



ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ  
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

*Βιοφυσική -*

*Βιοφυσικός μηχανισμός της όρασης*

Ακαδ. έτος 2008-2009 - Διδάσκουσα: Μυρσίνη Μακροπούλου

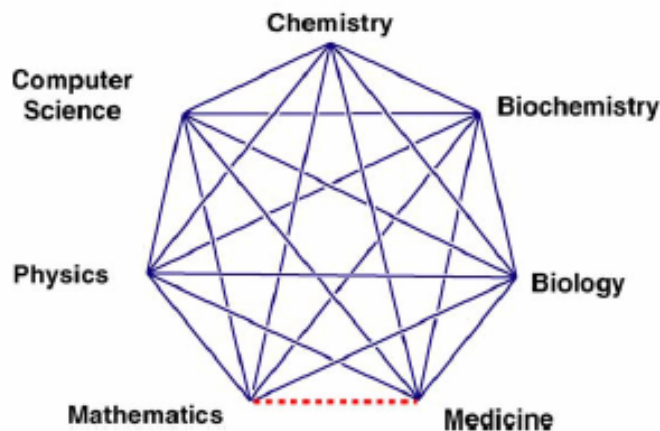
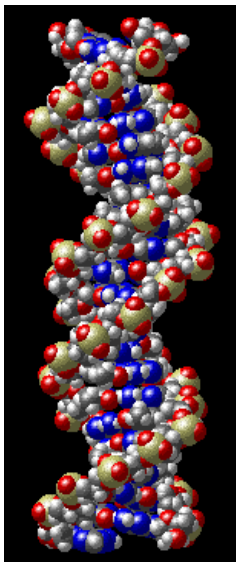
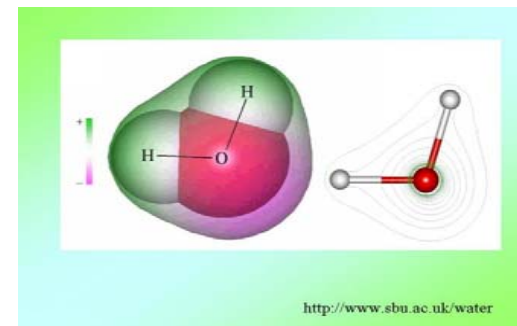


Fig. 15. The seven fields of molecular science.

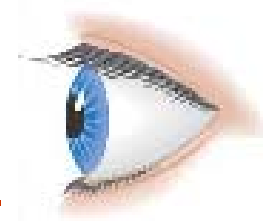


<http://www.sbu.ac.uk/water>





# ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ

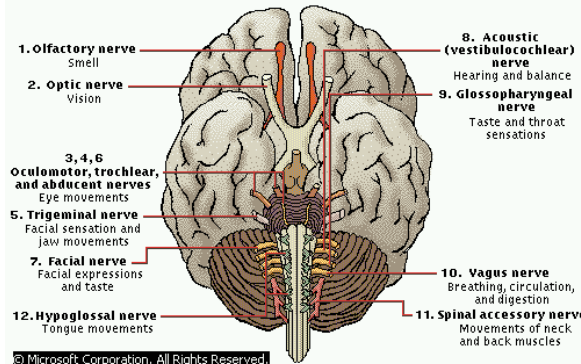
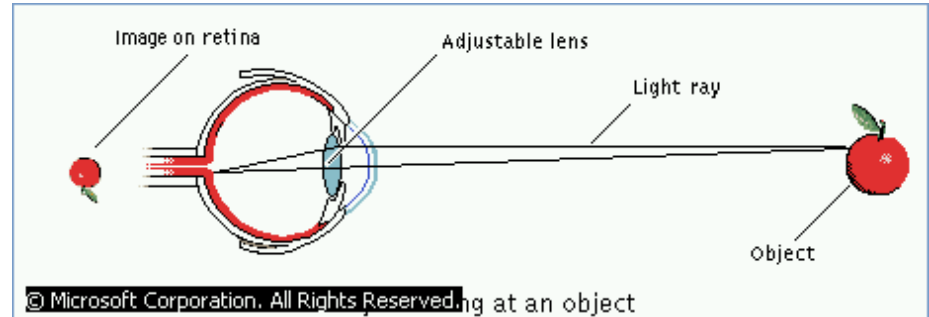
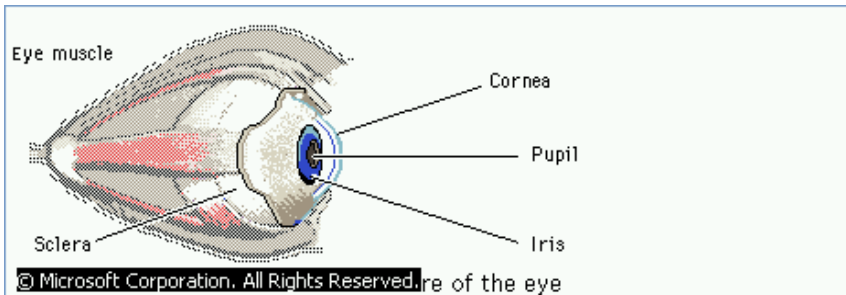


Η αίσθηση της όρασης έχει τρεις κύριες συνιστώσες:

👁️ Τους οφθαλμούς, που εστιάζουν μια εικόνα από τον έξω κόσμο στον φωτο-ευαίσθητο αμφιβληστροειδή χιτώνα,

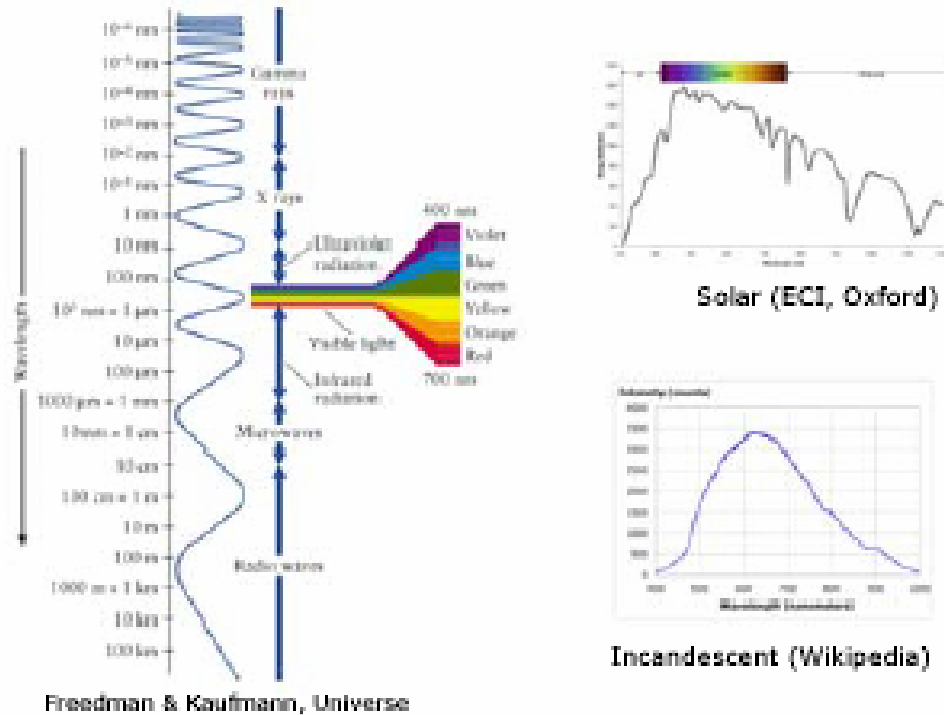
👁️ Ένα σύστημα εκατομμυρίων νευρώνων που μεταφέρουν την πληροφορία στον εγκέφαλο,

👁️ Τον εγκέφαλο, όπου γίνεται η επεξεργασία της πληροφορίας





# Visible light spectrum



*Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και το τμήμα αυτού που αντιστοιχεί στο ορατό φάσμα. Δεξιά φαίνονται τα φάσματα δυο πηγών ορατού φωτός.*

 **Η αίσθηση της όρασης έχει τρεις κύριες συνιστώσες:**

 Τους οφθαλμούς, που εστιάζουν μια εικόνα από τον έξω κόσμο στον φωτο-ευαίσθητο αμφιβληστροειδή χιτώνα,

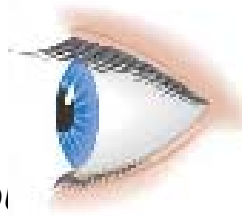
 Ένα σύστημα εκατομμυρίων νευρώνων που μεταφέρουν την πληροφορία στον εγκέφαλο,

 Τον εγκέφαλο, όπου γίνεται η επεξεργασία της πληροφορίας

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



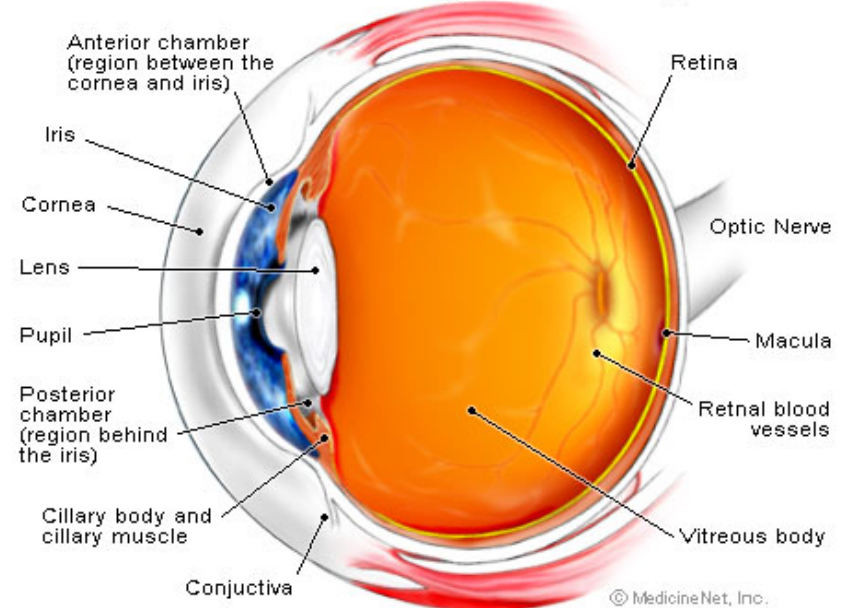
# ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ



 Ο ανθρώπινος οφθαλμός και μια τρισδιάστατη αναπαράσταση του βολβού

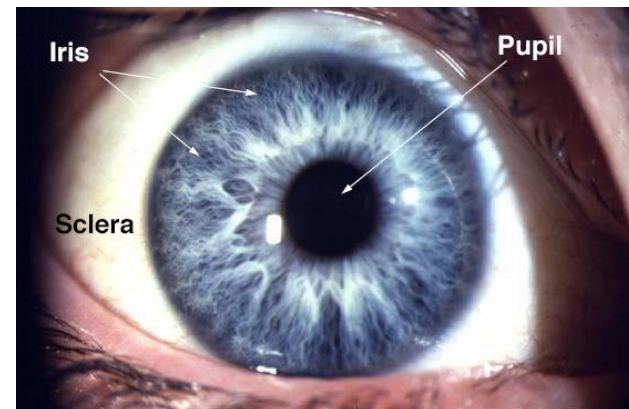


## Anatomy of the Eye



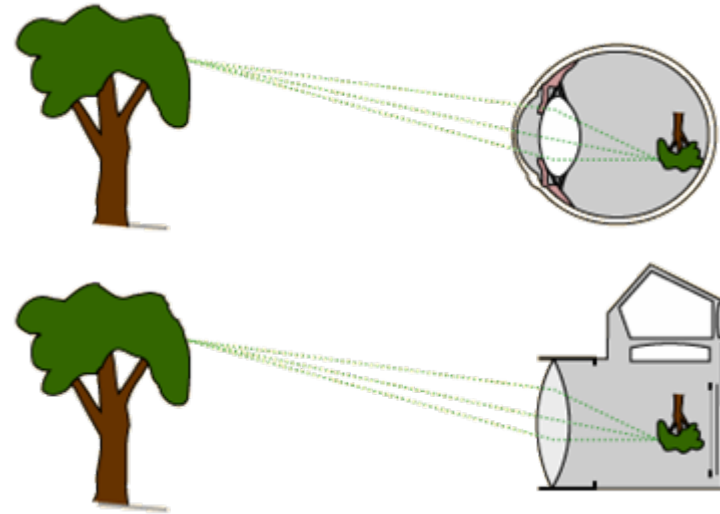
Ο βολβός έχει διάμετρο ~25mm και αποτελείται από τρεις ομόκεντρους χιτώνες, τους:

- ινώδη χιτώνα,
- χοριοειδή χιτώνα και
- αμφιβληστροειδή ή νευρικό χιτώνα





# 👁️ Σχηματισμός εικόνας



*Η αίσθηση της όρασης λειτουργεί σαν ένα κλειστό κύκλωμα έγχρωμης τηλεόρασης, από το οποίο όμως υπερέχει σημαντικά.*

*Το είδωλο είναι αντεστραμμένο!*

Human and Computer Vision

Eye      Brain  
Optic Nerve

Cable      Computer  
Camera

*But it is not that simple!*

GSAIVI Lecture 1 - Introduction to IVI      Image Processing and Interpretation at The University of Nottingham

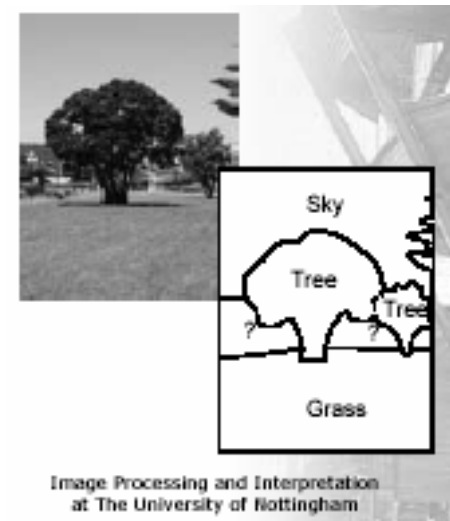


Image Processing and Interpretation at The University of Nottingham



## Aperture



Larger aperture  
(small f-number)



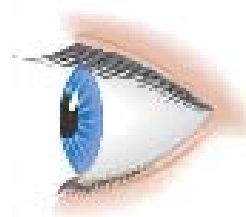
Small aperture  
(larger f-number)

- adjustable hole
- aperture value

– ratio of lens focal length to the diameter of its entrance hole

$$F \text{ number} = \frac{\text{lens focal length}}{\text{diameter of aperture opening}}$$

## Διάφραγμα - Ίρις

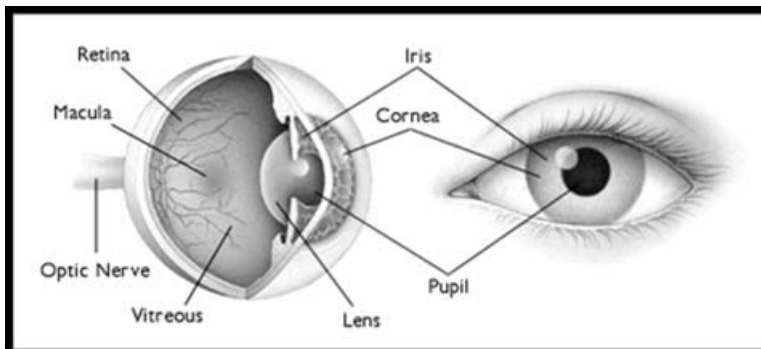


Τμήμα του χοριοειδή χιτώνα είναι ένα κυκλικό διάφραγμα, η **ίρις**, μια κυκλική οπή που βρίσκεται στο κέντρο της ίριδας, η **κόρη**, καθώς και το **ακτινωτό σώμα**, του οποίου η συστολή ή διαστολή μεταβάλλει το σχήμα του φακού του οφθαλμού.

## Iris

- Colored part of eye that surrounds pupil
- Varies depth of field
  - smaller pupil
  - larger iris
  - greater

**depth of field**





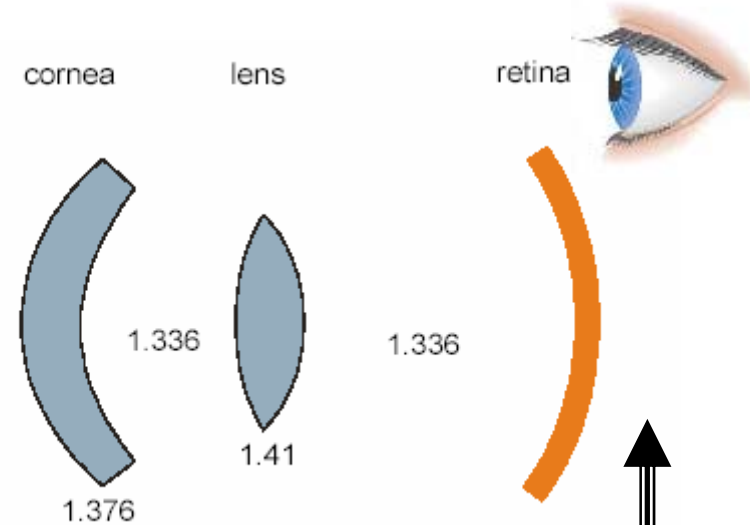
## 🕒 Σχηματισμός εικόνας

👁 **Το φως** εισέρχεται στον οφθαλμό, **διαθλάται** στα διάφορα μέσα, φτάνει στον αμφιβληστροειδή, όπου **μετατρέπεται σε νευρικό παλμό** που οδεύει με τα νευρικά κύτταρα του οπτικού νεύρου προς τον εγκέφαλο και εκεί γίνεται η επεξεργασία του σήματος και αντίληψη της εικόνας.

- ✓ Η διαθλαστική ισχύς μετριέται σε διοπτρίες και είναι ίση με το αντίστροφο της εστιακής απόστασης σε μέτρα:

$$D = \frac{1}{\text{εστιακή απόσταση}(m)}$$

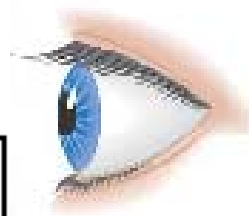
Στον κερατοειδή και στον κρυσταλλοειδή φακό οι φωτεινές ακτίνες διαθλώνται κι ο βαθμός διάθλασης εξαρτάται από την καμπυλότητα των επιφανειών τους κι από τη σχετική ταχύτητα του φωτός σε αυτές.



*Σχηματική αναπαράσταση των διαθλαστικών μέσων με τους αντίστοιχους δείκτες διάθλασης (cornea=κερατοειδής, lens=φακός, retina=αμφιβληστροειδής)*

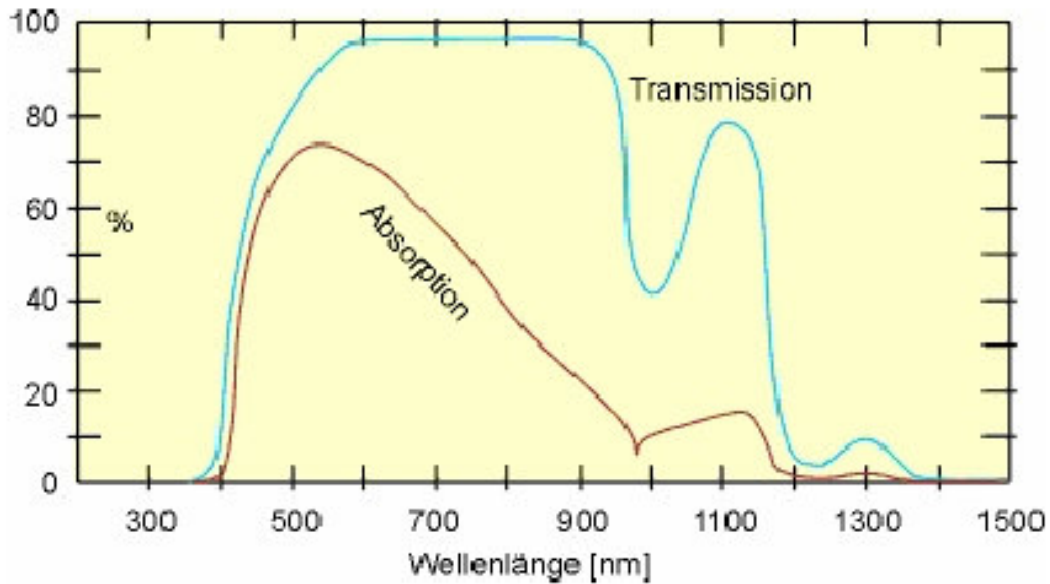






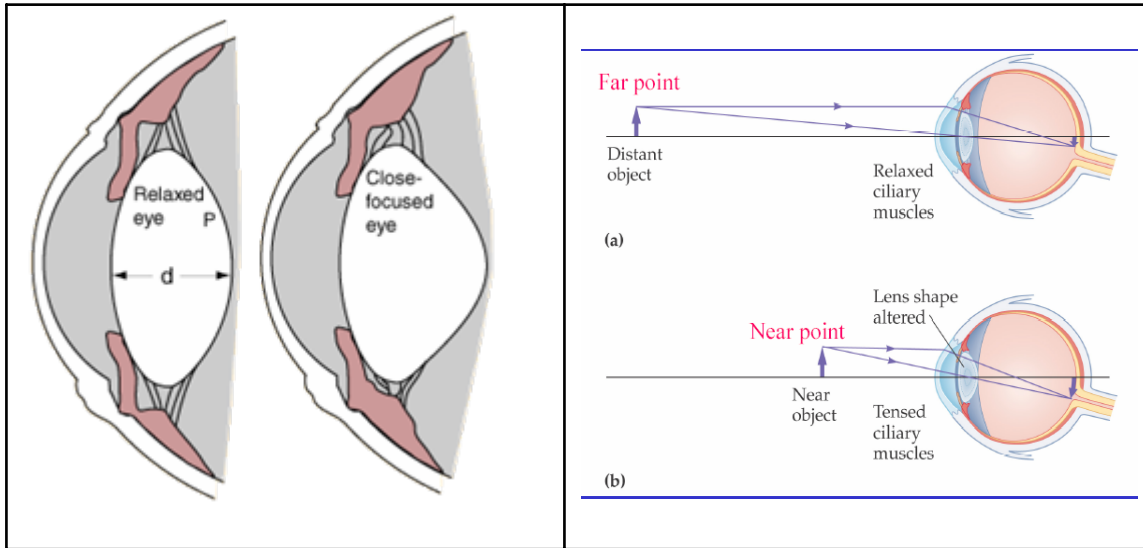
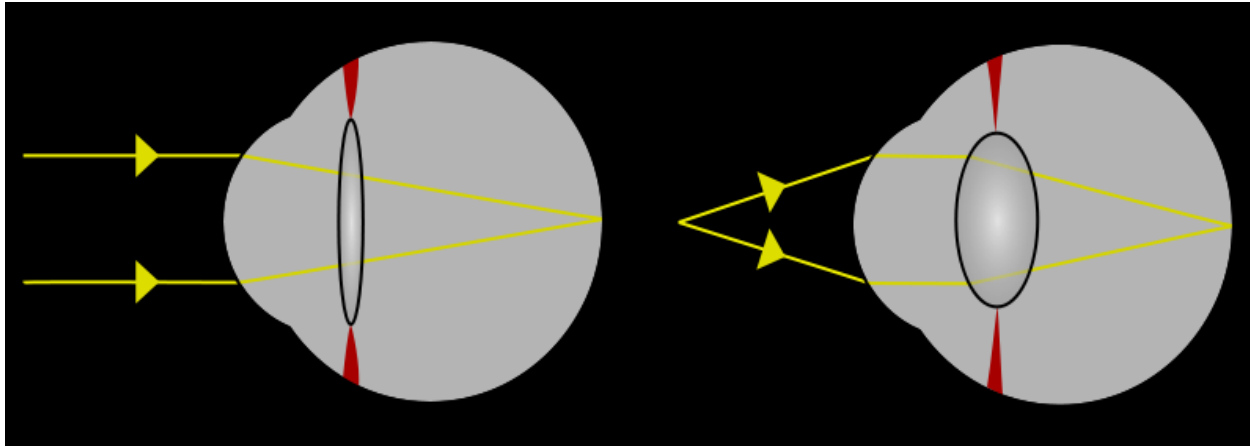
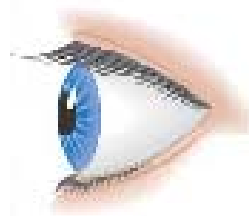
Universität Leoben

## Eye transmission & retina absorption



Transmission of the vitrious gel + lense  
And absorption (red line) by the retina

# 👁️ Προσαρμογή του ανθρώπινου οφθαλμού

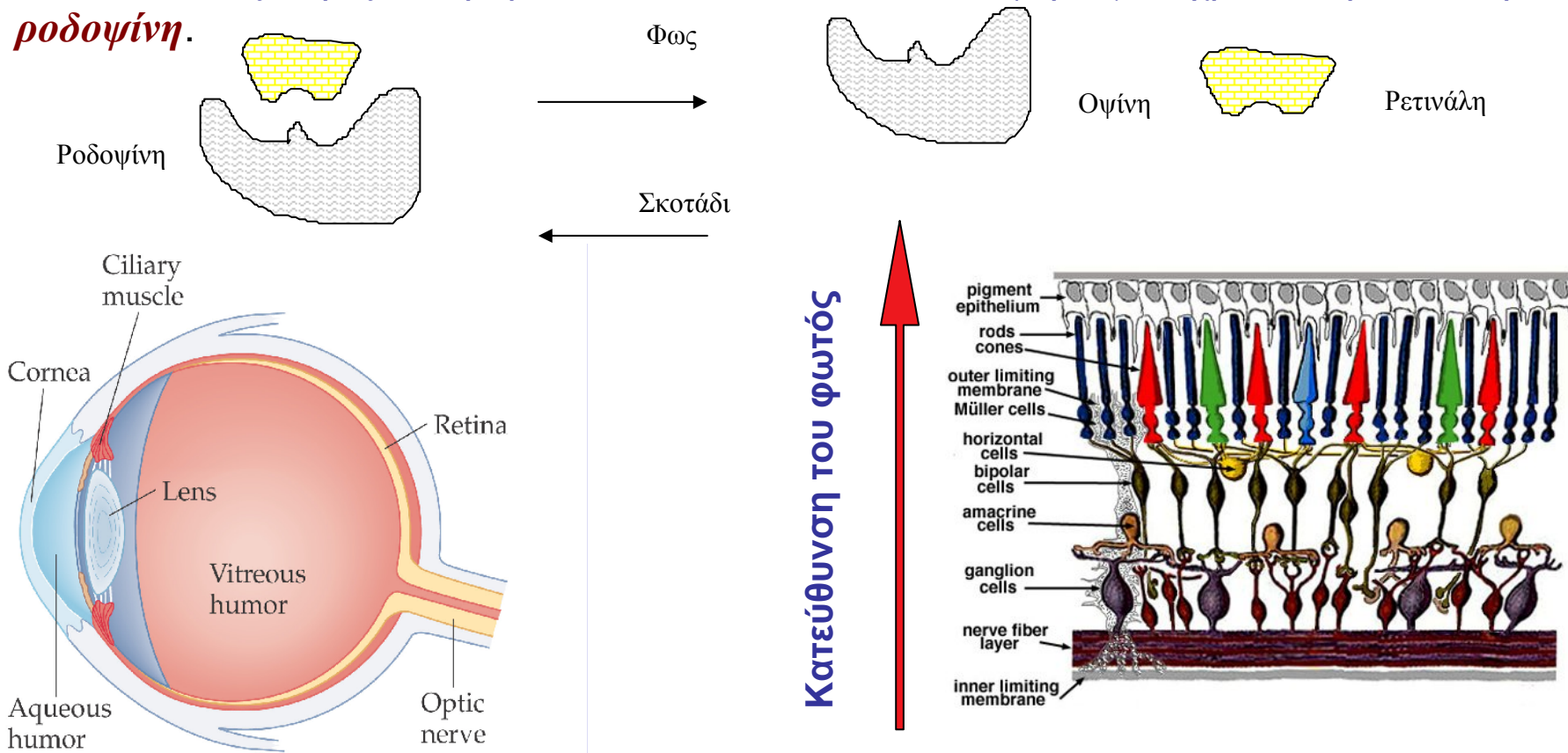


✓ Ο οφθαλμός έχει τη σημαντική ιδιότητα να μεταβάλλει την κυρτότητα των επιφανειών του, με τη βοήθεια ακτινικών και κυκλικών μυϊκών ινών που τον περιβάλλουν, να προσαρμόζει το μέγεθός του και τελικά να επιτρέπει στον οφθαλμό να εστιάζει αντικείμενα σε διάφορες αποστάσεις.



# ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ - ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΗΣ-

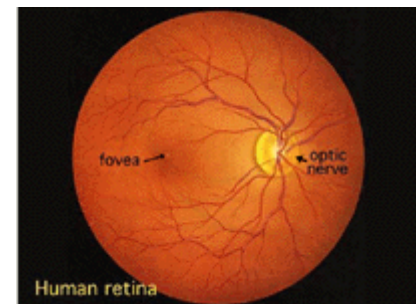
- Ο αμφιβληστροειδής μετατρέπει τις οπτικές εικόνες σε βιοηλεκτρικά σήματα που στέλνονται έπειτα για επεξεργασία στον εγκέφαλο.
- Αποτελείται από 6-7 στρώματα φωτοευαίσθητων κυττάρων, ενώ το επιφανειακό στρώμα των φωτοϋποδοχέων του αμφιβληστροειδούς αποτελείται από τα **ραβδία** και τα **κωνία**. Στις άκρες των ραβδίων και των κωνίων κυκλοφορεί μια χρωστική ουσία, η **ροδοψίνη**.





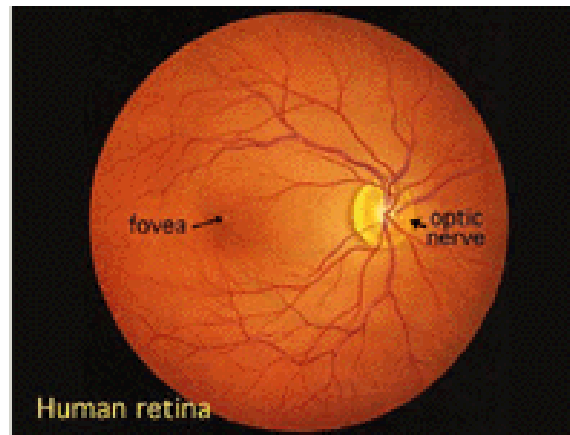
# ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ -ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΗΣ-

1. **Τα ραβδία** είναι περίπου 120 εκατομμύρια σε κάθε μάτι, ανομοιόμορφα κατανεμημένα στον αμφιβληστροειδή, πολύ ευαίσθητα σε φωτεινή ακτινοβολία μήκους κύματος 360-680 nm (μέγιστη ευαισθησία:  $\lambda=550$  nm). Είναι ευαίσθητα στο αμυδρό φως, στην κίνηση και σε μικρές διαφορές της φωτεινής έντασης, θυσιάζοντας βέβαια ποσοστό των λεπτομερειών και του χρώματος των αντικειμένων (*σκοτοπική όραση - περιφερειακή όραση*).
2. **Τα κωνία** είναι περίπου 6-7 εκατομμύρια σε κάθε μάτι, βρίσκονται συγκεντρωμένα στην περιοχή της ωχράς κηλίδας και, όπως και τα ραβδία, απουσιάζουν εντελώς από το τυφλό σημείο. Είναι ευαίσθητα στο λαμπρό φως, οι χρωστικές τους εμφανίζουν διαφορετικά φάσματα απορρόφησης του φωτός, με κορυφές στα 570, 540 και 450 nm που συσχετίζονται με την *τριχρωματική θεωρία της έγχρωμης όρασης*.
3. **Οι οπτικές νευρικές ίνες** είναι περίπου 1 εκατομμύριο. Τα κωνία του κεντρικού βοθρίου συνδέονται το καθένα χωριστά με μια νευρική ίνα, ενώ τα υπόλοιπα κωνία και τα ραβδία (100 ραβδία μαζί) μοιράζονται μία οπτική νευρική ίνα.

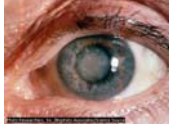




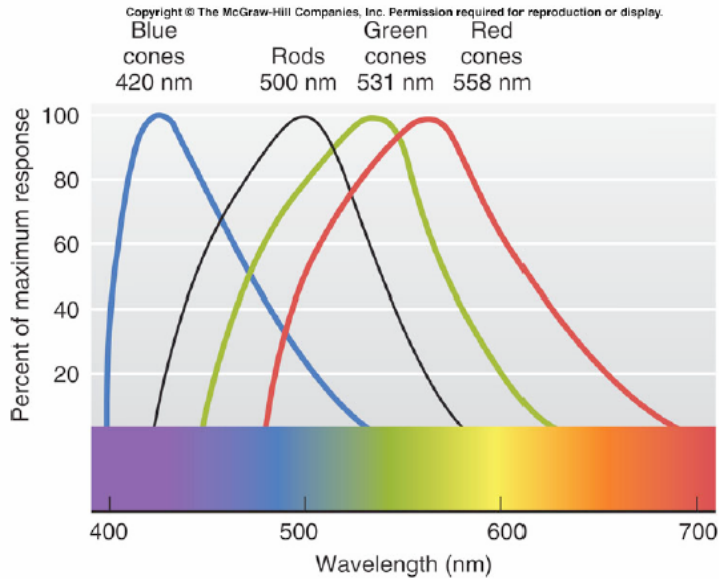
 **Εικόνα του αμφιβληστροειδή, όπως φαίνεται με το οφθαλμοσκόπιο**



Στο κέντρο του αμφιβληστροειδή είναι το **οπτικό νεύρο**, μια κυκλική προς οναι λευκή επιφάνεια διαστάσεων 2 x 1.5 mm περίπου. Από το κέντρο του οπτικού νεύρου ξεκινούν τα κυριότερα αιμοφόρα αγγεία του αμφιβληστροειδή. Περίπου 17° (4.5-5 mm), ή δύομισυ φορές η διάμετρος του δίσκου προς τα αριστερά του, φαίνεται η σχεδόν οναι στο σχήμα, ελεύθερη αιμοφόρων αγγείων σκούρα περιοχή, το **βοθρίο**, το οποίο είναι στο κέντρο της περιοχής της **ωχράς κηλίδας**.



# ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ -ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΗΣ-



### Cone sensitivities

- Three cone types (S, M, and L) are roughly blue, green, and red sensors, respectively. Their peak sensitivities occur at ~430nm, 560nm, and 610nm for "average" human.

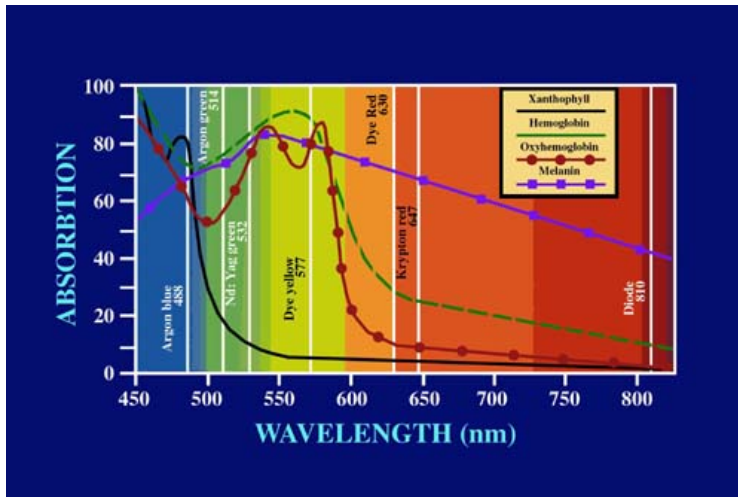
Rods & cones, ~1.35 mm from center of fovea

Rods & cones, ~8 mm from center of fovea

4 μm

Cone sensitivities as a function of wavelength

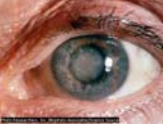
**Ραβδία και κωνία: ευαισθησία στο ορατό (εικόνα από το διαδίκτυο)**



Relative absorption versus wavelength for various intraocular chromophores.

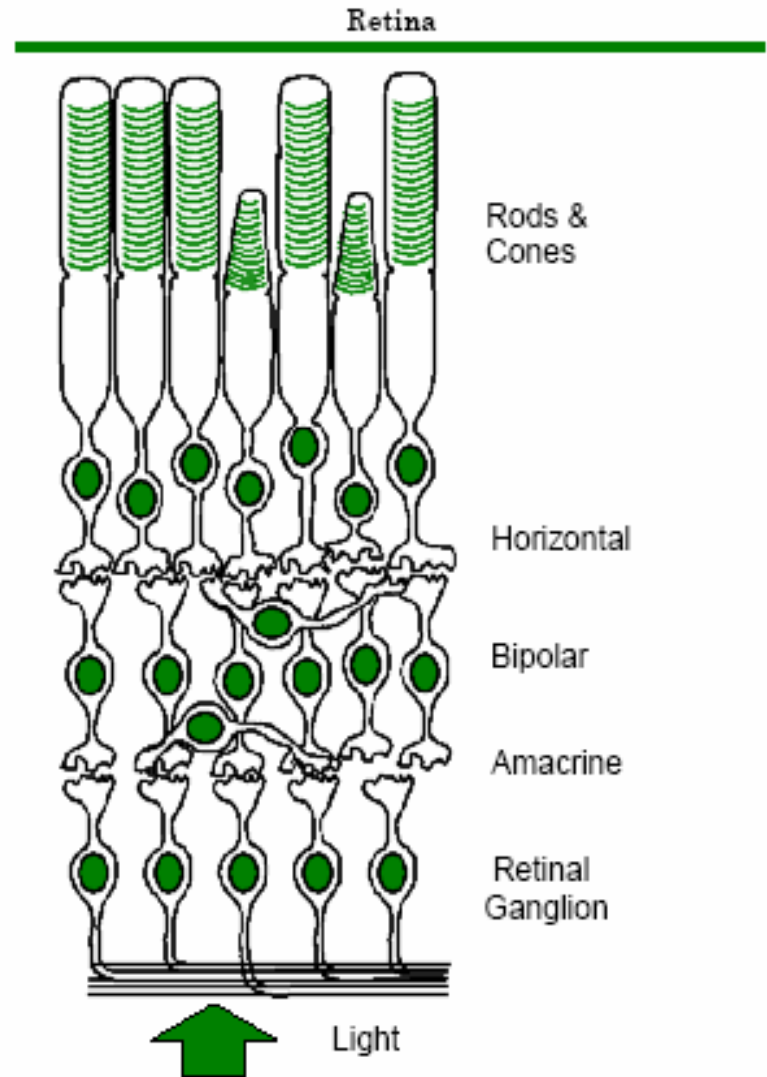
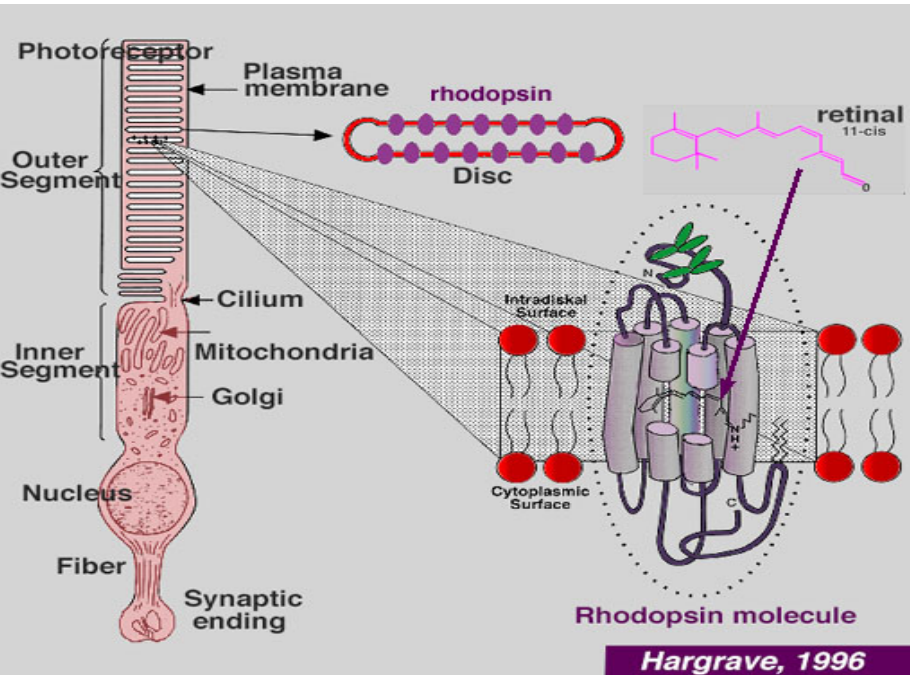


# Αμφιβληστροειδής – ραβδία και άλλα κύτταρα



Ocular Function

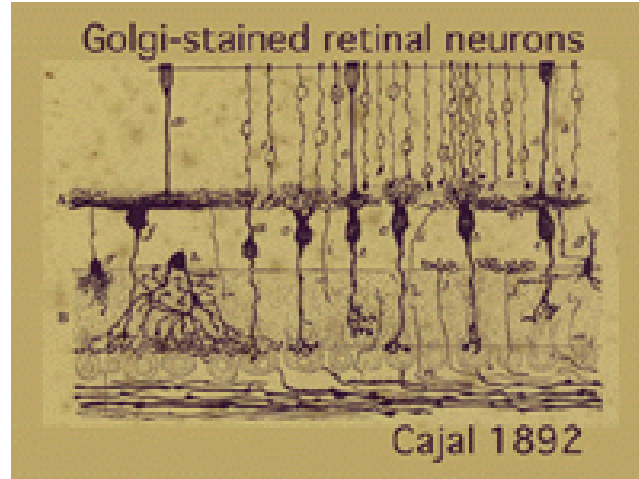
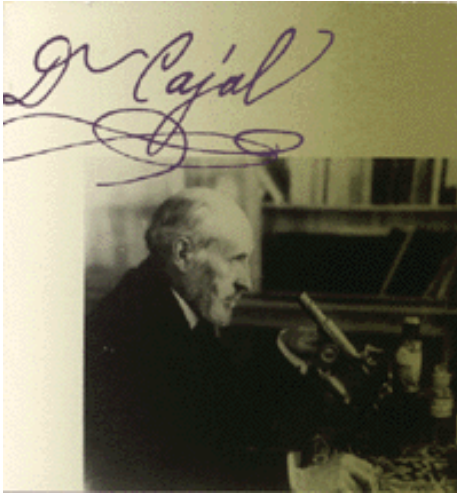
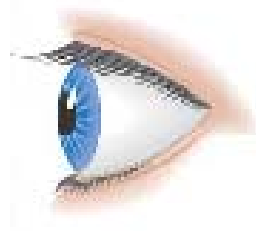
3



*Ραβδία: Μορφολογία του κυττάρου –  
φωτοϋποδοχέα (εικόνα από το διαδίκτυο)*



## «Ανατομία» αμφιβληστροειδή – ιστορικά στοιχεία

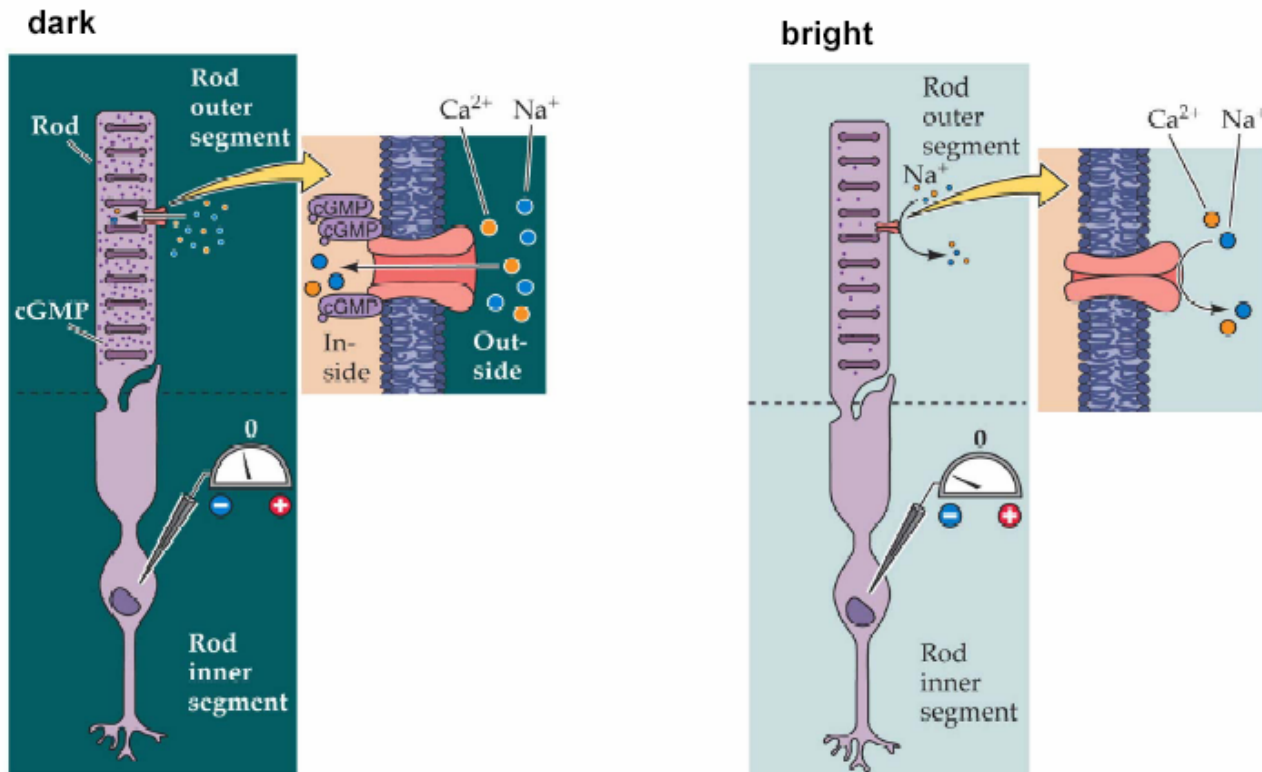
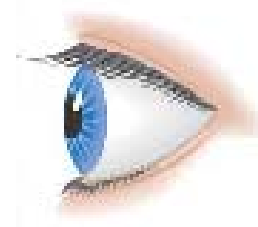


The morphologies of individual neurons that make up the retina and contribute processes for synaptic interaction in the plexiform layers have been described over the years from using various anatomical techniques. Principal amongst these is a specific neural stain named after a famous early Italian neuroanatomist, Camillo Golgi (1885), who lived at the end of the last century. This staining method was used most extensively and with extraordinary success by the great Spanish anatomist Ramon y Cajal (1892).





## 👁️ Αμφιβληστροειδής – βιοηλεκτρικά ρεύματα



NEUROSCIENCE, Third Edition, Figure 19.6 (Part 1) © 2004 Sinauer Associates, Inc.

NEUROSCIENCE, Third Edition, Figure 10.

*Λεπτομέρεια της αντλίας  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$  και των βιοηλεκτρικών ρευμάτων στα ραβδία του αμφιβληστροειδή χιτώνα (εικόνα από το διαδίκτυο)*



## 👁️ Αμφιβληστροειδής – ραβδία και κωνία

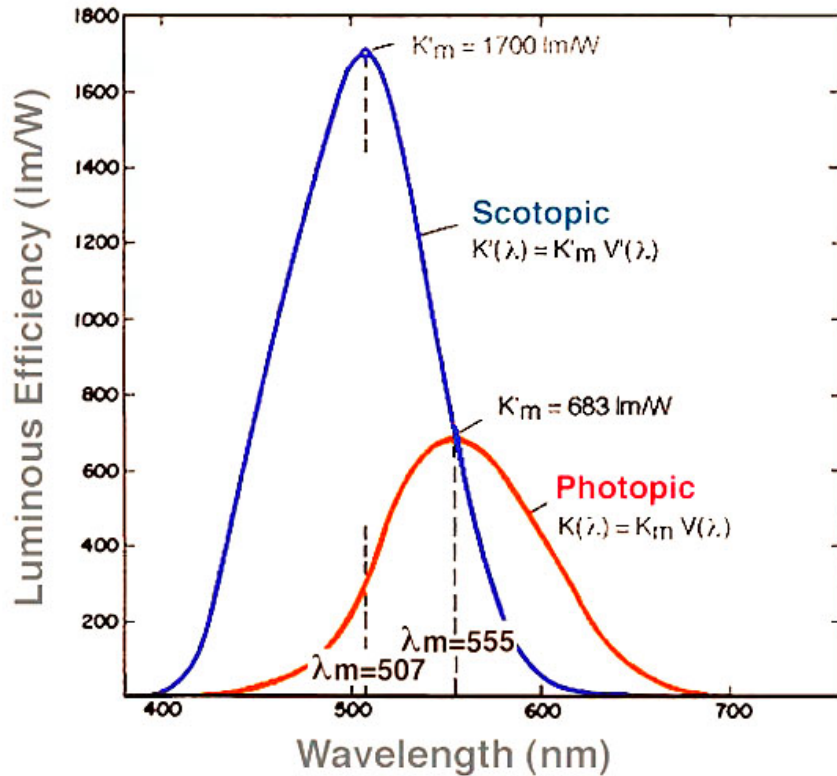
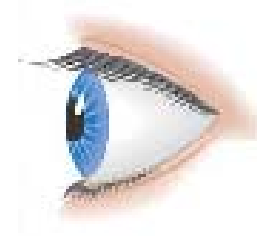


Figure 9. The scotopic and the photopic curves of spectral luminous efficacy (non-normalised values).

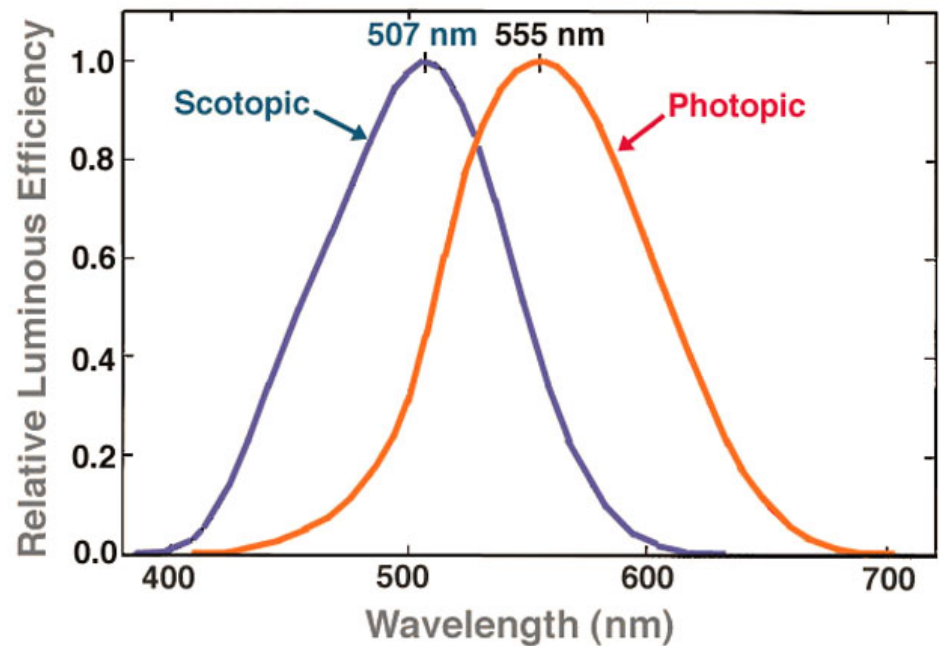
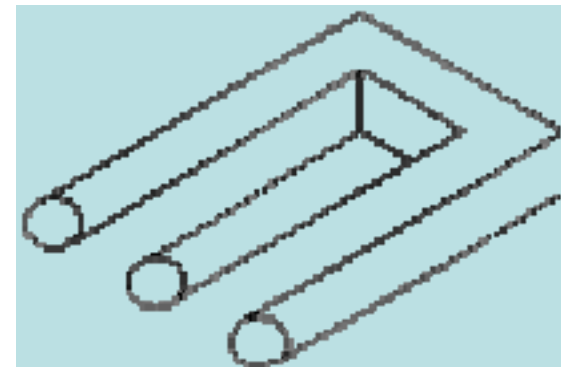


Figure 10. The scotopic and the photopic curves of relative spectral luminous efficiency as specified by the CIE (normalised values).



## Στερεοσκοπική όραση

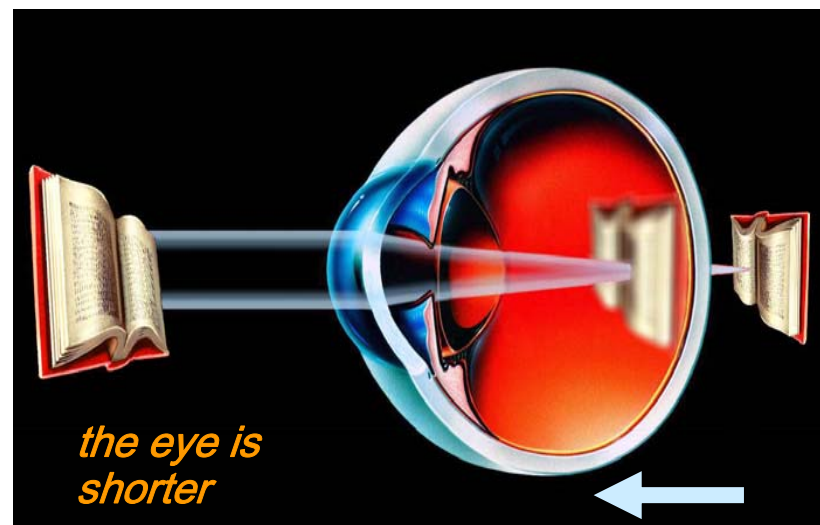
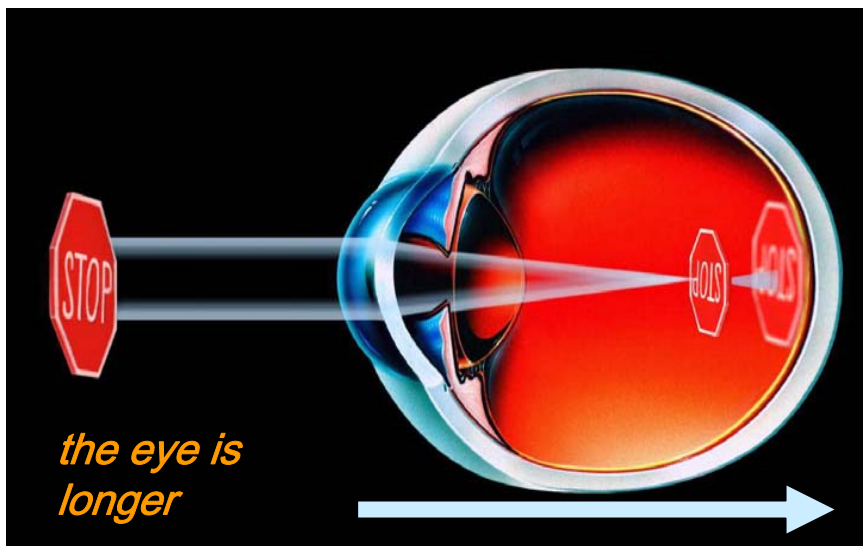
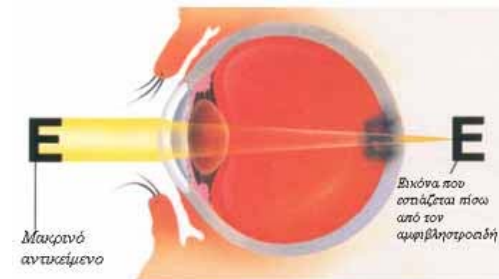
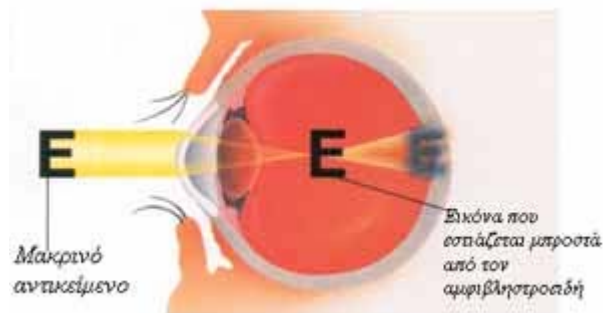
Η ελάχιστη οριζόντια διαφορά των δύο αμφιβληστροειδικών εικόνων, που μπορεί να προκαλέσει την αίσθηση του βάθους, αντιστοιχεί στον ουδό (κατώφλι) της στερεοσκοπικής όρασης, και καθορίζει την στερεοσκοπική οξύτητα. Η στερεοσκοπική οξύτητα μετριέται σε δευτερόλεπτα τόξου (sec/arc).



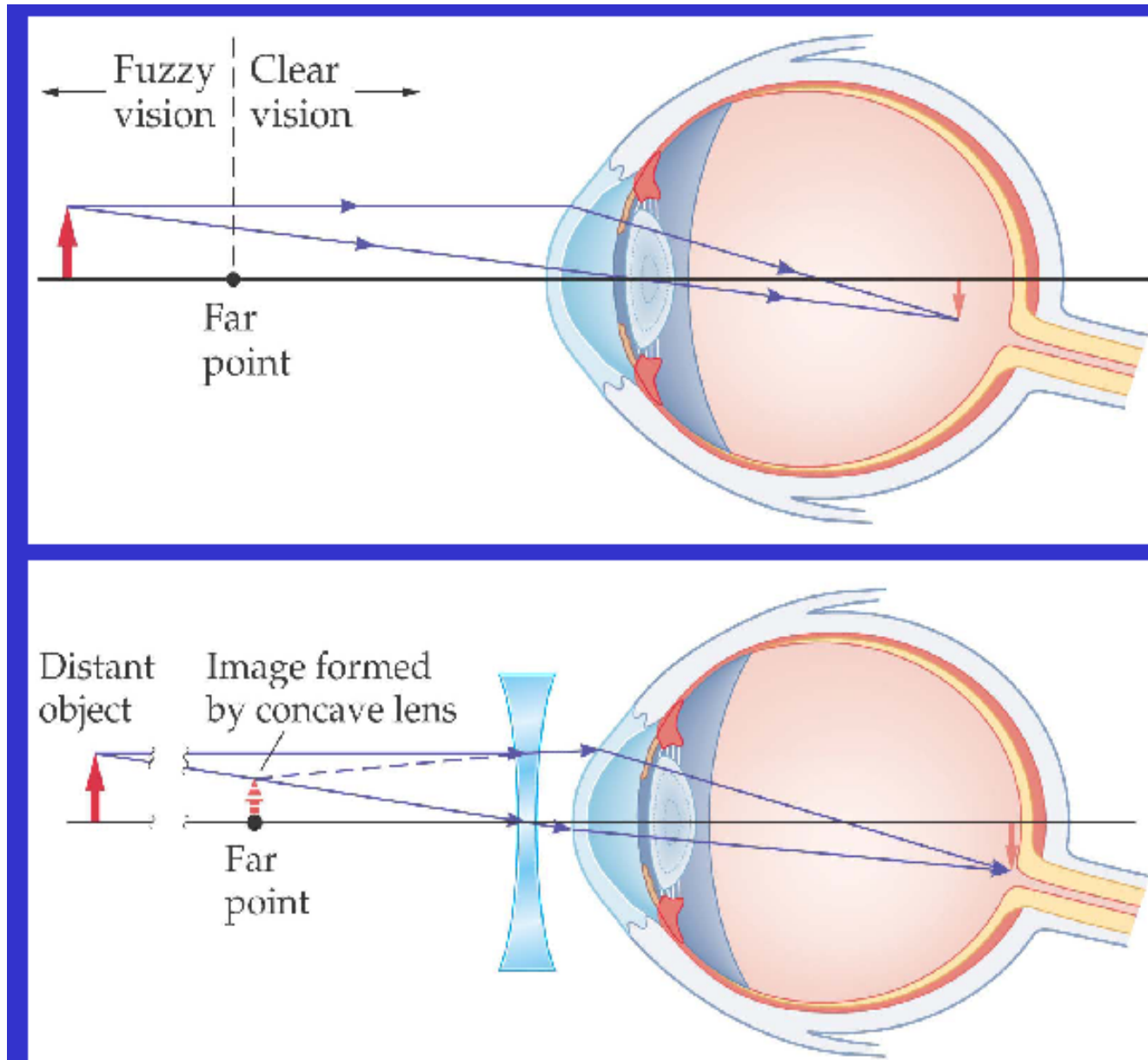
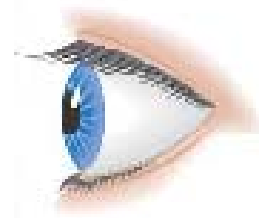


# ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ

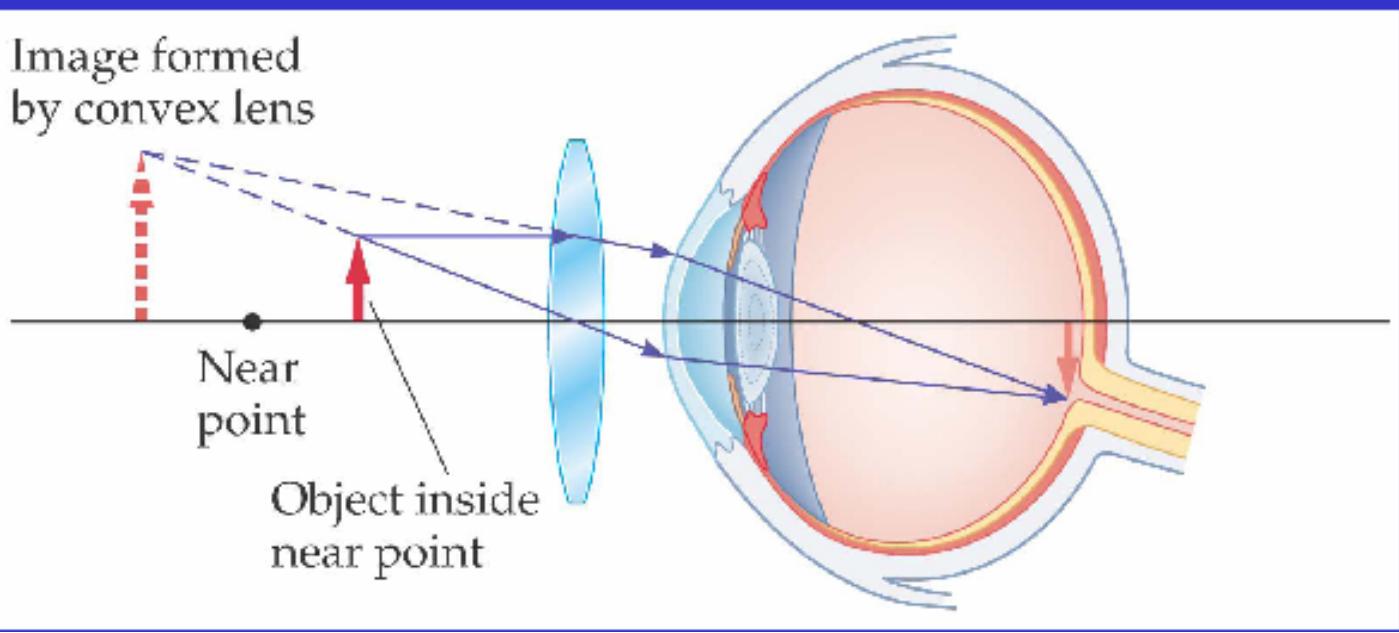
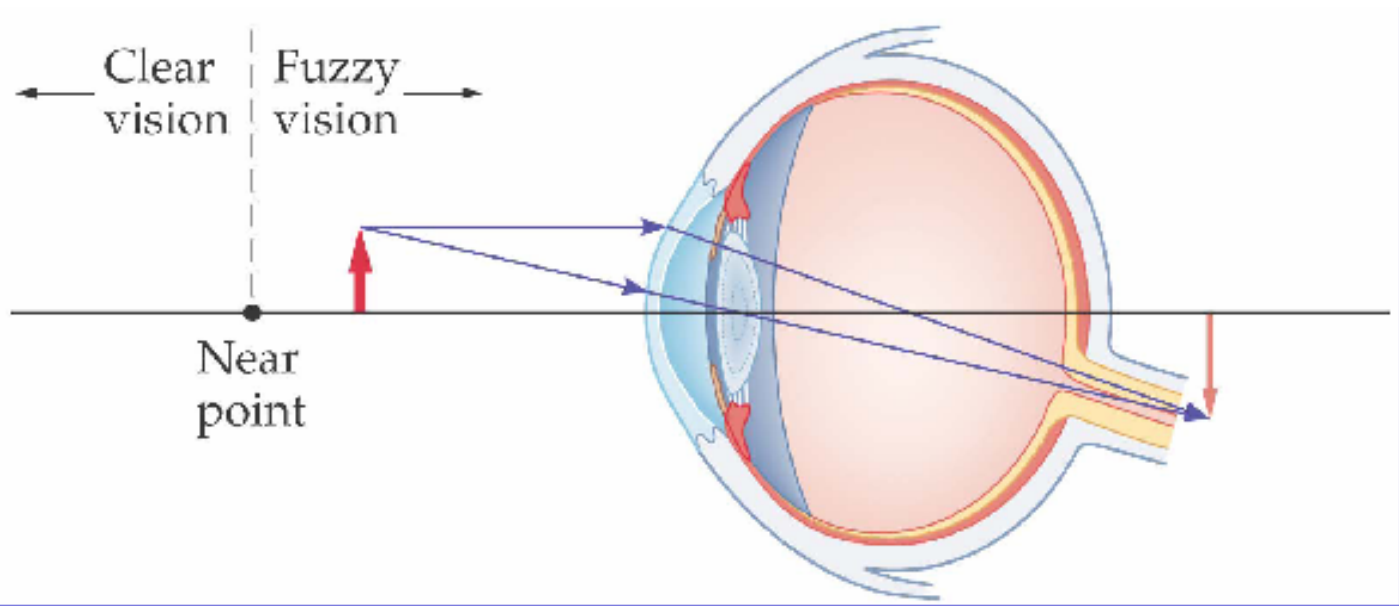
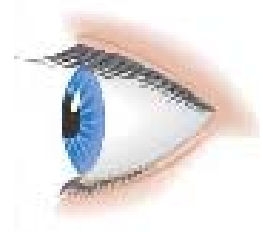
Φυσιολογικός, μυωπικός, και υπερμετρωπικός οφθαλμός (προσοχή, υπάρχει λάθος στην εικόνα!)



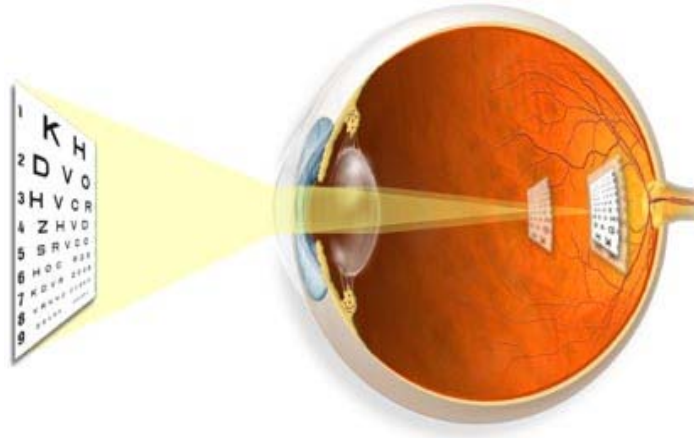
# Μυωπικός οφθαλμός



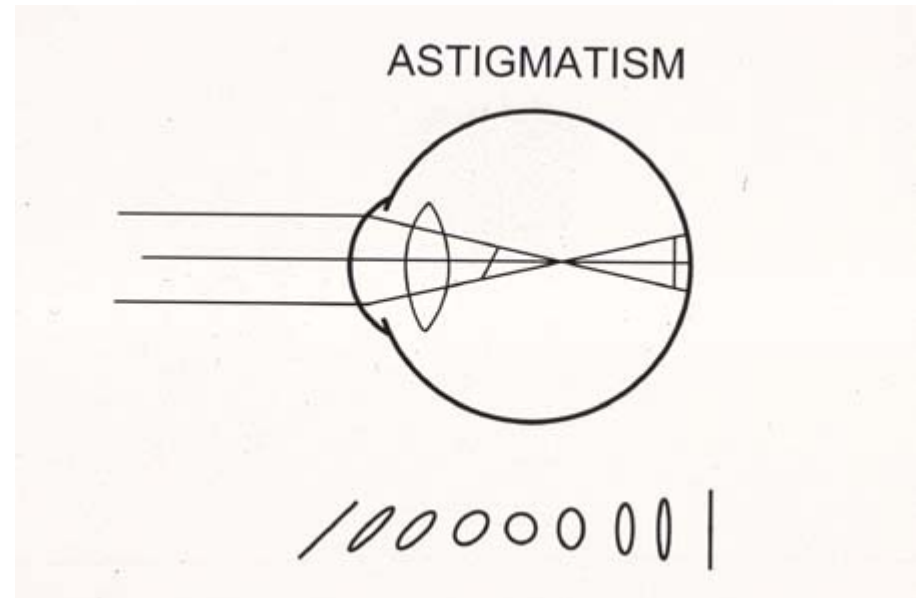
# Υπερμετρωπικός οφθαλμός



**Αστιγματισμός:** Οφείλεται στην ασύμμετρη καμπυλότητα του κερατοειδούς κι άρα στη διαφορετική διάθλαση των φωτεινών ακτίνων, καθώς αυτές διαπερνούν τον κερατοειδή χιτώνα.

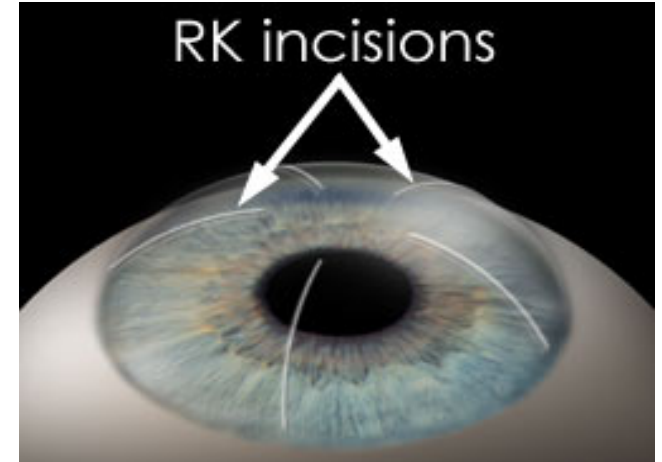
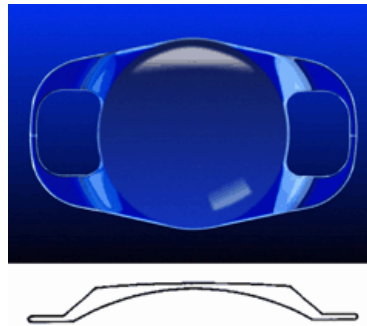
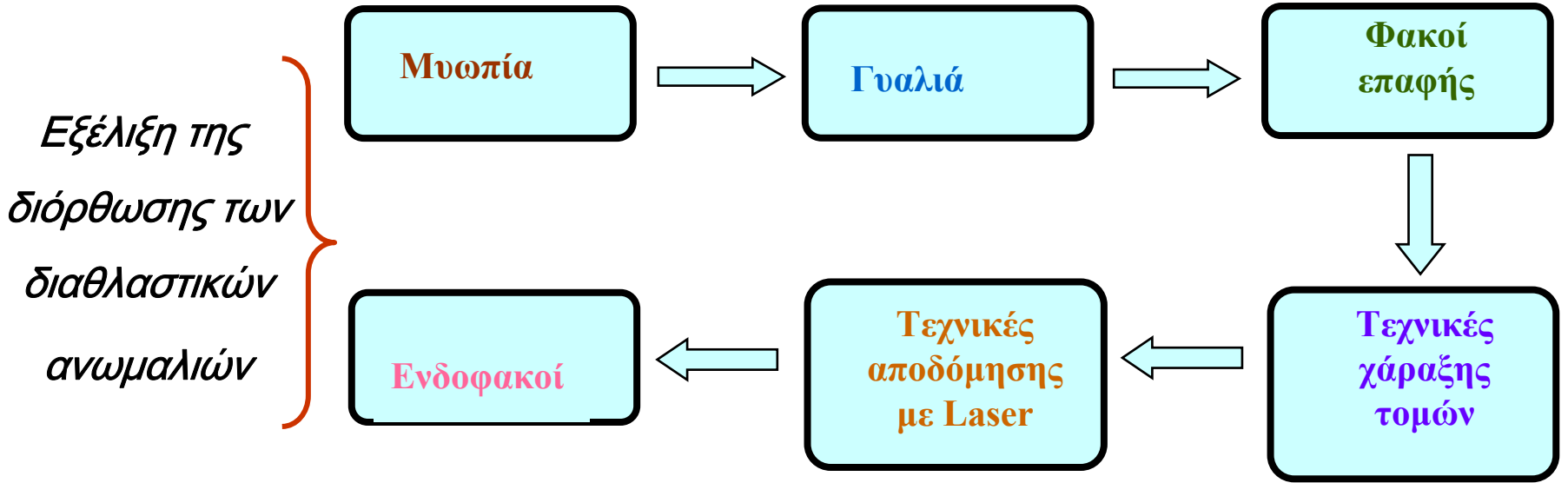


Original	Compromise
aio	aio
Horizontal Focus	Vertical Focus
aio	aio





# 👁 Διόρθωση διαθλαστικών ανωμαλιών της όρασης





*ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ;*



*Женское лицо или мужчина играющий на саксофоне?*



# Image quality, compression and segmentation in medicine

PAM MORGAN AND CLIVE FRANKISH

*Image quality, compression and segmentation* 151

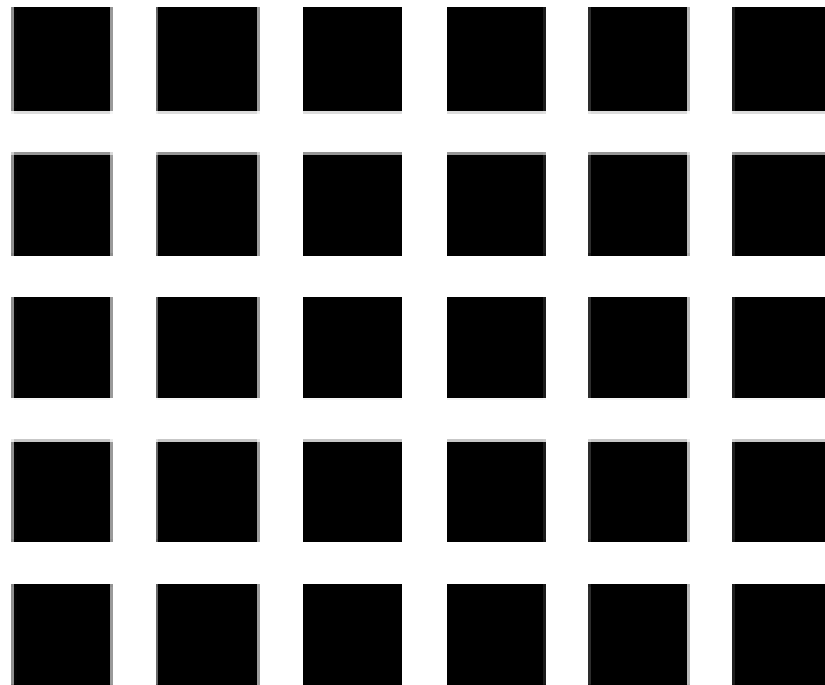
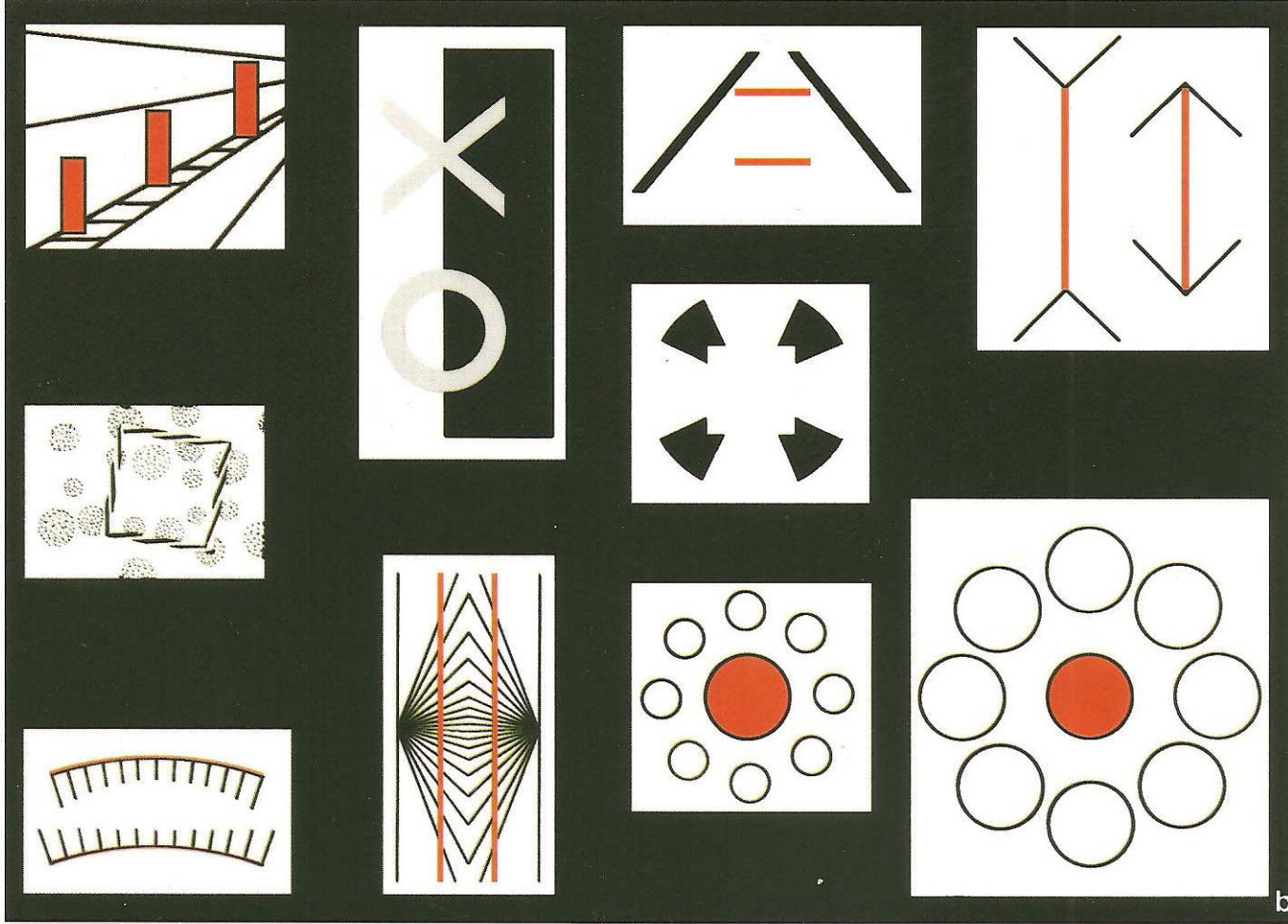


Figure 2. *The Hermann grid illusion.*

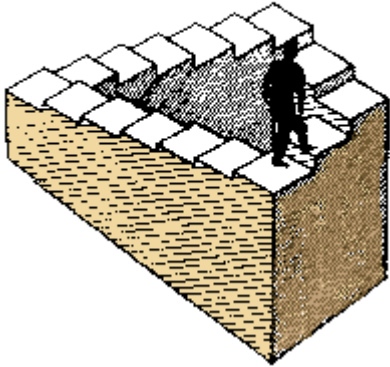
# ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ή ΟΦΘΑΛΜΑΠΑΤΗ;

© JOHANNES LIEDER, Ludwigsburg, Made in Germany

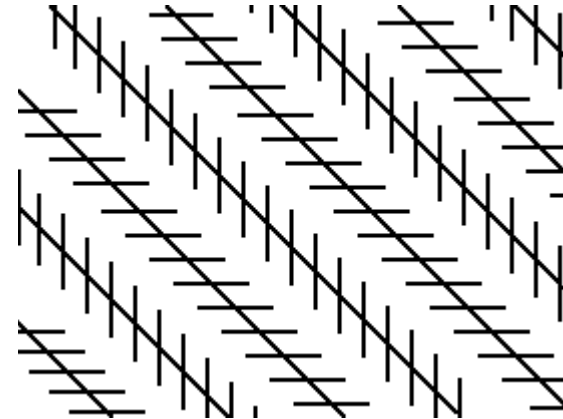
Atli



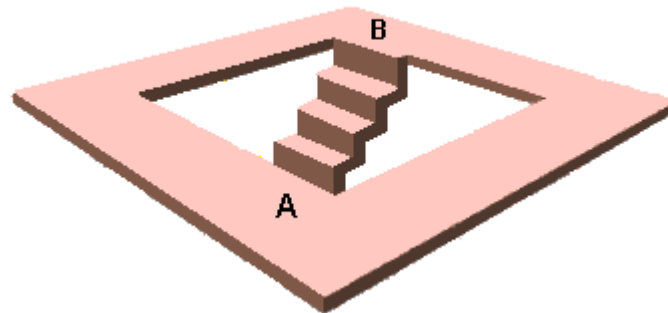
# ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ Ή ΟΦΘΑΛΜΑΠΑΤΗ;



The diagonal lines are parallel.



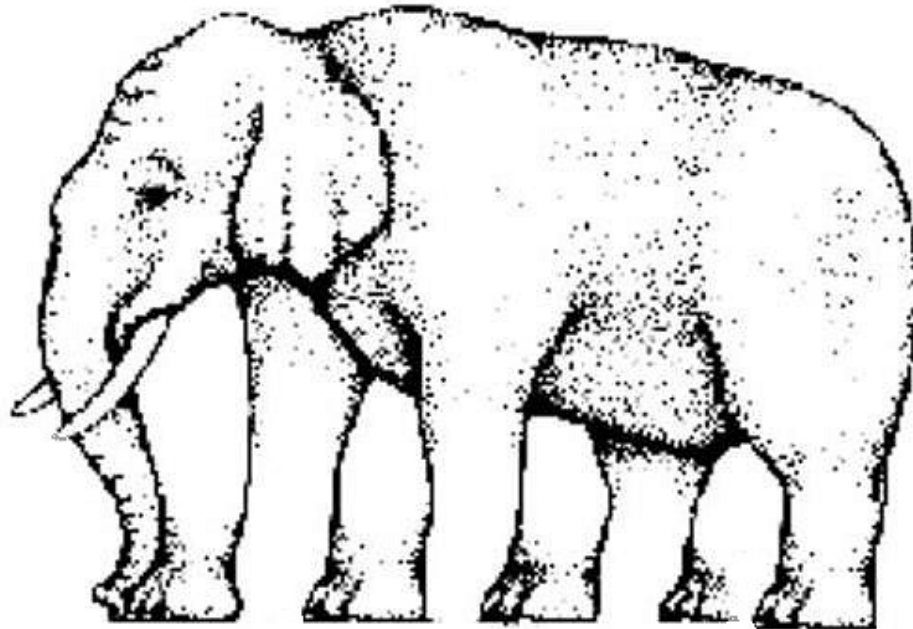
Stairway between corners of a flat square.



You can go from corner **A** to corner **B** by climbing the stairs or by going around a level plane.

## Children's Activity Project

Color the elephant with crayons or colored pencils making sure to stay within the lines.



## ■ Βιβλιογραφία

- "Θέματα Μοριακής Βιοφυσικής", Στ. Χαμόδρακα, Εκδόσεις Συμμετρία, 1993.
- "Φυσική του ανθρώπινου σώματος", CAMERON J. SKOFRONICK J. GRANT R. Επιμέλεια:Ε. Γεωργίου - Ε. Γιακουμάκη - Σ. Κόττου - Κ. Νταλλές - Α. Σερέφογλου - Α. Σκυλάκου Λουίζη, Εκδόσεις ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ, 2002.
- Οπτική Αντίληψη, (Σημειώσεις διαλέξεων για το μάθημα ED10510), Daniel Chandler, <http://www.mcm.aueb.gr/ment/semiotics/visper/visindex.html>
- Πολλές εικόνες – σχήματα είναι από εκπαιδευτικό υλικό ή δημοσιεύσεις που διατίθενται ελεύθερα στο διαδίκτυο.
- Η ιστοσελίδα μου είναι στη διεύθυνση: <http://users.ntua.gr/mmakro>

