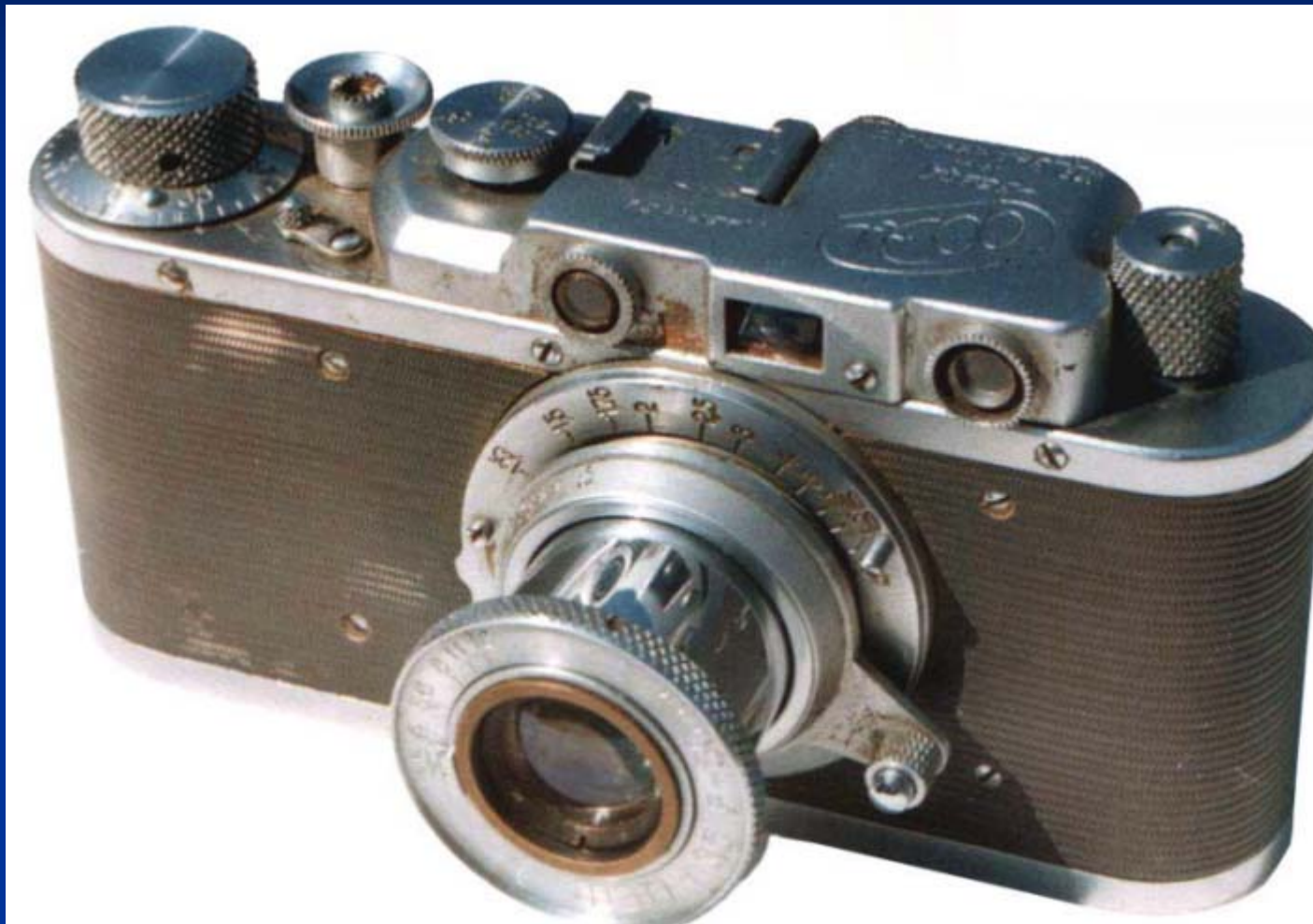


2 - Κάμερες και χρώμα

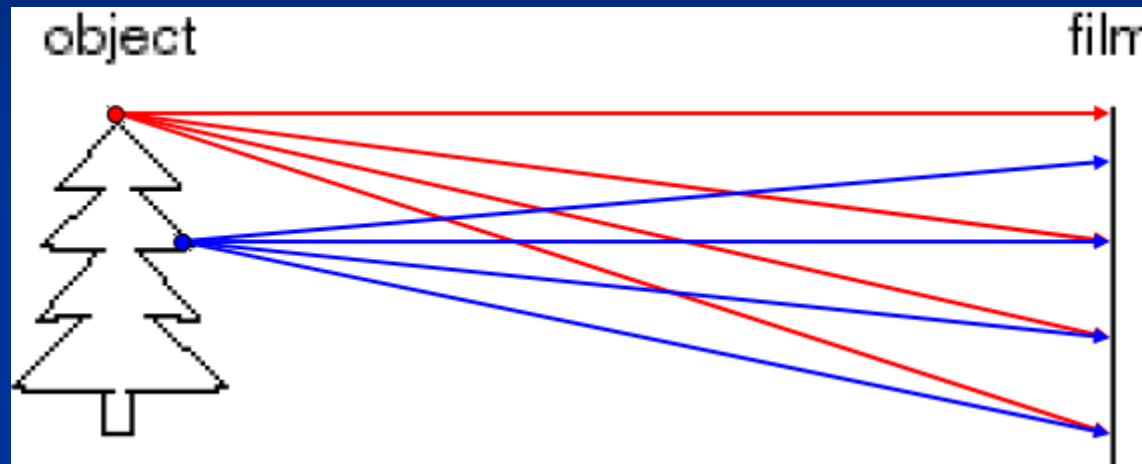
Η κάμερα



ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

- Το μοντέλο σημειακής οπής (Pinhole)
 - Ποιοτικά χαρακτηριστικά
 - Πίνακας προοπτικής προβολής
- Κάμερες με φακούς
 - Εστιακό βάθος
 - Οπτικό πεδίο
 - Παραμορφώσεις φακού
- Ψηφιακές κάμερες
 - Τύποι αισθητήρων
 - Χρώμα

Πως βλέπουμε τον κόσμο

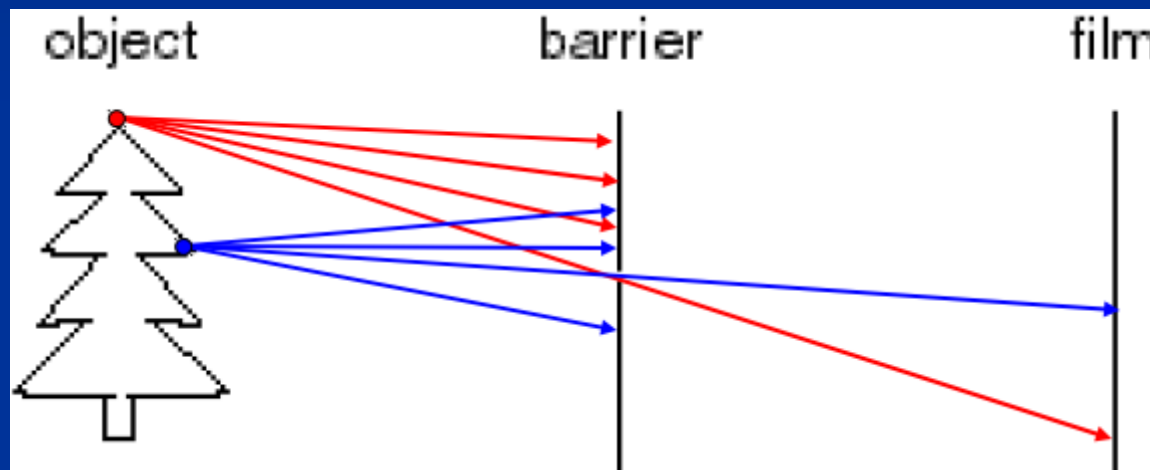


Σχεδιάστε μια κάμερα:

Ιδέα 1: Βάλτε ένα φιλμ μπροστά από ένα αντικείμενο

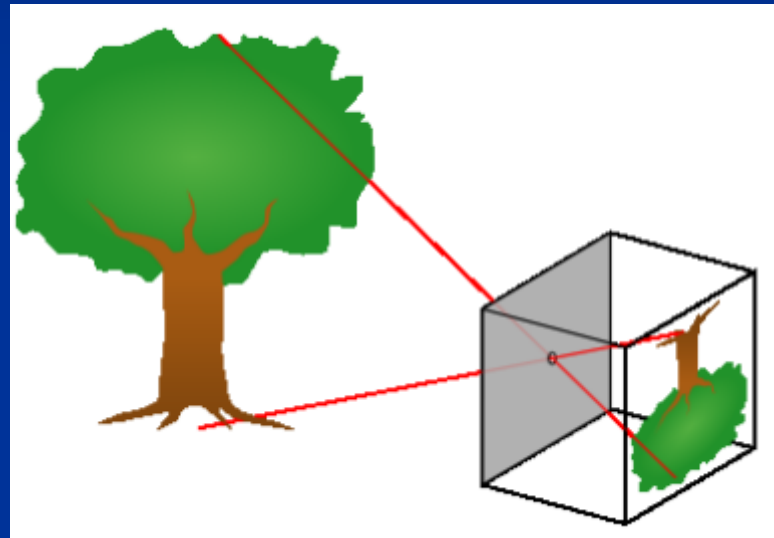
Τι παίρνουμε;

Pinhole camera



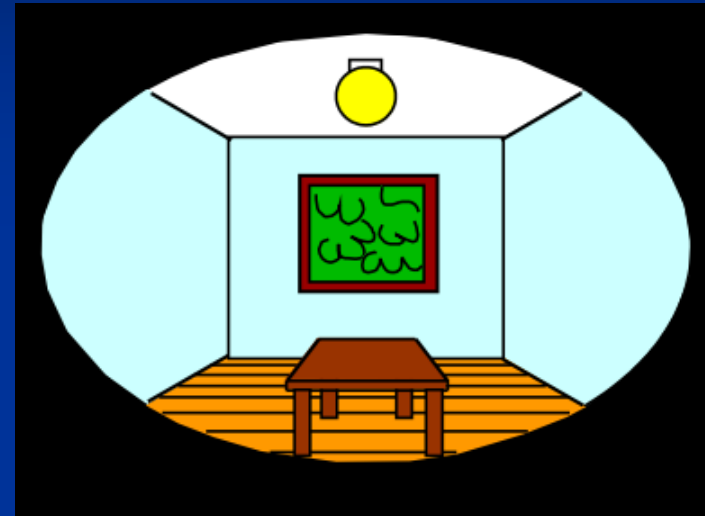
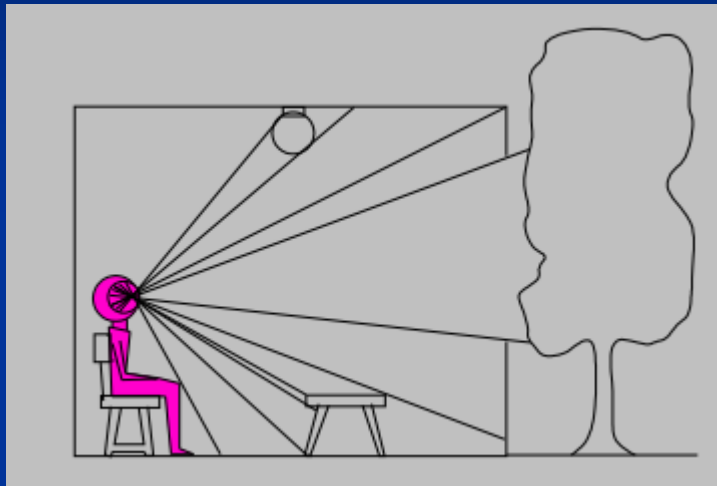
- Εμπόδιο ώστε να μην περνούν όλες οι ακτίνες
 - Μειώνει τη “θολούρα”
 - Γνωστό ως διάφραγμα

Pinhole camera



- Όλες οι ακτίνες περνούν από ένα σημείο
- Ονομάζεται εστιακό σημείο
- Οι εικόνες σχηματίζονται στο επίπεδο της εικόνας

Προβολή σε 2Δ



- Τι είχαμε, τι χάσαμε;
 - Το βάθος (μήκη, γωνίες)

Ιδιότητες προβολής

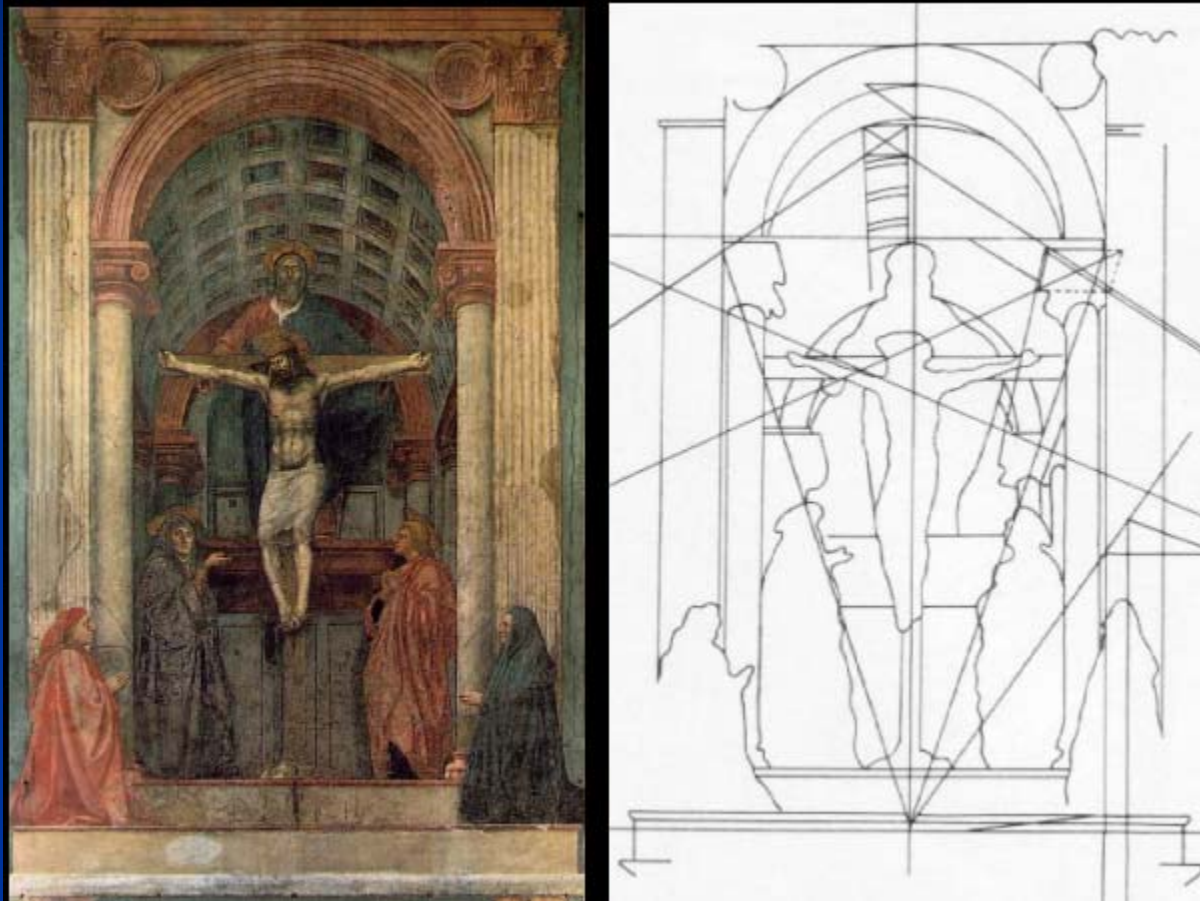
- Πολλά σε ένα
 - Τα σημεία κατά μήκος της ακτίνας προβάλλονται στο ίδιο σημείο της εικόνας
- Σημεία προβάλλονται σε σημεία
 - Ο τρόπος προβολής θα οριστεί στη συνέχεια
- Γραμμές σε γραμμές
 - Οι γραμμές που περνούν από το εστιακό σημείο προβάλλονται σε σημείο
- Επίπεδα σε επίπεδα ή ημιεπίπεδα
 - Επίπεδα που περνούν από εστιακό σημείο προβάλλονται σε γραμμές

Ιδιότητες προβολής



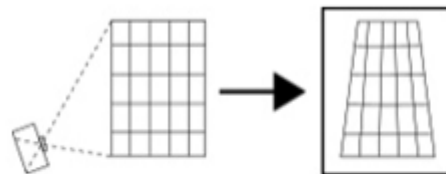
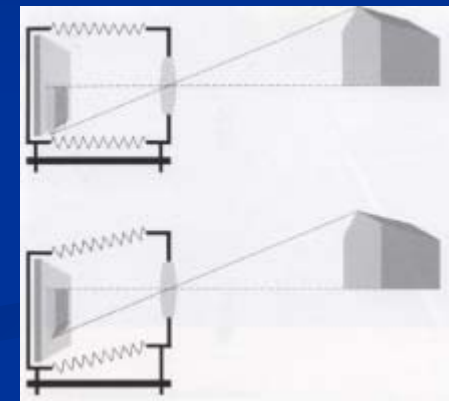
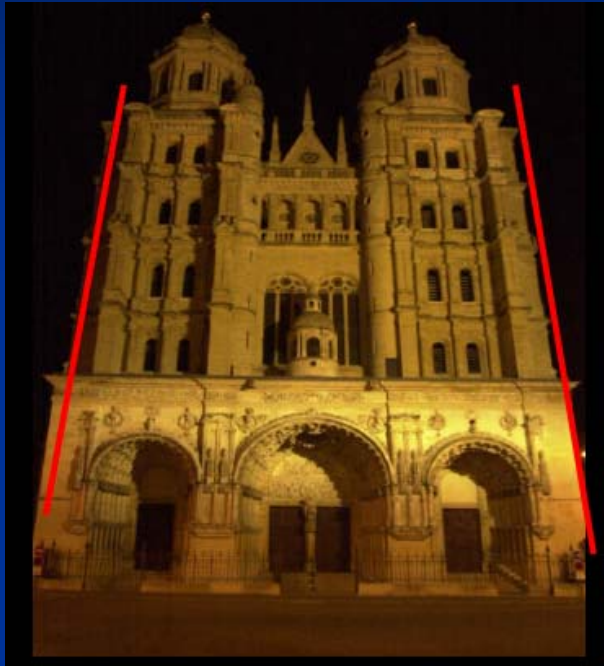
- Παράλληλες γραμμές συγκλίνουν στο σημείο φυγής
 - Κάθε κατεύθυνση στο χώρο έχει το δικό της σημείο φυγής
 - Παράλληλες σε επίπεδο παράλληλο στο επίπεδο της εικόνας παραμένουν παράλληλες

Πώς κατασκευάζουμε σημείο φυγής;

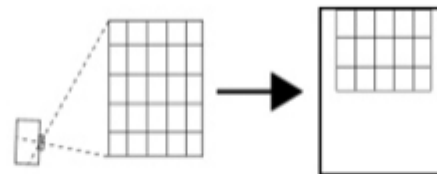


Masaccio, *Trinity*, Santa
Maria Novella,
Florence, 1425-28

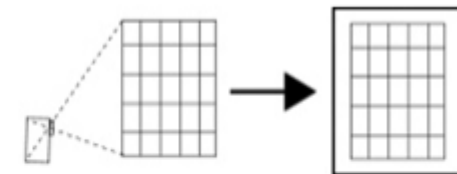
Προοπτική παραμόρφωση



Tilting the camera upwards results in converging verticals



Keeping the camera level, with an ordinary lens, captures only the bottom portion of the building



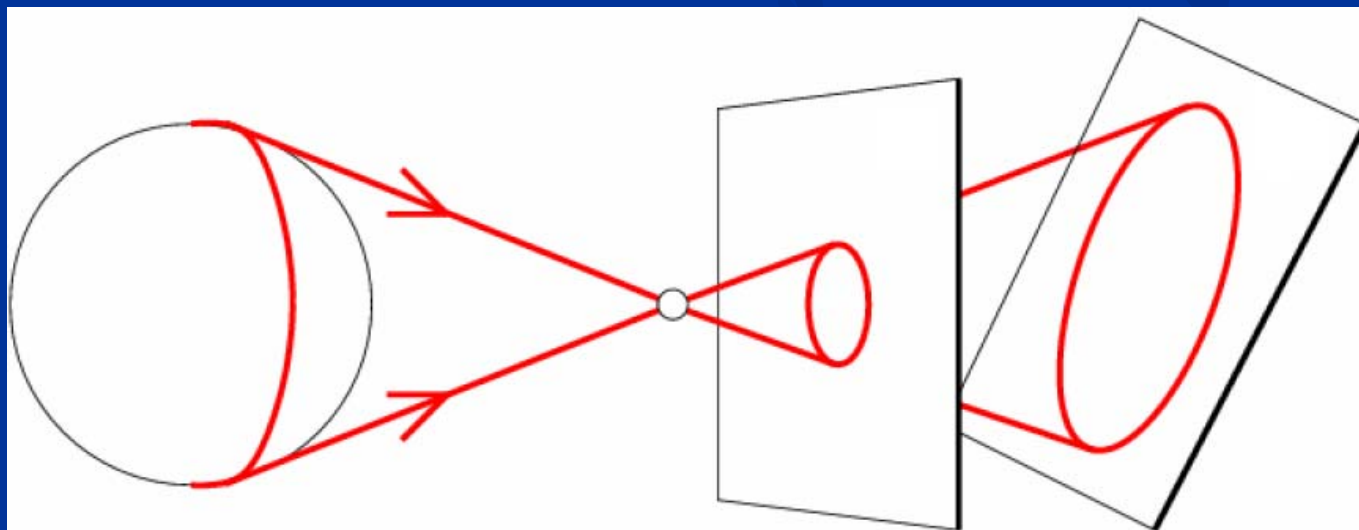
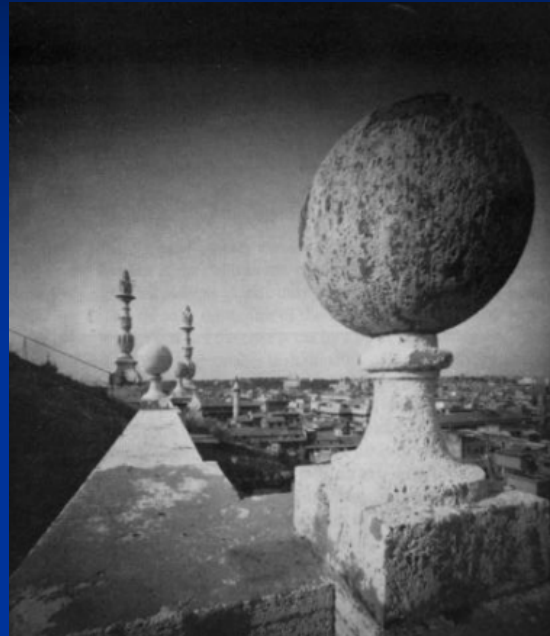
Shifting the lens upwards results in a picture of the entire subject

Διόρθωση

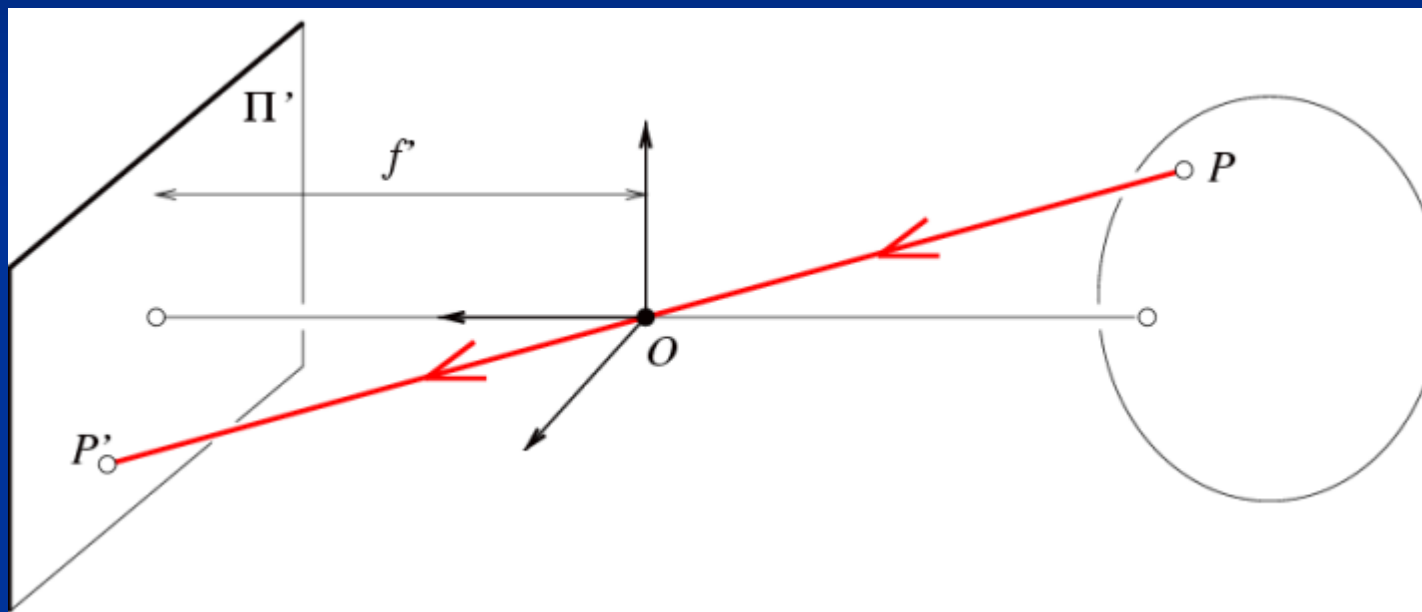


- Ωστόσο οι συγκλίνουσες ευθείες δείχνουν ωραίες σε ταινίες τρόμου !!!!

Σε τι απεικονίζεται μια σφαίρα;



Προοπτικό μοντέλο



$$(x, y, z) \rightarrow \left(f' \frac{x}{z}, f' \frac{y}{z}, f' \right)$$

Ομογενείς συντεταγμένες

$$(x, y, z) \rightarrow \left(f \frac{x}{z}, f \frac{y}{z} \right)$$

- Είναι γραμμικός μετασχηματισμός;
 - ΟΧΙ

$$(x, y) \Rightarrow \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Ομογενής
αναπαράσταση
στην 2Δ εικόνα

$$(x, y, z) \Rightarrow \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

Ομογενής
αναπαράσταση
στον 3Δ χώρο

Μετατροπή σε μη ομογενή αναπαράσταση

$$\begin{array}{c|c} x & \\ y & \\ w & \end{array} \Rightarrow (x/w, y/w)$$

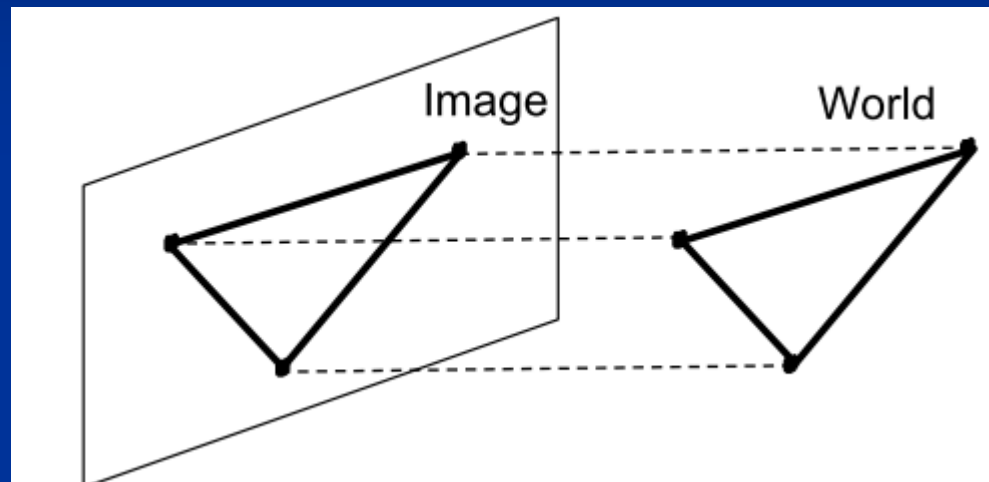
$$\begin{array}{c|c} x & \\ y & \\ z & \\ w & \end{array} \Rightarrow (x/w, y/w, z/w)$$

Μετατροπή σε μη ομογενή αναπαράσταση

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/f & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z/f \end{bmatrix} \Rightarrow \left(f \frac{x}{z}, f \frac{y}{z} \right)$$

- Διαίρεση με τον όρο της τρίτης γραμμής

Ορθογραφική προβολή



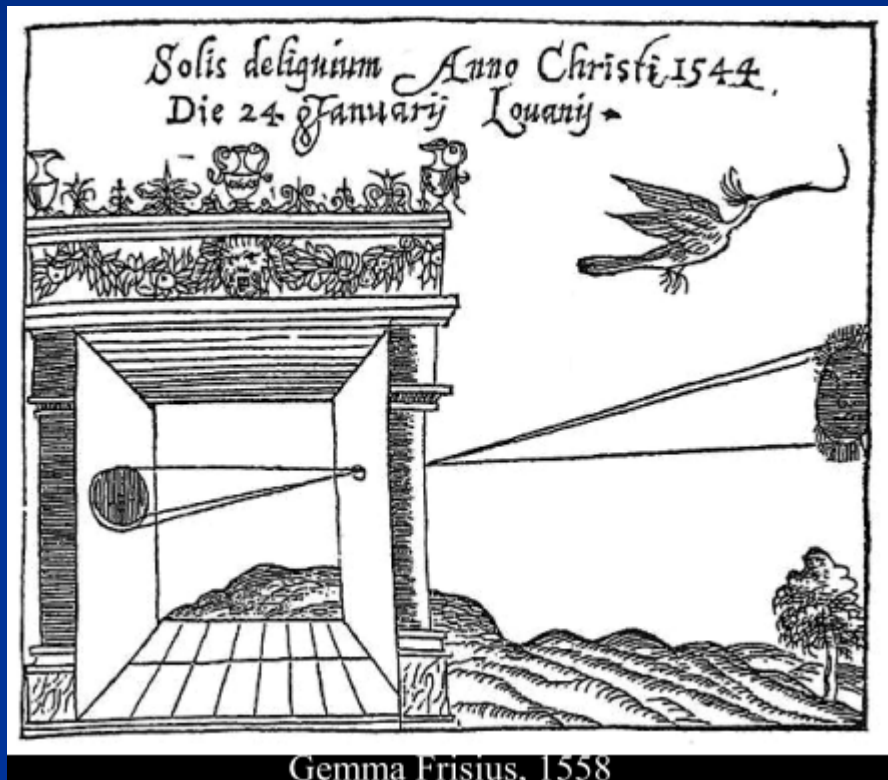
■ $f = \infty$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \Rightarrow (x, y)$$

Φτιάχνοντας μια πραγματική κάμερα

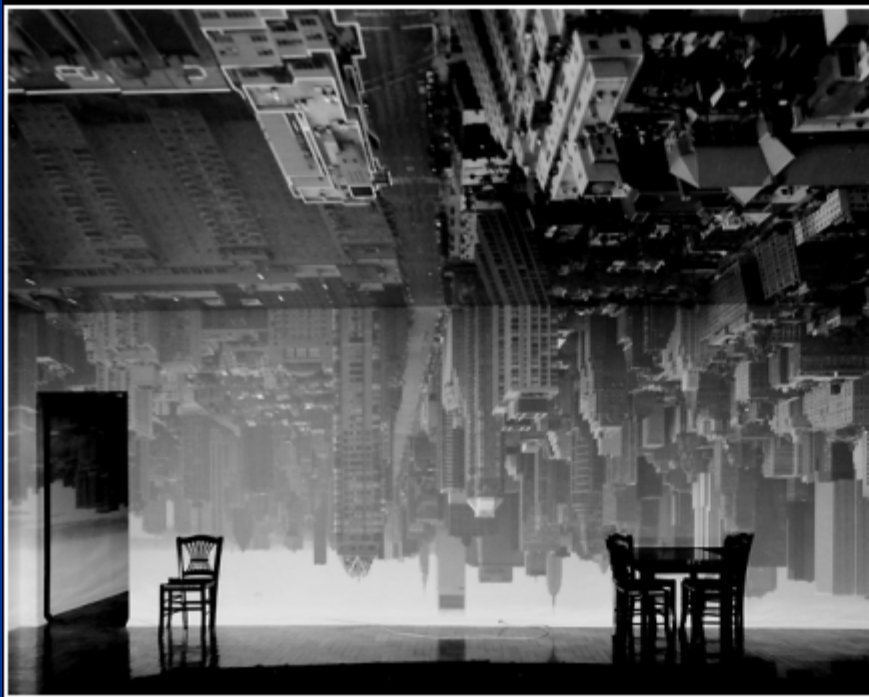


Camera obscura



- Γνωστή από την αρχαιότητα (Αριστοτέλης)
- Οι καλλιτέχνες τη χρησιμοποιούσαν ως βοηθητικό εργαλείο Leonardo da Vinci

Camera obscura



Camera Obscura Image of Manhattan View
Looking South in Large Room, 1996

http://www.abelardomorell.net/camera_obscura1.html

After scouting rooms and reserving one for at least a day, Morell masks the windows except for the aperture. He controls three elements: the size of the hole, with a smaller one yielding a sharper but dimmer image; the length of the exposure, usually eight hours; and the distance from the hole to the surface on which the outside image falls and which he will photograph. He used 4 x 5 and 8 x 10 view cameras and lenses ranging from 75 to 150 mm.

After he's done inside, it gets harder. "I leave the room and I am constantly checking the weather, I'm hoping the maid reads my note not to come in, I'm worrying that the sun will hit the plastic masking and it will fall down, or that I didn't trigger the lens."

From *Grand Images Through a Tiny Opening*, **Photo District News**, February 2005

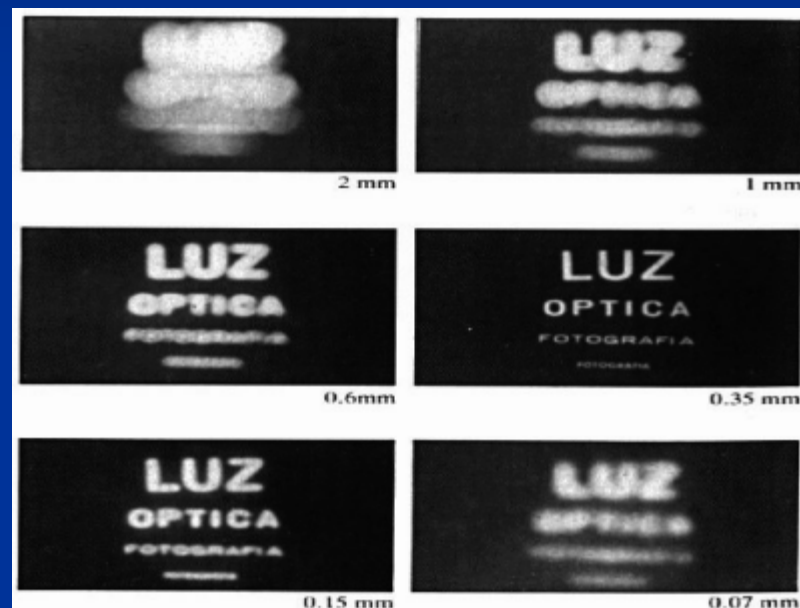
Χειροποίητη κάμερα



Why so
blurry?



Μειώνοντας το διάφραγμα

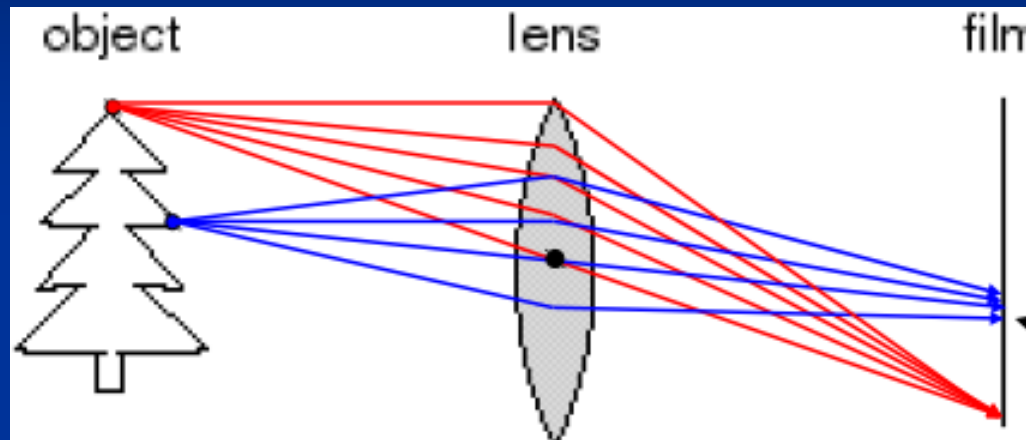


Γιατί δεν μειώνουμε όσο περισσότερο γίνεται το διάφραγμα;

Αυξάνεται ο χρόνος έκθεσης

Φαινόμενα διάθλασης

Προσθέτοντας φακό



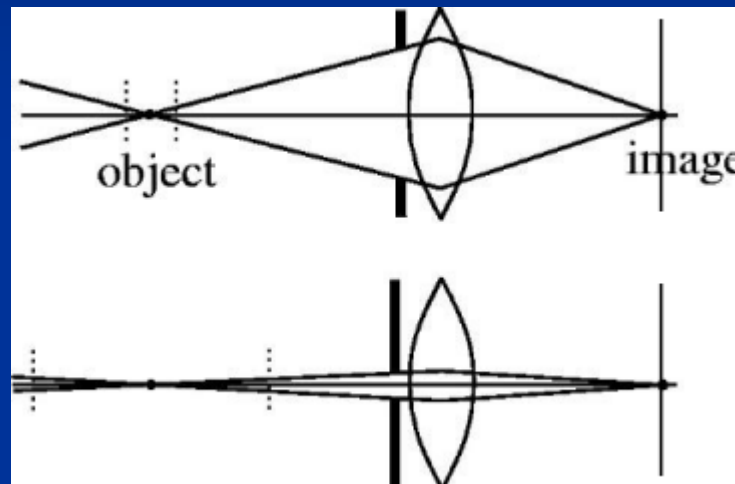
- Υπάρχει απόσταση κατά την οποία τα αντικείμενα είναι εστιασμένα
- Τα μη εστιασμένα σημεία προβάλλονται σε ένα κυκλικό δίσκο

Βάθος πεδίου



Το εύρος στο χώρο όπου τα αντικείμενα είναι εστιασμένα στην εικόνα

Πώς αλλάζουμε το βάθος πεδίου



- Μικρότερο διάφραγμα =>
 - μεγαλύτερο βάθος πεδίου
 - λιγότερο φως άρα χρειάζεται μεγαλύτερη έκθεση

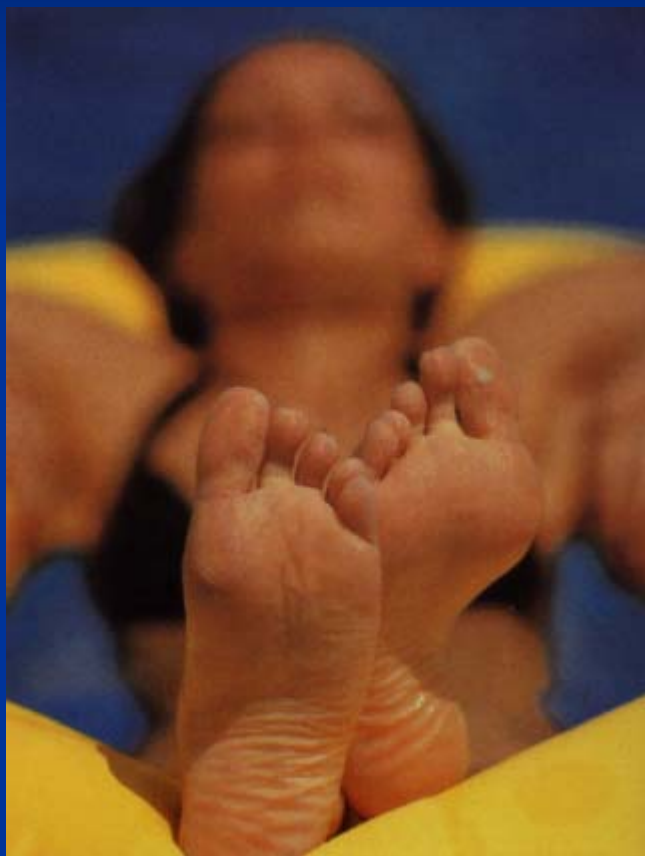
Μεταάλλοντας το διάφραγμα



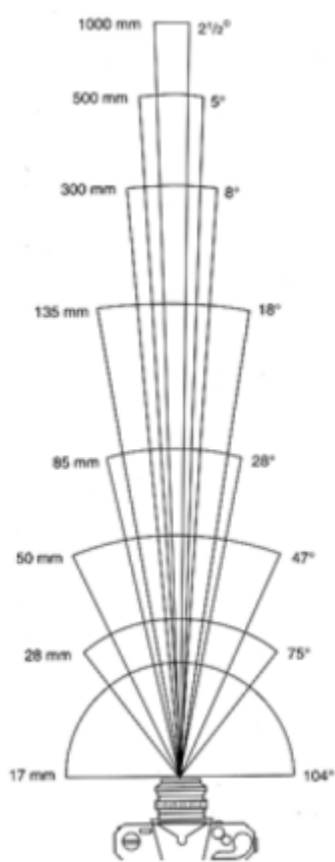
μεγάλο διάφραγμα=μικρό ΒΠ

Μικρό διάφραγμα=μεγάλο ΒΠ

Πώς επιτυγχάνεται;



Οπτικό πεδίο



17mm



28mm



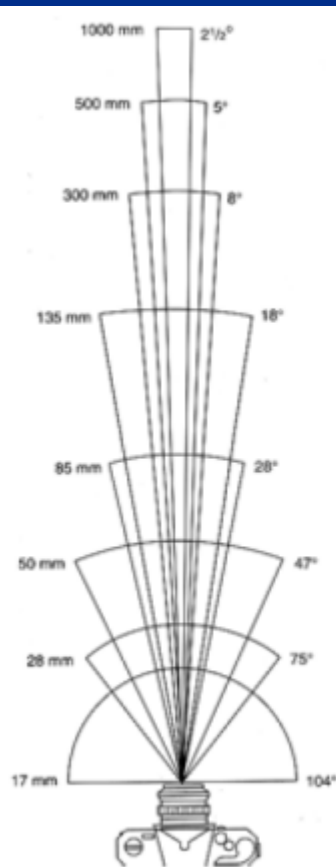
50mm



85mm

From London and Upton

Οπτικό πεδίο



135mm



300mm



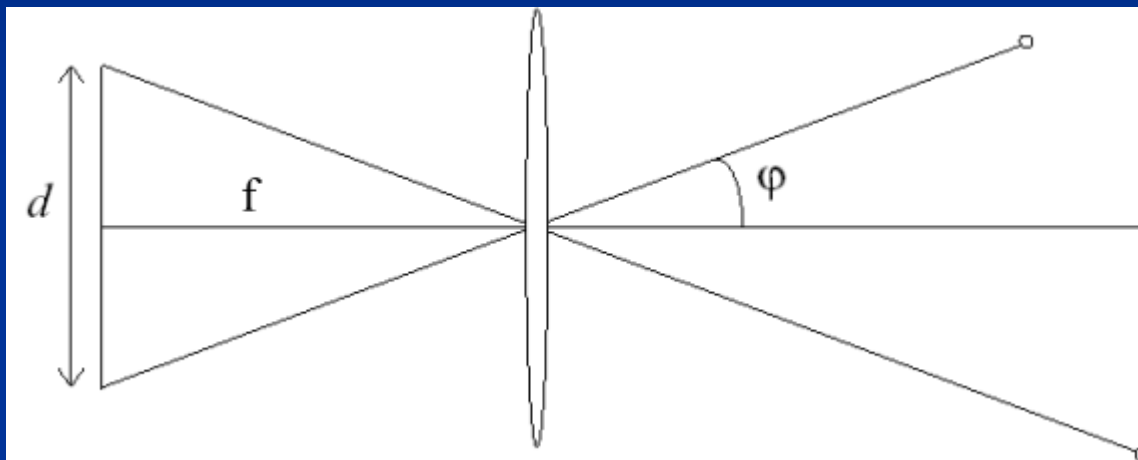
500mm



1000mm

From London and Upton

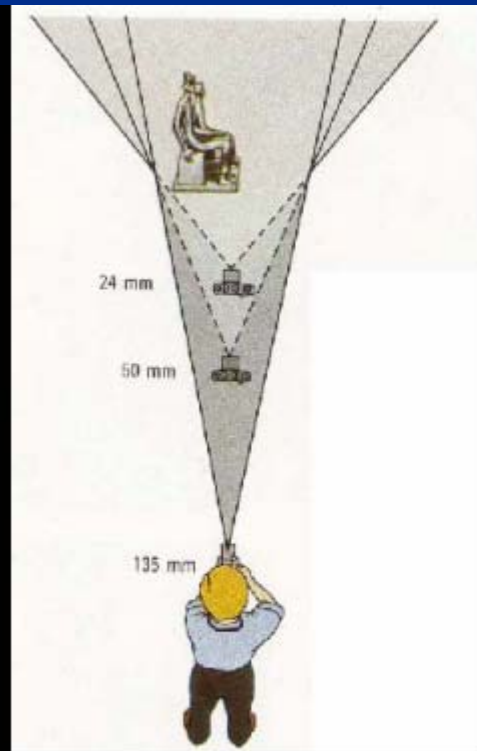
Οπτικό πεδίο



$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{d}{2f}\right)$$

- f αυξάνει $\Rightarrow$ ΟΠ μειώνεται
- d αυξάνει $\Rightarrow$ ΟΠ αυξάνεται

Οπτικό πεδίο



Large FOV, small f
Camera close to car

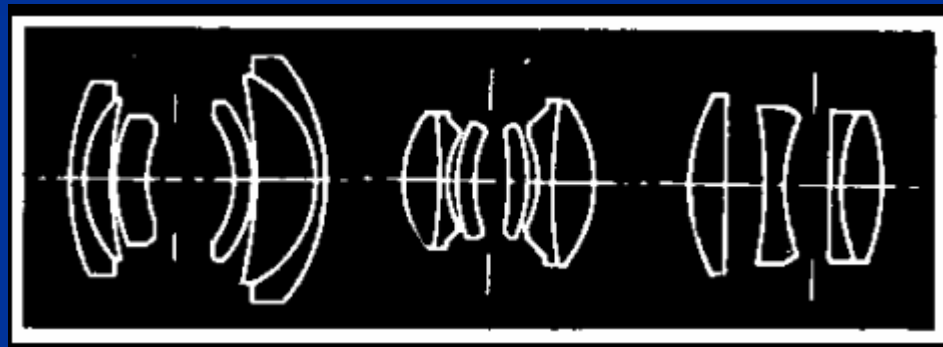


Small FOV, large f
Camera far from the car

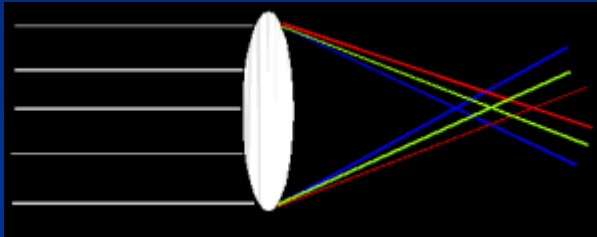
Οπτικό πεδίο



Πραγματικοί φακοί



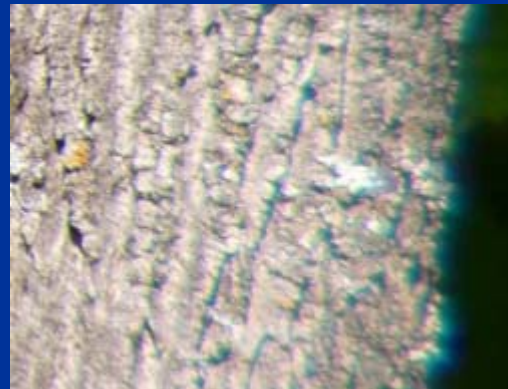
Χρωματική παραμόρφωση



Διαφορετικός συντελεστής
διάθλασης για κάθε
μήκος κύματος

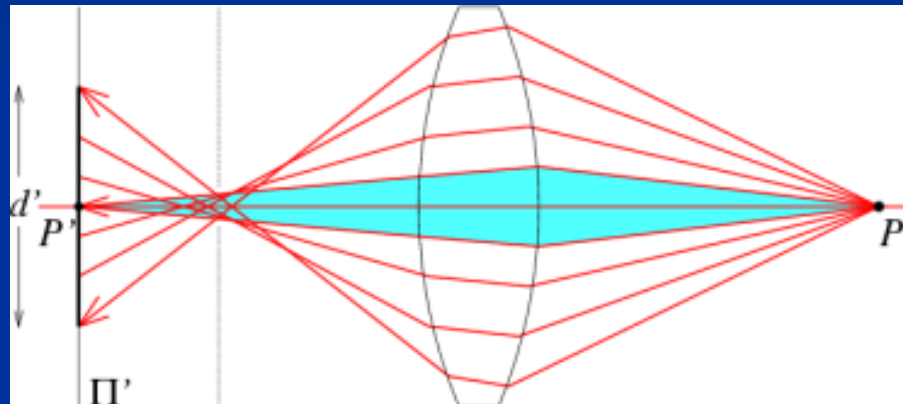


Κοντά στον άξονα



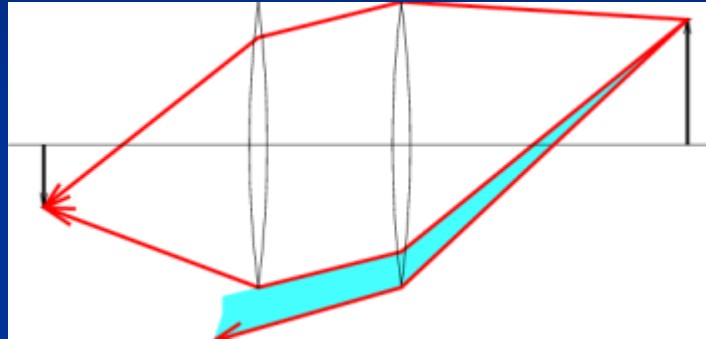
Μακριά από τον άξονα

Σφαιρική παραμόρφωση



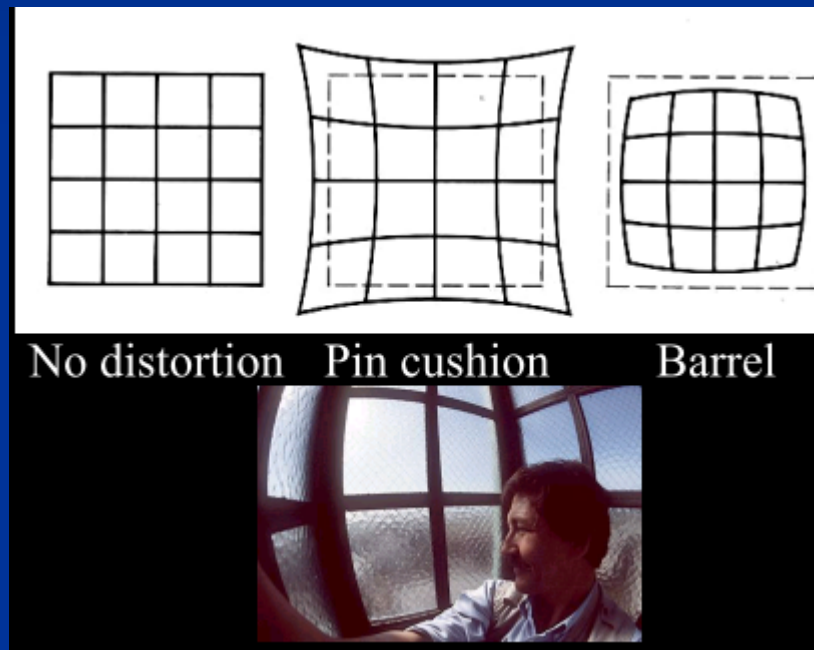
- Οι ακτίνες στα άκρα εστιάζουν σε πιο κοντινή απόσταση από το κανονικό

Vignetting



- Απώλειες ακτίνων στα άκρα του φακού

Αξονική παραμόρφωση



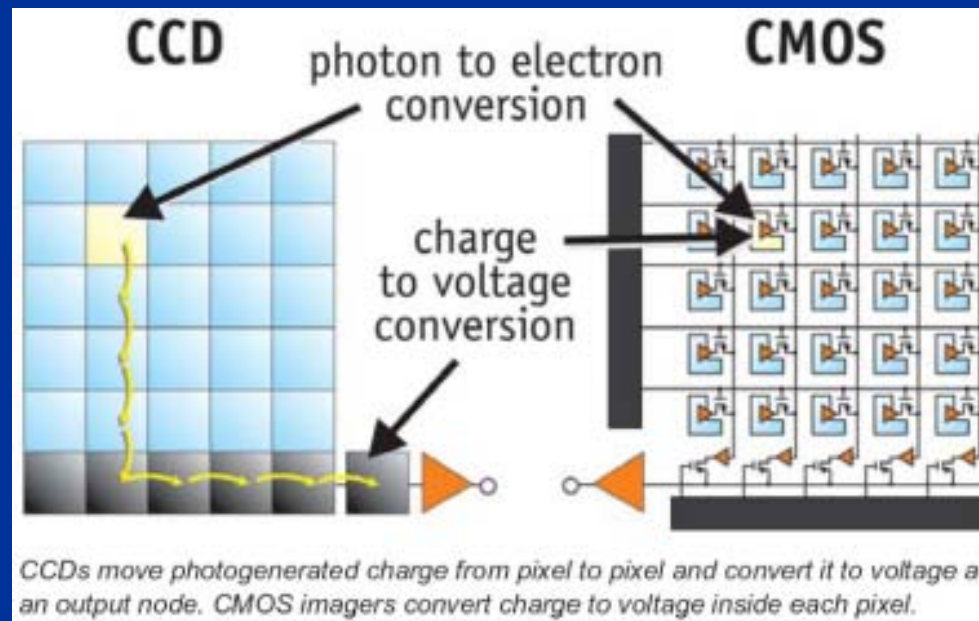
- Εντονότερη στα άκρα

Ψηφιακή κάμερα

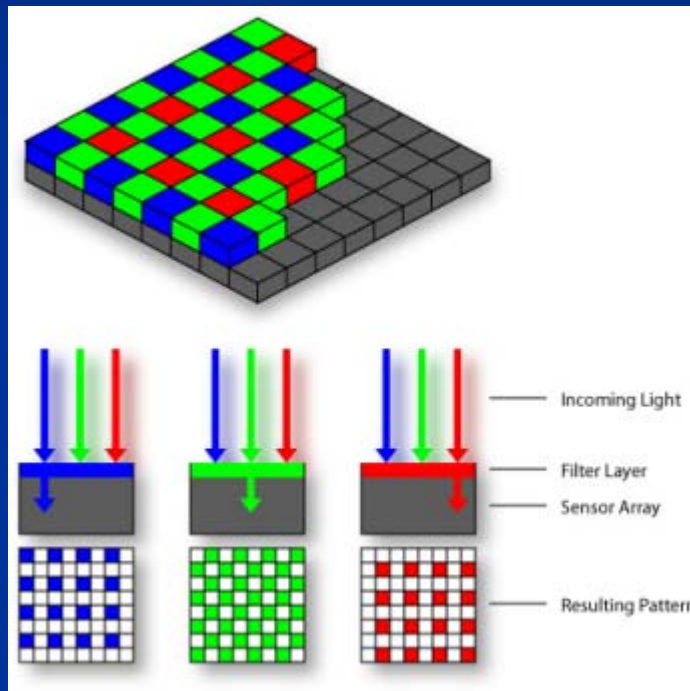


- Το φιλμ αντικαταστάθηκε από chip
 - Charge Coupled Device (CCD)
 - Complementary metal oxide semiconductor (CMOS)

CCD vs CMOS



Χρωματικό φίλτρο

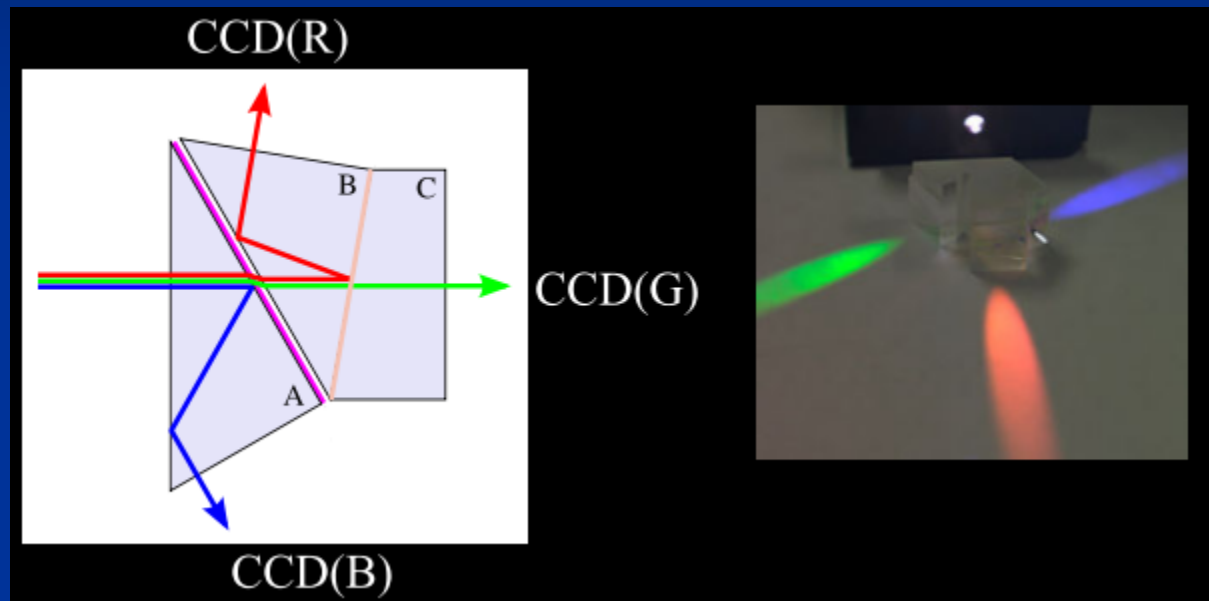


- Εκτίμηση χρώματος με παρεμβολή στα σημεία που αυτό λείπει

Moire'



3 Sensor camera



- Χρήση πρίσματος
- 3 αισθητήρες
- Υψηλότερη ποιότητα

Προβλήματα

Noise

- low light is where you most notice noise
- light sensitivity (ISO) / noise tradeoff
- stuck pixels



Resolution: Are more megapixels better?

- requires higher quality lens
- noise issues



In-camera processing

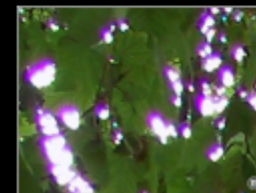
- oversharpening can produce halos

RAW vs. compressed

- file size vs. quality tradeoff

Blooming

- charge overflowing into neighboring pixels



Color artifacts

- purple fringing from microlenses, artifacts from Bayer patterns
- white balance

Χρώμα

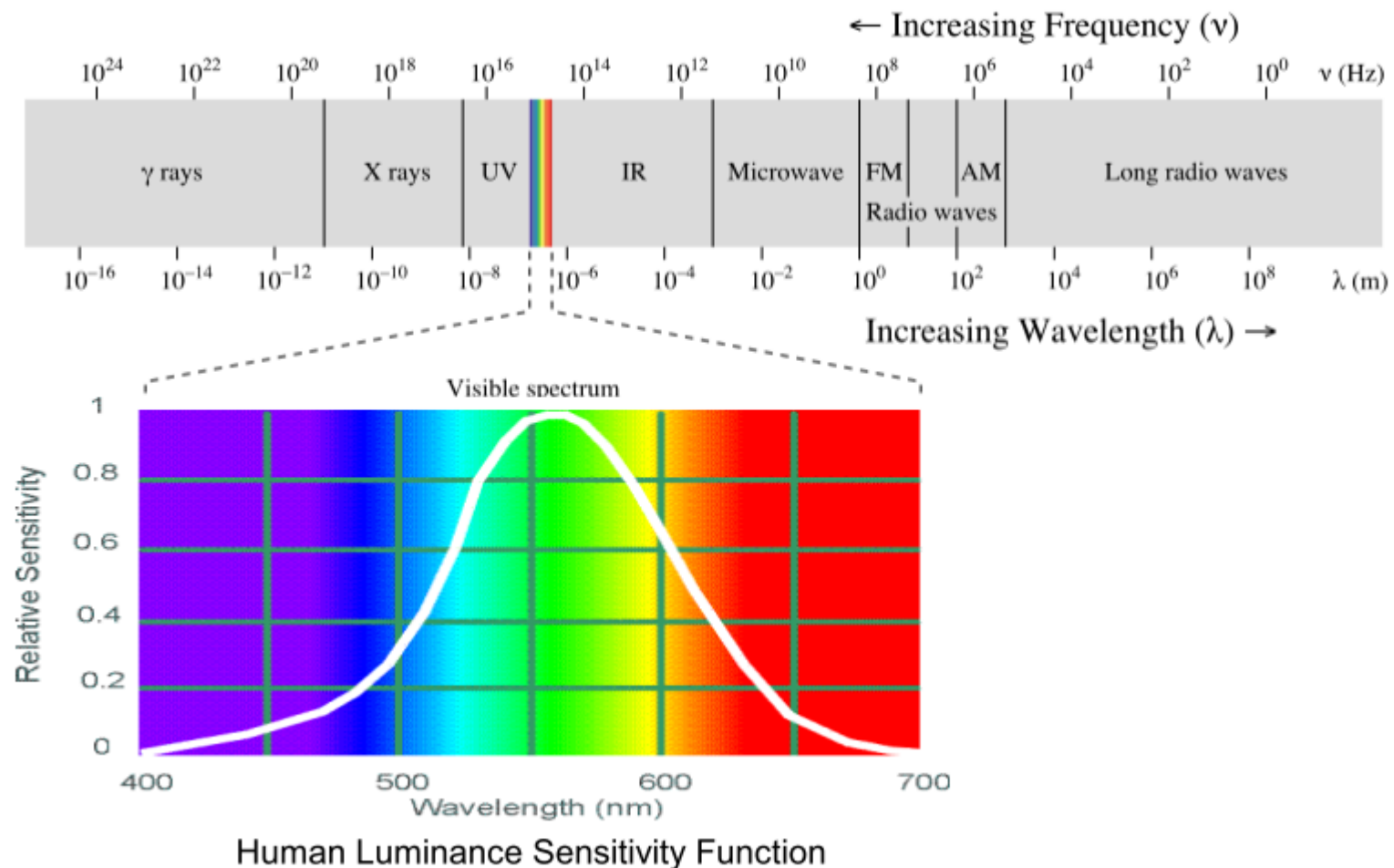


Phillip Otto Runge (1777-1810)

Χρωματικοί χώροι

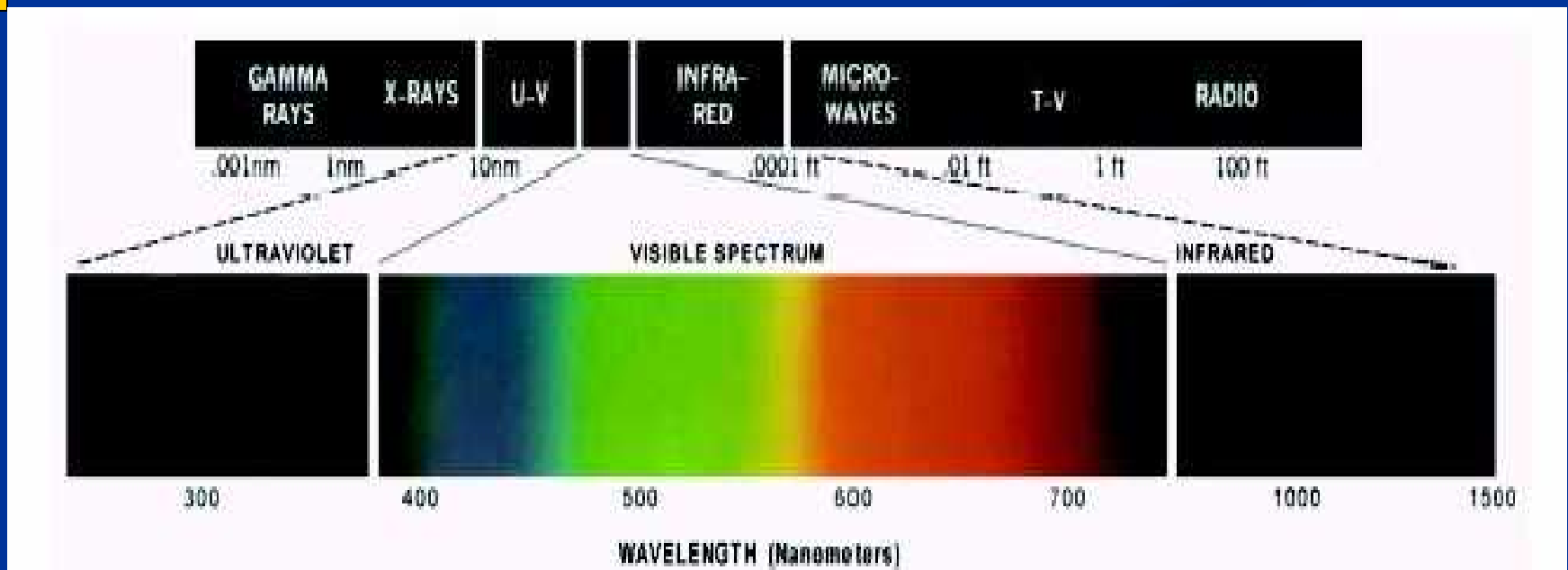
- Χρήση χρώματος στην επεξεργασία εικόνας για αυτόματη ανάλυση
 - ισχυρό χαρακτηριστικό περιγραφής – απλοποιεί την περιγραφή
 - φυσιολογία ματιού – ικανότητα να διακρίνει χιλιάδες αποχρώσεις
- Επεξεργασία έγχρωμων εικόνων
 - πραγματικού χρώματος – από αισθητήρες πραγματικού χρώματος, λχ. κάμερα
 - ψευδοχρώματος – αντιστοίχιση απόχρωσης σε μονοχρωματική φωτεινότητα

Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



Χρώμα

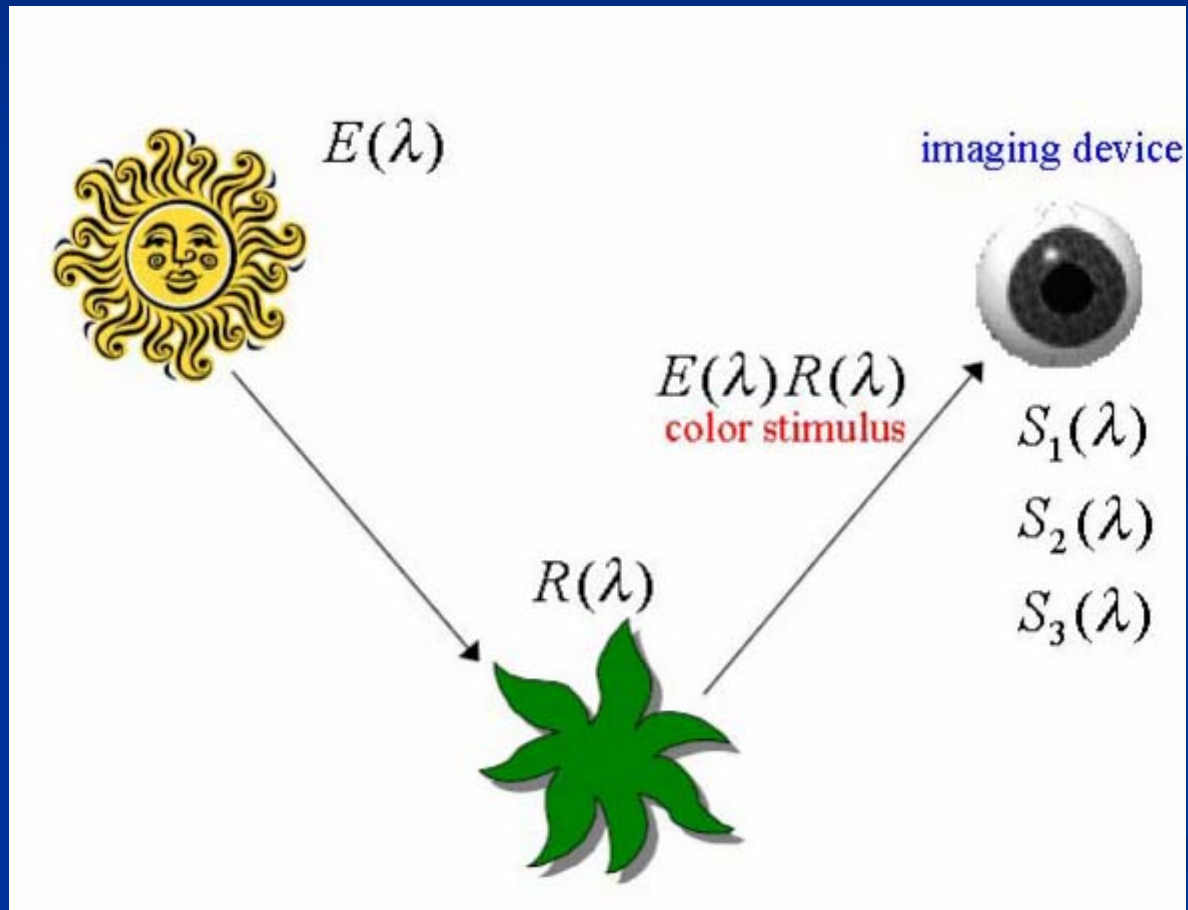
Χρώμα: το ορατό μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (400 με 700 nm) Χρώμα αντικειμένου = το φως που ΑΝΑΚΛΑΤΑΙ από το αντικείμενο Πχ πράσινο αντικείμενο αντανακλά το φως με μήκος κύματος από 500 με 570 nm



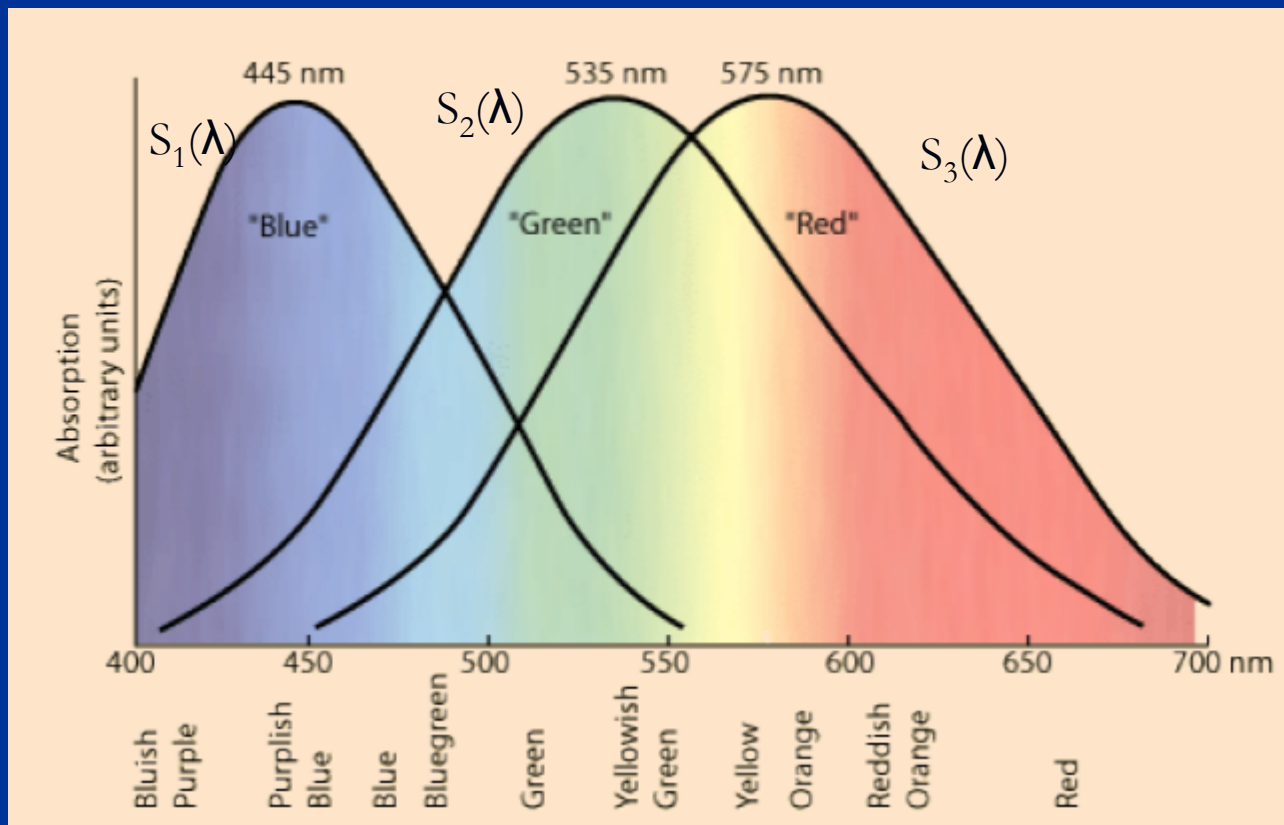
Θεμελιώδη στοιχεία χρώματος

- Άχρωμο φως: μόνη ιδιότητα = ένταση
 - ασπρόμαυρη τηλεόραση -> διαφορετικά επίπεδα γκρι από μεταβολή της ποσότητας φωτός
- Χρωματικό φως
 - 400nm - 700nm του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος
 - Χαρακτηριστικά
 - ακτινοβολία - τελικό ποσό ενέργειας που εκπέμπεται, watt
 - φωτεινότητα - ποσό ενέργειας που λαμβάνει ο παρατηρητής - lumens
 - λαμπρότητα - υποκειμενικό μέγεθος, περιγραφή αίσθησης χρώματος

Σχηματισμός χρώματος



Φασματική απόκριση κώνων ματιού

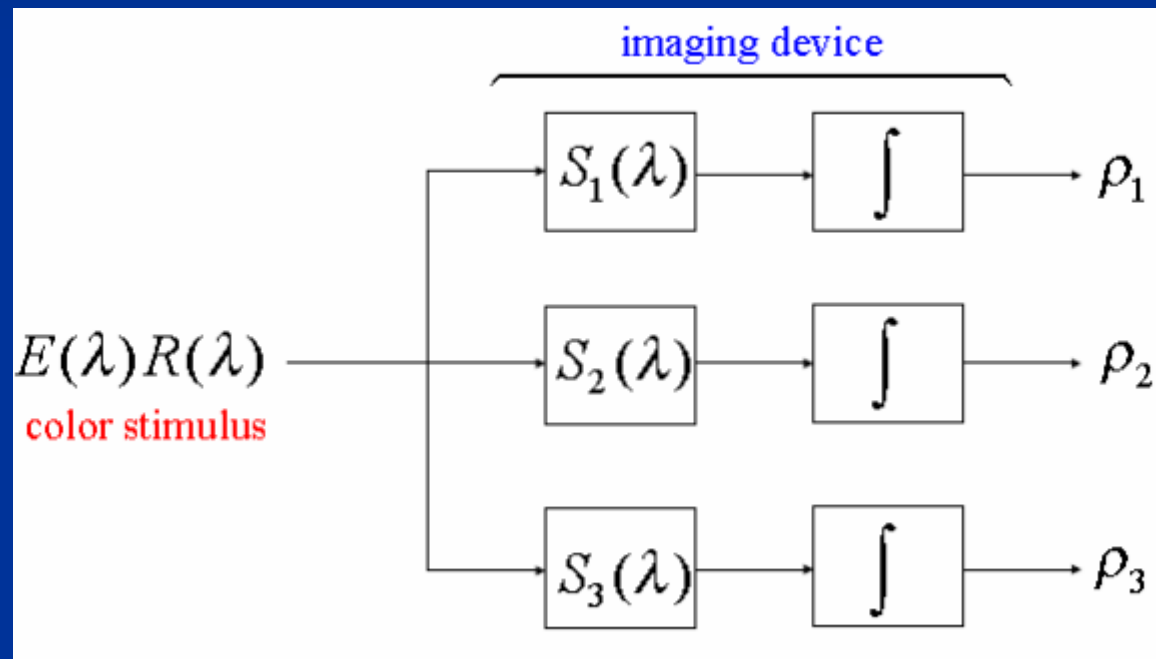


Τα βασικά χρώματα



- Λόγω δομής ανθρώπινου ματιού
- RGB (Red - κόκκινο, Green πράσινο, Blue μπλε)

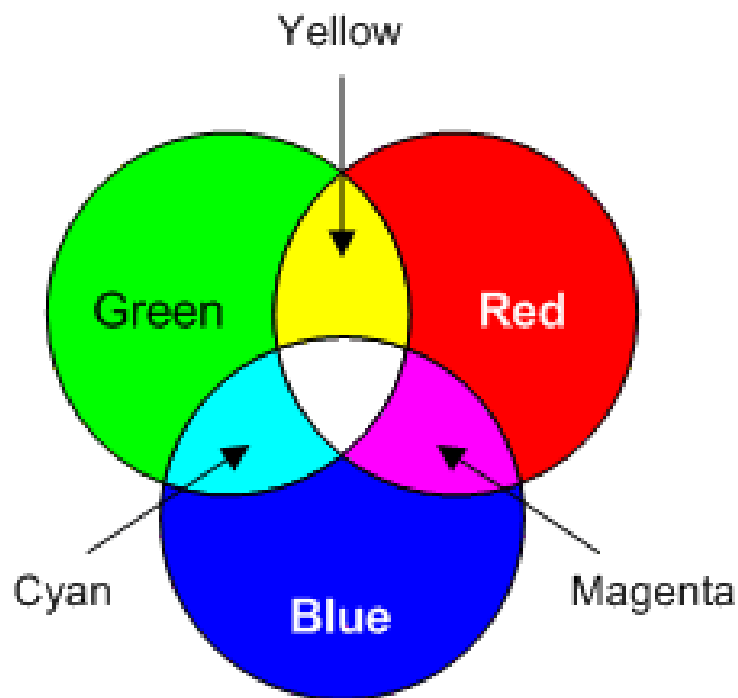
Σχηματισμός εικόνας



Χρωματικοί χώροι

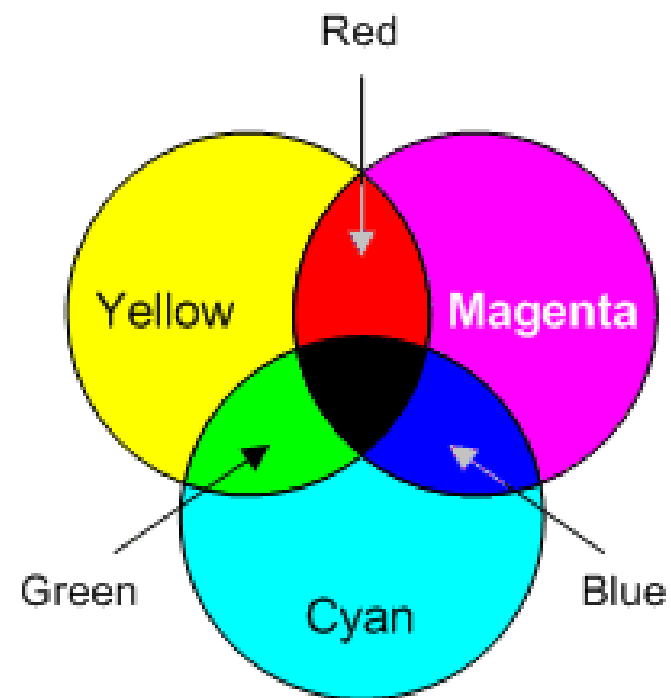
- RGB → οθόνες
- YIQ → μετάδοση
- YC_bC_R
- Lab
- HSI

Συνδυασμοί χρωμάτων



Additive (light)

Βασικά/προσθετικά χρώματα
λχ. οθόνες καθοδικού σωλήνα

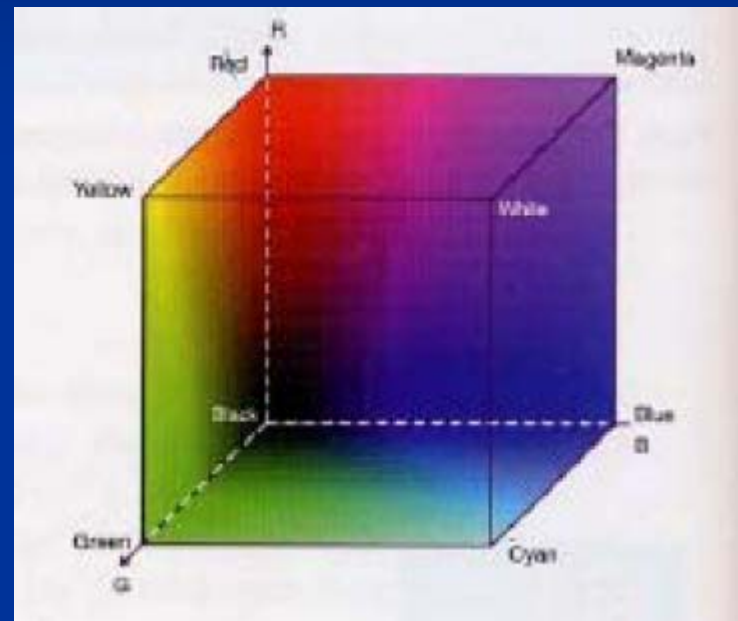


Subtractive (paint)

Δευτερεύοντα/αφαιρετικά χρώματα
λχ. εκτυπωτές

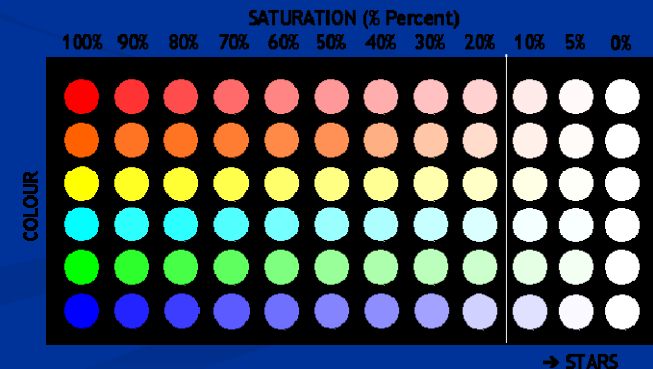
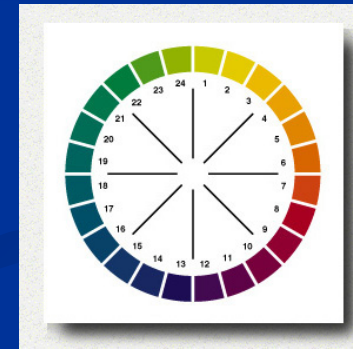
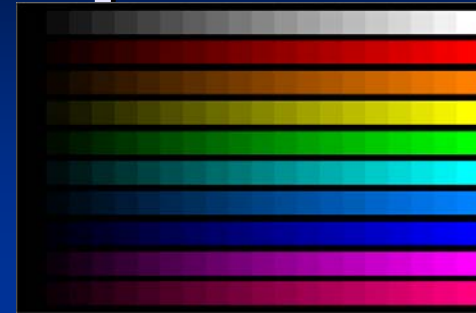
RGB

- Ο χώρος RGB χρησιμεύει για αναπαραγωγή και εμφάνιση χρώματος
- Δεν αντιστοιχεί στην ανθρώπινη αντίληψη του χρώματος



Διαχωρισμός χρωμάτων

- Λαμπρότητα (brightness)
 - περιλαμβάνει την αχρωματική ένταση φωτός (intensity)
- Απόχρωση (hue)
 - εξαρτάται από το υπερέχον μήκος κύματος στο μείγμα κυμάτων του φωτός
 - το υπερισχύον χρώμα που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής
- Χρωματική καθαρότητα (saturation)
 - σχετική αγνότητα ή ποσό λευκού φωτός αναμειγμένου με μια απόχρωση

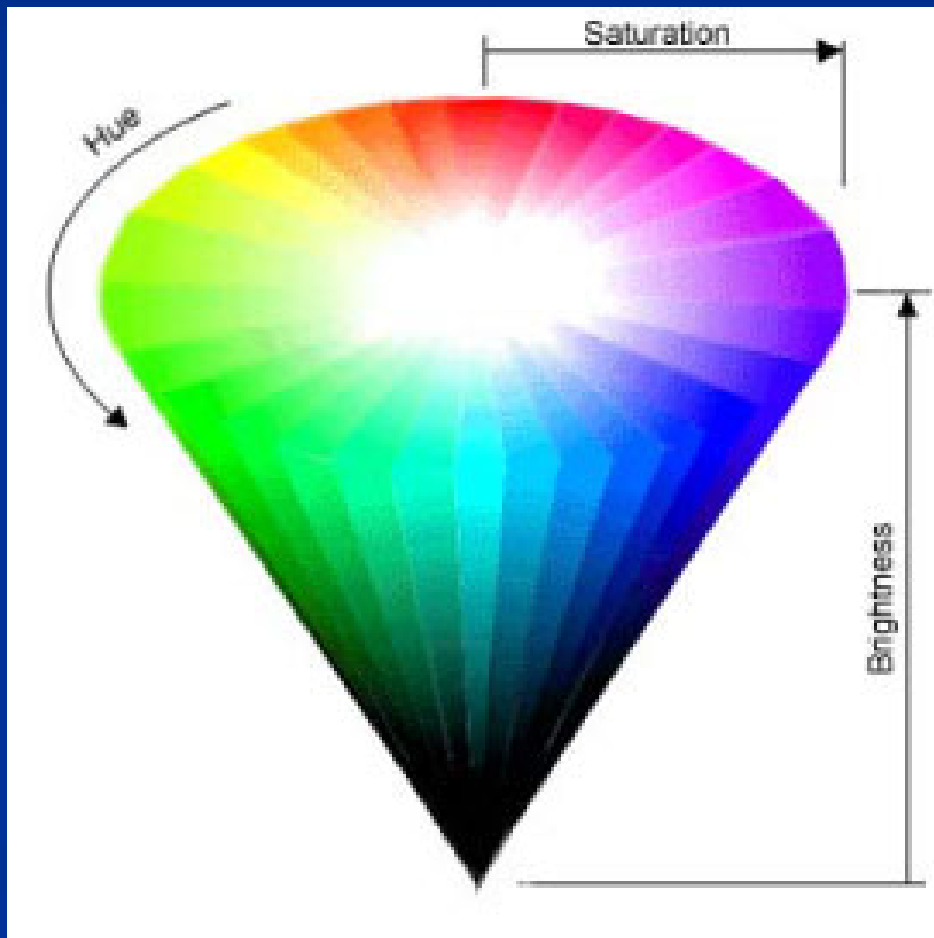


Κωνική αναπαράσταση

Απόχρωση: γωνία $[0,360)$ μοίρες

Λαμπρότητα: $[0,1]$

Χρωματική καθαρότητα: $[0,1]$



HIS ή HSV

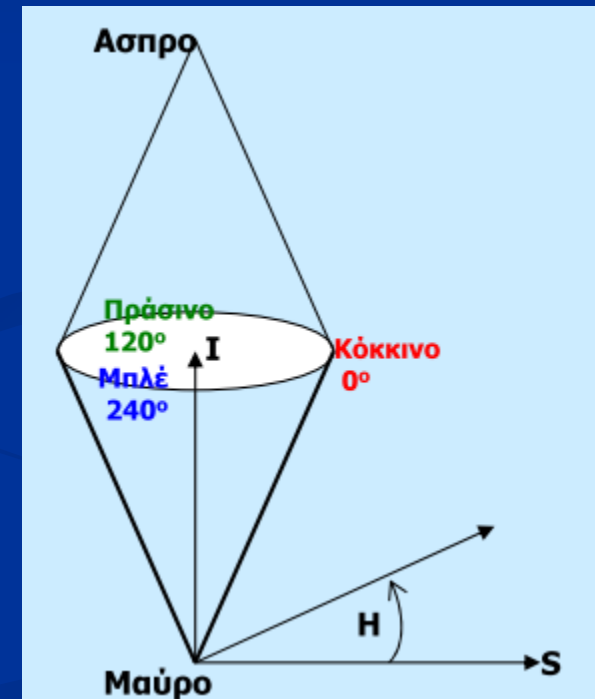
Προσομοιάζει τα χαρακτηριστικά αντίληψης
του ανθρώπου
Παριστάνεται ως διπλός κώνος

RGB → HSI

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} [\min(R, G, B)]$$

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2}[(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right]$$



Παραδείγματα

- Αναφερόμενοι σε αντικείμενα πορτοκαλί, κόκκινα ή κίτρινα
 - εκφράζουμε απόχρωση
- Χρώματα όπως κόκκινο, κίτρινο ή πράσινο
 - πλήρη χρωματική καθαρότητα
- $\rho_{\text{οζ}}$ = κόκκινο & άσπρο
 - μικρότερη χρωματική καθαρότητα
- Βαθμός χρωματικής καθαρότητας αντιστρόφως ανάλογος της ποσότητας λευκού φωτός

YC_bC_r



RGB $\rightarrow$ YCbCr

$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$

$Cb = -0.1687R - 0.331G + 0.50B$

$Cr = 0.5000R - 0.428G - 0.081B$

YUV



$$\begin{aligned} Y &= 0.299R + 0.587G + 0.114B \\ U &= 0.492(B - Y) \\ V &= 0.877(R - Y) \end{aligned}$$