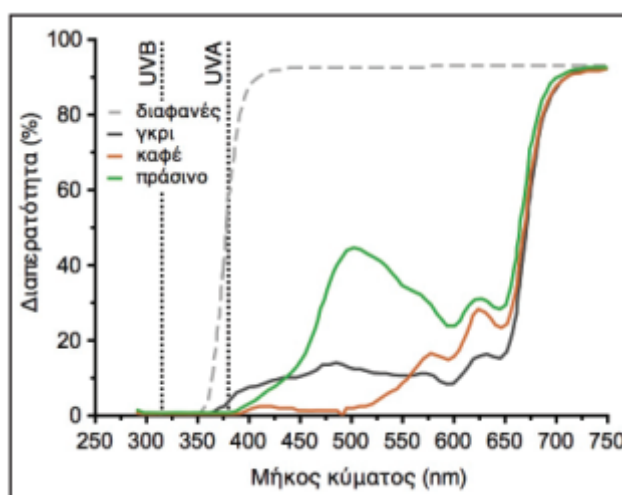


Οι περισσότεροι φακοί παρουσιάζουν κάποια χρωματικότητα όπως γκρι, καφέ, πράσινο μπλε ανάλογα με το φάσμα διαπερατότητάς τους (Πλαϊνης και Φελώνη, 2015).



Εικόνα 42. Καμπύλες διαπερατότητας φωτός σε φακό CR-39 καφέ χρωματισμού στα διάφορα μήκη κύματος (<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=51>).

Παρακάτω παρουσιάζονται τα φάσματα απορρόφησης για φακούς CR-39 χωρίς επίστρωση με διαφορετική χρωματικότητα (Πλαϊνης και Φελώνη, 2015).



Εικόνα 43. Διαγράμματα φασματικής διαπερατότητας για φακούς από CR-39 διαφορετικής χρωματικότητας: διαφανές, γκρι, καφέ και πράσινο (Πλαϊνης και Φελώνη, 2015).

Ένας φακός πράσινης απόχρωσης έχει συγκεκριμένο εύρος φασματικής διαπερατότητας και επιτρέπει τη διάδοση μεγαλύτερου ποσοστού πράσινου φωτός σε

σχέση με το μπλε και το κόκκινο. Ένας φακός καφέ απόχρωσης παρουσιάζει απορρόφηση στα χαμηλά μήκη κύματος, επομένως επιτρέπει τη διάδοση περισσότερου κόκκινου/πορτοκαλί χρώματος. Ο γκρι φακός παρουσιάζει παρόμοια χρωματικότητα στο μεγαλύτερο φάσμα του ορατού φωτός. Όλοι οι φακοί παρουσιάζουν παρόμοια επίπεδα διαπερατότητας για  $\lambda > 700\text{nm}$  το οποίο οφείλεται στο υλικό CR-39 και προστατεύουν πλήρως από τη UV ακτινοβολία. Η διαπερατότητα στο υπεριώδες είναι μικρότερη στους φακούς χρωματικότητας σε σχέση με τους διαυγείς φακούς. Οποιοσδήποτε από αυτούς τους φακούς απορροφά το φως του ορατού φάσματος αλλά και του υπεριώδους (Πλαϊνης και Φελώνη, 2015).

Η προστασία που χρειάζεται να παρέχεται από τους οφθαλμικούς φακούς ηλίου είναι η εξής:

- να μειώνουν το ορατό φως ώστε να περιορίζεται σημαντικό το θάμβος
- να μειώνουν τα επίπεδα της προσπίπτουσας UV ακτινοβολίας καθώς και της προερχόμενης από πλάγια κατεύθυνση
- να μην έχουν παραμορφώσεις ώστε να εξασφαλίζεται η οπτική οξύτητα
- να τηρούν τα όρια διαθλαστικής και πρισματικής ισχύος ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα κόπωσης και ζαλάδας
- να είναι πολωτικοί όταν απαιτείται εξασθένηση της ανακλώμενης ακτινοβολίας από οριζόντιες επιφάνειες
- να μην έχουν υπερβολική σκουρότητα ώστε να περιορίζονται προβλήματα διαπερατότητας σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού με κατάλληλη την επιλογή διαβάθμισης (degrade) για τη διευκόλυνση της όρασης στην οδήγηση
- να έχουν κατάλληλο σχεδιασμό και να είναι ανθεκτικοί για την αποφυγή τραυματισμών (Πλαϊνης και Φελώνη, 2015).

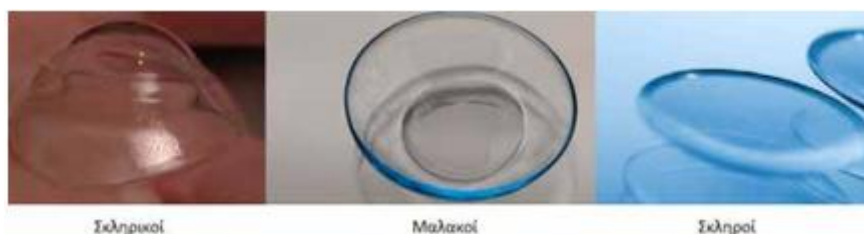
Περίπου το 20% των οφθαλμικών φακών ηλίου δεν ανταποκρίνεται πλήρως στις προϋποθέσεις καταλληλότητας, ασφάλειας και προστασίας το οποίο σημαίνει ότι το σύστημα ευρωπαϊκού αυτοελέγχου δεν αποδίδει υπεύθυνα ως προς τη διάθεση των γυαλιών ηλίου με τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά στο καταναλωτικό κοινό (Πλαϊνης και Φελώνη, 2015).

## 3.2 ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ-ΦΑΚΟΙ ΕΠΑΦΗΣ

### 3.2.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΦΑΚΩΝ ΕΠΑΦΗΣ

Οι φακοί επαφής διακρίνονται σε (Πατέρας, 2015):

- σκληρικούς
- σκληρούς
- σκληρούς αεροδιαπερατούς R.P.G.
- μαλακούς (συμβατικούς)
- μαλακούς (συχνής αντικατάστασης)
- καθαρής σιλικόνης
- σιλικόνης – υδρογέλης (silicon – hydrogels)



Εικόνα 44. Είδη φακών επαφής (Πατέρας, 2015).

Οι φακοί επαφής αποτελούνται συνήθως από πολυμερή υλικά (polymers) τα οποία αποτέλεσμα της διασταύρωσης πολλών μονομερών και όταν χρησιμοποιούνται περισσότερα μονομερή τότε προκύπτει συμπολυμερές υλικό. Ιστορικά, όλα τα υλικά των φακών επαφής, υδρόφιλων και R.P.G. προέρχονται από:

- MMA, μεθυλ-μεθακρυλικό (Methyl-MethAcrylate) και
- γόμα σιλικόνης (silicon rubber).

Το MMA μετά από πολυμερισμό δίνει το PMMA το οποίο είναι θερμοπλαστικό, καλής μηχανικής αντοχής με καλή ικανότητα διαβροχής στην επιφάνεια, εύκολο στην επεξεργασία αλλά μη διαπερατό από το οξυγόνο. Η γόμα σιλικόνης είναι ελαστομερές υλικό, υδρόφοβο και διαπερατό από το οξυγόνο περισσότερο από τα υπόλοιπα υλικά. Βάσει αυτών των υλικών αναπτύχθηκαν νέα υλικά. Ο συμπολυμερισμός του MMA με υδρόφιλα πολυμερή οδήγησε στο πρώτο υδρόφιλο υλικό, HEMA. Η ανάμιξη του MMA με τη γόμα σιλικόνης οδήγησε στα R.P.G. τα οποία σταδιακά προσφέρουν καλύτερα επίπεδα διαπερατότητας οξυγόνου. Αργότερα

το 1990, έκαναν την εμφάνισή τους υλικά από σιλικόνη-υδρογέλη. Τα νέα υλικά έχουν υδροφιλία λόγω της ύπαρξης μονομερών υδρογέλης

Πίνακας 4. Μονομερή της σύνθεσης υδρόφιλων φακών επαφής ([http://www.optics-books.gr/pdf/fakoi\\_epafis\\_a.pdf](http://www.optics-books.gr/pdf/fakoi_epafis_a.pdf)).

Όνομασία	Συντομογραφία	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Hydroxyethyl-methacrylate	HEMA	Υδρόφιλο, εύκαμπτο, μαλακό, καλή ικανότητα διαβροχής.	Χαμηλή διαπερατότητα σε οξυγόνο.
Ethylene glycol dimethacrylate	EGDMA	Σταθερό.	Χαμηλή διαπερατότητα σε οξυγόνο.
Methacrylic acid	MAA	Υδρόφιλο.	Ευαίσθητο στο pH των διαλυμάτων.
Methyl methacrylate	MMA	Ανθεκτικό, σταθερό, οπτικά διαυγές, ικανό να επεξεργασθεί από τόρνο.	Μη διαπερατό από το οξυγόνο.
N-vinyl pyrrolidone	NVP	Υδρόφιλο, καλή ικανότητα διαβροχής, μεγάλη ικανότητα σύνδεσης με νερό, υψηλή διαπερατότητα σε οξυγόνο.	Ευαίσθητο στο pH των διαλυμάτων.
Glyceryl methacrylate	GMA	Καλή ικανότητα διαβροχής, ανθεκτικό σε εναποθέσεις.	Χαμηλή διαπερατότητα σε οξυγόνο.
Polyvinyl alcohol	PVA	Υδρόφιλο, μεγάλη ικανότητα σύνδεσης με νερό, ανθεκτικό σε εναποθέσεις.	Δύσκολο στην παραγωγή.

Όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα σε νερό τόσο μειώνεται η μηχανική αντοχή και η αντίσταση στις εναποθέσεις και ο χρόνος ζωής γίνεται μικρότερος.



Εικόνα 45. Σύγχρονοι φακοί επαφής σιλικόνης υδρογέλης ([http://www.optics-books.gr/pdf/fakoi\\_epafis\\_a.pdf](http://www.optics-books.gr/pdf/fakoi_epafis_a.pdf)).

Υλικά με χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό είναι τα crofilcon, 38,5% Polymacon στους φακούς HEMA της Bausch&Lomb), phemfilicon στους Durasoft 55 και Iotrafilicon στους Night&Day. Μη ιονικά πολυμερή υψηλής περιεκτικότητας σε νερό είναι τα lidofilicon στους Bausch&Lomb με 70% και surfilcon στους Permafex με 74%

υγρασία. Ιονικά πολυμερή με χαμηλή περιεκτικότητα σε νερό είναι το balafilcon A στους Purevision με 36%. Ιονικά πολυμερή με υψηλή περιεκτικότητα σε νερό είναι τα etafilcon A στους Acuvue με 58%, perfilcon στους Permalens με 71% και vilifilcon στους Focus με 55% (Πατέρας, 2015).

Πίνακας 5. Υλικά φακών επαφής και οι ομάδες τους (Πατέρας, 2015).

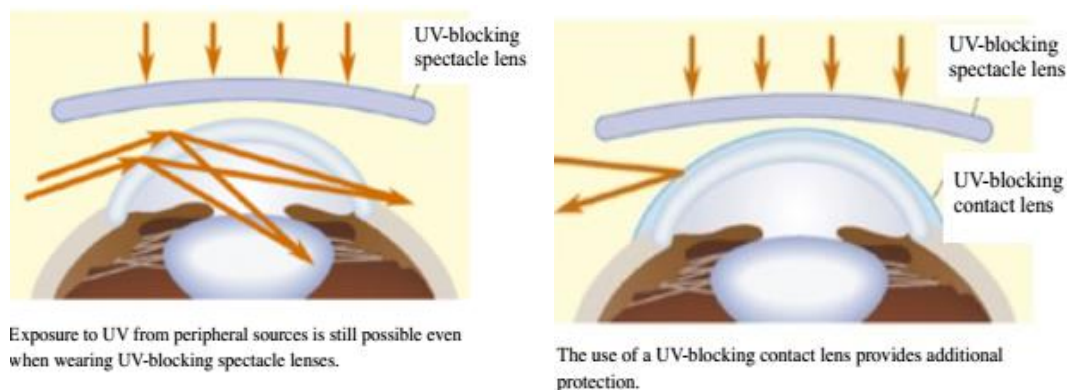
Ομάδα 1	Ομάδα 2	Ομάδα 3	Ομάδα 4
Crofilcon	Alphafilcon A	Balafilcon A	Bufilecon A
Dimefilcon A	Altrafilcon	Bufilecon A	Etafilcon A
Genfilcon A	Ofilcon A	Deltafilcon A	Focofilcon A
Hefilcon A & B	Omafilcon A	Droxifilcon A	Methafilcon A, B
Hioxifilcon B	Scafilcon A	Etafilcon A	Ocufilecon B, C, D, E
Iotrafilcon A	Surfilcon A	Ocufilecon A	Perfilcon A
Isofilcon	Vasurfilcon A	Phemfilcon A	Phemfilcon A
Mafilcon	Xylofilcon A		Tetrafilcon B
Polymacon			Vifilcon A
Tefilcon			
Tetrafilcon A			

### 3.2.2 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ UV

Υποστηρίζεται ότι οι περιφερειακές UV ακτίνες είναι οι πιο επικίνδυνες για την υγεία των οφθαλμών. Μελέτες έδειξαν ότι ο κερατοειδής λειτουργεί ως μέρος του φακού όπου εστιάζεται η προσπίπτουσα ακτινοβολία στην απέναντι πλευρά του φακού. Η ανατομία του ρινικού συστήματος εμποδίζει την εκδήλωση του φαινομένου στην αντίθετη κατεύθυνση που σημαίνει ότι η γωνία της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στη ρινική περιφέρεια είναι τέτοια που δεν επιτρέπει την εστίαση στο κροταφικό χείλος. Μέσω του φαινομένου της εστίασης του περιφερειακού φωτός (Peripheral Light Focusing effect PLF) η μέγιστη ένταση της ακτινοβολίας στη ρινική περιφέρεια είναι 20 φορές μεγαλύτερη από εκείνη του προσπίπτοντος φωτός. Το φαινόμενο PLF ευθύνεται για την εμφάνιση του φλοιώδους καταρράκτη και αυτό συμβαίνει με μεγαλύτερη συχνότητα στο κατώτερο ρινικό τμήμα (Walsh, 2009).

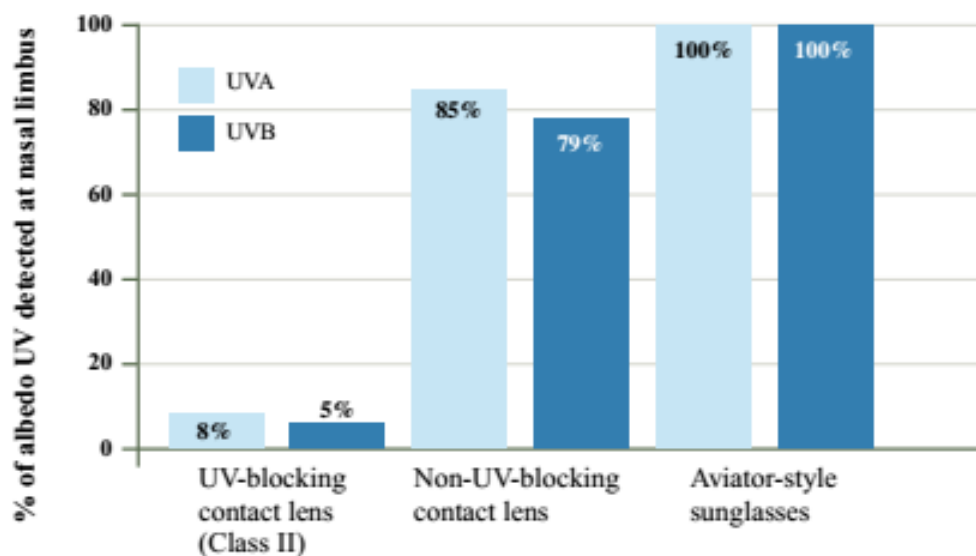
Παρά το γεγονός ότι τα προσεγμένης κατασκευής γυαλιά ηλίου παρέχουν αποτελεσματική προστασία από τη UV ακτινοβολία, ο σχεδιασμός σε αρκετά από αυτά παρέχει ανεπαρκή προστασία από τις πλάγιες ακτίνες. Τα γυαλιά ηλίου τα οποία δεν καλύπτουν επαρκώς το πλαϊνό μέρος του προσώπου παρέχουν ελάχιστη έως

καθόλου προστασία από την περιφερειακή UV (Schnider, 2006; Sliney, 1994; Kwok et al., 2003).



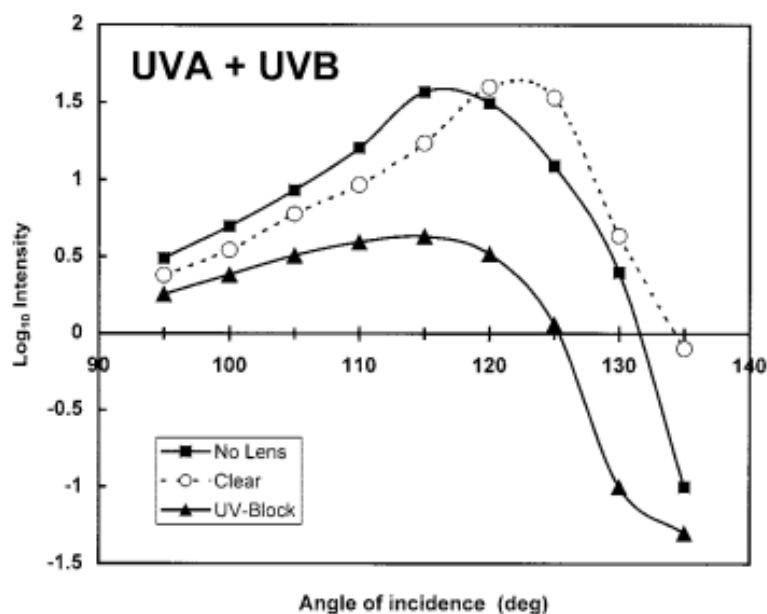
Εικόνα 46. Αριστερά: Έκθεση σε περιφερειακή UV ακτινοβολία ακόμα και με UV-blocking γυαλιά ηλίου. Δεξιά: Η χρήση UV blocking φακών επαφής παρέχουν συμπληρωματική προστασία (Walsh, 2009).

Οι φακοί επαφής που εφαρμόζουν κατάλληλα στον οφθαλμό, καλύπτουν ολόκληρη την επιφάνεια του κερατοειδούς και το χείλος. Με την προσθήκη UV φίλτρου στους μαλακούς φακούς, παρέχεται προστασία και στις δύο περιοχές αλλά και στο εσωτερικό του οφθαλμού από την άμεση και ανακλώμενη UV ακτινοβολία. Σε αντίθεση με ορισμένα γυαλιά ηλίου, οι φακοί επαφής είναι αποτελεσματικοί στην προστασία από το φαινόμενο PLF. Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι οι φακοί από etafilcon A και UV φίλτρο μειώνουν σημαντικά την ένταση της εστιαζόμενης περιφερειακής UV στη ρινική περιφέρεια.



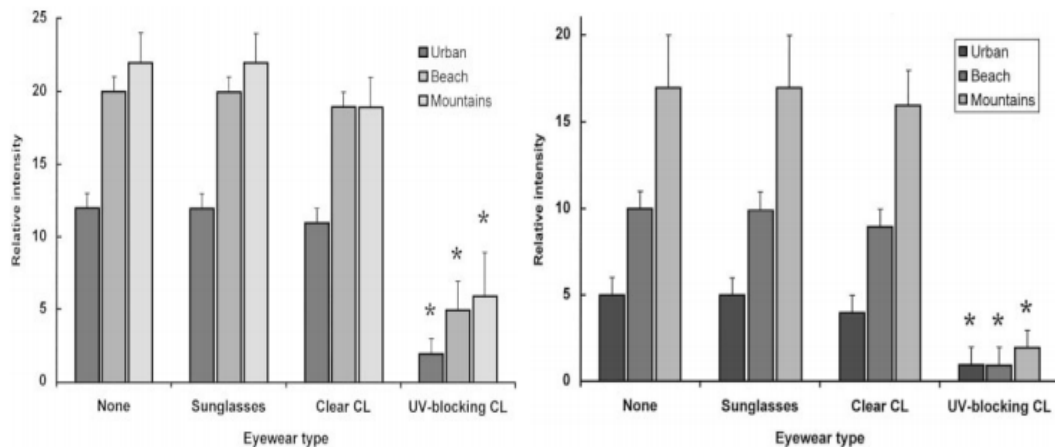
Εικόνα 47. Επίδραση PLF και UV στη ρινική περιφέρεια με χρήση φακών επαφής και γυαλιών ηλίου (Walsh, 2009).

Στη μελέτη των Kwok et al., (2003), η εφαρμογή των φακών επαφής με φίλτρο UV είχε σημαντική επίδραση στο φαινόμενο PLF και των δύο ακτινοβολιών UVA και UVB ενώ η παρουσία φακών χωρίς φίλτρο είχε μόνο μία μικρή επίδραση στις εστιαζόμενες UV ακτίνες (Kwok et al., 2003).



Εικόνα 48. Συγκέντρωση των UVA και UVB στο απώτατο χείλος κερατοειδούς. Στη γωνία της μέγιστης έντασης, οι φακοί με UV προστασία μείωσαν τη συγκέντρωση της UV κατά μία τάξη μεγέθους. Οι φακοί χωρίς UV φίλτρο προκάλεσαν μετατόπιση της προσπίπτουσας γωνίας της μέγιστης έντασης συγκρινόμενη με την περίπτωση της απουσίας των φακών (Kwok et al, 2003).

Λόγω του σημαντικού επιπέδου της ανακλαστικότητας, η ένταση της περιφερειακά εστιασμένης UVA ακτινοβολίας στο περιβάλλον κοντά σε θάλασσα και βουνό σημείωσε αύξηση κατά 67% και 83% αντίστοιχα σε σχέση με εκείνη σε αστικές περιοχές. Η ένταση της UVB ακτινοβολίας σε βουνό και θάλασσα ξεπέρασε κατά 100% και 240% αντίστοιχα εκείνη στις αστικές περιοχές (Εικόνα 48). Σε όλα τα περιβάλλοντα, τα γυαλιά ηλίου και οι χωρίς φίλτρο φακοί επαφής δεν παρείχαν καμία προστασία από το PLF. Ωστόσο, οι φακοί με UV φίλτρο μείωσαν σημαντικά την ένταση της UVA PLF στη ρινική περιφέρεια (Kwok et al., 2003).

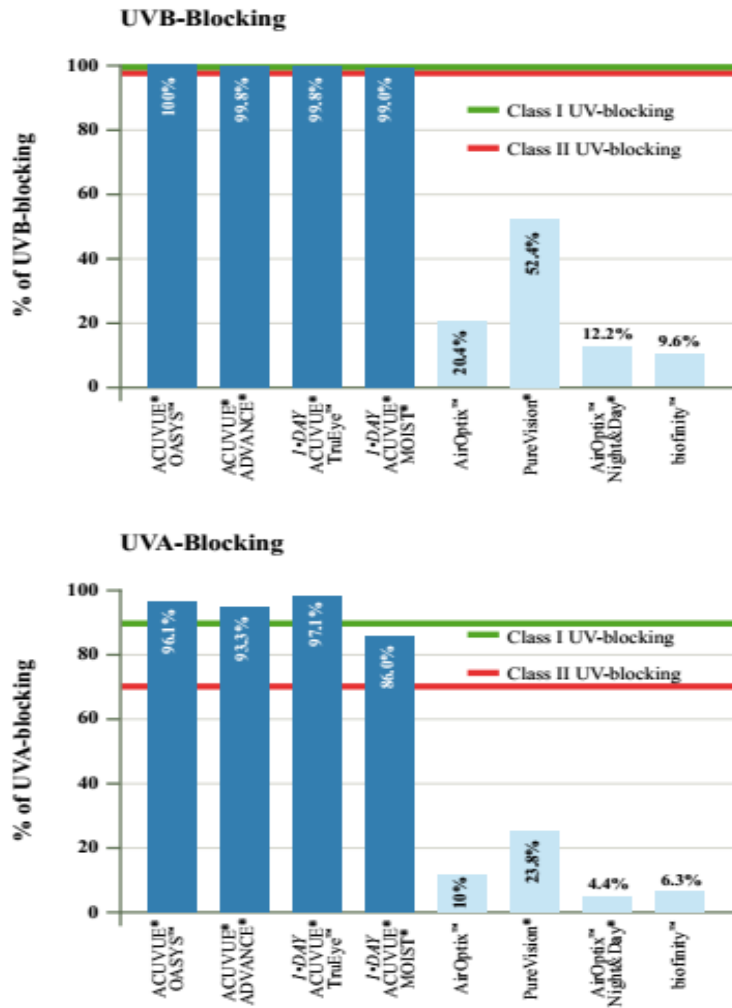


Εικόνα 49. Σημαντική μείωση της UVA (αριστερά) και UVB(δεξιά) ακτινοβολίας με τη χρήση φακών επαφής με UV φίλτρο (Kwok et al., 2003).

Ορισμένοι μαλακοί φακοί επαφής παρέχουν UV προστασία, με την ποσότητα της απορροφούμενης και εκπεμπόμενης ακτινοβολίας να εξαρτάται από το υλικό και το σχεδιασμό του φακού επαφής. Οι φακοί επαφής θα πρέπει να πληρούν τα Διεθνή Πρότυπα (ISO) με βάση την ικανότητα απορρόφησης σε ελάχιστο πάχος. Οι φακοί της κατηγορίας I θα πρέπει να δεσμεύσουν τουλάχιστον το 90% της UVA και τουλάχιστον το 99% της UVB. Οι φακοί της κατηγορίας II θα πρέπει να δεσμεύσουν τουλάχιστον το 70% της UVA και το 95% της UVB (Walsh, 2009).

Η ικανότητα του φιλτραρίσματος της UV ακτινοβολίας που έχουν οι φακοί επαφής ACUVUE® προκύπτει από συμπολυμερισμό του UV απορροφητικού μονομερούς benzotriazole με το μονομερές του φακού, για παράδειγμα του etafilcon A, κατά την κατασκευή. (Meyler and Schnider, 2002; Hickson et al., 1997).





Εικόνα 50. Προστασία από UVA και UVB που προσφέρουν διάφοροι φακοί επαφής (Walsh, 2009).

Η benzotriazole απορροφά την UVA και UVB ακτινοβολία και είναι ιδιαίτερα σταθερή μετά τον πολυμερισμό. Η προσθήκη UV φίλτρων στους ACUVUE® δεν επηρέασε την απόδοση κατά την καθημερινή χρήση. Οι φακοί από galyfilcon A και senofilcon A ήταν οι πρώτοι που έγιναν αποδεκτοί για την προστασία τους από τη UV ακτινοβολία (Meyler and Schnider, 2002; Hickson et al., 1997).

Η μελέτη των Moore and Ferreira (2006) έδειξε μετά από εξέταση των ιδιοτήτων διαφόρων φακών για εξασθένηση της UV ακτινοβολίας, ότι οι senofilcon A είχαν τη μικρότερη εκπομπή UV από όλους τους υπό δοκιμή φακούς επαφής. Σημειώθηκε σημαντική διαφορά στην εκπομπή UV μεταξύ του senofilcon A και του galyfilcon A με τους άλλους φακούς με σύνθεση SiH χωρίς UV φίλτρο. Οι senofilcon A παρουσίασαν ανώτερο δείκτη προστασίας UV σε σχέση με άλλους φακούς σιλκόνης

υδρογέλης. Φακοί όπως οι Precision UV από τη CIBA Vision, Biomedics 55 Evolution και Biomedics 1Day από την CooperVision.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Επιδημιολογικές μελέτες και πειραματικές μετρήσεις δείχνουν ότι η UVR του ηλιακού φωτός είναι πιθανόν να προκαλέσουν καταρράκτη και παθήσεις στον αμφιβληστροειδή του οφθαλμού μέσω των άμεσων και έμμεσων κυτταρικών βλαβών. Το μπλε φως είναι απαραίτητο για την έγχρωμη όραση και για τον συγχρονισμό του κικκάδιου ρυθμού. Ωστόσο, το μπλε φως μπορεί να προκαλέσει βλάβες στους οφθαλμούς, να προκαλέσει το σχηματισμό τοξικών αντιδρώντων οξυγονούχων ουσιών που προκαλούν φωτοχημική βλάβη στον αμφιβληστροειδή. Για την πλήρη προστασία των οφθαλμών από τη χρόνια έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία είναι αναγκαία η χρήση γυαλιών ηλίου που θα μπορούσαν να απορροφήσουν όσο το δυνατό μεγαλύτερο ποσοστό της UVR και του μπλε φωτός και να αφήσουν τη διέλευση ποσοστού του ορατού φάσματος. Επίσης, κρίνεται απαραίτητη η χρήση οφθαλμικών φακών (φακών οράσεως) και φακών επαφής με ιδιότητες απορρόφησης υπεριώδους και υπέρυθρης ακτινοβολίας με αυξημένη διαπερατότητα των μηκών κύματος του ορατού φάσματος δεδομένου ότι η χρήση τους δεν περιορίζεται σε εσωτερικούς χώρους.

Οι ανακλαστικές ιδιότητες του μπλε φίλτρου μπορεί να είναι αποτελεσματικές ως και 20%, διατηρώντας παράλληλα τις αντιανακλαστικές ιδιότητες που δραστηριοποιούνται σε ολόκληρο το ορατό φάσμα. Αυτή η επίστρωση παρέχει αποτελεσματική προστασία ενάντια στο μπλε-ιώδες (blue light) από πηγές τεχνητού φωτός σε εσωτερικούς χώρους και ικανοποιητική προστασία σε εξωτερικούς χώρους. Οι αντιανακλαστικές επιστρώσεις AR (antireflective coating) στην οπίσθια επιφάνεια καθίστανται απαραίτητες για μεγαλύτερη καθαρότητα και διαύγεια αλλά και μεγαλύτερη προστασία από την έμμεση ακτινοβολία. Πολλές εταιρίες κατασκευής όπως η Essilor και η Zeiss παρέχουν επιστρώσεις αντι-UV που είναι απαραίτητες για υλικά με χαμηλό δείκτη διάθλασης. Οι φακοί Crizal® UV από την εταιρία Essilor μειώνουν τις οπίσθιες αντανακλάσεις ως 4% με παράγοντας προστασίας (E-SPF) 25 το οποίο σημαίνει ότι η προστασία είναι 25 φορές μεγαλύτερη από ότι με ανεπίστρωτους φακούς. Για την προστασία από το μπλε-ιώδες φως, διατίθενται οι

Crizal® Prevensia® φακοί οι οποίοι αποκόπτουν μεγαλύτερο ποσοστό της επιβλαβούς ακτινοβολίας περισσότερο από κάθε άλλο φακό της αγοράς. Η κατοχυρωμένη με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τεχνολογία LightScan™ παρέχει αποτελεσματική προστασία μέσω του φιλτραρίσματος του μπλε-ιώδους φωτός και της UV ακτινοβολίας συμπεριλαμβανομένης της οπίσθιας ανάκλασης. Επιπλέον επιτρέπουν τη διέλευση της ευεργετικής για τις ανθρώπινες λειτουργίες μπλε-γαλάζια ακτινοβολία διατηρώντας εξαιρετική διαύγεια. Η εταιρία Zeiss παρουσιάζει τους φακούς DuraVision® BlueProtect οι οποίοι ανακλούν τμήμα του μπλε-ιώδους φωτός στην περιοχή ως 455nm και εμποδίζουν τη διέλευσή του στον οφθαλμό.

Οι νέοι φακοί Transitions Drivewear® αποτελούν την επιτομή της καινοτομίας στους φωτοχρωμικούς φακούς καθώς προάγουν τις εξαιρετικές πολωτικές ιδιότητες ακόμη και στην περίπτωση που οι φακοί δεν είναι πολύ σκούροι. Η χρήση απλών γυαλιών ηλίου δεν είναι αρκετή για τη μέγιστη προστασία από τον ήλιο κατά τη διάρκεια της οδήγησης. Οι συνεχείς μεταβαλλόμενες συνθήκες και το θάμβος συνδυαστικά με τα πολυάριθμα οπτικά μηνύματα που δέχεται κάποιος οδηγός καθιστούν αναγκαία τη χρήση φακών που προσαρμόζονται ανάλογα στις μεταβαλλόμενες συνθήκες.

Το πλεονέκτημα των φωτοχρωμικών φακών Transitions® Signature® είναι ότι σκουραίνουν στο εξωτερικό περιβάλλον όπου επικρατούν έντονες συνθήκες ηλιακού φωτός με αποτέλεσμα να προσφέρουν υψηλό επίπεδο απορρόφησης της μπλε ακτινοβολίας παρόμοια με τα γυαλιά ηλίου. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνεχώς και προσφέρουν ικανοποιητική προστασία στους εσωτερικούς χώρους, από τον τεχνητό μπλε φωτισμό χωρίς αισθητικά προβλήματα όπως το παραμένον κίτρινο χρώμα. Μεγίστης σημασίας αποτελεί το γεγονός πως μπλοκάρουν 20% περισσότερη μπλε ακτινοβολία σε σχέση με τους απλούς λευκούς φακούς. Οι φωτοχρωμικοί φακοί XTRActive, σε εσωτερικό χώρο, φιλτράρουν τη μπλε ακτινοβολία τουλάχιστον δύο φορές περισσότερο από ό,τι οι λευκοί φακοί και 8 φορές περισσότερο σε εξωτερικό χώρο. Μπορούν να αντικαταστήσουν το λευκούς οφθαλμικούς φακούς παρά την ελαφριά απόχρωση σε εσωτερικούς χώρους. Οι φωτοχρωμικοί φακοί Transitions® Vantage™ αποτελούν ένα νέο προϊόν και προσφέρουν ότι κανένας άλλος φωτοχρωμικός φακός στην αγορά: είναι φακοί καθημερινής χρήσης, οι οποίοι είναι διαυγείς σε εσωτερικούς χώρους, και σε εξωτερικούς χώρους είναι σκουρόχρωμοι και πολωτικοί ταυτόχρονα. Διατίθενται και άλλα προϊόντα που προάγουν τη σκούρα απόχρωση όπως είναι οι Transitions® XTRActive®, και οι διαβαθμισμένης

σκουρότητας πολωτικοί φακοί ηλίου Transitions® Performance Sunwear. Το βασικό πλεονέκτημα των νέων φακών είναι η μεταβλητή πόλωση η οποία επιτρέπει τη μετάβαση από την διαυγή μορφή και κατάσταση μη πόλωσης (για εσωτερικούς χώρους και νυχτερινή όραση) σε σκουρότητα και κατάσταση πόλωσης (μέγιστη απόδοση σε εξωτερικό περιβάλλον).

Η εφαρμογή των φακών επαφής με φίλτρο UV είχε σημαντική επίδραση στο φαινόμενο PLF και των δύο ακτινοβολιών UVA και UVB ενώ η παρουσία φακών χωρίς φίλτρο είχε μόνο μία μικρή επίδραση στις εστιαζόμενες UV ακτίνες. Σε όλα τα περιβάλλοντα, τα γυαλιά ηλίου και οι χωρίς φίλτρο φακοί επαφής δεν παρείχαν καμία προστασία από το PLF. Ωστόσο, οι φακοί με UV φίλτρο μείωσαν σημαντικά την ένταση της UVA PLF στη ρινική περιφέρεια. Οι φακοί επαφής από senofilcon A παρουσίασαν ανώτερο δείκτη προστασίας UV σε σχέση με άλλους φακούς σιλικόνης υδρογέλης. Φακοί όπως οι Precision UV από τη CIBA Vision, Biomedics 55 Evolution και Biomedics 1Day από την Coopervision.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ansari M.W. and A. Nadeem, 2 The Eyeball: Some Basic Concepts Atlas of Ocular Anatomy, DOI 10.1007/978-3-319-42781-2\_2 Springer International Publishing Switzerland 2016

Baillet G., Granger B., How Transitions® lenses filter harmful blue light, Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics, online publication, March 2016, <http://www.pointsdevue.com/article/how-transitionsr-lenses-filter-harmful-blue-light>

Baillet, G., Muisener, R., Pophillat, O., Filtering properties of spectacle lenses. From the absorption of electromagnetic radiation by molecules to ocular prote, Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics, N59,

Behar-Cohen F. , Baillet G., Ayguavives, T., Garcia, P.O., Krutmann, J., Peña-García P., Wolffsohn J., (2014). Ultraviolet damage to the eye revisited: eyesun protection factor (e-sPF®), a new ultraviolet protection label for eyewear. *Clinical Ophthalmology*:8 87–104

Bergmanson JP, Soderberg PG (1995) The significance of ultraviolet radiation for eye diseases. A review with comments on the efficacy of UV-blocking contact lenses. *Ophthalmic Physiol Opt* 15(2):83–91

Bhootra K.A. (2009). *Ophthalmic Lenses*. Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.; 1ST edition (August 1, 2009)

Bintsis, T., Litopoulou, E., Robinson, R. (2000). Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry - a critical review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **80**:637-645.

Birt B, Cowling I, Coyne S, Michael G. (2007). The effect of the eye's surface topography on the total irradiance of ultraviolet radiation on the inner canthus. *J Photochem Photobiol B*. 87(1), 27-36.

Brooks C., and Borish I. (2006). Ophthalmic lenses. *In: System for Ophthalmic Dispensing*. Elsevier Health Sciences. p.548.

Brown (G.H. Ed.), *Photochromism*. Wiley-Intersciences, New York, 1971

Chui, J., Coroneo, M. T., Tat, L. T., Crouch, R., Wakefield, D., & Di Girolamo, N. (2011). Ophthalmic Pterygium: A Stem Cell Disorder with Premalignant Features. *The American Journal of Pathology*, 178(2), 817–827. <http://doi.org/10.1016/j.ajpath.2010.10.037>

Cullen A.P. (2002). Photokeratitis and other phototoxic effects on the cornea and conjunctiva. *Int J Toxicol* 21(6) 455–464

Frederick JE, Erlick C. (1997).The attenuation of sunlight by high-latitude clouds: Spectral Dependence and its physical mechanisms. *J. Atmos. Sci*. 54(24), 2813-2819.

Fris, M., (2008). The effect of single and repeated ultraviolet radiation on the anterior segment of the rabbit eye. PhD Thesis. Norwegian University of Science and Technology Faculty of Medicine

Garhard, C. (2012). Anatomy of the eyes. Janglin Chen, Wayne Cranton, Mark Fihn (eds.), Handbook of Visual Display Technology, DOI 10.1007/978-3-540-79567-4\_2.1.1, # Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

Harding J.J. (1995). The untenability of the sunlight hypothesis of cataractogenesis. *Doc. Ophthalmol.* 88, 345-9.

Hickson-Curran S, Nason R, Becherer P et al. Clinical evaluation of Acuvue contact lenses with UV-blocking characteristics. *Optom Vis Sci*, 1997; 74:8:632-8.

Hirshberg Y., *Compting Rendal Academic Science* 231 (1950) 903-907

IARC, (1992). Physical characteristics and sources of exposure to artificial UV radiation. In: *Exposure to Artificial UV Radiation and Skin Cancer*  
<https://www.iarc.fr/en/publications/pdfs-online/wrk/wrk1/ArtificialUVRad&Skin4.pdf>

Kell Melanie | 26 October 2010 Evolving Vision: Photochromic Lenses  
<https://www.mivision.com.au/evolving-vision-photochromic-lenses/>

Kwok L, Kuznetsov V, Ho A and Coroneo M. (2003). Prevention of the adverse photic effects of peripheral light focussing using UV-blocking contact lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2003; 44:4:1501-1507

Kwok LS, Coroneo MT. (2000). *Temporal and spatial growth patterns in the normal and cataractous human lens*. *Exp. Eye Res.* 2000; 71(3), 317-322

Liou, J-C., Teng, M-C., Tsai, Y-S., Lin, E-C., Chen, B-Y., (2015). UV-blocking spectacle lens protects against UV-induced decline of visual performance *Molecular Vision*; **21**:846-856

Mackenzie FD, Hirst LW, Battistutta D, Green A (1992). Risk analysis in the development of pterygia. *Ophthalmology* 99(7):1056–1061

Madronich S, McKenzie RL, Björn LO, Caldwell LL. (1998). Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. *J. Photochem. Photobiol.*, **46**(1-3), 5-19.

Meyler J and Schnider C. (2002). The role of UV-blocking soft CLs in ocular protection. *Optician* 223: 5854: 28-32.

Moore, L., and Ferreira, T.J. (2006). Ultraviolet (UV) transmittance characteristics of daily disposable and silicon hydrogel contact lenses. *Cont Lens Anterior Eye*, **29**(3):115  
22doi:10.1016/j.clae.2006.03.002

Moran DJ, Hollows FC (1984) Pterygium and ultraviolet radiation: a positive correlation. *Br J Ophthalmol* 68(5):343–346

Nakabayashi T., N. Nishi and H. Sakuragi, *Science Progress*, 84(2) 137-156 (2001)

- Oliva MS, Taylor H (2005). Ultraviolet radiation and the eye. *Int Ophthalmol Clin* 45(1):1–17
- Presland, A. (2007). Applied ocular physiology and anatomy. *Anaesthesia and intensive care medicine*. **8**, 379-383.
- Rahmani, S., Nia, M. M., Baghban, A. A., Nazari, M., & Ghassemi-Broumand, M. (2015). Do UV-blocking Soft Contact Lenses Meet ANSI Z80.20 Criteria for UV Transmittance? *Journal of Ophthalmic & Vision Research*, **10**(4), 441–444. <http://doi.org/10.4103/2008-322X.176890>
- Rosenthal, S. F., Bakalian, E. A., Taylor R H. (1986). The Effect of Prescription Eyewear on Ocular Exposure to Ultraviolet Radiation. *Am. J. of Public Health*. **76**: 1216-1220
- Ryer, A. in *The light measurement handbook*, International light, Newburyport, USA **1998**, 1
- Schnider C. UV protection and summer preparation. *Review of Cornea & Contact Lenses*, 2006: April:36-38
- Sliney DH, World Health Organisation (WHO). *Ultraviolet radiation ocular exposure dosimetry of the eye*. WHO/EHG/95.18, Geneva 1995.
- Smick, S., Villette, T., Boulton, E M., Brainard, C G., Jones, W., Karpecki, P., Melton, R., and Thomas, R. (2013). Blue Light Hazards: New knowledge, New Approaches to Maintaining Ocular Health In: UV and Blue-Violet Light Definitions, risks and prevention. Collection of articles from 2011 to 2015 Points De Vue
- Tenkate TD. (1998).Ultraviolet Radiation: Human exposure and health risks. *J. Environ. Health*. 61(2), 9-15
- Van de Pol, C., (2009). “Basic Anatomy and Physiology of the Human Visual System”, 237 – 247, Chapter 6: Derleyen: Rash, C. E., Russo, M. B., Letowski, T. R., Schmeisser, E. T., *Helmet –Mounted Displays: Sensation, Perception and Cognition Issues*, US Army Aeromedical Research Laboratory, Fort Rucker
- Walsh K. (2009). UV radiation and the eye. *Optician*. 237; 6204: 26-33.
- Weber, J.R., Kelley, J.H. (2009). Chapter 15 Eyes (pp 228-232), In: *Health assessment in nursing*. LWW. ISBN: 9780781781602
- WMO (World Meteorological Organization), (2003). Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2002, Global Ozone Research and Monitoring Project. WMO Report 47, Geneva.
- Yam, J.C.S. and Kwok, A.K.H. *Int Ophthalmol* (2014) Ultraviolet light and ocular diseases 34: 383. doi:10.1007/s10792-013-9791-x
- Yam, J.C.S. and Kwok, H.K.A. (2013). Ultraviolet light and ocular diseases. *Int. Ophthalmology*,
- Žmija J., M.J. Małachowski, (2010). New organic photochromic materials and selected applications, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 41/1-2 48-56

Αντωνιάδου, Σ. (2012). Καταρράκτης και σύγχρονη αντιμετώπιση. Πτυχιακή Εργασία. ΤΕΙ Νοσηλευτικής, Καβάλα.

Γαλιατσάτος, Α. 2015. ΟΦΘΑΛΜΟΣ - ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ. [Κεφάλαιο Συγγράμματος]. Στο Γαλιατσάτος, Α. 2015. *Βασικές αρχές οδοντικής αισθητικής- χρώμα και χαρακτηριστικά*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. κεφ 5. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/984>

Πατέρας, Ε. 2015. Ανατομία & φυσιολογία κερατοειδούς - Βασικές έννοιες. [Κεφάλαιο Συγγράμματος]. Στο Πατέρας, Ε. 2015. *Πρακτικός οδηγός εφαρμογής φακών επαφής*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. κεφ 1. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/2665>

Πλαϊνης, Σ. και Φελώνη, Ε. (2015). Γυαλιά ηλίου και προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία. *Οφθαλμολογικά Χρονικά*. 3: 222-229

## ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

Barrau, C. et al., Crizal Previncia: the first preventive non-tinted lenses for everyday wear with protection from UV rays and harmful blue light, Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics, N69, Autumn, 2013. Available at: <http://www.pointsdevue.com/article/crizal-prevenir-first-preventive-non-tinted-lenses-everyday-wear-protection-uv-rays-and>

Erickson B. (2009). Self-Darkening Eyeglasses. The science behind dual-purpose lenses. *What's That Stuff?* 87(15) p. 54 <https://pubs.acs.org/cen/science/87/8715sci5.html>

Essilor (1997). Ophthalmic Optics Files: Materials. Available at: <http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/9.Materials.pdf>

Fannin, T. E., & Grosvenor, T. P. (1996). *Clinical optics*. Boston, Butterworth-Heinemann. <http://books.google.com/books?id=pp9sAAAAMAAJ>.

<http://bairamoglou.gr/portfolio/transitions-faqs/>

<http://blog.rx-safety.com/transitions-xtractive-vs-vantage/>

[http://fac.ksu.edu.sa/sites/default/files/opto\\_225\\_lec\\_2\\_pdf.pdf](http://fac.ksu.edu.sa/sites/default/files/opto_225_lec_2_pdf.pdf)

<http://lifetimevisioncare.net/eye-disorders/inside-the-glasses/>

<http://opticallabproducts.com/VCPN/VCPN-Archives/THE-EVERCHANGING-TECHNOLOGY-OF-PHOTOCHROMIC-LENSES-1011.aspx>

<http://panacea.med.uoa.gr/topic.aspx?id=286>

[http://research.omicsgroup.org/index.php/Corrective\\_lens#Ultraviolet\\_protection](http://research.omicsgroup.org/index.php/Corrective_lens#Ultraviolet_protection)

<http://research.omicsgroup.org/index.php/Glasses>

[http://users.teiath.gr/achand/ASKHSEIS\\_OPTIKHS\\_NORM.pdf](http://users.teiath.gr/achand/ASKHSEIS_OPTIKHS_NORM.pdf)



[http://users.teiath.gr/achand/OPTIKH\\_GYALIOU/HISTORY\\_4\\_BW.pdf](http://users.teiath.gr/achand/OPTIKH_GYALIOU/HISTORY_4_BW.pdf)

[http://wikivisually.com/wiki/Ophthalmic\\_lenses](http://wikivisually.com/wiki/Ophthalmic_lenses)

<http://www.daniellivingston.com/2012/05/transitions-vantage-new-polarized.html>

[http://www.e-glasses.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=228&Itemid=275](http://www.e-glasses.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=228&Itemid=275)

<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/1.Materials.pdf>

<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=53>

<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=61>

<http://www.essiloracademy.eu/sites/default/files/publications/Cahier-Materials-and-Treatments-USA/index.html#p=57>

<http://www.opticallabproducts.com/OLP/OLP-Archives/TRANSITIONS-LENSES-HAVE-ALWAYS-BLOCKED-BLUE-LIGHT-5494.aspx>

[http://www.opticaltraining.com/html/continuing\\_ed/wbt/abo/photochromic\\_lenses/page\\_four.html](http://www.opticaltraining.com/html/continuing_ed/wbt/abo/photochromic_lenses/page_four.html)

[http://www.opticaltraining.com/html/continuing\\_ed/wbt/abo/photochromic\\_lenses/page\\_five.html](http://www.opticaltraining.com/html/continuing_ed/wbt/abo/photochromic_lenses/page_five.html)

[http://www.opticaltraining.com/html/continuing\\_ed/wbt/abo/photochromic\\_lenses/page\\_six.html](http://www.opticaltraining.com/html/continuing_ed/wbt/abo/photochromic_lenses/page_six.html)

[http://www.optics-books.gr/pdf/fakoi\\_epafis\\_a.pdf](http://www.optics-books.gr/pdf/fakoi_epafis_a.pdf)

<http://www.optik-akademie.com/eng/info-portal/ophthalmic-optics/glasses/light-protection/iv-proshield-spectacles.html>

<http://www.transitions.com/en-us/blue-light/>

<http://www.transitions.com/en-us/why-transitions/the-technology/chromea7-technology/>

<http://www.transitions.com/en-us/why-transitions/the-technology/drivewear-tech/>

<http://www.transitions.com/en-us/why-transitions/the-technology/variable-polarization/>

<http://www.unilens.gr/el/matia-orasi/%CF%85%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CF%86%CE%B1%CE%BA%CF%8E%CE%BD.html>

<https://trade.transitions.com/resources/public/10482/TransitionsXTRActiveProductInfoSheetandFAQs.pdf>

<https://transitions.gr/transitions-drivewear/>

[https://www.zeiss.co.uk/vision-care/en\\_gb/products-services/coating-coloured-lenses/coatings/duravision-blueprotect.html](https://www.zeiss.co.uk/vision-care/en_gb/products-services/coating-coloured-lenses/coatings/duravision-blueprotect.html)

Karpecki, P., The role of UV damage in ocular disease. Review of Optometry. Release date: October 2012. Available at: <https://www.reviewofoptometry.com/ce/the-role-of-uv-damage-in-ocular-disease>

Parker, R., Putting the medicine in the lenses : The importance of blocking ultraviolet radiation and blue light, Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics, N71, Autumn 2014. Available at: <http://www.pointsdevue.com/article/putting-medicine-lenses-importance-blocking-ultraviolet-radiation-and-blue-light>

Polarized lenses Polaroid Eyewear. Δημοσιεύθηκε: 31/10/2014. Available at: <http://peoo.gr/polarized-lenses-polaroid-eyewear/>

Protect eyes from ultraviolet radiation all day every day. Essilor of America. 2013. Available at: [http://www.crizalusa.com/content/dam/crizal/us/en/pdf/uv/UV\\_Risks\\_Article\\_Crizal.pdf](http://www.crizalusa.com/content/dam/crizal/us/en/pdf/uv/UV_Risks_Article_Crizal.pdf)

Radiation protection: Ultraviolet radiation  
<http://www.arpana.gov.au/RadiationProtection/Basics/uvr.cfm>

Stephens, L. G., and Davis K. J., Chapter 51D: Ophthalmic Lens Tints and Coatings. Available at: <http://www.oculist.net/downat0502/prof/ebook/duanes/pages/v1/v1c051d.html#pro>

Uchida, K. (2004), Photochromism. Molecules and Systems. Edited by Heinz Dürr and Henri Bouas-Laurent.. Angewandte Chemie International Edition, 43: 3362.  
doi:10.1002/anie.200385129. Available at: [https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=i-m3tFfXAngC&oi=fnd&pg=PP1&dq=photochromic+ophthalmic+lenses+history+crystals+transition+technology&ots=YVXI0CWZ3R&sig=efFBfy-VfTNiyNkoy6cTuqCKrCk&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=i-m3tFfXAngC&oi=fnd&pg=PP1&dq=photochromic+ophthalmic+lenses+history+crystals+transition+technology&ots=YVXI0CWZ3R&sig=efFBfy-VfTNiyNkoy6cTuqCKrCk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

Π.Ε.Ο.Ο, (2015). Ακτινοβολία – Προστατευτικοί απορροφητικοί φακοί . 30/06/2015. Available at:

<http://peoo.gr/%ce%b1%ce%ba%cf%84%ce%b9%ce%bd%ce%bf%ce%b2%ce%bf%ce%bb%ce%af%ce%b1%cf%80%cf%81%ce%bf%cf%83%cf%84%ce%b1%cf%84%ce%b5%cf%85%cf%84%ce%b9%ce%ba%ce%bf%ce%af%ce%b1%cf%80%ce%bf%cf%81%cf%81%ce%bf%cf%86/>

Τζόνσον, Ε. (2012).Κεφ.29 Αισθητήρια όργανα. *Νευροανατομία (ΚΝΣ) Σημειώσεις*. Ανακτήθηκε την Πέμπτη, 02 Φεβρουαρίου 2017 από <http://eclass.uoa.gr/courses/MED740/>