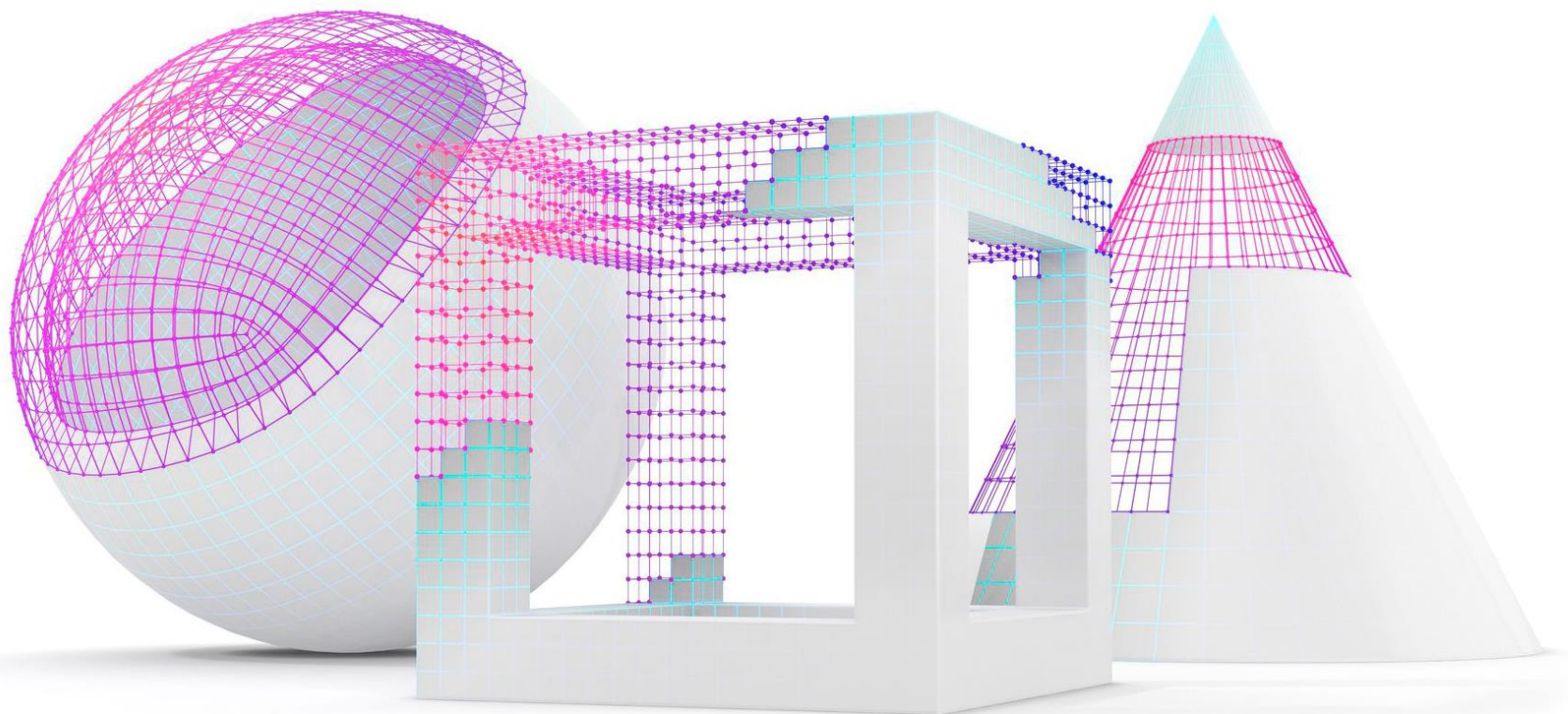




Γραφικά Υπολογιστών

Γραφική Σωλήνωση

Andreas Aristidou

andarist@ucy.ac.cy

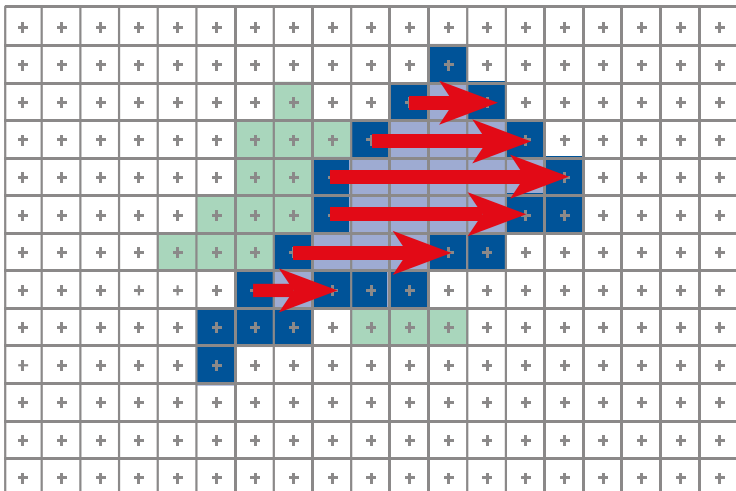
<http://www.andreasaristidou.com>

Δύο γενικές προσεγγίσεις για δημιουργία εικόνων

A. Rendering Pipeline

- For each triangle
 - For each projected pixel

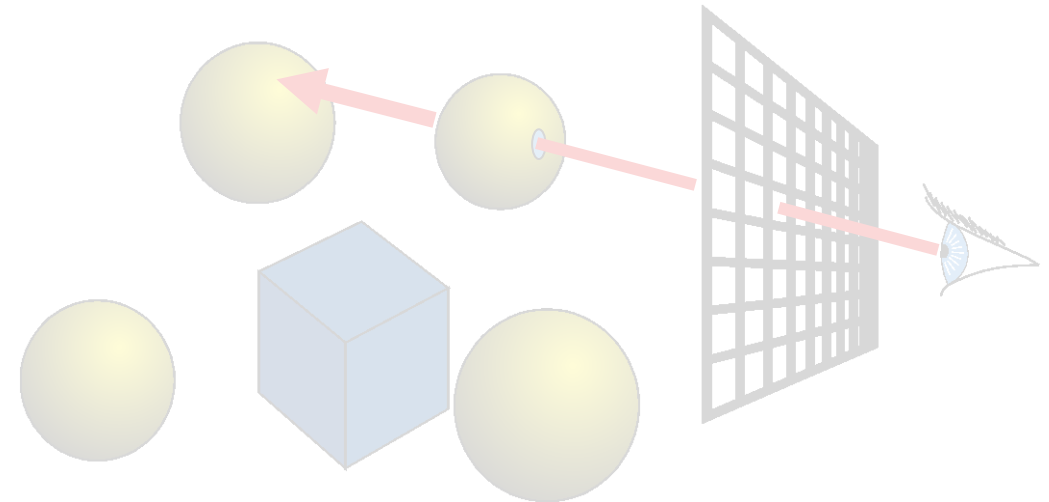
Project scene to the pixels



B. Ray Casting

- For each pixel
 - For each object

Send pixels to the scene



Ray Casting: *Βολή Ακτίνας*

- Πολύ απλή μέθοδος
- Πολύ «ρεαλιστικές» εικόνες
- Αλλά: αργή – σίγουρα όχι «πραγματικού χρόνου»



But we are getting close...



https://youtu.be/1IliQZw_p_E

Μπορούμε να επιταχύνουμε απλοποιώντας

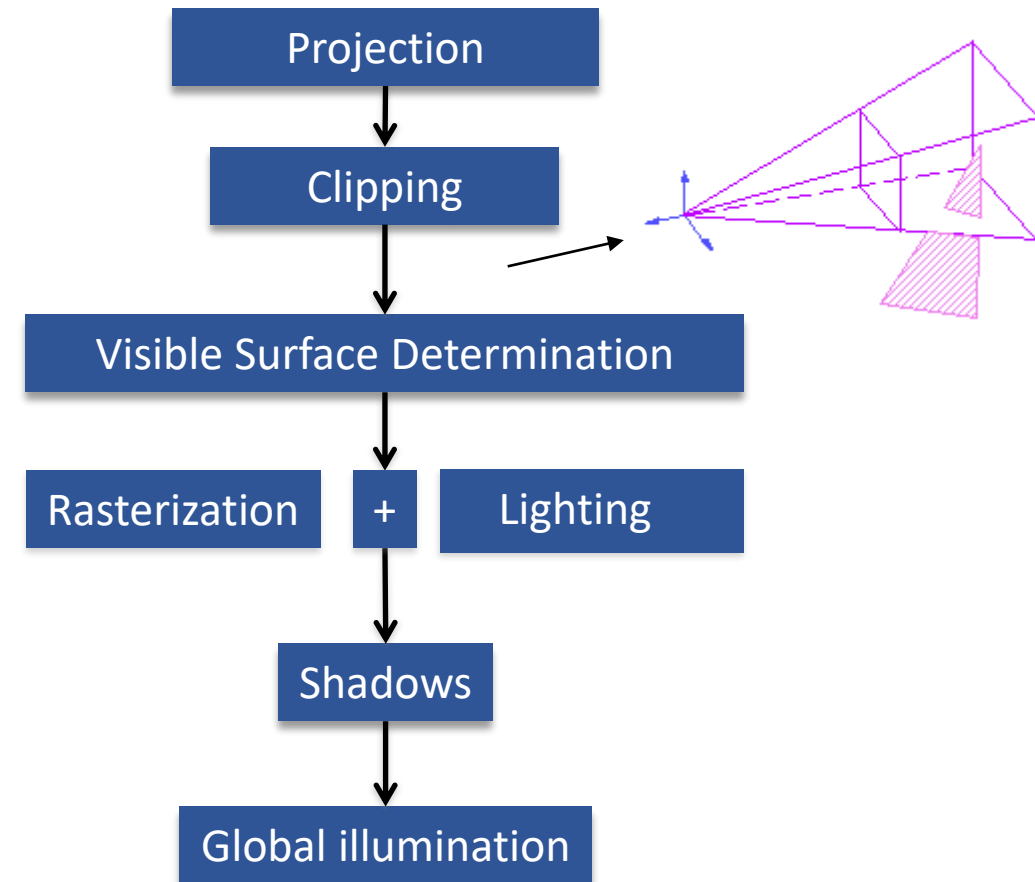
- Η διαδικασία βολής ακτίνας είναι πολύ αργή
 - Π.χ. για μια αγελάδα έχουμε 10.000 τρίγωνα, αλλά για να δημιουργήσουμε μια εικόνα 1000 x 1000 pixels πρέπει να ρίξουμε 1.000.000 πρωτογενείς ακτίνες, όπου η κάθε μια θα πρέπει να διασταυρώσει τα 10.000 τρίγωνα (και στη συνέχεια να προσθέσουμε αντανakλάσεις, σκιές, κλπ.)
- Μείωση του καθολικού φωτισμού (δηλαδή χωρίς αναδρομή)
- Μείωση του φωτισμού, άφησε μόνο το φωτισμό από το περιβάλλον
- Θεωρούμε πως υπάρχουν μόνο πολύγωνα
- Αντί να ανιχνεύουμε ακτίνες σε κάθε pixel, απλώς εντοπίζουμε τις στις κορυφές και γεμίζουμε το ενδιάμεσο διάστημα
 - Περισσότερα σε επόμενες διαλέξεις

Rendering Pipeline: Γραφική Σωλήνωση

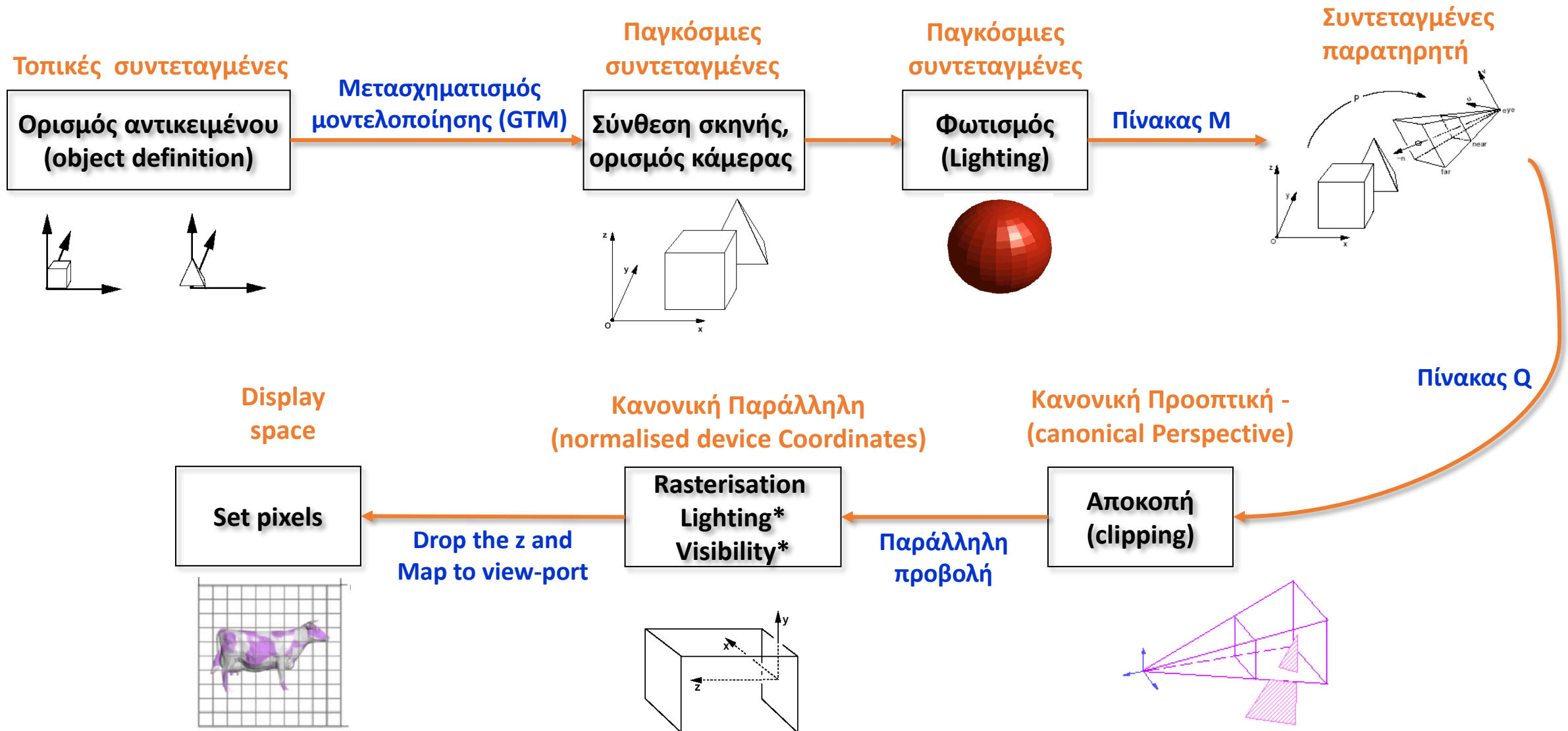
- Στα γραφικά υπολογιστών, **computer graphics pipeline**, **rendering pipeline**, ή απλά **graphics pipeline**, είναι ένα εννοιολογικό μοντέλο που περιγράφει τα βήματα που πρέπει να εκτελέσει ένα σύστημα γραφικών για να αποδώσει μια σκηνή 3D σε μια οθόνη 2D.
- Ο 3D γραφική σωλήνωση αναφέρεται συνήθως στην πιο κοινή μορφή 3D απόδοσης σε υπολογιστή, και συνήθως ονομάζεται απόδοση 3D πολυγώνου
 - Διαφέρει από τη βολή ακτίνας (ray casting) και την παρακολούθηση ακτίνας (ray tracing).
 - Στο **ray casting**, μια ακτίνα εκπέμπεται από το σημείο όπου βρίσκεται η κάμερα, και εάν αυτή η ακτίνα χτυπά μια επιφάνεια ενός αντικειμένου, τότε υπολογίζεται το χρώμα και ο φωτισμός του σημείου στην επιφάνεια που χτύπησε η ακτίνα, και αυτό ορίζεται σαν το χρώμα του pixel.
 - Αντίθετα, στο **3D polygon rendering**, υπολογίζεται η περιοχή που είναι στο εύρος θέασης της κάμερας, και στη συνέχεια δημιουργούνται ακτίνες από κάθε μέρος της κάθε επιφάνειας, τα οποία προβάλλονται πίσω στην κάμερα.

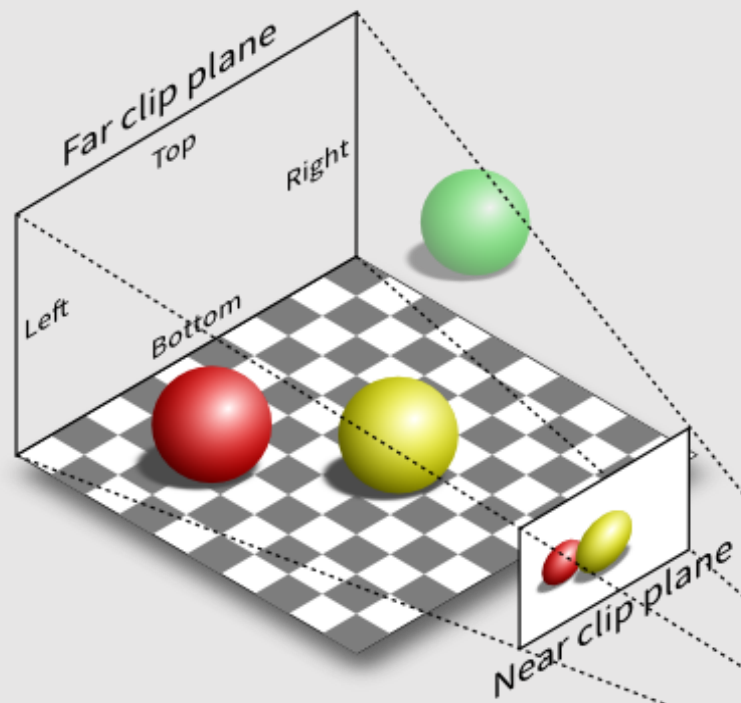
Γραφική Σωλήνωση

- Παρόλο που αυτή η προσέγγιση δίνει πολύ ψηλότερες ταχύτητες από ότι η **βολή ακτίνας**, δημιουργεί διάφορα προβλήματα που πρέπει να λυθούν:
 - Projecting the vertices (προβολές)
 - Clipping to the view volume (αποκοπή)
 - Visible surface determination (απόκρυψη)
 - Rendering a polygon in 2D (σάρωση)
 - Lighting (Φωτισμός)
 - Shadows (σκιές)
 - Global illumination (Radiosity) (γενικός φωτισμός)
- Σήμερα
 - Προβολή κορυφών

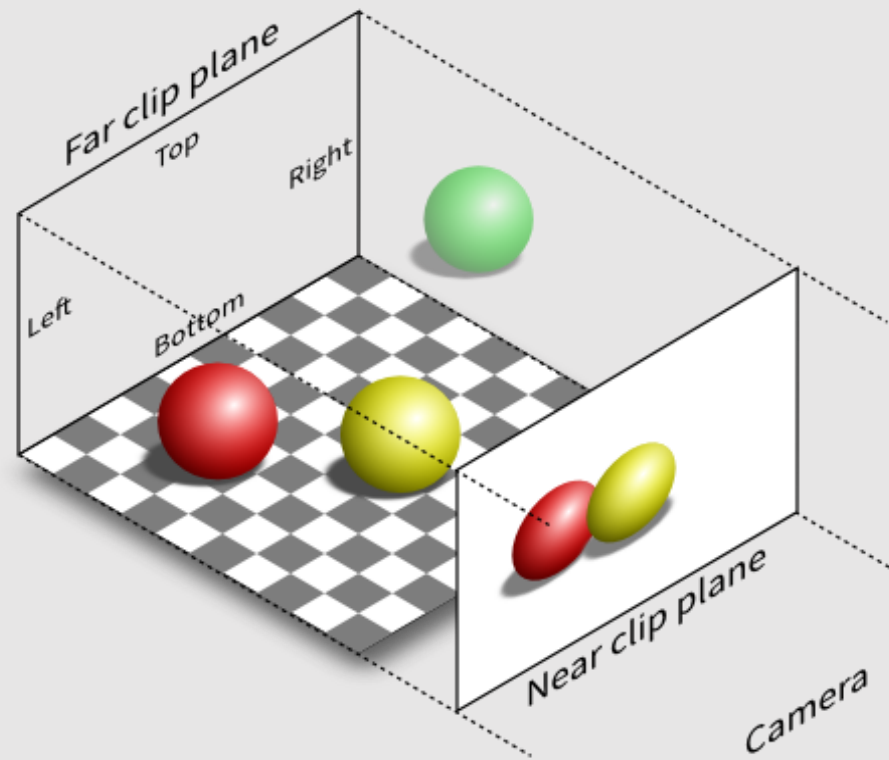


The Graphics Pipeline





Perspective projection (P)



Orthographic projection (O)

Γραφικά Υπολογιστών

Προβολή

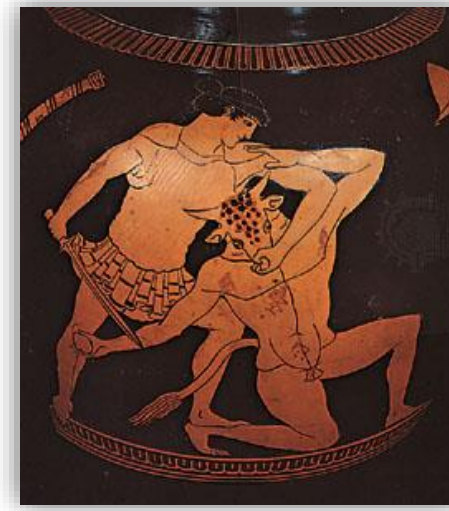
Andreas Aristidou

andarist@ucy.ac.cy

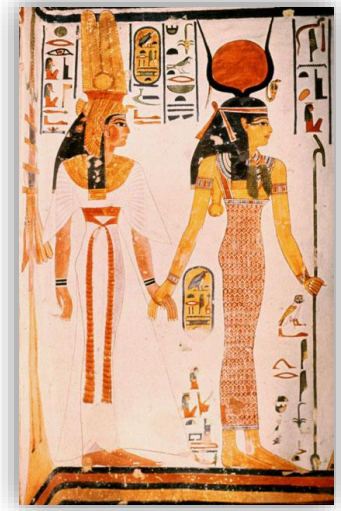
<http://www.andreasaristidou.com>

Ιστορία της προβολής στην τέχνη

- Σημάδια προσπαθειών για απόδοση της προοπτικής
 - *Ελληνικό βάζο*: Προσέξτε τα σχετικά μεγέθη των μηρών και ποδιών του Μινώταυρου
 - *Αιγυπτιακή τοιχογραφία*: Παρατηρήστε πώς η απεικόνιση του σώματος παραπέμπει σε μπροστινή όψη, αλλά τα πόδια και το κεφάλι υπονοούν πλευρική όψη (πρώιμος κυβισμός!)
- Η ζωγραφική ήταν βασισμένη σε μια μυθική ιστορία
- Η προβολή επιτυγχανόταν μέσω της χρήσης σκιών
 - Λεπτομέρεια από: ***The Invention of Drawing (1830)*** – Karl Friedrich Schinkel



Greek vase from the late 6th century BC



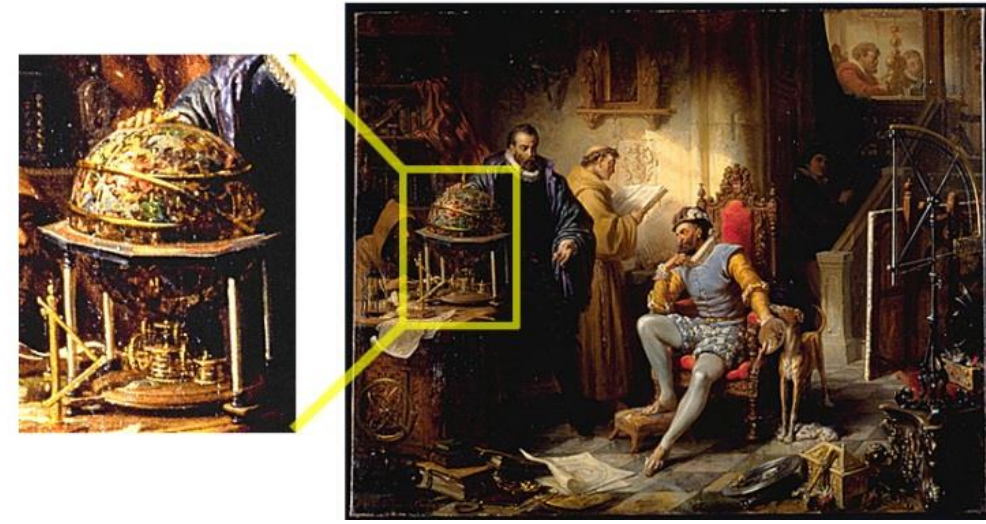
Tomb of Nefertari, Thebes (19th Dyn, ~1270 BC), *Queen Led by Isis*.



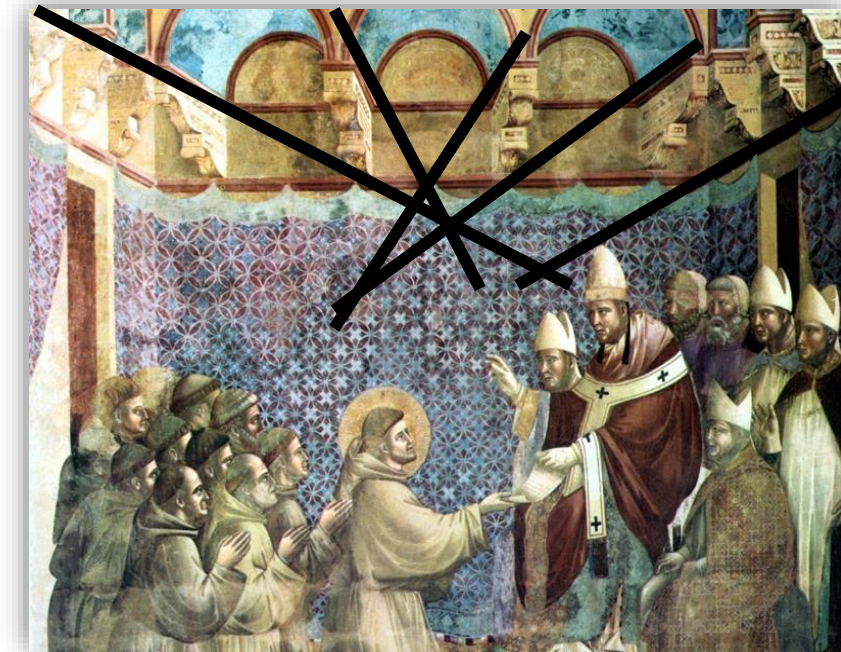
William J. Mitchell, *The Reconfigured Eye*, Fig 1.1

Ιστορία της προβολής στην τέχνη

- Τον 13ο αιώνα άρχισε να δίνετε έμφαση στη σημασία της ατομικής προοπτικής (viewpoint), της παγκόσμια ερμηνείας, της δύναμη της παρατήρησης (ιδιαίτερα της φύσης: Αστρονομία, ανατομία, κλπ.)
 - *Masaccio, Donatello, DaVinci, Newton*
- Στην τέχνη, ξεκίνησε μια προσπάθεια να αναπαρασταθεί ο 3Δ χώρος πιο ρεαλιστικά, επικαλούμενος την αίσθηση του χώρου (όχι όμως συστηματική προσέγγιση)
 - Οι γραμμές συγκλίνουν, αλλά όχι σε ένα συγκεκριμένο σημείο



William J. Mitchell, *The Reconfigured Eye*, Fig 1.1



Giotto, *Franciscan Rule Approved*, Assisi, Upper Basilica, c.1288-1292

Ιστορία της προβολής στην τέχνη

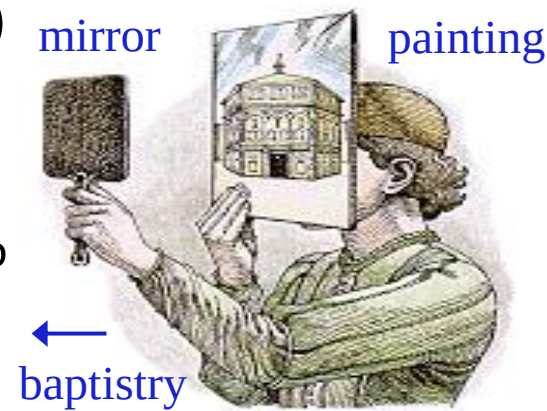
- Ο Vermeer και άλλοι δημιούργησαν *perspective boxes*, που όταν μια εικόνα προβαλλόταν μέσω μιας τρύπας θέασης, είχε σωστή προοπτική.
- Ο Brunelleschi εφηύρε μια συστηματική μέθοδο καθορισμού των προοπτικών προβολής (αρχές του 1400). Δημιούργησε ένα πάνελ επίδειξης (demonstration panels) με συγκεκριμένους περιορισμούς θέασης/προβολής για μεγάλη ακρίβεια στην αναπαραγωγή της εικόνας.
 - Η προοπτική είναι ακριβής μόνο από ένα POV (point of view)
 - Για τον Brunelleschi αναφέρθηκε ότι έχει προσδιορίσει ακρίβεια στα έργα του, κάνοντας μια τρύπα σε ένα σημείο, εξέταζε την αντανάκλαση του μοντέλου σε έναν καθρέφτη, και σύγκρινε τη γραμμή προβολής με το πραγματικό μοντέλο
 - Η ψευδαίσθηση που δημιούργησε ενέπνευσε και άλλους καλλιτέχνες να εξερευνήσουν την γραμμική προοπτική



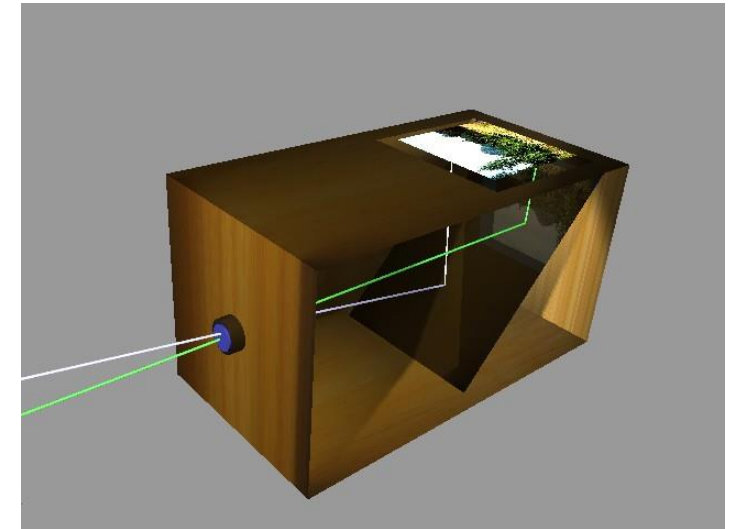
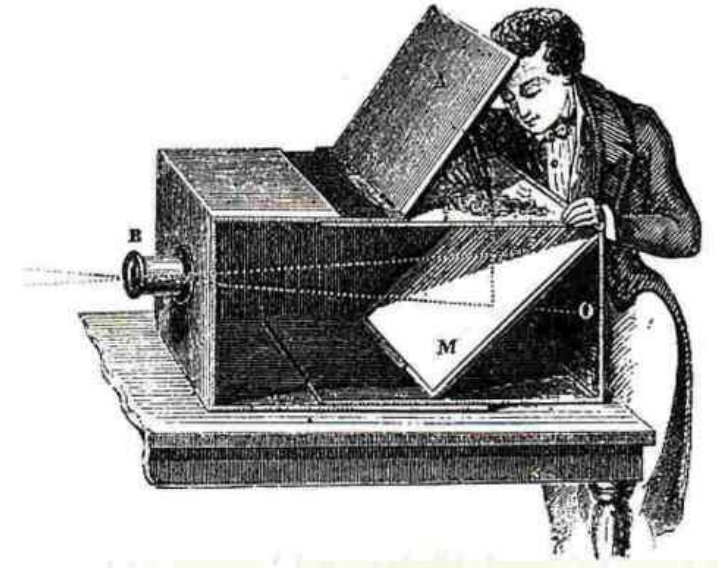
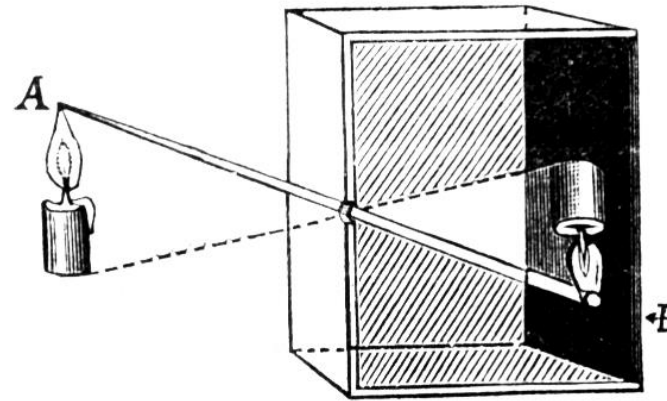
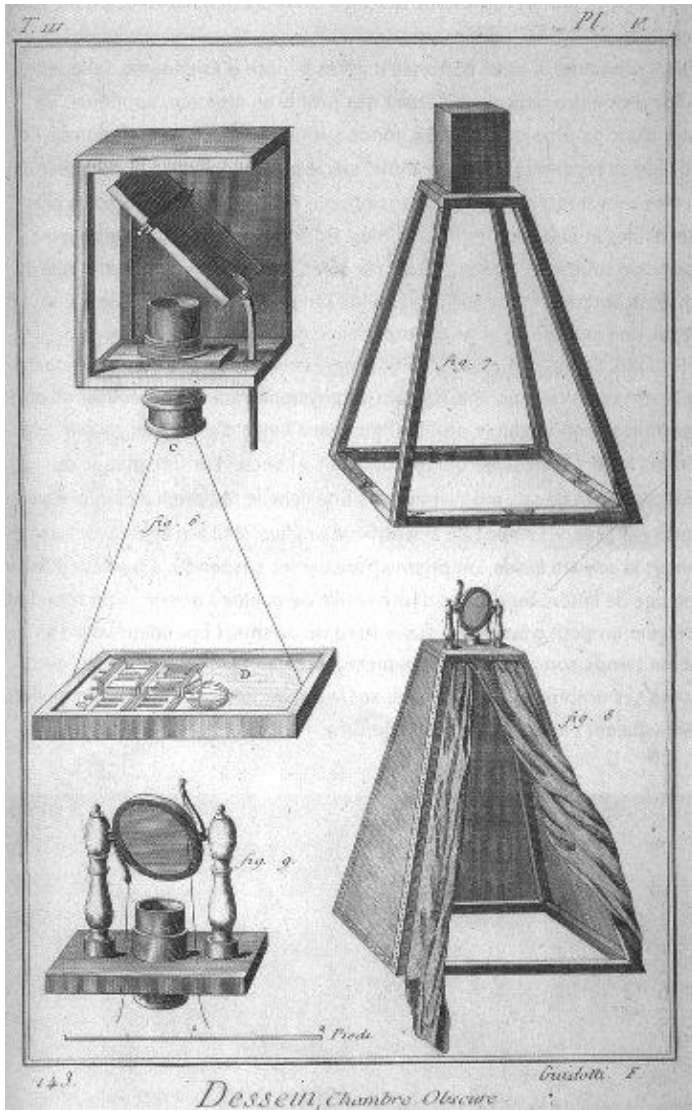
Perspective Box
Samuel van Hoogstraten
National Gallery, London



Perspective Box of a Dutch Interior
Samuel van Hoogstraten
National Gallery, London

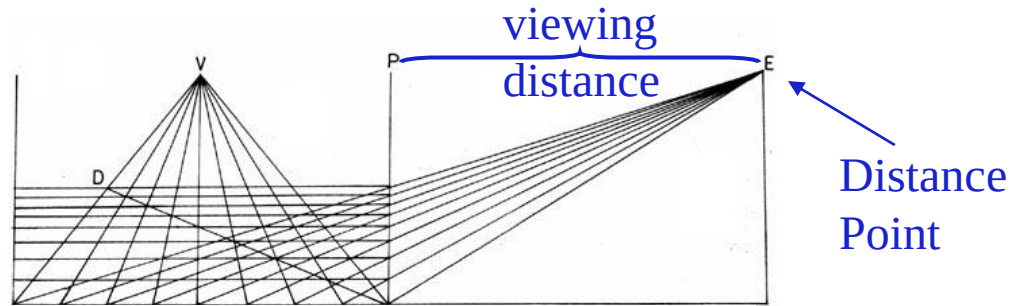


Ιστορία της προβολής στην τέχνη

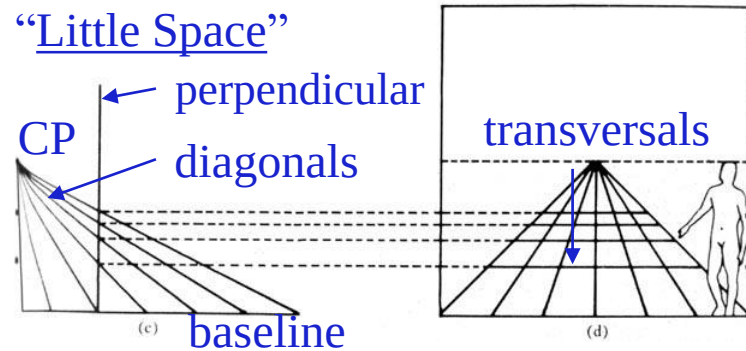


Γραμμική προοπτική (Vanishing Points)

- Οι Da Vinci και Alberti δημιούργησαν ακριβείς γεωμετρικούς τρόπους ενσωμάτωσης της γραμμικής προοπτικής στα σχέδια τους χρησιμοποιώντας τα σημεία φυγής (Vanishing Points)



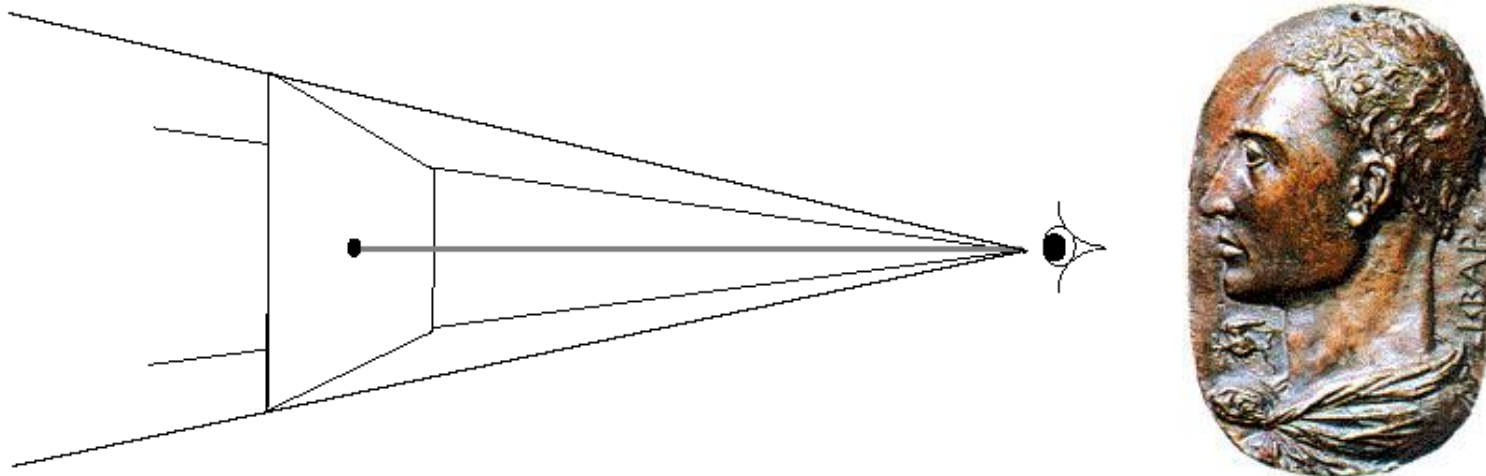
Da Vinci's Method



Alberti's Method

Alberti για γραμμική προοπτική (View Points)

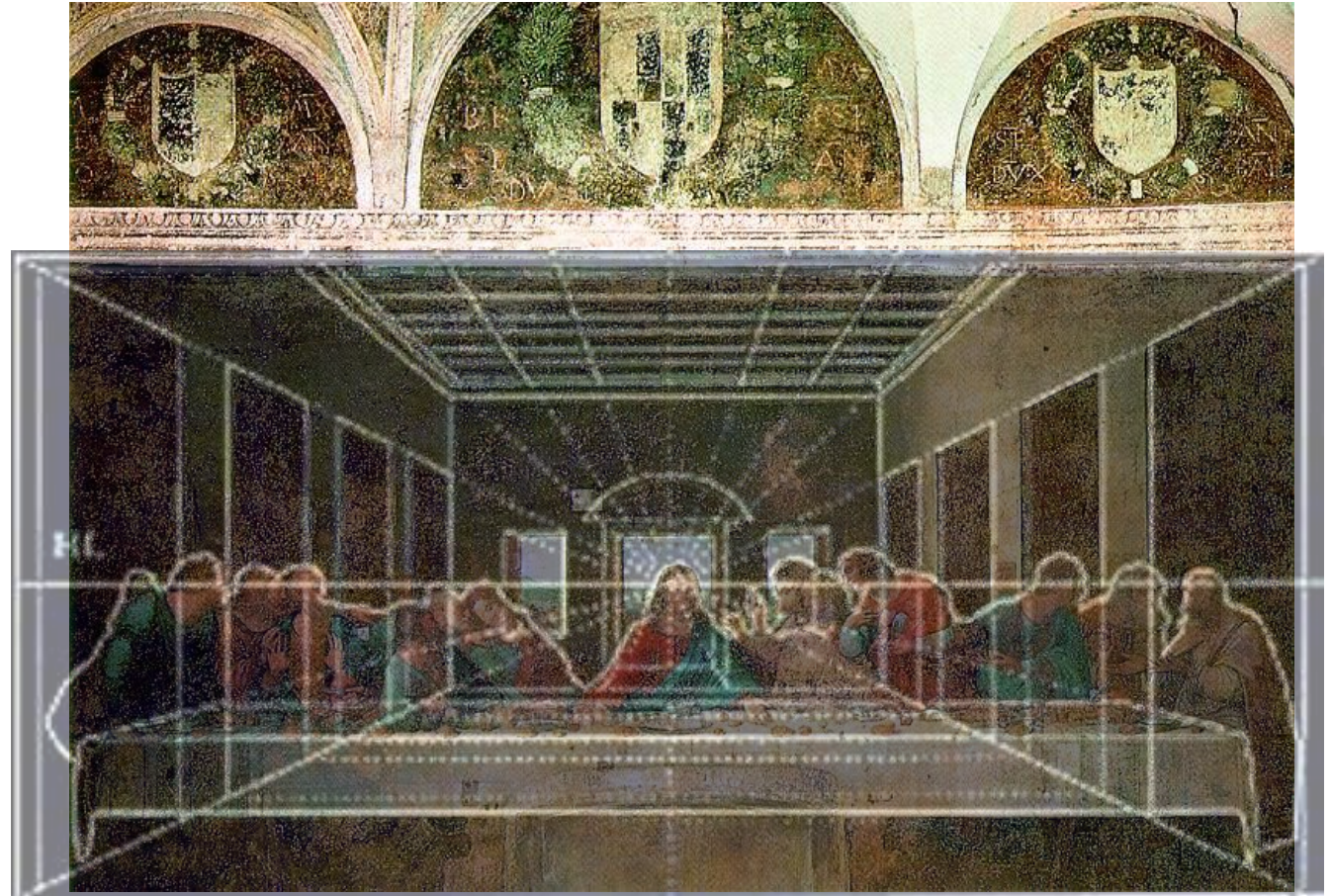
- “Μια ζωγραφιά [**το επίπεδο προβολής**] είναι η τομή μιας οπτικής πυραμίδας [**view volume**] σε μια δεδομένη απόσταση, με σταθερό κέντρο προβολής [**center of projection**] και μια καθορισμένη θέση του φωτός, που αντιπροσωπεύεται στην τέχνη με τις γραμμές και τα χρώματα σε μια επιφάνεια [**the rendering**].”
 - (Leon Battista Alberti (1404-1472), *On Painting*, pp. 32-33)
- Ένας διαφορετικός τρόπος αντίληψης της προοπτικής από ένα σημείο φυγής



Ιστορία της προβολής στην τέχνη



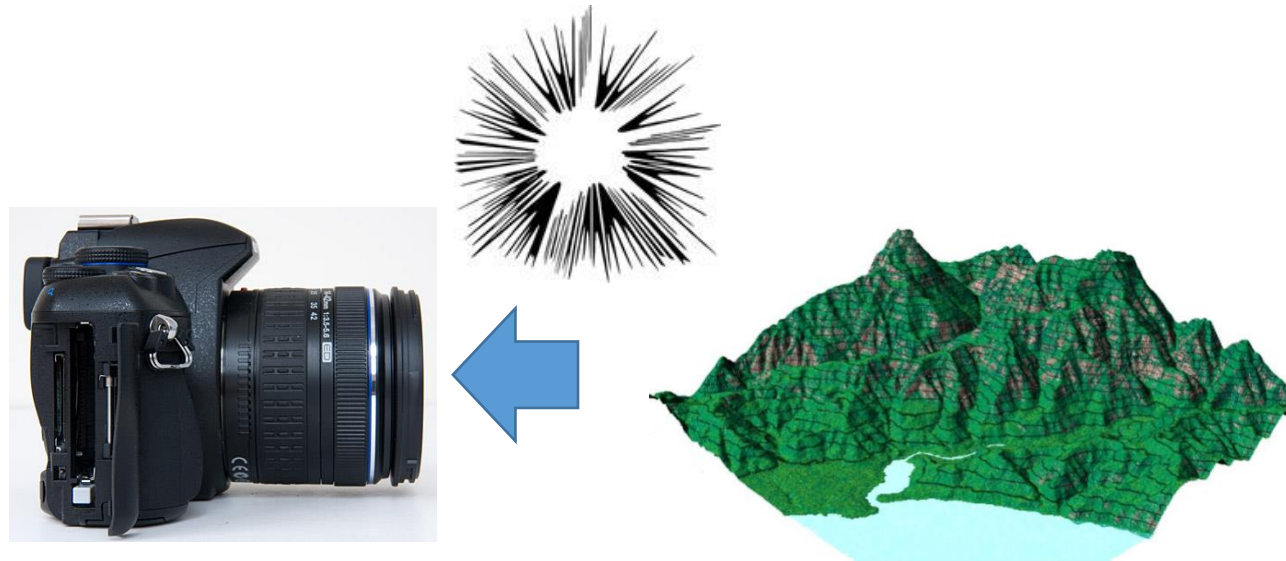
Duccio c. 1308



Leonardo da Vinci, *The Last Supper* (1495)

Η κάμερα και η σκηνή

- ▶ Τι κάνει μια κάμερα;
 - ▶ Λειτουργία σε ένα τρισδιάστατη κόσμο
 - ▶ Παίρνει μια σκηνή (π.χ., την προβάλλει) σε ένα μέσο 2Δ (σε φιλμ ή μια οθόνη)



- ▶ Η συνθετική φωτογραφική μηχανή είναι το πρότυπο για τον προσδιορισμό του πώς μια τρισδιάστατη σκηνή προβάλλεται πάνω σε μια οθόνη

3D προβολή: η συνθετική φωτογραφική μηχανή

- Συνθετική φωτογραφική μηχανή
 - Θέση της κάμερας
 - Προσανατολισμός
 - Οπτικό πεδίο (angle of view, wide, narrow, normal...)
 - Βάθος πεδίου (field of view: near distance, far distance)
 - Εστιακή απόσταση (Focal distance)
 - Κλίση της προβολής (Tilt of view/ film plane - Εάν δεν είναι κάθετη, παράγονται πλάγιες προβολές)
 - Προοπτική της παράλληλης προβολής (Κοντινά ή πολύ απομακρυσμένα αντικείμενα)

Μετατροπή από 3Δ σε 2Δ

- Η προβολή είναι μόνο ένα μέρος της διαδικασίας μετατροπής από τις 3Δ σε μια εικόνα 2Δ



Μια αλληγορία με τη ζωγραφική

Albrecht Durer 1525

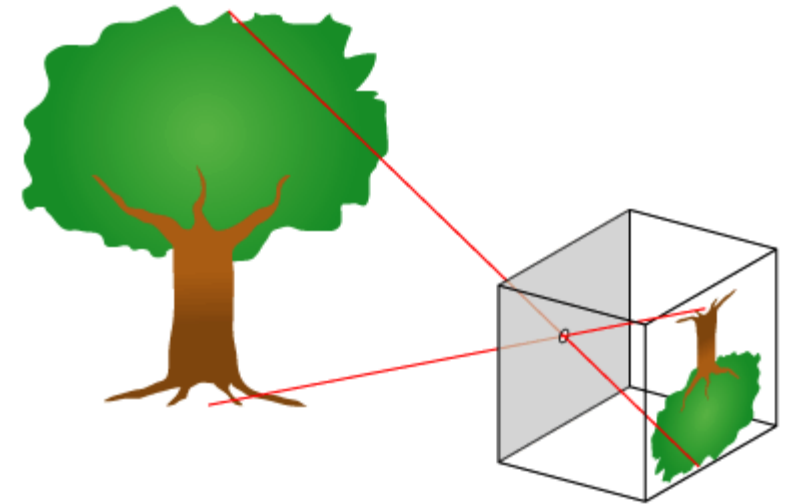
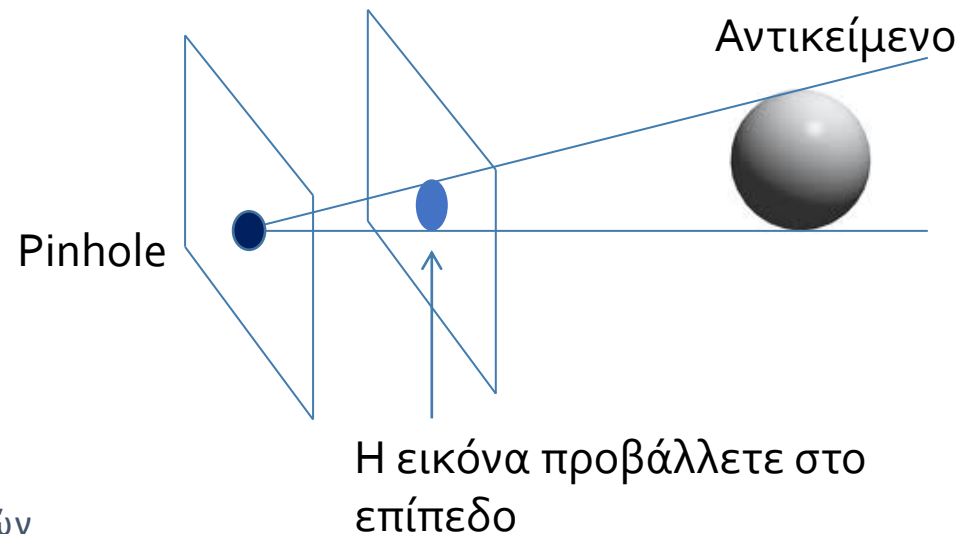


Image from Hitachi's Viewseum at <http://www.viewseum.com/>

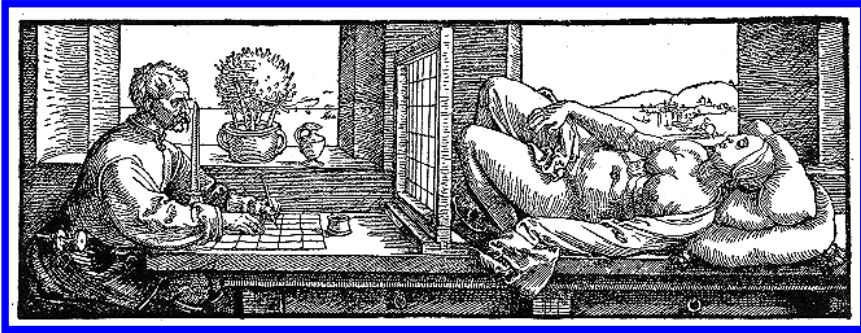
- Έχουμε ένα καλλιτέχνη που κοιτάζει μέσα από ένα πλαίσιο και μεταφέρει αυτά που βλέπει στον καμβά
- Το πλαίσιο αποτελείται από ένα πλέγμα (grid) με τετραγωνάκια, και ο καμβάς το ίδιο
 - ίσα σε αριθμό αλλά όχι κατ' ανάγκη και μέγεθος
 - (*scene pixels, screen pixels*)
- Προϋποθέσεις/προβλήματα
 - Ανάλυση, κίνηση του κεφαλιού, διαδικασία είναι στιγμιαία

Το μοντέλο pinhole

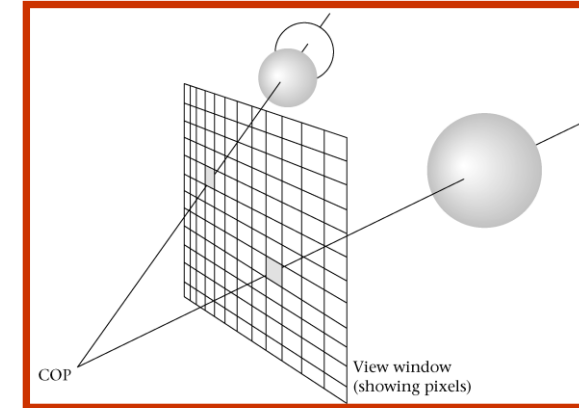
- ▶ Μπορείτε να δείτε το pinhole σαν μια κάμερα. Δεδομένου ότι κοιτάζετε μέσω του pinhole, μπορείτε να δείτε μόνο έναν καθορισμένο όγκο του κόσμου
- ▶ Οι ακτίνες του φωτός αντικατοπτρίζουν τα αντικείμενα και συγκλίνουν στην οπή όπου μπορείτε να δείτε τη σκηνή
- ▶ Ακτίνες του φωτός μπορεί να θεωρηθεί προβολείς, που συγκλίνουν προς την οπή που είναι το κέντρο προβολής
- ▶ Το pinhole είναι η θέση της κάμερας μας, και αυτό που βλέπουμε είναι το “view volume”
- ▶ Οι προβολές τέμνουν το επίπεδο, συνήθως μεταξύ της σκηνής και του pinhole, ώστε να προβληθούν στο επίπεδο
- ▶ Προβάλετε σε ένα μέσο απεικόνισης (οθόνη)



Τα 3 Στοιχεία της Παραβολής



- A. Η σκηνή (the scene)
η κοπέλα
- B. Η άποψη (the view) - η όλη διαρρύθμιση
το μάτι & το τιλάρο
- C. Η διαδικασία απόδοσης (the rendering process)
ζωγραφική
 - i. προσδιορισμός του χρώματος του pixel
 - ii. χρωματισμός του pixel στην οθόνη



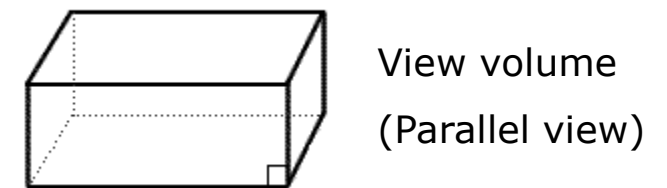
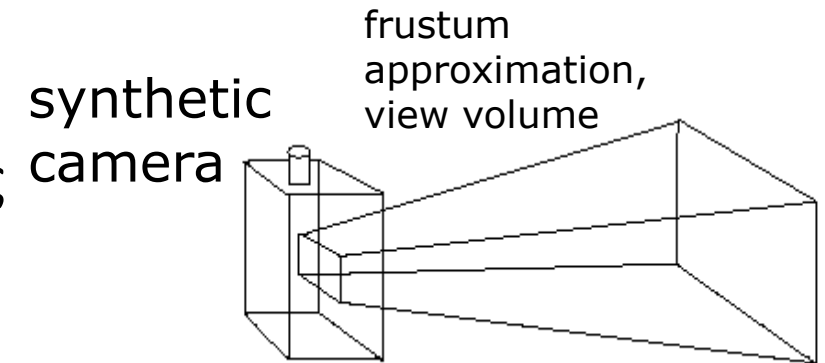
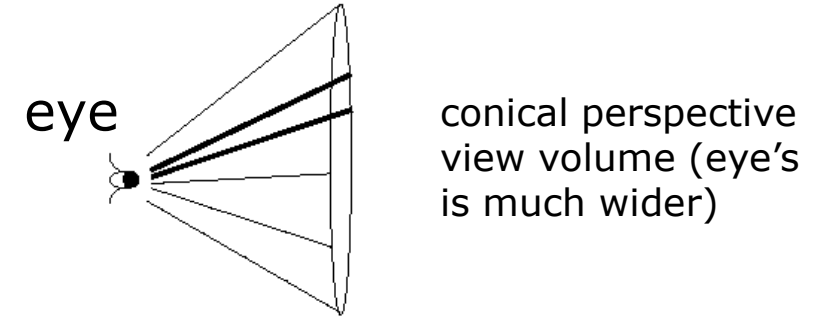
οι σφαίρες

μια απλή κάμερα

βολή ακτίνας (ray casting)

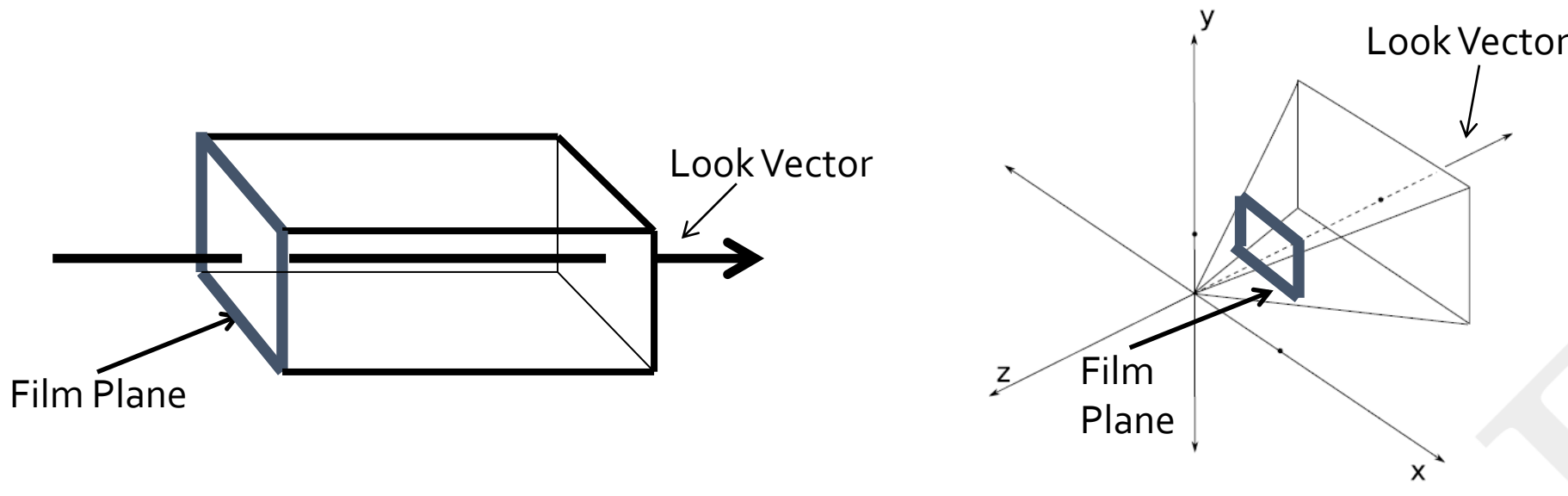
Οπτικό πεδίο (View volumes)

- Το οπτικό πεδίο περιέχει όλα όσα βλέπει η κάμερα
- Στην 3D προβολή, χρησιμοποιείται ένα ορθογώνιο παράθυρο προβολής.
- Conical – Προσεγγίζει τι βλέπουν τα μάτια, είναι υπολογιστικά ακριβό ωστόσο καθώς απαιτεί την αποκοπή αντικειμένων σε μια κωνική επιφάνεια
- Μπορείτε να το προσεγγίσετε όμως χρησιμοποιώντας έναν ορθογώνιο.
- Υπάρχουν επίσης παράλληλες προβολές για ορθογραφικές προβολές. Αυτά δεν προσομοιώνουν ωστόσο το μάτι ή τη φωτογραφική μηχανή.



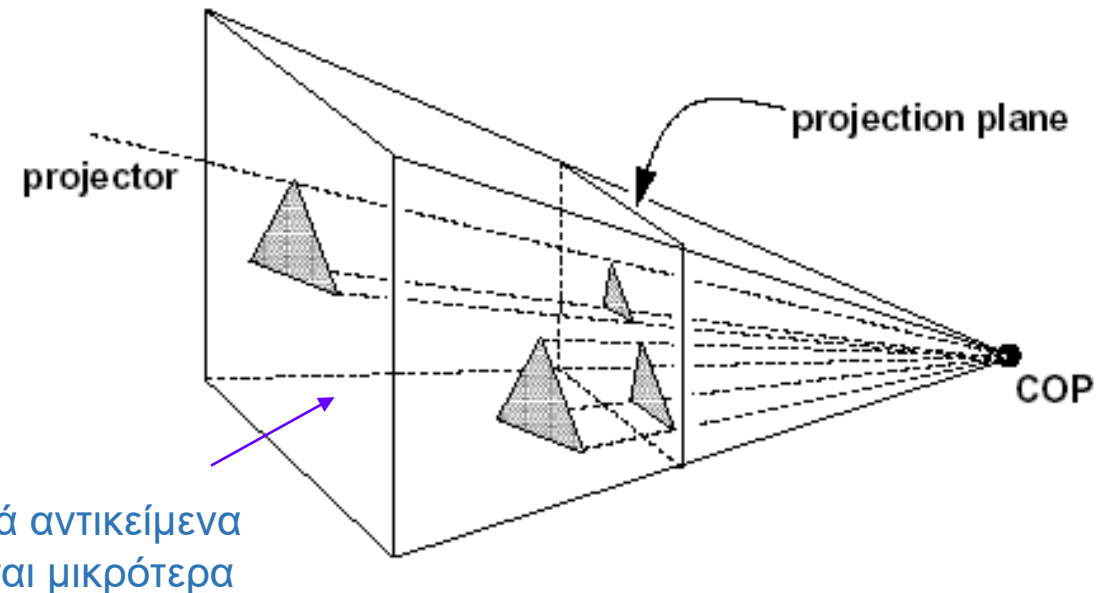
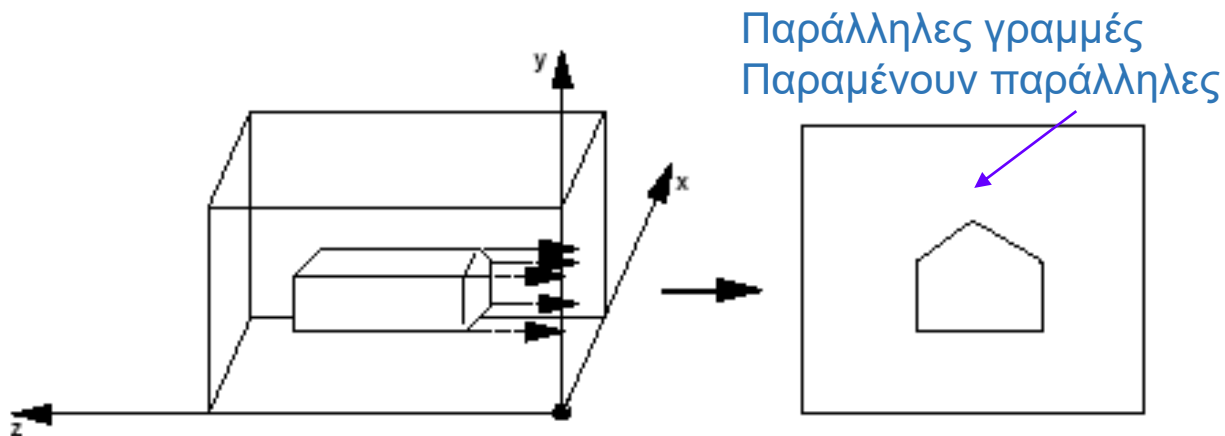
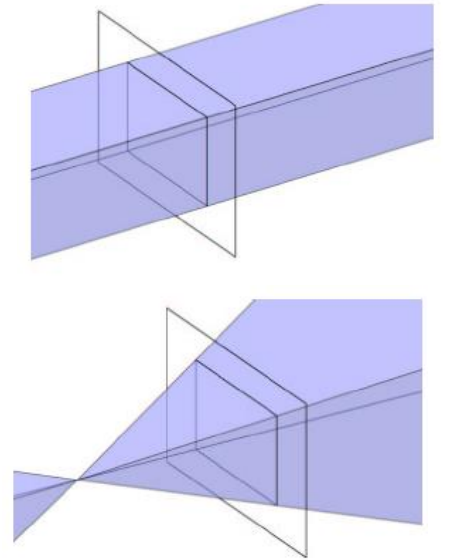
Το επίπεδο προβολής (film plane)

- ▶ Το film plane είναι ένα επίπεδο στο οποίο η σκηνή προβάλλεται πάνω σε ένα ορθογώνιο χρησιμοποιώντας κάποιο μετασχηματισμό προβολής, και από εκεί σε ένα viewport (οθόνη)

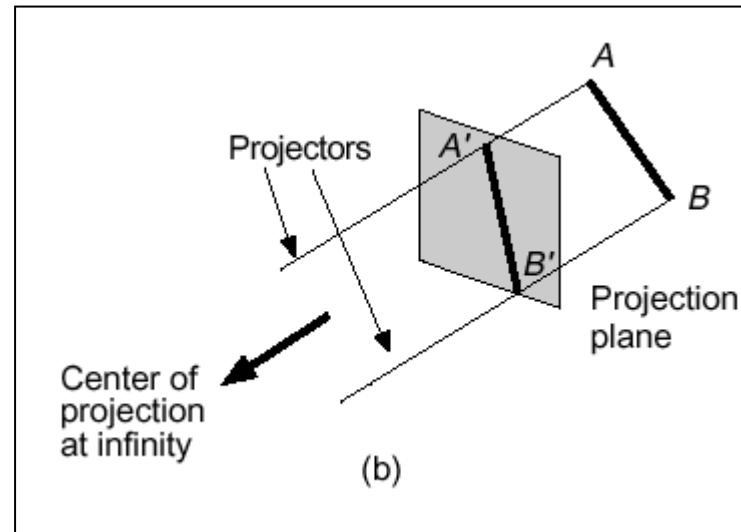
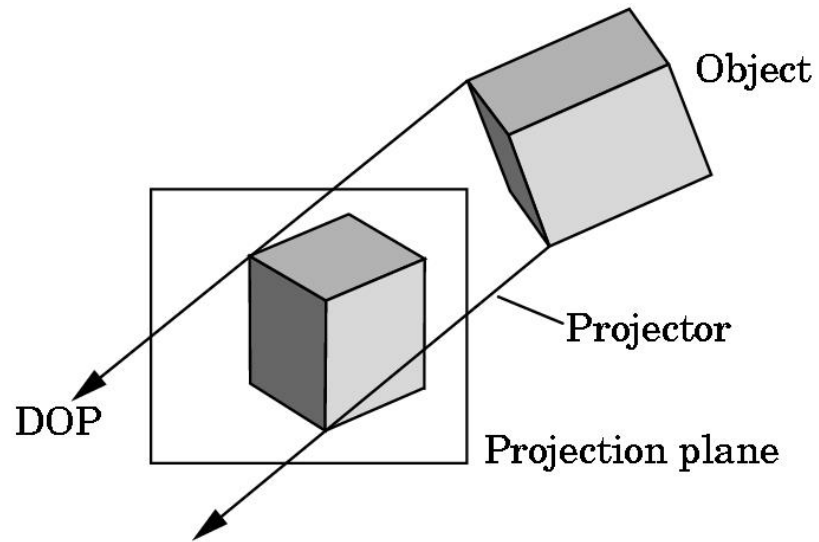


Οπτικό πεδίο και προβολές

- ▶ **Προβολές:** Ευθείες που ουσιαστικά χαρτογραφούν τα σημεία της σκηνής στο επίπεδο προβολής
- ▶ **Παράλληλη προβολή:** ανεξάρτητα από το πόσο μακριά είναι ένα αντικείμενο, εφ' όσον είναι στο οπτικό πεδίο θα εμφανιστεί έχοντας το ίδιο μέγεθος
- ▶ **Προβολή με προοπτική:** όλες οι ευθείες συγκλίνουν στο μάτι που είναι το κέντρο της προβολής

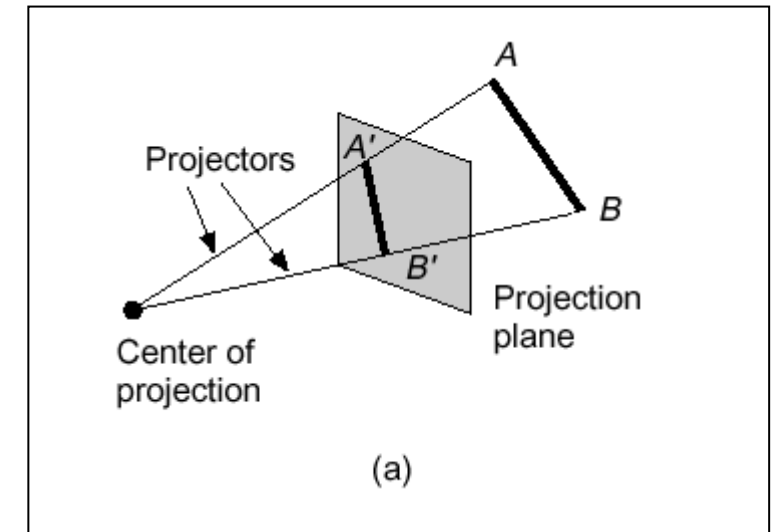
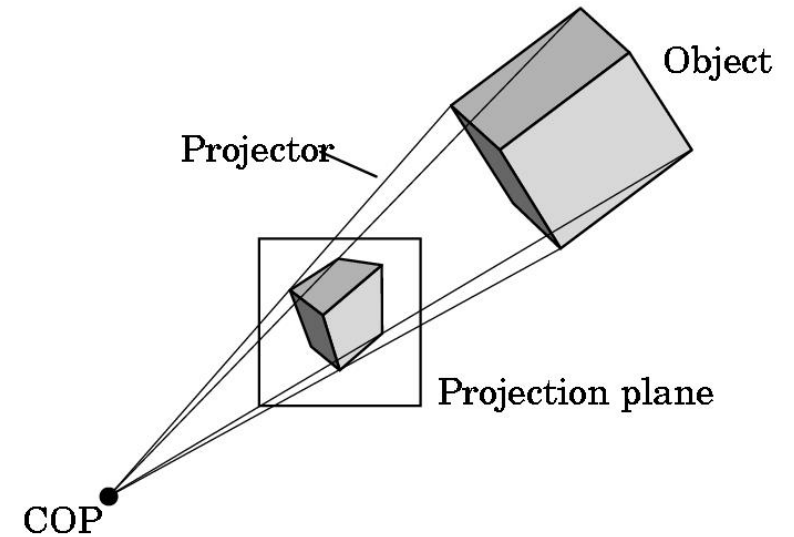


Προβολές



Παράλληλη προβολή

Συνήθως χρησιμοποιείται για
αρχιτεκτονικά και μηχανικά σχέδια



Προβολή με προοπτική

Πιο ρεαλιστικό, συνήθως
χρησιμοποιείται στα γραφικά

Πλάγια παράλληλη προβολή

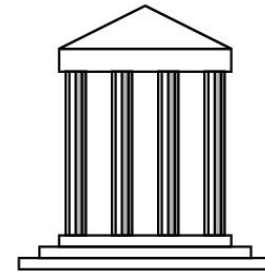
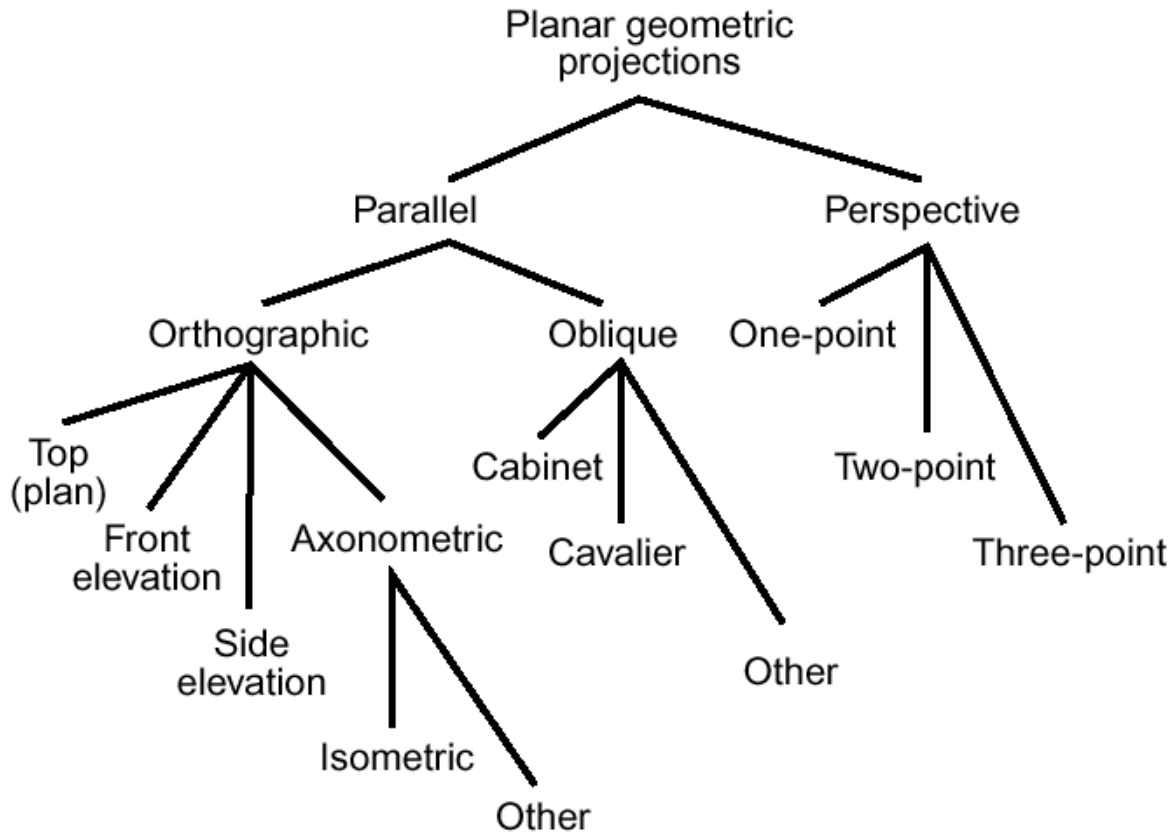


Προβολή με προοπτική

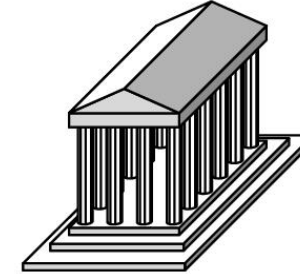


Τύποι προβολών

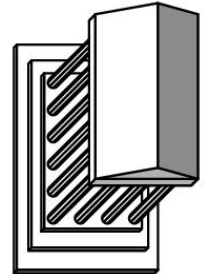
- Για όποιον έκανε μηχανικό ή τεχνικό σχέδιο!



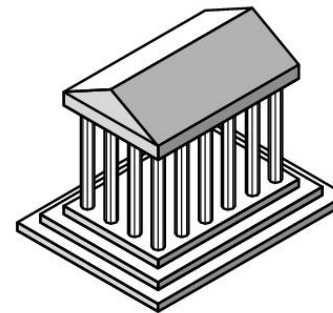
Front elevation



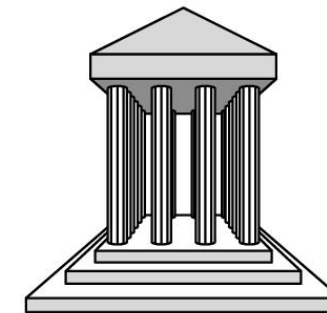
Elevation oblique



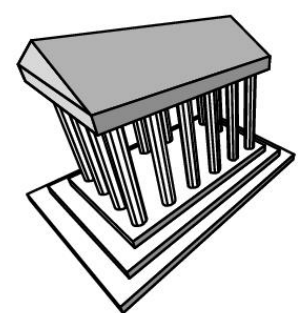
Plan oblique



Isometric



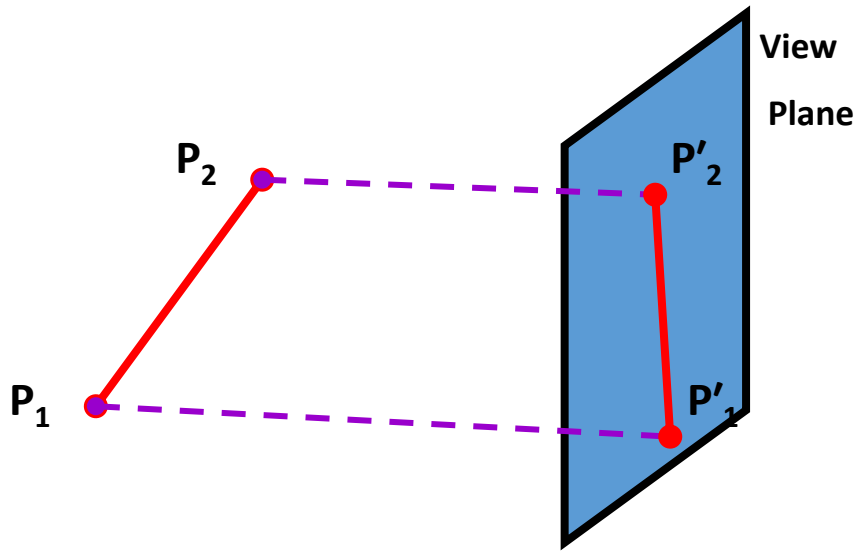
One-point perspective



Three-point perspective

Παράλληλη προβολή

Οι συντεταγμένες θέσης προβάλλονται στο επίπεδο με χρήση παράλληλων γραμμών.



Ορθογραφική παράλληλη προβολή

Η προβολή είναι κάθετη προς το επίπεδο προβολής.

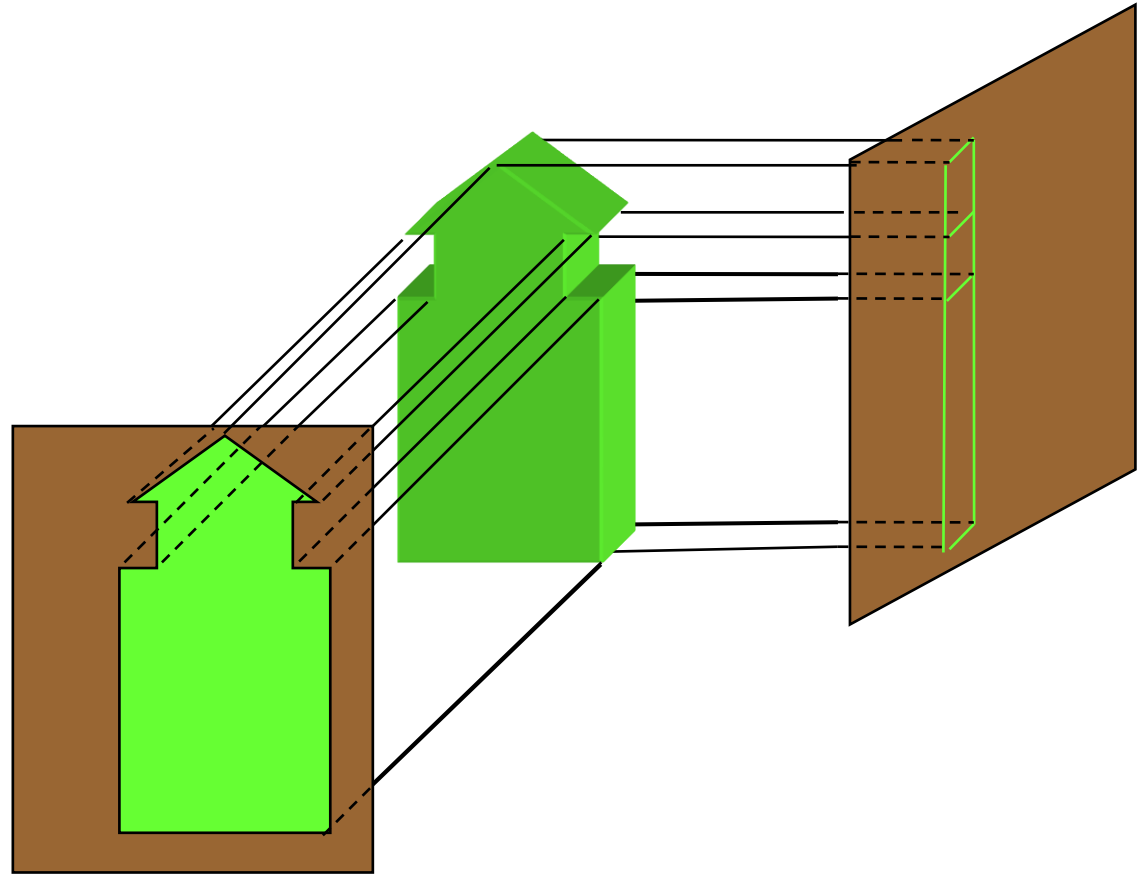
Πλάγια παράλληλη προβολή

Η παράλληλη προβολή δεν είναι κάθετη προς το επίπεδο προβολής.

Ορθογραφική παράλληλη προβολή

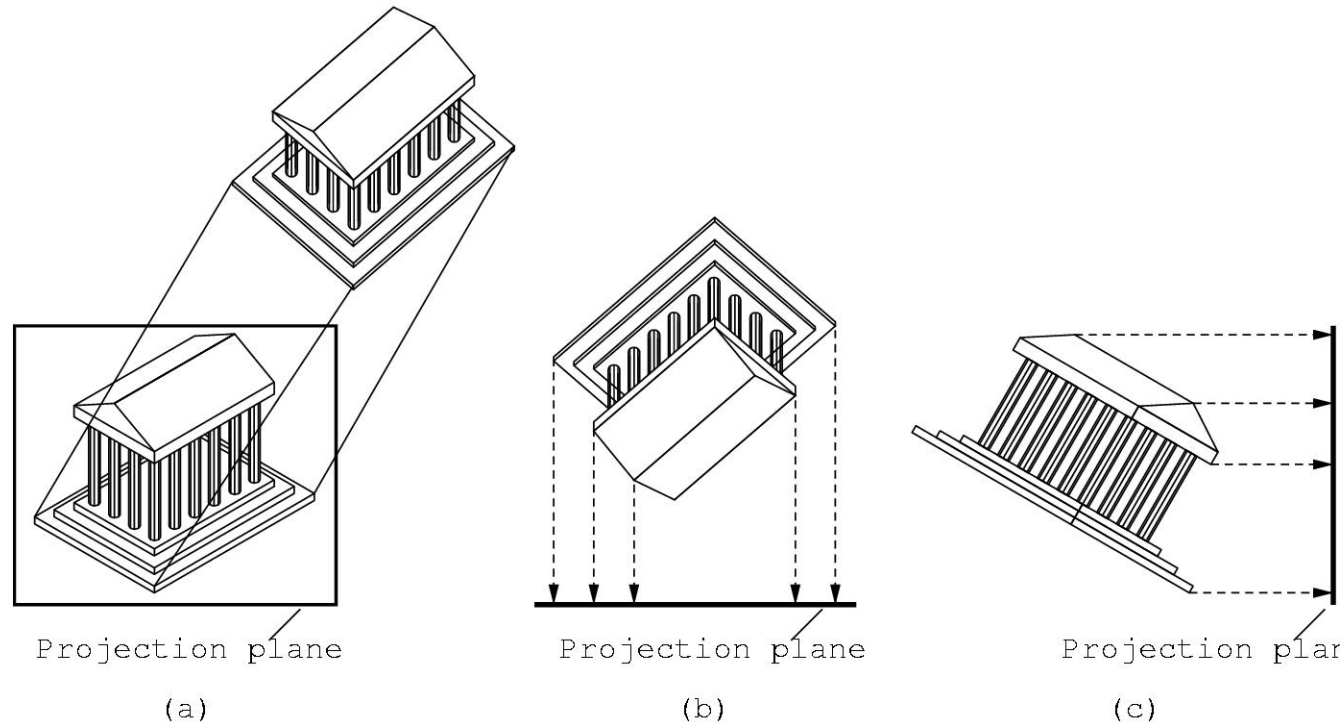
Ο μετασχηματισμός

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$



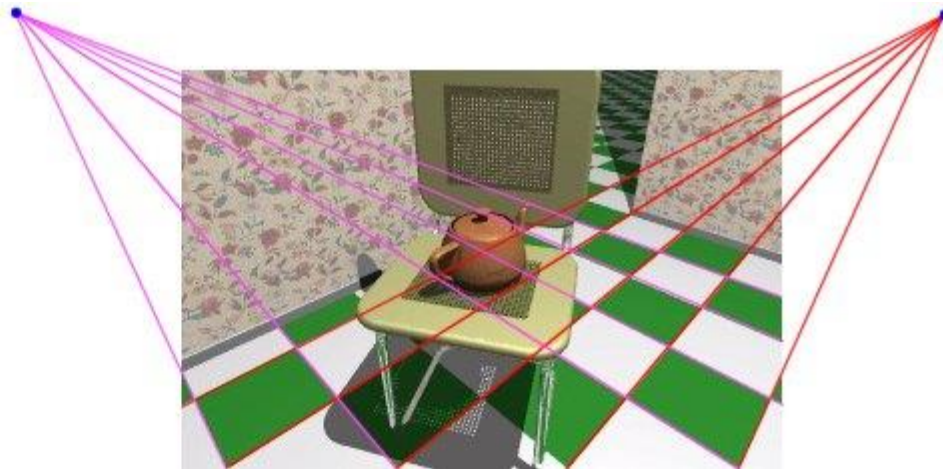
Πλάγια παράλληλη προβολή

- Οι προβολείς εξακολουθούν να κάθετες στο επίπεδο προβολής
- Αλλά το επίπεδο προβολής μπορεί να έχει οποιοδήποτε προσανατολισμό σε σχέση με το αντικείμενο.
- Χρησιμοποιείται εκτενώς στον αρχιτεκτονικό και μηχανικό σχεδιασμό.



Προβολή με προοπτική

- Ανακαλύφθηκε από τους Donatello, Brunelleschi, και ντα Βίντσι κατά την περίοδο της αναγέννησης
- Τα αντικείμενα που είναι πιο κοντά στο θεατή εμφανίζονται μεγαλύτερα
- Οι παράλληλες γραμμές φαίνεται να συγκλίνουν σε ενιαίο σημείο
- Δίνει μια ρεαλιστική άποψη και συναίσθημα για την τρισδιάστατη μορφή του αντικειμένου
- Δεν διατηρεί το σχήμα του αντικειμένου ή το μέγεθος του (εκτός από το σημείο όπου το αντικείμενο τέμνει το επίπεδο προβολής)
- Διαφορετική από μια παράλληλη προβολή, επειδή
 - Παράλληλες γραμμές γίνονται μη παράλληλες βάση του επιπέδου προβολής που συγκλίνουν
 - Το μέγεθος του αντικειμένου μειώνεται με την απόσταση
 - Η προοπτική δεν είναι ομοιόμορφη

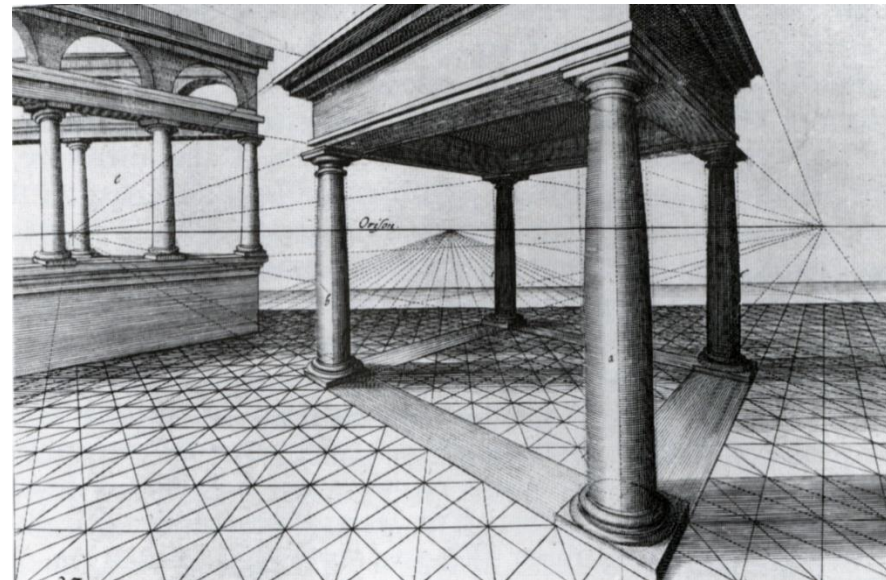
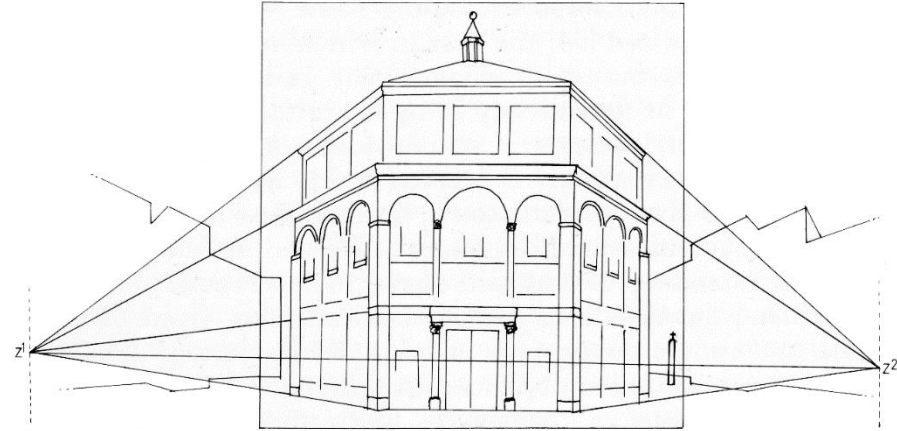


Παράλληλες προβολές Vs Προβολές με προοπτική

- Οι προβολές με προοπτική είναι πολύ πιο ρεαλιστικές από τις παράλληλες προβολές

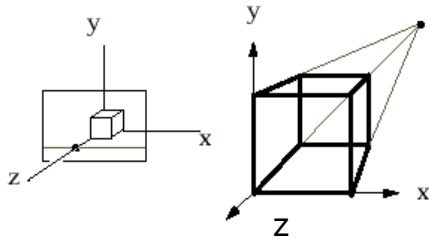


Αν βλέπαμε αυτή τη σκηνή χρησιμοποιώντας παράλληλη προβολή, οι ράγες δεν θα συγκλίνουν

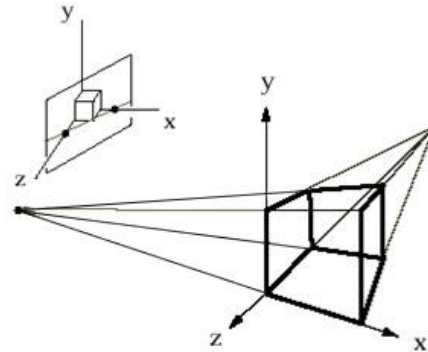


Προβολή με προοπτική

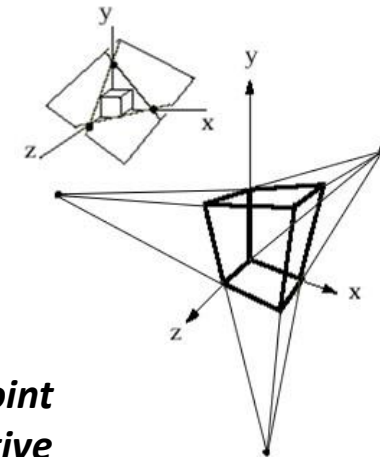
- Στην προοπτική προβολής οι θέσεις των αντικειμένων μετασχηματίζονται στο επίπεδο προβολής (view plane) κατά μήκος των γραμμών που συγκλίνουν σε ένα σημείο που ονομάζεται **σημείο αναφοράς προβολής** (projection reference point) ή **κέντρο προβολής** (center of projection)
- Υπάρχουν διαφορετικά είδη προοπτικών προβολών



One Point Perspective
(z-axis vanishing point)



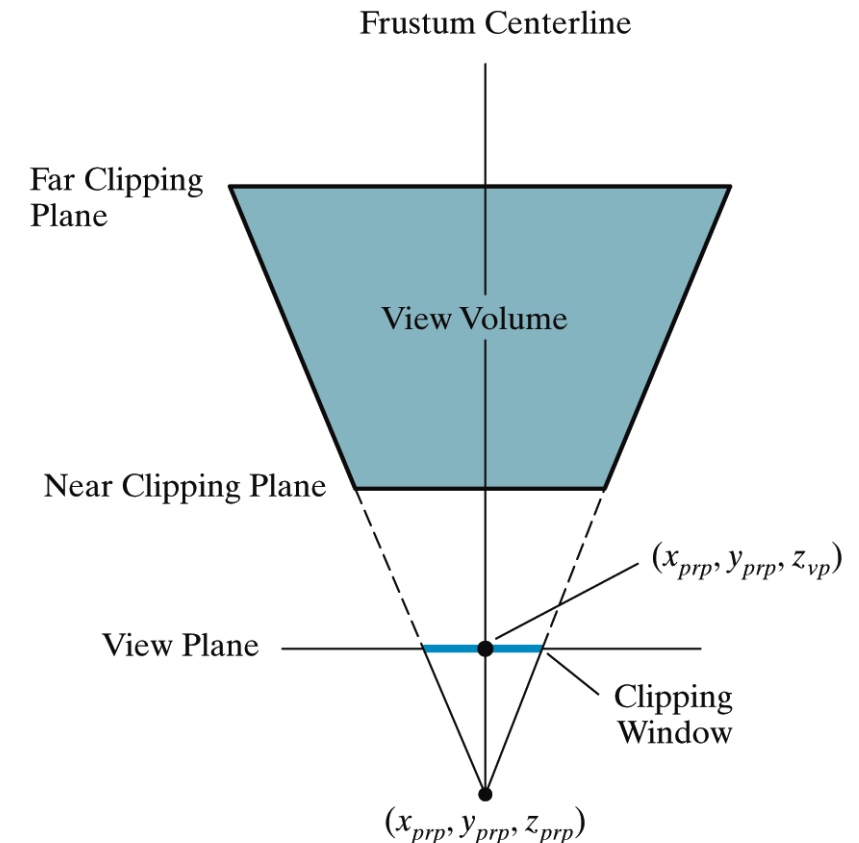
Two Point Perspective
(z and x-axis vanishing points)



Three Point Perspective
(z, x, and y-axis vanishing points)

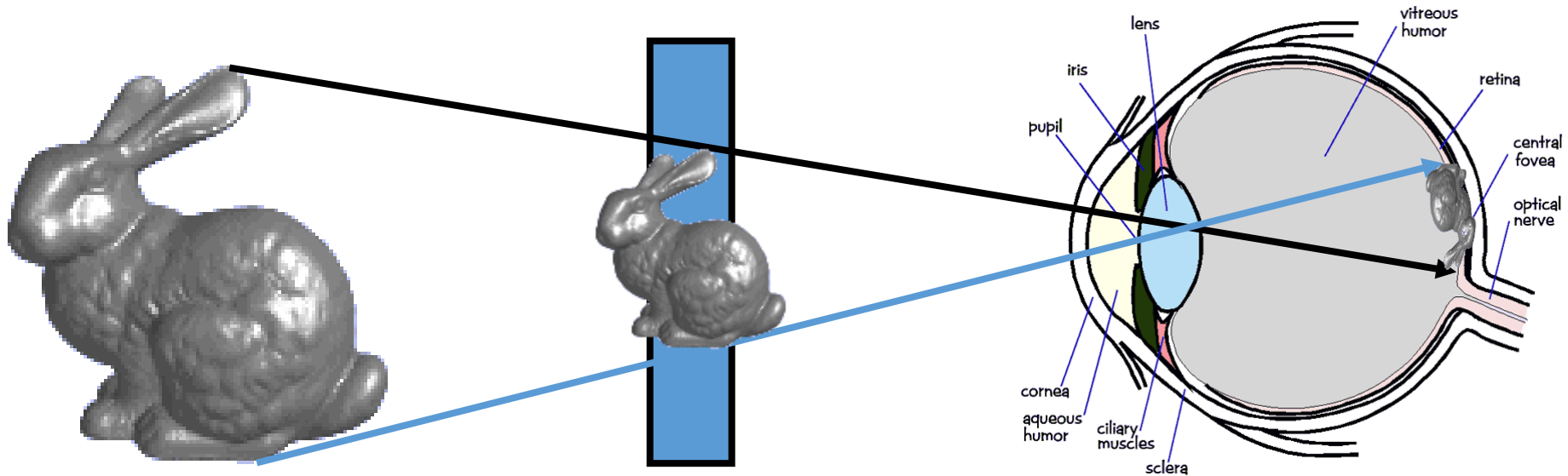
Δημιουργία προβολής με προοπτική

- Μια προβολή με προοπτική μπορεί να δημιουργηθεί με τον καθορισμό της θέσης και του μεγέθους του επιπέδου προβολής και κέντρου προβολής



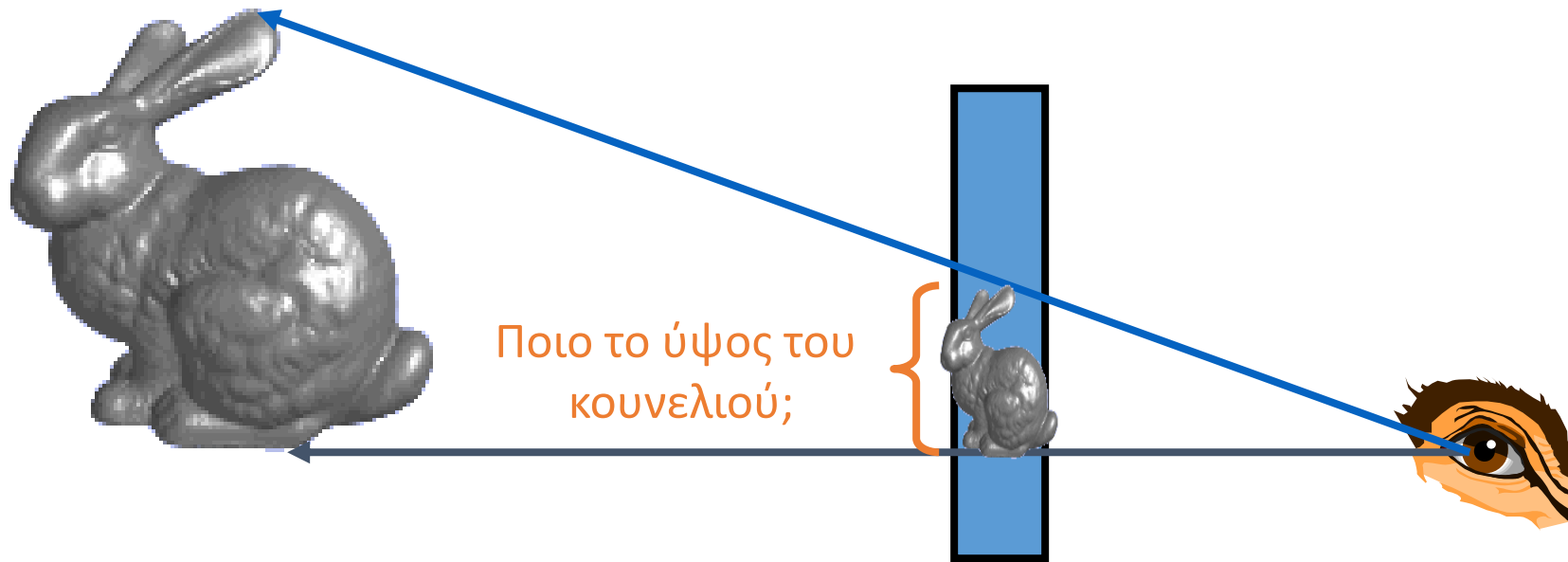
Δημιουργία προβολής με προοπτική

- Τα αντικείμενα που είναι απομακρυσμένα εμφανίζονται μικρότερα



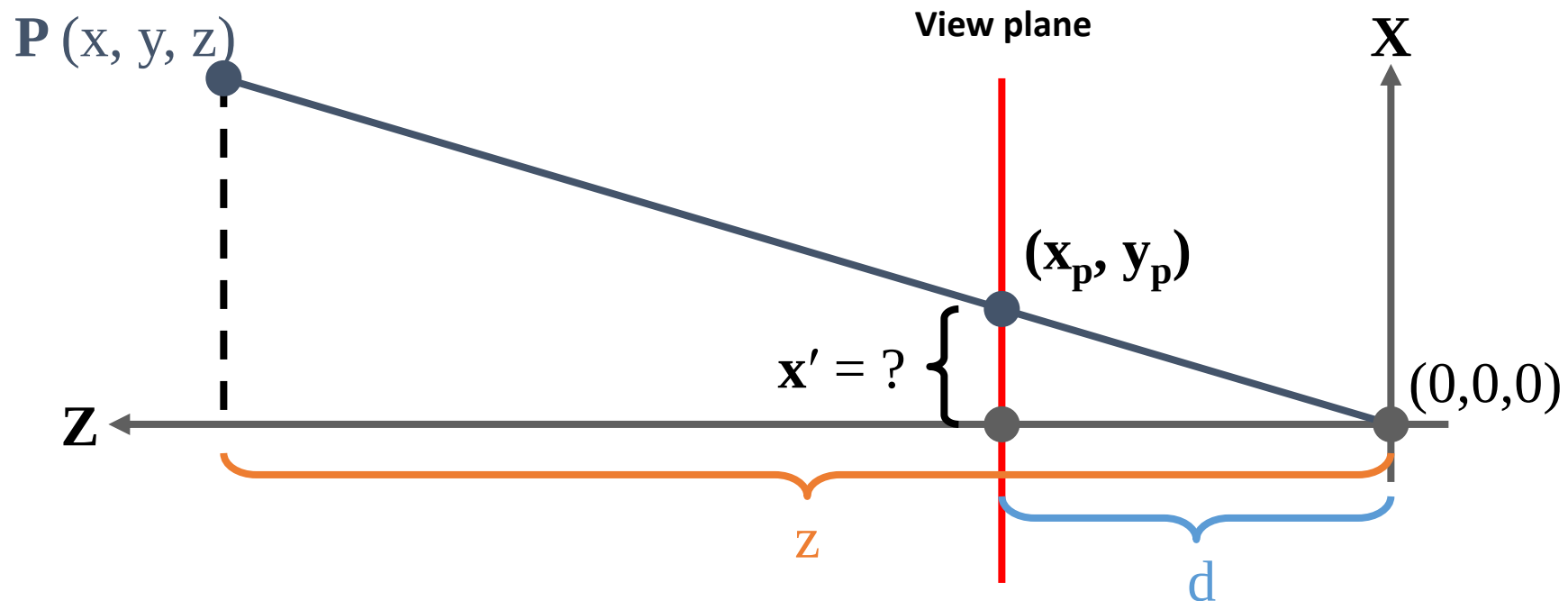
Προβολή με προοπτική

- Στα 3Δ γραφικά, σκεφτόμαστε την οθόνη ως ένα 2Δ παράθυρο πάνω στο 3Δ κόσμο:



Προβολή με προοπτική

Ποιο το ύψος του κουνελιού;



Προβολή με προοπτική

Το αποτέλεσμα της προβολής του $[x, y, z, 1]^T$ στο επίπεδο είναι:

$$\frac{x'}{d} = \frac{x}{z}, \quad \frac{y'}{d} = \frac{y}{z}$$

$$x' = \frac{d \cdot x}{z} = \frac{x}{z/d}, \quad y' = \frac{d \cdot y}{z} = \frac{y}{z/d}, \quad z' = d$$

Προβολή με προοπτική

$$\begin{bmatrix} x_h \\ y_h \\ z_h \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/d & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

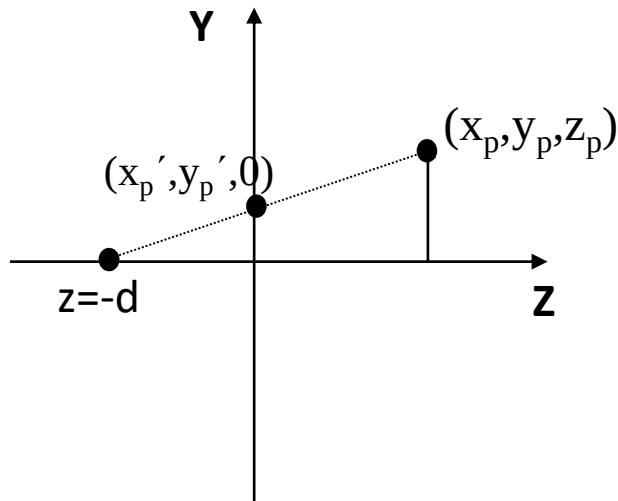
$$h = z / d$$

$$x_p = x_h / h, \quad y_p = y_h / h$$

Προοπτική προβολή

Περίπτωση όπου το επίπεδο προβολής είναι στο (0,0,0)

- Για να έχουμε μια φυσική εικόνα χρειαζόμαστε προοπτική
- Για μια απλή διάταξη είναι εύκολο να βρείτε την προβολή (χρησιμοποιώντας όμοια τρίγωνα)



$$\frac{y_p'}{d} = \frac{y_p}{z_p + d} \quad \Rightarrow \quad y_p' = y_p \frac{d}{z_p + d}$$

$$\frac{x_p'}{d} = \frac{x_p}{z_p + d} \quad \Rightarrow \quad x_p' = x_p \frac{d}{z_p + d}$$

- Σημειώστε πως όσο η COP πηγαίνει στο άπειρο, η προοπτική γίνεται ισοδύναμη με μια παράλληλη προβολή



[Philip Greenspun]

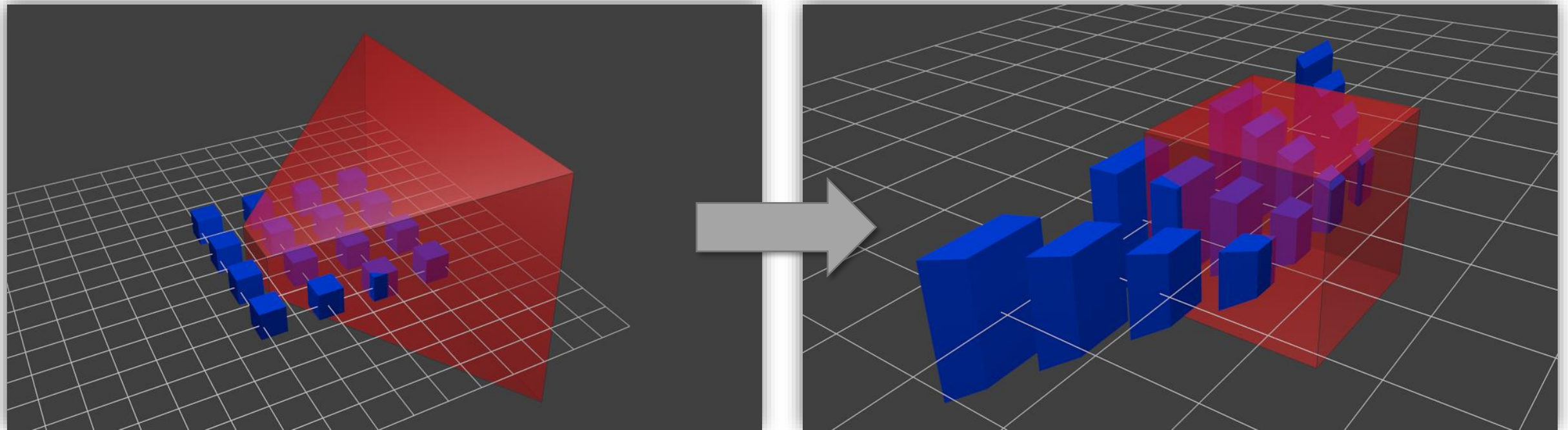
Camera tilted up: converging vertical lines (3 vanishing points)



[Philip Greenspun]

Lens shifted up: parallel vertical lines (3 vanishing points)

General Perspective to Canonical Parallel



Το μέσο προβολής (viewport)

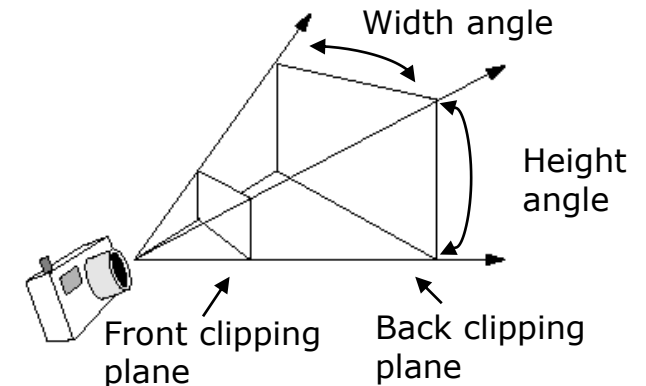
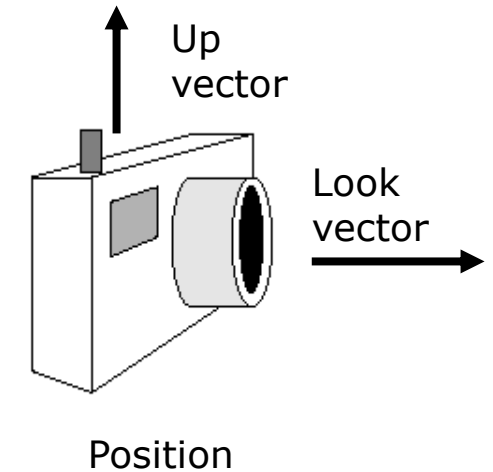
- **Viewport** είναι μια ορθογώνια περιοχή της οθόνης όπου αποδίδεται η σκηνή
 - Οι συντεταγμένες των pixel για προβολή συνήθως αναφέρονται στη χρήση του συστήματος συντεταγμένων (u,v)



Ορίζοντας το οπτικό πεδίο

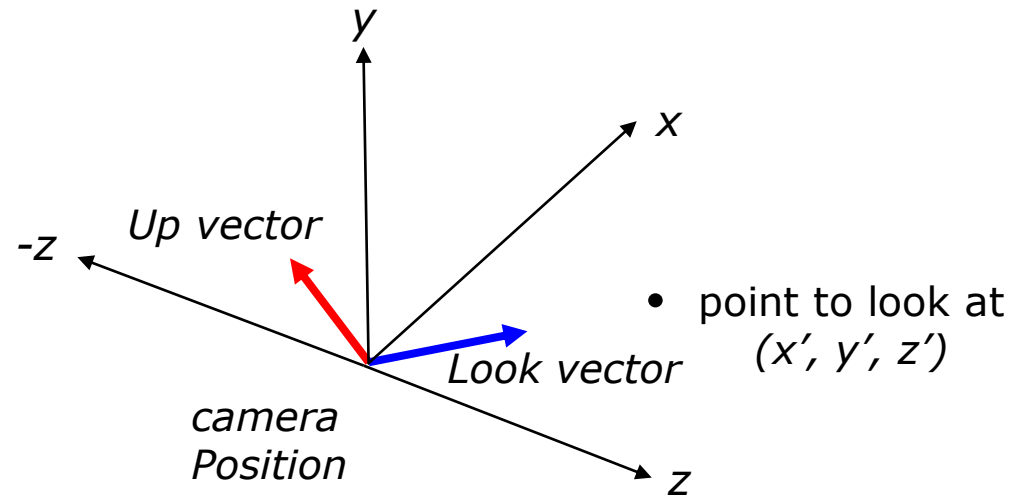
Πρέπει να ξέρουμε έξι πράγματα προκειμένου να ληφθεί μια εικόνα από την κάμερα μας

- 1) **Θέση της κάμερας**
- 2) **Look vector** καθορίζει την κατεύθυνση της κάμερας
- 3) **Ο προσανατολισμός** της κάμερας καθορίζεται από το **Look vector** και τη γωνία μέσω της οποίας η κάμερα περιστρέφεται, δηλαδή, η κατεύθυνση του **Up vector**
- 4) **Αναλογία των διαστάσεων** (aspect ratio)
- 5) **Height angle**: δηλώνει πόση από τη σκηνή χωράει στο οπτικό πεδίο της κάμερας. Μεγαλύτερη γωνία επιτρέπει περισσότερη σκηνή (το width angle ορίζεται από το height angle και το aspect ratio)
 - μεγαλύτερη γωνία, μεγαλύτερη στρέβλωση
- 6) **Επίπεδα αποκοπής**: μπρός και πίσω



Ορίζοντας το οπτικό πεδίο

1. **Θέση:** Πού βρίσκεται η κάμερα σε σχέση με την αρχή των αξόνων
2. **Προσανατολισμός** καθορίζεται από ένα σημείο σε 3Δ χώρο και μια γωνία περιστροφής προς αυτή την κατεύθυνση
 - Αυτά είναι τα **look vector** και **up vectors**



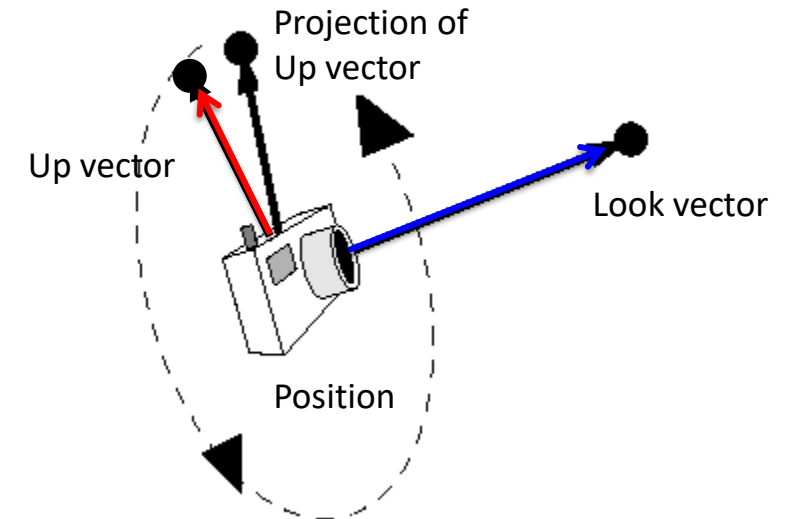
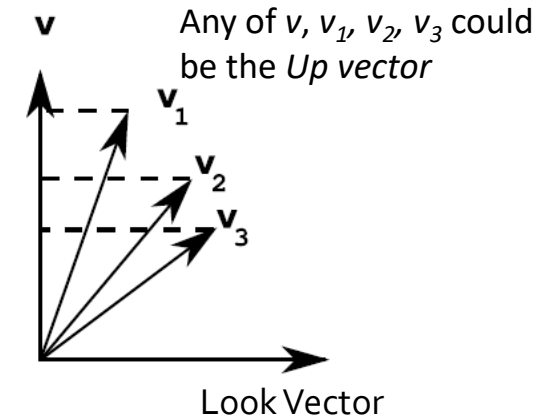
Προσανατολισμός: Look και Up vectors

▶ **Look Vector**

- ▶ Κατεύθυνση που δείχνει η κάμερα
- ▶ Τρεις βαθμοί ελευθερίας · μπορεί να είναι οποιοδήποτε διάνυσμα σε 3Δ

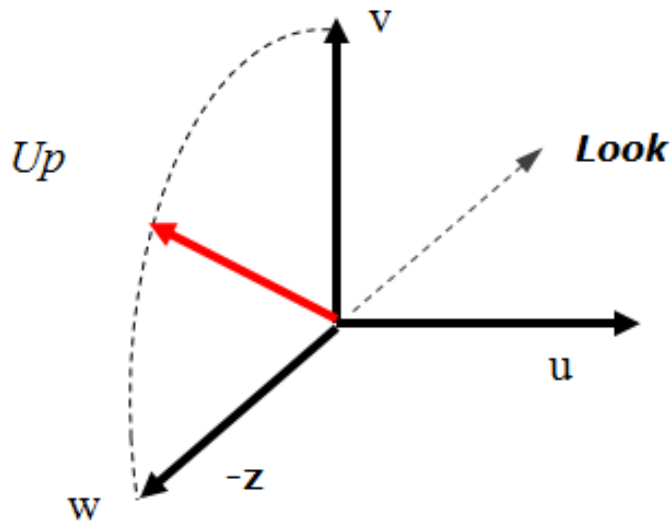
▶ **Up Vector**

- ▶ καθορίζει τον τρόπο περιστροφής της κάμερας γύρω από το *Look vector*
 - ▶ για παράδειγμα, οριζόντια ή κατακόρυφα
- ▶ Ο *up vector* δεν πρέπει να είναι παράλληλος με τον *Look vector*, αλλά δεν πρέπει να είναι ούτε κάθετος – ο πραγματικός προσανατολισμός θα καθοριστεί από το διάνυσμα που είναι κάθετο στο look vector



Το σύστημα συντεταγμένων της κάμερας

- Η αντιστοιχία των αξόνων x, y και z στους άξονες συντεταγμένων της κάμερας είναι τα μοναδιαία διανύσματα u, v και w
 - w είναι ένα μοναδιαίο διάνυσμα με αντίθετη φορά από το view vector
 - v είναι το (μοναδιαίο) up vector το οποίο είναι κάθετο στο w ,
 - u είναι ένα μοναδιαίο διάνυσμα κάθετο στα w και v

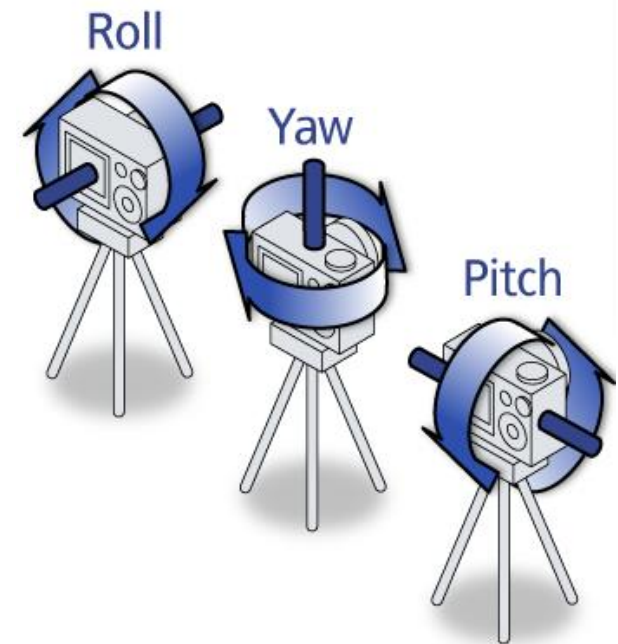


Υπάρχουν τρεις μετασχηματισμοί που χρησιμοποιούνται στο σύστημα συντεταγμένων της κάμερας

Roll: περιστροφή της κάμερας γύρω από το w

Yaw: περιστροφή της κάμερας γύρω από το v

Pitch: περιστροφή της κάμερας γύρω από το u



Aspect Ratio

- Ανάλογο με τις διαστάσεις της ταινίας που χρησιμοποιείται σε μια φωτογραφική μηχανή
- Ορίζεται ως η αναλογία πλάτους προς ύψος του παραθύρου προβολής
- Ορίζεται συνήθως από τη συσκευή που χρησιμοποιείται για προβολή
 - Ένα τετράγωνο παράθυρο προβολής έχει αναλογία 1:1
 - NTSC TV είναι 4:3, HDTV είναι 16:9
- Το aspect ratio του παραθύρου προβολής ορίζει τις διαστάσεις της εικόνας η οποία προβάλλεται σε ένα μέσο, το οποίο μετά προβάλλεται στο viewport
 - γενικά είναι καλύτερο να έχουν την ίδια αναλογία διαστάσεων, τόσο το παράθυρο προβολής όσο και το viewport, για να αποφευχθούν τυχόν στρεβλώσεις



1:1

Courtesy of
<http://www3.flickr.com/photos/zero-grizzly/4037144257/>

4:3

Courtesy of
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Aspect_ratio_4_3_example.jpg

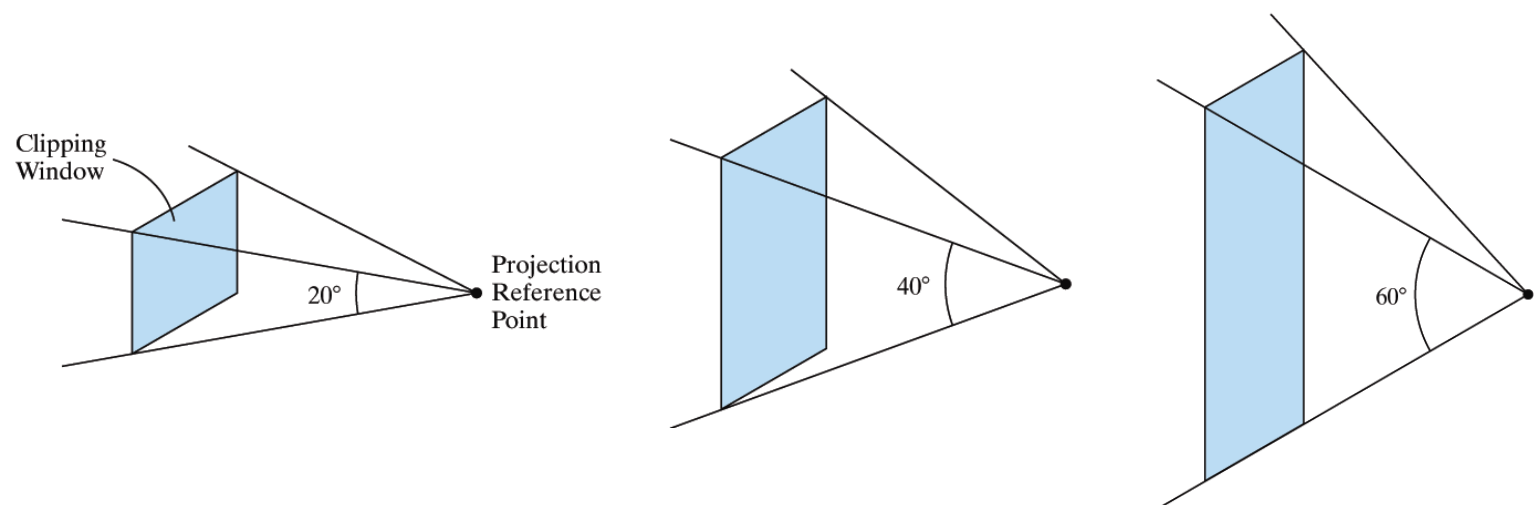
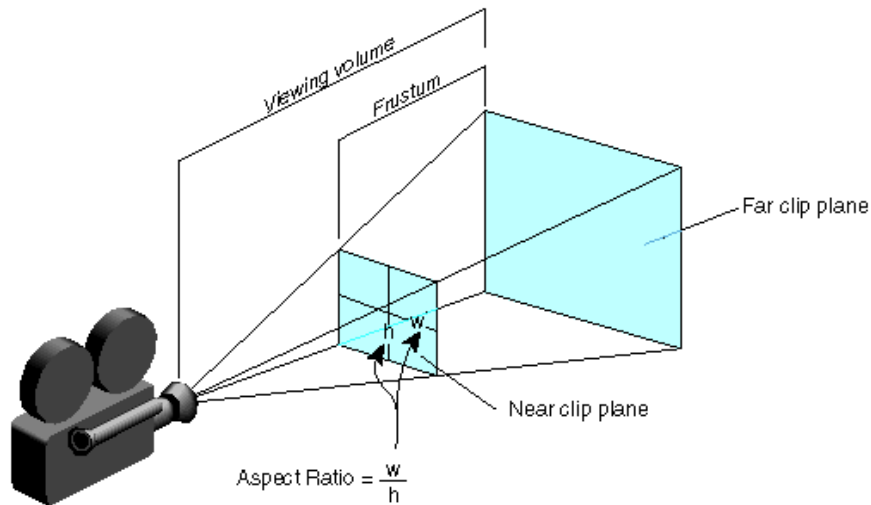


Courtesy of
<http://forum.ideohelp.com/threads/236536-720-vs-704>

16:9

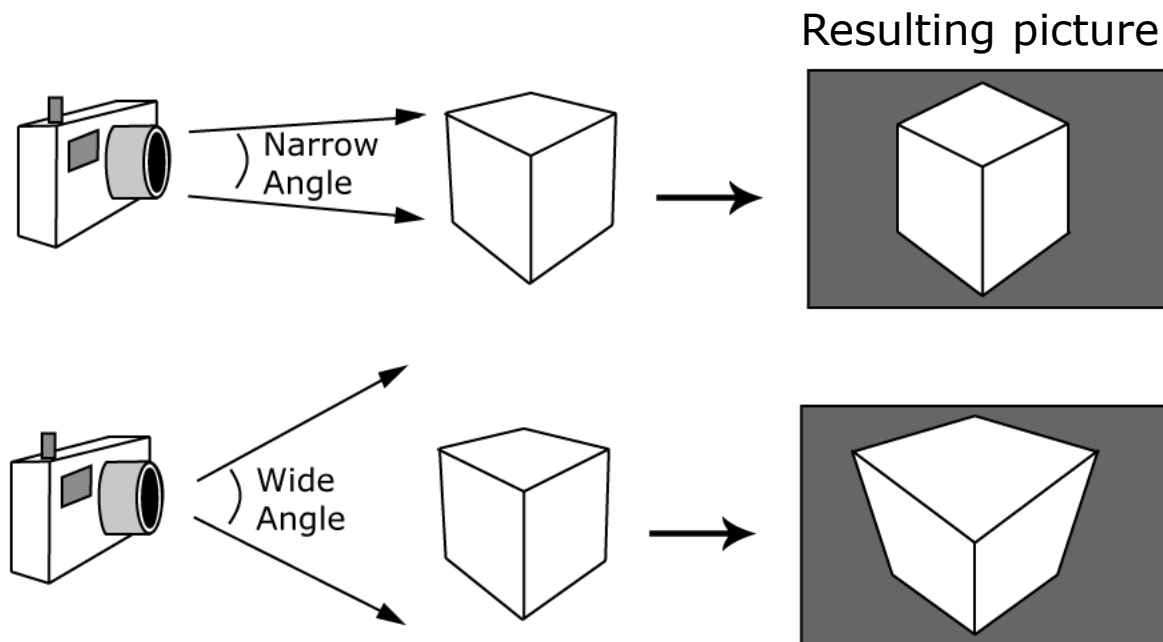
Οπτική Γωνία (Viewing Angle)

- Καθορίζει το ποσό στρέβλωσης της προοπτικής στην εικόνα, από καμία (παράλληλη προβολή) σε μεγάλη στρέβλωση (ευρυγώνιους φακούς)
- Αυξάνοντας την οπτική γωνία αυξάνεται και το ύψος του επιπέδου προβολής, οπότε αυξάνεται η προοπτική (*foreshortening*)



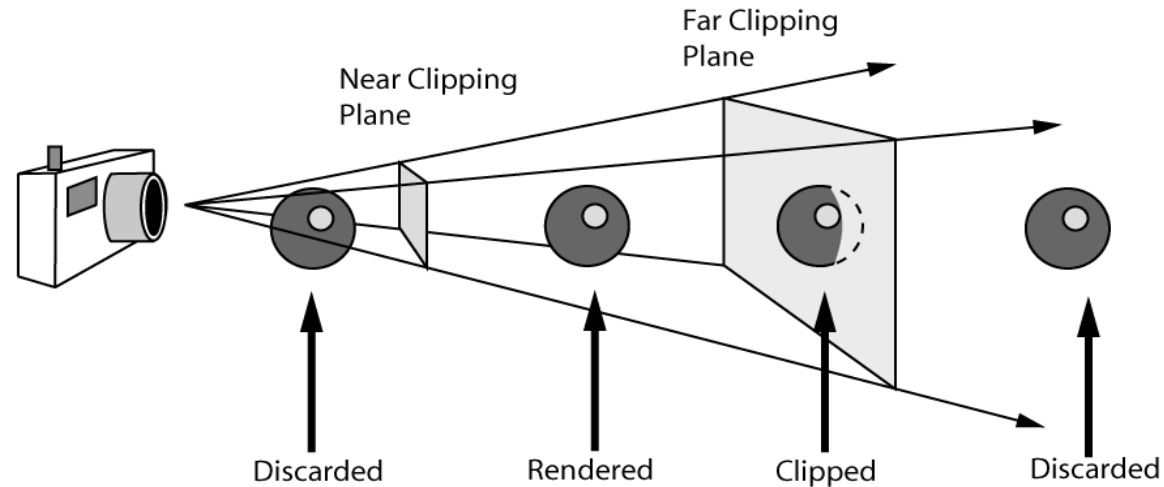
Οπτική Γωνία (Viewing Angle)

- Για μακρινές αποστάσεις χρησιμοποιούνται φακοί που έχουν σχεδόν παράλληλη γωνία προβολής και προκαλούν μικρή παραμόρφωση της προοπτικής του αντικειμένου
- Οι ευρυγώνιοι φακοί προκαλούν παραμορφωμένες προβολές



Κοντινά και μακρινά επίπεδα αποκοπής

- ▶ Με αυτά που έχουμε μάθει μέχρι τώρα μπορούμε να ορίσουμε τις τέσσερις ακτίνες που επεκτείνονται στο άπειρο και καθορίζουν τα όρια της προβολής μας



- ▶ Αυτό καθορίζει τι μπορούμε να δούμε στη σκηνή
- ▶ Τα αντικείμενα έξω από αυτό απορρίπτονται
- ▶ Τα αντικείμενα που τέμνονται, αποκόπτονται

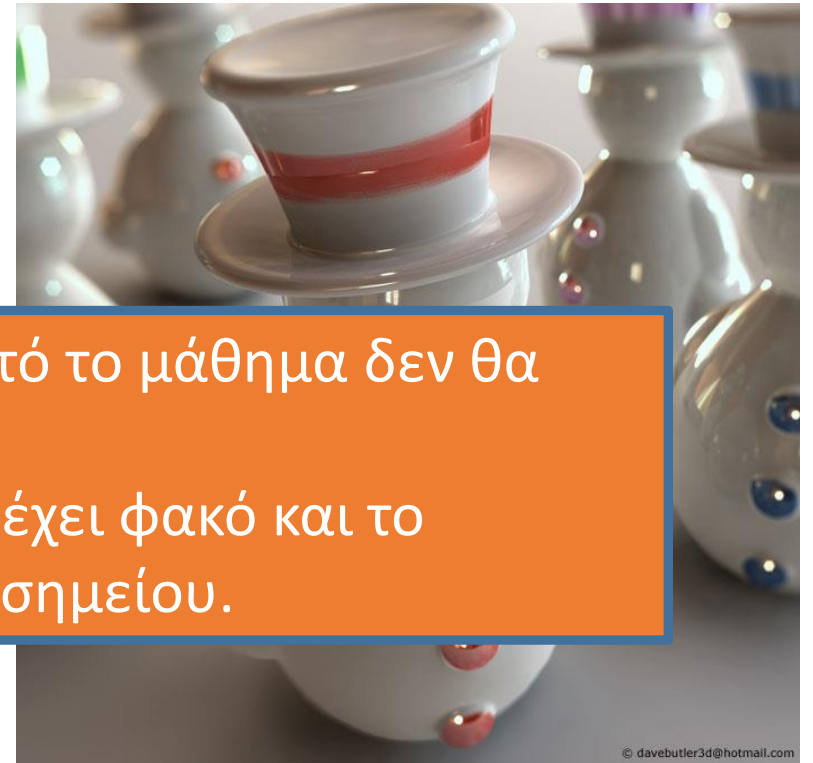
Αποκοπή επιπέδων (Near and Far Clipping Planes)

- **Λόγοι για *Front (near) clipping plane*:**
 - Συνήθως δεν θέλουμε να προβάλλουμε πράγματα πολύ κοντά στην κάμερα
 - θα εμποδίσει την απόδοση της υπόλοιπης σκηνής
 - τα αντικείμενα θα ήταν παραμορφωμένα
 - Δεν θέλουμε να προβάλλουμε πράγματα πίσω από την κάμερα
 - δεν αναμένουμε να δούμε πράγματα πίσω από την κάμερα
 - στην περίπτωση της κάμερας με προοπτική, τα πράγματα πίσω από την κάμερα θα εμφανίζονται ανάποδα
- **Λόγοι για *Back (far) clipping plane*:**
 - Δεν θέλουμε να προβάλλουμε πράγματα πολύ μακριά από τη κάμερα
 - απομακρυσμένα αντικείμενα μπορεί να είναι πολύ μικρά για να είναι σημαντικά, αλλά εξακολουθούν να απαιτούν μεγάλο χρόνο για να προβληθούν
 - με την αποκοπή τους χάνουμε μια μικρή ποσότητα λεπτομέρειας, αλλά κερδίζουμε καλύτερο χρόνο απόδοσης
 - βοηθάει επίσης στο να τακτοποιήσει μια σκηνή
- Αυτά τα επίπεδα πρέπει να τοποθετηθούν σωστά, όχι πολύ κοντά στην κάμερα, όχι πολύ μακριά
- Περισσότερες πληροφορίες και τρόπους αποκοπής, **στο επόμενο μάθημα!**

Εστιακή Απόσταση

- Ορισμένα μοντέλα κάμερας έχουν εστιακή απόσταση (focal length)
- Η εστιακή απόσταση είναι ένα μέτρο του που προσεγγίζει τη συμπεριφορά του πραγματικού φακού της κάμερας

- Αντικείμενα που βρίσκονται κοντά στο κέντρο του φακού φαίνονται μεγαλύτερα και πιο καθαρά, ενώ αντικείμενα που βρίσκονται μακριά φαίνονται μικρότερα και πιο θολά



Στα απλοποιημένα γραφικά που θα δούμε σε αυτό το μάθημα δεν θα ασχοληθούμε καθόλου με αυτό το εφέ.

Υποθέτουμε ότι η φωτογραφική μηχανή μας δεν έχει φακό και το άνοιγμά του είναι το μέγεθος ενός μαθηματικού σημείου.