



Νευροφυσιολογία και Αισθήσεις

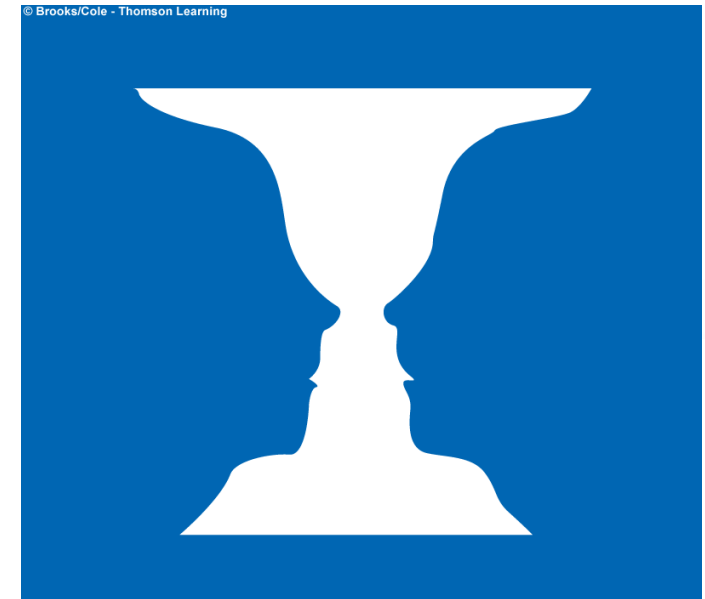
Διάλεξη 10 The Eye (Το Μάτι)



- **Αίσθηση (Sensation) ≠ Αντίληψη (Perception)**

- **Αντίληψη (Perception)**

- Η συνειδητή μας ερμηνεία (conscious interpretation) του φυσικού κόσμου
- Ερμηνεία των αισθήσεων
- Δεν είναι το ίδιο με την πραγματικότητα
 - Τα αισθητήρια όργανα μας αισθάνονται μόνο συγκεκριμένες μορφές/περιοχές ενέργειας
 - Οι πληροφορίες φτάνουν στον εγκέφαλο τροποποιημένες
 - Ο εγκέφαλος ερμηνεύει τις πληροφορίες και πολλές φορές τις παραποιεί (προσθέτοντας ή αγνοώντας χαρακτηριστικά) για να βγάλει συμπεράσματα
 - Η ερμηνεία επηρεάζεται από κοινωνικές, πολιτιστικές, και προσωπικές εμπειρίες

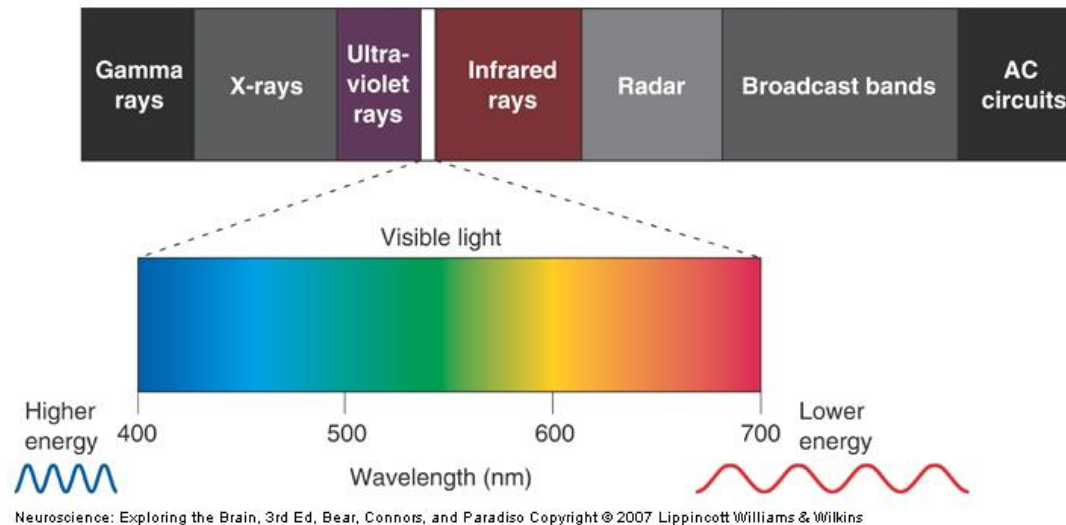
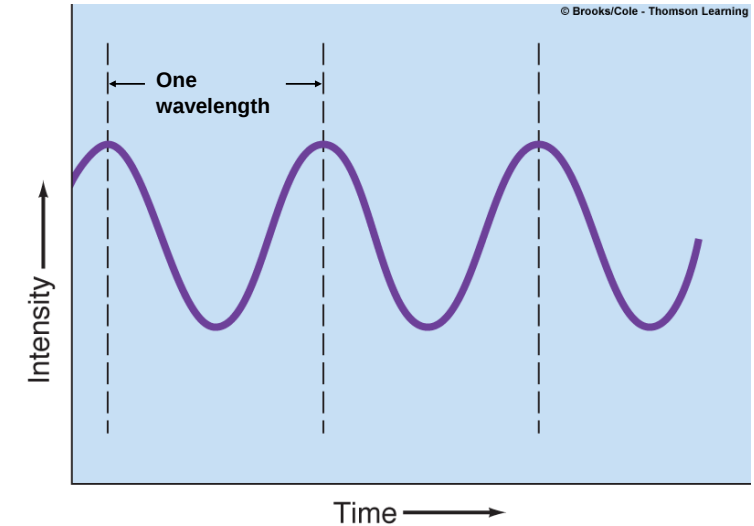


Ιδιότητες του φωτός

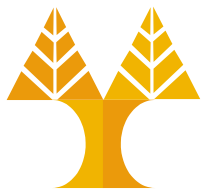


• Φως

- Μήκος Κύματος (Wavelength) → color
- Ένταση
- Οι φωτοϋποδοχείς (Photoreceptors) “βλέπουν” μόνο ένα μικρό εύρος μηκών κύματος → ορατό φως (visible light)
- Θερμά Χρώματα (Hot colors): Πορτοκαλί, κόκκινο
- Κρύα Χρώματα (Cool colors): Μπλε, λιλά

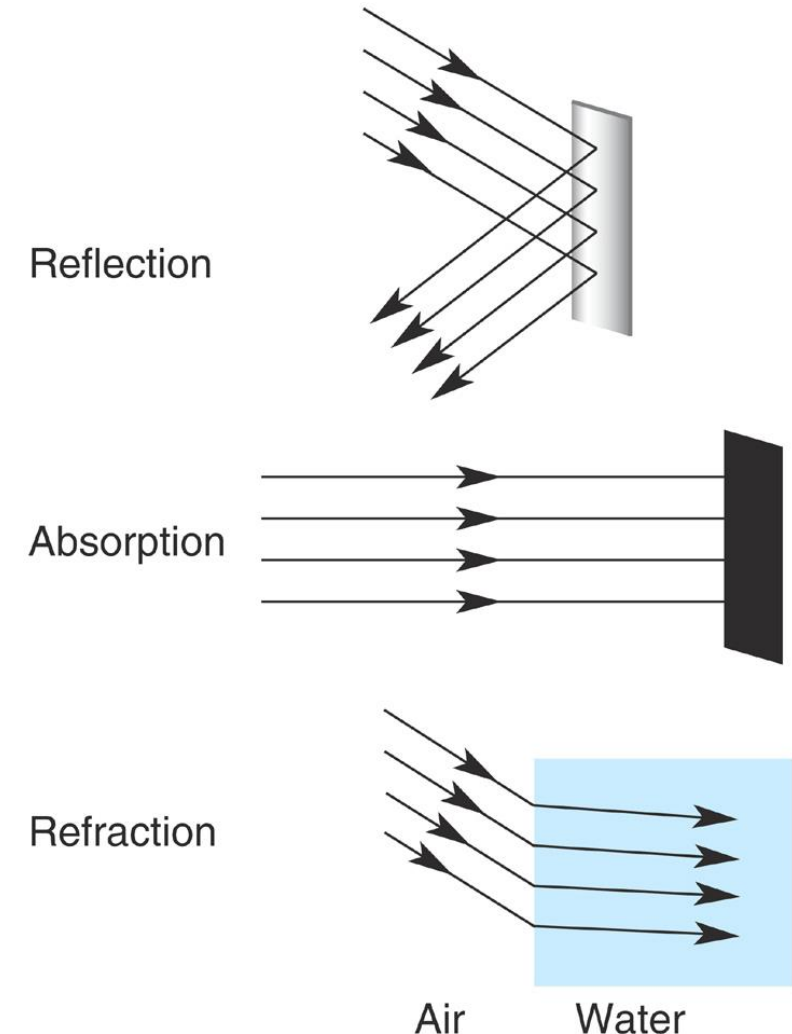


Ιδιότητες του φωτός



• Οπτική

- Μελέτη των ακτινών φωτός και της διάδοσής τους
 - Ανάκλαση (Reflection)
 - Αλλαγή της κατεύθυνσης από λεία επιφάνεια
 - Απορρόφηση (Absorption)
 - Μεταφορά της ενέργειας σε σωματίδια ή επιφάνεια
 - Διάθλαση (Refraction)
 - Αλλαγή της κατεύθυνσης από ένα υλικό σε άλλο

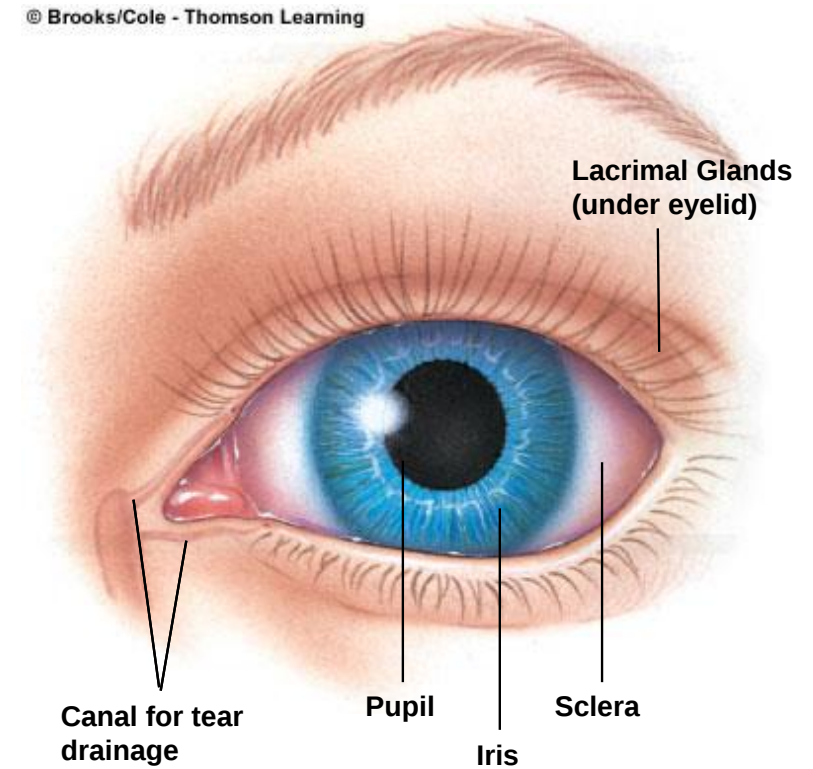


Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Το Μάτι (The Eye)



- Το αισθητήριο όργανο της όρασης
- Προστατευτικοί Μηχανισμοί
 - Ο βολβός (Eyeball) περιτριγυρίζεται από οστά
 - Βλέφαρα (Eyelids)
 - Κλείνουν για προστασία από το περιβάλλον
 - Βλεφαρίδες (Eyelashes)
 - Κατακρατούν μικροσκοπικά σωματίδια και τα παρεμποδίζουν από το να εισέλθουν στο μάτι
 - Δάκρυα (Tears)
 - Παράγονται συνεχώς από δακρυϊκούς αδένες (lacrimal glands)
 - Λιπαίνουν (Lubricate), καθαρίζουν (cleanse), βακτηριοκτόνα (bactericidal)

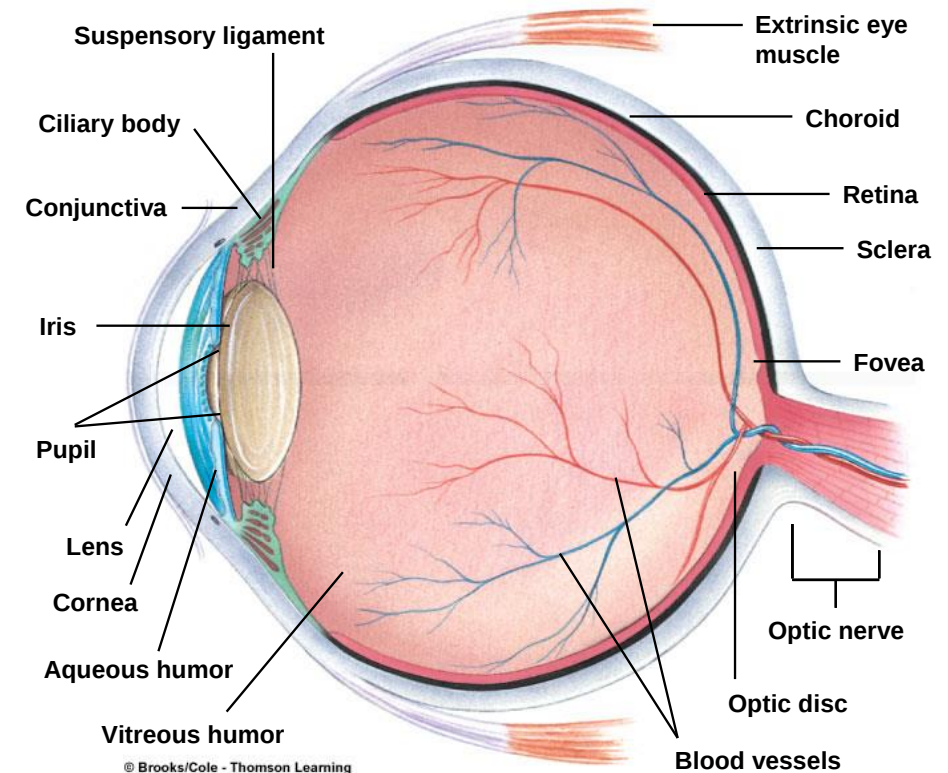


Το Μάτι (The Eye)

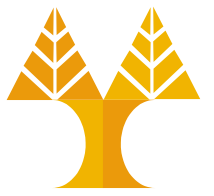


• Ανατομία της τομής του ματιού

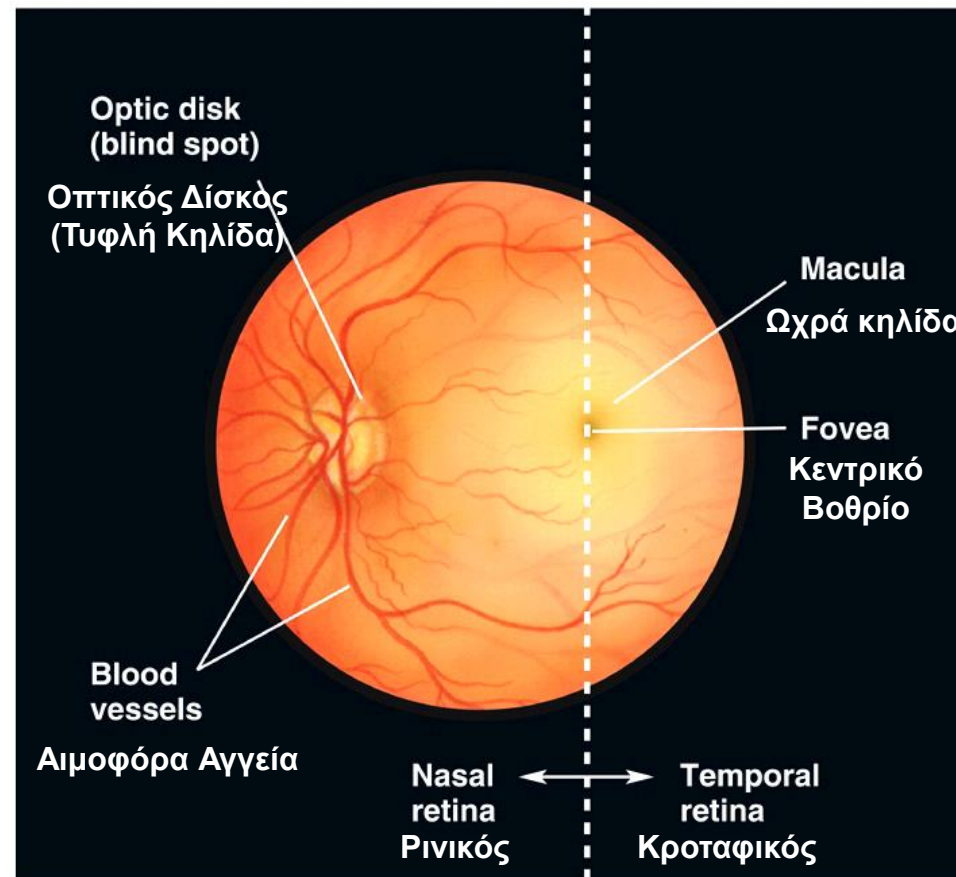
- Σφαιρικό γεμάτο με υγρό
- Περιβάλλεται από 3 στρώματα
- Σκληρός (Sclera)/Κερατοειδής (cornea) χιτώνας
 - Σκληρός Χιτώνας (Sclera)
 - Ο σκληρός συνδετικός ιστός γύρω από το μάτι
 - Συμπεριλαμβάνει το άσπρο του ματιού
 - Κερατοειδής Χιτώνας (Cornea)
 - Πρόσθιο, διάφανο μέρος
 - Διαπαιρνάτε από φως
- Χοριοειδής Χιτώνας (Choroid)/ Ακτινωτό Σώμα (ciliary body)/Ιριδα (iris)
 - Χοριοειδής Χιτώνας (Choroid)
 - Το στρώμα που περιέχει τα αιμοφόρα αγγεία
 - Στο πρόσθιο μέρος σηματοποιεί το Ακτινωτό Σώμα (ciliary body) και την Ιριδα (iris)
- Αμφιβληστροειδής Χιτώνας (Retina)
 - Το εσωτερικό στρώμα
 - Περιέχει τα χρωμοφόρα (pigmented) εξωτερικά στρώματα και το εσωτερικό στρώμα νευρικού ιστού



Το Μάτι (The Eye)

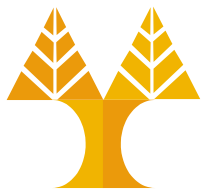


- Το μάτι μέσα από το οφθαλμοσκόπιο (Ophthalmoscope)

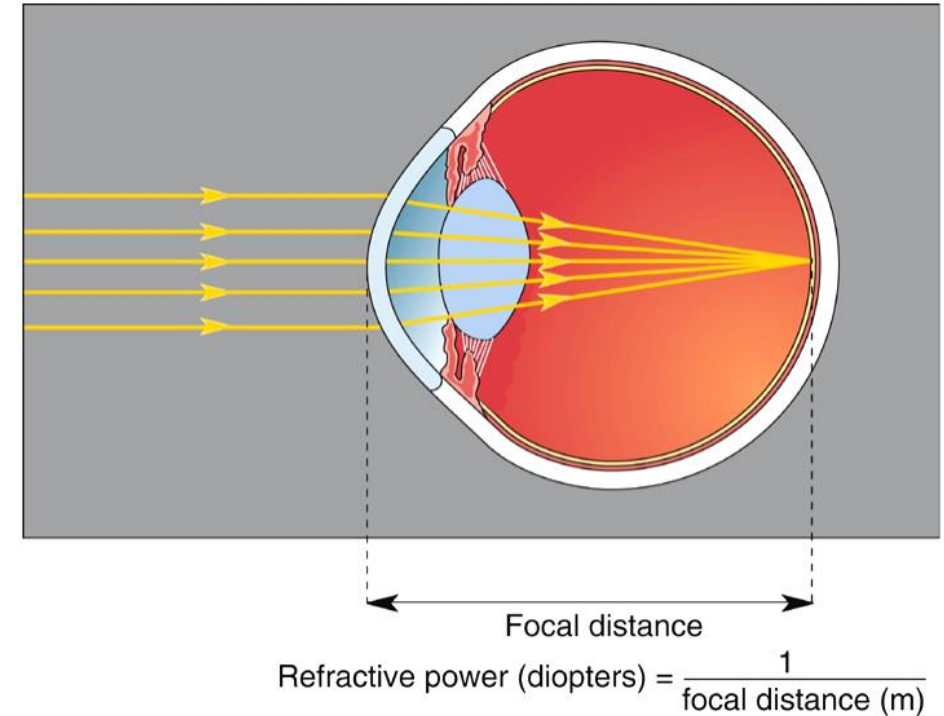


Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Απεικόνιση από το Μάτι



- Το μάτι λαμβάνει φως, εστιάζει στον αμφιβληστροειδή και σχηματίζει εικόνα
- Διάθλαση του φωτός
 - Κυρίως από τον κερατοειδή
 - Μικρές ρυθμίσεις από τον φακό (lens)



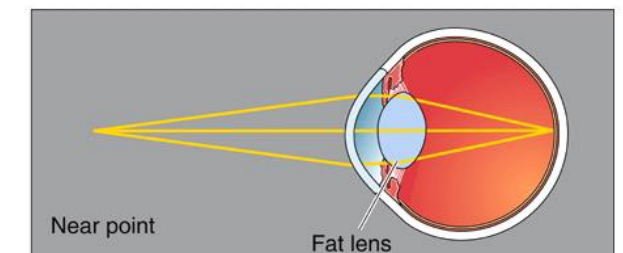
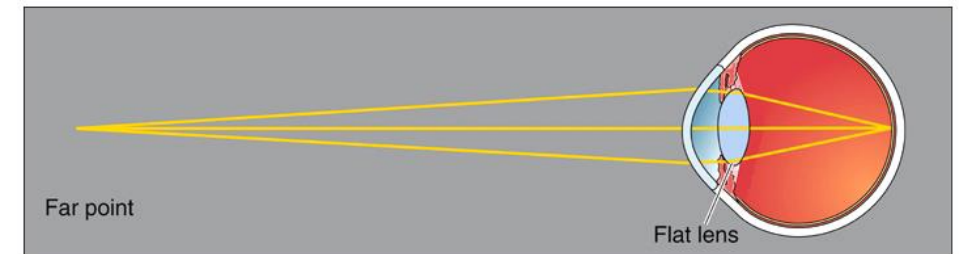
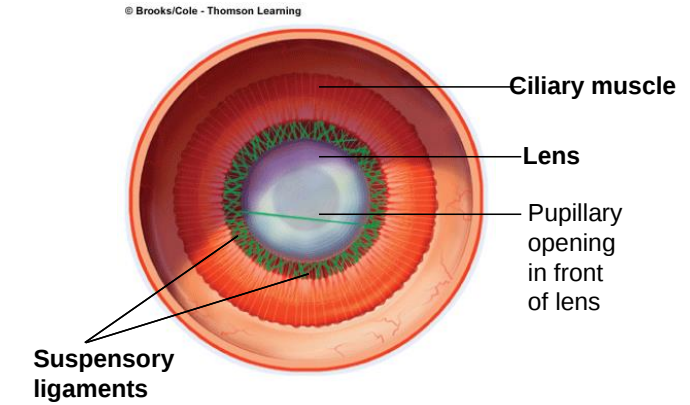
$$\text{Refractive power (diopters)} = \frac{1}{\text{focal distance (m)}}$$

Απεικόνιση από το Μάτι



- Προσαρμογή (Accommodation) από τον φακό

- Αλλαγή στο σχήμα → αλλαγή στη ικανότητα εστίασης
- Από τους μύες (ciliary muscle) και ίνες (suspensory ligaments) του ακτινωτού σώματος
- Με την ηλικία μειώνεται αυτή η ικανότητα του φακού → πρεσβυωπία



Απεικόνιση από το Μάτι

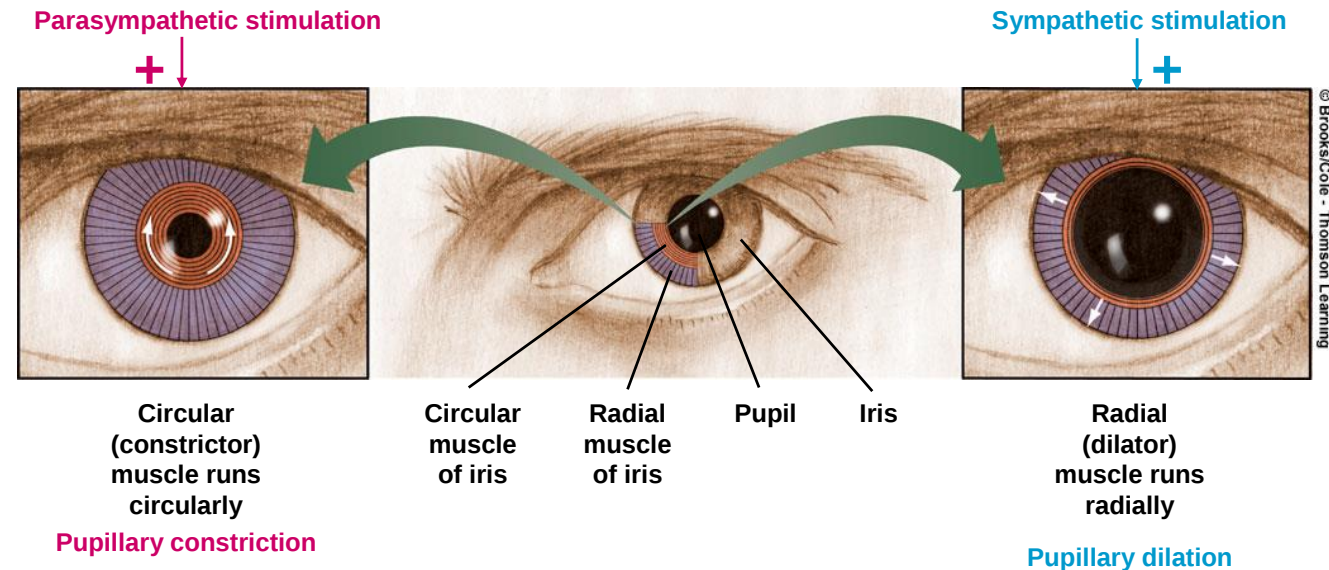


- **Ίριδα (Iris)**

- Ελέγχει
 - Ποσότητα φωτός που εισέρχεται στο μάτι
 - Βάθος εστίασης (Depth of focus) ($\downarrow$ διάμετρος $\rightarrow$ $\uparrow$ βάθος εστίασης)
- Διαθέτει δύο είδη λείου μυός
 - Κυκλικούς (Circular) ή σφιγκτήρες (constrictor) μύες
 - Ακτινωτούς (Radial) ή διαστολικούς (dilator) μύες
- Η χρωστικής ουσία στην ίριδα προσδίδει στο μάτι το χρώμα του
 - Διαφορετικό για κάθε άτομο
 - Τελευταία λέξη στην ασφάλεια!

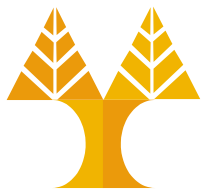
- **Αντανακλαστικό Κόρης Οφθαλμού (Pupillary light reflex)**

- Αντίδραση στο φως
- Συναινετικό (Consensual) αντανακλαστικό



© Brooks/Cole - Thomson Learning

Απεικόνιση από το Μάτι

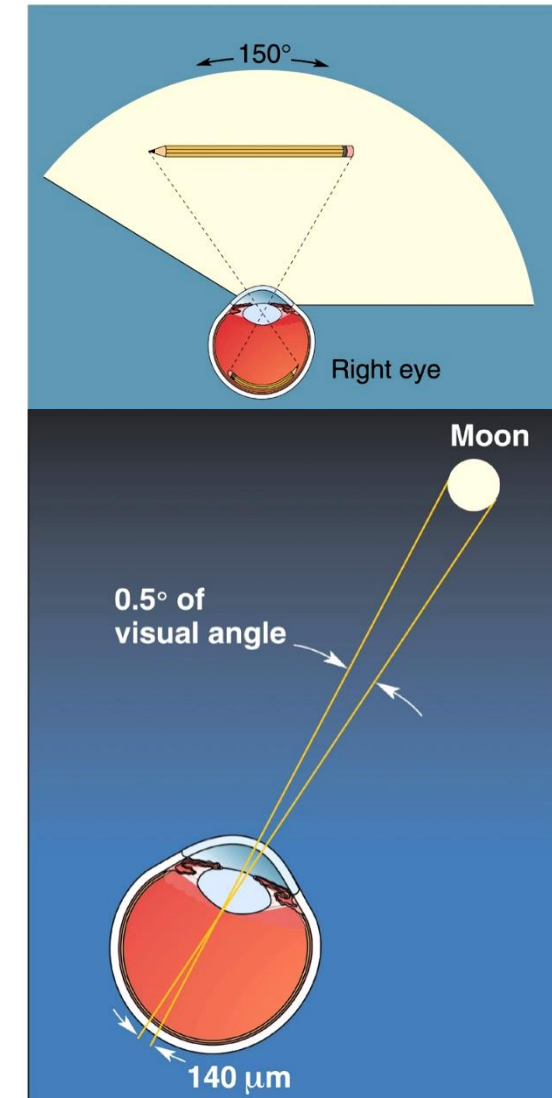


- **Οπτικό Πεδίο (Visual Field)**

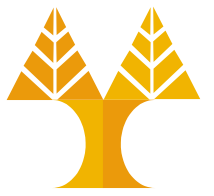
- Ο χώρος που βλέπει το ένα μάτι όταν είναι συγκεντρωμένο μπροστά

- **Οπτική Οξύτητα (Visual Acuity)**

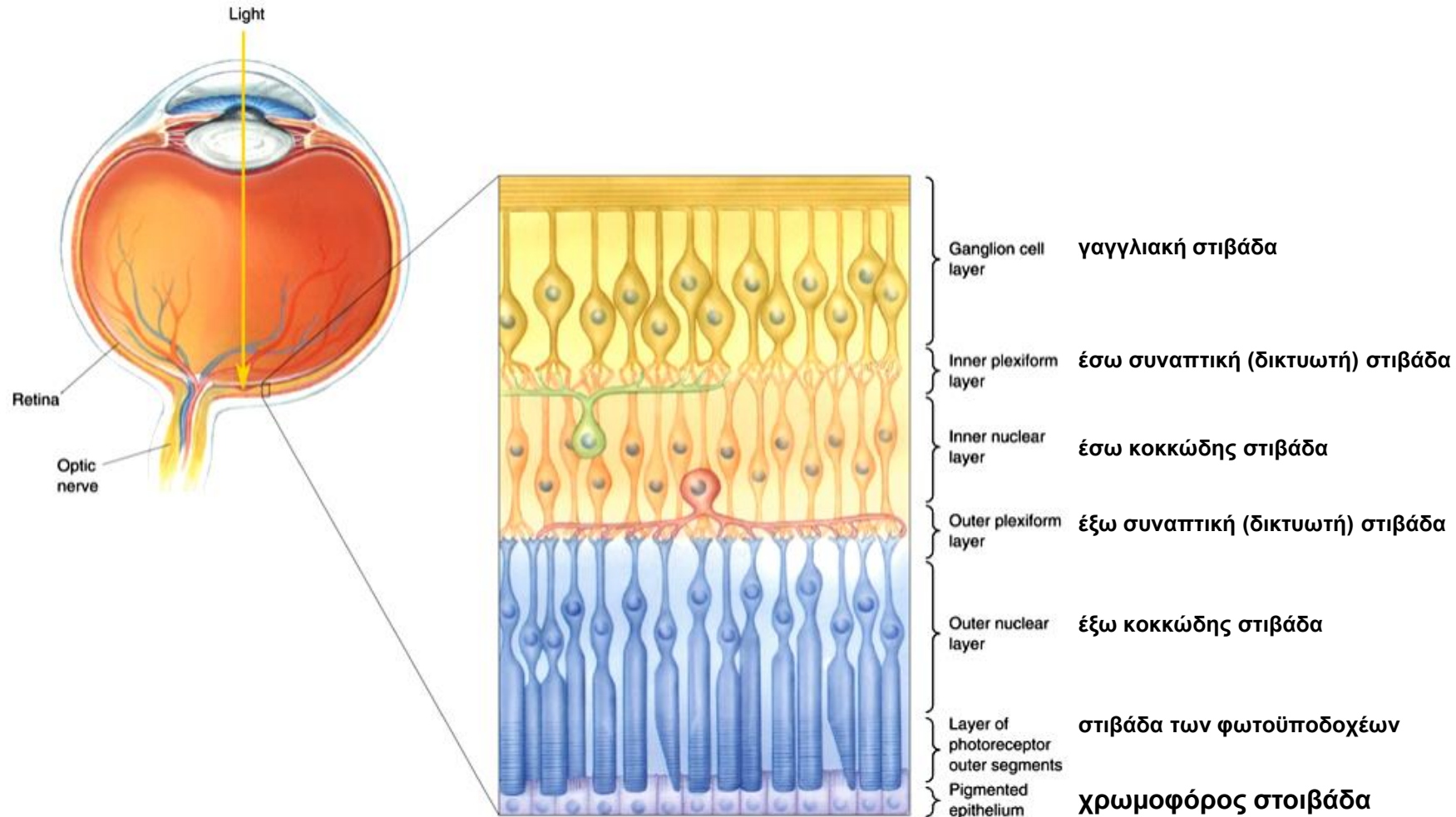
- Η ικανότητα να διακρίνουμε δύο γειτονικά σημεία
- Οπτική Γωνία (Visual Angle): Αποστάσεις στον αμφιβληστροειδή σε μοίρες
- Όραση 20/20
 - Μπορούμε να διακρίνουμε αν γράμμα 0.083ο στα 20 ft



Μικροσκοπική Ανατομία του Αμφιβληστροειδούς



- Τα κύτταρα βρίσκονται σε στοιβάδες
 - Από έξω προς τα μέσα!



Μικροσκοπική Ανατομία του Αμφιβληστροειδούς



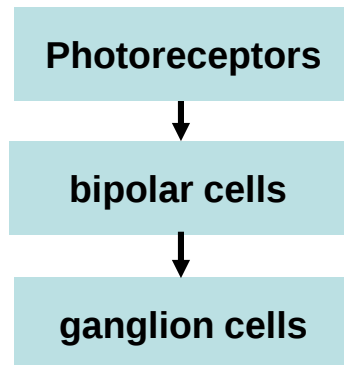
- **Φωτοϋποδοχείς (Photoreceptors)**

- Μετατρέπουν την οπτική ενέργεια σε ηλεκτροχημική

- **Γαγγλιακά (Ganglion) Κύτταρα**

- Έξοδος του αμφιβληστροειδούς → παράγουν Δυναμικά Ενεργείας (Action Potentials)

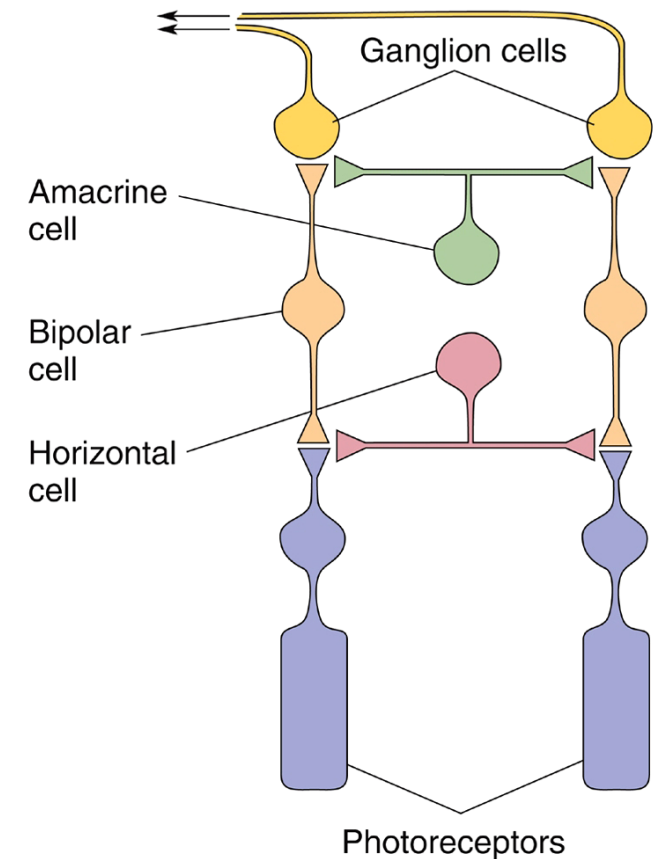
- **Ευθεία (κάθετη) διαδρομή (pathway)**



- **Άλλα**

- Δίπολα (bipolar) κύτταρα
- Οριζόντια (horizontal) κύτταρα
- Βραχύινα (amacrine) κύτταρα

Ganglion cell axons
projecting to forebrain



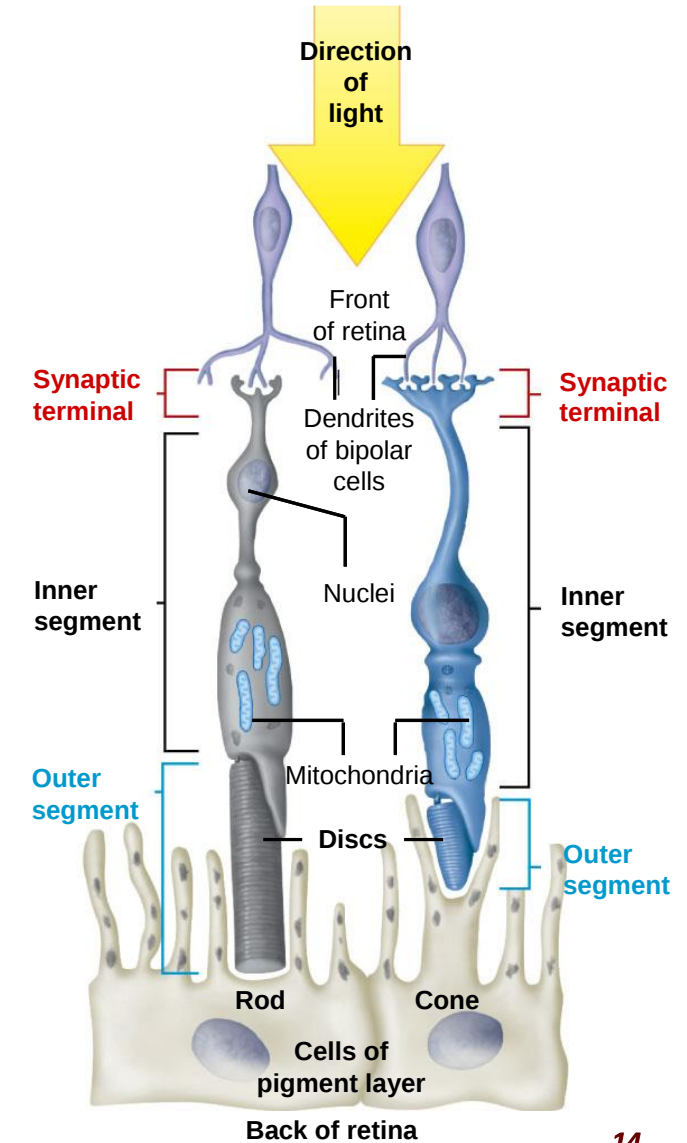
Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Μικροσκοπική Ανατομία του Αμφιβληστροειδούς



- **Φωτοϋποδοχείς (Photoreceptors)**

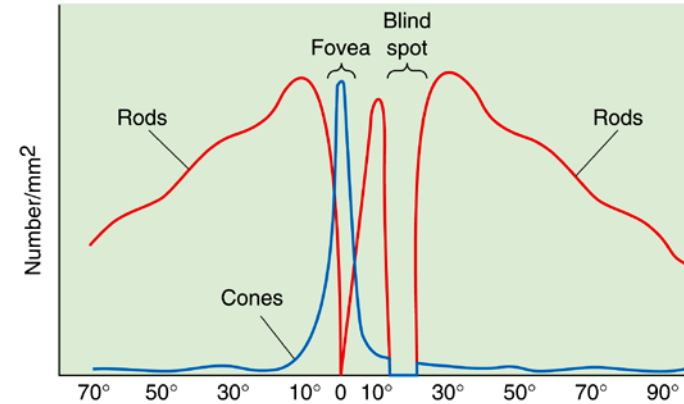
- Μετατρέπουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε ηλεκτροχημικά σήματα
- Δομή (Structure)
 - Τέσσερις περιοχές
 - Έξω τμήμα (Outer segment)
 - Έσω τμήμα (Inner segment)
 - Σώμα (Cell body)
 - Συναπτική Απώληξη (Synaptic terminal)
 - Είδη φωτοϋποδοχέων
 - Ραβδία (rods)
 - Κώνοι (cones)



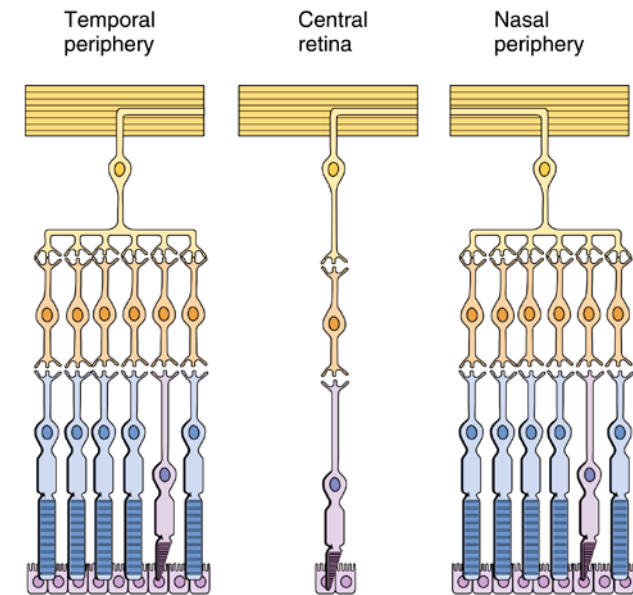
Μικροσκοπική Ανατομία του Αμφιβληστροειδούς



- Τοπικές διαφοροποιήσεις στη δομή του αμφιβληστροειδούς
 - Διαφέρει από το κεντρικό βοθρίο (fovea) στην περιφέρεια (periphery)
 - Περιφερικός αμφιβληστροειδής (Peripheral retina)
 - Περισσότερα ραβδία παρά κώνοι
 - Περισσότεροι φωτοϋποδοχείς ανά γαγγλιακό κύτταρο
 - Πιο ευαίσθητη στο φως



(a) ← Distance across retina →



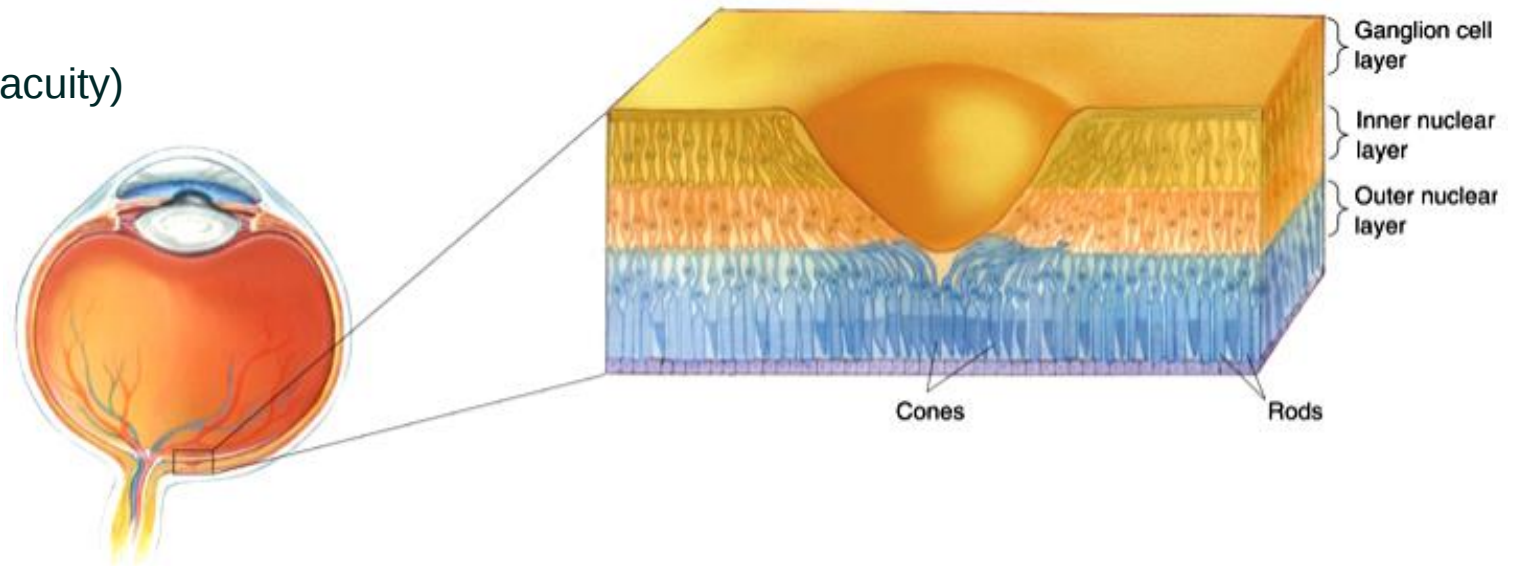
(b) Peripheral retina Central retina Peripheral retina

Μικροσκοπική Ανατομία του Αμφιβληστροειδούς

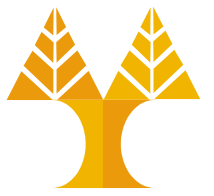


- Τοπικές διαφοροποιήσεις στη δομή του αμφιβληστροειδούς

- Κεντρικό Βοθρίο (Fovea)
 - Σε τομή: βαθούλωμα
 - Δεν υπάρχουν κύτταρα που να επηρεάζουν το φως
 - Μόνο κώνοι (καθόλου ραβδία)
 - Λιγότερο ευαίσθητο στο φως
 - Ευαίσθητο στο χρώμα
 - 1:1 με τα γαγγλιακά κύτταρα
 - Περιοχή με καλύτερη αξύτητα (acuity)

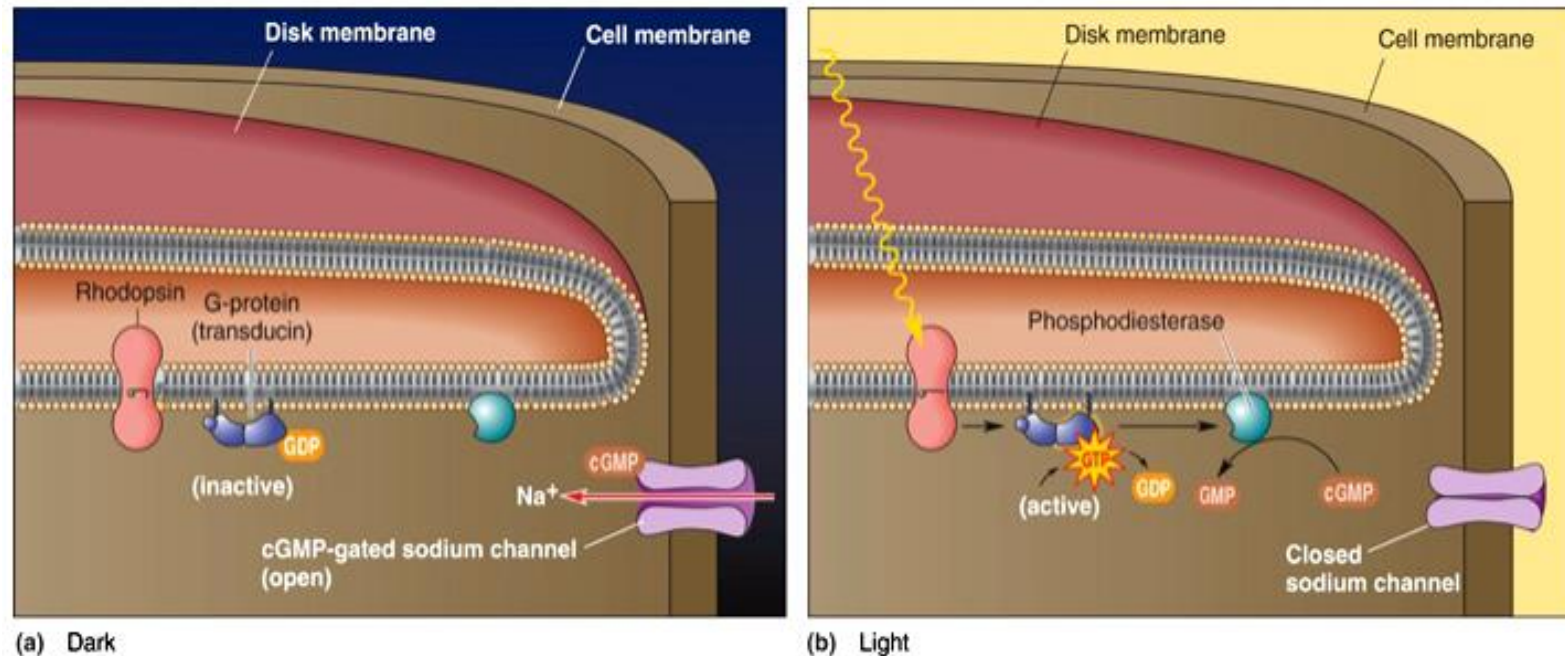


Φωτομετατροπή (Phototransduction)



- **Φωτομετατροπή στα ραβδία**

- Εκπόλωση (Depolarization) στο σκοτάδι ("Dark current") / Υπερπόλωση (Hyperpolarization) στο φως
- Μια χρωστική ουσία (pigment) στα ραβδία: Ροδοψίνη = Οψίνη + Ρετινάλη (Rhodopsin = Opsin + Retinal)
 - Υποδοχέας ο οποίος ενεργοποιείται με το φως
- Ενεργοποίηση μειώνει cGMP → κλείνουν οι δίαυλοι Na^+



Φωτομετατροπή (Phototransduction)

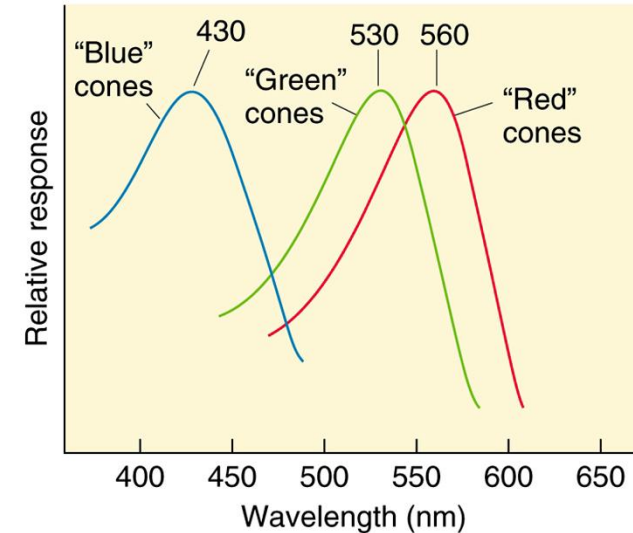


- **Φωτομετατροπή στους κώνους**

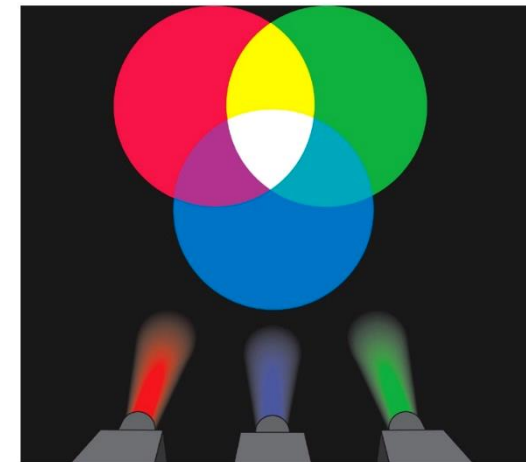
- Παρόμοια με τα ραβδία
- Λιγότερο ευαίσθητοι (χρειάζονται έντονο φως)
- Διαφορετικές οψίνες
 - Κόκκινη (Red), Πράσινη (green), Μπλε (blue)

- **Έγχρωμη Όραση**

- Συνδυασμένη συνεισφορά των διαφορετικών κώνων
- Θεωρία της τριχρωμίας (trichromacy theory) των Young-Helmholtz

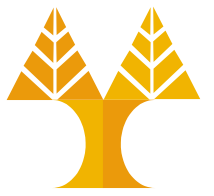


Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins



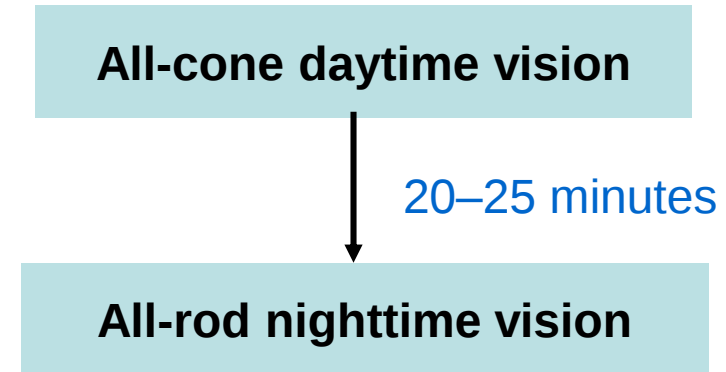
Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Φωτομετατροπή (Phototransduction)

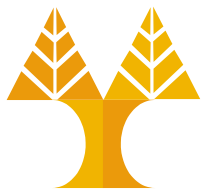


- Προσαρμογή στο φως και στο σκοτάδι (Dark and Light Adaptation)

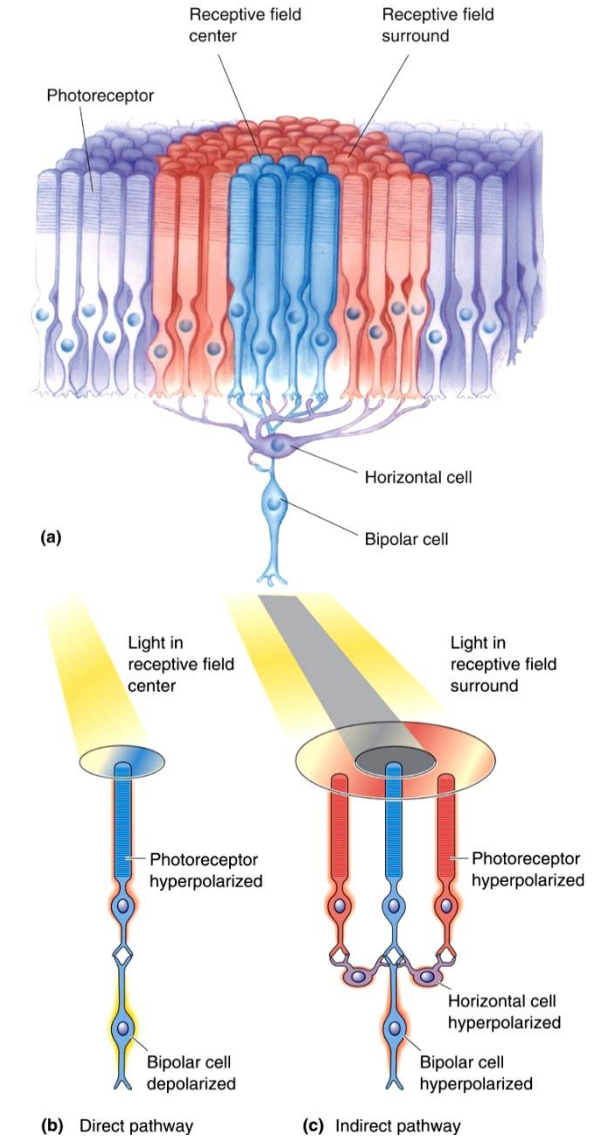
- Προσαρμογή στο Σκοτάδι
 - Διαστολή της κόρης
 - Ανανέωση (Regeneration) καινούργιας rhodopsin
 - Ρύθμιση των κυκλωμάτων
- Προσαρμογή στο φως
 - Αντίθετες αλλαγές
- Ο ρόλος του Ca^{2+}
 - Συγκέντρωση αλλάζει στους φωτοϋποδοχείς
 - Δίαυλοι Na^+ αφήνουν και Ca^{2+}
 - Ca^{2+} μειώνει το cGMP
 - Διαμορφώνει έμμεσα τους διαύλους Na^+
 - Όταν οι διάυλοι είναι ανοικτοί $\rightarrow \text{Ca}^{2+}$ ρέει $\rightarrow$ λιγότερο cGMP $\rightarrow$ διάυλοι κλείνουν
 - Όταν οι διάυλοι είναι κλειστοί $\rightarrow$ λιγότερο Ca^{2+} $\rightarrow$ περισσότερο cGMP $\rightarrow$ διάυλοι ανοίγουν



Επεξεργασία στον Αμφιβληστροειδή (Retinal Processing)



- **Μετασχηματισμοί στην Έξω Συναπτική Στοιβάδα (Outer Plexiform Layer)**
 - Φωτοϋποδοχείς (Photoreceptors)
 - Απελευθερώνουν γλουταμικό οξύ (glutamate) όταν εκπολωθούν
 - Δίπολα (Bipolar) Κύτταρα
 - Δίπολα κύτταρα σκοτεινού κέντρου (OFF bipolar cells)
 - Αντιδρούν στο σκοτάδι
 - Δίαυλος κατιόντων γλουταμικού οξέως (Glutamate cation channel) → εκπόλωση
 - Δίπολα κύτταρα φωτεινού κέντρου (ON bipolar cells)
 - Αντιδρούν στο φως
 - Υποδοχείς γλουταμικού οξέως συνδεδεμένοι με πρωτεΐνες G → υπερπόλωση (δηλ. εκπολώνονται όταν υπάρχει λιγότερο γλουταμικό οξύ)
- Υποδεκτικό πεδίο (Receptive Field) Διπολικών Κυττάρων
 - Από ένα μέχρι 1000 φωτοϋποδοχείς
 - Ανταγωνιστικά κεντρο-περιφερικά (center-surround) υποδεκτικά πεδία
 - Πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις φωτοϋποδοχέων, διπολικών και οριζοντίων κυττάρων

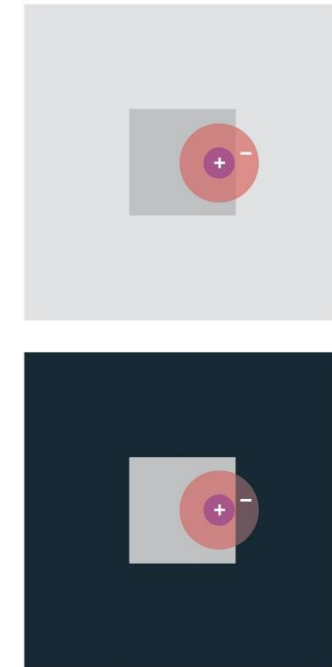
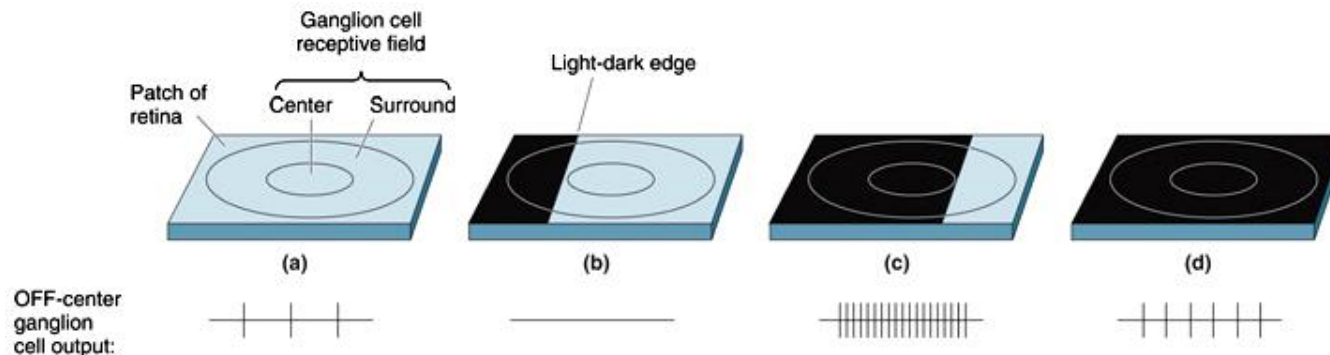
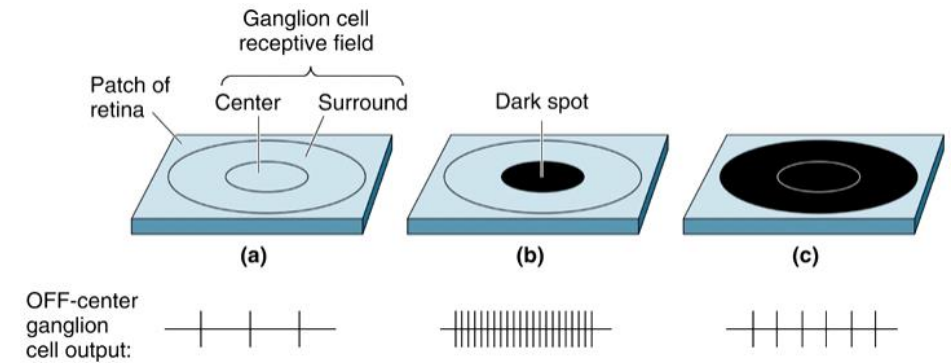


Έξοδος από τον Αμφιβληστροειδή (Retinal Output)

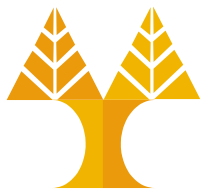


- **Μετασχηματισμοί στην Έσω Συναπτική Στοιβάδα (Inner Plexiform Layer)**

- Υποδεκτικά Πεδία Γαγγλιακών (Ganglion) κυττάρων
 - Φωτεινού (On-Center) και Σκοτεινού (Off-Center) Κέντρου Κύτταρα
 - Αντιδρούν σε διαφορές φωτισμού (illumination)
 - Έμφαση στην αντίθεση (contrast) στις ακμές (edges)

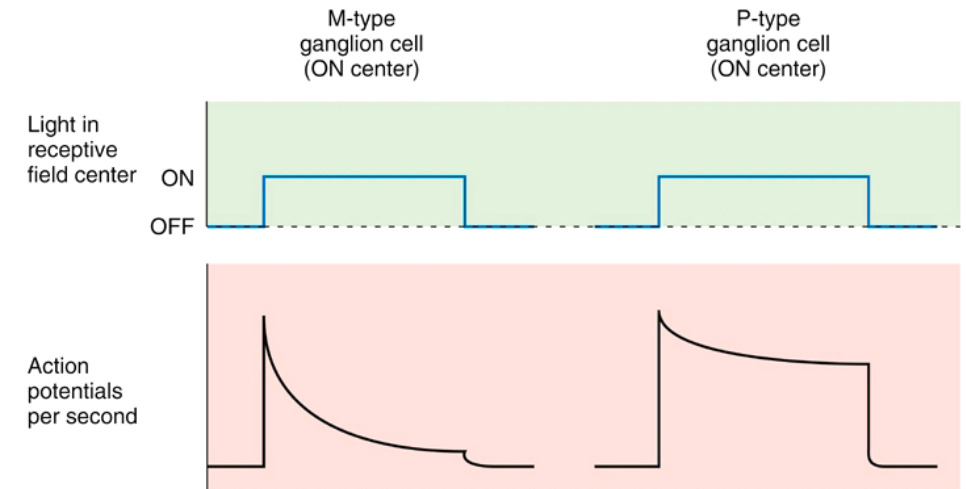
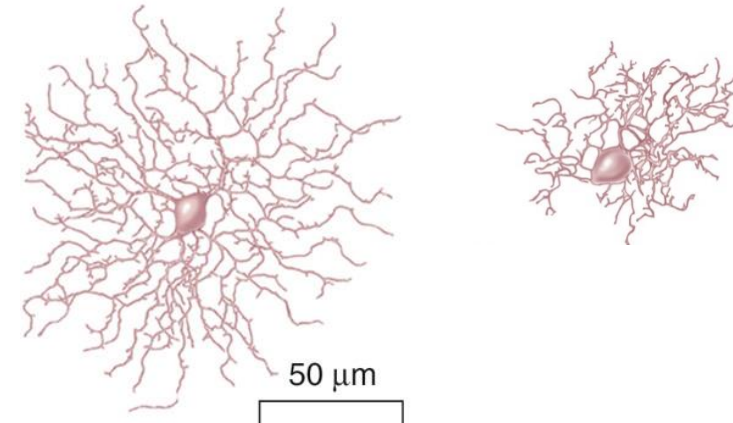


Έξοδος από τον Αμφιβληστροειδή (Retinal Output)



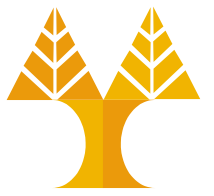
- **Μετασχηματισμοί στην Έσω Συναπτική Στοιβάδα (Inner Plexiform Layer)**

- Τύποι Γαγγλιακών (Ganglion) Κυττάρων
 - Κατηγοριοποίηση ανάλογα με την εμφάνιση, συνδέσεις και ηλεκτροφυσιολογικές ιδιότητες
- Τρεις τύποι (πίθηκος και άνθρωπος)
 - Τύπου M (Μεγαλοκυτταρικά - Magnocellular) σε αντίθεση με Τύπου P (Μικροκυτταρικά - Parvocellular)
 - Μεγαλύτερα υποδεκτικά πεδία
 - Μεταδίδουν τα ΔΕ πιο γρήγορα
 - Πιο ευαίσθητα σε χαμηλή αντίθεση (low contrast)
 - Ανταποκρίνονται με παροδικές (transient) ριπές (bursts)
 - nonM-nonP
 - Περισσότερα για τις ιδιότητες τους και τις διακλαδώσεις του στην επόμενη διάλεξη



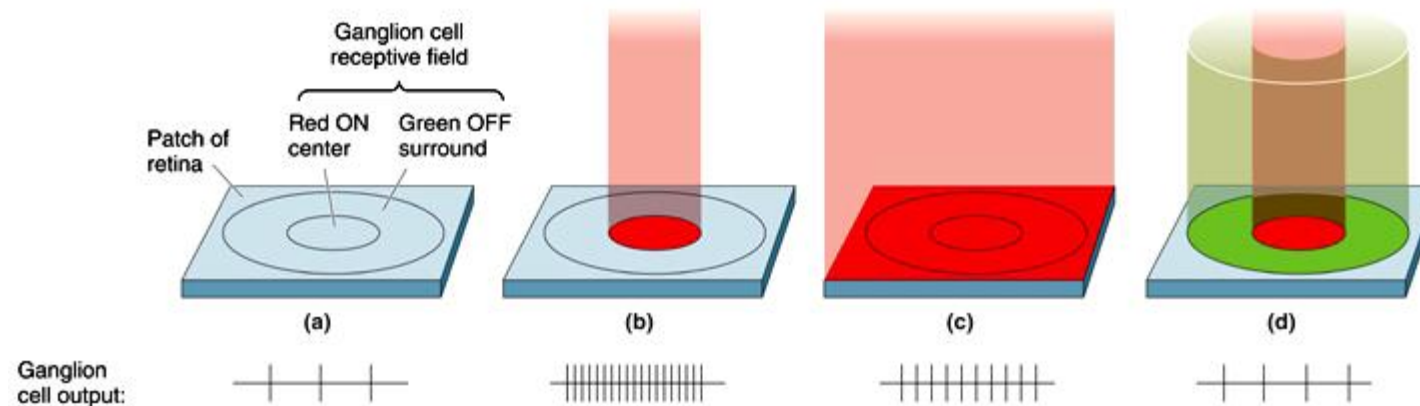
Neuroscience: Exploring the Brain, 3rd Ed, Bear, Connors, and Paradiso Copyright © 2007 Lippincott Williams & Wilkins

Έξοδος από τον Αμφιβληστροειδή (Retinal Output)



- **Μετασχηματισμοί στην Έσω Συναπτική Στοιβάδα (Inner Plexiform Layer)**

- Χρωματικά Ανταγωνιστικά (Color-Opponent) Γαγγλιακά Κύτταρα
 - Τύπου P ή nonM-nonP
 - Κόκκινο/Πράσινο (Red/Green) ή Μπλε/Κίτρινο (Blue/Yellow)



Έξοδος από τον Αμφιβληστροειδή (Retinal Output)



- **Παράλληλη Επεξεργασία (Parallel Processing)**

- Πληροφορίες ταυτόχρονα και από τα δυο μάτια
 - Πληροφορίες από τις δυο ροές συγκρίνονται στο κεντρικό οπτικό σύστημα (central visual system)
 - Βάθος και απόσταση του αντικειμένου
 - Πληροφορίες για φωτεινότητα και σκοτεινότητα (ON-center και OFF-center γαγγλιακά κύτταρα)
- Διαφορετικά υποδεκτικά πεδία (receptive fields) και ανταποκρίσεις (responses) των γαγγλιακών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς: M- και P- κύτταρα, και nonM-nonP κύτταρα

- **Χαρτογράφηση του οπτικού χώρου στα γαγγλιακά κύτταρα του αμφιβληστροειδούς δεν είναι ομοιόμορφη**

- Πληροφορίες ρέουν, όμως, μαζί

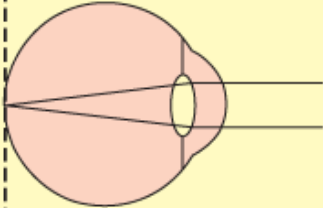
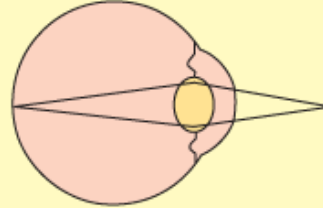
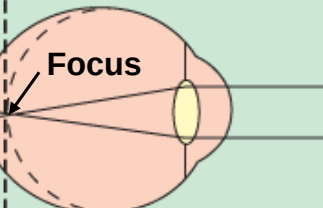
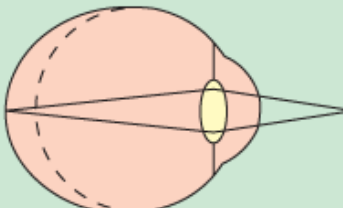
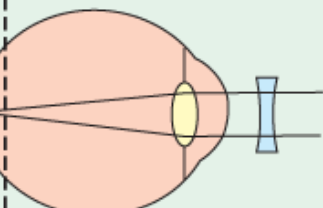
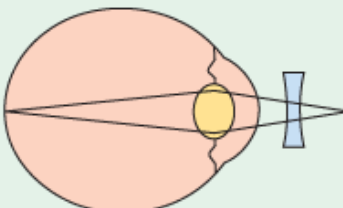


Διάλεξη 11

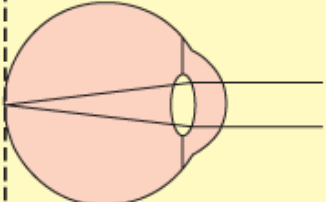
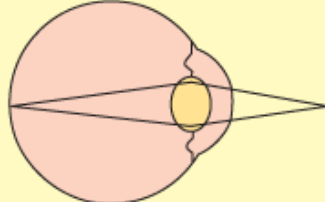
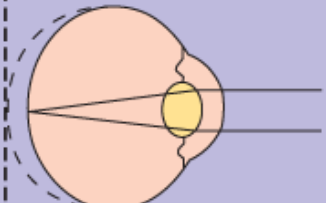
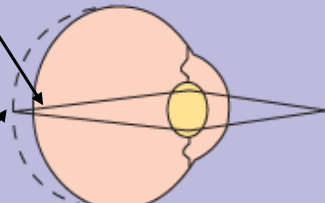
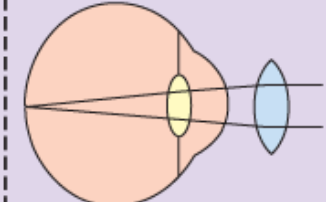
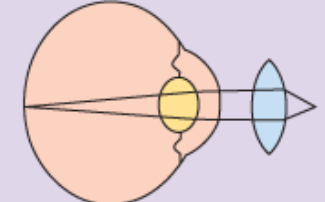
The Central Visual System

(Το Κεντρικό Οπτικό Σύστημα)



Far source  No accommodations	Near source  Accommodations	Normal eye (Emmetropia) Far source focused on retina without accommodation Near source focused on retina with accommodation
1. Image out of focus  No accommodations	 No accommodations	Nearsightedness (Myopia)– Eyeball too long or lens too strong 1. Uncorrected Far source focused in front of retina (where retina would be in eye of normal length) Near source focused on retina with accommodations
2.  No accommodations	 Accommodations	2. Corrected with concave lens, which diverges light rays before they reach the eye Far source focused on retina without accommodations Near source focused on retina with accommodations



	Far source  No accommodations	Near source  Accommodations	Normal eye (Emmetropia) Far source focused on retina without accommodation Near source focused on retina with accommodation
1.	 Accommodations	Image out of focus  Focus Accommodations	Farsightedness (Hyperopia)– Eyeball too short or lens too weak 1. Uncorrected Far source focused on retina with accommodations Near source focused behind retina even with accommodations
2.	 No accommodations	 Accommodations	2. Corrected with convex lens, which converges light rays before they reach the eye Far source focused on retina without accommodations Near source focused on retina with accommodations

