



Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

“ΨΥΧΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΣΤΟΝ
ΑΝΘΡΩΠΟ”



Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Ιωαννίδης Γεώργιος

Αναπληρωτής
Καθηγητής

Σπουδαστής:

Κουμερτάς Σεραφείμ

ΑΜ: 37866

Αθήνα

9^{ος} - 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστίες

Θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω τους Γονείς μου καθώς με στήριξαν πέρα των δυνατοτήτων τους και υλικά και ψυχολογικά κατά τα χρόνια των σπουδών μου και του χρονικού διαστήματος της περάτωσης της πτυχιακής μου εργασίας.

Επίσης τον κύριο Γεώργιο Ιωαννίδη , καθηγητή μου και επιτηρητή της πτυχιακής μου εργασίας, για την βοήθεια στην επιλογή του θέματος της πτυχιακής εργασίας, για την καθοδήγηση που μου προσέφερε στα πλαίσια της και τέλος για την υπομονή του.

Ακόμη και τον κύριο Κωνσταντίνο Σιδέρη, καθηγητή μου επίσης, για τις συμβουλές του, την ηθική και ψυχολογική υποστήριξη που μου έχει προσφέρει.

Περιεχόμενα

1^ο ΚΕΦ. < Η φυσική έννοια του φωτός >	σελ. 2
1.1 ΤΑ ΦΩΤΕΙΝΑ ΣΚΙΡΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ	σελ. 3
1.2 ΟΙ ΦΑΝΕΡΕΣ ΚΑΙ ΚΡΥΦΕΣ ΧΑΡΕΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	σελ. 6
1.3 Ο ΘΑΥΜΑΣΤΟΣ ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΡΩΜΑΤΩΝ	σελ. 11
1.4 ΤΟ ΦΩΣ ΣΥΜΒΑΛΛΕΙ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΟΥ	σελ. 14
1.5 ΟΡΑΤΟ ΚΑΙ ΑΟΡΑΤΟ ΦΩΣ	σελ. 17
1.6 ΤΟ ΕΚΠΛΗΚΤΙΚΟ ΘΑΥΜΑ ΤΗΣ ΟΡΑΣΕΩΣ	σελ. 20
2^ο ΚΕΦ. < Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και οι επιδράσεις της στον άνθρωπο >	σελ. 27
2.1 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ	σελ. 28
2.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΚΥΜΑ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	σελ. 29
2.3 ΠΗΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ	σελ. 29
2.4 ΕΙΔΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ	σελ. 30
2.4.1. ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	σελ. 31
2.4.2 ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	σελ. 31
2.5 ΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	σελ. 33
2.5.1 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΜΕ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ	σελ. 33
2.5.1.1 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ	σελ. 34
2.5.2 ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ	σελ. 35
2.5.2.1 ΥΠΕΡΙΩΔΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (UV)	σελ. 35
2.5.2.1.1 ΟΙ ΚΑΛΕΣ ΥΠΕΡΙΩΔΕΙΣ ΑΚΤΙΝΕΣ	σελ. 38
2.5.2.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ	σελ. 38

2.5.2.2.1 ΟΦΘΑΛΜΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ	σελ. 39
2.5.2.2.2 ΚΑΤΑΣΤΟΛΗ ΑΝΟΣΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	σελ. 39
2.5.2.2.3 ΔΕΡΜΑΤΟΠΑΘΕΙΕΣ	σελ. 39
2.5.3 ΧΑΜΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ	σελ. 41
2.5.4 ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΕ ΜΙΚΡΟ ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	σελ. 42
2.5.4.1 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	σελ. 42
2.5.4.2 ΤΙ ΕΝΝΟΟΥΜΕ ΟΜΩΣ ΟΤΑΝ ΛΕΜΕ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ;	σελ. 42
3^ο ΚΕΦ. < Το νευρικό σύστημα του ανθρώπου, η όραση και οι ορμόνες >	
σελ. 44	
3.1 ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΟΥ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	σελ. 45
3.2 ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	σελ. 45
3.3 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (Ν.Σ.)	σελ. 45
3.3.1 ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ Κ.Ν.Σ. Η ΤΟ Π.Ν.Σ.	σελ. 52
3.4 ΔΕΡΜΑ	σελ. 53
3.4.1 ΙΣΤΟΛΟΓΙΑ ΔΕΡΜΑΤΟΣ	σελ. 53
3.4.1.1 ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑ	σελ. 53
3.4.1.2 ΧΟΡΙΟ	σελ. 53
3.4.1.3 ΤΟ ΥΠΟΔΕΡΜΑ	σελ. 54
3.4.2 ΑΓΓΕΙΑ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ	σελ. 54
3.4.3 ΝΕΥΡΑ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ	σελ. 55
3.4.3.1 ΝΕΥΡΑ ΤΗΣ ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑΣ	σελ. 55
3.4.3.2 ΝΕΥΡΑ ΤΟΥ ΧΟΡΙΟΥ	σελ. 55
3.4.3.3 ΝΕΥΡΑ ΤΟΥ ΥΠΟΔΕΡΜΑΤΟΣ	σελ. 55
3.5 Ο ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΟΦΘΑΛΜΟΣ	σελ. 56
3.5.1 ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ	σελ. 56

3.5.1.1 Ο ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΗΣ	σελ. 58
3.5.2 ΚΟΡΗΜΕΤΡΙΑ	σελ. 60
3.5.3 ΝΕΥΡΟΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΥ ΤΗΣ ΚΟΡΗΣ ΣΤΟ ΦΩΣ	σελ. 61
3.5.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΙΡΙΔΑΣ	σελ. 64
3.5.5 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΤΗΣ ΚΟΡΗΣ ΣΤΟ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟ ΣΤΟ ΦΩΣ	σελ. 65
3.6 ΕΝΔΟΚΡΙΝΕΙΣ ΑΔΕΝΕΣ	σελ. 67
3.6.1 ΟΡΜΟΝΕΣ	σελ. 67
3.6.1.1 ΤΟ ΣΤΡΕΣ	σελ. 68
3.6.1.2 Ο ΥΠΝΟΣ	σελ. 69
3.6.1.3 ΣΧΕΣΗ ΟΡΜΟΝΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ	σελ. 70
3.6.2 ΜΕΛΑΤΟΝΙΝΗ	σελ. 71
3.6.2.1 ΕΦΗΒΟΙ <ΚΟΥΚΟΥΒΑΓΙΕΣ>!	σελ. 72
3.6.2.2 Ο ΜΑΕΣΤΡΟΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ	σελ. 73
3.6.2.3 ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΡΥΘΜΙΣΟΥΜΕ ΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΜΑΣ ΡΟΛΟΙ;	σελ. 74
3.6.2.4 ΜΕΛΑΤΟΝΙΝΗ ΚΑΙ ΨΥΧΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ	σελ. 76
3.6.2.5 ΜΕΛΑΤΟΝΙΝΗ – ΥΠΝΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΥΠΝΟΥ-ΕΓΡΗΓΟΡΣΗΣ	σελ. 77
4^ο ΚΕΦ. < Διάφορα θέματα του φωτισμού που επηρεάζουν την ψυχολογία του ανθρώπου >	σελ. 79
4.1 ΦΩΤΟΥΠΑΝΣΗ	σελ. 80
4.1.1 ΤΟ ΦΩΣ ΠΟΥ ΕΝΟΧΛΕΙ	σελ. 81
4.1.2 ΦΩΤΟΥΠΑΝΣΗ – ΤΕΧΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	σελ. 82
4.1.3 Η ΦΩΤΟΥΠΑΝΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	σελ. 83
4.1.4 ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ, ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΕΓΚΛΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ	σελ. 84

4.1.5 ΦΩΤΟΥΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ	σελ. 85
4.2 Η ΘΑΜΒΩΣΗ [2]	σελ. 85
4.2.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΘΑΜΒΩΣΗΣ	σελ. 85
4.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑΣ	σελ. 88
4.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΘΑΜΒΩΣΗΣ ΚΑΤΑ CIE	σελ. 88
4.2.5 ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ	σελ. 90
4.2.6 ΓΩΝΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ	σελ. 91
4.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΘΑΜΒΩΣΗΣ	
σελ. 93	
4.3 Η ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΜΕΤΑΞΥ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ	σελ. 93
5° ΚΕΦ. < Λογική αντιμετώπιση του προβλήματος >	σελ. 95
Αναφορές	σελ. 97
Βιβλιογραφία	σελ. 98

<< Ψυχολογικές επιδράσεις του φωτός στον άνθρωπο >>

1

<< Η φυσική έννοια του φωτός >>

Αντί εισαγωγής! [1]

1.1 ΤΑ ΦΩΤΕΙΝΑ ΣΚΙΡΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ

Το φως πληροί όλο του Σύμπαν. Φως υπάρχει στα πιο μακρινά σημεία του διαστήματος, στην βαθειά σιωπή της νύχτας, στα πρόσωπα και τα τοπία του κόσμου μας. Εν τούτοις, η παρουσία του γίνεται μόνον έμμεσα αισθητή. **Δεν βλέπουμε το ίδιο το φως. Μέσω του φωτός βλέπουμε τα ίδια αντικείμενα, τα χρώματα ή την κίνηση τους, όπως τα συνθέτει ο εγκέφαλος.** Λες και η φύση θέλει να μας προφυλάξει! Αν το ίδιο το φως γινόταν αντιληπτό, έτσι καθώς φθάνει κάθε στιγμή και από όλες τις κατευθύνσεις, θα υπερφόρτωνε όλες τις λειτουργίες του εγκεφάλου. Την υποψία ότι υπάρχει κάτι ανάμεσα σε μας και τον κόσμο που μας περιβάλλει, την δημιουργεί η συχνά παράδοση συμπεριφορά του φωτός. Όπως είναι, για παράδειγμα, τα παιχνίδια του ηλιακού φωτός στην ατμόσφαιρα ή ένα κουπί που φαίνεται να λυγίζει μέσα στο θαλασσινό νερό.

Από την άλλη, αισθανόμαστε ότι το φως είναι πολύ οικείο, ότι αποτελεί βασικό ιστό της ζωής μας. Με κάποια έννοια, ζούμε μέσα στο φως, δημιουργούμε υπό την σκέπη του, υπάρχουμε χάρις σ' αυτό. Όπως δεν μπορούμε να φαντασθούμε τα ψάρια έξω από το νερό, το ίδιο ισχύει και για την σχέση του ανθρώπου με το φως. Χωρίς το φως δεν νοείται ο άνθρωπος, μήτε η ζωή του. Εκτός από κάποιους που τους σημάδεψε η ατυχία, στιγμές μόνον στον βίο τους οι άνθρωποι ενεργούν χωρίς την παρουσία του φωτός, χωρίς την ευεργετική συνδρομή του. Όπως άλλωστε μαθαίνομε από τα σχολικά μας χρόνια, η θαυμαστή διεργασία της φωτοσύνθεσης συντηρεί τον κύκλο της ζωής.

Η έλλειψη λοιπόν του φωτός, το σκοτάδι, δίκαια συνδέεται με φόβους, υπαρκτούς ή ανύπαρκτους, με τον ίδιο τον θάνατο, με τις σκοτεινές δυνάμεις του εαυτού μας και της φύσης. Ενώ, χάρις ακριβώς στην ιδιαίτερη σημασία της, η λέξη «φως» εμπεριέχει βαθείς συμβολισμούς:

- «**Φως μου**» αποκαλεί ο ερωτευμένος την αγαπημένη του.
- «**έδωσε τα φώτα του στην ανθρωπότητα**» επαναλαμβάνομε καθ' έξιν για τον αρχαίο ελληνικό πολιτισμό,
- ενώ «**δεύτε λάβετε φως εκ του ανεσπέρου φωτός**» ψάλλουν οι πιστοί την βραδιά της Αναστάσεως.

Στην διαδρομή λοιπόν των αιώνων, το φως συνδέεται πάντοτε με την σοφία και την αλήθεια, το σκοτάδι εκπροσωπεί το Κακό. Το φως, επομένως, είναι για τον

άνθρωπο η απαραίτητη προϋπόθεση που του επιτρέπει να αντιληφθεί τον χώρο και την κίνηση, του επιτρέπει, επίσης, να αντιληφθεί τα χρώματα και το σχήμα των αντικειμένων. Το φως αποκαλύπτει τον κόσμο, είναι όμως και δημιουργός του. Είναι αλήθεια πως τα ανθρώπινα μάτια έχουν συχνά την ψευδαίσθηση ότι ο ουρανός είναι από μόνος του φωτεινός, και ότι η φωτεινότητα της Γης και των υλικών σωμάτων μοιάζει με εγγενείς ιδιότητα τους, που παροδικά μόνον χάνεται στο σκοτάδι. Στην πραγματικότητα, ωστόσο, το φως ταξιδεύει σε ένα σκοτεινό Σύμπαν για να καταλήξει στη Γη και να φωτίσει τον ουρανό της. Είναι αξιοσημείωτο ότι το σύνολο σχεδόν των πληροφοριών που αφορούν τους αναρίθμητους γαλαξίες και τα αστέρια φθάνουν σε μας υπό μορφήν φωτός.

Σε βαθύτερο άλλωστε επίπεδο, ο κόσμος μας αποτελείται από φως και ύλη. Η αλληλεπίδραση των δύο, το αιώνιο παιχνίδι ανάμεσα τους, κρύβεται συχνά πίσω από τον κόσμο των φαινομένων. Όπως μάλιστα αποκάλυψε η σύγχρονη φυσική, το ίδιο το φως μπορεί να μετατρέπεται σε ύλη! Η μετατροπή αυτή, ενώ ηχεί απίστευτη, αποτελεί καθημερινή εμπειρία στα μεγάλα ερευνητικά εργαστήρια. Είναι άλλωστε πεποίθηση της σύγχρονης κοσμολογίας ότι η οργιαστική μεταμόρφωση του φωτός σε υλικά σωματίδια και αντίστροφα κυριαρχούσε τις πρώτες στιγμές της δημιουργίας.

Την ζωή μας όμως δεν την περιβάλλει μόνον το φυσικό φως, που προέρχεται κυρίως από τον Ήλιο. Με μακρινό και πολύτιμο πρόγονο την φωτιά, ποικίλες τεχνητές πηγές φωτός είναι σήμερα απαραίτητες στον άνθρωπο και στις δραστηριότητες του. Σημαντικό βήμα αποτέλεσε ασφαλώς η παραγωγή του ηλεκτρικού φωτός, που άλλαξε άρδην τις κοινωνικές και τις ατομικές μας συνήθειες.

Δεν είναι ωστόσο μόνον η φυσική παρουσία του φωτός, ούτε οι πολλαπλές χρηστικές του μορφές, που το καθιστούν αναπόσπαστο συνοδό του ανθρώπου. Το φως αποτελεί επίσης κεντρικό σημείο αναφοράς στην Τέχνη. Με την βοήθεια του φωτός, οι εικαστικές τέχνες αναπαριστούν μορφές, όγκους και φόρμες, ενώ από τους αρχαίους χρόνους η υποβλητική δύναμη των χρωμάτων σφραγίζει αριστουργήματα σε αγγεία και τοιχογραφίες. Δύο, εξ άλλου, από τις σύγχρονες μορφές τέχνης, η φωτογραφία και ο κινηματογράφος, στηρίζονται στην αποτύπωση των παιχνιδιών του φωτός στα πρόσωπα και στα πράγματα του κόσμου μας.

Η αέναη λοιπόν παρουσία του φωτός στον κόσμο και στην ζωή μας οδηγεί σε μια μεγάλη ψευδαίσθηση, ότι η ίδια η φύση του είναι απλή, ότι εύκολα μπορεί κανείς να συλλάβει τις ιδιότητες και την βαθύτερη δομή του. Έτσι, στην διαδρομή των αιώνων, φιλόσοφοι και μεγάλοι διανοητές, από τον Λεύκιππο έως τον Γκαίτε και από τον Πλάτωνα έως τον Λεονάρντο ντα Βίντσι, διατύπωσαν απόψεις για το φως και την

λειτουργία της οράσεως. Οι απόψεις αυτές, ενώ συχνά έδειχναν πνευματική ικανότητα και τόλμη, σήμερα μοιάζουν αφελείς. Την ίδια μοίρα είχε εν πολλοίς και η καθ' εαυτό επιστημονική διερεύνηση του φωτός που, ιδίως από τον 17^ο αιώνα και μετά, με την επιστημονική επανάσταση, παρουσίασε μεγάλη άνθηση. Η πρόοδος υπήρξε αναμφισβήτητη, είναι όμως μια πρόοδος που χαρακτηρίζεται από αμφιβολίες και διαμάχες. Το φως αποδεικνύεται πολύ ανθεκτικό στην κατανόηση του, εκεί που διαπιστώνεται μια ιδιότητα του, μια άλλη εμφανίζεται με μεγαλύτερη σημασία, εκεί που νομίζει κανείς ότι φθάνει στο τέλος, το τέλος φαίνεται πολύ μακρινό και ταυτόχρονα τόσο άγνωστο, μαγικό και παράξενο. Τι είναι το φως; Από τι είναι φτιαγμένο; Πόσο έχουμε καταλάβει ότι μπορούμε και βλέπουμε γιατί υπάρχει φως ενώ το ίδιο το φως δεν θα μπορέσουμε να το δούμε ποτέ; Μπορούμε και βλέπουμε τον Ήλιο, τις ανεμώνες, τα ραδίκια, τις θάλασσες, το σώμα μας ...όχι όμως και το φως που έρχεται από όλα αυτά για να μας μεταφέρει το μήνυμα για την μορφή και το χρώμα τους. Είναι πάντως αναμφισβήτητο ότι το φως αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο της φυσικής, μέρος αναπόσπαστο της προόδου της. Η προσπάθεια κατανόησης του ανακλά, κατά κάποιον τρόπο, την ίδια την ιστορία της επιστήμης. Το φως λοιπόν αποτελεί το βασικό κλειδί για την κατανόηση του ίδιου του Σύμπαντος. Η αλήθεια αυτή, που χαρακτηρίζει όλη την πορεία της φυσικής επιστήμης, φθάνει στην αποθέωση της τον εικοστό αιώνα: Η θεωρία της σχετικότητας, η διαμόρφωση της κβαντικής φυσικής, η ανακάλυψη της διαστολής του Σύμπαντος, οι ακτίνες λέιζερ, η κοσμική ακτινοβολία μικροκυμάτων, για να σταθούμε μόνον σε μερικά από τα σπουδαία βήματα της σύγχρονης επιστήμης, έχουν την ρίζα τους στην εντατική προσπάθεια για την κατανόηση του φωτός.

Ταυτόχρονα, ο τεχνολογικός πολιτισμός, που αποτελεί την υπερηφάνεια αλλά και την απειλή μας, τυλίγει με τα ηλεκτρομαγνητικά του κύματα κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα, και έχει δημιουργήσει στον πλανήτη έναν αδιανόητο μέχρι χθες ιστό πληροφοριών και επικοινωνίας. Τα ηλεκτρομαγνητικά όμως κύματα είναι και αυτά μια αθέατη όψη του φωτός! Η ταύτιση των δυο υπήρξε και πάλι ένας θαυμαστός κρίκος σε μια μακρά και περιπετειώδη αναζήτηση.

Ενώ όμως η οντότητα του φωτός, με τις πολλαπλές της πτυχές, κυριαρχεί στην καθημερινή ζωή όσο και στην επιστήμη, ερωτήματα παραμένουν ακόμα ως προς την πραγματικά του φύση. Η οικειότητα με το φως και τα χρώματα του οδηγεί σε εύκολες ψευδαισθήσεις. Είναι, ωστόσο, ψευδαισθήσεις διδακτικές, αφού αναδεικνύουν την απλοϊκή ευκολία που χαρακτηρίζει συχνά την σκέψη μας.

Έχει περάσει μισός αιώνας από τότε που γράφηκαν αυτά τα λόγια, αλλά το «μυστικό» εξακολουθεί να ανθίσταται στην πλήρη αποκρυπτογράφηση του. Έτσι, η

θαυμαστή περιπέτεια του φωτός, που αρχίζει από πολύ παλιά, δεν φαίνεται να τελειώνει. Έχει να επιδείξει μεγάλες στιγμές, κρίσιμα λάθη, αλλά και την διαρκή προσπάθεια αναζήτησης. Οδηγεί στην κατανόηση του κόσμου και αποκαλύπτει τις κρυφές του διαστάσεις. Υποδεικνύει όμως ακόμα τα όριά μας, και μας υποβάλλει κάποια ταπεινότητα. Ας σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια της ζωής του ο ίδιος ο Αϊνστάιν, που είχε θριαμβευτικά εισαγάγει τα φωτόνια ως τους θεμελιώδεις «κόκκους» του φωτός, παραδέχθηκε την αδυναμία του να συλλάβει την πραγματική τους φύση.

Είναι λοιπόν διδακτικό, με την ευρύτερη όμως έννοια, να αναφερθούμε, έστω και συνοπτικά, στην ιστορία του φωτός. Η ιστορία αυτή δεν γίνεται να απομονωθεί από την περιρρέουσα ατμόσφαιρα κάθε εποχής, από τις ευρύτερες πολιτισμικές συντεταγμένες της. Το αντίθετο μάλιστα: **η ιστορία του φωτός είναι αλληλένδετη με την ανθρώπινη διαδρομή, τα επιτεύγματα και τους φόβους της, τις προκαταλήψεις και τις αγωνίες της.**

1.2 ΟΙ ΦΑΝΕΡΕΣ ΚΑΙ ΚΡΥΦΕΣ ΧΑΡΕΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Από την εμπειρία γνωρίζουμε κάποιες έκδηλες ιδιότητες του φωτός, μερικά στοιχεία της συμπεριφοράς του. Ότι, λόγου χάριν, το φως διαδίδεται ευθύγραμμα. Έτσι, οι προβολείς του αυτοκινήτου είναι αδύνατον να φωτίσουν, το αντίθετο θα ήταν πολύ χρήσιμο, μια κλειστή στροφή, χωρίς ορατότητα. **Αν πάντως το φως συμπεριφερόταν όπως ο ήχος, που κάμπτεται γύρω από τα αντικείμενα, ο κόσμος θα είχε διαφορετική όψη. Θα έμοιαζε σαν μια ατέλειωτη συμφωνία χρωμάτων, με τα αντικείμενα του θολά και αόριστα. Νύχτα δεν θα υπήρχε.**

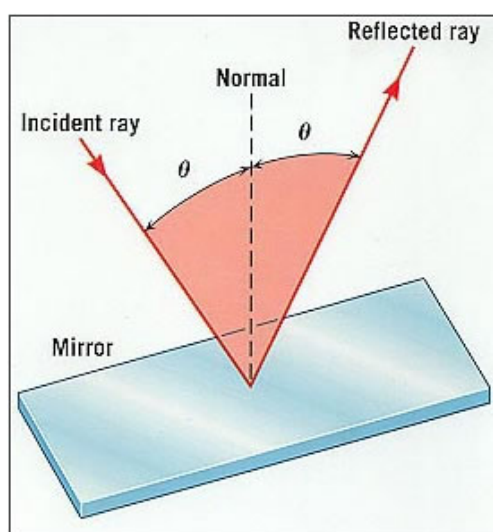
Η ευθύγραμμη διάδοση του φωτός είχε μια καίρια συνέπεια στην καθημερινή ζωή. Όταν ένα αδιαφανές σώμα παρεμβληθεί στον δρόμο των φωτεινών ακτίνων, δημιουργείται η σκιά, που παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία σε μορφή και σε ένταση. Από την σκιά ενός δένδρου μέχρι τις εκλείψεις του Ήλιου και της Σελήνης, από το θέατρο σκιών μέχρι τον ήσκιο που μας ακολουθεί, οι σκιές αποτελούν συστατικό του κόσμου και της ζωής μας. Όταν μάλιστα οι ακτίνες του ήλιου είναι ανελέητες, η ύπαρξη της σκιάς είναι πολύ ευεργετική.

Είναι γνωστό ότι ολόκληρος ο χώρος που ορίζεται από την σκιά μοιάζει με παραφυάδα ποικίλων σχημάτων του στερεού σώματος. Συχνά, λοιπόν, το σώμα με την σκιά του λειτουργούν ψυχολογικά ως ενιαίο σύνολο.

Ένα συγκλονιστικό πάντως φαινόμενο που προκαλείται από την ύπαρξη της σκιάς είναι οι εκλείψεις των ουρανίων σωμάτων. Η έκλειψη Ηλίου οφείλεται στο ότι η Σελήνη παρεμβάλλεται ανάμεσα σε εκείνον και την Γη, και εθεωρείτο από τους

αρχαίους λαούς σπουδαίος οίωνός. Ενώ την έκλειψη της Σελήνης την προκαλεί η σκιά της Γης που δημιουργείται από το φως του Ήλιου, πολλές εκλείψεις μνημονεύονται στις αστρονομικές καταγραφές κάθε λαού, συχνά όμως και στα φιλολογικά ή στα ιστορικά τους κείμενα.

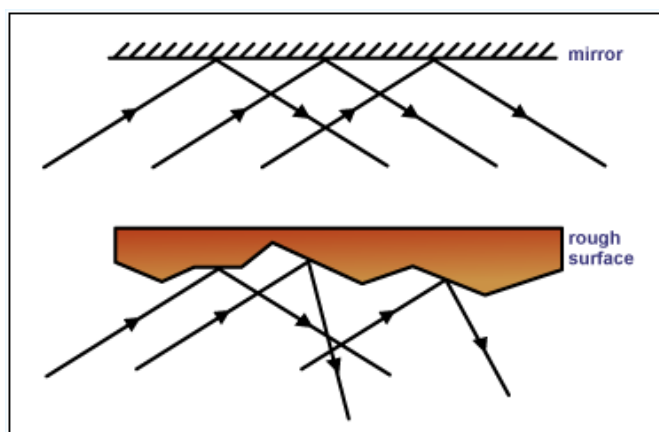
Ας έλθουμε όμως και πάλι στην πεζή αλλά φωτεινή πραγματικότητα. Ποια είναι, λοιπόν, η συμπεριφορά του φωτός όταν συναντά επιφάνειες ή σώματα, που άλλοτε είναι διαφανή και άλλοτε αποτελούν εμπόδιο στο πέρασμα του; Όπως δείχνει η προσεκτική παρατήρηση, στις **λείες επιφάνειες το φως ανακλάται** (εικ. 1.1).



Εικόνα 1.1: Ανάκλαση του φωτός [3].

Μια φωτεινή δέσμη εγκαταλείπει μάλιστα την επιφάνεια με την ίδια γωνία που την συναντά. Έτσι, βλέπουμε το πρόσωπο μας στον καθρέφτη, αλλά και στον καθρέφτη του αυτοκινήτου βλέπουμε το αυτοκίνητο που μας προσπερνά. **Είναι ανάγκη να υπογραμμισθεί πως «βλέπω» σημαίνει πάντοτε ότι ακτίνες φωτός φεύγουν ή ανακλώνται από το αντικείμενο και φθάνουν στα μάτια μας.**

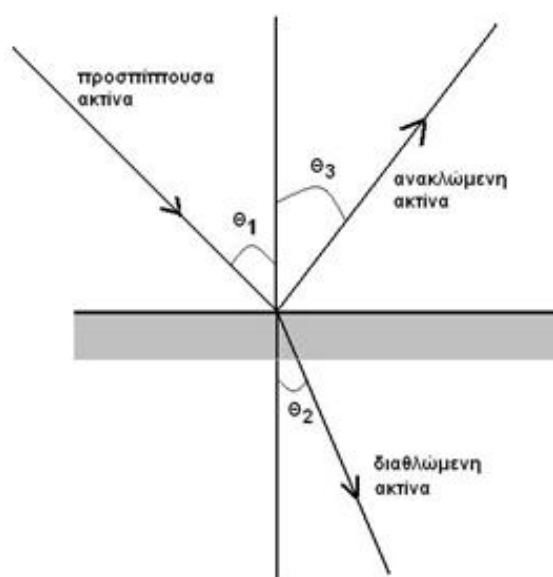
Ένας καθρέφτης είναι, βέβαια, λείος, όχι όμως και ο τοίχος ή κάποιος δρόμος της πόλεως. **Τέτοιες επιφάνειες, που παρουσιάζουν έναν μεγάλο αριθμό από μικρές προεξοχές, ανακλούν ακανόνιστα, δηλαδή διαχέουν το φως** (εικ. 1.2).



Εικόνα 1.2: Στην πάνω εικόνα έχουμε την ανάκλαση και στην κάτω εικόνα την διάχυση του φωτός [4].

Η διάχυση είναι εκείνη που κάνει ορατά τα γύρω μας αντικείμενα. Γι' αυτό και ξημερώνει πολύ πριν ανατείλει ο Ήλιος, το ηλιακό φως διαχέεται στα μόρια της ατμόσφαιρας. Δεν είναι λοιπόν περίεργο ότι στην Σελήνη, όπου δεν υπάρχει ατμόσφαιρα, η σκιά ενός αστροναύτη φαίνεται κοφή και πολύ σκοτεινή. Οι φανερές άλλωστε χαρές του φωτός, η **ανάκλαση** και η **διάχυσή** του, αποθεώνονται στην διαφάνεια του ελληνικού τοπίου.

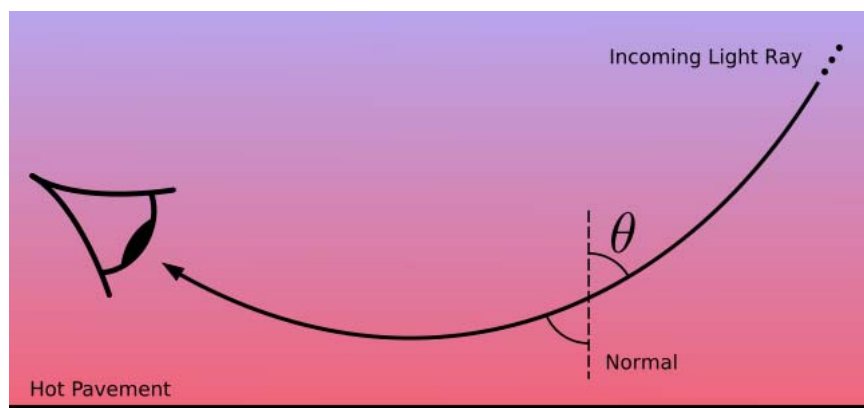
Αρκετές από τις παράδοξες εμπειρίες μας οφείλονται πάντως σε μια άλλη γνωστή ιδιότητα του φωτός, όταν αυτό ταξιδεύει στα σύνορα διαφανών μέσων. Είναι η **διάθλασή** του (εικ. 1.3).



Εικόνα 1.3: Διάθλαση του φωτός [5].

Έτσι, ένα κουτάλι μισοβυθισμένο σε ένα ποτήρι νερό φαίνεται σπασμένο στα δυο, επίσης, ο κόσμος μέσα από ένα μπουκάλι φαίνεται αγνώριστος και παραμορφωμένος. Κατά την διάθλαση, οι φωτεινές ακτίνες αλλάζουν πορεία, υπακούοντας σε έναν απλό μαθηματικό τύπο που έχει να κάνει και με την φύση του διάφανου υλικού. Ακόμη και οι ηλιακές ακτίνες, καθώς εισέρχονται από ψηλότερα ατμοσφαιρικά στρώματα, που είναι αραιότερα, σε στρώματα αέρα κοντά στην Γη παθαίνουν συνεχώς διαθλάσεις. Αυτή η ατμοσφαιρική διάθλαση κάνει τον Ήλιο ή ένα αστέρι να φαίνεται ψηλότερα από εκεί που βρίσκεται στην πραγματικότητα. **Χάρης, εξ άλλου, στις συνεχείς διαθλάσεις του φωτός, τα μακρινά αστέρια δίνουν την εντύπωση ότι τρεμοσβήνουν.**

Στην καμπύλωση των φωτεινών ακτίνων, που προκαλείται από εγκλωβισμένα στρώματα θερμού αέρα, οφείλονται και τα φαινόμενα **αντικατοπτρισμού** (εικ. 1.4).

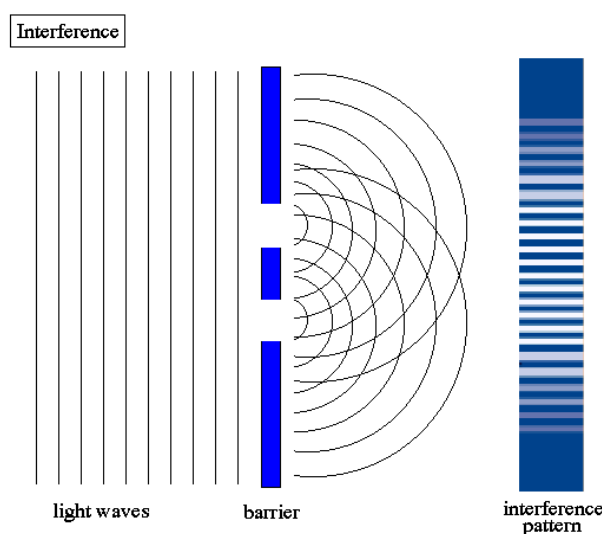


Εικόνα 1.4: Φαινόμενο αντικατοπτρισμού [6].

Η προσεκτική λοιπόν παρατήρηση αποκαλύπτει τις πολλαπλές χάρες του φωτός. Ενισχύει όμως και την υποψία ότι η συμπεριφορά του πρέπει να διέπεται από κάποιον θεμελιώδη νόμο. Ο νόμος αυτός πρέπει να ερμηνεύει δυο αντιφατικές παρατηρήσεις: την ευθύγραμμη διάδοση του όταν κινείται σε ομοιόμορφα μέσα, και την διάθλασή του όταν περνά από ένα οπτικό μέσο σε κάποιο άλλο. Όπως είδαμε, τον νόμο αυτόν διατύπωσε ο Fermat, και έχει μια αξιοθαύμαστη απλότητα <<το φως ακολουθεί την διαδρομή εκείνη που απαιτεί τον ελάχιστο χρόνο!>>. Έτσι, στον αέρα ή σε κάποιο άλλο διαφανές μέσο, το φως κινείται ευθύγραμμα, αφού η ευθεία είναι ο συντομότερος δρόμος για κάθε κίνηση με σταθερή ταχύτητα. Σε διαφορετικές ουσίες, όμως, η συντομότερη διαδρομή δεν είναι πια η ευθύγραμμη. Σε κάθε μέσο το φως κινείται με διαφορετική ταχύτητα, και έτσι εξαναγκάζεται, για να βρει ακριβώς τον συντομότερο δρόμο, να διαθλασθεί στο σημείο επαφής.

Είδαμε ότι κάποια χαρακτηριστικά του, όπως η διάθλαση και η ανάκλαση, είναι φανερά και στην απλή παρατήρηση. Άλλα όμως στοιχεία της συμπεριφοράς του –οι κρυφές χάρες! - δεν είναι εύκολο να συναχθούν με τον ίδιο άμεσο τρόπο. Επειδή μάλιστα γύρω στον 18^ο αιώνα, που είχε οξυνθεί η συζήτηση για την πραγματική φύση του φωτός, η αυθεντία του Νεύτωνα σκίαζε κάθε αντίθετη άποψη, χρειάστηκαν λεπτεπίλεπτα και επίμονα πειράματα για να ενισχυθούν οι αιρετικές ιδέες.

Είδαμε πριν ότι η ανάκλαση και η διάθλαση υποχρεώνουν το φως να εκτραπεί από την κανονική και ευθύγραμμη πορεία του. Υπάρχει, εν τούτοις, και ένας άλλος τρόπος εκτροπής, η **περίθλαση** (εικ. 1.5).



Εικόνα 1.5: Περίθλαση του φωτός [7].

Αν περάσει το φως από μια λεπτή σχισμή, που χαράζει λόγου χάριν στο χαρτόνι ένα ξυραφάκι, η σκιά πίσω από το χαρτόνι δεν εμφανίζει σαφές όριο μεταξύ φωτεινής και σκιασμένης περιοχής. Το φως απλώνεται σαν βεντάλια και παρουσιάζει βαθμιαία ελάττωση της έντασης του μέχρι να σκοτεινιάσει εντελώς. Έχει, όπως λέμε, υποστεί περίθλαση.

Η περίθλαση δεν περιορίζεται σε στενές σχισμές ή σε ανοίγματα, αλλά μπορεί να παρατηρηθεί σε κάθε είδος σκιάς. Από κοντά, ακόμη και η σαφέστερη σκιά είναι ελαφρώς αμαυρωμένη στα άκρα της. Αν πλησιάσει κανείς τα δάχτυλα του χεριού μεταξύ τους και μέσω αυτών κοιτάξει μια φωτεινή πηγή, θα διακρίνει μαύρες γραμμές και σχήματα που οφείλονται στην περίθλαση. Στο χείλος, μάλιστα, ενός αδιαφανούς αντικειμένου, όπου το φως περιθλάται, ως παρείσρακτες μεταξύ φωτεινής και σκοτεινής περιοχής, εμφανίζονται λεπτές λωρίδες χρωμάτων. Είναι ωσάν το φως να παλεύει με το σκότος και από αυτήν την πάλη να γεννιέται το χρώμα.

Είναι πάντως αλήθεια ότι στην όλη συμπεριφορά του φωτός η περίθλαση μοιάζει μια αθώα και μάλλον ασήμαντη πλευρά. Αποτέλεσε εν τούτοις μια από τις πειστικότερες ενδείξεις της κυματικής του φύσεως. Κάτι ανάλογο παρατηρείται άλλωστε και στους ανθρώπους. Έτσι, μια ανεπαίσθητη κίνηση των χεριών ή ένα βλέμμα οδηγούν συχνά σε μια βαθειά και επιμελώς κρυμμένη πλευρά της προσωπικότητάς τους.

1.3 Ο ΘΑΥΜΑΣΤΟΣ ΚΟΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΡΩΜΑΤΩΝ

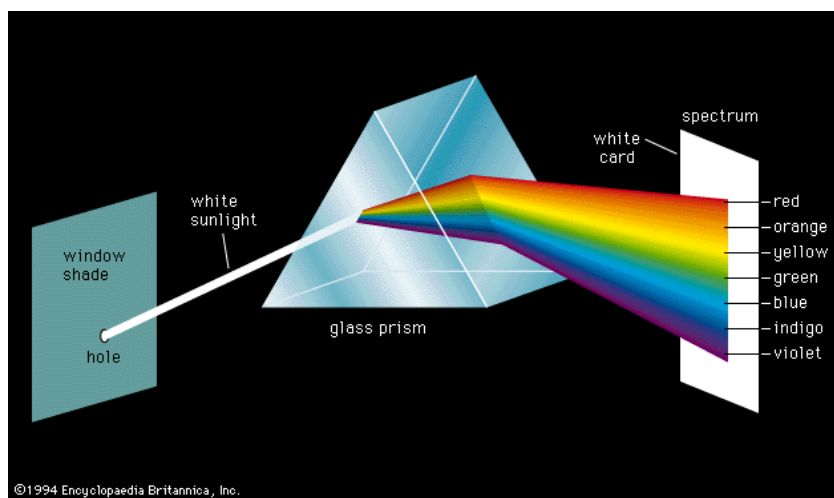
Τα χρώματα είναι η μεγαλύτερη «χάρη» του φωτός, επιδέξια κρυμμένη μέσα στην λευκή του φύση. Είναι μια αλήθεια που δύσκολα αφομοιώνεται, αφού το χρώμα μοιάζει αναπόσπαστη ιδιότητα κάθε αντικειμένου, ως ένα είδος ιδιοκτησίας του. **Ο προβληματισμός για το αν το χρώμα οφείλεται στο φως ή στο ίδιο το αντικείμενο υπήρχε και στους αρχαίους Έλληνες. Η σωστή όμως απάντηση, που είναι «και στα δυο», χρειάστηκε πολλούς αιώνες για να επιβληθεί.** Το λευκό φως πράγματι αποτελείται από πολλά χρώματα, ένα σώμα όμως ανακλά μερικά από αυτά τα χρώματα, ενώ απορροφά άλλα. Το χρώμα, λοιπόν, που βλέπουμε αποτελεί μια σύνθεση που οφείλεται τόσο στις ιδιότητες του λευκού φωτός όσο και του ίδιου του αντικειμένου.

Κατά βάθος όμως, τα χρώματα είναι κάτι περισσότερο από φως και κάτι περισσότερο από την συμπεριφορά κάποιου αντικειμένου που φωτίζεται. **Τα χρώματα είναι και «αντίληψη», ένα πολύπλοκο, δηλαδή, δημιούργημα των ματιών και του μυαλού.** Όπως πράγματι δείχνει η επιστημονική του μελέτη, που άρχισε τον 19^ο αιώνα και συνεχίζεται εντατικά μέχρι και σήμερα, το χρώμα δεν είναι μόνον πρόβλημα φυσικής, ούτε μόνον φυσιολογίας. Κινείται στην περιοχή που επικαλύπτεται από αυτές τις επιστήμες και αγγίζει την ψυχολογία της αντίληψης. Είναι χαρακτηριστικές οι ιδιότητες που αποδίδει στα χρώματα ένας από τους κορυφαίους ζωγράφους μας, ο Νίκος Χατζηκυριάκος - Γκίκας:

- **Το Γαλάζιο:** ήρεμο, γλυκό και αγγελικό.
- **Το Πράσινο:** αβρό και πικρό.
- **Το Κόκκινο:** ώριμο, ζεστό και βίαιο.
- **Το Κίτρινο:** γυαλιστερό και άγουρο.
- **Το Μενεξεδί:** διάφανο, στοχαστικό και μακρινό.

Ανεξάρτητα όμως από την ερμηνεία τους, η ποικιλία των χρωμάτων στην φύση είναι πράγματι απεριόριστη: βότσαλα της θάλασσας και ηλιοβασιλέματα, πουλιά και πολύχρωμα λουλούδια, το ουράνιο τόξο ή τα χρώματα μιας πεταλούδας. Ο άνθρωπος μάλιστα μιμείται και εμπλουτίζει αυτή την ποικιλία με τις δικές του χρωματικές συνθέσεις. Έμαθε την τεχνική των χρωμάτων και τις αποχρώσεις τους, και φτιάχνει πολύχρωμα ρούχα και κοσμήματα, εξάισια χαλιά ή πίνακες ζωγραφικής.

Ούτε λοιπόν την αισθητική ούτε την λειτουργία της καθημερινότητας μπορεί κανείς να φαντασθεί χωρίς την πανδαισία των χρωμάτων και την ποιότητα που δίδουν στα πράγματα και στην ζωή. Ας σημειωθεί ότι ακόμη και τα έντομα κατευθύνονται, εν πολλοίς, από τα χρώματα των λουλουδιών. Είναι περίεργο λοιπόν ότι, ενώ η παρουσία των χρωμάτων υπήρξε έντονη από τους αρχαίους χρόνους, τις πρώτες ενδείξεις για το τι στην πραγματικότητα είναι τα χρώματα δίδουν τα πειράματα του Νεύτωνα, μόλις το 1666. «Αγόρασα ένα **γυάλινο τριγωνικό πρίσμα**», περιγράφει ο ίδιος, «για να παρατηρήσω τα εξόχως ενδιαφέροντα φαινόμενα των χρωμάτων (εικ. 1.6). Τοποθέτησα λοιπόν το πρίσμα μου στο διάβα μιας φωτεινής δέσμης έτσι ώστε το φως να διαθλαστεί και να πέσει στον απέναντι τοίχο. Χάρηκα πραγματικά όταν είδα ολοζώντανα τα λαμπερά χρώματα που είχαν παραχθεί. Πολλές φορές παρατήρησα με θαυμασμό ότι, όταν όλα αυτά τα χρώματα που παράγει το πρίσμα συγκλίνουν ώστε να αναμιχθούν και πάλι, τότε ξαναφτιάχνουν λευκό φως, που δεν μπορείς να το ξεχωρίσεις από το φως του Ήλιου...».



Εικόνα 1.6: Ανάλυση του ηλιακού φωτός [8].

Τα πειράματα του Νεύτωνα φαίνονται σήμερα απλοϊκά, κατέληξαν ωστόσο σε μια σπουδαία διαπίστωση: ότι το λευκό φως είναι σύνθετο. Το γυάλινο πρίσμα αναλύει το λευκό φως στα χρώματα που το αποτελούν, διότι, ανάλογα με το χρώμα τους, οι φωτεινές ακτίνες διαθλώνται σε διαφορετικό βαθμό. Με την διάθλαση, το ερυθρό

εκτρέπεται λιγότερο από όλα τα χρώματα, ενώ το ιώδες περισσότερο. Ανάμεσα στα δυο αυτά άκρα εκτείνονται το πορτοκαλί, το κίτρινο, το πράσινο και το κυανό, και συναποτελούν το φάσμα του λευκού φωτός. Ακόμη και ένα κοινό ηλιοβασίλεμα αναδεικνύει τον πλούτο του χρωματικού φάσματος και τα άπειρα παιχνιδίσματα του φωτός με τα σωματίδια της ατμόσφαιρας. Ο Ήλιος παίρνει ένα ζωηρό πορτοκαλί ή κόκκινο χρώμα καθώς δύει. Το φως του ανακλάται στα σύννεφα, χρωματίζοντας μεγάλες περιοχές του ουρανού. Έως ότου πέσει απαλά το δειλινό και η νύχτα, τα χρώματα αλλάζουν συνεχώς, και σκουραίνουν. Σε τοπία μάλιστα που διαθέτουν χάρη και ιδιαιτερότητα, στο Σούνιο, παραδείγματος χάριν, ή στην Σαντορίνη, το ηλιοβασίλεμα αποκτά μαγευτική ομορφιά, και δεν είναι τυχαίο ότι συνδέεται με διαθέσεις ρομαντικές.

Το χρώμα λοιπόν έχει μια παράδοξη ύπαρξη, εμπεριέχεται στο φως, το οποίο ωστόσο φαίνεται στο μάτι άχρωμο. Στην πραγματικότητα, χρώματα δεν υπάρχουν στο ουράνιο τόξο, μήτε σε ένα ζωγραφικό πίνακα. Δεν ζούμε σε έναν κόσμο χρωματιστών αντικειμένων, αλλά σε έναν κόσμο όπου η ποικιλία της υφής και των επιφανειών επιτρέπει άπειρους χρωματικούς συνδυασμούς.

Το ότι τα χρώματα συνιστούν μια κρυφή χάρη του λευκού φωτός φαίνεται σήμερα μια αλήθεια αυτονόητη. Σε τι όμως, άραγε, διαφέρουν στην πραγματικότητα τα χρώματα, εκτός από την διαφορετική αίσθηση που δημιουργούν; Η απάντηση στην καίρια αυτή ερώτηση είναι απλή. **Το κάθε χρώμα διαφέρει σε μία και μόνο ιδιότητα από τα άλλα: το «μήκος κύματος». Το μήκος κύματος ή η συχνότητα του χρώματος σχετίζονται με την κυματική φύση του φωτός.** Όταν το λευκό φως του Ήλιου πέφτει σε ένα αντικείμενο, ανακλώνται λίγες ή μόνον μία από τις χρωματικές του συνιστώσες, ανάλογα με τις συχνότητές τους. Είναι εκείνες που δίδουν το χαρακτηριστικό χρώμα στο αντικείμενο, οι λοιπές απορροφώνται από την ύλη. **Έτσι, το τριαντάφυλλο φαίνεται κόκκινο, διότι μόνο η κόκκινη συνιστώσα του λευκού φωτός, η συχνότητα, δηλαδή, που αντιστοιχεί στο κόκκινο, ανακλάται στο άνθος και φτάνει στα μάτια μας. Τα άλλα χρώματα απορροφώνται. Αντίθετα, ο τοίχος σε ένα νησιώτικο σπίτι είναι άσπρος, διότι ανακλά όλα τα χρώματα, που ανασυντίθενται εκ νέου στο λευκό.**

Ακόμη και το γαλάζιο του ουρανού ερμηνεύεται με ανάλογο τρόπο. Καθώς το ηλιακό φως ταξιδεύει προς την Γη, ανακλάται στα μόρια των αερίων και στην σκόνη της ατμόσφαιρας. Η φύση όμως της ατμόσφαιρας είναι τέτοια, που κατά προτίμηση ανακλά το μπλε χρώμα, την μπλε, δηλαδή, συνιστώσα των ηλιακού φωτός. Αν η Γη δεν είχε ατμόσφαιρα, τότε η εικόνα θα ήταν τελείως διαφορετική.

Πηγή χρωμάτων είναι λοιπόν αποκλειστικά και μόνον το φως. Η αλληλεπίδρασή του με την ύλη είναι το πρώτο φίλτρο που καθορίζει ποιες χρωματικές του συνιστώσες θα υπερισχύσουν και ποιες θα εξουδετερωθούν. Στην συνέχεια όμως μεσολαβεί η πολύπλοκη λειτουργία της οράσεως, για να δημιουργήσει την οριστική «αίσθηση»του κάθε χρώματος. Είναι, άλλωστε, γνωστό ότι το χρώμα των αντικειμένων εξαρτάται πολύ από την σύνθεση του χρώματος που τα φωτίζει. Την αλήθεια αυτή την γνωρίζουν οι φιλάρεσκες κυρίες, που επιμένουν να ελέγξουν το χρώμα των υφασμάτων στο φυσικό φως, έξω από το κατάστημα. Αν μάλιστα ένα αντικείμενο φωτιστεί με μονοχρωματικό φως, όπως είναι, για παράδειγμα, μια δέσμη λέιζερ, το αποτέλεσμα είναι συχνά αναπάντεχο.

Ακόμα λοιπόν και με γυμνό μάτι, η φύση προσφέρει ένα μαγικό, ανεξάντλητο θέαμα του φωτός και των εκδηλώσεών του. Αν μάλιστα ληφθεί υπ' όψιν ότι τα όρια μεταξύ των χρωμάτων δεν είναι αυστηρά, ότι μερικά από τα χρώματα συντίθενται σε άλλα και ότι η διάθλαση και η διάχυση είναι πανταχού παρούσες, δεν φαίνεται περιέργη η απέραντη χρωματική ποικιλία του κόσμου μας. Το φως δεν αποκαλύπτει απλώς τον ορατό κόσμο, σε έναν μεγάλο βαθμό είναι και ο δημιουργός του.

1.4 ΤΟ ΦΩΣ ΣΥΜΒΑΛΛΕΙ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΟΥ

Είναι αλήθεια ότι δύσκολά κάποιος θα συνδέσει την συμπεριφορά του φωτός με εκείνην ενός κύματος. Τα οικεία, εν τούτοις, κύματα που προκαλεί ένα βότσαλο στην θάλασσα ανήκουν σε ένα ευρύτατο φάσμα φαινομένων. Ο κόσμος της φυσικής, όσο και ο κόσμος της καθημερινότητας, είναι γεμάτος κύματα. Τα πιο «παραδοσιακά» είναι τα μηχανικά κύματα, όπως εκείνα που παρατηρούνται, για παράδειγμα, σε ένα ελατήριο ή προκαλούνται από τις σεισμικές δονήσεις. Συνήθη επίσης είναι τα ηχητικά κύματα. Αρκεί πράγματι να χτυπηθεί η χορδή ενός μουσικού οργάνου, και τότε ηχητικά κύματα απλώνονται προς όλες τις κατευθύνσεις. Υπάρχει όμως και μια άλλη σπουδαία κατηγορία κυμάτων: τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Σε αυτήν περιλαμβάνονται τα κύματα του ραδιοφώνου αλλά και τα επικίνδυνα για την πνευματική μας υγεία κύματα της τηλεόρασης.

Παρά την αναμφισβήτητη ποικιλία τους, τα κυματικά φαινόμενα διακρίνονται από ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά. Το κυριότερο από αυτά είναι η **περιοδικότητα**, το κύμα, δηλαδή, είναι μια μετατόπιση ή διαταραχή που αυτοεπαναλαμβάνεται. Εύκολα επίσης συμπεραίνεται ότι η κυματική αυτή διαταραχή διαδίδεται στον χώρο, το μέσο όμως διαδόσεως δεν την ακολουθεί. Έτσι, ένας ψαράς που ψαρεύει με το καλάμι του βλέπει τον φελλό να ανεβοκατεβαίνει, καθώς έρχονται τα κύματα, ο φελλός όμως, δηλαδή το ίδιο το νερό, δεν ακολουθεί το κύμα στην διαδρομή του. Όταν φυσάει

άνεμος σε έναν αγρό με σιτάρι, προκαλεί μια κυματική κίνηση που γρήγορα διαδίδεται από την μια ως την άλλη άκρη του αγρού. Αλλά και εδώ πρέπει να διακρίνουμε δυο διαφορετικά είδη κινήσεων, αυτήν της κυματικής διαταραχής, και την άλλη, της μικρής ταλάντωσης των σταχυών. Τα σώματα που αποτελούν το μέσον δια του οποίου διαδίδεται η διαταραχή εκτελούν μικρές ταλαντώσεις μόνον, αλλά η ολική κίνηση είναι η διάδοση του κύματος που οδεύει δια του μέσου. Η καινούργια ιδέα εδώ είναι ότι για πρώτη φορά μελετούμε κάτι που δεν είναι ύλη, αλλά ορμή και ενέργεια που διαδίδεται δια μέσου της ύλης».

Από τα χρόνια του Νεύτωνα υποστηριζόταν ήδη με επιμονή ότι το φως είναι κάποιου είδους κύμα. Κύριος υποστηρικτής της ιδέας υπήρξε μια άλλη επιστημονική φυσιογνωμία του δεύτερου μισού του 17^{ου} αιώνα, ο Christian Huygens. Ο Huygens είχε σημαντική συμβολή στην ανάπτυξη της δυναμικής και της οπτικής. Στην πραγματεία του για το φως, που δημοσιεύτηκε το 1690, ο Huygens συμπεραίνει: «Κατά συνέπεια, το φως πρέπει να διαδίδεται με άλλο τρόπο, και ακριβώς η γνώση για το πώς διαδίδεται ο ήχος στον αέρα μπορεί να οδηγήσει στην κατανόηση του τρόπου αυτού... όπως δηλαδή ο ήχος, έτσι και το φως θα διαδίδεται με σφαιρικές επιφάνειες ή κύματα. Τα ονομάζω κύματα, επειδή έχουν κάποια ομοιότητα με αυτά που βλέπουμε να σχηματίζονται στο νερό, όταν ρίξουμε μια πέτρα».

Το κύμα, λοιπόν, είναι μια μορφή, μια χαρακτηριστική δομή που κινείται. Και ενώ η κυματική θεώρηση που πρότεινε ο Huygens ερμήνευε πειστικά πολλές από τις ιδιότητες του φωτός, κυρίως την διάθλαση, υπό την βαριά σκιά του Νεύτωνα, οι ιδέες του παραμένουν στο περιθώριο. Δεν είχαν, άλλωστε, επαρκή μαθηματική υποστήριξη. Λίγο αργότερα, ο κορυφαίος μαθηματικός Euler θα διαμορφώσει, σε αναλογία με τον ήχο, μια πλήρη θεωρία για τις «ταλαντώσεις» των φωτεινών αντικειμένων. Είναι όμως αποκλειστικά το πείραμα που, όπως γίνεται συχνά στην φυσική, θα οδηγήσει στην ανατροπή των κατεστημένων ιδεών.

Πρώτα απ' όλα το φως – όπως και ο ήχος - έχει, όπως είδαμε, την ικανότητα να εκπέμπεται από εμπόδια ή να απλώνεται μέσω των μικρών σχισμών που παρεμβάλλονται στον δρόμο του. Τα φαινόμενα αυτά, που ονομάζονται και φαινόμενα περιθλάσεως, παρουσιάζονται μόνον στα κύματα. Διόλου δεν ερμηνεύονται με σωματιδιακές απόψεις. Οριστικά όμως, την κυματική φύση του φωτός καθιερώνει μια άλλη ιδιότητα των κυμάτων που επιβεβαιώθηκε με το πείραμα, η **συμβολή** (εικ. 1.7).



Εικόνα 1.7: Συμβολή του φωτός [9].

Κάθε είδους κύμα, από τα κύματα της θάλασσας μέχρι εκείνα του ήχου, συμβάλλουν. Όπως δηλώνει η λέξη, αυτό σημαίνει ότι, σε κάποιο σημείο του χώρου, τα κύματα που έρχονται από διαφορετικές κατευθύνσεις επικαλύπτονται, γεγονός που οδηγεί είτε στην ενίσχυση είτε στην εξουδετέρωσή τους. Και αν αυτό είναι κατανοητό για τα μηχανικά κύματα, όσον αφορά το φως οδηγεί στην εξής παράδοξη συνέπεια: τμήματα μιας οθόνης, που φωτίζεται ομοιόμορφα, ενδέχεται να σκοτεινιάσουν αν η οθόνη δεχθεί περισσότερο φως. **Φως, δηλαδή, προστιθέμενο σε φως, ενδέχεται να οδηγήσει σε σκοτάδι!**

Η συμβολή του φωτός αποδείχθηκε με τα έξυπνα όσο και λεπτεπίλεπτα πειράματα που έκανε ο Thomas Young το 1801. Όταν ο Young άρχισε να ασχολείται με το φως, είχε ήδη ανατείλει ένας καινούργιος αιώνας, που επρόκειτο να αποδειχθεί ανατρεπτικός σε σχέση με τις μέχρι τότε αντιλήψεις. Όπως απέδειξε λοιπόν με τα πειράματα του, υπό ορισμένες συνθήκες, το φως που εκπέμπουν δυο φωτεινές πηγές σε ορισμένα σημεία του χώρου αυτοαναιρείται. Η συμπεριφορά αυτή, που οφειλόταν στην «καταστρεπτική» συμβολή των κυμάτων, ήταν προφανώς αδύνατον να ερμηνευθεί με την σωματιδιακή θεωρία. Με έναν έμμεσο αλλά σαφή τρόπο, το φως υποδήλωνε την κυματική του φύση.

Το ενδιαφέρον είναι ότι φαινόμενα συμβολής είχε παρατηρήσει και ο ίδιος ο Νεύτων. Στην συμβολή, ακριβώς, οφείλονται τα χρώματα που παράγονται κατά την ανάκλαση του φωτός σε λεπτές στιβάδες λαδιού, επίσης, οι δακτύλιοι που σχηματίζονται όταν το φως προσπίπτει σε λεπτές αέριες στιβάδες. Τα φαινόμενα

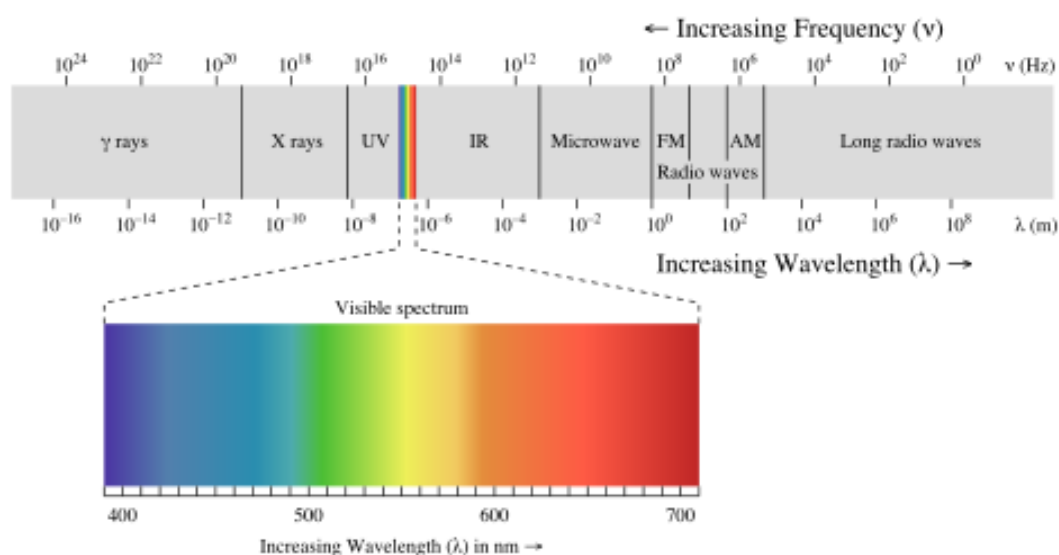
αυτά ο Νεύτων προσπάθησε με επιμονή να τα ερμηνεύσει, πόσο τυφλώνονται καμιά φορά οι μεγαλοφυΐες!, με την σωματιδιακή του θεωρία.

1.5 ΟΡΑΤΟ ΚΑΙ ΑΟΡΑΤΟ ΦΩΣ

Το φως είναι λοιπόν ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Παρόμοια κύματα, εν τούτοις, είναι και εκείνα που συλλαμβάνει η κεραία του ραδιοφώνου ή της τηλεόρασης, όσο και οι ακτίνες X, που εσήμαναν επανάσταση στην ιατρική. Η καθημερινή ζωή, αλλά και το Σύμπαν ολόκληρο διατρέχονται από ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Δεν αποτελεί υπερβολή ότι ολόκληρος ο σημερινός πολιτισμός διαμορφώνεται και στηρίζεται από αυτά.

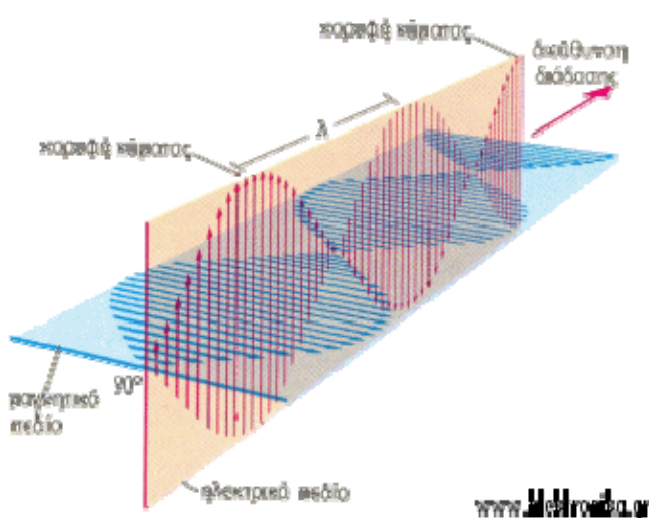
Σε τι διαφέρει λοιπόν το φως – η περίλαμπρη και αρχαιότερη μορφή τους! - από τα άλλα είδη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, που μοιάζουν τόσο διαφορετικά στην εμπειρία μας;

Η απάντηση είναι εντυπωσιακή: διαφέρει μόνον ως προς την συχνότητα. Η συχνότητα είναι ένα μέγεθος που χαρακτηρίζει κάθε είδους κύμα. Τα ηχητικά κύματα, τα κύματα της θάλασσας, αλλά και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Τηρουμένων των αναλογιών – ή των μεγάλων διαφορών - παρόμοια ισχύουν και με τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Ένα ελάχιστο μόνον μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος συλλαμβάνεται, ως ορατό φως, από τις ανθρώπινες αισθήσεις (εικ.1.8).



Εικόνα 1.8: Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα [10].

Τα υπέροχα χρώματα του κόσμου ίσως έτσι απομυθοποιούνται. Η φυσική τους όμως σημασία αποκτά νέες και ενδιαφέρουσες διαστάσεις. Η αποκάλυψη πως το φως είναι και αυτό ηλεκτρομαγνητικό κύμα σημαίνει ότι μια κόκκινη ακτίνα του συνιστά μια αλληλεξαρτώμενη μεταβολή του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου η οποία ταξιδεύει στον χώρο. Αυτή η κόκκινη ακτίνα έχει συχνότητα περίπου 5×10^{15} παλμών το δευτερόλεπτο, και με αυτήν την εκπληκτική συχνότητα θα έβλεπε ένας προικισμένος παρατηρητής να περνούν ενώπιον του οι κορυφές του κύματος. Αν ήταν ακόμα πιο προικισμένος, θα έβλεπε και το ηλεκτρικό, καθώς και το μαγνητικό πεδίο, που είναι μεταξύ τους κάθετα (εικ. 1.9), να μεταβάλλονται πάνω και κάτω με τον ίδιο ξέφρενο ρυθμό.



Εικόνα 1.9: Ηλεκτρομαγνητικό πεδίο [11].

Εννοείται ότι μια κόκκινη δέσμη φωτός, τα ραδιοφωνικά κύματα αλλά και οι λεγόμενες ακτίνες γ που εκπέμπουν οι ραδιενεργοί πυρήνες – όλα μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος - ταξιδεύουν πάντοτε με την ταχύτητα που ανακάλυψε έκπληκτος ο Maxwell: την σταθερή, δηλαδή, ταχύτητα του φωτός.

Όσον αφορά όμως τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, η έννοια του μήκους κύματος είναι δύσκολο να δοθεί κάπως παραστατικά. Είναι ήδη άχαρη η προσπάθεια κατανόησης του φασματικού ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, και πολύ περισσότερο, τούτο ισχύει για τα κύματα που συνεπάγεται η διάδοση του. Τα πράγματα όμως ευκολύνονται επειδή, ευτυχώς, το μήκος κύματος συνδέεται, με σχέση αντιστρόφως ανάλογη, με την συχνότητα.

$$\lambda = c \nu^{-1} \quad 1.1$$

Αν πολλαπλασιασθούν, πράγματι, τα δύο μεγέθη, προκύπτει πάντοτε η ταχύτητα διάδοσης του κύματος, δηλαδή η ταχύτητα του φωτός. Έτσι, ένα ηλεκτρικό φορτίο που πάλλεται, για παράδειγμα, μια φορά το δευτερόλεπτο, παράγει κύμα μήκους 300.000 km. Και αυτό, επειδή παράγεται μόνον ένα μήκος κύματος σε ένα δευτερόλεπτο. Συχνότητα δόνησης 10 Hz θα σχημάτιζε κύματα με μήκος 30.000 km, ενώ ακόμη μεγαλύτερη συχνότητα, ας πούμε 10.000 Hz, θα αντιστοιχούσε σε κύματα μήκους 30 km. **Κατά γενικό λοιπόν κανόνα, που είναι απλός και χρήσιμος, όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος τόσο μικρότερο το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Και όσο μικρότερο το μήκος κύματος τόσο μεγαλύτερη η ενέργεια – ο λόγος θα φανεί αργότερα - που μεταφέρει η ακτινοβολία.**

Οι ακτινοβολίες με μήκη κύματος κάτω από εκείνα του ορατού φωτός – με μεγαλύτερες, συνεπώς, συχνότητες - δεν είναι πολύ συνηθισμένες στην καθημερινή ζωή. Το ηλιακό φως, εκτός από το ορατό και υπέρυθρο μέρος του, περιέχει και ένα σεβαστό ποσοστό υπεριώδους ακτινοβολίας. Εκείνη είναι που προκαλεί, λόγω της μεγαλύτερης ενέργειας της, ηλιακά εγκαύματα στους απρόσεκτους, ή υστερία στους υπερβολικά προσεκτικούς που, ανάμεσα στις κρέμες, στις προφυλάξεις κάθε είδους και στην επιδέξια διαφήμιση, χάνουν την μεγάλη χαρά του ήλιου και της θάλασσας. Ακόμα όμως μεγαλύτερη ενέργεια διαθέτουν οι ακτίνες X. Οι ακτίνες X είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα με συχνότητες γύρω στους 10^{19} παλμούς το δευτερόλεπτο. Οι ακτίνες αυτές έχουν την ιδιότητα να διεισδύουν στο σώμα και να «φωτογραφίζουν» τα οστά ή κάποιες οργανικές βλάβες, γεγονός που αποδείχθηκε εξαιρετικά ευεργετικό στην διαγνωστική ιατρική. Ας σημειωθεί μάλιστα πως την τελευταία δεκαετία διαπιστώθηκε ότι ακτίνες X εκπέμπονται και από πολλά αστρικά σώματα. Έτσι ένα ολόκληρο, αόρατο μέχρι χθες, Σύμπαν έχει αποκαλυφθεί και χαρτογραφείται.

Τέλος, στο απώτερο άκρο του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος απαντούν οι ακτίνες γ. Προέρχονται, κυρίως, από ατομικούς πυρήνες που υφίστανται ραδιενεργό διάσπαση. Όπως η κίνηση ηλεκτρονίων σε μια κεραία – δηλαδή το ηλεκτρικό ρεύμα που την διαρρέει - παράγει και εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα, έτσι και η κίνηση πρωτονίων στον πυρήνα παράγει τις ακτίνες γ και εκείνες έχουν επίσης ηλεκτρομαγνητική φύση, αλλά πολύ μεγαλύτερη συχνότητα και ενέργεια.

Το ορατό λοιπόν φως έχει συγγένεια πρώτου βαθμού με πλήθος από ακτινοβολίες. Άλλες είναι τεχνητές, και άλλες παράγονται από την ίδια την φύση. «Με την ενόργανη επιστήμη», τονίζει ο E. Wilson, «η ανθρωπότητα ξέφυγε από τους περιορισμούς και επεξέτεινε με έξοχο τρόπο την κατανόηση της φυσικής πραγματικότητας. Κάποτε ήμασταν σχεδόν τυφλοί, τώρα μπορούμε να βλέπουμε –

κυριολεκτικά. Το ορατό φως, μάθαμε, δεν είναι η μόνο φωτεινή ενέργεια στο Σύμπαν, όπως απαιτούσε η προεπιστημονική κοινή λογική. Αντίθετα, αποτελεί απλώς ένα απειροελάχιστο τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, που ξεκινά από τις τρισεκατομμύρια φορές βραχύτερες ακτίνες γάμμα και φθάνει στα τρισεκατομμύρια φορές μακρύτερα ραδιοφωνικά κύματα. Η ακτινοβολία, κατά το μεγαλύτερό μέρος αυτού του φάσματος και σε εξαιρετικά κυμαινόμενες ποσότητες, πέφτει διαρκώς πάνω μας. Αλλά χωρίς τα κατάλληλα όργανα, αγνοούσαμε εντελώς την ύπαρξή της».

Η αλήθεια όμως είναι ότι μόνον το φως έχει την υπέρτατη χάρη να αναγνωρίζεται από το ανθρώπινο μάτι, να μεταφέρει στον εγκέφαλο και στην ψυχή μας τις θαυμαστές ή τις άσχημες εικόνες που μας περιβάλλουν. Ενώ λοιπόν το φως είναι ένα ελάχιστο μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, άλλη μορφή θα είχε, χωρίς εκείνο, ο κόσμος και η ανθρώπινη ύπαρξη.

1.6 ΤΟ ΕΚΠΛΗΚΤΙΚΟ ΘΑΥΜΑ ΤΗΣ ΟΡΑΣΕΩΣ

Μέσω του φωτός, ο άνθρωπος ανασχηματίζει τον κόσμο που τον περιβάλλει, διερευνά τις μορφές και τις κινήσεις του. Την σπουδαία αυτή λειτουργία επιτελεί η όραση, που, όπως μαθαίναμε στο σχολείο, είναι μια από τις βασικές μας αισθήσεις. «Ποία όμως θα ήτο η αξία του φωτός», σχολιάζει ο Ανδρέας Καπογιαννόπουλος, «εάν ο άνθρωπος δεν είχε προικισθεί με το αισθητήριο της οράσεως; Οι αστρονόμοι μας πληροφορούν ότι το νεφέλωμα της Ανδρομέδας απέχει της Γης δύο εκατομμύρια έτη φωτός. Και όμως, παρά την τεραστίαν απόστασιν, το θαυμαστόν αυτό όργανον που λέγεται οφθαλμός, είναι εις θέσιν, χωρίς διόπτρα, να διακρίνει το φως του νεφελώματος».

Τα έμβια όντα απέκτησαν και τελειοποίησαν την όραση κατά την μακράιωνη διαδικασία της εξελίξεως. **Την βάση της οράσεως αποτελεί όμως πάντοτε η ανίχνευση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, που φθάνουν στα «αρμόδια» αισθητήρια όργανα του κάθε οργανισμού.** Είναι λοιπόν αυτονόητο ότι η όραση εμφανίζει μεγάλη ποικιλία στην δομή όσο και στις δυνατότητες της. Η κορύφωσή της στον άνθρωπο συνιστά ωστόσο έναν περίτεχνο και αξιοθαύμαστο μηχανισμό. Γράφει ο Λεονάρντο ντα Βίντσι: «Ω μαγική όραση! Ποιο μυαλό θα μπορέσει να διεισδύσει σε τέτοια φύση; Ποια γλώσσα είναι ικανή να αποδώσει τέτοιο θαύμα; Χάρης στα μάτια, η ψυχή φαίνεται ευχαριστημένη στην φυλακή του σώματος, αφού χωρίς αυτά μια παρόμοια φυλακή θα ήταν βασανιστήριο. Ποιος θα πίστευε λοιπόν ότι ένας χώρος τόσο μικρός θα περιείχε όλες τις εικόνες του Σύμπαντος;». Αξίζει να σημειωθεί ότι ο

ίδιος ο Ντα Βίντσι, πρωτοπόρος στην τέχνη αλλά και στην επιστήμη, «είδε» τον κόσμο με φοβερή διεισδυτικότητα και έμπνευση.

Πώς λοιπόν βλέπουμε; Στο κείμενο αυτό ερώτημα καταγράφεται στην διαδρομή των αιώνων μια πληθώρα απαντήσεων, που υπήρξαν προσεγγίσεις μόνον της αλήθειας. Κυρίως μετά την επιστημονική επανάσταση, η δομή του ματιού και η διαδικασία της οράσεως έγιναν σοβαρό αντικείμενο μελέτης από επιστήμονες, γιατρούς και φιλοσόφους. Η πρόοδος στις νευροεπιστήμες αλλά και η ανάπτυξη της μικροηλεκτρονικής, που παρατηρείται τις τελευταίες δεκαετίες, «φώτισαν» - κυριολεκτικά και μεταφορικά - πολλά σημεία στην πολύπλοκη λειτουργία της οράσεως. Ας σημειωθεί μόνον, ότι η ανθρώπινη όραση καλείται να επιτελέσει αλλά και να συνδυάσει ξεχωριστές και δύσκολες λειτουργίες όπως την θέαση των μορφών, την εκτίμηση της αποστάσεως και των κινήσεων, την αντίληψη, τέλος, των χρωμάτων.

Ο βασικός μηχανισμός είναι επιφανειακά περιγράψιμος. Έτσι, για να δούμε ένα πουλί που πετάει, ο φακός του ματιού σχηματίζει ανεστραμμένο το είδωλό του πάνω σε μια φυσική οθόνη που λέγεται αμφιβληστροειδής χιτώνας. Εκεί υπάρχουν εκατομμύρια φωτοευαίσθητα κύτταρα, που αναλύουν την εικόνα στα διαφορετικά συστατικά της. Η κίνηση του πουλιού, το σχήμα και τα χρώματά του προσλαμβάνονται αρχικά ως φωτόνια και κωδικοούνται σε ασθενικά ηλεκτρικά σήματα, που κατευθύνονται μέσω οπτικών νεύρων προς τον φλοιό του εγκεφάλου. Η διαδικασία αυτή απαιτεί αναρίθμητους υπολογισμούς, που ξεπερνούν κατά πολύ τις δυνατότητες ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. Ο εγκέφαλος «μεταφράζει» αμέσως τα μηνύματα και δημιουργεί την αντίληψη του πουλιού – όρθιου, με τα πλούσια χρώματα και τις χαρακτηριστικές του λεπτομέρειες.

Με την όραση λοιπόν, τα οπτικά ερεθίσματα συντίθενται τελικά από τον εγκέφαλο σε εικόνες της ομορφιάς, του μυστηρίου ή της ασχήμιας του κόσμου μας. Η επιστήμη όμως μόνο εν μέρει μπορεί να συλλάβει την πολύπλοκη αυτή διαδικασία. Ο Άγγλος φιλόσοφος και μαθηματικός Alfred Whitehead συνοψίζει με ακραίο τρόπο τον ρόλο του εγκεφάλου: «Δεν υπάρχει στην πραγματικότητα φως ή χρώμα στον εξωτερικό κόσμο. Υπάρχει απλώς κίνηση της ύλης. Όταν το φως εισέρχεται στο μάτι και πέφτει στον αμφιβληστροειδή, υπάρχει κίνηση της ύλης. Στην συνέχεια, επηρεάζονται τα νεύρα και ο εγκέφαλος, αλλά και πάλι είναι απλώς κίνηση της ύλης. Έτσι τα αντικείμενα διακρίνονται από ιδιότητες οι οποίες στην πραγματικότητα δεν τους ανήκουν και που είναι βλαστοί του εγκεφάλου και μόνον.

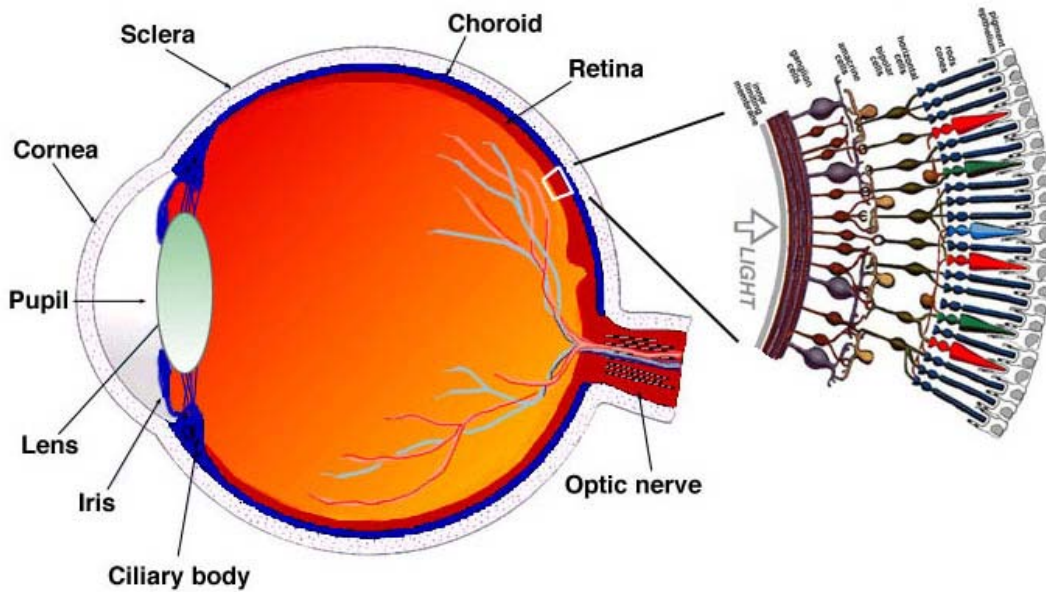
Λέγεται συχνά ότι ο βασικός μηχανισμός της οράσεως έχει πολλές αναλογίες με μια φωτογραφική μηχανή – ή, ακόμα καλύτερα, με μια σύγχρονη βιντεοκάμερα. Στην πραγματικότητα όμως, αναδεικνύεται πολύ υπέρτερος. Το ανθρώπινο μάτι ομοιάζει

πράγματι με βιντεοκάμερα, αφάνταστα όμως πιο εξελιγμένη. Ζυγίζει μόλις 7 γραμμάρια, έχει όγκο λίγα κυβικά εκατοστόμετρα – και, επί πλέον, δεν απαιτεί ρεύμα ή μπαταρίες για να λειτουργήσει. Έχει εν τούτοις ένα ευρύτατο πεδίο λήψεως, και δεν παραμορφώνει την εικόνα ούτε στο ελάχιστο, περιστρέφεται κατά βούληση και ακολουθεί χωρίς δυσκολία κινούμενα αντικείμενα, υπολογίζει τις αποστάσεις –χωρίς την χρήση υπερήχων - και αποδίδει άψογα τα χρώματα, ακόμα και σε δύσκολες συνθήκες φωτισμού, παρουσιάζει, τέλος, την ταχύτερη και ακριβέστερη αυτόματη εστίαση. Καμία λοιπόν βιντεοκάμερα, στο εγγύς ή στο απώτερο μέλλον, δεν μπορεί να συναγωνισθεί τις αρετές του ανθρώπινου ματιού. **Ας σημειωθεί ότι τα μάτια είναι, ανατομικώς, προέκταση του εγκεφάλου, και γι' αυτό βρίσκονται τοποθετημένα σε ένα από τα υψηλότερα σημεία του σώματος. Ουσιαστικά όμως, είναι ο καθρέφτης της ψυχής και προσφέρουν τόσες ζωτικές πληροφορίες όσο καμία άλλη αίσθηση (εικ. 1.10).**

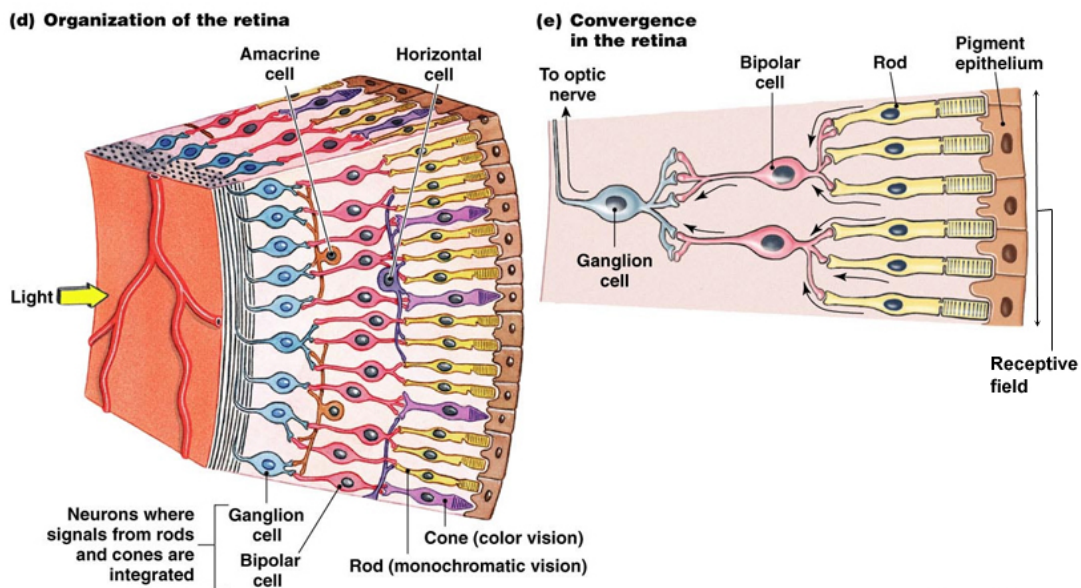


Εικόνα 1.10: Οφθαλμοί και εγκέφαλος [12].

Ο εκπληκτικός πάντως μηχανισμός που συνοπτικά αποκαλείται όραση έχει μερικές αναγνωρίσιμες συνιστώσες. Υπεύθυνος για την εστίαση είναι ο φακός του ματιού, που είναι ένα θαύμα μικρομηχανικής. Κρατιέται από έναν κυκλοτερή, ακτινωτό μυ με αναρίθμητα λεπτά ινίδια, που είναι λεπτότερα από μια τρίχα. Το είδωλο του αντικειμένου παράγεται από φωτόνια που ερεθίζουν τα φωτοευαίσθητα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς. Αυτοί οι «φωτοϋποδοχείς» καλύπτουν σαν μωσαϊκό το πίσω μέρος του αμφιβληστροειδούς, και διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τα κωνία και τα ραβδία. Η ονομασία οφείλεται στο σχήμα τους, υποδηλώνει όμως μια ουσιαστική διαφορά: **Τα μεν κωνία είναι υπεύθυνα για την έγχρωμη όραση, τα δε ραβδία διακρίνουν μόνον τις γκριζες αποχρώσεις (εικ.1.11, 1.12, 1.13).**



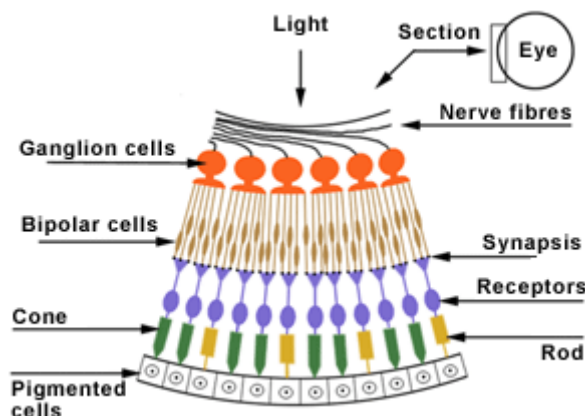
Εικ. 1.11 Ανατομία του ανθρώπινου οφθαλμού [13].



Εικ. 1.12: Ανατομία του αμφιβληστροειδούς του ανθρώπινου οφθαλμού [13].

Έτσι, στον αμφιβληστροειδή είναι σαν να λειτουργούν δύο φιλμ συγχρόνως. Το ένα, ασπρόμαυρο, έχει ως υποδοχείς του τα ραβδία, το άλλο, έγχρωμο, με υποδοχείς τα κωνία. Στο κάθε μάτι υπάρχουν «μόνον» έξι εκατομμύρια κωνία, συγκεντρωμένα γύρω από το κέντρο του αμφιβληστροειδούς. Διακρίνονται μάλιστα σε τρία είδη, που

το καθένα είναι εκλεκτικά ευαίσθητο σε ένα μόνο χρώμα: το κόκκινο, το πράσινο ή το κυανό. Οι συνδυασμοί αυτών των χρωμάτων προκαλούν την αίσθηση της έγχρωμης όρασης, ακριβώς όπως συμβαίνει με την έγχρωμη εικόνα της τηλεόρασης.



Εικ .1.13: Ανατομία του αμφιβληστροειδούς του ανθρώπινου οφθαλμού [14].

Πρόσφατα μάλιστα, αποκρυπτογραφήθηκαν τα «αρμόδια» για την δημιουργία του χρώματος γονίδια. Τυχόν βλάβη ή κληρονομική έλλειψη στα γονίδια αυτά οδηγεί στην αχρωματοψία. Ο κόσμος τότε φαίνεται μαυρόασπρος.

Ας σημειωθεί ότι η απλή παρατήρηση δεν αποκαλύπτει πάντοτε τον πλούσιο κόσμο των χρωμάτων. Έτσι, τα περισσότερα άστρα φαίνονται λευκά, αφού το φως που εκπέμπουν δεν είναι αρκετό για να διεγείρει τα κωνία. Σε φωτογραφίες άστρων με μεγάλο χρόνο έκθεσης διακρίνεται, εν τούτοις, το πραγματικό τους χρώμα, τα πιο ψυχρά άστρα είναι ερυθρά, ενώ τα θερμότερα κυανά και ιώδη. Είναι επίσης αλήθεια ότι τα κωνία των γυναικείων ματιών διεγείρονται ευκολότερα από εκείνα των ανδρών. Οι γυναίκες λοιπόν βλέπουν πιο χρωματιστά τα άστρα στον νυχτερινό ουρανό από ό,τι οι άνδρες. Είναι μια ακόμη υπεροχή του γυναικείου φύλου, μια ακόμη ψηφίδα στον ιδιαίτερο ψυχισμό τους.

Την μεγαλύτερη ευαισθησία δείχνει πάντως η όρασή μας στην γκριζόμαυρη περιοχή. Εκεί πρωταγωνιστούν τα ραβδία, που υπερβαίνουν τα 100 εκατομμύρια στο κάθε μάτι! Βρίσκονται στο περιφερικό τμήμα του αμφιβληστροειδούς και είναι, κατά κάποιον τρόπο, οι δέκτες για την σύλληψη της κίνησης. Στο φως του φεγγαριού, όπου για την όραση μεσολαβούν μόνον ραβδία, ο κόσμος έχει όψη άχρωμη και σκοτεινή. Ας σημειωθεί ότι τα πρωτεϊνικά μόρια, που συνιστούν τα ραβδία, είναι λυγισμένα στην μέση. Με το φωτεινό όμως ερέθισμα, ξετυλίγονται σε μια νέα δομή, που έχει στον χώρο την μορφή ευθείας.

Η αλλαγή αυτή σχήματος πυροδοτεί έναν μηχανισμό ηλεκτρικών παλμών και νευροδιαβιβαστών, που στέλνει ταχύτατα το οπτικό μήνυμα προς τα «αρμόδια» τμήματα του εγκεφάλου. Αξίζει, ωστόσο, να υπογραμμισθεί ότι ο μηχανισμός των ραβδίων έχει χιλιάδες φορές μεγαλύτερη διακριτική ικανότητα από την καλύτερη σύγχρονη φωτογραφική μηχανή. Το ανθρώπινο μάτι είναι, καμιά φορά, σε θέση να αντιληφθεί και ένα μόνον φωτόνιο.

Το σημαντικό είναι ότι η λεπτεπίλεπτη διαδικασία που έχει ως πρωτεργάτες τον φακό του ματιού και, στην συνέχεια, τον αμφιβληστροειδή, είναι μια απλή εισαγωγή, ένα πρελούδιο στην συμφωνία της οράσεως. Η συμφωνία, αυτήν καθ' εαυτήν, είναι έργο του εγκεφάλου. Με τα αρμόδια τμήματά του, τα κωνία και τα ραβδία συνδέονται μέσω ενός σύνθετου οπτικού νεύρου, που ομοιάζει με ένα είδος τηλεπικοινωνιακού καλωδίου με ένα εκατομμύριο σύρματα. Μετά από μερικά ενδιάμεσα βήματα, οι οπτικές πληροφορίες φθάνουν με την μορφή ασθενών ηλεκτρικών ρευμάτων στον οπτικό φλοιό. Είναι μια κρίσιμη περιοχή του εγκεφάλου, που έχει διαστάσεις όσο μία πιστωτική κάρτα. Εκεί γίνεται η επεξεργασία των ηλεκτρικών σημάτων και συντίθεται η τελική «εικόνα». Η ολοκλήρωση αυτή αποτελεί, ασφαλώς, μια εξαιρετικά πολύπλοκη διεργασία. Ας σημειωθεί, μόνον, ότι ορισμένες περιοχές του οπτικού φλοιού παίζουν τον ρόλο τηλεπικοινωνιακού κέντρου, που κατανέμει τα μηνύματα αναλόγως. Σε μερικές περιοχές του φλοιού αναγνωρίζεται η κίνηση, ορισμένες επεξεργάζονται το χρώμα, άλλες πάλι το βάθος της εικόνας ή τα συστατικά της μορφής. Η ταυτοποίηση, τέλος, του αντικειμένου και η τοποθέτησή του στον χώρο απαιτεί την συνεργασία διαφόρων περιοχών του εγκεφάλου. Φαίνεται πάντως ότι η ανασύνθεση του ηλεκτρικού σήματος σε εικόνα και η αναγνώρισή της –αν, για παράδειγμα, είναι ένα κεφάλι ή ένα κλαδί - γίνονται ταυτόχρονα. Ταυτόχρονη ωστόσο είναι και η αντίληψη του συνόλου, αν, δηλαδή, πρόκειται για κάποιον άνθρωπο ή για ένα δένδρο.

Είναι χρήσιμο πάντως να υπογραμμισθεί και πάλι ότι η όραση ως σύνολο υπερβαίνει το άθροισμα των επιμέρους διεργασιών, που και αυτές δεν είναι πάντοτε κατανοητές. Μοιάζει πράγματι με μια υπέροχη συμφωνία, μόνον που η παρτιτούρα της έχει πολλές δυσδιάκριτες φράσεις, και το αισθητικό αποτέλεσμα είναι σχεδόν αδύνατον να ερμηνευθεί ή και να διατυπωθεί με εύληπτους όρους.

Αξίζει ωστόσο να τονισθεί ότι η εκπληκτική τελειότητα που χαρακτηρίζει την ανθρώπινη όραση – αλλά και την όραση άλλων έμβιων όντων - έχει έναν σοβαρό περιορισμό: από το εκτεταμένο φάσμα της φωτεινής ακτινοβολίας διακρίνει μόνον μια λεπτή λωρίδα. Πράγματι: Η ορατή στον άνθρωπο περιοχή του φάσματος περιορίζεται σε μήκη κύματος από 380 έως 780 nm (εικ. 1.8).

Όλα τα ζώα δεν βλέπουν το ίδιο ορατό – για τον άνθρωπο - μέρος του φάσματος:

- οι μέλισσες δεν βλέπουν το κόκκινο χρώμα, βλέπουν όμως το υπεριώδες.
- τα ημερόβια πουλιά βλέπουν περισσότερο το κόκκινο και αυτό τα προσελκύει.
- τα ασπόνδυλα «βλέπουν» όλα τις υπεριώδεις.
- διάφορα υδρόβια ζώα «βλέπουν» στα βραχέα κύματα – βλέπουν δηλαδή τις εκπομπές της τηλεόρασης και του ραδιοφώνου.
- η πεταλίδα αναγνωρίζει μόνο το φως ή το σκοτάδι.
- κι η αχιβάδα αντιδρά στο φως λιγότερο από όλα τα όντα.

Γι αυτό καθένα από αυτά αντιλαμβάνεται διαφορετικά τον κόσμο.

Ολόκληρο όμως το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα αρχίζει από τις ακτίνες γ , που έχουν μήκος κύματος τρισεκατομμυριοστά του μέτρου, και φθάνει ως τα κύματα του ραδιοφώνου και της τηλεόρασης, που έχουν μήκος κύματος πολλές χιλιάδες μέτρα.

Μια μικρή σχισμή είναι λοιπόν όλο κι όλο το παράθυρό μας προς τον κόσμο. Από την μικρή, ωστόσο, αυτή σχισμή ο άνθρωπος βλέπει τα πρόσωπα και τα πράγματα της ζωής, χαίρεται τα χρώματα των λουλουδιών ή ενός ζωγραφικού πίνακα, κι ακόμα θαυμάζει τον έναστρο ουρανό και την απεραντοσύνη του.

Μετά από την παραπάνω εισαγωγή θα προσπαθήσουμε να αναπτύξουμε την επίδραση του φωτισμού, φυσικού ή τεχνητού, στον άνθρωπο. Συγκεκριμένα θα προσπαθήσουμε να αναπτύξουμε την επίδραση των ακτινοβολιών UV, ορατή περιοχή και την IR, οι οποίες συνήθως υπάρχουν στο φάσμα της ακτινοβολίας που απλά ονομάζουμε φως, στην πολυσύνθετη Θεϊκή κατασκευή, τον άνθρωπο.

2

**<< Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και οι επιδράσεις
της στον άνθρωπο >>**

2.1 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ

Είναι αλήθεια ότι ζούμε σε ένα περιβάλλον, το οποίο, πέραν της φυσικής ακτινοβολίας, «βομβαρδίζεται» συνεχώς και αοράτως από ακτινοβολίες που παράγουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Καθημερινά υποβαλλόμαστε, άθελά μας, σε φυσικές ακτινοβολίες, που προέρχονται από πηγές όπως ο ήλιος, και η κοσμική ακτινοβολία. Η μη αποτρέψιμη αυτή κατάσταση είναι ένα γεγονός, το οποίο, όμως, έχει αφομοιωθεί από το οικοσύστημα της γης, με τις θετικές (ανάπτυξη φυτών, φωτοσύνθεση, κ.λ.π.) και τις αρνητικές (γήρανση, κ.λ.π.) επιπτώσεις του. Αν όμως σε αυτές τις συνθήκες που έχουμε μάθει να ζούμε, προσθέσουμε την ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση που προέρχεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα θα τεθούμε αντιμέτωποι με ένα σημαντικό παράγοντα ανησυχίας. **Οι απειλές για την υγεία από την ηλεκτρομαγνητική μόλυνση που έχει προκαλέσει τα τελευταία χρόνια ο άνθρωπος είναι ολοένα και περισσότερες.** Ερχόμαστε λοιπόν στην κατάσταση, που πρέπει να ζυγίσουμε τα οφέλη από τη χρήση της τεχνολογίας που παράγει ακτινοβολία (ραδιοφωνία, τηλεόραση, ηλεκτρικά δίκτυα και συσκευές, κινητή τηλεφωνία, ραντάρ, κ.λ.π.) με τους κινδύνους που είναι δυνατόν να προκαλέσουν (θερμικές επιδράσεις στους ιστούς, αλλοιώσεις DNA, καρκινοπάθειες).

Δυστυχώς, δεν υπάρχει συμφωνία μεταξύ των μελετητικών οργανισμών και των κρατών για τα «όρια επικινδυνότητας» της έκθεσης στην ακτινοβολία. Επιπλέον, αυτό που ανησυχεί ακόμη περισσότερο τον καθένα μας είναι ότι δεν γίνεται αναφορά σε «όρια ασφαλείας», αλλά σε «όρια επικινδυνότητας». Το τελευταίο αυτό χαρακτηριστικό, αποδίδει το ρόλο του μπουμερανγκ στις επιδράσεις της καθημερινής χρήσης των νέων τεχνολογιών στη ζωή του ανθρώπου. **Από τη μία πλευρά συμβάλλουν στη διευκόλυνση και την άνοδο του βιοτικού επιπέδου, αλλά από την άλλη, δημιουργούν μια συνεχώς αυξανόμενη ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση στο περιβάλλον, που είναι ύπουλη, αόρατη και χωρίς άμεσα αποτελέσματα και ενδείξεις κινδύνων, ώστε να αντιδράσουμε και να προστατευθούμε.** Η ευκολία της τεχνολογίας σε όλους τους τομείς της ζωής μας (από τις συσκευές τεχνητού μαυρίσματος και την αλόγιστη χρήση κινητών τηλεφώνων μέχρι την ανάπτυξη οικισμών σε ακατάλληλες, λόγω πυλώνων, περιοχές) αποδεικνύει την αφέλεια και το στρουθοκαμηλισμό στον οποίο καταφεύγουμε προκειμένου να μην απαρνηθούμε τις νέες ανέσεις που τόσο απλόχερα προσφέρει και συχνά επιβάλλει ο σύγχρονος τρόπος ζωής. **Είμαστε ασφαλείς ή μήπως απλά δε θέλουμε να παραδεχτούμε ότι κινδυνεύουμε;** Πέρα από το γενικό πληθυσμό, που δέχεται το σύνολο από κάθε είδους φυσικής η τεχνητής ακτινοβολίας, πρέπει επίσης να εξετάσουμε και τις συνθήκες των

εργαζομένων σε περιβάλλοντα ιδιαίτερα επιβαρυνμένα από τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

2.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΚΥΜΑ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αποτελείται από αόρατα, στην πλειονότητά τους, κύματα. Μόνο ένα μικρό μέρος της ακτινοβολίας μπορεί να εντοπισθεί από το ανθρώπινο μάτι και αποτελεί το ορατό φως. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ταξιδεύουν με την ταχύτητα του φωτός, μεταφέροντας ενέργεια και πληροφορίες.

Τα **ηλεκτρομαγνητικά πεδία** (ΗΜΠ), υπάρχουν παντού στο περιβάλλον μας. Μπορεί να είναι φυσικής προέλευσης ή μπορεί να έχουν δημιουργηθεί από τον άνθρωπο. Για παράδειγμα, το ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί ΗΜΠ. Τα ΗΜΠ μπορεί να είναι υψηλής ή χαμηλής έντασης, συνεχούς ή μικρής διάρκειας. **Σε βιολογικό επίπεδο, προκαλούν ιονισμό και αύξηση της θερμότητας.**

Τα **ηλεκτρικά πεδία** δημιουργούνται λόγω διαφοράς ηλεκτρικής τάσης. Όσο πιο μεγάλη είναι η διαφορά, τόσο πιο δυνατό θα είναι το ηλεκτρικό πεδίο που προκύπτει. Η μονάδα μέτρησης των ηλεκτρικών πεδίων είναι το (V/m).

Τα **μαγνητικά πεδία δημιουργούνται όταν υπάρχει ροή ηλεκτρικού ρεύματος.** Όσο πιο υψηλή είναι η ένταση του ρεύματος τόσο πιο δυνατό θα είναι το μαγνητικό πεδίο. Όταν διακοπεί το ηλεκτρικό ρεύμα, το μαγνητικό πεδίο μηδενίζεται. Μια συσκευή, όπως για παράδειγμα ο στεγνωτήρας μαλλιών, παράγει μαγνητικό πεδίο μόνο όταν το ηλεκτρικό ρεύμα τη θέτει σε λειτουργία. Η διακοπή του ρεύματος, εξαφανίζει άμεσα το μαγνητικό πεδίο. Η μονάδα μέτρησης των μαγνητικών πεδίων είναι το (A/m). Συνήθως για τη μέτρηση των μαγνητικών πεδίων χρησιμοποιείται μια σχετική μέτρηση, η πυκνότητα ροής microtesla (μT). **Τα μαγνητικά πεδία διαπερνούν τα περισσότερα φυσικά εμπόδια όπως οι τοίχοι, ενώ τα ηλεκτρικά πεδία σταματούν μπροστά σε τοίχους ή άλλα φυσικά εμπόδια.** Τα μαγνητικά πεδία μειώνονται πολύ σημαντικά όταν αυξάνεται η απόσταση από την πηγή εκπομπής τους.

2.3 ΠΗΓΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ

Οι άνθρωποι υποβάλλονται καθημερινά σε σωρεία ΗΜΠ από εξωγενείς παράγοντες. Το μαγνητικό πεδίο της γης είναι εκείνο που κάνει το δείκτη της πυξίδας να κατευθύνεται στο βορρά. Οι κεραυνοί δημιουργούν ΗΜΠ. Στο ανθρώπινο σώμα

υπάρχουν ενδογενώς, φυσικά ΗΜΠ τα οποία μεταφέρουν μηνύματα στο νευρικό σύστημα. Η λειτουργία της καρδιάς στηρίζεται στη μεταφορά ηλεκτρικών μηνυμάτων και κάθε φορά που υπάρχει μεταφορά ηλεκτρικού φορτίου, συνεπάγεται δημιουργία ΗΜΠ.

Τα ΗΜΠ δημιουργούνται μεταξύ άλλων από τα ακόλουθα:

- Ηλεκτροφόρα καλώδια ψηλής τάσης.
- Ηλεκτροφόρα καλώδια στις γειτονιές.
- Συστήματα γείωσης που προστατεύουν από κεραυνούς ή από ελαττωματικές οικιακές συσκευές.
- Οικιακές συσκευές όπως φούρνοι μικροκυμάτων, στεγνωτήρες μαλλιών, ηλεκτρικοί φούρνοι, ηλεκτρική θέρμανση.
- Οθόνες ηλεκτρονικών υπολογιστών, ηλεκτρικές κουβέρτες, ηλεκτρικά ρολόγια.
- Κινητά τηλέφωνα, κεραιές σταθμών βάσης, ραντάρ, ραδιοφωνικοί και τηλεοπτικοί σταθμοί.
- Φυσικές πηγές.
- Ακτίνες Χ.
- Φως του ήλιου.
- Ακτίνες γάμμα.
- Ραδιενέργεια.

2.4 ΕΙΔΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ

Υπάρχουν πολλών ειδών ΗΜΠ και οι διαφορές μεταξύ τους είναι πολύ σημαντικές. Τα χαρακτηριστικά τους εξαρτώνται από το είδος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που τα δημιουργούν. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη διαφοροποίηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι:

1. **Το μήκος κύματος.**
2. **Η συχνότητα.**
3. **Η ενέργεια που μεταφέρεται.**

Το μήκος κύματος είναι αλληλένδετο με τη συχνότητα. Όσο πιο μικρό είναι το μήκος κύματος, τόσο πιο ψηλή είναι η συχνότητα. Ένα ακόμη σημαντικό χαρακτηριστικό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που σχετίζεται με το μήκος κύματος και τη συχνότητα, είναι η ενέργεια που μεταφέρεται. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μεταφέρονται από σωματίδια που ονομάζονται κβάντα. **Στην υψηλή συχνότητα (και άρα στα μικρά μήκη κύματος) η κβαντική ενέργεια είναι πολύ**

μεγάλη. Όταν η μεταφερόμενη ενέργεια είναι μεγάλη, τότε σπάζουν οι δεσμοί μεταξύ των μορίων. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο και έχει ως αποτέλεσμα αλλοιώσεις του γενετικού κώδικα του DNA και κατά συνέπεια, την πρόκληση καρκίνου και άλλων σοβαρών ασθενειών. Ευτυχώς δεν είναι όλα τα είδη ΗΜΠ που μπορούν να προκαλέσουν αλλοιώσεις στο DNA. Μόνο αυτά που χαρακτηρίζονται από υψηλή συχνότητα, μικρό μήκος κύματος και υψηλή ενέργεια μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στο DNA. Η ακτινοβολία που έχει αυτή τη δυνατότητα ονομάζεται **ιονίζουσα ακτινοβολία**. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στην οποία υποβαλλόμαστε συνήθως, στην καθημερινότητά μας, είναι η **μη ιονίζουσα ακτινοβολία** και δεν ενέχει τέτοιους κινδύνους. Η **μοναδική εξαίρεση στην καθημερινή ακτινοβολία που δεχόμαστε, είναι η ιονίζουσα ακτινοβολία που προκαλείται από τις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου**. Η έκθεση στο ηλιακό φως και κατά συνέπεια στις υπεριώδεις ακτίνες, είναι αιτία δημιουργίας καρκίνου του δέρματος (μελανώματος, ακανθοκυτταρικού και βασεοκυτταρικού καρκινώματος) και άλλων αλλοιώσεων και ρυτίδων. Τα **διάφορα είδη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και τα πεδία που προκύπτουν από αυτήν, έχουν διαφορετικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό**.

2.4.1. ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η **ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι αυτή που έχει συχνότητα υψηλότερη από το ορατό φως. Είναι μικρότερου μήκους κύματος και μεταφέρει πολύ υψηλή ενέργεια**. Η ιονίζουσα ακτινοβολία περιλαμβάνει τις υπεριώδεις ηλιακές ακτίνες, την κοσμική ακτινοβολία, τις ακτίνες X και γάμμα (ραδιενέργεια). Η ακτινοβολία αυτή είναι **επικίνδυνη διότι μπορεί να προκαλέσει ιονισμό**. Ο ιονισμός είναι η απόσπαση ηλεκτρονίων από τα άτομα. Το φαινόμενο αυτό είναι επικίνδυνο διότι διασπά τους δεσμούς του DNA και είναι αιτία βλαβών που προκαλούν καρκίνο και άλλες ασθένειες.

2.4.2 ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

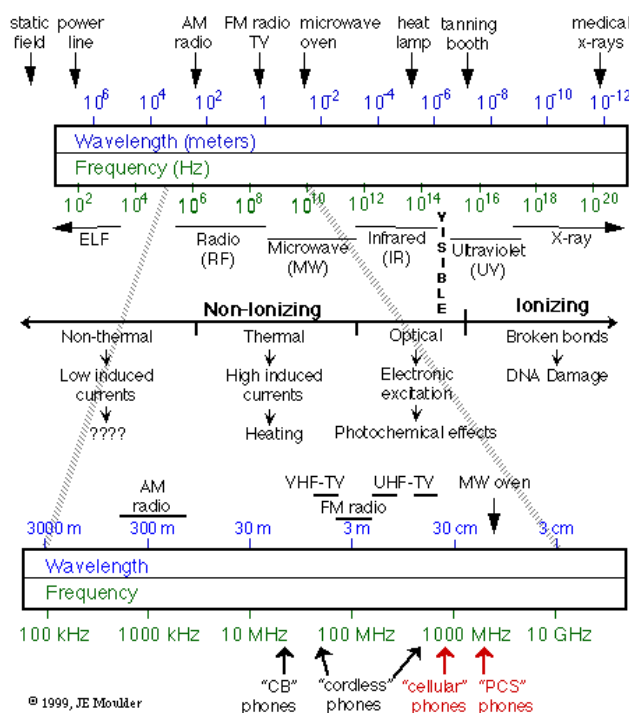
Η **μη ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι αυτή που έχει χαμηλή συχνότητα και μεγάλο μήκος κύματος**. Η ενέργεια που μεταφέρουν τα κβάντα των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων μεγάλου μήκους κύματος και χαμηλής συχνότητας, δεν είναι αρκετή για να προκαλέσει ιονισμό. Δεν μπορεί να σπάσει τους χημικούς δεσμούς στα μόρια των κυττάρων. Οι πηγές των ΗΜΠ που έχει κατασκευάσει ο άνθρωπος, στα οποία υποβαλλόμαστε καθημερινά

(ραδιοκύματα, μικροκύματα, ηλεκτρισμός), είναι μεγάλου μήκους κύματος και χαμηλής συχνότητας. Δεν μπορούν να προκαλέσουν ιονισμό διότι η ενέργεια που μεταφέρουν τα κβάντα τους είναι μικρή.

Τα ΗΜΠ που παράγονται από τα καλώδια ηλεκτρικού ρεύματος και τις ηλεκτρικές συσκευές στο σπίτι, είναι εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας που φτάνουν μέχρι 300 Hz. Οι ραδιοσυχνότητες βρίσκονται μεταξύ 10 MHz και 300 GHz.

Η κυριότερη επίδραση των ραδιοκυμάτων (κινητά τηλέφωνα, κεραιές σταθμών βάσης, ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές, μικροκύματα) στον ανθρώπινο οργανισμό είναι η αύξηση της θερμότητας στους ιστούς. Για να επέλθει όμως το φαινόμενο αυτό, χρειάζεται μια πολύ ισχυρότερη έκθεση από τη συνηθισμένη. Στις ραδιοσυχνότητες, επειδή τα μαγνητικά και ηλεκτρικά πεδία σχετίζονται πολύ στενά, η μονάδα μέτρησή τους είναι η πυκνότητα ισχύος (W/m^2). Τα μικροκύματα μεταφέρουν πιο υψηλές ενέργειες. Όταν διαπερνούν κάτι που περιέχει νερό, προκαλούν δονήσεις των μορίων του νερού και έτσι παράγουν θερμότητα. Είναι αυτή η θερμαντική ιδιότητα των μικροκυμάτων που χρησιμοποιείται στους φούρνους μικροκυμάτων για το ζέσταμα ή το ψήσιμο των φαγητών.

Στο σχήμα 2.1 δίδεται ένα διάγραμμα με τις περιοχές του φάσματος, όπου απεικονίζονται τα διαστήματα των συχνοτήτων της μη ιονίζουσας (ραδιοσυχνότητες, μικροκύματα,...) και της ιονίζουσας (UV ακτινοβολία, ακτίνες X, ...) ακτινοβολίας.



Σχήμα 2.1: Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα [15].

2.5 ΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η αυξανόμενη ανησυχία για τις πιθανές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία προέρχεται κυρίως από επιδημιολογικές μελέτες εκτεθειμένων πληθυσμών αλλά επίσης και από τα αποτελέσματα μελετών σε ζώα και σε καλλιέργειες κυττάρων ή ιστών εκτεθειμένων σε διάφορα επίπεδα ακτινοβολίας. Η απειλή του καρκίνου από μόνη της αποτελεί σημαντικό λόγο αναστάτωσης. Ωστόσο, η ανησυχία αναμφίβολα αυξάνεται εξαιτίας της προφανούς έλλειψης συμφωνίας ανάμεσα στους επιστήμονες όσον αφορά τη σπουδαιότητα αυτών των επιδράσεων, αλλά και λόγω της παραπληροφόρησης πολλές φορές από τα μέσα ενημέρωσης που εντείνουν αδικαιολόγητα την κινδυνολογία γύρω από τα θέματα που έχουν να κάνουν με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που προσλαμβάνει ο οργανισμός μας καθημερινά. Γεννάται εύλογα λοιπόν το ερώτημα αν όντως απειλούμαστε από την πρόσληψη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Το σίγουρο είναι ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση ένα ναι ή ένα όχι σίγουρα δε θα ήταν η ενδεδειγμένη απάντηση. **Με μια πιο ψύχραιμη θεώρηση του ζητήματος θα γίνει αντιληπτό ότι η φύση της αλληλεπίδρασης μιας ηλεκτρομαγνητικής πηγής με το βιολογικό υλικό εξαρτάται από τη συχνότητα της πηγής (2.4) (πίνακας 2.1).** Άρα, δεν μπορούμε να θεωρήσουμε ως ενιαία τη συμπεριφορά όλων των ειδών των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, σε σχέση με τις βιολογικές τους επιδράσεις. Συνεπώς οφείλουμε να μελετήσουμε ξεχωριστά τα διάφορα είδη ηλεκτρομαγνητικών πηγών και τις συνέπειές τους.

2.5.1 ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΜΕ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΙΣΤΟΥΣ

Οι ακτίνες Χ, οι υπεριώδεις ακτίνες (UV), το ορατό φως, τα πεδία ραδιοσυχνότητων, τα μαγνητικά πεδία που προέρχονται από συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας και τα στατικά μαγνητικά πεδία είναι όλα πηγές ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Όλες αυτές οι διαφορετικές ηλεκτρομαγνητικές πηγές χαρακτηρίζονται από ξεχωριστή συχνότητα και μήκος κύματος. Η συχνότητα μιας ηλεκτρομαγνητικής πηγής είναι ο ρυθμός με τον οποίο το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο αλλάζει κατεύθυνση και/ή πλάτος. Τα μαγνητικά πεδία που προέρχονται από συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας έχουν συχνότητες που κυμαίνονται μεταξύ 50 και 60 Hz και μήκος κύματος γύρω στα 5000 m. Τα στατικά πεδία, ή τα πεδία συνεχούς ρεύματος μένουν σταθερά στο χρόνο και θα μπορούσαμε να πούμε ότι έχουν μηδενική συχνότητα και άπειρο

μήκος κύματος. Συνήθως κάνουμε λόγο για ηλεκτρομαγνητικό φάσμα σαν να έχουμε παραγωγή κυμάτων ενέργειας, αλλά αυτό δεν είναι αυστηρά σωστό, διότι πολλές φορές η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια δρα όπως τα άτομα (κβάντα) παρά ως κύμα. Αυτό ισχύει κυρίως στις υψηλές συχνότητες. Αυτή η ατομική μορφή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας είναι πολύ σημαντική, διότι η ενέργεια ανά άτομο (ή φωτόνιο όπως καλούνται αυτά τα άτομα) είναι αυτή που καθορίζει τις βιολογικές επιδράσεις που θα έχει η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια.

Μήκος κύματος [nm] λ	Περιοχή ακτινοβολίας	Επηρεαζόμενο όργανο	Κίνδυνος
180 έως 400	UV	οφθαλμός	φωτοχημική βλάβη και θερμική βλάβη
180 έως 400	UV	δέρμα	ερύθημα
400 έως 700	Ορατή ακτινοβολία	οφθαλμός	βλάβη του αμφιβληστροειδούς
400 έως 600	Ορατή ακτινοβολία	οφθαλμός	φωτοχημική βλάβη
400 έως 700	Ορατή ακτινοβολία	δέρμα	θερμική βλάβη
700 έως 1400	IRA	οφθαλμός	θερμική βλάβη
700 έως 1400	IRA	δέρμα	θερμική βλάβη
1400 έως 2 600	IRB	οφθαλμός	θερμική βλάβη
2 600 έως 106	IRC	οφθαλμός	θερμική βλάβη
1400 έως 106	IRB, IRC	οφθαλμός	θερμική βλάβη
1400 έως 106	IRB, IRC	δέρμα	θερμική βλάβη

Πίνακας 2.1: Κίνδυνοι από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία [26].

2.5.1.1 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ

Τα στατικά (ή αμετάβλητα στο χρόνο) μαγνητικά πεδία δεν παράγουν ακτινοβολία, αλλά ασκούν μια μικρή δύναμη στα μόρια και στα κινούμενα φορτισμένα άτομα όπως είναι τα ιόντα. Επίσης, επιφέρουν ηλεκτρικό φορτίο στην επιφάνεια αγωγίμων σωμάτων όπως στα ζώα ή στους ανθρώπους.

Τα χρονομεταβλητά ηλεκτρικά πεδία επάγουν ηλεκτρικά δυναμικά μέσα στον ιστό που καταλήγουν σε ροή ηλεκτρικού ρεύματος. Για συχνότητες μικρότερες των 300 Hz, η ηλεκτρική αντίσταση των μεμβρανών του κυττάρου είναι μεγάλη. Η ροή του ρεύματος, κυρίως μέσω του επιπλέον κυτταρικού υγρού του ιστού, επιφέρει αλλαγές στο ηλεκτρικό δυναμικό κατά μήκος των μεμβρανών του κυττάρου και επηρεάζει τον ηλεκτρικά διεγερσιμο ιστό.

Καθώς η συχνότητα αυξάνει πάνω από 100 kHz, οι μεμβράνες του κυττάρου γίνονται πιο αγώγιμες λόγω της χωρητικότητάς τους. Η ηλεκτρική διέγερση δίνει τη θέση της στη θέρμανση ως τον κυρίαρχο μηχανισμό της αλληλεπίδρασης. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα αυξάνει ξανά πάνω από τα 100 MHz όπου οι συνεισφορές από τις διαδικασίες χαλάρωσης (που περιγράφουν τις απώλειες ενέργειας που σχετίζονται με τις διηλεκτρικές ιδιότητες του ιστού), ιδιαίτερα από τη χαλάρωση των μορίων του νερού και των μικρών πολικών μορίων και πρωτεϊνικών αλυσίδων, γίνονται σπουδαίες σε σχέση με την αγωγιμότητα των ιόντων. Για ιστούς με υψηλή περιεκτικότητα νερού, η αυξανόμενη ηλεκτρική αγωγιμότητα από αυτές τις διαδικασίες γίνεται συγκρίσιμη με την ιονική αγωγιμότητα στα 3 – 5 GHz.

Συμπερασματικά λοιπόν, μπορούμε να πούμε ότι αυτοί οι μηχανισμοί της αλληλεπίδρασης καταλήγουν στην επιφανειακή φόρτιση και στην ηλεκτρική διέγερση σε χαμηλές συχνότητες και στη θέρμανση σε υψηλές συχνότητες. Οι βιολογικά σημαντικές αντιδράσεις σε αυτές τις αλληλεπιδράσεις έχουν κατώφλια, δηλαδή επίπεδα έκθεσης κάτω από τα οποία η αντίδραση δεν συμβαίνει. Στους περισσότερους εργασιακούς χώρους, οι εκθέσεις στην ακτινοβολία είναι σε επίπεδα κάτω από αυτά τα κατώφλια. Υπάρχουν, εν τούτοις, αυξανόμενες ενδείξεις που περιγράφουν βιολογικές αντιδράσεις σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα ακτινοβολίας.

2.5.2 ΥΨΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ

Στις υψηλές συχνότητες, που χαρακτηρίζουν τις σκληρές υπεριώδεις ακτινοβολίες και τις ακτίνες X και γάμμα (ραδιενέργεια), τα φωτόνια έχουν αρκετή ενέργεια για να σπάσουν χημικούς δεσμούς (ιονισμός).

2.5.2.1 ΥΠΕΡΙΩΔΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (UV)

Η Υπεριώδης ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία εκτείνεται από τα 40 nm έως περίπου τα 380 nm. **Ανάλογα με τις βιολογικές επιπτώσεις που προκαλεί στον**

ανθρώπινο οργανισμό έχει διαιρεθεί σε τρεις επί μέρους περιοχές: την υπεριώδη Α (UVA), την υπεριώδη Β (UVB) και την υπεριώδη C (UVC).

- Η **UVC** εκτείνεται από τα 40 nm έως τα 280 nm και είναι εξαιρετικά επικίνδυνη.
- Η **UVB** εκτείνεται από τα 280 μέχρι τα 315 nm. Είναι ουσιαστικά ο λόγος που προκαλείται το μαύρισμα από τον ήλιο αλλά και σοβαρές βλάβες στο δέρμα.
- Η **UVA** εκτείνεται από τα 315 μέχρι τα 380 nm και μπορεί να είναι επικίνδυνη σε μεγάλες δόσεις.

Παρά την μικρή της ένταση, ή υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα στον άνθρωπο, ειδικά όταν αυτός εκτίθεται παρατεταμένα σε αυτή. Γενικά, όσο μικρότερο είναι το μήκος κύματος, τόσο μεγαλύτεροι οι κίνδυνοι από την έκθεση σε ακτινοβολία UV. Για τους περισσότερους, η κύρια πηγή έκθεσης σε ακτινοβολία UV είναι ο ήλιος. Άλλες πηγές, επίσης αποτελούν οι θάλαμοι μαυρίσματος και τα black lights.

Οι υπεριώδεις περιλαμβάνονται στο φως του Ηλιου. Λίγες φτάνουν στη Γη, αλλά είναι απαραίτητες για τη ζωή του ανθρώπου. Στα μεγάλα ύψη η υπεριώδης ακτινοβολία είναι αυξημένη και προσβάλλει το δέρμα και τα μάτια, ιδιαίτερα όταν έχει χιόνι. Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι χημικά δραστική, σε μεγαλύτερο βαθμό από το ορατό φως, μερική απορροφάται από τον κερατοειδή χιτώνα, αλλά η αυξημένη μπορεί να δημιουργήσει βλάβες. Μια άλλη περίπτωση είναι το μαύρισμα από την υπεριώδη ακτινοβολία. Ο αλπινιστής αλείφει τα μέρη του σώματος του που είναι γυμνά με ειδική αλοιφή, που απορροφά ή αντανακλά την υπεριώδη ακτινοβολία για να μην καεί, όπως γίνεται και το καλοκαίρι με την ηλιοθεραπεία. Τα ξανθά άτομα είναι πιο επιρρεπή στην υπεριώδη ακτινοβολία γιατί δεν έχουν πολύ μελανίνη.

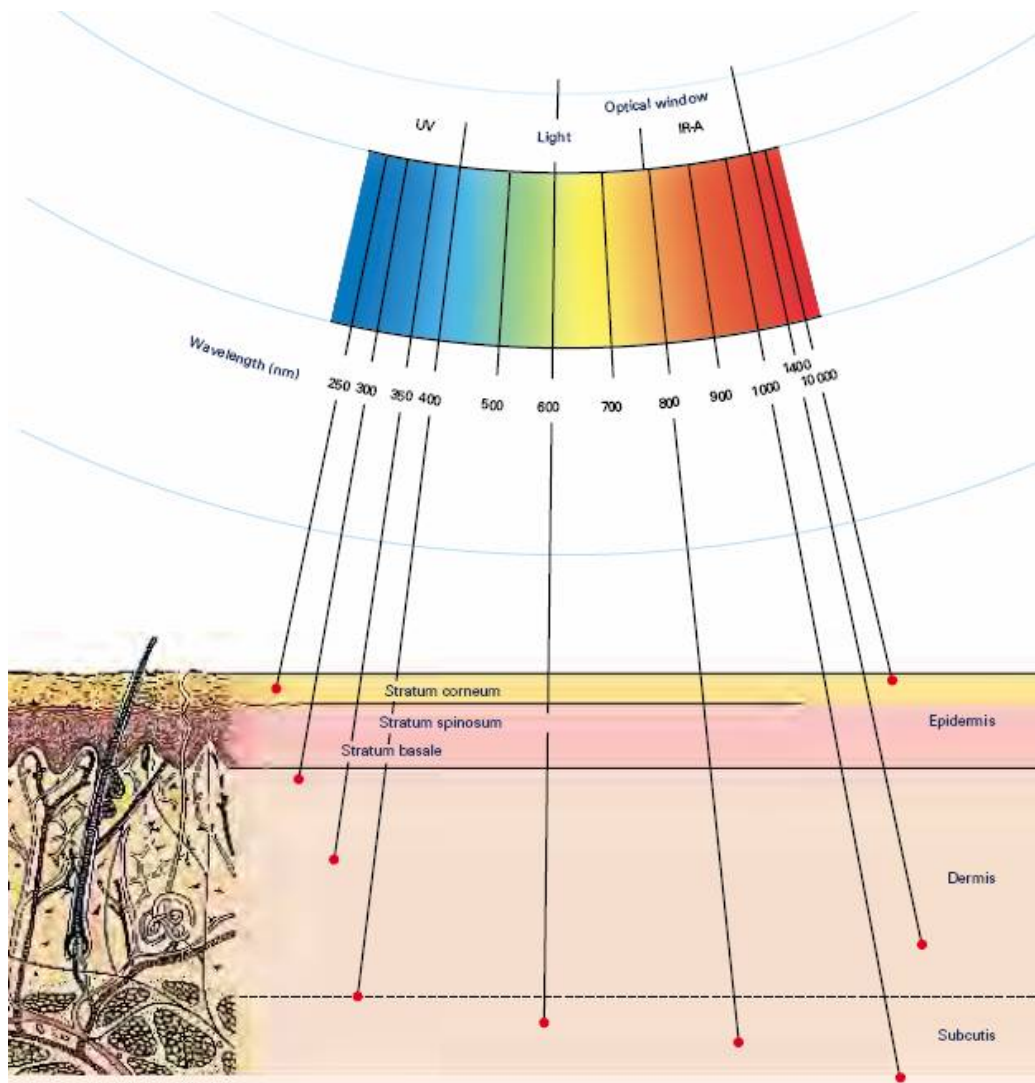
Η ένταση των υπεριωδών ακτίνων διαφέρει από τόπο σε τόπο, από εποχή σε εποχή, κατά γεωγραφικό πλάτος, ανάλογα με το ύψος ενός τόπου από τη θάλασσα κλπ. Τα τζάμια απορροφούν τελείως τις υπεριώδεις ακτίνες. Έτσι στο σπίτι, που δεν μπαίνει ο

Ηλιος, δεν απολυμαίνεται (οι υπεριώδεις σκοτώνουν τα μικρόβια). Οι πέρα, από τις υπεριώδεις ακτίνες δεν φτάνουν στη Γη. Αν έφταναν θα ήταν ραδιενεργές, φονικές, θανατηφόρες. Ραδιενεργές ακτινοβολίες εκπέμπουν και διάφορα σώματα της φύσης ράδιο, ουράνιο, θόριο κλπ.

Οι Ιώδεις - υπεριώδεις ακτίνες:

- αυξάνουν τις καύσεις, και το μεταβολισμό,
- δραστηριοποιούν το μυϊκό σύστημα,
- παραλύουν τα αγγειοκινητικά νεύρα,
- μειώνουν την πίεση του αίματος,
- καθιστούν την αναπνοή βαθύτερη και βραδύτερη.

Γενικότερα η επίδραση των υπεριωδών ακτινών στις δερμικές απολήξεις του συμπαθητικού νευρικού συστήματος, επιφέρει βελτίωση της περιφερικής και κεντρικής κυκλοφορίας του αίματος (εικ.2.2).



Εικόνα 2.2: Επίδραση των υπεριωδών ακτινών στις δερμικές απολήξεις του συμπαθητικού νευρικού συστήματος.

Παρατηρείται αύξηση των λευκών αιμοσφαιρίων και των αιμοπεταλίων όπως και αύξηση της πηκτικότητας του αίματος. **Όμως τα ερυθρά αιμοσφαίρια σταματούν τις υπεριώδεις ακτίνες.** Μεγάλη ένταση της υπεριώδους ακτινοβολίας υπάρχει στα ψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας σε ύψος 3000 m και άνω. Η ένταση των

υπεριώδων ακτίνων εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος κάθε τόπου, (βόρεια - νότια του ισημερινού). **Η απορρόφηση των υπεριώδων ακτίνων σε μεγαλύτερο βαθμό, παρά από το κοινό φως, προκαλεί «ηλεκτρικό άλμα» στο άτομο που τις απορροφά.** Το χειμώνα η ακτινοβολία είναι πτωχή σε υπεριώδεις ακτίνες, το καλοκαίρι έχουμε περισσότερες υπεριώδεις πολλά φωτόνια – πολλή ενέργεια- ο Ήλιος είναι κοντά στην Ελλάδα (στο β ημισφαίριο). Λόγω αυτού γίνεται μετατόπιση του μήκους κύματος προς το ιώδες. Το χειμώνα το μήκος κύματος μετατοπίζεται προς το Υπέρυθρο. Το μεσημέρι έχουμε περισσότερες υπεριώδεις. Το πρωί – βράδυ περισσότερες υπέρυθρες.

2.5.2.1.1 ΟΙ ΚΑΛΕΣ ΥΠΕΡΙΩΔΕΙΣ ΑΚΤΙΝΕΣ

Μιλήσαμε για την κακή πλευρά των υπεριώδων ακτινών του Ήλιου, που από το 1989, όπως είπαν τότε οι επιστήμονες περνούν χωρίς να φιλτράρονται από το όζον. Από το στρώμα εκείνο της ατμόσφαιρας που μετριάζει την δραστηριότητα τους και προφυλάσσει το δέρμα μας από αρρώστιες. Όμως, αν οι επιστήμονες αυτοί συνιστούν να αποφεύγουμε το καλοκαίρι τη μεγάλη έκθεση στον Ήλιο, την πολύωρη ηλιοθεραπεία στις πλαζ, οι ίδιοι τονίζουν ότι οι υπεριώδεις ακτίνες του Ήλιου έχουν και καλή προσφορά που δεν πρέπει να την αγνοήσουμε. Το δέρμα μας περιέχει μία χημική ουσία, την προβιταμίνη που με την υπεριώδη ακτινοβολία μετατρέπεται σε βιταμίνη D, απαραίτητη για την ανάπτυξη και την καλή κατάσταση των οστών. Όταν λοιπόν αποφεύγουμε τελείως τις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου θα έχουμε έλλειψη της βιταμίνης αυτής με κάποιες μακροχρόνιες συνέπειες στα οστά μας. Κάτι τέτοιο συμβαίνει με τους ηλικιωμένους, κυρίως πάνω από 75 χρόνων που δεν βγαίνουν από το σπίτι τους. Τα άτομα αυτά απειλούνται από οστεοπόρωση, από φθορά των οστών, δηλαδή, η υπεριώδης ακτινοβολία του ήλιου ενεργεί καταπραϋντικά στον οργανισμό και του δίνει περισσότερη ενέργεια, αφού αυξάνει την καύση και το μεταβολισμό.

2.5.2.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Γενικά, τα όργανα που υφίσταται την μεγαλύτερη έκθεση στις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου είναι το δέρμα και τα μάτια. Αν και τα μαλλιά και τα νύχια είναι περισσότερο εκτεθειμένα, είναι λιγότερο σημαντικά από ιατρικής άποψης. Η παρατεταμένη έκθεση στην ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία μπορεί να καταλήξει σε άμεσα και σε χρόνια προβλήματα υγείας του δέρματος, των ματιών και του ανοσοποιητικού συστήματος.

2.5.2.2.1 ΟΦΘΑΛΜΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ

Ακόμα και μικρά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας, αυξάνουν τις πιθανότητες οφθαλμικής βλάβης, όπως είναι η φωτοκερατίτις, που είναι ουσιαστικά έγκαυμα του οφθαλμού και προδιαθέτει σε επιπλοκές αργότερα στη ζωή. Στα χρόνια αποτελέσματα του ματιού περιλαμβάνονται ο καταρράκτης, που είναι μια από τις κύριες αιτίες τύφλωσης, το πτερύγιο και η κερατοπάθεια. **Είναι πολύ σημαντικό να προστεθεί ότι η βλάβη στους οφθαλμούς από την υπεριώδη ακτινοβολία, είναι αθροιστική.** Έτσι δεν είναι ποτέ αργά για να αρχίσουμε να προστατεύουμε τα μάτια μας. **Εξάλλου, ο οργανισμός μέσω του δέρματος έχει την ικανότητα να αφομοιώσει την υπεριώδη ακτινοβολία παράγοντας μελανίνη (μαύρισμα), η οποία προστατεύει από την έκθεση στην UV ακτινοβολία. Ωστόσο, το ανθρώπινο μάτι δεν έχει αυτή την ικανότητα, γεγονός που το καθιστά πιο ευπαθές.**

2.5.2.2.2 ΚΑΤΑΣΤΟΛΗ ΑΝΟΣΟΠΟΙΗΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η υπερβολική έκθεση στον ήλιο αυξάνει τις πιθανότητες να αλλάξει η κατανομή και η λειτουργία των υπεύθυνων κυττάρων για την άμυνα του οργανισμού, ενώ η επαναλαμβανόμενη υπερέκθεση στην ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει μείωση της αμυντικής ικανότητας του οργανισμού.

2.5.2.2.3 ΔΕΡΜΑΤΟΠΑΘΕΙΕΣ

Παθήσεις του δέρματος που σχετίζονται άμεσα με την ακτινοβολία UV είναι η Ροδόχρους Νόσος, ο Απλούς Έρπης, η Ανεμοβλογιά, η Ψωρίαση, ο Ερυθηματώδης Λύκος αλλά και άλλες δερματοπάθειες συγγενείς και μη. Επίσης πολύ πιθανές είναι και οι αλλεργικές αντιδράσεις που οφείλονται στο ηλιακό φως (ηλιακή κνίδωση) ή στην αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με καλλυντικά, αρώματα, φυτά, τοπικές κρέμες ή ακόμα και αντηλιακά. Ορισμένα φάρμακα, όπως τα αντισυλληπτικά, τα αντιυπερτασικά, τα αντιφλεγμονώδη, τα αντικαταθλιπτικά κ.α. μπορεί να προκαλέσουν φωτοαλλεργικό εξάνθημα. Εκτός από τις παραπάνω παθήσεις, πρέπει να αναφέρουμε τα επιβραδυνόμενα αποτελέσματα της ακτινοβολίας στο δέρμα (οφείλονται κυρίως στη UVB ακτινοβολία), όπως, οι φακίδες, οι δυσχρωμίες, οι βαθιές ρυτίδες και το ηλιακό ερύθημα, το κλασσικό έγκαυμα. Αυτό, μπορεί να ποικίλλει από ένα ήπιο κοκκίνισμα έως την εμφάνιση φυσαλίδων και η βαρύτητά του εξαρτάται από την ένταση και τον χρόνο έκθεσης στον ήλιο καθώς και από τον φωτότυπο του δέρματος. Οι ακτίνες UVA επιδεινώνουν το έγκαυμα. Όσο για την

επιβραδυνόμενη μελάγχρωση ή "μαύρισμα", αυτή προκαλείται από την UVB ακτινοβολία, εμφανίζεται 2 μέρες μετά την έκθεση στον ήλιο, έχει τη μέγιστη ένταση την 20η περίπου ημέρα και μετά υποχωρεί σταδιακά. Η UVA ακτινοβολία, διεγείρει επίσης την παραγωγή μελανίνης, αλλά για τον σκοπό αυτό απαιτείται 1000 φορές περισσότερη ενέργεια ακτινοβολίας. Σχετικά με τα χρόνια αποτελέσματα, αυτά οφείλονται στη UVA και UVB ακτινοβολία και θεωρούνται ως τα πιο επικίνδυνα και συχνά μοιραία. Μπορεί να δημιουργηθούν λοιπόν παθήσεις όπως διάχυτη ερυθρότητα, ευρυαγγείες, φλεβικές λίμνες, σταγονοειδής υπομελάνωση μέχρι και πρόκληση σπύλων και δερματικών καρκίνων. Είδη δερματικών καρκίνων υπάρχουν αρκετά. Το βασικοκυτταρικό καρκίνωμα (επιθηλίωμα), αποτελεί τη συχνότερη μορφή δερματικού καρκίνου (>75 %) και εμφανίζεται κυρίως σε υπέρ-εκτεθειμένες στον ήλιο περιοχές όπως πρόσωπο (ιδίως στη μύτη), αλλά και σε πλάτη, ώμους. Ωστόσο, ο πιο επικίνδυνος τύπος δερματικού καρκίνου (το 80% των θανάτων λόγω δερματικού καρκίνου οφείλονται σε αυτό) είναι το μελάνωμα, που είναι μορφή επιθετικού όγκου και δημιουργεί σύντομα μεταστάσεις. Η σχέση της υπεριώδους ακτινοβολίας με αυτές τις ασθένειες είναι άμεση, γιατί ευθύνεται για τον ιονισμό των ατόμων των κυττάρων του DNA και κατά συνέπεια για την αλλοίωση του γενετικού κώδικα. Τέλος, η UVA ακτινοβολία παίζει σημαντικό ρόλο στη φωτογήρανση. Μέσω ενός σύνθετου γενετικού μηχανισμού, το ηλιακό φως καταστέλλει τη παραγωγή κολλαγόνου αδρανοποιώντας τα γονίδια που "παράγουν" το κολλαγόνο. Ταυτοχρόνως, το ηλιακό φως ενεργοποιεί καταστρεπτικά για το κολλαγόνο ένζυμα. Αυτό έχει σα συνέπεια τη σταδιακή φθορά και καταστροφή του δέρματος. Εξάλλου, όταν το δέρμα έχει ένα τραύμα, φροντίζει ώστε να επουλωθεί. Η επούλωση ενός τραύματος δεν είναι ποτέ τέλεια. Η μικροουλή αυτή δεν είναι ορατή με το μάτι, αλλά μετά από προκλήσεις χιλιάδων τέτοιων ουλών στη διάρκεια της ζωής, οι μικροουλές γίνονται μακρο - ουλές και ορατές. **Επιπλέον, οι ίνες κολλαγόνου και της ελαστίνης που διατηρούν ελαστικό το δέρμα, αδυνατίζουν ή καταστρέφονται. Το δέρμα αρχίζει και φαίνεται θαμπό, χαλαρό και μαλακό, γίνεται λεπτότερο, χάνει το λίπος του και γίνεται πιο πλαδαρό. Η φωτογήρανση είναι ένα φαινόμενο αθροιστικό. Η συσσώρευση στο δέρμα της δράσης της ηλιακής ακτινοβολίας, συνεχίζεται από τη βρεφική ηλικία μέχρι το θάνατο. Το 60 – 80 % της συνολικής δράσης της ακτινοβολίας έχει "αποκτηθεί" μέχρι την ηλικία των 18 ετών.** Η ικανότητα του ανθρώπινου σώματος να προστατεύει και να αποκαθιστά τις βλάβες που προκαλούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία, μειώνεται κατά τη διάρκεια της ζωής μας. Από την άλλη πλευρά πρέπει να αναφερθεί ότι οι επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας δεν είναι μόνο αρνητικές καθώς ο ήλιος είναι απαραίτητος για την παραγωγή θερμότητας, που είναι αποτέλεσμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας, τη

σύνθεση βιταμίνης D στο δέρμα (αποτέλεσμα της UVB ακτινοβολίας), **καθώς επίσης και για τη σωματική και συναισθηματική μας σταθερότητα.**

2.5.3 ΧΑΜΗΛΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ

Στις χαμηλές συχνότητες, που χαρακτηρίζουν το φάσμα του ορατού φωτός, τις ραδιοσυχνότητες, τις υπέρυθρες και τα μικροκύματα, η ενέργεια του φωτονίου είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή που απαιτείται για τη διάσπαση των χημικών δεσμών. Αυτό το κομμάτι του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος καλείται μη - ιονίζων. **Αφού η μη - ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία δεν μπορεί να διασπάσει τους χημικούς δεσμούς δεν τίθεται θέμα αντιστοιχίας ανάμεσα στις βιολογικές συνέπειες της ιονίζουσας και της μη – ιονίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Ωστόσο, οι μη - ιονίζουσες ηλεκτρομαγνητικές πηγές μπορούν επίσης να επιδράσουν βιολογικά.** Πολλές από τις βιολογικές παρενέργειες της χαμηλής υπεριώδους ακτινοβολίας, της ορατής και της υπέρυθρης ακτινοβολίας εξαρτώνται επίσης από τη φωτονική ενέργεια, αλλά σχετίζονται με την ηλεκτρονική διέγερση παρά με τον ιονισμό και δεν υφίστανται σε συχνότητες κάτω από 3.10¹¹ Hz. **Οι πηγές ραδιοσυχνότητων και μικροκυμάτων μπορεί να προκαλέσουν παρενέργειες επάγοντας ηλεκτρικά ρεύματα στους ιστούς, που προκαλούν τη θέρμανσή τους. Η δυνατότητα επαγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και κατά συνέπεια παραγωγής θερμότητας από μια ηλεκτρομαγνητική πηγή εξαρτάται από τη συχνότητα της πηγής, το μέγεθος και τον προσανατολισμό του αντικειμένου που θερμαίνεται. Σε συχνότητες κάτω από 106 Hz τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία αλληλεπιδρούν ασθενώς με τους ζωτικούς ιστούς και έτσι δεν επάγονται τα ηλεκτρικά ρεύματα που απαιτούνται για την παραγωγή θερμότητας. Συνεπώς όσο αφορά τις πιθανές βιολογικές επιδράσεις του μη – ιονίζοντος ηλεκτρομαγνητικού φάσματος , μπορούμε να το χωρίσουμε σε τρία τμήματα.**

- Το τμήμα της οπτικής ακτινοβολίας, όπου μπορεί να συμβεί διέγερση των ηλεκτρονίων (χαμηλή υπεριώδης ακτινοβολία, ορατό φως και υπέρυθρη ακτινοβολία) με αποτέλεσμα φωτοχημικές βιολογικές επιδράσεις.
- Το τμήμα όπου το μήκος κύματος είναι μικρότερο από το σώμα που ακτινοβολείται και μπορεί να προκληθεί θέρμανση μέσω των επαγόμενων ρευμάτων (μικροκύματα και υψηλές ραδιοσυχνότητες).
- Το τμήμα όπου τα μήκη κύματος είναι πολύ μεγαλύτερα από το σώμα και είναι σπάνιο να επαχθούνε ρεύματα και θερμότητα (χαμηλές

ραδιοσυχνότητες, μαγνητικά πεδία από συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας και στατικά πεδία).

2.5.4 ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΕ ΜΙΚΡΟ ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ

Σε αυτό το κομμάτι του μη - ιονίζοντος ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ανήκουν τα μικροκύματα και οι υψηλές ραδιοσυχνότητες. Οι επιπτώσεις αυτού του είδους των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην ανθρώπινη υγεία εξαρτώνται από τον βαθμό απορρόφησης τους από τους διάφορους ιστούς. Πώς μεταφέρεται όμως η ενέργεια της ακτινοβολίας στο σώμα; Έχουμε τρεις μηχανισμούς μεταφοράς ενέργειας από το κύμα στο ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του:

- 1. Διέγερση των ελευθέρων ηλεκτρονίων των ατόμων.**
- 2. Εξαναγκασμένη πόλωση των ατόμων και μορίων των ιστών από το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος.**
- 3. Ευθυγράμμιση υπαρχόντων δίπολων ατόμων ή μορίων με το ηλεκτρικό πεδίο του κύματος.**

2.5.4.1 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Επειδή οι ιστοί περιέχουν κατά 70 % νερό και το μόριο του νερού αποτελεί ένα ηλεκτρικό δίπολο (πολική ομοιοπολική ένωση), όταν το σώμα μας βρεθεί μέσα σε ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο τα μόρια του νερού, θα αρχίσουν να περιστρέφονται ή να ταλαντώνονται με τη συχνότητα της ακτινοβολίας του κύματος. Όσο πιο μεγάλη είναι η ταχύτητα παλμού και όσο η διάρκεια του φαινομένου είναι μεγαλύτερη τόσο μεγαλύτερα ποσά θερμότητας θα παραχθούν.

2.5.4.2 ΤΙ ΕΝΝΟΥΜΕ ΟΜΩΣ ΟΤΑΝ ΛΕΜΕ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ;

Θερμικές ονομάζονται εκείνες οι επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που οφείλονται σε μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που δέχονται ακτινοβολία. Ο οργανισμός του ανθρώπου διαθέτει θερμορυθμιστικούς μηχανισμούς που κρατούν τη θερμοκρασία του σώματος σταθερή μεταξύ 36 και 37 °C. Όταν τα παραγόμενα ποσά θερμότητας είναι σχετικά μικρά, οι θερμορυθμιστικοί μηχανισμοί μπορούν να απάγουν αυτήν τη θερμότητα και να κρατούν σταθερή τη θερμοκρασία στους 36 – 37 °C. Αντίθετα, όταν τα ποσά θερμότητας υπερβούν κάποια τιμή, τότε οι

μηχανισμοί αυτοί δεν μπορούν να λειτουργήσουν σωστά κάτι που οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας σε ιστούς ή όργανα του σώματος άνω των 37° C. Κατώφλι για τις επιδράσεις της θέρμανσης είναι πιθανόν ένα ελάχιστο γύρω από τις συχνότητες στις οποίες το σώμα (ή μέρη αυτού) ενεργεί σαν συντονιστικός απορροφητής. Οξεία έκθεση σε αρκετά έντονη ραδιοσυχνότητα ή μικροκυματική ακτινοβολία (στους φούρνους μικροκυμάτων της τάξης των $2,54 \times 10^9$ Hz) συνεπάγεται θέρμανση, που θα καταλήγει είτε σε ανιχνεύσιμες αυξήσεις στη θερμοκρασία του ιστού ή του σώματος είτε σε αντιδράσεις για την ελάττωση της θερμοκρασίας. Οι βλάβες στον οργανισμό προξενούνται από τη θέρμανση των ακτινοβολούμενων ιστών και από την αδυναμία των θερμορυθμιστικών μηχανισμών των διαφόρων ιστών στην αντιμετώπιση της ακτινοβολήσης. Όταν η RF ακτινοβολία θερμαίνει τους ιστούς, τότε αν ο θερμορυθμιστικός μηχανισμός του σώματος δεν μπορεί να επαναφέρει την κανονική θερμοκρασία τους και γι' αυτό προξενούνται βλάβες. Όμως για να έχουμε παρατηρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας, πρέπει η πυκνότητα ισχύος να είναι πολύ μεγάλη (1 mW/cm^2) ή η μέση τιμή ενέργειας που απορροφάται από όλο το σώμα (SAR) να είναι πάνω από 5 W/kg .

3

**<< Το νευρικό σύστημα του ανθρώπου, η όραση και οι
ορμόνες >>**

3.1 ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΟΥ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στο φυσικό επίπεδο οι γνωσιακές δραστηριότητες των ανθρώπων και των ζώων πραγματώνονται στο νευρικό σύστημα. Η μελέτη του βιολογικού υπόβαθρου του γνωσιακού εξοπλισμού κρίνεται απαραίτητη για την ανάπτυξη θεωριών νόησης και συμπεριφοράς.

Η νόηση – η συμπεριφορά του εγκεφάλου – μπορεί να εξηγηθεί μέσα από τις αλληλεπιδράσεις και άλλων κυττάρων και μορίων που σχετίζονται μ' αυτά. Η έρευνα σχετικά με το νευρικό σύστημα συμβάλλει στην ανάπτυξη θεωριών από μέρους της αναπτυξιακής ψυχολογίας και γλωσσολογίας. Για παράδειγμα, η ανακάλυψη ότι οι οπτικές περιοχές στον εγκέφαλο ενεργοποιούνται διαφορετικά κατά την οπτική νοητική εξεικόνιση αποτελεί τεκμήριο υπέρ του ότι υπάρχει ένα χωρικών οργανωμένο ενδιάμεσο υποσύστημα για την οπτική νοητική εξεικόνιση.

Η γνώση της δομής και των διεργασιών του νευρικού συστήματος συμβάλλει στην κατασκευή θεωριών για τη γνωσιακή αρχιτεκτονική. Γίνεται προσπάθεια ενσωμάτωσης των αρχών νευρωνικού υπολογισμού σε σχέδια γνωσιακής αρχιτεκτονικής. Επιπλέον, η μελέτη γνωσιοεπιστήμης και νευροεπιστήμης έχει εν δυνάμει πολλές πρακτικές εφαρμογές. Έτσι η κατανόηση της βιολογικής συμπεριφοράς μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη καλύτερων φυσικών και συμπεριφορικών μεθόδων θεραπευτικής αγωγής στην ανακατάταξη του νευρικού συστήματος λόγω βλαβών. Ακόμη, η νευροβιολογική γνώση θα επιτρέψει την ανάπτυξη μαθησιακών περιβαλλόντων.

3.2 ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το νευρικό σύστημα είναι το μέσο με το οποίο ο άνθρωπος προσλαμβάνει, κωδικοποιεί, αποθηκεύει, ανακαλεί και αντιδρά στα ερεθίσματα του περιβάλλοντος, ώστε ο άνθρωπος να επιτυγχάνει την προσαρμογή και την επιβίωση του. Οι νευροψυχολογικές έρευνες ενισχύουν την άποψη ότι είναι δυνατή η πειραματική προσέγγιση των νοητικών φαινόμενων.

Έτσι οι έρευνες του Johannes Müller έδειξαν ότι η ποιότητα της εμπειρίας μας δεν εξαρτάται από τα αντικειμενικά γνωρίσματα των ερεθισμάτων, αλλά από τους εξειδικευμένους νευρώνες που αντιδρούν σ' αυτά.

Τοιοιούτρόπως, ενισχύθηκαν οι Καντιανές απόψεις σχετικά με την υποκειμενικότητα της γνώσης ενώ συγχρόνως οι κατακτήσεις της νευροβιολογίας προσφέρουν ένα βιολογικό στοιχείο στην επιστημολογία σύμφωνα με το οποίο η

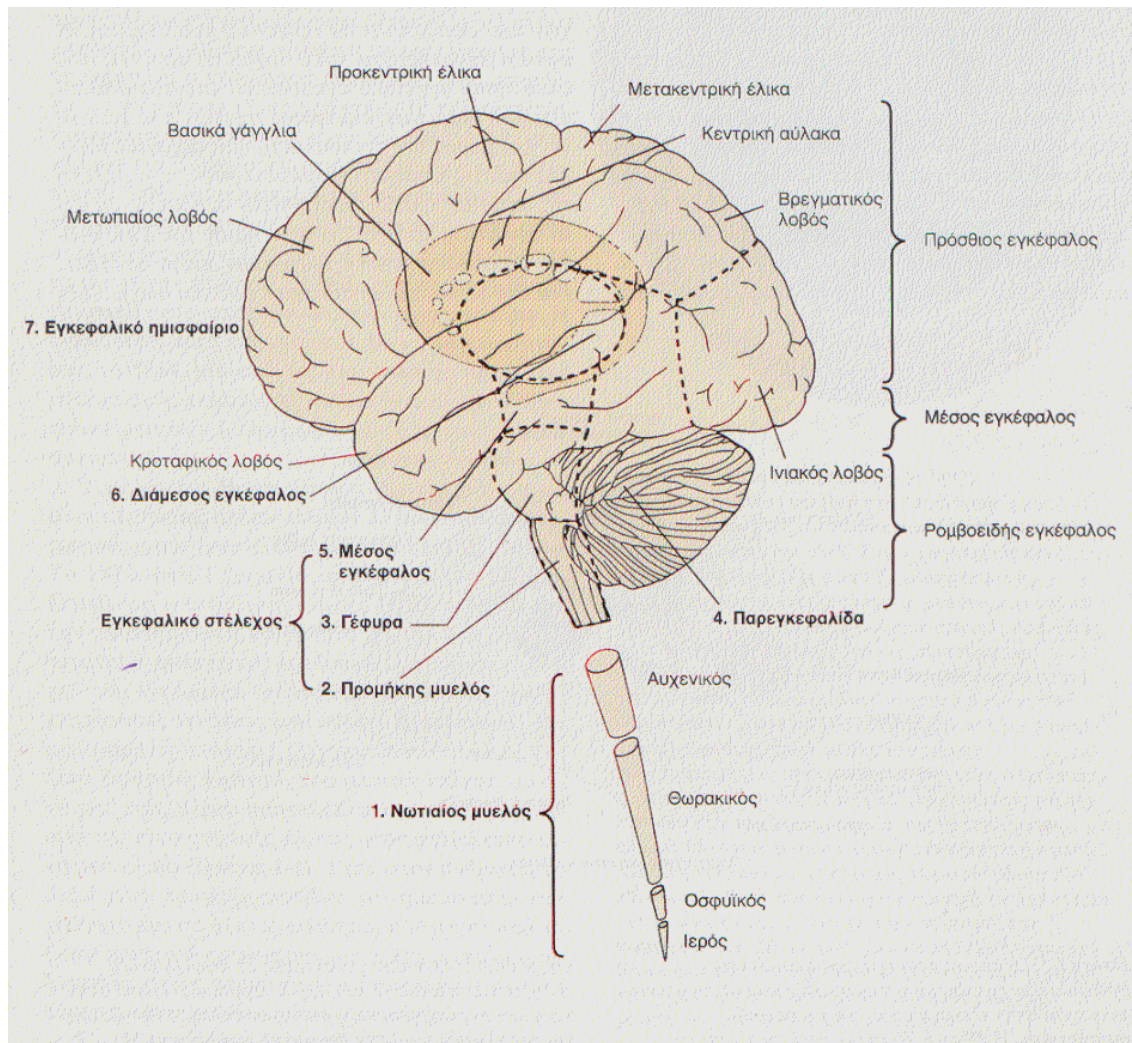
φύση της γνώσης είναι άμεσα συνδεδεμένη με τα χαρακτηριστικά των οργάνων της γνώσης.

Το νευρικό σύστημα αποτελείται από το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα (ΚΝΣ) και το Περιφερικό Νευρικό Σύστημα (ΠΝΣ). Το ΚΝΣ αποτελείται από τον εγκέφαλο που βρίσκεται στην κρανιακή κοιλότητα και τον νωτιαίο μυελό μέσα στην σπονδυλική στήλη. Οι επτά ανατομικές περιοχές του ΚΝΣ είναι:

- 1) Ο νωτιαίος μυελός μεταφέρει με τη συνδρομή του ΠΝΣ πληροφορίες από τους αισθητηριακούς υποδοχείς προς τον εγκέφαλο.
- 2) Ο προμήκης μυελός περιλαμβάνει κέντρα που ρυθμίζουν ζωτικές αυτόνομες λειτουργίες όπως πέψη, αναπνοή και έλεγχος καρδιακού ρυθμού.
- 3) Η γέφυρα μεταφέρει πληροφορίες σχετικές με την κίνηση από τα εγκεφαλικά ημισφαίρια προς την παρεγκεφαλίδα.
- 4) Η παρεγκεφαλίδα τροποποιεί τη δύναμη και το εύρος της κίνησης και διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στην εκμάθηση των κινητικών δεξιοτήτων.
- 5) Ο μέσος εγκέφαλος ελέγχει πολλές αισθητικές και κινητικές λειτουργίες.
- 6) Ο διάμεσος εγκέφαλος που αποτελείται από τον θάλαμο που επεξεργάζεται τις περισσότερες πληροφορίες από αυτές που φτάνουν στα εγκεφαλικά ημισφαίρια και ο υποθάλαμος που ρυθμίζει αυτόνομες ενδοκρινικές και σπλαχνικές λειτουργίες.
- 7) Τα δύο εγκεφαλικά ημισφαίρια, ένα σε κάθε πλευρά συνδέονται με το μεσολόβιο, υπεύθυνο για την επικοινωνία των εγκεφαλικών ημισφαιρίων. Αποτελούνται από τον φλοιό των ημισφαιρίων και εν τω βάθει τα βασικά γάγγλια, τον ιππόκαμπο και την αμυγδαλή.

Στην εικόνα 3.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται παραστατικά το κεντρικό νευρικό σύστημα. Σε κάθε ημισφαίριο ο φλοιός έχει **τέσσερις** ανατομικά ανεξάρτητους λοβούς:

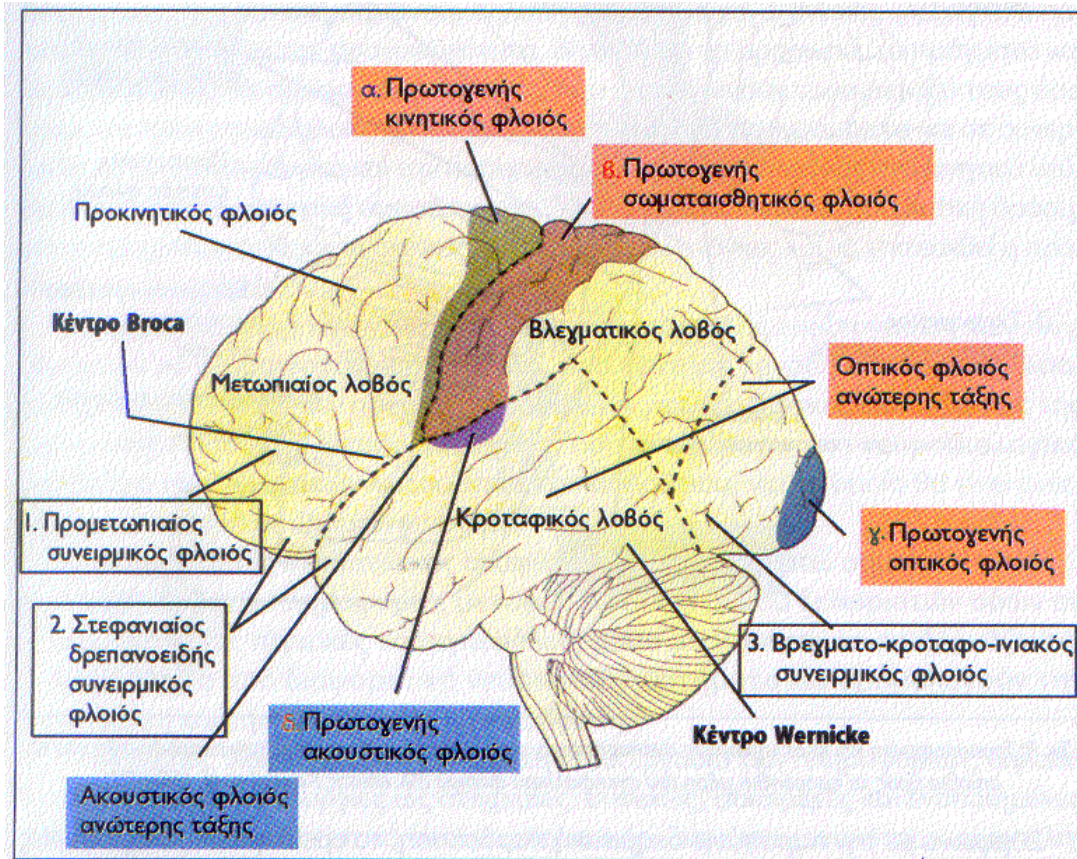
- Ο **μετωπιαίος λοβός** είναι υπεύθυνος για τον έλεγχο της κίνησης και τον προγραμματισμό της μελλοντικής δράσης.
- Ο **βρεγματικός λοβός** σχετίζεται με την αίσθηση της αφής και την απεικόνιση του σώματος.
- Ο **ινιακός** έχει σχέση με την όραση.
- Ο **κροταφικός λοβός** είναι υπεύθυνος για την ακοή, τη μνήμη, τη μάθηση και τα συναισθήματα.



Εικόνα 3.1: Το κεντρικό νευρικό σύστημα [16].

Οι αισθητικές πληροφορίες που εισέρχονται στο νωτιαίο μυελό από την αριστερή πλευρά του σώματος μεταφέρονται πρώτα στο δεξιό εγκεφαλικό ημισφαίριο και αντίστοιχα οι πληροφορίες του δεξιού μέρους του σώματος μεταφέρονται πρώτα στο αριστερό εγκεφαλικό ημισφαίριο.

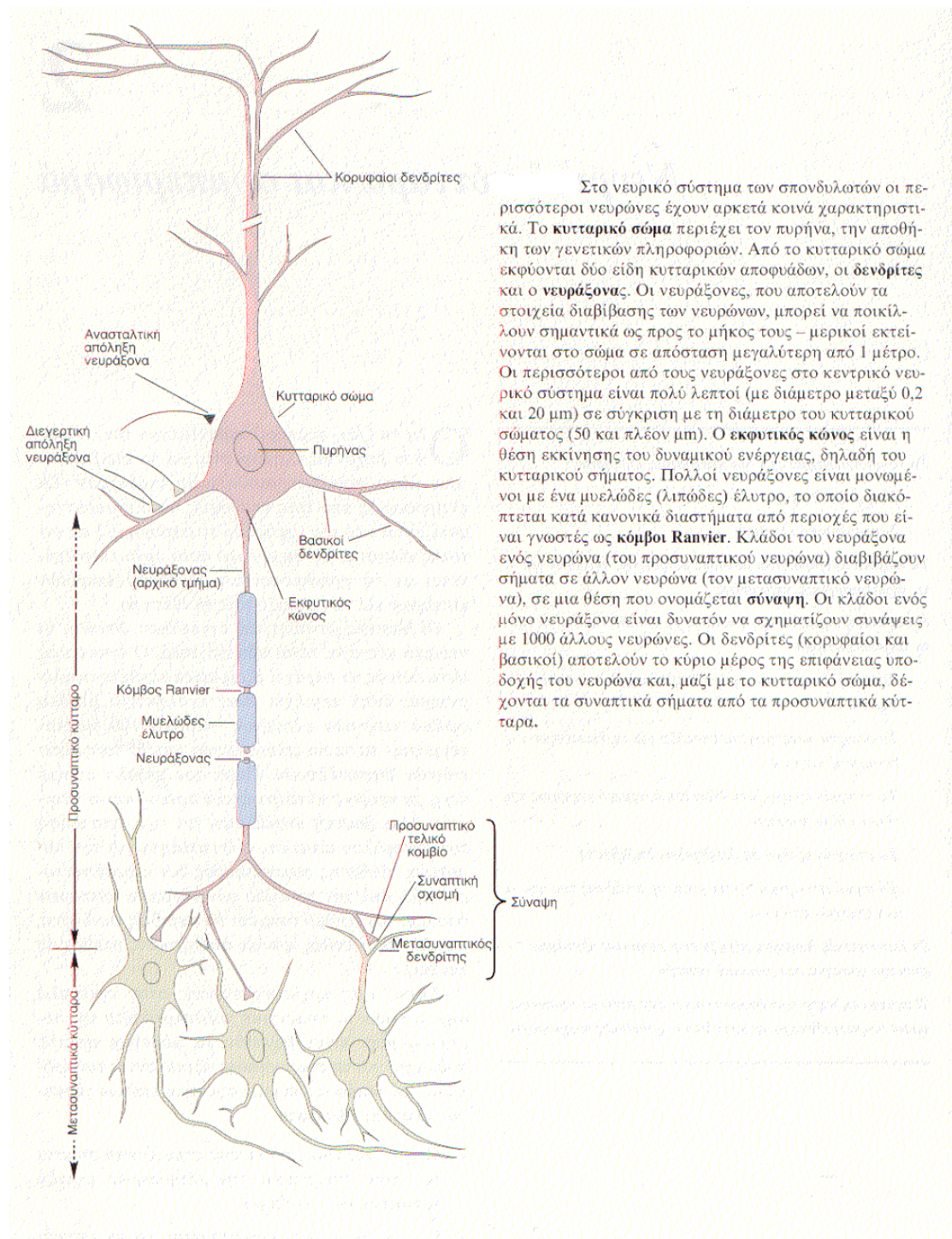
Ακολουθεί (Εικ. 3.2) μια παράσταση των εγκεφαλικών λοβών και ο πρωτογενής φλοιός.



Εικόνα 3.2: Εγκεφαλικοί λοβοί και πρωτογενής φλοιός [16].

3.3 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΝΕΥΡΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (Ν.Σ.)

Το Ν.Σ. αποτελείται από δυο κατηγορίες κυττάρων: τους νευρώνες και τα νευρογλοιακά κύτταρα. Οι νευρώνες στον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό είναι οργανωμένοι σε ομάδες νευρωνικών δικτύων, τα οποία μελετούνται ως σύνολο παραγωγής διαφορετικών ειδών συμπεριφοράς. Ο νευρώνας (εικ. 3.3, 3.4.) αποτελείται από το κυτταρικό σώμα και δυο ειδών απολήξεων: τους δενδρίτες και τον νευράξονα. Οι δενδρίτες δέχονται την πληροφορία στον κάθε νευρώνα και ο νευράξονας μεταφέρει την πληροφορία σε άλλους νευρώνες. Η νευρική μεταβίβαση πληροφοριών έχει τη μορφή ηλεκτρικού σήματος, μιας ηλεκτρικής ώσης. Οι νευρώνες είναι γεννήτριες ηλεκτρικών ώσεων.



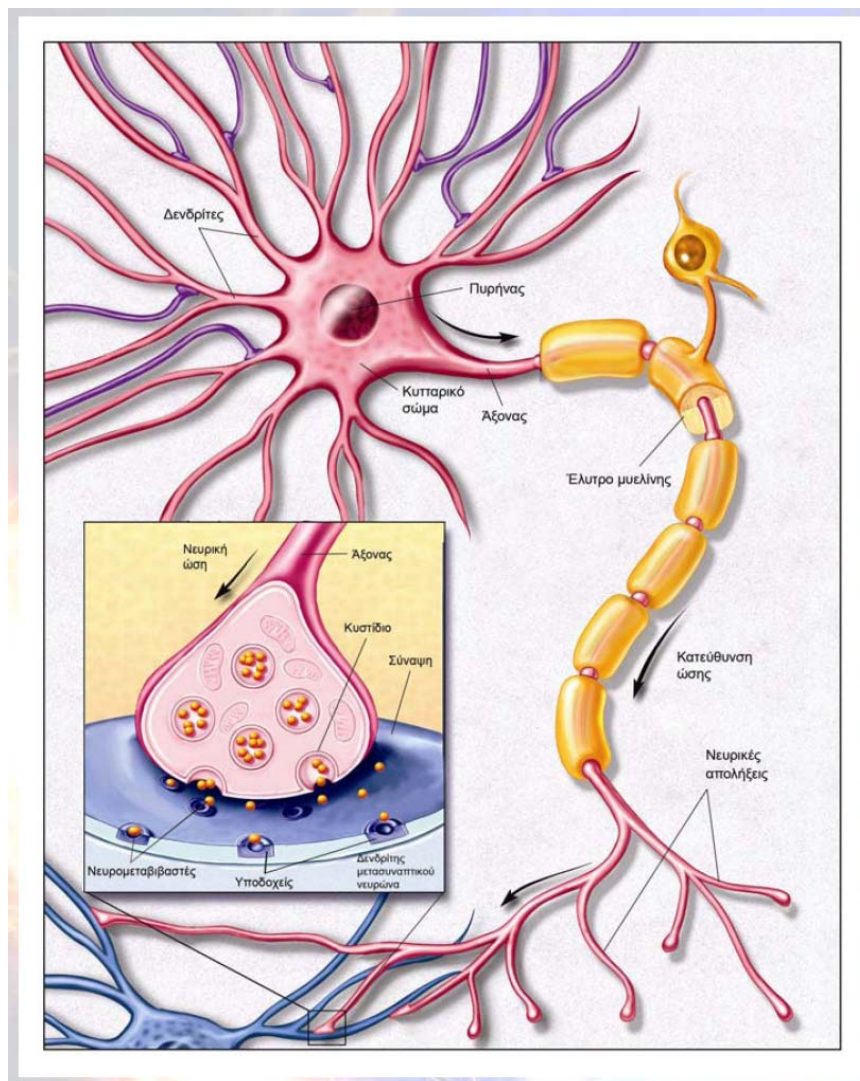
Στο νευρικό σύστημα των σπονδυλωτών οι περισσότεροι νευρώνες έχουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά. Το **κυτταρικό σώμα** περιέχει τον πυρήνα, την αποθήκη των γενετικών πληροφοριών. Από το κυτταρικό σώμα εκφύονται δύο είδη κυτταρικών αποφυάδων, οι **δενδρίτες** και ο **νευράξονας**. Οι νευράξονες, που αποτελούν τα στοιχεία διαβίβασης των νευρώνων, μπορεί να ποικίλουν σημαντικά ως προς το μήκος τους – μερικοί εκτείνονται στο σώμα σε απόσταση μεγαλύτερη από 1 μέτρο. Οι περισσότεροι από τους νευράξονες στο κεντρικό νευρικό σύστημα είναι πολύ λεπτοί (με διάμετρο μεταξύ 0,2 και 20 μm) σε σύγκριση με τη διάμετρο του κυτταρικού σώματος (50 και πλέον μm). Ο **εκφυτικός κώνος** είναι η θέση εκκίνησης του δυναμικού ενέργειας, δηλαδή του κυτταρικού σήματος. Πολλοί νευράξονες είναι μονωμένοι με ένα μυελώδες (λιπώδες) έλυτρο, το οποίο διακόπτεται κατά κανονικά διαστήματα από περιοχές που είναι γυαστές ως **κόμβοι Ranvier**. Κλάδοι του νευράξονα ενός νευρώνα (του προσυναπτικού νευρώνα) διαβιβάζουν σήματα σε άλλον νευρώνα (τον μετασυναπτικό νευρώνα), σε μια θέση που ονομάζεται **συναψη**. Οι κλάδοι ενός μόνο νευράξονα είναι δυνατόν να σχηματίζουν συνάψεις με 1000 άλλους νευρώνες. Οι δένδριτες (κορυφαιοί και βασικοί) αποτελούν το κύριο μέρος της επιφάνειας υποδοχής του νευρώνα και, μαζί με το κυτταρικό σώμα, δέχονται τα συναπτικά σήματα από τα προσυναπτικά κύτταρα.

Εικόνα 3.3: Νευρώνας σπονδυλωτού [16].

Οι νευρώνες μέσα σε μικροκυστίδια περιέχουν χημικές ουσίες τους νευροδιαβιβαστές. Η διέγερση των μικροκυστιδίων απελευθερώνει τους νευροδιαβιβαστές στη συναψη, το σημείο σύνδεσης του νευροάξονα με τους δένδριτες του επόμενου νευρώνα. Ο νευροδιαβιβαστής διαχέεται στη συναπτική σχισμή και περνά από τον νευράξονα στους υποδοχείς της μεμβράνης του δένδριτη

του άλλου νευρώνα. Η σύνδεση αυτή προκαλεί τη γέννηση μιας νέας ηλεκτρικής ώσης στο επόμενο κύτταρο.

Σήμερα οι νευροδιαβιβαστές είναι δέκα ουσίες, μεταξύ των οποίων: σεροτινίνη, ακετυλοχολίνη, ντοπαμίνη, ναραδρεναλίνη, αδρεναλίνη, γ - αμινοβουτυρικό οξύ κ.α.



Εικόνα 3.4: Νευρώνας [17].

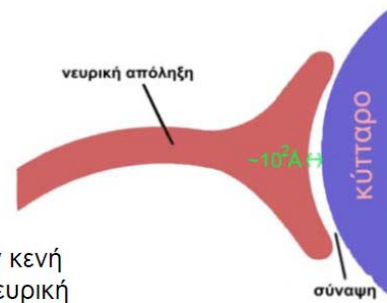
Νευρώνας: Ο νευρώνας μεταδίδει ηλεκτρικά σήματα κατά μήκος του άξονά του. Όταν τα ερεθίσματα φτάνουν στο τέλος του νευρώνα πυροδοτούν την απελευθέρωση νευροδιαβιβαστών που είναι αποθηκευμένοι σε κυστίδια. Οι νευροδιαβιβαστές προσδένονται σε μόρια υποδοχέων τα οποία βρίσκονται στην επιφάνεια γειτονικών νευρώνων. Το σημείο αυτό της επαφής ονομάζεται σύναψη (εικόνα 3.5, 3.6).

Σύναψη

Διάδοση παλμού από νευρικά κύτταρα σε μυϊκά

με ηλεκτρική αγωγή

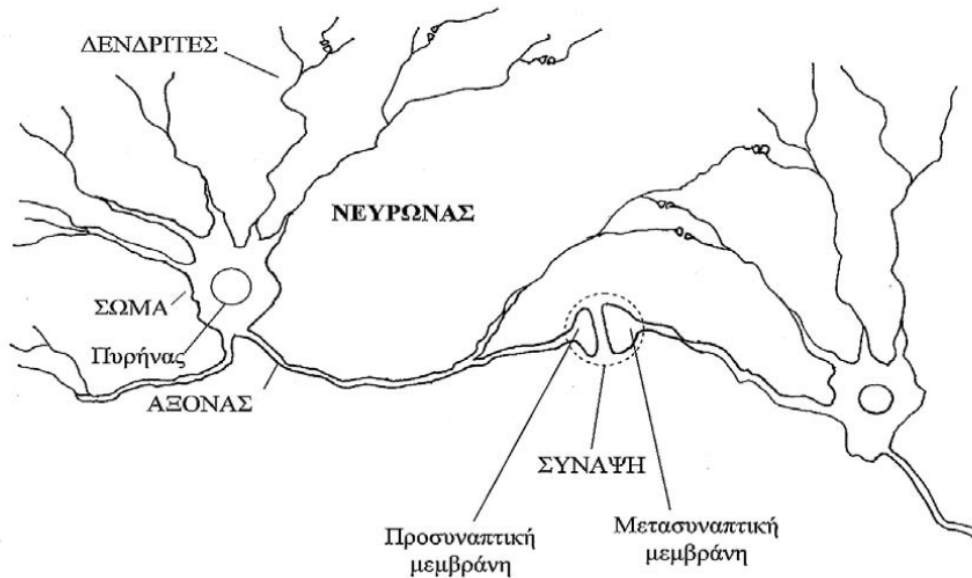
με χημικές ουσίες που απελευθερώνονται στην κενή περιοχή ανάμεσα στη νευρική απόληξη και το κύτταρο.



Ένα κύτταρο έχει πολλές συνάψεις

- Για να ξεκινήσει το δυναμικό δράσης στο κύτταρο δέκτη χρειάζεται να ενεργοποιηθούν πολλές συνάψεις.
- Το δυναμικό δράσης που προκαλείται από νευρικό κύτταρο είναι πάντα του ίδιου μεγέθους
- Το δυναμικό δράσης που προκαλείται στο μυϊκό κύτταρο προκαλεί σύσπαση της μυϊκής ίνας (π.χ. των μυών της καρδιάς)

Εικόνα 3.5: Σύναψη [18].



Εικόνα 3.6: Σχηματική αναπαράσταση νευρώνων, με τους δενδρίτες, τους άξονες και τις συνάψεις [18].

3.3.1 ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ Κ.Ν.Σ. Η ΤΟ Π.Ν.Σ.

Δυναμικό ενεργείας: ένα ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο μεταφέρεται από τον άξονα στη νευρική απόληξη και διεγείρει την απελευθέρωση ενός νευροδιαβιβαστή. Το δυναμικό ενεργείας «γεννάται» όταν ένας νευρώνας ενεργοποιείται και αναστρέφει παροδικά την ηλεκτρική κατάσταση της εσωτερικής πλευράς της μεμβράνης από αρνητική σε θετική.

Κατά μήκος της μεμβράνης των κυττάρων διατηρείται, σε κατάσταση ηρεμίας, μια διαφορά ηλεκτρικού δυναμικού, τέτοια ώστε το εσωτερικό του κυττάρου να βρίσκεται σε αρνητικό δυναμικό ως προς τον εξωτερικό χώρο. Στην περίπτωση των νευρικών και μυϊκών κυττάρων, αυτό το δυναμικό ηρεμίας είναι της τάξης των λίγων δεκάδων mV (- 70 mV) και οφείλεται στην άνιση κατανομή ιόντων μεταξύ των δύο πλευρών της μεμβράνης, η οποία κατανομή διατηρείται από τη μεταβολική δραστηριότητα του κυττάρου. Αυτό σημαίνει ότι σε κατάσταση ηρεμίας το εσωτερικό του νευρώνα είναι αρνητικά φορτισμένο σε σχέση με το εξωτερικό.

Εγκεφαλικός φλοιός: Το εξωτερικό στρώμα των εγκεφαλικών ημισφαιρίων του εγκεφάλου. Είναι υπεύθυνο για όλες τις συνειδητές εμπειρίες, συμπεριλαμβανομένης της αντίληψης, του συναισθήματος, της σκέψης και της δημιουργίας σχεδίων.

Κατάθλιψη: Ψυχική διαταραχή που χαρακτηρίζεται από λύπη, απελπισία, απαισιοδοξία, έλλειψη ενδιαφέροντος για τη ζωή, μειωμένη συναισθηματική ευημερία και διαταραχές του ύπνου, της όρεξης και των επιπέδων ενέργειας.

Νευροπλαστικότητα: Ένας γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις προσαρμοστικές αλλαγές στη δομή και τη λειτουργία των νευρικών κυττάρων ως απάντηση σε τραύματα του νευρικού συστήματος ή σε αλλαγές στα σχέδια χρήσης και αχρηστίας τους.

Εγκεφαλικό επεισόδιο: Προκύπτει από ένα φραγμό στην παροχή αίματος του εγκεφάλου. Ένα εγκεφαλικό επεισόδιο μπορεί να προκύψει από τη ρήξη μιας αρτηρίας αίματος, ένα θρόμβο, ή από άσκηση πίεσης σε μια εγκεφαλική αρτηρία (π.χ. από έναν όγκο). Χωρίς οξυγόνο, οι νευρώνες της πάσχουσας περιοχής πεθαίνουν και το τμήμα του σώματος που ελέγχεται από αυτά τα κύτταρα δε

λειτουργεί. Ένα εγκεφαλικό επεισόδιο μπορεί να προκαλέσει έλλειψη συνείδησης ακόμα και θάνατο.

3.4 ΔΕΡΜΑ

3.4.1 ΙΣΤΟΛΟΓΙΑ ΔΕΡΜΑΤΟΣ

Το δέρμα αποτελείται από τρία στρώματα (εικ. 3.7).

1. Την επιδερμίδα.
2. Το χόριο.
3. Το υπόδερμα.

3.4.1.1 ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑ

Αποτελείται από πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο, τα κύτταρα βρίσκονται από μέσα προς τα έξω σε διαφορετικό στάδιο εξέλιξης. Η επιδερμίδα επικάθεται στο χόριο, με το οποίο συνδέεται στερεά. Στερείται αγγείων, και τρέφεται από διαπίδυση λέμφου από το υποκείμενο δέρμα. Αποτελείται από πέντε στιβάδες που, από μέσα προς τα έξω, είναι :

- α) Βασική ή μητρική στιβάδα όπου υπάρχουν μελανοκύτταρα, τα οποία παράγουν μελανίνη.
- β) Μαλπιγιανή ή ακανθωτή στιβάδα.
- γ) Κοκκώδης στιβάδα.
- δ) Διαυγής.
- ε) Κερατίνη στιβάδα, η οποία έχει διαφορετικό πάχος σε κάθε σημείο του σώματος. Τα κύτταρα της χάνουν προοδευτικά τη συνοχή τους, κερατινοποιούνται, αποπίπτουν και έτσι, εξασφαλίζεται η διαρκής ανανέωση των κυττάρων της βασικής στιβάδας. Μεταξύ της επιδερμίδας και χορίου υπάρχει η βασική μεμβράνη, που είναι ένας γραμμοειδής συνδετικός ιστός, χωρίς διάσπαση της συνέχειάς του. Έχει ρόλο να:
 - α) Να συνδέει στερεά τη δερμοεπιδερμική σύνδεση και
 - β) Να χρησιμεύει σαν ηθμός για την ανταλλαγή ουσιών μεταξύ δέρματος και επιδερμίδας.

3.4.1.2 ΧΟΡΙΟ

Αποτελείται από κύτταρα, ίνες και βασική ουσία, αγγεία και νεύρα.

Το χόριο αποτελείται από:

1. Κύτταρα

- α) ινοβλάστες.
- β) ιστοκύτταρα.
- γ) σιτευτικά κύτταρα.
- δ) λεμφοκύτταρα.
- ε) εωσινόφιλα(αιματικής προέλευσης).
- στ) πλασματοκύτταρα.

2. Από ίνες.

- α) **τις κολλαγόνες ίνες**, όπου διατάσσονται σε δεμάτια. Αποτελούν το 77% του συνδετικού ιστού του δέρματος. Η καταστροφή τους έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση ρυτίδων.
- β) **τις ελαστικές ίνες**, οι οποίες αποτελούν το 2-4%, είναι λεπτές, αναστομούμενες μεταξύ τους και σχηματίζουν δίκτυο.
- γ) **τις δικτυωτές ίνες**, οι οποίες είναι λεπτές και βρίσκονται κυρίως γύρω από τα αγγεία και τους ιδρωτοποιούς αδένες. Συμμετέχουν στον σχηματισμό της βασικής μεμβράνης. Όλες μαζί οι ίνες συμβάλλουν στη διατήρηση της ελαστικότητας και ζωτικότητας του δέρματος.

3.4.1.3 ΤΟ ΥΠΟΔΕΡΜΑ

Αποτελείται από δίκτυο συνδετικού ιστού μέσα σε πλέγμα, όπου υπάρχουν κενοί χώροι που ονομάζονται λοβία, τα οποία γεμίζουν από λιπώδη κύτταρα. Το ποσό του υποδόριου λίπους είναι διαφορετικό από άτομο σε άτομο και από περιοχή σε περιοχή. Το υπόδερμα χρησιμεύει σαν υπόστρωμα στα υποκείμενα όργανα και ιστούς. Μέσα δε σε αυτό υπάρχουν αγγεία, νεύρα, ιδρωτοποιοί αδένες.

3.4.2 ΑΓΓΕΙΑ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ

Το δέρμα αιματώνεται καλά από πολλά αγγεία που βρίσκονται στο χόριο και στο υπόδερμα. Τα αγγεία του δέρματος διακρίνονται σε:

- 1.αρτηρίες.
- 2.φλέβες.
- 3.λεμφαγγεία.

3.4.3 ΝΕΥΡΑ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ

Είναι τα εγκεφαλονωτιαία που είναι κεντρομόλα και αισθητικά, τα συμπαθητικά που είναι κεντρόφυγα, αγγειοκινητικά, εκκριτικά και κινητικά. Τα αισθητικά νεύρα είναι από άποψη λειτουργίας τα σπουδαιότερα.

3.4.3.1 ΝΕΥΡΑ ΤΗΣ ΕΠΙΔΕΡΜΙΔΑΣ

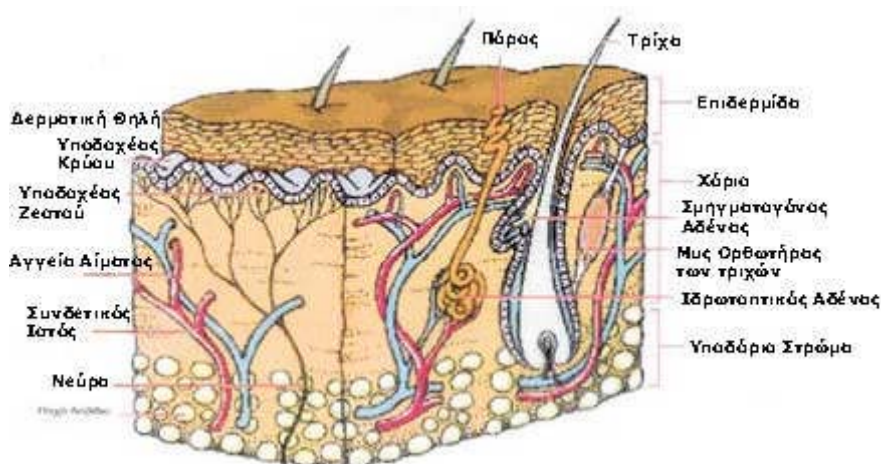
- α) Νευρικά ινίδια για την αίσθηση του πόνου.
- β) Οι απτικοί μηνίσκοι των Merkel-Ranvier.
- γ) Τα κύτταρα του Lagerhans.

3.4.3.2 ΝΕΥΡΑ ΤΟΥ ΧΟΡΙΟΥ

- α) Ελεύθερες απολήξεις νευρικών ινών σχηματίζουν δίκτυο γύρω από τα αγγεία.
- β) Τα σωμάτια των Wagner- Meissner.
- γ) Τα σωμάτια του Krause όργανα του ψύχους.
- δ) Τα σωμάτια του Ruffine όργανα θερμότητας.

3.4.3.3 ΝΕΥΡΑ ΤΟΥ ΥΠΟΔΕΡΜΑΤΟΣ

- α) Σωμάτια των Vater-Pacini όργανα αφής και πίεσης.
- β) Σωμάτια των Golgi-Mazzoni.



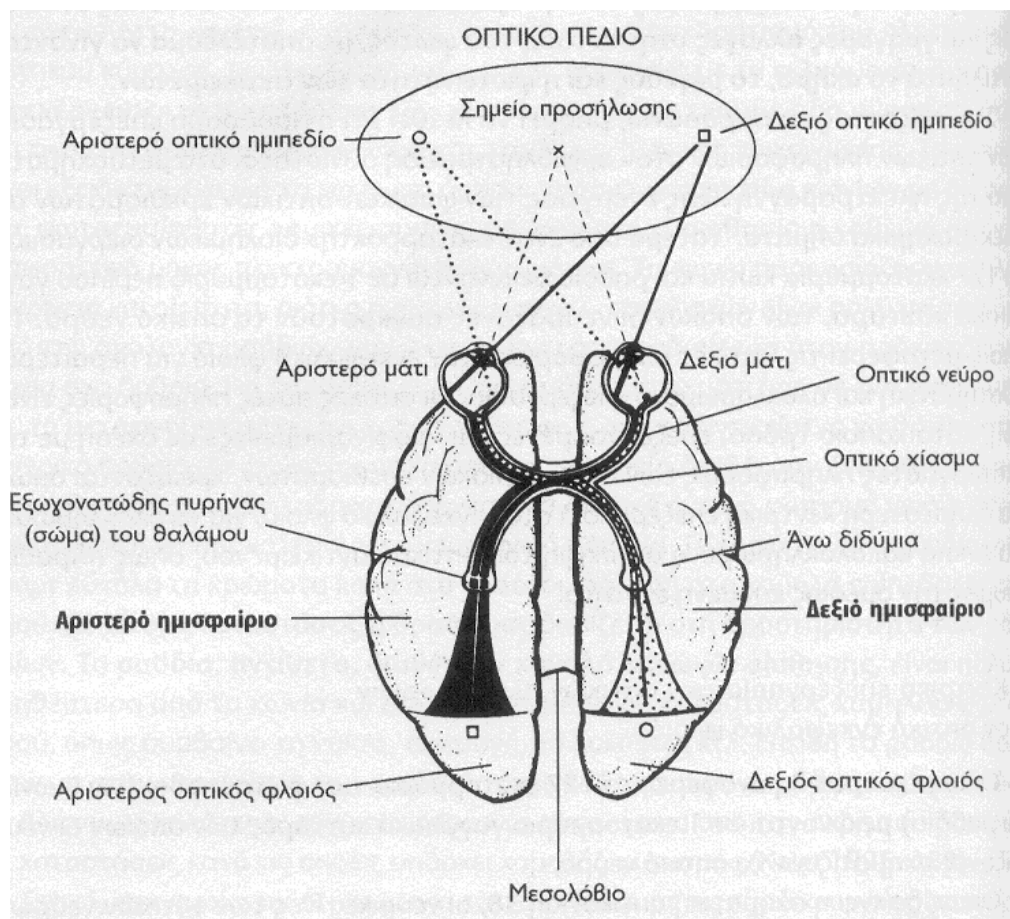
Εικ. 3.7: Ανατομία δέρματος [25].

3.5 Ο ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΣ ΟΦΘΑΛΜΟΣ

3.5.1 ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ

Το ανθρώπινο οπτικό σύστημα αποτελείται από δύο οφθαλμούς, διάφορες περιοχές του εγκεφάλου και τις οδούς που τα ενώνουν. Τα ερεθίσματα από τους οπτικούς υποδοχείς περνούν κατά μήκος του οπτικού νεύρου στο οπτικό χίασμα και στη συνέχεια το κάθε ήμισυ του αμφιβληστροειδούς περνά στην αντίθετη πλευρά του εγκεφάλου (Εικ.3.9).

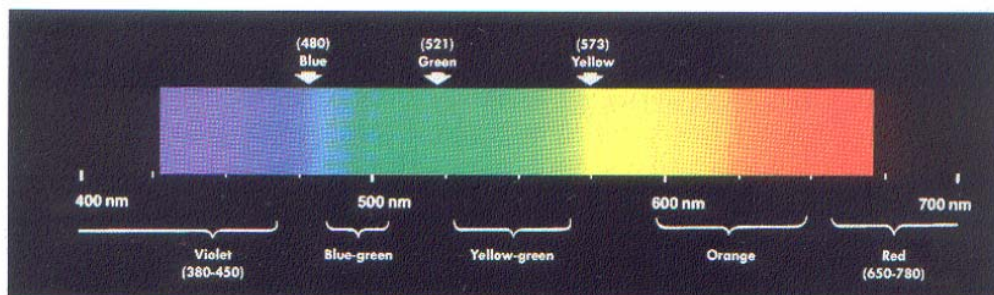
Τα μάτια δέχονται ερεθίσματα από τον περιβάλλοντα κόσμο. Τα κατάλληλα ερεθίσματα για τους ανθρώπινους οφθαλμούς είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα που βρίσκονται σε μια πολύ μικρή περιοχή του φάσματος ηλεκτρομαγνητικής



Εικ. 3.8: Κεντρικές οπτικές οδοί [16].

ακτινοβολίας, την περιοχή του «ορατού», με μήκη κύματος περίπου 380 -780 nm (εικ. 3.9). Οι φωτοϋποδοχείς στους οφθαλμούς δέχονται φως και δημιουργούν νευρικό παλμό.

Το φως εισέρχεται στον οφθαλμό, διαθλάται στα διάφορα μέσα, φτάνει στον αμφιβληστροειδή, όπου μετατρέπεται σε νευρικό παλμό που οδεύει με τα νευρικά κύτταρα του οπτικού νεύρου προς τον εγκέφαλο (εικ. 3.8).

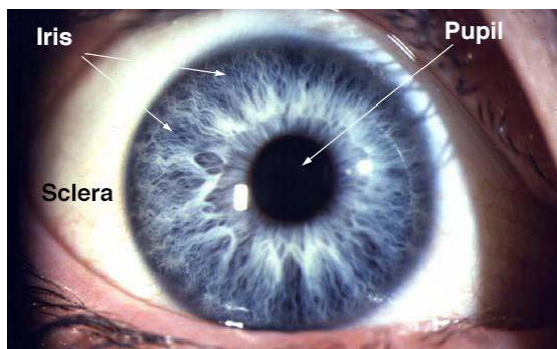


Εικ. 3.9: Ανάλυση της ορατής περιοχής του ηλεκτομαγνητικού φάσματος [16].

Η αίσθηση της όρασης έχει επομένως τρεις κύριες συνιστώσες:

- Τους οφθαλμούς, που εστιάζουν μια εικόνα από τον εξω κόσμο στον φωτο-ευαίσθητο αμφιβληστροειδή χιτώνα.
- Ένα σύστημα εκατομμυρίων νευρώνων που μεταφέρουν την πληροφορία στον εγκέφαλο.
- Τον εγκέφαλο, όπου γίνεται η επεξεργασία της πληροφορίας.

Οι οφθαλμοί αποτελούν ένα σημαντικό «παράθυρο» επικοινωνίας του ανθρώπου με τον περιβάλλοντα κόσμο. Βρίσκονται προστατευμένοι μέσα σε μια οστική (κρανιακή) κοιλότητα, την οφθαλμική κόγχη, περιβάλλονται από ένα δίκτυο αιμοφόρων αγγείων που τους οξυγονώνουν και κινούνται με τη βοήθεια κατάλληλων μυών. Στον άνθρωπο, ο οφθαλμός αποτελείται από τον περίπου σφαιρικό βολβό και βοηθητικά – προστατευτικά όργανα (μύες, βλέφαρα, βλεφαρίδες, δακρυϊκοί πόροι κ.λ.π) (εικ. 3.10).



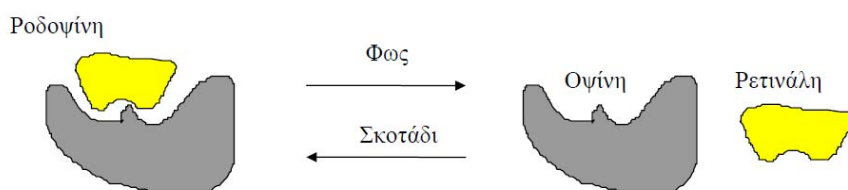
Εικ. 3.10: Εξωτερικός οφθαλμός [21].

Ο βολβός, ο οποίος σε φυσιολογικό μάτι έχει διάμετρο περίπου 25 mm, αποτελείται από τρεις ομόκεντρους χιτώνες: εξωτερικά διακρίνουμε τον ινώδη χιτώνα, ο οποίος στο πρόσθιο μέρος είναι διαφανής και ονομάζεται κερατοειδής και το υπόλοιπο τμήμα του είναι αδιαφανές και αποτελεί τον σκληρό χιτώνα. Ο μεσαίος χιτώνας είναι ο χοριοειδής (με έντονη αγγείωση) και ο εσωτερικός χιτώνας είναι ο αμφιβληστροειδής (ή νευρικός χιτώνας). Τμήμα του χοριοειδή χιτώνα είναι ένα κυκλικό διάφραγμα, η ίρις, μια κυκλική οπή που βρίσκεται στο κέντρο της ίριδας, η κόρη, καθώς και το ακτινωτό σώμα, του οποίου η συστολή ή διαστολή μεταβάλλει το σχήμα του φακού του οφθαλμού.

Τα διαθλαστικά μέσα του οφθαλμού είναι 4: ο κερατοειδής ($n=1,38$), το υδατοειδές υγρό ($n=1,34$), ο κρυσταλλοειδής φακός ($n=1,37-1,42$) και το υαλώδες σώμα ($n=1,34$). Η μεταβολή της κυρτότητας των επιφανειών του φακού, με τη βοήθεια των ακτινικών και κυκλικών μυϊκών ινών που τον περιβάλλουν, επιτρέπει στον οφθαλμό να εστιάζει αντικείμενα σε διάφορες αποστάσεις.

3.5.1.1 Ο ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΗΣ

Ο αμφιβληστροειδής μετατρέπει τις οπτικές εικόνες σε βιοηλεκτρικά σήματα που στέλνονται έπειτα για επεξεργασία στον εγκέφαλο. Αποτελείται από 6-7 στρώματα φωτοευαίσθητων κυττάρων (γαγγλιακά κύτταρα, οριζόντια κύτταρα, διπολικά κύτταρα, αμακρινικά κύτταρα και κύτταρα - φωτοϋποδοχείς). Το επιφανειακό στρώμα των φωτοϋποδοχέων του αμφιβληστροειδούς αποτελείται από τα ραβδία και τα κωνία. Στις άκρες των ραβδίων κυκλοφορεί μια διαμεμβρανική πρωτεΐνη - χρωστική, η ροδοψίνη, η οποία έπειτα από φωτοδιέγερση («φωτεινό μέρος» του κύκλου της ροδοψίνης) υδρολύεται σε οψίνη και ρετινάλη, για να ανασχηματισθεί πάλι στο «σκοτεινό μέρος» του κύκλου της (εικ. 3.11). Το επόμενο βήμα είναι η υπερπόλωση της πλασματικής μεμβράνης του εξωτερικού τμήματος των ραβδίων (ελάττωση της διαπερατότητάς της σε Na^+) και η δημιουργία νευρικού παλμού.



Η ρετινάλη είναι παράγωγο της βιταμίνης Α και η οψίνη μια πρωτεΐνη.

Εικόνα 3.11: Ροδοψίνη και ακτινοβολία [21].

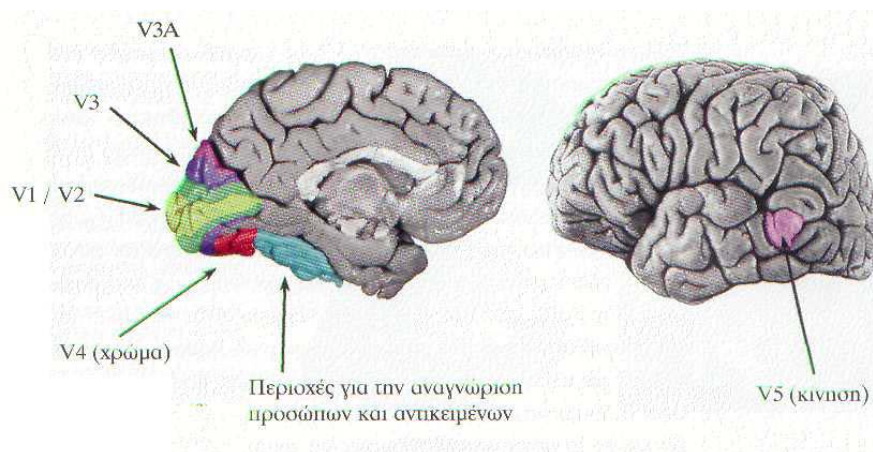
Τα ραβδία είναι περίπου 120 εκατομμύρια σε κάθε μάτι, ανομοιόμορφα κατανομημένα στον αμφιβληστροειδή, πολύ ευαίσθητα σε φωτεινή ακτινοβολία μήκους κύματος 360-680 nm (μέγιστη ευαισθησία : $\lambda=550$ nm). Είναι ευαίσθητα στο αμυδρό φως, στην κίνηση και σε μικρές διαφορές της φωτεινής έντασης, θυσιάζοντας βέβαια ποσοστό των λεπτομερειών και του χρώματος των αντικειμένων (σκοτοπική όραση - περιφερειακή όραση).

Τα κωνία είναι περίπου 6-7 εκατομμύρια σε κάθε μάτι, βρίσκονται συγκεντρωμένα στην περιοχή της ωχράς κηλίδας και, όπως και τα ραβδία, απουσιάζουν εντελώς από το τυφλό σημείο. Είναι ευαίσθητα στο λαμπρό φως, οι χρωστικές τους εμφανίζουν διαφορετικά φάσματα απορρόφησης του φωτός, με κορυφές στα 570, 540 και 450 nm που συσχετίζονται με την τριχρωματική θεωρία της έγχρωμης όρασης.

Οι οπτικές νευρικές ίνες είναι περίπου 1 εκατομμύριο. Τα κωνία του κεντρικού βοθρίου συνδέονται το καθένα χωριστά με μια νευρική ίνα, ενώ τα υπόλοιπα κωνία και τα ραβδία (100 ραβδία μαζί) μοιράζονται μία οπτική νευρική ίνα.

Ο αμφιβληστροειδής αντιστοιχεί περισσότερο στο φωτοευαίσθητο τμήμα του σωλήνα της τηλεόρασης παρά στο φωτοευαίσθητο φιλμ μιας φωτογραφικής μηχανής!

Στο εγκεφαλικό πλοίο υπάρχουν περιοχές που είναι υπεύθυνες για μερικά χαρακτηριστικά των οπτικών πληροφοριών. Οι V1 και V2 ευθύνονται για το χρώμα και τη μορφή, η V4 ευθύνεται για το χρώμα και τον προσανατολισμό. Η V3 είναι υπεύθυνη για τα σχήματα και τις μορφές ενώ η V5 είναι υπεύθυνη για την κίνηση (Εικ.3.12).



Εικόνα 3.12: Ο οπτικός εγκέφαλος αποτελείται από πολλές, λειτουργικά εξειδικευμένες, περιοχές που δέχονται οπτικές πληροφορίες κυρίως από την περιοχή V1 (κίτρινο) και από μια περιοχή που την περιβάλλει, γνωστή ως περιοχή V2 (πράσινο) [16].

Οι ανιχνευτές χαρακτηριστικών αντιδρούν καλύτερα σε ορισμένα γραμμικά χαρακτηριστικά των οπτικών αντικειμένων, π.χ. συγκεκριμένο προσανατολισμό κατεύθυνσης, στην κίνηση, στο φως, στα περιγράμματα, στις κλίσεις των γραμμών, στις γωνίες, κλπ. Αυτή η πολυσύνθετη λειτουργία των εγκεφαλικών κυττάρων παρέχει τη δυνατότητα στον άνθρωπο να εντοπίζει και να αναλύει τα προσδιοριστικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων και να σχηματίζει μια ενιαία και ολοκληρωμένη αντίληψη. **Αυτό που παραμένει αδιερεύνητο σε νευροβιολογικό επίπεδο είναι το πρόβλημα της σύνδεσης, δηλαδή πως ο ανθρώπινος εγκέφαλος συνδέει και συναρμολογεί τα επιμέρους δομικά στοιχεία του οπτικού ερεθίσματος για να προκύψει ενιαία, ολοκληρωμένη και ενσυνείδητη αντίληψη.**

3.5.2 ΚΟΡΗΜΕΤΡΙΑ

Η άμεση παρατήρηση των αυξομειώσεων του μεγέθους της κόρης του οφθαλμού, μπορεί να θεωρηθεί ως ένας αδρός τρόπος κορημετρίας. Το ευδιάκριτο μέγεθος της κόρης, έδωσε τη δυνατότητα στην εύκολη παρατήρηση και ανάλυση των μεταβολών του μεγέθους της σε επιστημονική ή μη επιστημονική βάση, συνειδητά ή ασυνείδητα. **Για πάρα πολλούς αιώνες η κόρη του ματιού συχνά αναφέρεται με κάποια ρομαντική διάθεση ως το «παράθυρο της ψυχής» ή ως ένα εικονικό παράθυρο του μυαλού στον κόσμο. Στα χρόνια που πέρασαν η εντυπωσιακή εξέλιξη της τεχνολογίας έδωσε τη δυνατότητα σε διάφορους ερευνητές να ανακαλύψουν ότι η αντίδραση της κόρης στο φως ως επίσης και σε διάφορα ψυχοφυσιολογικά ερεθίσματα είναι ένα φαινόμενο που μας δίνει τη δυνατότητα να μελετήσουμε πολλές λειτουργίες του εγκεφάλου.** Ιστορικά, ο πρώτος ο οποίος ενδιαφέρθηκε να εκτιμήσει το μέγεθος της διαμέτρου της κόρης ήταν ο Αρχιμήδης (287-212 π.Χ.), ενώ αυτός που πραγματικά το υπολόγισε ήταν ο Γαλιλέος (1564-1642). Μετά τα μέσα του περασμένου αιώνα, η χρήση κάμερας για ακριβή πλέον παρατήρηση και καταγραφή των κινήσεων της κόρης, η χρήση Η/Υ για περαιτέρω ανάλυση των καταγραφών, η επιστημονική παράδοση και μεθοδολογία είναι τα στοιχεία που συνθέτουν τον ορισμό της λέξης κορημετρία (pupillometry). Η μη επεμβατική μέθοδος της κορημετρίας μας επιτρέπει να κάνουμε γρήγορες, πολλαπλές μετρήσεις, σε αυστηρά καθορισμένες συνθήκες, με κλινικές εφαρμογές όπως στη Ν.Α., στη Μυασθένεια, στη νόσο του Parkinson και σε άλλες παθήσεις. Η λειτουργική δυαδικότητα του Αυτόνομου Νευρικού Συστήματος, (Συμπαθητικό - Παρασυμπαθητικό), επιβεβαιώνεται εύκολα παρατηρώντας τη συνεχή κινητικότητα της κόρης (hippos – oscillation) σε άτομα που βρίσκονται σε εγρήγορση φαινόμενο απόλυτα φυσιολογικό. **Το συμπαθητικό Ν.Σ. προκαλεί αύξηση της διαμέτρου της**

κόρης του οφθαλμού (μυδρίαση), ενώ το παρασυμπαθητικό Ν.Σ. προκαλεί αντίστοιχη μείωση (μύση). Με την κορημετρία, απομονώνοντας τους άλλους παράγοντες που επιδρούν στο μέγεθος της κόρης, μελετάμε έμμεσα το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα, τη σχέση ανάμεσα στις δύο λειτουργικές καταστάσεις του, καθώς και αυτή των αντίστοιχων νευροδιαβιβαστών τους.

3.5.3 ΝΕΥΡΟΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΝΕΥΡΟΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΥ ΤΗΣ ΚΟΡΗΣ ΣΤΟ ΦΩΣ

Είναι ένα πολυσυναπτικό αντανακλαστικό του Α.Ν.Σ. με αμφοτερόπλευρη απάντηση, άμεσο ή ευθύ αντανακλαστικό στο φως είναι η αντίδραση του οφθαλμού που φωτίζεται, ενώ έμμεσο ή συνεργές αντανακλαστικό η ετερόπλευρη αντίδραση. Όπως κάθε αντανακλαστικό, το αντανακλαστικό της κόρης στο φως χαρακτηρίζεται από ταχεία, ακούσια απάντηση (μύση της κόρης), στο ερέθισμα (έντονο φως). Μεταξύ ερεθίσματος και απάντησης μεσολαβεί το αντανακλαστικό τόξο και η ταχύτητα των νευρικών ώσεων σε αυτό, μπορεί να φτάσει τα 160 m/s.

Κάθε αντανακλαστικό τόξο αποτελείται από 5 βασικά μέρη:

1. Τον υποδοχέα (receptor) που αντιδρά στο ερέθισμα.
2. Τον αισθητικό νευρώνα που μεταφέρει νευρικές ώσεις στο Κ.Ν.Σ..
3. Το κέντρο ολοκλήρωσης (integration center), που αποτελείται από μία ή περισσότερες συνάψεις και πυρήνες στο Κ.Ν.Σ..
4. Τον κινητικό νευρώνα που μεταφέρει ώσεις από το κέντρο ολοκλήρωσης στο όργανο - στόχο (effector).
5. Το όργανο – στόχο (effector) που αντιδρά στις απαγωγές νευρικές ώσεις.

Λίγες ανατομικές λεπτομέρειες για την ίριδα είναι απαραίτητες για την κατανόηση του αντανακλαστικού της κόρης. Η ίριδα είναι λεπτή κυκλική κατασκευή και βρίσκεται μπροστά από τον κρυσταλοειδή φακό. Το κεντρικό άνοιγμα στη μέση της ίριδας ονομάζεται κόρη. Η κόρη αλλάζοντας μέγεθος ελέγχει την ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στον οφθαλμό.

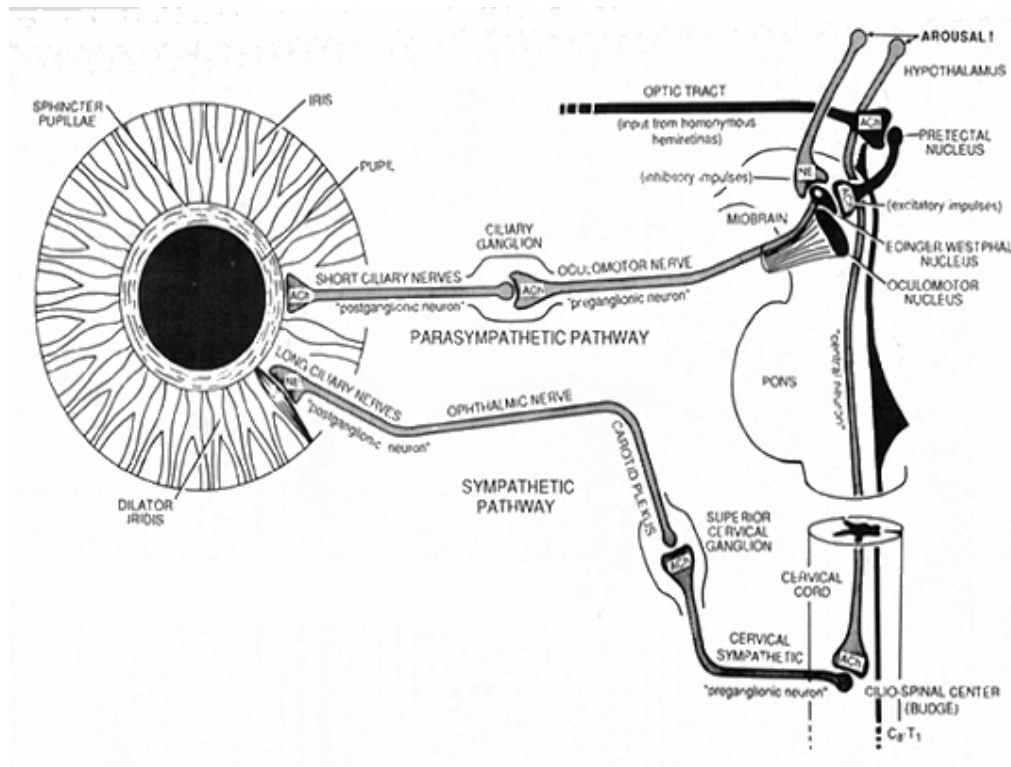
Διακρίνουμε 4 στοιβάδες στην ίριδα:

1. την επιπολής πρόσθια στοιβάδα.
2. το στρώμα με τον σφιγκτήρα μυ (σύσπασση του οποίου προκαλεί μύση).
3. το πρόσθιο επιθήλιο με τον διαστολέα μυ (σύσπασση του οποίου προκαλεί μυδρίαση).
4. το οπίσθιο επιθήλιο.

Ο σφιγκτήρας της κόρης νευρώνεται από το παρασυμπαθητικό νευρικό σύστημα μέσω του κοινού κινητικού νεύρου ενώ ο διαστολέας δέχεται συμπαθητική εννεύρωση από το οφθαλμονωτιαίο κέντρο. Το εύρος της κόρης καθορίζεται από τη ποσότητα του φωτός που φτάνει στον αμφιβληστροειδή, τη προσαρμογή στην κοντινή όραση, τη σύγκλιση ή απόκλιση των οφθαλμών, το αυτόνομο νευρικό σύστημα, την αγγειακή συμφόρηση, φαρμακολογικούς παράγοντες και φυσικά από την ηλικία. Οι κόρες στα νεογέννητα και στους ηλικιωμένους είναι μυωτικές ενώ έχουν σημαντικό εύρος στη παιδική ηλικία. Η αντίδραση της κόρης στο φως είναι η παρασυμπαθητική απάντηση της ίριδας, (σύσπασση σφιγκτήρα - μύση) στο ερέθισμα του έντονου φωτός.

Το αντανακλαστικό τόξο (Εικ. 3.13) αποτελείται από:

- Τον αμφιβληστροειδή όπου γίνεται γίνεται δεκτό το ερέθισμα του έντονου φωτός.
- Το οπτικό νεύρο που μεταφέρει τις προσαγωγές (αισθητικές) νευρικές ίνες.
- Το Κ.Ν.Σ. (προτετραδυμικός πυρήνας)
- Το κοινό κινητικό νεύρο(πυρήνες Edinger-Westphal) που περιέχει τις απαγωγές (κινητικές) νευρικές ίνες.
- Τον λείο μυ της ίριδας κυκλοτερή σφιγκτήρα.



Εικ. 3.13: Αντανακλαστικό τόξο [20].

Μετά την ενεργοποίησή τους στον αμφιβληστροειδή , οδεύοντας στο οπτικό νεύρο, στο χιάσμα και την οπτική ταινία, οπτικές νευρικές ίνες που εξυπηρετούν το αντανακλαστικό της κόρης στο φώς, εγκαταλείπουν την οπτική ταινία πριν το έξω γονατώδες σώμα και εισέρχονται στο στέλεχος του εγκεφάλου. Η βασική μονάδα της ολοκληρωμένης νευρικής δραστηριότητας είναι το αντανακλαστικό τόξο. Το αυτόνομο νευρικό σύστημα ,όπως και το σωματικό, είναι οργανωμένο με βάση το αντανακλαστικό τόξο. **Νευρικές ώσεις που ξεκινούν από σπλαγχνικούς υποδοχείς (στη περίπτωση μας από τον αμφιβληστροειδή), διοχετεύονται μέσω νευρικών προσαγωγών οδών του αυτόνομου νευρικού συστήματος προς το κεντρικό νευρικό σύστημα, ολοκληρώνονται μέσα σ' αυτό σε διάφορα επίπεδα και μέσω απαγωγών νευρικών οδών μεταφέρονται στα διάφορα εκτελεστικά όργανα.** Ερεθισμός του υποθαλάμου παράγει απαντήσεις μέσω αυτόνομου νευρικού συστήματος, αλλά υπάρχουν ελάχιστες ενδείξεις, ότι ο υποθάλαμος ασχολείται με τη ρύθμιση των σπλαγχνικών λειτουργιών. Οι αντιδράσεις του Α.Ν.Σ., που εκλύονται στον υποθάλαμο, είναι μάλλον μέρη πιο πολύπλοκων φαινομένων, όπως η οργή και άλλες συγκινησιακές καταστάσεις. Σε γενικές γραμμές, οι λειτουργίες που προάγονται από τη δραστηριότητα του χολινεργικού τμήματος του Α.Ν.Σ. (παρασυμπαθητικό

σύστημα) είναι εκείνες που αφορούν τις φυτικές λειτουργίες της καθημερινής ζωής. Η νοραδρενεργική μοίρα (συμπαθητικό σύστημα) εκκρίνει σαν ενιαία μονάδα σε περιπτώσεις επείγουσας ανάγκης. Τα αποτελέσματα αυτής της έκκρισης έχουν σημαντική αξία στην προετοιμασία του ατόμου να αντιμετωπίζει επείγουσα ανάγκη. Η ακετυλοχολίνη με σχετικά απλή δομή, (αυτή του οξεικού εστέρα της χολίνης) βρίσκεται κυρίως κλεισμένη σε μικρά, διάφανα συναπτικά κυστίδια σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα τελικά κομβία των χολινεργικών νευρώνων. Ο χημικός διαβιβαστής στις περισσότερες συμπαθητικές μεταγαγγλιακές απολήξεις, είναι η νορεπινεφρίνη, η οποία αποθηκεύεται στα συναπτικά κομβία των αδρενεργικών νευρώνων, που την εκκρίνουν σε χαρακτηριστικά κυστίδια με σκοτεινό κέντρο (κοκκιώδη κυστίδια). Οι νευρώνες που εκκρίνουν νορεπινεφρίνη πιο σωστά ονομάζονται νοραδρενεργικοί νευρώνες, αν και ο όρος «αδρενεργικοί» επίσης χρησιμοποιείται. Οι δύο μύες της ίριδας, ο διαστολέας και ο σφιγκτήρας, είναι λείοι μύες. Ο λείος μυϊκός ιστός που βρίσκεται στα περισσότερα κοίλα σπλάγχνα εμφανίζει χαρακτηριστικά λειτουργικού συγκυτίου και περιέχει βηματοδότες που εκφορτίζονται ακανόνιστα. Ο τύπος λείου μυϊκού ιστού που συναντάται στην ίριδα δεν εμφανίζει αυτόματη δραστηριότητα και μοιάζει με το σκελετικό μυ. Όπως και οι σπλαγχνικοί μύες, έτσι και οι λείοι μύες που αποτελούνται από μεμονωμένες κινητικές μονάδες (όπως η μύες της ίριδας), εμφανίζουν εξαιρετική ευαισθησία στις ουσίες και φυσιολογικά ενεργοποιούνται από χημικές διαβιβαστικές ουσίες (ακετυλοχολίνη και νορεπινεφρίνη), που απελευθερώνονται από τις απολήξεις των κινητικών νεύρων τους. Ειδικά στη περίπτωση της νορεπινεφρίνης, μετά από ένα απλό ερέθισμα, η διαβιβαστική ουσία έχει τη τάση να διατηρείται και να προκαλεί επαναληπτική πυροδότηση του μυός, αντί να παράγει ένα απλό δυναμικό ηρεμίας. Τέλος, η σύζευξη διέγερσης - συστολής, στους λείους μυς, είναι μια πολύ βραδεία διαδικασία συγκρινόμενη μ'αυτή που έχουν οι σκελετικοί μύες. Στους λείους μυς ο χρόνος από την αρχική εκπόλωση μέχρι την έναρξη της συστολής είναι 200 ms (μέχρι 500 ms για τη μέγιστη συστολή), ενώ στους σκελετικούς ο αντίστοιχος χρόνος είναι κάτω από 10 ms.

3.5.4 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΙΡΙΔΑΣ

Είναι γνωστό ότι η κόρη ρυθμίζει με τις μεταβολές του μεγέθους της τη ποσότητα του φωτός που πέφτει στον αμφιβληστροειδή. Δεν είναι αυτή όμως η κύρια λειτουργία της. Το φάσμα λαμπρότητας (φωτισμού), στο οποίο αντιδρά ο ανθρώπινος οφθαλμός είναι πραγματικά αξιοσημείωτο. Αρκεί μόνο να σκεφτούμε ότι μπορούμε να δούμε μια λευκή επιφάνεια που φωτίζεται από νυχτερινό ουρανό χωρίς

φεγγάρι όπως επίσης μπορούμε να δούμε και ένα αναμμένο λαμπτήρα πυρακτώσεως. **Ο κύριος λόγος της προσαρμογής που έχει το μάτι σε τόσο μεγάλο φάσμα φωτισμού δεν είναι οι μεταβολές του μεγέθους της κόρης αλλά ο αμφιβληστροειδής με τους φωτουποδοχείς του που μπορούν να εξυπηρετήσουν και φωτοπικές και σκοτοπικές συνθήκες φωτισμού (κωνία και ραβδία αντίστοιχα), και οι μεγάλες δυνατότητες προσαρμογής του στο φως και στο σκοτάδι.**

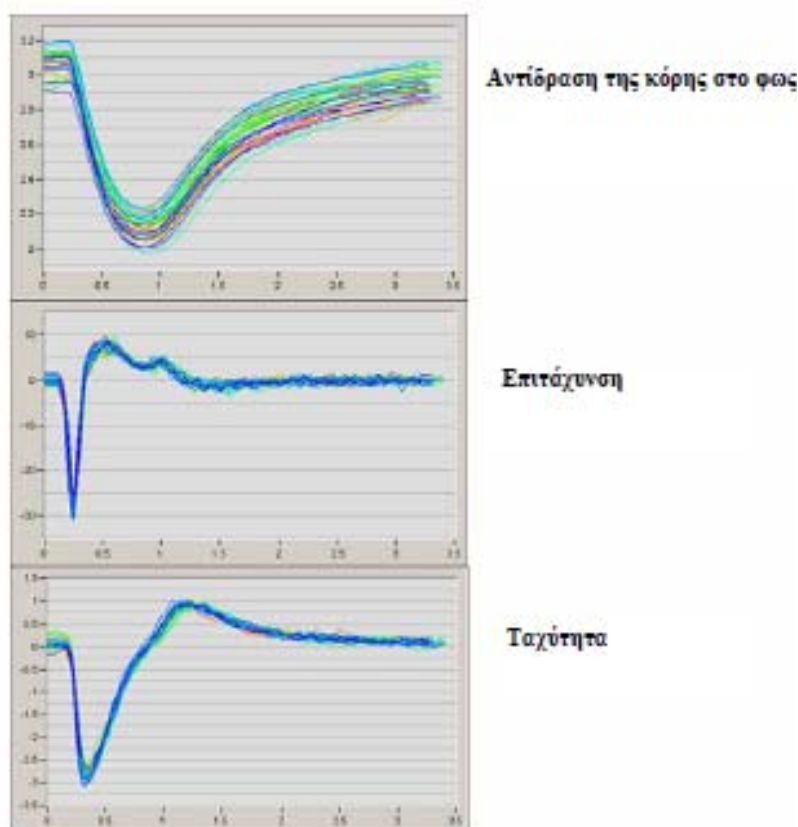
Η λειτουργία της κόρης εξυπηρετεί τελικά, δύο κυρίως σκοπούς :

- Ο πρώτος, είναι η προστασία του αμφιβληστροειδή από συνθήκες φωτισμού πολύ μεγάλης έντασης, συνθήκες που προκαλούν βλάβες στον αμφιβληστροειδή μετά από παρατεταμένη έκθεση), κάτι που επιτυγχάνεται με το αντανακλαστικό της κόρης στο φως δηλ. σύσπαση του σφιγκτήρα και χάλαση του διαστολέα με αποτέλεσμα τη γρήγορη μύση.
- Ο δεύτερος, είναι η μυδρίαση που πραγματοποιείται όταν το άτομο βρεθεί σε κατάσταση συναγερμού. Η μυδρίαση αυτή συμβαίνει απότομα αφού, το συμπαθητικό σύστημα εκτός από σύσπαση του διαστολέα, προκαλεί και χάλαση του σφιγκτήρα στέλνοντας ανασταλτικές ώσεις στον πυρήνα, με αποτέλεσμα την αύξηση του φωτός που πέφτει στον αμφιβληστροειδή, κάτι ιδιαίτερα σημαντικό σε καταστάσεις απειλής. Βλέπουμε ότι και στις δύο περιπτώσεις, επειδή η απαιτούμενη μεταβολή πρέπει να γίνει γρήγορα, αυτό επιτυγχάνεται με ταυτόχρονη ευόδωση του ενός συστήματος του Α.Ν.Σ., και αναστολή του ανταγωνιστικού του συστήματος. Σ' όλες τις υπόλοιπες φυσιολογικές συνθήκες η ανταγωνιστική δυαδικότητα του Α.Ν.Σ. είναι ο κανόνας , κάτι που επιβεβαιώνουν και οι ταλαντώσεις στη κίνηση της κόρης κατά τις μεταβολές του μεγέθους της σε διάφορες συνθήκες. Οι ταλαντώσεις αυτές είναι πιο έντονες κατά τη μυδρίαση της κόρης και γενικά σε σκοτοπικές συνθήκες, λόγω της νορεπινεφρίνης, και της επαναληπτικής πυροδότησης του μυός που η νευροδιαβιβαστική ουσία αυτή, προκαλεί.

3.5.5 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΤΗΣ ΚΟΡΗΣ ΣΤΟ ΑΝΤΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟ ΣΤΟ ΦΩΣ

Η μελέτη ενός φυσικού φαινομένου με μαθηματικούς υπολογισμούς και γραφικές παραστάσεις, πρέπει να επιβεβαιώνει τις θεωρητικές μας γνώσεις πάνω στο φαινόμενο αυτό. Για το λόγο αυτό ενδιαφέρον έχει η μελέτη του παρακάτω διαγράμματος 3.1, που παρουσιάζει τρεις γραφικές παραστάσεις με τις μεταβολές της ακτίνας της κόρης της ταχύτητας και της επιτάχυνσης (μετά από παραμονή στο

σκοτάδι και σύντομο φωτεινό ερέθισμα), σε σχέση με το χρόνο. Βλέπουμε και στις τρεις γραφικές.



Διάγραμμα 3.1: Αντιδράσεις της κόρης του ματιού συναρτήσει του φωτός [20].

παραστάσεις ότι τα πρώτα περίπου 200 ms από την έναρξη του ερεθίσματος δεν υπάρχει απάντηση της κόρης, κάτι αναμενόμενο αφού όπως αναφέραμε η συστολή των μυών της ίριδας έχει 200 ms καθυστέρηση από την άφιξη του ηλεκτρικού σήματος και περίπου 500 ms για τη μέγιστη συστολή της. Επίσης βλέπουμε τη ταχεία κίνηση της κόρης, και τη μέγιστη μύση που πραγματοποιείται λίγο πριν το 1^ο δευτερόλεπτο της καταγραφής. Στο χρονικό σημείο αυτό ολοκληρώνεται το φαινόμενο του αντανακλαστικού της κόρης στο φως. Η ταχεία κίνηση της κόρης κατά τη μύση επιβεβαιώνει τη χάλαση του διαστολέα ταυτόχρονα με τη σύσπαση του σφιγκτήρα. Μετά τη μέγιστη μύση και όπως από το διάγραμμα 3.1 φαίνεται η κόρη επανέρχεται με πιο αργή ταχύτητα και επιτάχυνση κάτι που δείχνει την ανταγωνιστική δράση των δύο μυών της. Στα υπόλοιπα 2,5 περίπου δευτερόλεπτα που κρατάει η συγκεκριμένη καταγραφή η κόρη δε φτάνει το αρχικό της μέγεθος ενώ αν καταγράψουμε περισσότερα δευτερόλεπτα γίνονται πιο εμφανείς οι ταλαντώσεις που προηγουμένως αναφέραμε.

3.6 ΕΝΔΟΚΡΙΝΕΙΣ ΑΔΕΝΕΣ

Οι ενδοκρινείς αδένες βρίσκονται σε συγκεκριμένα σημεία του σώματος και είναι αδένες χωρίς πόρους. Οι αδένες αυτοί παράγουν ορμόνες, οι οποίες εκκρίνονται κατευθείαν στην κυκλοφορία του αίματος. Οι αδένες έσω έκκρισης συνεργάζονται με το νευρικό σύστημα, με σκοπό τη δημιουργία δικτύου επικοινωνίας του σώματος. Οι ενδοκρινείς αδένες διαφέρουν στο σχήμα και στο μέγεθος και η λειτουργία τους είναι η παραγωγή ορμονών.

3.6.1 ΟΡΜΟΝΕΣ

Όπως προαναφέρθηκε, **οι ενδοκρινείς αδένες αντιλαμβάνονται τις διάφορες διαταραχές και αποκρίνονται με έκκριση χημικών ουσιών (ορμόνες) στην κυκλοφορία του αίματος.** Τα ειδικά αυτά μόρια μεταφέρονται μέσω της κυκλοφορίας του αίματος στους διάφορους ιστούς, όπου προσάγουν μηνύματα και δρουν στα κύτταρα - στόχους τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, τα κύτταρα στόχοι να αποκρίνονται κατά τρόπο αντίθετο από την κατεύθυνση της αλλαγής, η οποία προκάλεσε την έκκριση της ορμόνης, και, έτσι, να επανέρχεται ο οργανισμός στην αρχική του κατάσταση. Η ορμόνη αρχικά ορίσθηκε ως ουσία, που παράγεται και εκκρίνεται από έναν τύπο κυττάρων και μεταφέρει μηνύματα μέσω της κυκλοφορίας του αίματος σε απομακρυσμένα κύτταρα στόχους. Ωστόσο, η πολύπλοκη αυτή μέθοδος αγωγής μηνυμάτων πιθανώς προήλθε από έναν αρχέγονο μηχανισμό. Τα μόρια της ορμόνης, τα οποία εκκρίνονται από τα ενδοκρινή κύτταρα μπορούν, επίσης, να φθάσουν και να δράσουν πάνω στα κύτταρα στόχους με απλή διάχυση στο διάμεσο υγρό που τα χωρίζει. Αυτό καλείται παρακρινική λειτουργία. Τα ορμονικά μόρια μπορούν, επίσης, να δρουν αντίθετα, επί των αρχικών κυττάρων, από τα οποία προέρχονται, και να τροποποιούν την έκκριση τους ή άλλες ενδοκυττάρειες διεργασίες. Το φαινόμενο αυτό καλείται αυτοκρινική λειτουργία.

Ορμόνες είναι οι χημικές ουσίες, οι οποίες παράγονται στον οργανισμό, κυκλοφορούν στο αίμα και έχουν ειδικό ρυθμιστικό ρόλο στη δραστηριότητα συγκεκριμένων κυττάρων ή οργάνων του σώματος. Οι περισσότερες ορμόνες παράγονται από ειδικούς αδένες, ενώ όσο υψηλότερες είναι οι ποσότητες μιας ορμόνης στο αίμα τόσο περισσότερες δραστηριότητες γίνονται οι λειτουργίες που ελέγχει η ορμόνη αυτή. Από τα πρώτα στάδια της εμβρυϊκής ανάπτυξης έως και το θάνατο του ατόμου, οι ορμόνες διαδραματίζουν πολλούς και σπουδαίους ρόλους στις λειτουργίες και τις δομές του οργανισμού, αλλά και στον καθορισμό της συμπεριφοράς του.

Διαταραχές στην ποσότητα έκκρισης των ορμονών, είναι δυνατό να προκαλέσουν επιπτώσεις τόσο στην εμφάνιση ενός ατόμου όσο και στην ομοιόσταση και συμπεριφορά του.

Συμμετέχουν στη διαδικασία μεταβίβασης σήματος από το ένα κύτταρο στο άλλο. Αλληλεπιδρούν με τα κύτταρα - στόχους τους μέσω ειδικών υποδοχέων. Ο υποδοχέας μπορεί να βρίσκεται στη μεμβράνη του πλάσματος ή μέσα στο κύτταρο (κυτταροπλασματικός ή πυρηνικός). Η αλληλεπίδραση ορμόνης - υποδοχέα μπορεί να δημιουργεί δευτέρους αγγελιαφόρους ή να ρυθμίζει τη γονιδιακή έκφραση. Η επίδραση της ορμόνης στο κύτταρο μπορεί να είναι το αποτέλεσμα τροποποιημένων μεταβολικών οδών (δηλαδή μεταβολές σχετικές με τη δραστηριότητα ή τις συγκεντρώσεις ενζύμων) ή μεταβολών στην κυτταρική δομή και ανάπτυξη. Η ορμονική έκκριση ρυθμίζεται τόσο από αρνητικούς, όσο και από θετικούς μηχανισμούς ανατροφοδότησης.

Το ενδοκρινικό σύστημα κατανέμεται σε όλο το σώμα και αποτελείται από τον υποθάλαμο και την υπόφυση (πρόσθια και οπίσθια), την επίφυση, το θύμο αδέν, το θυρεοειδή, τους παραθυρεοειδείς, το πάγκρεας, τα επινεφρίδια, τις ωοθήκες και τους όρχεις. Ο υποθάλαμος, που βρίσκεται στη βάση του εγκεφάλου, εκκρίνει ορμόνες- εκκριτικούς παράγοντες που διεγείρουν την πρόσθια υπόφυση, η οποία λειτουργεί σαν ο «επικεφαλής» κεντρικός αδένας ή «αδένας μάεστρος» και συντονίζει τη λειτουργία των υπόλοιπων «περιφερικών» αδένων. Η επικοινωνία μεταξύ της πρόσθιας υπόφυσης και των περιφερικών αδένων κρατά τα επίπεδα των ορμονών φυσιολογικά.

Διαταραχές του ενδοκρινικού συστήματος μπορεί να οδηγήσουν στην κακή λειτουργία πολλών συστημάτων του οργανισμού με επιπτώσεις όπως στην ευεξία, τη διάθεση και την εμφάνιση αλλά και επηρεάζουν την καρδιά, την αρτηριακή πίεση και τα αγγεία, το μεταβολισμό και το σωματικό βάρος, την ανάπτυξη του παιδιού και τη γήρανση, τη σεξουαλική λειτουργία και την αναπαραγωγική ικανότητα ανδρών και γυναικών, την έμμηνο ρύση, την ακμή, τις διαταραχές των οστών όπως οστεοπόρωση, κλπ.

Παρακάτω παρατίθενται κάποια παραδείγματα ορμονικών επιδράσεων στην καθημερινή ζωή του ατόμου τα οποία καθορίζουν κατά ένα μεγάλο ποσοστό και τη συμπεριφορά του.

3.6.1.1 ΤΟ ΣΤΡΕΣ

Η αντίδραση στρες, συχνά αποκαλούμενη ως αντίδραση «μάχης ή φυγής», είναι ο γρήγορος και αυτόματος διακόπτης του σώματος. Κατά την αντιμετώπιση μιας

απειλής, ο υποθάλαμος πυροδοτεί ένα σύστημα συναγερμού στο σώμα. Μέσω ενός συνδυασμού νεύρων και ορμονικών σημάτων, αυτό το σύστημα προτρέπει τους επινεφρίδιους αδένες, που βρίσκονται πάνω από τα νεφρά, να απελευθερώσουν ένα κύμα ορμονών, κυρίως αδρεναλίνης και κορτιζόλης. Η αδρεναλίνη αυξάνει το ποσοστό καρδιακών χτύπων, αυξάνει την πίεση του αίματος και ωθεί στην παραγωγή κορτιζόλης και κατ' επέκταση την αύξηση γλυκόζης στην κυκλοφορία του αίματος που ενισχύει την εγκεφαλική και μυϊκή λειτουργία, καταστέλλοντας τις αντιδράσεις του ανοσοποιητικού, του πεπτικού και του αναπαραγωγικού συστήματος. Το σύνθετο σύστημα συναγερμών επικοινωνεί, επίσης, με τις περιοχές του εγκεφάλου που έχουν να κάνουν με τη διάθεση, τα κίνητρα, το λόγο και τη δημιουργικότητα. Εντούτοις, οι φυσικές απειλές δεν είναι τα μόνα γεγονότα που προκαλούν την αντίδραση στρες. Οι ψυχολογικές «απειλές» όπως το στρες που συνδέεται με την εργασία, τις διαπροσωπικές σχέσεις, τις σημαντικές αλλαγές ζωής, την ασθένεια ή το θάνατο αγαπημένου προσώπου μπορεί να πυροδοτήσουν το ίδιο σύστημα συναγερμού. Ακόμη και οι καθημερινές απαιτήσεις διαβίωσης μπορεί να συμβάλουν στην αντίδραση με στρες.

Έχει διαπιστωθεί ότι η κατάθλιψη, η πιο διαδεδομένη ψυχική νόσος στην εποχή μας, αυξάνει τα επίπεδα κορτιζόλης στους έφηβους και των δύο φύλων, ενώ τα αυξημένα επίπεδα κορτιζόλης φαίνεται να συνδέονται και με την παχυσαρκία στα κορίτσια.

3.6.1.2 Ο ΥΠΝΟΣ

Ο ύπνος αποτελεί μια βασική ανάγκη του ανθρώπινου οργανισμού. Η μελατονίνη, που ονομάζεται και ορμόνη του ύπνου, είναι ένας σημαντικός φυσιολογικός ρυθμιστής του ύπνου. Η σύνθεση της μελατονίνης πραγματοποιείται από ερεθίσματα που προέρχονται από τον υπερχιασματικό πυρήνα (ΥΧΠ) κατά τη διάρκεια του σκότους και αναστέλλεται από το περιβάλλον φως το οποίο προσλαμβάνεται από τον αμφιβληστροειδή. Κατά συνέπεια, η ενδογενής μελατονίνη εκκρίνεται λίγο μετά την έναρξη του σκότους, κορυφώνεται στο μέσον της νύκτας και στη συνέχεια βαθμιαία μειώνεται κατά τη διάρκεια της νύκτας. Άρα, σαν ένα ενδογενές σήμα σκότους στον οργανισμό και έτσι αναρυθμίζει το βιολογικό ρολόι, παράγοντας και ρυθμίζοντας τον ύπνο κατά τρόπο φυσιολογικό ακόμη και σε τυφλά άτομα. Οι αλλαγές στην ποιότητα του ύπνου που έρχονται συχνά με την ηλικία φαίνεται να προκαλούν μεταβολές στο ενδοκρινικό σύστημα, αλλάζοντας τα επίπεδα των ορμονών. Η γήρανση, η ύπαρξη ορισμένων νόσων όπως η πρωτοπαθής

εκφύλιση του αυτόνομου νευρικού συστήματος, η διαβητική νευροπάθεια, η νόσος του Alzheimer καταργούν τη νυχτερινή παραγωγή μελατονίνης. Γι' αυτό οι άνθρωποι που πάσχουν από αυτά έχουν επιβαρύνσεις στη λειτουργία του ύπνου. Επιπλέον, η αϋπνία και η υπνική άπνοια, μειώνουν ακόμα περισσότερο την ποιότητα ζωής ορισμένων ανθρώπων. Αυτό επηρεάζει τόσο την πνευματική υγεία των ατόμων όσο και τη σωματική, εφόσον παρατηρήθηκε αύξηση περιστατικών σοβαρών ασθενειών. Η έλλειψη καλού ύπνου στους ανθρώπους, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των επιπέδων κορτιζόλης, με αποτέλεσμα να αντιδρούν σαν να βρίσκονται σε διαρκές στρες. Για την καταπολέμηση αυτών των διαταραχών έχουν εφευρεθεί χάπια για την αύξηση της μελατονίνης, τα οποία σημειώνουν βελτίωση, αλλά όχι σε υψηλές δόσεις. Ένας αποδοτικότερος όμως τρόπος καταπολέμησης, θεωρείται η προσπάθεια ένταξης του ύπνου σε φυσιολογικά πλαίσια στην καθημερινότητά μας.

3.6.1.3 ΣΧΕΣΗ ΟΡΜΟΝΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ

Από τα πρώτα στάδια της εμβρυϊκής ανάπτυξης έως και το θάνατο του ατόμου, οι ορμόνες παίζουν πολλούς και σπουδαίους ρόλους, όχι μόνο στις λειτουργίες αλλά και στις δομές του οργανισμού. **Σε λειτουργικό επίπεδο, οι ορμόνες φαίνεται πως παίζουν ρόλο στη συμπεριφορά είτε προκαλώντας την ενεργοποίηση συγκεκριμένων νευρωνικών κυκλωμάτων, είτε επιδρώντας σε διεργασίες που καθιστούν τον οργανισμό ικανό να πραγματοποιήσει μια συγκεκριμένη δραστηριότητα.**

Η τεστοστερόνη, η αυξητική ορμόνη, οι θυρεοειδικές και πολλές άλλες ορμόνες έχουν κρίσιμο ρόλο στη σωματική κατασκευή. Ο φυλετικός καθορισμός και η ανάπτυξη των μυϊκών ιστών, οι διαστάσεις και το ύψος του ατόμου, αν θα είναι νάνος ή γίγαντας, αν θα είναι παχύς ή αδύνατος αλλά ακόμα και κρετίνος, φυσικά και έχουν μεγάλη σχέση με τη συμπεριφορά. Όμως, όχι μόνο οι δομές αλλά και όλες οι λειτουργίες σχετίζονται

αμέσως ή εμμέσως με τη συμπεριφορά. Για παράδειγμα, η έλλειψη ινσουλίνης που μπορεί να οδηγήσει σε υπεργλυκαιμία μπορεί να γίνει πρόξενος μέχρι και ψυχωτικού τύπου συμπεριφοράς, η ανισορροπία της έκκρισης αδρεναλίνης από τα επινεφρίδια έχει σημαντική επίπτωση στον τρόπο που αντιμετωπίζονται οι καταστάσεις στρες, ενώ δεν μπορούμε να φανταστούμε καμιά ομοιοστατική διαταραχή που δεν θα είχε επιπτώσεις στη συμπεριφορά. Με άλλα λόγια θα λέγαμε πως οι ορμόνες μπορούν να τροποποιήσουν τις πιθανότητες εκδήλωσης μιας συμπεριφοράς, την οποία όμως δεν προκαλούν με αυστηρά αιτιοκρατικό και αμετάκλητο τρόπο. Ακόμα και στα ζώα, αλλά

πολύ περισσότερο στον άνθρωπο, αυτό που φαίνεται να κάνουν οι ορμόνες είναι να προδιαθέτουν για την εκδήλωση συμπεριφοράς προς κάποια κατεύθυνση. Μπορεί όμως και να μην υποδείχνουν καμιά κατεύθυνση. **Αυτή η υπόθεση θα μπορούσε μάλιστα να ερμηνεύει το λόγο για τον οποίο τα ανδρογόνα μοιάζουν να συνδέονται άλλοτε με ευεξία και άλλοτε με κατάθλιψη: η τάση για δράση είναι θετική όταν ευνοείται από το περιβάλλον και τις λοιπές συνθήκες του ατόμου και αρνητική όταν περιορίζεται ή καταπνίγεται. Συνεπώς οι ορμονικές εκκρίσεις σαν μοναδικό φαινόμενο δεν ορίζουν απαραίτητα τη συμπεριφορά ενός ατόμου.** Θα ήταν φρονιμότερο να θεωρήσουμε τη συμπεριφορά ενός ατόμου σαν ένα ενιαίο σύνολο το οποίο περιλαμβάνει το γονότυπο, το περιβάλλον και το φαινότυπο. Το γονότυπο σαν την πολύπλοκη γονιδιακή δεξαμενή από όπου πηγάζει η πληροφορία για τη σωστή ή λανθασμένη δημιουργία των ορμονών, το περιβάλλον σαν μια δεξαμενή εμπειριών που τροποποιεί κάθε στιγμή την έκκριση, και το φαινότυπο που ολοκληρώνει το αποτέλεσμα των δυο προηγούμενων παραμέτρων και που μπορεί να επιδρά με το δικό του τρόπο στο ορμονικό αυτό συνονθύλευμα.

Ένα γεγονός τεράστιας σημασίας, είναι η επίδραση της συμπεριφοράς επί των ορμονών. Οι ορμόνες δεν επηρεάζουν μόνο τη συμπεριφορά, όπως αναφέρθηκε, αλλά επηρεάζονται καθοριστικά από αυτήν. Η δραστηριότητα στην οποία εμπλέκεται ένα άτομο καθορίζει εν πολλοίς την ποιότητα και την ποσότητα των ορμονικών εκκρίσεων. Για παράδειγμα μια διαταραχή στη μελατονίνη μπορεί να οδηγήσει σε αϋπνίες. Η αϋπνία και το ξενύχτι όμως προκαλεί και αύξηση της κορτιζόλης και επομένως αυξάνει το στρες. Επιπλέον, αν κανείς αναλογιστεί πόσο επιθετικότεροι γινόμαστε, όταν είμαστε αγχωμένοι, γίνεται εύκολα κατανοητή η αλληλεπίδραση των ορμονών μεταξύ τους αλλά και της συμπεριφοράς με τις ορμόνες.

Εν κατακλείδι, φαίνεται πως υπάρχουν πολλά στοιχεία που δείχνουν πως οι ορμόνες πράγματι επηρεάζουν τη συμπεριφορά ποικιλοτρόπως, ο μηχανισμός όμως είναι και αναδραστικός και πολύπλοκος. Με άλλα λόγια, δε φαίνεται να είμαστε έρμαια των έσω εκκρίσεών μας.

3.6.2 ΜΕΛΑΤΟΝΙΝΗ

<< Στο Λύκειο Monkseaton στο Τάινσαϊντ της Βρετανίας έχει καταγραφεί πολύ μεγάλη πρόοδος το τελευταίο έτος. **Οι απουσίες έχουν μειωθεί, η προσέλευση των μαθητών γίνεται στην ώρα της και τα αποτελέσματα στις εξετάσεις έχουν φθάσει στο ζηνίθ.** Ο διευθυντής του σχολείου Πολ Κέλεϊ δεν μπορεί να αποδώσει αυτές τις επιτυχίες στον καλύτερο τρόπο διδασκαλίας ή στην επιβολή αυστηρότερης

πειθαρχίας. Απλώς αποφάσισε να ανοίγει το σχολείο στις 10 π.μ. αντί για τις 9 π.μ. >>

3.6.2.1 ΕΦΗΒΟΙ <ΚΟΥΚΟΥΒΑΓΙΕΣ>!

Η αλλαγή αυτή έγινε προκειμένου να συγχρονιστεί η σχολική ημέρα με το βιολογικό ρολόι των μαθητών (εικ. 3.14). Οι έφηβοι είναι γνωστό ότι μοιάζουν με «κουκουβάγιες», προτιμώντας να μένουν ξύπνιοι ως τις πρώτες πρωινές ώρες και να κοιμούνται ως το μεσημέρι. Αυτό δεν αποτελεί αποκλειστικώς δικό τους σφάλμα: η φυσική καθυστέρηση στην έκκριση της ορμόνης μελατονίνης μεταφέρει τους «δείκτες» του βιολογικού τους ρολογιού αρκετές ώρες πίσω.



Εικ. 3.14: Το ανθρώπινο βιολογικό ρολόι[22].

Το σχολείο Monkseaton ευθυγραμμίζοντας τη σχολική ημέρα με αυτούς τους βιολογικούς ρυθμούς αποφεύγει το να διδάσκονται οι έφηβοι τα μαθήματά τους όταν ο εγκέφαλός τους μισοκοιμάται. Στον σύγχρονο κόσμο οι ζωές μας υπαγορεύονται σε μεγάλο βαθμό από τον χρόνο. Ακόμη όμως και χωρίς ρολόγια, προγράμματα και ημερολόγια, το σώμα μας ακολουθεί τον χτύπο του εσωτερικού ρολογιού μας, που δεν είναι άλλο από τους κίρκαδικούς ρυθμούς. Κατά τη διάρκεια του 24ωρου βιώνουμε κύκλους φυσικών και νοητικών αλλαγών, οι οποίες πιστεύεται ότι προετοιμάζουν τον εγκέφαλο και το σώμα μας ώστε να αντεπεξέρχονται στα διαφορετικά καθήκοντα που έχουμε να

φέρουμε εις πέρας σε διαφορετικές ώρες μέσα στην ημέρα. Δεν είμαστε ίδιοι πρωί και βράδυ...

Ο πιο εμφανής από αυτούς τους κύκλους είναι εκείνος του ύπνου και του ξύπνου, υπάρχουν όμως και πολλοί άλλοι. Οι κίρκαδικοί ρυθμοί επηρεάζουν τα πάντα· από το πώς αποδίδουμε σε φυσικά και πνευματικά καθήκοντα ως το σε ποιες ώρες της ημέρας είναι πιο αποτελεσματικά τα φάρμακα. «Δεν είμαστε ο ίδιος οργανισμός το μεσημέρι και τα μεσάνυχτα» λέει ο Ράσελ Φόστερ, που μελετά τους κίρκαδικούς ρυθμούς στο Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης. Ο κύριος «διακόπτης» των κίρκαδικών ρυθμών είναι ένα μικροσκοπικό τμήμα εγκεφαλικού ιστού που ονομάζεται υπερχιασματικός πυρήνας (SCN) και βρίσκεται λίγο επάνω από τα οπτικά νεύρα. Αυτό το βιολογικό ρολόι συλλέγει πληροφορίες σχετικά με το φως από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού και τις αναμεταδίδει στο υπόλοιπο σώμα μέσω νευρικών παλμών και ορμονών. Μεταξύ αυτών είναι η ορμόνη του ύπνου μελατονίνη και το «αντίπαλον» δέος της, η ορεξίνη. Ο SCN επιβάλλει επίσης τους ρυθμούς του στη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος, στην πέψη, στην κυτταρική διαίρεση, στη θερμοκρασία του σώματος κ.ά. Το μοτίβο της δραστηριότητάς του επαναπροσδιορίζεται κάθε ημέρα από το φως, γεγονός που επηρεάζει την έκφραση «γονιδίων-ρολογίων» των οποίων η δραστηριότητα ακολουθεί έναν 24ωρο κύκλο. Ο SCN δεν είναι όμως η αρχή και το τέλος του βιολογικού μας ρολογιού. Πολλά από τα κύτταρα του ανθρώπινου σώματος περιέχουν δικά τους εσωτερικά ρολόγια τα οποία φθάνουν στο ζενίθ και στο ναδίρ της λειτουργίας τους μέσα στην ημέρα. Για παράδειγμα, κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος που προκαλούν φλεγμονές και ονομάζονται σιτευτικά είναι πιο δραστήρια νωρίς το πρωί, γεγονός που ίσως εξηγεί για ποιον λόγο διαταραχές του ανοσοποιητικού συστήματος όπως το άσθμα εκδηλώνονται με εντονότερα συμπτώματα κατά τις πρωινές ώρες. Και τα δερματικά κύτταρα φαίνεται να έχουν κίρκαδικούς ρυθμούς καθώς πολλαπλασιάζονται τη νύχτα και παράγουν περισσότερα έλαια κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ το ίδιο φαίνεται να συμβαίνει και με τα κύτταρα του στομάχου που εκκρίνουν την ορμόνη της πείνας γκρελίνη.

3.6.2.2 Ο ΜΑΕΣΤΡΟΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Αυτά τα επί μέρους εσωτερικά ρολόγια δεν είναι πλήρως ανεξάρτητα από το «μεγάλο ρολόι» του οργανισμού. Ο SCN μοιάζει σαν τον διευθυντή μιας ορχήστρας, παράγοντας ένα σήμα το οποίο καθοδηγεί το... παίξιμο των μουσικών. «Εάν κάποιος πυροβολήσει τον μαέστρο, τα μέλη της ορχήστρας

θα συνεχίσουν να παίζουν, ωστόσο το καθένα με τον δικό του ρυθμό με αποτέλεσμα να χαθεί η αρμονία του συνόλου» αναφέρει ο Φόστερ. Άτομα των οποίων ο SCN σταματά να λειτουργεί εξαιτίας τραυματισμού ή ασθένειας χάνουν τον τακτικό 24ωρο κύκλο τους. Δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι τόσο η φυσική όσο και η νοητική μας κατάσταση εμφανίζουν μεγάλες διακυμάνσεις ανάλογα με την ώρα της ημέρας. Για παράδειγμα, η θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος είναι στο χαμηλότερο σημείο της γύρω στις 4.30 π.μ., αυξάνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας και φθάνει στο ανώτατο σημείο της γύρω στις 7 μ.μ. Και τα επίπεδα της αδρεναλίνης αυξομειώνονται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι αλλαγές αυτές επιδρούν στο πώς αποδίδουμε σε διαφορετικά καθημερινά καθήκοντα. «Υπάρχουν αρκετά στοιχεία που μαρτυρούν ότι οι κίρκαδικοί ρυθμοί ορίζουν πολλές πτυχές των ανθρώπινων επιδόσεων, συμπεριλαμβανομένων των αθλητικών» αναφέρει ο Τζιμ Γουότερχαους από το Πανεπιστήμιο Liverpool John Moores στη Βρετανία. Καθώς η θερμοκρασία του σώματος και τα επίπεδα της αδρεναλίνης ανεβαίνουν το απόγευμα, οι φυσικές επιδόσεις τείνουν να βελτιώνονται. Την ίδια στιγμή όμως η ικανότητα να φέρνουμε εις πέρας πολύπλοκες πνευματικές «αποστολές», όπως η λήψη δύσκολων αποφάσεων, μειώνεται όσο περνούν οι ώρες της ημέρας. Δεν ακολουθούν όμως όλοι οι άνθρωποι το ίδιο μοτίβο. Ορισμένοι είναι πρωινοί τύποι, που σημαίνει ότι προτιμούν να ξυπνούν νωρίς και να κοιμούνται επίσης νωρίς το βράδυ, ενώ άλλοι είναι βραδινοί τύποι, δυσκολεύονται δηλαδή να λειτουργήσουν το πρωί, αλλά «μεγαλοουργούν» τη νύχτα. Αυτοί οι «χρονότυποι» προσδιορίζονται σε μεγάλο βαθμό από τα γονίδια, ενώ το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού βρίσκεται κάπου ανάμεσα στις δύο κατηγορίες. Στο απώτατο άκρο αυτού του φάσματος υπάρχουν κάποια άτομα με μια σπάνια αλλά θεραπεύσιμη διαταραχή που ονομάζεται οικογενές σύνδρομο προηγμένης φάσης ύπνου (familial advanced sleep-phase syndrome, FASPS). Τα συγκεκριμένα άτομα ξυπνούν τις πρώτες πρωινές ώρες και κοιμούνται πολύ νωρίς το βράδυ. Γνωρίζουμε πλέον ότι το σύνδρομο FASPS προκαλείται από μία και μόνο μετάλλαξη σε ένα γονίδιο που ονομάζεται PER2 και το οποίο είναι ένα από τα «χρονογονίδια» που είναι υπεύθυνα για το «κούρδισμα» του SCN.

3.6.2.3 ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΡΥΘΜΙΣΟΥΜΕ ΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΜΑΣ ΡΟΛΟΙ;

Μπορεί επίσης κάποιος να... βάλει μπροστά το ρολόι τού οργανισμού του μέσω της έκθεσης σε έντονο φως νωρίς το πρωί, αν και πρώιμα ερευνητικά στοιχεία μαρτυρούν ότι το βιολογικό ρολόι κάποιων ανθρώπων αντιστέκεται περισσότερο στο «κούρδισμα» σε σύγκριση με άλλους, αναφέρει ο Στίβεν Μπράουν του Πανεπιστημίου της Ζυρίχης στην Ελβετία. Αυτό μπορεί να εξηγήσει γιατί κάποιοι

άνθρωποι είναι πιο επιρρεπείς στο τζετ λαγκ και τους είναι πιο δύσκολο να προσαρμοστούν στην εργασία σε βάρδιες σε σύγκριση με άλλους. Και η ηλικία μπορεί να προκαλέσει βαθιές αλλαγές στο βιολογικό ρολόι. Τα πιο ηλικιωμένα άτομα συνηθίζουν να κοιμούνται λιγότερο και να ξυπνούν νωρίτερα. Ο Μπράουν και οι συνεργάτες του ανακάλυψαν μάλιστα πρόσφατα έναν παράγοντα στο αίμα ηλικιωμένων ατόμων ο οποίος παρεμβαίνει στους κερκαδικούς ρυθμούς των δερματικών κυττάρων κάνοντας τα κύτταρα να «ξυπνούν» νωρίτερα, όπως αναφέρουν σε δημοσίευσή τους που έγινε στην επιθεώρηση «Proceedings of the National Academy of Sciences».

Αυτή η ανακάλυψη μαρτυρεί ότι είναι ίσως πιθανόν να αναπτύξουμε φάρμακα που θα μετατρέπουν τις «κουκουβάγιες» σε «πτεινούς» και το αντίστροφο. «Κάτι τέτοιο θα ήταν χρήσιμο όχι μόνο για τα γηραιότερα άτομα, αλλά και για εκείνους που εργάζονται σε βάρδιες καθώς και για όσους πάσχουν από σύνδρομο ύπνου» σημειώνει ο Μπράουν. Ακόμη και αν αυτό συμβεί μην ελπίζετε πάντως ότι οι νυσταγμένοι έφηβοι θα αποκτήσουν κάποια ημέρα μάτι-«γαρίδα» στις 9 το πρωί.

Η σύνθεση της μελατονίνης πραγματοποιείται από ερεθίσματα που προέρχονται από το ΥΧΠ κατά τη διάρκεια του σκότους και αναστέλλεται από το περιβάλλον φως το οποίο προσλαμβάνεται από τον αμφιβληστροειδή. Κατά συνέπεια, η ενδογενής μελατονίνη εκκρίνεται λίγο μετά την έναρξη του σκότους, κορυφώνεται στο μέσον της νύκτας και στη συνέχεια βαθμιαία μειώνεται κατά τη διάρκεια της νύκτας. Η μελατονίνη δρα σαν ένα ενδογενές σήμα σκότους στον οργανισμό και έτσι αναρυθμίζει το βιολογικό ρολόι, προάγοντας και ρυθμίζοντας τον ύπνο κατά τρόπο φυσιολογικό. Η μελατονίνη είναι ένας σημαντικός φυσιολογικός ρυθμιστής του ύπνου. Ο κερκάδιος ρυθμός της σύνθεσης και της έκκρισης της μελατονίνης συσχετίζεται στενά με τον ρυθμό του ύπνου τόσο σε φυσιολογικά όσο και σε τυφλά άτομα. Η απότομη αύξηση της επιθυμίας για ύπνο τη νύκτα (που επίσης ορίζεται ως άνοιγμα της πύλης ύπνου) συνήθως παρατηρείται δύο ώρες μετά την έναρξη της ενδογενούς παραγωγής μελατονίνης στον άνθρωπο. Σε ορισμένα τυφλά άτομα, η μελατονίνη φαίνεται ότι ρυθμίζει πλήρως το ρολόι τους. Χάρη στην δράση να προάγει τον ύπνο, η μελατονίνη μπορεί να βελτιώσει τον ύπνο σε άτομα που εργάζονται σε νυκτερινές βάρδιες και που προσπαθούν να κοιμηθούν κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Υπάρχει στενή αλληλεπίδραση μεταξύ του κύκλου ύπνου - αφύπνισης και άλλων κερκαδικών ρυθμών όπως είναι η θερμοκρασία του οργανισμού, η αρτηριακή πίεση, ο ρυθμός του ανοσοποιητικού και οι ορμονικοί ρυθμοί, που οδηγούν στην βελτιστοποίηση της εσωτερικής χρονικής σειράς. Με την ηλικία, το κερκάδιο σύστημα επιδεινώνεται και η παραγωγή της μελατονίνης το βράδυ

επίσης μειώνεται. Παράλληλα, ο επιπολασμός των διαταραχών ύπνου αυξάνει.

3.6.2.4 ΜΕΛΑΤΟΝΙΝΗ ΚΑΙ ΨΥΧΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ

Η μελατονίνη αποτελεί ορμονικό προϊόν της επίφυσης και εμφανίζει έναν ημερήσιο ρυθμό έκκρισης που συγχρονίζεται με τον κύκλο φωτός σκότους. **Η σύνθεση και η έκκρισή της εξαρτώνται κυρίως από τα επίπεδα σεροτονίνης και το νοραδρενεργικό σύστημα, αντιστοίχως. Τα χαρακτηριστικά αυτά καθιστούν τη μελατονίνη χρήσιμο δείκτη τόσο του ενδογενούς βιορρυθμού του οργανισμού όσο και της λειτουργικής κατάστασης του σεροτονινεργικού και νοραδρενεργικού συστήματος που συχνά διαταράσσονται στις διάφορες ψυχικές παθήσεις. Μεταβολές των επιπέδων και του ρυθμού της μελατονίνης έχουν αναφερθεί σε πολλές περιπτώσεις, αλλά κατά κύριο λόγο στην περίπτωση των συναισθηματικών διαταραχών και των διαταραχών του ημερήσιου ρυθμού ύπνου - εγρήγορσης, όπου έχουν γίνει και οι πλέον εκτεταμένες μελέτες.** Οι παρατηρούμενες αποκλίσεις από το φυσιολογικό δεν είναι δυνατόν προς το παρόν να συσχετισθούν αιτιολογικά με συγκεκριμένες ψυχικές διαταραχές και πιθανόν να αποτελούν επιφαινόμενο της υποκείμενης παθοφυσιολογικής δυσλειτουργίας. Εν τούτοις, η περαιτέρω διερεύνηση της εμπλοκής της μελατονίνης σε διάφορες ψυχοπαθολογικές καταστάσεις μπορεί να υποβοηθήσει στη διευκρίνιση των βιολογικών μηχανισμών τους και σε ορισμένες από αυτές να χρησιμεύσει στη θεραπευτική αντιμετώπισή τους.

Η σημασία της επίφυσης ή κωναρίου και της μελατονίνης που αποτελεί το βασικότερο μεταβολικό προϊόν της παραμένει σε μεγάλο βαθμό άγνωστη, παρά την πρόοδο που έχει σημειωθεί τις τελευταίες δεκαετίες σχετικά με το φυσιολογικό ρόλο της ορμόνης αυτής στη λειτουργία πολλών συστημάτων.

Το κύριο χαρακτηριστικό της μελατονίνης είναι η περιοδική παραγωγή και έκκρισή της, που βρίσκεται κάτω από τον έλεγχο ενός σιρκαδιανού (ημερήσιου) ρολογιού που έχει την έδρα του στους υπερχιασματικούς πυρήνες του υποθαλάμου και συγχρονίζεται με τον κύκλο του φωτός - σκότους. **Η σύνθεση και έκκριση της μελατονίνης γίνεται αποκλειστικά κατά τη διάρκεια της νύκτας και αναστέλλεται πλήρως κατά την έκθεση στο φως της ημέρας.** Η νοραδρεναλίνη, μέσω νευρώνων του συμπαθητικού νευρικού συστήματος, είναι ο κύριος ρυθμιστής της παραγωγής και έκκρισης της ορμόνης, μέσω της μετατροπής της σεροτονίνης από το ένζυμο N-ακετυλοτρανσφεράση σε N-ακετυλοσεροτονίνη και τελικά σε

μελατονίνη. Η ρυθμική 24ωρη διακύμανση των επιπέδων της μελατονίνης καθορίζεται από την περιοδική αυτορρυθμιζόμενη μεταγραφή ενός ωρολογιακού γονιδίου (clock gene), που αναστέλλει την έκκριση της νοραδρεναλίνης στο επίπεδο της επίφυσης, προκαλώντας μείωση της παραγωγής της μελατονίνης. **Μετά την παραγωγή της από τα επιφυσιοκύτταρα, η μελατονίνη διαχέεται σε όλους τους ιστούς του σώματος και επιδρά πολλαπλώς σε διάφορα συστήματα και λειτουργίες του οργανισμού.** Η δράση της διαμεσολαβείται από ειδικούς υψηλής συγγένειας υποδοχείς για τη μελατονίνη που βρίσκονται στις κυτταρικές μεμβράνες. Μέχρι σήμερα έχουν απομονωθεί τρεις υπότυποι υποδοχέων της μελατονίνης με βάση τη διαφορετική μοριακή δομή τους (Mel1a, Mel1b και Mel1c).

Η σημασία της μελατονίνης στη φυσιολογία του οργανισμού δεν έχει ακόμη επαρκώς διευκρινισθεί. Βέβαιη θεωρείται η συμμετοχή της στους μηχανισμούς ρύθμισης του ύπνου, στη θερμορρύθμιση, σε διάφορους νευροενδοκρινικούς μηχανισμούς που αφορούν κυρίως στην αναπαραγωγή, στην ανοσολογική απάντηση του οργανισμού, στην αντιοξειδωτική προστασία του οργανισμού και στις διεργασίες της γήρανσης και, τέλος, στη ρύθμιση της λειτουργίας του καρδιακού μυός και του τόνου των αγγείων. Στο πλαίσιο αυτό έχουν αναφερθεί διαταραχές στην έκκριση της μελατονίνης σε καταστάσεις, όπως οι διαταραχές του ημερήσιου ρυθμού ύπνου εγρήγορσης, οι νεοπλασίες (π.χ. καρκίνος του μαστού, των ωοθηκών, του προστάτη), διάφορα νευρολογικά νοσήματα (π.χ. επιληψία, νόσος του Alzheimer, ημικρανία), και ορισμένες ενδοκρινικές διαταραχές (π.χ. υποθαλαμική αμηνόρροια). Στις ενότητες που ακολουθούν γίνεται αναφορά στα βασικότερα ευρήματα που αφορούν τη μελατονίνη και τις ψυχιατρικές διαταραχές, και όπου είναι εφικτό αποπειρώνται κάποιες παθοφυσιολογικές ερμηνείες των ευρημάτων.

3.6.2.5 ΜΕΛΑΤΟΝΙΝΗ – ΥΠΝΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΤΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΥΠΝΟΥ-ΕΓΡΗΓΟΡΣΗΣ

Η ομάδα των διαταραχών του ημερήσιου ρυθμού ύπνου-εγρήγορσης περιλαμβάνει το σύνδρομο καθυστέρησης της φάσης του ύπνου (delayed sleep phase syndrome), το σύνδρομο αλλαγής χρονικής ζώνης (jet lag), τη διαταραχή του ύπνου από μεταβαλλόμενο ωράριο εργασίας (shift work) και άλλες διαταραχές του ρυθμού ύπνου - εγρήγορσης. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η μόνιμη ή επαναλαμβανόμενη διαταραχή του ύπνου, η οποία οδηγεί σε υπερβολική υπνηλία ή αϋπνία και οφείλεται σε έλλειψη συγχρονισμού μεταξύ του προγράμματος ύπνου - εγρήγορσης που επιβάλλεται από τις ανάγκες του περιβάλλοντος και του ενδογενούς σιρκαδιανού ρυθμού του ατόμου. Διαταραχές αυτού του τύπου, αποκλεισμένων

εκείνων που εμφανίζονται στα πλαίσια άλλης ψυχικής ή σωματικής νόσου, είναι συχνές σε ηλικιωμένα άτομα, σε διηπειρωτικά ταξίδια, στους εργαζόμενους με βάρδιες και στους τυφλούς. Η χορήγηση μελατονίνης για βηματοδότηση και επανασυγχρονισμό του ενδογενούς βιορρυθμού αναφέρεται ότι έχει πολύ καλά θεραπευτικά αποτελέσματα στις καταστάσεις αυτές. Εκτός από τις υπναγωγές ιδιότητές της, που εκδηλώνονται περίπου μία ώρα μετά τη χορήγησή της, η μελατονίνη δρα και ως "χρονοβιοτική" ("chronobiotic") ουσία, δηλαδή επαναβηματοδοτεί τους αποσυγχρονισμένους ρυθμούς του οργανισμού διά μετατοπίσεως (phase shifting) της ενδογενούς εκκρίσεως της ίδιας, άλλων ορμονών και του ημερήσιου ρυθμού της θερμοκρασίας, δρώντας στο επίπεδο του σιρκαδιανού βηματοδότη.

4

**<< Διάφορα θέματα του φωτισμού που επηρεάζουν
την ψυχολογία του ανθρώπου >>**

Όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο η επίδραση του φωτός στον οργανισμό του ανθρώπου, επιφέρει μεγάλες αλλαγές στην ψυχολογία του, βάσει του επηρεασμού της μελατονίνης και του κιρκαδικού ρυθμού, δηλαδή του βιολογικού μας ρολογιού.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε και άλλες παραμέτρους οι οποίες επηρεάζουν την ψυχολογία του ανθρώπου και αυτές είναι:

- Η **φωτορύπανση**, η οποία, όσον αφορά τον άνθρωπο, ανάγεται στην θάμβωση και την ορμόνη μελατονίνη.
- Η **θάμβωση** και η **κακή επιλογή** για την τοποθέτηση των φωτιστικών σημείων, που τελικά ανάγεται και αυτή στην θάμβωση.
- Η **ισορροπία** μεταξύ της **έντασης του φωτισμού** και της **θερμοκρασίας χρώματος**.

4.1 ΦΩΤΟΥΡΥΠΑΝΣΗ

Η εξέλιξη της τεχνολογίας του φωτισμού αποτελεί την ιστορία της τεχνολογικής προόδου του ανθρώπου. Παρενέργεια αυτής της τεχνολογίας, μια ιδιαίτερη μορφή ρύπανσης, αποτελεί ο υπερβολικός φωτισμός. Η φωτεινή ρύπανση εμποδίζει την παρατήρηση του νυχτερινού ουρανού, επηρεάζει τους βιολογικούς ρυθμούς των έμβιων όντων και είναι αιτία πρόκλησης ατυχημάτων. Παράλληλα, το εκπεμπόμενο προς τον ουρανό φως, αποτελεί σημαντική ενεργειακή απώλεια.

Για εκατομμύρια χρόνια, τα πλάσματα της φύσης ζούσαν (και ζουν) ακολουθώντας τις ημερήσιες εναλλαγές του φωτός και του σκότους. Ο άνθρωπος, όμως, ήταν το πρώτο και μοναδικό είδος (τουλάχιστον μέχρι σήμερα) που ξέφυγε από αυτόν το φυσικό καταναγκασμό και επέκτεινε την δράση και την ιστορία του στο σκοτεινό τμήμα του εικοσιτετραώρου. Η ιστορία του ανθρώπινου είδους αλλάζει δραματικά και ραγδαία με την τιθάσευση της φωτιάς και την χρήση των πρώτων τεχνητών φωτιστικών πηγών. Στην αρχή, η γυμνή φλόγα της ανοιχτής εστίας χρησιμοποιήθηκε και για να φωτίζει. Στην συνέχεια, και μέσα από την αργή εξέλιξη χιλιάδων χρόνων (βλέπε πλαίσιο) η φλόγα, γυμνή ή καλυμμένη, παρέμεινε το μόνο και κύριο μέσο φωτισμού. Έπρεπε να φτάσουμε στον 19^ο αιώνα για να σημειωθεί η μεγάλη επανάσταση στον τεχνητό φωτισμό: η εφεύρεση του ηλεκτροφωτισμού. Το 1878, στην Διεθνή Έκθεση του Παρισιού, παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά ηλεκτρικά φωτιστικά σώματα, τα οποία λειτουργούσαν με ηλεκτρικό τόξο. Τα φωτιστικά αυτά γνώρισαν μεγάλη επιτυχία και διαδόθηκαν ταχύτατα χρησιμοποιούμενα, κυρίως, ως

φωτιστικά δρόμων. Τον Οκτώβριο του ίδιου χρόνου διεξήχθη στην Αγγλία, για πρώτη φορά αγώνας ποδοσφαίρου με τεχνητό φωτισμό. Τον επόμενο Οκτώβριο ο Έντισον τελειοποιεί τον λαμπτήρα πυράκτωσης. Παρεμπιπτόντως, η Αθήνα ηλεκτροφωτίζεται το 1889 (1). Τα Ανάκτορα – η σημερινή Βουλή – είναι το πρώτο κτίριο στην Ελλάδα που ηλεκτροφωτίζεται.

Η διάδοση του ηλεκτροφωτισμού, στη συνέχεια, είναι ραγδαία. Από χρόνο σε χρόνο, η εξελισσόμενη τεχνολογία του φωτισμού παρέχει νέες και αποδοτικότερες τεχνικές και συσκευές φωτισμού. Το φωτεινό τμήμα του ημερονυκτίου επιμηκύνεται κατά βούληση και στα κέντρα των μεγαλουπόλεων πρακτικά δεν νυκτώνει ποτέ. Η ζωή δισεκατομμυρίων ανθρώπων αλλάζει μόνιμα και συνδέεται άρρηκτα με το τεχνητό φως. Στις ανεπτυγμένες (αλλά και στις αναπτυσσόμενες) χώρες η ζωή κυριολεκτικά είναι αδιανόητη, αν όχι αδύνατη, χωρίς το ηλεκτρικό φως. Η τάση μάλιστα που επικρατεί είναι όλο και περισσότερο φως τις νυχτερινές ώρες.

Τα τελευταία χρόνια, όμως, άρχισε να αναπτύσσεται έντονος σκεπτικισμός τον οποίο διαδέχθηκε ακόμα εντονότερος προβληματισμός. Η γενικότερη ευαισθητοποίηση στα θέματα περιβάλλοντος συμπεριελάμβανε, πλέον, και τον αφύσικο νυκτερινό φωτισμό. Ο υπερβολικός φωτισμός έπαυσε να θεωρείται ένα ανώδυνο παρακολούθημα του σύγχρονου τρόπου ζωής και αποτελεί έναν επιπλέον ρύπο.

4.1.1 ΤΟ ΦΩΣ ΠΟΥ ΕΝΟΧΛΕΙ

Το φαινόμενο του υπερφωτισμού δεν είναι ένα απλό γνώρισμα των αστικών περιοχών. Είναι άμεσα συνυφασμένο με την οικονομική, κοινωνική και πολιτιστική ζωή των πόλεων. Το φαινόμενο αυτό δεν περιορίζεται, όμως, μόνο στις πόλεις. Η άνοδος του βιοτικού επιπέδου στις δυτικές κοινωνίες, χωρίς την παράλληλη δημιουργία πολιτισμικών συνηθειών ικανών να ενσωματώνουν με περιβαλλοντική ευαισθησία την τεχνολογική πρόοδο, έχει διασπείρει το πρόβλημα αυτό και στις ημιαστικές περιοχές. Δεν έχει μείνει ανέγγιχτη ούτε η ύπαιθρος εξαιτίας της μίμησης των αστικών προτύπων και της ταχύτατης διάχυσης των συνηθειών.

Η φωτεινή ρύπανση, ο ενοχλητικός ή απλά ανεπιθύμητος φωτισμός, είναι εύκολα αναγνωρίσιμος στο νυκτερινό περιβάλλον. Οι κύριες πηγές του είναι ο οδικός φωτισμός, οι διαφημιστικές κατασκευές, ο φωτισμός ασφαλείας εξωτερικών χώρων, ο φωτισμός αθλητικών εγκαταστάσεων κλπ. Η οπτική ενόχληση που προκαλείται από αυτές τις φωτεινές πηγές μπορεί να συνοδεύεται από σημαντικότερες παρενέργειες. Η θάμβωση από εξαιρετικά λαμπρές πηγές φωτός που βρίσκονται στο οπτικό πεδίο του παρατηρητή

μπορεί να προκαλέσει προσωρινή τύφλωση. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για άτομα ηλικιωμένα ή με αδύνατη όραση.

Το έντονο θάμβος των λαμπτήρων φωτισμού των δρόμων των πόλεων, οι εκθαμβωτικά φωτισμένες βιτρίνες (ακόμη και τις ώρες που δεν κυκλοφορούν οι πελάτες) και οι περίεργα φωτισμένες όψεις των κτιρίων (με φωτισμό που πολλές φορές παραμορφώνει την αρχιτεκτονική του κτιρίου και το κάνει αγνώριστο) μας στερούν και μια σημαντική αισθητική εμπειρία, τη θέα του έναστρου ουρανού. Σε όλες τις σύγχρονες πόλεις, μόνο ένας μικρός αριθμός άστρων είναι ορατός. Στο κέντρο μάλιστα των μεγαλουπόλεων, μόνο η Σελήνη είναι ορατή. Αυτό οφείλεται στη σκέδαση του φωτός στα σωματίδια που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα ο αέρας πάνω από τις πόλεις να «φωτοβολεί» και να καταπνίγει το φως των άστρων. Το φαινόμενο αυτό, είναι περισσότερο γνωστό ως φωτορύπανση (light pollution). Η φωτορύπανση είναι ιδιαίτερα έντονη στις πόλεις αφού συνυπάρχουν οι σκεδαστές του φωτός (οι διάφοροι ρύποι) με την πληθώρα των φωτεινών πηγών.

4.1.2 ΦΩΤΟΥΠΑΝΣΗ – ΤΕΧΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η φωτεινότητα του νυχτερινού ουρανού προκύπτει από την υπέρθεση δύο φαινομένων. Από τον φυσικό νυχτερινό φωτισμό και τις τεχνητές πηγές φωτισμού. Οι κύριες πηγές φυσικού φωτισμού τη νύκτα είναι:

- Η Σελήνη. Είναι η σημαντικότερη συνιστώσα φωτισμού του νυχτερινού ουρανού. Στην πραγματικότητα πρόκειται για ηλιακό φως που αφού προσπέσει στη σεληνιακή επιφάνεια σκεδάζεται προς όλες τις κατευθύνσεις.
- Ο Ήλιος. Το ηλιακό φως που σκεδάζεται γύρω από τα όρια της γήινης επιφάνειας, όταν ο ήλιος βρίσκεται κάτω από τον ορίζοντα, αποτελεί μια σημαντική συνιστώσα του φυσικού νυχτερινού φωτισμού. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο κατά το λυκόφως ή το λυκαυγές, λιγότερο φανερό κατά το ναυτικό λυκόφως ή λυκαυγές και μόλις παρατηρήσιμο κατά το αστρονομικό λυκόφως ή λυκαυγές.
- Οι πλανήτες και τα άστρα. Το φως των πλανητών και των άστρων είναι σημαντικό μόνο τις ασέληνες νύκτες.
- Το ζωδιακό φως. Το ηλιακό σύστημα περιέχει σωματίδια σκόνης τα οποία σκεδάζουν το ηλιακό φως. Ποσότητα αυτού του φωτός, που ονομάζεται ζωδιακό φως, προσπίπτει στη Γη. Το ζωδιακό φως είναι ορατό μόνο τις εξαιρετικά σκοτεινές νύκτες.

- Ατμοσφαιρική φωταύγεια. Τα ανώτερα τμήματα της ατμόσφαιρας και κυρίως η ιονόσφαιρα, φωτοβολούν εξαιτίας φωτοχημικών και άλλων φαινομένων που σχετίζονται με τον ηλιακό άνεμο, το μαγνητικό πεδίο της Γης κλπ. Η φωταύγεια της ατμόσφαιρας, αν και ασθενής, είναι υπεύθυνη για το 1/6 του νυκτερινού φωτισμού τις ασέληνες νύκτες.
- Γαλαξιακό και κοσμικό φως. Το φως που προέρχεται από τον Γαλαξία μας καθώς και από άλλους γαλαξίες πέρα από τον δικό μας.

Σημαντικό ρόλο στο φως της νύκτας παίζει η ατμόσφαιρα, η οποία απορροφά ή σκεδάζει το φως που προέρχεται από τις παραπάνω πηγές. Γενικά, όμως, πρέπει να παρατηρήσουμε ότι οι παραπάνω πηγές φωτός, αν και συνυπάρχουν, δεν παρατηρούνται ταυτόχρονα. Οι ασθενέστερες από αυτές κάνουν αισθητή την παρουσία τους μόνο τις σκοτεινές νύκτες και εφόσον οι συνθήκες ορατότητας είναι εξαιρετικά καλές. Η φυσική νυκτερινή λαμπρότητα εξαρτάται από τη γεωγραφική θέση του τόπου, την ηλιακή δραστηριότητα, την ώρα και την παρατηρούμενη επιφάνεια του ουρανού. Όταν η τεχνητή νυκτερινή λαμπρότητα υπερβεί το 10% της φυσικής νυκτερινής λαμπρότητας, ο νυκτερινός ουρανός θεωρείτε φωτορυπασμένος.

Στενά συνδεδεμένη με την φωτορύπανση του νυκτερινού ουρανού είναι η ικανότητα παρατήρησης των άστρων και ιδιαίτερα των αμυδρότερων από αυτά. Το «μέγεθος» του ουρανού είναι μια κλίμακα μεταξύ 1 και 7 που ορίζει τη σχετική ορατότητα των άστρων ή τη σκοτεινότητα του ουρανού. Τα αμυδρότερα ορατά με γυμνό μάτι ουράνια σώματα μπορούν να παρατηρηθούν με μέγεθος ουρανού 7. Η ίδια κλίμακα προσδιορίζει και τον βαθμό φωτορύπανσης μιας περιοχής. Εκτίμηση της φωτορύπανσης σε μια περιοχή μπορεί να γίνει με την βοήθεια ορατών άστρων σε γνωστούς αστερισμούς όπως, π.χ., της Μεγάλης ή της Μικρής Άρκτου. Για ακριβέστερο προσδιορισμό του μεγέθους της φωτορύπανσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολυπλοκότερες τεχνικές που λαμβάνουν υπόψη τον αριθμό των ορατών άστρων.

4.1.3 Η ΦΩΤΟΥΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Το φαινόμενο του υπερβολικού φωτισμού είναι ιδιαίτερα έντονο, όπως άλλωστε είναι αναμενόμενο, στα μεγάλα αστικά κέντρα: Αθήνα, Πειραιά και Θεσσαλονίκη. Η μέση ένταση φωτισμού στις πόλεις αυτές είναι μεταξύ 5 και 15 lux σε όλους τους δρόμους, λιγότερο ή περισσότερο εμπορικούς. Σε ορισμένες περιοχές η στάθμη φωτισμού φτάνει τα 30 lux ενώ σε κομβικά σημεία μετρήθηκε στάθμη φωτισμού 52 lux. Υπάρχει μάλιστα τάση για ακόμα μεγαλύτερες στάθμες φωτισμού. Και στις τρεις προηγούμενες πόλεις χρησιμοποιούνται φωτιστικά οδικού φωτισμού κυρίως με

λαμπτήρες νατρίου (υψηλής ή χαμηλής πίεσης). Στην Αθήνα παρέχεται συμπληρωματικός, διακοσμητικός, φωτισμός με τα γνωστά, παραδοσιακού τύπου, φωτιστικά νατρίου. Η ενόχληση από τον υπερβολικό οδικό φωτισμό επιτείνεται από τη συνύπαρξη φωτεινών υπαίθριων διαφημίσεων, υπερβολικά φωτισμένων βιτρινών και αρχιτεκτονικού φωτισμού κτιρίων. Το συνδυασμένο αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι η ενόχληση των κατοίκων καθώς και η έντονη φωτορύπανση. Η επεξεργασία εικόνων που έχουν ληφθεί από δορυφόρους δείχνει ότι η φωτορύπανση είναι έκδηλη σε ολόκληρη την Ελλάδα και ιδιαίτερα έντονη στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης. Ελάχιστες περιοχές, κυρίως ορεινές και νησιωτικές, παραμένουν απρόσβλητες από τον τεχνητό νυκτερινό φωτισμό. Όπως, μάλιστα, μπορούμε να διαπιστώσουμε, η «μόλυνση» από τα φώτα των αστικών περιοχών «ταξιδεύει» σε γειτονικές περιοχές και φτάνει σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Εφαρμόζοντας τον νόμο του Walker στην περίπτωση της πρωτεύουσας, προκύπτει ότι ο ουρανός, σε τόπους απομακρυσμένους μέχρι και 130 km, ρυπαίνεται από τα φώτα της Αθήνας.

4.1.4 ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ, ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΕΓΚΛΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Ο φωτισμός των δημόσιων χώρων, σχεδόν αποκλειστικά, υπάρχει για λόγους δημόσιας ασφάλειας. Δηλαδή για την αποτροπή ή τον περιορισμό των εγκληματικών ενεργειών. Έχουν γίνει αρκετές έρευνες προκειμένου να επιβεβαιωθεί με επάρκεια η προηγούμενη πρόταση. Τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών είναι αλληλοσυγκρουόμενα. Η αύξηση της στάθμης του φωτισμού, σε αρκετές περιπτώσεις, οδήγησε σε μείωση των εγκληματικών δραστηριοτήτων καθώς και στην εγκατάσταση αισθήματος ασφάλειας. Ταυτόχρονα, όμως, διέσπειρε το έγκλημα στις πόλεις και μετατόπισε τις εγκληματικές δραστηριότητες σε γειτονικές κακοφωτισμένες περιοχές. Στις ίδιες έρευνες διαπιστώθηκε ότι ο υποδιπλασιασμός του φωτισμού οδηγεί σε αύξηση από 20 μέχρι 100% ορισμένων εγκληματικών δραστηριοτήτων ενώ αύξηση του φωτισμού οδήγησε σε μείωση από 40 μέχρι και 90%. Σε άλλες περιπτώσεις, όμως, φάνηκε ότι τα φώτα, απλώς, φώτιζαν την σκηνή του εγκλήματος! Σε άλλες έρευνες όμως διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική σχέση μεταξύ έντονου φωτισμού και διαρρήξεων σπιτιών. Συνεκτιμώντας τα προηγούμενα, το Αμερικανικό Υπουργείο Δικαιοσύνης έχει καταλήξει στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική απόδειξη ότι ο φωτισμός των δρόμων επιδρά στο επίπεδο (στάθμη) του εγκλήματος, υπάρχει όμως ισχυρή ένδειξη ότι ο αυξημένος φωτισμός ελαττώνει τον φόβο για το έγκλημα και εδραιώνει το αίσθημα ασφάλειας των χρηστών των δρόμων. Ιδιαίτερα θετικά επιδρά ο καλός, και όχι αναγκαστικά

πολύς, φωτισμός, δηλαδή ο φωτισμός που είναι ομοιόμορφος χωρίς νησίδες υπερφωτισμένων και αφώτιστων περιοχών.

Μια εντελώς διαφορετική προσέγγιση, και αντίθετη προς κάθε συνηθισμένη πρακτική, αποτελεί η παντελής έλλειψη νυχτερινού φωτισμού στα δημόσια κτίρια, η οποία, όπως αποδείχθηκε, αποτρέπει τους βανδαλισμούς! Αυτή η πολιτική ασφάλειας εφαρμόζεται με επιτυχία σε ολόκληρα σχολικά συγκροτήματα στις ΗΠΑ. Για παράδειγμα, η σχολική περιφέρεια του San Antonio (Texas) εφαρμόζει το πρόγραμμα «σκοτεινά σχολικά συγκροτήματα» από το 1973. Στο διάστημα αυτό, το ετήσιο κόστος αποκατάστασης των ζημιών μειώθηκε από 160.000 δολάρια στα 41.000 δολάρια. Το ενεργειακό όφελος, που – ούτως ή άλλως – συνοδεύει αυτήν την τακτική, ήταν κατά πολύ μικρότερο και αμελητέο.

4.1.5 ΦΩΤΟΥΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ

Είναι γνωστό ότι απαιτείται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα προκειμένου να προσαρμοστεί το μάτι από το φως στο σκοτάδι απ' ό,τι το αντίθετο. Ιδιαίτερα τα μάτια των ηλικιωμένων προσαρμόζονται ακόμα πιο αργά. Το υπερβολικό φως των πόλεων και η εναλλαγή περισσότερο ή λιγότερο φωτισμένων περιοχών προκαλεί συνεχείς αναπροσαρμογές του ματιού. Η αίσθηση αυτή, η οποία είναι ιδιαίτερα ενοχλητική, οδηγεί αρκετούς ανθρώπους, κυρίως μεγάλης ηλικίας, ν' αποφεύγουν την οδήγηση το βράδυ. Από την άλλη πλευρά, είναι αποδεδειγμένο ότι η αύξηση του φωτισμού μειώνει τον λόγο N/H (Νύκτα/Ημέρα) στα ατυχήματα. Η μείωση αυτή, όμως, δεν είναι γραμμική. Ο λόγος N/H αυξάνει μετά από ένα επίπεδο φωτισμού και πάνω.

4.2 Η ΘΑΜΒΩΣΗ [2]

4.2.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΘΑΜΒΩΣΗΣ [2]

Θάμβωση είναι η αίσθηση που δημιουργείται από λαμπρότητα εντός του οπτικού πεδίου και η οποία είναι αρκετά μεγαλύτερη από την λαμπρότητα στην οποία οι οφθαλμοί έχουν προσαρμοστεί και προκαλεί δυσφορία, μειωμένη οπτική ικανότητα ή και τα δύο.

Η θάμβωση μπορεί να πάρει δύο μορφές, οι οποίες κάποιες φορές συμβαίνουν ξεχωριστά και κάποιες άλλες ταυτόχρονα. Η πρώτη μορφή είναι γνωστή ως φυσιολογική θάμβωση (disability glare) και η οποία έχει ως αποτέλεσμα την μειωμένη οπτική εκτέλεση πράξεων και οπτική ικανότητα. Η δεύτερη μορφή είναι γνωστή ως ψυχολογική θάμβωση (discomfort glare) η οποία δημιουργεί αίσθημα δυσφορίας

αλλά δεν μειώνει την οπτική ικανότητα απαραίτητως. Ανεξάρτητα από την μορφή της, η θάμβωση μπορεί να είναι άμεση ή ανακλώμενη. Η άμεση θάμβωση μπορεί να προκληθεί από ένα «ιδιαιτέρως φωτεινό» φωτιστικό το οποίο θα βρεθεί εντός του οπτικού πεδίου ενός παρατηρητή.

Η ανακλώμενη θάμβωση μπορεί να εμφανίσει στην περίπτωση που ο παρατηρητής δει την ανάκλαση της προηγούμενης φωτεινής πηγής σε μια λεία επιφάνεια.

Στις εφαρμογές εσωτερικού φωτισμού η ψυχολογική θάμβωση είναι πιθανόν να αποτελέσει πρόβλημα και όχι η φυσιολογική θάμβωση. Το αίσθημα της δυσφορίας στην περίπτωση της ψυχολογικής θάμβωσης τείνει να αυξάνεται με το πέρασμα του χρόνου και συνεισφέρει στην αίσθηση άγχους του παρατηρητή.

Ο έλεγχος της άμεσης ψυχολογικής θάμβωσης από λαμπτήρες και φωτιστικά επιτυγχάνεται με τον έλεγχο της λαμπρότητας τους κατά την κατεύθυνση των οφθαλμών ενός παρατηρητή.

Η ψυχολογική θάμβωση δεν εξαρτάται μόνο από τα επίπεδα της λαμπρότητας φωτεινών πηγών αλλά και από το είδος της δραστηριότητας που λαμβάνει χώρα σε ένα εσωτερικό χώρο. Όσο πιο απαιτητική είναι μία δραστηριότητα τόσο πιο μεγάλη η ανάγκη για υψηλή συγκέντρωση. Ακόμα, όταν απαιτείται υψηλή κινητικότητα σε ένα χώρο η δυσφορία αναμένεται να είναι μικρότερη συγκριτικά με την περίπτωση που η κινητικότητα είναι ελάχιστη.

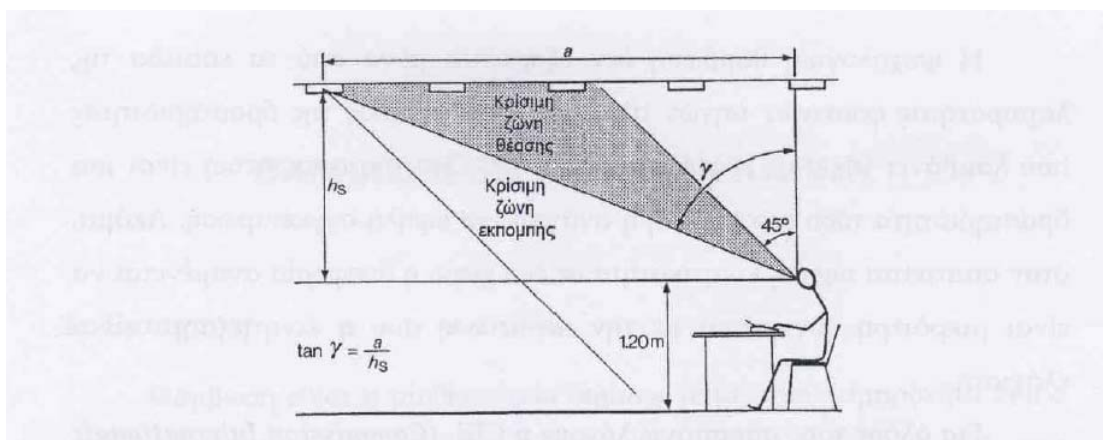
Για όλους τους παραπάνω λόγους η CIE (Commission Internationale De L'Éclairage) έχει ταξινομήσει τις εργασίες και τις δραστηριότητες σε τέσσερις ομάδες (groups) σύμφωνα με τον απαιτούμενο βαθμό ελέγχου της λαμπρότητας. Οι ομάδες είναι γνωστές και ως κλάσεις ποιότητας.

Γενικώς οι υψηλότερες τιμές λαμπρότητας εμφανίζονται στους ίδιους τους λαμπτήρες μιας εγκατάστασης φωτισμού. Λόγω των υψηλών τιμών των λαμπροτήτων, μέτρα θα πρέπει να λαμβάνονται για τον έλεγχο της λαμπρότητας κατά την κατεύθυνση των ματιών.

ΚΛΑΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ	ΕΙΔΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ή ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ
A	Πολύ ακριβείς οπτικές εργασίες
B	Εργασίες με υψηλές απαιτήσεις Εργασίες με μέτριες απαιτήσεις και ανάγκη για υψηλή συγκέντρωση
C	Εργασίες με μέτριες οπτικές απαιτήσεις και μέτριες απαιτήσεις συγκέντρωσης και συγκεκριμένος βαθμός κινητικότητας του εργαζομένου
D	Εργασίες με χαμηλά επίπεδα οπτικών απαιτήσεων και συγκέντρωσης με εργαζομένους κινούμενους συχνά εντός περιορισμένης περιοχής
E	Εσωτερικοί χώροι όπου εργαζόμενοι κινούνται από το ένα μέρος στο άλλο κάνοντας εργασίες χαμηλών οπτικών απαιτήσεων. Εσωτερικοί χώροι που δεν χρησιμοποιούνται από τους ίδιους ανθρώπους.

Πίνακας 4.1: Κλάσεις ποιότητας περιορισμού θάμβωσης κατά CIE [2].

Για τον προηγούμενο λόγο οι λαμπτήρες τοποθετούνται σε φωτιστικά, των οποίων ένας από τους ρόλους τους είναι ο περιορισμός της λαμπρότητας σε αποδεκτά όρια για τις κρίσιμες διευθύνσεις.



Σχήμα 4.1 Κρίσιμη ζώνη θέασης και αντίστοιχη εκπομπής φωτιστικού εντός των οποίων τα όρια λαμπρότητας πρέπει να παρατηρηθούν [2].

4.2.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑΣ [2]

Το σύστημα καμπυλών λαμπρότητας εκφράζει ψυχολογική θάμβωση με την βοήθεια κλάσεων ποιότητας και δίνει συστάσεις για διάφορες εργασίες και δραστηριότητες.

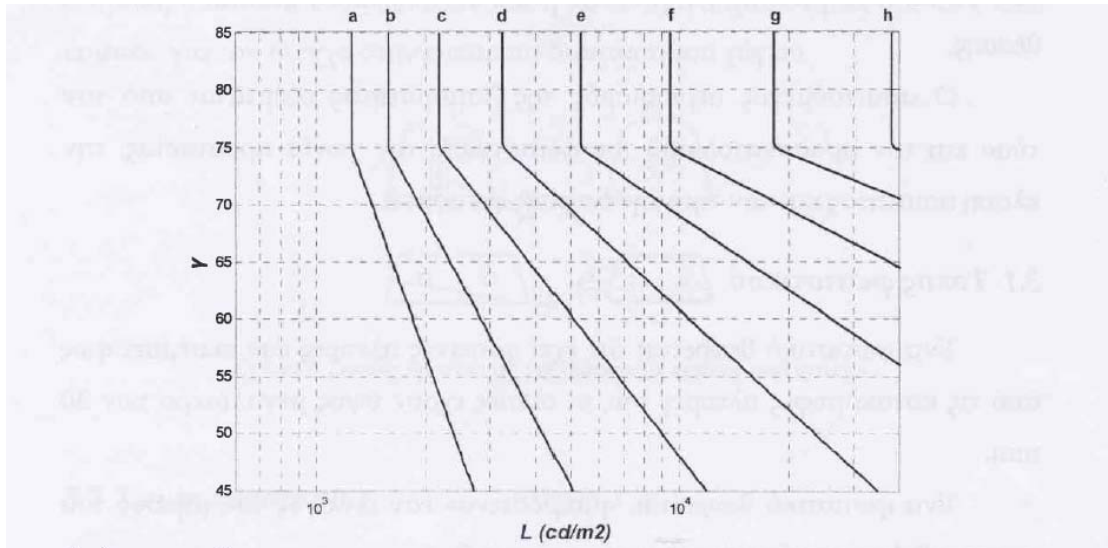
Πρόκειται για σύστημα ελέγχου το οποίο χρησιμοποιεί δυο ομάδες (σετ) καμπυλών περιορισμού της λαμπρότητας (σχήμα 2), ένα σετ για φωτιστικά με φωτεινές πλευρικές περιοχές (luminous side panels) κα ένα για φωτιστικά με μόνο οριζόντιες περιοχές.

Ένα ζευγάρι καμπυλών λαμπρότητας δίνεται για κάθε συνδυασμό κλάσης ποιότητας και έντασης φωτισμού του επιπέδου εργασίας. Εάν η λαμπρότητα του φωτιστικού δεν ξεπερνά την λαμπρότητα που καθορίζει η κατάλληλη καμπύλη περιορισμού εντός της κρίσιμης ζώνης εκπομπής (βλέπε σχήμα 1), τότε ο περιορισμός της θάμβωσης ικανοποιεί το κριτήριο για την συγκεκριμένη κλάση ποιότητας.

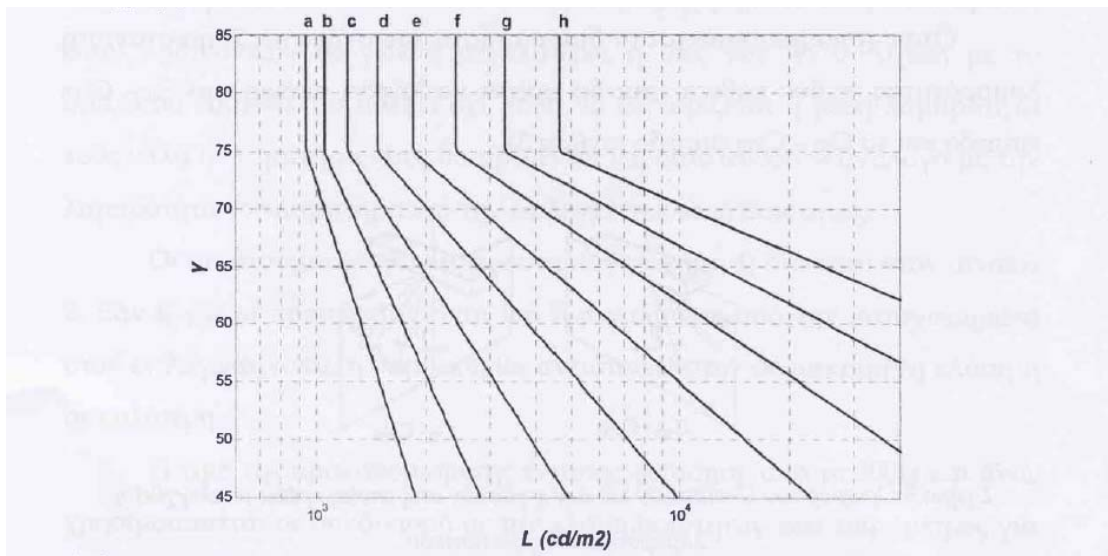
4.2.3 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΘΑΜΒΩΣΗΣ ΚΑΤΑ CIE [2]

Πρόκειται στην ουσία για το σύστημα καμπυλών λαμπρότητας σε συνδυασμό με ένα σύστημα περιορισμού γωνίας ως ένα επιπρόσθετο έλεγχο για φωτιστικά που έχουν λαμπτήρες ή εξαρτήματα ορατά εντός της κρίσιμης ζώνης θέασης. Η μέθοδος αυτή θεωρείται απλή και ιδιαίτερος πρακτική.

Κλάσεις Ποιότητας	G	Ένταση Φωτισμού (lux)							
		a	b	c	d	e	f	g	h
A	1.15	2000	1000	500	<=300				
B	1.5		2000	1000	500	<=300			
C	1.85			2000	1000	500	<=300		
D	2.2				2000	1000	500	<=300	
E	2.55					2000	1000	500	<=300



Διάγραμμα 4.1: Διάγραμμα καμπυλών λαμπρότητας για την εκτίμηση της θάμβωσης Εφαρμόζεται α) σε περιπτώσεις διευθύνσεων θέσης παράλληλων στον διαμήκη άξονα οποιοδήποτε μακρόστενου φωτιστικού και β) για φωτιστικά που δεν έχουν φωτεινές πλευρές [2].



Διάγραμμα 4.2: Διάγραμμα καμπυλών λαμπρότητας για την εκτίμηση της θάμβωσης Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις διευθύνσεων θέασης κάθετες στον διαμήκη άξονα οποιοδήποτε φωτιστικού με φωτεινές πλευρές [2].

Οι καμπύλες περιορισμού της λαμπρότητας (διάγραμμα 4.1 , 4.2) καλύπτουν με βηματικό τρόπο επίπεδα θάμβωσης τα οποία αντιπροσωπεύουν κλάσεις ποιότητας από το Α έως το Ε και διαφορετικές τιμές εντάσεως φωτισμού. Η χρησιμοποίηση του ενός ή του άλλου διαγράμματος εξαρτάται από τον τύπο του φωτιστικού και τον προσανατολισμό του σε σχέση με την διεύθυνση θέασης.

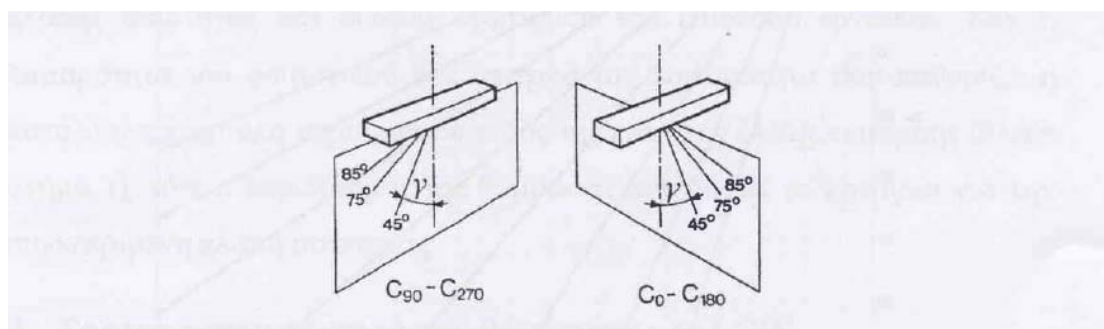
Ο απαιτούμενος περιορισμός της λαμπρότητας εξαρτάται από τον τύπο και τον προσανατολισμό του φωτιστικού, την γωνία προστασίας, την κλάση ποιότητας και την τιμή της έντασης φωτισμού.

4.2.5 ΤΥΠΟΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ [2]

Ένα φωτιστικό θεωρείται ότι έχει φωτεινές πλευρές εάν εκπέμπει φως από τις κατακόρυφες πλευρές του, οι οποίες έχουν ύψος μεγαλύτερο των 30 mm.

Ένα φωτιστικό θεωρείται «μακρόστενο» εάν ο λόγος του μήκους του προς το πλάτος του δεν είναι μικρότερος από 2:1.

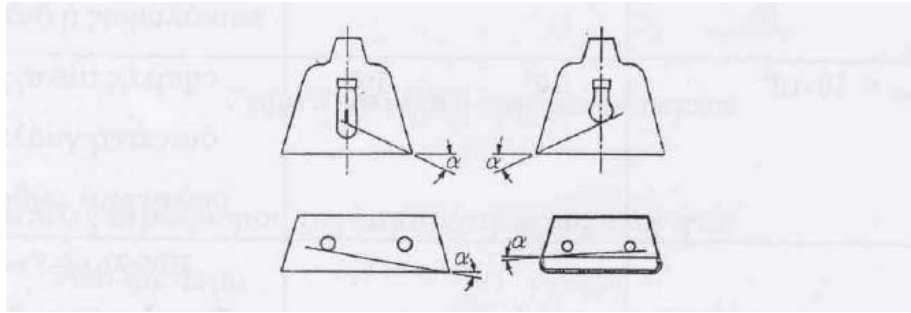
Όταν χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα του σχήματος 2, η κατανομή λαμπρότητας σε δύο κάθετα επίπεδα πρέπει να ληφθεί υπόψη: το C0 – C180 επίπεδο και το C90 – C270 επίπεδο (σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.2: Ορισμός των C-επιπέδων και των γ γωνιών στις οποίες πρέπει να ελεγχθεί η λαμπρότητα ενός φωτιστικού [2].

Όταν τα φωτιστικά τοποθετούνται με το C0 – C180 επίπεδο παράλληλο στον διαμήκη άξονα του χώρου, η κατανομή λαμπρότητας του φωτιστικού σ' αυτό το επίπεδο πρέπει να χρησιμοποιηθεί για έλεγχο του περιορισμού της θάμβωσης στην διαμήκη διάσταση του δωματίου και η κατανομή της λαμπρότητας στο C90 – C270 επίπεδο για τον έλεγχο της θάμβωσης στην εγκάρσια διάσταση του χώρου.

Όταν τα φωτιστικά τοποθετούνται με το C90 – C270 επίπεδο παράλληλο στον διαμήκη άξονα του χώρου, η κατανομή λαμπρότητας του φωτιστικού σ' αυτό το επίπεδο θα χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της θάμβωσης στην διαμήκη διάσταση του δωματίου και η κατανομή λαμπρότητας στο C0 – C180 επίπεδο για τον έλεγχο στην εγκάρσια διάσταση του χώρου.



Σχήμα 4.3: Γωνίες προστασίας για διάφορους τύπους φωτιστικών [2].

4.2.6 ΓΩΝΙΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ [2]

Για φωτιστικά των οποίων οι λαμπτήρες ή τμήματά τους είναι ορατά, όταν «φαίνονται» σε γωνίες μεγαλύτερες ή ίσες των 45° σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο, θα πρέπει όχι μόνο να περιορίζεται η μέση λαμπρότητα τους αλλά και οι λαμπτήρες τους θα πρέπει να «προστατευθούν» ανάλογα με την λαμπρότητα του λαμπτήρα και την επιλεγμένη κλάση ποιότητας.

Οι απαιτούμενες «γωνίες προστασίας» (σχήμα 4.3) δίνονται στον πίνακα 4.2. Εάν η γωνία προστασίας είναι ίση ή μεγαλύτερη από την καταχωρημένη στον εν λόγω πίνακα, η θάμβωση θα αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη κλάση ή σε καλύτερη.

Η τιμή της προκαθορισμένης έντασης φωτισμού από τα 300 lx και άνω, χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την κλάση ποιότητας σαν παράμετρος για την επιλογή της κατάλληλης καμπύλης περιορισμού της λαμπρότητας.

Εύρος λαμπρότητας cd/m^2	μέσης	Κλάση ποιότητας		Τύπος λαμπτήρα
		ABC	DE	
$L_{av} < 2 \cdot 10^4$		20	10	Φθορισμού σωληνωτός
$2 \cdot 10^4 < L_{av} < 50 \cdot 10^4$		30	20	Εκφορτίσεως υψηλής πίεσης με κώδωνα φθορίζουσας επικάλυψης ή διάχυσης
$L_{av} < 50 \cdot 10^4$		30	30	Υψηλής πίεσης με διαφανή γυάλινο σωληνωτό κώδωνα
				Πυρακτώσεως διαφανούς κώδωνα

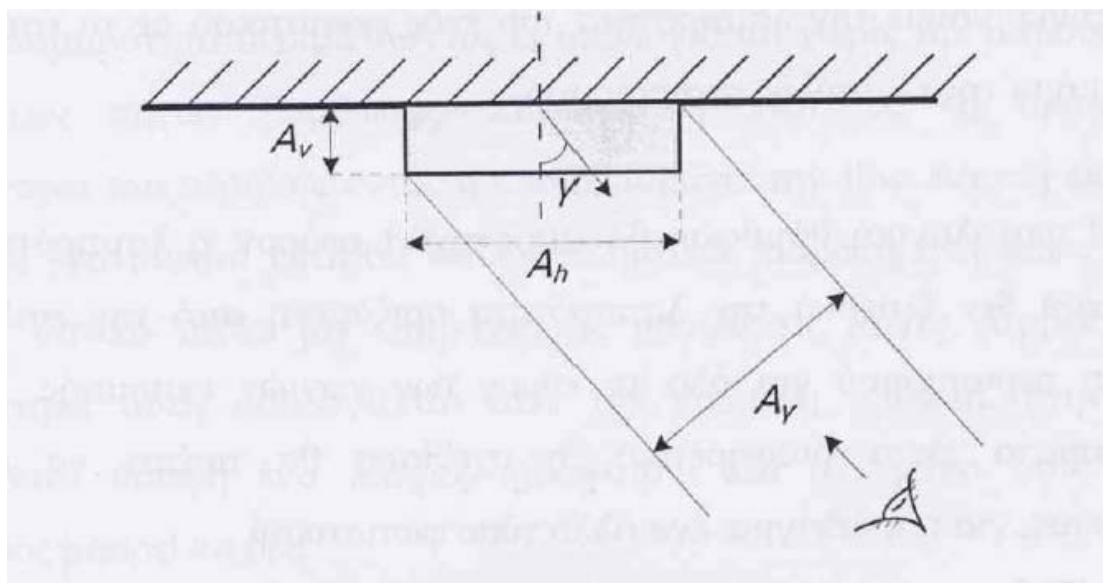
Πίνακας 4.2: Απαιτούμενες ελάχιστες γωνίες προστασίας [2].

Αντί της χρήσης των κατάλληλων κρίσιμων γωνιών (γνωστές και ως γωνίες γ), μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι λόγοι a/h_s , όπου a και h_s είναι η οριζόντια και η κάθετη απόσταση μεταξύ του ματιού του παρατηρητή και του πιο απομακρυσμένου φωτιστικού (βλέπε σχήμα 4.2). Οι τιμές αυτών των λόγων εμφανίζονται κατά μήκος της δεξιάς πλευράς των διαγραμμάτων του σχήματος 4.2.

Η διανομή λαμπρότητας των φωτιστικών στο C0 – C180 επίπεδο και στο C90 – C270 επίπεδο είναι οι αρχικές τιμές. Η μέση λαμπρότητα του φωτιστικού σε μια δοσμένη κατεύθυνση μπορεί να υπολογισθεί ως το πηλίκο της φωτεινής έντασης (I_γ) στην συγκεκριμένη κατεύθυνση προς την φαινόμενη φωτεινή επιφάνεια (A_γ) όπως παρουσιάζεται παρακάτω:

$$L_\gamma = I_\gamma / A_\gamma \quad (4.1)$$

$$A_\gamma = A_h \cos \gamma + A_v \sin \gamma \quad (4.2)$$



Σχήμα 4.4: Φαινόμενη επιφάνεια φωτιστικού [2].

Οι καμπύλες περιορισμού της λαμπρότητας ισχύουν για:

- γενικό φωτισμό
- κυρίως οριζόντιες ή κατιούσες γραμμές όρασης
- ανακλάσεις οροφής και τοίχων τουλάχιστον 0,5 και επίπλων τουλάχιστον 0,25.

Για φωτεινή οροφή ο περιορισμός της θάμβωσης είναι επαρκής εάν η λαμπρότητα της δεν ξεπερνά τις 500 cd/m² για γωνίες μεγαλύτερες των 45°.

3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΘΑΜΒΩΣΗΣ [2]

1. Υπολογίζουμε τη μέση λαμπρότητα για γωνίες μεταξύ 45° και 85° για το επιλεγμένο φωτιστικό.

2. Επιλέγουμε την κλάση ποιότητας και το επίπεδο φωτισμού που απαιτούνται για νέα εγκατάσταση.

3. Επιλέγουμε την κατάλληλη καμπύλη στο σχετικό σχεδιάγραμμα (σχήμα 2).

4. Υπολογίζουμε την μεγαλύτερη γωνία μεταξύ του επιπέδου των ματιών και του επιπέδου των φωτιστικών για το μήκος και το ύψος του δωματίου.

5. Σημειώνουμε την οριζόντια γραμμή στο διάγραμμα περιορισμού της θάμβωσης που αντιστοιχεί στην ευρεθείσα τιμή του λόγου a/hs. Το τμήμα της καμπύλης ευρισκόμενο πάνω από αυτή τη γραμμή μπορεί να αγνοηθεί.

6. Συγκρίνουμε την λαμπρότητα του ενός φωτιστικού με το επιλεγμένο τμήμα της καμπύλης περιορισμού.

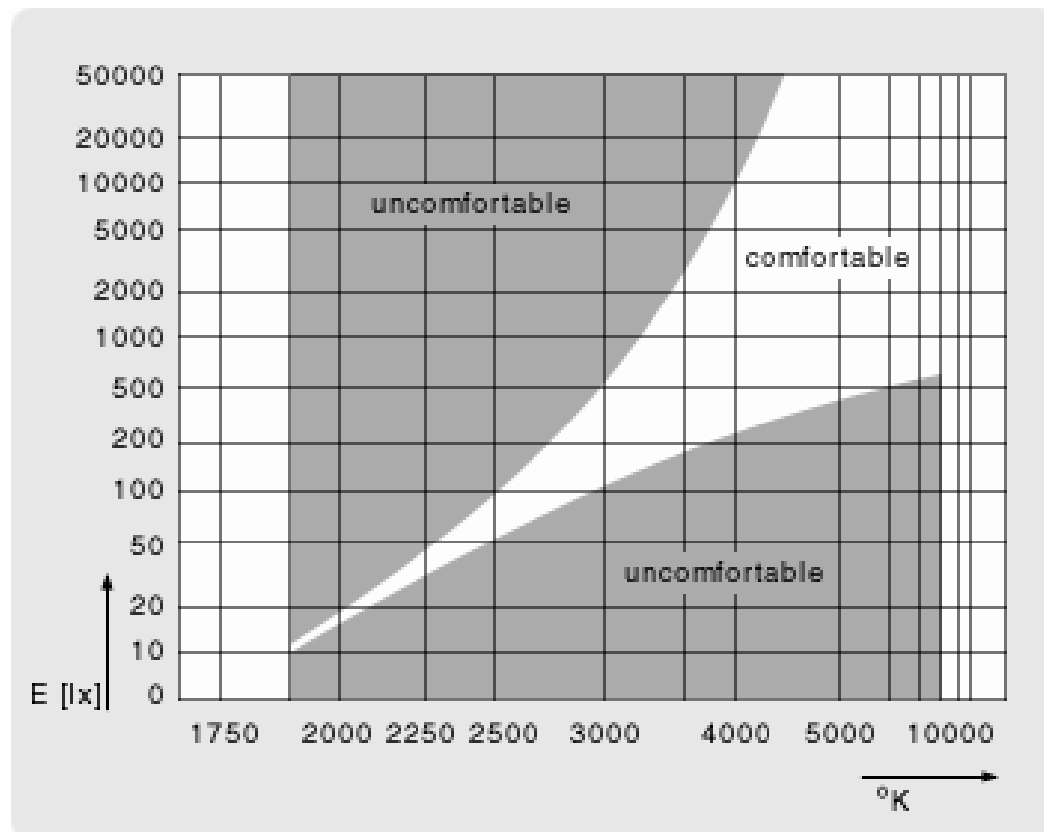
Η ψυχολογική θάμβωση θα αποφευχθεί εφόσον η λαμπρότητα του φωτιστικού δεν ξεπερνά την λαμπρότητα οριζόμενη από την επιλεγμένη καμπύλη περιορισμού για όλο το εύρος των γωνιών εκπομπής. Εάν τα αποτελέσματα είναι διαφορετικά, η σχεδίαση θα πρέπει να αλλάξει επιλέγοντας, για παράδειγμα, έναν άλλο τύπο φωτιστικού.

Η μέθοδος που παρουσιάστηκε αφορά μόνο εσωτερικούς χώρους εργασίας. Σε άλλες περιπτώσεις, όπως δημόσιοι χώροι, φουαγέ και χώροι εισόδων, υψηλότερες τιμές λαμπρότητας μπορεί να απαιτηθούν καθώς σε τέτοιους χώρους οι φωτεινές πηγές χρησιμοποιούνται κύρια ως στοιχείο έντονης δραστηριότητας (ζωντάνιας). Επίσης, υψηλότερες λαμπρότητες μπορεί να γίνουν αποδεκτές για χώρους περιστασιακά επισκέψιμους, όπως αποθήκες.

4.3 Η ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΜΕΤΑΞΥ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ [24]

Ως γνωστόν, η επιλογή της έντασης του φωτισμού, δίδεται από πίνακες για τους διάφορους χώρους που θέλουμε να φωτίσουμε. Πρέπει να δοθεί όμως προσοχή όχι μόνο στην επιθυμητή ένταση φωτισμού, αλλά και στην θερμοκρασία του χρώματος των λαμπτήρων που θα χρησιμοποιήσουμε. Απαραίτητη προϋπόθεση για να έχουμε

μια σωστή μελέτη φωτισμού, μεταξύ άλλων παραμέτρων θα πρέπει να συμβουλευτούμε το διάγραμμα 4.3 και να φροντίσουμε να βρισκόμαστε μέσα στην <λευκή περιοχή> του διαγράμματος, η οποία αποτελεί και την περιοχή της οπτικής άνεσης (comfortable). Σε αντίθετη περίπτωση, αν βρεθούμε πάνω από την περιοχή οπτικής άνεσης (uncomfortable) παρουσιάζεται στους ανθρώπους το αίσθημα της δυσφορίας, ενώ κάτω από την περιοχή της οπτικής άνεσης δημιουργείται στον άνθρωπο κατάθλιψη.



Διάγραμμα 4.3: Περιοχές δυσφορίας – ευφορίας – κατάθλιψης [23].

5

< Λογική αντιμετώπιση του προβλήματος >

Ευχόμαστε να επικρατήσει η λογική και η ταπεινοφροσύνη σε όλη την Οικουμένη. Αν συμβεί αυτό, δεν θα χρειάζεται καμιά ιδιαίτερη αντιμετώπιση των προβλημάτων!

Αναφορές

- [1] Γραμματικάκης Γεώργιος << Η αυτοβιογραφία του φωτός>> 2005
- [2] Ιωαννίδης Γεώργιος <<Θάμβωση εσωτερικών χώρων>> 2009
- [3] <http://light.physics.auth.gr/enc/reflection.html>
- [4] http://spirit16.blogspot.gr/2009/02/blog-post_1438.html
- [5] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/el/e/e8/Refraction_index.jpg
- [6] <http://gkatsikogiorgos.blogspot.gr/2008/10/fata-morgana.html>
- [7] <http://micro-kosmos.uoa.gr/Hands-on-Science/quantum/concl01.htm>
- [8] http://daskalosjf.blogspot.gr/2011/04/blog-post_14.html
- [9] <http://tinanantsou.blogspot.gr/2011/06/10.html>
- [10] <http://www.ea.gr/ep/mobile/emr/emr.html>
- [11] <http://www.hlektronika.gr/index.php?page=theory?spectrum>
- [12] <http://www.newsbeast.gr/health/arthro/58282/o-euplastos-egefalos-harizei-kali-orasi-stous-kofous/>
- [13] <https://sites.google.com/site/kidsjudge2011november/rods-and-cones>
- [14] http://www.oneminuteastronomer.com/wp-content/uploads/2009/06/rods_cones.gif
- [15] <http://www.google.gr/imgres?q=electromagnetic+spectrum&start>
- [16] Δεληκανλής Παναγιώτης / ΕΚΠΑ / Διπλωματική Εργασία <<Εγκέφαλος – Συμμετρία – Μάθηση Μαθηματικών>> 2005
- [17] Χριστίνα Δάλλα <<Θεμελιώδεις Έννοιες Νευροεπιστημών >> 2007
- [18] Μαρία Κατσικίνη <<Βιοηλεκτρισμός>>
- [19] Βαλεντίνη Τερζή <<Ηλεκτρονική και Επεξεργασία Σήματος>> 2008
- [20] Δημητρίου Φωτίου / ΑΠΘ / Διδακτορική Διατριβή <<Το αντανάκλαστικό της κόρης στο φως>> 2005
- [21] Βιοφυσική
- [22] <http://tdd.aua.gr/node/472>
- [23] Osram
- [24] Αντώνιος Τσακίρης <<Φωτοτεχνία>> 2004
- [25] Δέρμα

[26] Δημήτριος Ιακωβάκης / ΕΜΠ / Διπλωματική εργασία <<Μη ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και οι βιολογικές επιδράσεις της>> 2008

Βιβλιογραφία

1. Κώστας Μαθιός <<Φως και τεχνητός φωτισμός>> 1997
2. Άρης Τσαγκρασούλης <<Το φυσικό φως στο μουσείο>>
3. ΦΩΤΟΔΙΑΠΛΑΣΗ Α.Ε. / Παλλασίδης Νικόλαος <<Επιλογή Λαμπτήρα>>
4. Δημητρίου Φωτίου / ΑΠΘ / Διδακτορική Διατριβή <<Το αντανακλαστικό της κόρης στο φως>> 2005
5. Παναγιώτης Μαρχαβίλας <<Επίδραση των φυσικών παραγόντων στο εργασιακό περιβάλλον>>
6. Βαλεντίνη Τερζή <<Ηλεκτρονική και Επεξεργασία Σήματος>> 2008
7. Περιοδικό της Επιστήμης / Χαράλαμπος Κουτρούλης <<Φωτορύπανση>> 2002
8. Πυλαρινός Διονύσιος / ΑΠΘ / Διπλωματική Εργασία <<Η επίδραση του περιβάλλοντος κατανάλωσης>>
9. Δεληκανλής Παναγιώτης / ΕΚΠΑ / Διπλωματική Εργασία <<Εγκέφαλος – Συμμετρία – Μάθηση Μαθηματικών>> 2005
10. ΒΝΑ <<Οι επιστήμες του εγκεφάλου>> 2005
11. Χριστίνα Δάλλα <<Θεμελιώδεις Έννοιες Νευροεπιστημών >> 2007
12. Πολ Κελεϊ <<Εφηβοι κουκουβάγιες!>>
13. Μαρία Κατσικίνη <<Βιοηλεκτρισμός>>
14. ΦΩΤΟΔΙΑΠΛΑΣΗ Α.Ε. / Κατερίνα Κώνστα << ΜΠΛΕ ΦΩΣ και Alzheimer >>
15. ΦΩΤΟΔΙΑΠΛΑΣΗ Α.Ε. / Κατερίνα Κώνστα << Οι θεραπευτικές ιδιότητες του φωτός>>
16. Βιοφυσική
17. Ο Ήλιος
18. Δέρμα
19. Ιφιγενεία Κώστογλου – Αθανασίου & Παναγιώτης Αθανασίου <<Μελατονίνη. Μια ορμόνη με ευεργετικές δράσεις>>
20. Παπαρηγόπουλος Ο. & Κοντοάγγελος Κ. <<Μελατονίνη και Ψυχικές διαταραχές>> 2002
21. Δημήτριος Ιακωβάκης / ΕΜΠ / Διπλωματική εργασία <<Μη ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και οι βιολογικές επιδράσεις της>> 2008