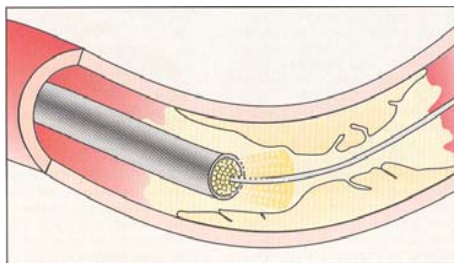
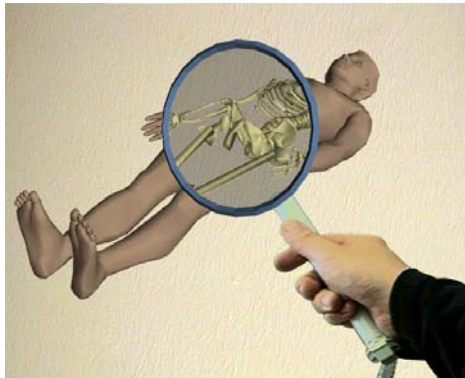
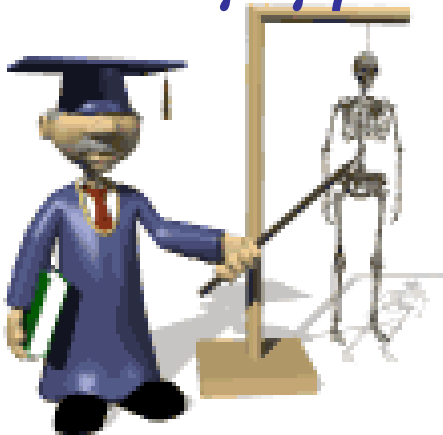




ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Εισαγωγή στην Ιατρική Φυσική – Φυσική των οφθαλμών και της όρασης

Διδάσκουσα: Μυρσίνη Μακροπούλου





ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ

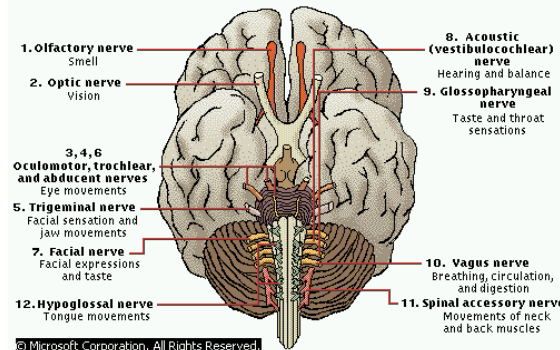
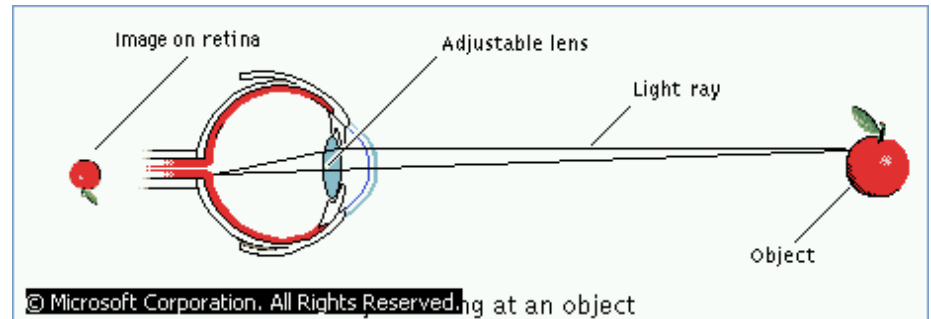
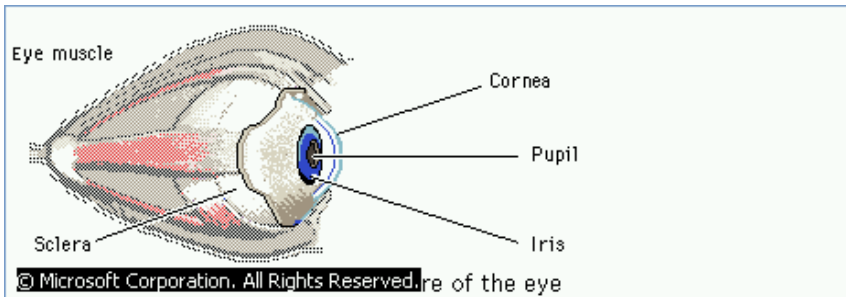


Η αίσθηση της όρασης έχει τρεις κύριες συνιστώσες:

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

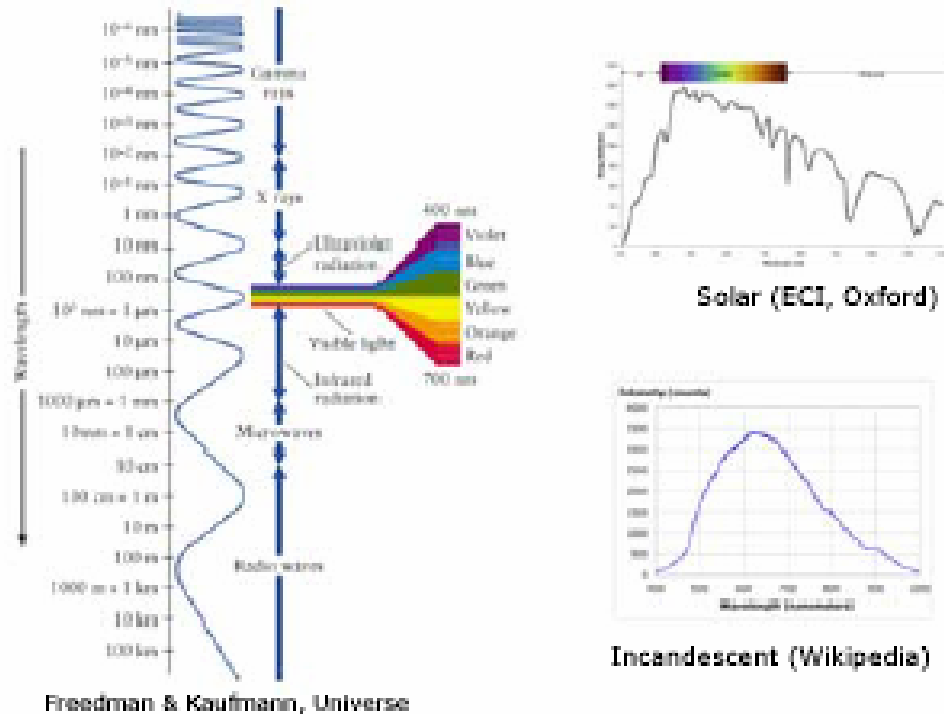
👁️ Ένα σύστημα εκατομμυρίων νευρώνων που μεταφέρουν την πληροφορία στον εγκέφαλο,

👁️ Τον εγκέφαλο, όπου γίνεται η επεξεργασία της πληροφορίας

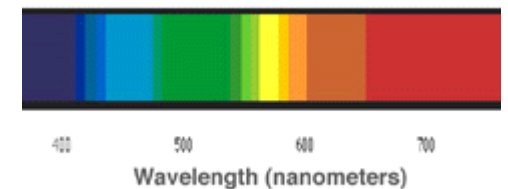




Visible light spectrum



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





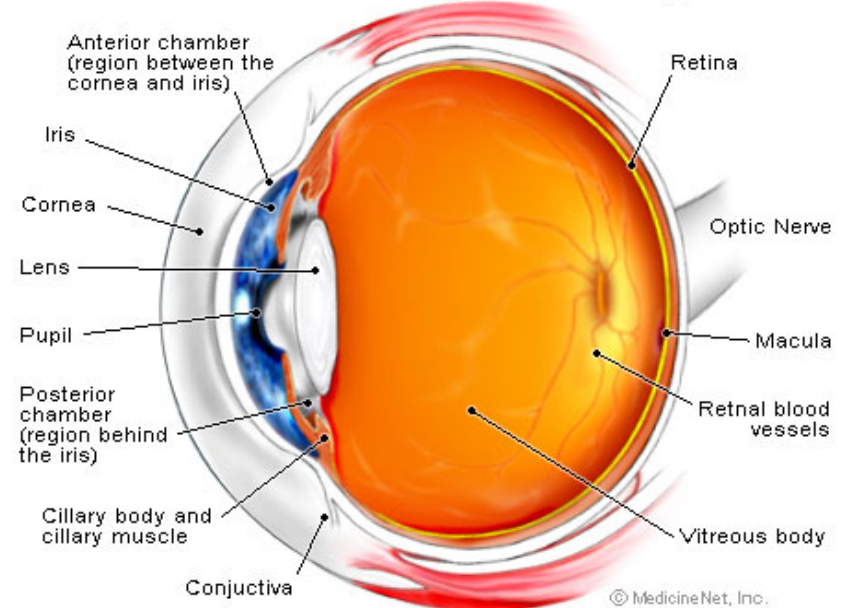
ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ



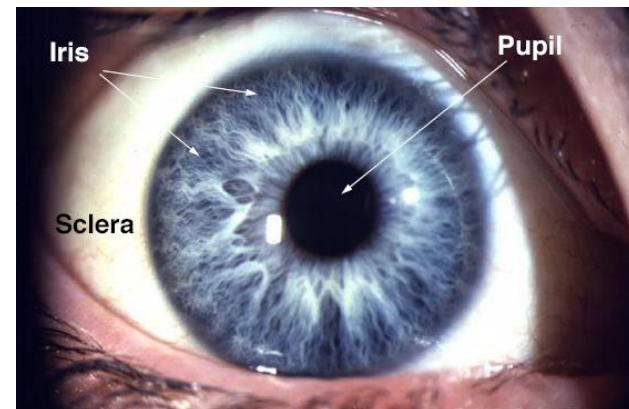
 Ο ανθρώπινος οφθαλμός και μια τρισδιάστατη αναπαράσταση του βολβού

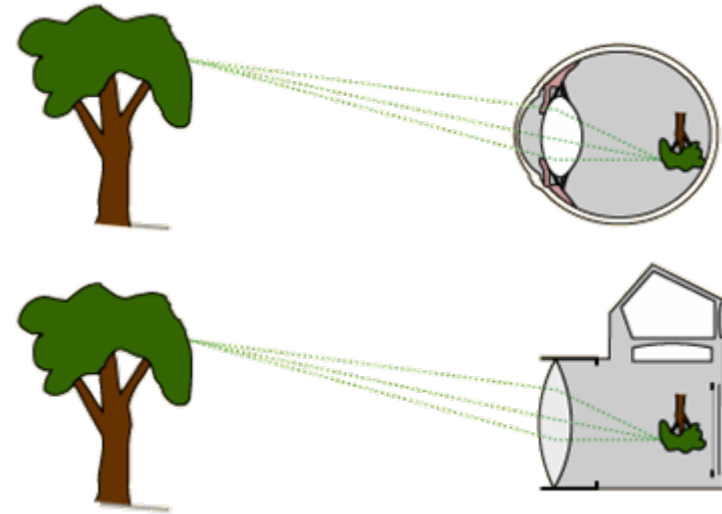
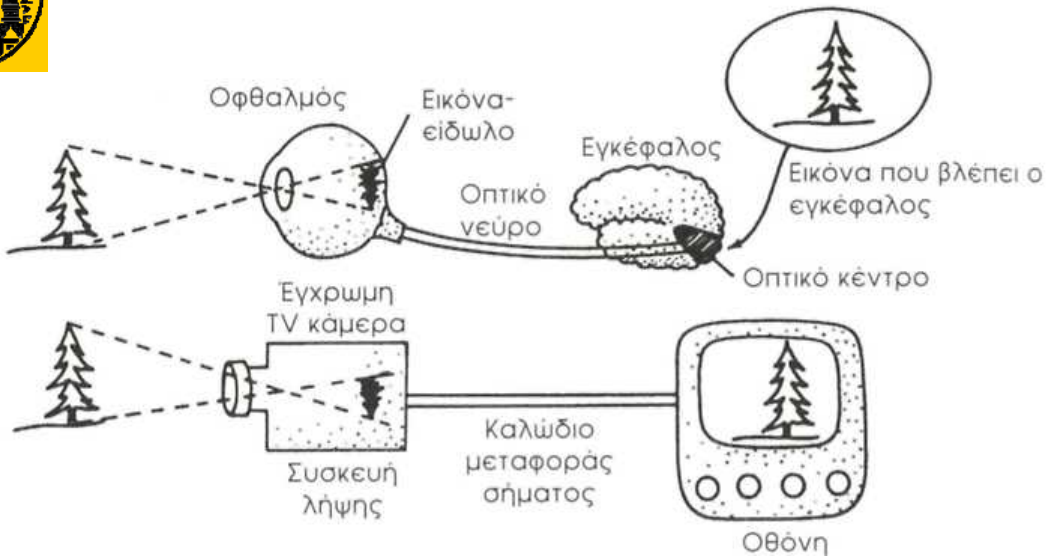


Anatomy of the Eye



➤ Ο βολβός έχει διάμετρο ~25mm και αποτελείται από τρεις ομόκεντρους χιτώνες: ινώδης χιτώνας, χοριοειδής χιτώνας και αμφιβληστροειδής ή νευρικός χιτώνας





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, Optic Nerve, Brain, Cable, Camera, Computer

But it is not that simple!

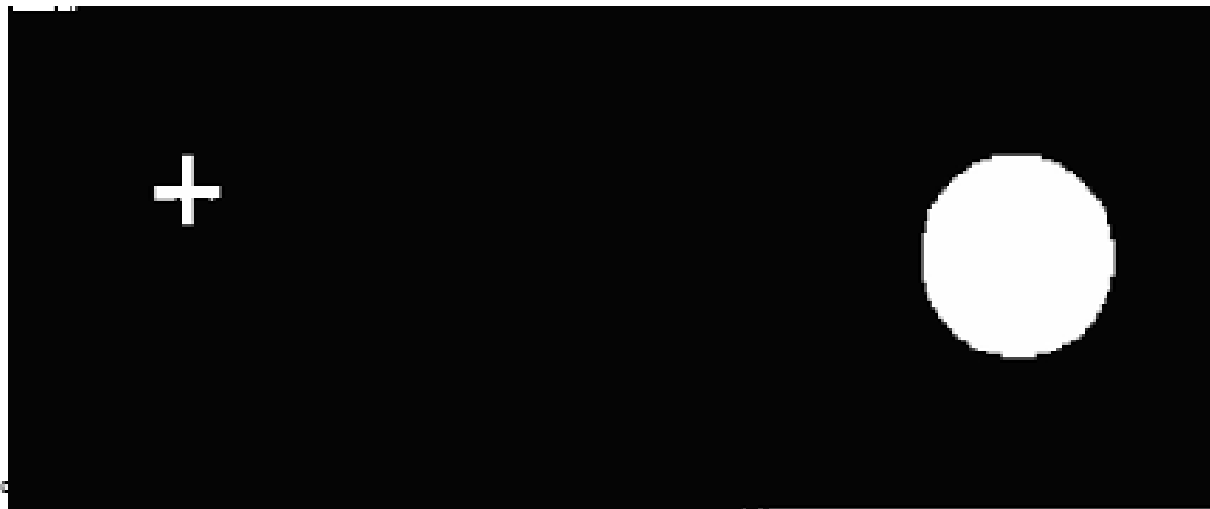
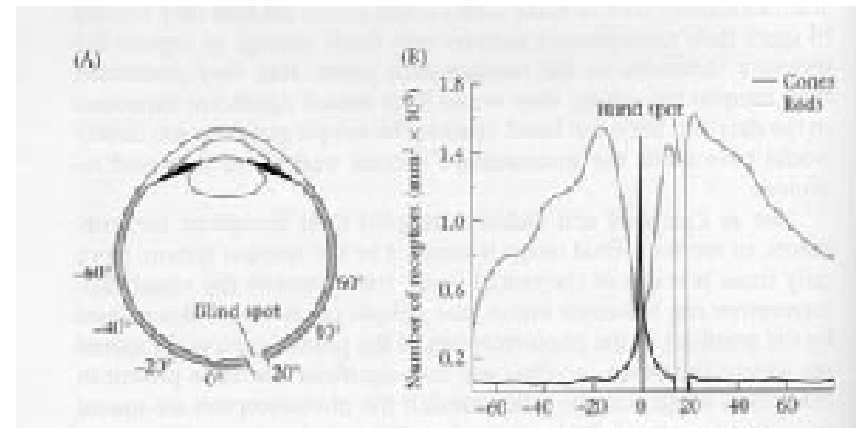
GSAIVI Lecture 1 - Introduction to IVI
Image Processing and Interpretation at The University of Nottingham

Sky, Tree, Tree, Grass

Image Processing and Interpretation at The University of Nottingham

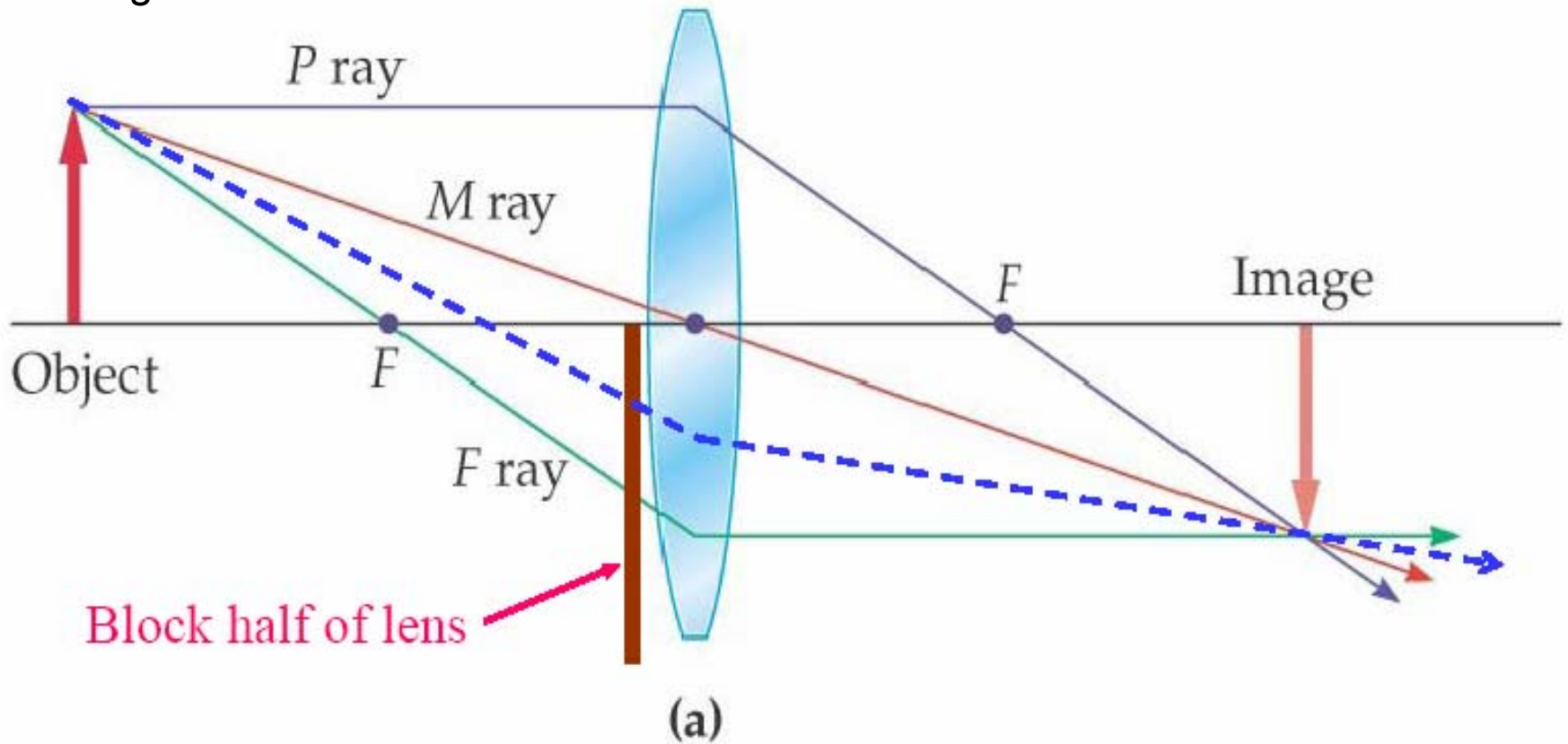
Blind spot

- Close left eye
- Look steadily at white cross
- Move head slowly toward and away from figure
- At a particular head position the white disk completely disappears from view



Conceptual Quiz: A lens is used to image an object onto a screen. If the right half of the lens is covered,

- 1.the left half of the image disappears.
- 2.the right half of the image disappears.
- 3.the entire image disappears.
- 4.the image becomes blurred.
- 5.the image becomes fainter.



When we block half of the lens, we simply block half of the rays passing through the lens. We still receive a full image; it is just fainter.



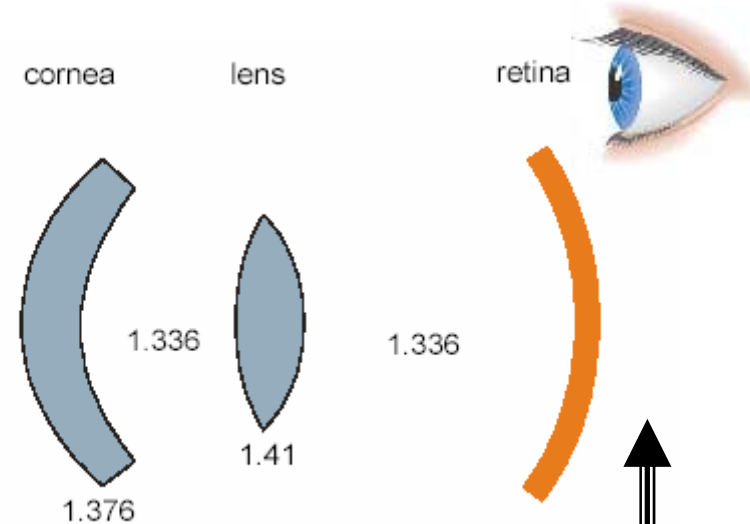
👁️ Σχηματισμός εικόνας

👁️ 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.



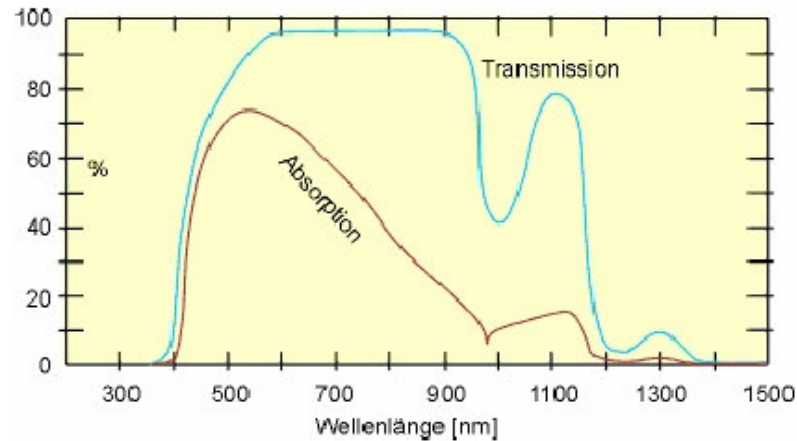
Σχηματική αναπαράσταση των διαθλαστικών μέσων με τους αντίστοιχους δείκτες διάθλασης (cornea=κερατοειδής, lens=φακός, retina=αμφιβληστροειδής)



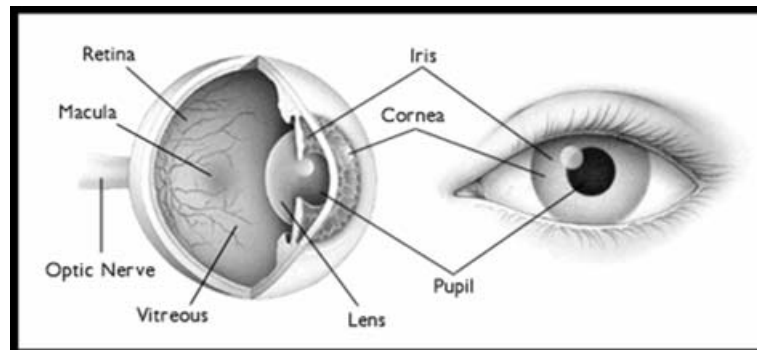
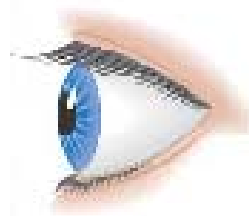


Universität Erlangen

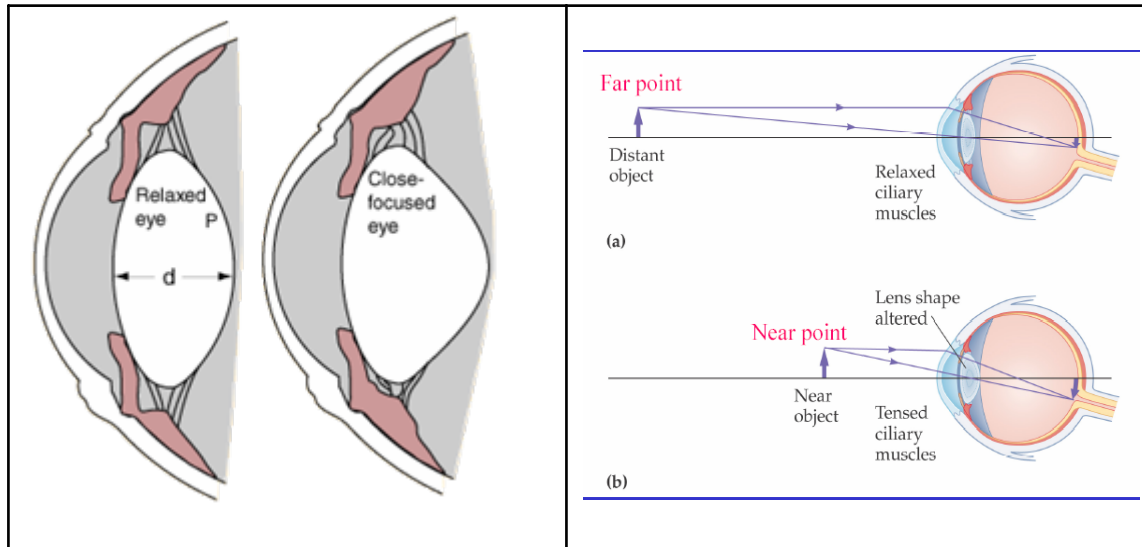
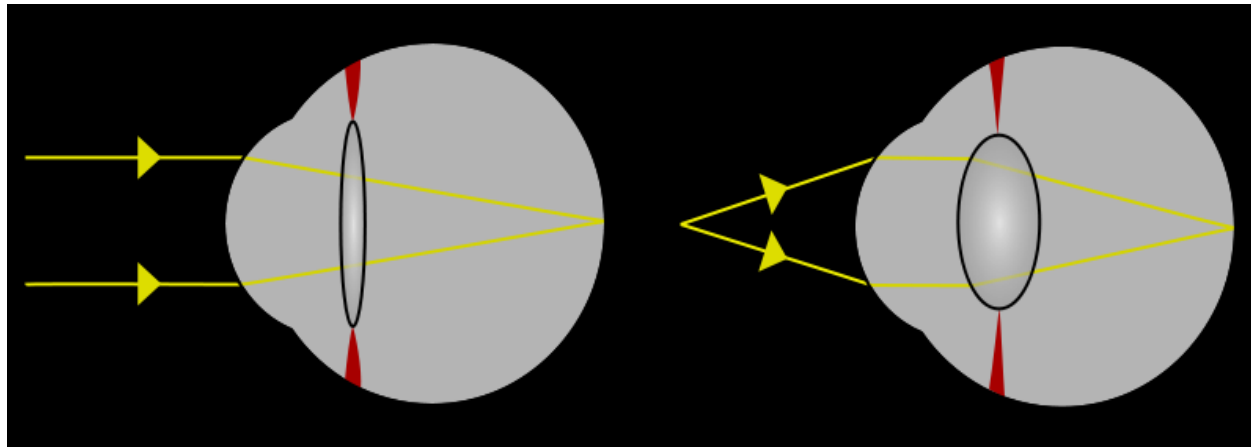
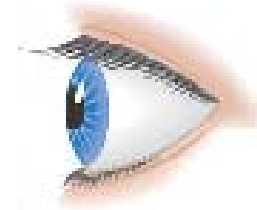
Eye transmission & retina absorption



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



👁️ Προσαρμογή του ανθρώπινου οφθαλμού

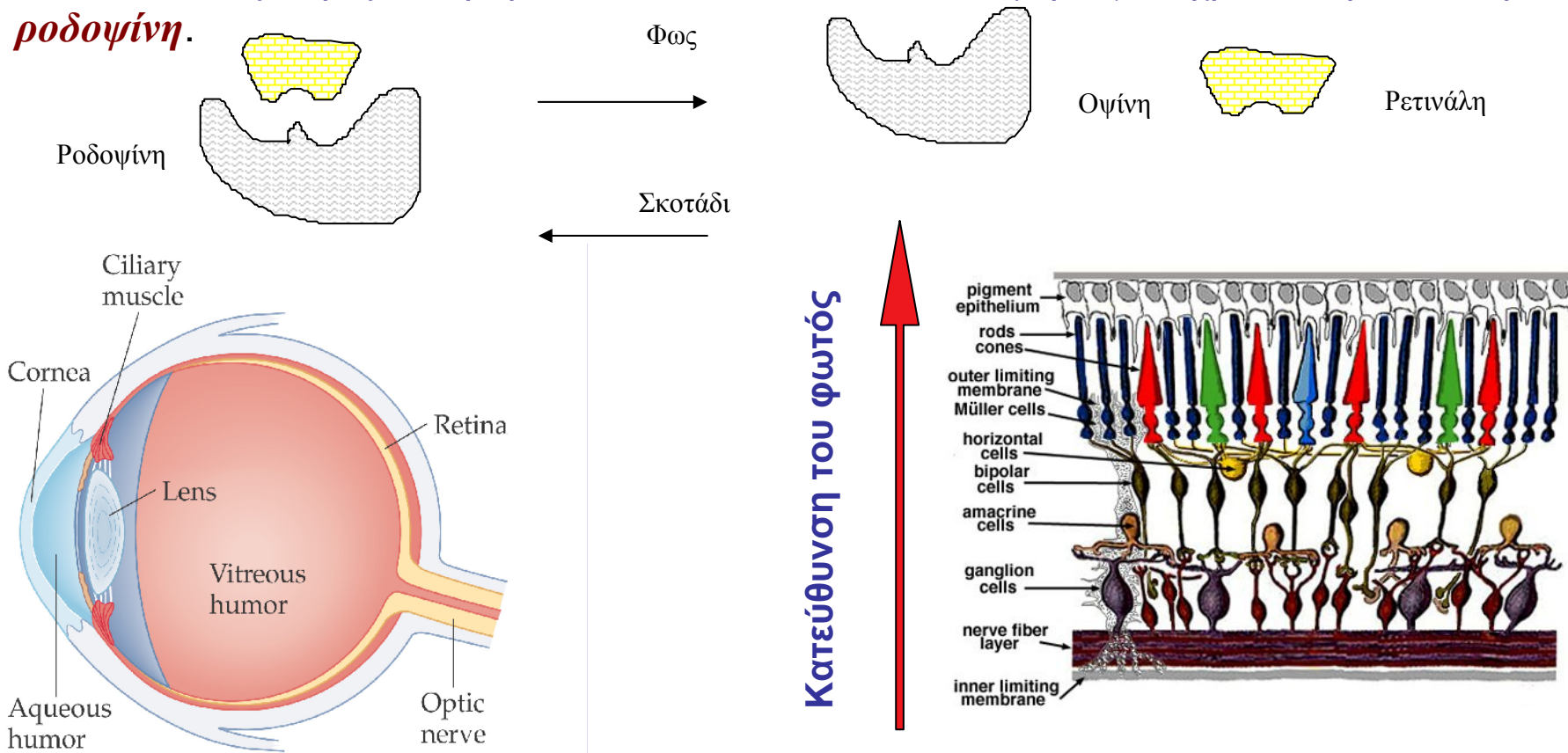


✓ Ο οφθαλμός έχει τη σημαντική ιδιότητα να μεταβάλλει την κυρτότητα των επιφανειών του, με τη βοήθεια ακτινικών και κυκλικών μυϊκών ινών που τον περιβάλλουν, να προσαρμόζει το μέγεθός του και τελικά να επιτρέπει στον οφθαλμό να εστιάζει αντικείμενα σε διάφορες αποστάσεις.



ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ - ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΗΣ-

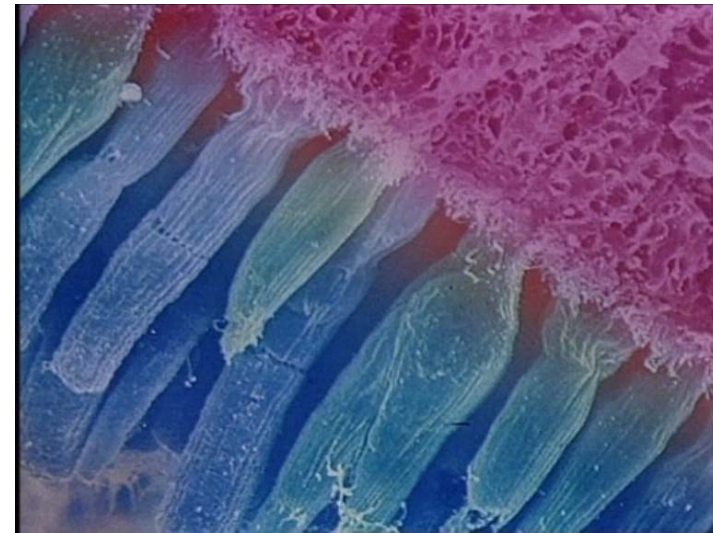
- Ο αμφιβληστροειδής μετατρέπει τις οπτικές εικόνες σε βιοηλεκτρικά σήματα που στέλνονται έπειτα για επεξεργασία στον εγκέφαλο.
- Αποτελείται από 6-7 στρώματα φωτοευαίσθητων κυττάρων, ενώ το επιφανειακό στρώμα των φωτοϋποδοχέων του αμφιβληστροειδούς αποτελείται από τα **ραβδία** και τα **κωνία**. Στις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



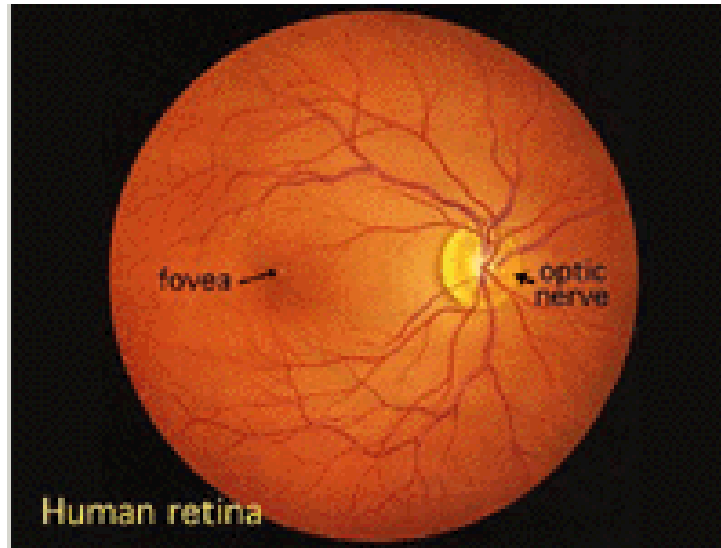


ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ -ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΗΣ-

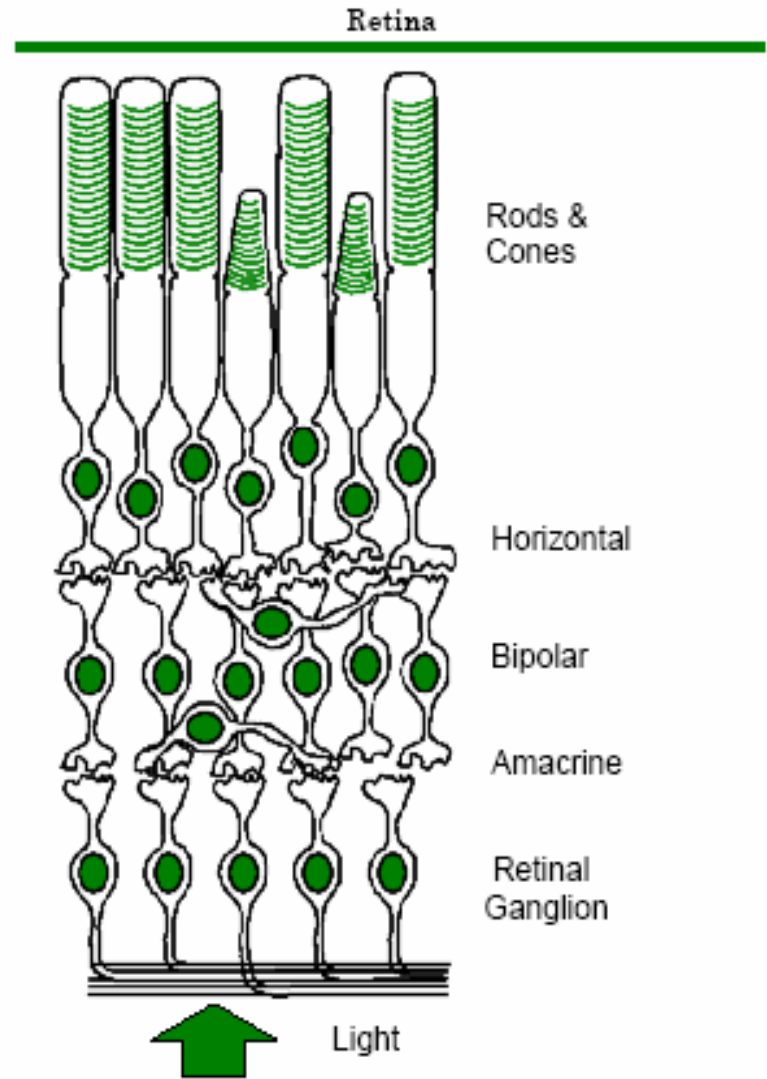
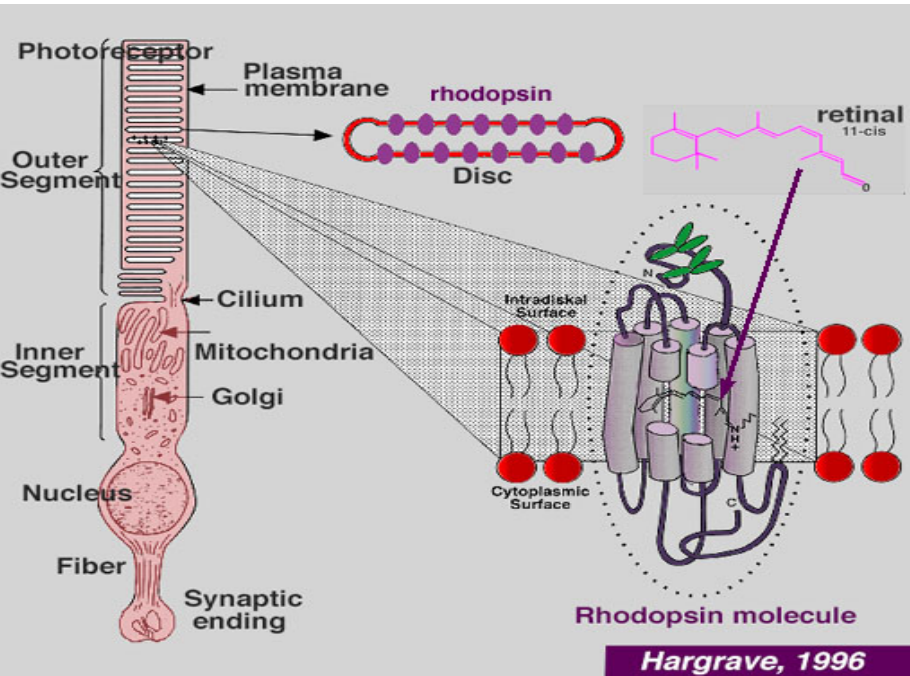
1. **Τα ραβδία** είναι περίπου 120 εκατομμύρια σε κάθε μάτι, ανομοιόμορφα κατανεμημένα στον αμφιβληστροειδή, πολύ ευαίσθητα σε φωτεινή ακτινοβολία μήκους κύματος 360-680 nm (μέγιστη ευαισθησία: $\lambda=550$ nm). Είναι ευαίσθητα στο αμυδρό φως, στην κίνηση και σε μικρές διαφορές της φωτεινής έντασης, 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**

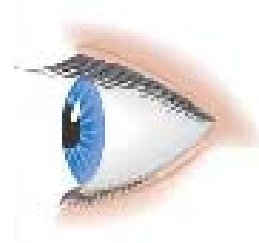
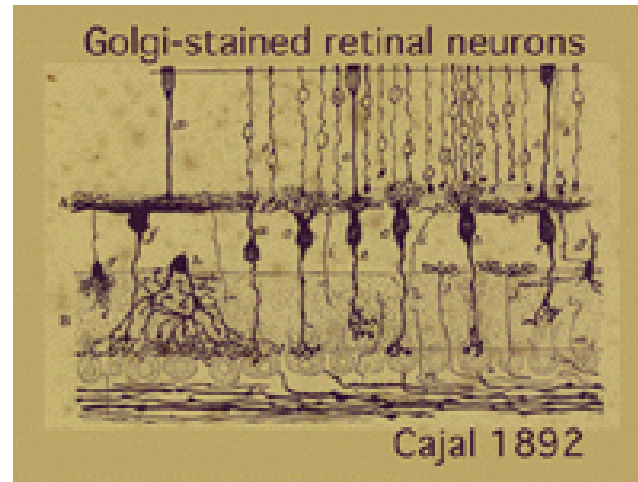
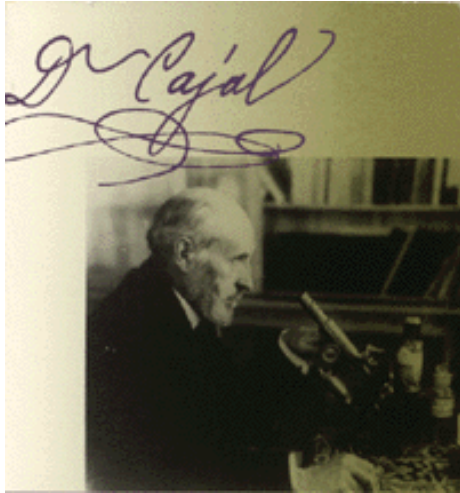


Στο κέντρο του αμφιβληστροειδή είναι το **οπτικό νεύρο**, μια κυκλική προς οναλ λευκή επιφάνεια διαστάσεων 2 x 1.5 mm περίπου. Από το κέντρο του οπτικού νεύρου ξεκινούν τα κυριότερα αιμοφόρα αγγεία του αμφιβληστροειδή. Σε περίπου 17° (4.5-5 mm) προς τα αριστερά του (ή δύομισυ φορές η διάμετρος του δίσκου),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

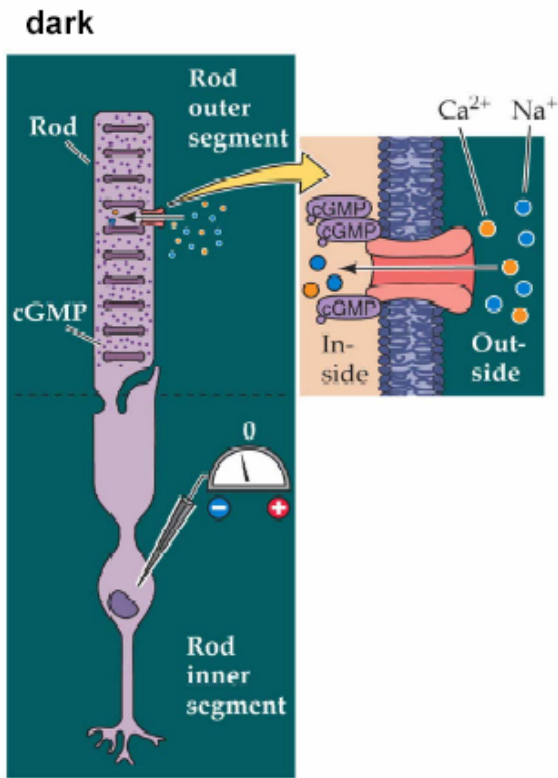


*Ραβδία: Μορφολογία του κυττάρου –
φωτοϋποδοχέα (εικόνα από το διαδίκτυο)*

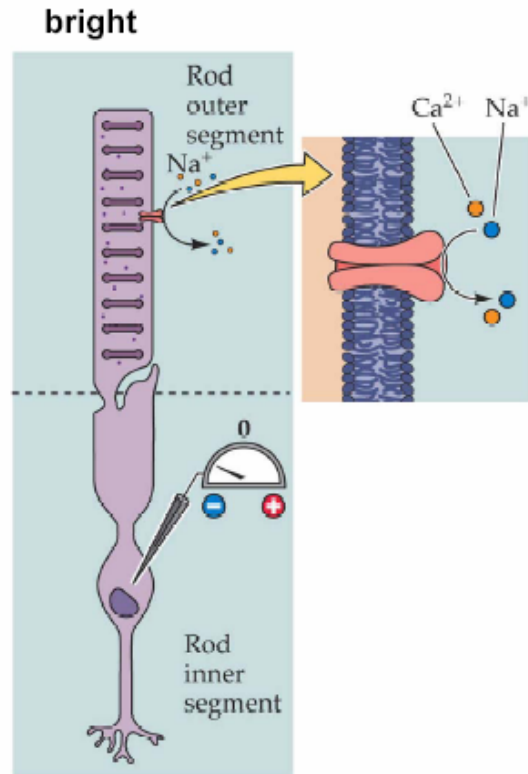
Στρώματα φωτοευαίσθητων κυττάρων του αμφιβληστροειδούς



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).



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



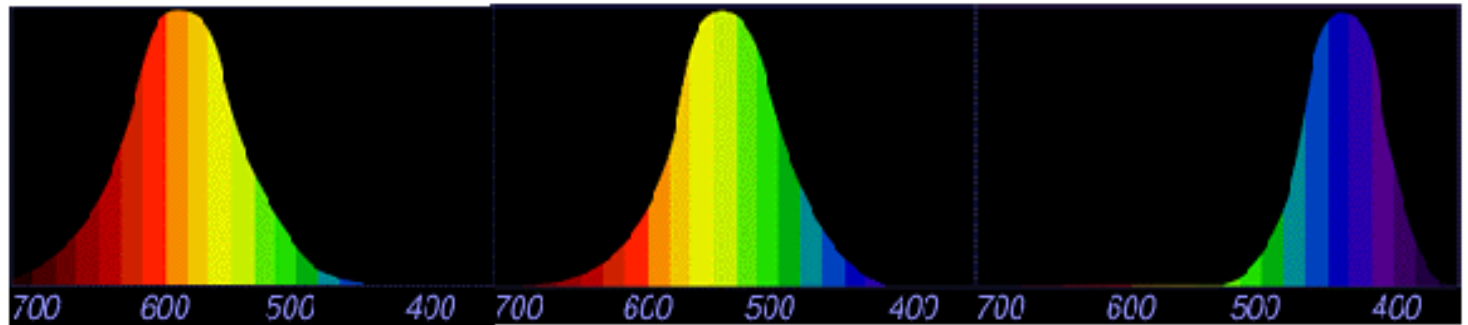
NEUROSCIENCE, Third Edition, Figure 10

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



Colour vision

Depending on the type (red – 74%, green – 10%, blue – 16%) cones are the most sensitive to the different wavelengths.



Red, green, blue cones light sensitivity.

Trichromatic theory (Young-Helmholtz) is based on the idea that colour vision is a result of combination of different responses to three basic colours.

$$Y = R + G + B$$

The relative intensities of individual primary colours ($r = R/Y$, $g = G/Y$, $b = B/Y$) are normalised to one:

$$r + g + b = 1$$

Any colour can be expressed as a mix of the three primary components. White is a sum of all primary colours mixed in equal proportions ($r = g = b = 0.33$).

Secondary colours are obtained as a mixture of two primary colours.

Orientation Behavior of Retinal Photoreceptors in Alternating Electric Fields

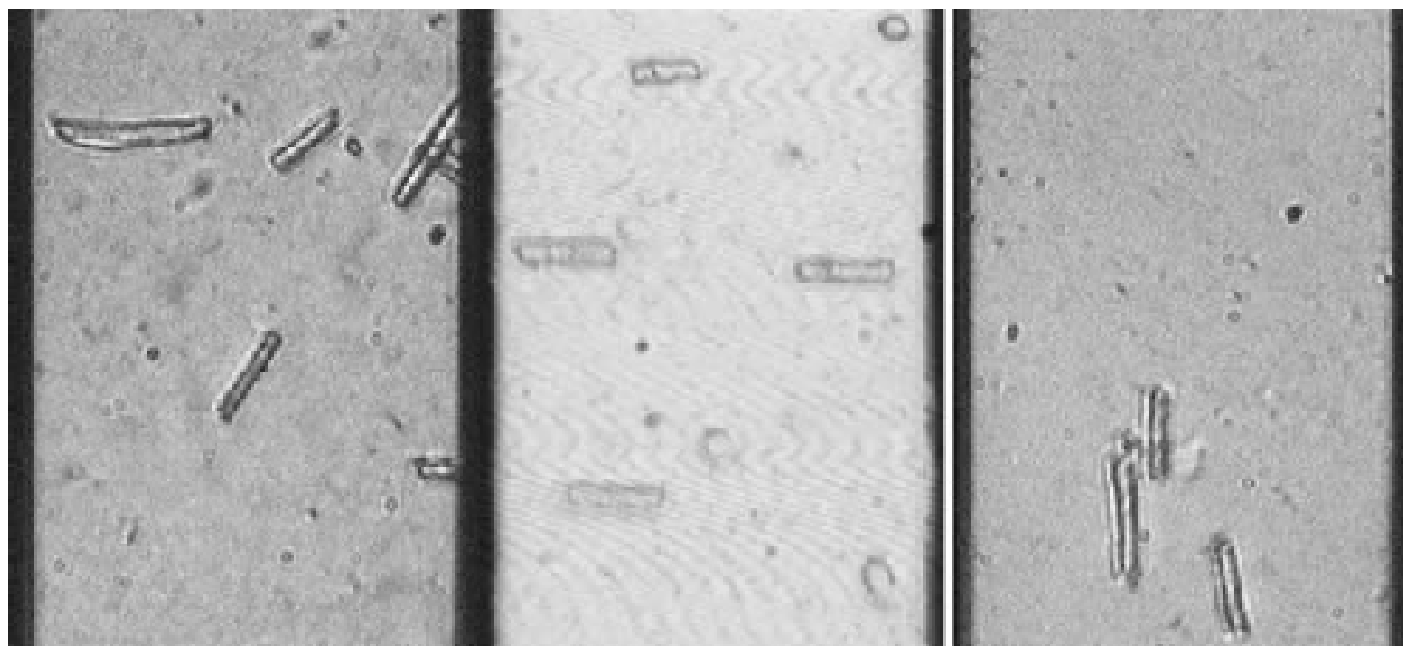
M. Radu,^{*†} M. Ionescu,^{*‡} N. Irimescu,[§] K. Iliescu,^{*} R. Pologea-Moraru,^{*} and E. Kovacs^{*}

^{*}Biophysics and Cellular Biotechnology Department, Carol Davila University of Medicine and Pharmacy, Bucharest, Romania;

[†]Horia Hulubei National Institute for Physics and Nuclear Engineering, Bucharest, Magurele, Romania; [‡]Diabetes and Nutrition

Department, N. Malaxa Hospital, Bucharest, Romania; and [§]National Institute of Infectious Disease, "Prof. Dr. Matei Bals",

Bucharest, Romania

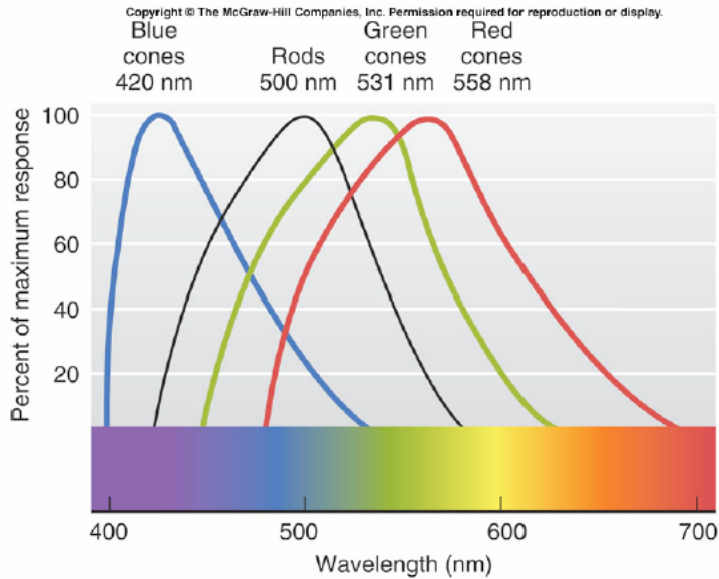


Biophysical Journal 89(5) 3548–3554

FIGURE 6 An example of various orientation of ROS in AC fields of different frequencies: (a) without AC field; (b) parallel orientation of the cells (AC, $f = 50$ kHz; $E \sim 300$ V/cm); (c) perpendicular orientation of the cells (AC, $f = 120$ kHz; $E \sim 300$ V/cm).

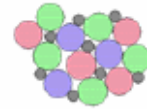


ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ -ΑΜΦΙΒΛΗΣΤΡΟΕΙΔΗΣ-



Cone sensitivities

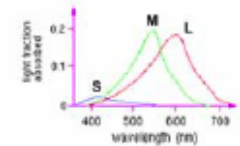
- Three cone types (S, M, and L) are roughly blue, green, and red sensors, respectively. Their peak sensitivities occur at ~430nm, 560nm, and 610nm for "average" human.



Rods & cones, ~1.35 mm from center of fovea

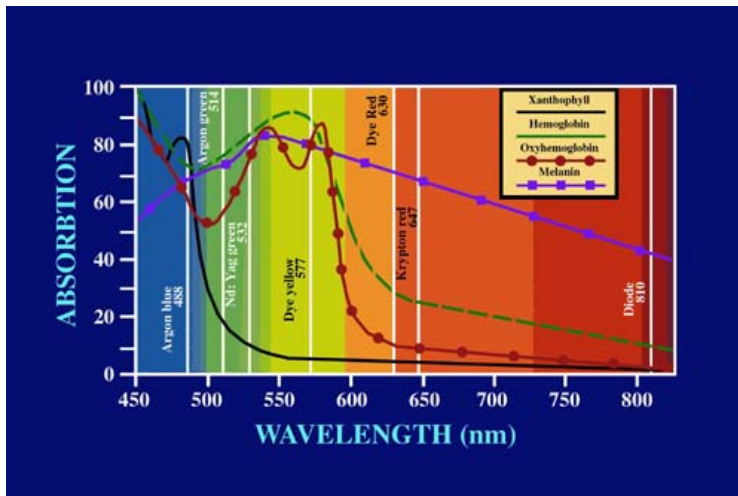


Rods & cones, ~8 mm from center of fovea



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.

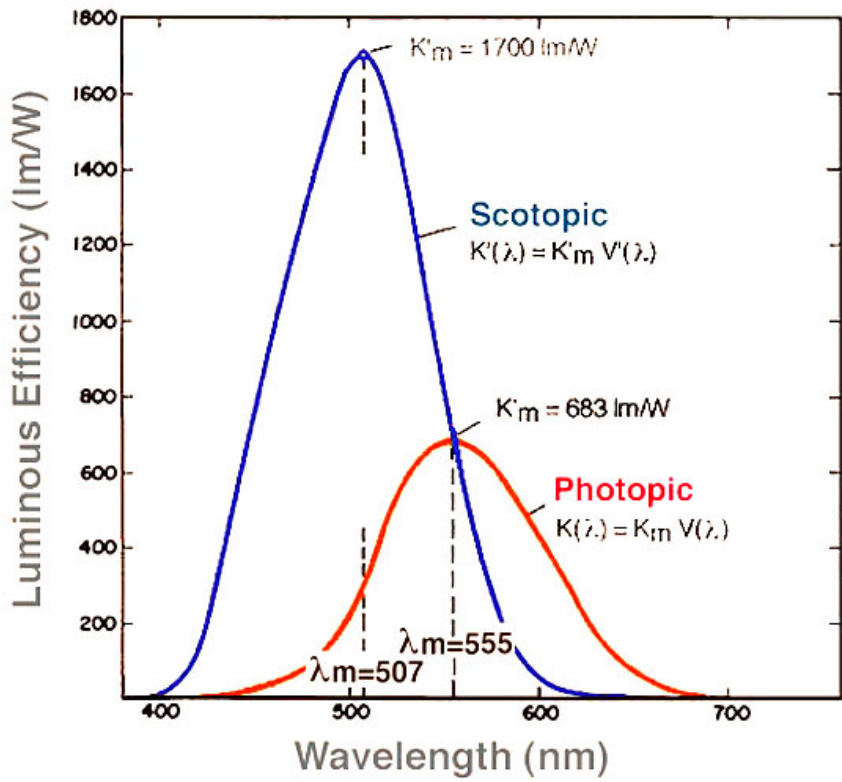


Figure 9. The scotopic and the photopic curves of spectral luminous efficacy (non-normalised values).

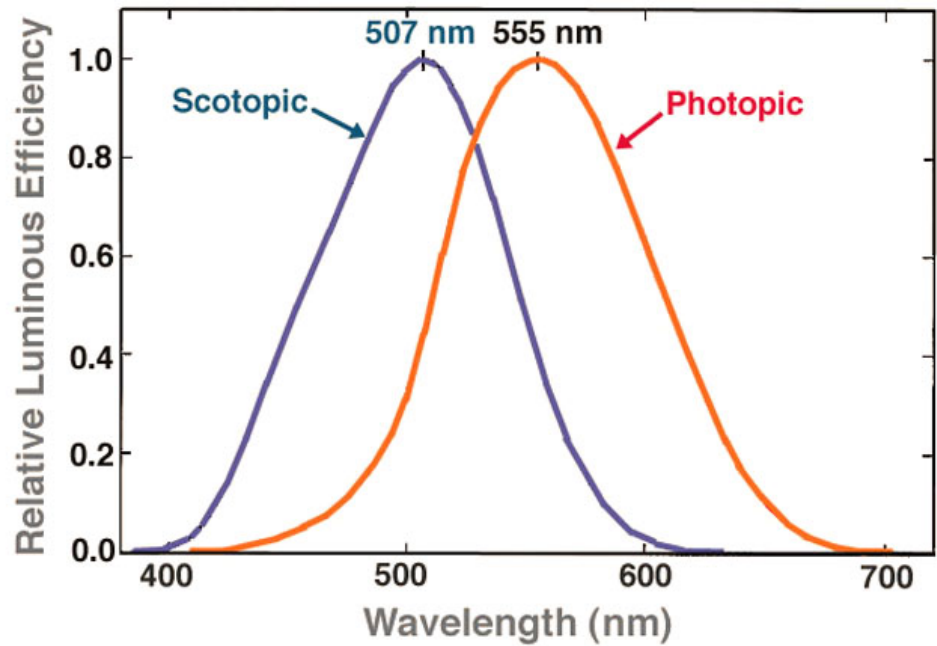
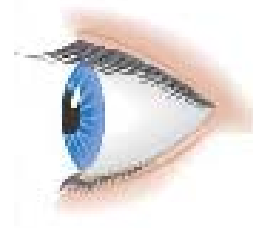
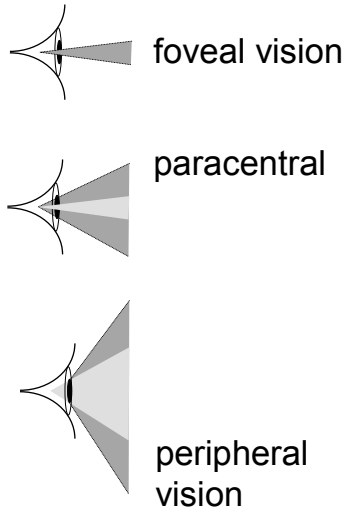


Figure 10. The scotopic and the photopic curves of relative spectral luminous efficiency as specified by the CIE (normalised values).

Features of visual perception



- only small site at center of retina – the area fovea, allows to see objects in color and with high clearness
- saccades allow to control by the fixing point of sight to form general impression about scene using precise processing of separate fragments
- rods and cones are not evenly distributed along of retina
- vision accuracy to retina edges is decreasing



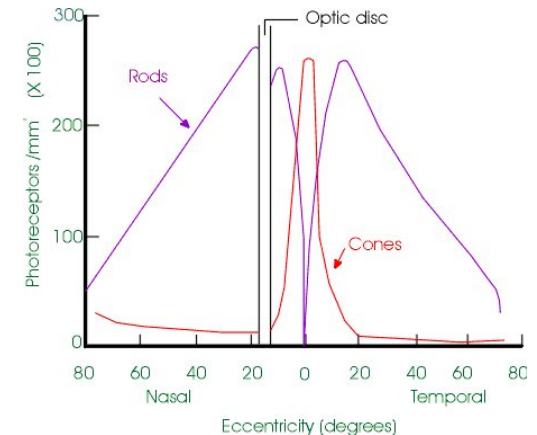
Χαρακτηριστικά της οπτικής αντίληψης (fovea=βοθρίο), (εικόνα από το διαδίκτυο).

Κατανομή των φωτοϋποδοχέων στον αμφιβληστροειδή χιτώνα (εικόνα από το διαδίκτυο)

Features of visual perception



within paracentral area color vision is still existing and could be used for imaging of coded light sequences

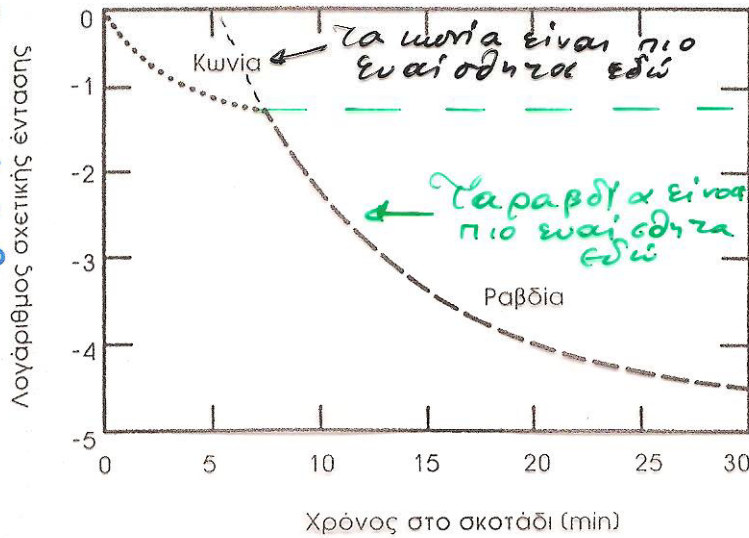


Photoreceptors' distribution on eye retina
(<http://www.yorku.ca/faculty/academic/pkaiser/eye/retldist.html>)

Λογαριθμική κλίμακα (δεν και db!)
620ν ήχο

αλμών και της όρασης

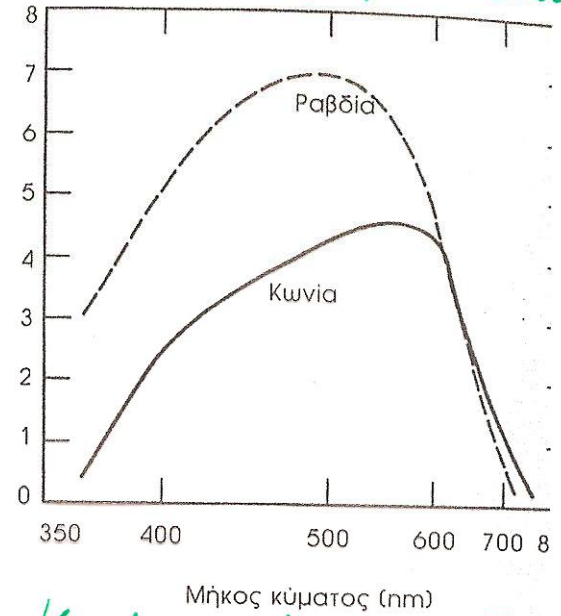
Προσαρμογή στο σκοτάδι.



Μονοχρωματικό φως ($\lambda=555$)

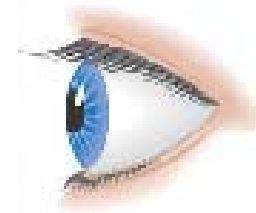
Ευαισθησία ραβδίων-κωνίων

Λογαριθμικός σχετικός ευαισθησίας

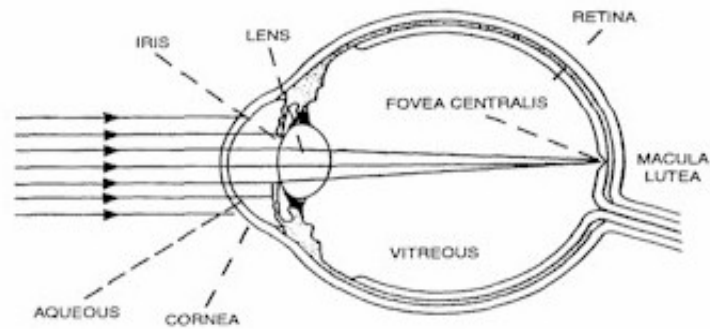


Κωνία \rightarrow μέγιστη ευαισθησία
62α 550nm.
Ραβδία \rightarrow -4- -7.62α 510nm.

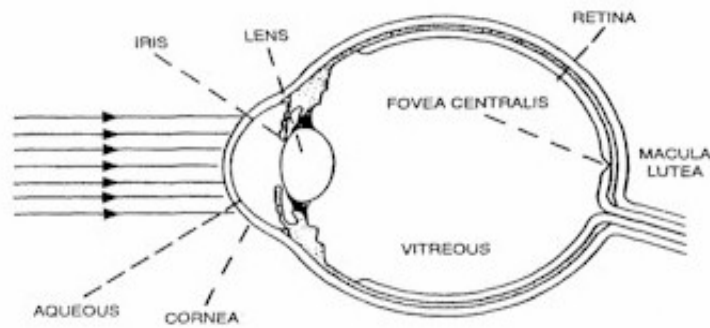
OCULAR ABSORPTION SITE vs WAVELENGTH



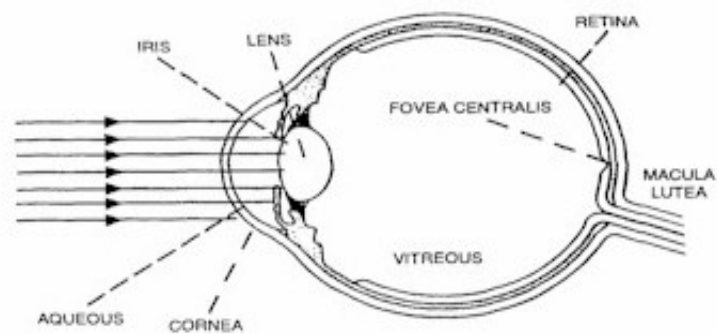
**Visible and
Near-Infrared
(400 - 1400 nm)
Radiation**



**Mid-Infrared and
Far-Infrared
(1400 nm - 1mm)
and
Far-Ultraviolet
(180 nm - 315 nm)
Radiation**



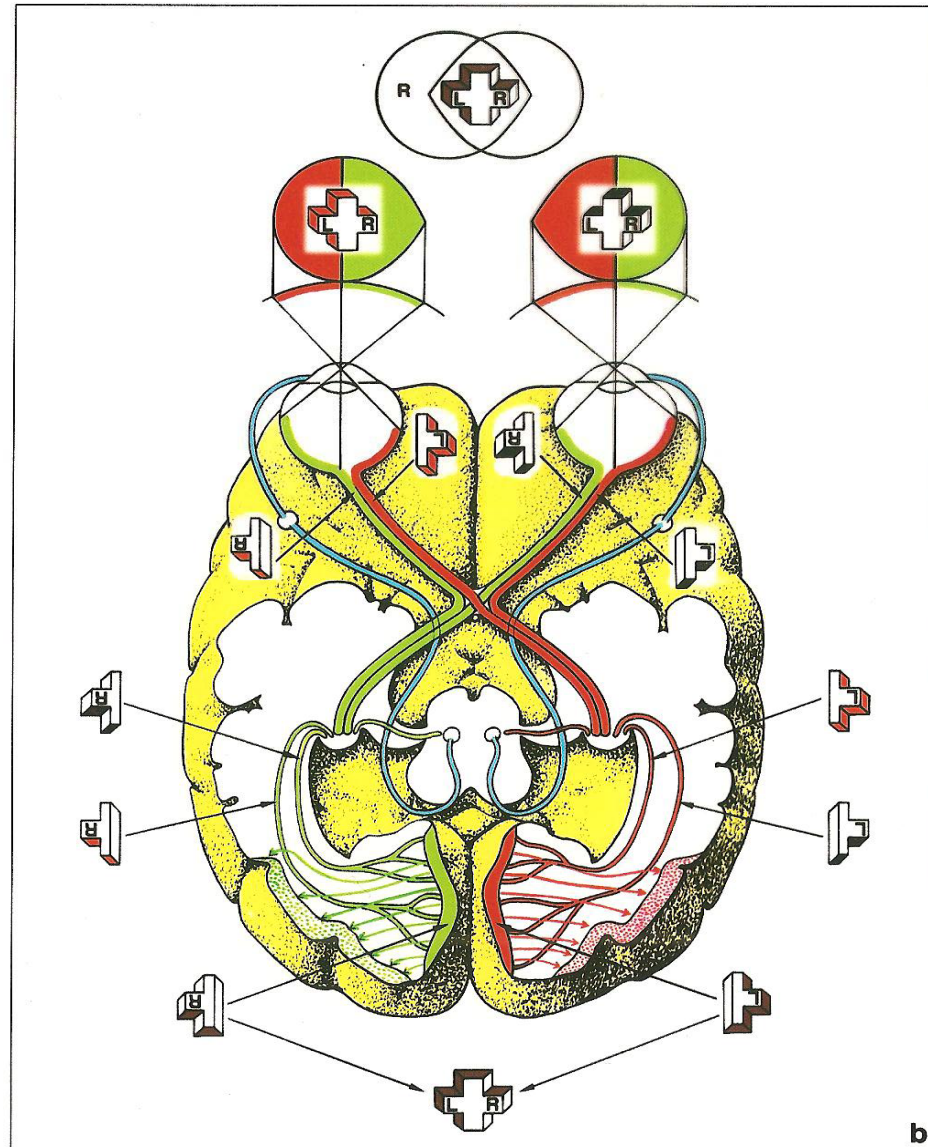
**Near-Ultraviolet
(315 - 390 nm)
Radiation**



ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ

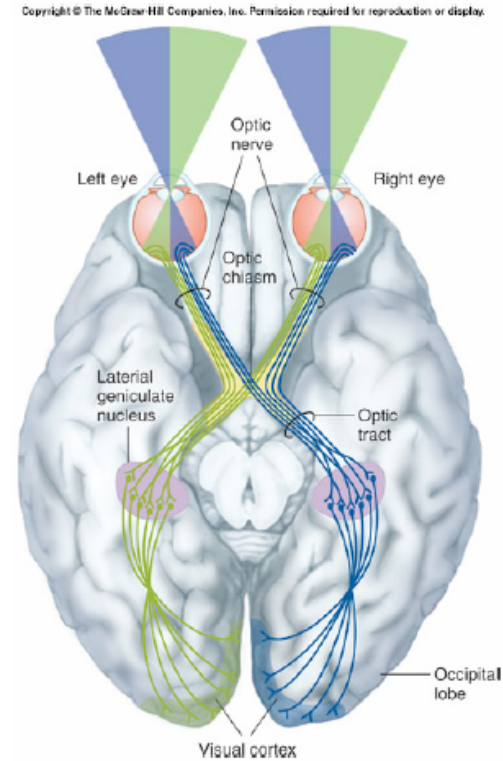
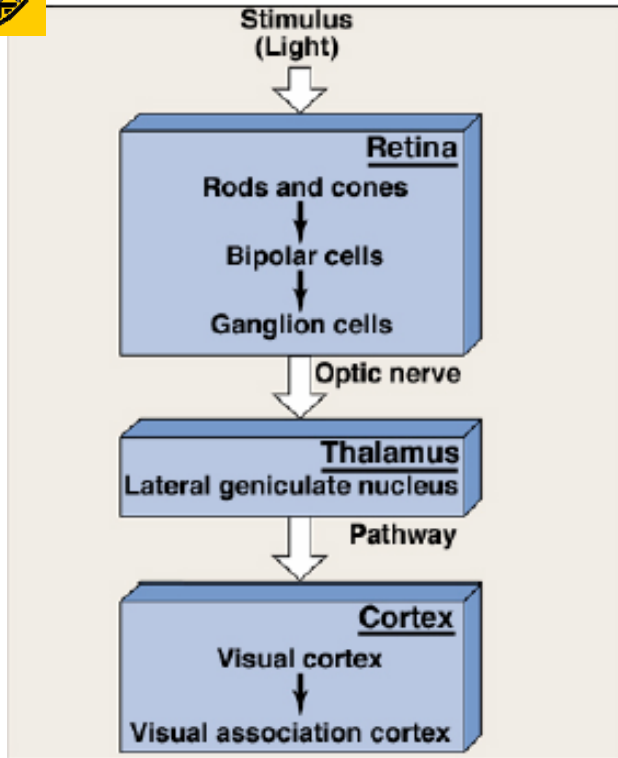
Atlas 8216 Folie No. 6

9





👁 Σχηματισμός εικόνας



Σχηματική αναπαράσταση της πορείας του φωτός και της μετατροπής του σε εικόνα στον εγκέφαλο (εικόνα από το διαδίκτυο)



Στραβισμός ονομάζεται η νευρομυϊκή διαταραχή των ματιών, κατά την οποία οι άξονες της όρασης των δύο ματιών δεν κατευθύνονται ταυτόχρονα στο σημείο προσήλωσης.



👁 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).

ETH Basel Institute for Technology, Research and Education **Basic visualization techniques** isprs

1D visualization

- Quite traditional signal visualization
- In several areas still the best way for presentation
 - EKG
 - EEG (multi-channel)
 - A-mode ultrasound

Aghios Nikolaos, 24-29 April 2006 Summer School: Advances in Medical Imaging Slide 7 of 66

ETH Basel Institute for Technology, Research and Education **Basic visualization techniques** isprs

2D visualization

- Little help can be offered the human visual system is too good for us
- Some standard elementary functionality
 - Interactive contrast adjustment
 - Noise reduction
 - Tools for measurement/quantification
 - Image/data fusion
- Nevertheless we can do a lot of harm histogram equalization

Aghios Nikolaos, 24-29 April 2006 Summer School: Advances in Medical Imaging Slide 8 of 66

ETH Basel Institute for Technology, Research and Education **Basic visualization techniques** isprs

3D visualization

- The human visual system is not trained to perceive volumetric data
- Tools are needed for optimal presentation
- Originally: presenting slices in a clever way
 - Oblique slices
 - Curved reconstructions
 - Multiplanar reconstruction
- 4th dimension can be incorporated (dynamics)
- Simplifying the data in a way radiology usually does: projection
 - Simulated radiographs (DRR)
 - Generate physically non-realizable contrast: maximum intensity projection (MIP)
 - Combination with motion parallax

Aghios Nikolaos, 24-29 April 2006 Summer School: Advances in Medical Imaging Slide 14 of 66

ETH Basel Institute for Technology, Research and Education **Basic visualization techniques** isprs

3D rendering examples

Aghios Nikolaos, 24-29 April 2006 Summer School: Advances in Medical Imaging Slide 19 of 66

ETH Basel Institute for Technology, Research and Education **Application examples** isprs

VoxelMan middle ear surgery simulator

Dura
Transverse sinus
Mastoid bone
Labyrinth Ear hole
Auditory ossicles
Facial nerve

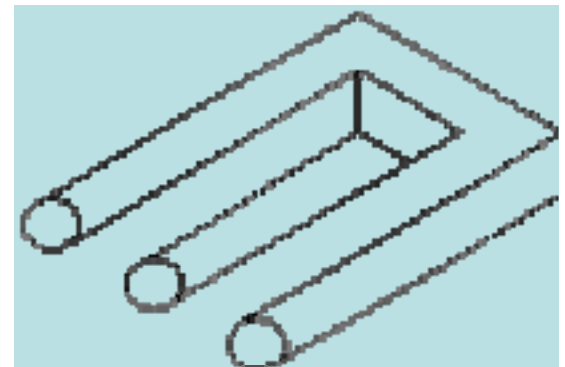
Copyright 2001, Institute of Medical Informatics, University Hospital, Heinrich-Heine-University, Germany

Aghios Nikolaos, 24-29 April 2006 Summer School: Advances in Medical Imaging Slide 20 of 66



Στερεοσκοπική όραση

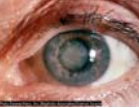
Η ελάχιστη οριζόντια διαφορά των δύο αμφιβληστροειδικών εικόνων, που μπορεί να προκαλέσει την αίσθηση του βάθους, αντιστοιχεί στον ουδό (κατώφλι) της στερεοσκοπικής όρασης, και καθορίζει την στερεοσκοπική οξύτητα. Η στερεοσκοπική οξύτητα μετριέται σε δευτερόλεπτα τόξου (sec/arc).





δυσλειτουργίες του ματιού

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Φυσιολογική όραση



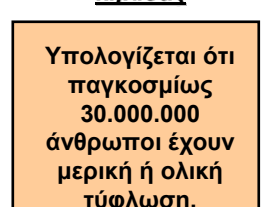
Εκφυλισμός της ωχράς κηλίδας



γλαύκωμα



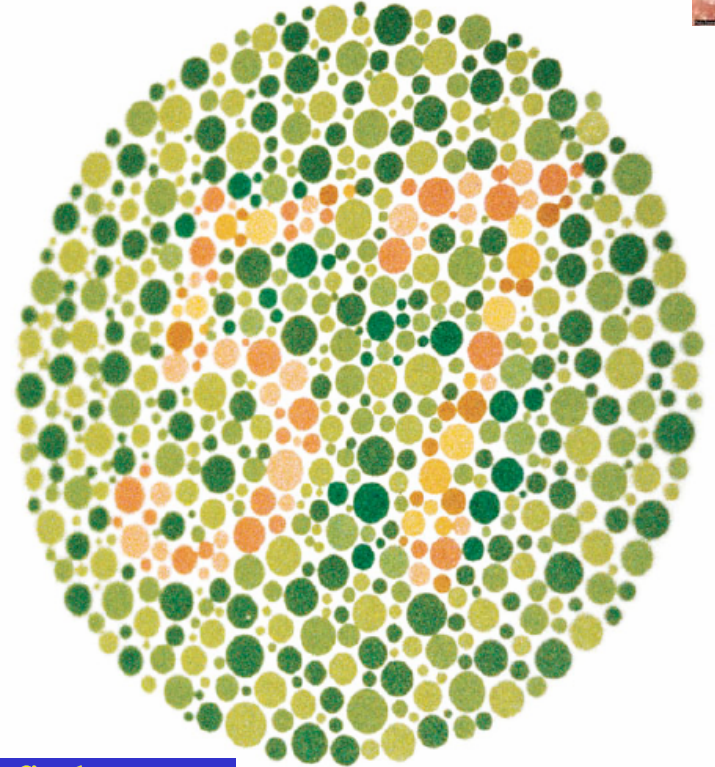
καταράκτης



Υπολογίζεται ότι παγκοσμίως 30.000.000 άνθρωποι έχουν μερική ή ολική τύφλωση.



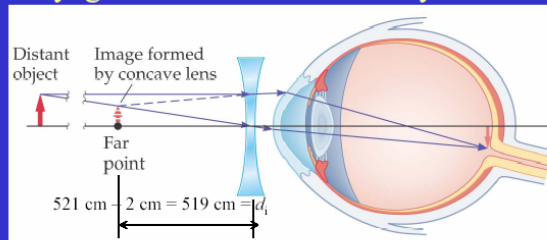
Διαβητική αμφιβληστροπάθεια



Nearsighted Example – find RP

Far point: 521 cm

Eyeglasses worn 2 cm from eye.



We want to see far away: $d_o = \infty$; $d_i = -519$ cm (virtual)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-519 \text{ cm}} \quad \text{RP} = \frac{1}{-5.19} = -0.193 \text{ diopters}$$

δυσλειτουργίες του ματιού

ΟΡΑΣΗ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

Υπάρχει μεγάλη διαφορά ανάμεσα στα άτομα στην αναλογία μεταξύ L- κωνίων και M-κωνίων: σε ορισμένα άτομα τα M- κωνία είναι τέσσερις φορές περισσότερα από τα L- κωνία, ενώ σε άλλα άτομα τα L- κωνία είναι είκοσι φορές περισσότερα από τα M- κωνία, χωρίς να οφείλονται κάποια δυσλειτουργία της εγχρωμης όρασης³⁵. Αυτό οφείλεται στο ότι υπάρχει ένα σύστημα ρύθμισης του συσχετισμού των ερεθισμάτων.

Η απουσία ή η δυσλειτουργία, μερική ή ολική, κάποιου είδους κωνίων οδηγεί στην **αχρωματοπία** (*color blindness*). Καθώς υπάρχουν τρία είδη κωνίων, υπάρχουν και τρεις κύριες κατηγορίες αχρωματοπίας. Σε απουσία ή μη λειτουργία των L- κωνίων έχουμε πρωτανωπία, (1% στους άνδρες, σπάνια στις γυναίκες), ενώ των M- κωνίων, δευτερανωπία (1% στους άνδρες, 0.01% στις γυναίκες), και έτσι συγχέεται το πράσινο με το κόκκινο. Η πιο σπάνια περίπτωση είναι η τριτανωπία, η απουσία ή μη λειτουργία των S- κωνίων.



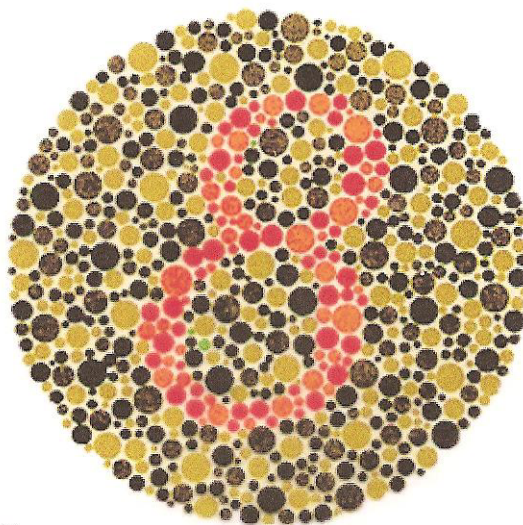
Σχήμα 5-5-11: Εικόνα με φυσιολογική χρωματική αντίληψη (πάνω α), με πρωτανωπία (πάνω β), με δευτερανωπία (κάτω α), και με τριτανωπία (κάτω β).

Οι συγκεκριμένες παθήσεις προκαλούν σοβαρή αδυναμία διάκρισης των

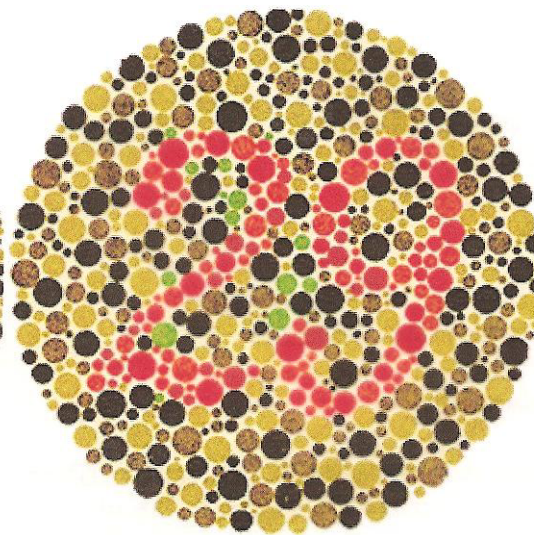
δυσλειτουργίες του ματιού

Tests for color vision deficiency

A

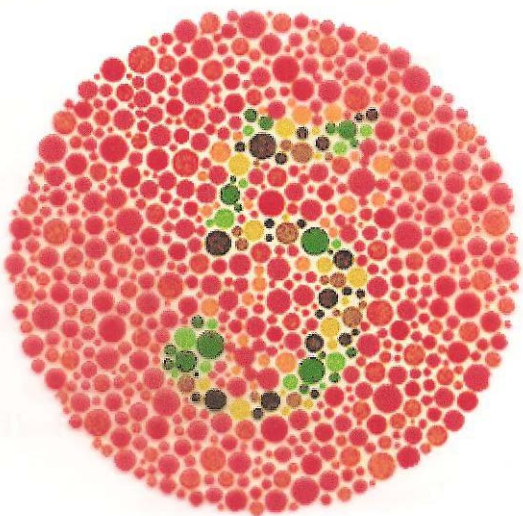


C

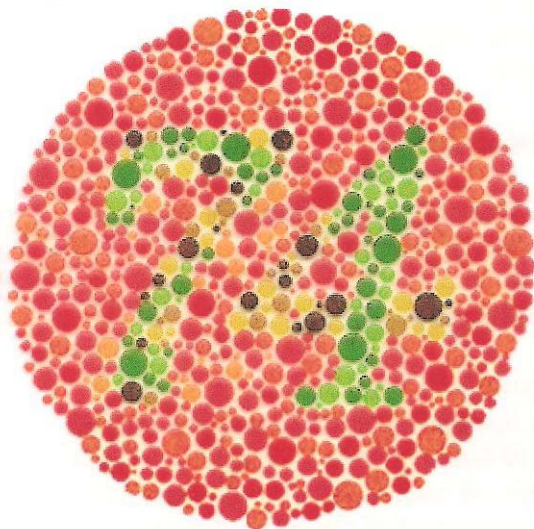


Αχρωματοψία

B



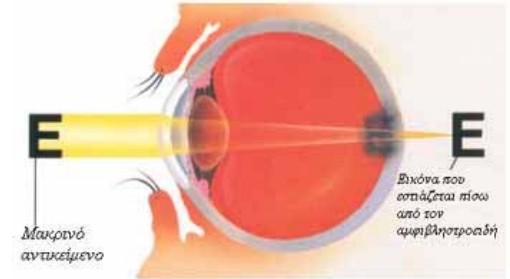
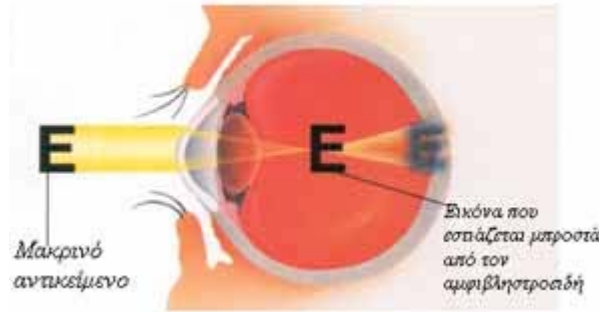
D



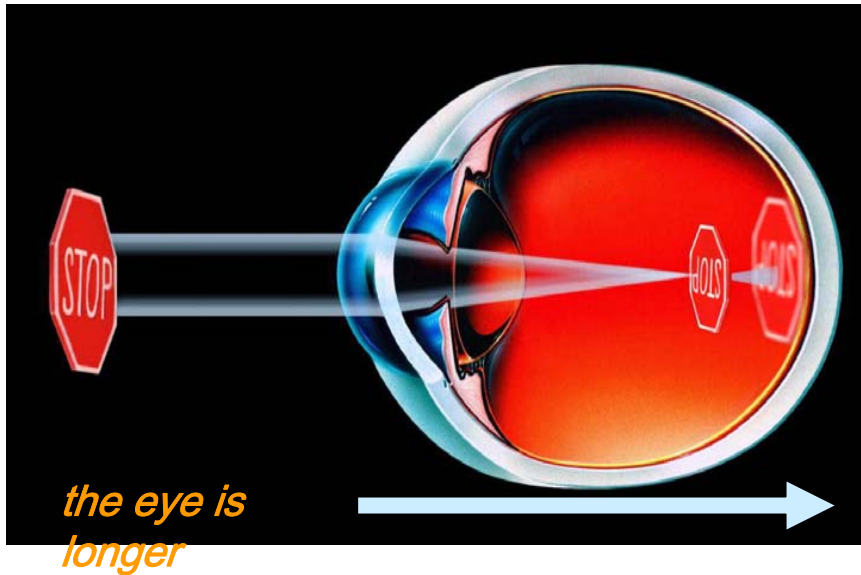


ΔΙΑΘΛΑΣΤΙΚΕΣ ΑΝΩΜΑΛΙΕΣ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ

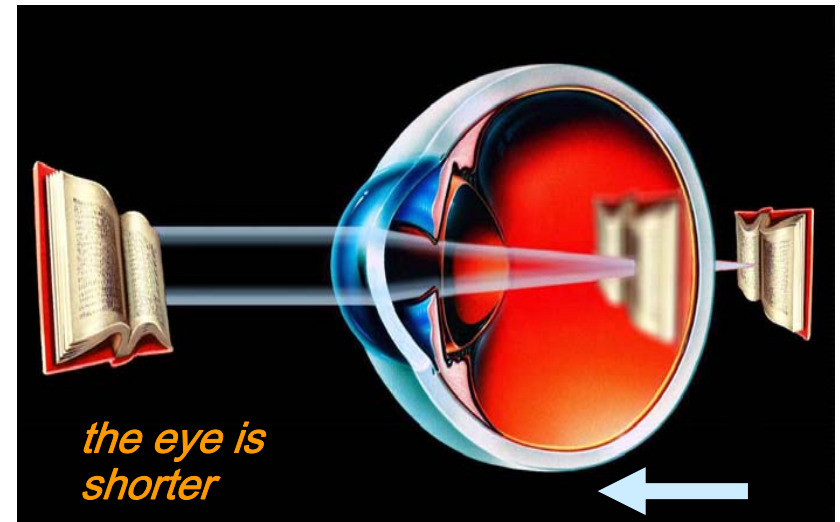
Φυσιολογικός, μυωπικός, και υπερμετρωπικός οφθαλμός (δες επόμενη διαφάνεια) →



Λάθος εικόνα!!! ↑



Μυωπία

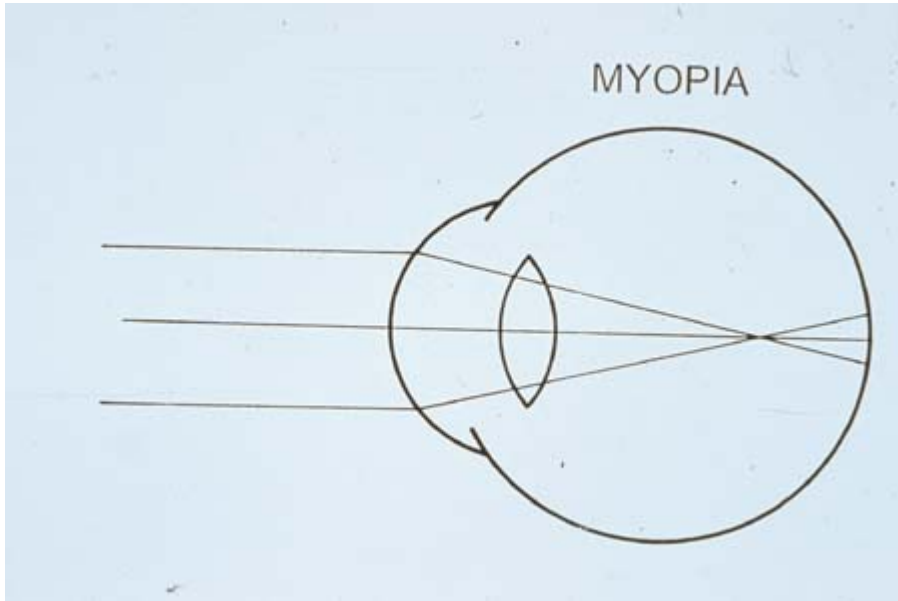
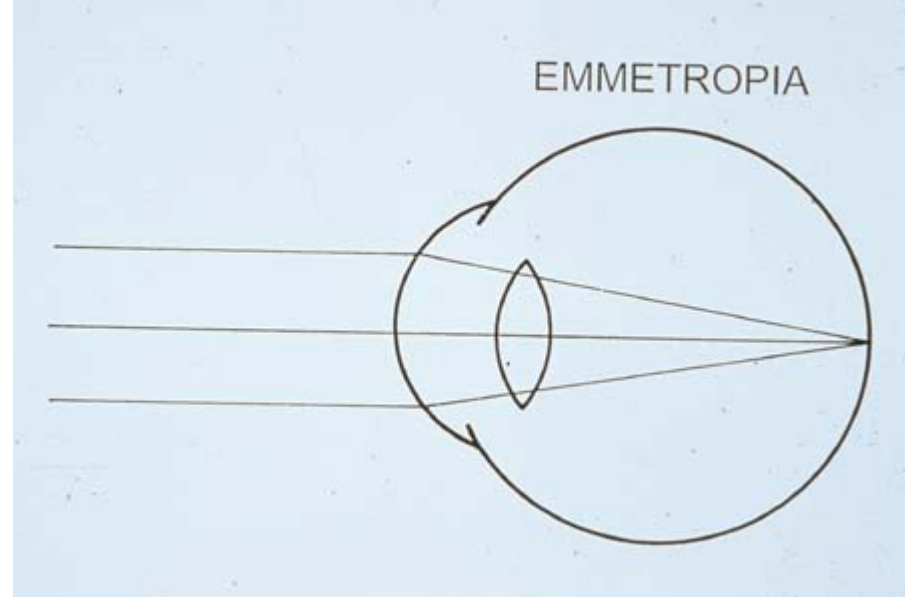


Πρεσβυωπία

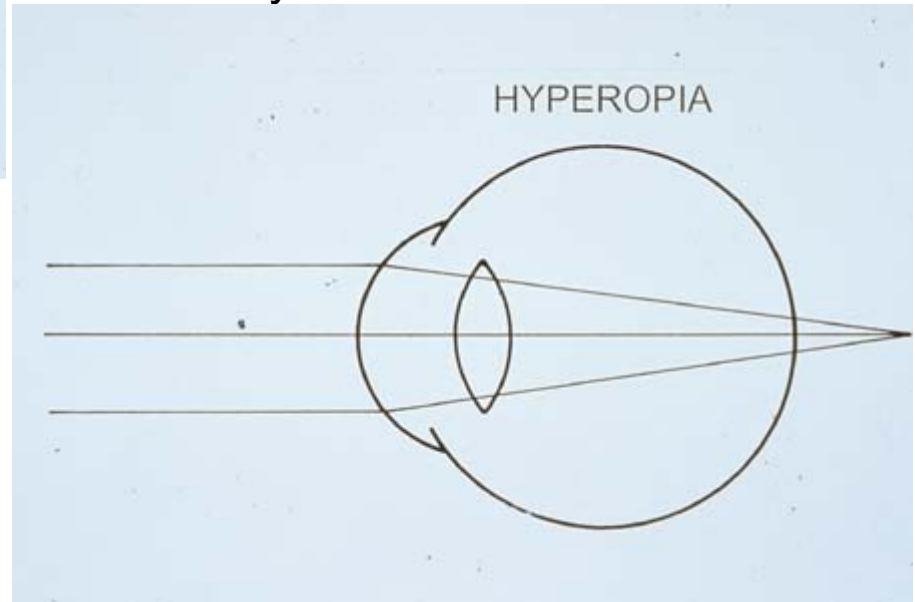
Optics of Human Eyes

Barry Milder, MD

Slide 4. The emmetropic eye, with accommodation relaxed, focuses parallel light from optical infinity on the retina.

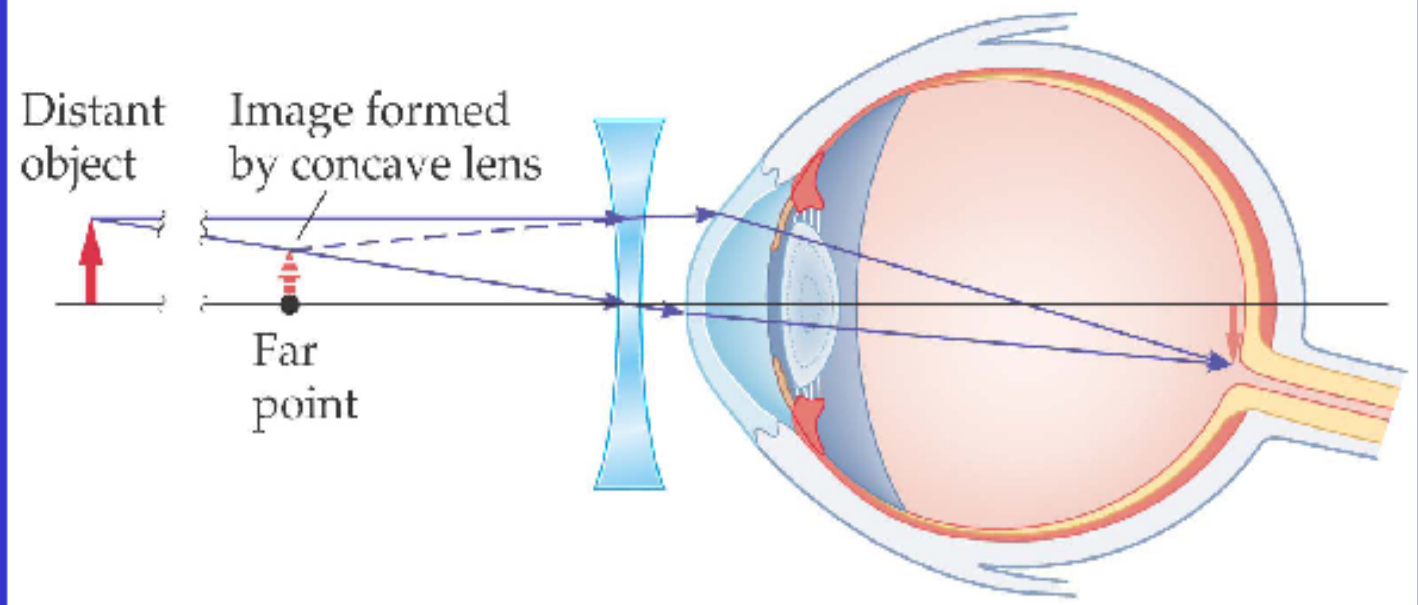
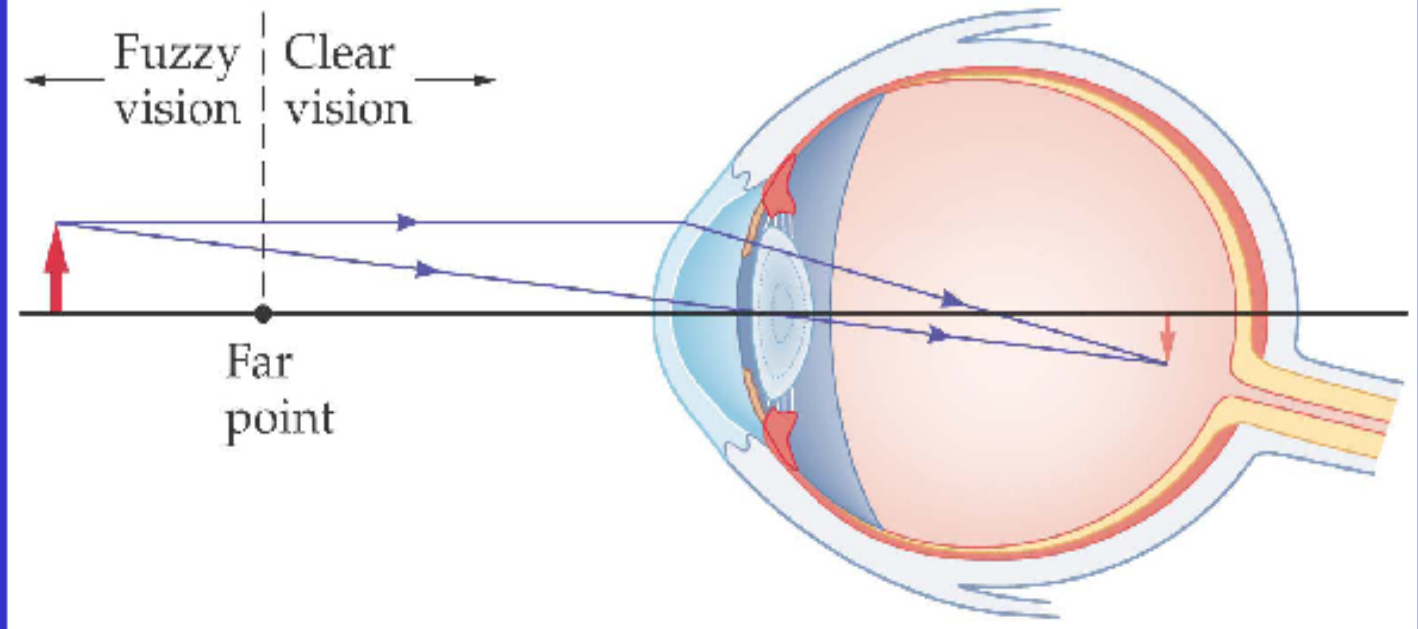


Slide 5. The myopic eye, with accommodation relaxed, focuses light from infinity anterior to the retina.



Slide 7. The hyperopic eye, with accommodation relaxed, focuses light from infinity behind the retina.

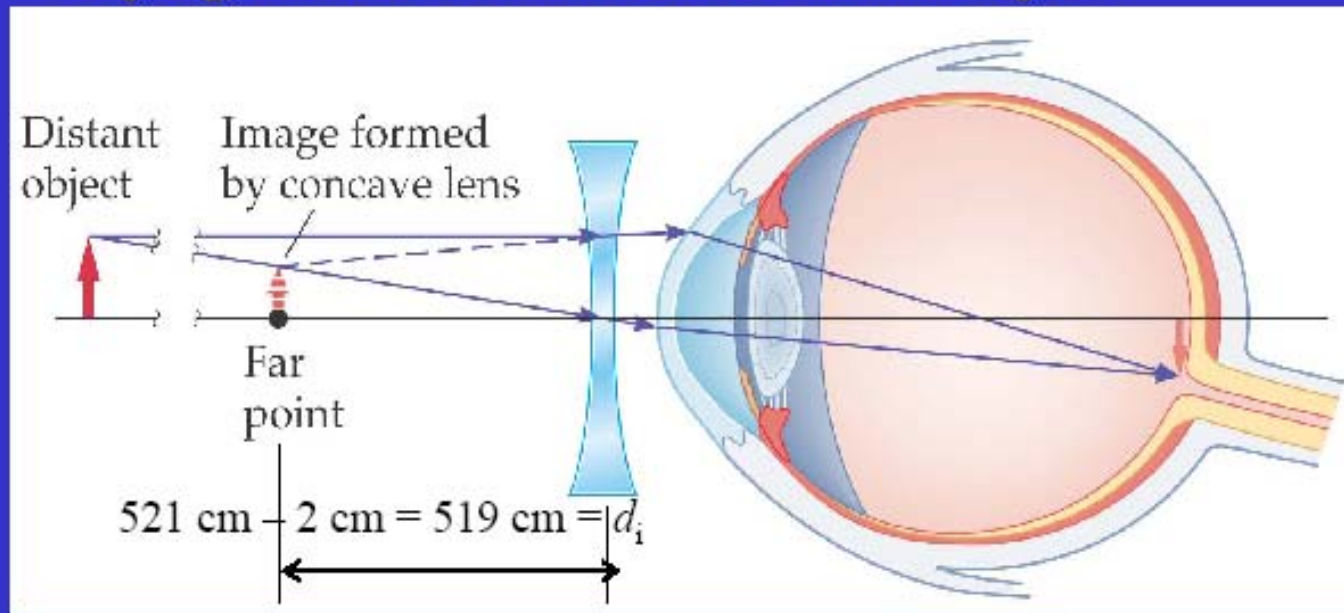
Διόρθωση μυωπίας



Nearsighted Example – find RP

Far point: 521 cm

Eyeglasses worn 2 cm from eye.

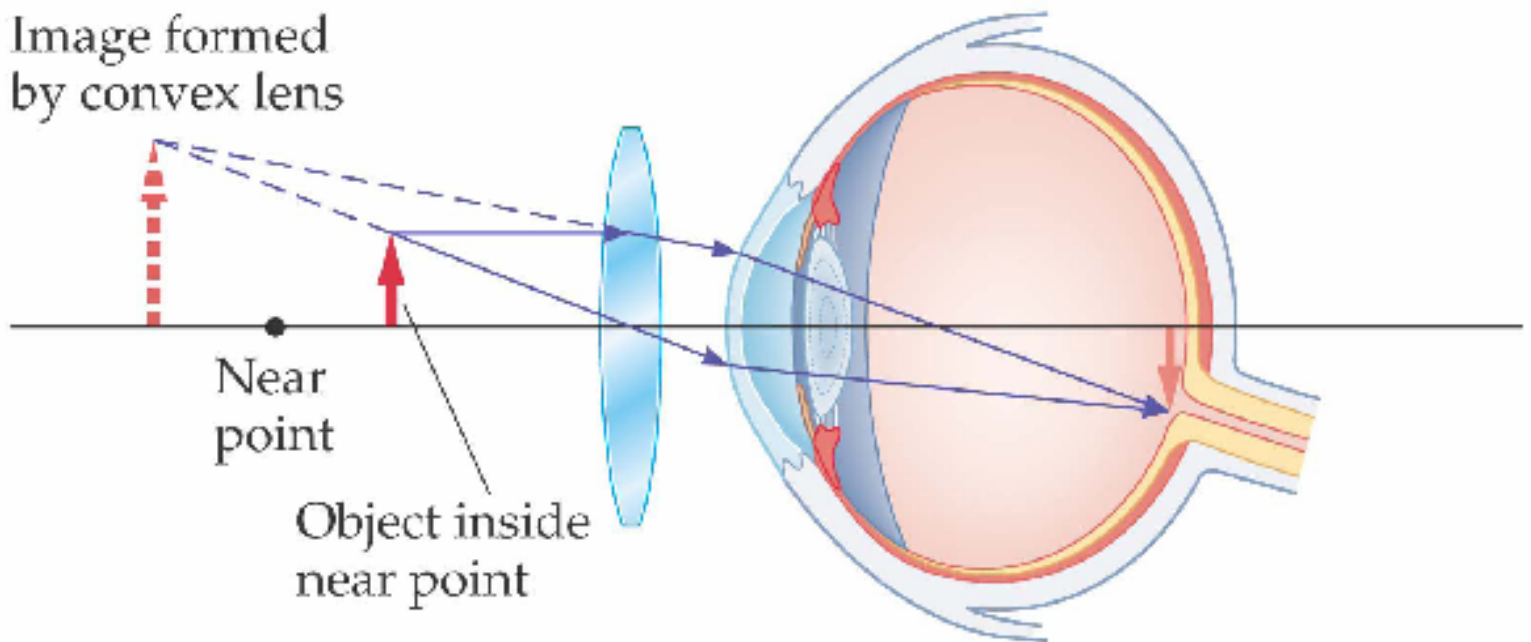
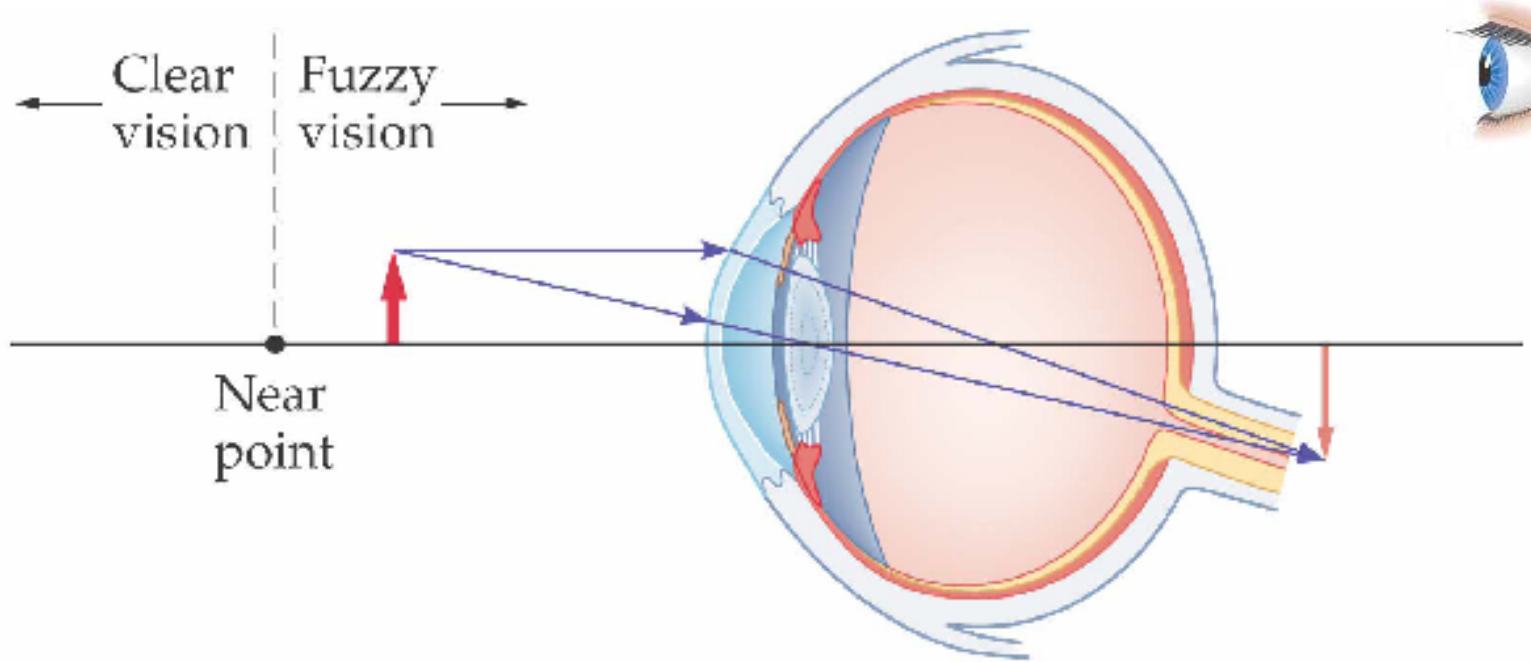


We want to see far away: $d_0 = \infty$; $d_i = -519 \text{ cm}$ (virtual)

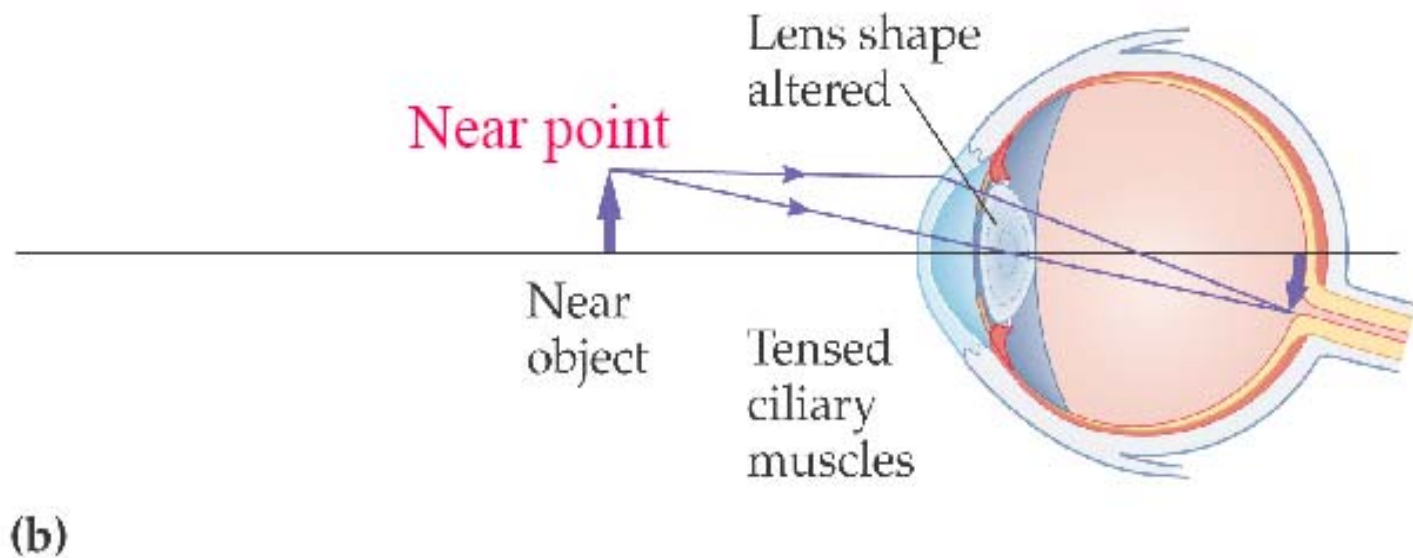
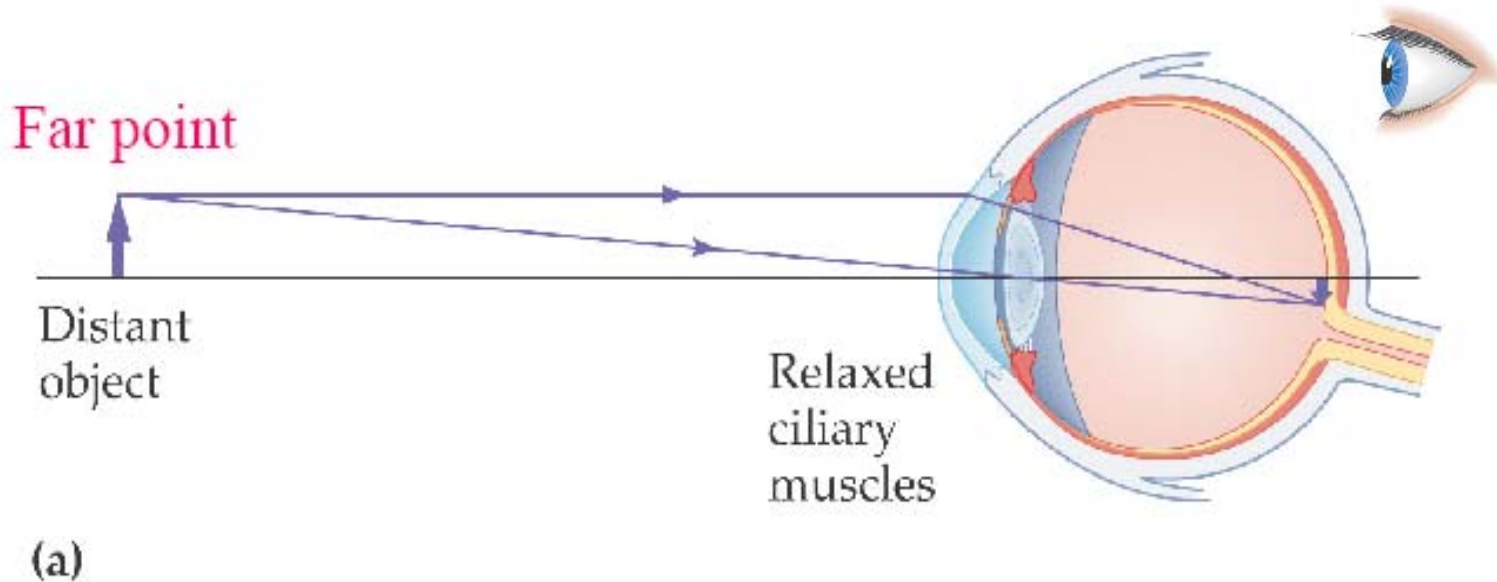
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-519 \text{ cm}}$$

$$\text{RP} = \frac{1}{-5.19} = -0.193 \text{ diopters}$$

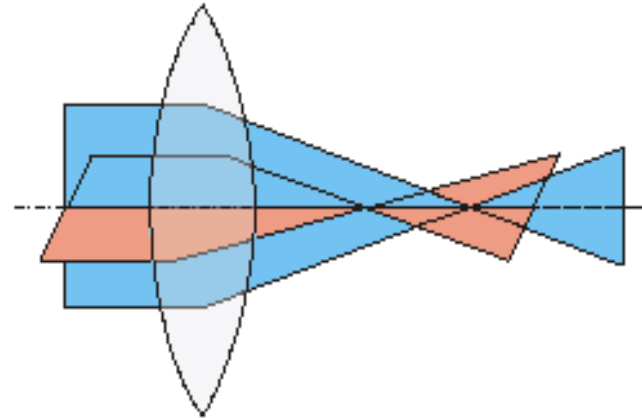
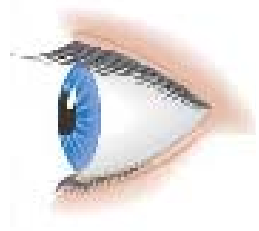
Διόρθωση πρεσβυπίας



Προσαρμογή του φακού σε όραση μακρινού και κοντινού πεδίου

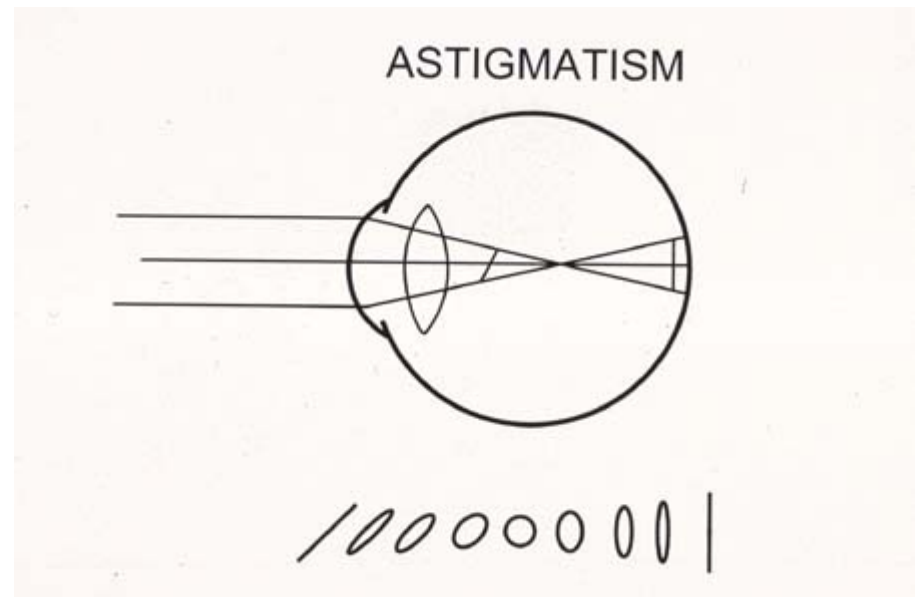


Αστιγματισμός: Στον αστιγματισμό η διοπτρική ισχύς του κερατοειδή ή του φακού στο οριζόντιο επίπεδο διαφέρει από την αντίστοιχη στο κατακόρυφο επίπεδο.



Astigmatism. When the power of cornea or lens in horizontal plane is different from power in vertical plane. Cylindrical or toroidal eyeglasses correct the defect.

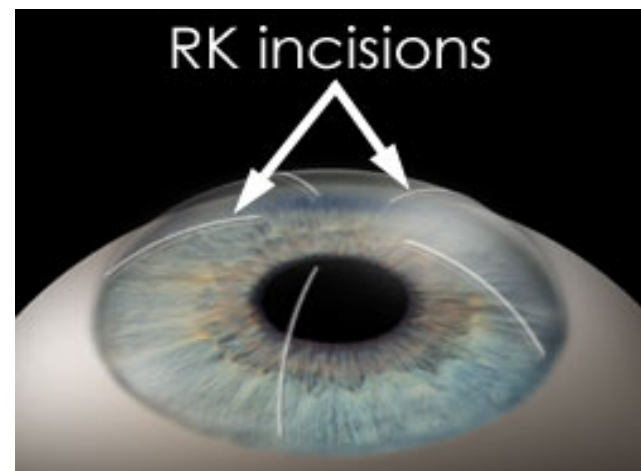
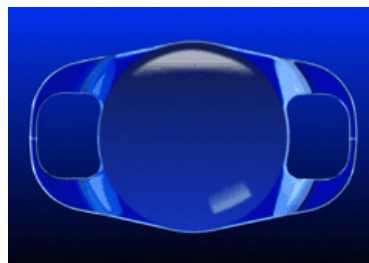
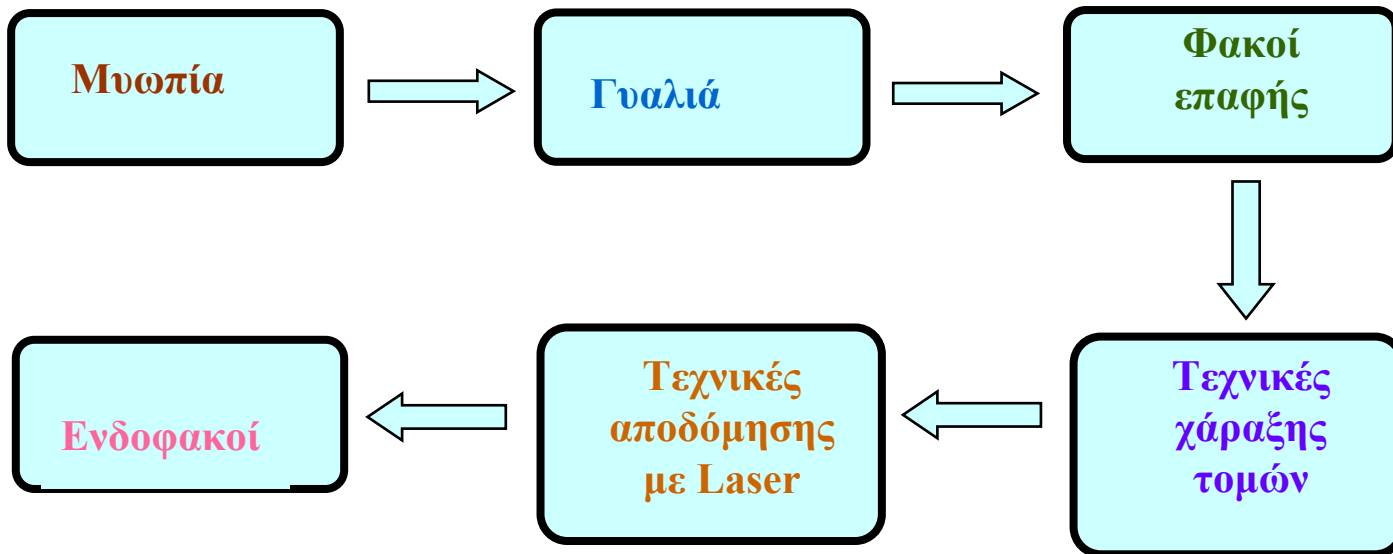
The astigmatic eye focuses light as a conoid of Sturm, with focal lines at each end and a circle in the dioptric middle. The image of a point source of light at several planes within the conoid is shown below the eye.



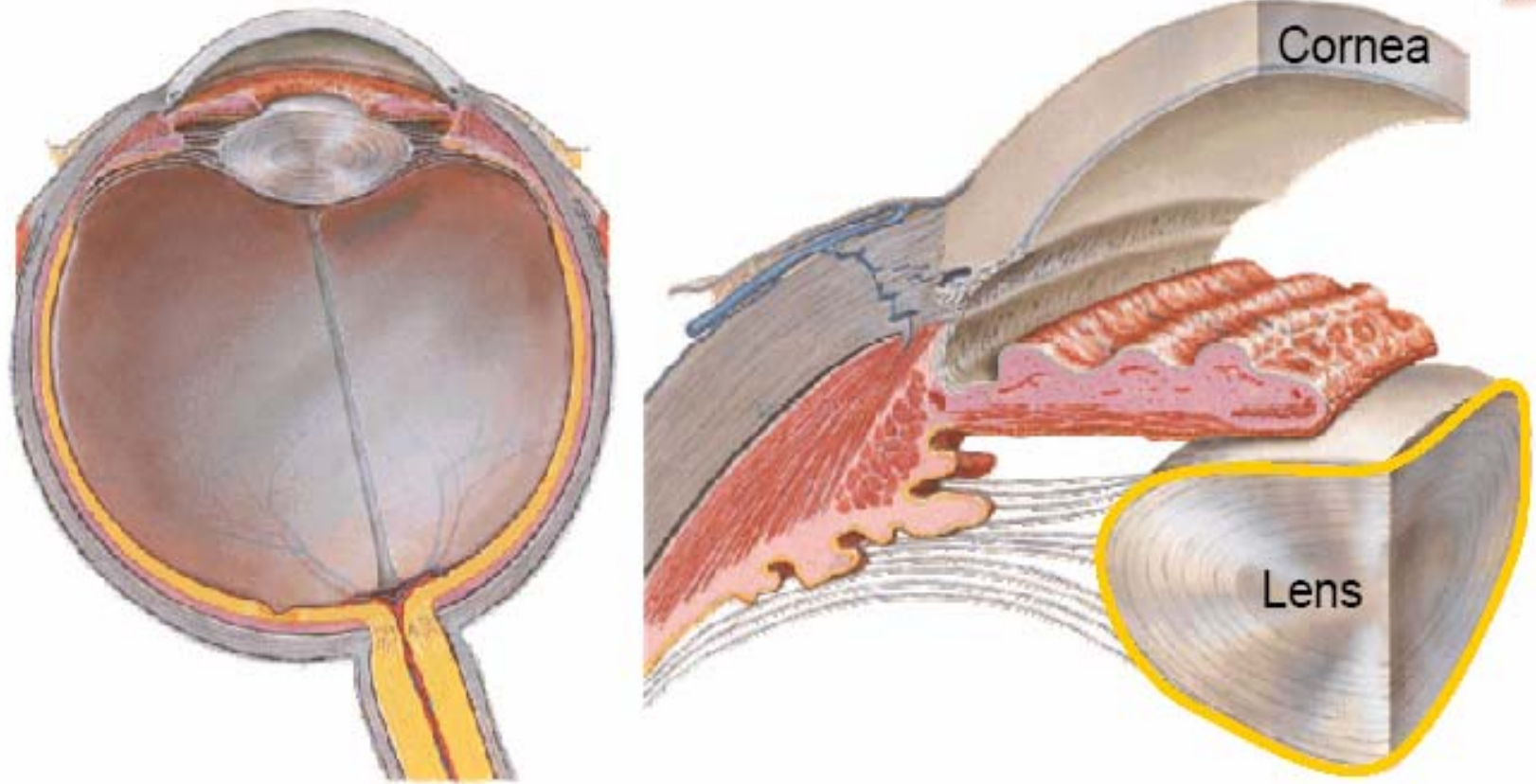


Διόρθωση διαθλαστικών ανωμαλιών της όρασης

Εξέλιξη της
διόρθωσης των
διαθλαστικών
ανωμαλιών



Ο καταρράκτης: με την πάροδο της ηλικίας, ο κρυσταλλοειδής φακός του ματιού «θολώνει» και πρέπει να αντικατασταθεί.

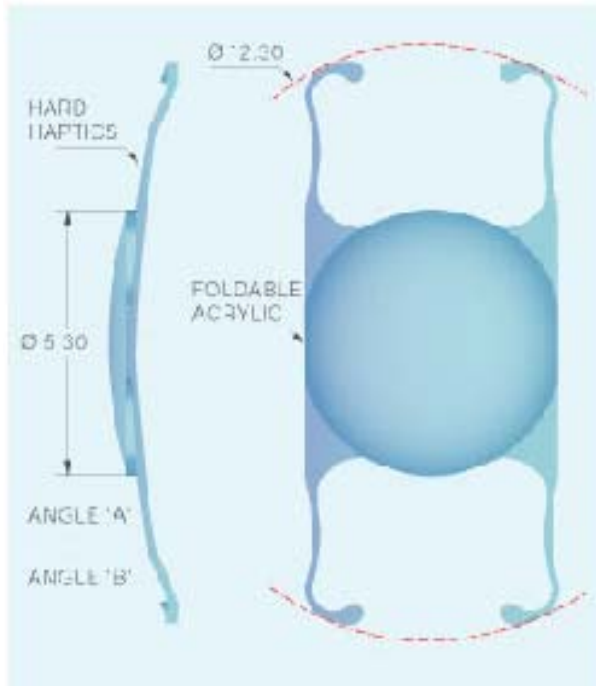
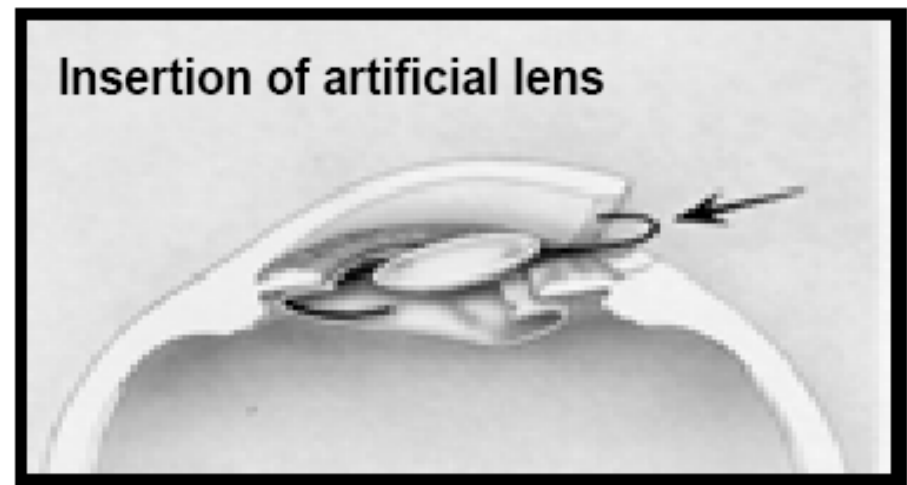
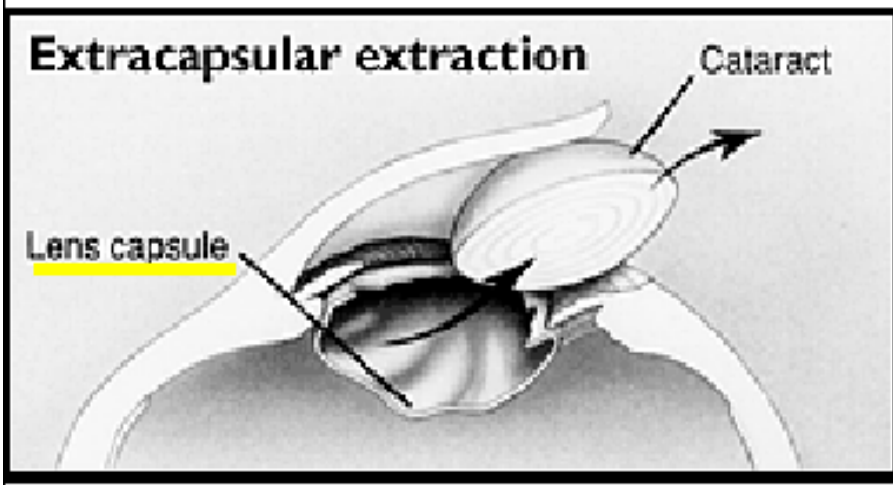


Common Disorders

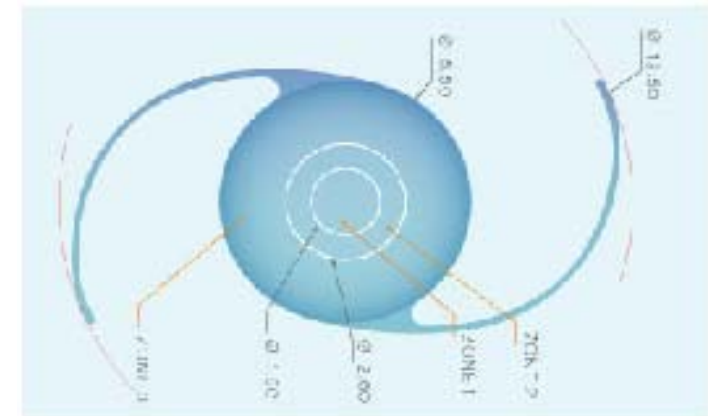
- **Near/Farsightedness** –Inability to focus the image clearly on the retina
- **Presbyopia**–Age related stiffening of lens
- **Cataracts** –clouding of lens usually due to age and disease.
- In US: 5,500,000 people have cataracts.
- Cataracts are the leading cause of blindness in the world.

Is there a biomedical solution?

Εγχείρηση καταρράκτη – τοποθέτηση ενδοφακών



**Τοποθέτηση
εύκαμπτων
ενδοφακών (απλών
ή διπλεστικάκων)**



Όργανα εξέτασης οφθαλμολογικών παθήσεων – τονόμετρα

Τύποι τονομέτρων

Η μέτρηση της ΕΟΠ γίνεται με ειδικά όργανα, τα τονόμετρα. Βασικά υπάρχουν δύο τύποι τονομέτρων, το τονόμετρο επιπεδώσεως που έρχεται σε επαφή με τον κερατοειδή χιτώνα και το τονόμετρο αέρος που δεν έρχεται σε επαφή με τον κερατοειδή.

Τονόμετρο επιπεδώσεως (Applanation tonometer)

Το τονόμετρο επιπεδώσεως φέρει ειδικό πρίσμα που έρχεται σε επαφή με τον κερατοειδή χιτώνα του οφθαλμού και τον επιπεδώνει. Η πίεση που απαιτείται για να επιπεδωθεί ο κερατοειδής καθορίζει την τιμή της ΕΟΠ. Το πιο γνωστό και ευρύτερα χρησιμοποιούμενο τονόμετρο επιπεδώσεως είναι το τονόμετρο Goldmann, το οποίο προσαρμόζεται στη σχισμοειδή βιχνία για να μετρηθεί η ΕΟΠ. Θεωρείται το πιο αξιόπιστο τονόμετρο. Για τη μέτρηση της ΕΟΠ χρειάζεται προηγουμένως η ενστάλαξη αναισθητικού κολλυρίου για να αναισθητοποιηθεί ο κερατοειδής. Χρειάζεται επίσης η χρήση χρωστικής ουσίας, της φλουροσκεΐνης, που διαλύεται στα δάκρυα και εξαπλώνεται στον κερατοειδή. Όταν το πρίσμα του τονομέτρου έρθει σε επαφή με τον κερατοειδή, σχηματίζονται δύο έγχρωμα ημικύκλια. Με τη μέθοδο της επιπεδώσεως μπορεί να μετρηθεί επίσης η ΕΟΠ με φορητά τονόμετρα, όπως είναι το τονόμετρο Perkins και το ηλεκτρονικό τονόμετρο "tonopen". Το "tonopen" επιπεδώνει πολύ μικρή επιφάνεια του κερατοειδή και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν υπάρχουν ουλές ή οίδημα στον κερατοειδή.

Τύποι τονομέτρων

Η μέτρηση της ΕΟΠ γίνεται με ειδικά όργανα, τα τονόμετρα. Βασικά υπάρχουν δύο τύποι τονομέτρων, το τονόμετρο επιπεδώσεως που έρχεται σε επαφή με τον κερατοειδή χιτώνα και το τονόμετρο αέρος που δεν έρχεται σε επαφή με τον κερατοειδή.

Τονόμετρο επιπεδώσεως (Applanation tonometer)

Το τονόμετρο επιπεδώσεως φέρει ειδικό πρίσμα που έρχεται σε επαφή με τον κερατοειδή χιτώνα του οφθαλμού και τον επιπεδώνει. Η πίεση που απαιτείται για να επιπεδωθεί ο κερατοειδής καθορίζει την τιμή της ΕΟΠ. Το πιο γνωστό και ευρύτερα χρησιμοποιούμενο τονόμετρο επιπεδώσεως είναι το τονόμετρο Goldmann, το οποίο προσαρμόζεται στη σχισμοειδή θύκνία για να μετρηθεί η ΕΟΠ. Θεωρείται το πιο αξιόπιστο τονόμετρο. Για τη μέτρηση της ΕΟΠ χρειάζεται προηγουμένως η ενστάλαξη αναισθητικού κολλυρίου για να αναισθητοποιηθεί ο κερατοειδής. Χρειάζεται επίσης η χρήση χρωστικής ουσίας, της φλουροσκεΐνης, που διαλύεται στα δάκρυα και εξαπλώνεται στον κερατοειδή. Όταν το πρίσμα του τονομέτρου έρθει σε επαφή με τον κερατοειδή, σχηματίζονται δύο έγχρωμα ημικύκλια. Με τη μέθοδο της επιπεδώσεως μπορεί να μετρηθεί επίσης η ΕΟΠ με φορητά τονόμετρα, όπως είναι το τονόμετρο Perkins και το ηλεκτρονικό τονόμετρο "tonopen". Το "tonopen" επιπεδώνει πολύ μικρή επιφάνεια του κερατοειδή και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν υπάρχουν ουλές ή οίδημα στον κερατοειδή.

Τονόμετρο αέρος (Air-puff tonometer)

Το τονόμετρο αυτό μετράει την ΕΟΠ με τη χρήση αέρα, χωρίς να έρθει σε επαφή με τον οφθαλμό. Οι μετρήσεις του μπορεί να παρουσιάζουν αποκλίσεις και δεν θεωρείται πολύ αξιόπιστο. Η μέτρηση της ΕΟΠ μπορεί να γίνει χωρίς τη χρήση αναισθητικών σταγόνων. Οι μετρήσεις με το τονόμετρο αυτό έχουν σχέση με το χρόνο που χρειάζεται δεδομένη ισχύς αέρος να επιπεδώσει δεδομένη περιοχή του κερατοειδή.

Τονόμετρο PASCAL (Dynamic contour tonometer)

Είναι νεότερης γενιάς τονόμετρο ψηφιακής τεχνολογίας, που προσαρμόζεται στη σχισμοειδή βυχνία και λειτουργεί με μπαταρία. Για να μετρηθεί η ΕΟΠ το "tip" του τονομέτρου έρχεται σε επαφή με τον κερατοειδή για λίγα δευτερόλεπτα και τα αποτελέσματα εκτυπώνονται. Οι μετρήσεις με το τονόμετρο αυτό επηρεάζονται σε μικρότερο βαθμό από το πάχος του κερατοειδούς, σε σχέση με το τονόμετρο επιπεδώσεως. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τη μέτρηση της ΕΟΠ σε άτομα που έχουν υποβληθεί σε διαθλαστική επέμβαση στον κερατοειδή και έχει ελαττωθεί το πάχος του.

Τονόμετρο Shiotz

Η μέτρηση της ΕΟΠ στηρίζεται στην εμβύθιση που προκαλεί κατά την επαφή του με τον κερατοειδή, ανάλογα με το βαρίδι που τοποθετείται στην ειδική υποδοχή που φέρει. Συνοδεύεται από ειδικούς πίνακες για τη μετατροπή της μετρήσεως που δείχνει στην κλίμακα που φέρει σε mm Hg. Δεν θεωρείται πολύ αξιόπιστο, λόγω των αποκλίσεων που παρουσιάζει από τις πραγματικές τιμές και ουσιαστικά δεν χρησιμοποιείται σήμερα.

Όργανα εξέτασης οφθαλμολογικών παθήσεων – οφθαλμοσκόπιο

Τρόποι οφθαλμοσκόπησης

Η οφθαλμοσκόπηση ή βυθοσκόπηση εκτελείται με ειδικά όργανα, τα οφθαλμοσκόπια που προκαλούν μεγέθυνση της εικόνας του βυθού. Η εξέταση μπορεί να γίνει με άμεσο ή έμμεσο τρόπο, ανάλογα με το είδος του οφθαλμοσκοπίου που χρησιμοποιείται.

Άμεση οφθαλμοσκόπηση

Η εξέταση αυτή πραγματοποιείται με μικρή φορητή συσκευή που εκπέμπει μια δέσμη φωτός και μέσω της κόρης του οφθαλμού καθίσταται ορατός ο βυθός του οφθαλμού. Το άμεσο οφθαλμοσκόπιο, εκτός από τη δέσμη φωτός που εκπέμπει, φέρει περιστρεφόμενο δίσκο με διορθωτικούς φακούς. Με τη βοήθεια των φακών αυτών διορθώνονται τυχόν διαθλαστικές ανωμαλίες (μυωπία, υπερμετρωπία), ώστε η εικόνα του βυθού να φαίνεται σαφής και καθαρή. Με την άμεση οφθαλμοσκόπηση επιτυγχάνεται δεκαπενταπλάσια περίπου μεγένθυση. Η άμεση οφθαλμοσκόπηση πραγματοποιείται με τον ένα οφθαλμό. Η εικόνα που παρατηρείται είναι ορθή, αλλιά δεν είναι στερεοσκοπική.

Έμμεση ή διόφθαλμη οφθαλμοσκόπηση

Πραγματοποιείται με το έμμεσο οφθαλμοσκόπιο που στηρίζεται στο κεφάλι του εξεταστή. Η εξέταση του βυθού γίνεται με τη βοήθεια ειδικού φακού που κρατά ο εξεταστής προ του εξεταζόμενου οφθαλμού στον οποίο και προσπίπτει η φωτεινή δέσμη που εκπέμπει το οφθαλμοσκόπιο και στη συνέχεια εισέρχεται εντός του οφθαλμού, μέσω της κόρης, για να καταστεί ορατός ο βυθός. Με την έμμεση οφθαλμοσκόπηση επιτυγχάνεται μικρότερη μεγέθυνση σε σχέση με την άμεση, αλλιά καθίσταται ορατή ευρύτερη περιοχή του βυθού και μάλιστα με διόφθαλμη όραση. Η εικόνα που παρατηρείται με την έμμεση οφθαλμοσκόπηση είναι ανεστραμμένη.

Βιομικροσκοπική εξέταση του βυθού

Η εξέταση του βυθού μπορεί να γίνει επίσης στη σχισμοειδή ίλη με τη βοήθεια ειδικών φακών. Έχει το πλεονέκτημα ότι επιτυγχάνεται στερεοσκοπική εικόνα σε μεγάλη μεγέθυνση και μπορεί να γίνει λεπτομερέστερη εξέταση του βυθού, σε όλη του την έκταση.

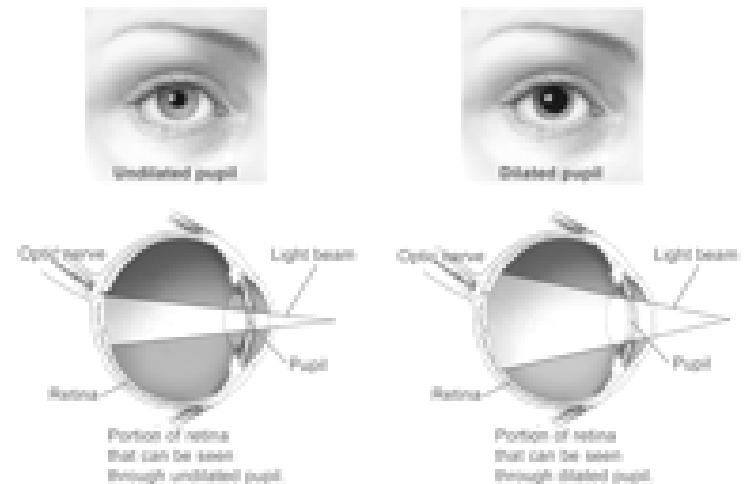
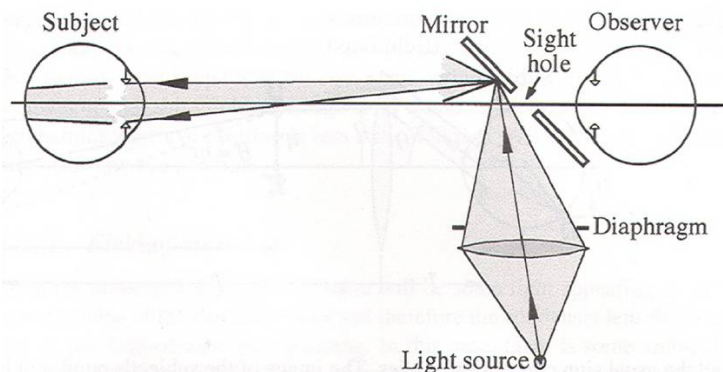
Για τη λεπτομερέστερη εξέταση του βυθού χρειάζεται διαστολή της κόρης του οφθαλμού με μυδριατικά φάρμακα. Η μυδρίαση είναι ιδιαίτερα αναγκαία σε περιπτώσεις που υπάρχουν θολερότητες στα διαθλαστικά μέσα, όπως καταρράκτης, θολερότητες στον κερατοειδή ή στο υαλοειδές. Σε περιπτώσεις που τα διαθλαστικά μέσα παρουσιάζουν σοβαρές θολερότητες, η βυθοσκοπική εξέταση του βυθού είναι δυσχερής ή και αδύνατη. Η ενστάλαξη μυδριατικών φαρμάκων προκαλεί θάμβος της οράσεως και θα πρέπει να επισημαίνεται στον εξεταζόμενο, ιδιαίτερα εάν πρόκειται να οδηγήσει μετά την εξέταση. Σε άτομα με στενή γωνία προσθίου θαλάμου χρειάζεται προσοχή επειδή η μυδρίαση μπορεί να προκαλέσει οξύ γλαύκωμα με αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση της ενδοφθαλμίου πίεσεως. Το οξύ γλαύκωμα χαρακτηρίζεται από έντονο βοήθικό άλγος, κεφαλαλγία, ναυτία, τάση προς έμετο ή έμετο και έχει ανάγκη άμεσης αντιμετώπισης.

Η αντίληψη του ευκρινούς ειδώλου του φωτισμένου βυθού λέγεται **οφθαλμοσκόπηση**.

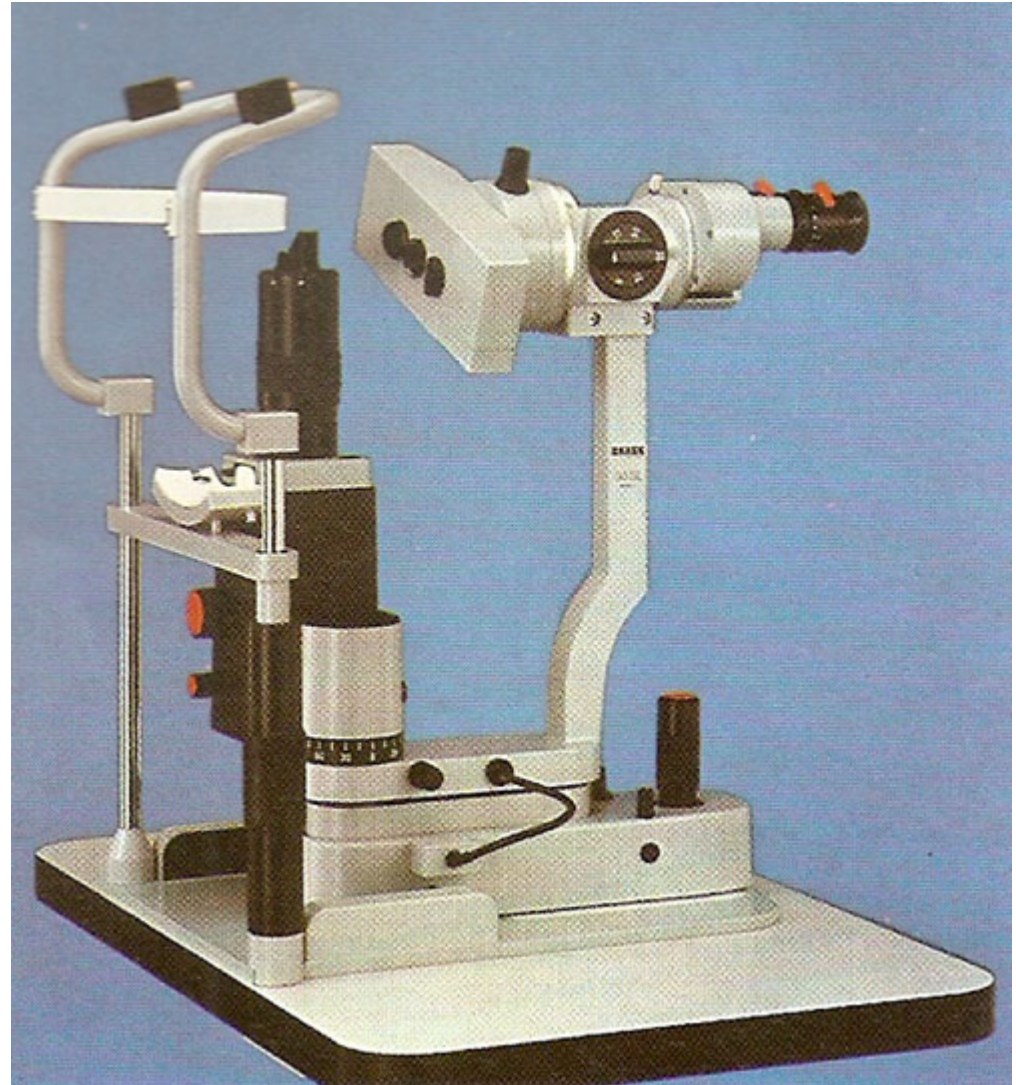
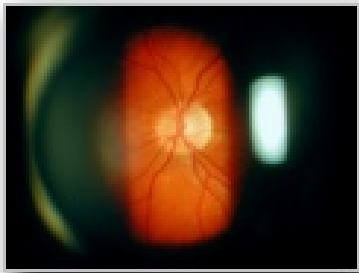
Όταν ο βυθός του οφθαλμού φωτισθεί με κατάλληλο φωτισμό , τότε μόνο μπορεί να γίνει ορατό το είδωλο του βυθού το οποίο εμφανίζεται μετατοπισμένο πιο μπροστά δηλαδή κοντά στο επίπεδο της κόρης του οφθαλμού του ασθενούς.

Συχνά απαιτείται **μυδρίαση της κόρης** έτσι ώστε να μεγαλώσει η διάμετρός της(>4mm) έτσι ώστε να είναι πιο εύκολη η διαδικασία της οφθαλμοσκόπησης. Όπως φαίνεται και στο σχήμα η μεγαλύτερη κόρη προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια επισκόπησης.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να επιτευχθεί μια άνετη οφθαλμοσκόπηση, είναι ο οφθαλμός του ασθενή να φωτισθεί από πηγή που βρίσκεται στον ίδιο άξονα με αυτόν. Σε αντίθετη περίπτωση η κόρη φαίνεται σαν μαύρη οπή.



Όργανα εξέτασης οφθαλμολογικών παθήσεων – σχισμοειδής λυχνία

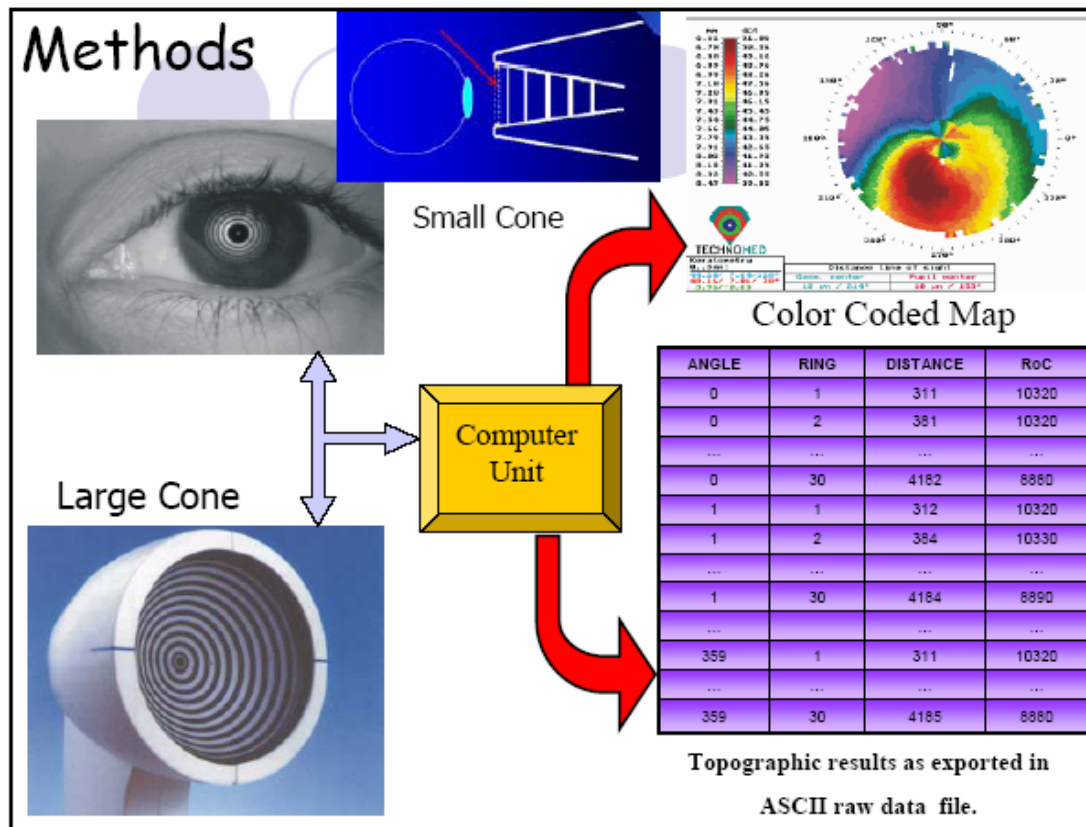




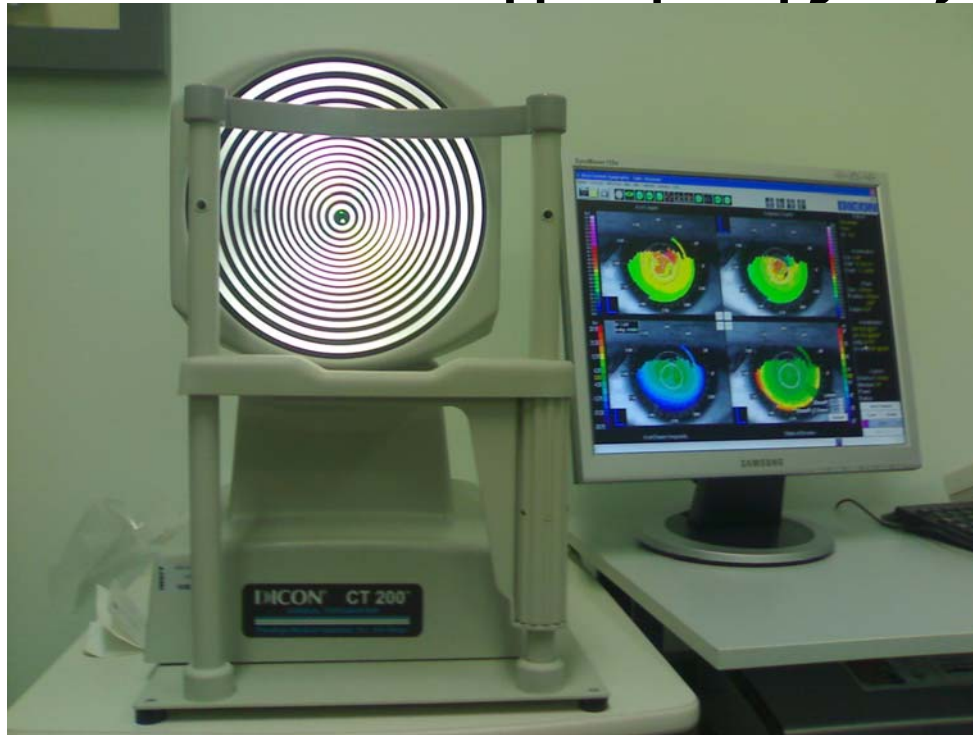
Όργανα εξέτασης οφθαλμολογικών παθήσεων – τοπογραφία κερατοειδούς

Corneal Topography principles

- ❑ Multiple light concentric rings are projected on the cornea.
- ❑ The reflected image is captured on charge-coupled device (CCD) camera.
- ❑ Computer software analyzes the data and displays the results in a variety of formats



Διαδικασία Τοπογραφικής Εξέτασης



1. Τοποθέτηση ασθενή εντός εξεταστικού κώνου
2. Ευθυγράμμιση και εστίαση του εξεταζόμενου οφθαλμού
3. Ομόκεντροι φωτεινοί δακτύλιοι προβάλλονται στην εμπρός επιφάνεια του οφθαλμού
4. Ανάκλαση των δακτυλίων και καταγραφή της εικόνας από κάμερα λήψης
5. Λήψη πρωτογενών δεδομένων- τοπογραφική πληροφόρηση
6. Εφαρμογή αλγορίθμων σε υπολογιστικό σύστημα
7. Ψηφιοποίηση της εικόνας. Παρουσίαση τοπογραφικών χαρτών μέσω του Η/Υ
8. Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Τοπογραφικές Συσκευές

- Μεγάλου κώνου



+ *Πλεονεκτήματα*

Διαθέτουν περισσότερους δακτυλίους.

Μέτρηση σε περισσότερα σημεία.

Μεγαλύτερη ακρίβεια.

- *Μειονεκτήματα*

Λόγω μεγάλης απόστασης οργάνου-κερατοειδούς σχηματίζονται σκιές από μύτη, βλεφαρίδες.

Σε τέτοιες περιπτώσεις έχουμε ελλιπή δεδομένα για την τοπογράφιση.



Τοπογραφικές Συσκευές

- Μικρού κώνου



+ *Πλεονεκτήματα*

Μέτρηση πολύ κοντά στην κερατοειδική επιφάνεια.

Ελάχιστα νεκρά σημεία.

- *Μειονεκτήματα*

Λιγότεροι δακτύλιοι.

Μικρότερη ακρίβεια.

Various types of topographic representations

Standard/Normalized scale/Diopter Map – Rings over the cornea – Lost measurements

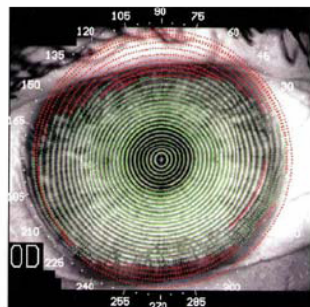
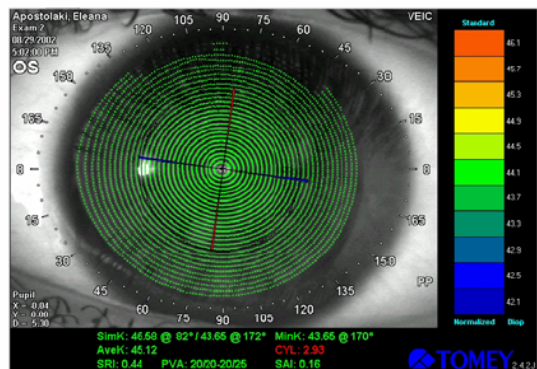
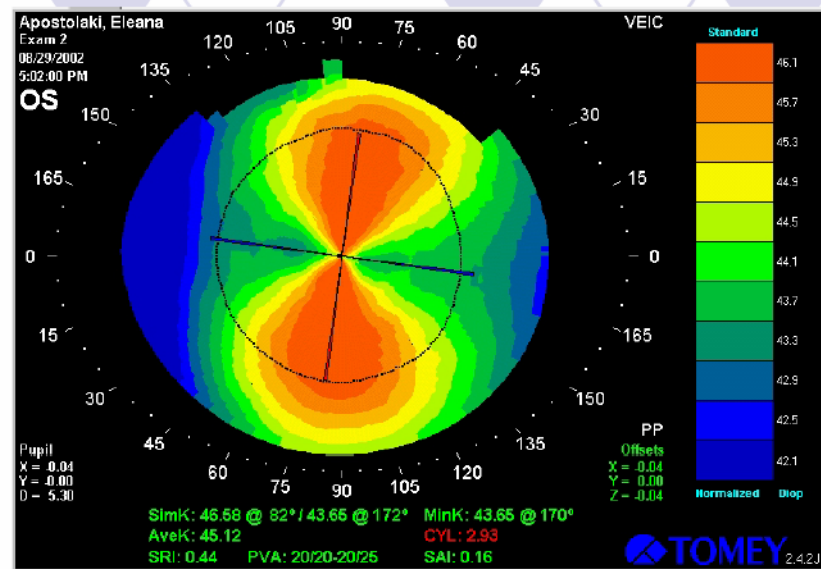


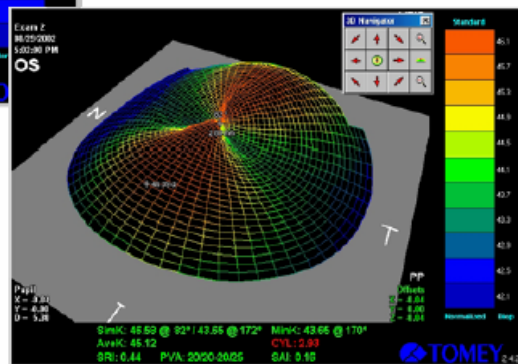
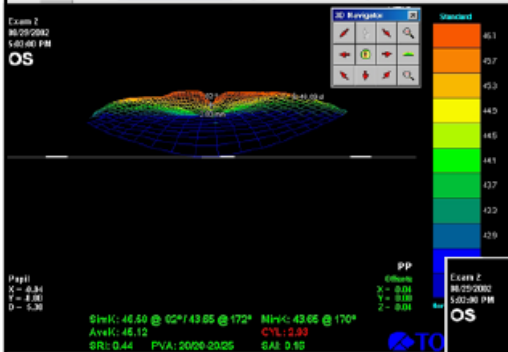
Fig. 2.7. Data points. The data points are located at the intersection of each semi-meridian with a ring; for example, a ring composed of 25 rings, each of which is analyzed along 216 meridians, will give a total of 6400 potential data points. However, not all data points will be useful as some are either lost or shadowed from the nose or limbus, or distortion may occur.

Various types of topographic representations

Standard/Normalized scale/Diopter Map



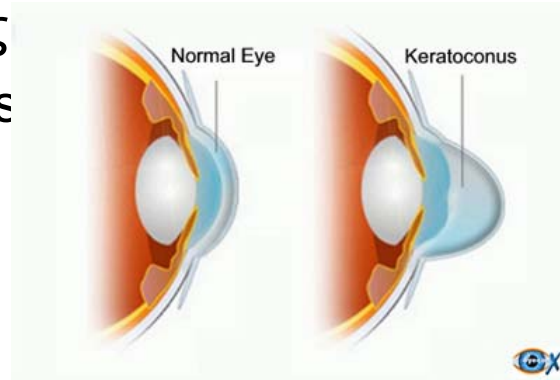
Various types of topographic representations Standard/Normalized scale/Diopter Map – 3-D representation



Εφαρμογές στην Οφθαλμολογία

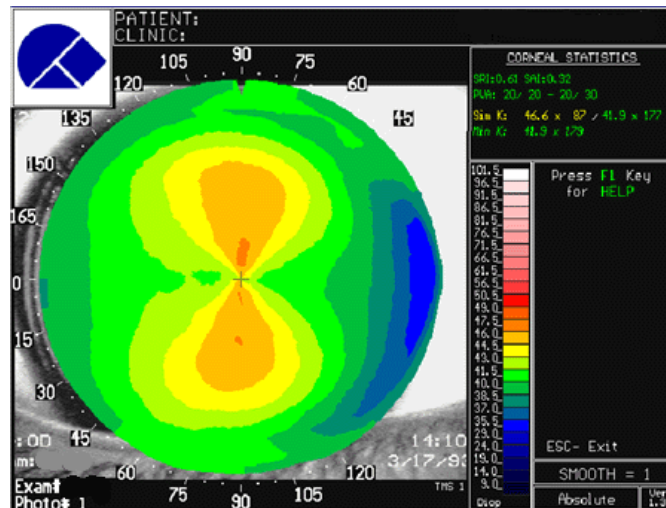
Διάγνωση οφθαλμολογικών παθήσεων

- Κερατόκωνος
(Keratoconus)



Χαρακτηρίζεται από σταδιακή λέπτυνση του κερατοειδή, με συνέπεια αυτός να παραμορφώνεται προς τα εμπρός και να παίρνει το σχήμα κώνου.

- Αστιγματισμός



Τοπογραφική εικόνα συμμετρικού αστιγματισμού

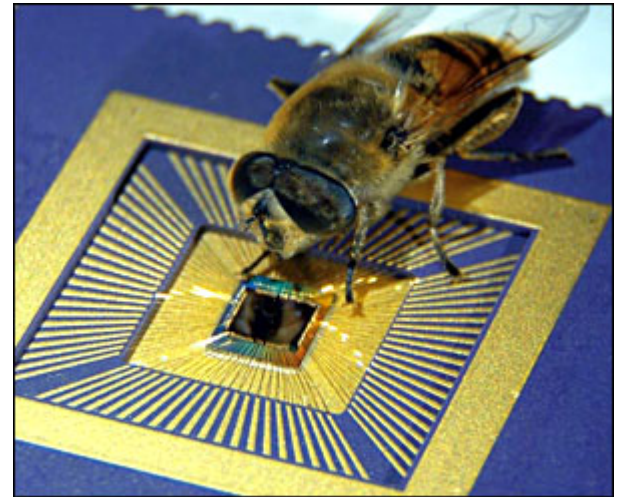


Video Cameras Learn from Insect Eyes

ADELAIDE, Australia, Aug. 30, 2006 -- The bane of all wedding videos -- the bride in front of a window whose face is so shadowed that her features are obscured -- may soon be a thing of the past.

By mimicking how insects see, a University of Adelaide researcher can now produce digital videos in which every detail is visible. The technique solves a critical problem with surveillance cameras, for which image clarity is everything.

Traditional cameras use a single average light setting to control image brightness. This is fine, said Brinkworth, if there are similar levels of lighting over the entire scene. But it's not so good if some parts are much brighter than others. "In nature, the individual cells of the eye adjust to a part of the image independently in order to capture the maximum amount of information about the scene. This means that even in difficult lighting conditions, such as a person standing in front of a window, you can see both the person's face and the scenery outside at the same time, something a traditional camera cannot do."



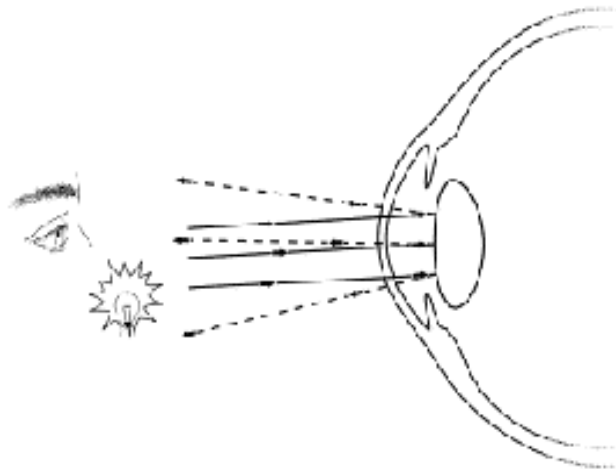


Διάφορα θέματα που σχετίζονται με την αντίληψη της εικόνας στην ανθρώπινη όραση

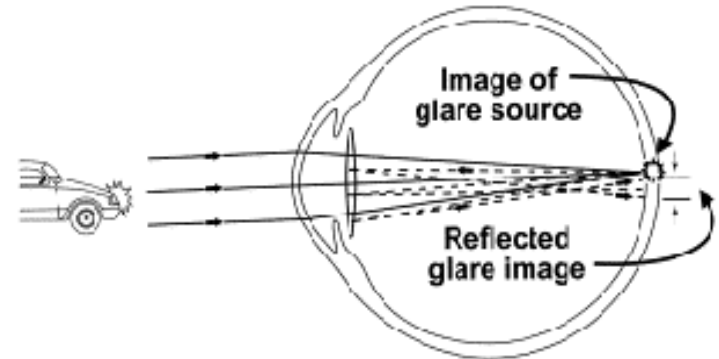
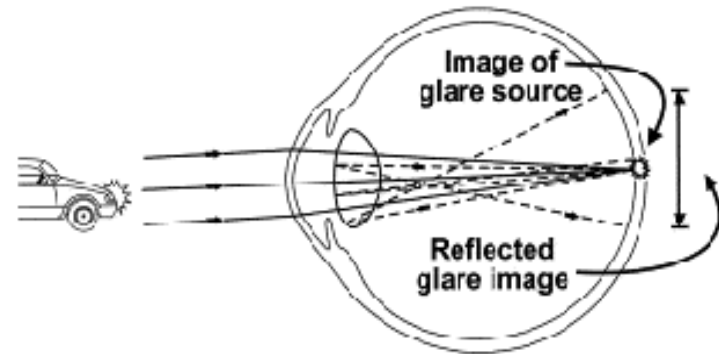
ΣΚΕΔΑΣΗ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΦΘΑΛΜΟ

- Σκέδαση είναι η απόκλιση της πορείας των φωτονίων από την ευθύγραμμη τροχιά, λόγω ανομοιογενειών του μέσου στο οποίο διαδίδονται.
- Η σκέδαση μπορεί να διαχωριστεί σε δυο είδη ανάλογα με το αν το φωτόνιο διατηρεί την ενέργειά του ή όχι. Έτσι έχουμε την **ελαστική** σκέδαση όπου το φωτόνιο υφίσταται μηδενική ανταλλαγή ενέργειας και την **μη ελαστική** που περιλαμβάνει μεταβολή της ενέργειας της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας.
- Η σκέδαση εξαρτάται: **α)** το μέγεθος του σκεδαστή σε σχέση με το μήκος κύματος της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας, **β)** την διαφορά των δεικτών διάθλασης του μέσου που διαδίδεται σε σχέση με αυτό του σκεδαστή, **γ)** την πυκνότητα των σκεδαστών, **δ)** την γωνία σκέδασης.
- Αν θεωρήσουμε ότι ο σκεδαστής περιγράφεται από ένα σφαιρικό όγκο διαμέτρου d και ότι σκεδάζει H/M ακτινοβολία μήκους κύματος λ , τότε διακρίνουμε τις παρακάτω περιπτώσεις:

Reflection



External Surface Reflection of the human lens.



Top: Internal reflection of the human lens.

Bottom: Internal reflection of an acrylic IOL.

Internal surface reflection can be minimized if the ARC is less than 17.0mm

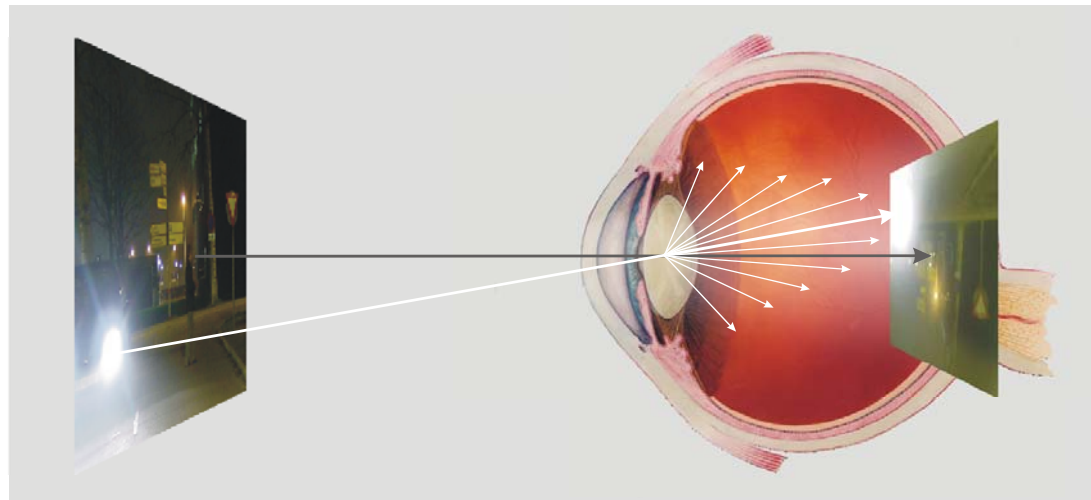


✓ **Σκέδαση Rayleigh ($\lambda > d$)**: Η διεργασία αυτή είναι υπεύθυνη για την αντίληψη των περισσότερων χρωμάτων που παρατηρούμε να έχουν τα διάφορα αντικείμενα, αφού στην περίπτωση αυτή η ένταση της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας είναι αντιστρόφως ανάλογη με την τέταρτη δύναμη του μήκους κύματος.

✓ **Σκέδαση Mie ($\lambda \approx d$)**: Έχει μικρή επιλεκτικότητα στο μήκος κύματος, για αυτό και σκεδάζει σχεδόν όλα τα μήκη κύματος με την ίδια ένταση, κάτι που δικαιολογεί π.χ. τον λόγο για τον οποίο τα σύννεφα φαίνονται λευκά.

✓ **Θεωρία ανώμαλης περίθλασης ($d > \lambda$)**: Η κατηγορία αυτή είναι πολύ σημαντική για την κατανόηση της σκέδασης στον ανθρώπινο οφθαλμό. Προσομοιώνει ικανοποιητικά την σκέδαση του φωτός από τον κερατοειδή, δηλαδή από δομές όπως τα κερατοκύτταρα ή κάποιες ανωμαλίες στην δομή του κολλαγόνου.

**Retinal
straylight:**





20/20 vs. functional vision

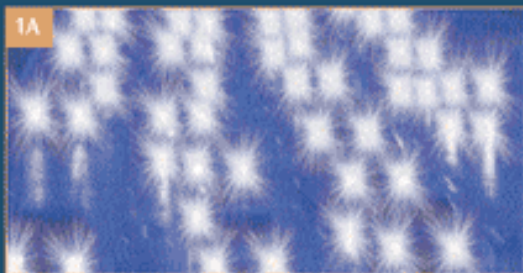


Figure 1A. 20/20 vision does not always represent good functional vision for everyday life. Higher-order aberrations can compromise quality of vision in low light.



Figure 1B. Patients today require good quality of vision for everyday life.

Total higher-order aberrations over time with LADARVision

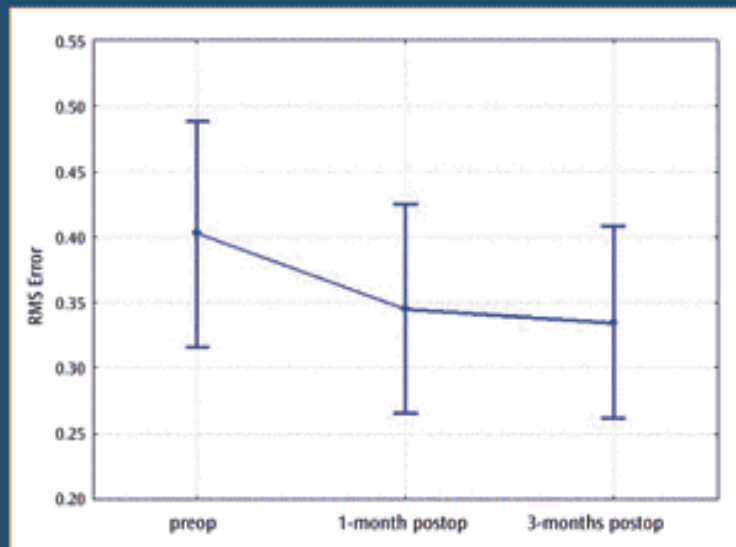


Figure 2. With the LADARVision System, higher-order aberrations decreased steadily from preoperative measurements to 3-month calculations.

(All figures courtesy of Kerry D. Solomon, MD.)



Contrast Sensitivity

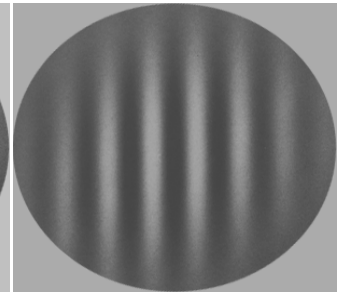
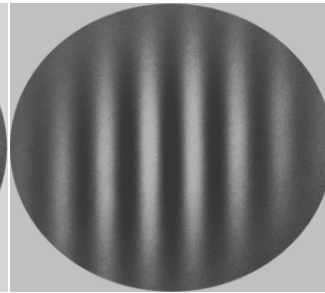
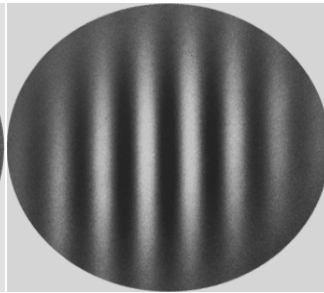
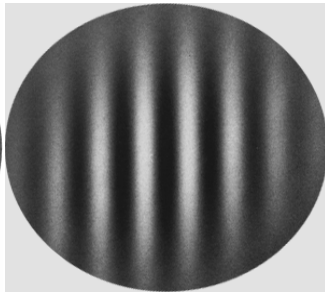
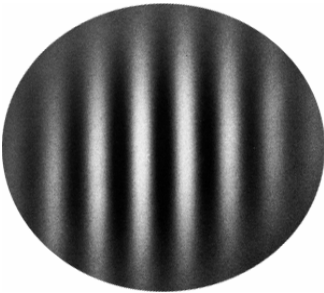
$m=98\%$

$m=85\%$

$m=70\%$

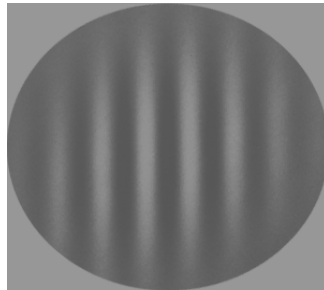
$m=55\%$

$m=40\%$



$m=25\%$

$m=10\%$





ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ



ΕΙΚΟΝΑΣ ή ΟΦΘΑΛΜΑΠΑΤΗ;



Женское лицо или мужчина играющий на саксофоне?



Η ΟΦΘΑΛΜΑΠΑΤΗ ΚΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΤΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

Journal of Audiovisual Media in Medicine, Vol. 25, No. 4, pp. 149–154

Image quality, compression and segmentation in medicine

PAM MORGAN AND CLIVE FRANKISH

Image quality, compression and segmentation 151

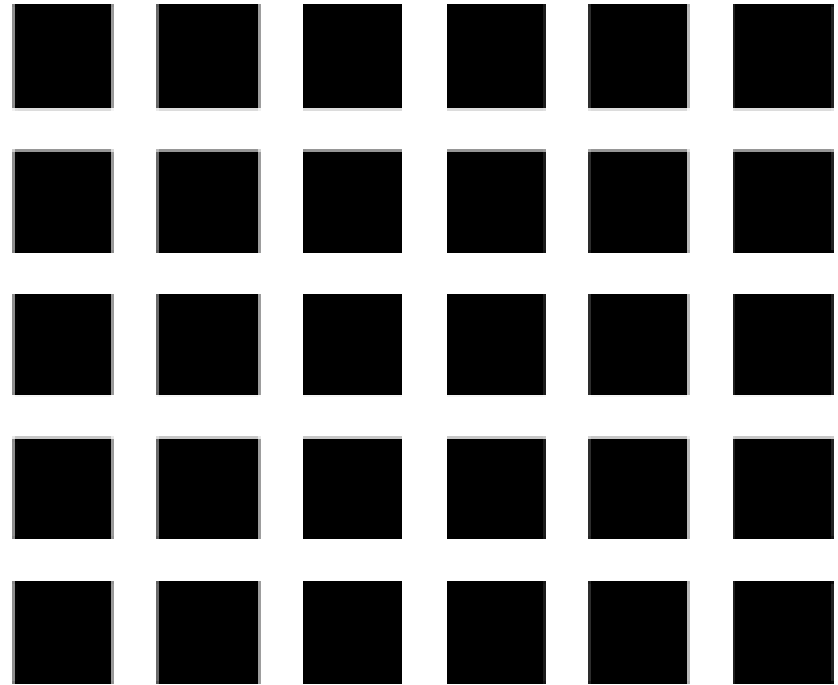
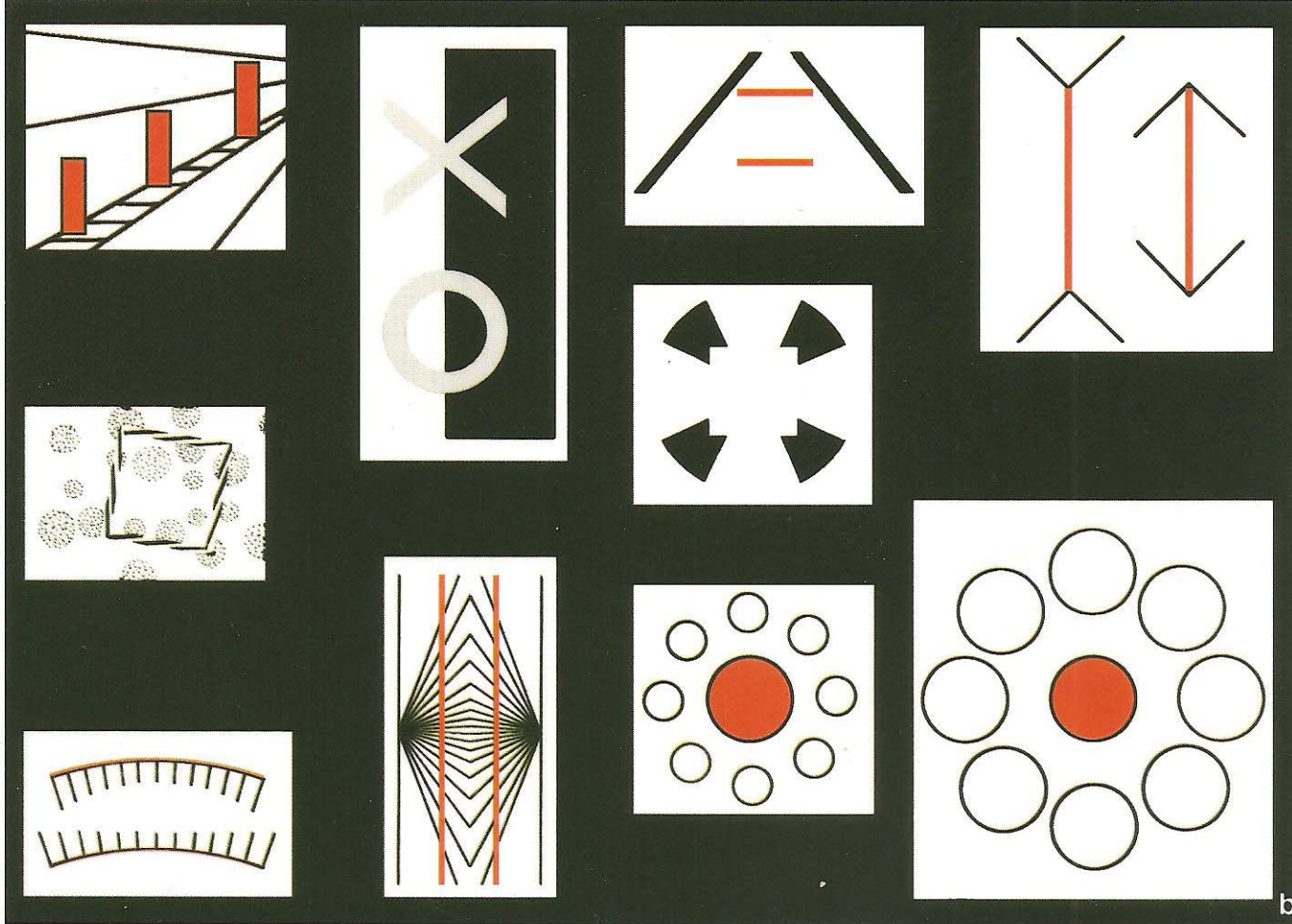


Figure 2. *The Hermann grid illusion.*

ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ή ΟΦΘΑΛΜΑΠΑΤΗ;

© JOHANNES LIEDER, Ludwigsburg, Made in Germany

Atli

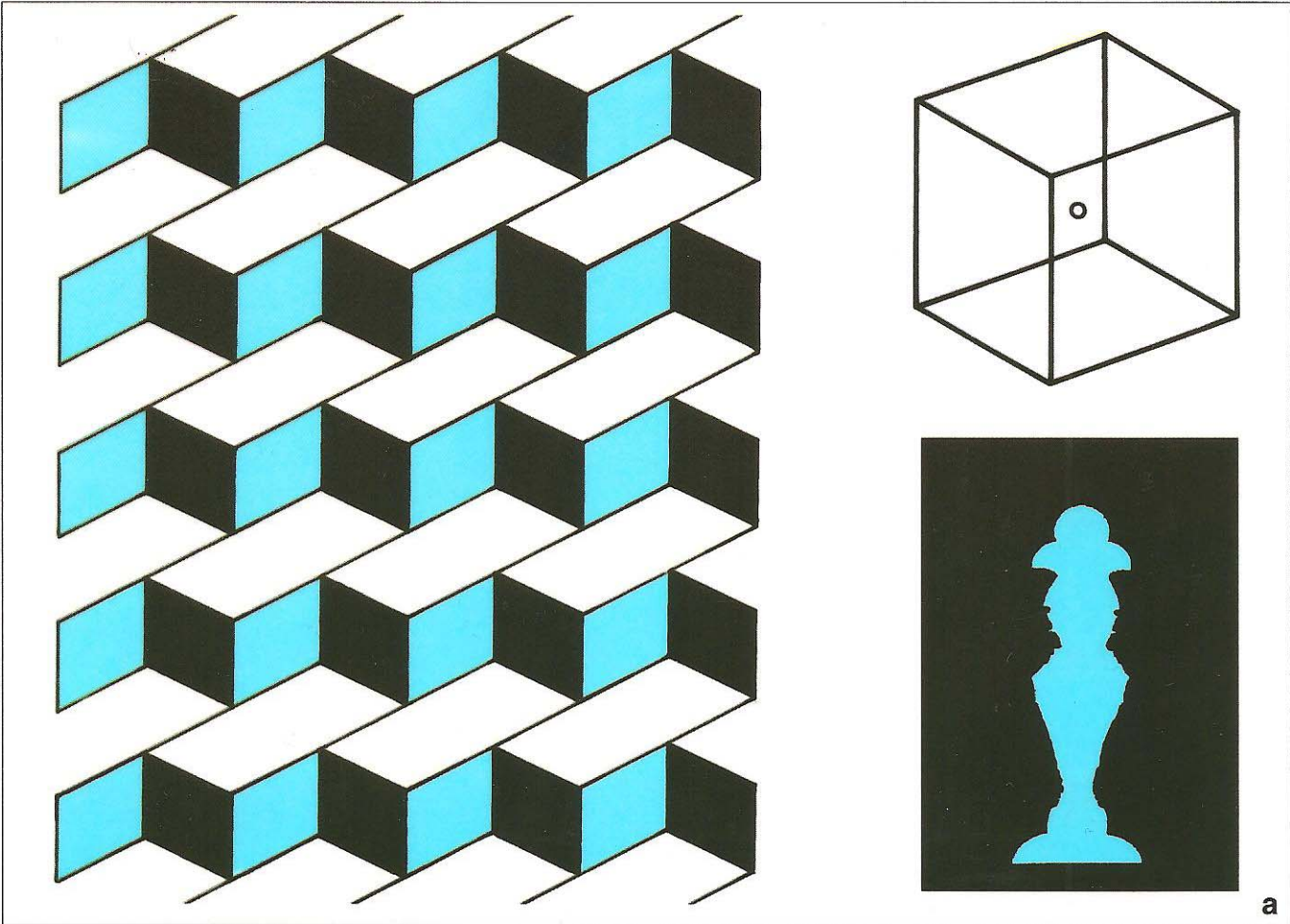


b

ΒΙΟΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ – ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ή ΟΦΘΑΛΜΑΠΑΤΗ;

11

Atlas 8216 Folie No. 11



ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **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.