



Ψηφιακή Φωτογραφία και Επεξεργασία Εικόνας

Γεώργιος Π. Παυλίδης

Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός

Διευθυντής Ερευνών

Ερευνητικό Κέντρο "Αθηνά"



“Ο φωτογράφος επεμβαίνει σαν χειρουργός και σαν γλύπτης πάνω στον υπαρκτό κόσμο και μας τον αποδίδει σαν φωτογραφική ύπαρξη.

Η γοητεία βρίσκεται στην αναγνώριση της αυθεντικότητας αυτού του κόσμου και στην ταυτόχρονη πεποίθηση πως αποτελεί απεικόνιση του άλλου, του μη ορατού.”



Πλάτων Ριβέλλης

“Όχι, η φωτογραφία δεν είναι Τέχνη με την
τρέχουσα έννοια.

Η φωτογραφία είναι μάλλον στιγμιαία τελετή,
συλλογική μύηση, εξορκισμός του μοιραίου,
μετεγγραφή του ανεξήγητου σε νοητές ζώνες
παρουσίας – ιδίως: απουσίας – του φωτός.”



Δημήτρης Καλοκύρης

περίγραμμα της σειράς διαλέξεων. –

- **Ψηφιακή φωτογραφία**
 - Εισαγωγή στην ψηφιακή εικόνα
 - **φως και όραση**
 - **σχηματισμός της εικόνας – αντίληψη της εικόνας**
 - ψηφιακή αποτύπωση και απεικόνιση εικόνας
 - Εισαγωγή στην ψηφιακή φωτογραφία
 - ιστορία της φωτογραφίας
 - φωτογραφικές μηχανές & φωτογραφικός εξοπλισμός
 - βασικές αρχές φωτογράφισης
 - ο αριθμός φ και η χρυσή αναλογία στη φωτογραφία
- **Επεξεργασία ψηφιακής φωτογραφίας/εικόνας**
 - βασικές παρεμβάσεις
 - προχωρημένες παρεμβάσεις
 - ψηφιακή σύνθεση

Εισαγωγή στην ψηφιακή εικόνα

“Γεννήθηκα πριν από αιώνες αιώνων, σε έναν Χώρο όπου δεν υπήρχε χώρος και σε έναν Χρόνο όπου δεν υπήρχε χρόνος. Με έναν περίεργο ωστόσο τρόπο, αισθάνομαι ότι προϋπήρχα της γενέσεώς μου. Κι ενώ από τότε όλα έχουν αλλάξει, εγώ αισθάνομαι ότι τίποτα δεν έχει αλλάξει. Η παρουσία μου μετρά το αιώνιο.”



Γιώργος Γραμματικάκης

- **Σωματιδιακή θεωρία του φωτός**

- Newton (1675)

- το φως είναι μια συνεχής ροή σωματιδίων τα οποία ταξιδεύουν σε ευθεία γραμμή

- **Κυματική θεωρία του φωτός**

- Robert Hooke (1660)

- Christiaan Huygens (1678)

- Leonhard Euler (1746)

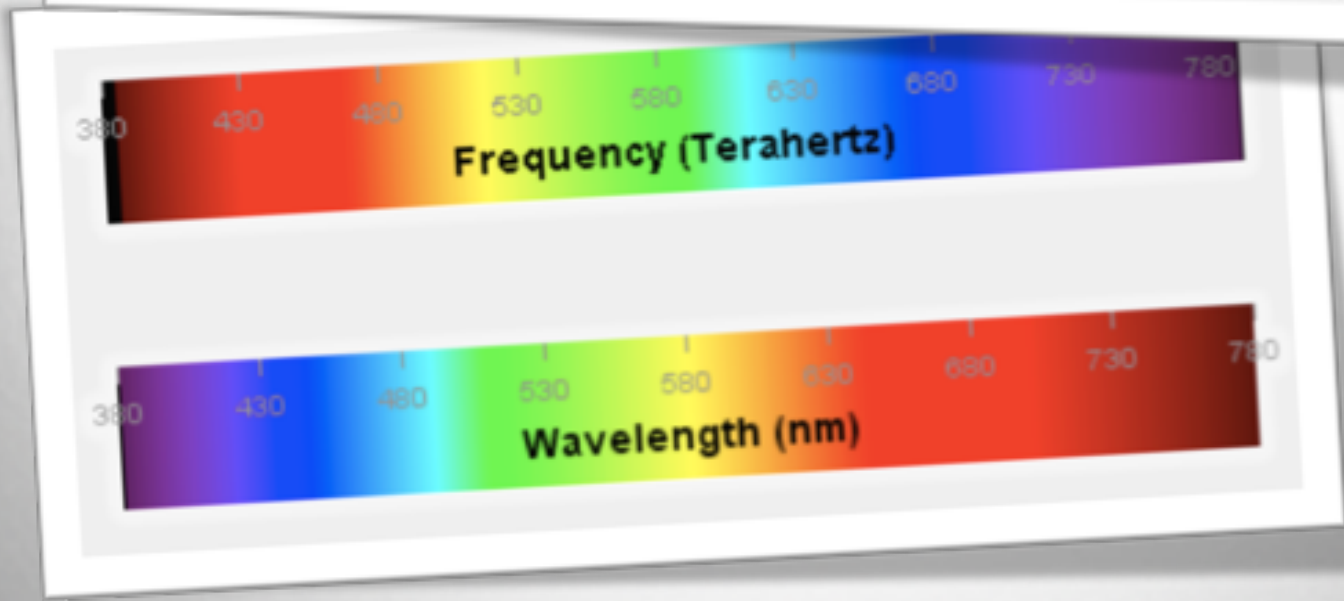
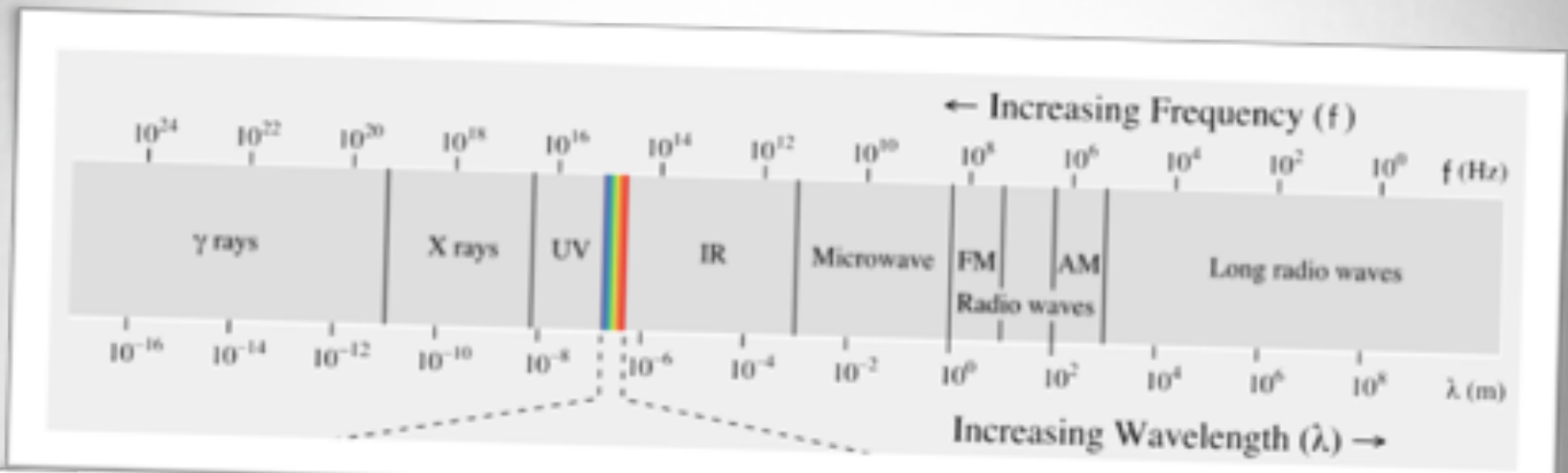
- Thomas Young (1800s)

- Augustin-Jean Fresnel (1817)

- Simeon Denis Poisson (1820s)

- **Ηλεκτρομαγνητική θεωρία του φωτός**
 - Michael Faraday (1845)
 - James Clerk Maxwell (1862, 1873)
 - Heinrich Hertz
- **Ειδική σχετικότητα** (δυϊκή φύση του φωτός)
 - Einstein (1905)
 - Λύση στο παράδοξο της σταθερότητας της ταχύτητας του φωτός: χώρος & χρόνος \rightarrow μεταβλητές οντότητες
 - Συσχέτιση ενέργειας, μάζας, ταχύτητας φωτός $E=mc^2$
 - Λύση στο παράδοξο του φωτοηλεκτρικού φαινομένου
- **Κβαντομηχανική και κβαντ. Ηλεκτροδυναμική**
 - Max Planck (1900s)
 - Ακτινοβολία μέλανος σώματος \rightarrow πακέτα ή κβάντα \rightarrow φωτόνια $E=hf=hc/\lambda$

ΤΟ ΦΩΣ . -



το φως και η ανθρώπινη όραση. -

- **Κέπλερ (1604)**

- θεωρία διάθλασης μέσω σφαιρικών φακών

- εφαρμογή της θεωρίας στα μάτια

- θεωρείται ο πρώτος που αναγνώρισε ότι οι εικόνες προβάλλονται αντεστραμμένες στον αμφιβληστροειδή

- **Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας**

- όχι «αντίστοιχος» του φιλμ (σύνολο παθητικών αισθητηρίων)

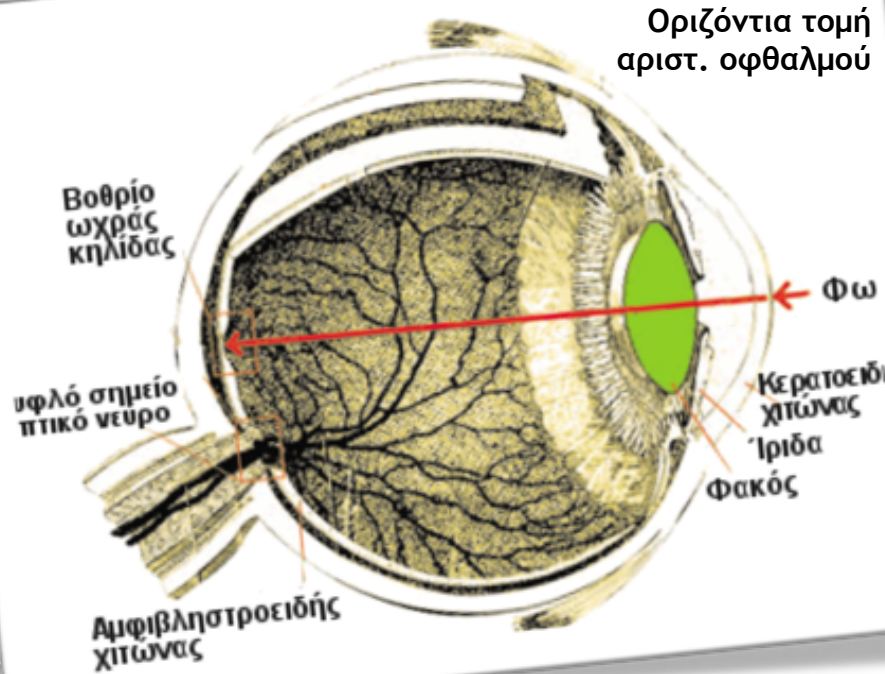
- αποτελείται από πεπερασμένο πλήθος ενεργών αισθητηρίων

- «αντιστοιχία» με τους ψηφιακούς αισθητήρες των σύγχρονων ψηφιακών μηχανών

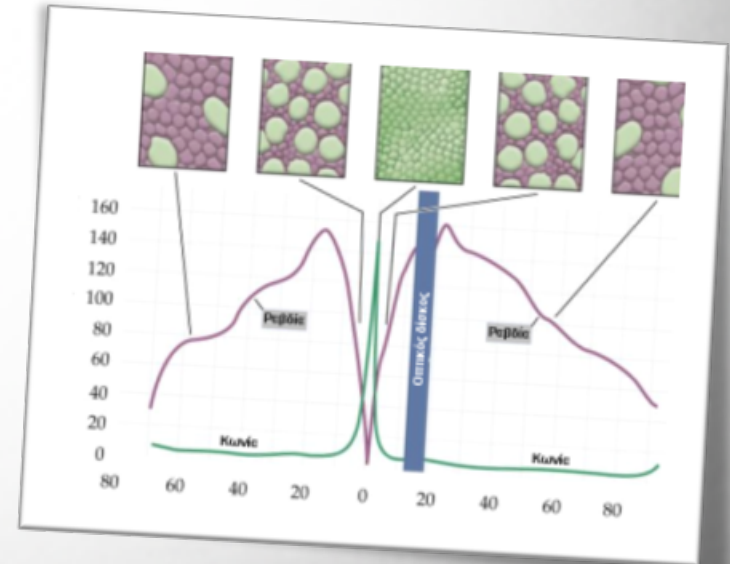
το αισθητήριο του φωτός.-

Χαρακτηριστικά του φακού:

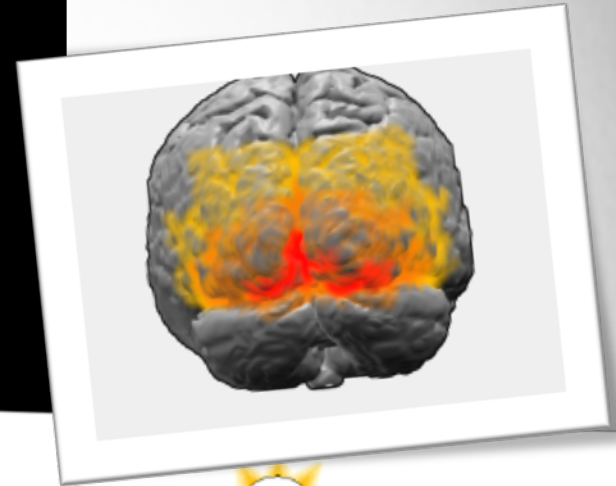
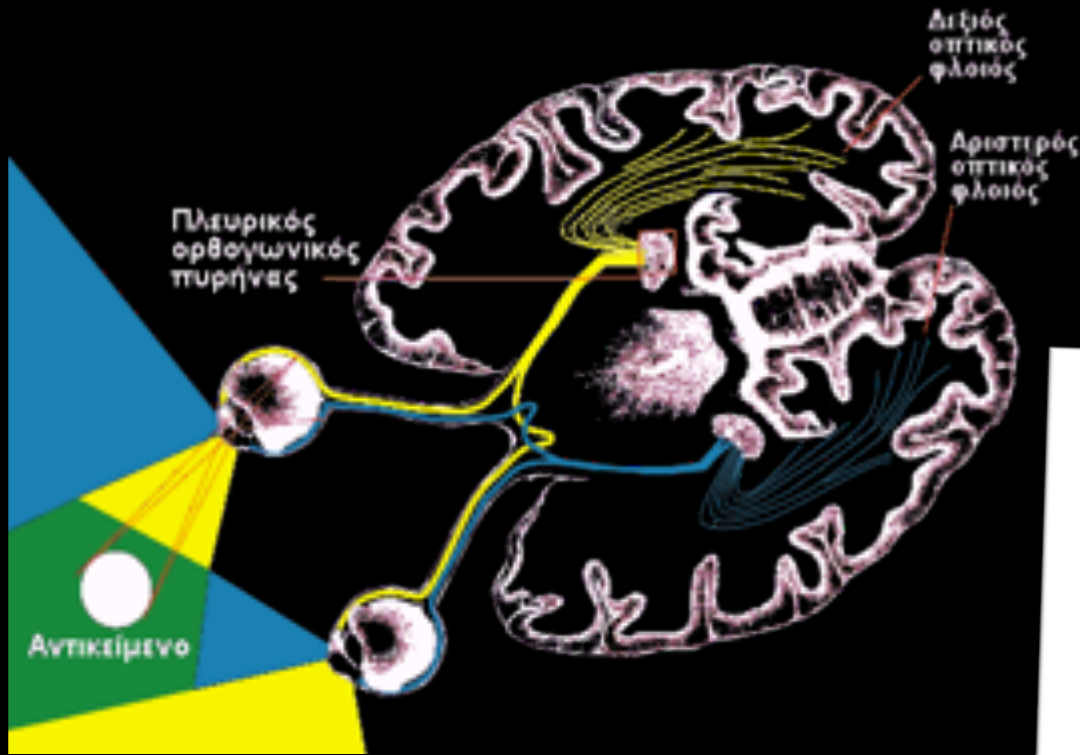
- Ελαφρώς κίτρινο χρώμα ώστε να διορθώνει τη χρωματική απόκλιση
 - Απορροφά το 10% του φωτός
 - Εκπέμπει στα 300-1600nm
- Ευαίσθητος στο υπεριώδες και το υπέρυθρο



Ο αμφιβληστροειδής και η συγκέντρωση σε κωνία και ραβδία



ο σχηματισμός της εικόνας.-



Φιλοσοφία: Πώς γίνεται αντιληπτό ότι τα αντικείμενα είναι εκτός του σώματός μας όταν η εικόνα δημιουργείται εσωτερικά;

ανάλυση και ευκρίνεια.-

- **Εκτίμηση της ανάλυσης του ματιού**
 - Μέγιστη ανάλυση σε καλές συνθήκες φωτισμού
 - 3,33 ακτίνια ανά λεπτό μοίρας (1/60 της μοίρας)
 - Υποθέτοντας 1 pixel ανά γραμμή και ένα οπτικό πεδίο 120x120 μοιρών:
 - $120 \times 60 \times 3,33 = 24.000$ pixels σε κάθε διάσταση (x,y)
 - Συνεπώς, η ανάλυση εκτιμάται στα **576 Mpixels**
 - Όμως, «ευκρινής» όραση υπάρχει μόνο στην κεντρική περιοχή του ματιού με **οπτικό πεδίο ~2 μοιρών**
 - Ισοδυναμεί με ανάλυση μικρότερη του **1 Mpixel**
 - Διακριτική ικανότητα στο χρώμα
 - 256 αποχρώσεις σε καθένα από τα τρία βασικά χρώματα
 - $\rightarrow 2^{24} = 16.7$ εκατομμύρια χρώματα

ανάλυση και ευκρίνεια.-



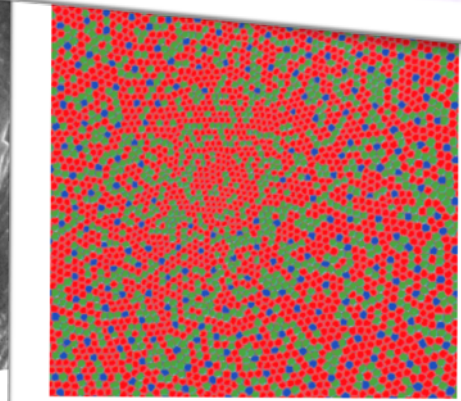
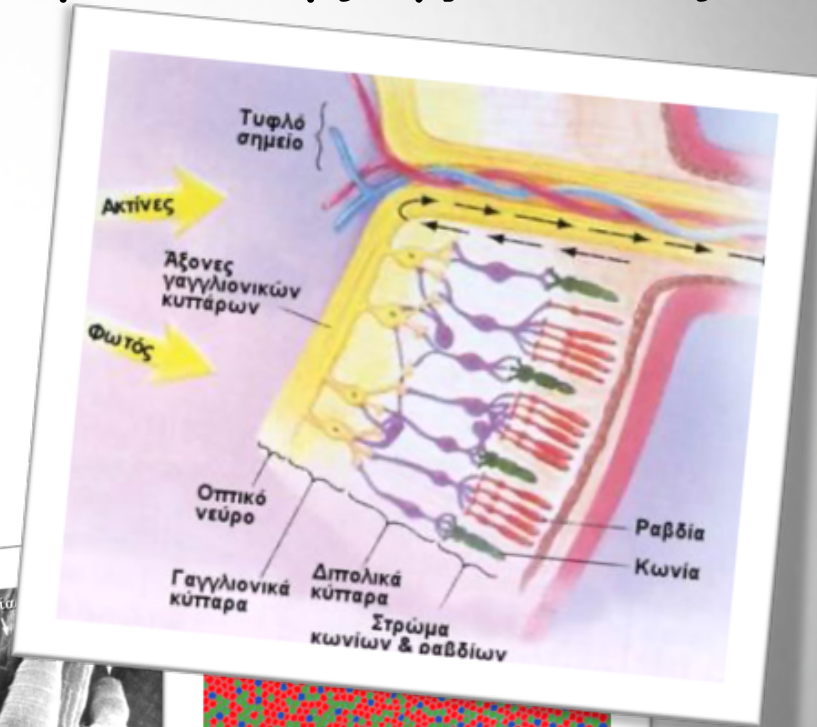
ο αμφιβληστροειδής χιτώνας.-

• Κωνία

- Σχήμα κώνου
- Τρία είδη
 - S, M, L ανάλογα με την ευαισθησία τους
 - 420, 530, 560 nm
 - S κωνία → 7%, L:M=1,5
- Κεντρικά 150.000 κωνία/mm²
- Ημερόβια όραση

• Ραβδία

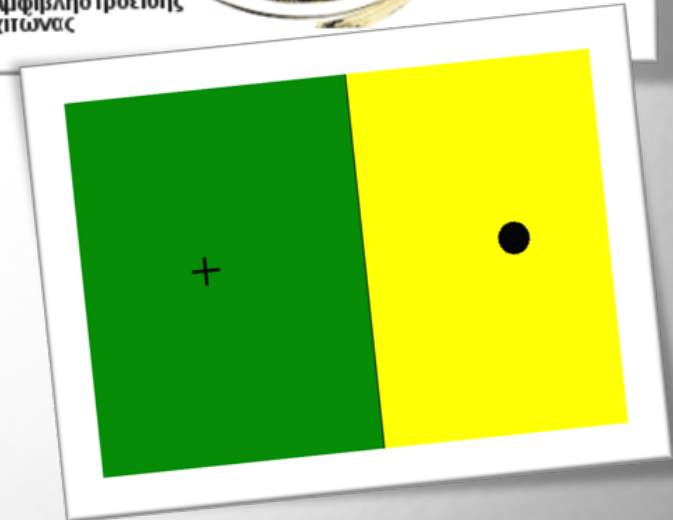
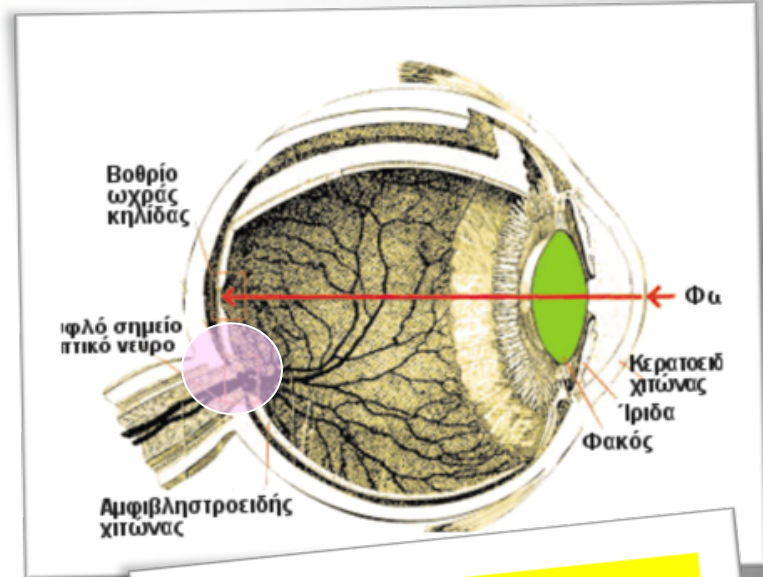
- Σχήμα κυλινδρικό
- Μέγιστη ευαισθησία
 - 550 nm
- Νυκτόβια όραση



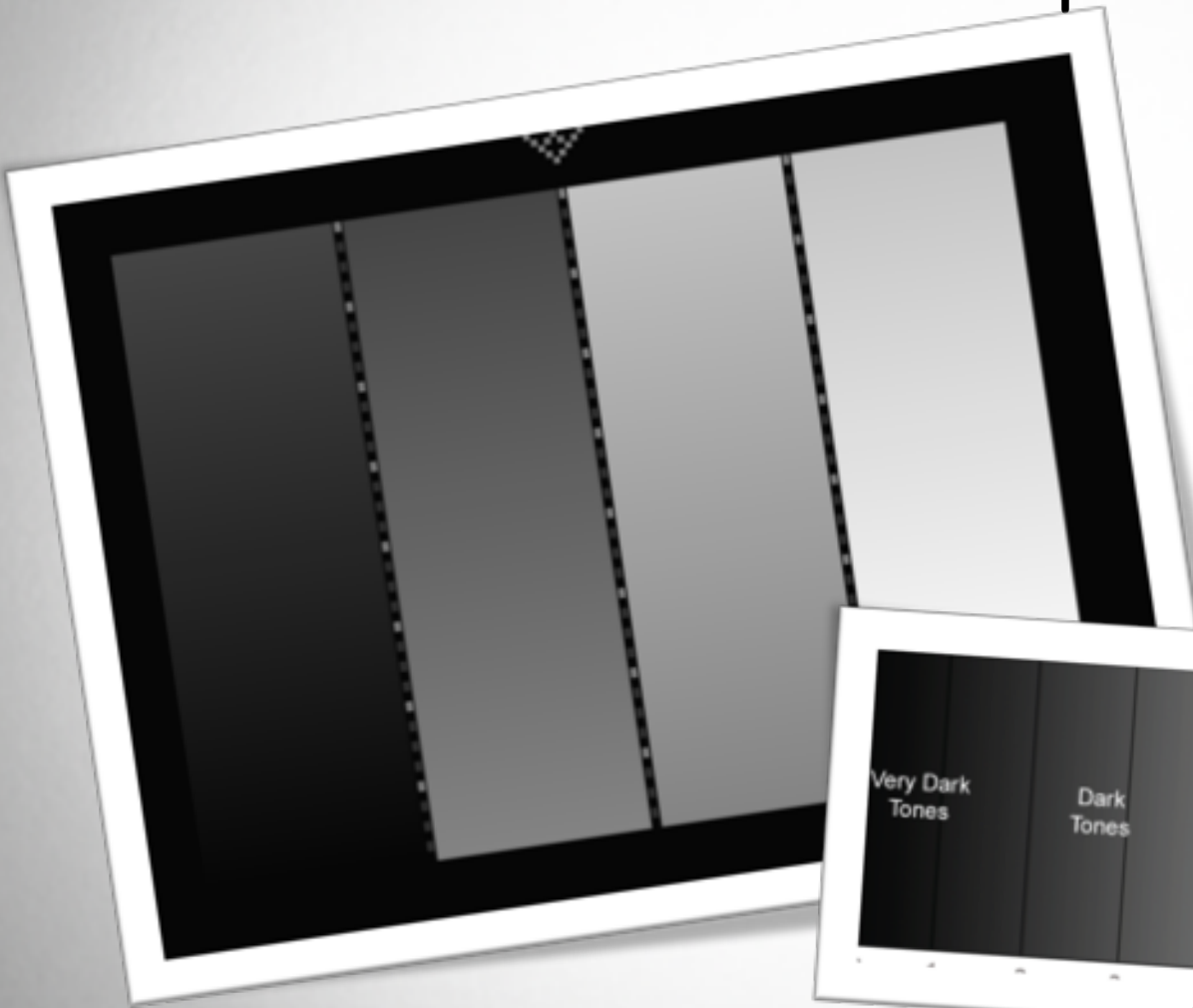
ο αμφιβληστροειδής χιτώνας . -

Ραβδία	Κωνία
Νυκτόβια όραση	Ημερόβια όραση
Πολύ ευαίσθητα στο φως και το διεσπαρμένο φως	Όχι πολύ ευαίσθητα στο φως, ευαίσθητα σε απευθείας έκθεση στο φως
Απώλεια → νυκτόβια τύφλωση	Απώλεια → τύφλωση
Χαμηλή οπτική ευκρίνεια	Υψηλή ευκρίνεια, καλύτερη ανάλυση
Δεν υπάρχουν στο βοθρίο της ωχράς κηλίδας	Σε μεγάλη συγκέντρωση στο βοθρίο της ωχράς κηλίδας
Αργή απόκριση στο φως, αύξηση της ευαισθησίας με το χρόνο	Γρήγορη απόκριση στο φως, αντίληψη περισσότερο απότομων μεταβολών
Περιέχουν περισσότερη ποσότητα χρωστικών και μπορούν, έτσι, να ανιχνεύσουν χαμηλότερα επίπεδα φωτός	Απαιτούν περισσότερο φως για τη δημιουργία εικόνων λόγω μικρότερης ποσότητας χρωστικών
20 φορές περισσότερα από τα κωνία στον αμφιβληστροειδή χιτώνα (~90 εκατομ.)	~4.5 εκατομμύρια
Ένας τύπος χρωστικής	Τρεις τύποι χρωστικών
Ασπρόμαυρη όραση	Έγχρωμη όραση

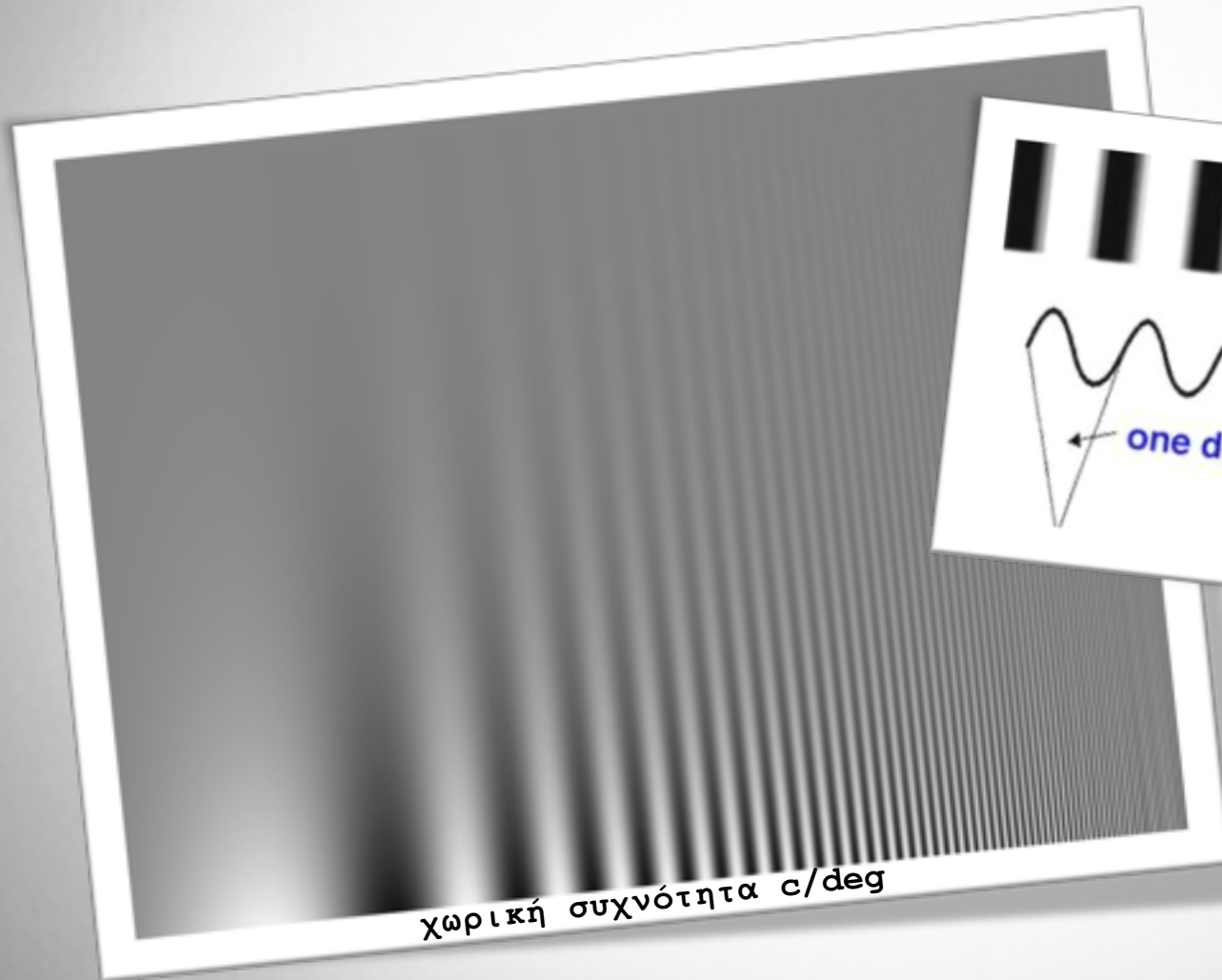
το τυφλό σημείο.-



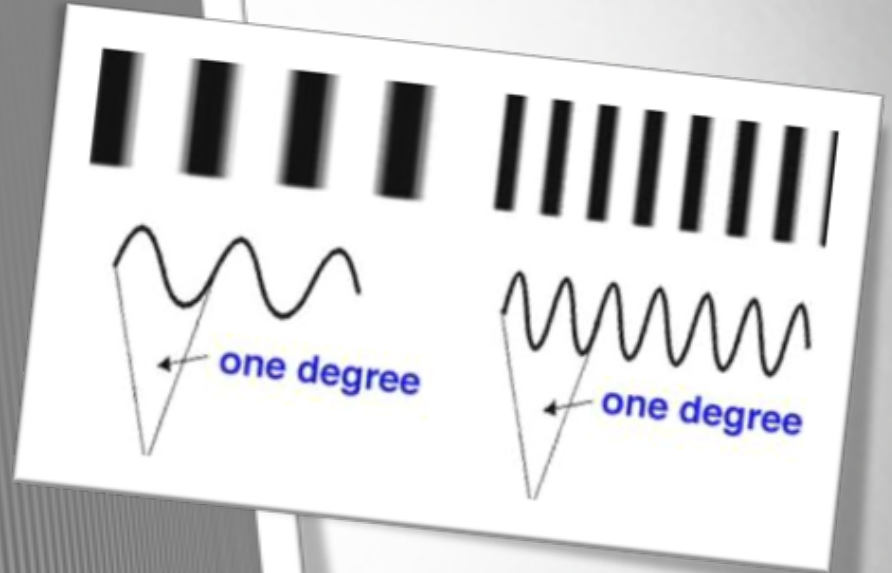
ευαισθησία φωτεινότητας.-



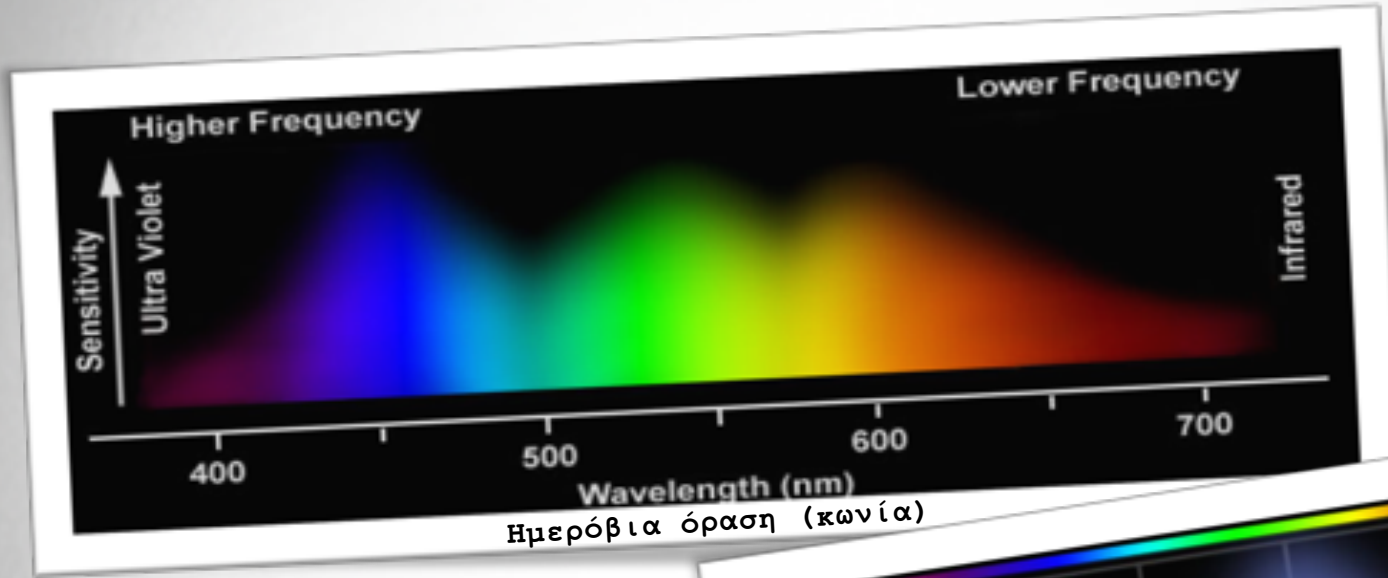
ευαισθησία αντίθεσης.-



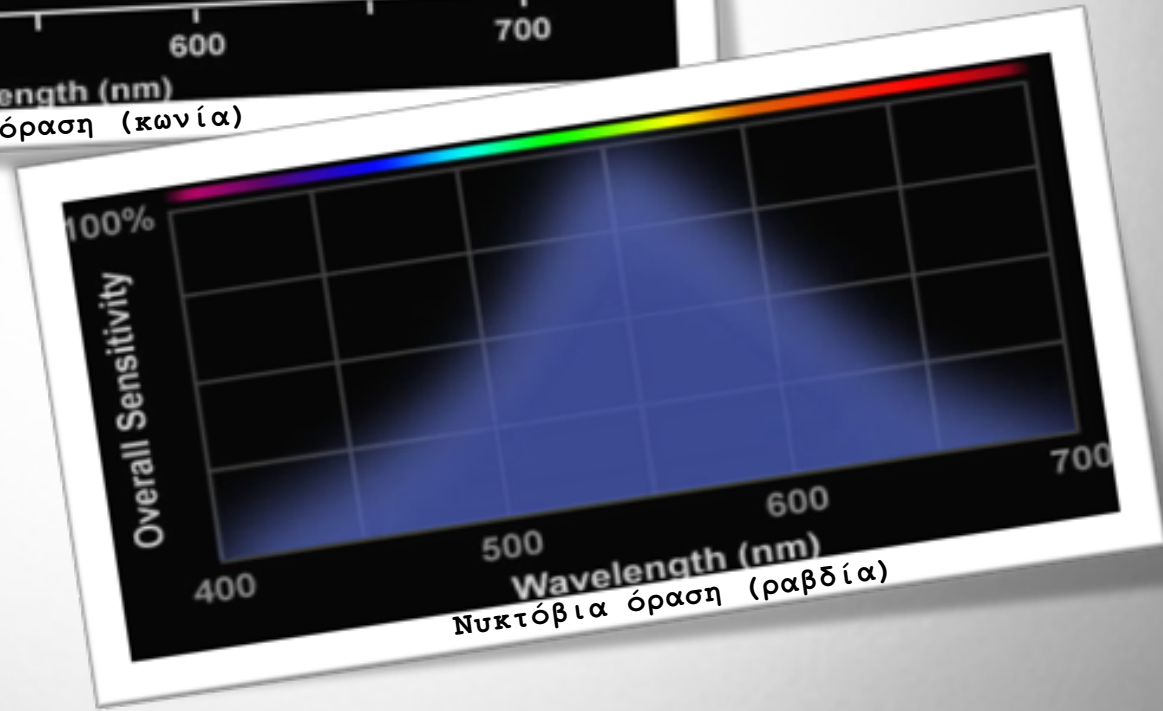
χωρική συχνότητα c/deg



ευαισθησία χρώματος . -



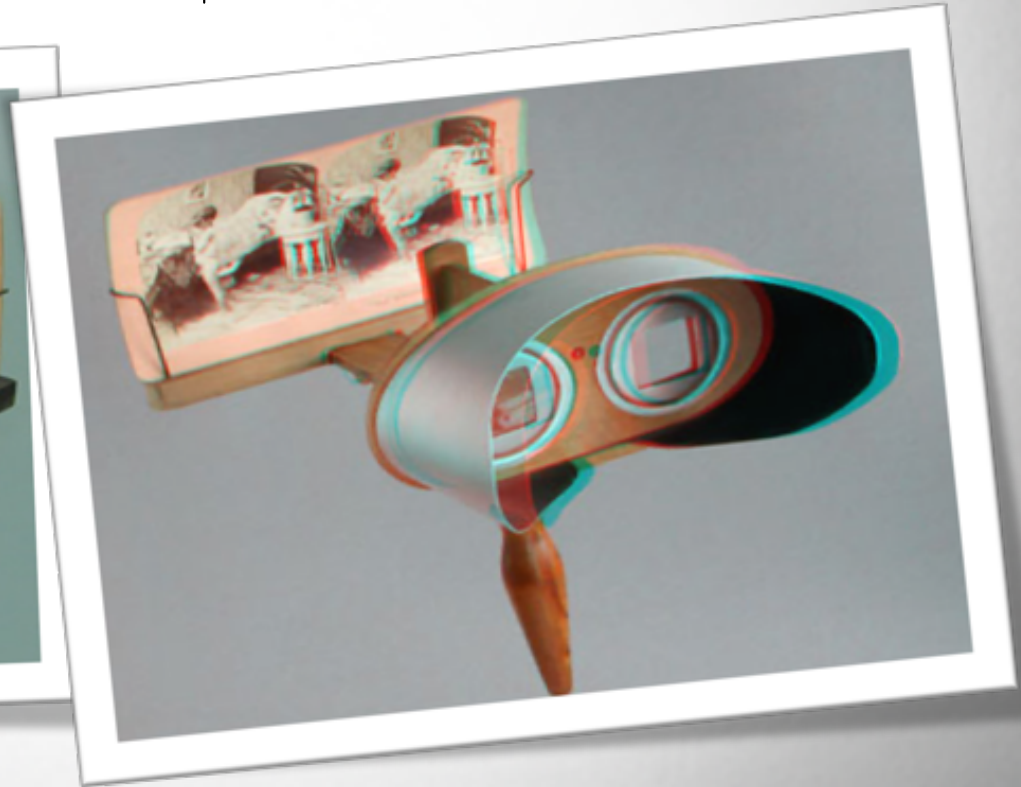
Ημερόβια όραση (κωνία)



Νυκτόβια όραση (ραβδία)

αντίληψη του βάθους.-

- Σύζευξη των δύο διαφορετικών προβολών στα δύο μάτια
 - Wheatstone (1838) → Στερεοσκόπιο → Viewmaster



αντίληψη περιεχομένου. –

- **Πλάτων** «ο μύθος του σπηλαίου», 7ο κεφάλαιο της «Πολιτείας» του Πλάτωνα (380 π.Χ.)
 - Μια αναλογία της ανθρώπινης αντίληψης
 - Η αντίληψη του κόσμου γύρω μας αποτελείται από **ανακλάσεις του εξωτερικού κόσμου μέσα μας**
 - Η αντίληψη αποτελεί **συνθετική διαδικασία** στον εγκέφαλο βάσει των αισθητηριακών πληροφοριών



Ραφαέλ (1508-11): Ο Πλάτωνας και ο Αριστοτέλης συνομιλούν στην αγορά της Αθήνας

ψυχοοπτική και περιορισμοί της όρασης.-

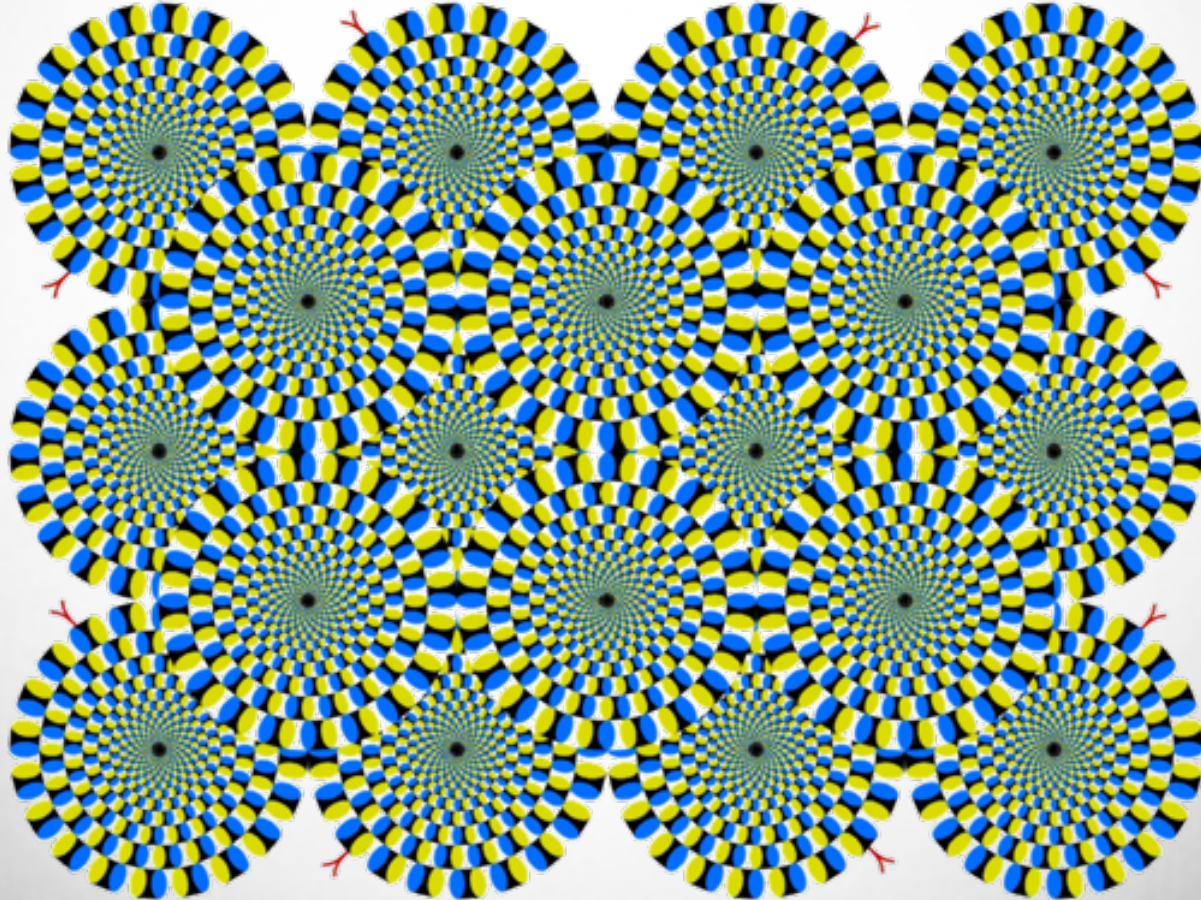
- Οπτική αντίληψη και λογική
 - ΠΕΙΡΑΜΑ: Πείτε το χρώμα της λέξης και όχι τη λέξη.



- Το δεξί ημισφαίριο του εγκεφάλου προσπαθεί "να πει" το χρώμα ενώ το αριστερό επιμένει "να διαβάσει" τη λέξη

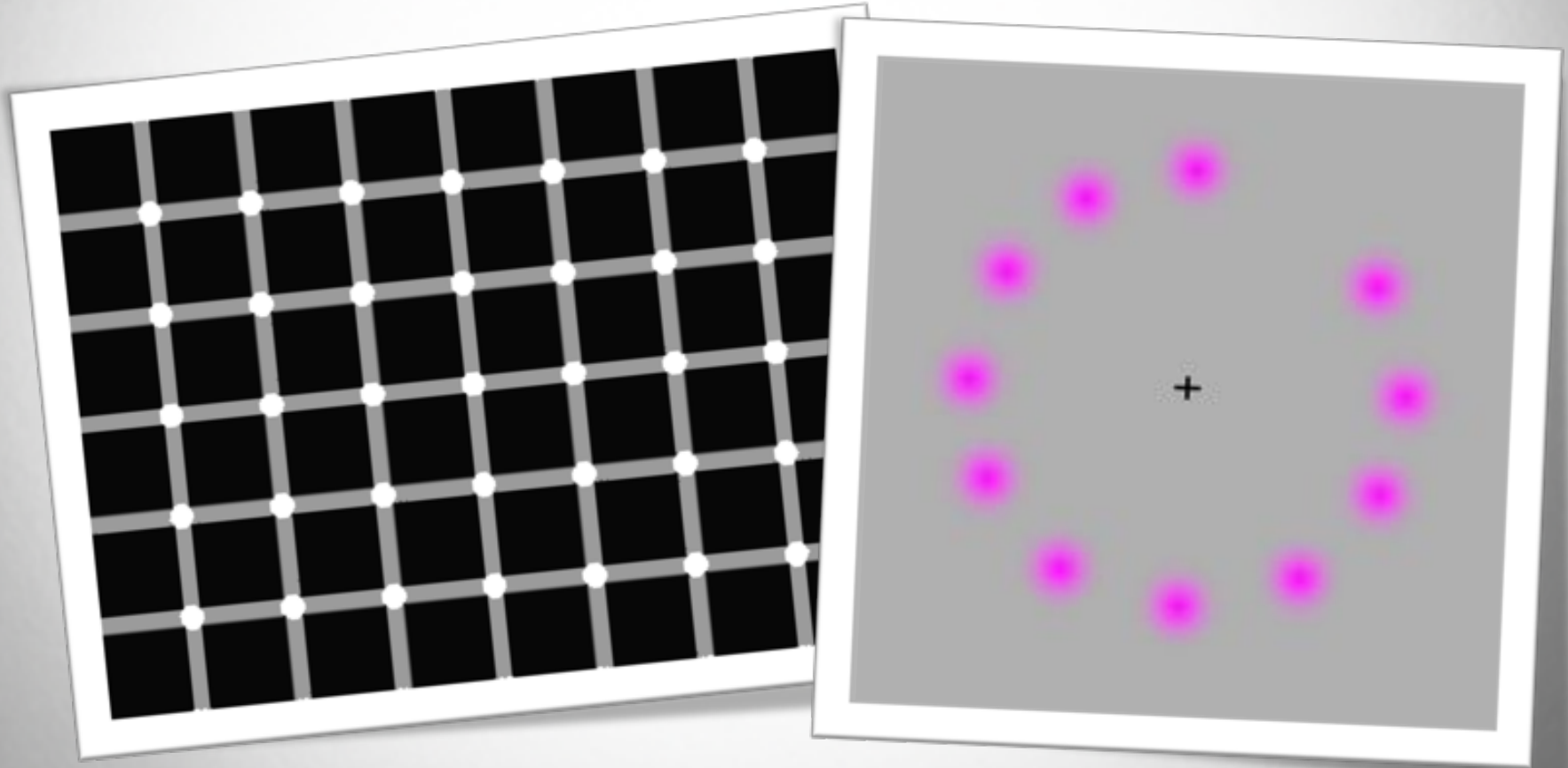
ψυχοοπτική και περιορισμοί της όρασης.-

- Ψευδαίσθηση κίνησης



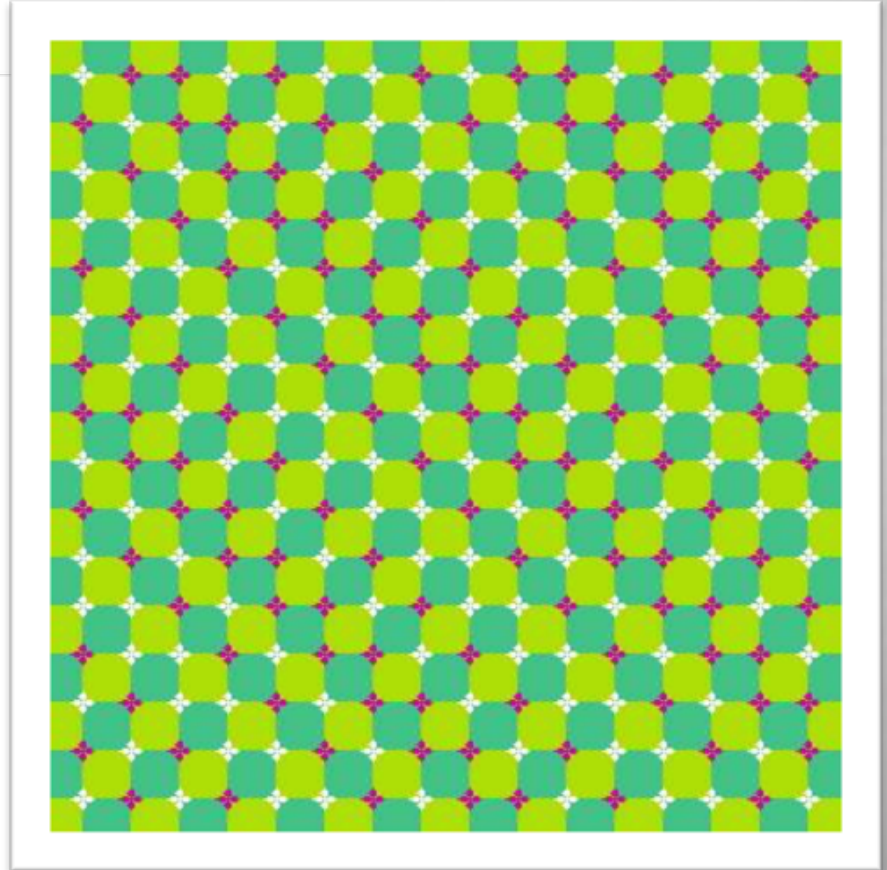
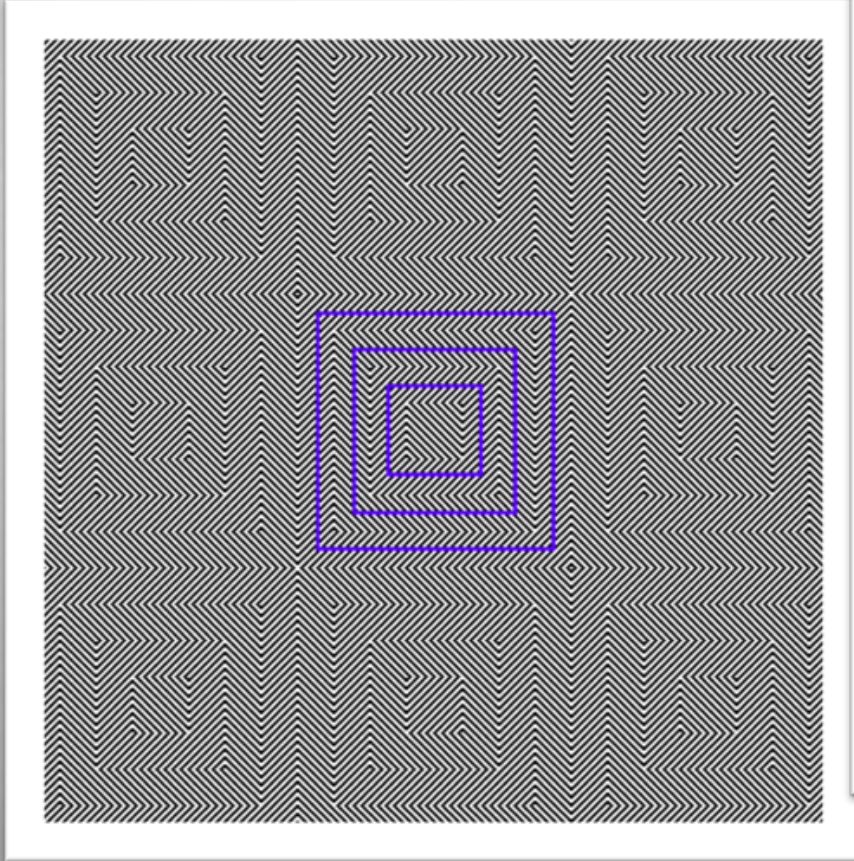
Ψυχοοπτική και περιορισμοί της όρασης.-

- Ψευδαίσθηση χρώματος



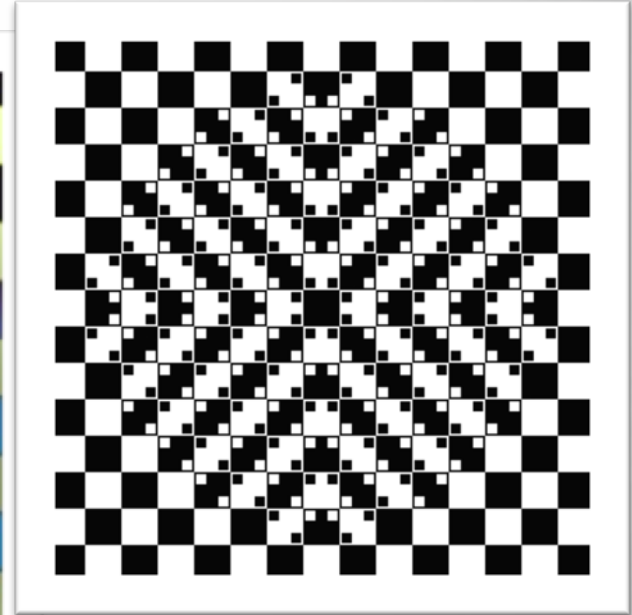
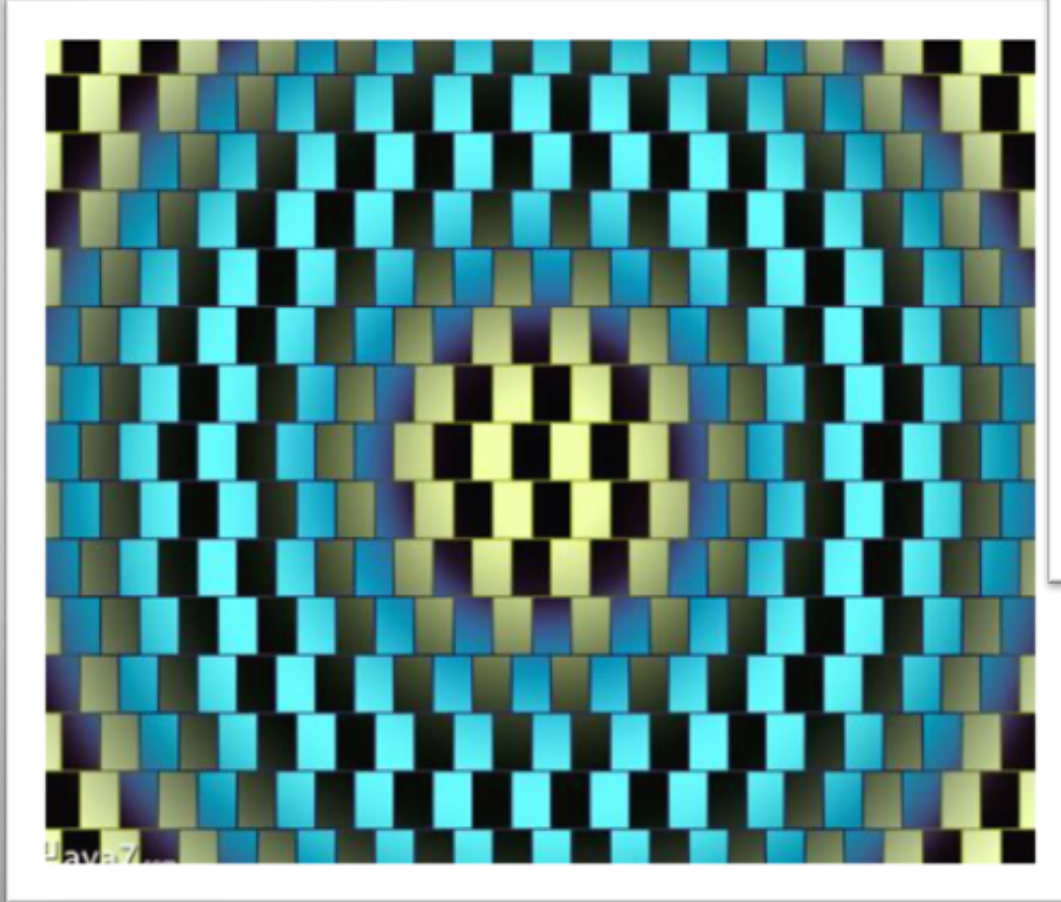
Ψυχοοπτική και περιορισμοί της όρασης.-

- Ψευδείς παραμορφώσεις και κυματισμοί



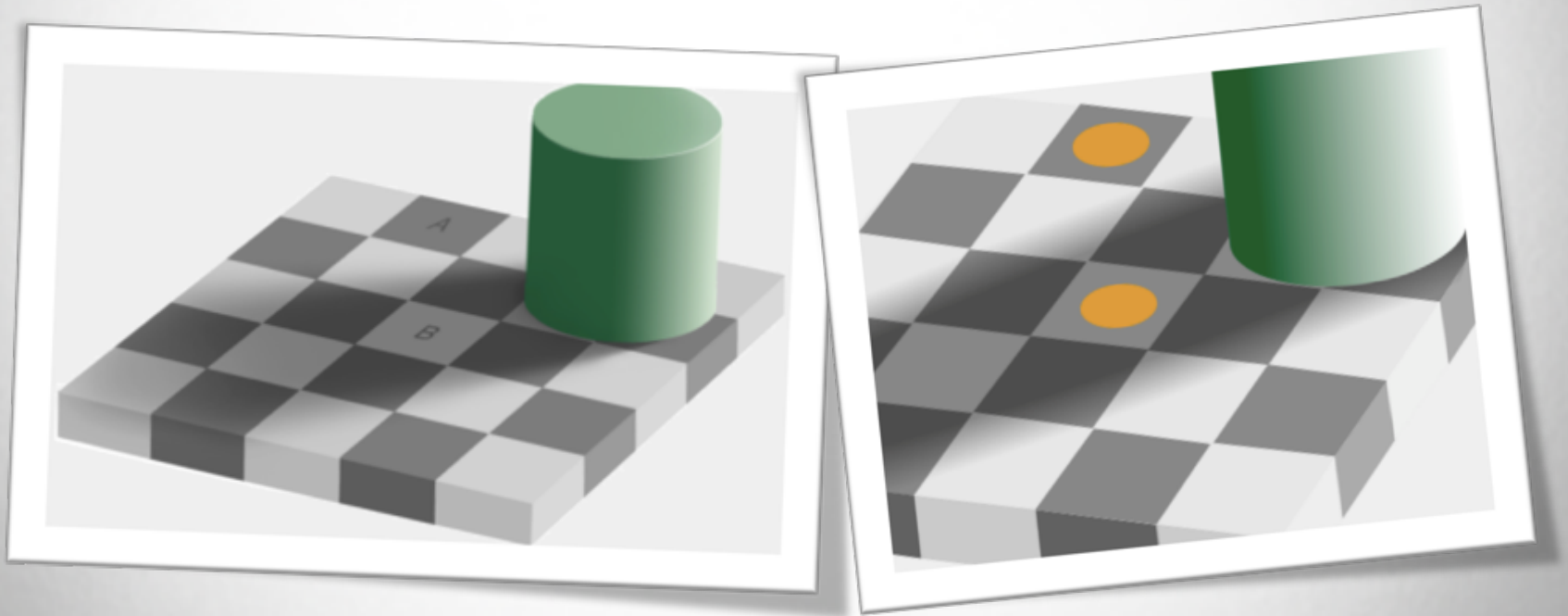
Ψυχοοπτική και περιορισμοί της όρασης.-

- Ψευδείς παραμορφώσεις



Ψυχοοπτική και περιορισμοί της όρασης.-

- Πιστότητα και σταθερότητα χρώματος
 - Σχετική αντίληψη ίδιας φωτεινότητας ή ίδιου χρώματος κάτω από διαφορετικές συνθήκες φωτισμού



- Τα τετράγωνα Α και Β έχουν την ίδια απόχρωση του γκριζου
- Τα πορτοκαλί σημεία είναι ίδιας φωτεινότητας

το χρώμα και η αντίληψή του.-

- MeSH (medical subject heading, National Library of Medicine)
 - **Όραση:** η αίσθηση του φωτός
 - **Οπτική αντίληψη:** επιλογή και οργάνωση οπτικών ερεθισμάτων βάσει πρότερης εμπειρίας
 - **Αντίληψη χρώματος:** οπτική αναγνώριση κάθε ιδιαίτερης απόχρωσης ή έλλειψης αυτής
- **Χρώμα** είναι η υποκειμενική αίσθηση που δημιουργείται όταν Η/Μ ακτινοβολία συγκεκριμένου μήκους κύματος στο ορατό φάσμα προσπίπτει στα μάτια μας

το χρώμα και η αντίληψή του.-

- Το χρώμα στο οποίο αναφερόμαστε νοείται μόνο ως αυτό που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος



τεχνολογική απόδοση του χρώματος.-



Φωτεινότητα

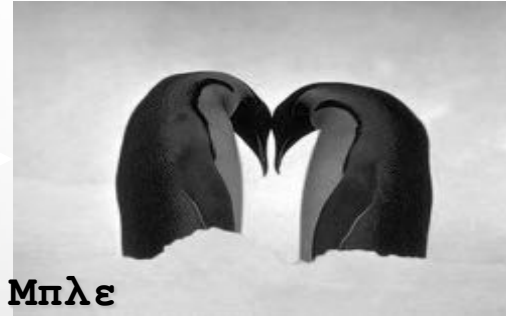
$$L=0.3*R + 0.6*G + 0.1*B$$



Κόκκινο

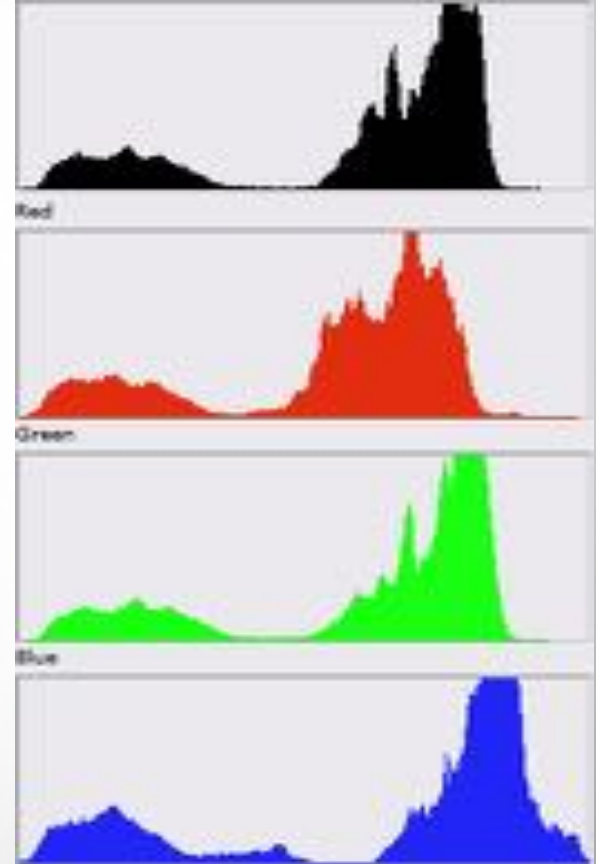


Πράσινο



Μπλε

Ιστογράμματα

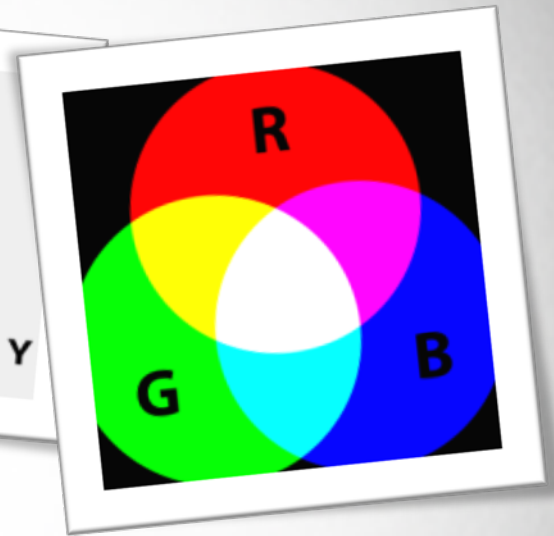
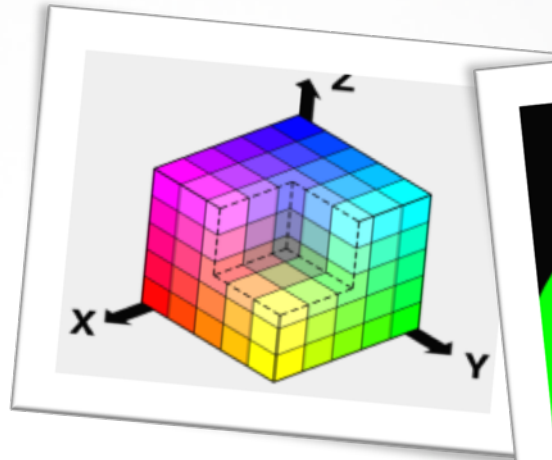


τεχνολογική απόδοση του χρώματος .-

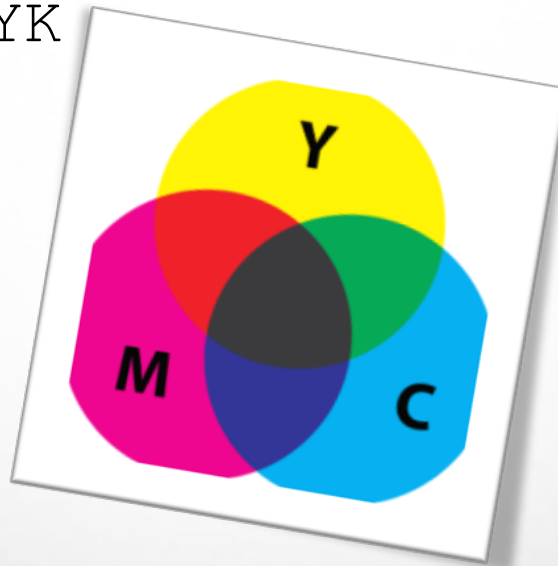


Χρωματικά συστήματα. -

- Προσθετικό RGB
 - Οθόνες προβολής

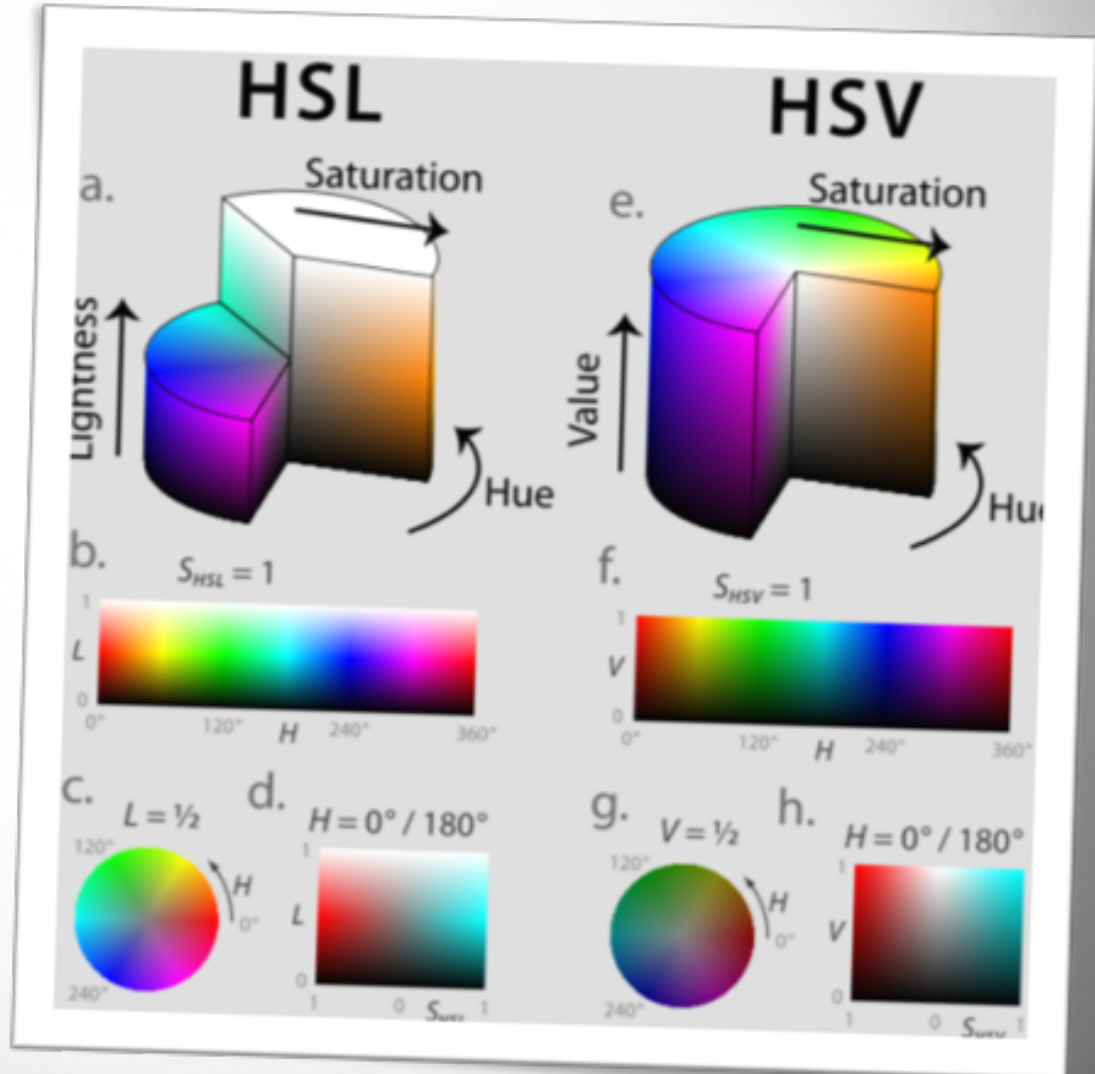


- Αφαιρητικό CMYK
 - Εκτυπώσεις



χρωματικά συστήματα. -

- HSV
 - Hue
 - Saturation
 - Value
- HSL
 - Hue
 - Saturation
 - Luminance



χρωματικά συστήματα. -

- YUV (PAL), YCbCr
- YIQ (NTSC)

$$Y = \left[\frac{R+2G+B}{4} \right]$$

$$U = B - G$$

$$V = R - G$$

$$\begin{pmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ -0,16875 & -0,33126 & 0,5 \\ 0,5 & -0,41869 & -0,08131 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$



R



Y



G



U/Cb



B

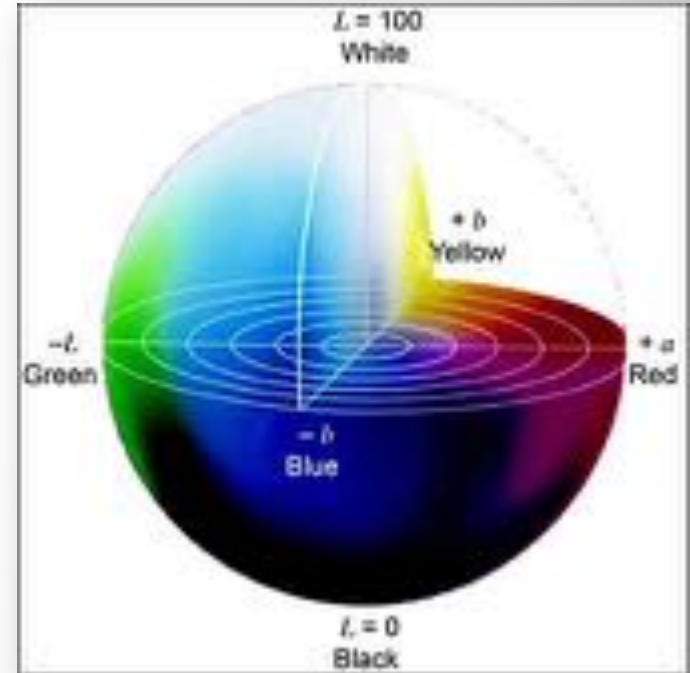


V/Cr



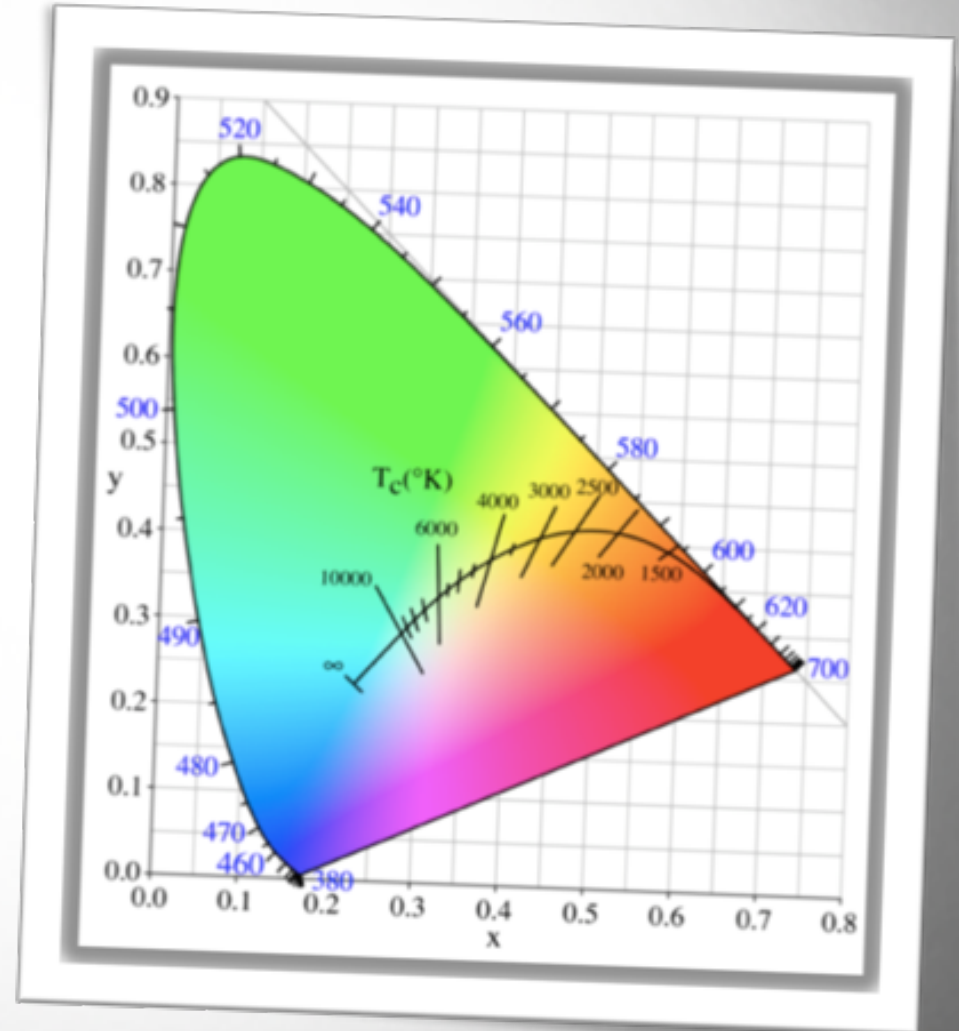
χρωματικά συστήματα. -

- CIE Lab
 - Προσέγγιση αντιληπτικής ικανότητας του ανθρώπου
 - Αντιληπτική ομοιομορφία
 - L: φωτεινότητα
 - a: διαφοροποίηση κόκκινου-πράσινου
 - b: διαφοροποίηση μπλε-κίτρινου



Θερμοκρασία χρώματος.-

- Χαρακτηριστικό του ορατού φωτός
 - σημαντικές **εφαρμογές** στο φωτισμό, φωτογραφία και βιντεοσκόπηση
 - καθορίζεται **μέσω της σύγκρισης** της χρωματικότητας με ιδεατό μέλαν σώμα
 - Εκφράζεται σε **βαθμούς kelvin (K)**
 - υψηλές θερμοκρασίες (>5000K) θεωρούνται «ψυχρά/κρύα» χρώματα
 - χαμηλές θερμοκρασίες (2700-3000K) θεωρούνται «θερμά/ζεστά» χρώματα



Μέρος του εποπτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή της παρούσας διάλεξης προέρχεται από διαδικτυακές πηγές και ενδέχεται να υπόκειται σε περιορισμένα δικαιώματα χρήσης.

Η χρήση του εν λόγω υλικού, στην παρούσα διάλεξη, γίνεται μόνο για λόγους εκπαιδευτικούς.