

Όραση

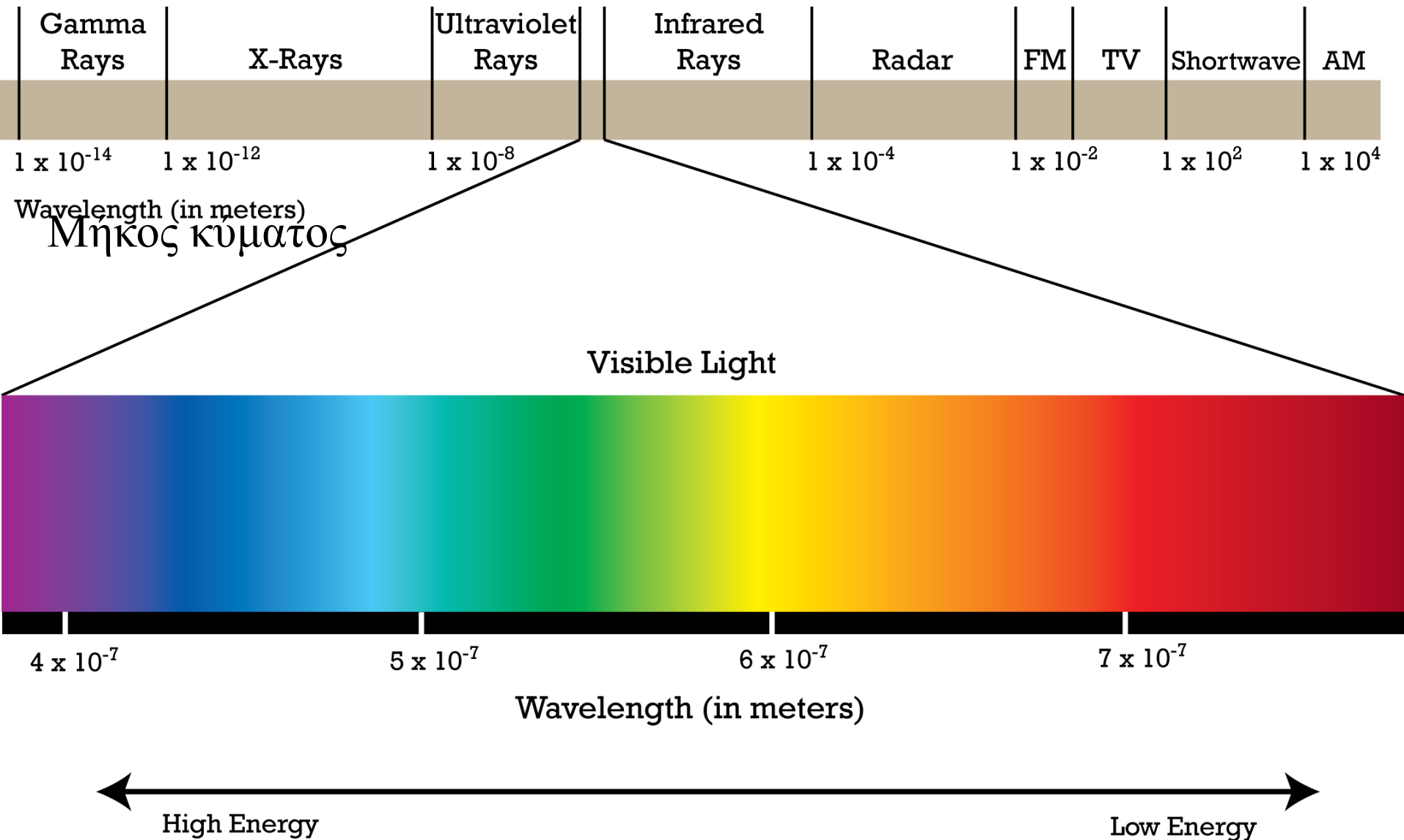
Αλεξάνδρα Οικονόμου

Το φως

Αντιλαμβανόμαστε ένα πολύ μικρό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, μεταξύ 380-760 nm (1/δισεκατομμυριοστό του μέτρου).

Το τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου που αποκαλούμε φως δεν είναι ποιοτικά διαφορετικό από το υπόλοιπο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο – είναι απλώς το τμήμα που μπορούμε να δούμε.

Το ορατό φάσμα του φωτός



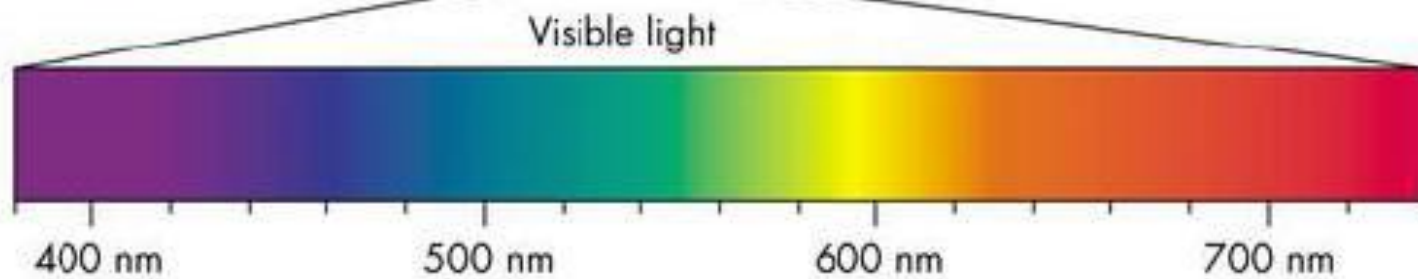
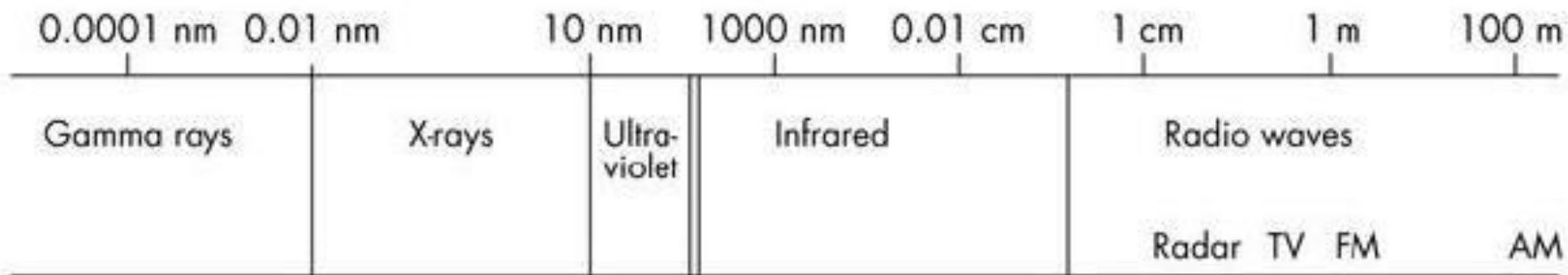
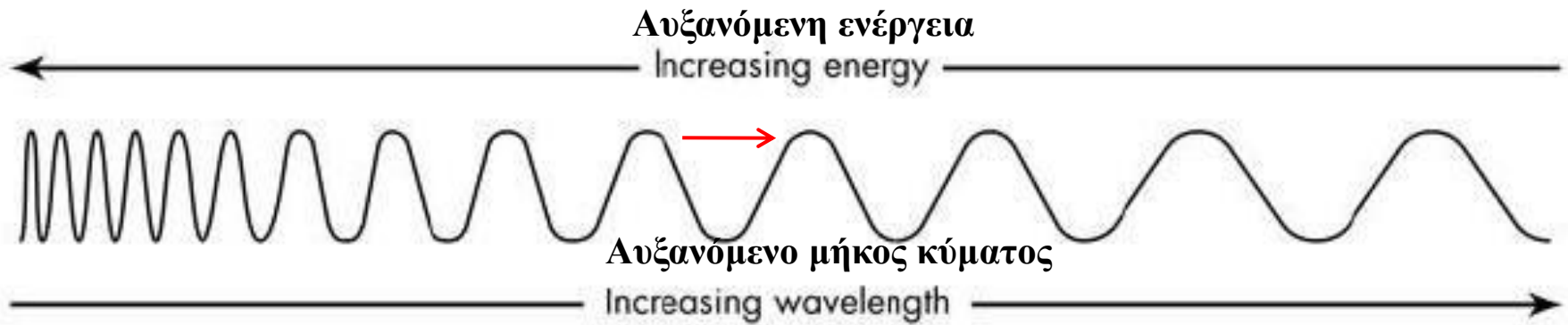
Στοιχεία του φωτός

Ακτινοβολία: σε πολύ μικρά φορτία ενέργειας (quanta)

Quantum: αντιπροσωπεύει το μήκος κύματος του φορτίου ενέργειας

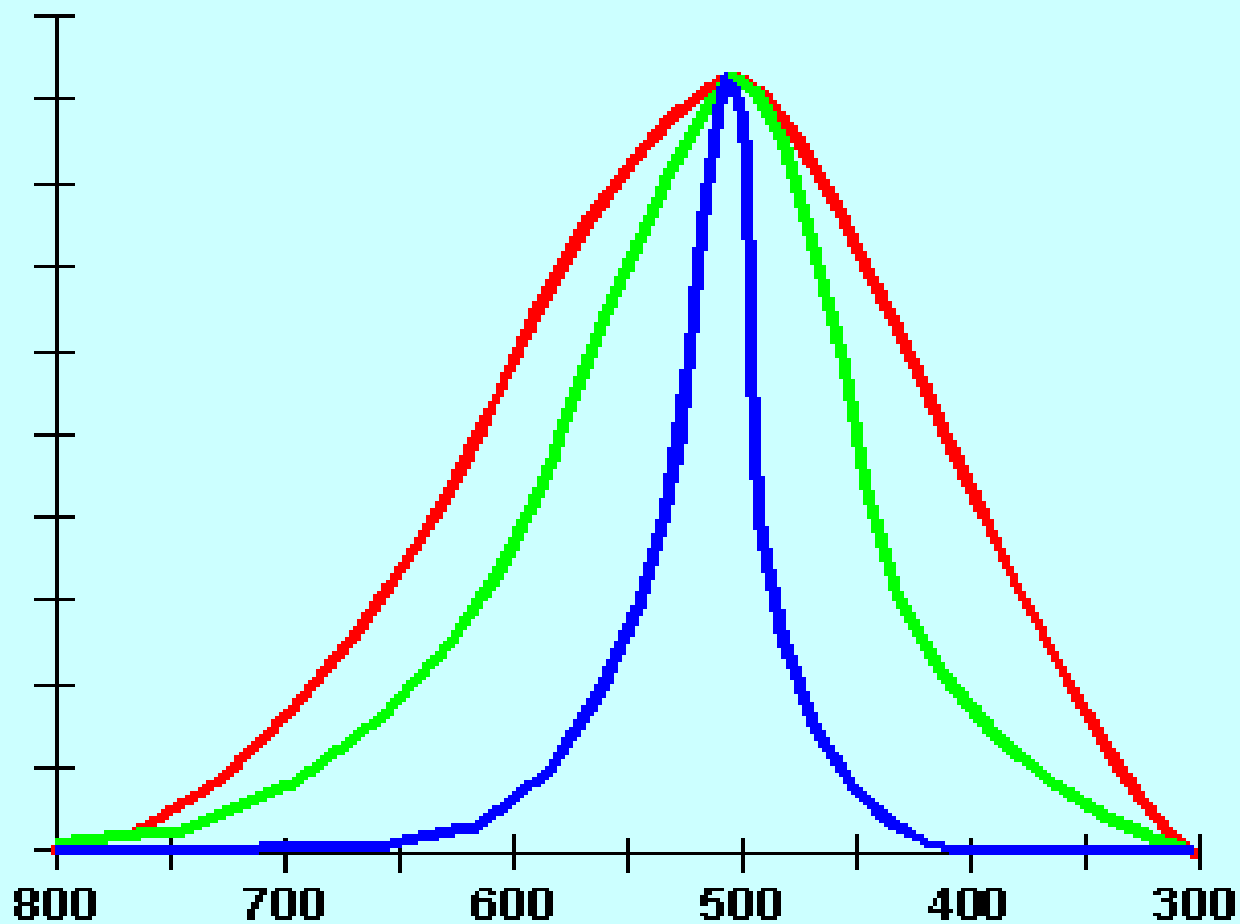
Φωτόνια: τα quanta της φωτεινής ενέργειας μεταξύ 380-800 nm που μπορούμε να δούμε

Κάθε φωτόνιο είναι μια πολύ μικρή ποσότητα ενέργειας (η οποία εξαρτάται από το μήκος κύματος)



**Relative
amplitude**

Σχετική ένταση



Wavelength in nanometers

Μήκος κύματος

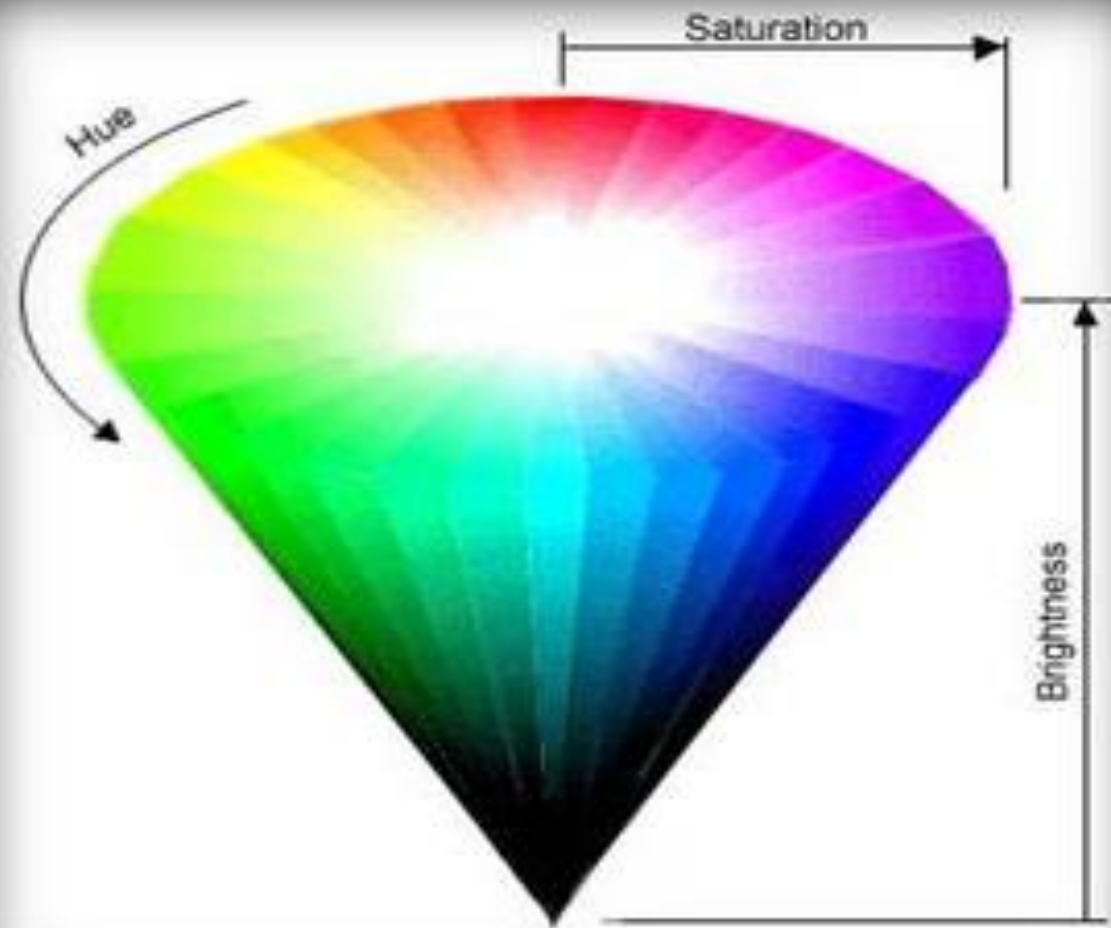
Η αντίληψη του χρώματος

Αποτέλεσμα 3 παραμέτρων:

Απόχρωσης (*hue*). Αλλάζει ανάλογα με την ένταση του φωτισμού. Βραχύτερα μήκη: **ιώδες**, **μπλε**, κλπ.
Μακρύτερα: **κόκκινο**.

Έντασης. Φωτεινότητα (*brightness*)

Κορεσμού (*saturation*). Βαθμός καθαρότητας του χρώματος. Μια απόχρωση πλησιάζει ένα απλό χρώμα, ή αποτελείται από διαφορετικά μήκη κύματος; Ένα απλό χρώμα είναι πλήρως κορεσμένο. Η ανάμιξη του λευκού μειώνει τον κορεσμό του.



Η αίσθηση της όρασης

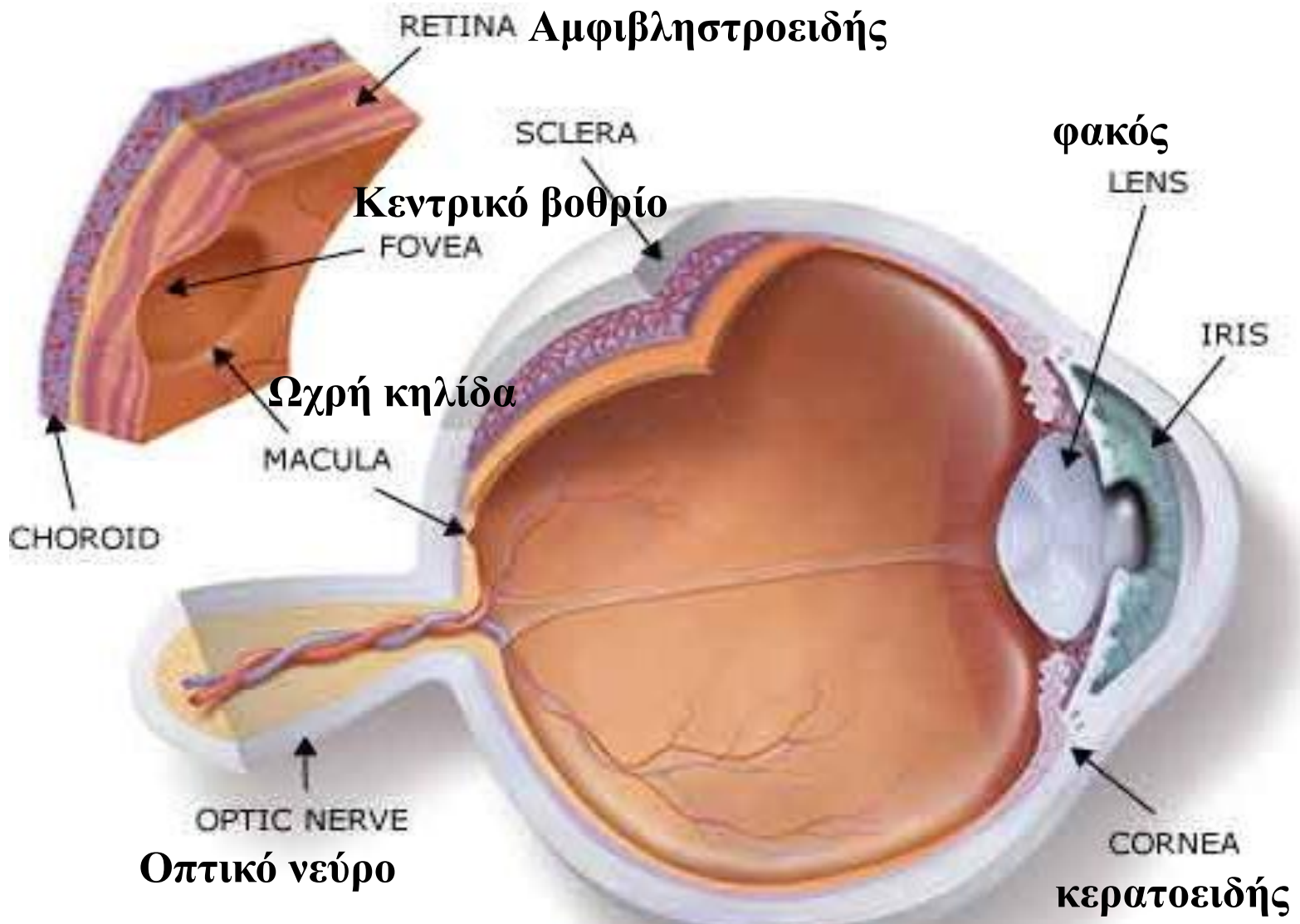
Το αποτέλεσμα της επίδρασης του φωτός όταν πέφτει στον **αμφιβληστροειδή χιτώνα** και τελικά επιδρά στους νευρώνες του εγκεφάλου.

Όταν το φως (φυσική ενέργεια) φθάνει στους οφθαλμούς, ενεργοποιεί τους υποδοχείς της όρασης. Η φυσική ενέργεια **μετασχηματίζεται** σε ηλεκτροχημική ενέργεια στους νευρώνες-υποδοχείς.

Οι **φωτοϋποδοχείς** δύνανται να ανταποκριθούν σε πολύ λίγη ενέργεια, αυτή ενός φωτονίου. Η ενέργεια αυτή μετατρέπεται σε **γενεσιουργό δυναμικό** (τοπική υπερπόλωση του νευρώνα).

Η αισθητηριακή κωδικοποίηση

- Οι νευρώνες στέλνουν ένα μόνο είδος μηνύματος: **δυναμικά ενεργείας**. Ο εγκέφαλος ερμηνεύει τα δυναμικά ενεργείας από το οπτικό νεύρο ως φως, και αυτά από το ακουστικό νεύρο ως ήχο.
- Οι νευρώνες έχουν έναν αυθόρμητο ρυθμό πυροδότησης. Αντιδρούν σε ένα ερέθισμα **αυξάνοντας ή μειώνοντας τον ρυθμό πυροδότησης**. Ο ρυθμός των ώσεων μεταφέρει το είδος της πληροφορίας.
- Το νόημα της ώσης ενός μεμονωμένου νευρώνα μπορεί να εξαρτάται και από **το ποιοι άλλοι νευρώνες είναι ενεργοί**.



Ο οφθαλμός-1

Το φως εισέρχεται μέσω ενός ανοίγματος του οφθαλμικού βολβού, την **κόρη** (*pupil*)

Εστιάζεται με τη βοήθεια του **κερατοειδούς** (*cornea*) και του κρυσταλλοειδή **φακού** (*lens*) στον **αμφιβληστροειδή** (*retina*)

Ο κερατοειδής (κυρίως) και ο φακός κάμπτουν τις ακτίνες του φωτός – σχηματισμός εικόνας στον αμφιβληστροειδή

Ο οφθαλμός-2

Το σχήμα του φακού ελέγχεται από τους ακτινωτούς μύες, που μπορούν να αλλάξουν το σχήμα του (προσαρμογή).

Οι φακοί γίνονται λιγότερο ελαστικοί με την ηλικία.

Ο βαθμός του φωτός που εισχωρεί εξαρτάται από το μέγεθος της κόρης.

Η κόρη ανοίγει στην ίριδα.

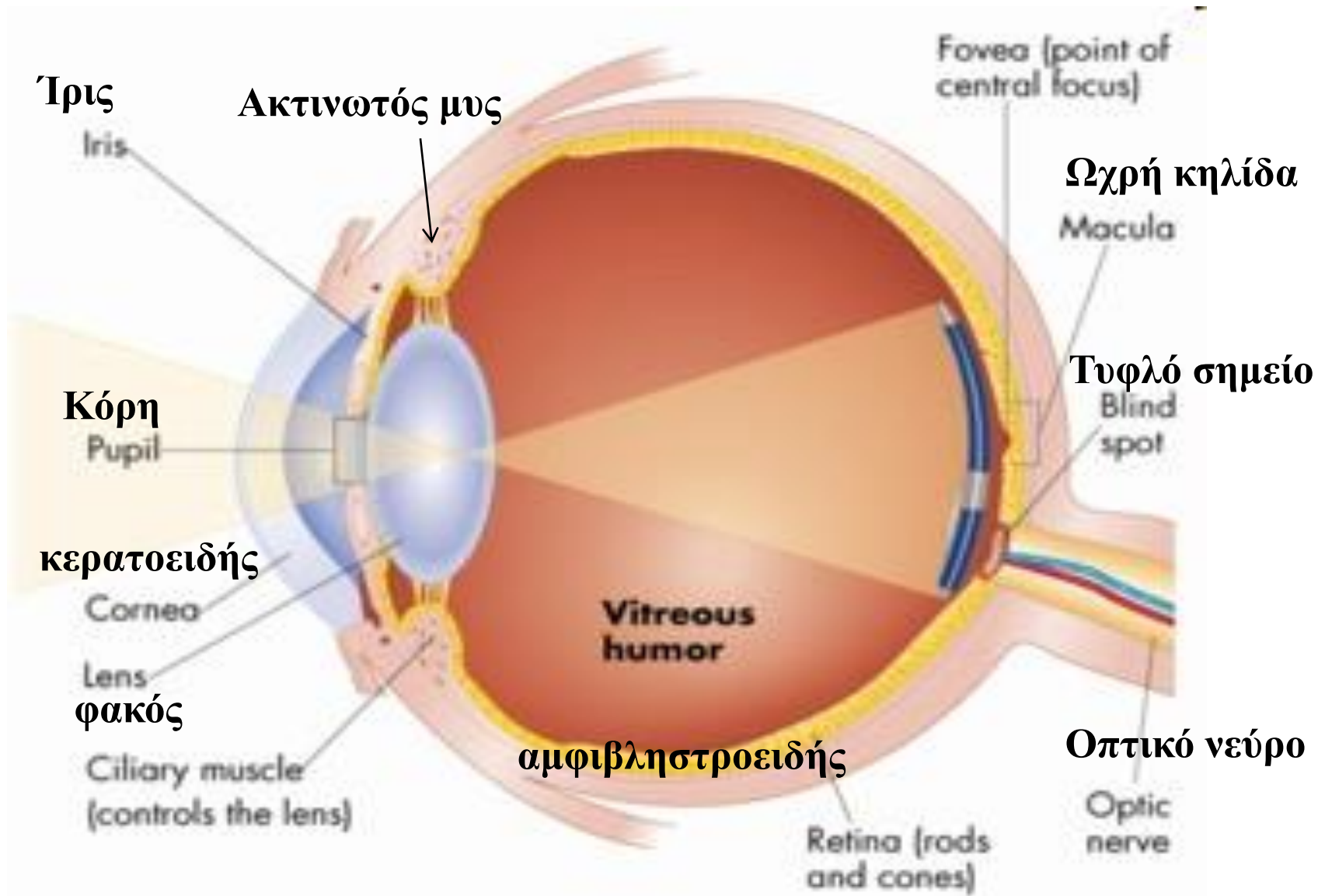
Ο οφθαλμός-3

Η διαστολή των κορών ελέγχεται από τους
συμπαθητικούς κλάδους του ANΣ

Η συστολή των κορών ελέγχεται από τους
παρασυμπαθητικούς κλάδους του ANΣ.

Φάρμακο που παρεμποδίζει τη διαβίβαση της
ακετυλοχολίνης (νευροδιαβιβαστής του ΠΝΣ)
χαλαρώνει τις ίνες του σφιγκτήρα μυός, ανοίγει την
κόρη (belladonna)

Οι κινήσεις των οφθαλμών ελέγχονται από τους
οφθαλμοκινητικούς μύες




Ο οφθαλμός-4

Δεν έχουμε συναίσθηση του τυφλού σημείου.

Ο εγκέφαλος συμπληρώνει τις λεπτομέρειες που λείπουν από το οπτικό ερέθισμα.

did you know that your eye has a blind spot?
Έξερεις πως τα μάτια σου έχουν ένα τυφλό σημείο;



close your left eye and focus on the black dot
and slowly drag your cursor along the red line,
the cursor should disappear upon entering the
blind spot and reappear upon exiting

**Κλείσε το αριστερό σου μάτι και εστίασε το βλέμμα σου στη
μαύρη κουκίδα, ενώ μετατοπίζεις αργά τον κέρσορα πάνω στην
κόκκινη γραμμή. Ο κέρσορας θα εξαφανιστεί όταν μπει στο τυφλό
σημείο και θα επανα-εμφανιστεί όταν βγει**

Ο οφθαλμός-5

Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας καλύπτεται από
φωτοϋποδοχείς: ραβδία & κωνία (*rods & cones*).

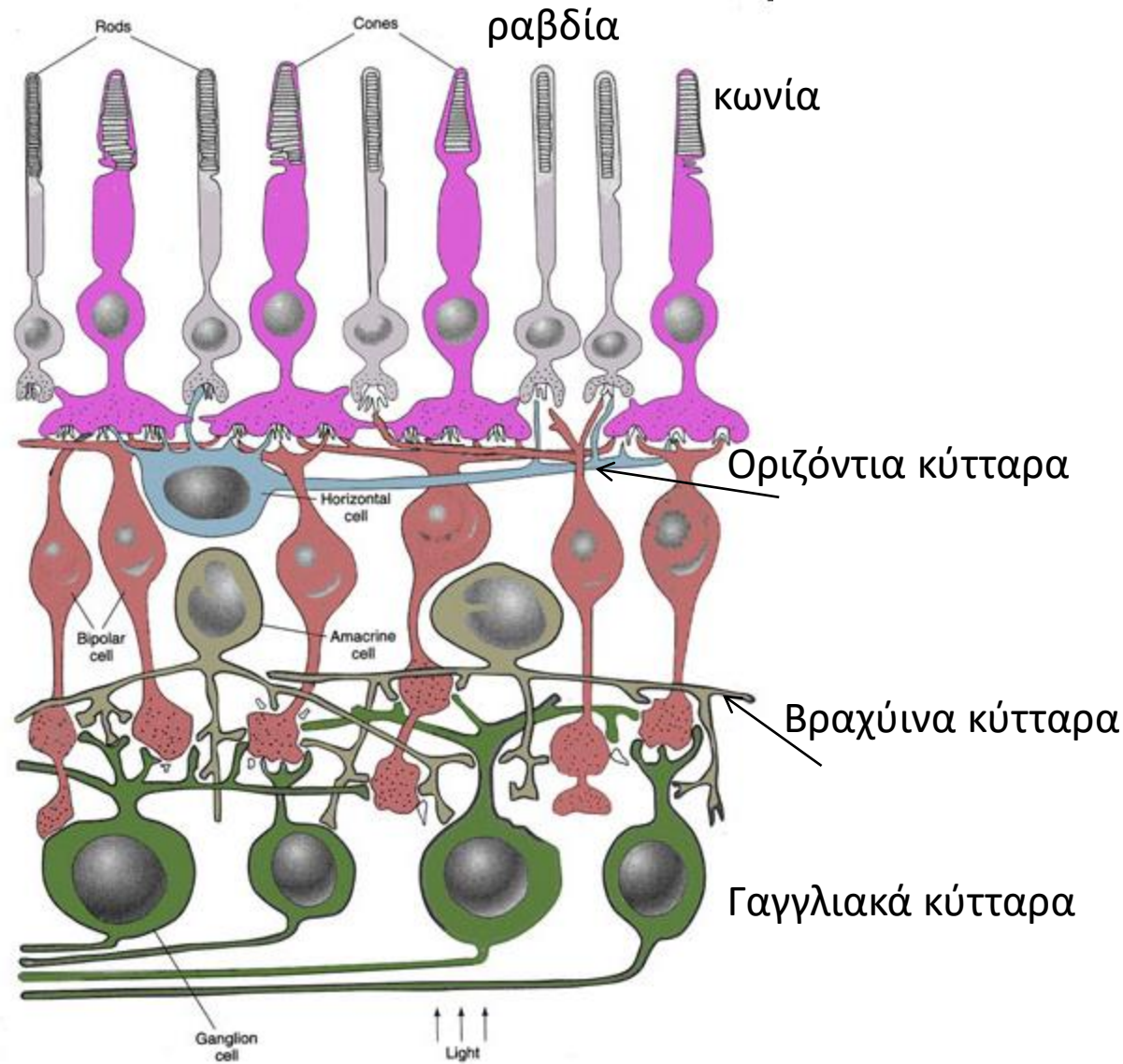
Όπως και στην φωτογραφική μηχανή, οι ακτίνες του φωτός εστιάζονται έτσι ώστε η εικόνα να αναστρέφεται: το δεξί μέρος του οπτικού πεδίου διεγείρει το αριστερό ήμισυ του αμφιβληστοειδούς και αντίθετα. Το άνω μέρος του οπτικού πεδίου διεγείρει το κάτω ήμισυ του αμφιβληστοειδούς και αντίθετα.

Ο οφθαλμός-6

Κεντρικό βοθρίο (*fovea*): η περιοχή του αμφιβληστροειδούς που είναι εξειδικευμένη για την οξεία όραση. Δεν υπάρχουν αιμοφόρα αγγεία και νευράξονες των γαγγλιακών κυττάρων σε αυτό το σημείο να την παρεμποδίσουν. Οι υποδοχείς στο κεντρικό βοθρίο έχουν πυκνή διάταξη.

Η πιο ευαίσθητη περιοχή δεν βρίσκεται στο ίδιο μέρος σε όλα τα είδη.

Γεράκια: μεγαλύτερη πυκνότητα φωτοϋποδοχέων στο άνω ήμισυ του αμφιβληστροειδούς (κάτω ήμισυ του οπτικού πεδίου). Οξύτητα όρασης όταν πετάνε. Το αντίθετο συμβαίνει στους αρουραίους.



ραβδία

κωνία

Οριζόντια κύτταρα

Δίπολα κύτταρα

Βραχύινα κύτταρα

Γαγγλιακά κύτταρα

Ίνες οπτικού νεύρου

↑ ↑ ↑
Light

Φως

Ο οφθαλμός-7

Το φως πρέπει να περάσει διαμέσου των γαγγλιακών και δίπολων κυττάρων πριν φτάσει στους υποδοχείς. Τα γαγγλιακά και τα δίπολα κύτταρα είναι σχεδόν διαφανή.

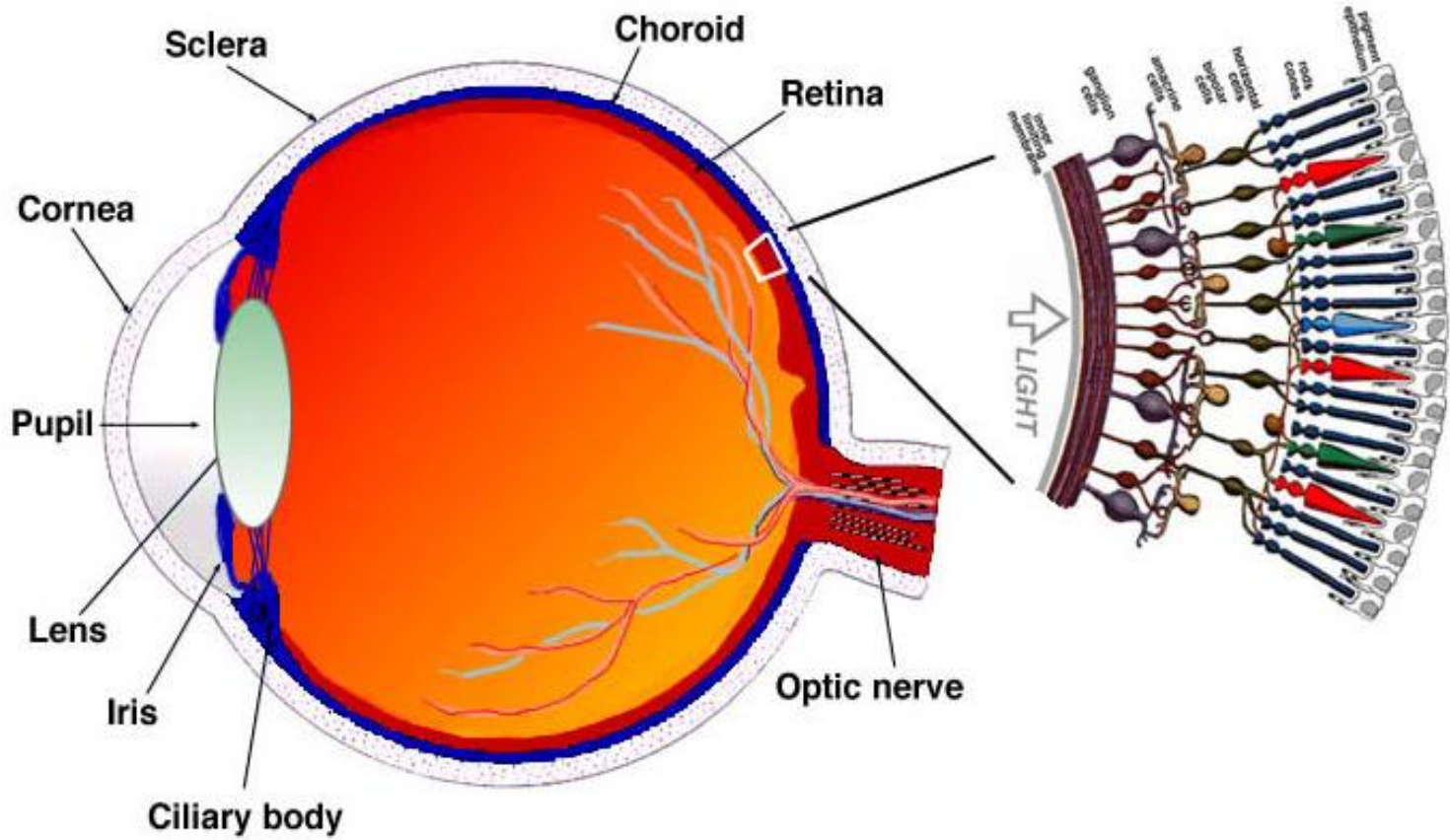


Fig. 1.1. A drawing of a section through the human eye with a schematic enlargement of the retina.

Κωνία

Εξειδικευμένα για την χρωματική όραση. Μικρή ευαισθησία στο αμυδρό φως.

Φωτωπικό σύστημα, απαιτεί περισσότερο φως (η φωτοχρωστική ιωδοψίνη απαιτεί υψηλό επίπεδο έντασης φωτός).

Περισσότερο ευαίσθητα στις λεπτομέρειες (λιγότερα κωνία συγκλίνουν προς ένα μετασυναπτικό νευρώνα).

Μεγαλύτερη πυκνότητα στο κέντρο το αμφιβληστοειδούς (κεντρικό βοθρίο).

Ραβδία

Περισσότερο ευαίσθητα στα αμυδρά φωτεινά ερεθίσματα. Δεν συμβάλλουν στην χρωματική όραση.

Σκοτωπικό σύστημα (η φωτοχρωστική ροδοψίνη απορροφά το φως πολύ γρήγορα).

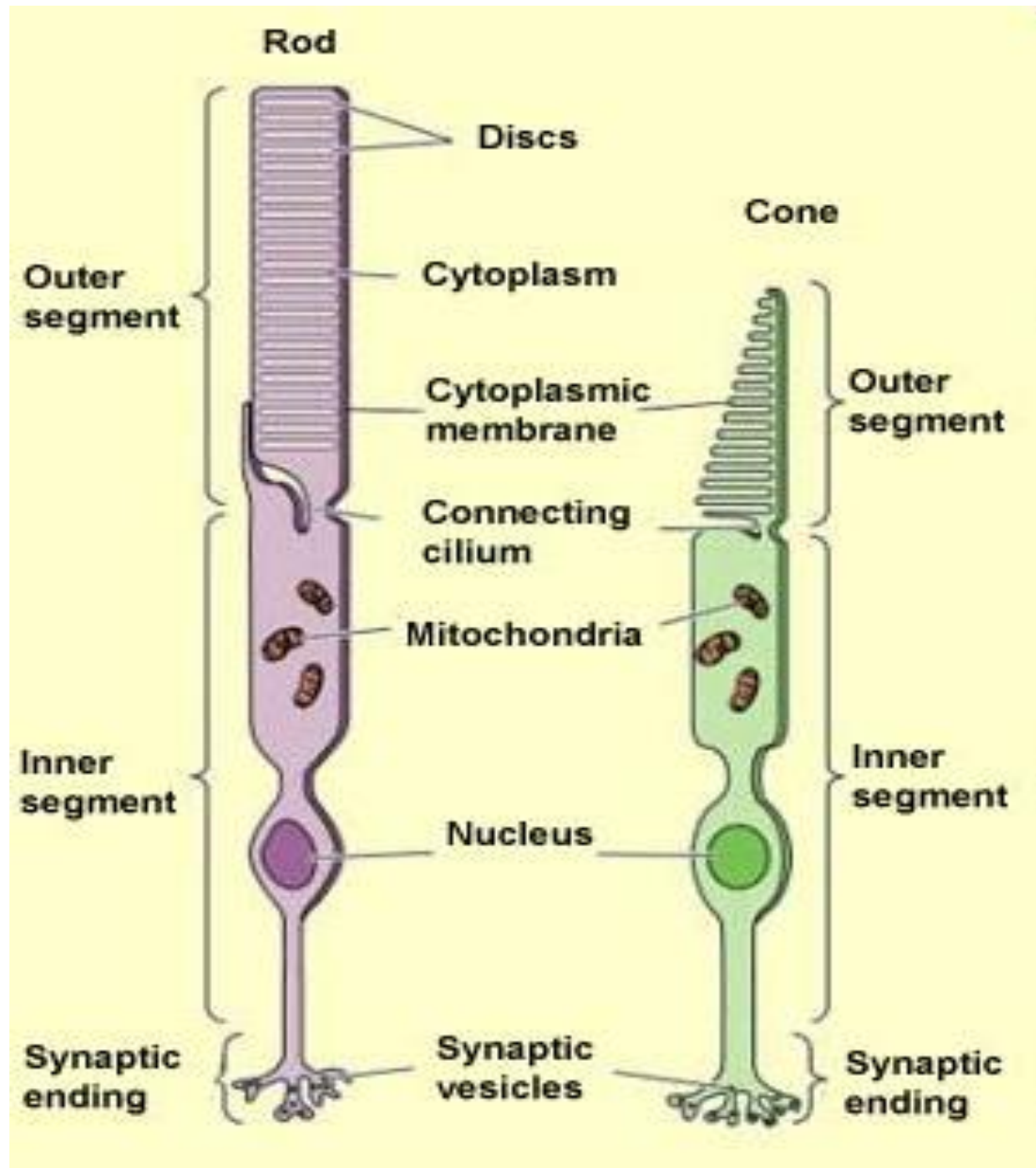
Λιγότερο ευαίσθητα στις λεπτομέρειες (περισσότερα ραβδία συγκλίνουν προς ένα μετασυναπτικό νευρώνα).

Μεγαλύτερη πυκνότητα στην περιφέρεια του αμφιβληστοειδούς.

(Σε έντονο φως η ροδοψίνη διασπάται και η ανασύνθεσή της απαιτεί χρόνο. Αυτός είναι ο λόγος που οι οφθαλμοί καθυστερούν να προσαρμοστούν σε μια σκοτεινή αίθουσα.)

ραβδία

κωνία



Η διέγερση των υποδοχέων-1

Η μεμβράνη των φωτοϋποδοχέων περιέχει διάυλους ιόντων οι οποίοι είναι συνήθως **ανοικτοί**. Οι διάυλοι αυτοί δέχονται **ανιόντα**. Έτσι, το δυναμικό υποδοχέα είναι η **υπερπόλωση**.

Σε αντίθεση με άλλους νευρώνες, οι φωτοϋποδοχείς **συνεχώς διαχέουν** τον νευροδιαβιβαστή τους. Όταν το φως απελευθερώνει ενέργεια, οι διάυλοι ιόντων του φωτοϋποδοχέα κλείνουν. Τα ανιόντα δεν μπορούν να διαπεράσουν την μεμβράνη, η οποία υπερπολώνεται περισσότερο, και ο νευροδιαβιβαστής δεν διαχέεται.

Η διέγερση των υποδοχέων-2

Σαν αποτέλεσμα των αλλαγών, δημιουργείται μια **διαβαθμιζόμενη υπερπόλωση** του υποδοχέα: όσο πιο έντονο το ερέθισμα, τόσο πιο έντονη η υπερπόλωση.

Η υπερπόλωση έχει σαν αποτέλεσμα την **μείωση** του νευροδιαβιβαστή από τον φωτοϋποδοχέα.

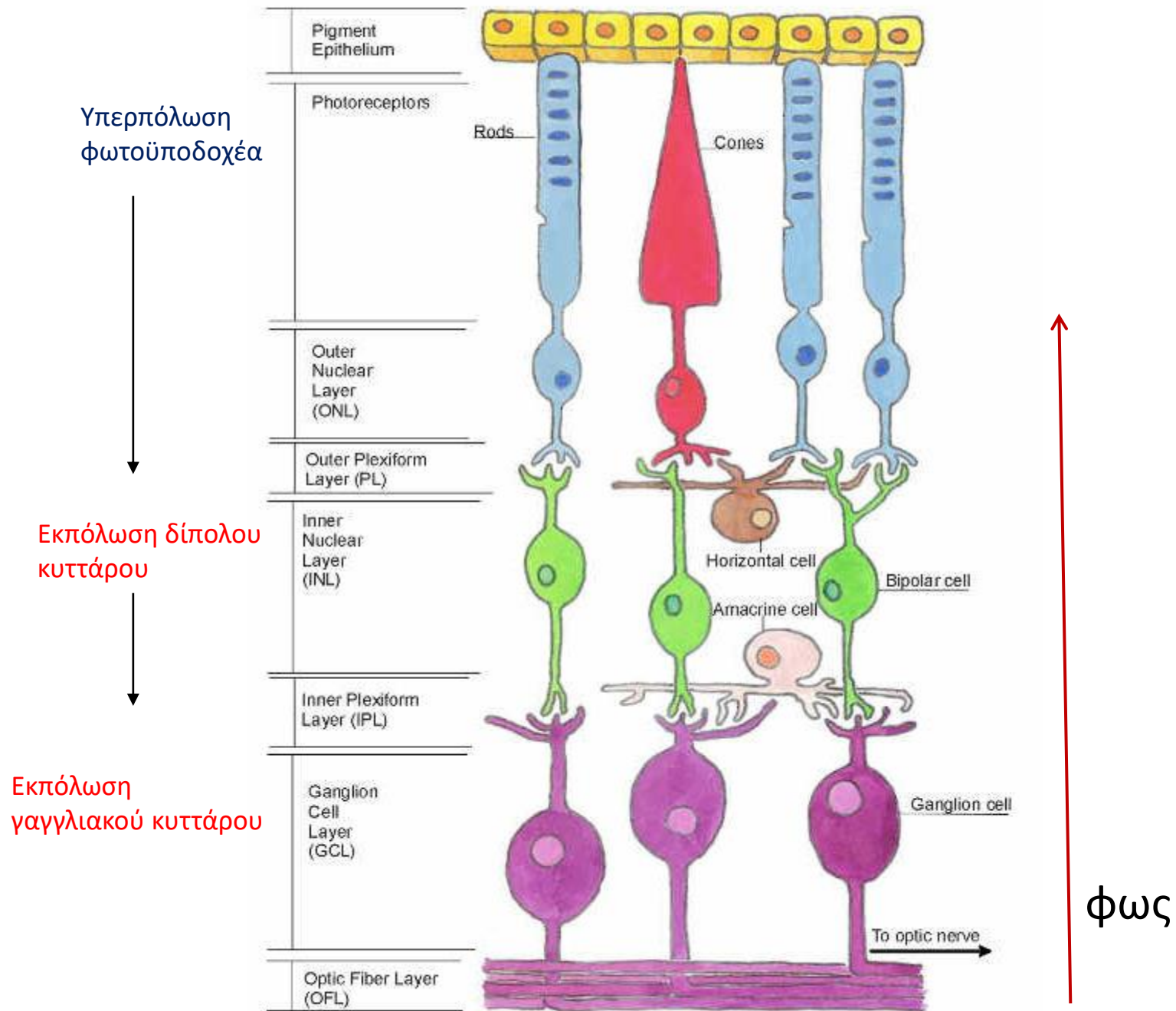
Ο νευροδιαβιβαστής υπερπολώνει το δίπολο κύτταρο.
Η μείωσή του έχει σαν αποτέλεσμα την **εκπόλωση** του δίπολου κυττάρου.

Η υπερπόλωση είναι ένα νευρικό σήμα, όπως η εκπόλωση.

Η διέγερση των υποδοχέων-3

Το φως *υπερπολώνει* τον φωτοϋποδοχέα και *εκπολώνει* το δίπολο κύτταρο. Το δίπολο κύτταρο εκχέει νευροδιαβιβαστές, οι οποίοι *εκπολώνουν* τη μεμβράνη του γαγγλιακού κυττάρου και αυξάνει τον ρυθμό πυροδότησής του.

Η αναστολή του υποδοχέα επίσης μεταβιβάζει πληροφορίες. Η υπερπόλωση του φωτοϋποδοχέα *μειώνει* την ανασταλτική διαβίβαση προς τα δίπολα κύτταρα, άρα αυτά διεγείρονται.



Οι 2 θεωρίες της χρωματικής όρασης

(συμπληρωματικές)

Η τριχρωματική θεωρία

(*Young-Helmholtz*)

Κάθε κωνίο είναι ευαίσθητο σε ένα ευρύ φάσμα μηκών κύματος, αλλά περισσότερο ευαίσθητο σε ορισμένα. Διακρίνουμε το μήκος κύματος βάσει της σχετικής διέγερσης των 3 ειδών κωνίων:

Βραχέος μήκους

Μεσαίου μήκους

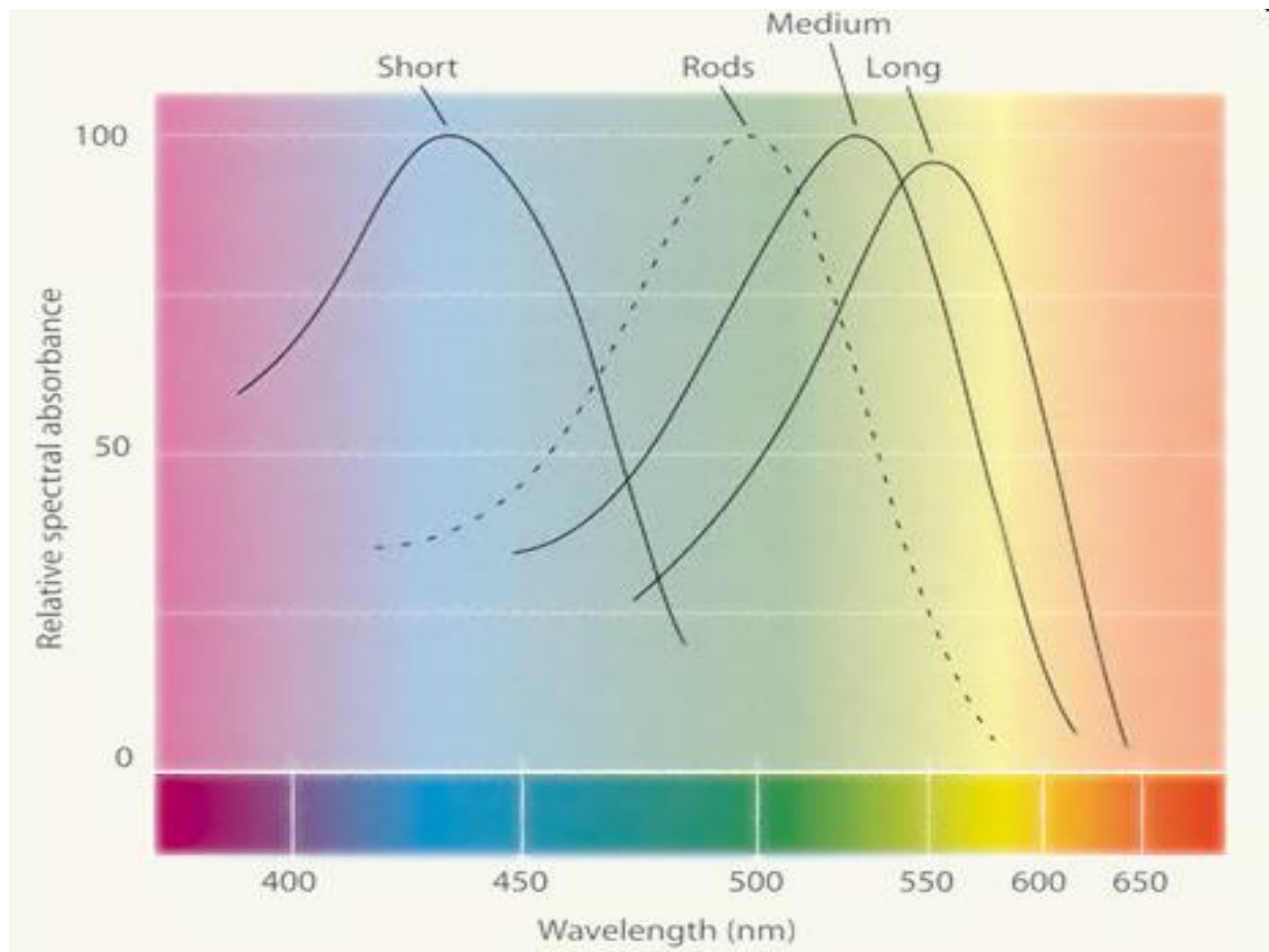
Μακρού μήκους κύματος

Η ποσοστιαία σχέση της αντίδρασης των 3 κωνίων καθορίζει την αντίληψη του χρώματος. Συγκριτική διεργασία. Όταν και τα 3 είδη ενεργοποιούνται στον ίδιο βαθμό, βλέπουμε άσπρο ή γκρι.

Η τριχρωματική θεωρία

(Young-Helmholtz)

Πρόβλημα: η αντίληψη του χρώματος δεν είναι απόλυτη αλλά σχετική



Η θεωρία της ανταγωνιστικής (αντίθετης) επεξεργασίας

(Hering)

Κάθε δίπολο κύτταρο δέχεται πληροφορίες από 2-3 είδη κωνίων. Αντιλαμβανόμαστε τα χρώματα με την μορφή συμπληρωματικών ζευγαριών χρωμάτων:

Άσπρο - μαύρο

Κόκκινο - πράσινο

Μπλε - κίτρινο

Συγκεκριμένοι νευρώνες διεγείρονται από το πράσινο & αναστέλλονται από το κόκκινο, κλπ. Όταν το κύτταρο εκπολώνεται, ο εγκέφαλος γνωρίζει πως κοιτάμε κάτι πράσινο, αλλά **όχι** κόκκινο ή λευκό. Άσπρο: διέγερση από τον συνδυασμό όλων των μηκών κύματος.

Η ανάμειξη φωτός είναι προσθετική, η ανάμειξη χρωμάτων είναι αφαιρετική



Lights

φώτα

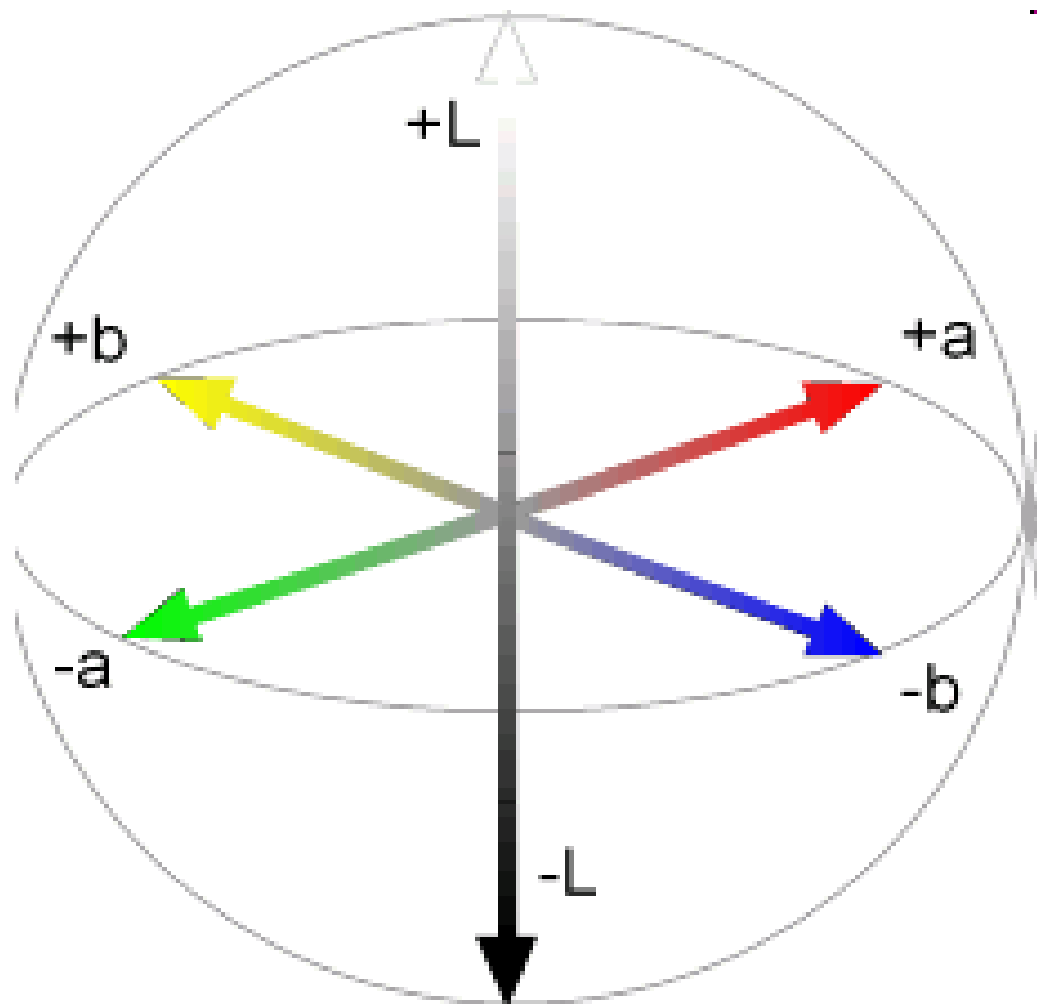


Paints

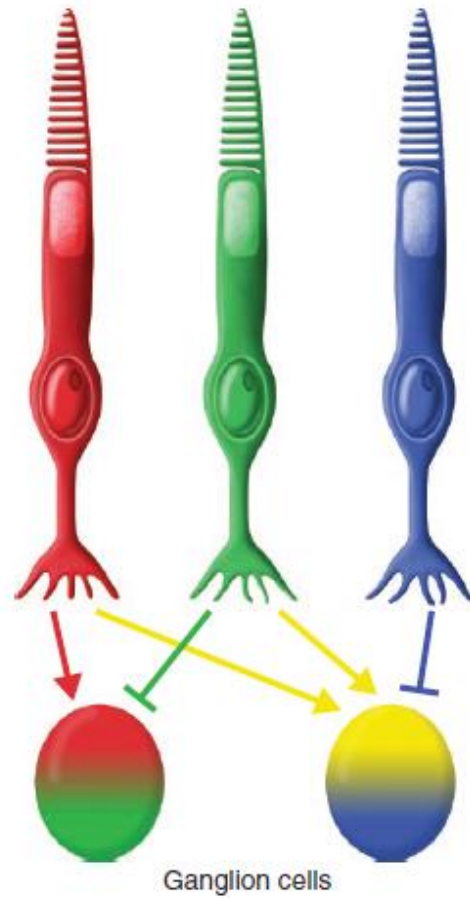
μπογιές

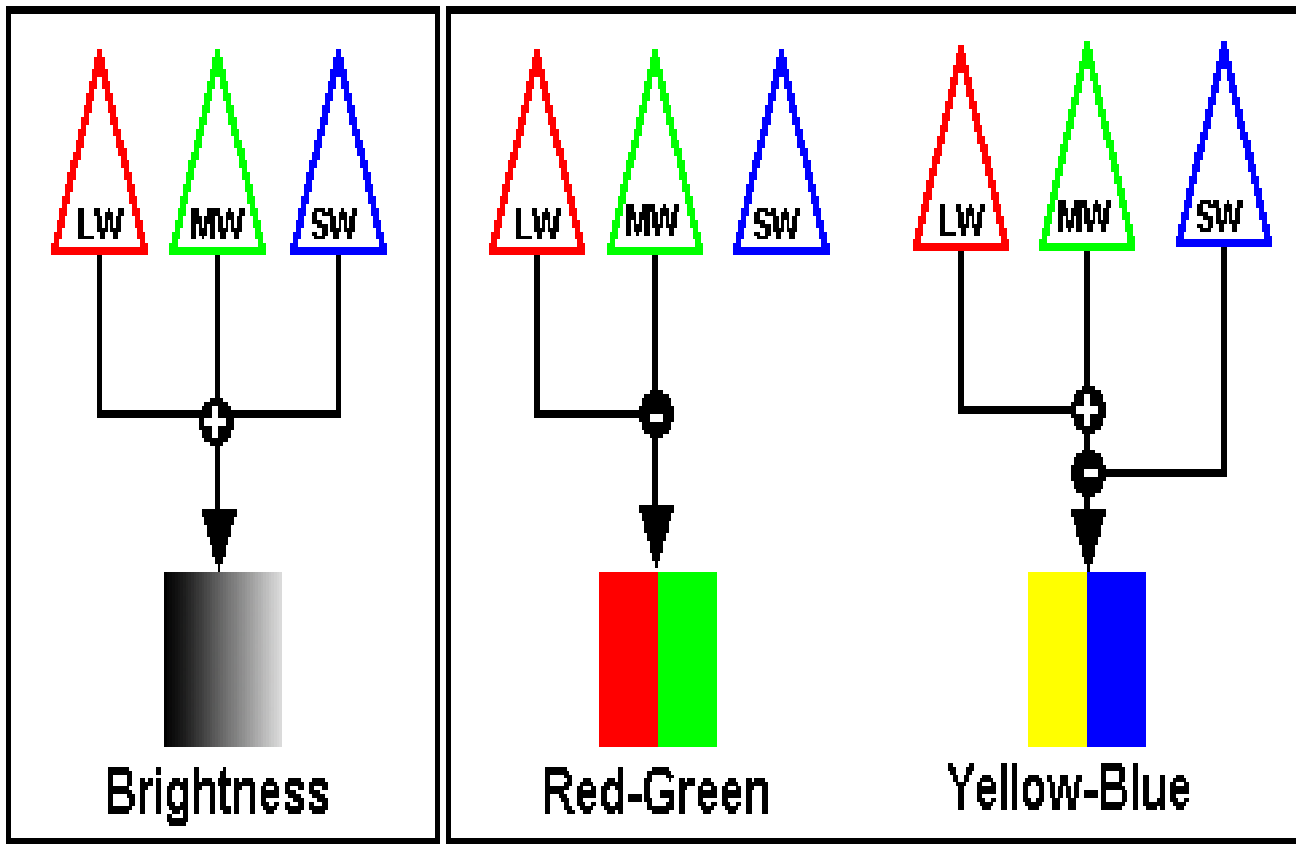
Η θεωρία της ανταγωνιστικής (αντίθετης) επεξεργασίας

Όταν κοιτάζετε το κόκκινο για πολύ θα δείτε ένα πράσινο **μετείκασμα** (*afterimage*), κλπ. Κατά την παρατεταμένη έκθεση σε κόκκινο φως, ένα ειδικό δίπολο κύτταρο μπορεί να υποστεί παρατεταμένη διέγερση. Όταν το κόκκινο φως απομακρυνθεί, το κύτταρο υπερπολώνεται και οι πληροφορίες που στέλνει εκλαμβάνονται σαν πράσινο.



Η θεωρία της ανταγωνιστικής (αντίθετης) επεξεργασίας





Achromatic System

Chromatic System

Η αχρωματοψία

Έλλειψη κωνίων μεσαίου ή βραχέος μήκους κύματος (γενετικοί λόγοι).

Πιο συνήθης μορφή: διάκριση **κόκκινου-πράσινου**. Ο κόσμος φαίνεται σαν αποχρώσεις του κίτρινου και του μπλε. Τα άτομα βλέπουν το κόκκινο και το πράσινο σαν αποχρώσεις του κίτρινου. Δεν οφείλεται σε έλλειψη κωνίων, γιατί η διακριτική τους ικανότητα είναι φυσιολογική. Τα κόκκινα κωνία τους περιέχουν πράσινη οψίνη.

Άλλα άτομα επίσης μπερδεύουν το **κόκκινο-πράσινο** και έχουν φυσιολογική διακριτική ικανότητα. Τα πράσινα κωνία τους περιέχουν κόκκινη οψίνη.

Η αχρωματοψία –συν.

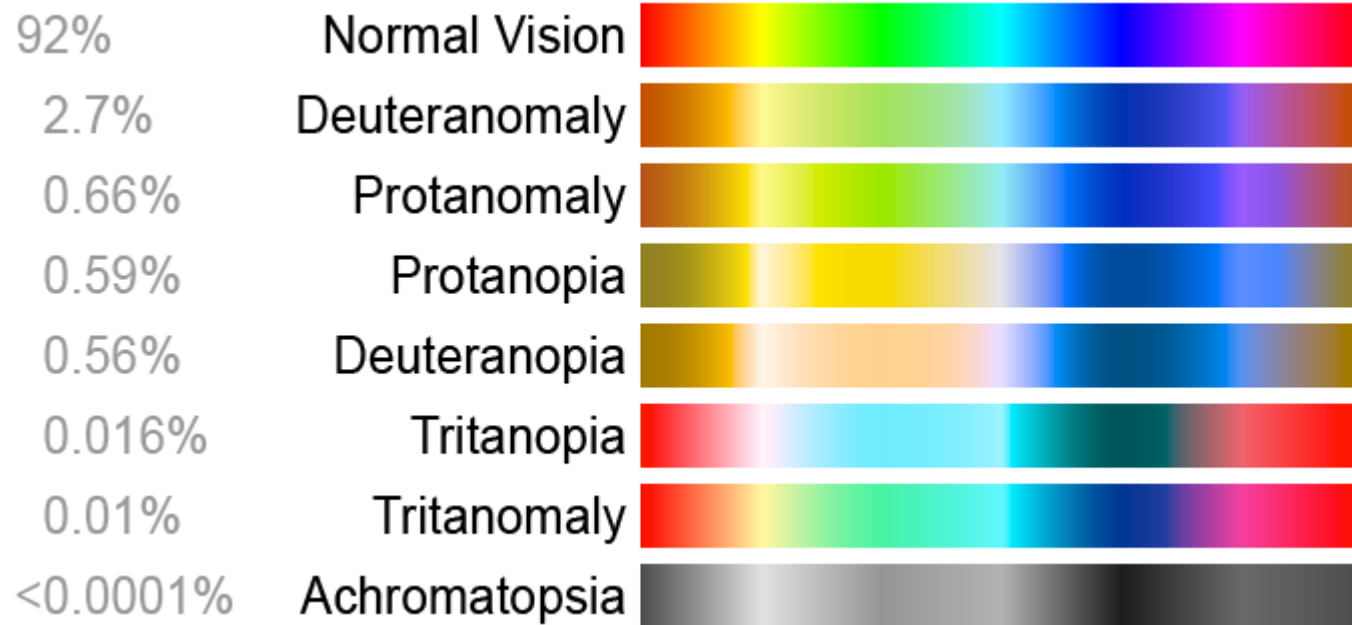
Οι δύο αυτές μορφές έχουν να κάνουν με υπολειπόμενα γονίδια που βρίσκονται στο χρωμόσωμα Χ.

Υπάρχουν σε μεγαλύτερο ποσοστό στους άνδρες διότι αυτοί έχουν ένα χρωμόσωμα Χ (8% έναντι 1%).

Η 3η μορφή είναι πολύ σπάνια και δεν έχει να κάνει με γονίδιο του χρωμοσώματος Χ. Δεν υπάρχουν **μπλε κωνία**. Ο κόσμος φαίνεται σαν αποχρώσεις του πράσινου και κόκκινου. Ο ουρανός φαίνεται πράσινος και το κίτρινο φαίνεται ροζ. Η διακριτική ικανότητα δεν επηρεάζεται διότι ο αμφιβληστροειδής περιέχει λίγα μπλε κωνία.

Μπορεί να υπάρχει έλλειψη δύο ειδών κωνίων.

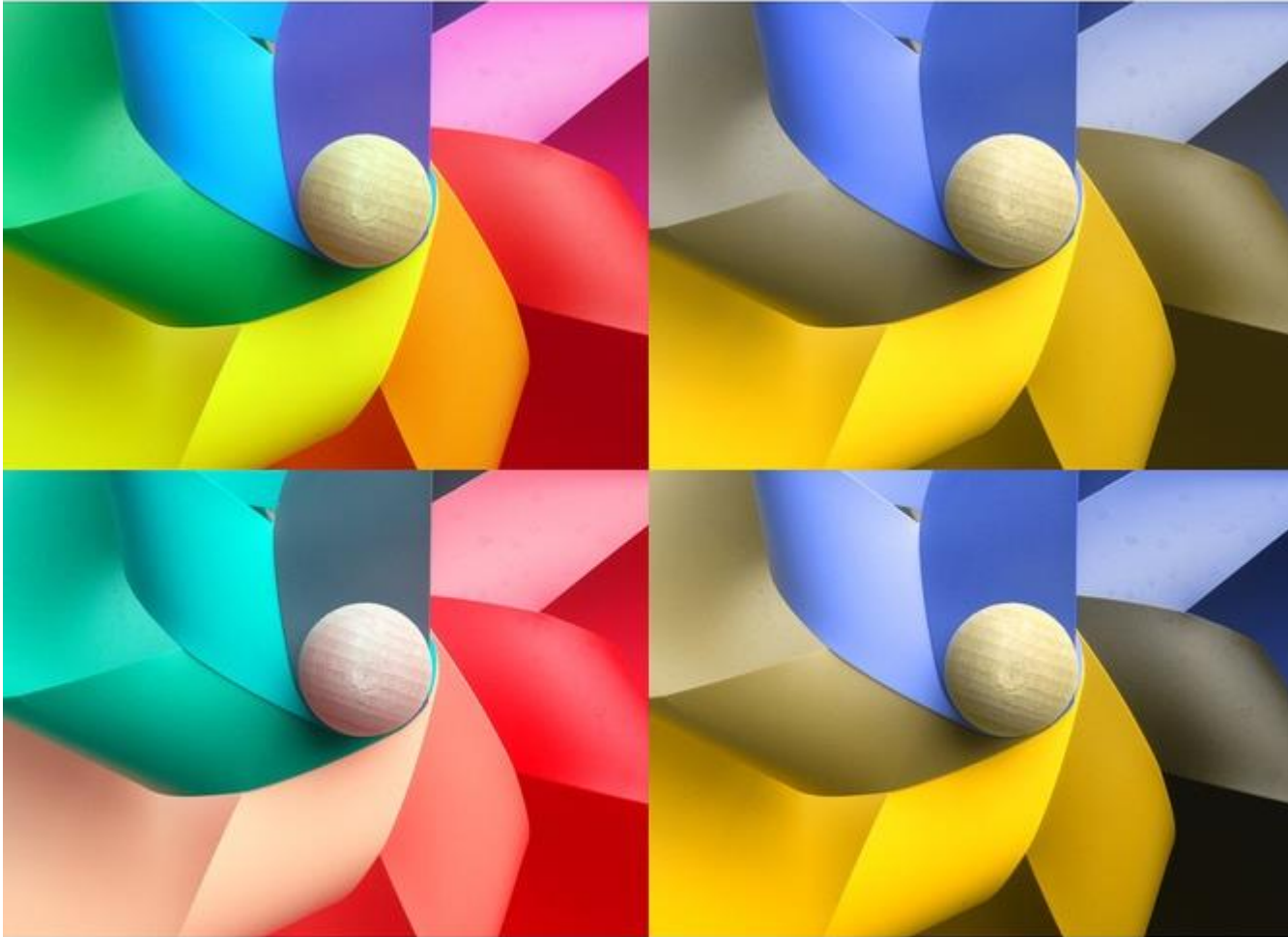
Είδη αχρωματοψίας



Είδη αχρωματοψίας

"normal" color vision

green-blindness (deuteranopia)



blue-blindness (tritanopia)

red-blindness (protanopia)

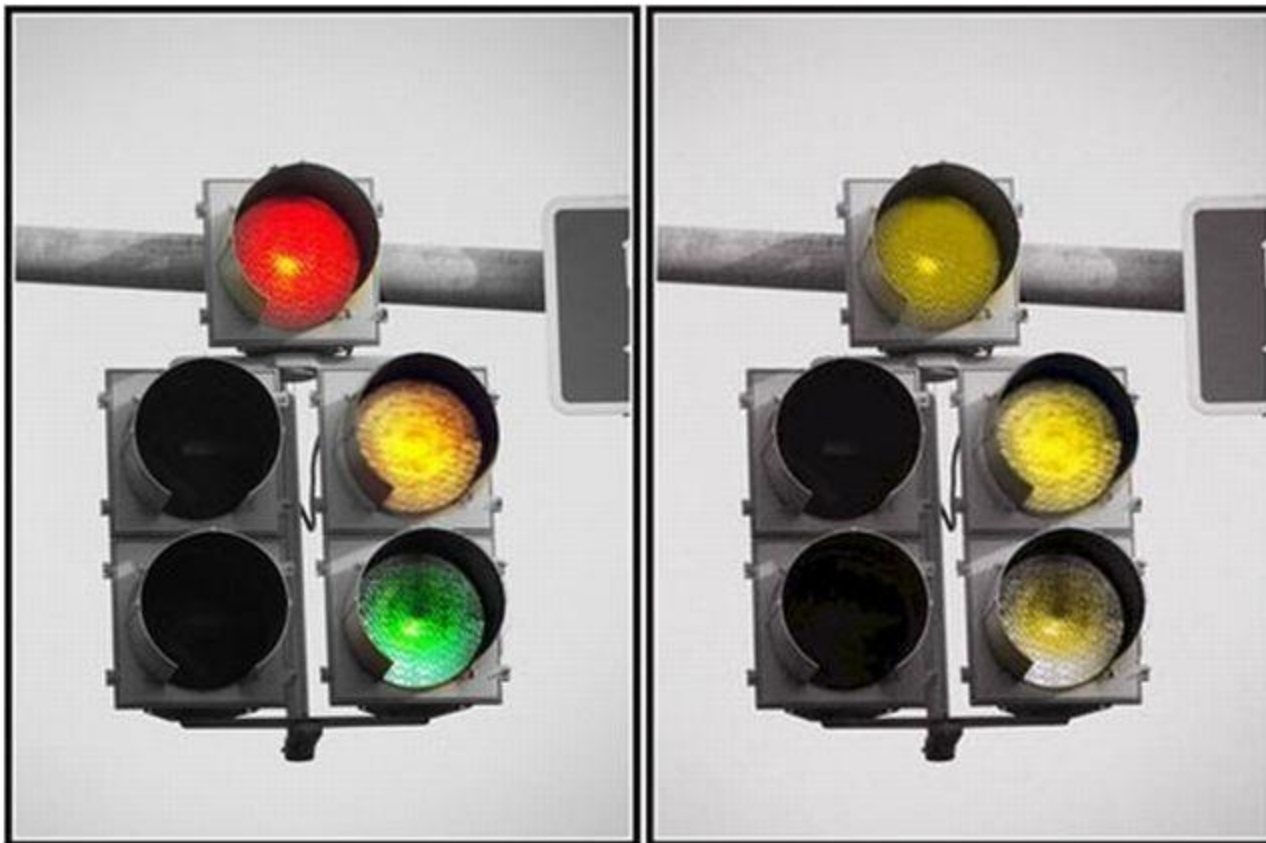
Tritanopia



Το Ishihara τεστ αχρωματοψίας

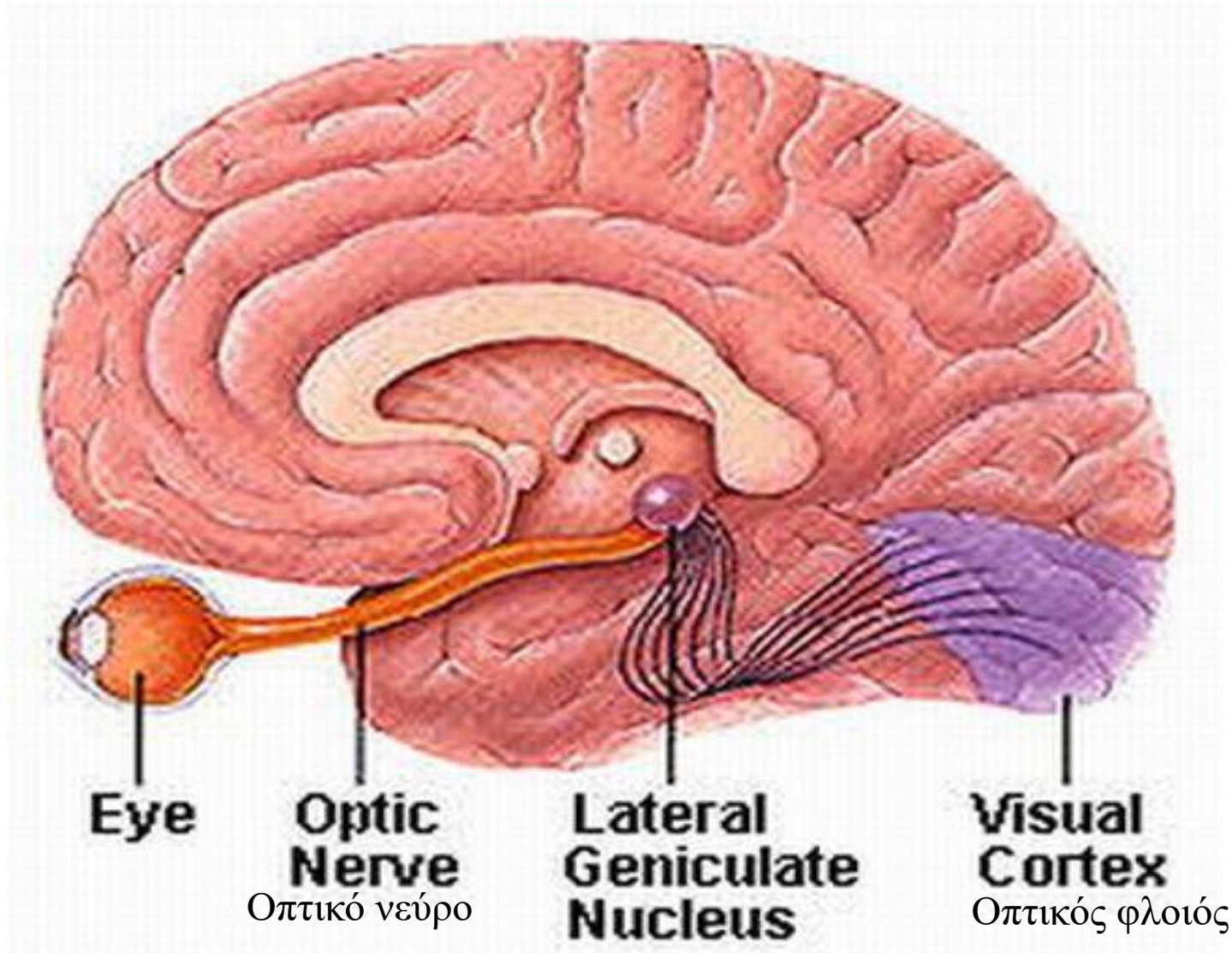


Αχρωματοψία



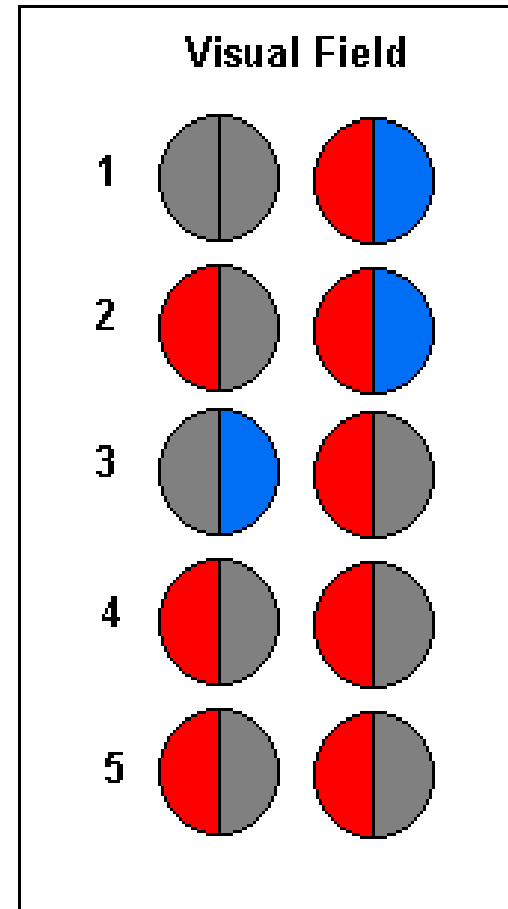
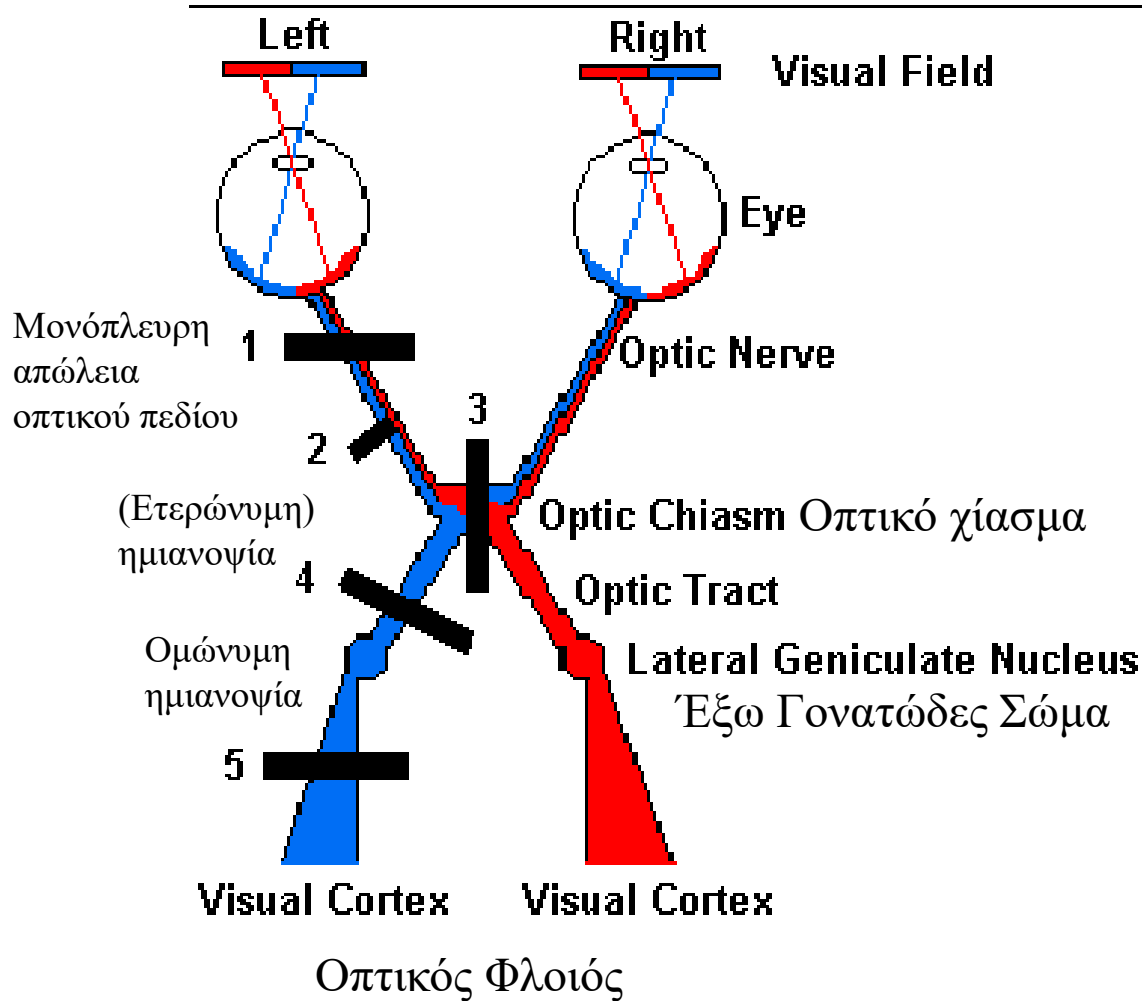
Οι οπτικές οδοί

Οπτικές οδοί

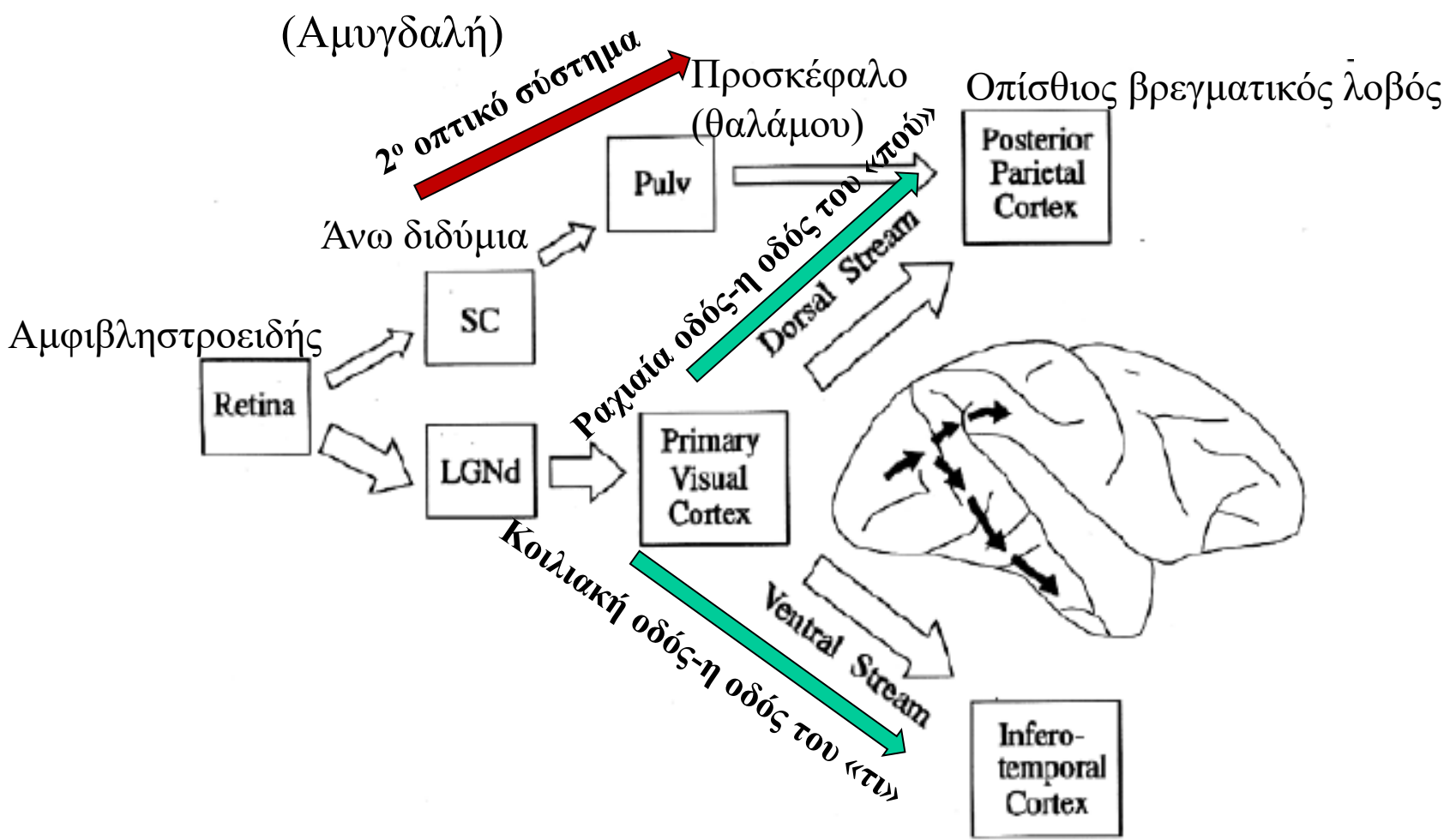


Έξω Γονατώδες Σώμα
(θάλαμος)

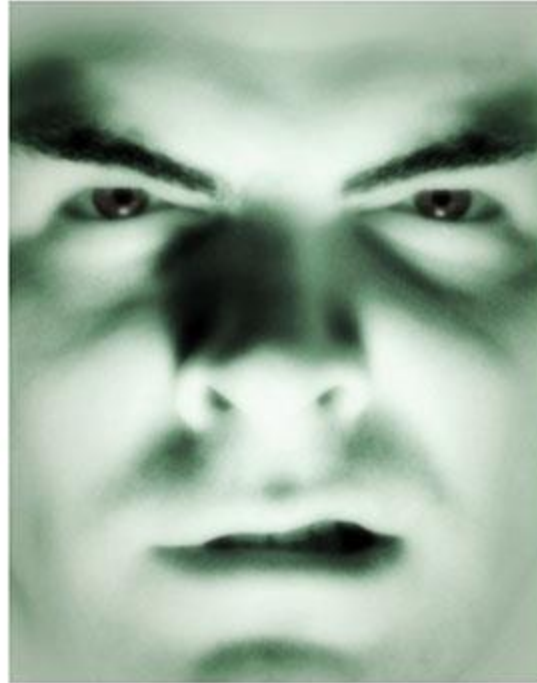
Βλάβες οπτικού πεδίου



Τυφλή όραση



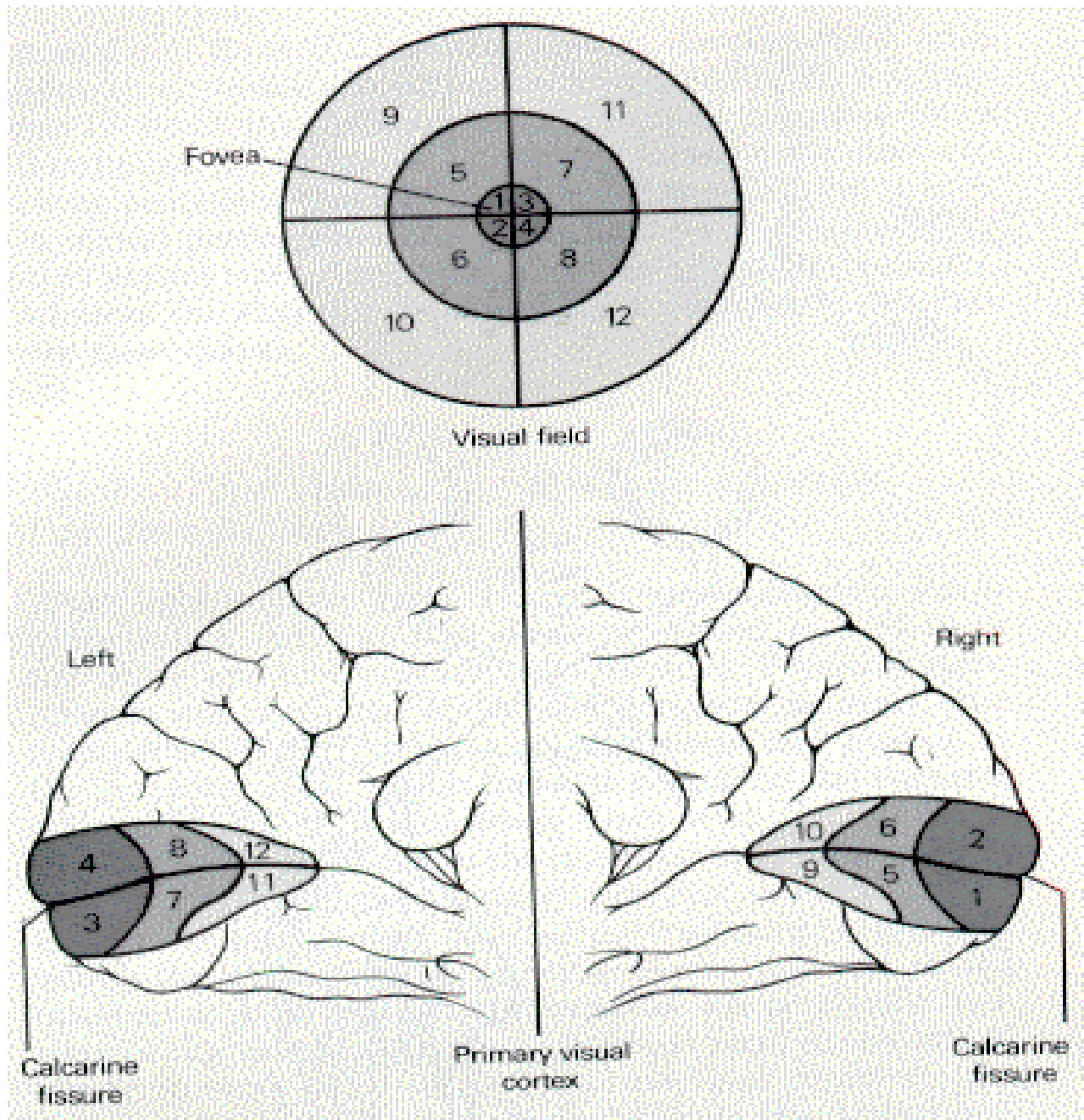
Τυφλή όραση



Τυφλή όραση

- Απουσία οπτικού φλοιού
- Μη συνειδητή όραση
- Αποφυγή αντικειμένων
- Μη συνειδητή συναισθηματική αντίδραση

Το οπτικό πεδίο



Μηχανισμοί επεξεργασίας οπτικού συστήματος

- Αμφιβληστροειδής χιτώνας: 6 εκατομμ. κωνία, 120 εκατομμ. ραβδία
- Δεν χρειαζόμαστε πληροφορίες από 126 εκατομμ. σημεία
- Σημαντικές πληροφορίες: όρια αντικειμένων, κίνηση
- Σύγκριση ενός τμήματος του αμφιβληστροειδούς χιτώνα με ένα άλλο

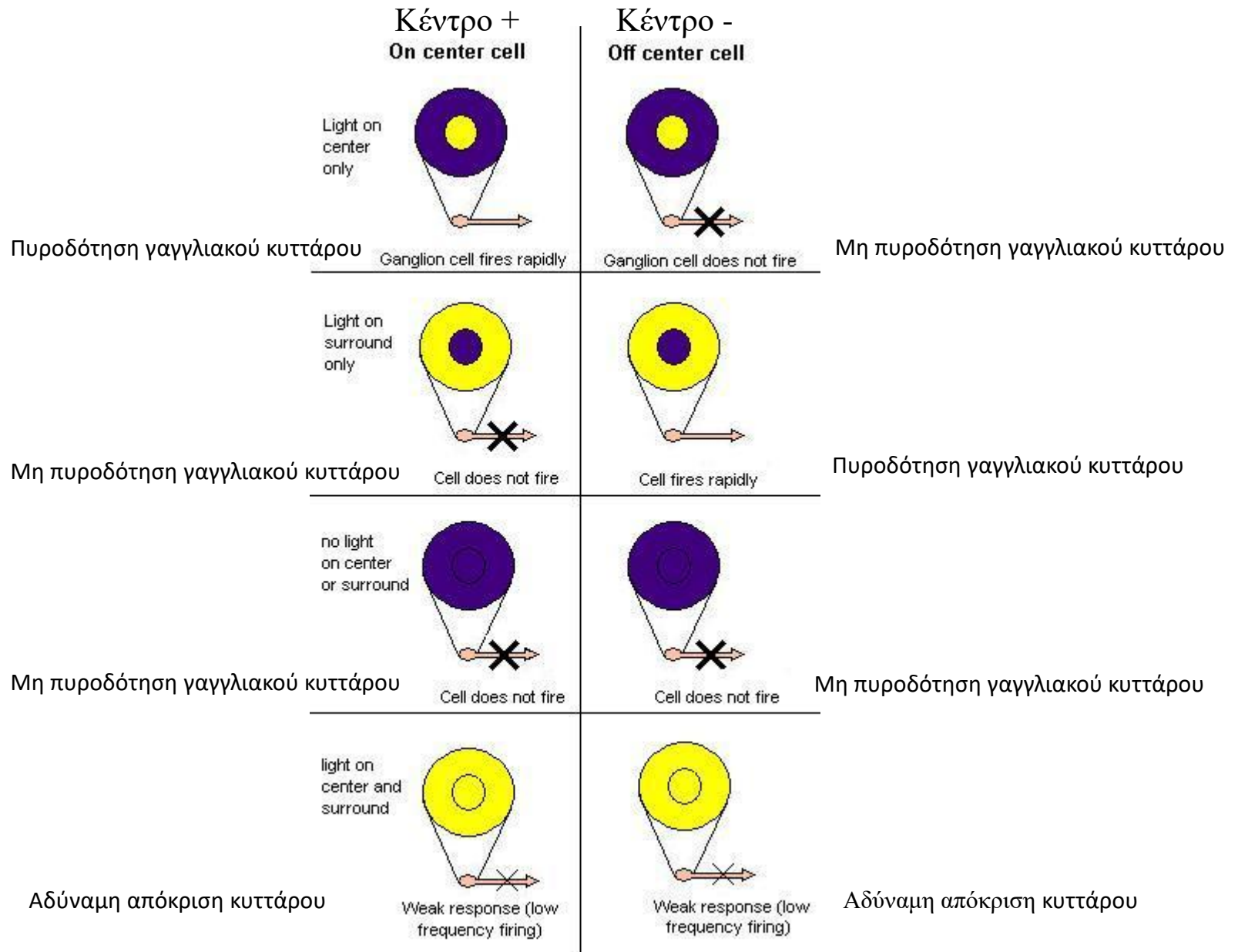
Υποδεκτικά πεδία

- Υποδεκτικό πεδίο νευρώνα: το τμήμα του αμφιβληστροειδούς που επηρεάζει τη δραστηριότητα του νευρώνα όταν προσπέσει κάποιο φωτεινό ερέθισμα.
- Π.χ., υποδεκτικό πεδίο γαγγλιακού κυττάρου, ή κυττάρου φλοιού: το τμήμα του αμφιβληστροειδούς όπου οι υποδοχείς διεγείρουν τα διάφορα κύτταρα, μέχρις ότου το μήνυμα φτάσει στο γαγγλιακό κύτταρο ή στο κύτταρο του φλοιού

Υποδεκτικά πεδία –συν.

- Περιοχή του **αμφιβληστροειδούς**
- Περιοχή του **οπτικού πεδίου**
Κάθε σημείο του αμφιβληστροειδούς δέχεται πληροφορίες από κάθε σημείο του οπτικού πεδίου (δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο)
- **Διεγερτικά** υποδεκτικά πεδία (αύξηση ρυθμού πυροδότησης του νευρώνα)
- **Ανασταλτικά** υποδεκτικά πεδία (μείωση ρυθμού πυροδότησης του νευρώνα)

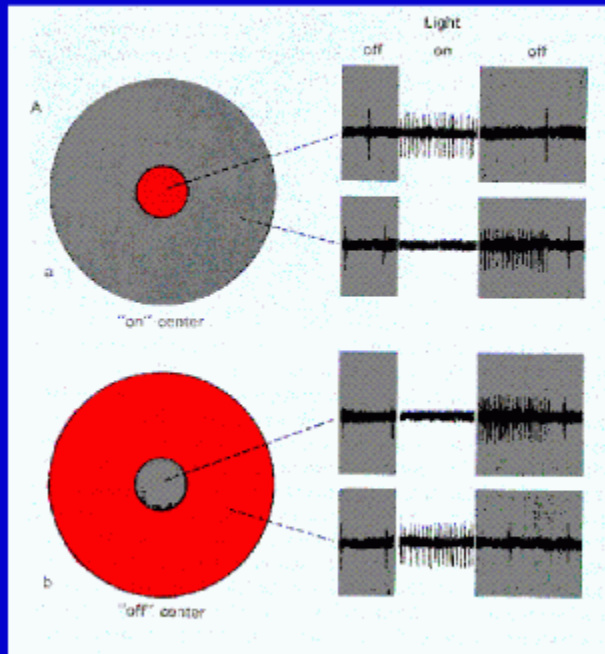
Υποδεκτικά πεδία –συν.



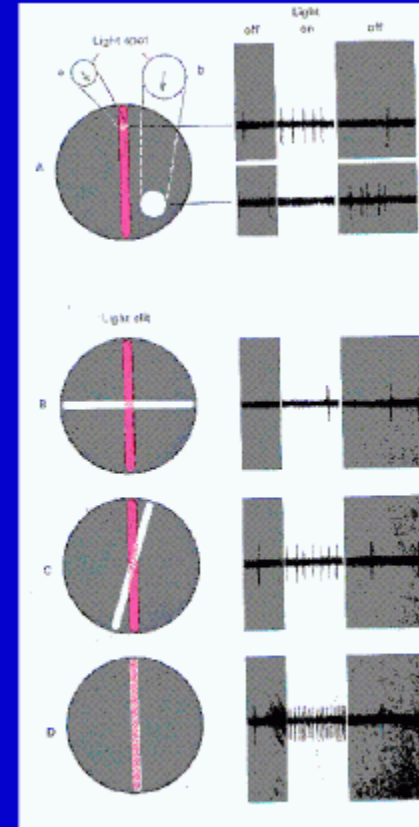
Υποδεκτικά πεδία –συν.

Biological Visual Filters

Βιολογικά Οπτικά Φίλτρα



Center-surround
Κέντρο-περίμετρος



Orientation selective
Επιλεκτικά προς τον προσανατολισμό

Πλάγια (πλευρική) αναστολή

- Μείωση της δραστηριότητας ενός νευρώνα λόγω της δραστηριότητας ενός άλλου νευρώνα
- Ενισχύει την ενίσχυση της αντίθεσης της φωτεινότητας στα όρια των σχημάτων
- Απροσδόκητα αποτελέσματα

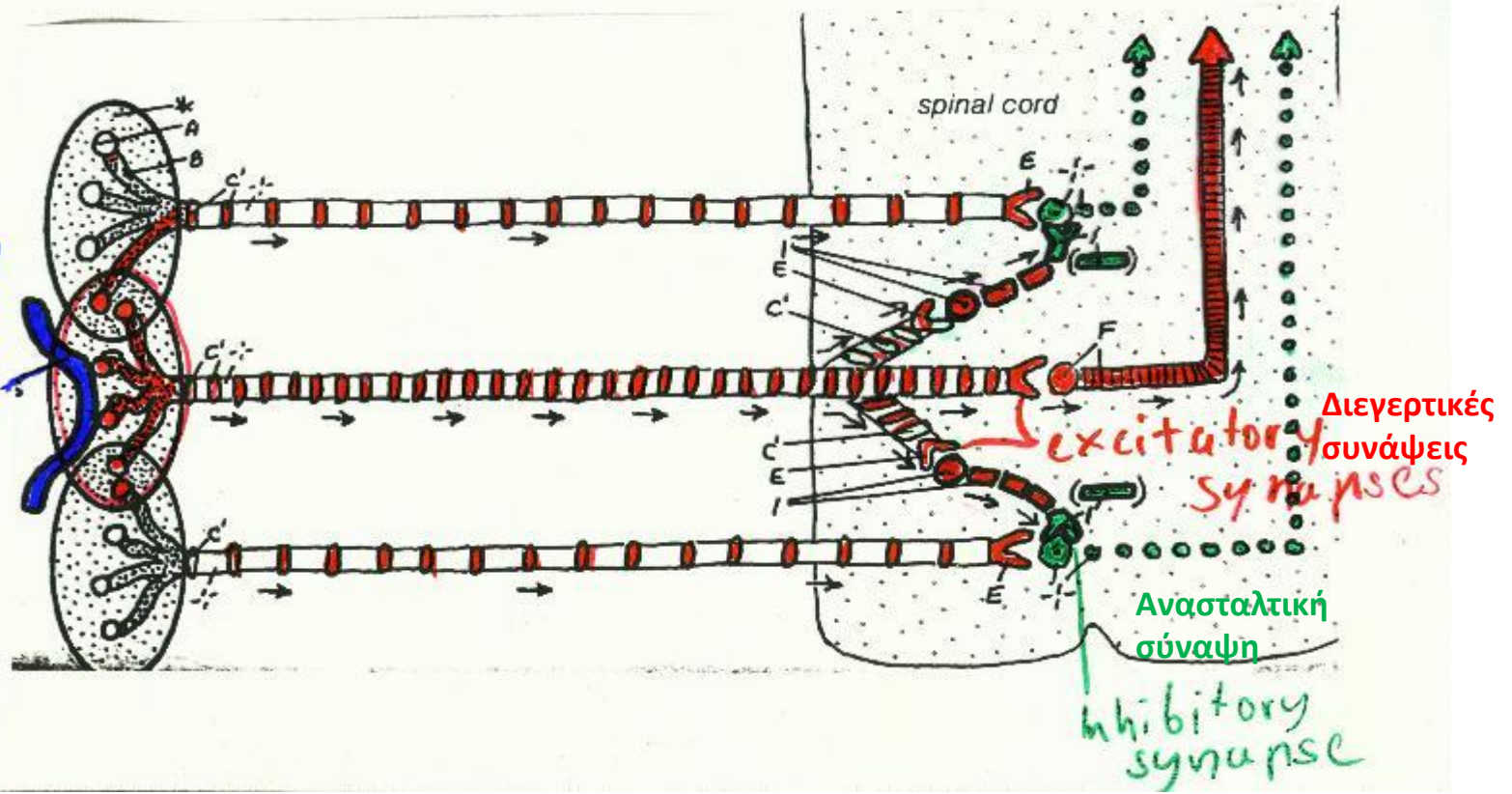
Πλάγια αναστολή



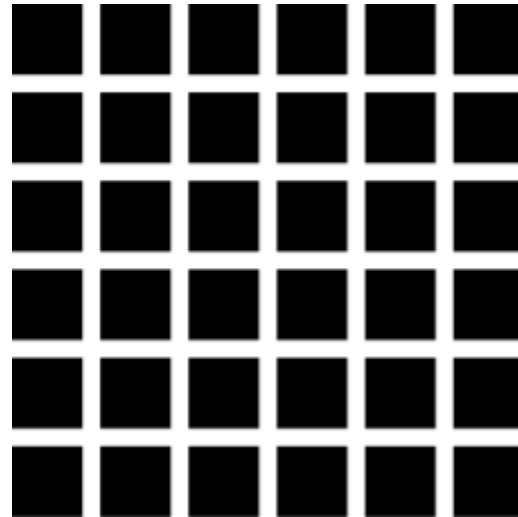
Lateral Inhibition

Ερέθισμα

stimulus



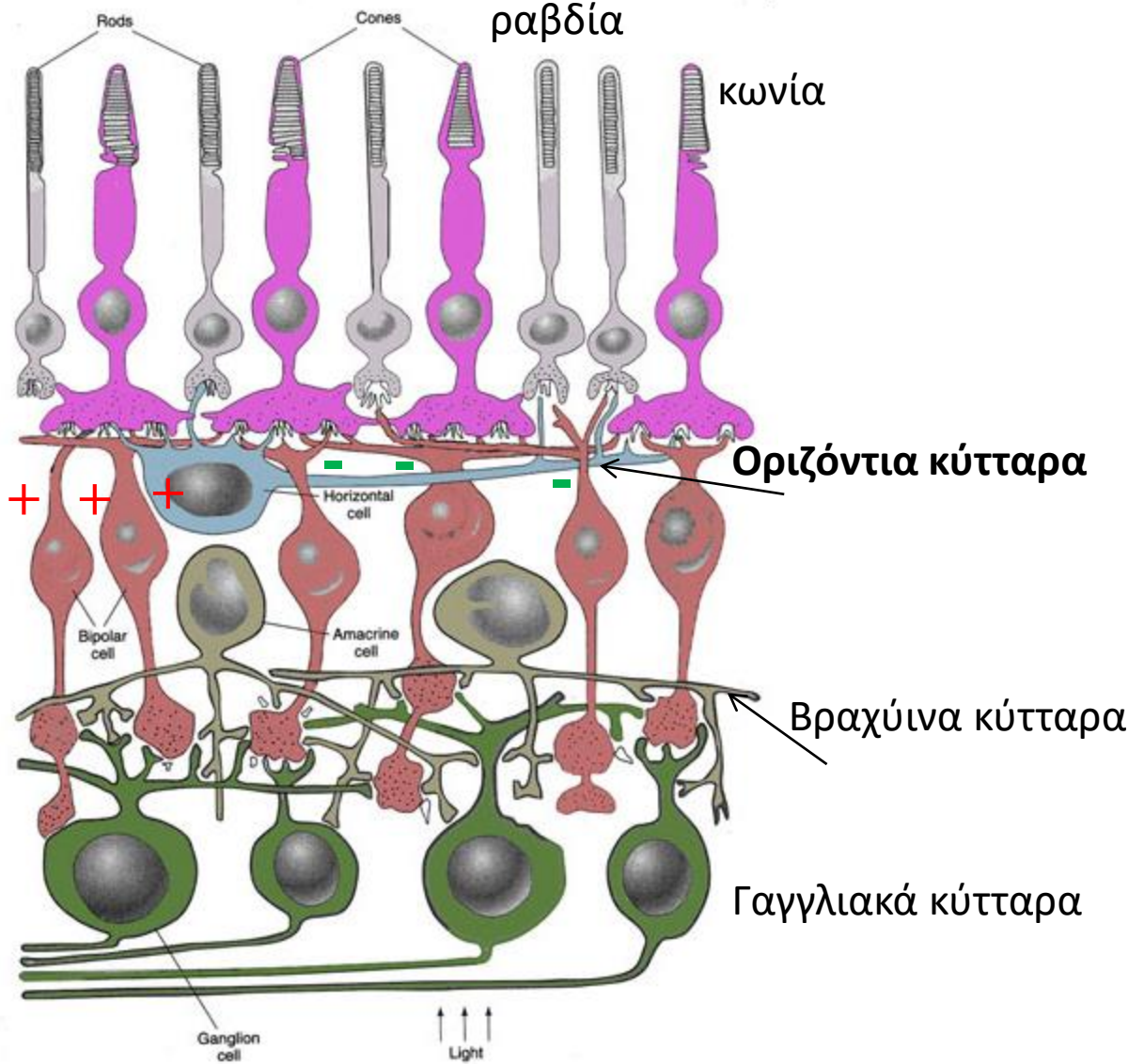
Η οπτική πλάνη πλέγματος του Hermann



Μηχανισμός

Κάθε φωτοϋποδοχέας **διεγείρει** δύο ή περισσότερα δίπολα κύτταρα. **Διεγείρει** επίσης ένα οριζόντιο κύτταρο. Το οριζόντιο κύτταρο αναστέλλει κάπως το δίπολο κύτταρο και **αναστέλλει** τα γειτονικά δίπολα κύτταρα (πλάγια αναστολή).

Το τελικό αποτέλεσμα της διέγερσης και της σχετικής αναστολής είναι η διέγερση του δίπολου κυττάρου που έχει διεγερθεί από τον φωτοϋποδοχέα και η αναστολή των γειτονικών δίπολων κυττάρων.

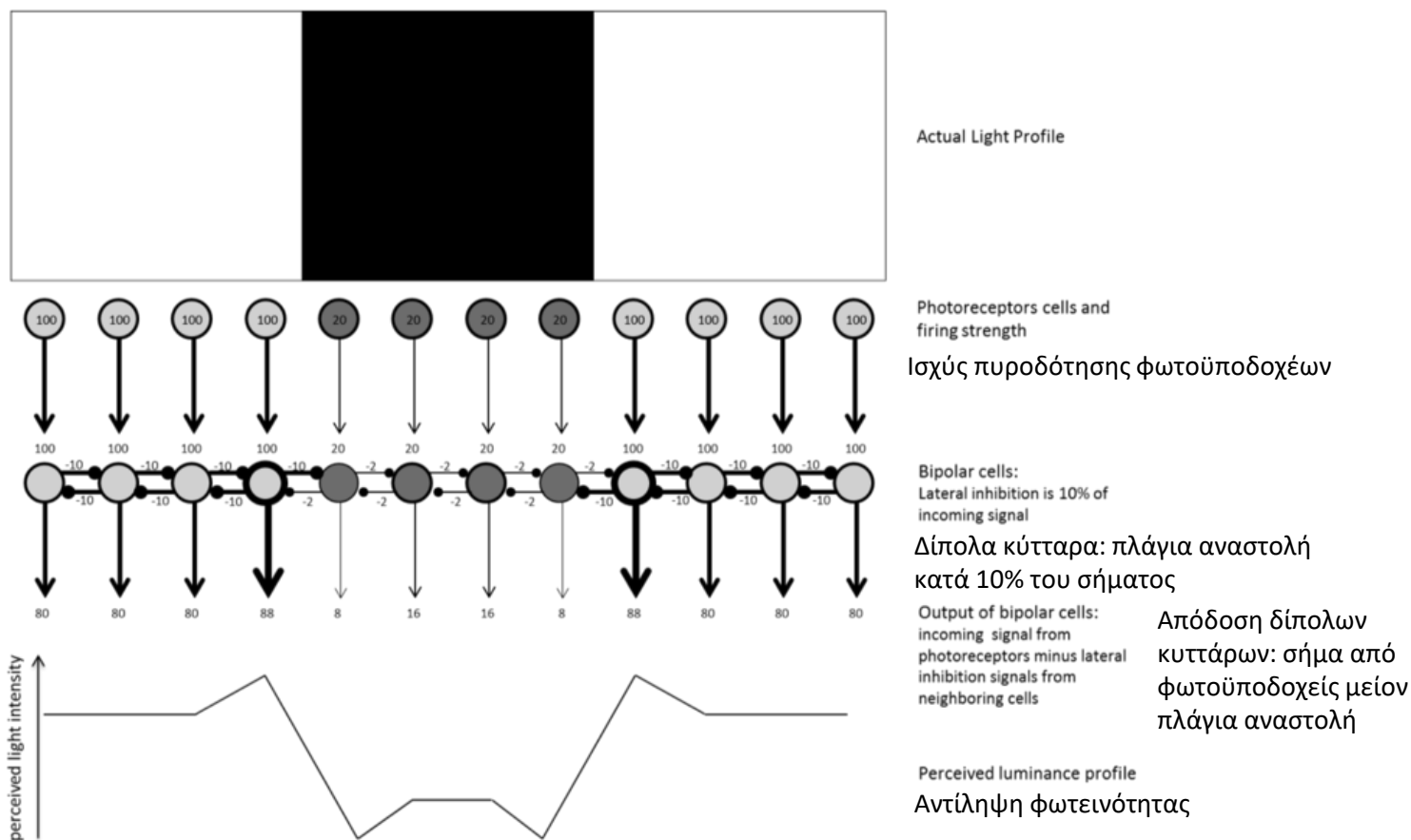


Ίνες οπτικού νεύρου

Φως

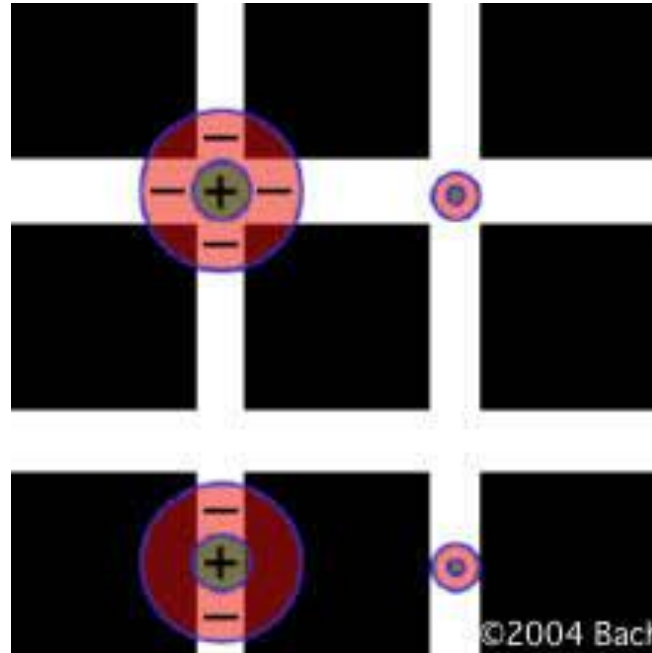
Μηχανισμός –συν.

Τα κύτταρα στο εξωτερικό του τετραγώνου δέχονται μεγαλύτερη διέγερση



Μηχανισμός –συν.

Η πλάγια αναστολή είναι μεγαλύτερη στη διασταύρωση από ότι στο μέσο της άσπρης γραμμής



Τα υποδεκτικά πεδία στην κεντρική όραση είναι μικρότερα

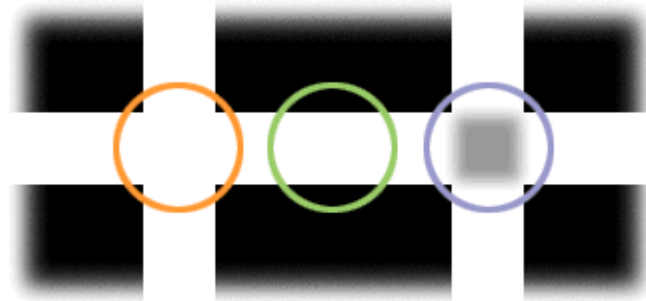
Εστίαση στο κέντρο: απουσία οπτικής πλάνης (αλλά παρουσία στις πλαϊνές διασταυρώσεις)

Μηχανισμός –συν.

Εστίαση στο πορτοκαλί: λίγη πλάγια αναστολή του κέντρου από το περιβάλλον, διότι τα υποδεκτικά πεδία των γαγγλιακών κυττάρων στο κεντρικό βοθρίο είναι μικρά, ακρίβεια στην κεντρική όραση

Πράσινο: ισορροπία μεταξύ σκοτεινών & φωτεινών σημείων, λευκό χρώμα

Μωβ: πλάγια αναστολή



Δομή υποδεκτικών πεδίων

Δίπολα κύτταρα → Γαγγλιακά κύτταρα → Έξω
Γονατώδες Σώμα → ...

Τα υποδεκτικά πεδία τους συνδυάζονται στους
διαδοχικούς σταθμούς και έτσι τα υποδεκτικά
πεδία μεγαλώνουν

Οι παράλληλες οδοί του αμφιβληστροειδούς χιτώνα στο Έξω Γονατώδες Σώμα (ΕΓΣ)

Γαγγλιακά κύτταρα:

Μικρά (κύτταρα **X**) κυρίως κοντά στο κεντρικό βοθρίο. Μικρά υποδεκτικά πεδία, χρώμα, λεπτομέρειες. Στέλνουν πληροφορίες σε μικρά κύτταρα του ΕΓΣ (μικροκυτταρικούς νευρώνες).

Μεγάλα (κύτταρα **Y**) σε όλο τον αμφιβληστροειδή. Μεγάλα υποδεκτικά πεδία. Όχι χρώμα. Αντίδραση σε κινούμενα ερεθίσματα, σύντομη αντίδραση σε στατικά ερεθίσματα.

Τα **X** & **Y** στέλνουν πληροφορίες σε μεγάλα κύτταρα του ΕΓΣ (μεγαλοκυτταρικούς νευρώνες). Αντίληψη βάθους, μεγάλων μορφών, κίνησης.

Οι παράλληλες οδοί του αμφιβληστροειδούς χιτώνα στο ΕΓΣ

Μεγαλοκυτταρική οδός: σε όλα τα θηλαστικά.
Μικρότερη διακριτική ικανότητα. Κίνηση.
Φωτεινότητα.

Μικροκυτταρική οδός: πίθηκοι, άνθρωπος. Χρώμα,
λεπτομέρεια.

Οι παράλληλες οδοί

Οπτικός φλοιός (ταινιωτός φλοιός, περιοχή **V1**):
δέχεται τον κύριο όγκο των οπτικών πληροφοριών από τον **θάλαμο**.

Δευτερογενής οπτικός φλοιός (περιοχή **V2**):
πληροφορίες από περιοχή **V1** & από τον **θάλαμο**.

Ο δευτερογενής οπτικός φλοιός στέλνει τις
πληροφορίες στις περιοχές **V3, V4, V5**, και μερικές
πίσω στην περιοχή **V1**.

Οι περιοχές αυτές υποδιαιρούνται περαιτέρω. Έχουμε
περισσότερες από 20 οπτικές περιοχές στο φλοιό.

3 παράλληλες οδοί στον φλοιό

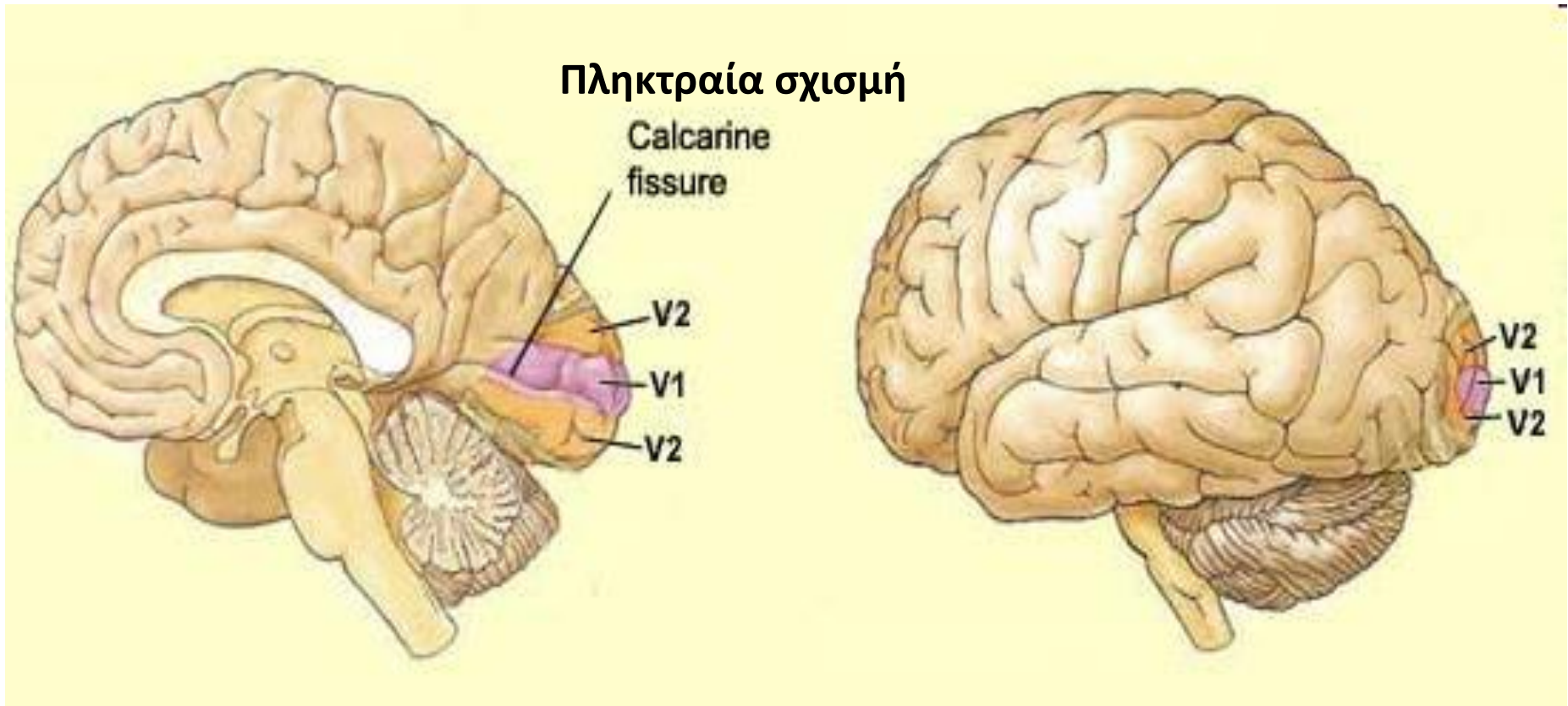
Τμήμα της μικροκυτταρικής οδού: ευαίσθητο πρωταρχικά στις **λεπτομέρειες**

Το κύριο τμήμα της μεγαλοκυτταρικής οδού: ευαίσθητο στην **κίνηση**

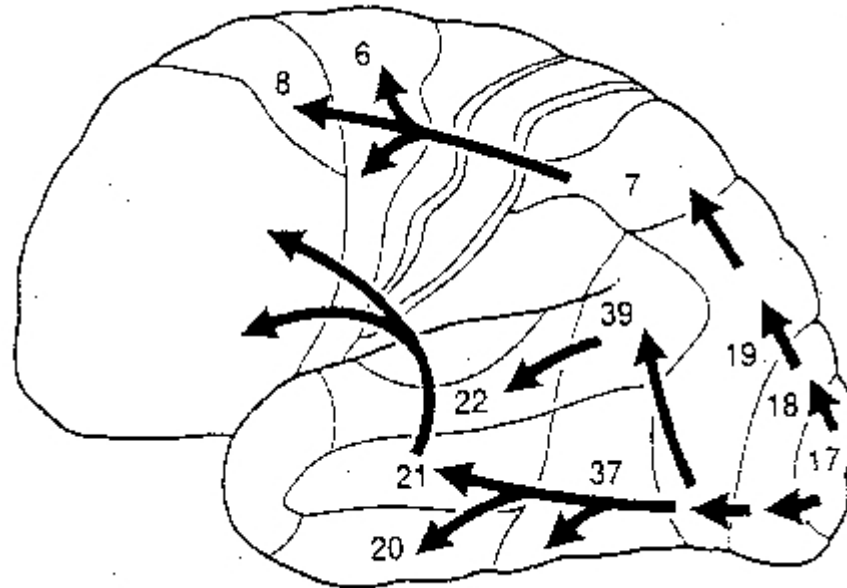
Μεγαλοκυτταρική & μικροκυτταρική οδός: ευαίσθητες στη **φωτεινότητα & στο χρώμα**

Οι μεγαλοκυτταρικοί & μικροκυτταρικοί νευρώνες δεν αλληλεπικαλύπτονται

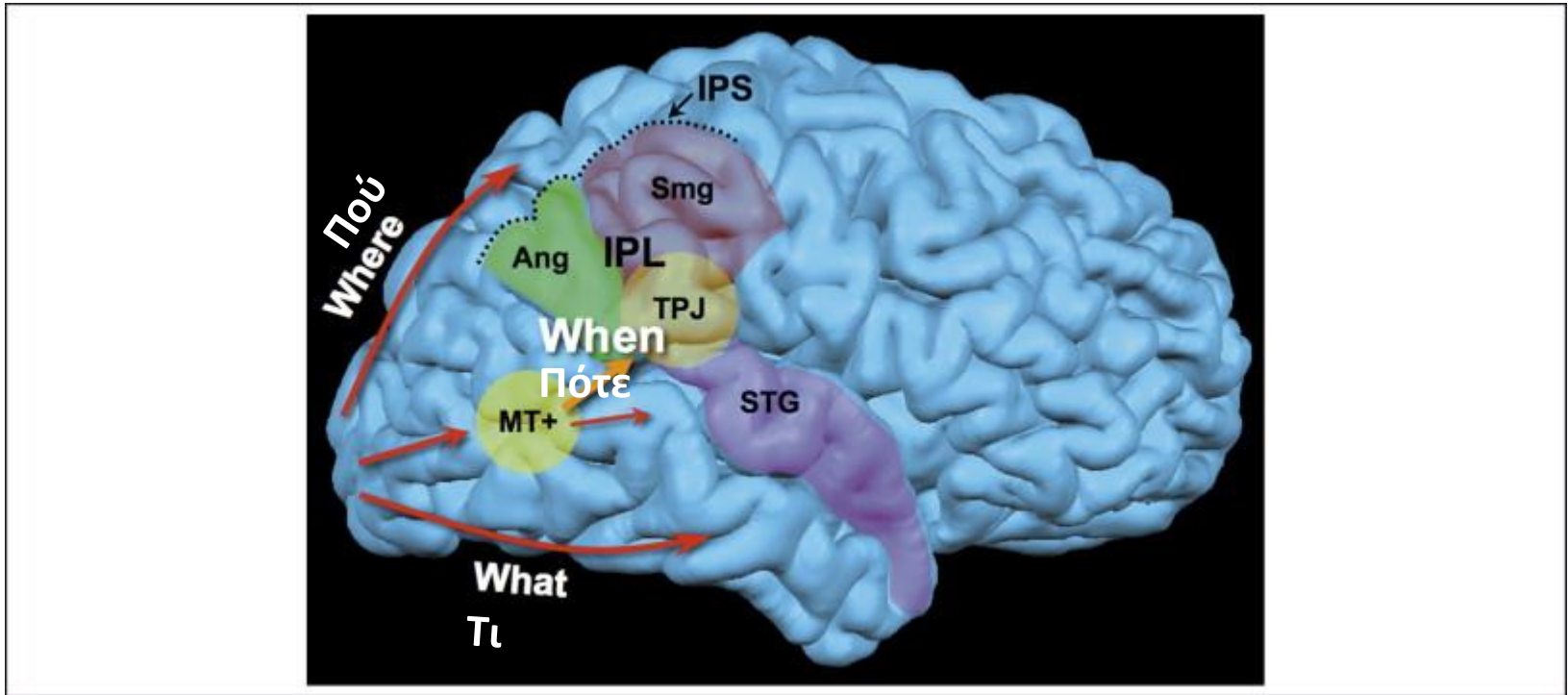
Οπτικός φλοιός



Οπτικές προβολές



Οπτικές προβολές



Αναγνώριση της μορφής

Τα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς αντιδρούν σε ορισμένου τύπου ερεθίσματα (από την καταγραφή ηλεκτρικής δραστηριότητας φλοιού)

Τα περισσότερα κύτταρα έχουν **διοφθάλμια υποδεκτικά πεδία**

Τα περισσότερα κύτταρα έχουν υποδεκτικά πεδία σχήματος **ορθογωνίου**. Λειτουργούν σαν **ανιχνευτές χαρακτηριστικών γνωρισμάτων** (*feature detectors*).

Κατηγορίες κυττάρων

- Απλά
- Σύνθετα
- Πολυσύνθετα

Απλά

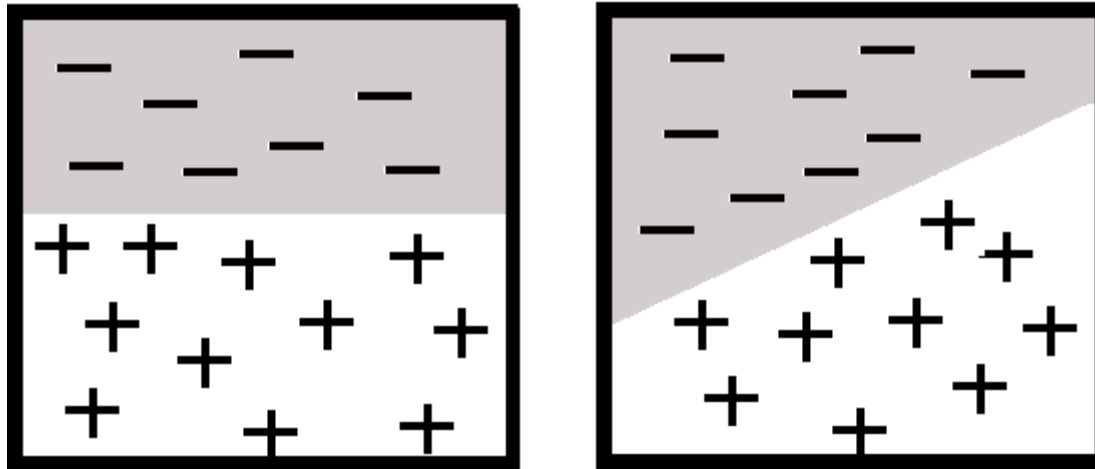
Στον κύριο οπτικό φλοιό. Διέγερση από ένα φωτεινό ερέθισμα μορφής κηλίδας σε οποιοδήποτε σημείο του **διεγερτικού** υποδεκτικού πεδίου.

Αναστολή από ένα φωτεινό ερέθισμα μορφής κηλίδας σε οποιοδήποτε σημείο του **ανασταλτικού** υποδεκτικού πεδίου.

Ο βαθμός της διέγερσης ή αναστολής είναι συνάρτηση του βαθμού του φωτός που προσπίπτει.

Απλά

Example Receptive Fields of Simple Cells



Σύνθετα

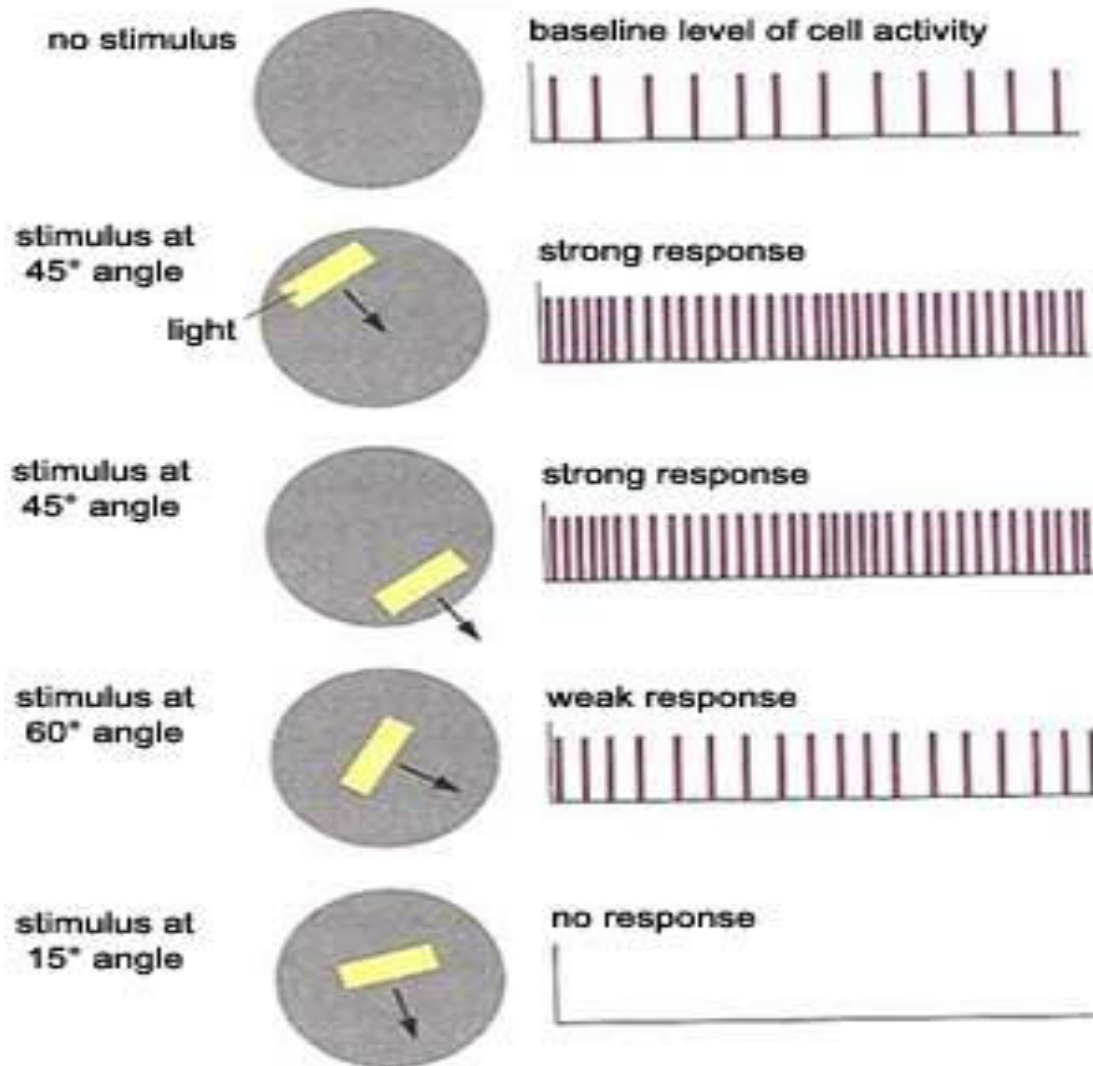
Στην περιοχή **V1** ή **V2**. Ευρύτερο υποδεκτικό πεδίο από τα απλά κύτταρα.

Δεν έχουν διεγερτικές και ανασταλτικές ζώνες.

Αντιδρούν σε πρότυπο φωτός **συγκεκριμένου προσανατολισμού**, κινούμενο κάθετα στον άξονα του κυττάρου (κάθετη ράβδος, κτλ.). Οποιοδήποτε ερέθισμα με κατάλληλο προσανατολισμό & κίνηση εντός του μεγάλου υποδεκτικού πεδίου διεγείρει το κύτταρο, **ανεξάρτητα από την ακριβή θέση του μέσα στο πεδίο**.

Σύνθετα

receptive field of
a complex cell



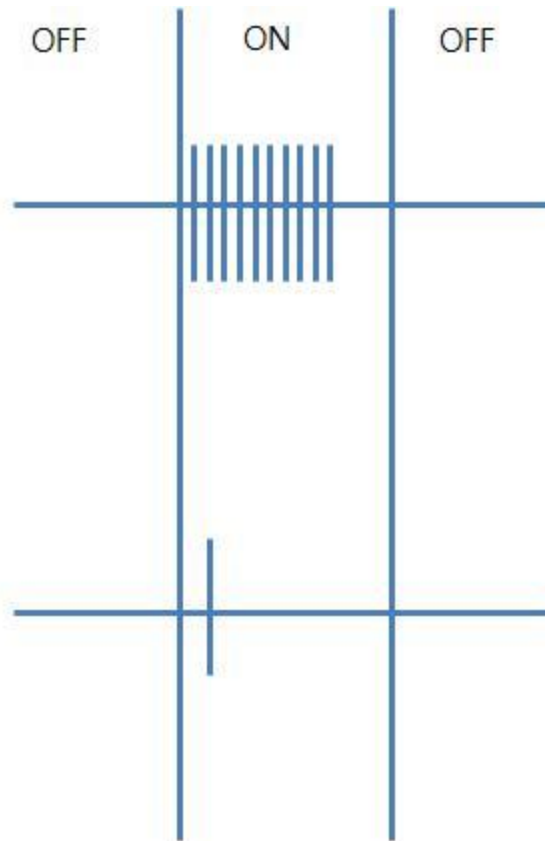
Πολυσύνθετα

Σαν τα σύνθετα αλλά με ισχυρή ανασταλτική περιοχή στο ένα άκρο του ορθογώνιου υποδεκτικού τους πεδίου.

Το ερέθισμα δεν πρέπει να εκτείνεται πέραν ενός ορισμένου σημείου.

Πολυσύνθετα

Ανασταλτική περιοχή
Inhibitory region



Στήλες

Κύτταρα με ίδιες ιδιότητες ομαδοποιούνται σε **στήλες**.

Όλα τα κύτταρα μιας στήλης αντιδρούν στα ίδια χαρακτηριστικά του ερεθίσματος (ίδιο χρώμα, πληροφορίες και από τα 2 μάτια, κτλ.).

Αντίληψη πληροφοριών από τον φλοιό

V1 (πρωτοταγής οπτικός φλοιός): αντίληψη, σχηματισμός νοερών εικόνων (πληκτραίος φλοιός)

V2: παρόμοιες ιδιότητες με V1, περιγράμματα

V4: χρωματική όραση

V5 (έσω κροταφική περιοχή): αντίληψη κίνησης

Κάτω κροταφικός φλοιός: αντίληψη μορφής

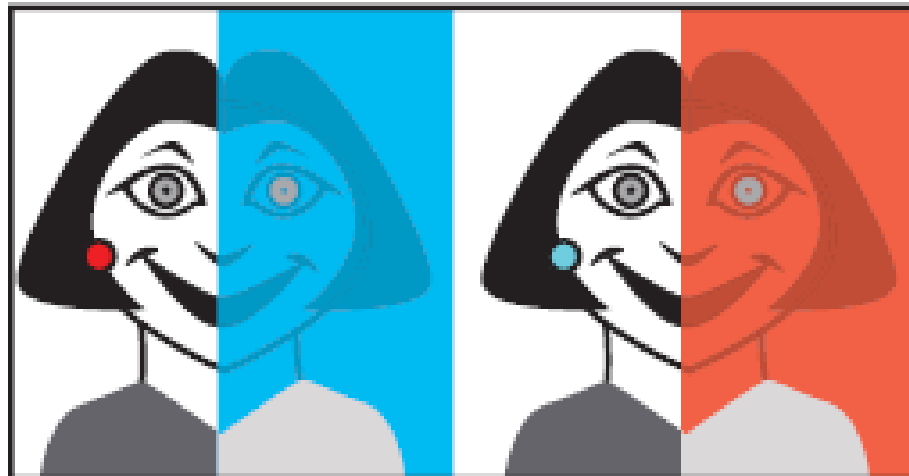
Αντίληψη χρώματος

Περιοχή V4

Υποδεκτικά πεδία: περιοχές γύρω από το κεντρικό βοθρίο.

Χρωματιστά γυαλιά ηλίου: σύγκριση των χρωμάτων με τα γειτονικά χρώματα και αφαίρεση μιας ποσότητας του χρώματος από το χρώμα του κάθε αντικειμένου.

ΤΑ ΜΑΤΙΑ ΕΙΝΑΙ ΓΚΡΙΖΑ! ΚΟΙΤΑΞΤΕ ΤΑ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΜΙΑ ΤΡΥΠΑ ΓΙΑ ΝΑ ΤΟ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΕΤΕ.



Αντίληψη χρώματος

Σταθερότητα του χρώματος

Σύμφωνα με τους Land & Zeki, η αντίληψη του χρώματος και η αντίληψη του μήκους κύματος αποτελούν δύο διαφορετικές διαστάσεις.

Η περιοχή **V4** έχει νευρώνες, των οποίων η εκπόλωση συσχετίζεται με το **φαινόμενο χρώμα** του αντικειμένου και όχι με τη σύνθεση των μηκών κύματος του φωτός που αντανακλάται.

$V1 \rightarrow V2 \rightarrow V4$

Αντίληψη κίνησης

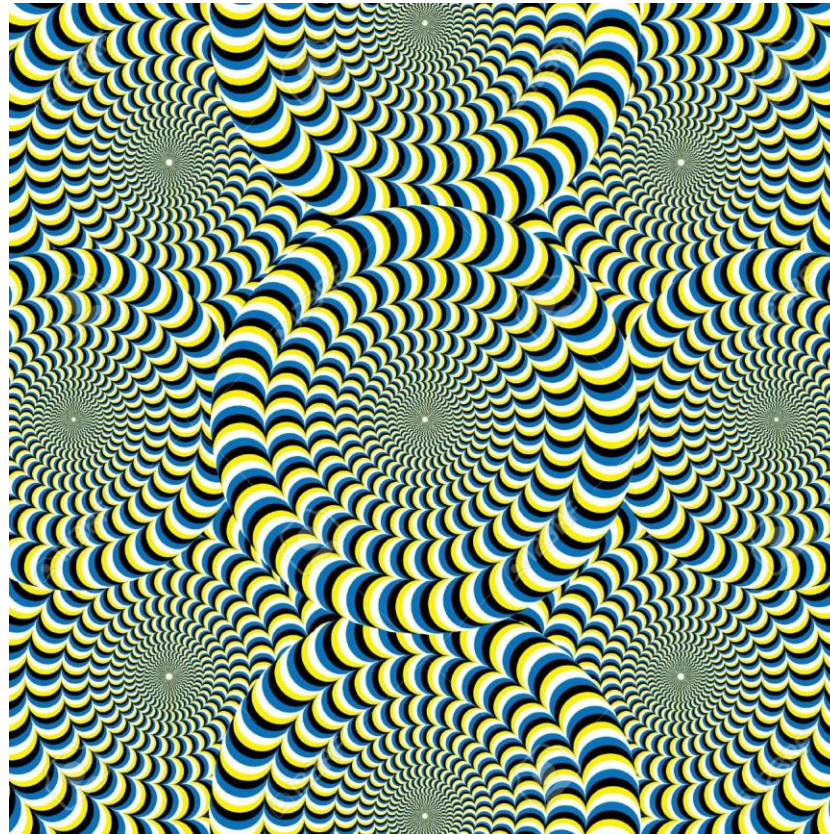
V5. Αντίδραση κυττάρων βάσει της ταχύτητας και κατεύθυνσης της κίνησης.

Ορισμένα κύτταρα αντιδρούν στην κίνηση μικρού αντικειμένου σε σχέση με τον φόντο του. Άλλα αντιδρούν στη μεγέθυνση, σμίκρυνση, περιστροφή μιας μεγάλης οπτικής εικόνας (όπως με την κίνηση του κεφαλιού).

Τα κύτταρα αυτά δεν αντιδρούν στο χρώμα.

Ακίνητοψία: αγνωσία της κίνησης. Το άτομο βλέπει εικόνες ατόμων ή αντικειμένων που εμφανίζονται σε διαφορετικά σημεία ξαφνικά.

Οπτική πλάνη κίνησης (“rotating snakes”)



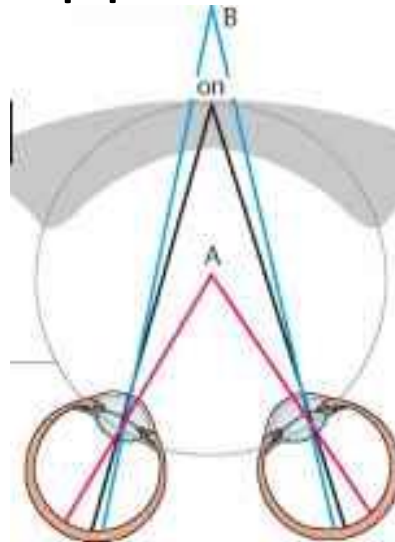
Εξήγηση: <https://www.npr.org/sections/13.7/2014/03/24/293740555/the-rotating-snakes-are-all-in-your-mind?t=1610289239784>

Αντίληψη βάθους

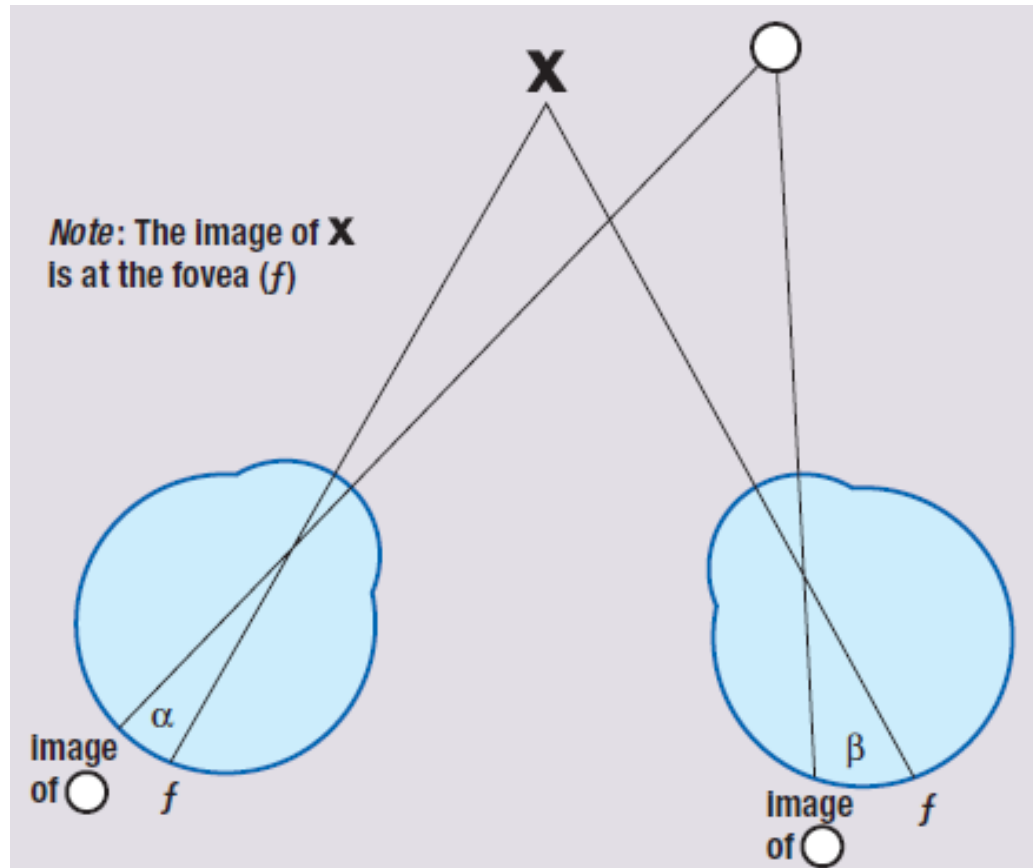
Στερεοσκοπική αντίληψη: βάσει της αντίληψης διαφορών σε αυτά που βλέπουν τα 2 μάτια.

Τα περισσότερα κύτταρα του φλοιού έχουν **διοφθάλμια υποδεκτικά πεδία**.

Ορισμένα κύτταρα της **μεγαλοκυτταρικής οδού** είναι πολύ ευαίσθητα στο βαθμό της ασυμφωνίας των πληροφοριών. Δεν ενεργοποιούνται όταν μόνο το ένα μάτι κοιτάζει κάτι.



Αντίληψη βάθους



The object X is an equal distance from each eye and is imaged on the fovea (f) of each eye. The white circle is a different distance away from the fovea in each eye (described by angles α and β).

This gives the perception of depth when fusion into one image occurs for each object in the brain, that is, each object is seen at its respective distance from the eye.

Αντίληψη βάθους

Η αντίληψη του βάθους μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς τρόπους (προοπτική, αχνή εικόνα). Όμως η στερεοσκοπική αντίληψη είναι πιο ακριβής, ιδίως για τον συντονισμό των λεπτών κινήσεων του χεριού.



Σύνθεση της αντίληψης

Ξεχωριστές οδοί του οπτικού συστήματος είναι υπεύθυνες για διαφορετικές παραμέτρους της οπτικής αντίληψης.

Η εμπειρία της οπτικής πληροφορίας ως **ενιαίας** μπορεί να οφείλεται στο ότι οι νευρώνες που διεγείρονται από το ίδιο αντικείμενο συχνά παράγουν εγκεφαλικά κύματα συχνότητας 40 Hz σε συγχρονισμό μεταξύ τους.

Διαταραχές της οπτικής αντίληψης

Οπτική αγνωσία: αδυναμία αναγνώρισης μέσω της όρασης.

Τυφλή όραση (*blindsight*): μετά από φλοιική τύφλωση (καταστροφή οπτικού φλοιού). Δεν υπάρχει συνείδηση της όρασης. Το άτομο όμως στρέφεται προς το οπτικό ερέθισμα, μπορεί να αποφύγει αντικείμενα βάσει γεμάτου – άδειου χώρου. Οπτική συμπεριφορά μέσω υποφλοιωδών περιοχών.

Δεν έχουμε επίγνωση του τυφλού σημείου του αμφιβληστροειδούς, διότι ο εγκέφαλος «καλύπτει» τα κενά. Έτσι, άτομα με απώλεια τμήματος του οπτικού πεδίου μπορεί να μην το αντιλαμβάνονται.

Διαταραχές της οπτικής αντίληψης

Προσωποαγνωσία: αδυναμία αναγνώρισης γνωστών προσώπων. Σε ορισμένες περιπτώσεις το άτομο μπορεί να διακρίνει ηλικία, φύλο. Σε άλλες, διακρίνει τμήματα του προσώπου αλλά όχι το σύνολο. Μπορεί να μη δύναται να διακρίνει το δικό του πρόσωπο. Επίσης, να μην μπορεί να σχηματίσει νοερά εικόνες προσώπων.

Δυσκολία στην αναγνώριση κατηγοριών αντικειμένων (ζώων και ιδίως προσώπων, φυτών).

Διαταραχές της οπτικής αντίληψης

Αχρωματοψία: Διαφορά από αμφιβληστροειδική αχρωματοψία: Το άτομο μπορεί να διακρίνει διαφορετικά μήκη κύματος (σαν αποχρώσεις του γκριζου), διότι διαθέτει φωτοϋποδοχείς ευαίσθητους στο μήκος κύματος στον οφθαλμό. Δεν μπορεί όμως να μεταφράσει το μήκος κύματος σε χρώμα. Επίσης, δεν υπάρχει χρωματική σταθερότητα του γκρι: διαφορετικά φίλτρα άλλαζαν σημαντικά την κλίμακα των χρωμάτων.

Μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα μπορεί να επέλθει απώλεια της μνήμης του χρώματος.

Η νευροβιολογία της ομορφιάς

<https://www.youtube.com/watch?v=NlzanAwORP4>

