

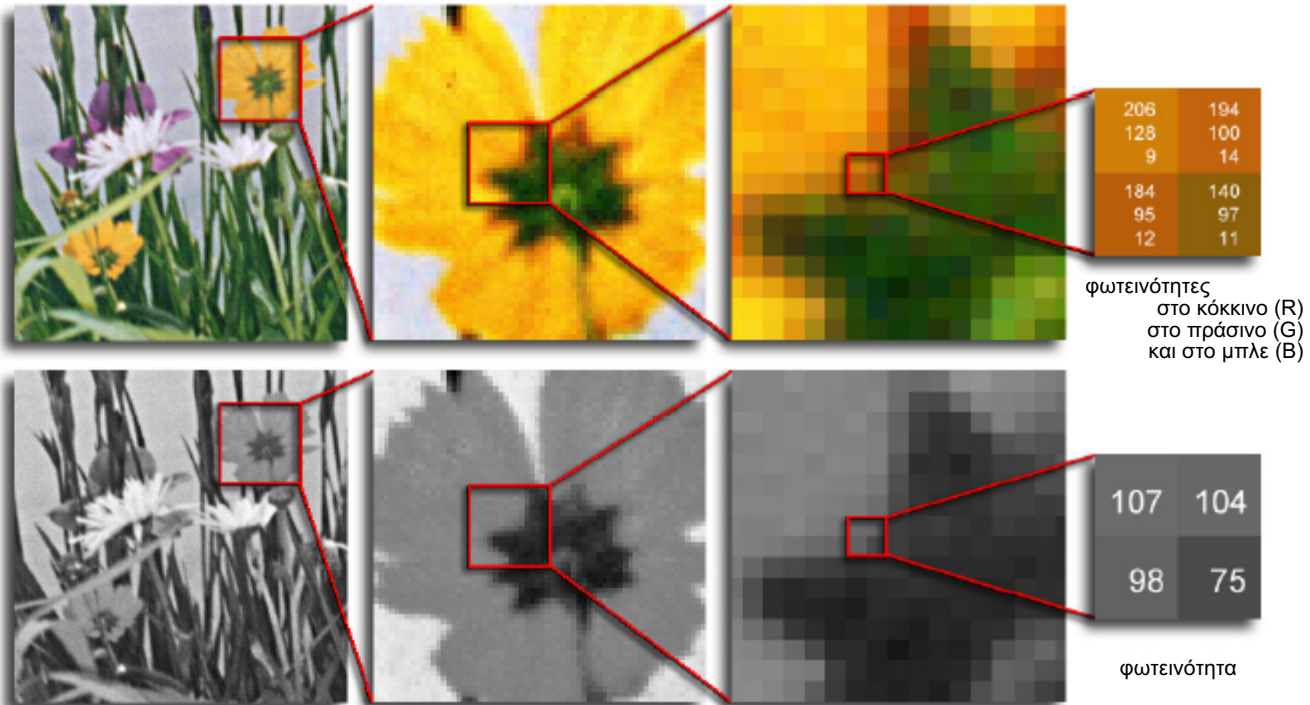
# Χρώμα και μονοχρωματικές εικόνες

## Ψηφιακή Εικόνα:

Οι έγχρωμες εικόνες έχουν 3 τιμές για κάθε pixel ενώ οι μονοχρωματικές έχουν 1 τιμή για κάθε pixel.

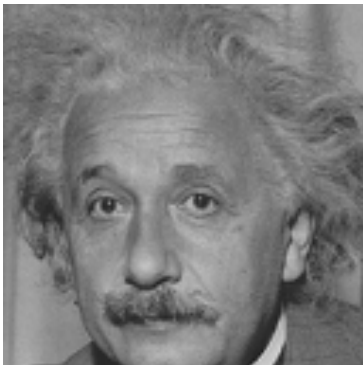
κάνναβος (grid) από τετράγωνα το καθένα από τα οποία περιέχει ένα χρώμα

το κάθε τετράγωνο ονομάζεται εικονοστοιχείο ή pixel

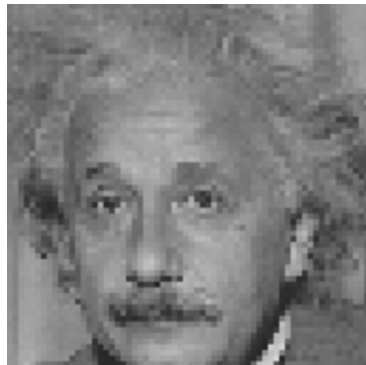


# Χωρική Ανάλυση

Η ψηφιοποίηση των χωρικών συντεταγμένων υλοποιείται μέσω *δειγματοληψίας* της εικόνας. Καθώς το πλήθος των δειγμάτων αυξάνει, δηλαδή όσο τα δείγματα γίνονται πιο πυκνά, βελτιώνεται η *ευκρίνεια* δηλαδή η *χωρική ανάλυση* της εικόνας.



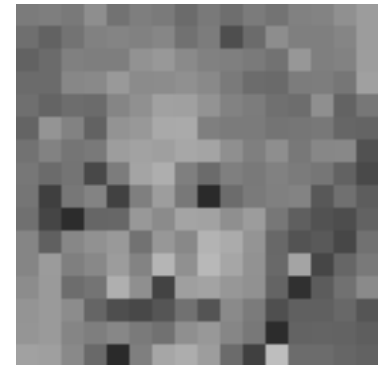
128x128



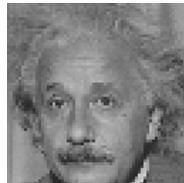
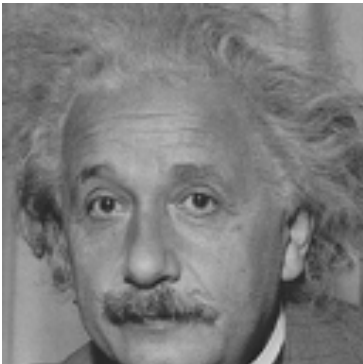
64x64



32x32



16x16

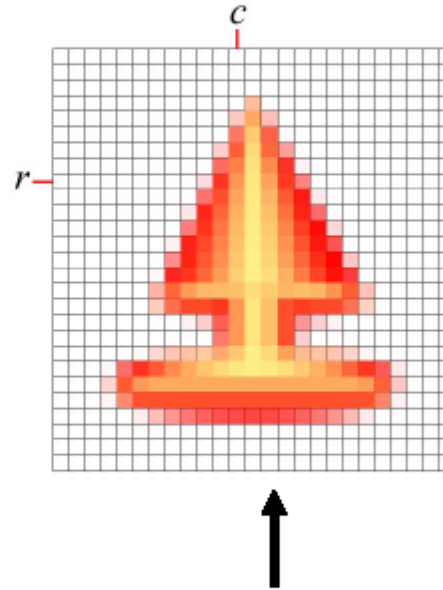
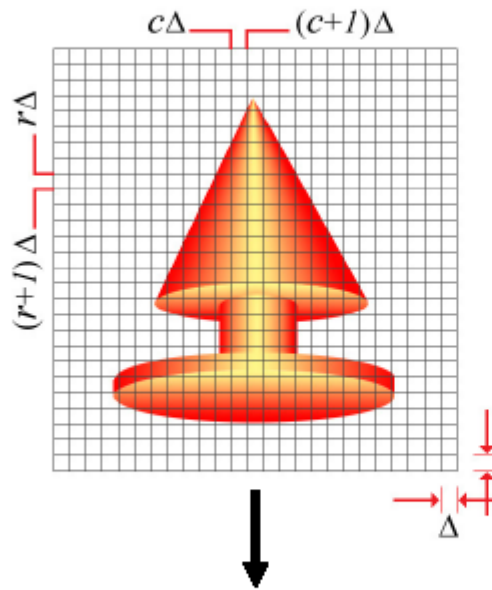


# Δειγματοληψία



$$I_C(\rho, \chi)$$

αναλογική εικόνα



$$I_S(r, c)$$

η εικόνα μετά από  
δειγματοληψία

$$I_S(r, c) = \frac{1}{\Delta^2} \int_{r\Delta}^{(r+1)\Delta} \int_{c\Delta}^{(c+1)\Delta} I_C(\rho, \chi) \delta\rho \delta\chi$$

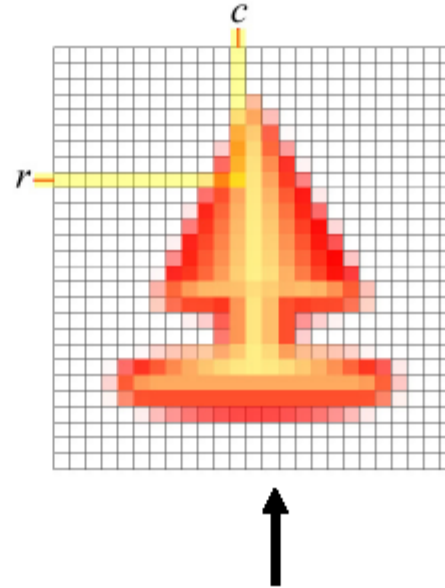
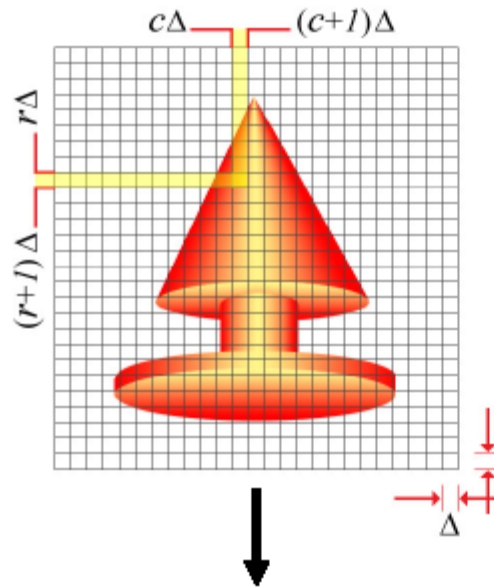
υπολογισμός μέσου όρου μέσα σε ένα τετράγωνο

# Δειγματοληψία



$$I_C(\rho, \chi)$$

αναλογική εικόνα



$$I_S(r, c)$$

η εικόνα μετά από  
δειγματοληψία

$$I_S(r, c) = \frac{1}{\Delta^2} \int_{r\Delta}^{(r+1)\Delta} \int_{c\Delta}^{(c+1)\Delta} I_C(\rho, \chi) \delta\rho \delta\chi$$

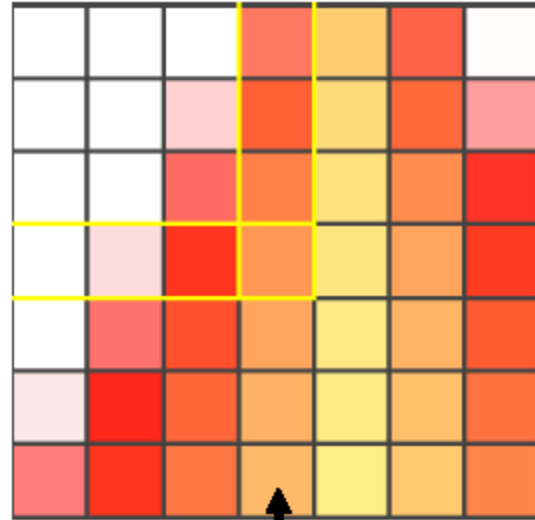
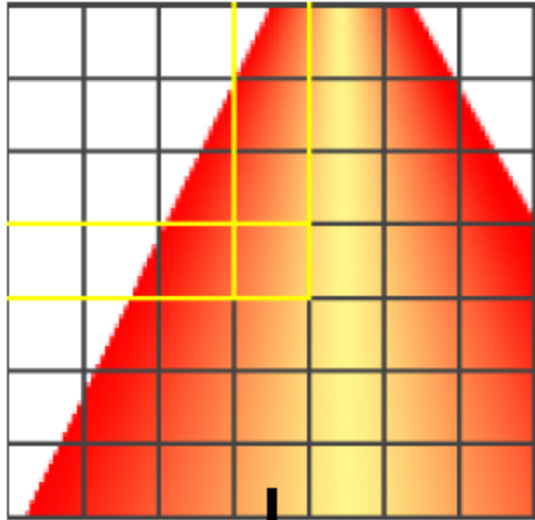
υπολογισμός μέσου όρου μέσα σε ένα τετράγωνο

# Δειγματοληψία



$$I_c(\rho, \chi)$$

αναλογική εικόνα



$$I_s(r, c)$$

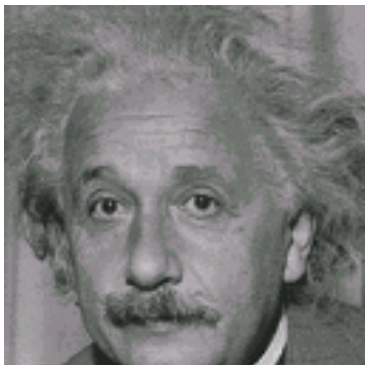
η εικόνα μετά από  
δειγματοληψία

$$I_s(r, c) = \frac{1}{\Delta^2} \int_{r\Delta}^{(r+1)\Delta} \int_{c\Delta}^{(c+1)\Delta} I_c(\rho, \chi) \delta\rho \delta\chi$$

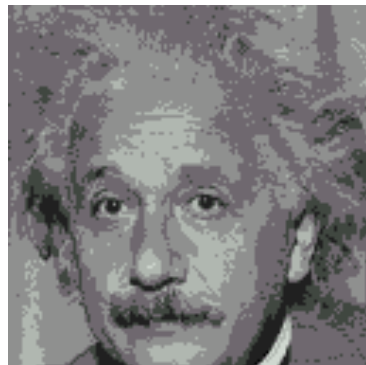
υπολογισμός μέσου όρου μέσα σε ένα τετράγωνο

# Βάθος Χρώματος

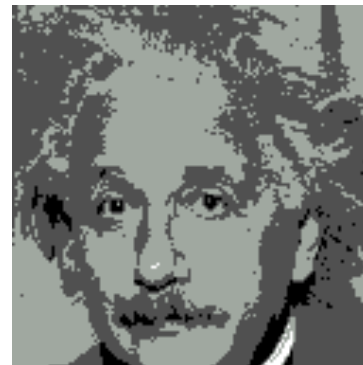
Η ψηφιοποίηση της φωτεινότητας επιτυγχάνεται μέσω της *κβάντισης* της εικόνας σε ένα προκαθορισμένο πλήθος τιμών που ονομάζονται επίπεδα κβάντισης (quantization levels) και αναπαριστούν χρώματα ή αποχρώσεις του γκριζου. Καθώς το πλήθος των επιπέδων κβάντισης αυξάνει, πιο πολλά bits απαιτούνται για την κωδικοποίησή τους. Το αποτέλεσμα είναι να αυξάνει το λεγόμενο *βάθος χρώματος* της ψηφιακής εικόνας (δηλαδή, το πλήθος των bits που απαιτούνται για την κωδικοποίηση των χρωμάτων της εικόνας).



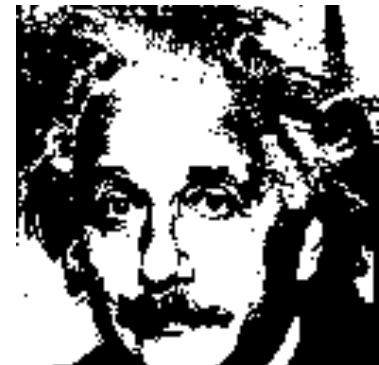
32 gray levels



8 gray levels



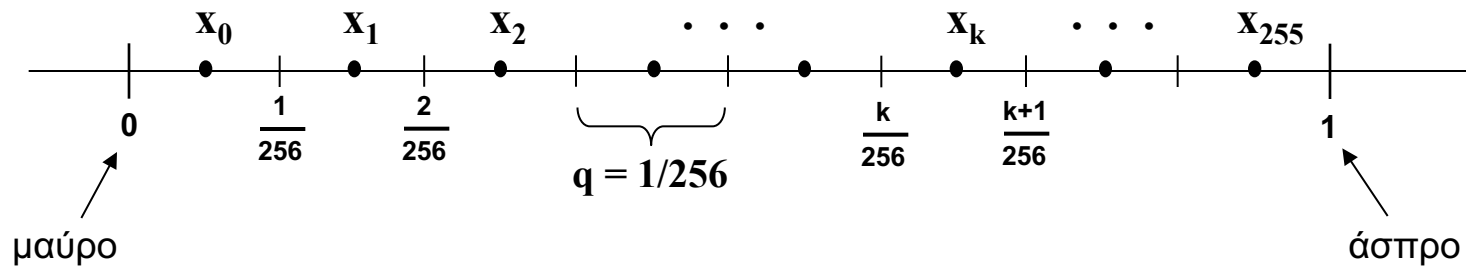
4 gray levels



2 gray levels

# Κβάντιση μονοχρωματικής εικόνας

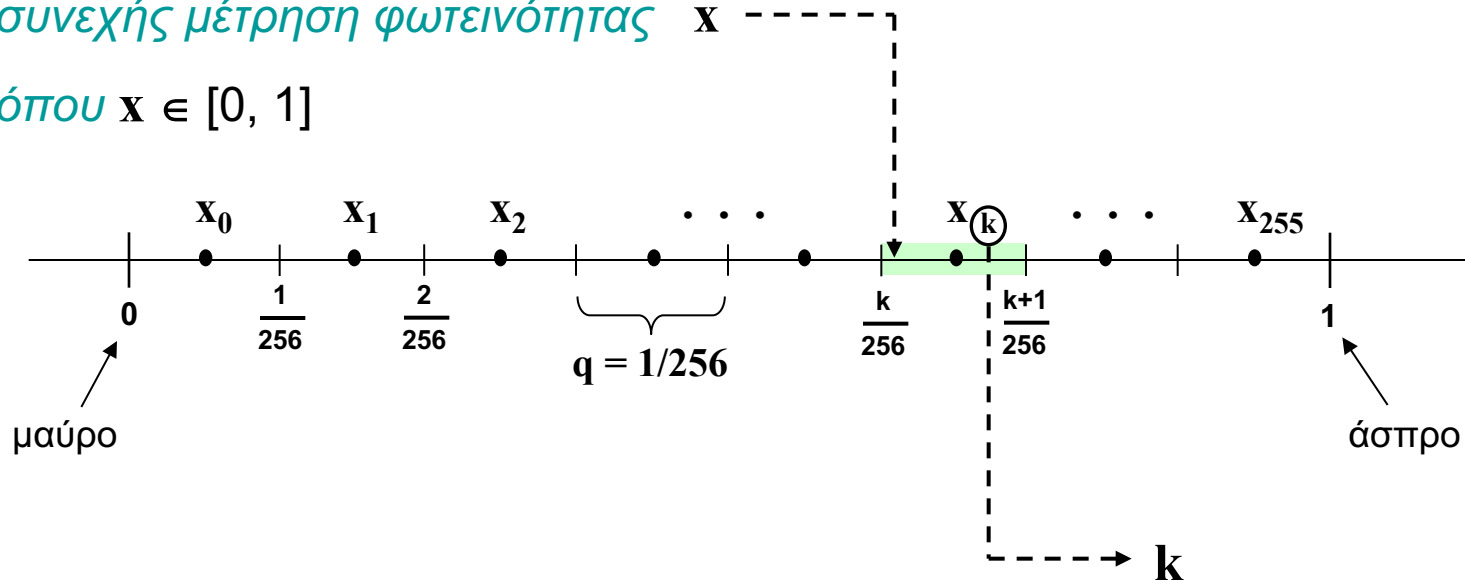
Έστω ότι επιλέγουμε κβάντιση σε κλίμακα 256 ακεραίων, δηλαδή σε  $L = 256$  επίπεδα κβάντισης  $x_0, x_1, \dots, x_{255}$ . Τότε το *βήμα κβάντισης* θα είναι  $q = 1/L = 1/256$ .



# Παράδειγμα κβάντισης

συνεχής μέτρηση φωτεινότητας  $x$

όπου  $x \in [0, 1]$

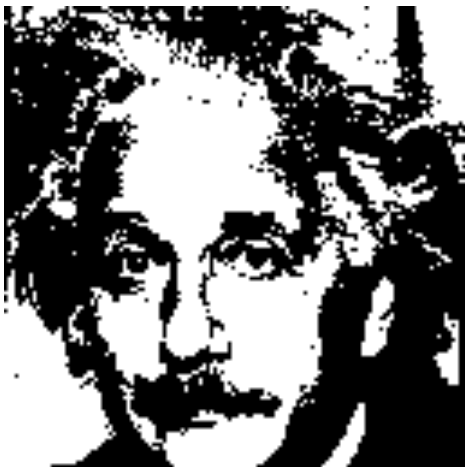


κβάντιση φωτεινότητας στο  $x_k$  και

κωδικοποίηση στην τιμή γκρίζου  $k$

όπου  $k \in \{0, \dots, 255\}$

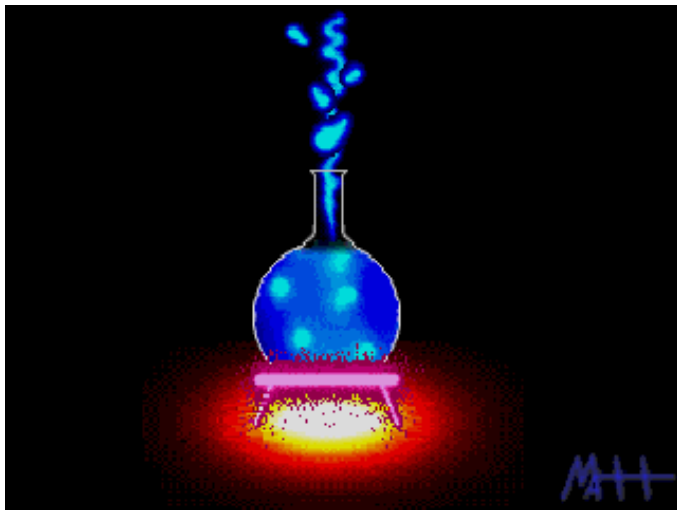




**Ασπρόμαυρη (B&W) εικόνα: 1bit/pixel**



**Μονοχρωματική (gray-level) εικόνα: 8bits/pixel**



**Δεικτοδοτημένη (indexed) έγχρωμη εικόνα: 4bits/pixel. Χρησιμοποιεί χρωματικό χάρτη (colormap) 16 χρωμάτων.**



**True color εικόνα: 24bits/pixel**

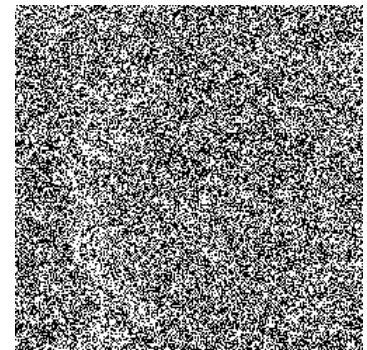
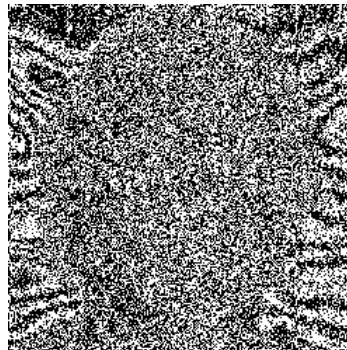
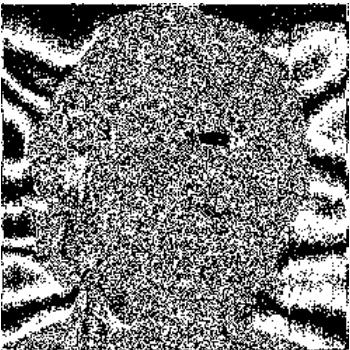
# Bit-επίπεδα (bit-planes)



gray-level image



MSB



LSB

# **Το οπτικό σύστημα του ανθρώπου**

# Το ανθρώπινο μάτι

cornea = κερατοειδής χιτώνας

retina = αμφιβληστροειδής χιτώνας

iris = ίριδα

lens = φακός ματιού

sclera = σκληρός χιτώνας

choroid = χοριοειδής χιτώνας

ciliary body = ακτινωτό σώμα

fovea = κεντρικό βοθρίο

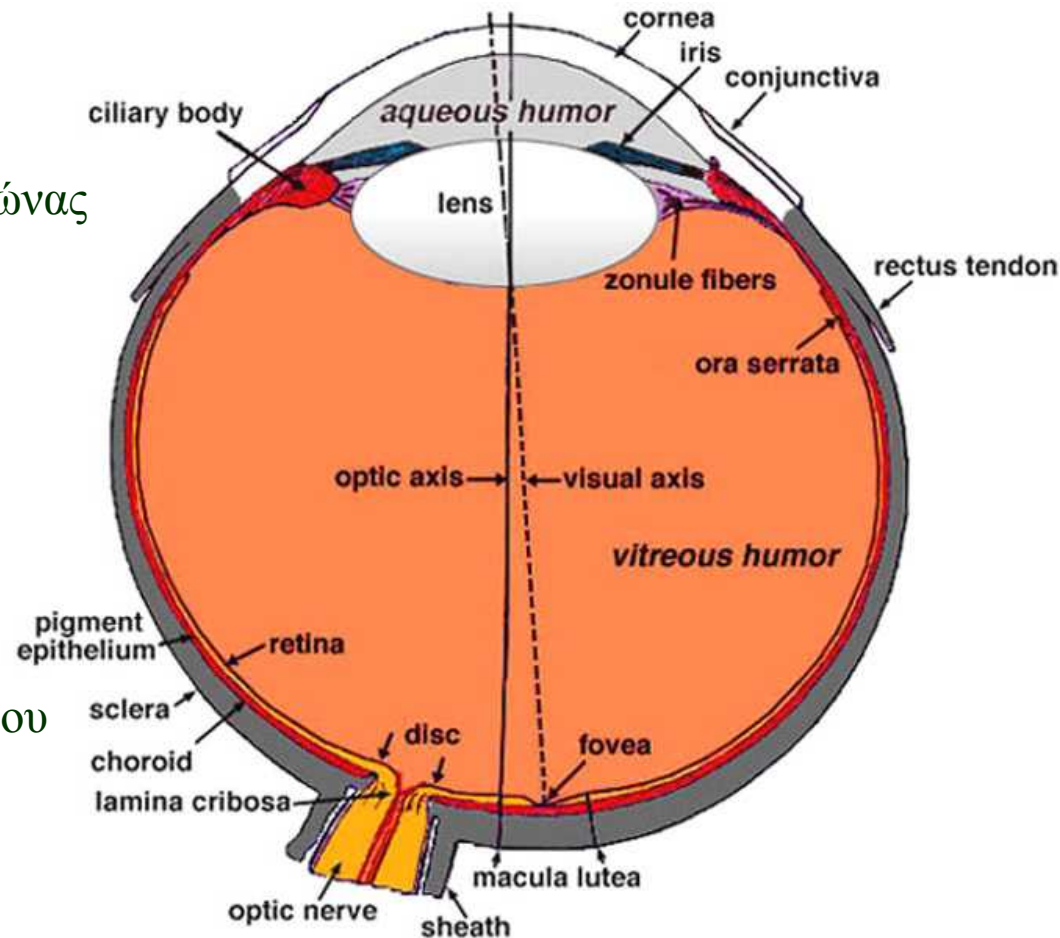
macula lutea = ωχρά κηλίδα<sup>[1]</sup>

optic nerve = οπτικό νεύρο

optic disk = απόληξη οπτικού νεύρου

optic axis = γεωμετρικός άξονας<sup>[2]</sup>

visual axis = οπτικός άξονας<sup>[3]</sup>

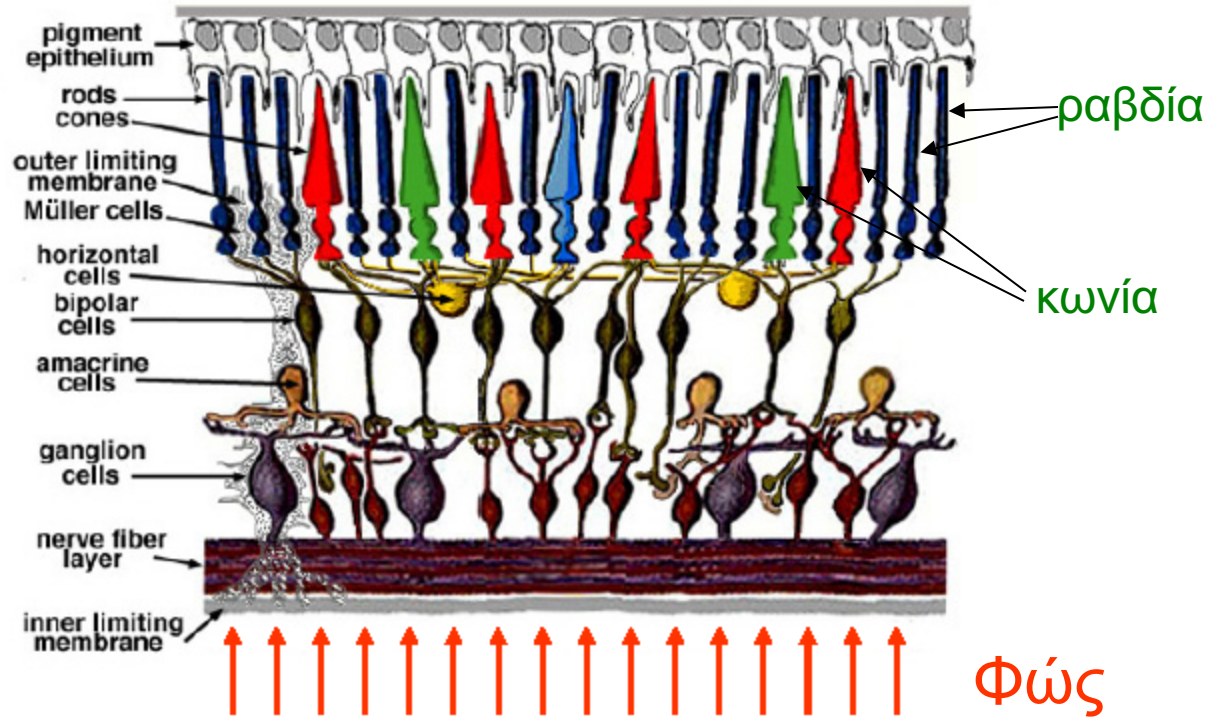


<sup>[1]</sup> ωχρά κηλίδα = κεντρική περιοχή του αμφιβληστροειδούς με μέγιστη οπτική οξύτητα

<sup>[2]</sup> ο γεωμετρικός άξονας ενώνει τους δύο πόλους του ματιού: του διαφανούς και του αδιαφανούς τμήματος του βολβού

<sup>[3]</sup> ο οπτικός άξονας ενώνει το κεντρικό βοθρίο με το ουδέτερο σημείο του φακού και συνεχίζεται προς το αντικείμενο παρατήρησης

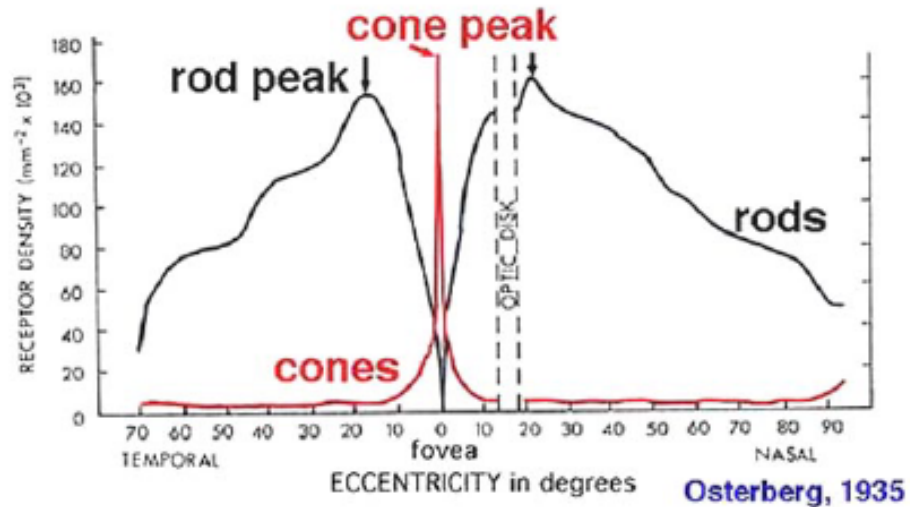
# Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας



Διάγραμμα από: <http://webvision.med.utah.edu/>



# Πυκνότητες φωτοϋποδοχέων

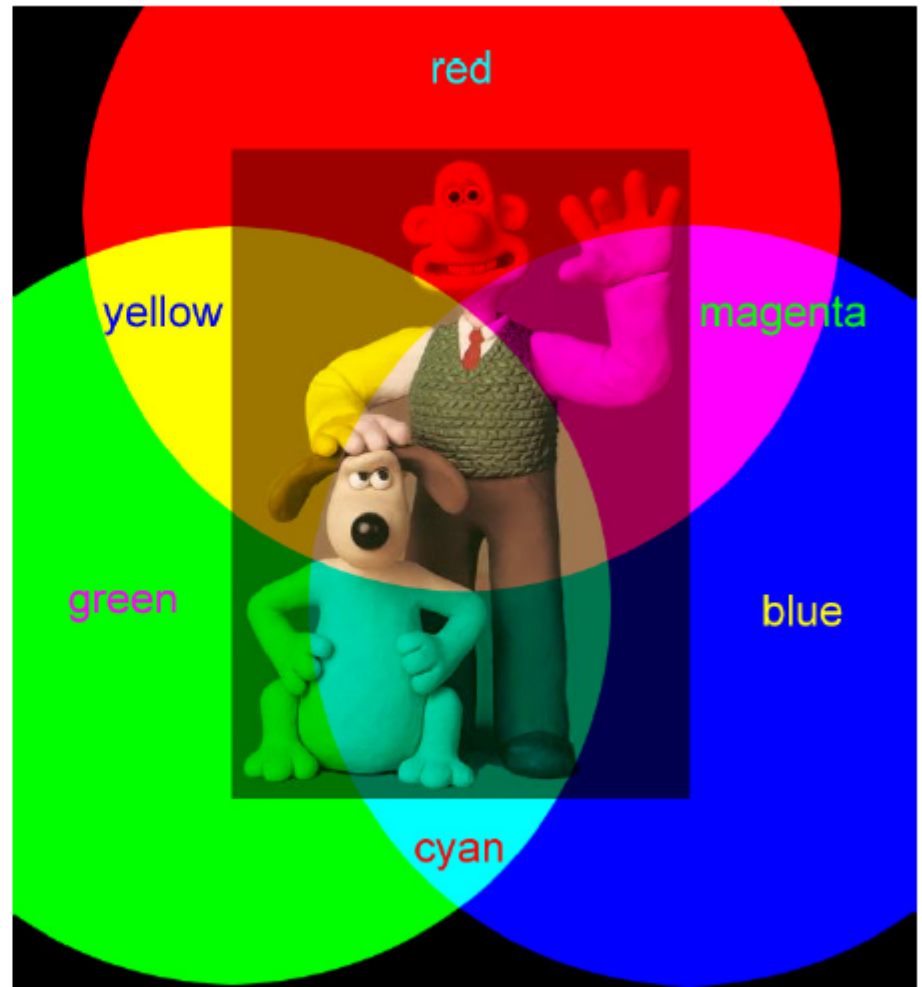


Διάγραμμα με τις πυκνότητες ραβδίων και κωνίων κατά μήκος του οριζόντιου μεσημβρινού

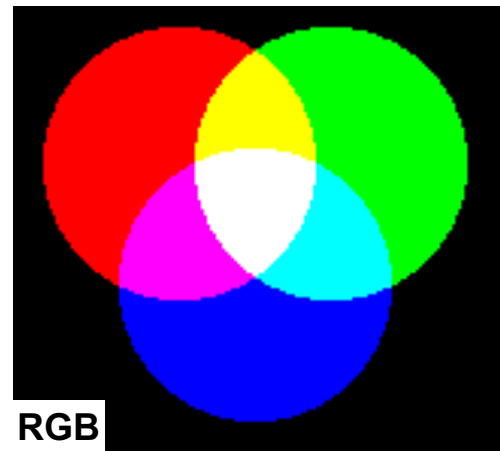
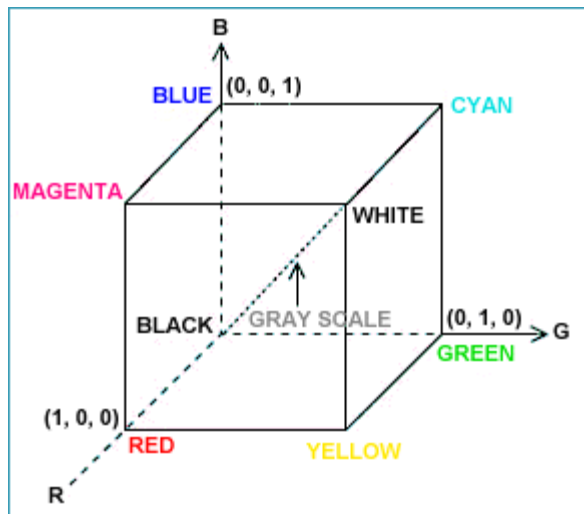
Διάγραμμα από: <http://webvision.med.utah.edu/>

# Έγχρωμες εικόνες

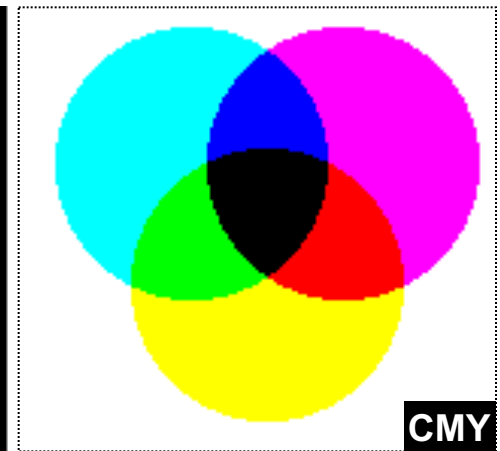
- ❖ Δημιουργούνται από τρεις χρωματικές μπάντες φωτεινότητας (π.χ. RGB).
- ❖ Η κάθε μπάντα προβάλλεται μέσω ενός κατάλληλου χρωματικού φίλτρου (π.χ. κόκκινου, πράσινου ή μπλε) προκειμένου να δημιουργηθεί μια μονοχρωματική έγχρωμη εικόνα.
- ❖ Με υπέρθεση των μονοχρωματικών έγχρωμων εικόνων δημιουργούμε την (truecolor) έγχρωμη εικόνα.
- ❖ Κάθε pixel της έγχρωμης εικόνας είναι ένα τρισδιάστατο διάνυσμα.



# Χρωματικοί χώροι

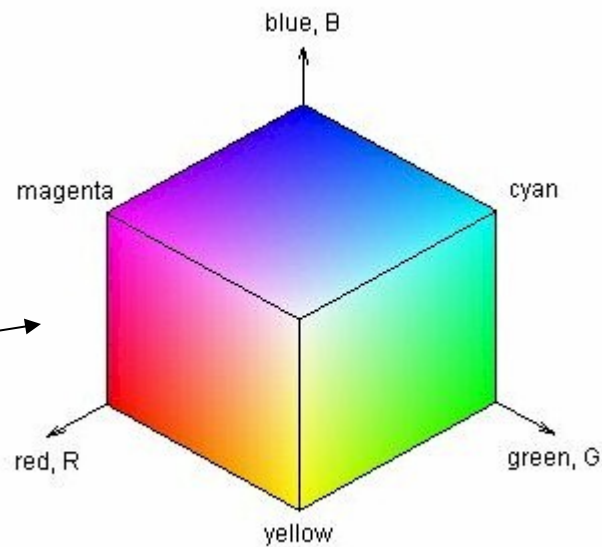


οθόνη



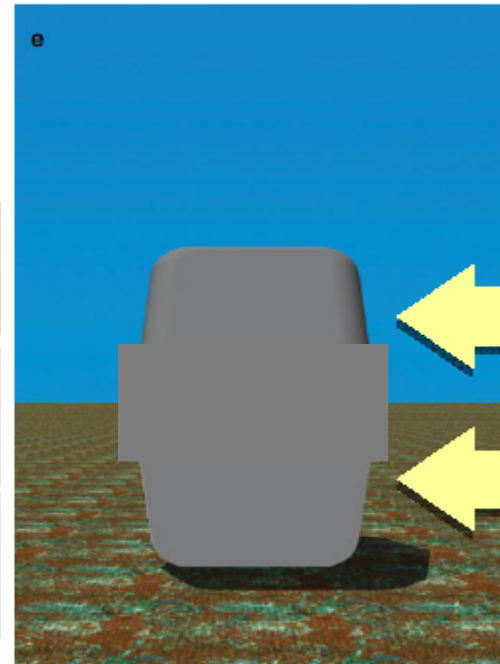
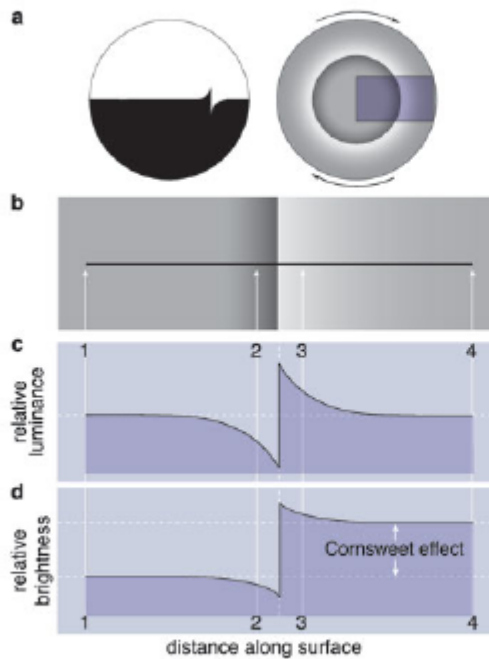
ΕΚΤΥΠΩΤΗΣ

RGB





# Αντίληψη χρωμάτων: το φαινόμενο Cornsweet



The top is darker...

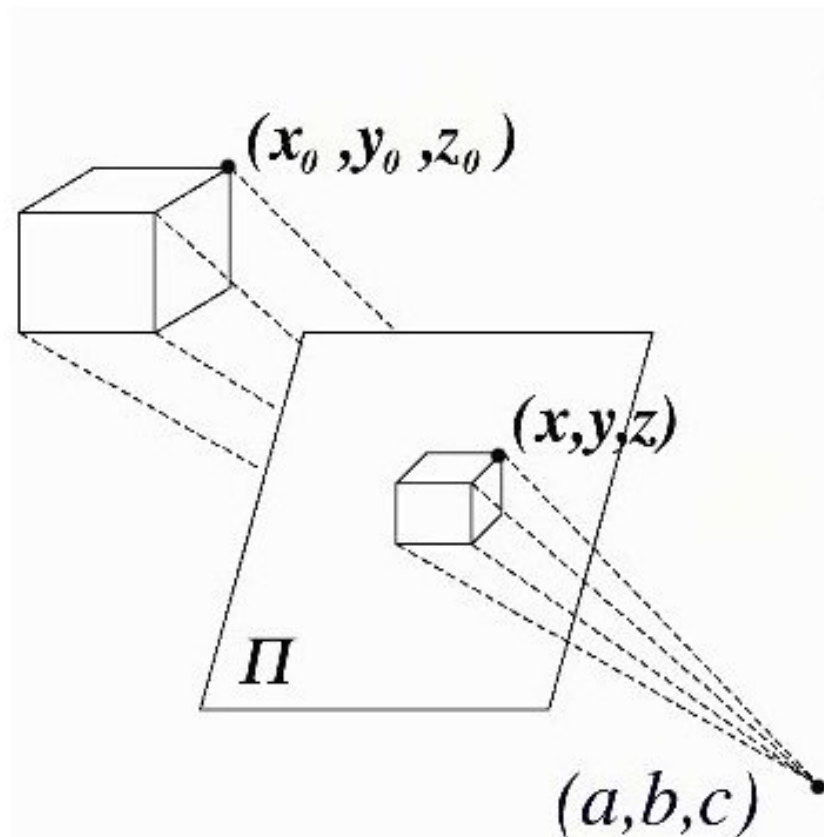
...than the bottom,

Right?

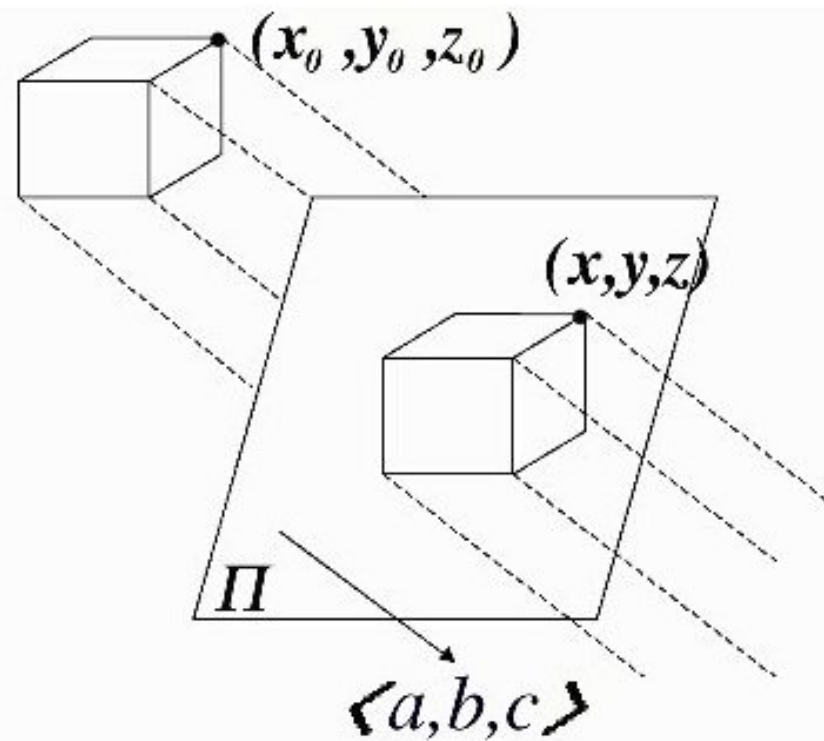
# Γεωμετρία απεικόνισης: μονοσκοπική όραση

- Η *σημειακή προβολή* είναι το βασικό μοντέλο που χρησιμοποιεί το ανθρώπινο μάτι, οι κάμερες και άλλες συσκευές απεικόνισης
- Οι συσκευές αυτές ενεργούν όπως και η *κάμερα σημειακής οπής*: προβάλλουν τα σημεία του 3D πραγματικού χώρου, διαμέσου ενός μόνο σημείου, στο *επίπεδο της εικόνας*.
- Οι δύο βασικοί προβολικοί μετασχηματισμοί:
  - *προοπτική προβολή*
  - *ορθογραφική προβολή*

# Γεωμετρία απεικόνισης

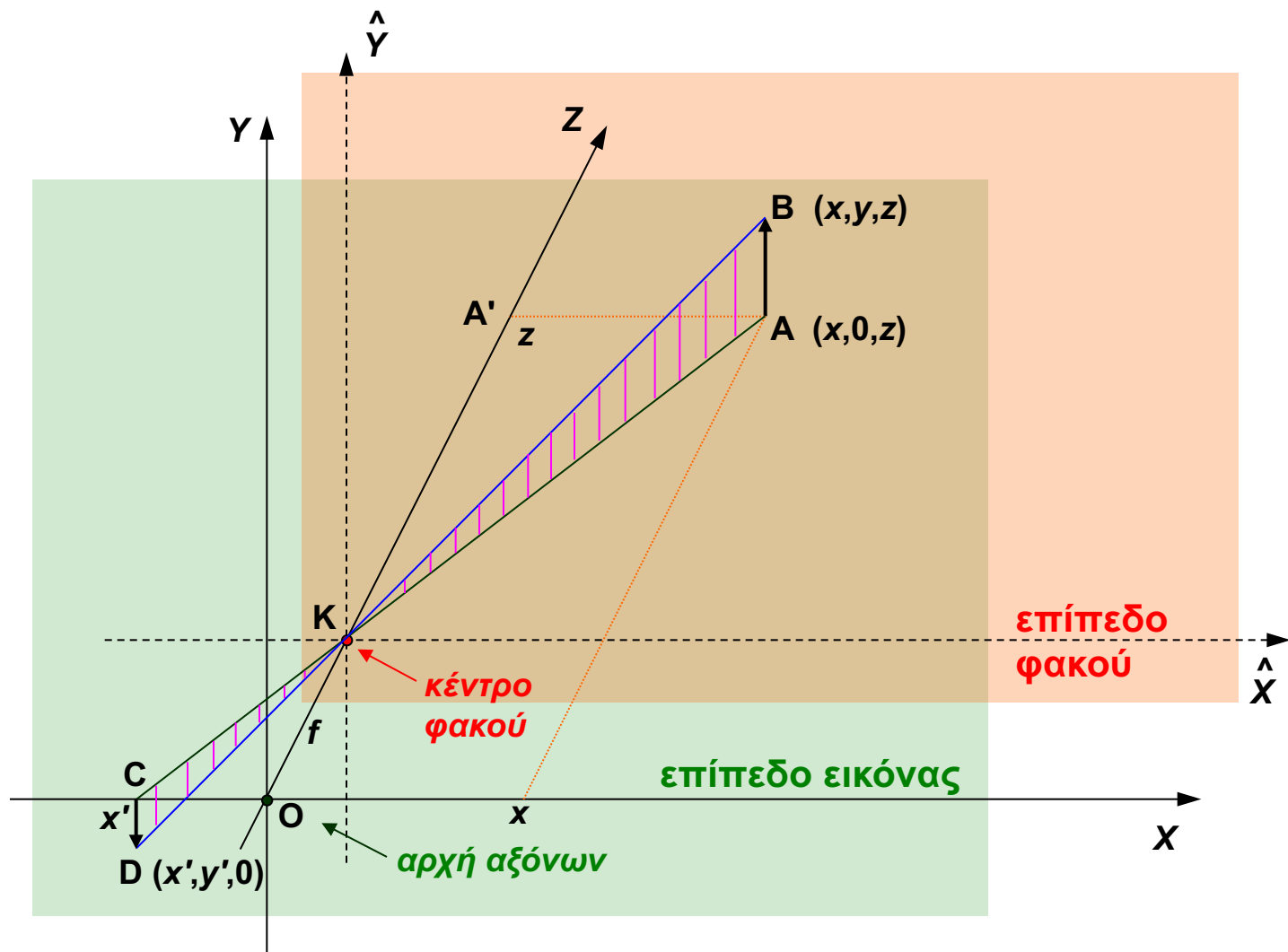


προοπτική προβολή



ορθογραφική προβολή

# Προοπτική παραμόρφωση



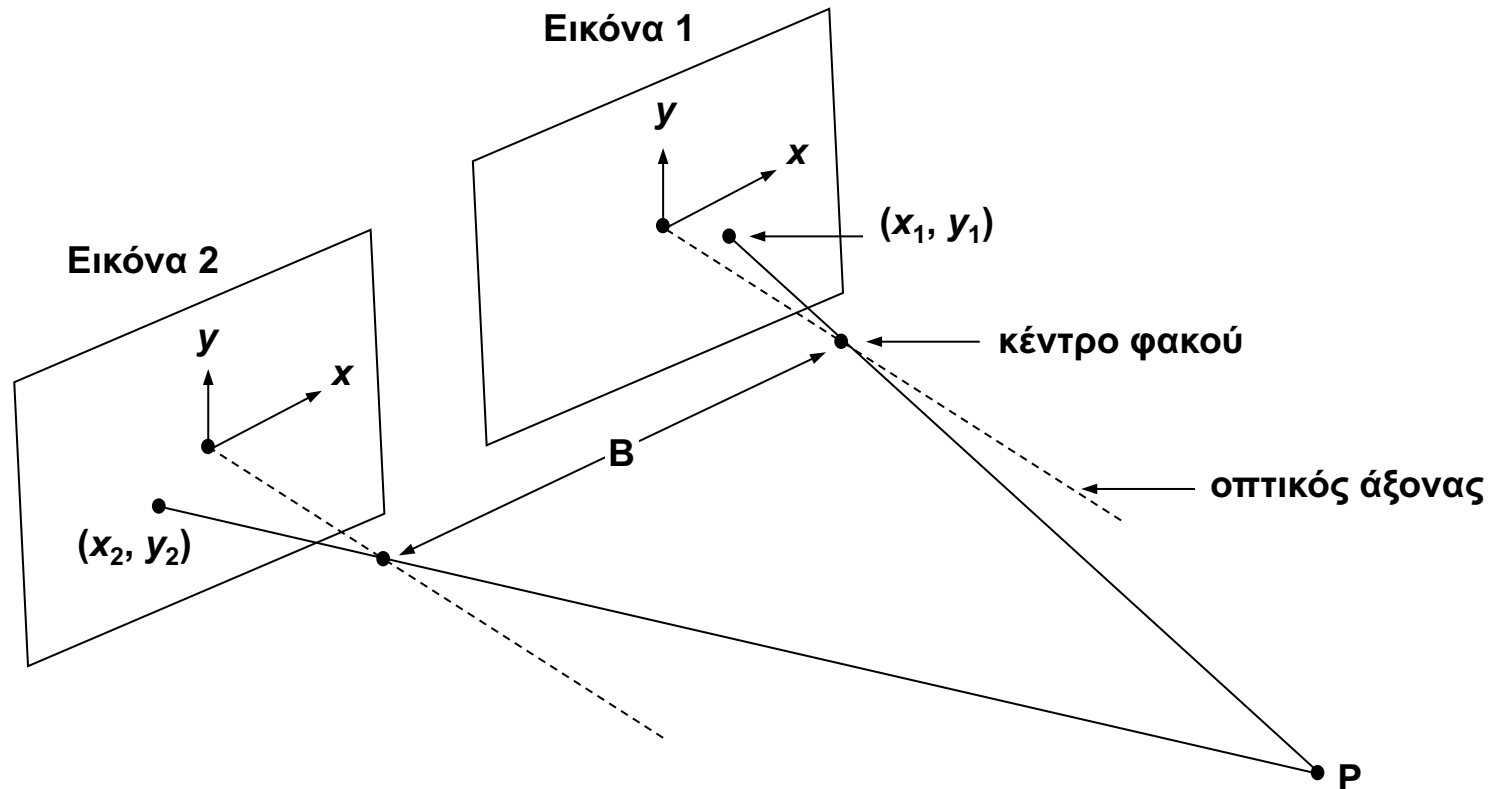
Από τα όμοια τρίγωνα  $ABK$ ,  $KCD$  και  $AKA'$ ,  $KOC$  έχουμε:

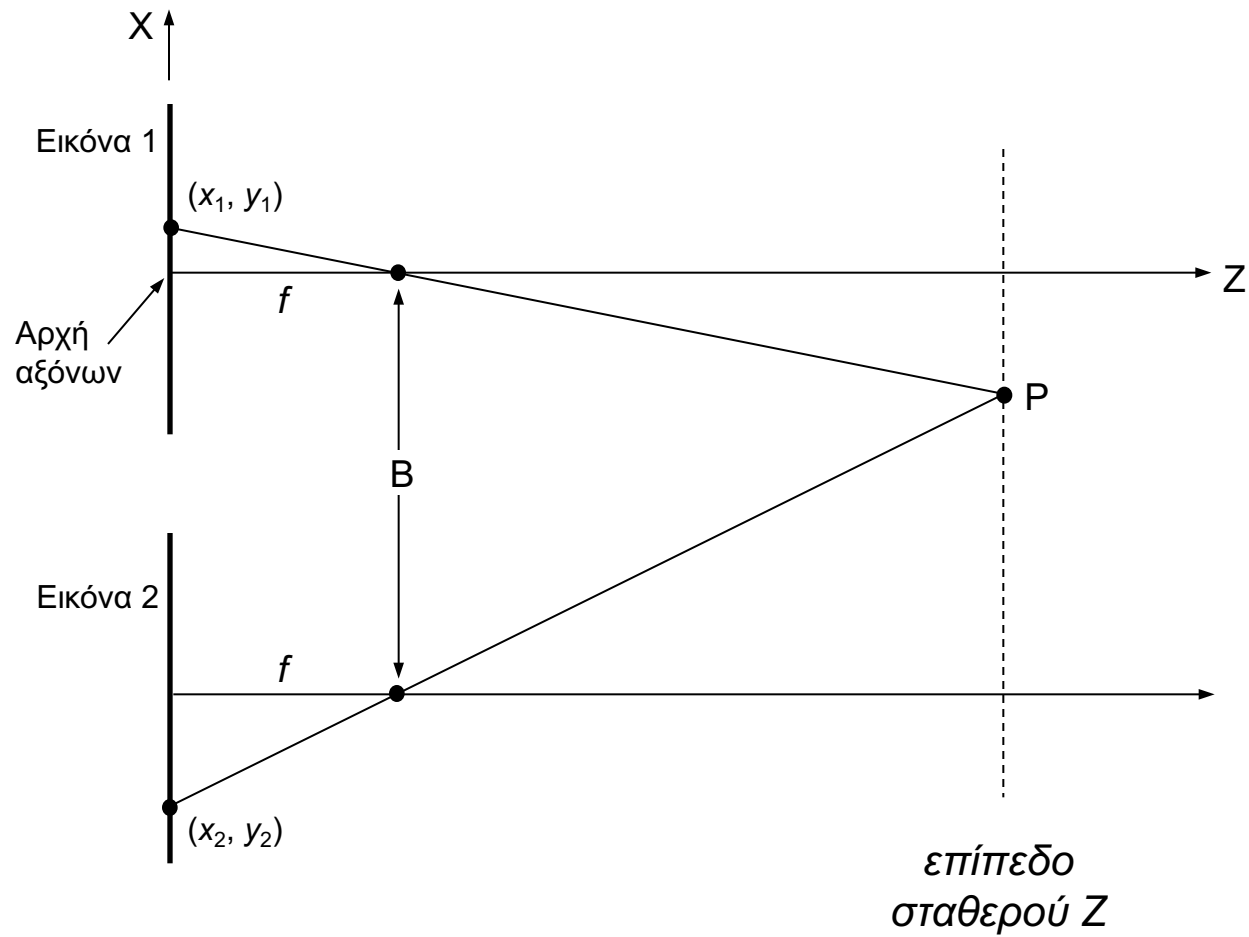
Προοπτικός μετασχηματισμός:  $(x', y', z') = \left( \frac{f}{f - z} x, \frac{f}{f - z} y, \frac{f}{f - z} z \right)$

Η προοπτική παραμόρφωση χρησιμοποιείται εκτεταμένα από τους ανθρώπους για την εξαγωγή του σχετικού βάθους / σχετικής απόστασης των αντικειμένων.



# Γεωμετρία απεικόνισης: στερεοσκοπική όραση





Απόσταση σημείου P από το επίπεδο των εικόνων: 
$$Z = f - \frac{f B}{x_2 - x_1}$$

# Βιβλιογραφία

Οι παρούσες διαφάνειες έχουν δημιουργηθεί από τον Καθηγητή κ. Ν. Βασιλά για το μάθημα «Επεξεργασία Εικόνας», ακαδημαϊκό έτος 2017-2018.