



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ & ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ

Φοιτητές

ΠΕΤΡΟΒΑ ΟΛΓΑ

ΨΥΧΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ-ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ

Επιβλέπων

Κος. ΚΟΥΤΣΟΘΕΟΔΩΡΗΣ ΘΕΟΔΩΡΗΣ

Αίγιο, Νοέμβριος 2014

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Υπό την αιγίδα του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος (ΑΤΕΙ) Δυτικής Ελλάδας, του τμήματος Οπτικής και Οπτομετρίας, στο Παράρτημα Αιγίου, παραθέτουμε την πτυχιακή μας εργασία με τίτλο «Διαδικασία σχηματισμού οπτικής αντίληψης». Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να γίνει με όσο το δυνατόν απλό τρόπο, κατανοητό το θέμα της παρούσας πτυχιακής στον κάθε άνθρωπο.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τις οικογένειες μας για την αμέριστη υποστήριξη τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μας, φροντίζοντας να είναι δίπλα μας σε όλες τις επιλογές μας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Θεοδωρή Κουτσοθεοδωρή για την βοήθεια του στην εκπόνηση της.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους τους φίλους που συνέβαλλαν στην εργασία αυτή ο καθένας με τον δικό του τρόπο.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η όραση είναι η αίσθηση που δίνει σε κάθε οργανισμό να αντιλαμβάνεται τι συμβαίνει γύρω του. Στην εργασία παρουσιάζεται η διαδικασία που πραγματοποιείται για να σχηματιστεί η οπτική αντίληψη με σκοπό να διατυπωθούν τα στάδια που λαμβάνουν μέρος από το ερέθισμα που δέχεται ο οφθαλμός μέχρι και τη στιγμή που γίνεται αντιληπτό.

Η οπτική αντίληψη είναι μια δημιουργική διεργασία που μελετήθηκε από διάφορους κλάδους. Η ανάπτυξη της επηρεάζεται από τη γενετική δομή και τη μάθηση καθώς έχει καθοριστικό ρόλο η επίδραση του περιβάλλοντος.

Η διαδικασία εκτυλίσσεται σε δυο στάδια, στον αμφιβληστροειδή όπου επιτυγχάνεται η μετατροπή του φωτεινού σήματος σε νευρική ώση και στη συνέχεια σε ανώτερα κέντρα του εγκεφάλου. Στον εγκέφαλο γίνεται η κυριότερη επεξεργασία, αφού σχηματίζεται η αντίληψη της μορφής, κίνησης και χρώματος μέσα από διαφορετικές οδούς.

Με την οπτική αντίληψη ασχολήθηκαν πολύ οι ψυχολόγοι, προτείνοντας ο καθένας μια δική του θεωρία για το πώς λειτουργεί. Επίσης, μελέτησαν τα πιο εντυπωσιακά φαινόμενά της, την αντιληπτική σταθερότητα και τις οπτικές πλάνες.

Η οπτική αντίληψη δεν θα υπήρχε χωρίς την προσοχή που είναι μια απαραίτητη διεργασία πριν την αντίληψη.

Από την αρχή της επεξεργασίας της από τον αμφιβληστροειδή μέχρι και τον οπτικό φλοιό μπορεί να προκύψουν σοβαρότατες βλάβες που οδηγούν σε διαταραχές της οπτικής αντίληψης.

Τέλος το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι ο εξωτερικός κόσμος αποτελεί βασική προϋπόθεση σε όλο το θέμα της οπτικής αντίληψης, καθώς χωρίς αυτόν δε θα υπήρχε η οπτική αντίληψη. Σημαντικό ρόλο παίζει η σωστή επεξεργασία των πληροφοριών που εισέρχονται στο οπτικό σύστημα έτσι ώστε να προκύπτει το σωστό αποτέλεσμα.

## SUMMARY

Sight is the sense that enables every organism to perceive what happens around it. This paper introduces the process with which the visual perception is formed, in order to display the stages that take place from the stimulus that triggers the eye until the moment that this stimulus is actually perceived.

Visual perception is a creative process that has been studied by many disciplines. Its development is influenced by the genetic constitution and the learning, since the impact of the environment plays a decisive role.

The process unfolds in two stages, at the retina where the conversion of the light signal into a nerve impulse is achieved and later on at the higher centers of the brain. At the brain, the most significant processing takes place, since the formulation of the perception of shape, movement and colour through different courses happens here.

Many psychologists dealt with the visual perception, each one suggesting a separate theory of how it works. In addition, they studied its most impressive phenomena, its perceptual stability and the optical illusions.

Visual perception would not exist if it was not for the attention that is a necessary procedure before perception.

From the beginning of its processing, from the retina until the visual cortex, many severe damages can occur that may lead to disorders of the visual perception.

Finally, the conclusion that ensues is that the outside world is a basic prerequisite in the issue of visual perception, as without it no visual perception would exist. The correct processing of the information that enters the optical system in order for the right result to arise plays an important role.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....	<b>I</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>II</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>III</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	<b>IV</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>1</b>
<b>1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΝΟΙΩΝ</b> .....	<b>2</b>
1.1 Αντίληψη.....	2
1.1.1 Στάδια αντιληπτικής διεργασίας.....	2
1.1.2 Σπουδαιότητα αντίληψης.....	3
1.2 Οπτική αντίληψη .....	3
1.3 Ιστορική αναδρομή.....	3
1.4 Ρόλος εγκεφάλου στην οπτική αντίληψη .....	4
<b>2. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ</b> .....	<b>5</b>
2.1 Ανάπτυξη οπτικού συστήματος.....	5
2.2 Ανάπτυξη αντίληψης ικανοτήτων .....	6
<b>3. ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ</b> .....	<b>8</b>
3.1 Οφθαλμικός βολβός .....	8
3.1.1 Ανατομική οργάνωση αμφιβληστροειδή.....	9
3.1.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά φωτοϋποδοχέων.....	10
3.2 Από τον οφθαλμό στον εγκέφαλο - οπτική οδός.....	12
3.3 Ινιακός λοβός – οπτικός φλοιός .....	13
3.4 Πρωτοταγής οπτικός φλοιός .....	14
3.5 Η διαδρομή της οπτικής πληροφορίας μέσα στον αμφιβληστροειδή .....	14
3.5.1 Φωτομετατροπή.....	17
3.5.2 Υποδεκτικά πεδία.....	18
3.5.3 Μετάδοση νευρικής ώσης.....	19

3.5.4 Οι παράλληλες οδοί του αμφιβληστροειδή χιτώνα.....	21
3.6 Οι παράλληλες οδοί στο έξω γονατώδες σώμα (LGN).....	22
<b>4. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ.....</b>	<b>24</b>
4.1 Οι οδοί που επεξεργάζονται πληροφορίες για την μορφή, την κίνηση και το χρώμα .	24
4.2 Κυτταρικοί μηχανισμοί που δημιουργούν την αντίληψη μορφής .....	26
4.2.1 Στήλες.....	28
4.2.2 Ανάλυση μορφής στον κάτω κροταφικό φλοιό.....	30
4.3 Αντίληψη κίνησης.....	30
4.3.1 Είδη κινήσεων αντίληψης της κίνησης.....	31
4.3.2 Νευρολογική ανίχνευση της κίνησης.....	33
4.4 Χρωματική αντίληψη.....	33
4.4.1 Θεωρίες χρωματικής αντίληψης.....	34
4.4.2 Επεξεργασία πληροφοριών για το χρώμα.....	37
4.5 Αντίληψη απόστασης .....	39
<b>5. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ .....</b>	<b>43</b>
5.1 Εμπειρική θεωρία της αντίληψης .....	43
5.2 Θεωρία Νατιβιστών.....	43
5.3 Οικολογική προσέγγιση – Θεωρία Gibson.....	44
5.4 Υπολογιστική θεωρία του Marr.....	44
5.5 Αντιληπτική οργάνωση – Θεωρία Gestalt.....	46
5.5.1 Σχέση μορφής – φόντου.....	46
5.5.2 Ομαδοποίηση.....	46
5.6 Αναγνώριση αντικειμένων και προσώπων .....	49
<b>6. ΑΝΤΙΛΗΠΤΙΚΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΠΛΑΝΕΣ .....</b>	<b>55</b>
6.1 Γεωμετρικές πλάνες.....	56
6.2 Αμφίσημες μορφές.....	57
6.3 Παράδοξες μορφές.....	59
6.4 Φανταστικές μορφές.....	59

<b>7. ΠΡΟΣΟΧΗ</b> .....	61
7.1 Είδη προσοχής .....	61
7.2 Νευρωνικές βάσεις της προσοχής.....	63
<b>8. ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΣΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ</b> .....	64
8.1 Διαταραχές αντίληψης χρωμάτων .....	64
8.2 Βλάβες οπτικής οδού.....	64
8.3 Βλάβες – παθήσεις οπτικού φλοιού .....	65
8.4 Διαταραχές της όρασης.....	66
8.5 Διαταραχές της προσοχής .....	67
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	68
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	69
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΩΝ</b> .....	71

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όλες οι εντυπώσεις του ανθρώπου καθώς και όλες οι μνήμες του βασίζονται στην όραση. Αλλά το «βλέπω» κάτι από το «αντιλαμβάνομαι» τι είναι αυτό, παρουσιάζει μεγάλη διαφοροποίηση. Συνεπώς το θέμα που αναπτύσσεται έχει να κάνει με την οπτική αντίληψη και, συγκεκριμένα, ποια είναι η διαδικασία σχηματισμού της οπτικής αντίληψης. Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι όλη η διαδικασία που εξελίσσεται στον εγκέφαλο του ατόμου προκειμένου να κατανοηθεί η έννοια του πώς αντιλαμβάνεται αυτό που βλέπει. Η πτυχιακή αυτή χωρίζεται σε δύο σκέλη, στο νευροεπιστημονικό και στο ψυχολογικό.

Η εργασία έχει στηριχτεί κατά βάση σε βιβλιογραφικές πηγές, αλλά και έρευνες που διεξήχθησαν από επιστήμονες προκειμένου να δώσουν τη δική τους ερμηνεία. Τα βιβλία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν από την βιβλιοθήκη του πανεπιστημίου Παντείου λόγω ότι διέθεταν όλα τα απαραίτητα στοιχεία που αναζητήθηκαν.

Το θέμα αυτό κινείται στο χώρο της νευροεπιστήμης και της ψυχολογίας. Ωστόσο, μόνο αδιάφορο δεν είναι για τους οπτικούς - οπτομέτρους, αφού η ειδικότητα τους έχει άμεση σχέση με τον οφθαλμό και την όραση. Καλό θα ήταν λοιπόν να υπάρχουν κάποιες βασικές γνώσεις για το πώς δημιουργείται η οπτική αντίληψη. Και το πόσο σημαντικό είναι φαίνεται από το ότι θα είναι ικανοί να αναγνωρίσουν κάποιες βλάβες που μπορεί να παρουσιαστούν σε πελάτες τους ώστε να τους παραπέμψουν στο σωστό γιατρό, έχοντας την πρώτη επαφή με τον πελάτη - ασθενή. Η συγκεκριμένη εργασία συνεισφέρει σε όλους τους οπτικούς - οπτομέτρους να κατανοήσουν την έννοια και ιδιαίτερα το σχηματισμό της οπτικής αντίληψης.

Η ανάπτυξη του κειμένου συντελείται γύρω από το κυρίως θέμα. Η εργασία αυτή προσπαθεί να εξηγήσει με όσο πιο απλό τρόπο γίνεται πως πραγματοποιείται η οπτική αντίληψη με βάση τις νευρολογικές αλλά και τις ψυχολογικές ερμηνείες. Το νευρολογικό κομμάτι εμπεριέχει τον τρόπο με τον οποίο εξελίσσεται η διαδικασία στον εγκέφαλο για να σχηματιστεί τελικά η οπτική αντίληψη, αλλά και το πως αναπτύσσεται αυτή. Επίσης, σε ένα στάδιο του σχηματισμού εμπλέκεται και ο βιοχημικός κλάδος, όπου περιγράφεται η διεργασία που είναι σημαντική για το θέμα, αλλά χωρίς πρόσθετες, λεπτομερείς αναλύσεις στα βιοχημικά γεγονότα. Από την ψυχολογική πλευρά παρατίθενται κάποιες σημαντικές θεωρίες της οπτικής αντίληψης που αναπτύχθηκαν από φιλόσοφους, αλλά κατά κύριο λόγο από ψυχολόγους. Στην εργασία αναπτύσσονται κάποιες επιπλέον σημαντικές ενότητες, οι οποίες περιλαμβάνουν την προσοχή και τις διαταραχές που μπορεί να προκληθούν κατά τη διάρκεια της δημιουργίας της οπτικής αντίληψης.

Για να γίνει πιο κατανοητό το κείμενο σε έναν αναγνώστη, εκτός αυτών που ανήκουν στους νευροεπιστημονικούς και ψυχολογικούς κλάδους, εμπλουτίστηκε με αρκετά παραδείγματα.

Τέλος, ο στόχος αυτής της βιβλιογραφικής εργασίας είναι να γίνει αυτό το πολύπλοκο θέμα όσο το δυνατόν πιο εύκολο και προσίτο σε έναν οπτικό - οπτομέτρη.



# 1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΝΟΙΩΝ

## 1.1 Αντίληψη

Η αντίληψη είναι μια ενεργός διαδικασία και ίσως η βασικότερη γνωστική μας λειτουργία, υπό την έννοια ότι αποτελεί προϋπόθεση για όλες τις υπόλοιπες διεργασίες του γνωστικού μας συστήματος. Με τη βοήθεια της, ο άνθρωπος επιλέγει, προσλαμβάνει, οργανώνει και αναγνωρίζει τα ερεθίσματα του περιβάλλοντος. Δηλαδή είναι ο βασικός τρόπος με τον οποίο παίρνουμε πληροφορίες για το περιβάλλον που ζούμε. Ένας από τους πρώτους ορισμούς της αντίληψης δόθηκε από τον, εικονιζόμενο στην Εικόνα 1.1, Thomas Reid (1785). Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό, αντίληψη είναι όλες εκείνες οι εμπειρίες που συνδέονται με εξωτερικά ερεθίσματα του περιβάλλοντος. Η αντίληψη δεν είναι ταυτόσημη με την αίσθηση. Δεν προσλαμβάνουμε απλώς παθητικά αισθητήριες πληροφορίες, αλλά τις επεξεργαζόμαστε και τις ερμηνεύουμε, ώστε να αποκτήσουν νόημα.



**Εικόνα 1.1:** Thomas Reid (1710 - 1796)

### 1.1.1 Στάδια αντιληπτικής διεργασίας

Η αντιληπτική διεργασία διακρίνεται στα παρακάτω στάδια. Η διάκριση αυτή δεν σημαίνει ότι η αντίληψη διεκπεραιώνεται τμηματικά, αλλά είναι ένας τρόπος να κατανοήσουμε τη διαδικασία της αντίληψης.

1. Εξωτερικό ερέθισμα (π.χ. φως) εισέρχεται στο αισθητήριο όργανο (μάτι).
2. Καταγραφή του ερεθίσματος στο αισθητήριο όργανο (εικόνα στον αμφιβληστροειδή).
3. Δημιουργία νευρικών ώσεων από τους υποδοχείς.
4. Μεταφορά των ώσεων από ειδικευμένους νευρώνες.
5. Άφιξη των ώσεων στον εγκέφαλο
6. Ανάλυση των ώσεων από τον εγκέφαλο.
7. Αντίληψη του εξωτερικού αντικειμένου.

### 1.1.2 Σπουδαιότητα αντίληψης

Ένας οργανισμός που στερείται αντίληψης έχει ως αποτέλεσμα να μην έχει καμία αντιληπτική ικανότητα. Η αίσθηση της όρασης, της αφής, της ακοής είναι κατεστραμμένες και η αίσθηση της γεύσης και της όσφρησης δεν λειτουργούν. Ένας τέτοιος άνθρωπος δεν έχει καμία επαφή με το περιβάλλον του. Επομένως δε θα μάθει ποτέ να περπατάει, να μιλάει, να σκέφτεται. Δεν θα έχει τη δυνατότητα να θυμηθεί μέρος από τη ζωή του καθώς δεν θα έχει καμία εμπειρία. Όλοι αυτοί οι λόγοι συνηγορούν στο ότι ο ρόλος της αντίληψης στην ανάπτυξη ενός οργανισμού είναι κεντρικός.

## 1.2 Οπτική αντίληψη

Οι εντυπώσεις μας και οι μνήμες μας σε μεγάλο βαθμό βασίζονται στην όραση. Όραση ή οπτική αντίληψη ονομάζεται μια από τις πέντε αισθήσεις και αποτελεί μια δημιουργική διεργασία. Θεωρείται η πιο σημαντική από τις υπόλοιπες αισθήσεις, γιατί με αυτήν γίνεται άμεσα αντιληπτός ο εξωτερικός χώρος. Όργανο αντίληψης είναι τα μάτια, ενώ το αντικείμενο της αντίληψης είναι το φως.

## 1.3 Ιστορική αναδρομή

Η αντίληψη αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης από διάφορους κλάδους. Αρχικά μελετήθηκε από τους φιλοσόφους. Τους απασχόλησε το κατά πόσο η αντίληψη του κόσμου που έχουμε μέσα από τις αισθήσεις μας είναι αντικειμενική, δηλαδή αν μας δίνει μια εικόνα του κόσμου όπως αυτός πραγματικά είναι. Αμέσως μετά τους φιλοσόφους τη σκυτάλη



**Εικόνα 1.2:** Johannes Peter Müller (1801 - 1858)

πήραν οι ψυχολόγοι οι οποίοι έπρεπε να εισαγάγουν στη μελέτη της αντίληψης το πείραμα. Αυτό που ήθελαν ήταν να ποσοτικοποιήσουν την αντίληψη και να την μελετήσουν με έναν πιο επιστημονικό τρόπο. Κάποιες απόψεις που διατυπώθηκαν ήταν οι εξής: Απόψεις επηρεασμένες από εμπειριστές φιλοσόφους του 17ου και 18ου αιώνα έλεγαν ότι η αντίληψη συναρμολογεί τις στοιχειώδεις αισθητικές πληροφορίες με έναν προσθετικό τρόπο, στοιχείο προς στοιχείο. Μια άλλη άποψη που διατυπώθηκε τον 18<sup>ο</sup> αιώνα ήταν αυτή του φυσιολόγου Johannes Muller (Εικόνα 1.2). Ο Muller υποστήριξε ότι τα οπτικά ερεθίσματα μεταφέρονται από το αισθητήριο όργανο μέσω του νευρικού συστήματος στον εγκέφαλο, όπου ερμηνεύεται η πληροφορία. Η ιδέα αυτή αποτελεί τη βάση της βιολογικής προσέγγισης του φαινομένου της αντίληψης. Στη συνέχεια, στις αρχές του 20ου αιώνα Γερμανοί ψυχολόγοι υποστήριξαν ότι η αντίληψη είναι ενεργός και δημιουργική διεργασία, η οποία δεν περιλαμβάνει απλώς και μόνο την πρόσληψη αισθητικών πληροφοριών. Η κεντρική άποψη πάλι των ψυχολόγων της μορφής είναι ότι η διεργασία της αντίληψης διαμορφώνει ενεργητικά από τις λεπτομέρειες ενός ερεθίσματος την πλήρη μορφή η οποία αναπτύσσεται συνειδητά.

## 1.4 Ρόλος εγκεφάλου στην οπτική αντίληψη

Ο εγκέφαλος αποτελεί το σπουδαιότερο και μεγαλύτερο τμήμα του κεντρικού νευρικού συστήματος. Προκειμένου να αναγνωρίσει τα ερεθίσματα που δέχεται χρησιμοποιεί ορισμένες στρατηγικές. Οι νευρικές πληροφορίες που έχουν να κάνουν με τη μορφή, την κίνηση και το χρώμα δεν μεταφέρονται από μια μόνον ιεραρχική οδό αλλά από τρεις τουλάχιστον παράλληλες και διαπλεκόμενες οδούς επεξεργασίας στον εγκέφαλο. Ο εγκέφαλος δεν καταγράφει παθητικά τις εικόνες σαν μια φωτογραφική μηχανή, αντιθέτως μετατρέπει τα φωτεινά ερεθίσματα του αμφιβληστροειδή σε νοητικές αντιλήψεις ενός σταθερού τρισδιάστατου κόσμου. Για παράδειγμα, όταν αλλάζει ο φωτισμός του περιβάλλοντος αλλάζει ταυτόχρονα το μέγεθος και το σχήμα των εικόνων στον αμφιβληστροειδή και παρόλα αυτά το αντικείμενο μένει σταθερό. Οι ψυχολόγοι της μορφής υποστήριζαν ότι ο εγκέφαλος δημιουργεί, ενεργητικώς, πλήρεις αντιληπτικές παραστάσεις από λεπτομέρειες της οπτικής εικόνας, διερευνώντας και συνδυάζοντας τα μέρη που αντιστοιχούν κατά τον πιο ικανοποιητικό τρόπο σε αντικείμενα του πραγματικού κόσμου. Αυτό το κατορθώνει κάνοντας ορισμένες υποθέσεις για το τι θα δούμε στον κόσμο, οι οποίες προέρχονται από την εμπειρία και από την έμφυτη συνδεσμολογία για την όραση.

## 2. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ

Το πώς αποκτάται η οπτική αντίληψη, δηλαδή αν είναι έμφυτη ή διδακτή είναι ένα πανάρχαιο ερώτημα που για πολλά χρόνια απασχόλησε τους επιστήμονες. Παλαιότερα πίστευαν ότι είναι έμφυτες οι ικανότητες αντίληψης όπως αποδείχτηκε με βάση τα εξής στοιχεία που προέκυψαν από τις μελέτες των ψυχολόγων. Αυτοί διαπίστωσαν ότι τα παιδιά προτιμούν να κοιτούν πρόσωπα και ενοχλούνται όταν κάποια χαρακτηριστικά του προσώπου αλλοιώνονται. Υποστήριξαν ότι προφανώς τα παιδιά γεννιούνται με την προτίμηση να αντιλαμβάνονται πρώτα τα ανθρώπινα όντα και μετά τα άλλα πράγματα στον κόσμο. Επίσης, ένα νεογέννητο μπορεί και μιμείται τους άλλους, καταφέρνει και ξεχωρίζει την μυρωδιά της μητέρας από των άλλων γυναικών και τέλος έχει την ικανότητα όταν ακούει κάποιους ήχους να γυρνά προς αυτούς. Σήμερα, όμως, οι σύγχρονοι ψυχολόγοι υποστηρίζουν ότι το ένα δεν αποκλείει το άλλο, δηλαδή η αντίληψη εμφανίζει σημαντική δομή κατά τη γέννηση αλλά συνεχίζει να αναπτύσσεται. Έτσι, δεν υπάρχει αμφιβολία ότι τόσο η γενετική όσο και η μάθηση επηρεάζουν την αντίληψη. (*Ornstein, 1994*)

Η ανάπτυξη της όρασης, κατά τον πρώτο χρόνο της ζωής του ανθρώπου, βασίζεται στις αισθήσεις που χρησιμοποιεί για να γνωρίσει τον κόσμο στον οποίο μεγαλώνει. Οι εμπειρίες αποτελούν βασικό στοιχείο για την σωστή ανάπτυξη της όρασης και οποιοσδήποτε περιορισμός κατά τη διάρκεια της κρίσιμης περιόδου θα έχει σαν αποτέλεσμα τη μη σωστή λειτουργία της. Η κρίσιμη περίοδος είναι ένα στάδιο της ανάπτυξης στη διάρκεια της οποίας ο οργανισμός ακόμα διαμορφώνει τα κύτταρα του φλοιού του, αλλά αποκτά και κάποιες ικανότητες. Στον άνθρωπο μπορεί να διαρκέσει ακόμη και οκτώ χρόνια, αλλά πιο ευάλωτος είναι κατά τα δύο πρώτα χρόνια της ζωής του (*Hilgard, 2004*). Οι κρίσιμες περίοδοι της ανάπτυξης δεν έχουν, γενικά, σαφή χρονικά όρια. Δηλαδή, διαφορετικές στιβάδες μιας περιοχής του εγκεφάλου μπορεί να έχουν διαφορετικές κρίσιμες περιόδους ανάπτυξης, με αποτέλεσμα ακόμα και αν έχει περάσει η κρίσιμη περίοδος για μια στιβάδα, να είναι ακόμη δυνατή η αναδιάρτασή της, καθώς ολόκληρη η περιοχή δεν έχει αναπτυχθεί πλήρως.

### 2.1 Ανάπτυξη οπτικού συστήματος

Η ανάπτυξη του οπτικού συστήματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δημιουργία συνάψεων και την επιλογή αυτών που θα επιβιώσουν ανάμεσα σε αυτές που δημιουργήθηκαν αρχικά. Οι νευράξονες, των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς, οδηγούνται στο οπτικό νεύρο και από εκεί στο έξω γονατώδες σώμα. Όταν φτάσουν στον στόχο τους σχηματίζουν ένα μεγάλο αριθμό συνάψεων, όπου μόνο μερικές επιβιώνουν. Η επιλογή των συνάψεων που θα επιβιώσουν εξαρτάται, εν μέρει, από την εμπειρία.

Η πλήρης δράση του εγκεφάλου κατά τη διάρκεια της προγεννητικής και της πρώιμης μεταγεννητικής ανάπτυξης εξαρτάται από τις ειδικές αλληλεπιδράσεις του οργανισμού και του περιβάλλοντος του. Η επίδραση που ασκεί το περιβάλλον στον εγκέφαλο και αυτομάτως στην συμπεριφορά, μεταβάλλεται με την αύξηση της ηλικίας. Περιβαλλοντικές εμπειρίες που δεν είναι φυσιολογικές συνήθως έχουν μεγαλύτερη επίδραση κατά τα πρώιμα στάδια της μεταγεννητικής ανάπτυξης από ότι έχουν σε έναν ενήλικα οργανισμό. Αυτό φαίνεται μέσα από κάποια πειράματα που εξελίχθηκαν πάνω σε ζώα αλλά έχουν παρατηρηθεί και σε ανθρώπους. Όταν σε έναν οργανισμό στερήσουν την όραση από τον έναν οφθαλμό κατά τη διάρκεια της κρίσιμης περιόδου για αρκετό χρονικό διάστημα και στη συνέχεια του το επαναφέρουν, αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα τα κύτταρα στον οπτικό φλοιό να μην αποκρίνονται. Αυτή η αλλαγή στις αποκρίσεις των κυττάρων του φλοιού συνοδεύεται από δομικές αλλαγές στις στήλες οφθαλμικής επικράτησης. Δηλαδή μετά το κλείσιμο του ενός οφθαλμού, οι στήλες που δέχονται ώσεις από τον ανοιχτό οφθαλμό διευρύνονται σημαντικά εις βάρος εκείνων που δέχονται ώσεις από τον αποστερημένο οφθαλμό. Αυτό συμβαίνει γιατί οι περισσότερες νευραξονικές απολήξεις από τον κλειστό οφθαλμό δεν αναπτύσσονται κανονικά και αποσύρονται. Έτσι, η αισθητική αποστέρηση στην αρχή της ζωής μπορεί να

μεταβάλλει τη δομή του φλοιού των εγκεφαλικών ημισφαιρίων και τα λίγα κύτταρα του φλοιού που θα μπορούσαν να δραστηριοποιηθούν από τον συγκεκριμένο οφθαλμό δεν επαρκούν για να σχηματίσουν την οπτική αντίληψη. Αντίθετα σε έναν ενήλικα οργανισμό μια τέτοια ενέργεια δεν θα επηρέαζε καθόλου την απόκριση των φλοιικών νευρώνων και συνεπώς ούτε και την αντίληψη. Ακόμα όμως και όταν ένας οργανισμός στερηθεί την όραση του μόνο για μια εβδομάδα τους πρώτους έξι μήνες της ζωής του προκαλείται σχεδόν πλήρη απώλεια της ικανότητας απόκρισης του φλοιού ή ακόμα και απώλεια της όρασης από αυτόν τον οφθαλμό. Στην περίπτωση που παραμείνουν σε έναν οργανισμό κλειστοί και οι δύο οφθαλμοί κατά τη διάρκεια της κρίσιμης περιόδου παρατηρείται ότι ο φλοιός συνεχίζει να αντιδρά κάπως και στους δύο οφθαλμούς, αν και η αντίδραση των κυττάρων είναι αρκετά ασθενής. Στην αποστέρηση ερεθισμάτων και των δύο οφθαλμών, οι νευράξονες του ενός δεν αντικαθιστούν τους νευράξονες του άλλου. (Kalat, 2003)

Η αποκατάσταση της ικανότητας των οφθαλμών να αντιδρούν σε ερεθίσματα ύστερα από περίοδο αποστέρησης είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί αλλά και όχι. Η φυσιολογική εμπειρία δεν μπορεί να αποκαταστήσει την ευαισθησία στα ερεθίσματα του οφθαλμού που έχει υποστεί αποστέρηση φωτεινών ερεθισμάτων. Υπάρχει όμως μια περίπτωση που μπορεί να συμβεί η αποκατάσταση. Και αυτή είναι αν ο προηγούμενος ενεργός οφθαλμός καλυφθεί για λίγους μήνες με αποτέλεσμα τα κύτταρα του φλοιού να επανακτούν μεν την ικανότητα τους, αλλά μόνο ένα μέρος αυτής.

## 2.2 Ανάπτυξη αντίληψης ικανοτήτων

Η ανάπτυξη της αντίληψης της μορφής ξεκινά ήδη από την βρεφική ηλικία. Σύμφωνα με ορισμένους υπολογισμούς, το μέσο βρέφος μπορεί να δει με ευκρίνεια οπτικό υλικό που βρίσκεται σε απόσταση 6 μέτρων, σε σύγκριση με τον μέσο ενήλικα με φυσιολογική όραση, ο οποίος βλέπει το οπτικό υλικό με την ίδια ακρίβεια από απόσταση 60-80 μέτρα. Επίσης η όραση που έχουν αποκτήσει τα βρέφη σε ηλικία μόνο 1 μηνός είναι αρκετή για να διακρίνουν χαρακτηριστικά αντικειμένου, ιδίως άκρες και το περίγραμμα των αντικειμένων και ειδικότερα τις καμπύλες. Διαθέτουν επίσης την ικανότητα να διακρίνουν χαρακτηριστικά προσώπου από την ηλικία των 3 μηνών και είναι πλέον ικανά να αποκρυπτογραφήσουν τις εκφράσεις τους (Εικόνα 2.1). Όλα τα παραπάνω είναι αποτελέσματα φυσιολογικής ανάπτυξης αφού δέχονταν όλα τα ερεθίσματα χωρίς κάποιο περιορισμό. Υπάρχει όμως μια περίπτωση όπου η αντίληψη της μορφής δεν θα μπορεί να αναπτυχθεί ολοκληρωτικά. Δηλαδή αν τα βρέφη εκτίθονταν κυρίως σε οριζόντιες γραμμές τότε σχεδόν όλα τα κύτταρα του φλοιού τους θα αντιδρούσαν σε οριζόντιες γραμμές. Αν μετά από κάποιο χρονικό διάστημα εκτίθονταν σε κάθετες γραμμές τότε θα τις αγνοούσαν και θα εμφάνιζαν υπολειμματική όραση. Κάπως έτσι συμβαίνει και στον αστιγματισμό, όπου υπάρχει θαμπή όραση σε γραμμές μιας κατεύθυνσης. Για παράδειγμα, αν κάποιο άτομο είχε υψηλό αστιγματισμό κατά τη διάρκεια της πρώιμης παιδικής ηλικίας του θα έβλεπε τις γραμμές της μίας κατεύθυνσης ευκρινέστερα από ότι τις γραμμές της άλλης. Αν δεν διορθωνόταν ο αστιγματισμός του κατά



**Εικόνα 2.1:** Από τον τρίτο μήνα ζωής τα βρέφη αναγνωρίζουν τα χαρακτηριστικά προσώπων



τη διάρκεια των πρώτων χρόνων της ζωής του τότε τα κύτταρα του οπτικού φλοιού προοδευτικά θα αντιδρούσαν περισσότερο στο είδος των γραμμών που βλέπει καθαρότερα. Έτσι θα έβλεπε τις γραμμές της άλλης κατεύθυνσης θαμπές (Kalat, 2003).

Η αντίληψη του βάθους βασίζεται στη διοφθάλμια όραση και πραγματοποιείται μέσω της σύγκρισης των ελαφρώς διαφορετικών πληροφοριών που δέχεται ο εγκέφαλος από τους δύο οφθαλμούς. Στα βρέφη όμως περιορίζεται η αντίληψη βάθους λόγω έλλειψης σύγκλισης των ματιών, παρόλα αυτά ο εγκέφαλος τους μπορεί να ενοποιήσει τις εικόνες των δύο ματιών σε μια υποτυπώδη μορφή. Επειδή τα μάτια του νεογέννητου δεν έχουν καλό συντονισμό και το βρέφος δεν έχει μάθει ακόμα πώς να ερμηνεύει όλες τις πληροφορίες που μεταδίδονται από τα μάτια, η πρώιμη αντίληψη του βάθους πιθανότατα δεν είναι πολύ αναπτυγμένη. Χρειάζονται περίπου 4 μήνες για να εμφανιστεί η διόφθαλμη όραση και να μπορέσει να αναπτύξει τη στερεοσκοπική αντίληψη του βάθους. Αυτό αποδεικνύεται και από



**Εικόνα 2.2:** Οπτικός γκρεμός

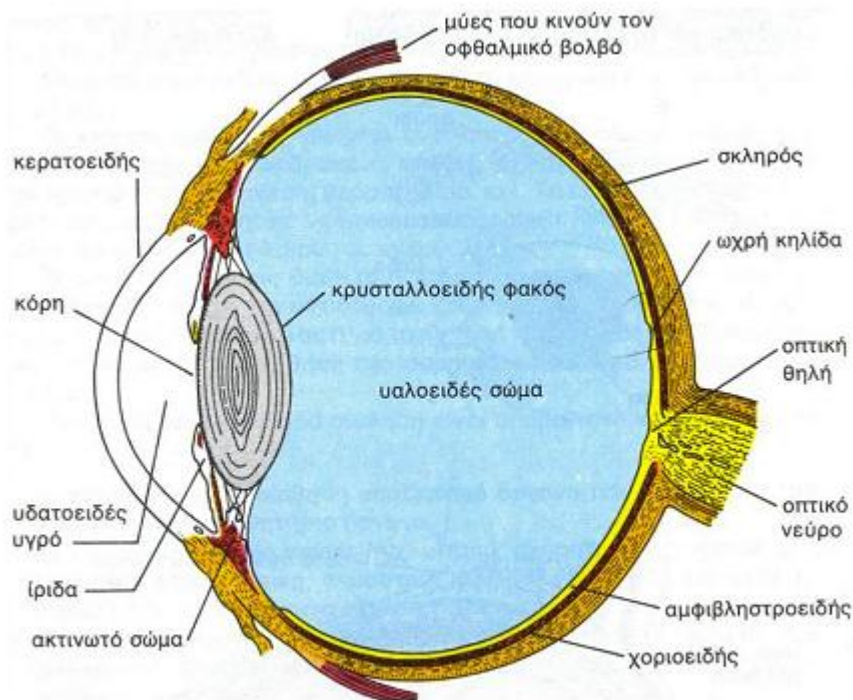
μοιάζει με σκακιέρα. Ωστόσο στο άλλο μισό του γυάλινου δαπέδου η επιφάνεια με τα τετράγωνα υποχωρεί κατά πολλά εκατοστά, διαμορφώνοντας έναν φαινομενικό «οπτικό γκρεμό». Βρέφη 6-14 μηνών αρνούνται να μπουσουλήσουν προς το γκρεμό, ακόμα και όταν τους καλούσε από εκείνη την μεριά η μητέρα τους. Η αντίληψη του βάθους είναι μια ιδιαίτερως χρήσιμη ικανότητα που βοηθά το βρέφος να αντιλαμβάνεται το ύψος και να αποφεύγει την πτώση. Η σημασία του βάθους μαθαίνεται πιο σταδιακά καθώς το παιδί αρχίζει να κινείται στο περιβάλλον του και αποκτά εμπειρίες (Feldman, 2010).

Η ικανότητα αντίληψης σταθερότητας, αναπτύσσεται και αυτή τους πρώτους μήνες της ζωής του ανθρώπου. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τη σταθερότητα του σχήματος και του μεγέθους. Ένα πείραμα για να αντιληφθούμε τη σταθερότητα μεγέθους πραγματοποιείται με τη μέθοδο της εξοικείωσης. Πιο αναλυτικά αυτό μπορεί να εξελιχθεί ως εξής: δείχνετε σε ένα βρέφος τεσσάρων μηνών ένα αρκουδάκι για λίγη ώρα και μετά ένα άλλο. Το δεύτερο είτε είναι ακριβώς ίδιο με το πρώτο σε φυσικό μέγεθος, αλλά παρουσιάζεται σε διαφορετική απόσταση έτσι ώστε ο αμφιβληστροειδής να παράγει διαφορετικού μεγέθους είδωλο, είτε διαφορετικό από το πρώτο σε μέγεθος. Το βρέφος που έχει αναπτύξει σταθερότητα μεγέθους θα βλέπει το δεύτερο αρκουδάκι (ίδιο φυσικό μέγεθος με το πρώτο) ίδιο με εκείνο που είδε αρχικά και επομένως δεν θα το κοιτάζει τόση ώρα όπως θα παρατηρήσει το δεύτερο αρκουδάκι με το διαφορετικό μέγεθος.

### 3. ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

#### 3.1 Οφθαλμικός βολβός

Ο οφθαλμός αποτελεί τον δέκτη των οπτικών μας ερεθισμάτων. Οι οπτικές πληροφορίες πρέπει να φτάσουν στον εγκέφαλο για να επεξεργαστούν, αλλά αρχικά πρέπει να ερμηνευτούν ορισμένα φαινόμενα της αντίληψης στο επίπεδο της ανατομίας του οφθαλμού. Στην Εικόνα 3.1 παρουσιάζονται οι βασικές δομές του οφθαλμού. Ο βολβός του οφθαλμού αποτελείται από τρεις χιτώνες, οι οποίοι από έξω προς τα μέσα είναι ο ινώδης, ο ραγοειδής και ο αμφιβληστροειδής. Ο ινώδης χιτώνας συντίθεται από ένα οπίσθιο αδιαφανές μέρος, το σκληρό, και ένα πρόσθιο διαφανές μέρος, τον κερατοειδή. Ο κερατοειδής είναι αυτός που επιτρέπει στο φως να περάσει. Ο ραγοειδής, από πίσω προς τα εμπρός, περιέχει τον χοριοειδή, το ακτινωτό σώμα και την ίριδα. Η ίριδα βρίσκεται πίσω από τον κερατοειδή, η οποία έχει στη μέση ένα άνοιγμα, την κόρη. Πίσω από την ίριδα βρίσκεται ο κρυσταλλοειδής φακός, όπου μαζί με τον κερατοειδή διαθλούν και συγκεντρώνουν τις ακτίνες του φωτός στον αμφιβληστροειδή. Πίσω από τον φακό, το οπίσθιο τμήμα της κοιλότητας του βολβού αποτελείται από το υαλοειδές σώμα. Ο σκληρός χιτώνας εσωτερικά περιβάλλεται από τον χοριοειδή χιτώνα και τέλος στο εσωτερικό μέρος του ματιού βρίσκεται ο αμφιβληστροειδής χιτώνας. Ο αμφιβληστροειδής είναι ουσιαστικά τμήμα της εγκεφαλικής ουσίας. Δηλαδή δεν

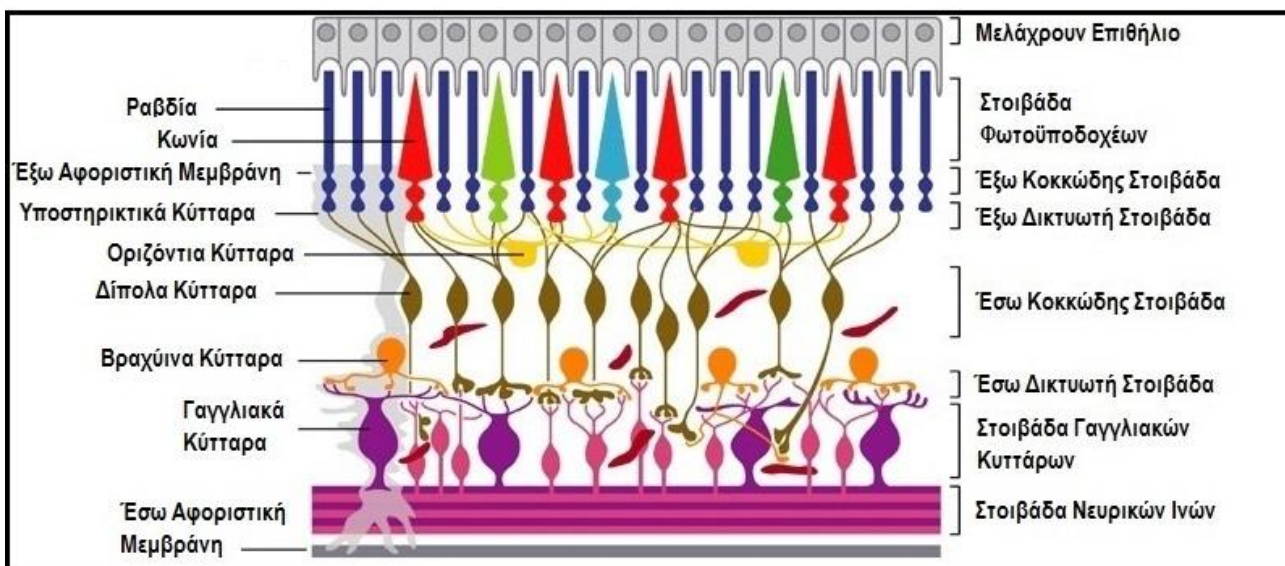


**Εικόνα 3.1:** Μέρη του οφθαλμικού βολβού

είναι περιφερικό όργανο αλλά μέρος του κεντρικού νευρικού συστήματος, αφού αναπτύσσεται απευθείας από το νευρικό εξώδερμα, όπου αναπτύσσεται ο εγκέφαλος. Γίνεται προσεκτική εξέταση του αμφιβληστροειδή, λόγω ότι σε αυτόν συμβαίνει η μετατροπή της ενέργειας των ερεθισμάτων σε νευρικές ώσεις.

### 3.1.1 Ανατομική οργάνωση του αμφιβληστροειδή

Ο αμφιβληστροειδής περιλαμβάνει πέντε κατηγορίες νευρώνων, οι οποίοι συνδέονται κατά έναν πολύπλοκο τρόπο, αλλά με μια συστηματική στιβαδωτή ανατομική ανάπτυξη (Kandel, 2009). Οι κύριες ομάδες νευρώνων είναι οι φωτοϋποδοχείς, τα δίπολα κύτταρα και τα γαγγλιακά κύτταρα. Εκτός από αυτούς, υπάρχουν ακόμη δύο τύποι νευρώνων τα οριζόντια και τα βραχύινα κύτταρα. Υπάρχουν δύο είδη φωτοϋποδοχέων, τα ραβδία και τα κωνία. Τα ραβδία είναι υπεύθυνα για την όραση σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού (σκοτοπική όραση), αντίθετα τα κωνία είναι προσαρμοσμένα στο έντονο φως (φωτοπική όραση) και διεκπεραιώνουν την έγχρωμη όραση καθώς διακρίνονται σε τρεις τύπους. Επιπλέον, τα ραβδία είναι πιο ευαίσθητα στο φως συγκριτικά με τα κωνία, ενώ τα κωνία παρουσιάζουν ταχύτερη απόκριση και προσαρμογή στο φως. Όσον αφορά τα γαγγλιακά κύτταρα, αυτά μεταδίδουν τις πληροφορίες από τον αμφιβληστροειδή και οι νευράξονες τους σχηματίζουν το οπτικό νεύρο. Τα δίπολα, τα οριζόντια και τα βραχύινα κύτταρα είναι τρία είδη διάμεσων νευρώνων, όπου βρίσκονται μεταξύ των φωτοϋποδοχέων και των γαγγλιακών κυττάρων. Στην εικόνα 3.2 φαίνονται όλοι οι νευρώνες και οι στοιβάδες του αμφιβληστροειδή, όπου είναι κατανοητοί. Οι στοιβάδες είναι δέκα και από έξω προς τα μέσα είναι οι εξής: μελάγχρουν επιθήλιο, στιβάδα φωτοϋποδοχέων, έξω κοκκώδης στιβάδα, έξω δικτυωτή στιβάδα, έσω κοκκώδης στιβάδα, έσω δικτυωτή στιβάδα, στιβάδα γαγγλιακών κυττάρων, στιβάδα νευρικών ινών, έσω αφοριστική μεμβράνη. Η έξω κοκκώδη στιβάδα αποτελείται από τους πυρήνες των ραβδίων και των κωνίων. Οι φωτοϋποδοχείς, τα δίπολα και τα οριζόντια κύτταρα πραγματοποιούν συναπτικές συνδέσεις μεταξύ τους στην έξω δικτυωτή στιβάδα. Η έσω κοκκώδη περιέχει τους πυρήνες των διπόλων, των οριζόντιων και των βραχύινων κυττάρων. Τα δίπολα, τα βραχύινα και τα γαγγλιακά κύτταρα σχηματίζουν συναπτικές συνδέσεις στην έσω δικτυωτή στιβάδα. Η στιβάδα των γαγγλιακών κυττάρων αποτελείται από τους πυρήνες των γαγγλιακών κυττάρων. Η στιβάδα των νευρικών ινών από τους άξονες των γαγγλιακών. Στην έξω και έσω αφοριστική μεμβράνη υπάρχουν υποστηρικτικά κύτταρα.



Εικόνα 3.2: Στοιβάδες του αμφιβληστροειδούς

Επιπλέον, σημαντικές είναι δύο εξειδικευμένες περιοχές που περιέχει ο χιτώνας αυτός, την ωχρά κηλίδα και την οπτική θηλή. Στο κέντρο της ωχράς κηλίδας βρίσκεται μια υπόκοιλη περιοχή, η οποία αποτελεί το κεντρικό βοθρίο. Στην περιοχή αυτή υπάρχει η υψηλότερη συγκέντρωση κωνίων και είναι υπεύθυνη για την οξεία όραση. Στην οπτική θηλή φαίνεται η

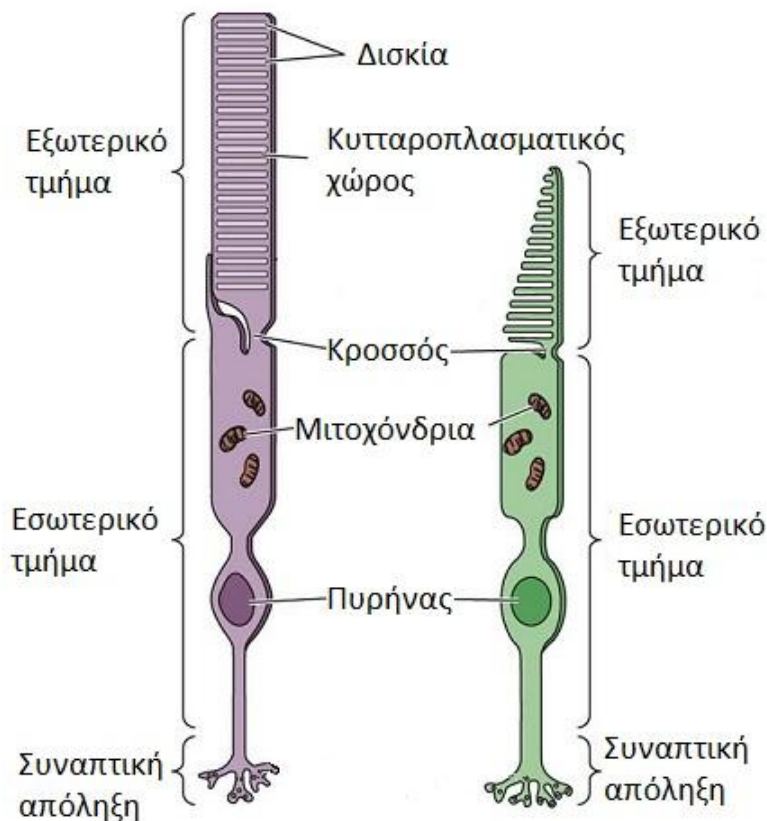


αρχή του οπτικού νεύρου, όπου οι νευρικές ίνες εγκαταλείπουν τον αμφιβληστροειδή. Αυτή η περιοχή στερείται από φωτοϋποδοχείς και γι' αυτό δημιουργεί ένα τυφλό σημείο στο οπτικό πεδίο.

### 3.1.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά φωτοϋποδοχέων

Οι δυο τύποι φωτοϋποδοχέων, δηλαδή τα ραβδία και τα κωνία διαφοροποιούνται τόσο για τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά όσο και προς την χωρική τους κατανομή. Τα ραβδία είναι περίπου 120-140 εκατομμύρια και τα κωνία περίπου 6-7 εκατομμύρια. Ένα χαρακτηριστικό των φωτοϋποδοχέων είναι ότι δεν διανέμονται ομοιόμορφα. Πιο συγκεκριμένα, τα ραβδία επί το πλείστον βρίσκονται στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδή με μέγιστη πυκνότητα περίπου στις 20 μοίρες από το κέντρο της ωχράς, ενώ τα κωνία είναι επί το πλείστον συγκεντρωμένα στο κεντρικό βοθρίο.

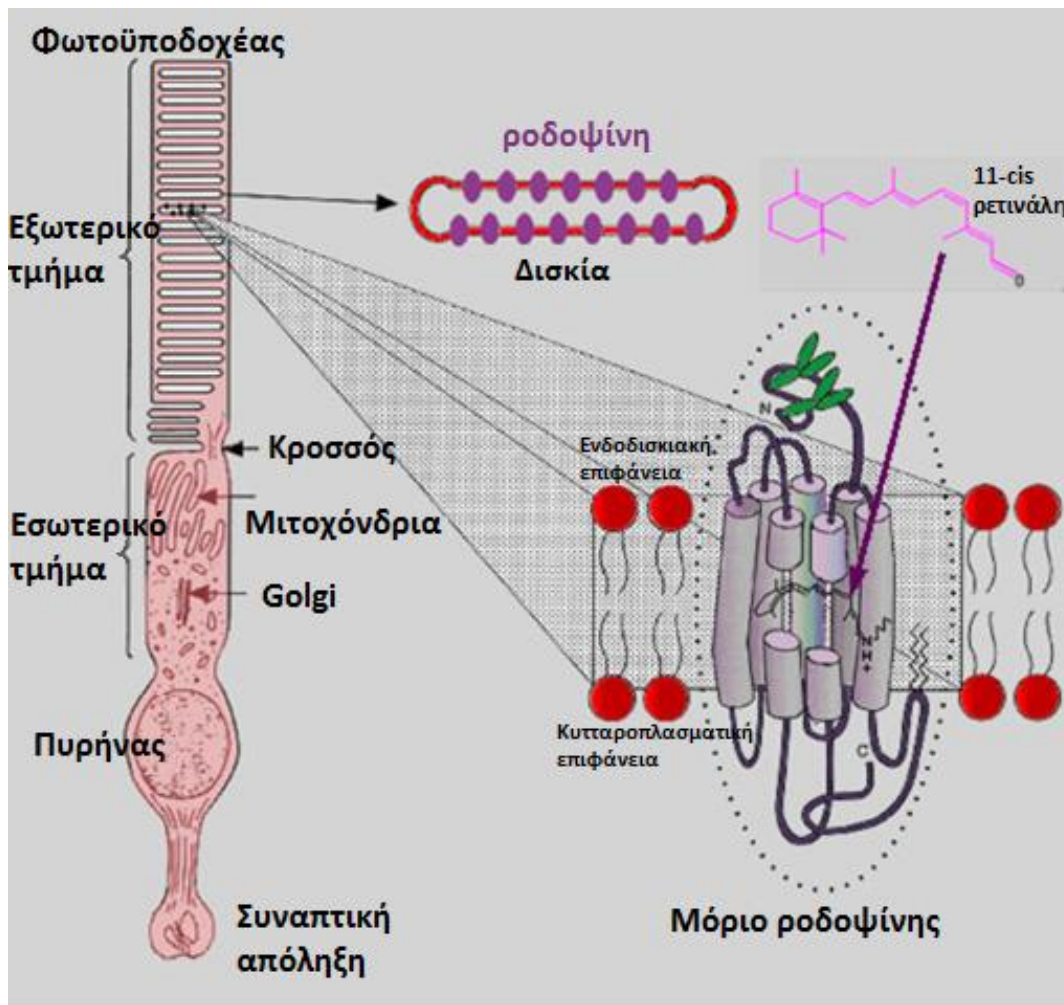
Όσον αφορά τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά, τόσο τα ραβδία όσο και τα κωνία έχουν ένα εσωτερικό και ένα εξωτερικό τμήμα τα οποία συνδέονται με έναν κροσσό και το συναπτικό τμήμα τους (Εικόνα 3.3), όπου συνδέονται οι φωτοϋποδοχείς με τα κύτταρα στόχους, τα δίπολα και τα οριζόντια. Η συναπτική απόληξη των κωνίων είναι επίπεδη, ενώ των ραβδίων στρογγυλωπή. Τα ονόματα τους βασίζονται στο σχήμα του εξωτερικού τμήματος καθώς το εξωτερικό τμήμα των κωνίων είναι κωνικό και των ραβδίων κυλινδρικό.



**Εικόνα 3.3:** Μορφολογικά χαρακτηριστικά ραβδίων - κωνίων

Το εσωτερικό τους τμήμα περιέχει τον πυρήνα του κυτάρου και το μεγαλύτερο μέρος των βιοσυνθετικών οργανιδίων και βρίσκεται πιο κοντά στην εσωτερική επιφάνεια του αμφιβληστροειδή. Το εξωτερικό τμήμα βρίσκεται στην εξωτερική ή άπω επιφάνεια του αμφιβληστροειδούς. Αυτό το τμήμα ειδικεύεται στη φωτομετατροπή και αποτελείται από μια στήλη μεμβρανικών δισκίων, τα οποία περιέχουν τις φωτοαπορροφητικές οπτικές χρωστικές. Αυτές, είτε των ραβδίων είτε των κωνίων, αποτελούνται από ένα φωτοαπορροφητικό μόριο,

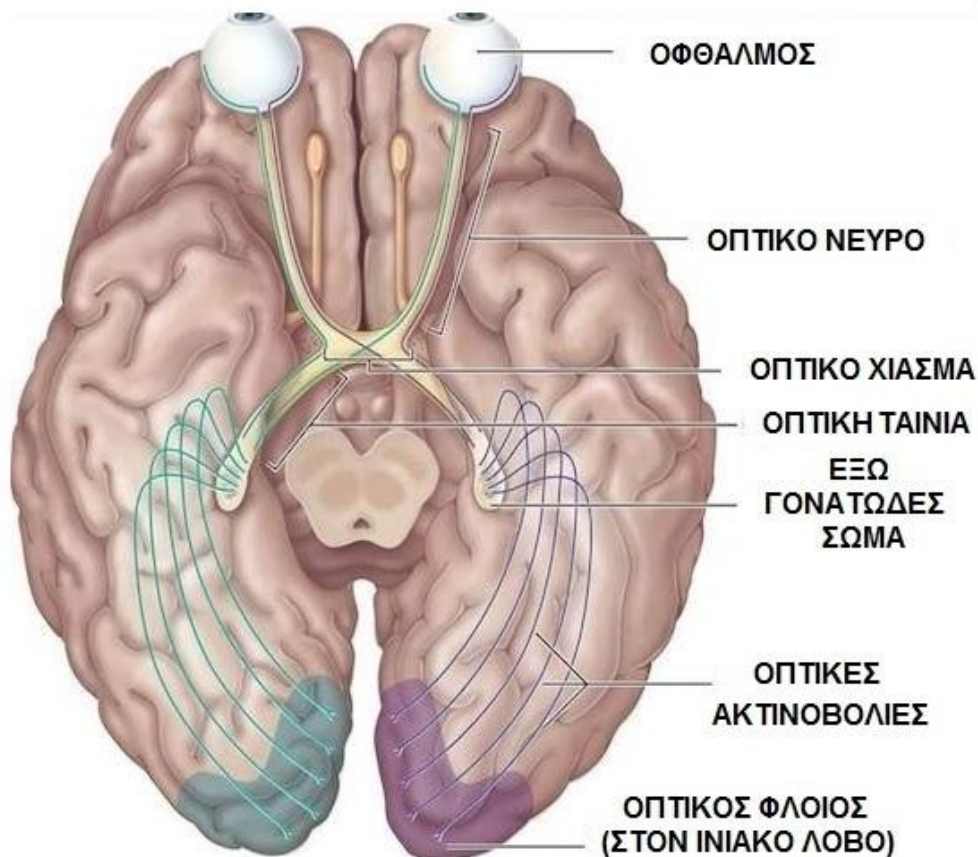
την 11-cis-ρετινάλη, που είναι δεσμευμένη σε μια διαμεμβρανική πρωτεΐνη, την οψίνη. Η φωτοευαίσθητη ουσία των ραβδίων είναι η ροδοψίνη, όπου σχηματίζεται από την ρετινάλη (11-cis-ρετινάλη) και από την οψίνη (Εικόνα 3.4). Αντίθετα, στα κωνία υπάρχουν τρεις χρωστικές, όπου η καθεμία από αυτές περιέχει διαφορετική οψίνη. Κάθε μια από αυτές τις χρωστικές απορροφά φως σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του ορατού φάσματος. Κάθε κύτταρο ραβδίων-κωνίων περιέχει  $10^8$  τέτοιων πρωτεϊνών και αυτό επιτυγχάνεται χάρη στο σύστημα των δισκίων, τα οποία αναπτύσσονται σαν μια σειρά εγκολπώσεων της κυτταρικής μεμβράνης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα σημαντική αύξηση στην έκταση της μεμβράνης των φωτοϋποδοχέων. Τα δισκία, στα κωνία αποτελούν συνέχεια της κυτταρικής μεμβράνης, ενώ στα ραβδία αποκόπτονται και γίνονται ενδοκυτταρικά οργάνια (Kandel, 2009).



Εικόνα 3.4: Οπτική χρωστική του ραβδίου

### 3.2 Από τον οφθαλμό στον εγκέφαλο - Οπτική οδός

Τα ερεθίσματα που δέχονται οι οφθαλμοί μεταφέρονται μέσω της οπτικής οδού στον εγκέφαλο και συγκεκριμένα στον ινιακό λοβό (Εικόνα 3.5). Η οπτική οδός αρχίζει από τον αμφιβληστροειδή με το οπτικό νεύρο, το οποίο έχει το ρόλο του συνδετικού κρίκου μεταξύ του οφθαλμού και του εγκεφάλου. Εκτείνεται από τον οπτικό δίσκο μέχρι το οπτικό χιάσμα. Τα οπτικά νεύρα ενώνονται στο οπτικό χιάσμα, όπου διαιρούνται έτσι ώστε, η πληροφορία από κάθε ένα μάτι να κατευθύνεται στην ίδια πλευρά του οπτικού φλοιού. Δηλαδή, ένας κλάδος από την ρινική πλευρά του δεξιού αμφιβληστροειδή, περνάει αριστερά και στη συνέχεια ενώνεται με τον κροταφικό κλάδο του αριστερού. Οι άλλοι δυο κλάδοι, ο ρινικός του αριστερού αμφιβληστροειδή και ο κροταφικός του δεξιού, ενώνονται όμοια προς τα δεξιά.

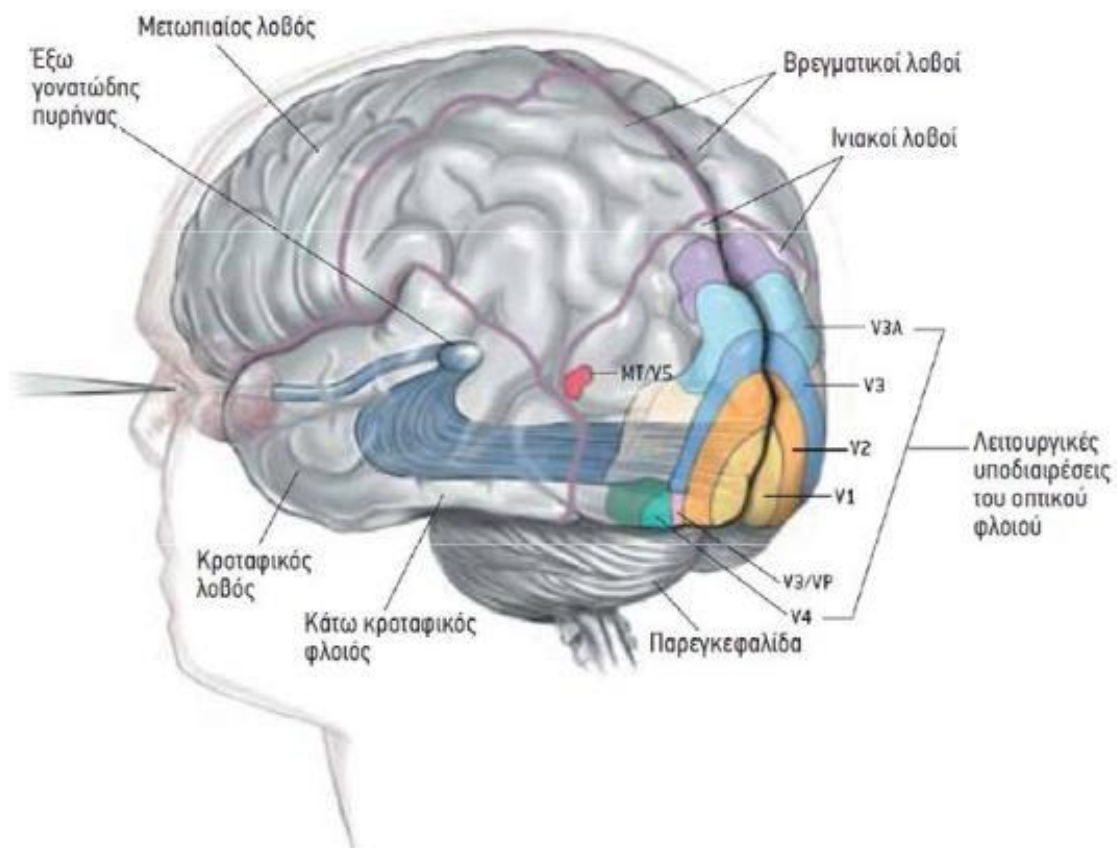


**Εικόνα 3.5:** Οπτική οδός

Ο ημιχιασμός των οπτικών νευρικών ινών στο οπτικό χιάσμα είναι ουσιώδης για τη διόφθαλμη όραση (Snell, Lemp, 2006). Οι οπτικές ίνες, χιαζόμενες και μη, συνεχίζουν την πορεία τους σχηματίζοντας τις οπτικές ταινίες. Με την σειρά τους αυτές προβάλλουν στα έξω γονατώδη σώματα, στο άνω διδύμιο και στο προτετραδυμικό πυρήνα. Τα έξω γονατώδη σώματα, ένα σε κάθε πλευρά, αποτελούν τελικό σταθμό στην πορεία των οπτικών ινών και από τις παραπάνω προβολές μόνο σε αυτά γίνεται επεξεργασία των οπτικών πληροφοριών για την αντίληψη. Στα έξω γονατώδη σώματα υπάρχουν νευρώνες διατεταγμένοι σε 6 στιβάδες αριθμούμενες από την κοιλιακή προς την ραχιαία (έξω) πλευρά τους. Εκεί γίνεται σύναψη των αξόνων των γαγγλιακών κυττάρων με τους νευρώνες αυτούς. Από τα έξω γονατώδη σώματα ξεκινούν οι οπτικές ακτινοβολίες, που ανοίγουν σαν βεντάλιες και καταλήγουν στον οπτικό φλοιό.

### 3.3 Ινιακός λοβός - Οπτικός φλοιός

Ο ινιακός λοβός βρίσκεται στο πίσω μέρος του εγκεφάλου πάνω από την παρεγκεφαλίδα και συνδέεται με το βρεγματικό και κροταφικό λοβό. Έχει τρεις επιφάνειες την έξω, έσω και κάτω επιφάνεια. Εστιάζουμε στην έσω επιφάνεια, όπου διαμορφώνεται η βαθύτερη αύλακα, που ονομάζεται πληκτραία σχισμή. Αυτή είναι η σημαντικότερη περιοχή, γιατί εμπεριέχει τον οπτικό φλοιό. Ο οπτικός φλοιός διαιρείται στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό, που είναι γνωστός ως περιοχή V1 ή ως ταινιωτός φλοιός, ο οποίος έχει πάχος περίπου 2mm και στον δευτερογενή οπτικό φλοιό ή εξωταινιωτό φλοιό, ο οποίος περιέχει τις περιοχές V2, V3, V4 και V5 (Εικόνα 3.6). Οι συντομογραφίες για τις διάφορες οπτικές περιοχές (V1, V2, V3, V4, V5) βασίσθηκαν αρχικά στην άποψη ότι η οπτική επεξεργασία ήταν αυστηρά σειριακή, όμως δεν θεωρείται πλέον ορθή. Ο πρωτοταγής οπτικός φλοιός καταλαμβάνει τα τοιχώματα της βαθιάς πληκτραίας σχισμής στην έσω επιφάνεια του ημισφαιρίου με επέκταση στο φλοιό πάνω και κάτω από τη σχισμή. (κλινική ανατομία οφθαλμού). Ο εξωταινιωτός φλοιός περιβάλλει την ταινιωτή περιοχή. Ανατομικά ο πρωτοταγής οπτικός φλοιός αντιστοιχεί στο πεδίο Brodmann 17 και ο εξωταινιωτός φλοιός αντιστοιχεί στα πεδία Brodmann 18 και 19. Ο κύριος όγκος των οπτικών πληροφοριών από το έξω γονατώδες σώμα του θαλάμου πηγαίνει αρχικά στην V1 περιοχή και από εκεί στη V2 περιοχή, ο οποίος δέχεται και κάποιες πληροφορίες κατευθείαν από το θάλαμο. Από την V2 περιοχή οι πληροφορίες διοχετεύονται προς τις περιοχές V3, V4 και V5 και μερικές επιστρέφουν στην περιοχή V1 (Kalat, 2003).



**Εικόνα 3.6:** Μέρη του εγκεφάλου & λειτουργικές υποδιαιρέσεις του οπτικού φλοιού



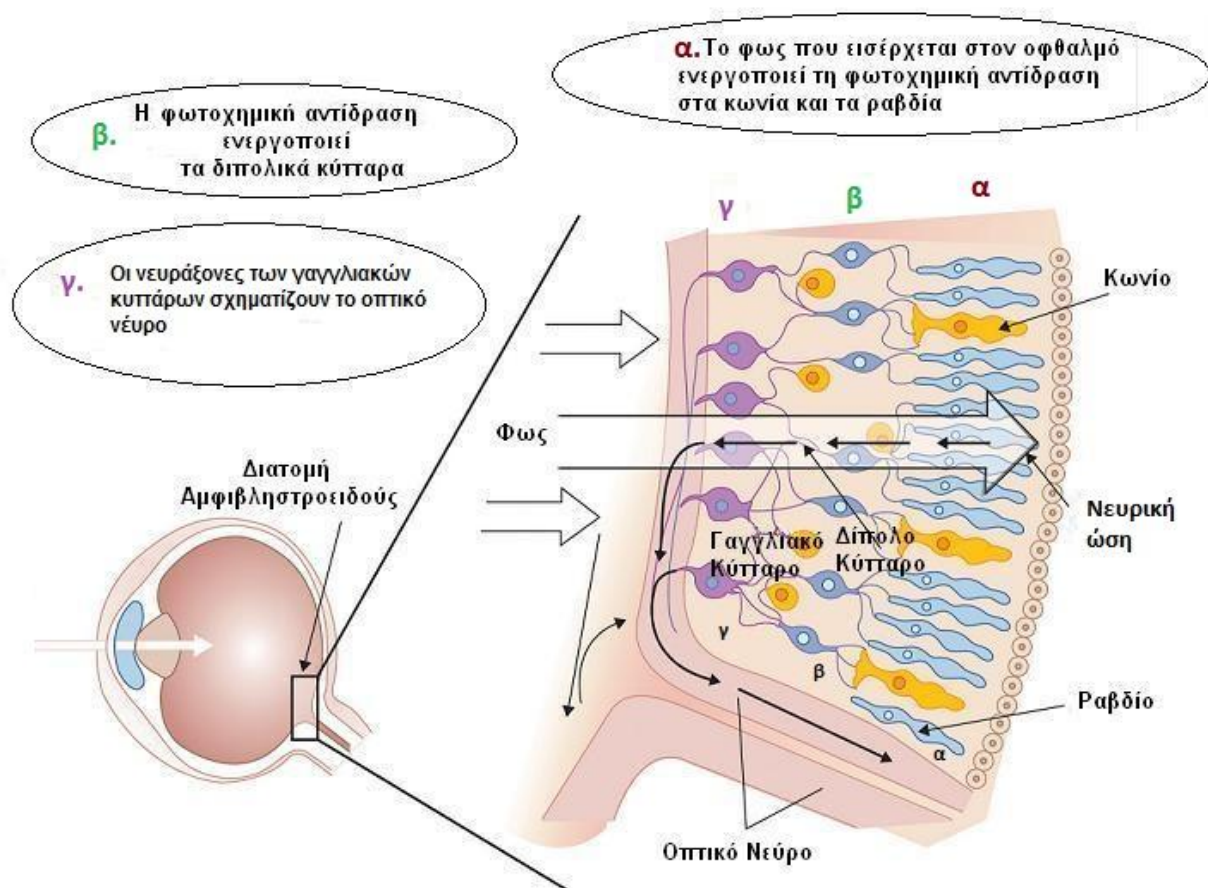
### 3.4 Πρωτοταγής οπτικός φλοιός

Ο πρωτοταγής οπτικός φλοιός είναι μια περιοχή έντονα εξειδικευμένη στην επεξεργασία πληροφορίας ακίνητων ή κινούμενων αντικειμένων καθώς και στην αναγνώριση προτύπων. Είναι συγκροτημένος από ορισμένες κατηγορίες κυττάρων αλλά περιέχει 2 βασικές, τα πυραμιδοειδή κύτταρα και τα μη πυραμιδοειδή κύτταρα. Τα πυραμιδοειδή κύτταρα είναι μεγάλα, με μακρούς ακανθωτούς δενδρίτες. Είναι διεγερτικοί προβλητικοί νευρώνες, οι οποίοι χρησιμοποιούν ως διαβιβαστή το γλουταμινικό οξύ και στη συνέχεια στέλνουν τον νευράξονα τους σε άλλες περιοχές του εγκεφάλου. Όσον αφορά τα μη πυραμιδοειδή κύτταρα, αυτά είναι μικρά και το σχήμα τους είναι αστεροειδές. Μερικά αστεροειδή κύτταρα εμφανίζουν πολλές δενδριτικές άκανθες για το λόγο αυτό ονομάζονται ακανθωτά. Όπως και τα πυραμιδοειδή έτσι και αυτά είναι διεγερτικά και χρησιμοποιούν το γλουταμινικό οξύ ως διαβιβαστή. Υπάρχουν και άλλα αστεροειδή κύτταρα τα οποία δεν έχουν δενδριτικές άκανθες και ονομάζονται λεία. Λειτουργούν ανασταλτικά και χρησιμοποιούν το γαμινοβουτυρικό οξύ ως διαβιβαστή. Τα αστεροειδή κύτταρα και των 2 κατηγοριών είναι τοπικοί διάμεσοι νευρώνες των οποίων οι νευράξονες δεν προβάλλουν εκτός του πρωτοταγούς οπτικού φλοιού.

### 3.5 Η διαδρομή της οπτικής πληροφορίας μέσα στον αμφιβληστροειδή

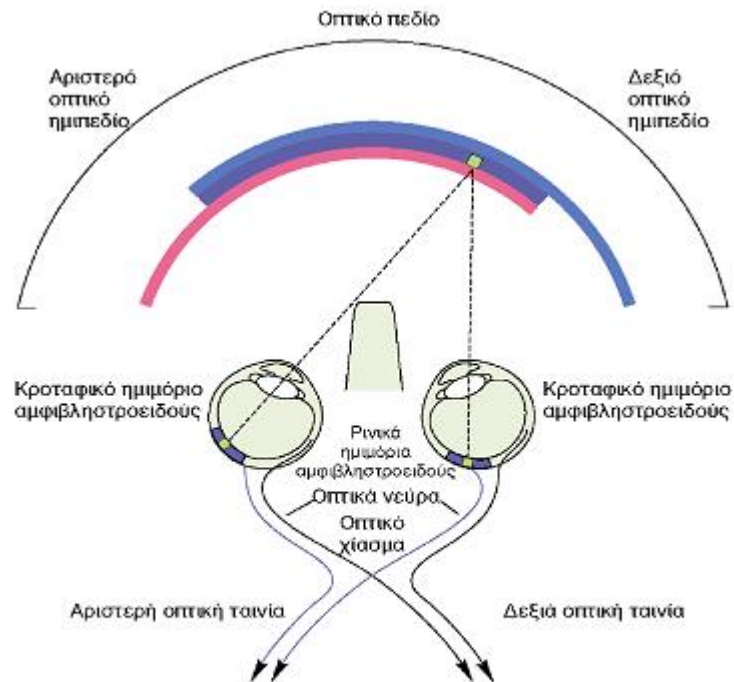
Η οπτική αντίληψη πραγματοποιείται σε δύο στάδια. Η πρώτη φάση της ξεκινά στο εξειδικευμένο αισθητήριο όργανο, τον αμφιβληστροειδή, όπου επιτυγχάνεται η μετατροπή του φωτός σε νευρική ώση. Οι φωτούποδοχοί είναι υπεύθυνοι για αυτή την μετατροπή του φωτεινού ερεθίσματος σε νευρικές ώσεις. Στη συνέχεια, τα σήματα αυτά μεταβιβάζονται με το οπτικό νεύρο, μέσω της οπτικής οδού στα ανώτερα κέντρα του εγκεφάλου, στον οπτικό φλοιό για περαιτέρω διαχωρισμό, ανάλυση και επεξεργασία των πληροφοριών για την όραση.

Οι ακτίνες φωτός προσπίπτουν στον οφθαλμό και περνούν τα διαθλαστικά μέσα. Ο κερατοειδής προκαλεί την πρώτη και πιο ισχυρή διάθλαση του φωτός. Ακριβώς πίσω του, η ίριδα ρυθμίζει την ποσότητα του φωτός που θα εισέλθει στο μάτι, αυξομειώνοντας το άνοιγμα της κόρης. Το φως στον κρυσταλλοειδή φακό διαθλάται ξανά με αποτέλεσμα οι ακτίνες τελικά να εστιαστούν στον αμφιβληστροειδή, ο οποίος βρίσκεται μπροστά από το μελάγχρουν επιθήλιο. Το μελάγχρουν επιθήλιο επενδύει το οπίσθιο τοίχωμα του βολβού, του οποίου τα κύτταρα περιέχουν τη μαύρη χρωστική μελανίνη. Η χρωστική αυτή απορροφά το φως το οποίο δεν δεσμεύεται από τον αμφιβληστροειδή. Με αυτή την ενέργεια αποτρέπεται η αντανάκλαση του φωτός στο οπίσθιο τοίχωμα του βολβού και η επιστροφή του στον αμφιβληστροειδή. Οι φωτούποδοχοί έχουν άμεση επαφή με το μελάγχρουν επιθήλιο, σε αντίθεση με τα άλλα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς που βρίσκονται πιο κοντά στο φακό. Συνέπεια της διάταξης αυτής είναι ότι το φως πρέπει να διέλθει διάμεσου των στιβάδων των άλλων νευρώνων του αμφιβληστροειδούς πριν επιδράσει στους φωτούποδοχοίς (Εικόνα 3.7). Για να μπορέσει το φως να φτάσει στους φωτούποδοχοίς χωρίς να απορροφηθεί ή να διαχυθεί σε μεγάλο βαθμό κάτι που θα είχε ως συνέπεια την παραμόρφωση της εικόνας, οι εγγύς νευρικές στιβάδες του αμφιβληστροειδή είναι αμύελες και συνεπώς σχετικά διαφανείς. Έτσι λοιπόν ο οφθαλμός είναι σχεδιασμένος ώστε η εικόνα που προβάλλεται στον βυθό του να έχει την ελάχιστη οπτική παραμόρφωση. (Φωτεινάκης, Πατέρας, Χανδρινός, 2000)



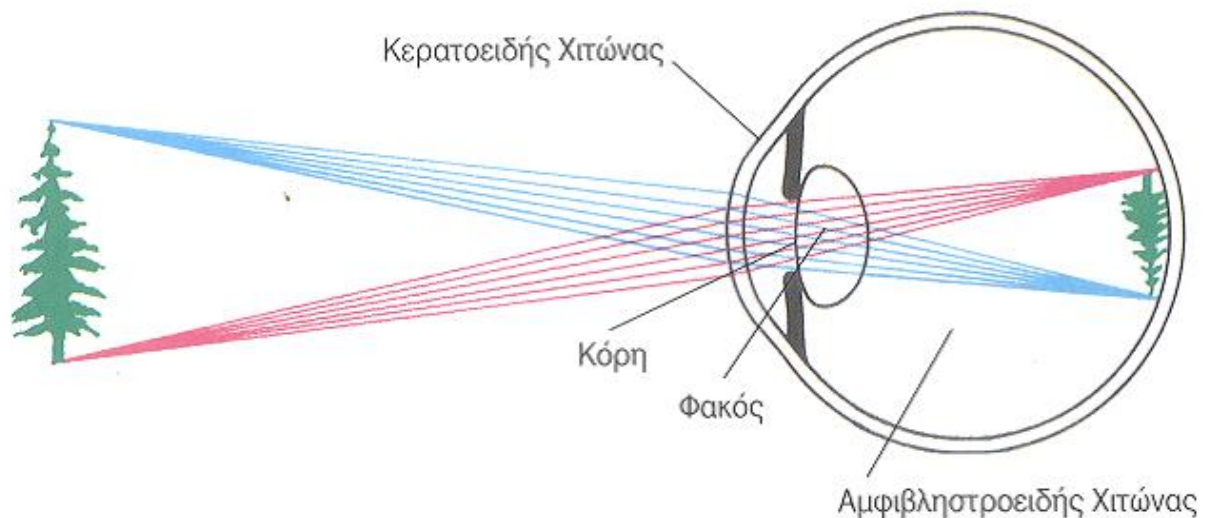
**Εικόνα 3.7:** Πορεία της οπτικής πληροφορίας στον αμφιβληστροειδή

Η εικόνα αυτή, που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή, είναι ανεστραμμένο οπτικό πεδίο, λειτουργία που οφείλεται στον κρυσταλλοειδή φακό. Όσον αφορά τον αμφιβληστροειδή, αυτός χωρίζεται σε τεταρτημόρια από μια νοητή μέση κατακόρυφη γραμμή, η οποία διαχωρίζει το ρινικό ημιαμφιβληστροειδή και τον κροταφικό ημιαμφιβληστροειδή. Κάθε ημιμόριο του αμφιβληστροειδούς διαιρείται σε ραχιαίο και κοιλιακό τεταρτημόριο. Το οπτικό πεδίο είναι η θέα που έχουν οι δύο οφθαλμοί χωρίς κίνηση κεφαλής. Δηλαδή περιλαμβάνει όλο το χώρο τον οποίο μπορεί να αντιληφθεί ο οφθαλμός όταν είναι προσηλωμένος σε ένα σημείο με αποτέλεσμα να διακρίνεται το αριστερό και το δεξί ημιμόριο του οπτικού πεδίου. Το αριστερό ημιπεδίο προβάλλει στο ρινικό ημιμόριο του αμφιβληστροειδούς του αριστερού οφθαλμού και στο κροταφικό ημιμόριο του δεξιού οφθαλμού. Το δεξιό ημιπεδίο προβάλλει στο ρινικό ημιμόριο του αμφιβληστροειδούς του δεξιού οφθαλμού και στο κροταφικό ημιμόριο του αμφιβληστροειδούς του αριστερού οφθαλμού. (Εικόνα 3.8)



**Εικόνα 3.8:** Οπτικό πεδίο

Το άνω ημιμόριο του οπτικού πεδίου προβάλλεται στο κάτω ημιμόριο του αμφιβληστροειδούς. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η αναστροφή του ειδώλου (Εικόνα 3.9). Ο εγκέφαλος όμως με την επεξεργασία του ειδώλου αποκαθιστά την αναστροφή αυτή. Το φως που προέρχεται από την κεντρική περιοχή του οπτικού πεδίου εισέρχεται και στους δυο οφθαλμούς. Η περιοχή αυτή ονομάζεται διοφθάλμια ζώνη. Αντίθετα, το φως από την κροταφική μοίρα του ημιπεδίου προβάλλει μόνο στο ρινικό ημιμόριο του αμφιβληστροειδούς στον οφθαλμό της ίδιας πλευράς καθώς η μύτη στέκεται εμπόδιο στο φως αυτό να φτάσει στον οφθαλμό της αντίθετης πλευράς. Η περιοχή αυτή ονομάζεται κροταφική ζώνη και είναι γνωστή ως κροταφική μήνη.

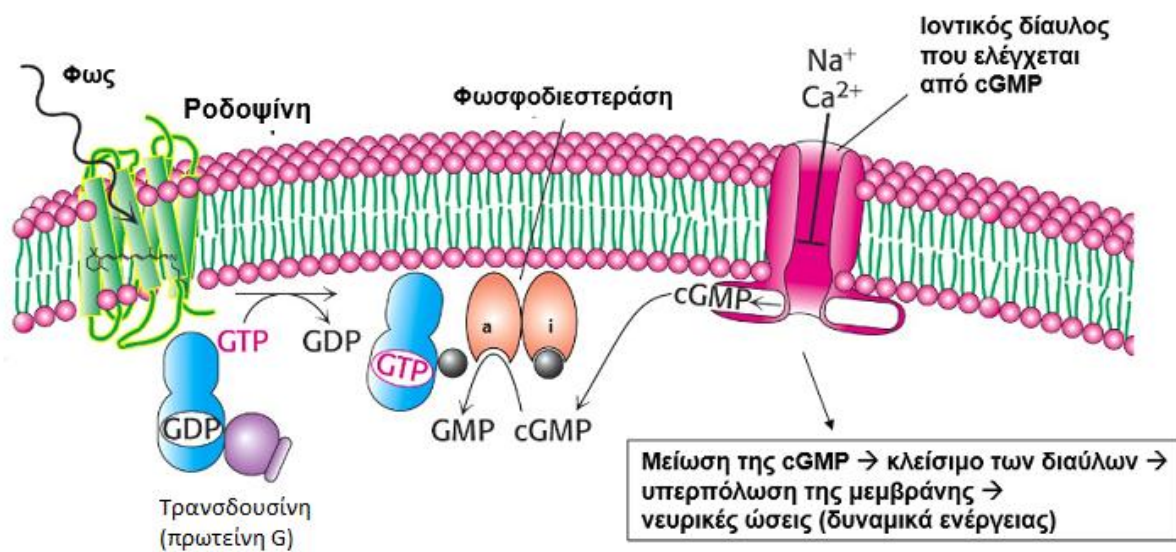


**Εικόνα 3.9:** Αναστροφή του ειδώλου

### 3.5.1 Φωτομετατροπή

Η φωτομετατροπή είναι μια βιοχημική διαδικασία, που ενεργοποιείται με την απορρόφηση του φωτός από τις οπτικές χρωστικές των φωτοϋποδοχέων (Εικόνα 3.7.α). Με αποτέλεσμα να προκαλείται ένας «καταρράκτης» γεγονότων που οδηγούν σε αλλαγή του δυναμικού της μεμβράνης. Σημαντικό ρόλο σε αυτές τις αντιδράσεις παίζει το νουκλεοτίδιο 3', 5' κυκλική μονοφωσφορική γουανοσίνη (cGMP), το οποίο ενεργεί στα ραβδία ως δεύτερος αγγελιοφόρος. Η cGMP μεταφέρει πληροφορίες διαμέσου του κυτταροπλάσματος στην κυτταρική μεμβράνη, όπου η ροή των ιόντων μεταβάλλεται. Η κυκλική μονοφωσφορική γουανοσίνη χρησιμοποιείται με τον ίδιο τρόπο και στα κωνία. Η cGMP ανοίγει έναν ειδικό τύπο διαύλων ιόντων, όπου ελέγχει τη ροή των ιόντων. Οι διάυλοι αυτοί επιτρέπουν την εισροή στο κύτταρο ρεύματος προκαλούμενου κυρίως από  $Na^+$ . Στο σκοτάδι, η συγκέντρωση της cGMP είναι σχετικά μεγάλη με αποτέλεσμα να προκαλεί το άνοιγμα των ελεγχόμενων διαύλων από την cGMP, όπου επιτρέπει στο εισερχόμενο ρεύμα να διατηρεί το κύτταρο σε κατάσταση σχετικής εκπόλωσης. Εκπόλωση είναι η μείωση της διαφοράς δυναμικού της μεμβράνης.

Όταν εισέλθουν οι ακτίνες φωτός αρχίζει η διαδικασία της φωτομετατροπής, όπου συντελείται σε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο το φως ενεργοποιεί τις οπτικές χρωστικές. Σε δεύτερη φάση τα ενεργοποιημένα αυτά μόρια διεγείρουν τη φωσφοδιεστεράση της cGMP, ένα ένζυμο το οποίο ελαττώνει τη συγκέντρωση της cGMP στο κυτταρόπλασμα. Και τέλος, η ελάττωση της συγκέντρωσης της cGMP κλείνει τους ελεγχόμενους από την cGMP διαύλους, προκαλώντας έτσι την υπερπόλωση του φωτοϋποδοχέα (Εικόνα 3.10).



Εικόνα 3.10: Φωτομετατροπή

#### Ø Ανάλυση σταδίων φωτομετατροπής

1. Η ροδοψίνη απορροφά το φως με αποτέλεσμα να ενεργοποιείται και να αλλάζει η διαμόρφωση της, δηλαδή η 11-cis-ρετινάλη της ροδοψίνης μετατρέπεται στην ισομερή all-trans μορφή της. Η σημαντική αυτή αλλαγή στη γεωμετρία του μορίου της έχει ως συνέπεια η ρετινάλη να μην εφαρμόζεται πλέον στη θέση πρόσδεσης της οψίνης. Αρχικά η ροδοψίνη μετατρέπεται σε μια ημισταθερή μορφή, τη μεταροδοψίνη II, η οποία ενεργοποιεί



τη δεύτερη φάση της μετατροπής. Η μεταροδοψίνη II είναι ασταθής και διασπάται με αργό ρυθμό σε οψίνη και all-trans-ρετινάλη. Η αποδεδειγμένη all-trans-ρετινάλη μετατρέπεται γρήγορα σε all-trans-ρετινόλη που μεταφέρεται στο μελάγχρουν επιθήλιο. Η all-trans-ρετινόλη είναι η πρόδρομη ουσία στη σύνθεση της 11-cis-ρετινάλη, έτσι ώστε μετά από λίγα δευτερόλεπτα να αρχίσει η αναπαραγωγή της ροδοψίνης στο εξωτερικό τμήμα των ραβδίων με την ανασύνθεση της 11-cis-ρετινάλη με την οψίνη. Για να ξεκινήσει ξανά από την αρχή η απορρόφηση του φωτός.

**2.** Η ενεργοποιημένη ροδοψίνη λειτουργεί σαν ένζυμο, που με τη σειρά της ενεργοποιεί εκατοντάδες μόρια τρανσδουσίνης. Η τρανσδουσίνη είναι μια πρωτεΐνη που βρίσκεται σε ανενεργή μορφή στις μεμβράνες των δισκίων αλλά και στην κυτταρική μεμβράνη των ραβδίων. Ανήκει στην οικογένεια των πρωτεϊνών G, οι οποίες μεταπίπτουν από μία ενεργό σε μια ανενεργό κατάσταση και αντίστροφα, ανάλογα με το αν είναι συνδεδεμένες με το μόριο GTP ή το GDP. Έτσι και η τρανσδουσίνη αν είναι ανενεργός προσδένεται εφαρμοστά σε ένα μόριο GDP. Και σε περίπτωση αλληλεπίδρασης με ενεργοποιημένη ροδοψίνη στη μεμβράνη του δισκίου, η τρανσδουσίνη ανταλλάσσει ένα μόριο GDP με GTP και ενεργοποιείται η ίδια. Καθένα από τα μόρια τρανσδουσίνης διεγείρει ένα μόριο φωσφοδιεστεράσης. Η φωσφοδιεστεράση είναι μια πρωτεΐνη που συνδέεται περιφερικά με τη μεμβράνη των δισκίων και με την ενεργοποίηση της προκαλεί άμεση υδρόλυση μεγάλου αριθμού μορίων κυκλικής μονοφωσφορικής γουανοσίνης σε 5'-GMP (περισσότερα από  $10^3$  μόρια cGMP / δευτερόλεπτο). Με αποτέλεσμα να οδηγείται σε ελάττωση η συγκέντρωση της cGMP στο κυτταρόπλασμα.

**3.** Η απότομη ελάττωση της ενδοκυττάριας συγκέντρωσης της cGMP προκαλεί το κλείσιμο των ελεγχόμενων από την cGMP διαύλων του φωτουπόδοχέα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του αρνητικού δυναμικού της μεμβράνης του ραβδίου, δηλαδή την υπερπόλωση του. Αφού οι αντλίες που απομακρύνουν τα θετικά φορτισμένα ιόντα νατρίου από το εσωτερικό του ραβδίου συνεχίζουν να λειτουργούν. Για κάθε μόριο ροδοψίνης που ενεργοποιείται συγκλείονται μερικές εκατοντάδες διάυλοι νατρίου. Επειδή η εισροή νατρίου από αυτούς τους διάυλους είναι ταχύτατη, ο αποκλεισμός τους, έστω και για μικρό χρονικό διάστημα, αναστέλλει την εισροή εκατομμυρίων ιόντων προκαλώντας έτσι την αύξηση της ηλεκτροαρνητικότητας στο εσωτερικό του ραβδίου (υπερπόλωση). Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της φωτεινής ενέργειας που προσπίπτει στο ραβδίο τόσο μεγαλύτερη είναι η υπερπόλωση του φωτουπόδοχέα. Έτσι, η φωτεινή μορφή ενέργειας μεταμορφώνεται σε ηλεκτρική ενέργεια. (Kandel, 2009)

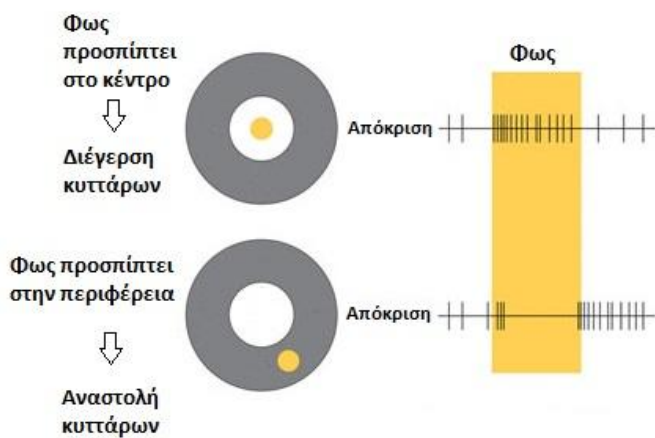
### 3.5.2 Υποδεκτικά πεδία

Η υπερπόλωση του φωτουπόδοχέα μεταδίδεται κεντρικά κατά μήκος του κυττάρου και φθάνει στο συναπτικό τμήμα του φωτουπόδοχέα, όπου προκαλείται απελευθέρωση μιας νευροδιαβιβαστικής ουσίας. Αυτή με τη σειρά της μεταβάλλει το δυναμικό της μεμβράνης των διπόλων κυττάρων (Εικόνα 3.7.β). Έτσι, οι νευρικές ώσεις που δημιουργούνται στα κωνία και στα ραβδία μεταφέρονται μέσα από τα δίπολα, τα οριζόντια και τα βραχύινα κύτταρα στα γαγγλιακά κύτταρα. Αυτοί οι διάμεσοι νευρώνες δε δρουν ως απλοί μεσολαβητές μεταξύ φωτουπόδοχέων και γαγγλιακών κυττάρων, αλλά επιπλέον συνδυάζουν σήματα από αρκετούς φωτουπόδοχείς έτσι ώστε οι ηλεκτρικές αποκρίσεις που προκαλούνται στα γαγγλιακά κύτταρα να εξαρτώνται άμεσα από τα ακριβή χρονικά και χωρικά χαρακτηριστικά του φωτός που προσέπεσαν στον αμφιβληστροειδή.

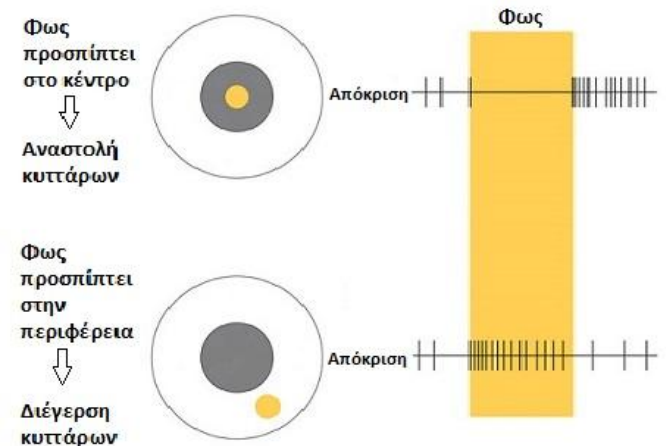
Οι πληροφορίες που συλλέγει κάθε γαγγλιακό κύτταρο προέρχονται πάντα από τους ίδιους φωτουπόδοχείς μιας περιγεγραμμένης περιοχής του αμφιβληστροειδούς, η οποία αποτελεί το υποδεκτικό πεδίο για το κύτταρο αυτό. Το υποδεκτικό πεδίο του γαγγλιακού κυττάρου είναι μια συγκεκριμένη περιοχή του αμφιβληστροειδούς την οποία μπορεί και ελέγχει το γαγγλιακό κύτταρο. Τα υποδεκτικά πεδία είναι θεωρητικά κυκλικά και διαφέρουν σε μέγεθος στις διάφορες περιοχές του αμφιβληστροειδούς, ακολουθώντας τις απαιτήσεις της

οπτικής οξύτητας. Στην περιοχή του κεντρικού βοθρίου, όπου η οπτική οξύτητα είναι μέγιστη, τα υποδεκτικά πεδία είναι μικρά. Σε αντίθεση με της περιφέρειας, όπου η ευκρινή όραση ελαττώνεται, τα υποδεκτικά πεδία είναι μεγαλύτερα.

Τα υποδεκτικά πεδία αποτελούνται από δυο ομόκεντρους κύκλους, έναν εσωτερικό, ο οποίος ονομάζεται κέντρο του υποδεκτικού πεδίου και έναν εξωτερικό, ο οποίος καλείται περιφέρεια. Τα γαγγλιακά κύτταρα αποκρίνονται άριστα στον διαφορετικό φωτισμό του κέντρου και της περιφέρειας του υποδεκτικού πεδίου. Στο γεγονός αυτό οφείλεται και η διάκριση των γαγγλιακών κυττάρων σε δύο είδη. Ανάλογα με την απόκρισή τους σε μια μικρή φωτεινή κηλίδα που φωτίζει το κέντρο του υποδεκτικού πεδίου έχουμε τα γαγγλιακά κύτταρα φωτεινού κέντρου (ON - center ganglion cells) και σκοτεινού κέντρου (OFF - center ganglion cells). Τα κύτταρα φωτεινού κέντρου διεγείρονται όταν προσπέσει φως στο κέντρο του υποδεκτικού πεδίου τους και υφίστανται αναστολή όταν το φως προσπίπτει στην περιφέρεια (Εικόνα 3.11). Τα κύτταρα σκοτεινού κέντρου αποκρίνονται αντιστρόφως (Εικόνα 3.12).



Εικόνα 3.11: Γαγγλιακά κύτταρα φωτεινού κέντρου (ON - center)



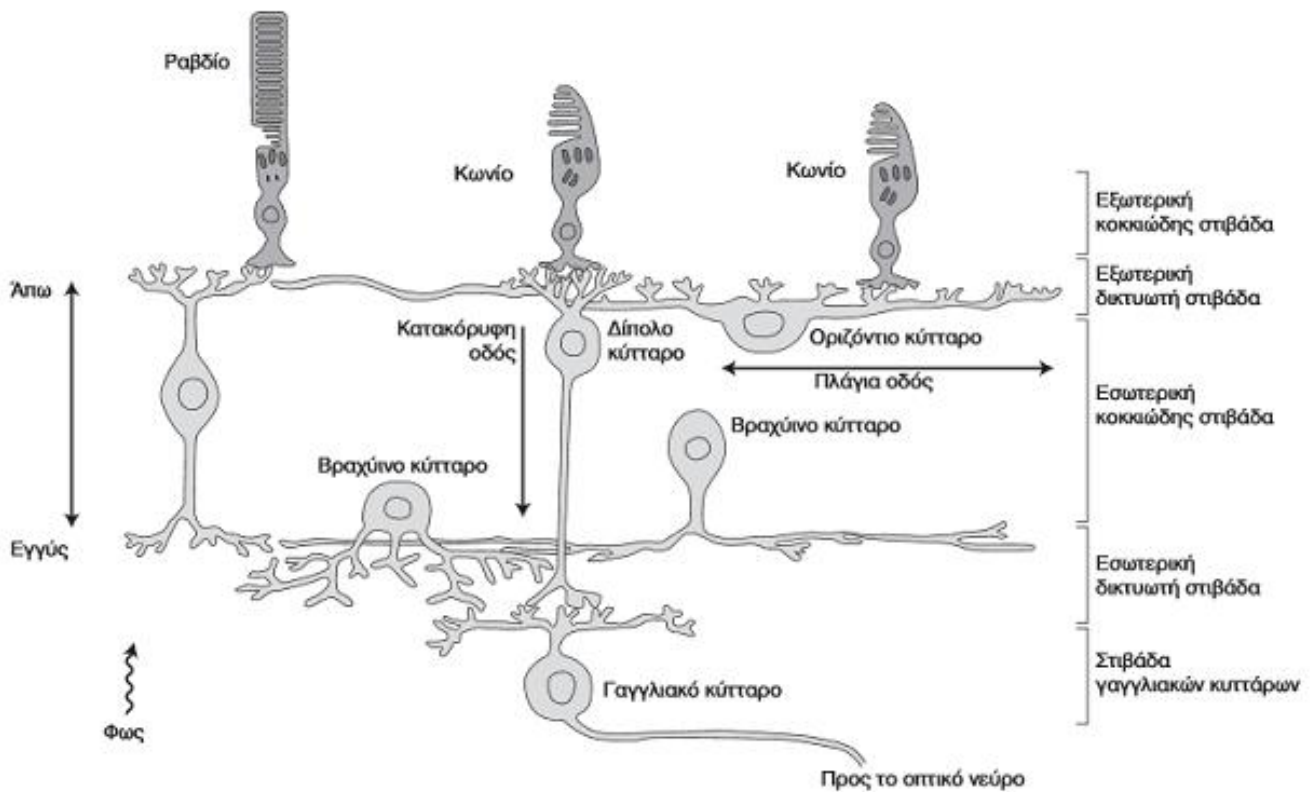
Εικόνα 3.12: Γαγγλιακά κύτταρα σκοτεινού κέντρου (OFF - center)

Ο διάχυτος φωτισμός ολόκληρου του υποδεκτικού πεδίου προκαλεί μικρή μόνο απόκριση. Τα γαγγλιακά κύτταρα των δύο ειδών υπάρχουν σχεδόν σε ίσους αριθμούς και κάθε φωτοϋποδοχέας στέλνει ώσεις στα κύτταρα και των δυο ειδών. Η οργάνωση αυτή του πεδίου τους σε κέντρο-περιφέρεια καθιστά τα γαγγλιακά κύτταρα ικανά να μεταδίδουν πληροφορίες κυρίως για την αντίθεση στο οπτικό σήμα και για τις ταχείες αλλαγές στην εικόνα παρά για την απόλυτη ένταση του. Και αυτό συμβαίνει διότι εμφανίζουν ασθενή μόνο απόκριση σε ομοιόμορφο φωτισμό αλλά εμφανίζουν την καλύτερη απόκριση όταν η ένταση του φωτός στο κέντρο και στην περιφέρεια είναι πολύ διαφορετική. Οι περισσότερες από τις χρήσιμες πληροφορίες σε μια οπτική σκηνή περιέχονται στη μορφή αντιθέσεων του φωτός. Η απόλυτη ποσότητα φωτός που ανακλούν τα αντικείμενα μεταφέρει πολύ λίγες πληροφορίες, διότι καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την ένταση της φωτεινής πηγής. Όσο αυξάνουμε την ένταση του φωτός του περιβάλλοντος τόσο αυξάνεται το ανακλώμενο φως από τα αντικείμενα, δεν αλλάζει όμως η μεταξύ τους αντίθεση. Έτσι, τα γαγγλιακά κύτταρα με τον τρόπο που είναι οργανωμένα επιτυγχάνουν την ανίχνευση χρήσιμων πληροφοριών της οπτικής σκηνής.

### 3.5.3 Μετάδοση νευρικής ώσης

Οι νευρώνες του αμφιβληστροειδούς σχηματίζουν ένα δίκτυο για να διαβιβάσουν τις οπτικές πληροφορίες από τους φωτοϋποδοχείς στα γαγγλιακά κύτταρα. Με αυτό τον τρόπο επιτρέπεται η παράλληλη επεξεργασία των οπτικών ερεθισμάτων. Κάθε είδος διάμεσου νευρώνα παίζει ειδικό ρόλο στη διαμόρφωση των σημάτων των φωτοϋποδοχέων καθώς αυτά μεταδίδονται δια μέσου του αμφιβληστροειδούς.

Οι οδοί των ραβδίων και των κωνίων παραμένουν συνήθως χωριστές στον αμφιβληστροειδή. Ορισμένα δίπολα έρχονται σε επαφή μόνο με κωνία και άλλα μόνο με ραβδία. Τα δίπολα κύτταρα μεταφέρουν κατακόρυφα τις πληροφορίες από τους φωτοϋποδοχείς στα γαγγλιακά κύτταρα. Οι πληροφορίες επίσης μεταδίδονται πλάγιως μέσω των οριζόντιων και των βραχύνων κυττάρων, όπου αντίστοιχα συνδέουν τα απομακρυσμένα μεταξύ τους κωνία με τα δίπολα κύτταρα και τα απομακρυσμένα δίπολα με τα γαγγλιακά κύτταρα (Εικόνα 3.13). Οι συναπτικές αυτές επαφές πραγματοποιούνται στην έξω και έσω δικτυωτή στιβάδα. Επιπλέον, οι αποκρίσεις τόσο των διπόλων όσο και των οριζόντιων κυττάρων πραγματοποιούνται με μορφή δυναμικών ενέργειας. (Γλαΐνης κ.α., 2007)



**Εικόνα 3.13:** Κατακόρυφη και πλάγια μεταβίβαση πληροφοριών στην οπτική οδό μεταξύ των πέντε κατηγοριών κυττάρων που συναντώνται στον αμφιβληστροειδή

Ο λειτουργικός διαχωρισμός των γαγγλιακών κυττάρων σε κύτταρα φωτεινού κέντρου και σκοτεινού κέντρου αντανακλάται στη μορφολογία και συναπτική τους οργάνωση. Καθώς η οπτική πληροφορία μεταφέρεται από τους φωτοϋποδοχείς στα γαγγλιακά κύτταρα, διαχωρίζεται σε παράλληλες οδούς φωτεινού ( ON ) και σκοτεινού ( OFF ) κέντρου ήδη από το επίπεδο των δίπολων κυττάρων. Τα δίπολα κύτταρα έχουν επίσης, όπως και τα γαγγλιακά κύτταρα, υποδεκτικό πεδίο με ανταγωνιστική οργάνωση κέντρου-περιφέρειας και διακρίνονται σε φωτεινού κέντρου και σκοτεινού κέντρου κύτταρα. Έτσι, όταν ένα κωνίο υπερπολώνεται από το φως, το δίπολο κύτταρο φωτεινού κέντρου με το οποίο συνάπτεται διεγείρεται και το κύτταρο σκοτεινού κέντρου υφίσταται αναστολή. Τα ραβδία συνδέονται με ένα μόνο τύπο διπόλων κυττάρων. Τα δίπολα αυτά κύτταρα δεν συνδέονται απευθείας με τα γαγγλιακά κύτταρα. Αντίθετα συνάπτονται με ένα τύπο βραχύνων κυττάρων, όπου μεταφέρουν τις πληροφορίες στα γαγγλιακά κύτταρα.

Οι αποκρίσεις των γαγγλιακών κυττάρων καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από τις πληροφορίες που προέρχονται από τα δίπολα κύτταρα. Οι συναπτικές συνδέσεις, μεταξύ των διπολικών και των γαγγλιακών κυττάρων, είναι πιθανώς όλες διεγερτικές. Αυτό σημαίνει

ότι τα δίπολα φωτεινού κέντρου διοχετεύουν πληροφορίες στα γαγγλιακά κύτταρα φωτεινού κέντρου. Αντίστοιχη λειτουργία συναντάμε και μεταξύ του σκοτεινού κέντρου, διπολικών και γαγγλιακών κυττάρων. Οι συνάψεις αυτές ανάμεσα στα δίπολα και τα γαγγλιακά κύτταρα πραγματοποιούνται στην έσω δικτυωτή στιβάδα σε καθορισμένη διάταξη. Τα γαγγλιακά κύτταρα σκοτεινού κέντρου εκτείνουν τους δενδρίτες τους εγγύς προς την έσω κοκκώδη στιβάδα (όπου εντοπίζονται τα σώματα των δίπολων κυττάρων), ενώ τα γαγγλιακά κύτταρα φωτεινού κέντρου συνάπτονται κοντά στη στιβάδα των γαγγλιακών κυττάρων όπως βρέθηκε το 1976 από τους Ralph Nelson, Helga Kolb, και Edward Famiglietti, στο Εθνικών Ινστιτούτων Υγείας του Bethesda των Η.Π.Α.. Οι φωτοϋποδοχείς αποκρίνονται στο φως με διαβαθμισμένες αλλαγές στο δυναμικό μεμβράνης. Αντίθετα, τα γαγγλιακά κύτταρα διαβιβάζουν τις πληροφορίες με τη μορφή σειρών δυναμικών ενέργειας, γιατί οι νευράξονες τους διατρέχουν σημαντικές αποστάσεις στον εγκέφαλο για να φτάσουν στον προορισμό τους.

### 3.5.4 Οι παράλληλες οδοί του αμφιβληστροειδή χιτώνα

Οι νευράξονες των γαγγλιακών κυττάρων μεταδίδουν τη νευρική ώση κεντρικότερα, προς τον οπτικό φλοιό ώστε να μπορεί να ερμηνευθεί από τον εγκέφαλο. Οι διάφορες περιοχές του εγκεφαλικού φλοιού αναλύουν διαφορετικές παραμέτρους των οπτικών πληροφοριών, αλλά ο καταμερισμός της εργασίας δεν αρχίζει στο επίπεδο του εγκεφαλικού φλοιού. Ήδη από το επίπεδο των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς, τα κύτταρα αντιδρούν με διαφορετικό τρόπο στην κάθε πληροφορία. Για αυτό, εκτός από την αντίθεση και τις ταχείες αλλαγές φωτισμού, το οπτικό σύστημα αναλύει διαφορετικά χαρακτηριστικά της εικόνας μέσω εξειδικευμένων γαγγλιακών κυττάρων, όπου η επεξεργασία των χαρακτηριστικών αυτών θα πραγματοποιηθεί στον οπτικό φλοιό από παράλληλες οδούς.

Ο διαχωρισμός αρχίζει στα γαγγλιακά κύτταρα, τα οποία χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες με κριτήριο φυσιολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά τους. Παλαιότερα ονομάζονταν *midget* και *parasol*, αλλά σήμερα είναι γνωστά ως κύτταρα τύπου M από το λατινικό *magni* (δηλαδή μεγάλα) και τύπου P από το *parvi* (δηλαδή μικρά). Υπάρχει και μία άλλη κατηγορία γαγγλιακών νευρώνων, τα κύτταρα *small bistratified*, τα οποία είναι υπεύθυνα για την χρωματική αντίληψη μπλε-κίτρινου. Και στις τρεις κατηγορίες υπάρχουν κύτταρα τόσο φωτεινού όσο και σκοτεινού κέντρου. Τα κύτταρα M κατανέμονται ομοιόμορφα στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδούς και έχουν μεγάλο υποδεκτικό πεδίο, με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν μειωμένη χωρική διακριτική ικανότητα αλλά αυξημένη ευαισθησία στην φωτεινή αντίθεση. Επίσης, είναι λίγα σε αριθμό, όπου αποτελούν μόνο το 10% των κυττάρων που σχηματίζουν το οπτικό νεύρο. Σε αντίθεση με τα μικρότερα κύτταρα σε μέγεθος τύπου P, τα οποία είναι περίπου 10 φορές περισσότερα σε αριθμό με μικρό υποδεκτικό πεδίο. Επομένως, αυτά τα κύτταρα είναι κατάλληλα για να αντιδρούν στις λεπτομέρειες και εξαιρετικά ευαίσθητα στο χρώμα. Αυτή η υψηλή ευαισθησία στη λεπτομέρεια και στο χρώμα είναι εύλογη, καθώς τα κύτταρα P βρίσκονται κυρίως μέσα και γύρω από το κεντρικό βοθρίο, όπου οι απαιτήσεις ευκρινούς όρασης είναι υψηλές και είναι υπεύθυνα για την επεξεργασία της έγχρωμης όρασης και κυρίως της πράσινης-κόκκινης οδού. Τα κύτταρα M αδυνατούν να αντιληφθούν το χρώμα και αντιδρούν κυρίως σε κινούμενα ερεθίσματα. Επίσης, αποκρίνονται σε ερεθίσματα προερχόμενα από μεγάλα αντικείμενα, αναλύοντας τα αδρά χαρακτηριστικά τους. Μια άλλη διαφορά μεταξύ των κυττάρων P και M είναι ο τρόπος απόκρισης τους σε απότομες αλλαγές ενός ερεθίσματος. Ο τύπος M παρουσιάζει παροδική απόκριση τόσο στην έναρξη όσο και στον τερματισμό του ερεθίσματος, ενώ ο τύπος P αποκρίνεται παρατεταμένα κατά τη διάρκεια ενός ερεθίσματος.

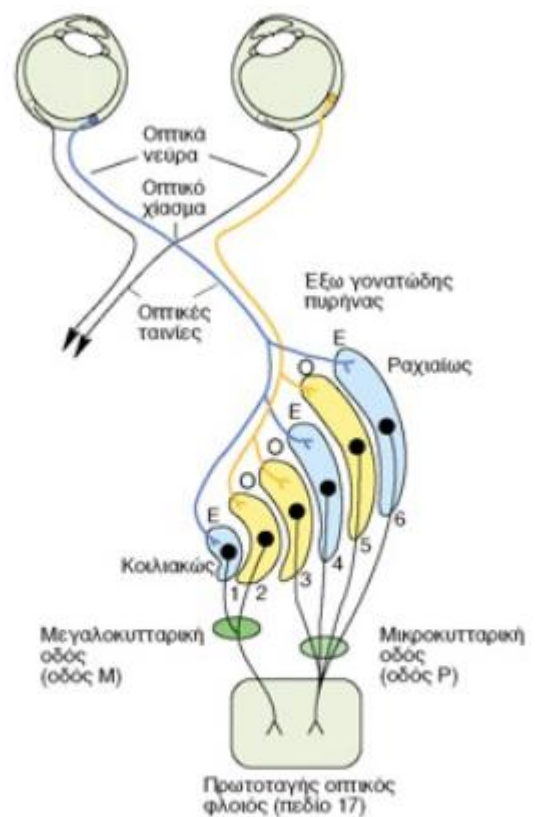
Οι νευράξονες όλων των ειδών των γαγγλιακών κυττάρων οδεύουν προς την οπτική θηλή, όπου γίνονται εμμύελοι και σχηματίζουν από κοινού το οπτικό νεύρο (Εικόνα 3.7.γ).

### 3.6 Οι παράλληλες οδοί στο έξω γονατώδες σώμα (LGN)

Οι πληροφορίες εξέρχονται ταυτόχρονα από τους δύο οφθαλμούς μέσω του οπτικού νεύρου. Το 90% των νευραξόνων των γαγγλιακών κυττάρων καταλήγει στο έξω γονατώδες σώμα. Το έξω γονατώδες σώμα χρησιμεύει ως σταθμός αναμετάδοσης οπτικών πληροφοριών από την οπτική ταινία προς τον οπτικό φλοιό μέσω της οπτικής ακτινοβολίας και οι νευράξονες των νευρικών κυττάρων του αποτελούν το κεντρικό νευρώνα της οπτικής οδού. Έχει όμως και βασικό ρόλο στον έλεγχο των σημάτων που μεταδίδονται στον φλοιό μέσω των παράλληλων οδών.

Το έξω γονατώδες σώμα λαμβάνει πληροφορίες απ' όλο τον αμφιβληστροειδή. Η προβολή αυτή των νευραξόνων γίνεται με τοπογραφική οργάνωση, με αποτέλεσμα κάθε έξω γονατώδες σώμα να έχει μια αμφιβληστροειδοτοπική οργάνωση του ετερόπλευρου οπτικού ημιπεδίου. Κατά συνέπεια, το έξω γονατώδες σώμα περιέχει έναν νευρικό χάρτη του αμφιβληστροειδούς, όπου έχει διαφορετική αντιπροσώπευση από σημείο σε σημείο. Το κεντρικό βοθρίο έχει αναλογικά πολύ μεγαλύτερη αντιπροσώπευση από την περιφέρεια του αμφιβληστροειδούς. Αυτό συμβαίνει γιατί στο κεντρικό βοθρίο υπάρχει μεγαλύτερη πυκνότητα φωτοϋποδοχέων (μέγιστη οπτική οξύτητα) και έτσι το LGN δέχεται περισσότερες πληροφορίες από αυτή την περιοχή, όπως και ο πρωτοταγής οπτικός φλοιός στη συνέχεια. Το ήμισυ περίπου της νευρικής ουσίας του LGN διατίθεται για την αντιπροσώπευση του βοθρίου. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως φλοιώδης μεγέθυνση.

Οι δύο κατηγορίες των γαγγλιακών κυττάρων μεταφέρουν διαφορετικές πληροφορίες, τις οποίες διαβιβάζουν σε διαφορετικές στιβάδες στο έξω γονατώδες σώμα του θαλάμου. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3.2, το έξω γονατώδες σώμα έχει έξι στιβάδες κυττάρων σωμάτων, χωριζόμενες με την παρεμβολή στιβάδων νευραξόνων και δενδριτών. Οι δύο πρώτες στιβάδες του LGN περιέχουν μεγάλα κύτταρα και ονομάζονται μεγαλοκυτταρικές στιβάδες. Αυτές δέχονται πληροφορίες από τους νευράξονες των κυττάρων M. Στις τέσσερις επόμενες στιβάδες τα κύτταρα είναι μικρά και ονομάζονται μικροκυτταρικές στιβάδες, όπου καταλήγουν οι νευράξονες των κυττάρων P. Ανάμεσα στις μικροκυτταρικές στιβάδες υπάρχουν λεπτές στιβάδες που εμπεριέχουν τα κύτταρα κοπιο (Πλαΐνης κ.α., 2007). Αυτές οι στιβάδες λέγονται κονιοκυτταρικές και λαμβάνουν πληροφορίες από τα small bistratified. Σε κάθε LGN (αριστερό και δεξιό), οι ίνες από το ετερόπλευρο ρινικό ημιμόριο (χιασμένες) του αμφιβληστροειδούς καταλήγουν συγκεκριμένα στις στιβάδες 1, 4 και 6. Ενώ οι στιβάδες 2, 3 και 5 δέχονται πληροφορίες από το κροταφικό ημιμόριο (αχιαστές) του αμφιβληστροειδούς του ομόπλευρου οφθαλμού (Εικόνα 3.14). Όπως και τα γαγγλιακά κύτταρα έτσι και οι νευρώνες του έξω γονατώδες σώματος έχουν όμοια υποδεκτικά πεδία με ανταγωνιστική οργάνωση κέντρου-περιφέρειας.



**Εικόνα 3.14:** Προβολή αμφιβληστροειδούς στο έξω γονατώδες σώμα (LGN)

Επίσης, τα κύτταρα του LGN έχουν υποδεκτικό πεδίο είτε φωτεινού κέντρου είτε σκοτεινού κέντρου και σχηματίζουν χωριστές οδούς, όπως και στον αμφιβληστροειδή. Καθεμία από τις οδούς αυτές περιλαμβάνει χωριστές οδούς για τις μεγαλοκυτταρικές και για τις μικροκυτταρικές οδούς. Από τις δύο ομάδες σιβάδων του LGN εκφύονται τρεις κύριες παράλληλες οδοί εκτεινόμενες μέχρι τον πρωτοταγή οπτικό φλοιό και από εκεί στις άλλες περιοχές του εξωταινωτού φλοιού.



## 4. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΟΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ

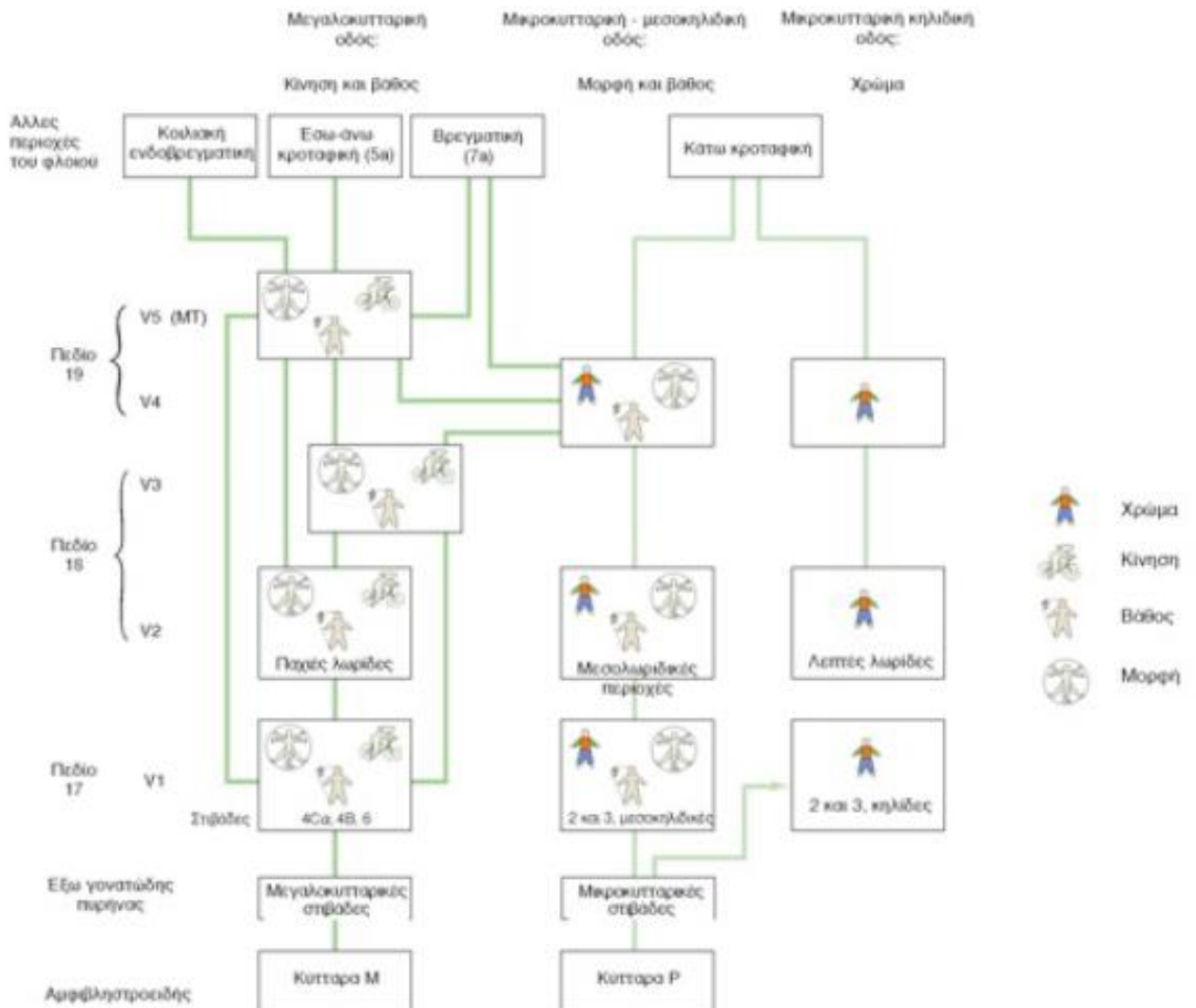
Για να αντιληφθεί ο άνθρωπος μια οποιαδήποτε απλή σκηνή που εξελίσσεται μπροστά στα μάτια του απαιτείται συνδυασμός οπτικών πληροφοριών πολλών ειδών. Για παράδειγμα, όταν τα μάτια μας εστιάζονται σε έναν άνθρωπο που μας πλησιάζει, εμείς αντιλαμβανόμαστε μια ενιαία και ολοκληρωμένη εικόνα αλλά οι παράμετροι της αναλύονται από διαφορετικές περιοχές του εγκεφάλου μας. Τα αισθητικά σήματα ταξιδεύουν από τα μάτια στο οπίσθιο μέρος των ινιακών λοβών όπου καταγράφονται τα χρώματα, τα σχήματα και οι κινήσεις που συνιστούν το αισθητικό ερέθισμα από διαφορετικές ομάδες νευρώνων.

### 4.1 Οι οδοί που επεξεργάζονται πληροφορίες για την μορφή, την κίνηση και το χρώμα

Μελέτες από το χώρο της νευροεπιστήμης έχουν αποδείξει ότι οι νευρικές πληροφορίες που έχουν σχέση με τη μορφή, την κίνηση και το χρώμα δεν μεταφέρονται από μια μόνο ιεραρχική οδό αλλά από τρεις τουλάχιστον παράλληλες και διαπλεκόμενες οδούς στον εγκέφαλο (Εικόνα 4.1). Άρα οι πληροφορίες για τις διαφορετικές αναπαραστάσεις του οπτικού ερεθίσματος φτάνουν στις περιοχές του οπτικού φλοιού μέσω τριών οδών. Οι τρεις αυτές οδοί εκτείνονται από τον έξω γονατώδη πυρήνα στην περιοχή V1, δηλαδή στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό και από εκεί στην περιοχή V2 και σε διάφορες άλλες περιοχές του εξωταινιωτού φλοιού. Η V1 και η V2 του ινιακού φλοιού εμφανίζουν κάποιες σημαντικές υποδιαιρέσεις, οι οποίες χρωματίζονται έντονα από την κυτταροχρωμική οξειδάση η οποία είναι μιτοχονδριακό ένζυμο με ρόλο στον κυτταρικό μεταβολισμό. Στην περιοχή V1 οι περιοχές που χρωματίζονται έντονα αποτελούν τις κηλίδες, οι οποίες σχηματίζουν ένα επαναλαμβανόμενο σικτικό σχέδιο από δομές με διάμετρο 0,2mm και χωρίζονται με ωχρές περιοχές που αποτελούν τις μεσοκηλίδες. Όσον αφορά την περιοχή V2 οι περιοχές που χρωματίζονται έντονα σχηματίζουν 2 τύπους σκοτεινών λωρίδων, τις παχιές και τις λεπτές οι οποίες χωρίζονται από αχνές μεσολωριδικές περιοχές. Επίσης, η περιοχή V1 χωρίζεται σε 6 λειτουργικά διαφορετικές στιβάδες, τις στιβάδες 1 έως 6 οι οποίες διακρίνονται χάριν στην πυκνότητα που έχουν τα κύτταρα και οι ίνες με το οπτικό μικροσκόπιο. Η στιβάδα 4 που λαμβάνει πληροφορία κυρίως από το έξω γονατώδες πυρήνα χωρίζεται περαιτέρω σε 4 στιβάδες, τις 4A, 4B, 4Cα και 4Cβ.

Η πρώτη οδός έχει κυρίως σχέση με την αντίληψη των χρωμάτων και τη μορφή. Αρχίζει από νευρώνες που βρίσκονται μεταξύ των μικροκυτταρικών στιβάδων του έξω γονατώδες πυρήνα και ονομάζεται μικροκυτταρική - κηλιδική. Αρχικά η οδός αυτή συνδέεται στη 4Cβ στιβάδα του V1 και αμέσως μετά καταλήγει στις στιβάδες 2 (σχήμα) και 3 (χρώμα) αυτού. Η μικροκυτταρική-κηλιδική πραγματοποιεί συνάψεις στις κηλίδες των επιπολής στιβάδων της V1. Από την V1, η οδός πηγαίνει στην V2, στις λεπτές λωρίδες και από εκεί προβάλλει στην V4, μια περιοχή η οποία έχει πολλά κύτταρα, ευαίσθητα στα χρώματα. Καταλήγει στον κάτω κροταφικό φλοιό, που είναι υπεύθυνος για την αναγνώριση σύνθετων πραγμάτων και προσώπων. Η δεύτερη οδός έχει κυρίως σχέση με την αντίληψη των σχημάτων και ονομάζεται μικροκυτταρική- μεσοκηλιδική. Το σύστημα αυτό εκτείνεται από τις μικροκυτταρικές στιβάδες του έξω γονατώδους πυρήνα έως τις μεσοκηλιδικές περιοχές του ταινιωτού φλοιού (V1). Κύριος στόχος των νευρώνων της είναι το κατώτερο ήμισυ, η υποστιβάδα 4Cβ. Από την V1 οι πληροφορίες μεταδίδονται στη V2, στις αχνές μεσολωριδικές περιοχές και στη συνέχεια στη V4, η οποία εμφανίζει αμφιβληστροειδοτοπική οργάνωση και περιέχει νευρώνες που είναι ευαίσθητοι εκτός από το χρώμα και στη μορφή. Όπως και η πρώτη οδός έτσι και αυτή καταλήγει στον κάτω κροταφικό φλοιό. Οι νευρώνες αυτού του συστήματος είναι ευαίσθητοι στο περίγραμμα και στον προσανατολισμό των εικόνων και έχουν μεγάλη διακριτική ικανότητα, η οποία είναι σημαντική για να βλέπουμε τις λεπτομέρειες ακίνητων αντικειμένων. Έτσι, το σύστημα αυτό έχει σχέση με ότι βλέπουμε. Βλάβες στον κάτω κροταφικό φλοιό έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ελαττωμάτων σχετικά με την αναγνώριση σύνθετων αντικειμένων και προσώπων. Η μικροκυτταρική -

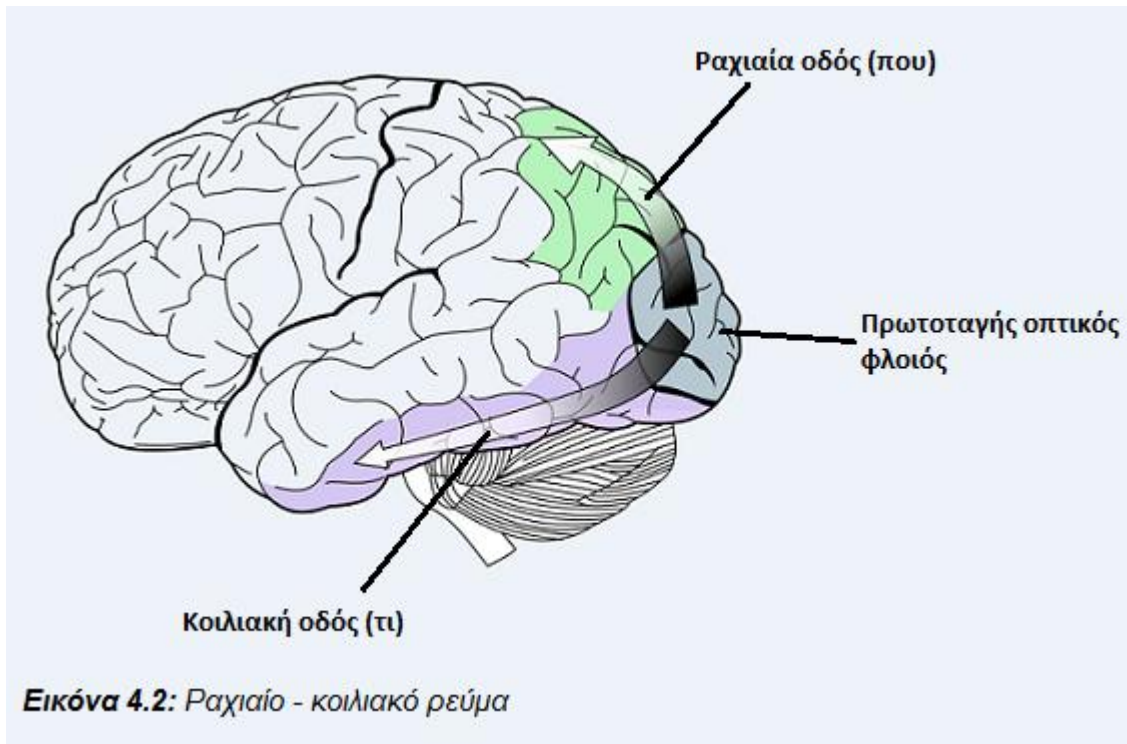
κηλιδική και μικροκυτταρική - μεσοκηλιδική οδός έχουν σχέση με το τι είναι το αντικείμενο. Και τέλος, η τρίτη οδός, που ονομάζεται μεγαλοκυτταρική - παχυλωριδική λόγω του ότι εκτείνεται από τις μεγαλοκυτταρικές στιβάδες του έξω γονατώδους πυρήνα, είναι εξειδικευμένη στον έλεγχο της κίνησης και των χωρικών σχέσεων και συμβάλλει στην αντίληψη του βάθους. Αυτή η οδός καταλήγει αρχικά στο ανώτερο ήμισυ της στιβάδας 4C (υποστιβάδα 4Ca) του V1 και στη συνέχεια στη 4B. Παρακάμπτοντας τις στιβάδες 2 και 3 φτάνει στις παχιές λωρίδες του V2 (στερεοσκοπική όραση, κατεύθυνση αντικειμένων) και δια μέσου της ραχιαίας βρεγματικής οδού φτάνει στο μέσο του κροταφικού λοβού, στην περιοχή V5 ή MT (middle - temporal) και σε μια γειτονική περιοχή, στην έσω άνω κροταφική περιοχή MST (medial superior temporal). Τέλος, καταλήγει σε περιοχές του βρεγματικού λοβού που έχουν σχέση με τη λειτουργία της αντίληψης του χώρου. Η οδός αυτή έχει σχέση περισσότερο με το που βρίσκονται τα αντικείμενα και όχι με το τι είναι. Οι νευρώνες αυτού του συστήματος δεν είναι πολύ ευαίσθητοι στα χρώματα και έχουν μικρή διακριτική ικανότητα με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να δούμε τις λεπτομέρειες ακίνητων αντικειμένων. Οι τρεις εξειδικευμένες οδοί αλληλεπιδρούν σε πολλά επίπεδα (Kandel, 2009).



**Εικόνα 4.1:** Οι τρεις παράλληλες οδοί



Η Leslie Ungerleider και ο Mortimer Mishkin το 1982 πρότειναν δύο οδούς που ονομάζονται κοιλιακή και ραχιαία ανάλογα τον λειτουργικό τους ρόλο, που σχετίζονται με το «τι» και το «που» είναι τα αντικείμενα (Εικόνα 4.2). Οι δυο οδοί ξεκινούν από τον πρωτοταγή οπτικό φλοιό όπου στη συνέχεια η ραχιαία οδός οδηγεί στον οπίσθιο βρεγματικό φλοιό και η κοιλιακή οδός οδηγεί στον κάτω κροταφικό φλοιό. Παρόλα αυτά, τα δύο ρεύματα δεν λειτουργούν ξεχωριστά το ένα από το άλλο. Στην ουσία, η ραχιαία οδός είναι η μεγαλοκυτταρική-παχυλωριδική οδός, εξαιτίας ότι οι νευρώνες του ραχιαίου ρεύματος εξειδικεύονται στην ανάλυση της πληροφορίας σχετικά με τη θέση και την κίνηση των αντικειμένων. Η κοιλιακή οδός είναι συνδυασμός δυο οδών, της μικροκυτταρικής-κηνιδικής και της μικροκυτταρικής-μεσοκηνιδικής καθώς οι νευρώνες του κοιλιακού ρεύματος αποκρίνονται στα χαρακτηριστικά των αντικειμένων, όπως είναι το χρώμα και το σχήμα τους. Επίσης, υπάρχουν διάφορες ομάδες οπτικών νευρώνων στο κοιλιακό ρεύμα, καθεμία από τις οποίες αποκρίνονται σε συγκεκριμένη κατηγορία αντικειμένων, όπως σε πρόσωπα, γράμματα, ζώα ή εργαλεία (Pinel, 2011).



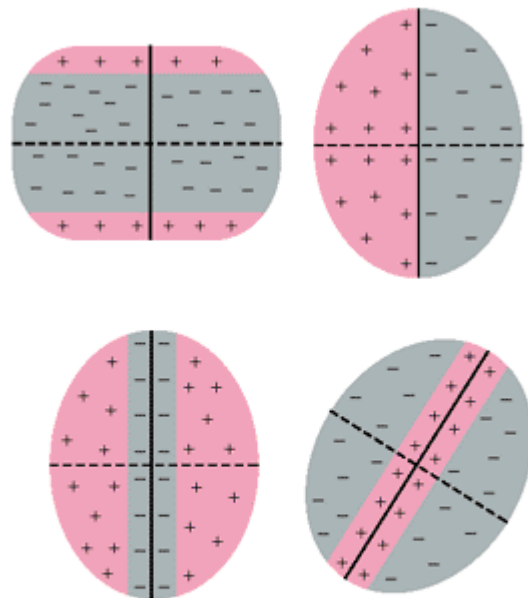
Μια άλλη εναλλακτική θεωρία για το «τι» και το «που» είναι αυτή που διατυπώθηκε από τους Goodale και Milner, η οποία στηρίχτηκε στη βασική διαφορά ότι μεταξύ του ρραχιαίου και κοιλιακού ρεύματος δεν είναι το είδος των πληροφοριών που μεταφέρουν, αλλά το πώς χρησιμοποιούν τις πληροφορίες αυτές. Υποστήριξαν ότι ο ρόλος του ρραχιαίου ρεύματος είναι να κατευθύνει τις συμπεριφορικές αλληλεπιδράσεις με τα αντικείμενα, ενώ το κοιλιακό ρεύμα υπάρχει για να διευκολύνει τη συνειδητή αντίληψη των αντικειμένων. Αυτή είναι η θεωρία του «ελέγχου συμπεριφοράς» έναντι της «συνειδητής αντίληψης». (Kolb, 2011)

#### 4.2 Κυτταρικοί μηχανισμοί που δημιουργούν την αντίληψη της μορφής

Η αντίληψη της μορφής πραγματοποιείται από την μικροκυτταρική- μεσοκηνιδική οδό, όπως αναφέρθηκε ήδη παραπάνω. Αυτή η οδός μεταφέρει δυο ειδών πληροφορίες, η πρώτη για την αντίθεση φωτός που επιτυγχάνεται μέσω των υποδεκτικών πεδίων του πρωτοταγή οπτικού φλοιού και η δεύτερη για το περίγραμμα των αντικειμένων. Για να γίνει αντιληπτή η μορφή χρειάζεται να προηγηθεί ένα ρεύμα επεξεργασίας κυττάρων.

Σε αυτήν την οδό οι ίνες ξεκινούν από τον έξω γονατώδη πυρήνα και καταλήγουν στα ακανθωτά αστεροειδή κύτταρα, στην υποστιβάδα 4Cβ του πρωτοταγούς οπτικού φλοιού. Αυτά τα κύτταρα έχουν όμοια κυκλικά υποδεκτικά πεδία με τα γαγγλιακά κύτταρα και του έξω γονατώδους πυρήνα. Επίσης οι αποκρίσεις τους στις μικρές κηλίδες φωτός είναι εξίσου αποτελεσματικές στα παραπάνω κύτταρα. Αντίθετα τα άλλα κύτταρα στις υπόλοιπες περιοχές του φλοιού, εκτός από τις κηλίδες στις επιφανειακές στιβάδες, αποκρίνονται καλύτερα σε ερεθίσματα όπως είναι οι γραμμές και οι ράβδοι. Οι Hubel και Wiesel κατέταξαν αυτά τα κύτταρα σε δύο κύριες ομάδες τα απλά και τα σύνθετα, με βάση τις αποκρίσεις τους σε γραμμικά ερεθίσματα.

Τα απλά κύτταρα είναι πυραμιδοειδή και βρίσκονται κοντά στη κατώτερη στιβάδα 4C. Τα υποδεκτικά τους πεδία δεν μοιάζουν με αυτά των ακανθωτών αστεροειδών κυττάρων λόγω του ότι των απλών κυττάρων είναι μεγαλύτερα. Η βασική τους όμως διαφορά είναι ότι τα υποδεκτικά πεδία των απλών κυττάρων είναι ευθείες γραμμές και όχι κύκλοι (Σχήμα 1). Μπορούν όμως να χωριστούν σε ανταγωνιστικές μεταξύ τους φωτεινές και σκοτεινές περιοχές, οπότε δεν αποκρίνονται σε διάχυτο φωτισμό. Δηλαδή το πεδίο ενός απλού κυττάρου μπορεί να έχει μια ορθογώνια φωτεινή (διεγερτική) ζώνη και μια σκοτεινή (ανασταλτική) ζώνη σε κάθε πλευρά της ή μπορεί να συμβαίνει το αντίστροφο. Για να έχει άριστη αποτελεσματικότητα το ερέθισμα πρέπει να βρίσκεται μέσα στη διεγερτική περιοχή του υποδεκτικού πεδίου και να μην εκτείνεται στην ανασταλτική περιοχή, αλλά και να έχει ακριβώς τον ίδιο προσανατολισμό με το υποδεκτικό πεδίο του κυττάρου. Η αντίδραση του κυττάρου μειώνεται απότομα, αν το φωτεινό ερέθισμα μετακινηθεί ελαφρώς προς τα αριστερά ή προς τα δεξιά ή αν παρουσιάσει ελαφρά απόκλιση από τη κάθετη διεύθυνση, διότι σε αυτήν την περίπτωση το φως προσπίπτει και στις ανασταλτικές περιοχές. Λόγω των παραπάνω χαρακτηριστικών, κάθε απλό κύτταρο είναι συντονισμένο να βρίσκει ερεθίσματα με προσανατολισμούς σε μια περιοχή  $10^\circ$  περίπου. (Pinel, 2011)



**Σχήμα 1:** Υποδεκτικά πεδία απλών φλοιϊκών κυττάρων σε ευθείες γραμμές με ON (+) και OFF (-) κέντρου

Όσον αφορά τα σύνθετα κύτταρα είναι επίσης πυραμιδοειδή και βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση από την υποστιβάδα 4Cβ. Τα περισσότερα από αυτά βρίσκονται στις στιβάδες 2, 3, 5, και 6. Όπως τα απλά έτσι και τα σύνθετα κύτταρα έχουν ορθογώνια υποδεκτικά πεδία. Αποκρίνονται καλύτερα στα ευθύγραμμα ερεθίσματα ενός συγκεκριμένου προσανατολισμού και δεν αποκρίνονται στο διάχυτο φωτισμό. Ωστόσο, τα σύνθετα κύτταρα διαφέρουν από τα απλά σε τρία σημαντικά σημεία. Πρώτον, έχουν μεγαλύτερα υποδεκτικά πεδία από τα απλά κύτταρα. Δεύτερον, δεν έχουν σαφώς καθορισμένες ζώνες φωτεινού ή σκοτεινού κέντρου με αποτέλεσμα η ακριβής θέση του ερεθίσματος στο υποδεκτικό πεδίο να έχει μικρότερη σημασία. Όταν ένα ερέθισμα προκαλεί διέγερση σε ένα συγκεκριμένο σύνθετο κύτταρο, σαρώνει το υποδεκτικό του πεδίο, τότε το κύτταρο θα αποκρίνεται συνεχώς σε αυτό καθώς κινείται μέσα στο πεδίο. Πολλά σύνθετα κύτταρα αποκρίνονται αποτελεσματικά στην κίνηση ενός ευθύγραμμου φωτεινού ερεθίσματος εγκάρσια των

υποδεκτικών τους πεδίων προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση. Τρίτον, σε αντίθεση με τα απλά φλοιικά κύτταρα, τα οποία είναι όλα μονοφθάλμια (αποκρίνονται σε ερέθισμα του ενός ματιού), πολλά σύνθετα κύτταρα είναι διοφθάλμια (αποκρίνονται σε ερέθισμα οποιουδήποτε από τα δυο μάτια). Δηλαδή εάν το υποδεκτικό πεδίο ενός διοφθάλμιου σύνθετου κυττάρου εκτιμηθεί μέσω του ενός ματιού και στη συνέχεια μέσω του άλλου, τα υποδεκτικά πεδία σε κάθε μάτι έχουν τελικά σχεδόν την ίδια ακριβώς θέση μέσα στο υποδεκτικό πεδίο και τον ίδιο προσανατολισμό προτίμησης. Επίσης ακόμα και εάν εφαρμοστεί το κατάλληλο ερέθισμα και στα δυο μάτια ταυτόχρονα, τότε ένα διοφθάλμιο κύτταρο θα διεγερθεί πιο έντονα από ότι εάν διεγείρονταν μόνο το ένα. Συνεπώς τα απλά και τα σύνθετα κύτταρα αποκρίνονται καλύτερα σε γραμμικά ερεθίσματα με συγκεκριμένο προσανατολισμό. Για αυτό το λόγο ίσως να έχουν σημασία στην ανάλυση των ορίων μιας εικόνας, δηλαδή της μορφής της.

Το φαινόμενο της συνδυασμένης δράσης απλών και σύνθετων κυττάρων ίσως εξηγεί για ποιο λόγο μπορούμε και διατηρούμε ακριβή αντίληψη ενός χείλους ή ενός περιγράμματος μιας μορφής ακόμα και όταν κινούμε το κεφάλι μας και τα μάτια μας. Ας υποθέσουμε ότι έχουμε μπροστά μας το περίγραμμα ενός σκοτεινού τετραγώνου που βρίσκεται σε ένα φωτεινό φόντο. Η γραμμή του τετραγώνου διεγείρει έναν πληθυσμό απλών κυττάρων και έναν πληθυσμό σύνθετων κυττάρων, με τον ίδιο κατακόρυφο άξονα προσανατολισμού. Αν κινήσουμε τα μάτια μας ή κινηθεί το τετράγωνο σε σχέση με το φόντο του αμέσως θα διεγερθεί ένας νέος πληθυσμός απλών κυττάρων καθώς είναι ευαίσθητα στην ακριβή θέση της γραμμής στο υποδεκτικό πεδίο. Ωστόσο, εάν η κίνηση είναι μικρή, θα διεγερθεί ο ίδιος πληθυσμός σύνθετων κυττάρων και στις δυο θέσεις. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι τα σύνθετα κύτταρα διαθέτουν μεγάλα υποδεκτικά πεδία χωρίς καθορισμένες περιοχές διέγερσης και αποκρίνονται σε κίνηση μέσα στο υποδεκτικό πεδίο. Επομένως τα απλά και τα σύνθετα κύτταρα στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό είναι ευαίσθητα στο περίγραμμα ενός αντικειμένου, στα όρια και στις αντιθέσεις αλλά όχι στο εσωτερικό ή στο φόντο των αντικειμένων.

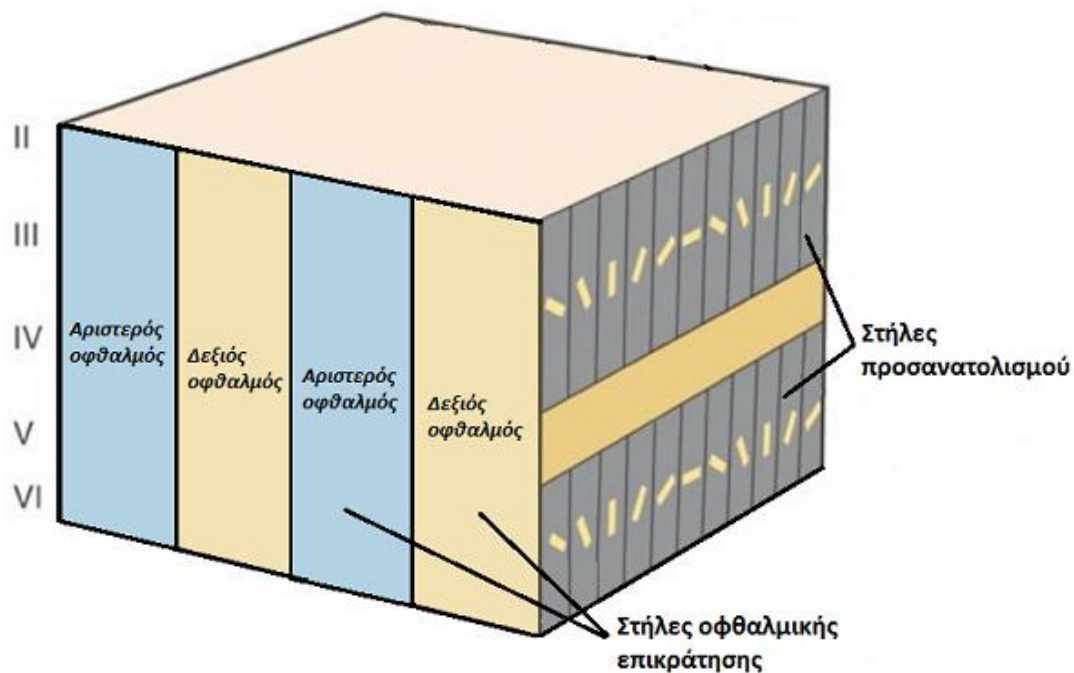
Ορισμένα απλά και σύνθετα κύτταρα είναι άκρο-αναστελλόμενα. Τα άκρο-αναστελλόμενα κύτταρα είναι ανώτερης τάξης σύνθετα κύτταρα των οποίων η διεγερτική ζώνη του υποδεκτικού πεδίου έχει μια κεντρική ενεργοποιητική περιοχή και μια ανασταλτική περιοχή στο ένα ή και στα δυο άκρα του ορθογώνιου υποδεκτικού τους πεδίου. Η συχνότητα απόκρισης τους αυξάνεται καθώς επιμηκύνεται η ράβδος φωτός στο υποδεκτικό τους πεδίο αλλά μέχρι ένα σημείο. Έπειτα δεν υπάρχει μεταβολή καθώς η επιμήκυνση της ράβδου πέρα από ένα συγκεκριμένο όριο προς μια από τις δυο κατευθύνσεις ή και προς τις δυο έχει ως αποτέλεσμα την μείωση και τελικώς την αναστολή της απόκρισης του κυττάρου. Ένα βέλτιστο ερέθισμα για ένα αναστελλόμενο στο ένα άκρο κύτταρο είναι εκείνο το οποίο εκτείνεται κατά μήκος του άξονα προσανατολισμού του και κατόπιν σταματά απότομα. Ένα βέλτιστο ερέθισμα για ένα αναστελλόμενο στα δυο άκρα κύτταρο είναι αυτό το οποίο αποτελείται από μια γραμμή ή από ένα χείλος το οποίο κάμπτεται βαθμιαία. Αυτά τα κύτταρα χρησιμεύουν για να μεταδίδουν πληροφορίες για τις γωνίες, τις καμπύλες ή τις απότομες διακοπές μιας γραμμής. Αυτό επιτυγχάνεται με το να μετρούν το μήκος μιας γραμμής. Για την μέτρηση όλων των παραπάνω απαιτείται τόσο ο προσανατολισμός όσο και το μήκος.

#### 4.2.1 Στήλες

Η εξέταση των υποδεκτικών πεδίων των νευρώνων του πρωτοταγούς οπτικού φλοιού οδήγησε σε δυο σπουδαία συμπεράσματα. Το πρώτο είναι ότι τα χαρακτηριστικά των υποδεκτικών πεδίων των νευρώνων του οπτικού φλοιού αποδίδονται στη ροή σημάτων από νευρώνες με πιο απλά υποδεκτικά πεδία προς εκείνους με πιο σύνθετα. Και συγκεκριμένα φαίνεται ότι τα σήματα ρέουν από κύτταρα φωτεινού και σκοτεινού κέντρου στην κατώτερη στιβάδα 4 προς τα απλά κύτταρα και από αυτά προς τα σύνθετα κύτταρα. Το δεύτερο συμπέρασμα έχει να κάνει με την ομαδοποίηση των νευρώνων. Τα κύτταρα του οπτικού φλοιού αντιδρούν κυρίως σε οριζόντιες, κάθετες ή διαγώνιες γραμμές. Γεγονός που τα κάνει

να ομαδοποιούνται σε κάθετες λειτουργικές στήλες, οι οποίες είναι σε ορθή γωνία προς τις φλοιικές στιβάδες. Όλα τα κύτταρα στη στήλη αποκρίνονται καλύτερα στις ευθείες γραμμές του ίδιου προσανατολισμού και εκείνοι οι νευρώνες στη στήλη που είναι είτε μονοφθαλμιοί είτε διοφθαλμιοί με οφθαλμική επικράτηση είναι όλοι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στο φως στο ίδιο μάτι, αριστερό ή δεξί. Κάθε στήλη οφθαλμικής επικράτησης δέχεται πληροφορίες από τον έναν ή τον άλλον οφθαλμό και οι στήλες για τον αριστερό και τον δεξιό οφθαλμό εναλλάσσονται κανονικά. Οι πληροφορίες από τους δυο οφθαλμούς συνδυάζονται μέσω αυτών των στηλών, όπου αποτελούν το αρχικό βήμα των μετασχηματισμών των νευρωνικών σημάτων που είναι απαραίτητα για τον συνδυασμό και για την αντίληψη του βάθους. Κάθε στήλη προσανατολισμού έχει εύρος περίπου 30- 100  $\mu\text{m}$  και περιέχει αστεροειδή κύτταρα στη στιβάδα 4C, με συγκεντρικό υποδεκτικό πεδίο. Πάνω και κάτω από τη στιβάδα 4C υπάρχουν τα απλά κύτταρα. Επίσης αυτή η στήλη περιέχει πολλά σύνθετα κύτταρα, τα οποία δέχονται ίνες απευθείας από κύτταρα της στήλης. Κάθε κύτταρο της στήλης έχει υποδεκτικό πεδίο στην ίδια περιοχή του οπτικού πεδίου.

Όλες οι λειτουργικές στήλες στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό που αναλύουν τα εισερχόμενα δεδομένα μιας περιοχής του αμφιβληστροειδούς συγκεντρώνονται μαζί και θεωρείται ότι περιλαμβάνουν νευρώνες με προτιμήσεις για ευθύγραμμα ερεθίσματα διαφόρων προσανατολισμών. Αυτή η περιοχή συγκέντρωσης ονομάζεται υπερστήλη (Εικόνα 4.3). Στην πραγματικότητα, κάθε υπερστήλη είναι μια στοιχειώδης δομική μονάδα. Οι μισές από τις στήλες δέχονται εισερχόμενα δεδομένα κυρίως από το αριστερό μάτι ενώ οι άλλες μισές δέχονται εισερχόμενα δεδομένα κυρίως από το δεξί μάτι. Με λίγα λόγια, όλα τα κύτταρα της κάθε στήλης επεξεργάζονται σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό τις ίδιες πληροφορίες αλλά με ελαφρώς διαφορετικό τρόπο. Οι στήλες προσανατολισμού χωρίζονται από ίσες αποστάσεις, περίπου 1mm και επικοινωνούν μέσω των οριζόντιων συνδέσεων μεταξύ των κυττάρων μιας μεμονωμένης στιβάδας. Άρα τα ζεύγη κυττάρων είναι δυνατόν να εκπολωθούν ταυτόχρονα, αποκρινόμενα σε ερεθίσματα με συγκεκριμένο προσανατολισμό και συγκεκριμένη κατεύθυνση κίνησης. Έτσι, το πεδίο Broadmann 17 είναι οργανωμένο λειτουργικά σε δύο διασταυρούμενες διαστάσεις, όπου οι λειτουργικές στήλες σχηματίζονται από τοπικές συνδέσεις μεταξύ των διαφόρων στιβάδων του φλοιού, ενώ οι λειτουργικές στήλες με τις ίδιες ιδιότητες απόκρισης συνδέονται μεταξύ τους.



**Εικόνα 4.3:** Υπερστήλη

#### 4.2.2 Ανάλυση της μορφής στον κάτω κροταφικό φλοιό

Η ανάλυση της μορφής δεν τελειώνει στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό καθώς αυτός αντιπροσωπεύει μόνο το στάδιο εισόδου στον φλοιό. Η οπτική πληροφορία μεταφέρεται στο δευτερογενή οπτικό φλοιό και συνεχίζει την πορεία της σε εξειδικευμένες περιοχές για περαιτέρω ανάλυση της μορφής, τα υποδεκτικά πεδία των κυττάρων γίνονται μεγαλύτερα και πιο σύνθετα. Επίσης, τα ερεθίσματα στα οποία αποκρίνονται οι νευρώνες είναι πιο συγκεκριμένα και πιο περίπλοκα. Ο κάτω κροταφικός φλοιός είναι μια σημαντική περιοχή καθώς εκεί πραγματοποιείται η αναγνώριση της συνολικής μορφής ή του περιγράμματος ενός αντικειμένου. Τα κύτταρα αυτής της περιοχής δεν εμφανίζουν αμφιβληστροειδική οργάνωση και έχουν κατά μέσο όρο πλάτος 26<sup>ο</sup> του οπτικού πεδίου συμπεριλαμβανομένου του κεντρικού βοθρίου και μερικές φορές μπορεί να περιλαμβάνει και ολόκληρο το οπτικό πεδίο. Το προτιμώμενο ερέθισμα μερικών κυττάρων της περιοχής αυτής είναι οι εξαιρετικά περίπλοκες εικόνες, όπως για παράδειγμα η μορφή χεριών ή προσώπων. Τα δάχτυλα είναι ένα πολύ κρίσιμο σημείο ερεθίσματος. Έτσι, για τα κύτταρα που αποκρίνονται σε ένα χέρι όλοι οι προσανατολισμοί του χεριού προκαλούν όμοιες αποκρίσεις, αλλά όταν το διάστημα μεταξύ των δακτύλων είναι πλήρη, τα κύτταρα αυτά δεν αποκρίνονται. Μερικοί νευρώνες που έχουν να κάνουν με τη μορφή προσώπου αποκρίνονται κατά καλύτερο τρόπο σε μια κατά μέτωπο όψη ενώ άλλοι νευρώνες σε μια πλάγια όψη. Επίσης, υπάρχουν και άλλοι νευρώνες που αποκρίνονται σε εκφράσεις προσώπου (Pinel, 2011).

#### 4.3 Αντίληψη κίνησης

Η κίνηση αποτελεί αναμφισβήτητα μέρος της καθημερινής μας ζωής. Για αυτό για να μπορέσει να κυκλοφορεί ο άνθρωπος αποτελεσματικά μέσα στο περιβάλλον που ζει, θα πρέπει να γνωρίζει τις θέσεις των στατικών αντικειμένων αλλά και την τροχιά των κινούμενων αντικειμένων (Βοσνιάδου κ.α., 2007). Αυτές είναι οι πληροφορίες που βοηθούν τον άνθρωπο να αντιλαμβάνεται την κίνηση. Όμως ακόμα και όταν δεν υπάρχει κίνηση ούτε από εμάς αλλά ούτε και από τα αντικείμενα που βλέπουμε η κίνηση των εικόνων που σχηματίζονται στον αμφιβληστροειδή παραμένει, καθώς τα μάτια μας και το κεφάλι μας δεν μένουν ποτέ τελείως ακίνητα. Η ανίχνευση της κίνησης μπορεί να γίνει αντιληπτή με βάση την κίνηση της εικόνας στο οπτικό πεδίο και ένας άλλος τρόπος είναι να κινήσει ο άνθρωπος το κεφάλι και τους οφθαλμούς του. Ο άνθρωπος έχει τη δυνατότητα να αποκρίνεται σε αντικείμενα που είτε κινούνται είτε μένουν ακίνητα, με μόνη διαφορά ότι στην περιφέρεια του αμφιβληστροειδούς του δεν μπορεί να δει αντικείμενα, εκτός εάν αυτά κινούνται. Έτσι, ένα κινούμενο αντικείμενο στην περιφέρεια ενεργοποιεί ένα μη συνειδητό αντανακλαστικό, το οποίο προκαλεί τη στροφή των οφθαλμών με αποτέλεσμα το κινούμενο αντικείμενο να πέφτει στο κέντρο του οπτικού πεδίου. Κάποιες σημαντικές λειτουργίες της κινητικής αντίληψης που βοηθούν στην αντίληψη άλλων πεδίων είναι οι εξής:

- Έλκυση προσοχής

Πληροφορίες από την κινητική αντίληψη χρησιμοποιούνται για να μπορέσουμε να διακρίνουμε ένα «στόχο» ανάμεσα στο πλήθος. Για παράδειγμα η κίνηση των χεριών για να μας εντοπίσουν.

- Αντίληψη τρισδιάστατων αντικειμένων

Χρησιμοποιώντας στοιχεία από την κινητική αντίληψη μπορούμε να αντιληφθούμε σωστά ένα τρισδιάστατο αντικείμενο. Όταν δηλαδή κινούμαστε γύρω από ένα αντικείμενο δημιουργούνται στον αμφιβληστροειδή μας εικόνες από διάφορες οπτικές γωνίες, οι οποίες αποκαλύπτουν το πραγματικό σχήμα του αντικειμένου.

- Διαχωρισμός φιγούρας – φόντου

Η κίνηση καταστρέφει το καμουφλάζ και βοηθά στη σωστή αντίληψη του αντικειμένου και του φόντου του.

- Πλοήγηση

Η σωστή εκτίμηση των κινητικών πληροφοριών είναι καθοριστικός παράγοντας για την επιτυχή πλοήγηση του οργανισμού στο περιβάλλον του.

Σύμφωνα με τον ψυχολόγο Gibson οι δυναμικές αλλαγές στην εικόνα του αμφιβληστροειδούς μας καθώς κινούμαστε στο χώρο εμπεριέχουν στοιχεία που μας επιτρέπουν τόσο να κινούμαστε προς ένα αντικείμενο που θέλουμε να φτάσουμε, όσο και να αποφεύγουμε την σύγκρουση με τα αντικείμενα που βρίσκονται στο περιβάλλον μας.

#### 4.3.1 Είδη κινήσεων αντίληψης της κίνησης

Στην αντίληψη της κίνησης διακρίνονται τρία είδη κινήσεων. Αυτές είναι:

1. Πραγματική κίνηση
2. Στροβοσκοπική - φαινομενική κίνηση
3. Προκλητή-συμπερασματική κίνηση.

##### 1. Πραγματική κίνηση

Το οπτικό σύστημα είναι ευαίσθητο στην πραγματική κίνηση, η οποία καταγράφεται από τον αμφιβληστροειδή. Τα περισσότερα κύτταρα στο οπτικό σύστημα αποκρίνονται μόνο σε ένα ερέθισμα, το οποίο προβάλλεται σε μια συγκεκριμένη θέση του αμφιβληστροειδούς και είναι ικανά να διακρίνουν γεγονότα που χωρίζονται χρονικά με λίγα δέκατα του χιλιοστού του δευτερολέπτου. Έτσι, οι πληροφορίες για την κίνηση λαμβάνονται συγκρίνοντας την παρούσα θέση ενός αντικειμένου στον αμφιβληστροειδή με την προηγούμενη θέση του που γίνονται αντιληπτές σε διαφορετικούς χρόνους. Η πραγματική κίνηση ενός αντικειμένου προκαλεί αλληλουχία εκπολώσεων των φωτοϋποδοχέων κατά μήκος της πορείας της εικόνας στον αμφιβληστροειδή.

Ορισμένα ίχνη κίνησης στον αμφιβληστροειδή πρέπει να οφείλονται στην κίνηση που κάνουν τα μάτια μας όταν κοιτούν μια ακίνητη σκηνή (όπως όταν διαβάζουμε ένα βιβλίο). Άλλα ίχνη κίνησης μπορεί να οφείλονται σε κινούμενα αντικείμενα (όπως, όταν ένα πουλί πετά στο οπτικό μας πεδίο). Επιπλέον, ορισμένα πράγματα, των οποίων η εικόνα στον αμφιβληστροειδή είναι ακίνητη, πρέπει να φαίνονται ως κινούμενα (όπως το πέταγμα ενός πουλιού που ακολουθούμε με τα μάτια μας), ενώ άλλα, των οποίων η εικόνα στον αμφιβληστροειδή κινείται, πρέπει να φαίνονται ακίνητα (όπως όταν ένα σταθερό φόντο δημιουργεί κίνηση στον αμφιβληστροειδή, γιατί τα μάτια μας ακολουθούν ένα πουλί που πετάει). Ο άνθρωπος μπορεί να αντιληφθεί καλύτερα την κίνηση όταν βλέπει ένα αντικείμενο πάνω σε ένα φόντο (σχετική κίνηση) παρά όταν το φόντο είναι σκοτεινό ή ουδέτερο και μόνο το κινούμενο αντικείμενο είναι ορατό (απόλυτη κίνηση) [Hilgard, 2004]. Σύμφωνα με τον ψυχολόγο Gibson, η σχετική κίνηση γίνεται ευκολότερα αντιληπτή διότι το αντικείμενο καλύπτει και αποκαλύπτει μέρη του φόντου καθώς κινείται. Ορισμένες περιπτώσεις σχετικής κίνησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ακόμη και ως ισχυρές ενδείξεις του σχήματος και της



ταυτότητας τρισδιάστατων αντικειμένων. Το μεγαλύτερο μέρος της κινητικής αντίληψης αφορά αντικείμενα που κινούνται από ένα σημείο σε κάποιο άλλο.

Τα θέματα της αντίληψης της πραγματικής κίνησης των αντικειμένων που έχουν απασχολήσει τους ερευνητές είναι δύο. Το αντιληπτικό όριο της κινητικής αντίληψης και η αντίληψη της ταχύτητας. Το πρώτο αναφέρεται στην ελάχιστη κίνηση που μπορεί να αντιληφθεί ο άνθρωπος, η οποία είναι  $1/6$  μιας μοίρας οπτικής γωνίας το δευτερόλεπτο. Το αντιληπτικό όριο της κίνησης επηρεάζεται από τις συνθήκες, κάτω από τις οποίες παρατηρείται ένα κινούμενο ερέθισμα. Για παράδειγμα εάν το κινητικό ερέθισμα παρουσιάζεται πάνω σε ένα γραμμωτό πλαίσιο (αντί για ένα κενό πλαίσιο), το αντιληπτικό όριο βελτιώνεται 10 φορές, δηλαδή  $1/60$  της μοίρας ανά δευτερόλεπτο. Η αντίληψη της ταχύτητας ενός ερεθίσματος εξαρτάται επίσης από το πλαίσιο του κινητικού ερεθίσματος. Έτσι, ένα αντικείμενο που κινείται με σταθερή ταχύτητα μέσα σε ένα κλειστό πλαίσιο (π.χ. τετράγωνο) φαίνεται να κινείται γρηγορότερα όταν βρίσκεται κοντά στα όρια του πλαισίου, παρά όταν απομακρύνεται από αυτά. Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει το μέγεθος του ερεθίσματος και του πλαισίου. Είναι φανερό πως όταν ένα μεγάλο αντικείμενο κινείται σε ένα μεγάλο πλαίσιο φαίνεται να έχει μικρότερη ταχύτητα από ένα μικρό αντικείμενο που κινείται με την ίδια ταχύτητα σε ένα μικρό πλαίσιο.

## 2. Φαινομενική ή στροβοσκοπική κίνηση

Ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται πως ένα αντικείμενο κινείται όποτε η εικόνα του κινείται κατά μήκος του αμφιβληστροειδή. Αλλά δεν ισχύει αυτό πάντα, γιατί μπορεί να δει κίνηση ακόμη και όταν τίποτα δεν κινείται στον αμφιβληστροειδή του. Η φαινομενική κίνηση μπορεί να φαίνεται πραγματική, αλλά στην ουσία είναι μια ψευδή κίνηση. Αυτό συμβαίνει όταν υπάρχουν δύο αντικείμενα σε δυο διαφορετικές θέσεις και αναβοσβήνουν διαδοχικά σε κατάλληλα χρονικά διαστήματα. Όμως ο παρατηρητής αντί να αντιληφθεί δυο φωτεινά ερεθίσματα που αναβοσβήνουν, αντιλαμβάνεται ένα φωτεινό αντικείμενο που κινείται από το ένα σημείο στο άλλο με αποτέλεσμα να δημιουργείται η οπτική πλάνη κίνησης. Δεδομένου ότι, στην πραγματικότητα, κανένα φως δεν κινείται κατά μήκος του αμφιβληστροειδούς, αυτή η αντιληπτική πλάνη δεν είναι δυνατόν να ερμηνευθεί ως διαδοχική εκπόλωση των φωτοϋποδοχέων κατά μήκος μια διαδρομής στον αμφιβληστροειδή. Έτσι υποδηλώνει ότι οι πληροφορίες για την θέση και την κίνηση μεταφέρονται σε χωριστές οδούς.

Το φαινόμενο της φαινομενικής κίνησης ανακαλύφθηκε από τον θεωρητικό της Gestalt, τον Max Wertheimer. Υπάρχουν δύο βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την φαινομενική κίνηση. Ο πρώτος παράγοντας έχει να κάνει με τη χρονική απόσταση μεταξύ των ερεθισμάτων (Inter Stimulus Interval, ISI) και ο δεύτερος έχει να κάνει με την τοπική απόσταση των ερεθισμάτων. Πιο αναλυτικά, ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ της παρουσίασης των δύο ερεθισμάτων επηρεάζει το πόσο ομαλή θα είναι η φαινομενική κίνηση που θα αντιληφθεί ο παρατηρητής. Όταν το χρονικό διάστημα ανάμεσα στις αναλαμπές είναι πολύ μικρό (30 χιλιοστά του δευτερολέπτου) δεν αντιλαμβανόμαστε καθόλου κίνηση. Καθώς η χρονική απόσταση μεταξύ των ερεθισμάτων αυξάνεται αντιλαμβανόμαστε προοδευτικά ομαλότερες κινήσεις μέχρι τα 60-70 χιλιοστά του δευτερολέπτου περίπου. Αν αυξηθεί κι άλλο το ISI, τότε τα φώτα φαίνονται σαν δύο χωριστές αναλαμπές χωρίς κίνηση.

## 3. Προκλητή ή συμπερασματική κίνηση

Και σε αυτή την περίπτωση ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται κίνηση χωρίς αυτή να συμβαίνει στον αμφιβληστροειδή. Όταν ένα μεγάλο αντικείμενο που περιβάλλει ένα μικρότερο κινείται, το μικρότερο αντικείμενο φαίνεται σαν να είναι το μόνο που κινείται, ακόμα κι όταν είναι στατικό. Αυτό το φαινόμενο μελετήθηκε πρώτα από τον ψυχολόγο της μορφής Duncker το 1929. Στη μελέτη συμμετείχαν άτομα που κάθονταν σε ένα σκοτεινό δωμάτιο και παρατηρούσαν ένα μικρό φωτεινό κύκλο μέσα σε ένα μεγαλύτερο, φωτεινό, ορθογώνιο πλαίσιο. Όταν το πλαίσιο μετακινήθηκε προς τα δεξιά, οι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι ο

κύκλος έμοιαζε να μετακινείται προς τα αριστερά. Αυτό το ίδιο φαινόμενο μπορεί να παρατηρηθεί μια συννεφιασμένη νύχτα με αέρα, όποτε το φεγγάρι φαίνεται να κινείται ανάμεσα στα σύννεφα.

#### 4.3.2 Νευρολογική ανίχνευση της κίνησης

Οι πληροφορίες για την αντίληψη της κίνησης προέρχονται από τα κύτταρα της μεγαλοκυτταρικής οδού. Τα σήματα δημιουργούνται από τα γαγγλιακά κύτταρα M του αμφιβληστροειδούς και ακολουθούν την πορεία της οδού. Υφίστανται επεξεργασία από απλούς και σύνθετους νευρώνες στην V1, οι οποίοι αποκρίνονται επιλεκτικά στην κατεύθυνση της κίνησης. Κάθε κύτταρο αποκρίνεται στην κατεύθυνση κίνησης κάθετης στον άξονα προσανατολισμού του. Η επεξεργασία συνεχίζεται στις περιοχές MT, MST και καταλήγουν στην οπτική κινητική περιοχή του βρεγματικού λοβού. Τα κύτταρα των περιοχών αυτών αντιδρούν επιλεκτικά βάσει της ταχύτητας και της κατεύθυνσης της κίνησης των αντικειμένων στο οπτικό πεδίο. Για παράδειγμα, ένα συγκεκριμένο κύτταρο μπορεί να αντιδρά ισχυρότερα όταν υπάρχει ένα αντικείμενο που κινείται προς τα αριστερά διασχίζοντας  $15^\circ$  του οπτικού άξονα ανά δευτερόλεπτο, κάποιο άλλο κύτταρο μπορεί να αντιδρά κυρίως σε κάτι που κινείται προς τα πάνω με  $10^\circ$  ανά δευτερόλεπτο. Τα κύτταρα αυτού του είδους είναι σχεδόν αδιάφορα στο τι κινείται. Αντιδρούν δηλαδή σχεδόν με την ίδια ένταση σε ένα μεγάλο ή μικρό, φωτεινό ή σκοτεινό αντικείμενο, υπό την προϋπόθεση ότι αυτό κινείται προς τη σωστή κατεύθυνση και με τη σωστή ταχύτητα.

Οι πληροφορίες που έχουν να κάνουν με την κίνηση χρησιμοποιούνται για την αντίληψη κινούμενων αντικειμένων, δηλαδή όταν δυο ή περισσότερα αντικείμενα κινούνται ταυτόχρονα σε μια περιορισμένη περιοχή του οπτικού πεδίου πρέπει να διακρίνουμε την κίνηση διαφορετικών τμημάτων ενός αντικειμένου από την κίνηση διαφορετικών αντικειμένων. Και ο εγκέφαλος μπορεί και επιτυγχάνει αυτή τη διάκριση. Για παράδειγμα τοποθετούνται δυο διαφορετικά κινούμενα σχέδια παράλληλων γραμμών τα οποία αρχικά κινούνται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο και στη συνέχεια κινούνται μαζί, το ένα πάνω από το άλλο, αλλά το καθένα σε ορθή γωνία ως προς τον άξονα προσανατολισμού του. Ο παρατηρητής θα αντιληφθεί τα σχέδια είτε ως δυο ανεξάρτητες κινούμενες παράλληλες γραμμές, οι οποίες γλιστρούν η μια πάνω στην άλλη, είτε σαν ένα ενιαίο δικτυωτό κινούμενο προς μια κατεύθυνση όταν οι γραμμές είναι τοποθετημένες κατάλληλα η μια πάνω στην άλλη (Kandel, 2009).

Όσον αφορά τις πληροφορίες που λαμβάνονται για την κίνηση, αναλύονται σε δυο στάδια από τον εγκέφαλο. Το πρώτο στάδιο σχετίζεται με την κίνηση προς μια κατεύθυνση, δηλαδή με πληροφορίες για ένα στοιχείο κίνησης ενός πολύπλευρου αντικειμένου. Οι νευρώνες στη V1 και στην MT αποκρίνονται στην κίνηση μόνο ενός στοιχείου του δικτυωτού, δηλαδή σε ένα σύνολο παράλληλων γραμμών, που κινούνται σε μια κατεύθυνση κάθετη προς τον άξονα προσανατολισμού του υποδεκτικού πεδίου του κυττάρου και όχι στην κατεύθυνση της κίνησης του δικτυωτού. Οι νευρώνες που αντιδρούν σε αυτό το στάδιο ονομάζονται επιλεκτικοί της κατεύθυνσης του στοιχείου. Το δεύτερο στάδιο έχει σχέση με την κίνηση σύνθετων σχεδίων. Νευρώνες δραστήριοι σε αυτό το στάδιο ολοκληρώνουν τις κινήσεις διαφορετικής κατεύθυνσης που έχουν επεξεργαστεί από νευρώνες στο πρώτο στάδιο με αποτέλεσμα να αποκρίνονται στην κατεύθυνση της κίνησης του δικτυωτού. Αυτοί ονομάζονται νευρώνες επιλεκτικοί της κατεύθυνσης του σχεδίου.

#### 4.4 Χρωματική αντίληψη

Το χρώμα αποτελεί μια από τις πιο οφθαλμοφανείς ιδιότητες της ανθρώπινης οπτικής εμπειρίας και είναι αυτό που εμπλουτίζει σε μεγάλο βαθμό την καθημερινή ζωή του ανθρώπου. Στον επιστημονικό χώρο το χρώμα μεταφράζεται ως ενέργεια, δηλαδή ένα ηλεκτρομαγνητικό φαινόμενο που εξαρτάται από τον τρόπο από τον οποίο το φως



αντανεκλάται στα διάφορα αντικείμενα. Κάθε αντικείμενο απορροφά ένα μέρος του φωτός που δέχεται, και αντανεκλά το υπόλοιπο. Αυτή η αντανεκκλαση ερμηνεύεται από το ανθρώπινο μάτι ως η απόχρωση του συγκεκριμένου αντικειμένου. Η διαδικασία της αντίληψης των χρωμάτων είναι ειδική λειτουργία του μηχανισμού της όρασης που έχει σκοπό την αναγνώριση των διαφόρων μηκών κύματος που συνθέτουν τις ακτινοβολίες του ορατού φάσματος. Η αναγνώριση των χρωμάτων γίνεται στον αμφιβληστροειδή μόνο από τα κωνία. Η αντίληψη μας για το χρώμα δεν εξαρτάται μόνο από ποια μήκη κύματος αντανεκλώνται από το ακτινοβολούμενο αντικείμενο, αλλά και από τη δομή και τη σύνθεση του φωτός του χώρου. Αυτό το φως μπορεί να διαφέρει σημαντικά, ανάλογα με το χρόνο και από θέση σε θέση. (Pinel, 2011)

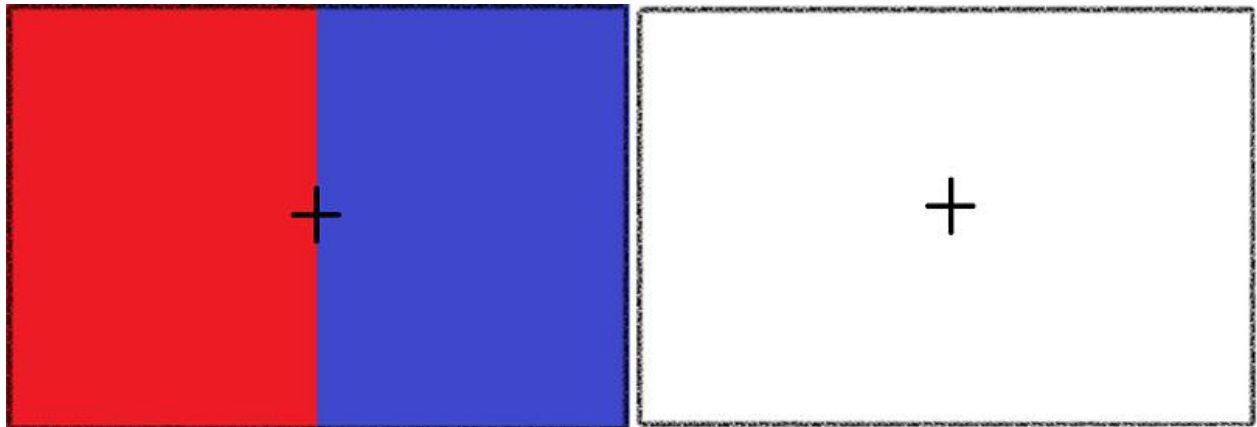
#### 4.4.1 Θεωρίες χρωματικής αντίληψης

Η χρωματική όραση βασίζεται σε διάφορες διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε διαφορετικές περιοχές του νευρικού συστήματος. Τον 19<sup>ο</sup> αιώνα περιγράφηκαν δύο κύριες διεργασίες που ονομάστηκαν με τους όρους τριχρωματική θεωρία και θεωρία της ανταγωνιστικής επεξεργασίας. Η τριχρωματική θεωρία για τη χρωματική όραση, γνωστή και ως θεωρία των Young-Helmholtz, προτάθηκε αρχικά από τον Thomas Young το 1802 και στη συνέχεια τροποποιήθηκε από τον Hermann von Helmholtz το 1852. Η θεωρία τους προέκυψε από την παρατήρηση ότι οποιοδήποτε χρώμα του οπτικού φάσματος μπορεί να προκύψει από την ανάμιξη τριών διαφορετικών μηκών κύματος φωτός σε διαφορετικές αναλογίες, δηλαδή των τριών βασικών χρωμάτων, μπλε, κόκκινο, πράσινο. Σύμφωνα, λοιπόν, με τη θεωρία της τριμεταβλητότητας, η αντίληψη του χρώματος επιτυγχάνεται μέσω του σχετικού ρυθμού αντίδρασης των τριών ειδών κωνίων, όπου το καθένα περιέχει μια οπτική χρωστική ευαίσθητη σε διαφορετικό μήκος κύματος. Η χρωστική που αναφέρεται ως Β είναι ευαίσθητη κυρίως σε βραχεία μήκη κύματος του ορατού φάσματος και έχει μεγάλη συμβολή στην αντίληψη του μπλε. Η χρωστική που είναι γνωστή ως G είναι επιλεκτική προς μεσαία μήκη κύματος και έχει μεγάλη συμμετοχή στην αντίληψη του πράσινου. Η τρίτη χρωστική που ονομάζεται R, αποκρίνεται σε μακρά μήκη κύματος και έχει μεγάλη συμβολή στην αντίληψη του κόκκινου. Αυτά ανακαλύφθηκαν τη δεκαετία του '60 με άμεση μέτρηση του φάσματος απορρόφησης των οπτικών χρωστικών στα κωνιοφόρα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς του ανθρώπου και έτσι επιβεβαιώθηκε η τριχρωματική θεωρία του Young.

Οι τρεις τύποι κωνίων είναι ευρέως γνωστοί με τις ονομασίες S-κωνία, τα οποία είναι ευαίσθητα σε φωτόνια μικρού μήκους κύματος (Short wavelength), M-κωνία, αυτά έχουν ευαισθησία σε μεσαίου μήκους κύματος φωτόνια (Medium wavelength) και τα L-κωνία, όπου είναι ευαίσθητα σε μεγάλα μήκη κύματος (Large wavelength). Κάθε κωνίο είναι ευαίσθητο σε ένα ευρύ φάσμα μηκών κύματος αλλά ανταποκρίνεται περισσότερο σε ορισμένα από αυτά. Δηλαδή φως στα 500 nm διεγείρει τα μεσαίου μήκους κύματος κωνία περίπου στο 65% της μέγιστης διέγερσης τους, τα μακρού μήκους κύματος κωνία περίπου στο 40% και τα βραχέως μήκους κύματος κωνία στο 30%. Αντίθετα φως στα 600nm διεγείρει τους παραπάνω υποδοχείς στο 25%, 75% και 0% του μεγίστου τους αντίστοιχα. Το γαλαζοπράσινο χρώμα που επιτυγχάνεται στα 500nm και πορτοκαλί στα 600 nm καθορίζεται από τις σχετικές αντιδράσεις διαφορετικών τύπων κωνίων. Όταν και τα τρία είδη ενεργοποιούνται στον ίδιο ακριβώς βαθμό, βλέπουμε άσπρο χρώμα. Η τριχρωματική θεωρία υποστηρίζει πως αν υπήρχε έλλειψη ενός τύπου κωνίου θα ήταν αδύνατον η δημιουργία τόσων πολλών χρωμάτων όπως επιτυγχάνεται τώρα με τους τρεις τύπους κωνίων.

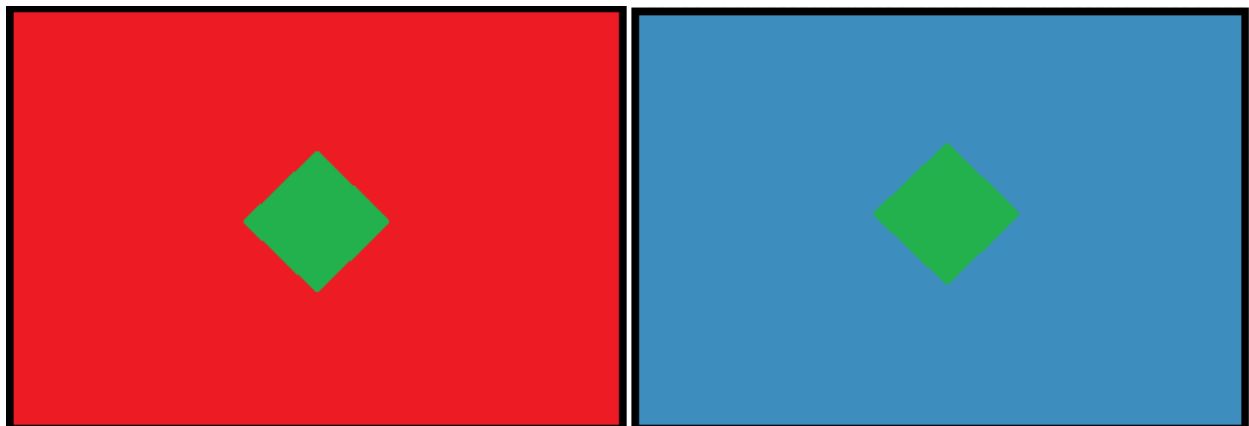
Η θεωρία της ανταγωνιστικής επεξεργασίας, προτάθηκε από τον Ewald Hering το 1878. Ο Hering πρότεινε ότι η χρωματική όραση βασίζεται στην ύπαρξη τριών μηχανισμών που αντιδρούν επιλεκτικά αλλά και με αντιθετικό τρόπο στο πράσινο-κόκκινο, στο μπλε-κίτρινο, και στο άσπρο-μαύρο αντίστοιχα. Ο κάθε μηχανισμός περιέχει κύτταρα που διεγείρονται από ένα συγκεκριμένο χρώμα (μήκος κύματος φωτός) και αναστέλλονται από το

συμπληρωματικό του. Δηλαδή υπάρχουν νευρώνες που διεγείρονται από το πράσινο και αναστέλλονται από το κόκκινο ή που διεγείρονται από το κόκκινο και αναστέλλονται από το πράσινο. Αυτό ισχύει και για τα άλλα δυο ζεύγη. Τα συμπληρωματικά χρώματα είναι ζεύγη χρωμάτων που όταν συνδυάζονται σε ίσες ποσότητες έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία του λευκού χρώματος ή του γκρι. Όμως είναι αδύνατος ο συνδυασμός των συμπληρωματικών χρωμάτων καθώς αδυνατούν να συνυπάρξουν. Για παράδειγμα δεν υπάρχει γαλαζωπό κίτρινο ή κοκκινωπό πράσινο. Μπορούμε όμως εύκολα να δούμε το κόκκινο-μπλε, το κόκκινο-κίτρινο και το πράσινο-κίτρινο. Ο Heining υποστήριξε επίσης το φαινόμενο των χρωματικών μετεικασμάτων (Εικόνα 4.4). Αν κοιτάξετε ένα πλαίσιο που χωρίζεται από μια κόκκινη πλευρά και από μια μπλε πλευρά για περίπου ένα λεπτό και μετά κοιτάξετε ένα άσπρο τετράγωνο πλαίσιο θα βιώσετε ένα χρωματικό μετείκασμα των συμπληρωματικών-ανταγωνιστικών χρωμάτων του κόκκινου και μπλε. Όταν δηλαδή στρέψετε το βλέμμα σας στην άσπρη επιφάνεια θα δείτε το πράσινο και το κίτρινο χρώμα. Αυτό είναι το μετείκασμα, δηλαδή η εικόνα που παραμένει στο αισθητήριο της όρασης μετά τον εξωτερικό ερεθισμό. Αυτά τα αρνητικά μετεικάσματα αντιπροσωπεύουν το αποτέλεσμα της κόπωσης νευρώνων ενός είδους, των διπόλων κυττάρων. Για παράδειγμα, κατά την παρατεταμένη έκθεση σε μπλε φως, ένα ειδικό δίπολο κύτταρο μπορεί να υποστεί παρατεταμένη διέγερση. Όταν το μπλε φως απομακρυνθεί, το κύτταρο υπερπολώνεται και οι πληροφορίες που στέλνει εκλαμβάνονται ως κίτρινο.



*Εικόνα 4.4: Χρωματικό μετείκασμα*

Η ταυτόχρονη χρωματική αντίθεση είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό της έγχρωμης όρασης και γίνεται αντιληπτή στην εικόνα 4.5. Τα ανταγωνιστικά χρώματα αλληλοενισχύονται όταν προέρχονται από γειτονικά σημεία του χώρου όπως στην περίπτωση ενός αντικείμενου και του φόντου του. Για παράδειγμα ένα πράσινο αντικείμενο φαίνεται καλύτερα σε ένα κόκκινο φόντο παρά σε ένα μπλε. Αυτή η κατάσταση δείχνει ότι οι μηχανισμοί των κωνίων μάλλον αλληλοδιευκολύνονται παρά ότι αλληλοαναιρούνται.

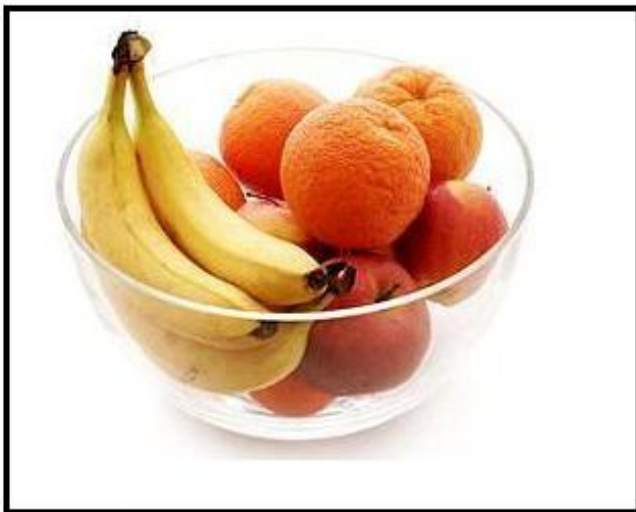


*Εικόνα 4.5: Τα ανταγωνιστικά χρώματα αλληλοενισχύονται*

Η χρωματική σταθερότητα είναι το σημαντικότερο χαρακτηριστικό της χρωματικής όρασης, το οποίο όμως δεν μπόρεσε να ερμηνευτεί ούτε από την τριχρωματική αλλά ούτε και από την ανταγωνιστική επεξεργασία. Χρωματική σταθερότητα είναι η τάση που έχει ένα αντικείμενο να διατηρεί το χρώμα του, ανεξάρτητα από τις σημαντικές αλλαγές στα μήκη κύματος φωτός που ανακλά, ενώ, επίσης, βελτιώνει την ικανότητα του ανθρώπου να ξεχωρίζει τα αντικείμενα. Η ικανότητα αυτή δεν θα υπήρχε εάν το χρώμα των αντικειμένων άλλαζε κάθε φορά που άλλαζε και ο φωτισμός. Για παράδειγμα ένα γαλάζιο πουκάμισο θα είναι το ίδιο μπλε χρώμα νωρίς το πρωί, μεσημέρι ή αργά το απόγευμα όσο διαφορετικά και αν είναι τα μήκη κύματος που ανακλώνται από αυτό, είτε ο φωτισμός είναι φυσικός είτε τεχνητός.

Ο Edwin Land απέδειξε ότι η χρωματική σταθερότητα υφίσταται για όσο διάστημα το αντικείμενο φωτίζεται με φως που περιέχει έστω κάποια βραχεία, μεσαία ή μακρά μήκη κύματος και για όσο καιρό το αντικείμενο αποτελεί μέρος ενός σκηνηκού και δεν βρίσκεται απομονωμένο. Σύμφωνα με τη χρωματική θεωρία του Land, το οπτικό σύστημα υπολογίζει την ανακλαστική ικανότητα των επιφανειών και έτσι αντιλαμβάνεται το χρώμα τους, συγκρίνοντας το χρώμα που ανακλάται από γειτονικές επιφάνειες σε τουλάχιστον τρία διαφορετικά μήκη κύματος.

Ένα παράδειγμα που κάνει κατανοητά τα παραπάνω είναι το εξής. Αν κοιτάξει κάποιος ένα μπολ, το οποίο περιέχει φρούτα, φορώντας πράσινα γυαλιά, τα φρούτα θα έπαιρναν μια πρασινωπή απόχρωση, αλλά οι μπανάνες θα συνέχιζαν να φαίνονται κίτρινες σε σύγκριση με τα κόκκινα μήλα (Εικόνα 4.6.α).



**Εικόνα 4.6.α:** Χρωματική θεωρία του Land - Σε πράσινο περιβάλλον, οι μπανάνες φαίνονται κίτρινες σε σχέση με τα πορτοκάλια και τα μήλα

Αν όμως δεν υπήρχαν τα υπόλοιπα φρούτα και παρέμεναν μόνο οι μπανάνες, ο παρατηρητής μέσα από τα έγχρωμα γυαλιά θα τις έβλεπε πράσινες αφού δεν θα συγκρινόντουσαν με κάποιο άλλο φρούτο (Εικόνα 4.6.β).



**Εικόνα 4.6.β:** Χρωματική θεωρία του Land - Η μπανάνα φαίνεται πράσινη όταν δεν συγκρίνεται χρωματικά με κάποιο άλλο φρούτο

#### 4.4.2 Επεξεργασία πληροφοριών για το χρώμα

Για να ανιχνεύσει το χρώμα ο εγκέφαλος, συγκρίνει τις αποκρίσεις των τριών ειδών κωνιοφόρων κυττάρων (RGB). Πολλά γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς, καθώς και κύτταρα τους έξω γονατώδους πυρήνα και του φλοιού, διεγείρονται από ένα είδος κωνίων και υφίστανται αναστολή από άλλο. Τα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς και τα κύρια κύτταρα του έξω γονατώδους πυρήνα κατατάσσονται σε δύο μεγάλες λειτουργικές κατηγορίες, στα κύτταρα φωτεινού-σκοτεινού κέντρου (ON - OFF) και στα κύτταρα χρωματικού ανταγωνισμού. Τα ON - OFF κύτταρα μεταδίδουν πληροφορίες για τη φωτεινότητα, όπως έχει αναφερθεί, και τα κύτταρα χρωματικού ανταγωνισμού μεταφέρουν πληροφορίες για το χρώμα. Τα κύτταρα φωτεινού-σκοτεινού κέντρου δέχονται τις πληροφορίες από τα κωνία G και R, όχι όμως από τα κωνία B. Οι πληροφορίες από αυτά τα κωνία αθροίζονται στο κέντρο και ανεξάρτητα στην περιφέρεια. Γι' αυτό το λόγο, αυτά τα κύτταρα αποκρίνονται σε μία αντίθεση φωτεινότητας στο υποδεκτικό τους πεδίο και δεν συμβάλλουν στην αντίληψη του χρώματος. Οι πληροφορίες στον αμφιβληστροειδή και στον έξω γονατώδη πυρήνα από τα κωνία R και G χωρίζονται στα υποδεκτικά πεδία των περισσότερων κυττάρων χρωματικού ανταγωνισμού. Το κέντρο του υποδεκτικού πεδίου δέχεται πληροφορίες από ένα είδος κωνίων, για παράδειγμα τα R, ενώ η ανταγωνιστική περιφέρεια δέχεται πληροφορίες από το άλλο είδος κωνίων, τα G. Τα κύτταρα αυτά ονομάζονται ομοκεντρικά κύτταρα απλού ανταγωνισμού και δεν δέχονται πληροφορίες από τα κωνία B, όπως και τα κύτταρα φωτεινού-σκοτεινού κέντρου. Τα συγκεκριμένα κύτταρα αποκρίνονται έντονα σε μεγάλες κηλίδες μονοχρωματικού φωτός κατάλληλου μήκους κύματος. Τα κύτταρα που αποκρίνονται καλύτερα στο κόκκινο φως, είναι τα κύτταρα που έχουν κέντρο R και περιφέρεια G, ενώ τα κύτταρα που αποκρίνονται καλύτερα στο πράσινο φως είναι τα κύτταρα που έχουν κέντρο G και περιφέρεια R. Επιπλέον τα ομοκεντρικά κύτταρα απλού ανταγωνισμού μπορούν να μεταφέρουν πληροφορίες για την άχρωμη αντίθεση φωτεινότητας. Τα κύτταρα αυτά που είναι ευαίσθητα στο κόκκινο και στο πράσινο αντιδρούν ασθενώς σε μια λεπτή δέσμη (κηλίδα) λευκού φωτός στο κέντρο του, αλλά δεν

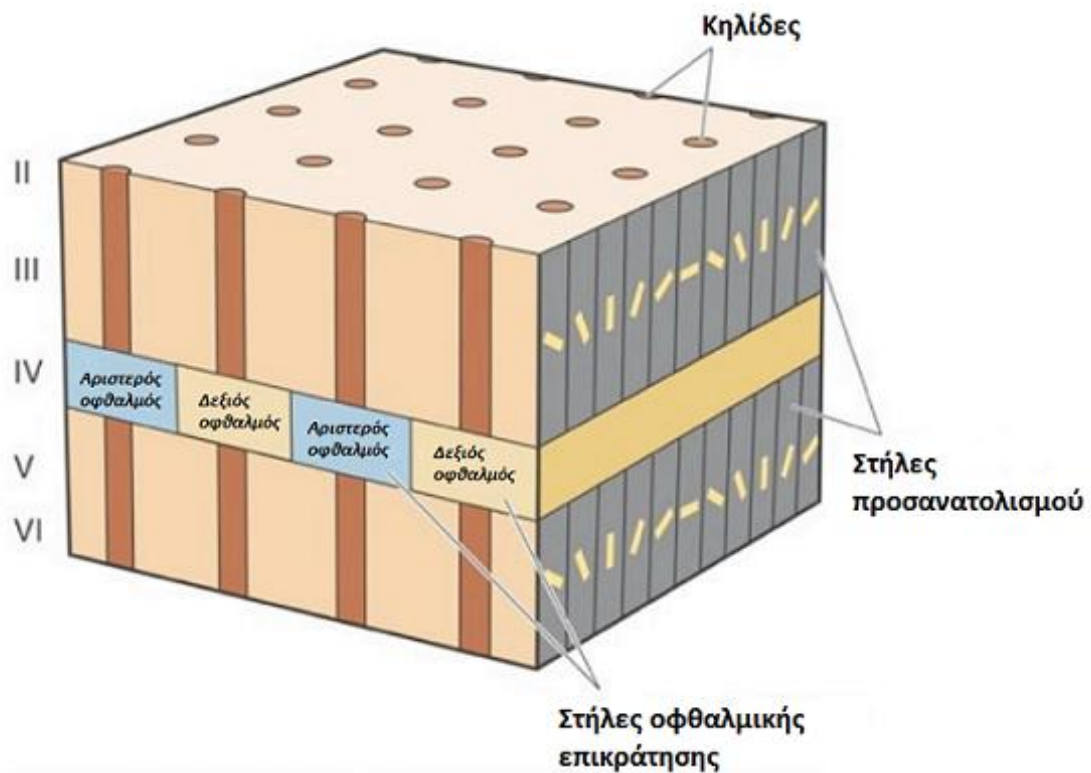
αποκρίνονται σε διάχυτο λευκό φως. Αυτό συμβαίνει γιατί τα κόκκινα και πράσινα κωνία απορροφούν το λευκό φως στον ίδιο βαθμό.

Έτσι τα ομοκεντρικά κύτταρα απλού ανταγωνισμού συμπεριφέρονται σαν τα ON-OFF σε άχρωμα ερεθίσματα. Υπάρχει επίσης και μια άλλη κατηγορία κυττάρων απλού ανταγωνισμού, τα κύτταρα ίσης έκτασης και απλού ανταγωνισμού, όπου αυτά διαβιβάζουν τις πληροφορίες από τα κωνία Β. Το υποδεκτικό πεδίο των κυττάρων αυτών δεν έχει χωριστή ζώνη διέγερσης και αναστολής. Η δράση των κωνίων Β είναι αντίθετη προς τις συνδυασμένες δράσεις των κωνίων G και R.

Οι πληροφορίες για τα χρώματα και τις άχρωμες αντιθέσεις μεταβιβάζονται στο φλοιό από τις μικροκυτταρικές στιβάδες του έξω γονατώδους πυρήνα. Οι πληροφορίες που προκύπτουν από τα κύτταρα απλού ανταγωνισμού του έξω γονατώδους πυρήνα συναντιούνται στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό και συγκεκριμένα στα ομοκεντρικά κύτταρα διπλού ανταγωνισμού. Τα συγκεκριμένα κύτταρα είναι πολύ ευαίσθητα στη χρωματική αντίθεση. Το υποδεκτικό πεδίο τους διαθέτει επίσης ανταγωνιστική οργάνωση κέντρου-περιφέρειας, οι πληροφορίες όμως από διαφορετικά είδη κωνίων δεν χωρίζονται στο υποδεκτικό πεδίο όπως στα κύτταρα απλού ανταγωνισμού αλλά αντίθετα όλα τα σημεία του υποδεκτικού πεδίου δέχονται πληροφορίες από περισσότερα από ένα είδος κωνίου. Όπου οι πληροφορίες από κάθε είδους κωνίου διαφέρει ανάλογα με τη θέση τους. Υπάρχουν τέσσερα είδη κυττάρων διπλού ανταγωνισμού. Δυο είδη κυττάρων αποκρίνονται σε αντιθέσεις κόκκινου –πράσινου, ενώ τα άλλα δυο είδη αποκρίνονται σε αντιθέσεις κίτρινου-μπλε.

Για παράδειγμα ένα κύτταρο αντίθεσης πράσινου-κόκκινου ενεργοποιείται από κωνία G στο κέντρο και αναστέλλεται από κωνία G στην περιφέρεια του υποδεκτικού πεδίου. Τα κωνία R έχουν την αντίθετη επίδραση, δηλαδή ενεργοποιούν την περιφέρεια και προκαλούν αναστολή στο κέντρο του υποδεκτικού πεδίου του κυττάρου. Τα κύτταρα αυτά αποκρίνονται καλύτερα σε μια πράσινη κηλίδα μέσα σε κόκκινο φόντο. Τα κύτταρα αντίθεσης κίτρινου-μπλε και μπλε –κίτρινου αντιπαραθέτουν τις πληροφορίες από τα κωνία Β στις συνδυασμένες πληροφορίες από τα κωνία R και G.

Τα κύτταρα διπλού ανταγωνισμού συγκεντρώνονται στον πρωτοταγή οπτικό φλοιό σε κάθετες στήλες, που μοιάζουν με πασσάλους και διεισδύουν στις στιβάδες του V1. Αυτές οι στήλες ονομάζονται κηλίδες και επεξεργάζονται τις πληροφορίες για το χρώμα. Τα κύτταρα στις κηλίδες έχουν κυκλικό υποδεκτικό πεδίο και γι' αυτό δεν είναι ευαίσθητα στον προσανατολισμό. Εισχωρούν ανάμεσα στις στήλες προσανατολισμού και στις στήλες οφθαλμικής επικράτησης (Εικόνα 4.7). Με αυτόν τον τρόπο, ο πρωτοταγής οπτικός φλοιός εμφανίζεται οργανωμένος σε δομικές μονάδες που περιλαμβάνουν όχι μόνο τις στήλες προσανατολισμού και οφθαλμικής επικράτησης, αλλά και τις κηλίδες (Kolb, 2011). Η οργάνωση αυτή επιτρέπει στην περιοχή Brodmann 17 να εκτελεί πολλές λειτουργίες ταυτόχρονα. Οι πληροφορίες από την περιοχή V1 προβάλλονται στην περιοχή V2. Οι περιοχές αυτές έχουν σχέση με τη διάκριση των μηκών κύματος. Στη συνέχεια οι πληροφορίες καταλήγουν στην V4 όπου είναι ζωτικής σημασίας για την αναγνώριση της σταθερότητας του χρώματος. Στην περιοχή V4 βρίσκονται πολλοί νευρώνες και ο τρόπος εκπόλωσης τους συσχετίζεται με το φαινόμενο χρώμα του αντικείμενου το οποίο βλέπει ο παρατηρητής και όχι με τη σύνθεση των μηκών κύματος του φωτός που ανακλάται από το αντικείμενο. Κάθε κύτταρο από αυτά αντιδρά επιλεκτικά σε ένα συγκεκριμένο χρώμα. Έτσι τα κύτταρα δίνουν πληροφορίες για το χρώμα και όχι για το μήκος κύματος.



**Εικόνα 4.7:** Η υπερστήλη περιέχει και τις κηλίδες

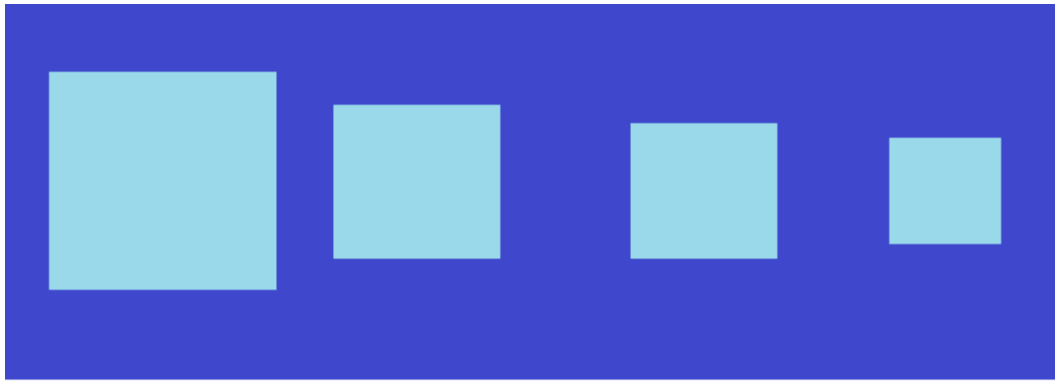
#### 4.5 Αντίληψη απόστασης

Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας είναι μια δυσδιάστατη επιφάνεια. Αυτό σημαίνει ότι η εικόνα, το είδωλο που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή, είναι επίπεδη και δεν έχει καθόλου βάθος. Ο εγκέφαλος πρέπει να ανακαλύψει την απόσταση από τα σήματα βάθους, δηλαδή από τα χαρακτηριστικά της εικόνας του αμφιβληστροειδή που προσφέρουν ενδείξεις για την απόσταση ενός αντικειμένου ή μιας σκηνής. Υπάρχουν πολυάριθμες ενδείξεις που συνδυάζονται με πολύπλοκους τρόπους ώστε να είναι δυνατή η αντίληψη της απόστασης. Τα σήματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως μονοφθαλμικά, τα οποία λειτουργούν το ίδιο καλά με έναν ή δύο οφθαλμούς και τα διοφθαλμικά, τα οποία προϋποθέτουν σήματα και από τα δύο μάτια.

- Μονοφθαλμικά σήματα

Οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν μόνο το ένα μάτι μπορούν να αντιληφθούν το βάθος πολύ καλά, συλλέγοντας μονοφθαλμικά σήματα βάθους. Υπάρχουν επτά κύρια μονοφθαλμικά σήματα βάθους. Το πρώτο σήμα, είναι το σχετικό μέγεθος. Αν μια εικόνα περιέχει σειρά από παρόμοια αντικείμενα που διαφέρουν ως προς το μέγεθος, ο παρατηρητής αντιλαμβάνεται τα μικρότερα αντικείμενα σαν να βρίσκονται πιο μακριά (Σχήμα 2).





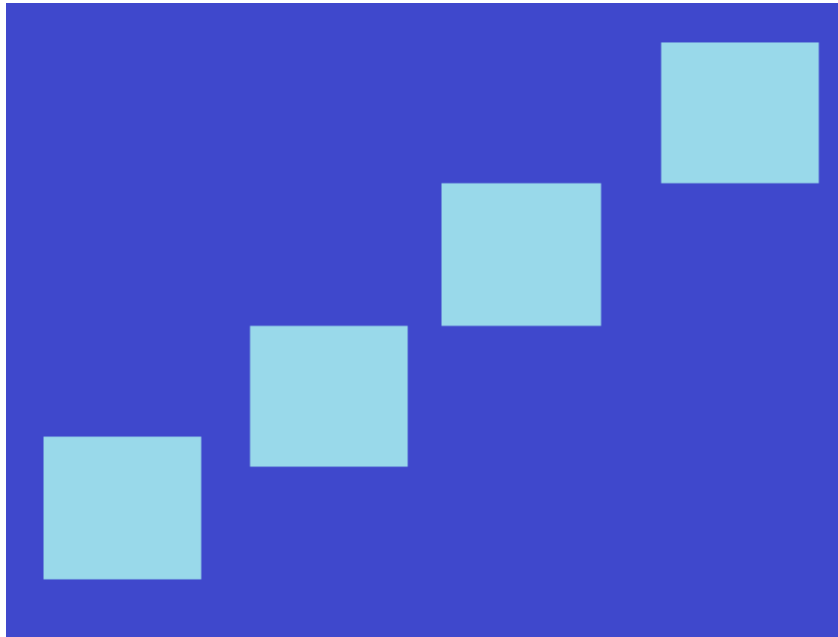
**Σχήμα 2:** Σχετικό μέγεθος

Ένα δεύτερο μονοφθαμικό σήμα είναι η παρέμβαση ή επικάλυψη. Εάν ένα αντικείμενο είναι έτσι τοποθετημένο ώστε να εμποδίζει τη θέα του άλλου, ο παρατηρητής αντιλαμβάνεται το επικαλυπτόμενο αντικείμενο πιο μακρινό (Σχήμα 3).



**Σχήμα 3:** Επικάλυψη

Ένα τρίτο σήμα είναι το σχετικό ύψος. Μεταξύ παρόμοιων αντικειμένων, αυτά που βρίσκονται υψηλότερα σε μια εικόνα γίνονται αντιληπτά σαν να είναι πιο μακριά (Σχήμα 6.11).



**Σχήμα 4:** Σχετικό ύψος

Μια τέταρτη ένδειξη είναι η γραμμική προοπτική. Όταν παράλληλες γραμμές του τοπίου μοιάζουν να συγκλίνουν στην εικόνα θεωρούνται ότι εξαφανίζονται στο βάθος και ο παρατηρητής αντιλαμβάνεται ότι είναι σε μεγάλη απόσταση από αυτόν (Εικόνα 4.8).



**Εικόνα 4.8:** Γραμμική προοπτική

Μια πέμπτη ένδειξη είναι η σκίαση, που κάνει τα θαμπά αντικείμενα να γίνονται αντιληπτά ως μακρύτερα και τα λαμπρότερα αντικείμενα να φαίνονται ως πιο κοντινά προς τον παρατηρητή (Εικόνα 4.9).



**Εικόνα 4.9:** Σκίαση

Ένα έκτο σήμα είναι η παράλλαξη της κίνησης. Αν μετακινούμαστε από την μια πλευρά στην άλλη, διαφορετικά μέρη του βάθους αποκαλύπτονται ή επικαλύπτονται.

Τέλος, το έβδομο σήμα είναι η διαβάθμιση της υψής, όπου οι λεπτομέρειες των αντικειμένων γίνονται πιο δύσκολα ορατές όταν τα αντικείμενα βρίσκονται μακριά. Για παράδειγμα, όταν ο παρατηρητής βρίσκεται κοντά σε ένα γρασίδι μπορεί να διακρίνει τα εξογκώματα και τις ανωμαλίες σε σχέση με τα κομμάτια γρασιδιού που βρίσκονται λίγο πιο μακριά και τα οποία φαίνονται πιο ομαλά. (Βοσνιάδου κ.α., 2007)

- Διοφθαλμικά σήματα

Βλέποντας και με τους δύο οφθαλμούς, ο άνθρωπος έχει το πλεονέκτημα της αντίληψης του βάθους. Εξαιτίας ότι οι οφθαλμοί βρίσκονται σε διαφορετική θέση του κεφαλιού, το κάθε μάτι έχει μια ελαφρώς διαφορετική θέα της ίδιας σκηνής. Αυτό αναφέρεται ως διοφθαλμική απόκλιση και είναι μεγαλύτερη για τα αντικείμενα που βρίσκονται κοντά μας και μικραίνει όταν τα αντικείμενα χάνονται στο βάθος. Οι δύο εικόνες που σχηματίζονται από το κάθε μάτι συνδυάζονται στον εγκέφαλο και δημιουργούν μια τρισδιάστατη αναπαράσταση του περιβάλλοντος (στερεοσκοπική όραση).

## 5. ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ

Η οπτική αντίληψη είναι πολύ σύνθετη και για το λόγο αυτό αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας σχεδόν από όλους τους επιστημονικούς κλάδους. Στον ψυχολογικό κλάδο ανήκει στις γνωστικές λειτουργίες, όπου υπάρχει η προσπάθεια να ερμηνευτούν τα φαινόμενα της αντίληψης. Δεν υπάρχει όμως καμία σαφής ερμηνεία που μπορεί να δοθεί για το τι είναι η οπτική αντίληψη με αποτέλεσμα ο καθένας να δίνει τη δική του εκδοχή. Παρακάτω αναφέρονται μερικές απόψεις από διάφορους φιλοσόφους και ψυχολόγους που επιχείρησαν να διεισδύσουν στα μονοπάτια της ερμηνείας της. Επίσης, επισημαίνονται οι τρόποι βάσει των οποίων πραγματοποιείται η αναγνώριση αντικειμένων και προσώπων σε θεωρητικό επίπεδο. Τρόποι που έχουν αναπτυχθεί από τους ψυχολόγους και όχι με βάση τις κυτταρικές διαδικασίες.

### 5.1 Εμπειρική θεωρία της αντίληψης

Η θεωρία του εμπειρισμού πρεσβεύει ότι η αντίληψη, η μάθηση και η γνώση του κόσμου είναι αποτέλεσμα εμπειρίας και μάθησης. Εκπρόσωποι της είναι άγγλοι εμπειριστές (J. Locke, G. Berkley κ.α.), κατά τους οποίους η λειτουργία της αντίληψης επιτελείται με βάση τις ακόλουθες αρχές:

1) Η οπτικά προσλαμβανόμενη πληροφορία είναι ασαφής και χρειάζεται διόρθωση, όπου επιτυγχάνεται από την εμπειρία που έχει ο άνθρωπος σχετικά με τα αντικείμενα του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα η εικόνα ενός κτιρίου που σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα είναι επίπεδη, ενώ το κτίριο εκτός από το πλάτος και το ύψος έχει και βάθος το οποίο όμως δεν μεταφέρεται στην εικόνα. Η ασάφεια αυτή της προσλαμβανόμενης πληροφορίας μπορεί να διορθωθεί με άμεση εμπειρία του κτιρίου, το οποίο έτσι θα γίνει αντιληπτό ως τρισδιάστατο.

2) Η αντίληψη των ερεθισμάτων βασίζεται στην αφαίρεση και συγκράτηση των κοινών χαρακτηριστικών τους. Σύμφωνα με την άποψη αυτή η ικανότητα του ατόμου να αναγνωρίζει ένα αντικείμενο, για παράδειγμα μια καρέκλα την οποία ποτέ δεν έχει ξαναδεί, οφείλεται στην ικανότητα του ατόμου να συγκρατεί τα κοινά χαρακτηριστικά μιας καρέκλας. Εν τέλει η αναπαράσταση που τελικά συγκρατείται στη μνήμη είναι μια αφηρημένη εικόνα του αντικειμένου, από την οποία έχουν απορριφθεί τα ατομικά χαρακτηριστικά κάθε είδους καρέκλας και έχουν συγκρατηθεί μόνο τα κοινά χαρακτηριστικά.

3) Η αντίληψη των ερεθισμάτων συντελείται με τη συνένωση των επιμέρους στοιχείων τους. Σύμφωνα με αυτήν για να γίνει αντιληπτό ένα δομημένο σύνολο (π.χ ένα αντικείμενο) διασπάται στα στοιχεία του, τα οποία στη συνέχεια ενώνονται με βάση τους συνειρμικούς νόμους. (Πόρποδας, 1993)

### 5.2 Θεωρία των Νατιβιστών

Οι Νατιβιστές υποστηρίζουν ότι μεγάλο μέρος της αντιληπτικής ικανότητας είναι το αποτέλεσμα αυτού με το οποίο μας προίκισε η φύση και δεν εξαρτάται από τη μάθηση. Ο Immanuel Kant, φιλόσοφος της νατιβιστικής προοπτικής ισχυρίστηκε ότι η γνώση μας για τον κόσμο δεν μπορούσε να προέρχεται μόνον από τις αισθητήριες πληροφορίες, αλλά σίγουρα έπρεπε να υπάρχουν κάποιες προϋπάρχουσες «κατηγορίες», οι οποίες ταξινομούν και οργανώνουν τα δεδομένα των αισθήσεων. Κάποια παραδείγματα αυτών των κατηγοριών είναι ο χώρος, ο χρόνος και η αιτιότητα.

Ο Kant πίστευε ότι αυτές οι κατηγορίες ήταν δομημένες μέσα στο μυαλό εκ των προτέρων και ο μόνος τρόπος να δεις τον κόσμο ήταν μέσα από αυτές. Για παράδειγμα αν ένας άνθρωπος με το που γεννιόταν φόραγε μπλε γυαλιά τότε όλες του εμπειρίες θα ήταν χρωματισμένες μπλε εξαιτίας των συγκεκριμένων γυαλιών. Αυτό είναι που συμβαίνει σύμφωνα με τον Kant, με τις εκ των προτέρων κατηγορίες. Ταξινομούν και οργανώνουν όλες τις αισθητήριες πληροφορίες που βιώνονται από ένα άτομο, όμως είναι έμφυτα καθορισμένες. (Cassells, Green, 1999)

### 5.3 Οικολογική προσέγγιση - Θεωρία Gibson

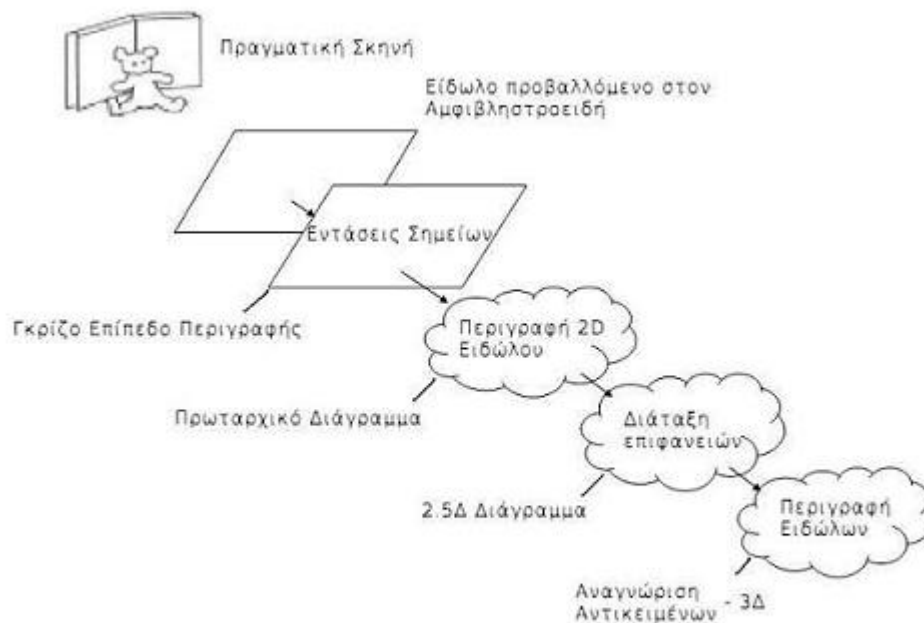
Ο Gibson (1950) ασχολήθηκε με την αντίληψη που λαμβάνει χώρα στην καθημερινή ζωή και όχι με την αντίληψη των εργαστηριακών διαγραμμάτων ή άλλων εκτός πλαισίου αναφοράς ερεθισμών. Ο ίδιος υποστήριξε ότι δεν είναι πρακτικό να μελετάται η αντιληπτική διεργασία απομονωμένη και με αυτή την άποψη του Gibson συμφωνούν πολλοί σύγχρονοι γνωστικοί ψυχολόγοι. Δηλαδή ισχυρίστηκε ότι η αντίληψη είναι μια ενεργητική, άμεση λειτουργία, που δεν συμβαίνει από μόνη της αλλά μέσα σε ένα πλούσιο περιβάλλον από ερεθίσματα. Τα αντικείμενα δεν τα βλέπουμε ποτέ μόνα τους αλλά σε ένα πλαίσιο με βάθος το οποίο περιλαμβάνει πλούσιες πληροφορίες, όπως διαφορετικές διαβαθμίσεις του φωτός, της υψής των αντικειμένων, τα χαρακτηριστικά των επιφανειών τους και τον τρόπο που τέμνονται τα όρια τους. Εξαιτίας αυτού του δεδομένου ο Gibson χαρακτήριζε τη θεωρία του ως θεωρία «εδάφους». Οι πληροφορίες αυτές, που συνεχώς αλλάζουν καθώς μετακινούμαστε, προσφέρουν ένα σύνολο περιβαλλοντικών ερεθισμάτων, τα οποία γίνονται αντιληπτά με άμεσο τρόπο.

Επίσης, ισχυρίστηκε ότι είναι εντελώς εξωπραγματικό να προσπαθούμε να ξεχωρίσουμε την κίνηση και την δράση από την αντίληψη. Θεωρούσε ότι η αντίληψη έχει μια καθορισμένη λειτουργία για τον οργανισμό- μια οικολογική βάση- και αυτή βοηθάει τον οργανισμό στην καθημερινή επιβίωση του. Η ικανότητα του ατόμου να κινείται, να κοιτάζει πράγματα από μια διαφορετική γωνία και να ερμηνεύει οπτικές πληροφορίες με όρους της δικής του κίνησης, είναι μια κρίσιμη πλευρά της όρασης. Για παράδειγμα, αν δείτε κάτι που φαίνεται παράξενο σε ένα κτίριο, αυτόματα θα κινήσετε ελαφρά το κεφάλι σας και θα κοιτάξετε το κτίριο από μια λίγο διαφορετική γωνία. Έτσι θα ξεκαθαρίσετε τι είναι εκείνο που κοιτάτε, και ακριβώς αυτή η κίνηση μπορεί να δημιουργήσει τη διαφορά μεταξύ του αν κατανοείτε αυτό που βλέπετε ή όχι. Ο Gibson στη θεωρία του περιέγραψε την αντίληψη σαν να ήταν αποκλειστικά άμεση, δηλαδή οι πληροφορίες που χρειάζεται το άτομο για να αντιληφθεί ένα ερέθισμα ενυπάρχουν στα αισθητηριακά ερεθίσματα. Δεν έλαβε υπόψη του το γεγονός ότι για να δώσει νόημα ο άνθρωπος στα πράγματα που κοιτάζει, απαιτείται να χρησιμοποιήσει κάποιες προηγούμενες γνώσεις και εμπειρίες του. Λόγω της σημασίας που δίνει ο Gibson στην αντίληψη που λαμβάνει χώρα στην καθημερινή ζωή και όχι σε συνθήκες εργαστηρίου, η θεωρία του είναι γνωστή ως οικολογική θεωρία της αντίληψης. (Hayes, 1998)

### 5.4 Υπολογιστική θεωρία του Marr

Ο David Marr άρχισε να αναπτύσσει μια υπολογιστική προσέγγιση της οπτικής αντίληψης που όμως δεν ολοκληρώθηκε πλήρως λόγω του ξαφνικού θανάτου του. Ενδιαφέρθηκε ιδιαίτερα για το πώς κατορθώνουμε να αναγνωρίζουμε αντικείμενα ή χαρακτηριστικά μέσα από μια μάζα ανόμοιων στοιχείων πληροφορίας τα οποία συνθέτουν το αμφιβληστροειδές είδωλο που προσλαμβάνουμε. Ισχυρίστηκε ότι, για να είναι αποτελεσματική μια θεωρία όρασης, θα πρέπει να εξηγήει πως λειτουργεί η όραση σε τρία επίπεδα: ένα υπολογιστικό επίπεδο, ένα αλγοριθμικό επίπεδο και ένα επίπεδο

ολοκλήρωσης. Στο υπολογιστικό επίπεδο περιγράφεται η λειτουργία του οπτικού συστήματος, το αλγοριθμικό επίπεδο αναφέρεται με λεπτομέρεια στις αντιληπτικές διεργασίες και το επίπεδο ολοκλήρωσης σχετίζεται με τους υποκείμενους νευρωνικούς μηχανισμούς των αντιληπτικών διεργασιών. Σύμφωνα με τον Marr το να βλέπει κανείς απαιτεί μια αλληλουχία αναπαραστάσεων, που καθεμιά προέρχεται από την προηγούμενη της με ένα κατάλληλο σύνολο λειτουργιών (Σχήμα 5). Το έργο της οπτικής επεξεργασίας είναι να δημιουργεί μια περιγραφή του αντικειμένου με βάση το είδωλο που έχει παρουσιασθεί. Όταν βλέπει ένα άτομο κάποια σκηνή, ξεκινάει με ένα είδωλο από το οποίο παίρνει ένα «γκρίζο επίπεδο περιγραφής» ή αλλιώς ονομάζεται «ακατέργαστο πρωταρχικό διάγραμμα». Αυτό το στάδιο τον πληροφορεί για την ένταση σε κάθε σημείο του ειδώλου. Από αυτό το στάδιο αναπτύσσεται ένα «πρωταρχικό διάγραμμα» το οποίο προσφέρει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το δισδιάστατο είδωλο και αποκαλύπτει σημαντικές βασικές δομές της σκηνής αλλά όχι με κάθε λεπτομέρεια. Το επόμενο στάδιο της οπτικής επεξεργασίας είναι το «2.5-Δ διάγραμμα», το οποίο προσφέρει πληροφορίες για τον προσανατολισμό, το βάθος και την κίνηση των αντικειμένων και των επιφανειών, γεγονός που δίνει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το είδωλο. Συγκεκριμένα επιτρέπει στο άτομο να γνωρίζει εάν ένα τμήμα βρίσκεται μπροστά από κάποιο άλλο. Δε του δίνεται όμως ακόμη μια πλήρης αναπαράσταση του τι κοιτάζει. Για παράδειγμα δε του δίνει στην πραγματικότητα τη δυνατότητα να συγκρίνει αποστάσεις μεταξύ αντικειμένων που βρίσκονται σε διαφορετικά μέρη του οπτικού πεδίου. Λόγω του ότι προσφέρεται μέρος των πληροφοριών σχετικά με το βάθος και όχι όλες, ο Marr περιέγραψε το στάδιο ως διάγραμμα 2.5-Δ. Το τελικό επίπεδο είναι η «3-Δ περιγραφή αντικειμένων» όπου περιγράφονται λεπτομερώς τα σχήματα και η χωρική τους οργάνωση. Αυτό είναι το στάδιο που λαμβάνει χώρα η αναγνώριση (Cassells, 1999). Η σημαντικότερη πλευρά της θεωρίας του Marr είναι αυτή που δείχνει πως οι βασικές οπτικές διεργασίες μπορούν να συνδυάζονται για να οικοδομήσουν μια εικόνα του εξωτερικού κόσμου με την απλή ανάλυση των πληροφοριών που είναι πραγματικά παρούσες στην οπτική διάταξη. Η υπολογιστική μεταφορά του Marr είναι δυνατόν να προσφέρει μια πιθανή εξήγηση για την αναγνώριση αντικειμένων από τους ανθρώπους.



**Σχήμα 5:** Στάδια του Marr που οικοδομούν μια εικόνα

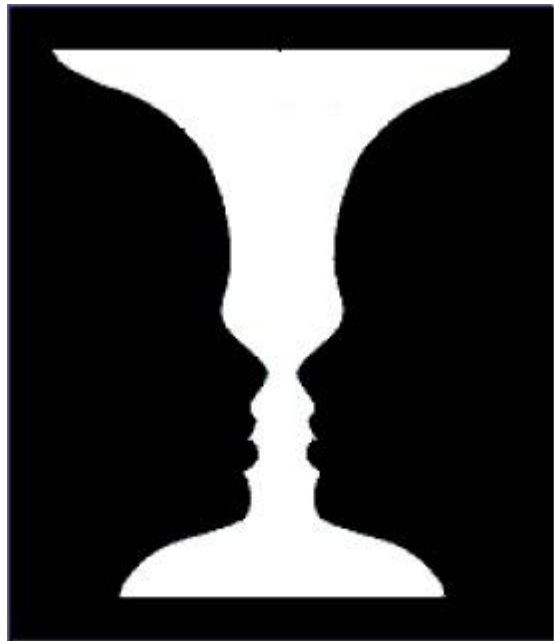


## 5.5 Αντιληπτική οργάνωση - Θεωρία Gestalt

Η θεωρία Gestalt (Μορφή), είναι μια από τις βασικότερες θεωρίες μάθησης και αποτελεί έναν κλάδο της ψυχολογίας που δημιουργήθηκε στις αρχές του 20ου αιώνα στη σχολή της Gestalt. Δημιουργοί και κύριοι εκφραστές της θεωρούνται τρεις φοιτητές: ο Max Wertheimer, ο Wolfgang Kohler και ο Kurt Koffka. Αυτοί υποστήριξαν ότι το άτομο αντιλαμβάνεται τα αντικείμενα περισσότερο σαν καλά οργανωμένους σχηματισμούς ή ολότητες παρά σαν το άθροισμα των μεμονωμένων μερών τους. Σύμφωνα με τους ψυχολόγους της μορφής, η διαδικασία απόκτησης γνώσεων αποτελείται από σχηματοποιήσεις των ερεθισμάτων σε σύνολα και την αναδιοργάνωση τους από ένα σύνολο σε ένα άλλο κατά την διάρκεια της μάθησης. Η συγκεκριμένη ομάδα ψυχολόγων απέδειξε ότι ο τρόπος που γίνεται αντιληπτή η μορφή κάθε στοιχείου εξαρτάται από τη θέση και τη λειτουργία του στη συνολική διάταξη. Επισημαίνεται ότι η αντιληπτική οργάνωση είναι η διαδικασία ομαδοποίησης μικρών τμημάτων μιας εικόνας σε μεγαλύτερα σύνολα (σχήματα ή αντικείμενα) που έχουν κάποιο νόημα. Δυο αρχές της αντιληπτικής οργάνωσης των ψυχολόγων της μορφής, η σχέση μορφής - φόντου και η ομαδοποίηση, χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του τρόπου με τον οποίο οργανώνει ο άνθρωπος τις αντιλήψεις του σχετικά με τον κόσμο γύρω του.

### 5.5.1 Σχέση μορφής - φόντου

Η αντίληψη κάθε αντικείμενου που εξαρτάται από την ικανότητα του ατόμου να το αναγνωρίζει σαν μια ολότητα ονομάζεται μορφή και διαφοροποιείται από αυτό που ονομάζεται φόντο, δηλαδή από ότι το περιβάλλει. Η διάκριση ανάμεσα στη μορφή και το φόντο είναι ικανότητα του αντιληπτικού συστήματος ανεξάρτητα από το αντικείμενο ή τα αντικείμενα που βλέπει το άτομο. Η ικανότητα αυτή δεν είναι πάντα εύκολη. Ένα αμφίσημο σχήμα επιτρέπει στο θεατή να αντιληφθεί καθεμιά από τις δυο σχέσεις μορφής- φόντου. Σε αυτή την περίπτωση, ένα λευκό βάζο σε ένα σκοτεινό φόντο ή δυο πρόσωπα απέναντι σε ένα λευκό φόντο (Εικόνα 5.1). Δηλαδή, το ίδιο ερέθισμα συχνά προκαλεί διαφορετικές αντιληπτικές ερμηνείες οι οποίες εξαρτώνται από το πώς ο εγκέφαλος οργανώνει τις αισθητηριακές πληροφορίες που προέρχονται από το αρχικό ερέθισμα. Αν και μπορούμε να «περνάμε» γρήγορα από τη μια αντίληψη στην άλλη, είναι ωστόσο αδύνατο να αντιληφθούμε και τις δύο μορφές ταυτόχρονα.



**Εικόνα 5.1:** Αμφίσημη εικόνα του Edgar Rubin (βάζο - πρόσωπα)

### 5.5.2 Ομαδοποίηση

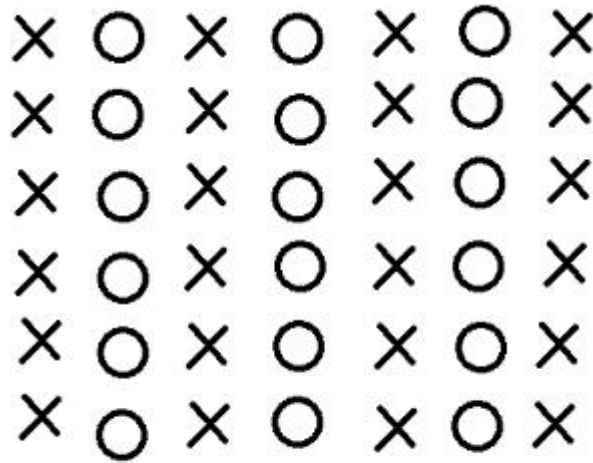
Οι ψυχολόγοι της μορφής πρότειναν έναν αριθμό αρχών που περιγράφουν πως το αντιληπτικό σύστημα του ανθρώπου οργανώνει τα ερεθίσματα σε έναν κόσμο σχημάτων και προτύπων. Αυτά είναι τα εξής:

**I. Εγγύτητα.** Όσο πιο κοντά εμφανίζονται αντικείμενα ή γεγονότα το ένα στο άλλο τόσο πιο πιθανόν είναι να γίνουν αντιληπτά σαν να σχηματίζουν μια ομάδα (Σχήμα 6).



**Σχήμα 6:** Εγγύτητα

**II. Ομοιότητα.** Παρόμοια στοιχεία γίνονται αντιληπτά ως μέρος μια ομάδας (Σχήμα 7). Άνθρωποι που φορούν τα ίδια χρώματα σε ένα στάδιο θα γίνουν αντιληπτοί σαν μια ομάδα, ακόμη και αν δεν κάθεται κοντά ο ένας στον άλλον.



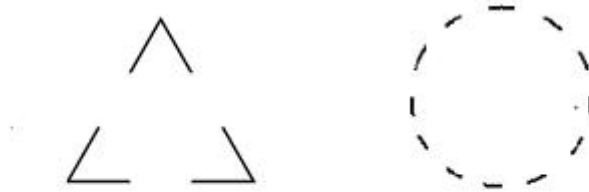
**Σχήμα 7:** Ομοιότητα

**III. Συνέχεια.** Αισθήματα και μορφές που εμφανίζονται ή δημιουργούν μια συνεχή μορφή γίνονται αντιληπτά σαν να σχηματίζουν μια ομάδα. Δηλαδή, το σύστημα τείνει να αντιληφθεί ως ένα αντικείμενο εκείνο που το περιγράμματά του έχει ομαλή συνέχεια (Σχήμα 8).



**Σχήμα 8:** Δύο τεμνόμενες γραμμές παρουσιάζουν καλή συνέχεια

**IV. Εγκλεισμός.** Οι άνθρωποι τείνουν να συμπληρώνουν ελλιπή ή ατελή περιγράμματα για να σχηματίσουν ένα ολοκληρωμένο αντικείμενο (Σχήμα 9).



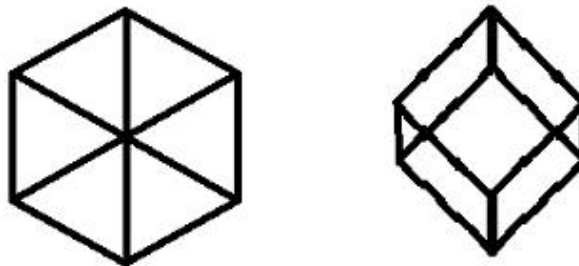
**Σχήμα 9:** Εγκλεισμός - Διακεκομμένα τμήματα γίνονται αντιληπτά ως σχήματα

**V. Υφή.** Όταν βασικά χαρακτηριστικά των ερεθισμάτων έχουν την ίδια υφή (π.χ. ο προσανατολισμός κάποιων στοιχείων), οι άνθρωποι τείνουν να βάζουν αυτά τα ερεθίσματα μαζί (Σχήμα 10).



**Σχήμα 10:** Υφή

**VI. Απλότητα.** Οι άνθρωποι τείνουν να ομαδοποιούν τα χαρακτηριστικά ενός ερεθίσματος κατά τέτοιον τρόπο που να παράγουν την απλούστερη ερμηνεία του κόσμου. Στο σχήμα 11 για παράδειγμα, η αντίληψη της εικόνας αριστερά σαν ένα δυσδιάστατο τρίγωνο με έξι ακτίνες είναι απλούστερη από την αντίληψη της σαν ένα

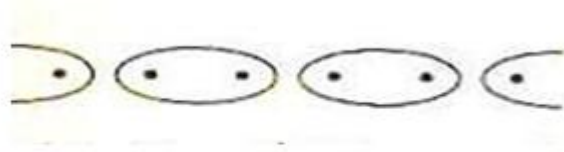


**Σχήμα 11:** Απλότητα

τρισεδιάστατο κύβο. Έτσι η δυσδιάστατη αντίληψη συνήθως υπερισχύει. Πάντως για την εικόνα δεξιά είναι η δυσδιάστατη αντίληψη που είναι πιο περίπλοκη, έτσι πιθανώς να τη δούμε σαν ένα κύβο.

**VII. Κοινή τύχη.** Ομάδες αντικειμένων που κινούνται προς τη ίδια κατεύθυνση, με την ίδια ταχύτητα, γίνονται αντιληπτές σαν να πηγαίνουν μαζί.

**VIII. Κοινή περιοχή.** Τα στοιχεία που τοποθετούνται μέσα σε κάποια όρια τείνουν να πηγαίνουν μαζί (σχήμα 12). Το όριο μπορεί να δημιουργηθεί από μια κλειστή περίμετρο που να περικλείει μια περιοχή που έχει το ίδιο χρώμα ή άλλους παράγοντες.



**Σχήμα 12:** Κοινή περιοχή

Η μορφολογική θεωρία για την αντίληψη και οι αρχές της μορφής έχουν συνεισφέρει σημαντικά στην περιγραφή του τρόπου αντίληψης των μορφών, ωστόσο δεν καταφέρνουν να εξηγήσουν επαρκώς τα αντιληπτικά φαινόμενα. Οι αρχές αυτές είναι πολύ απλοϊκές για να ερμηνεύσουν το «πώς» και το «γιατί» της αντίληψης.

## 5.6 Αναγνώριση αντικειμένων και προσώπων

Μια από τις πιο βασικές λειτουργίες της οπτικής αντίληψης είναι να αποδώσουμε σημασία στα αντικείμενα που βρίσκονται στο οπτικό μας πεδίο προσδιορίζοντας την ταυτότητα τους. Πολλοί ερευνητές πιστεύουν ότι η αναγνώριση της ταυτότητας ενός αντικειμένου είναι η βάση για τη δημιουργία της συνοχής της αντίληψης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη διατύπωση αρκετών θεωριών σχετικά με το πώς λαμβάνει χώρα η αναγνώριση των αντικειμένων. Ωστόσο οι ακριβείς μηχανισμοί και οι λειτουργικές διαδικασίες της αναγνώρισης δεν έχουν αποσαφηνιστεί, διότι πρόκειται για μια πολυσύνθετη διαδικασία.

Μια γενική ερμηνεία που έχει προταθεί για την αναγνώριση μορφών είναι γνωστή ως θεωρία της ταύτισης μικρογραφιών. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, έχουμε εσωτερικεύσει εικόνες αντικειμένων για κάθε πρότυπο ή μορφή που έχουμε βιώσει προηγουμένως και έχουν αποθηκευτεί στη μακρόχρονη μνήμη μας. Όταν κοιτάζουμε μια μορφή, την αντιπαραβάλλουμε με τις αποθηκευμένες μικρογραφίες και επιλέγουμε εκείνη που αντιστοιχεί καλύτερα προς τη μορφή. Αυτή η μικρογραφία λειτουργεί ως ένδειξη αυτού που αναπαριστά το πρότυπο. Το βασικό μειονέκτημα αυτής της ερμηνείας είναι το γεγονός ότι ένα τέτοιο σύστημα δεν θα μπορούσε να εξηγήσει πώς είμαστε σε θέση να αναγνωρίσουμε χαρακτήρες ή σχήματα, τα οποία είναι διαφορετικά από την αποθηκευμένη μικρογραφία. Αυτό παρατηρείται συνεχώς όταν διαβάζουμε χειρόγραφα. Θα έπρεπε λοιπόν να αποθηκεύουμε έναν άπειρο αριθμό μικρογραφιών προκειμένου να λάβουμε υπόψη όλες τις ενδεχόμενες παραλλαγές ενός δεδομένου σχήματος. Αυτό όμως δεν είναι εφικτό. Για παράδειγμα ένα πρότυπο, στην συγκεκριμένη περίπτωση ένα γράμμα Β (Εικόνα 5.2), το οποίο έχει

διαφορετικό σχήμα, μέγεθος και προσανατολισμό είναι αδύνατον να αποθηκευτεί με κάθε δυνατό τρόπο στη μνήμη μας καθώς η ποσότητα πληροφορίας είναι μεγάλη. Αλλά και η λειτουργία της αντίληψης θα καθίσταται «δυσκίνητη» και «ασύμφορη».



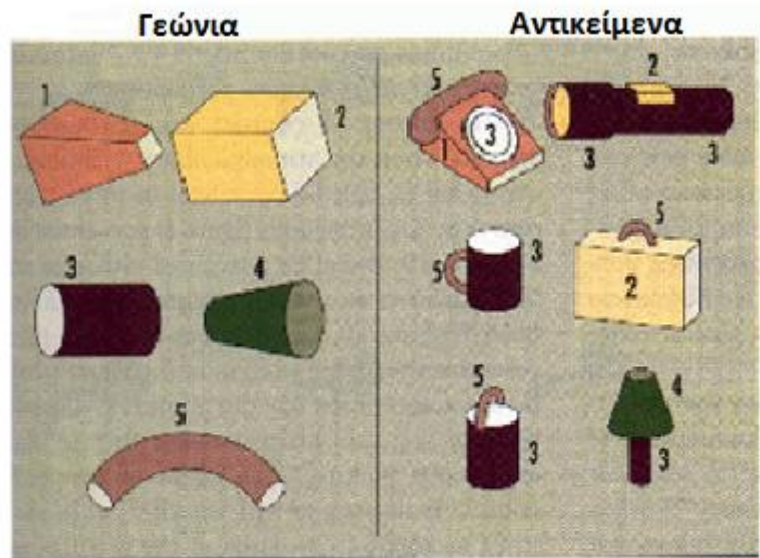
**Εικόνα 5.2:** Μερικοί διαφορετικοί τρόποι γραφής ενός γράμματος (B)

Μια εναλλακτική λύση στη θεωρία της ταύτισης μικρογραφιών είναι οι θεωρίες πρωτοτύπου. Σύμφωνα με τις θεωρίες αυτές, το κάθε οπτικό ερέθισμα δεν είναι άκαμπτο, ειδικό και συγκεκριμένο, αλλά αποτελεί μέρος μιας τάξης ή ομάδας αντικειμένων με ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά. Η διαδικασία της αναγνώρισης του αντικειμένου επιτυγχάνεται μέσω της αντιπαραβολής του εισερχόμενου ερεθίσματος με κάποιο πρωτότυπο, το οποίο είναι μια αφηρημένη μορφή που περιέχει τα πλέον χαρακτηριστικά γνωρίσματα μιας έννοιας. Σε αυτή την περίπτωση δεν αναζητούμε ακριβή ταύτιση, αλλά αποδεχόμαστε κάτι που μοιάζει στο πρωτότυπο. Για παράδειγμα, το πρωτότυπο ενός τραπέζιου μπορεί να αποτελείται από τέσσερα πόδια που στηρίζουν μια επίπεδη επιφάνεια. Κάθε ερεθισμός που παρατηρούμε και μοιάζει με τραπέζι μπορεί τότε να συγκρίνεται με το πρωτότυπο και να γίνεται αποδεκτό ή να απορρίπτεται. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι θα υπήρχε ένας μικρότερος αριθμός πρωτοτύπων αποθηκευμένων στη μνήμη από ότι ένας τεράστιος αριθμός μικρογραφιών. Η αδυναμία όμως αυτής της προσέγγισης βρίσκεται στο γεγονός ότι δεν εξηγεί τις λεπτομέρειες της διαδικασίας σύγκρισης και ταύτισης. Αποτυγχάνει επίσης να εξηγήσει το γεγονός ότι η αναγνώριση του αντικειμένου συχνά διευκολύνεται από το πλαίσιο μέσα στο οποίο παρουσιάζεται ένα ερέθισμα. Για παράδειγμα είναι πιο εύκολο να αναγνωρίσεις ένα μικρό άσπρο αντικείμενο σαν μια μπάλα του γκολφ αν βρίσκεται σε ένα γήπεδο του γκολφ, απ' ότι αν βρίσκεται σε ένα πάρκο.

Μια άλλη προσέγγιση, είναι η θεωρία των χαρακτηριστικών, η οποία υποθέτει ότι κάθε μορφή αποτελείται από ένα σύνολο ειδικών χαρακτηριστικών ή ιδιοτήτων. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, σε μια μορφή αναζητούμε κρίσιμα, διακριτικά χαρακτηριστικά τα οποία υπάρχουν πάντοτε στον παρόντα ερεθισμό, ακόμα και όταν άλλα χαρακτηριστικά διαφέρουν. Δηλαδή η συνολική μορφή του προτύπου δεν είναι τόσο σημαντική όσο η παρατήρηση των διακριτικών χαρακτηριστικών, στα οποία βασίζεται η ταύτιση της μορφής. Για παράδειγμα, κάποιος μπορεί να αναζητήσει μια οριζόντια γραμμή σε ένα χειρόγραφο γράμμα «Τ», για να ταυτίσει το γράμμα και να αγνοήσει άλλες πλευρές του οπτικού ερεθισμού που εμφανίζεται. Τα ερεθίσματα που διαφέρουν σημαντικά στο μέγεθος ή στον προσανατολισμό μπορεί να αναγνωριστούν σαν να ανήκουν στην ίδια κατηγορία, ακριβώς διότι αποτελούνται από τα ίδια χαρακτηριστικά στοιχεία. Σύμφωνα με αυτή την θεωρία όταν παρουσιάζονται γράμματα γρήγορα, ώστε μερικές φορές να αναγνωρίζονται λανθασμένα, τα λάθη θα πρέπει να αντανakλούν την ομοιότητα του χαρακτηριστικού ανάμεσα στο γράμμα που πραγματικά παρουσιάζεται και τη λανθασμένη εικόνα. Παραδείγματος χάριν το «Ρ» θα μπορούσε εύκολα να μπερδευτεί με το γράμμα «R» διότι έχουν κοινό έναν αριθμό χαρακτηριστικών, αλλά το «Ρ» δεν θα μπορούσε να μπερδευτεί με το γράμμα «C» διότι δεν έχουν κοινά χαρακτηριστικά.

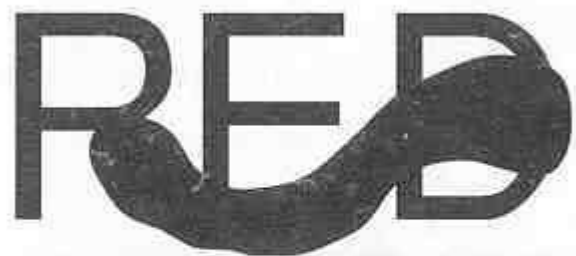


Η θεωρία του Biederman αναφέρει ότι όπως υπάρχουν ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση γραμμάτων, είναι δυνατόν να υπάρχουν κάποια άλλα θεμελιώδη χαρακτηριστικά που μπορούν να αποτελούν τη βάση αναγνώρισης των φυσικών αντικειμένων. Υποστήριξε ότι οι άνθρωποι αναγνωρίζουν αντικείμενα συνθέτοντας απλά γεωμετρικά σχήματα, όπως, κύκλους, κώνους, τετράγωνα που τα ονομάζει γεώνια (geons). Δηλαδή αυτά αποτελούν τα βασικά χαρακτηριστικά που είναι απαραίτητα για την αντίληψη αντικειμένων. Τα γεώνια αν συνδυασθούν με διαφορετικό τρόπο μπορούν να καταλήξουν στην αντίληψη διαφορετικών αντικειμένων (Εικόνα 5.3). Η θεωρία του υποστηρίζει ότι η αναγνώριση 2-3 γεωνίων επαρκεί για την αναγνώριση ενός αντικειμένου, έστω και αν το αντικείμενο αυτό είναι μερικώς καλυπτόμενο από άλλα αντικείμενα. Βέβαια στην περίπτωση που ο άνθρωπος προσπαθεί να αναγνωρίσει σχήματα που παρουσιάζονται για μικρό χρονικό διάστημα, θα κάνει λιγότερα λάθη στην αναγνώριση ενός πολύπλοκου αντικειμένου από ότι ενός απλού αντικειμένου. Αυτό συμβαίνει γιατί όσο πιο πολλά θεμελιώδη χαρακτηριστικά υπάρχουν σε ένα αντικείμενο τόσο πιο πιθανό είναι ότι θα αναγνωρίσει το πολύπλοκο αυτό αντικείμενο ακόμα και όταν παρουσιάζεται για μικρό χρονικό διάστημα.



**Εικόνα 5.3:** Τα γεώνια μπορούν να συνδυαστούν και να σχηματίσουν διαφορετικά αντικείμενα

Οι προηγούμενες θεωρίες και ιδιαίτερα οι θεωρίες χαρακτηριστικών στοιχείων ανήκουν στην επεξεργασία από τα κάτω προς τα πάνω (bottom-up). Αυτό σημαίνει ότι η επεξεργασία καθοδηγείται αποκλειστικά από τα εισερχόμενα δεδομένα (ερεθίσματα). Όμως η αναγνώριση ενός αντικειμένου είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, η οποία επηρεάζεται από άλλους παράγοντες, όπως κίνητρα, προϋπάρχουσες γνώσεις, προκαταλήψεις και το γενικότερο πλαίσιο μέσα στο οποίο γίνεται αντιληπτό κάποιο ερέθισμα. Οι διαδικασίες μέσω των οποίων οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν την αναγνώριση αντικειμένων είναι γνωστές ως διαδικασίες από τα επάνω προς τα κάτω (top-down). Δηλαδή χρησιμοποιούνται και άλλες πληροφορίες για το σχήμα εκτός των εισαγόμενων δεδομένων, με αποτέλεσμα η επεξεργασία από πάνω προς τα κάτω να καθοδηγείται από τις γνώσεις και τις προσδοκίες του ατόμου. Οι διαδικασίες από τα επάνω προς τα κάτω είναι υπεύθυνες για το γεγονός ότι μπορούμε και αναγνωρίζουμε μια λέξη παρόλο που τα γράμματα δεν είναι όλα ευδιάκριτα ή ένα σχήμα όταν αυτό μοιάζει περισσότερο με ένα τρισδιάστατο αντικείμενο (Εικόνα 5.4). Οι από επάνω προς τα κάτω διεργασίες διέπουν τις έντονες επιδράσεις του



**Εικόνα 5.4:** Αναγνωρίζεται εύκολα η λέξη RED παρόλο που τα γράμματα δεν είναι όλα ευδιάκριτα

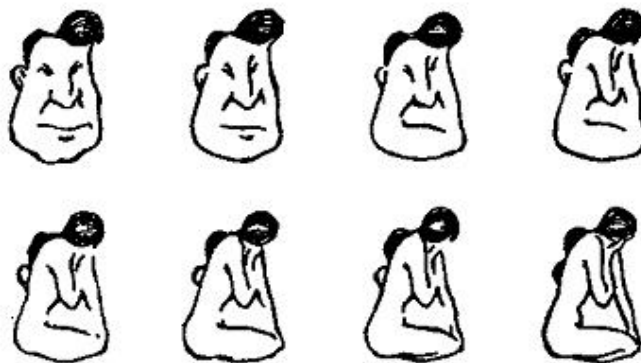


πλαίσιου στην αντίληψη των αντικειμένων και των ανθρώπων. Όταν το ερέθισμα-αντικείμενο είναι αμφίσημο, οι επιδράσεις του πλαισίου αναφοράς είναι ιδιαίτερα εντυπωσιακές, δηλαδή μπορεί να γίνει αντιληπτό με περισσότερους από έναν τρόπους. Η εικόνα 5.5 αντιπροσωπεύει τα παραπάνω, δηλαδή είναι ένα αμφίσημο σχήμα, ένα ασαφές ερέθισμα που μπορεί να την δει κάποιος είτε ως μια ηλικιωμένη γυναίκα είτε ως μια νεαρή γυναίκα. Σε περίπτωση που κοιτάξει αρχικά σαφείς εικόνες που μοιάζουν με τη νεαρή γυναίκα τότε θα αντιληφθεί πρώτα τη νεαρή γυναίκα στην αμφίσημη εικόνα.



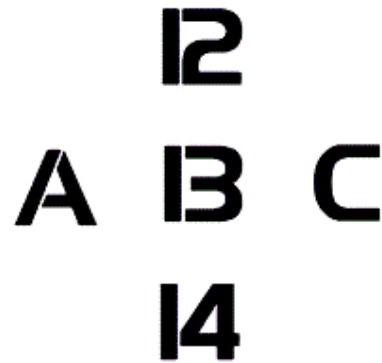
**Εικόνα 5.5:** Αμφίσημη εικόνα - ανάλογα το πλαίσιο αναφοράς παρατηρείται και η ανάλογη μορφή

Αυτό μας δείχνει την επίδραση του χρονικού πλαισίου αναφοράς και απεικονίζεται επίσης με μια άλλη σειρά εικόνων (Εικόνα 5.6). Αν κοιτάξετε τα σχέδια από αριστερά προς τα δεξιά και από πάνω προς τα κάτω θα δείτε τα ασαφή σχέδια σαν ένα ανδρικό πρόσωπο. Αν τα κοιτάξετε με την αντίστροφη σειρά, θα δείτε τα ασαφή σχέδια ως σχέδια μιας γυναίκας.



**Εικόνα 5.6:** Επίδραση χρονικού πλαισίου αναφοράς

Η εικόνα 5.7 δείχνει πόσο μεγάλη μπορεί να είναι η επίδραση του πλαισίου αναφοράς πάνω στις αισθήσεις μας. Το σχήμα στο κέντρο είναι αμφίσημο και ο τρόπος που θα το δει κάποιος εξαρτάται από το κατά πόσο εστιάζει την προσοχή του στη στήλη ή στη σειρά. Δηλαδή αν επικεντρώνεται στη σειρά το μεσαίο σχήμα θα το βλέπει σαν «B», ενώ αν εστιάζει στη στήλη θα το παρατηρεί ως «13». Λόγω της από επάνω προς τα κάτω επεξεργασίας τα κίνητρα και οι επιθυμίες μας μπορεί να επηρεάσουν την αντίληψη μας. Για παράδειγμα, αν πεινάμε πολύ, μια σύντομη ματιά σε μια κόκκινη μπάλα πάνω στο τραπέζι της κουζίνας μπορεί να εγγραφεί ως μήλο. Η επιθυμία μας για το φαγητό μας έκανε να το σκεπτόμαστε και σε συνδυασμό με τα εισερχόμενα δεδομένα δημιούργησαν την αντίληψη ενός μήλου. Όσον αφορά τις προσδοκίες, αυτές μπορούν να μας βοηθήσουν να βρούμε έναν ερεθισμό πολύ γρηγορότερα. Αν φωτιστεί η λέξη «ψωμί» πάνω σε μια οθόνη για λίγα χιλιοστά του δευτερολέπτου και έπειτα η λέξη «βούτυρο», ο παρατηρητής θα αναγνωρίσει τη λέξη «βούτυρο» πιο γρήγορα από ότι θα το έκανε αν η λέξη «ψωμί» δεν είχε παρουσιαστεί.



**Εικόνα 5.7:** Επίδραση χωρικού πλαισίου αναφοράς

Όσον αφορά τώρα την αναγνώριση ανθρώπων από τα πρόσωπα τους, αυτή είναι μια ενέργεια που σχεδόν όλοι οι άνθρωποι κάνουν αυτόματα. Η ικανότητα του να αναγνωρίζουμε πρόσωπα συνδέεται άμεσα με τις δραστηριότητες μας και προσλαμβάνει ιδιαίτερη σημασία στη ζωή μας. Στην πραγματικότητα η αναγνώριση προσώπων περιλαμβάνει μια ποικιλία από πολύ σύνθετα έργα. Για παράδειγμα, ο άνθρωπος μπορεί να αναγνωρίσει το ίδιο πρόσωπο πολλά χρόνια αργότερα, παρόλο που τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά θα έχουν μεταβληθεί με το χρόνο. Επίσης μπορεί και αναγνωρίζει το ίδιο πρόσωπο ακόμα και αν έχει εντελώς διαφορετικές συναισθηματικές εκφράσεις. (Hayes, 1998)

Συγκεκριμένα, για να αναγνωρίσουμε ένα πρόσωπο βασιζόμαστε περισσότερο στα χαρακτηριστικά του άνω μέρους του προσώπου, όπως για παράδειγμα τα μαλλιά ή τα μάτια. Ο Haig (1984) χρησιμοποιώντας μια επίδειξη σε υπολογιστή η οποία μπορούσε να τροποποιηθεί, έδειξε ότι αρκεί μια ελαφριά μόνο αλλαγή στη χωρική διάταξη των χαρακτηριστικών για να επηρεάσει την αναγνώριση ή μη ενός προσώπου. Επομένως, για την αναγνώριση προσώπων που μας είναι οικεία χρησιμοποιούμε έναν συνδυασμό περιγραφών, ορισμένες από τις οποίες έχουν σχέση με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του ίδιου προσώπου και άλλες από αυτές σχετίζονται με τη χωρική διάταξη.

Ο Ellis και οι συνεργάτες του (1979) βρήκαν πως όταν οι άνθρωποι αναγνωρίζουν οικεία πρόσωπα, επικεντρώνονται κυρίως στα εσωτερικά χαρακτηριστικά ενός προσώπου, όπως είναι τα μάτια, η μύτη και το στόμα. Όταν όμως αναγνωρίζουν άγνωστα πρόσωπα επικεντρώνονται περισσότερο στα εξωτερικά χαρακτηριστικά όπως είναι τα μαλλιά και το πηγούνι.

Στην πραγματικότητα φαίνεται ότι αναγνωρίζουμε οικεία και άγνωστα πρόσωπα με εντελώς διαφορετικούς τρόπους, εμπλέκοντας διαφορετικούς γνωστικούς μηχανισμούς. Οι Bruce και Young (1986) διατύπωσαν την άποψη ότι αναπτύσσουμε μια μονάδα αναγνώρισης προσώπων για κάθε πρόσωπο που γνωρίζουμε. Σε αντίθεση τα πρόσωπα των ξένων δεν διαθέτουν μονάδα αναγνώρισης και για αυτό το λόγο στηριζόμαστε σε πιο περιγραφικά κριτήρια, όπως είναι τα μαλλιά για να καταλάβουμε αν έχουμε ξαναδεί το συγκεκριμένο πρόσωπο. Επίσης μια μονάδα αναγνώρισης προσώπων μπορεί να περιλαμβάνει τη βαθύτερη γνώση που έχουμε σχετικά με αυτό το πρόσωπο και συνεπώς τα αισθήματα μας για αυτό, δηλαδή αν συμπαθούμε το συγκεκριμένο πρόσωπο ή όχι. Από την άλλη τα

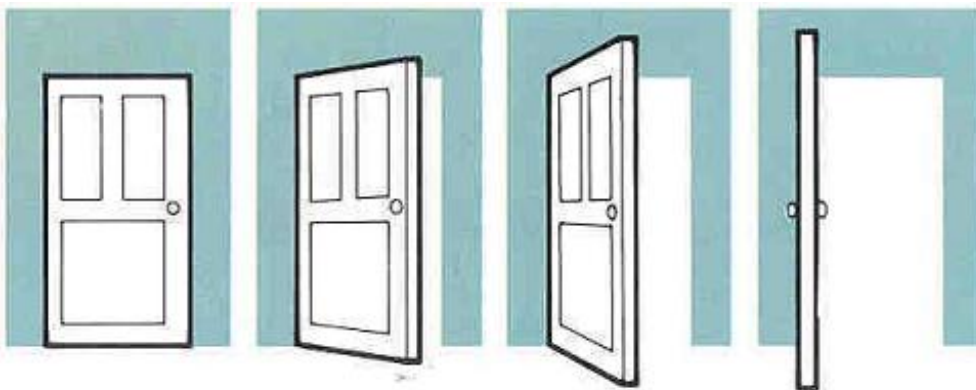
ονόματα δεν αυξάνουν την ταχύτητα αναγνώρισης του προσώπου καθώς δε διαθέτουμε μια άμεση, αυτόματη σύνδεση ανάμεσα στο όνομα και το πρόσωπο. Αντιθέτως, έχουμε έναν σύνδεσμο ανάμεσα στην αναγνώριση ενός προσώπου και στη γνώση σχετικά με αυτό το πρόσωπο: είναι δυνατόν να γνωρίζουμε το λόγο που μας ενδιαφέρει κάποιος, χωρίς να ξέρουμε πως ονομάζεται.

## 6. Αντιληπτικές σταθερότητες και οπτικές πλάνες

Ένα από τα πιο εντυπωσιακά φαινόμενα της οπτικής αντίληψης είναι η αντιληπτική σταθερότητα. Έτσι ονομάζεται η διαδικασία ερμηνείας ενός αντικειμένου με έναν αναλλοίωτο τρόπο, παρά τις εναλλαγές του φωτός, της απόστασης και του χρώματος. Είναι αναμφίβολα γνωστό ότι τα ερεθίσματα και οι συνθήκες του περιβάλλοντος μας αλλάζουν συνεχώς και κατά συνέπεια θα μπορούσαν να προκαλέσουν μια σύγχυση στην αντίληψη του κόσμου που μας περιβάλλει, όμως αυτό δεν συμβαίνει. Όταν ο άνθρωπος κοιτάζει ένα αντικείμενο, το αμφιβληστροειδές είδωλο που προσλαμβάνει μπορεί να έχει ένα διαφορετικό σχήμα, μέγεθος ή ακόμη και χρώμα ανάλογα με τις περιστάσεις υπό τις οποίες βλέπει. Παρόλα αυτά όμως αντιλαμβάνεται το αντικείμενο ως σταθερό και όχι ως κάτι που αλλάζει συνεχώς. Για παράδειγμα αν κοιτάξει ένα τηλέφωνο από μια διαφορετική γωνία είναι δυνατόν να έχει ένα πολύ διαφορετικό είδωλο, αλλά επειδή εφαρμόζει μια κλίμακα σταθερότητας, το βλέπει σαν να παραμένει το ίδιο σχήμα. Γενικά, η αντιληπτική σταθερότητα διευκολύνει τους στόχους του εντοπισμού και της αναγνώρισης.

Η αντιληπτική σταθερότητα του χρώματος και της φωτεινότητας αφορά στην ικανότητα που έχει ο άνθρωπος να διατηρεί μια σταθερή αντίληψη ανεξάρτητα από τις αλλαγές στον εξωτερικό φωτισμό, όπως έχει αναφερθεί αναλυτικά στο κεφάλαιο της χρωματικής αντίληψης. Η σταθερότητα του χρώματος δεν είναι τέλεια, καθώς τα χρώματα φαίνονται διαφορετικά κάτω από το φυσικό φως.

Η αντιληπτική σταθερότητα σχήματος σχετίζεται με την αντίληψη της απόστασης, καθώς αφορά την προσλαμβάνουσα απόσταση των διαφόρων μερών του αντικειμένου από τον παρατηρητή (*Hilgard, 2004*). Το σχήμα του αντικειμένου γίνεται αντιληπτό ως σταθερό, ανεξάρτητα από τη γωνία θέασης του. Για παράδειγμα όταν μια πόρτα ανοίγει προς το μέρος μας (Εικόνα 6.1), το σχήμα του ειδώλου της στον αμφιβληστροειδή υφίσταται σειρά αλλαγών. Κοιτάζοντας μια κλειστή πόρτα, αυτή έχει ορθογώνιο σχήμα. Όταν την ανοίγουμε λίγο φαίνεται και πάλι ορθογώνια, παρόλο που το είδωλο που σχηματίζεται πάνω στον αμφιβληστροειδή είναι τραπεζοειδές. Και τέλος αυτό που προβάλλεται στον αμφιβληστροειδή είναι μια κάθετη ράβδος στο πάχος της πόρτας. Παρ' όλα αυτά, αντιλαμβανόμαστε μια αναλλοίωτη πόρτα που ανοίγει.



**Εικόνα 6.1:** Σταθερότητα σχήματος

Η αντιληπτική σταθερότητα του μεγέθους είναι η γνώση ότι το μέγεθος ενός αντικειμένου παραμένει το ίδιο, έστω και αν το μέγεθος του εσωτερικού ερεθίσματος μεταβάλλεται. Το μέγεθος της απεικόνισης του αντικειμένου στον αμφιβληστροειδή χιτώνα εξαρτάται από την απόσταση που χωρίζει το αντικείμενο από τον παρατηρητή.

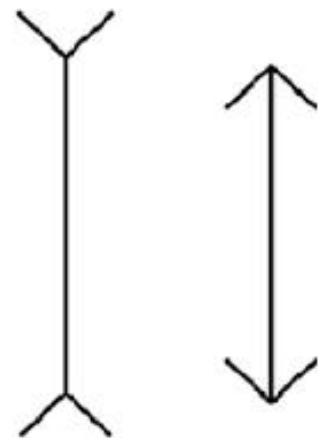
Απομακρυσμένα φυσικά αντικείμενα σχηματίζονται σε μικρότερα είδωλα στον αμφιβληστροειδή από ότι τα κοντινά φυσικά αντικείμενα, αν και έχουν το ίδιο φυσικό μέγεθος. Το ίδιο επίσης φυσικό αντικείμενο σε διαφορετικές αποστάσεις σχηματίζει διαφορετικές εικόνες-είδωλα στον αμφιβληστροειδή. Σύμφωνα με αυτό κάποιος θα περίμενε να δει το μπαλάκι του τένις να φαίνεται όλο και πιο μεγάλο καθώς τον πλησιάζει. Παρ' όλα αυτά, το μέγεθος του παραμένει σταθερό, γιατί οι κρίσεις του ατόμου για το μέγεθος δεν εξαρτώνται από την αντιληπτική απόσταση.

Οι οπτικές πλάνες ή αλλιώς οπτικές ψευδαισθήσεις είναι ένα άλλο φαινόμενο της αντίληψης το οποίο έχει ερευνηθεί συστηματικά για να γίνει κατανοητή η γνωστική λειτουργία της οπτικής αντίληψης. Ο όρος «οπτική ψευδαίσθηση» αναφέρεται σε κάθε ψευδαίσθηση η οποία ξεγελάει το οπτικό σύστημα και οδηγεί τελικά σε μια αλλοιωμένη αντίληψη της πραγματικότητας. Δηλαδή, αποτελούν «παρερμηνείες» των οπτικών πληροφοριών από τον εγκέφαλο και δείχνουν πως ο εγκέφαλος εφαρμόζει ορισμένες υποθέσεις για τον οπτικό κόσμο στις αισθητικές πληροφορίες που δέχεται. Οι οπτικές πλάνες αντιπροσωπεύουν τρόπους με τους οποίους το αντιληπτικό σύστημα είναι δυνατόν να παραπλανηθεί. Για αυτό είναι σημαντικές για του επιστήμονες καθώς μπορούν να αποκτήσουν βαθύτερες γνώσεις για τον τρόπο με τον οποίο ο εγκέφαλος μας αντιλαμβάνεται τον κόσμο. Από τις αρχές του 20 αιώνα μέχρι και σήμερα πάνω από 200 αντιληπτικές πλάνες έχουν ανακαλυφθεί, οι οποίες όμως επί το πλείστον είναι μορφές ή σχέδια δυο διαστάσεων. Αυτές οι οπτικές πλάνες διακρίνονται σε πέντε είδη: μορφής-φόντου, βάθους, χρώματος, κόπωσης και φαντασίας. Και ένα άλλο είδος, είναι οι οπτικές πλάνες που προκύπτουν από απίθανα αντικείμενα. Σύμφωνα όμως με την θεωρία του Richard Gregory (1997) υπάρχει μια τροποποιημένη και βελτιωμένη ταξινόμηση των τεσσάρων κατηγοριών οπτικών πλανών. Αυτές είναι οι εξής:

- 1) Γεωμετρικές πλάνες
- 2) Αμφίσημες μορφές
- 3) Παράδοξες μορφές
- 4) Φανταστικές μορφές

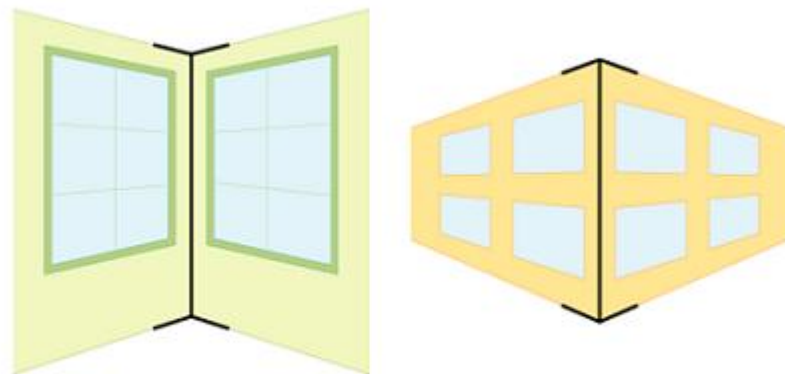
## 6.1 Γεωμετρικές πλάνες

Ο Gregory ισχυρίστηκε ότι οι διαδικασίες που παράγουν τη σταθερότητα του μεγέθους στα τρισδιάστατα αντικείμενα μερικές φορές χρησιμοποιούνται εσφαλμένα στην αντίληψη των δυσδιάστατων αντικειμένων και γίνονται το αίτιο για τη δημιουργία της αντιληπτικής πλάνης. Η πιο γνωστή πλάνη είναι αυτή του Muller-Lyer (Σχήμα 13). Οι κάθετες γραμμές έχουν ακριβώς το ίδιο μήκος και στα δυο σχήματα αλλά η μια, το σχήμα που βρίσκεται αριστερά, γίνεται αντιληπτή ως μεγαλύτερη από την άλλη. Ο Gregory χρησιμοποίησε τη θεωρία της εσφαλμένης χρήσης της σταθερότητας του μεγέθους για να εξηγήσει αυτή την πλάνη με τον ακόλουθο τρόπο. Υπέθεσε ότι τα σχήματα Muller-Lyer ερμηνεύονται αυτόματα ως απλές αντιληπτικές απεικονίσεις τρισδιάστατων αντικειμένων με γωνίες. Έτσι, ερμηνεύουμε τις γωνίες ως εσωτερικές ή



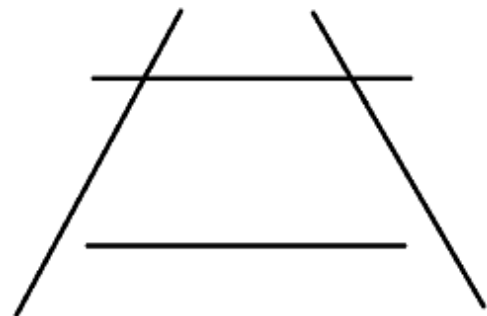
**Σχήμα 13:** Πλάνη Muller - Lyer (ποια απο τις δυο γραμμές είναι μεγαλύτερη;)

εξωτερικές ενός κτιρίου (Εικόνα 6.2). Δεδομένης αυτής της ερμηνείας οι κάθετες γραμμές που απομακρύνονται από εμάς ερμηνεύονται ως μακρύτερες (αριστερό σχήμα Εικόνα 6.2), ενώ αντίθετα αυτές που φαίνονται να σχηματίζουν γωνίες που έρχονται προς εμάς δείχνουν κοντύτερες (δεξί σχήμα Εικόνα 6.2). Τα είδωλα του αμφιβληστροειδή και των δύο κάθετων γραμμών είναι στην πραγματικότητα ίδια, όμως ο εγκέφαλος, στην προσπάθεια να ερμηνεύσει λογικά τα παρόντα δεδομένα, χρησιμοποιεί τη σταθερότητα του μεγέθους. Αυτό οδηγεί στην πεποίθηση ότι η γραμμή που είναι μακρύτερα πρέπει να είναι η μεγαλύτερη. Αυτή ακριβώς είναι η πλάνη του Muller-Lyer. Επιπλέον, σημειώνεται ότι το φαινόμενο αυτό λειτουργεί ακόμη και όταν τα πτερύγια αντικαθιστώνται από τετράγωνα ή κύκλους, πράγμα που δεν μπορεί να αποδοθεί σε εσφαλμένη χρήση της σταθερότητας του μεγέθους. Έτσι, αυτή η εσφαλμένη χρήση είναι η σημαντικότερη, αλλά όχι ο μοναδικός παράγοντας που παράγει το αποτέλεσμα των οπτικών πλανών.



**Εικόνα 6.2:** Ερμηνεία πλάνης Muller - Lyer από Gregory

Ένα καλύτερο παράδειγμα αυτού που εννοεί ο Gregory είναι η πλάνη Ponzo (Σχήμα 14), η οποία δημιουργεί μια εντύπωση προοπτικής και στην πραγματικότητα είναι ακόμη ισχυρότερη όταν παρουσιάζεται σε φωτογραφία ή σε σκηνή στην πραγματική ζωή. Παρατηρείται στο σχήμα 14 ότι η μια από τις δυο οριζόντιες γραμμές είναι μακρύτερη από την άλλη, αλλά και σε αυτή την περίπτωση οι δύο γραμμές έχουν το ίδιο μήκος. Η πλάνη εδώ προέρχεται από το γεγονός ότι ο ερεθισμός μοιάζει με τρισδιάστατη σκηνή, καθώς οι συγκλίνουσες γραμμές προσφέρουν σήματα γραμμικής προοπτικής. Ο εγκέφαλος επεξεργάζεται το είδωλο κατ' αυτό τον τρόπο, σαν να ήταν τρισδιάστατο και έτσι η πάνω γραμμή φαίνεται μακρύτερη.



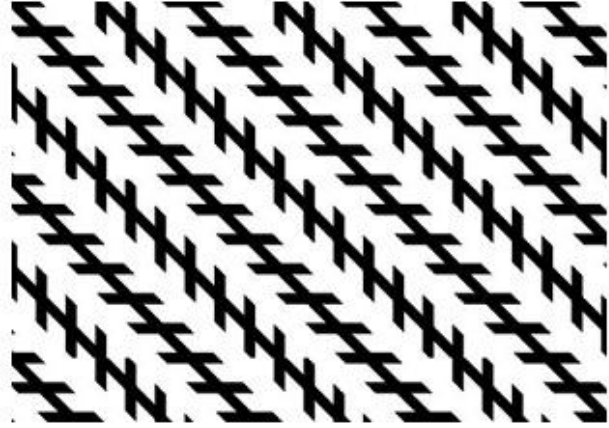
**Σχήμα 14:** Πλάνη Ponzo



Μια άλλη γεωμετρική πλάνη είναι αυτή των κύκλων ή αλλιώς η οφθαλμαπάτη του Ebbinghaus (Σχήμα 15), όπου ο κεντρικός κύκλος στα αριστερά φαίνεται μικρότερος από ότι στην εικόνα στα δεξιά, παρόλο που αυτοί είναι ίδιοι ακριβώς στο μέγεθος. Επίσης άλλη μια οφθαλμαπάτη είναι αυτή του Zollner (σχήμα 16). Αν εστιάσει κάποιος την προσοχή του σε ένα ζεύγος γραμμών μπορεί να δει ότι είναι παράλληλες, αλλά αν κοιτάξει ολόκληρο το σχήμα, έχει την εντύπωση ότι δεν είναι παράλληλες.



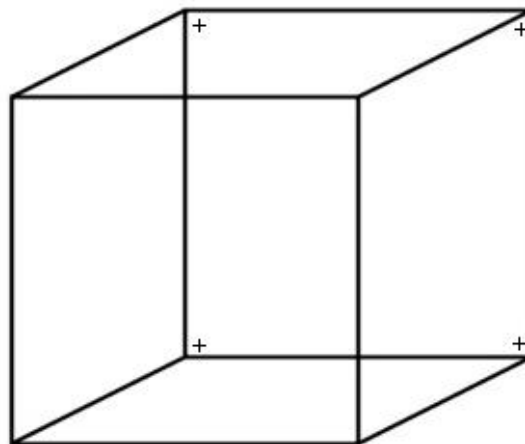
**Σχήμα 15:** Πλάνη Ebbinghaus - οι κύκλοι στο κέντρο έχουν διαφορετικό μέγεθος;



**Σχήμα 16:** Πλάνη Zollner

## 6.2 Αμφίσημες μορφές

Μια άλλη ομάδα πλανών είναι αυτή που εκδηλώνεται με αμφίσημους ερεθισμούς. Η διάκριση μορφής-φόντου γίνεται αντιληπτή ανάλογα με την εστίαση της προσοχής, έτσι ένα σχέδιο επιδέχεται περισσότερες ερμηνείες. Το αμφίσημο σχήμα του Rubin (Εικόνα 5.1), όπως έχει ήδη αναφερθεί, ανήκει σε αυτό το είδος πλάνης, όπου εστιάζοντας την προσοχή μας σε ένα σήμα προκαλούμε την υποχώρηση του άλλου στο φόντο. Το πιο γνωστό παράδειγμα είναι ο κύβος του Necker (Σχήμα 17), ο οποίος είναι το γραμμικό σχέδιο ενός κυβικού σχήματος που φαίνεται να αλλάζει προσανατολισμό καθώς το κοιτάζουμε. Δηλαδή, εάν στρέψουμε την προσοχή μας στην πλευρά με τους σταυρούς, θα δούμε ότι αυτή μπορεί

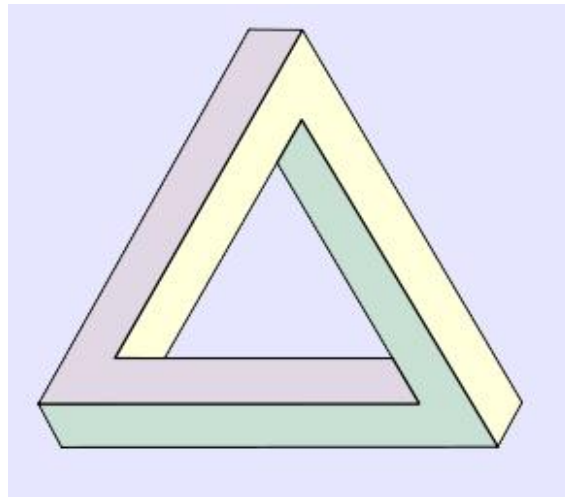


**Σχήμα 17:** Κύβος του Necker

να είναι είτε η πίσω πλευρά του κύβου, είτε η μπροστινή (κοιτώντας προς τα κάτω). Σε αυτήν την περίπτωση και οι δυο αντιληπτικές εικόνες είναι εξίσου εύλογες, και ο εγκέφαλος είναι ανίκανος να αποφασίσει μεταξύ των δυο, με αποτέλεσμα να κινείται μπρος πίσω μεταξύ αυτών.

### 6.3 Παράδοξες μορφές

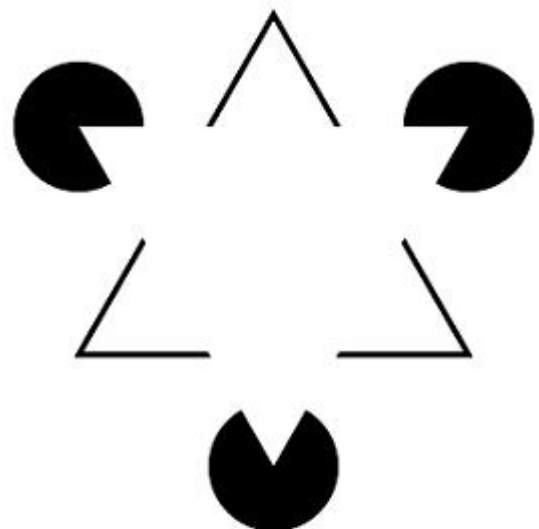
Στην περίπτωση των παράδοξων μορφών κάνουμε εσφαλμένες υποθέσεις για τα επιμέρους στοιχεία των μορφών, τα οποία από μόνα τους γίνονται σωστά αντιληπτά. Όταν όμως προσπαθήσουμε να ενσωματώσουμε τα στοιχεία σε μια λογική αλληλουχία διαπιστώνουμε ότι οι μορφές αυτές δεν μπορούν να υπάρξουν στον τρισδιάστατο πραγματικό κόσμο. Στο απίθανο τρίγωνο του Penrose (Σχήμα 18) ο εγκέφαλος αρχικά υποθέτει ότι αυτό αναπαριστά ένα τρισδιάστατο αντικείμενο. Επίσης υποθέτει ότι οι δυο άκρες του τριγώνου απέχουν το ίδιο και συνδέονται μεταξύ τους αλλά αντ'αυτού η μια άκρη επιβαίνει στην άλλη. Ο Gregory κατέληξε στο γεγονός ότι ο εγκέφαλος κάνει παράδοξες υποθέσεις, με την μια υπόθεση να είναι αντίθετη στην άλλη.



**Σχήμα 18:** Το απίθανο τρίγωνο του Penrose

### 6.4 Φανταστικές μορφές

Αυτή η ομάδα πλανών παράγεται με δημιουργικό τρόπο από τις ίδιες τις αντιληπτικές διεργασίες μας. Οι νέες-ανύπαρκτες μορφές σχηματίζονται από τα υποκείμενα περιγράμματα στην προσπάθεια του ανθρώπου να δώσει νόημα σε αποσπασματικά ερεθίσματα, που όμως δεν υπάρχουν στην πραγματικότητα. Δηλαδή, πρόκειται για σχήματα, τα οποία φαίνονται να υπάρχουν χωρίς ποτέ να έχουν υλοποιηθεί. Αυτό οφείλεται στην ιδιότητα του εγκεφάλου, όπου αυτόματα οριοθετεί περιοχές σε απλούς σχηματισμούς ώστε να γίνει αντιληπτή η σύνθεση της εικόνας. Ένα σαφές παράδειγμα είναι η πλάνη του τριγώνου του Kaniza (Σχήμα 19). Στην εικόνα φαίνεται να υπάρχει ένα λευκό τρίγωνο τοποθετημένο επάνω σε ένα τρίγωνο



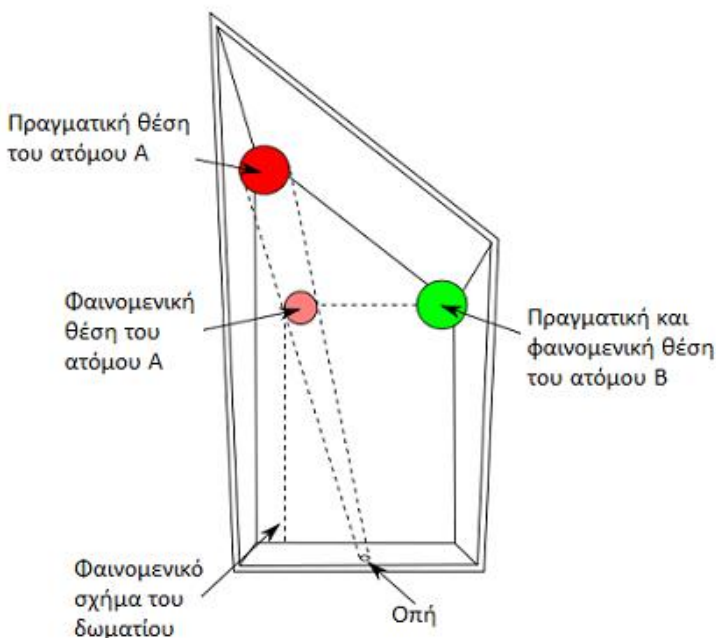
**Σχήμα 19:** Το αόρατο τρίγωνο του Kaniza

με μαύρο περίγραμμα και τρεις μαύρους δίσκους. Επιπλέον το λευκό τρίγωνο φαίνεται ακόμη και να ξεχωρίζει από το χαρτί ή την επιφάνεια πάνω στην οποία παρουσιάζεται. Παρ' όλα αυτά κανένα τρίγωνο δεν έχει σχεδιαστεί πραγματικά.

Επιπλέον, μια εντυπωσιακή πλάνη μεγέθους είναι το δωμάτιο του Ames. Αυτή την οπτική ψευδαίσθηση επινόησε ο αμερικάνος οπτικός Adelbert Ames, όπου προήλθε και το όνομα της. Πρόκειται για ένα ειδικά κατασκευασμένο δωμάτιο, έτσι ώστε να φαίνεται σαν ένα κανονικό ορθογώνιο δωμάτιο. Όμως στην πραγματικότητα έχει ένα ασυνήθιστο σχήμα για δωμάτιο. Το πάτωμα είναι επικλινές και ο μπροστινός τοίχος βρίσκεται σε ορθή γωνία με τους πλευρικούς, ενώ ο πίσω τοίχος δεν σχηματίζει ορθές γωνίες με τους εφαπτόμενους τοίχους. Έτσι το σχήμα του είναι τραπεζοειδές. Όπως αναφέρθηκε όμως, ο παρατηρητής θα αντιλαμβάνεται το δωμάτιο με ορθή γωνία λόγω τεχνασμάτων προοπτικής που προέρχονται από το χρώμα σκακιού και τις κατάλληλες εικόνες στους τοίχους.



**Εικόνα 6.3:** Δωμάτιο του Ames - το κοριτσάκι δεξιά είναι στην πραγματικότητα πιο κοντά στον παρατηρητή από το αριστερό. Το μέγεθος τους είναι ίδιο



**Σχήμα 20:** Το ειδικά κατασκευασμένο δωμάτιο Ames

Όταν ο παρατηρητής κοιτάζει μέσα στο δωμάτιο από μία μικρή οπή, βλέπει δυο ανθρώπους εκ των οποίων ο ένας μοιάζει να είναι πολύ μεγαλύτερος από τον άλλο (Εικόνα 6.3). Στην πραγματικότητα ο άνθρωπος που φαίνεται «γίγαντας» είναι πολύ πιο κοντά στον παρατηρητή από τον άλλο άνθρωπο (Σχήμα 20). Το δωμάτιο τον παραπλανά και ο παρατηρητής αδυνατεί να αντιληφθεί σωστά την απόστασή του από τους δύο ανθρώπους και αυτό τον οδηγεί σε λάθη στο αντιληπτικό μέγεθος των δύο κοριτσιών που στέκονται στις γωνίες. Δηλαδή, η αντιληπτική απόσταση των ανθρώπων είναι πολύ διαφορετική από την πραγματική τους απόσταση με αποτέλεσμα να μην μπορεί να βρεθεί η σταθερότητα του μεγέθους και να συμβαίνει η πλάνη.

## 7. ΠΡΟΣΟΧΗ

Η προσοχή, όπως και η αντίληψη, ανήκει στις γνωστικές διαδικασίες. Είναι μια διεργασία πριν την αντίληψη. Δηλαδή, για να αντιληφθεί κάτι ο άνθρωπος θα πρέπει πρώτα να το προσέξει, να το δει. Για αυτό είναι σημαντική η διαδικασία αυτή και παρακάτω αναλύεται σύντομα. Σύμφωνα με τον αμερικανό ψυχολόγο και φιλόσοφο William James (1890) «Ο καθένας ξέρει τι είναι η προσοχή. Είναι η κατάκτηση με τον νου, με σαφή και έντονη μορφή, ενός από αυτά τα αντικείμενα ή νήματα της σκέψης που μοιάζουν ταυτόχρονα. Εστίαση, συγκέντρωση, συνειδητοποίηση είναι η ουσία της. Σημαίνει απομάκρυνση από κάποια πράγματα για να μπορέσουμε να χειριστούμε αποτελεσματικά άλλα» (Eysenck, 2010). Ο εντοπισμός και η αναγνώριση προϋποθέτουν την παρουσία της προσοχής, δηλαδή της ικανότητας να συλλέγουμε ορισμένες πληροφορίες για λεπτομερέστερη εξέταση, ενώ αγνοούμε άλλες πληροφορίες.

### 7.1 Είδη προσοχής

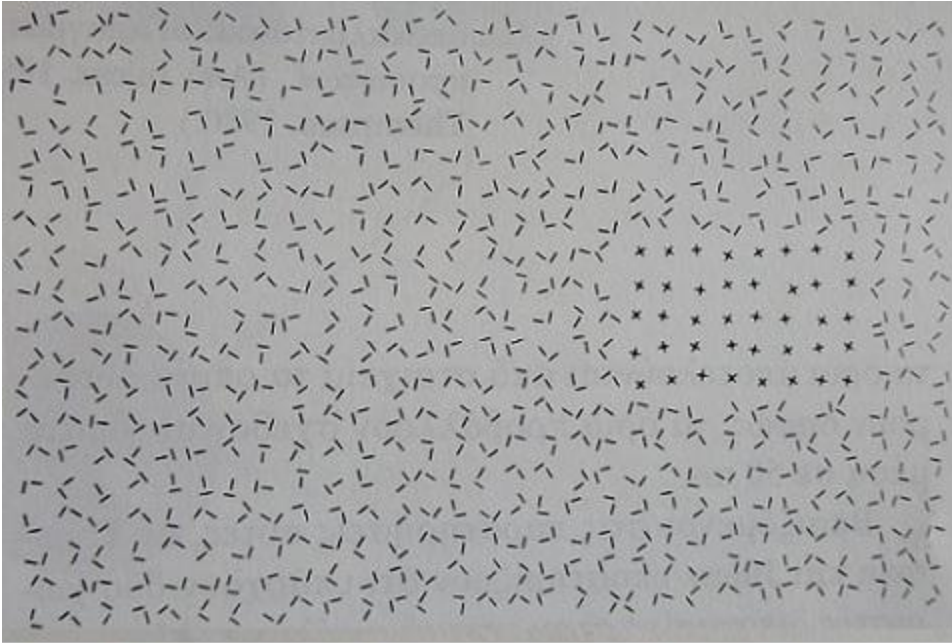
Η προσοχή μπορεί να είναι είτε επιλεκτική είτε διηρημένη. Η επιλεκτική προσοχή βασίζεται στην ικανότητα των ανθρώπων να επικεντρώνουν την προσοχή τους σε έναν ερεθισμό και να αποκλείουν άλλους. Αντίθετα, στη διηρημένη προσοχή ο άνθρωπος μοιράζεται την προσοχή του σε διάφορα ερεθίσματα ταυτόχρονα.

Πιο αναλυτικά, η επιλεκτική προσοχή είναι η διαδικασία με την οποία αντιλαμβανόμαστε μόνο ένα μικρό τμήμα από τα πολλά ερεθίσματα που διεγείρουν τα αισθητηριακά μας όργανα ανά πάσα στιγμή και σε μεγάλο βαθμό αγνοούμε τα υπόλοιπα. Η επιλεκτική προσοχή έχει δυο χαρακτηριστικά. Πρώτον βελτιώνει την αντίληψη των ερεθισμάτων που βρίσκονται στο επίκεντρο της και δεύτερον παρεμβαίνει στην αντίληψη των ερεθισμάτων που δε βρίσκονται στο επίκεντρο της. Για να γίνει πιο κατανοητό, η επικεντρωμένη προσοχή παρομοιάζεται συχνά με μια δέσμη φωτός, όπως αυτή προέρχεται από έναν προβολέα που φωτίζει ένα μικρό μέρος του οπτικού πεδίου. Έτσι ο άνθρωπος μπορεί να διακρίνει πολύ καθαρά οτιδήποτε βρίσκεται μέσα στη δέσμη φωτός, ενώ είναι πολύ πιο δύσκολο να μπορέσει να δει κάτι έξω από το πεδίο φωτός του προβολέα. Το δεύτερο χαρακτηριστικό έχει να κάνει ότι οι περισσότεροι προβολείς έχουν ρυθμιζόμενες δυνατότητες ως προς το οπτικό πεδίο που μπορούν να καλύψουν, το οποίο μπορεί να αυξάνεται ή να μειώνεται ανάλογα. Πρέπει να επισημανθεί ότι η προσοχή μπορεί να επικεντρωθεί κάπου με δυο διαφορετικούς τρόπους, είτε μέσω εσωτερικής γνωσιακής διεργασίας (ενδογενής προσοχή), είτε μέσω εξωτερικών γεγονότων (εξωγενής προσοχή). Για παράδειγμα η προσοχή του ατόμου μπορεί να επικεντρωθεί στην επιφάνεια ενός τραπεζιού είτε γιατί ψάχνει τα κλειδιά του (ενδογενής προσοχή), είτε γιατί η γάτα του αναποδογύρισε μια λάμπα στο τραπέζι (εξωγενής προσοχή).

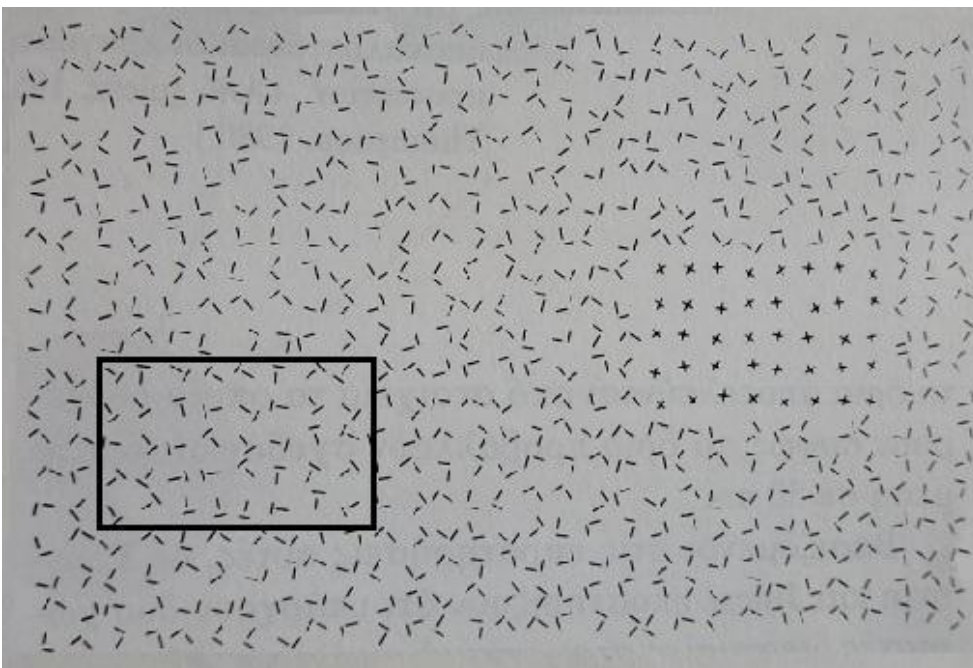
Η ενδογενής προσοχή επιτυγχάνεται με τη μεσολάβηση νευρωνικών μηχανισμών από τα ανώτερα προς τα κατώτερα επίπεδα, ενώ η εξωγενής προσοχή από νευρωνικούς μηχανισμούς από τα κατώτερα προς τα ανώτερα (Pinel, 2011). Επίσης στην επικεντρωμένη προσοχή συγκαταλέγεται και το πρόβλημα του πως εστιάζεται η προσοχή μας σε ένα αντικείμενο στο οπτικό πεδίο και ποια είναι αυτά τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου που το κάνουν να ξεχωρίζει. Την απάντηση προσπάθησαν να δώσουν η Ann Treisman και ο Bella Julesz. Διαπίστωσαν ότι σαφή όρια δημιουργούνται από στοιχειώδεις ιδιότητες: χρώμα, φωτεινότητα και κατεύθυνση των γραμμών. Στην εικόνα 7.1 φαίνεται ένα ορθογώνιο από μικρούς σταυρούς μέσα σε ένα πεδίο από κεφαλαία L όπου δημιουργεί σαφή όρια μεταξύ των δυο. Εύκολα μπορεί κάποιος να το αντιληφθεί. Αντίθετα μετά από προσεκτική παρατήρηση κάποιος μπορεί να διακρίνει ένα δεύτερο ορθογώνιο από κεφαλαία T μέσα στο πεδίο του L (Εικόνα 7.2). Αυτό συμβαίνει γιατί τα T είναι λίγο διαφορετικά από τα L του περιβάλλοντος. Έτσι, η Ann Treisman πρότεινε μια θεωρία η οποία στηρίχτηκε στο ότι υπάρχει μια προ-προσεκτική διεργασία και μια μεταγενέστερη. Η πρώτη ενεργεί σαν ένα



σύστημα ταχείας σάρωσης και ανιχνεύει τα οπτικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων στο περιβάλλον. Στη δεύτερη διαδικασία η προσοχή εστιάζεται σε πιο ειδικές λεπτομέρειες του αντικείμενου και συνδυάζονται έτσι ώστε να αποτελέσουν το αντικείμενο.



**Εικόνα 7.1:** Σαφή όρια που δημιουργούνται από την κατεύθυνση των γραμμών. Με τη χρήση του συστήματος ταχείας σάρωσης γίνονται αντιληπτοί οι σταυροί



**Εικόνα 7.2:** Μετά από προσεκτική παρατήρηση διακρίνεται ένα ορθογώνιο με  $T$  στην περιοχή των  $L$

Η διηρημένη προσοχή σχετίζεται με την ικανότητα του ατόμου να κάνει δυο πράγματα ταυτόχρονα. Για παράδειγμα ένα άτομο μπορεί να οδηγήσει το αμάξι του ενώ ταυτόχρονα να συνομιλεί με τον συνοδηγό του. Αυτό συμβαίνει γιατί το άτομο έχει αποκτήσει την εμπειρία στην οδήγηση η οποία είναι μια πράξη που γίνεται χωρίς συνειδητό έλεγχο. Γενικά ο άνθρωπος έχει αφομοιώσει αρκετές δεξιότητες (όπως το να ντύνεται, να περπατά) και γι' αυτό μπορεί να τις επιτελεί αυτόματα ενώ συγχρόνως έχει αλλού την προσοχή του. Ειδικότερα όταν τα δυο έργα που εκτελεί είναι ανεξάρτητα ως προς τη φύση τους. Παρόλα αυτά όταν εκτελεί δυο έργα ταυτόχρονα η επίδοση μειώνεται σε σχέση με την περίπτωση που θα εκτελούσε το κάθε έργο ξεχωριστά (Reddy, 1995).

## 7.2 Νευρωνικές βάσεις της προσοχής

Ο εγκέφαλος έχει δύο ξεχωριστά συστήματα που μεσολαβούν στην προσοχή. Το πρώτο σύστημα αντιπροσωπεύει τις αντιληπτικές πτυχές ενός αντικείμενου, όπως η θέση στο χώρο, το σχήμα και το χρώμα του. Αυτό ονομάζεται οπίσθιο σύστημα, γιατί αποτελείται από τον κροταφικό και βρεγματικό λοβό μαζί με ορισμένες υποφλοιώδεις δομές, όπου βρίσκονται στο πίσω μέρος του εγκεφάλου. Είναι υπεύθυνο για την επιλογή ενός αντικείμενου μεταξύ πολλών, βάσει των χαρακτηριστικών που συνδέονται με το αντικείμενο αυτό. Το δεύτερο σύστημα ονομάζεται πρόσθιο, επειδή ο μετωπιαίος λοβός και ορισμένες υποφλοιώδεις δομές που είναι υπεύθυνες για την επεξεργασία αυτού βρίσκονται στο μπροστινό μέρος του εγκεφάλου. Αυτό το σύστημα έχει προορισμό να ελέγχει πότε και πως τα χαρακτηριστικά αυτά θα χρησιμοποιηθούν για την επιλογή. Έτσι, ο άνθρωπος όταν επιλέξει ένα αντικείμενο για προσοχή, εστιάζει στη θέση του, στο σχήμα του ή στο χρώμα του. Η επιλογή αυτή επιτυγχάνεται από το οπίσθιο σύστημα, όμως η διεργασία της επιλογής καθοδηγείται από πρόσθιο μέρος του εγκεφάλου. Για το λόγο αυτό ορισμένοι ερευνητές αποκαλούν το πρόσθιο σύστημα Κυρίαρχο Εκτελεστικό Όργανο της επιλεκτικής προσοχής.

Καθώς οι άνθρωποι ασχολούνται με δοκιμασίες επιλεκτικής προσοχής, από την αξονική τομογραφία PET προκύπτουν κρίσιμες πληροφορίες για το οπίσθιο σύστημα. Όταν ζητείται από ένα άτομο να μεταφέρει την προσοχή του από ένα σημείο σε ένα άλλο, οι φλοιώδεις περιοχές που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη ροή αίματος και συνεπώς την μεγαλύτερη νευρωνική δραστηριότητα, είναι οι βρεγματικοί λοβοί των δύο ημισφαιρίων. Καθώς το άτομο εστιάζει σε ένα αντικείμενο πραγματοποιούνται αλλαγές στη νευρωνική επεξεργασία. Για παράδειγμα όταν το άτομο παρατηρήσει μια σειρά έγχρωμων γεωμετρικών αντικειμένων και του ζητηθεί να αντιδράσει μόνο στα κόκκινα αντικείμενα με το τριγωνικό σχήμα, το πρόσθιο σύστημα θα κατευθύνει το οπίσθιο σύστημα να εστιάσει στο χρώμα. Η προσοχή στο σχήμα και στο χρώμα ενεργοποιεί τις περιοχές του κοιλιακού ρεύματος και προκαλείται έντονη δραστηριότητα σε αυτές. Ενώ αν παρατηρούσε κινούμενα αντικείμενα θα υπήρχε έντονη δραστηριότητα σε μια περιοχή του ραχιαίου ρεύματος. Γενικά οι περιοχές του εγκεφάλου που είναι σχετικές με το κάθε χαρακτηριστικό που επιλέγεται για προσοχή θα παρουσιάσουν ενισχυμένη δραστηριότητα, ενώ περιοχές στις οποίες δεν εστιάζεται η προσοχή αναστέλλονται.



## 8. ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΣΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ

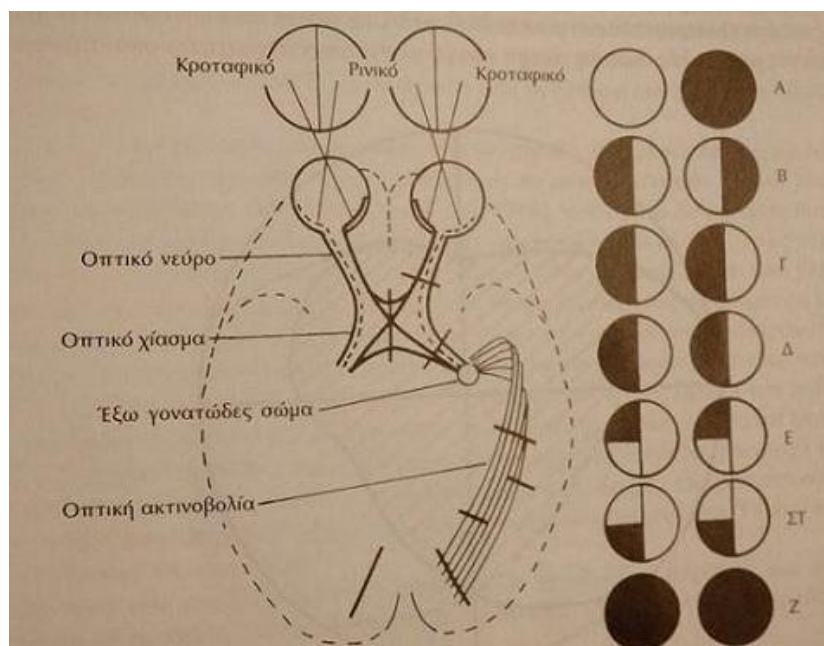
Τα εγκεφαλικά τραύματα ή οι βλάβες είναι κάθε μορφής καταστροφή οποιουδήποτε τμήματος του εγκεφάλου. Οι μορφές εγκεφαλικών βλαβών μπορεί να προκληθούν από τυχαίο εγκεφαλικό τραυματισμό, ασθένεια που θα προκαλούσε φλεγμονή, μόλυνση από ιό, δυσλειτουργία ή καταστροφή εγκεφαλικών κυττάρων ή εγκεφαλικού ιστού και τέλος από ψυχοχειρουργική. Από τη στιγμή που δυστυχώς θα συμβούν σε κάποιον οι βλάβες, αποτελούν μια πολυτιμότερη πηγή πληροφοριών σχετικά με τη σχέση εγκεφάλου-συμπεριφοράς. Οι νευροεπιστήμονες δεν καταστρέφουν επίτηδες τους εγκεφάλους των ασθενών τους για ερευνητικούς λόγους.

### 8.1 Διαταραχές αντίληψης χρωμάτων

Όπως γνωρίζουμε ο αμφιβληστροειδής περιέχει δυο τύπους φωτοϋποδοχέων, τα κωνία και τα ραβδία. Τα κωνία, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4.4, είναι τρία. Η απώλεια ενός από τους τύπους κωνίων, όπως εμφανίζεται σε ορισμένες κληρονομικές διαταραχές μειώνει την αντίληψη της έγχρωμης όρασης σε δυο διαστάσεις οδηγώντας στο διχρωματισμό. Η απώλεια δυο τύπων κωνίων οδηγεί στη μονοχρωματική όραση, ενώ η απώλεια και των τριών τύπων κωνίων εξαφανίζει την αντίληψη χρωμάτων με αποτέλεσμα η όραση να περιορίζεται στη λειτουργία των ραβδίων και αυτό ονομάζεται ραβδίο-μονοχρωματική όραση. Στην περίπτωση που ένα άτομο δεν διαθέτει ούτε ραβδία αυτό ονομάζεται κωνιο-μονοχρωματική όραση. Όταν απουσιάζει η φωτοχρωστική, η οποία είναι υπεύθυνη για τα μακρά μήκη κύματος (L), η ανωμαλία αυτή ονομάζεται πρωτανοπία. Όταν οι φωτοχρωστικές των κωνίων M είναι ελαττωματικές η ανωμαλία ονομάζεται δευτερανοπία και όταν οι φωτοχρωστικές των κωνίων S είναι ελαττωματικές η ανωμαλία ονομάζεται τριτανοπία (Πλαΐνης, Παλλήκαρης, 2006).

### 8.2 Βλάβες της οπτικής οδού

Τα ερεθίσματα που δέχονται οι οφθαλμοί μεταφέρονται στον εγκέφαλο μέσω της οπτικής οδού, όπως έχει ήδη αναφερθεί. Τίποτα όμως δεν θα είναι εφικτό εάν υπάρχει βλάβη στην οπτική οδό. Η εικόνα 8.1 αναπαριστά τις συνέπειες των βλαβών που διακόπτουν την οπτική οδό σε διάφορα σημεία όπως αναφέρονται παρακάτω.



**Εικόνα 8.1:** Η οπτική οδός μέχρι τον ινιακό λοβό και τα αντίστοιχα ελλείμματα των οπτικών πεδίων (A - Z)

Συγκεκριμένα αν αλλοιωθεί το οπτικό νεύρο, η όραση λειτουργεί στο υγιές μάτι, επομένως έχουμε μονοφθαλμική τύφλωση (Α). Η βλάβη του οπτικού νεύρου μπορεί επίσης να προκαλέσει τύφλωση στον κροταφικό μηνίσκο της αλλοιωμένης πλευράς. Βλάβη στις ίνες, που διασχίζουν το οπτικό χίασμα, μπορεί να προκαλέσει αμφικροταφική ημιανοψία: μια απώλεια της όρασης των κροταφικών μερών και των δυο οφθαλμών. Δηλαδή απώλεια του αριστερού μισού του αριστερού οπτικού πεδίου και του δεξιού μισού του δεξιού οπτικού πεδίου (Β). Το χαρακτηριστικό κλινικό σημείο μιας βλάβης των οπτικών ταινιών είναι η ομώνυμη ημιανοψία (Γ). Μια βλάβη της δεξιάς οπτικής ταινίας θα προκαλέσει αριστερή κροταφική ημιανοψία και δεξιά ρινική ημιανοψία, δηλαδή την απώλεια του αριστερού μισού του οπτικού πεδίου του κάθε οφθαλμού (αριστερή ομώνυμη ημιανοψία). Πλήρεις βλάβες της οπτικής ακτινοβολίας οδηγούν επίσης σε ετερόπλευρη ομώνυμη ημιανοψία (Δ), ενώ μικρότερες βλάβες της ακτινοβολίας οδηγούν σε τεταρτοκυκλική ανοψία, δηλαδή μπορεί να προκαλέσουν οπτικά ελλείμματα στα ανώτερα (Ε) ή κατώτερα ομώνυμα τεταρτημόρια (ΣΤ). [Darby, Walsh, 2007]

### 8.3 Βλάβες - παθήσεις οπτικού φλοιού

Οι βλάβες του ινιακού λοβού όπως, θρόμβωση εγκεφαλικής αρτηρίας, αγγειακές δυσπλασίες, πολλαπλή σκλήρυνση, είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε περιορισμό των οπτικών πεδίων του πάσχοντα ή ακόμα και κατάργηση τους. Επίσης μπορούν να οδηγήσουν σε αδυναμία μερικής ή πλήρους οπτικής αναγνώρισης οπτικών ερεθισμάτων και τέλος σε σύνδρομο Balint. Τα συμπτώματα του είναι η σιμουλτανανγνωσία, η οπτική αταξία και η οφθαλμοκινητική απραξία. Η σιμουλτανανγνωσία είναι διαταραχή στην οποία ο ασθενής αδυνατεί να ανιχνεύσει και να περιγράψει αντικείμενα που του παρουσιάζονται ταυτόχρονα. Η οπτική αταξία ονομάζεται η αδυναμία του ασθενούς να στοχεύσει το βλέμμα του απευθείας προς τους οπτικούς στόχους. Και η οφθαλμοκινητική απραξία είναι η ανικανότητα οικειοθελούς καθοδήγησης των κινήσεων των οφθαλμών.

Αν είναι αμφοτερόπλευρες οι βλάβες του ινιακού λοβού προκαλούν αμφοτερόπλευρη ομώνυμη ημιανοψία ή φλοιώδη τύφλωση (Ζ). Όταν η φλοιώδη τύφλωση οφείλεται σε τραύμα ή αγγειακό επεισόδιο, με την πάροδο του χρόνου επέρχεται μερική τουλάχιστον αποκατάσταση της οπτικής λειτουργίας. Αν η βλάβη είναι μονόπλευρη ημισφαιρική προκαλεί ετερόπλευρη ομώνυμη ημιανοψία, όπως συμβαίνει και στις βλάβες της οπτικής ταινίας και της οπτικής ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα κάποιος που έχει εγκεφαλική βλάβη στον οπτικό φλοιό του ενός ημισφαιρίου θα έχει τυφλές περιοχές και στα δυο μάτια αλλά, υπό τον όρο ότι μόνον ένα μέρος του φλοιού είναι κατεστραμμένο, αυτός δε θα είναι τελείως τυφλός σε κάθε μάτι. Οι ασθενείς λοιπόν με ετερόπλευρη ομώνυμη ημιανοψία που αφορά το δεξιό μισό των οπτικών τους πεδίων έχουν χαρακτηριστικά δυσκολίας όταν τους ζητείται να διαβάσουν ένα τυπωμένο κείμενο, διότι ο συνήθης τρόπος σάρωσης γίνεται από τα αριστερά προς τα δεξιά. Και εκείνοι που πάσχουν από αριστερή ημιανοψία δυσκολεύονται να διαβάσουν, αλλά για διαφορετικό λόγο. Αυτοί οι ασθενείς δυσκολεύονται να βρουν τη σωστή γραμμή όταν τα μάτια τους επιστρέφουν αριστερά για να αρχίσουν να σαρώνουν την επόμενη γραμμή και μπορεί να ξεκινήσουν από τη γραμμή που βρίσκεται πάνω ή κάτω από τη σωστή.

Όταν μια περιοχή του πρωτοταγούς οπτικού φλοιού υποστεί βλάβη, τότε δημιουργεί σκότωμα - μια περιοχή μηδενικής οπτικής αντίληψης - στην αντίστοιχη περιοχή του ετερόπλευρου οπτικού πεδίου και των δυο ματιών. Ο τραυματισμός του ιστού σε συγκεκριμένο σημείο του V1 συνδέθηκε με τύφλωση πολύ συγκεκριμένων σημείων του οπτικού πεδίου και η προέλευση της εντοπίζεται αποκλειστικά στο φλοιό.

Οι ασθενείς, επί βλάβης της κοιλιακής οδού (τι), παρουσιάζουν διαταραχή του προσανατολισμού στο χώρο, της εντόπισης αντικειμένων, της στερεοσκοπικής όρασης και οπτική αγνωσία. Ενώ ασθενείς, επί βλάβης της ραχιαίας οδού (που) εμφανίζουν προσωπαγνωσία, σιμουλτανανγνωσία, αταξία του βλέμματος και οπτική αταξία.

## 8.4 Διαταραχές τη όρασης

Όσον αφορά τώρα τις αντιληπτικές διαταραχές, η οπτική αγνωσία είναι η πλέον καλά καταγεγραμμένη. Με τον όρο οπτική αγνωσία χαρακτηρίζεται η ανικανότητα αναγνώρισης μιας οπτικής εντύπωσης, η οποία μεταβιβάζεται φυσιολογικά στον οπτικό φλοιό. Δεν υπάρχει δηλαδή ούτε πρωτογενής αισθητηριακή απώλεια, αλλά και ούτε νοητική έκπτωση στον ασθενή. Η ουσία της διαταραχής, όπως περιγράφηκε από τον Φρόιντ, είναι μια διακοπή της σχέσης ανάμεσα στα αντικείμενα καθαυτά και στις ιδέες που το άτομο έχει για τα αντικείμενα αυτά. Ανέφερε ότι οι διαταραχές αυτές οφείλονται σε ελαττώματα του φλοιού, τα οποία έχουν σχέση με την ικανότητα να συνδυαστούν τα συστατικά στοιχεία των οπτικών εντυπώσεων σε ένα λογικό σχέδιο. Και είναι αυτός που εισήγαγε το 1891 τον όρο «αγνωσία» εννοώντας τα ελαττώματα αυτά. Η οπτική αγνωσία είναι δυνατόν να είναι μερική ή πλήρης και να αφορά:

- 1) την αναγνώριση χρωμάτων
- 2) αναγνώριση αντικειμένων
- 3) αναγνώριση προσώπων (προσωπαγνωσία)
- 4) αδυναμία αναγνώρισης γραμμάτων ή λέξεων (αγνωστική αλεξία)
- 5) αγνωσία βάθους και
- 6) αγνωσία κίνησης.

Πιο αναλυτικά, η αναγνώριση χρωμάτων αναφέρεται στην αδυναμία κατονομασίας χρωμάτων. Οι ασθενείς δεν μπορούν να κατατάξουν τις αποχρώσεις ενός χρώματος στην ίδια γενική χρωματική κατηγορία και δεν μπορούν να προσθέσουν χρώματα με το σωστό τρόπο σε μια εικόνα. Επίσης, δεν είναι ικανοί να δείξουν το χρώμα, που κατονομάζει ο εξεταστής ή να κατονομάσουν το χρώμα που δείχνει ο εξεταστής. Τα τρία σύνδρομα της χρωματικής αγνωσίας είναι η κεντρική αχρωματοψία (δυσχρωματοψία), η χρωματική ανομία και η ειδική χρωματική αφασία. Σημειώνεται ότι η αχρωματοψία εδώ δεν εννοείται αυτή που προκαλείται από ανεπάρκεια χρωστικών ουσιών στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, αλλά αυτή που οφείλεται σε καταστροφή της περιοχής V4 του οπτικού φλοιού. Οι ασθενείς αυτοί αντιλαμβάνονται τον κόσμο σε διάφορες αποχρώσεις του γκρι. Η χρωματική ανομία, είναι συνέπεια της αποσύνδεσης της χρωματικής αντίληψης από τη γλωσσική λειτουργία του αριστερού ημισφαιρίου. Τέλος, ο όρος ειδική χρωματική αφασία, δικαιολογείται από το ότι ο ασθενής μπορεί να μην δυσκολεύεται μόνο στην κατονομασία των χρωμάτων και στον σωστό χρωματισμό σχεδίων αλλά και να αποτυγχάνει σε λεκτικές δοκιμασίες όπου αναζητείται το χαρακτηριστικό χρώμα μιας κατηγορίας αντικειμένων.

Η δεύτερη διαταραχή αφορά τη δυσκολία αναγνώρισης αντικειμένων, όπου είναι μια κατάσταση κατά την οποία ο ασθενής αδυνατεί να αναγνωρίσει τα αντικείμενα μέσω της οπτικής αντιληπτικής λειτουργίας, όμως διατηρείται η αναγνώριση μέσω των άλλων αισθήσεων, όπως της αφής. Επίσης, πρέπει να επισημανθεί ότι δεν υπάρχει μείωση της οπτικής οξύτητας. Όσον αφορά την προσωπαγνωσία, αυτή είναι μια νευροψυχολογική δυσλειτουργία οπτικής αναγνώρισης και μερικές φορές αναφέρεται ως τύφλωση προσώπου. Οι ασθενείς που προσβάλλονται από αυτήν δηλώνουν ότι αναγνωρίζουν το πρόσωπο ως πρόσωπο, τα επιμέρους χαρακτηριστικά του, ακόμα και ειδικές συγκινήσεις που εκφράζονται πάνω του αλλά δυσκολεύονται να καταλάβουν σε ποιο άτομο ανήκει ένα συγκεκριμένο πρόσωπο. Συχνά αναφέρουν ότι βλέπουν μια συσσώρευση από ξεχωριστά κομμάτια, όπως μάτια, μύτη, μάγουλα, τα οποία όμως για κάποιο λόγο δεν μπαίνουν ποτέ σε τάξη και ποτέ δεν ενώνονται, ώστε να σχηματίσουν ένα εύκολα αναγνωρίσιμο σύνολο. Υπάρχουν και οι ακραίες περιπτώσεις όπου οι πρόσωπο-αγνωστικοί δεν μπορούν να αναγνωρίσουν τους εαυτούς τους στον καθρέφτη. Δεν έχει χαθεί η ταυτότητα των ατόμων, αλλά η σχέση μεταξύ ενός συγκεκριμένου προσώπου και μιας συγκεκριμένης ταυτότητας.

Όταν υπάρχει αυτή η διαταραχή, υπάρχει πάντοτε εγκεφαλική βλάβη στο δεξιό ημισφαίριο και συχνά κάποια βλάβη στις ανάλογες περιοχές του αριστερού ημισφαιρίου.

Ένα άλλο είδος διαταραχής είναι η απώλεια της ικανότητας αναγνώρισης λέξεων, η οποία ονομάζεται αγνωστική αλεξία. Συνοδεύει συνήθως βλάβη του ινιακού λοβού του αριστερού ημισφαιρίου. Οι ασθενείς που παρουσιάζουν τη διαταραχή αυτή δεν έχουν δυσκολία στο να αναγνωρίσουν φυσικά αντικείμενα ή πρόσωπα. Μπορούν ακόμη και να αναγνωρίσουν μεμονωμένα γράμματα. Αυτό που αδυνατούν να αναγνωρίσουν είναι λέξεις που τους παρουσιάζονται οπτικά. Όταν κοιτάζουν μια λέξη, προσπαθούν να τη διαβάσουν γράμμα προς γράμμα. Υπάρχουν περιπτώσεις που χρειάζονται ακόμη και δέκα δευτερόλεπτα για να αναγνωρίσουν μια κοινή λέξη και ο απαιτούμενος χρόνος αυξάνει με τον αριθμό των γραμμάτων της λέξης. Η αγνωσία βάθους είναι μια διαταραχή κατά την οποία ο ασθενής είναι ανίκανος να εκτιμήσει το βάθος ή το πάχος αντικειμένων που βλέπει. Η διαταραχή αυτή εκδηλώνεται ως αδυναμία να εντοπιστεί η θέση ενός αντικειμένου στο χώρο και ως απώλεια της στερεοσκοπικής όρασης. Ο ασθενής δεν μπορεί να καθορίσει τη θέση του ή τη θέση ενός αντικειμένου σε σχέση με τα άλλα αντικείμενα στο περιβάλλον. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να βαδίζει κατ' ευθείαν προς ένα τοίχο και να προσκρούσει σε αυτόν, ενώ τον βλέπει.

Τέλος, η αγνωσία κίνησης ή αλλιώς ακινητοψία εκδηλώνεται με την ανικανότητα που έχει ο ασθενής να αντιληφθεί την κίνηση. Δηλαδή το άτομο μπορεί να δει τα αντικείμενα, αλλά δυσκολεύεται να προσδιορίσει αν κινούνται ή όχι. Η διαταραχή αυτή εμφανίζεται μετά από αμφοτερόπλευρη βλάβη στην περιοχή MT ή στην περιοχή MST του φλοιού.

## 8.5 ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ

Άτομα τα οποία έχουν προσβληθεί από εγκεφαλικές βλάβες υποφέρουν από διαταραχές της προσοχής. Εμείς θα αναφερθούμε σε δυο από αυτές, στην ημιαγνωσία και στην εξάλειψη αντικειμένου.

Η ημιαγνωσία ή αλλιώς μονόπλευρη αγνωσία εμφανίζεται κατά κύριο λόγο μετά από μια εγκεφαλική βλάβη στον δεξιό βρεγματικό λοβό και τις περισσότερες φορές οφείλεται σε εγκεφαλικό επεισόδιο που έχει υποστεί ο ασθενής. Οι ασθενείς που παρουσιάζουν τη διαταραχή αυτή από βλάβη στο δεξιό ημισφαίριο δεν ανταποκρίνονται σε αντικείμενα τα οποία παρουσιάζονται στο αριστερό μέρος του οπτικού τους πεδίου. Αυτό συμβαίνει λόγω του οπτικού μας συστήματος, δηλαδή οι πληροφορίες από το αριστερό μέρος του οπτικού πεδίου επεξεργάζονται στο δεξιό ημισφαίριο του εγκεφάλου. Σύμφωνα με τους Driver και Vuilleumier «Οι ασθενείς με ημιαγνωσία συχνά συμπεριφέρονται λες και ο μισός τους κόσμος δεν υπάρχει πια. Στην καθημερινή ζωή, μπορεί να αδυνατούν να δουν αντικείμενα και ανθρώπους που βρίσκονται στο αγνοούμενο μέρος του δωματίου, μπορούν να τρώνε μόνο από μια πλευρά του πιάτου τους και να μακιγιάρουν και να ξυρίζουν μόνο τη μια πλευρά του προσώπου τους» (Eysenck, 2010). Η δεύτερη διαταραχή της προσοχής, η εξάλειψη αντικειμένου, είναι μια διαταραχή κατά την οποία ένα ερέθισμα που παρουσιάζεται στην αντίθετη της εγκεφαλικής βλάβης πλευρά δεν μπορεί να ανιχνευτεί όταν παρουσιάζεται ταυτόχρονα και ένα άλλο ερέθισμα. Το φαινόμενο αυτό συναντάται πολλές φορές σε ασθενείς με ημιαγνωσία και ο βασικός λόγος που γίνεται αυτό είναι επειδή οι δυο διαταραχές αυτές εμπλέκουν βλάβες σε ανατομικά κοντινές περιοχές του εγκεφάλου. Σε περιπτώσεις εξάλειψης αντικειμένου, ο ασθενής μπορεί να κρίνει το ίδιο καλά όπως τα υγιή άτομα ένα μόνο ερέθισμα σε οποιαδήποτε πλευρά του οπτικού πεδίου. Όταν όμως παρουσιάζονται δυο ερεθίσματα μαζί, εκείνο που βρίσκεται προς την πλευρά του οπτικού πεδίου που αγνοείται παραμένει μη ανιχνεύσιμο. Υπάρχουν ορισμένοι ασθενείς που εμφανίζουν τη διαταραχή αυτή μόνο όταν τα αντικείμενα που τους παρουσιάζονται ταυτόχρονα είναι τα ίδια.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας αυτήν την εργασία πρέπει να τονιστεί η πολυπλοκότητα και η δυσκολία ανάπτυξης του θέματος. Θέμα το οποίο απαιτεί ειδικές γνώσεις ψυχολογίας καθώς και γνώσεις των νευρολογικών διεργασιών που επιτελούνται στον ανθρώπινο εγκέφαλο, σε επίπεδο ιατρικής.

Ωστόσο, υπάρχουν κάποια σημεία τα οποία είναι άξια αναφοράς. Αρχικά, η οπτική αντίληψη για να μπορέσει να αναπτυχθεί και να σχηματιστεί ορθώς χρειάζεται ο εξωτερικός κόσμος. Οι εμπειρίες, οι αισθήσεις και η μάθηση είναι όλα τα απαραίτητα στοιχεία που συμβάλλουν στην ανάπτυξη της. Επίσης, βασικό είναι να λειτουργούν σωστά όλες οι διεργασίες κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των πληροφοριών ώστε να αποφευχθεί η παρουσία διαταραχών στην οπτική αντίληψη. Τέλος, είναι απαραίτητο να υπάρχει ποικιλία ερεθισμάτων έτσι ώστε να έχει το άτομο μια υγιής και ολοκληρωμένη αντίληψη για τον οπτικό κόσμο.

Επιπρόσθετα, στον εγκέφαλο γίνεται η ουσιαστική επεξεργασία για να σχηματισθεί η αντίληψη για ότι βλέπει και καταλαβαίνει ο άνθρωπος. Εξίσου, όμως, σημαντικές είναι και οι διεργασίες που εξελίσσονται πριν φτάσει το ερέθισμα στον εγκέφαλο. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η επεξεργασία που συμβαίνει στον αμφιβληστροειδή αφού δεχτεί το φως. Το εντυπωσιακό είναι ότι πέφτοντας, τα φωτόνια, στις οπτικές χρωστικές των φωτοϋποδοχέων αρχίζει μια σειρά ενεργειών που μετατρέπει το φωτεινό ερέθισμα σε νευρική ώση σε ελάχιστο χρόνο.

Η παρούσα εργασία μπορεί εύκολα να μελετηθεί από κάποιον που θέλει να αποκτήσει κάποιες βασικές γνώσεις για την οπτική αντίληψη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως παρατίθενται αναλύσεις τόσο από τη νευρολογία όσο και από την ψυχολογία, τις επιστήμες, δηλαδή, που έχουν ασχοληθεί εκτενώς με το θέμα αυτό. Συνεπώς, παρουσιάζουν το ίδιο αντικείμενο μελέτης μέσα από ένα διαφορετικό πρίσμα, χαρίζοντας στον αναγνώστη την αίσθηση σφαιρικής γνώσης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Βοσνιάδου, Σ., Νασιάκου, Μ., Χαντζή, Α., Χαρίτου – Φατούρου, Μ. (2007) *Εισαγωγή στην ψυχολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Gutenberg.
2. Γιακουμάκη, Σ. (2014) Σημειώσεις από το μάθημα *Νευροψυχολογία - ΑΕΙ Ψυχολογίας Ρεθύμνου*
3. Μόσχος, Μ.Ν. (1998) *Νευροοφθαλμολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: «ΖΗΤΑ».
4. Οικονόμου, Η. (2013) Σημειώσεις από το μάθημα *Γνωστική Ψυχολογία II – ΑΕΙ Ψυχολογίας Ρεθύμνου*
5. Πλαίνης, Σ., Τσιλιμπάρης, Μ. Κ., Παλλήκαρης, Ι.Γ. (2007) *Νευροφυσιολογία του αμφιβληστροειδή και των οπτικών οδών. Οφθαλμολογία*. 19. 269 – 283
6. Πλαϊνής Σ., Παλλήκαρης, Ι. (2006). *Η αντίληψη της έγχρωμης όρασης. Οφθαλμολογικά Χρονικά*. 16. 332-340
7. Πόρποδας, Κ. (1993) *Γνωστική Ψυχολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
8. Σαμαρτζή, Σ. (1995) *Εισαγωγή στις γνωστικές λειτουργίες*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Παπαζήσης.
9. Φωτεινάκης, Β., Πατέρας, Ε. & Χανδρινός, Αρ. (2000) *Κλινική Διάθλαση*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Έλλην.
10. Cassells, A., Green, P.R. (1999) *Αντίληψη*. 7<sup>η</sup>. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
11. Craig, G.J., Baucum, D. (2007) *Η ανάπτυξη του ανθρώπου*. 9<sup>η</sup>. Αθήνα: Παπαζήσης.
12. Darby, D., Walsh, K. (2007) *Νευροψυχολογία: Κλινική Προσέγγιση*. 5<sup>η</sup>. Αθήνα: Παρισιάνος.
13. Eysenck, M.W. (2010) *Βασικές αρχές γνωστικής ψυχολογίας*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Gutenberg.
14. Feldman, R.S. (2009 - 2010) *Εξελικτική Ψυχολογία: Δια βίου ανάπτυξη*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Gutenberg.
15. Hayes, N. (1998) *Εισαγωγή στην ψυχολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
16. Hilgard, E.R. (2003 - 2004) *Εισαγωγή στην ψυχολογία του Hilgard*. 2<sup>η</sup>. Αθήνα: Παπαζήσης.
17. Kalat, J. W. (2001 - 2003) *Βιολογική Ψυχολογία*. 5<sup>η</sup>. Αθήνα: Έλλην.
18. Kandel, E.P., Schwartz, J. H., Jessell, T. M. (2009) *Νευροεπιστήμη και συμπεριφορά*. 5<sup>η</sup>. Ηράκλειο Κρήτης: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
19. Kolb, B., Whishaw, J.Q. (2011) *Εγκέφαλος και συμπεριφορά*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Πασχαλίδης.
20. Luriiia, A.R. (1999) *Η λειτουργία του εγκεφάλου: Εισαγωγή στην Νευροψυχολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Καστανιώτης.
21. Martin, G.N. (2005) *Νευροψυχολογία: Εγκέφαλος και συμπεριφορά*. 2<sup>η</sup>. Αθήνα: Έλλην
22. Ornstein, R.E., Carstensen, L. (1994) *Ψυχολογία: Η μελέτη της ανθρώπινης εμπειρίας*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Δανάια.
23. Pinel, J. (2011) *Βιοψυχολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Ίων.



24. Reddy, P. (1995) *Προσοχή και μαθησιακές δεξιότητες*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
25. Snell, R.S., Lemp, M. (2006) *Κλινική ανατομία του οφθαλμού*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Ιατρικές εκδόσεις Π.Χ. Πασχαλίδης.
26. <ftp://ftp.soc.uoc.gr/Psycho/Oikonomou>
27. <http://books.google.gr>
28. <http://colorlight.wikispaces.com/%CE%9F%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B7+%CE%91%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%BB%CE%B7%CF%88%CE%B7>
29. <http://hubel.med.harvard.edu/book/b13.htm>
30. [http://neurotalk.blogspot.gr/2012/04/blog-post\\_4045.html](http://neurotalk.blogspot.gr/2012/04/blog-post_4045.html)
31. [http://panorasi.blogspot.gr/2008/10/blog-post\\_17.html](http://panorasi.blogspot.gr/2008/10/blog-post_17.html)
32. <http://portal.survey.ntua.gr/main/courses/geoinfo/stcarto/documentation/papers/vision>
33. <http://psychology.about.com/od/sensationandperception/ig/Optical-Illusions/Ames-Room-Illusion.htm>
34. <http://retina.umh.es/webvision/GCPHYS1.HTM#ON%20and%20OFF%20Responses>
35. <http://vision-optometry.blogspot.gr/2012/04/blog-post.html>
36. <http://www.blod.gr/lectures/Pages/viewlecture.aspx?LectureID=594>
37. [http://www.foundalis.com/dep/cog/N4\\_gr.htm](http://www.foundalis.com/dep/cog/N4_gr.htm)
38. <http://www.iator.gr/2011/02/10/%CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%B4%CF%81%CE%B%CE%BC%CE%BF-balint-syndrome/>
39. <http://www.optics-vision.gr>
40. [https://www.unic.cnrs.gif.fr/site\\_media/pdf/troncoso\\_et\\_al\\_visual\\_prosthetics\\_chapter.pdf](https://www.unic.cnrs.gif.fr/site_media/pdf/troncoso_et_al_visual_prosthetics_chapter.pdf)

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΙΚΟΝΩΝ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

1. Εικ. 1.1 - <http://www.abdn.ac.uk/>
2. Εικ. 1.2 - <http://baillement.com/lettres/mueller.html>
3. Εικ. 2.1 - <http://www.livestrong.com>
4. Εικ. 2.2 - <http://blogs.sch.gr>
5. Εικ. 3.1 - <http://www.med.auth.gr>
6. Εικ. 3.2 - <http://journals.cambridge.org>
7. Εικ. 3.3 - <http://www.studyblue.com>
8. Εικ. 3.4 - <http://www.physics.ntua.gr>
9. Εικ. 3.5 - <http://www.enduringepilepsy.com>
10. Εικ. 3.6 - <http://old.psych.uoa.gr>
11. Εικ. 3.7 - <http://2012books.lardbucket.org>
12. Εικ. 3.8 - Kandel, E.P., Schwartz, J. H., Jessell, T. M. (2009) *Νευροεπιστήμη και συμπεριφορά*. 5<sup>η</sup>. Ηράκλειο Κρήτης: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
13. Εικ. 3.9 - <http://panacea.med.uoa.gr>
14. Εικ. 3.10 - <http://oregonstate.edu>
15. Εικ. 3.11 - <http://read.uconn.edu>
16. Εικ. 3.12 - <http://read.uconn.edu>
17. Εικ. 3.13 - Kandel, E.P., Schwartz, J. H., Jessell, T. M. (2009) *Νευροεπιστήμη και συμπεριφορά*. 5<sup>η</sup>. Ηράκλειο Κρήτης: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
18. Εικ. 3.14 - <http://www2.biology.uoc.gr>
19. Εικ. 4.1 - Kandel, E.P., Schwartz, J. H., Jessell, T. M. (2009) *Νευροεπιστήμη και συμπεριφορά*. 5<sup>η</sup>. Ηράκλειο Κρήτης: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
20. Εικ. 4.2 - [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)
21. Εικ. 4.3 - Pinel, J. (2011) *Βιοψυχολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Ίων
22. Εικ. 4.4 - Αυτοσχέδια
23. Εικ. 4.5 - Αυτοσχέδια
24. Εικ. 4.6 (α & β) - Αυτοσχέδια
25. Εικ. 4.7 - Pinel, J. (2011) *Βιοψυχολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Ίων
26. Εικ. 4.8 - <http://left.gr>
27. Εικ. 4.9 - <http://www.trails.com>
28. Εικ. 5.1 - <http://davidmcanulty.com>
29. Εικ. 5.2 - Αυτοσχέδια
30. Εικ. 5.3 - Hilgard, E.R. (2003 - 2004) *Εισαγωγή στην ψυχολογία του Hilgard*. 2<sup>η</sup>. Αθήνα: Παπαζήσης.

31. **Εικ. 5.4** - Βοσνιάδου, Σ., Νασιάκου, Μ., Χαντζή, Α., Χαρίτου – Φατούρου, Μ. (2007) *Εισαγωγή στην ψυχολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Gutenberg.
32. **Εικ. 5.5** - <http://www.au.af.mil>
33. **Εικ. 5.6** - <http://www.au.af.mil>
34. **Εικ. 5.7** - <http://www.planetperplex.com>
35. **Εικ. 6.1** - <http://blogs.sch.gr>
36. **Εικ. 6.2** - <http://old.psych.uoa.gr>
37. **Εικ. 6.3** - <http://asecretquest.blogspot.gr>
38. **Εικ. 7.1** - Kandel, E.P., Schwartz, J. H., Jessell, T. M. (2009) *Νευροεπιστήμη και συμπεριφορά*. 5<sup>η</sup>. Ηράκλειο Κρήτης: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
39. **Εικ. 7.2** - Kandel, E.P., Schwartz, J. H., Jessell, T. M. (2009) *Νευροεπιστήμη και συμπεριφορά*. 5<sup>η</sup>. Ηράκλειο Κρήτης: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
40. **Εικ. 8.1** - Darby, D., Walsh, K. (2007) *Νευροψυχολογία: Κλινική Προσέγγιση*. 5<sup>η</sup>. Αθήνα: Παρισιάνος.
41. **Σχήμα 1** - <http://fisica.cab.cnea.gov.ar>
42. **Σχήμα 2** – <ftp://ftp.soc.uoc.gr/Psycho/Oikonomou>
43. **Σχήμα 3** – <ftp://ftp.soc.uoc.gr/Psycho/Oikonomou>
44. **Σχήμα 4** – <ftp://ftp.soc.uoc.gr/Psycho/Oikonomou>
45. **Σχήμα 5** - <http://old.psych.uoa.gr>
46. **Σχήμα 6** - Βοσνιάδου, Σ., Νασιάκου, Μ., Χαντζή, Α., Χαρίτου – Φατούρου, Μ. (2007) *Εισαγωγή στην ψυχολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Gutenberg
47. **Σχήμα 7** - Βοσνιάδου, Σ., Νασιάκου, Μ., Χαντζή, Α., Χαρίτου – Φατούρου, Μ. (2007) *Εισαγωγή στην ψυχολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Gutenberg
48. **Σχήμα 8** - Βοσνιάδου, Σ., Νασιάκου, Μ., Χαντζή, Α., Χαρίτου – Φατούρου, Μ. (2007) *Εισαγωγή στην ψυχολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Gutenberg
49. **Σχήμα 9** - Βοσνιάδου, Σ., Νασιάκου, Μ., Χαντζή, Α., Χαρίτου – Φατούρου, Μ. (2007) *Εισαγωγή στην ψυχολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Gutenberg
50. **Σχήμα 10** - Βοσνιάδου, Σ., Νασιάκου, Μ., Χαντζή, Α., Χαρίτου – Φατούρου, Μ. (2007) *Εισαγωγή στην ψυχολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Gutenberg
51. **Σχήμα 11** - Βοσνιάδου, Σ., Νασιάκου, Μ., Χαντζή, Α., Χαρίτου – Φατούρου, Μ. (2007) *Εισαγωγή στην ψυχολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Gutenberg
52. **Σχήμα 12** - Βοσνιάδου, Σ., Νασιάκου, Μ., Χαντζή, Α., Χαρίτου – Φατούρου, Μ. (2007) *Εισαγωγή στην ψυχολογία*. 1<sup>η</sup>. Αθήνα: Gutenberg
53. **Σχήμα 13** - <http://sctritonscience.com>
54. **Σχήμα 14** - <http://myincrediblewebsite.com>
55. **Σχήμα 15** - <http://education-portal.com>
56. **Σχήμα 16** - <http://www.sciencekids.co.nz>

57. Σχήμα 17 - <http://frederic-rossille.net>
58. Σχήμα 18 - <http://trelosmathimatikos.blogspot.gr>
59. Σχήμα 19 - <http://www.hellenica.de>
60. Σχήμα 20 - <http://old.psych.uoa.gr>