



Ψηφιακή Φωτογραφία

Εικόνα

Εισαγωγικά - όραση & οπτική
Ψηφιακή εικόνα και γραφικά 2Δ
3Δ εικόνες και γραφικά



Γεώργιος Π. Παυλίδης



Ψηφιακή φωτογραφία



- Περίγραμμα μαθήματος
 - φως και όραση
 - βασικές έννοιες της ψηφιακής τεχνολογίας και της ψηφιακής αποτύπωσης
 - ιστορία της φωτογραφίας
 - φωτογραφικές μηχανές
 - βοηθητικός φωτογραφικός εξοπλισμός
 - βασικές αρχές φωτογράφισης
 - σύνθεση και λήψη
 - εισαγωγή στην ψηφιακή επεξεργασία φωτογραφιών
 - προβολή και εκτύπωση

Περιεχόμενα

- Εισαγωγή
 - Οπτική και όραση
 - Το φως
 - Η όραση
 - Οπτική και ψυχοοπτική
- 2Δ εικόνες και γραφικά
 - Ψηφιοποίηση / Ψηφιακή δημιουργία
 - Χαρακτηριστικά και μεγέθη
 - Υλικό εισόδου/εξόδου
 - Λογισμικό επεξεργασίας
- 3Δ εικόνες και γραφικά
 - Ψηφιοποίηση / Ψηφιακή δημιουργία
 - Χαρακτηριστικά και μεγέθη
 - Υλικό εισόδου/εξόδου
 - Λογισμικό επεξεργασίας

Όραση-Αντίληψη

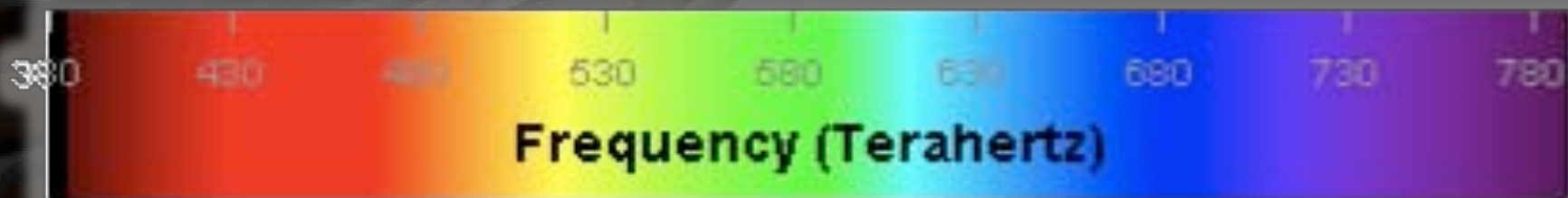
- Πλάτων: «ο μύθος του σπηλαίου», 7ο κεφάλαιο της «Πολιτείας» του Πλάτωνα (380 π.Χ.)
 - Μια αναλογία της ανθρώπινης αντίληψης
 - Η αντίληψη του κόσμου γύρω μας αποτελείται από **ανακλάσεις του εξωτερικού κόσμου μέσα μας**
 - Η αντίληψη αποτελεί **συνθετική διαδικασία στον εγκέφαλο** βάσει των **αισθητηριακών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



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

Το φως

- Newton: το φως είναι μια συνεχής **ροή σωματιδίων** τα οποία ταξιδεύουν σε ευθεία γραμμή. Κάθε σωματίδιο καλείται **κβάντο** και κάθε **κβάντο φωτός** είναι ένα **φωτόνιο**
- Το **ορατό φάσμα** εκτείνεται, στην κλίμακα μηκών κύματος, **από τα 380 nm (βιολετί) έως τα 760 nm (κόκκινο)**
 - Τα **χρώματα** είναι μία **κωδικοποίηση του ανθρώπινου** νευρικού συστήματος για να διακρίνει τα μήκη κύματος του φωτός που προσπίπτουν στο αισθητήριο όργανο της όρασης

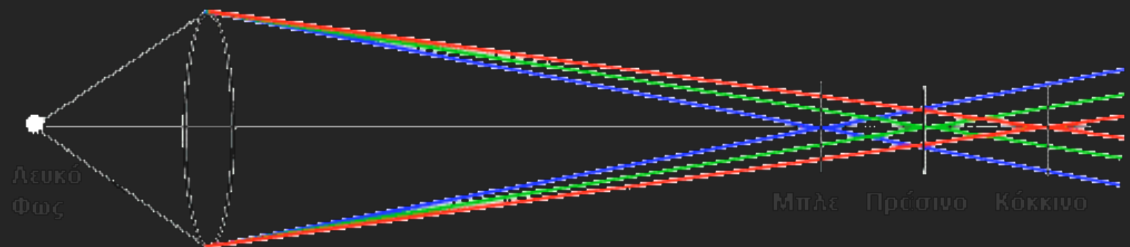


Το φως

- **Διάθλαση** εμφανίζεται όταν φως εισέρχεται σε διαφορετικό μέσο προκαλώντας **μεταβολή στην ταχύτητά του**, η οποία εκφράζεται με **κάμψη της διεύθυνσης του φωτός**
- Τα μικρά μήκη κύματος φωτός (βιολετί) διαθλώνται περισσότερο
 - ο λόγος εμφάνισης του «φάσματος φωτός» όταν λευκό φως περνάει μέσα από **πρίσμα**



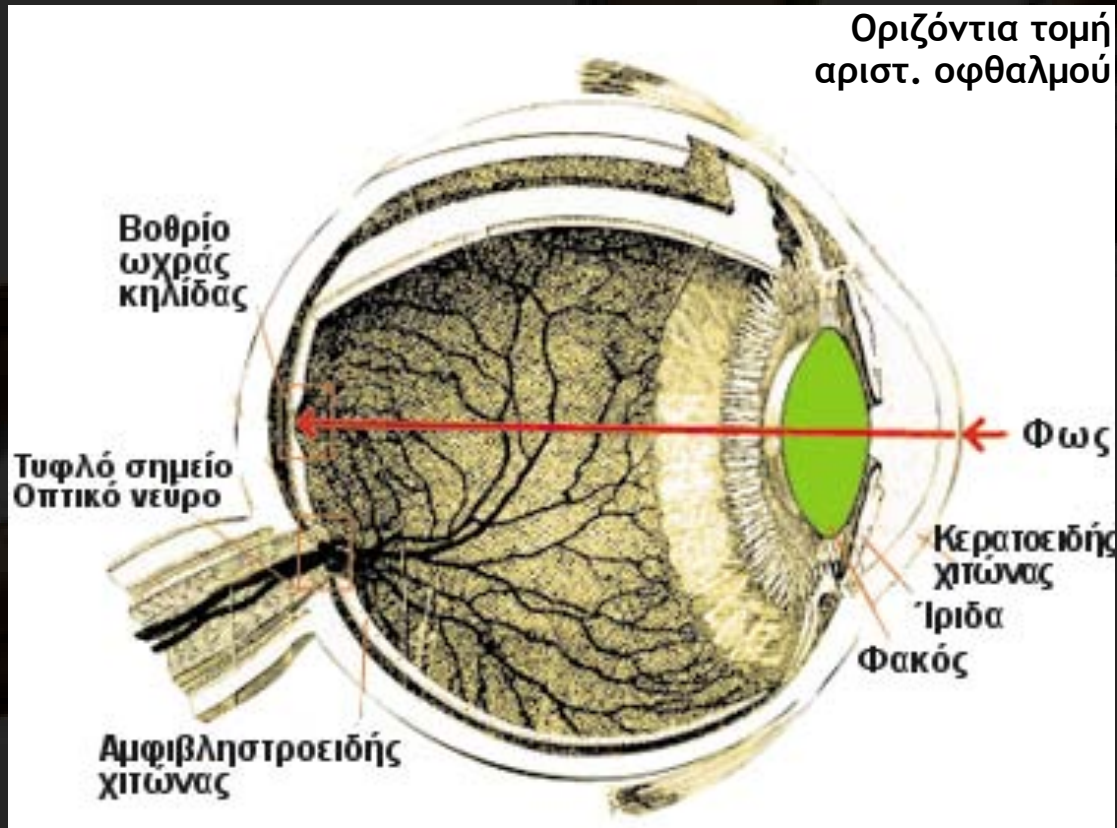
- **χρωματική απόκλιση**
 - ανικανότητα ενός φακού να εστιάσει σωστά διαφορετικά χρώματα στο ίδιο σημείο
 - το μπλε χρώμα να έχει μικρότερη εστιακή απόσταση από το κόκκινο



Το φως και η ανθρώπινη όραση

- **Κέπλερ 1604**: θεωρία διάθλασης μέσω σφαιρικών φακών
 - **Εφαρμογή της θεωρίας στα μάτια**
 - Μηχανισμός εστίασης στον αμφιβληστροειδή χιτώνα
 - Ο αμφιβληστροειδής
 - δεν είναι φιλμ (σύνολο παθητικών αισθητηρίων)
 - αποτελείται από πεπερασμένο πλήθος αισθητηρίων

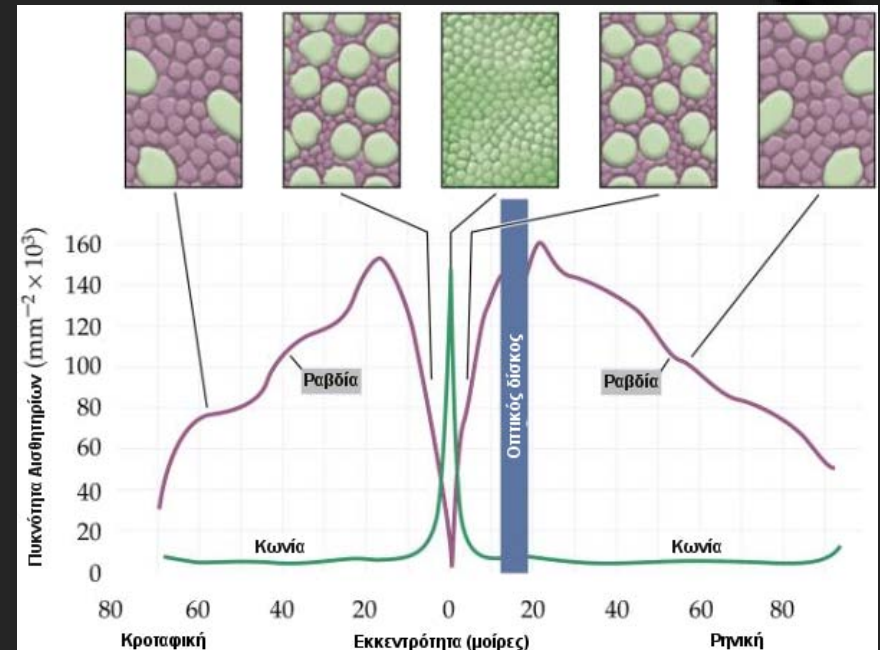
Το αισθητήριο του φωτός



Ο αμφιβληστροειδής και η
συγκέντρωση σε κωνία και ραβδία

Χαρακτηριστικά του φακού:

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



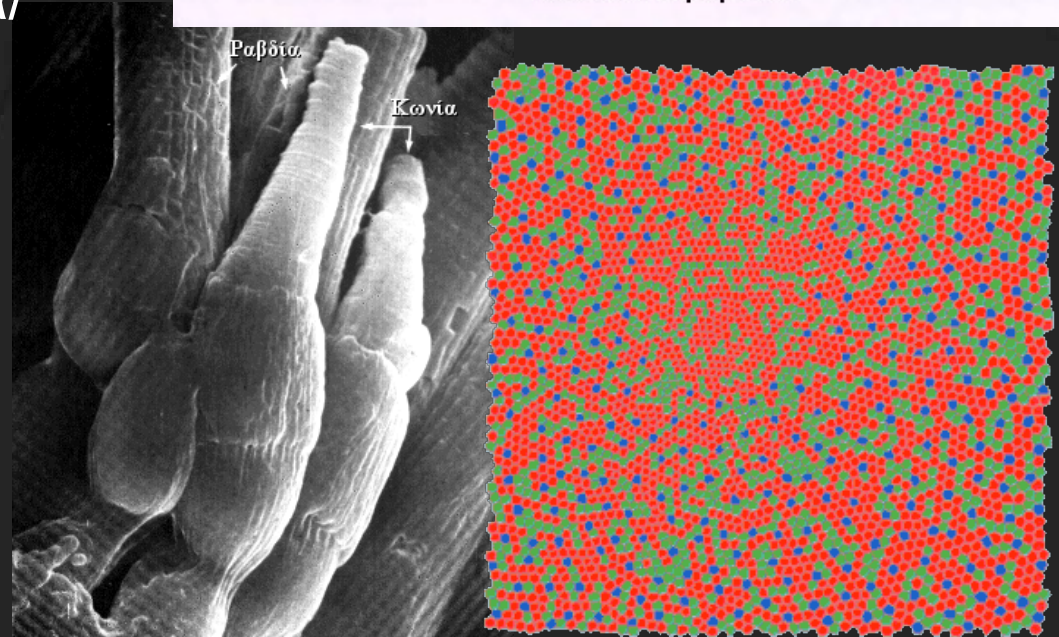
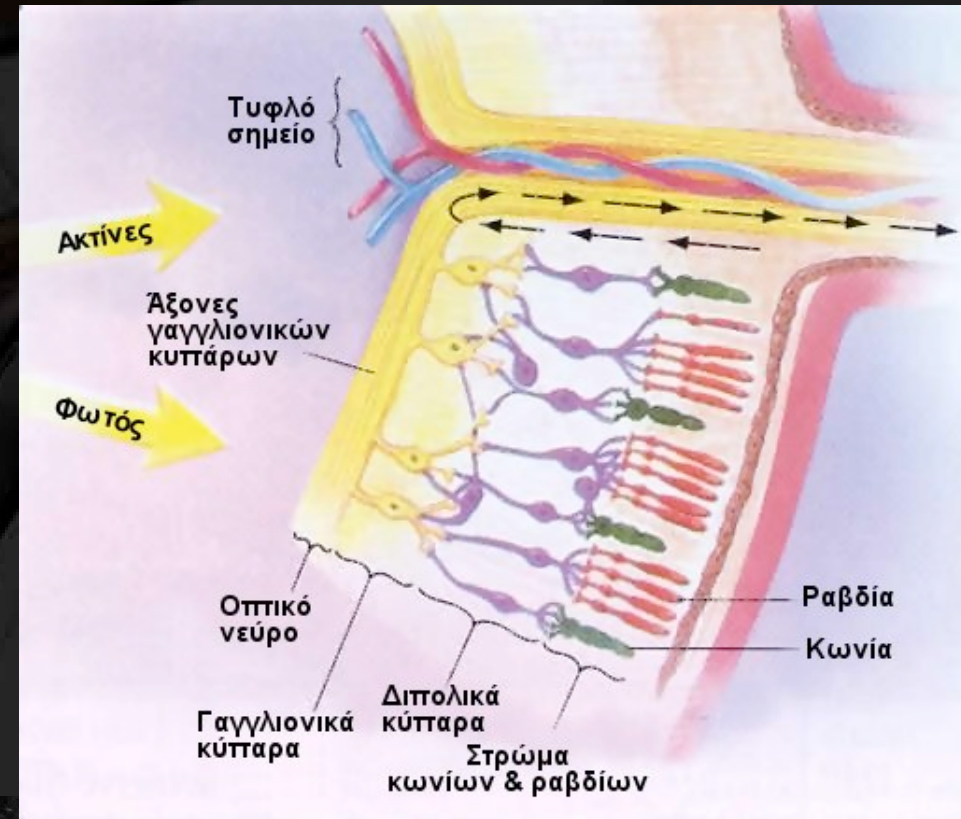
Ο αμφιβληστροειδής

■ 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/ mm^2
- **Ημερόβια** όραση

■ Ραβδία

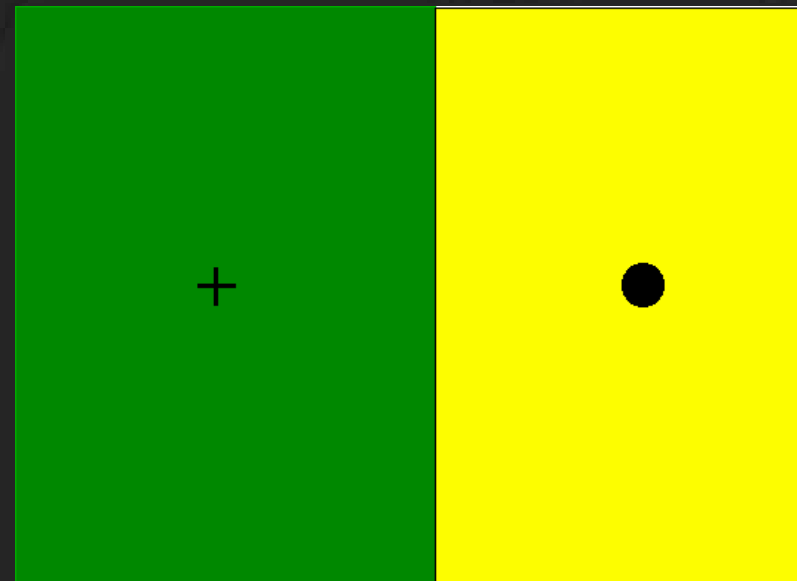
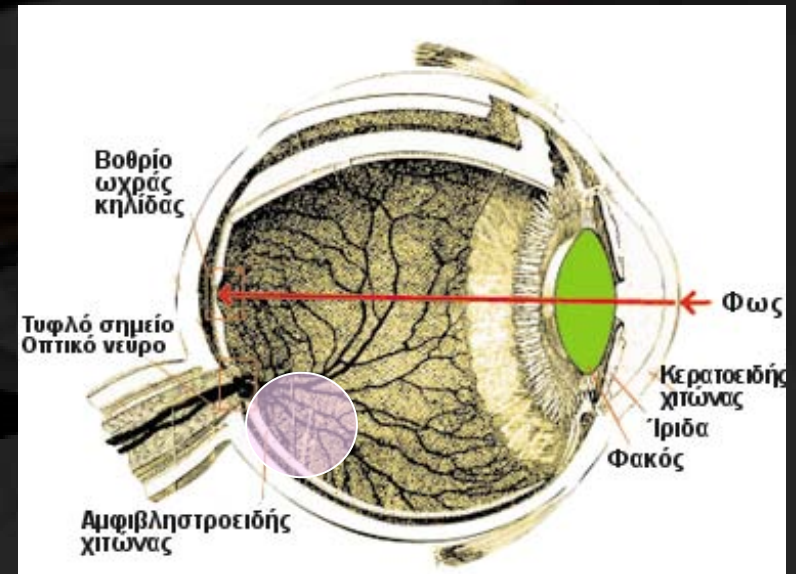
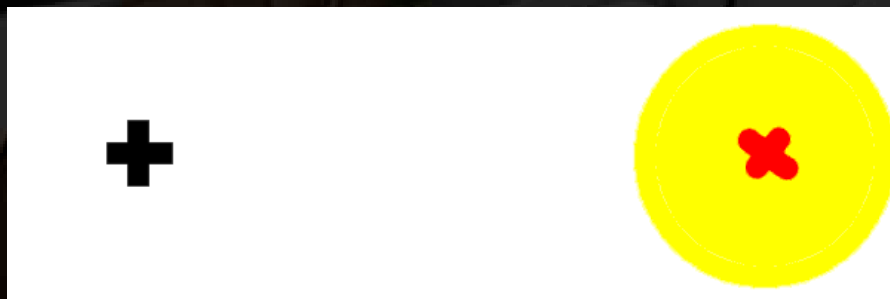
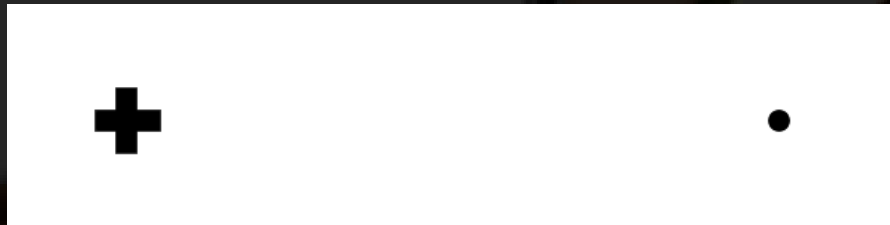
- Σχήμα κυλινδρικό
- **Νυκτόβια** όραση



Ο αμφιβληστροειδής

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



<http://serendip.brynmawr.edu/bb/blindspot/>

Ο σχηματισμός της εικόνας

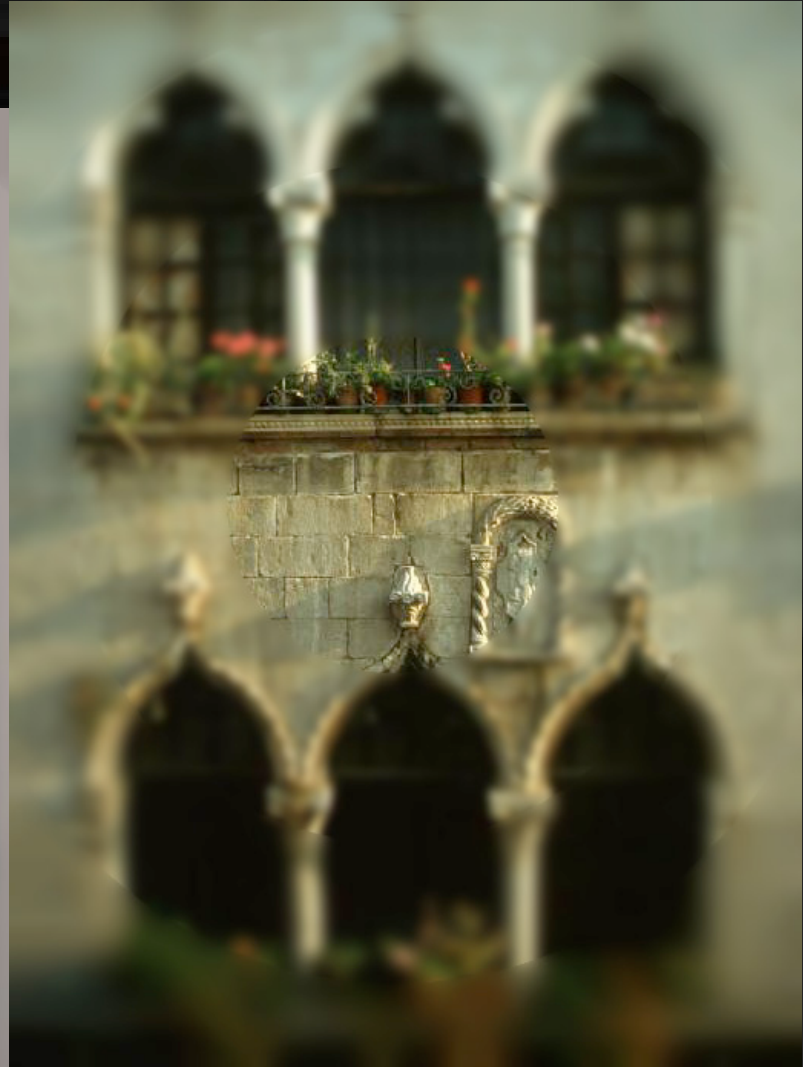


Φιλοσοφία: Πώς γίνεται αντιληπτό ότι τα αντικείμενα είναι εκτός του σώματός μας όταν η εικόνα δημιουργείται εσωτερικά;

«Τεχνικά χαρακτηριστικά» του ματιού

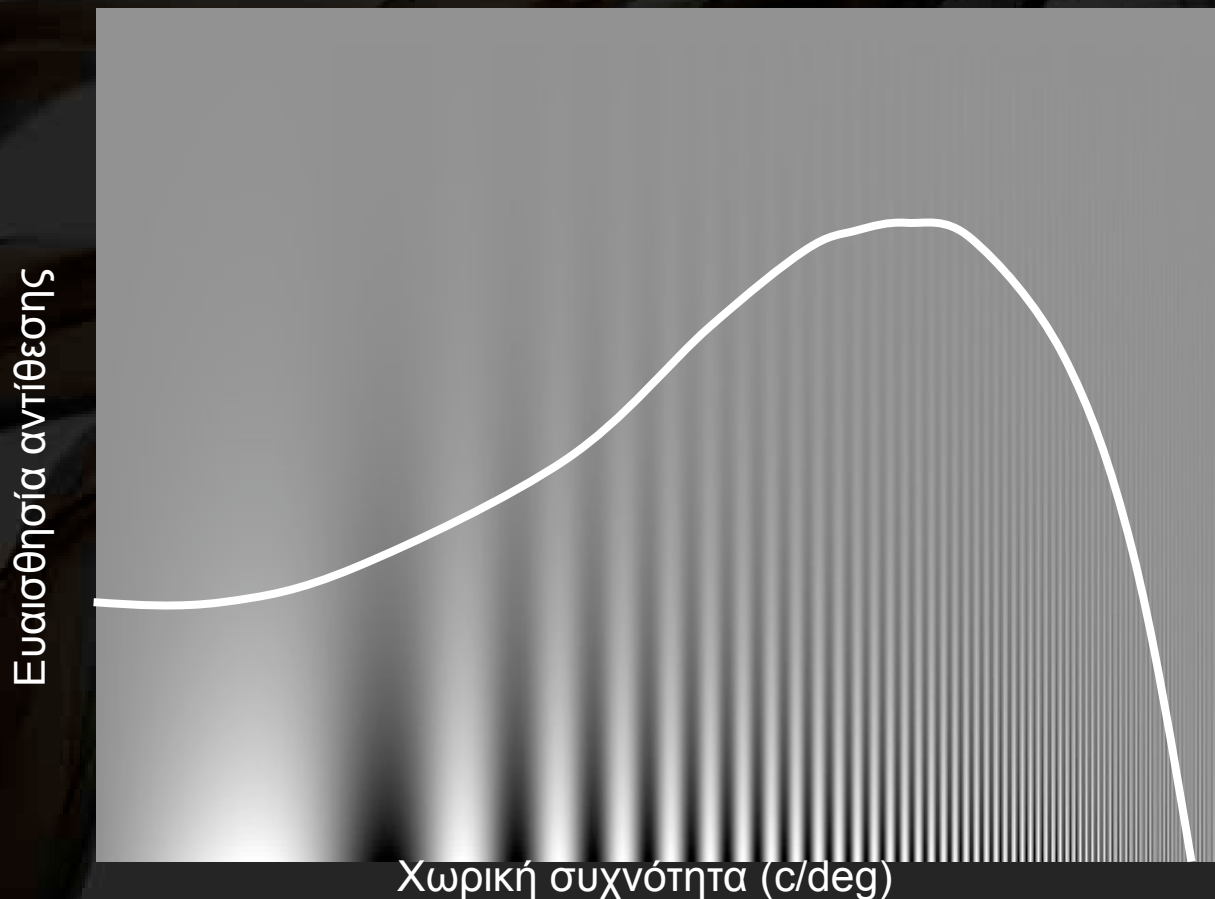
- **Εκτίμηση της ανάλυσης** του ματιού
 - Μέγιστη ανάλυση σε καλές συνθήκες φωτισμού
 - 1.25 γραμμές ανά λεπτό μοίρας (1/60 της μοίρας)
 - Υποθέτοντας 1 pixel ανά γραμμή και ένα τετράγωνο πεδίο 120 μοιρών:
 - $120 \times 60 \times 1.25 = 9000$ pixels σε κάθε διάσταση (x,y)
 - Συνεπώς, η ανάλυση εκτιμάται στα **81 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 βασικά χρώματα
 - → $2^{24} = 16.7$ εκατομμύρια χρώματα

«Τεχνικά χαρακτηριστικά» του ματιού



«Τεχνικά χαρακτηριστικά» του ματιού

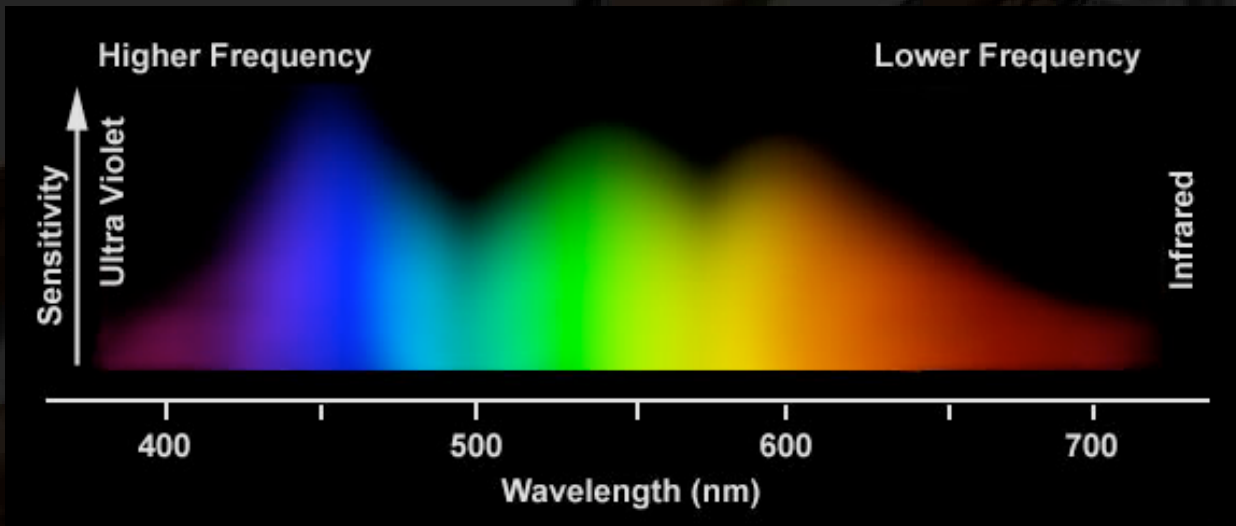
- **Ευαισθησία αντίθεσης** (contrast sensitivity)
 - Καθορίζει τη μικρότερη αντίθεση που μπορεί να γίνει αντιληπτή



9%	100%
8%	90%
7%	80%
6%	70%
5%	60%
4%	50%
3%	40%
2%	30%
1%	20%

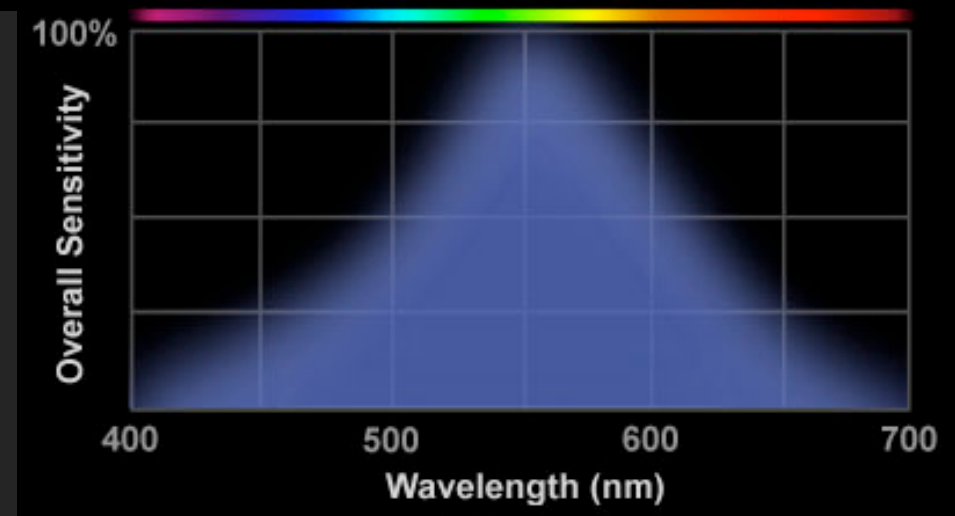
«Τεχνικά χαρακτηριστικά» του ματιού

- Ευαισθησία χρώματος (color sensitivity)



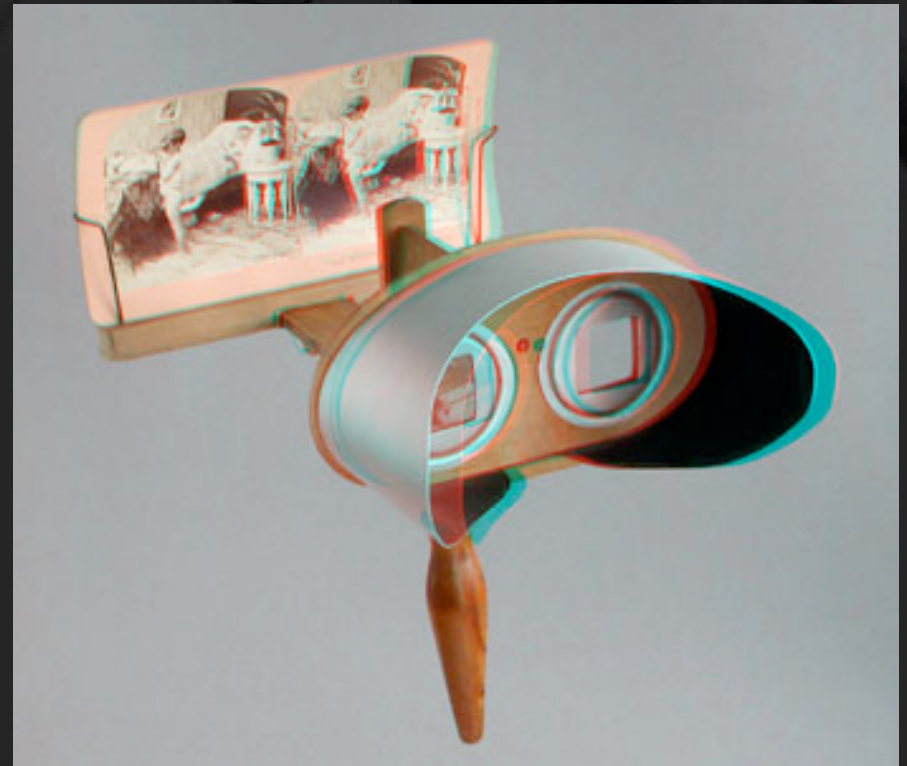
← Ημερόβια όραση (κωνία)

Νυκτόβια όραση (ραβδία) →



«Τεχνικά χαρακτηριστικά» του ματιού

- Αντίληψη του βάθους προκύπτει από τη σύζευξη δύο διαφορετικών προβολών στα δύο μάτια
 - Wheatstone [1838] → Στερεοσκόπιο → Viewmaster



Ψυχοοπτική

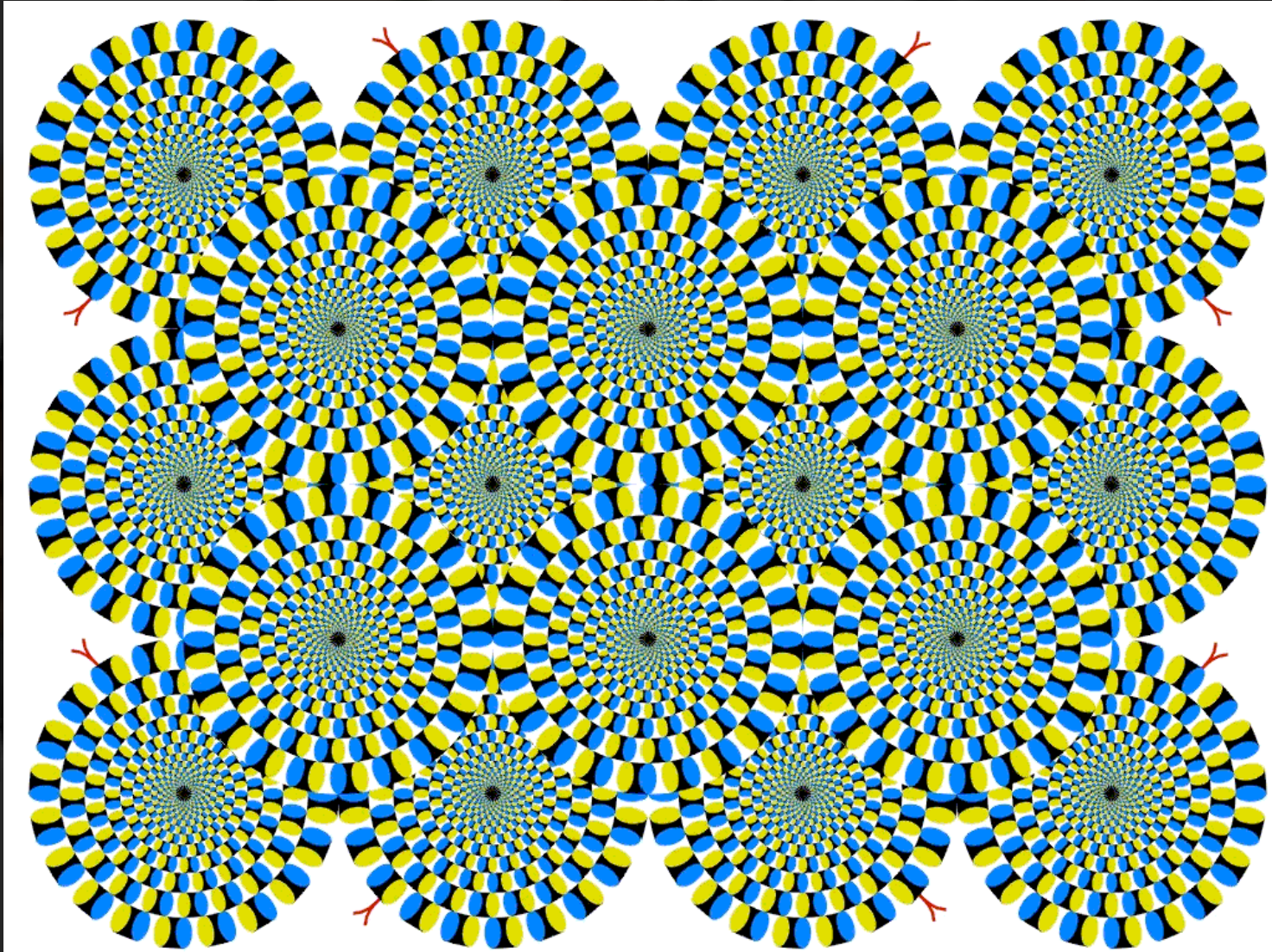
- Οπτική αντίληψη και λογική
 - ΠΕΙΡΑΜΑ: Πείτε το *χρώμα της λέξης* και όχι τη λέξη.

ΚΙΤΡΙΝΟ ΜΠΛΕ ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ
ΜΑΥΡΟ ΚΟΚΚΙΝΟ ΠΡΑΣΙΝΟ
ΒΙΟΛΕΤΙ ΚΙΤΡΙΝΟ ΚΟΚΚΙΝΟ
ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ ΠΡΑΣΙΝΟ ΜΑΥΡΟ
ΜΠΛΕ ΚΟΚΚΙΝΟ ΒΙΟΛΕΤΙ
ΠΡΑΣΙΝΟ ΜΠΛΕ ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ

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

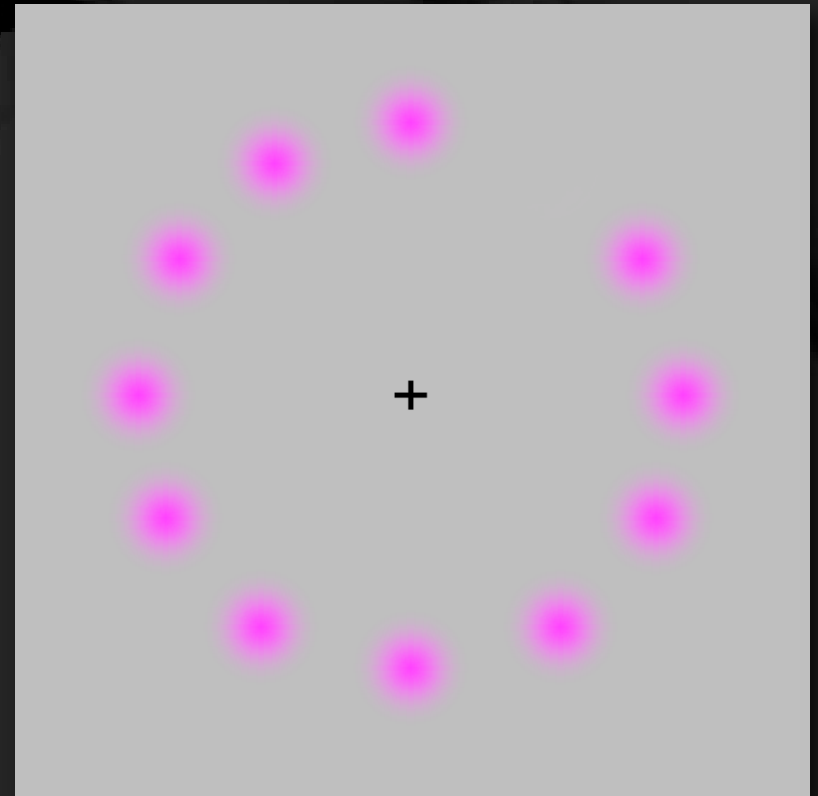
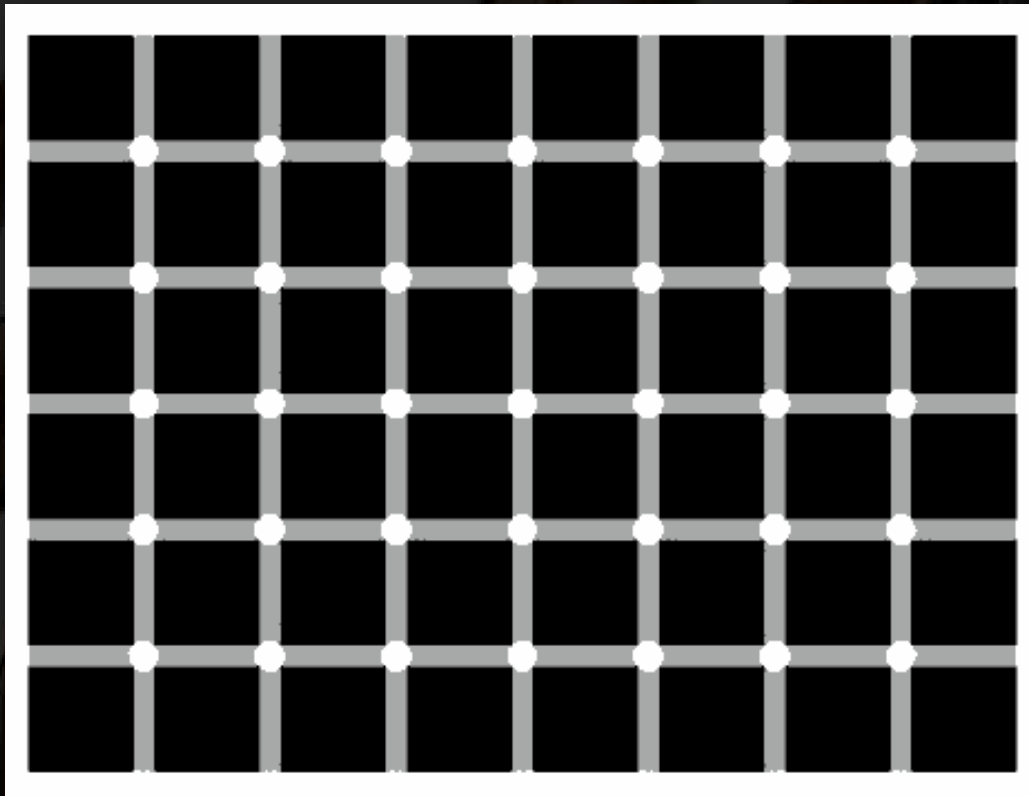
ΨΥΧΟΟΠΤΙΚΗ

- Ψευδαίσθηση κίνησης



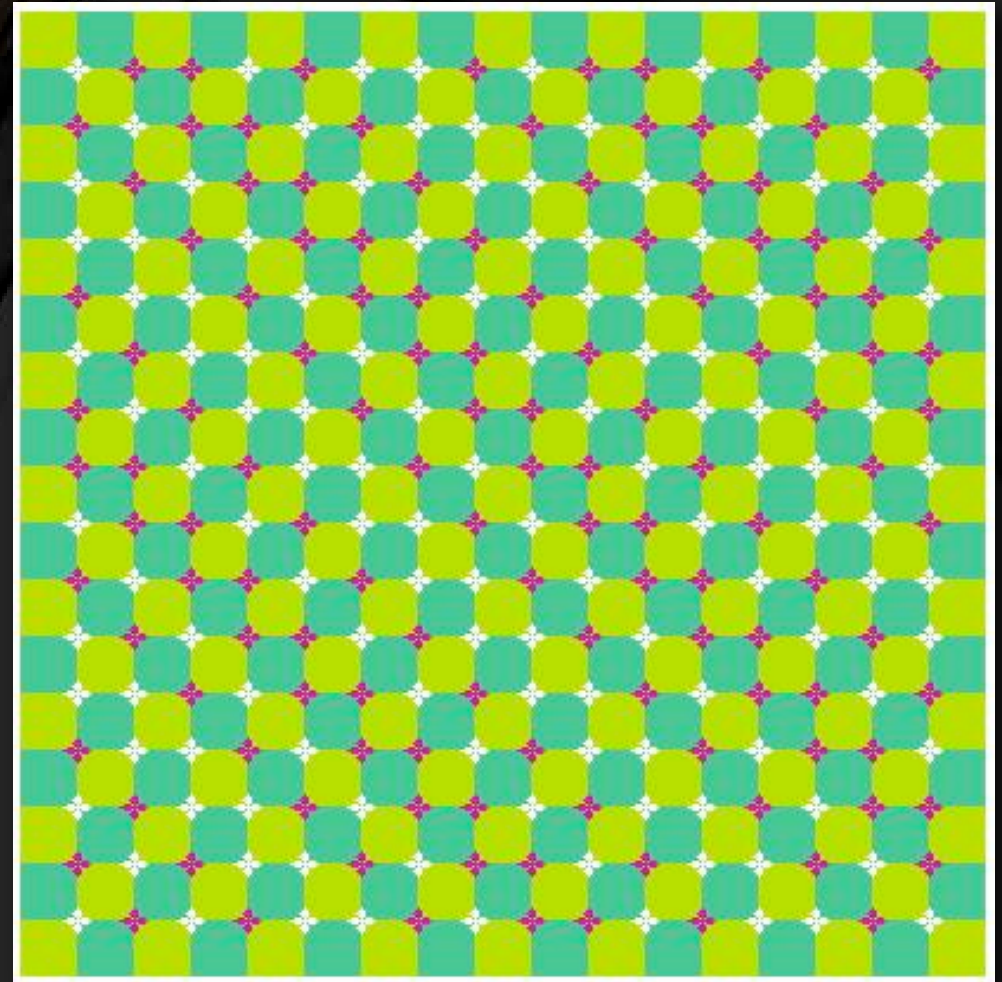
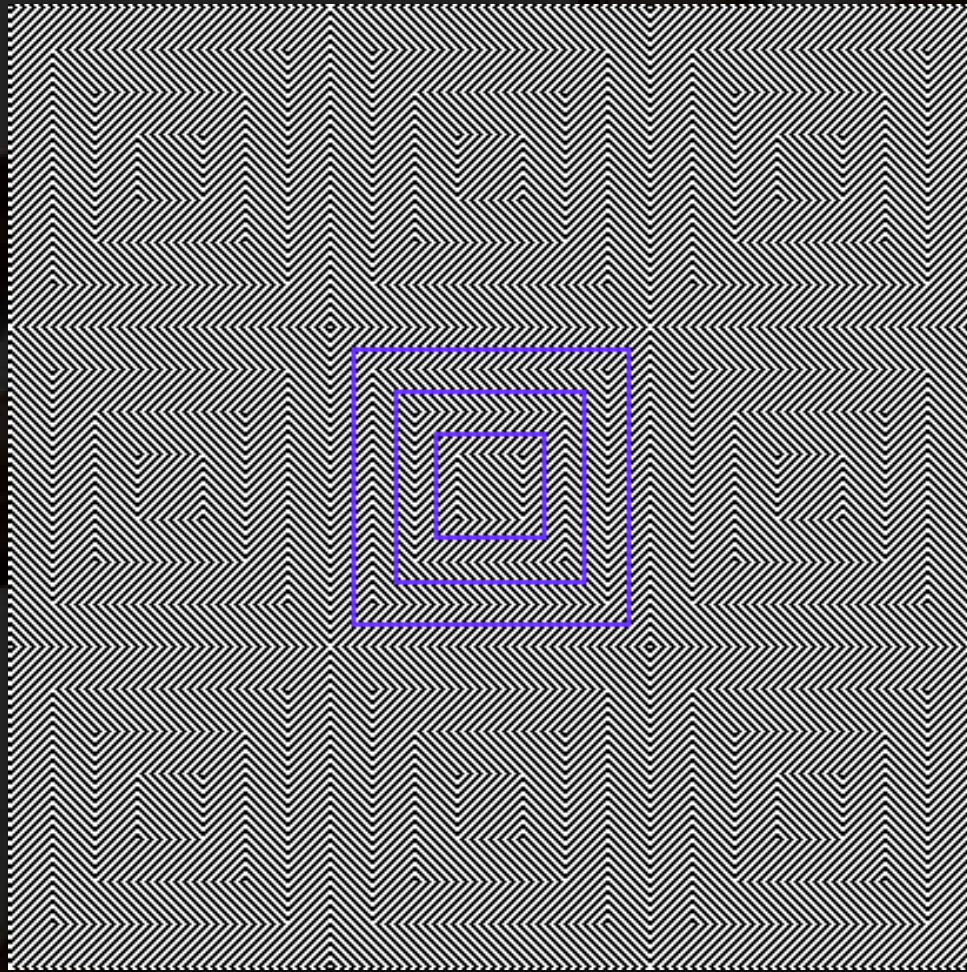
ΨΥΧΟΟΠΤΙΚΗ

- Ψευδαίσθηση κίνησης και εμφάνισης χρώματος



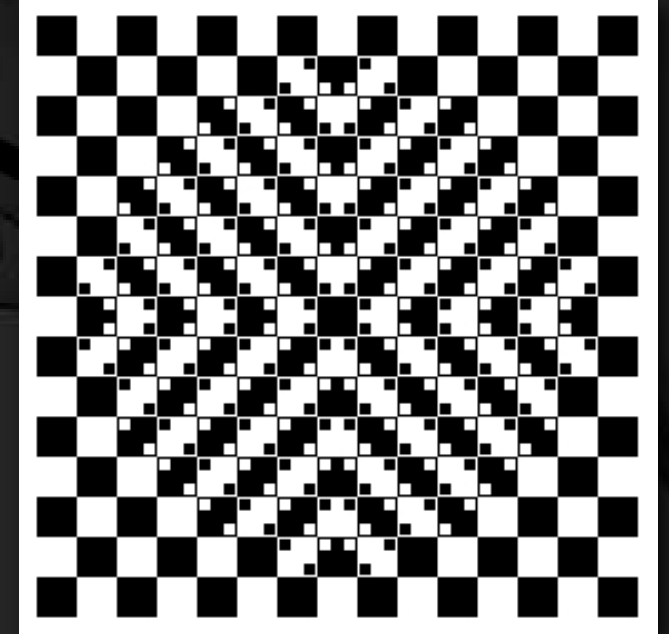
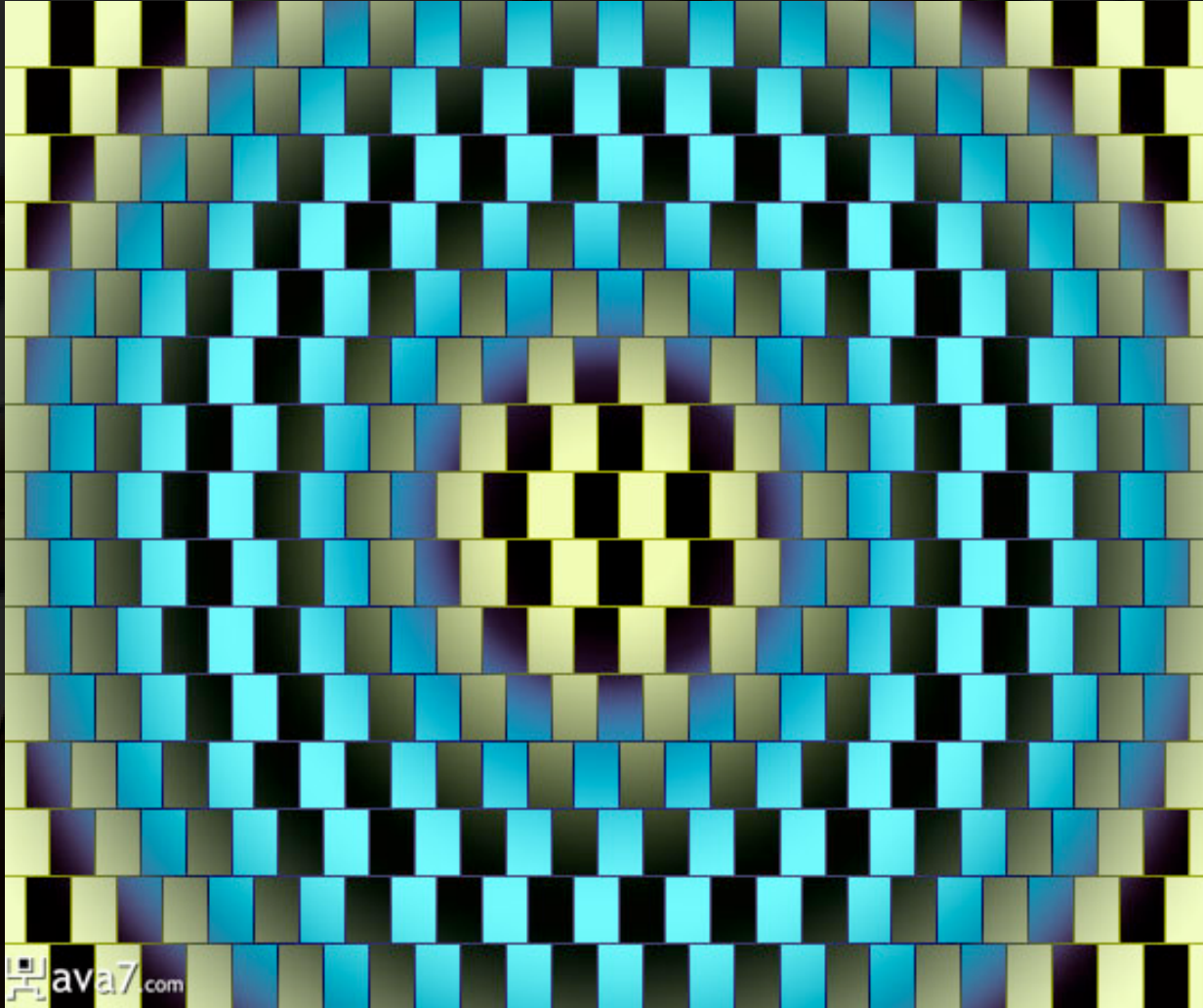
ΨΥΧΟΟΠΤΙΚΗ

- Ψευδείς παραμορφώσεις και κυματισμοί



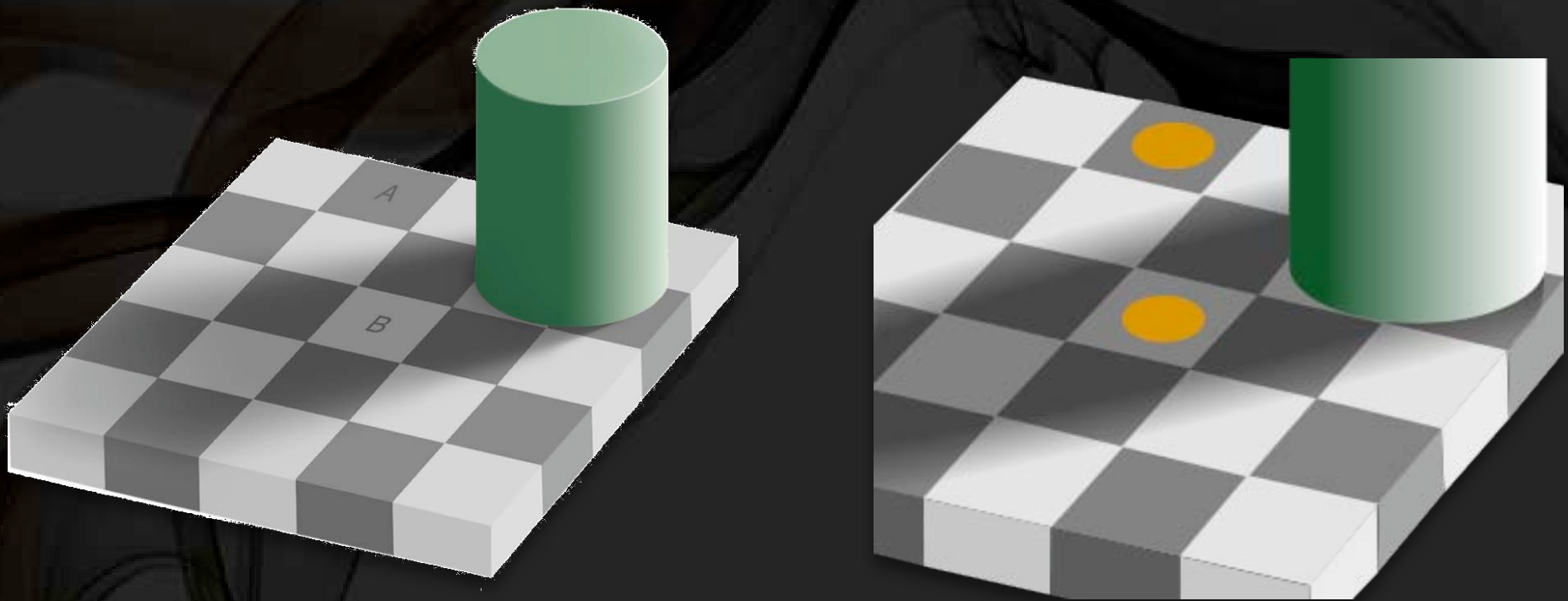
ΨΥΧΟΟΠΤΙΚΗ

- Ψευδείς παραμορφώσεις



Ψυχοοπτική

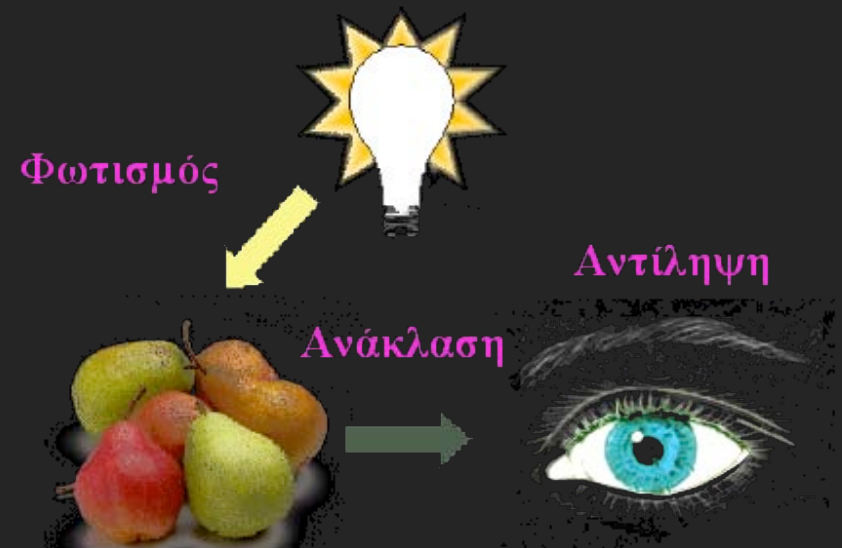
- Πιστότητα και σταθερότητα χρώματος
 - Σχετική αντίληψη ίδιας φωτεινότητας ή ίδιου χρώματος κάτω από διαφορετικές συνθήκες φωτισμού



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

Το χρώμα και η αντίληψή του

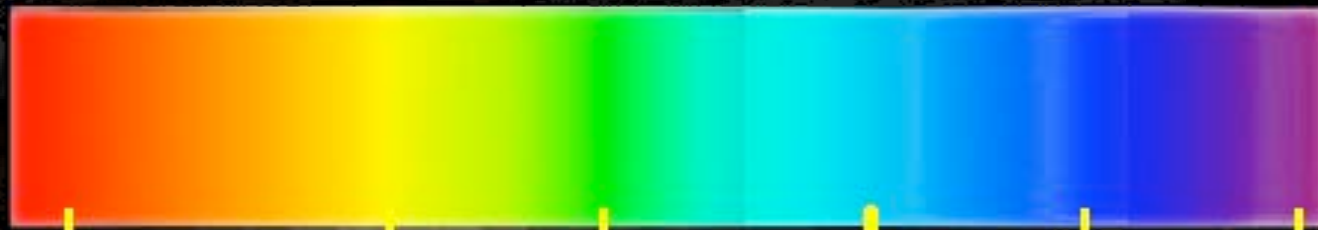
- MeSH (medical subject heading, National Library of Medicine)
 - **Όραση**: η αίσθηση του φωτός
 - **Οπτική αντίληψη**: επιλογή και οργάνωση οπτικών ερεθισμάτων βάσει πρότερης εμπειρίας
 - **Αντίληψη χρώματος**: οπτική αναγνώριση κάθε ιδιαίτερης απόχρωσης ή έλλειψης αυτής
- **Χρώμα** είναι η υποκειμενική 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*

Χρωματική γκάμα ανθρώπινης όρασης



Χρωματική γκάμα όρασης σκύλου



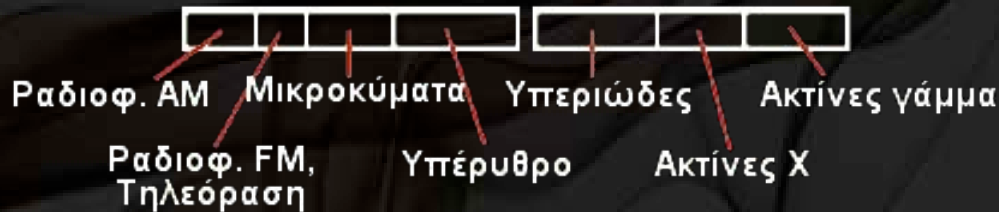
Το χρώμα και η αντίληψή του

700 nm

400 nm

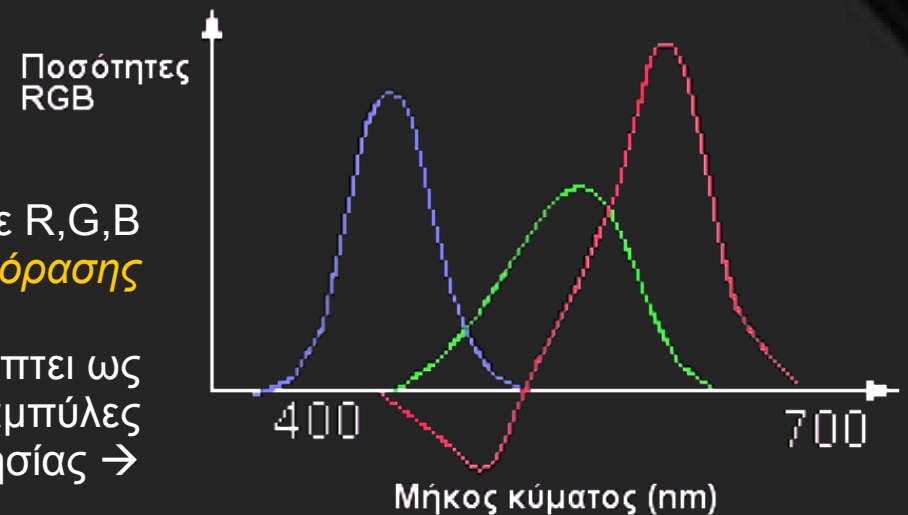


Το ορατό φάσμα στην κλίμακα των γνωστών και ταξινομημένων φασμάτων



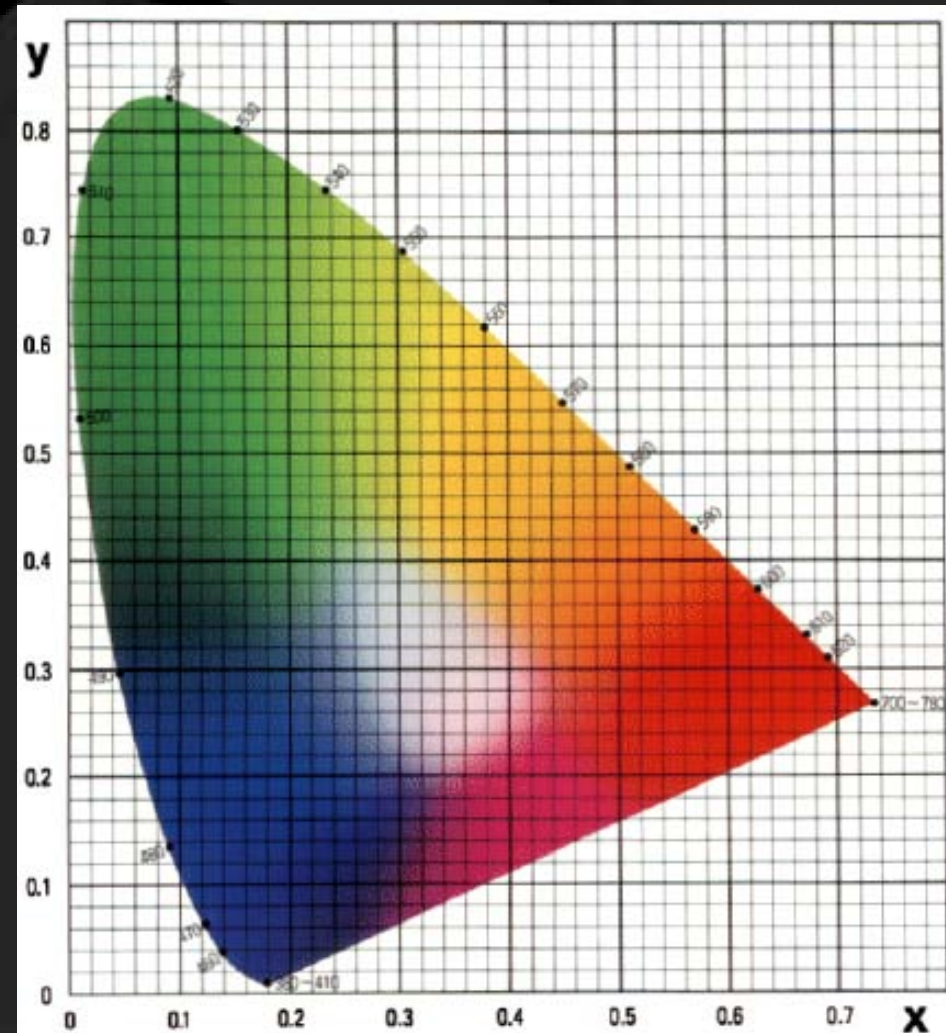
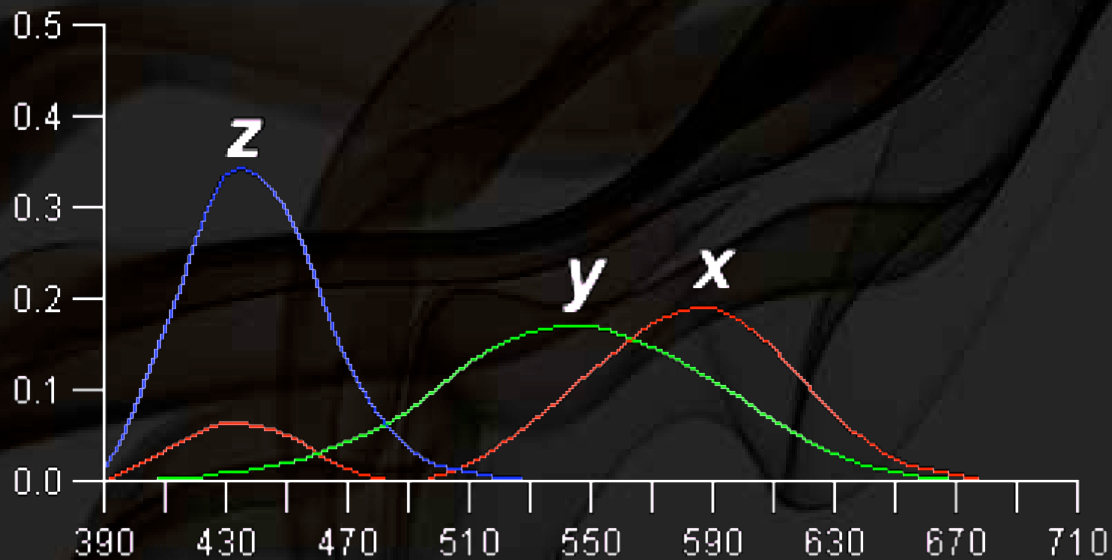
Λόγω των L,M,S κωνίων έχουμε ευαισθησία σε R,G,B
→ *τριχρωματική θεωρία της έγχρωμης όρασης*

Μετρήσεις διάκρισης χρώματος που προκύπτει ως σύνθεση των βασικών R,G,B δίνουν τις καμπύλες ευαισθησίας →



Το χρώμα και η αντίληψή του

- Commission Internationale d'Eclairage (CIE)



Χρωματικά κανάλια

Ιστογράμματα



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



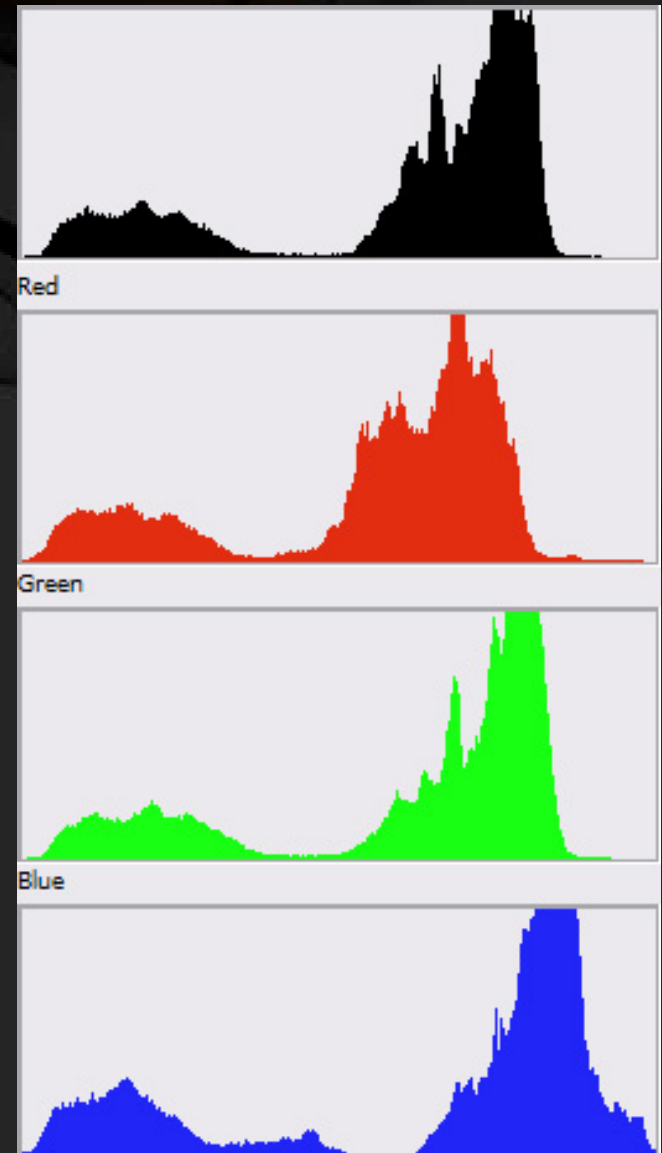
Κόκκινο



Πράσινο



Μπλε

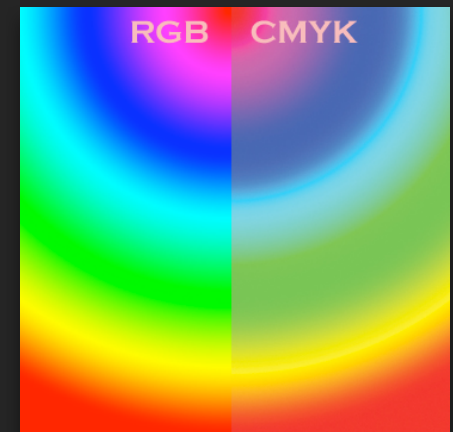
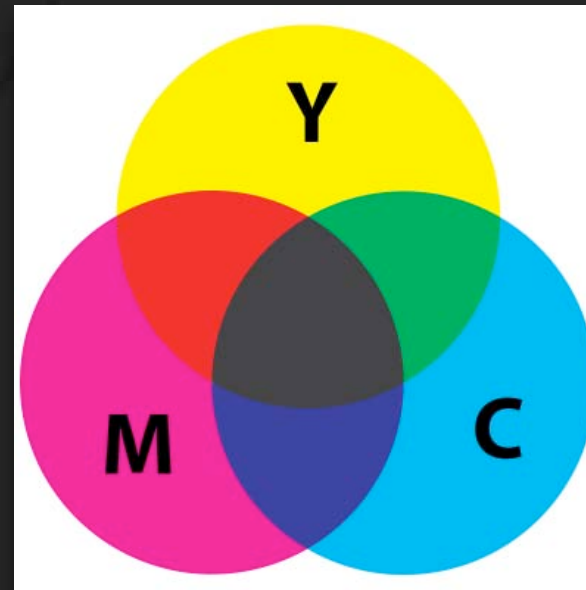
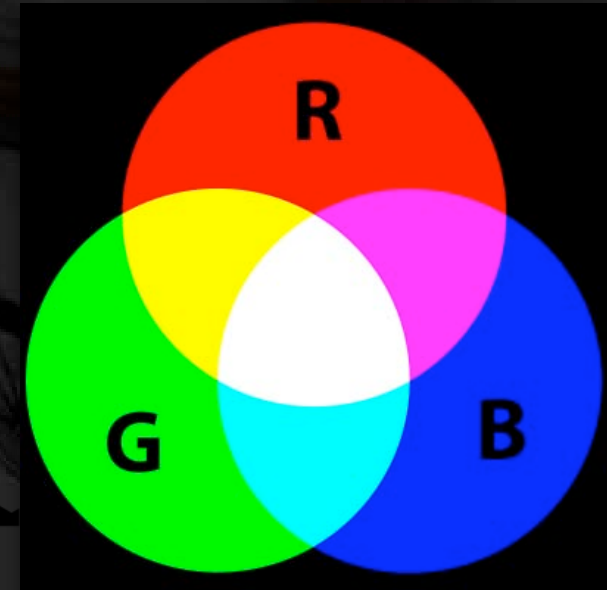
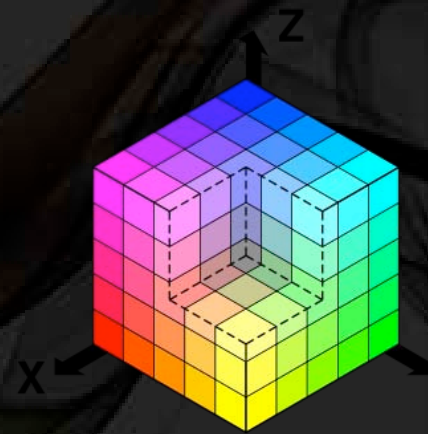


Χρωματικές αναλύσεις



Χρωματικά συστήματα

- Προσθετικό RGB
 - Οθόνες προβολής
- Αφαιρετικό CMYK
 - Εκτυπώσεις



Χρωματικά συστήματα

■ HSV (Hue, Saturation, Value)

$$h = \begin{cases} \text{undefined} & \text{if } \max = \min \\ 60^\circ \times \frac{g-b}{\max-\min} + 0^\circ, & \text{if } \max = r \text{ and } g \geq b \\ 60^\circ \times \frac{g-b}{\max-\min} + 360^\circ, & \text{if } \max = r \text{ and } g < b \\ 60^\circ \times \frac{b-r}{\max-\min} + 120^\circ, & \text{if } \max = g \\ 60^\circ \times \frac{r-g}{\max-\min} + 240^\circ, & \text{if } \max = b \end{cases}$$

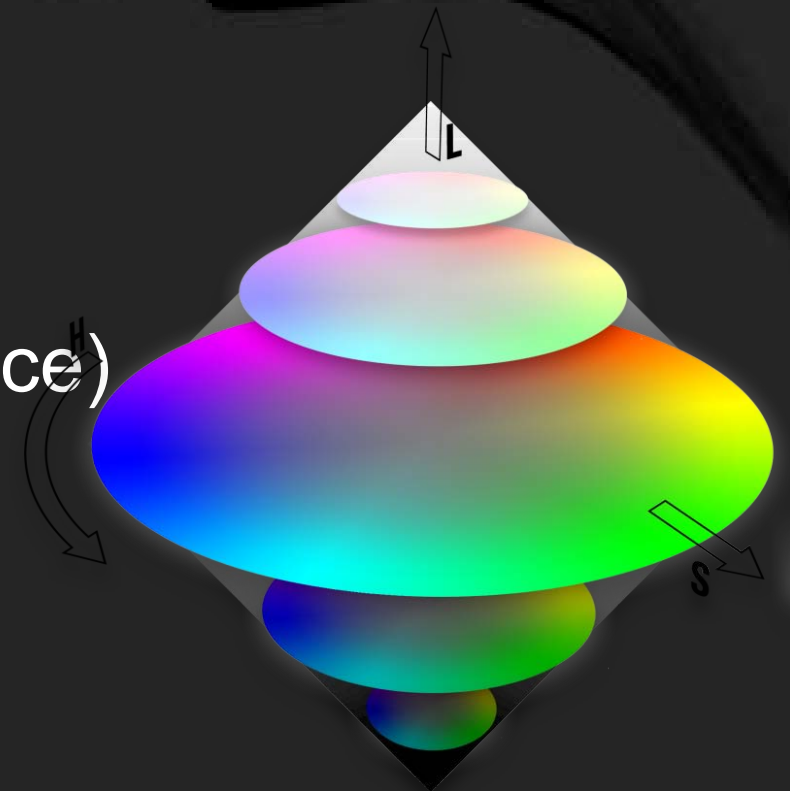
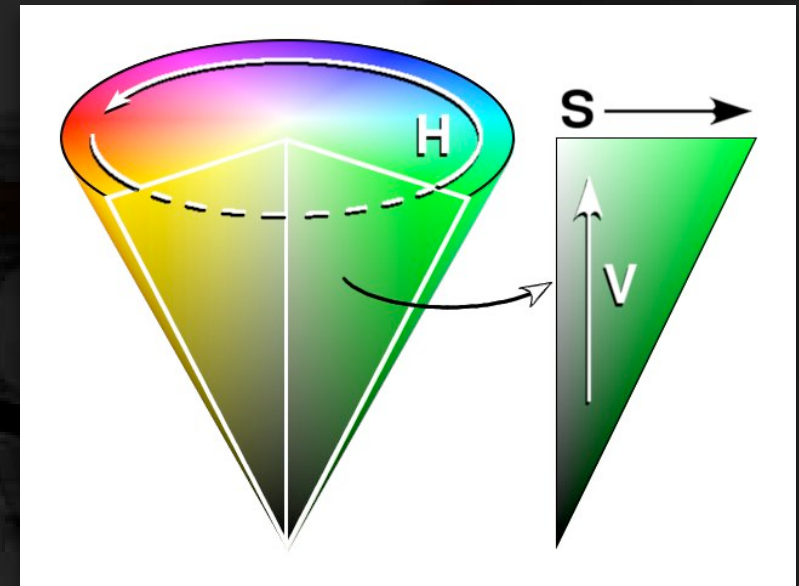
$$l = \frac{1}{2}(\max + \min)$$

$$s = \begin{cases} 0 & \text{if } l = 0 \text{ or } \max = \min \\ \frac{\max-\min}{\max+\min} = \frac{\max-\min}{2l}, & \text{if } 0 < l \leq \frac{1}{2} \\ \frac{\max-\min}{2-(\max+\min)} = \frac{\max-\min}{2-2l}, & \text{if } l > \frac{1}{2} \end{cases}$$

■ HSL (Hue, Saturation, Luminance)

$$s = \begin{cases} 0, & \text{if } \max = 0 \\ \frac{\max-\min}{\max} = 1 - \frac{\min}{\max}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$v = \max$$



Χρωματικά συστήματα

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

$$Y = \left\lfloor \frac{R+2G+B}{4} \right\rfloor$$

$$U = B - G$$

$$V = R - G$$

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



R



Y



G



U/Cb



B

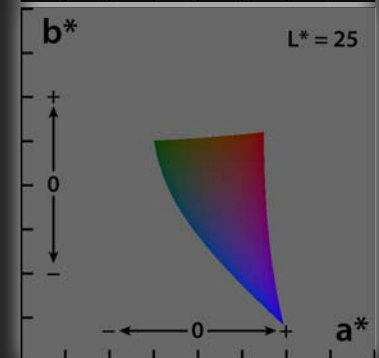
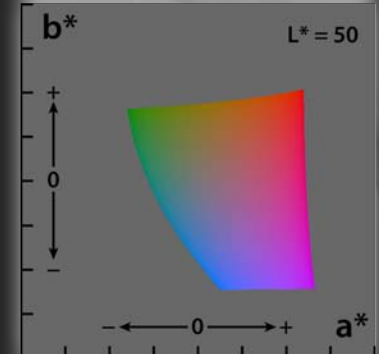
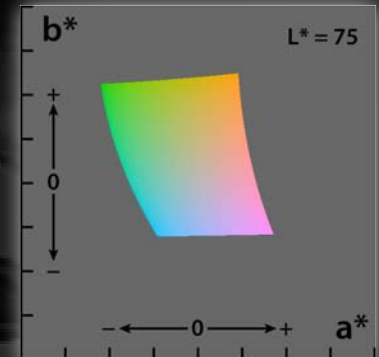


V/Cr

Χρωματικά συστήματα

- Συστήματα που μιμούνται τη διαχωριστική ικανότητα του ανθρώπου
- CIE $L^*a^*b^*$ / LUV / sCIE Lab
 - Μετατροπή μέσω CIE 1931 XYZ

$$\begin{aligned}L^* &= 116 f(Y/Y_n) - 16 \\a^* &= 500 [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)] \\b^* &= 200 [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]\end{aligned}$$



Θερμοκρασία χρώματος

- Χαρακτηριστικό του ορατού φωτός με σημαντικές εφαρμογές στο φωτισμό, φωτογραφία και βιντεοσκόπηση, κοκ.
- Η θερμοκρασία χρώματος μιας πηγής φωτός **καθορίζεται μέσω σύγκρισης** της χρωματικότητάς της με ιδεατό μέλαν σώμα
- **Εκφράζεται σε βαθμούς kelvin (K)**
 - Υψηλές θερμοκρασίες (>5000 K) θεωρούνται «**ψυχρά/κρύα**» **χρώματα**
 - Χαμηλές θερμοκρασίες (2700–3000 K) θεωρούνται «**θερμά/ζεστά**» **χρώματα**

