

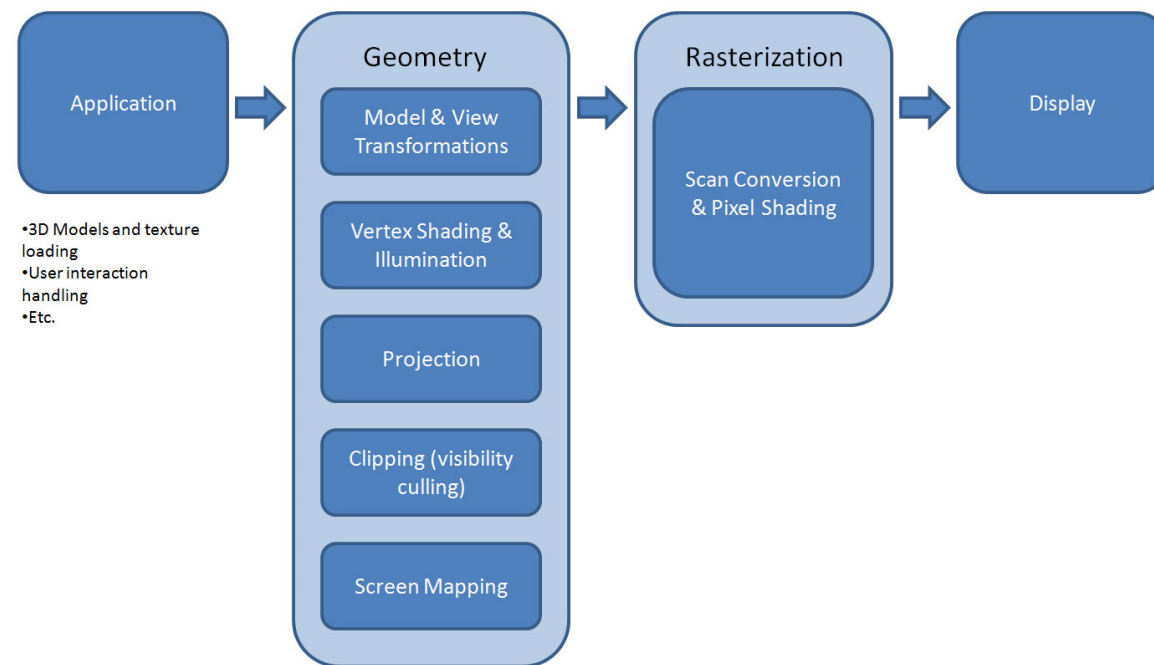
# Το Σύστημα Απόδοσης Γραφικών: Κάμερα



# Απόδοση Γραφικών: Ροή Εργασιών (Graphics Rendering: Pipeline)

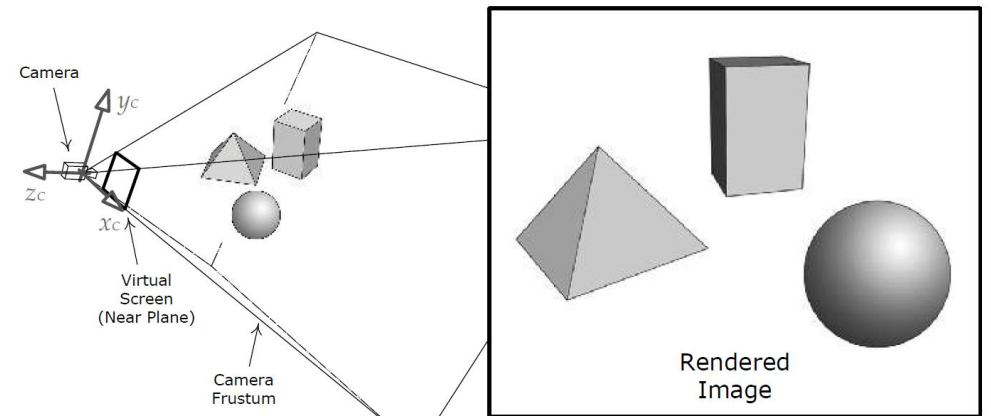
- **Στάδιο Εφαρμογής (CPU):** Εδώ εκτελείται η λογική του παιχνιδιού (π.χ., AI)
- **Στάδιο Γεωμετρίας (GPU):** Πράξεις στην 3d γεωμετρία.
- **Στάδιο Ραστεροποίησης (GPU):** Μετατροπή της 3d γεωμετρίας σε 2d pixels (ή θραύσματα – fragments)
  - **Σκίαση και Σύνθεση (GPU):** Οι shaders δίνουν χρώμα στα θραύσματα εφαρμόζοντας διάφορες τεχνικές και έπειτα συνθέτουν την τελική εικόνα.

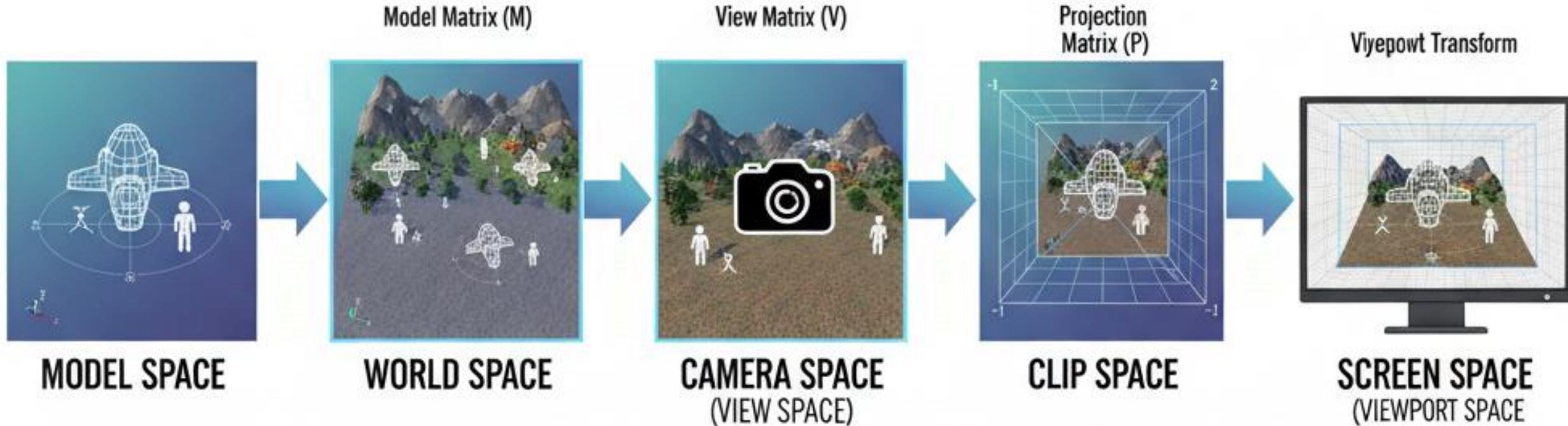
## Real-Time Graphics Pipeline



# Η Κάμερα

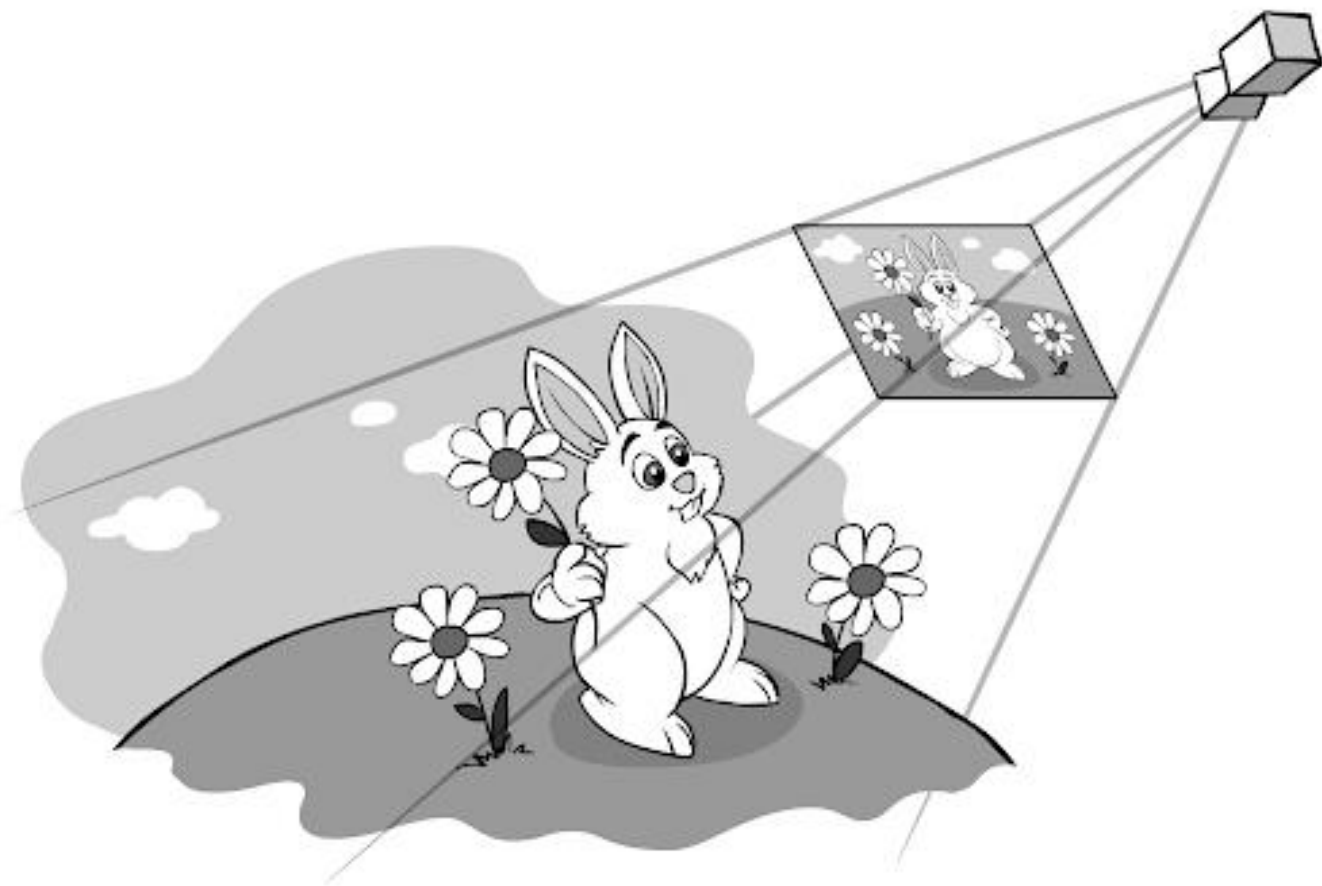
- Ως Λογική (CPU): Υψηλού επιπέδου λογική της κάμερας (ακολουθώ τον παίκτη, άλλαξε σε άλλη κάμερα που περιστρέφεται γύρω από τον παίκτη, μην μετακινηθείς πέρα από αυτό τον τοίχο, κοκ.)
- Ως Πράξεις Μαθηματικών (GPU): Εφαρμογή πράξεων στη γεωμετρία για να «βλέπουμε» τον εικονικό κόσμο όπως φαίνεται μέσα από την κάμερα





- Χώρος μοντέλου
  - Μητρώο μοντέλου: μετατρέπει τις τοπικές συντεταγμένες σε συντεταγμένες στον εικονικό κόσμο
- Χώρος Εικονικού Κόσμου
  - Μητρώο Θέασης: μετατρέπει τις συντεταγμένες του εικονικού κόσμου σε συντεταγμένες σε σχέση με την κάμερα
- Χώρος Κάμερας
  - Μητρώο προβολής: μετατρέπει τη 3d γεωμετρία σε έναν 4d χώρο που εμπεριέχει την πληροφορία προβολής με προοπτική και επιτρέπει εύκολη αποκοπή
- Χώρος Αποκοπής
  - Μετά την αποκοπή γίνεται η προβολή με προοπτική
  - Μετατροπή στο χώρο οθόνης
- Χώρος Οθόνης
  - Pixels

## Απόδοση 3d Μοντέλου: Χώροι

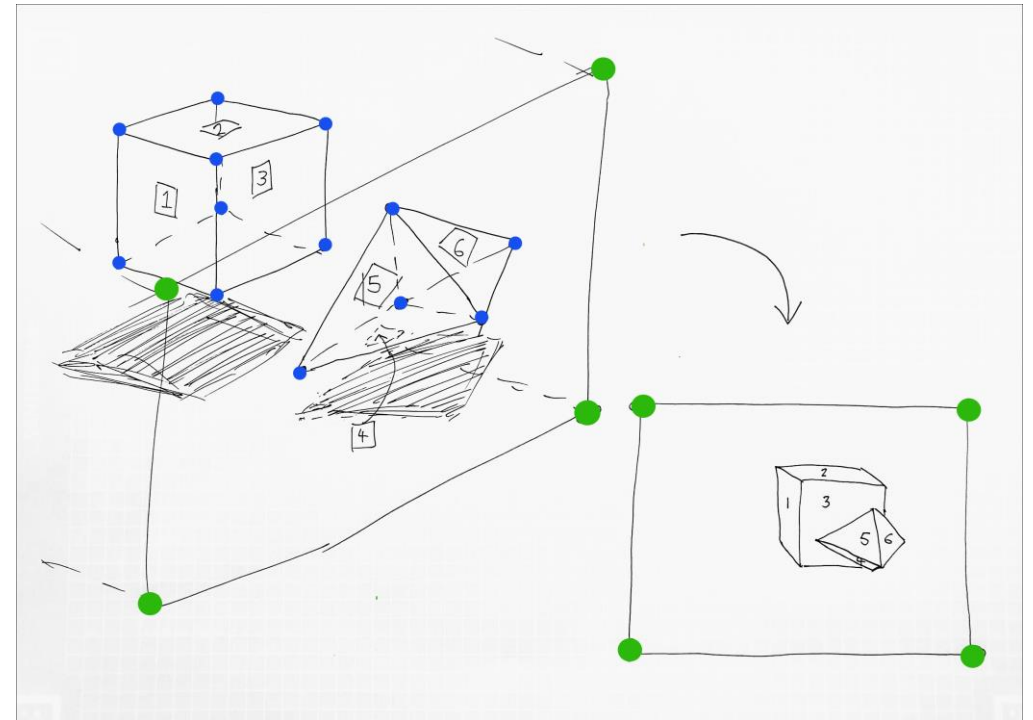


# Κάμερα

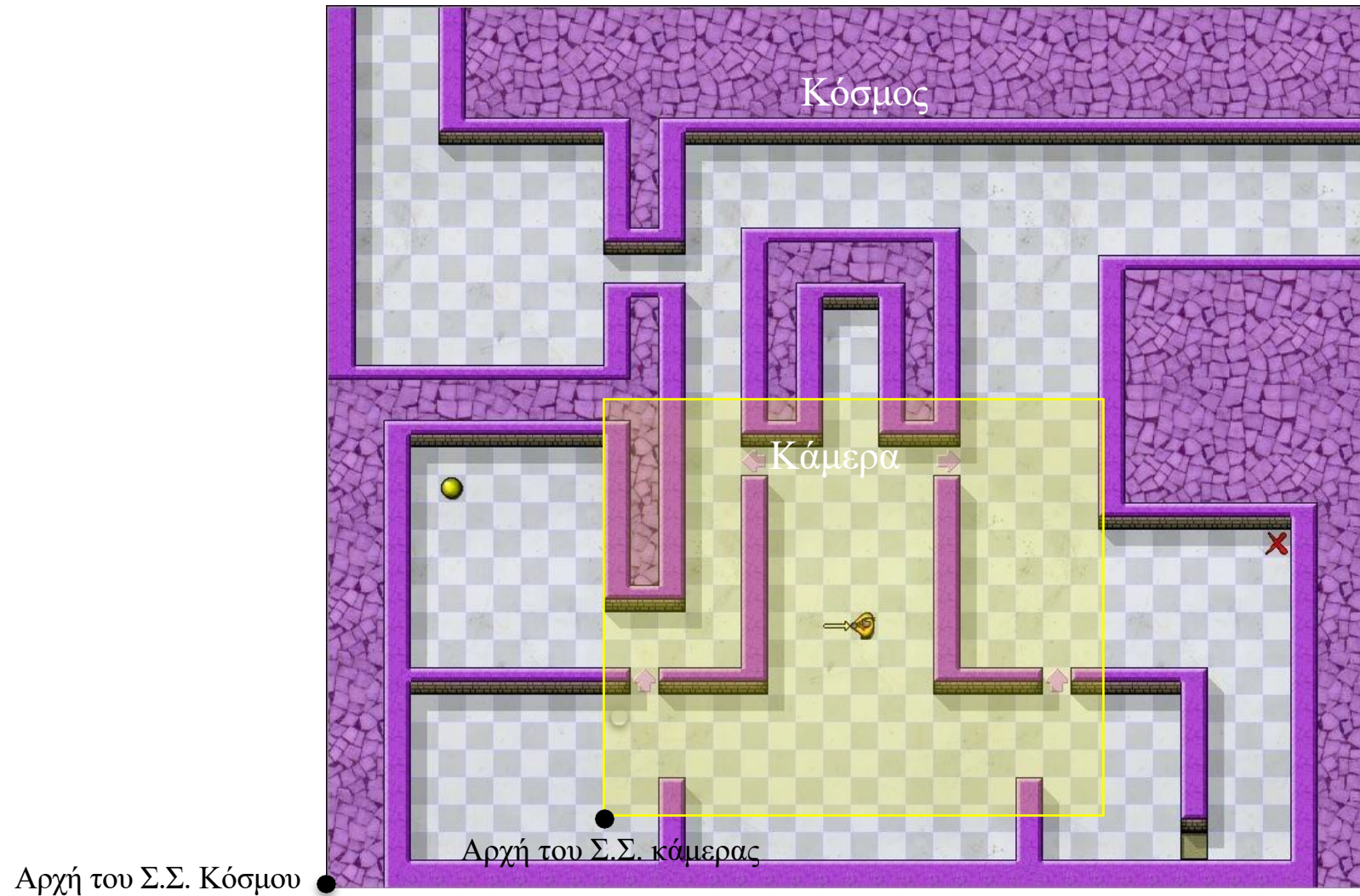
2d & 3d

# Η Κάμερα του Παιχνιδιού

- Τι κάνει ένα παιχνίδι 3d;
  - Όλα εμφανίζονται σε οθόνη 2d (κυρίως)
- Ένα 3d παιχνίδι έχει μια "κάμερα" πιθανώς ελεγχόμενη από τον χρήστη
  - Η κάμερα μπορεί να δει τα καλλιτεχνικά στοιχεία από όλες τις πλευρές
  - Τα τρισδιάστατα στοιχεία έχουν αρκετές πληροφορίες για να υποστηριχθεί κάτι τέτοιο
- Σε ένα 2d παιχνίδι:
  - Η κάμερα του παιχνιδιού έχει συνήθως σταθερή γωνία
  - Όλα τα στοιχεία αποδίδονται από μια ορατή πλευρά

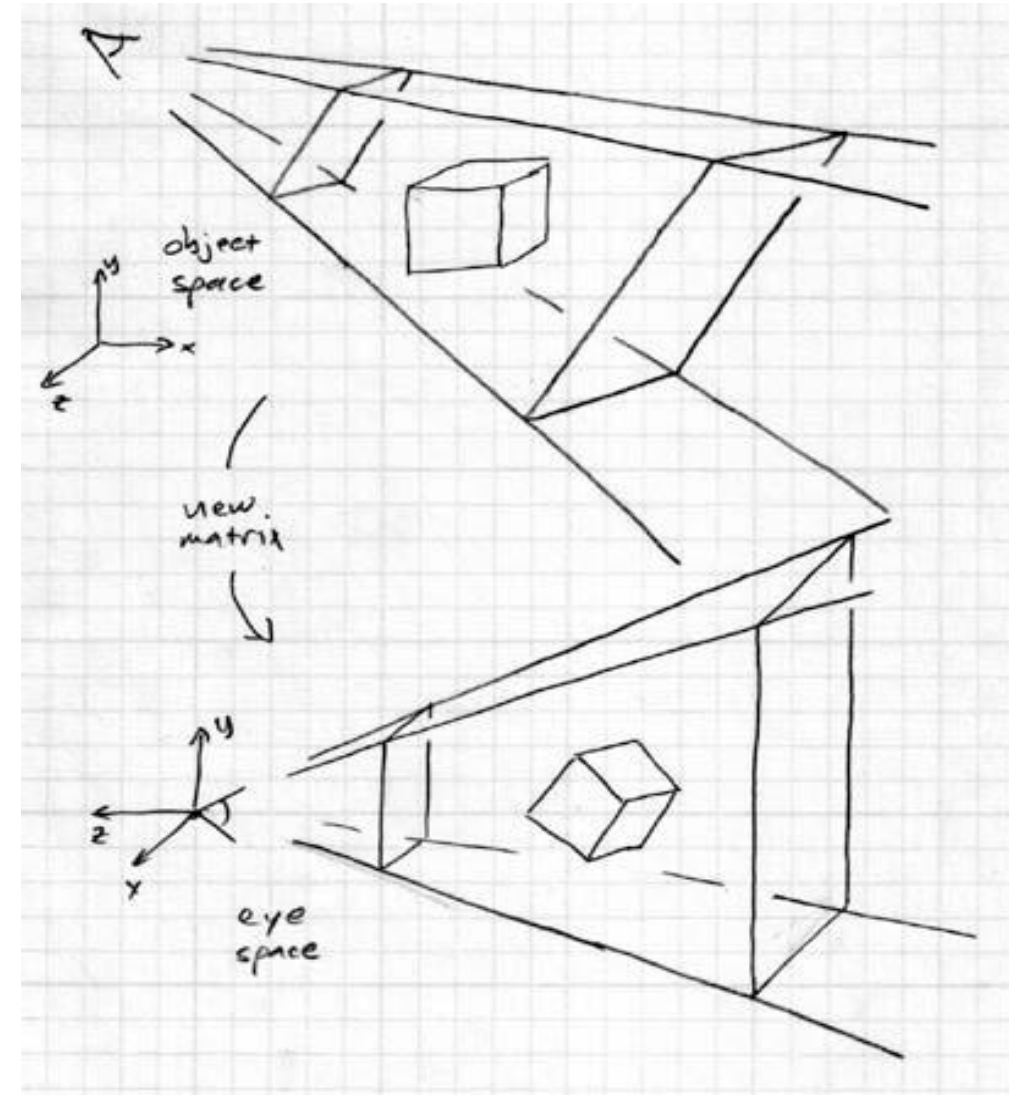


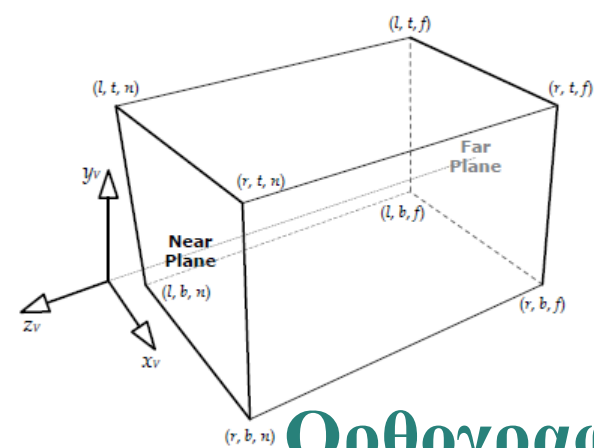
## Η Κάμερα σε 2d



# Καθορίζοντας την Κάμερα

- Η κάμερα είναι ένας χώρος συντεταγμένων
  - Ονομάζεται και *eye space*
  - Η θέση των ματιών είναι στην αρχή του Σ.Σ.
- Πώς μετακινείται η κάμερα;
  - Με μητρώα μετασχηματισμού
- Κύλιση (Scrolling)
  - Κύλιση: μετακινήστε το αντικείμενο προς το μάτι
  - Κάμερα: μετακινήστε το μάτι προς το αντικείμενο
  - Τα δύο μητρώα είναι αντίστροφα





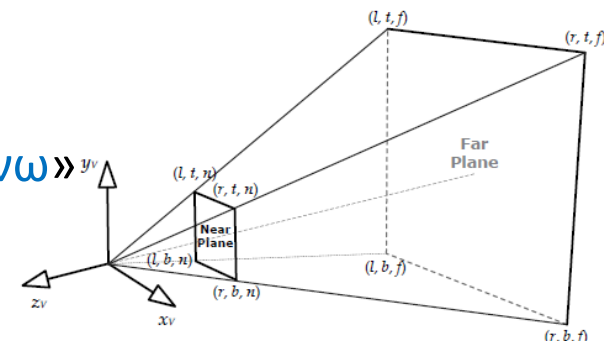
## Ορθογραφική Κάμερα

- Χρησιμοποιείται **κυρίως** για **2d** παιχνίδια
  - Τα αντικείμενα έχουν 2d θέσεις
  - Σχεδιάζονται από πίσω προς τα εμπρός (γιατί;)
- Καθορίστε τη **παράθυρο θέασης (viewport)**
  - Το μέγεθος του παραθύρου
  - Την αρχή του παραθύρου
  - Μετακίνηση της αρχής του παραθύρου για κύλιση

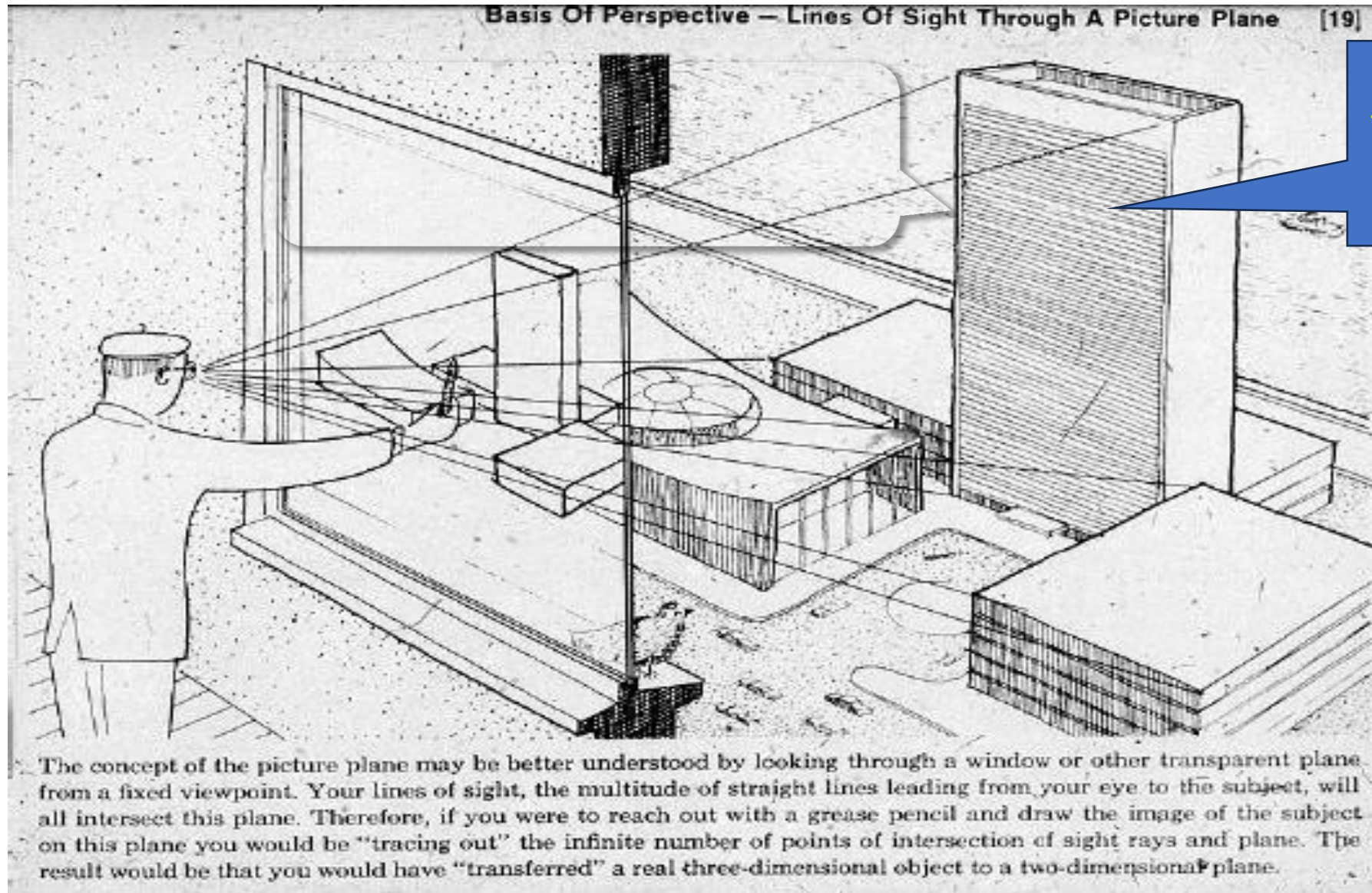
# Κάποιες Βασικές Κάμερες

## Κάμερα Προοπτικής

- Χρησιμοποιείται για τα **3d** παιχνίδια
  - Τα αντικείμενα έχουν 3d θέσεις
  - Σχεδιάζει **την προβολή σε ένα επίπεδο**
- Καθορισμός του συστήματος συντεταγμένων των ματιών
  - Αρχή του Σ.Σ. των ματιών
  - Κατεύθυνση θέασης
  - Κατεύθυνση «**προς τα πάνω**»

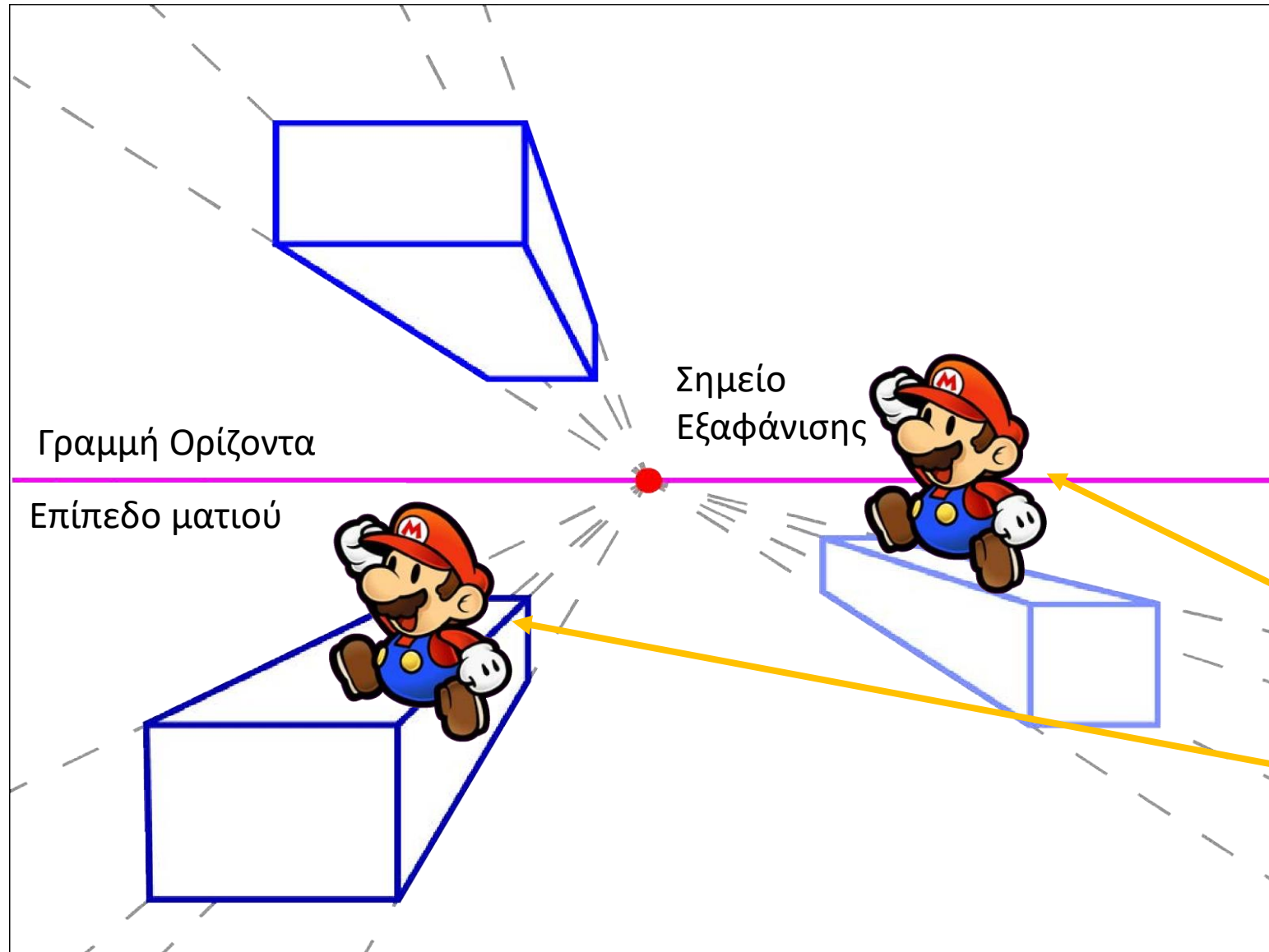


# Προβολή σε Επίπεδο



Πρόβλημα: Τα στοιχεία δεν είναι αμετάβλητα καθώς μετακινούνται.

# Το Σημείο Εξαφάνισης του Ορίζοντα



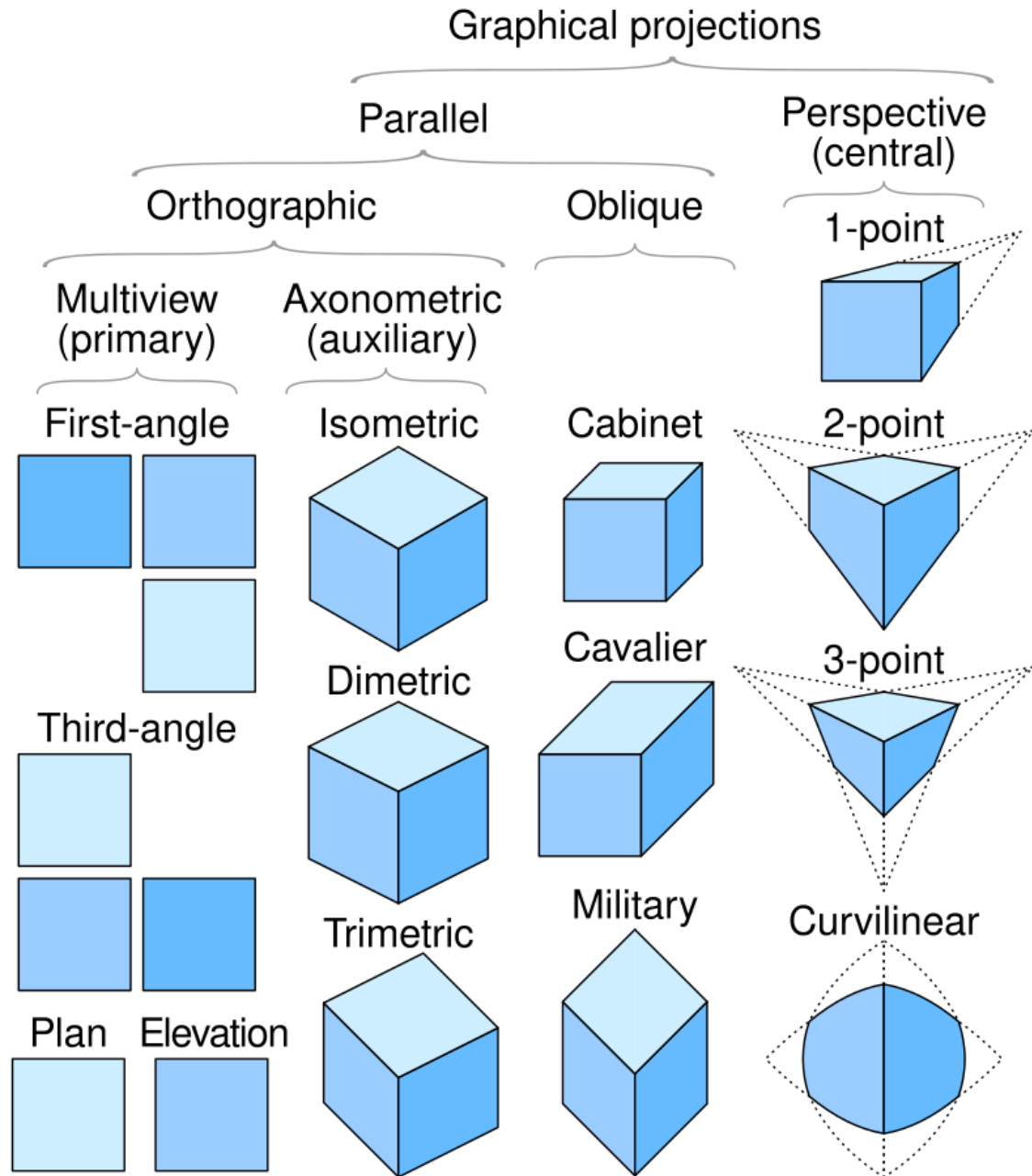
Τα παιχνίδια 2D  
basίζονται σε  
παραμορφωτικές  
προοπτικές

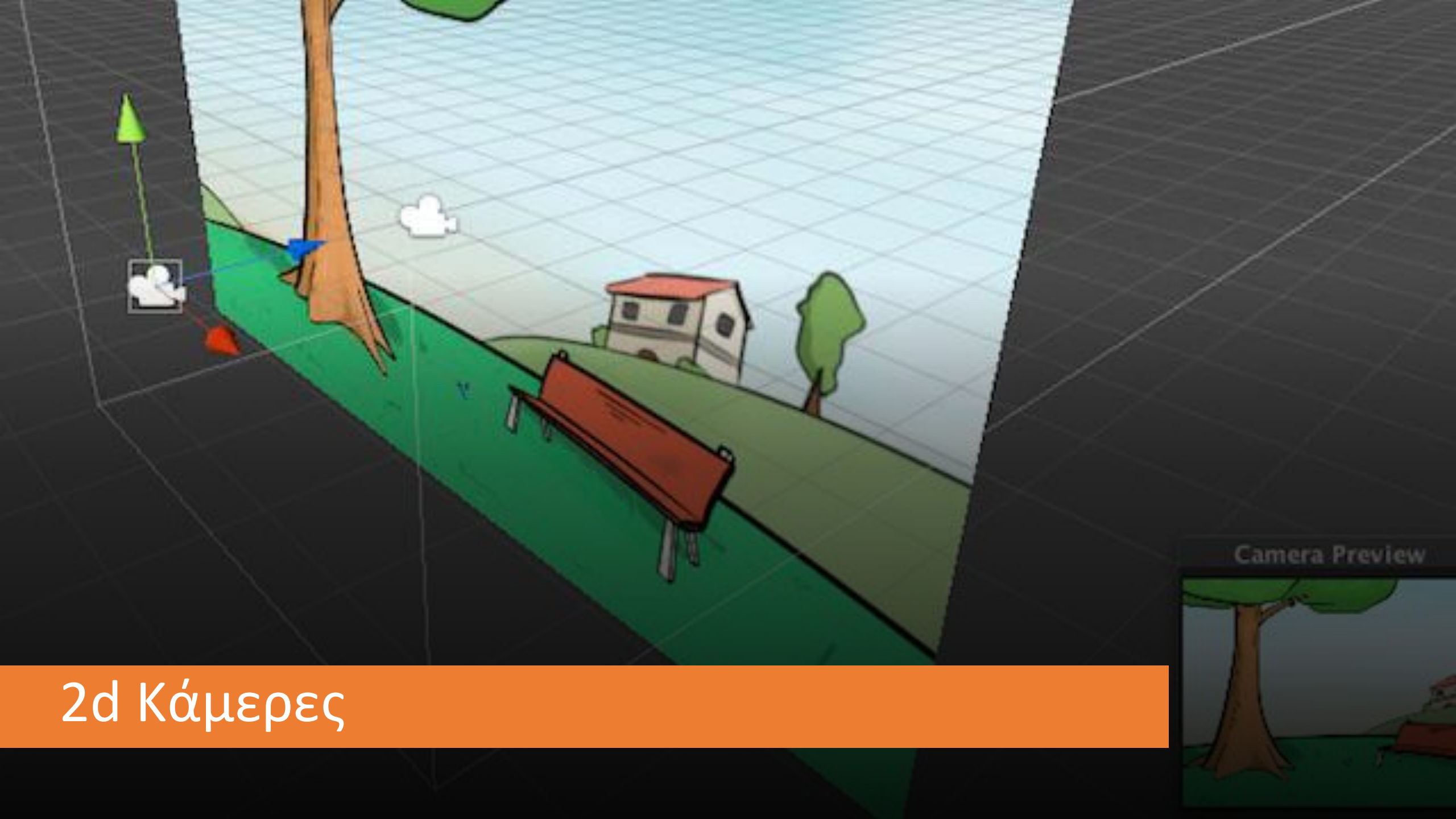
Δεν θα έπρεπε να  
είναι ίδιου μεγέθους

Μου έδωσε ο Mario  
ένα μανιτάρι.



# Περί προβολών ο λόγος

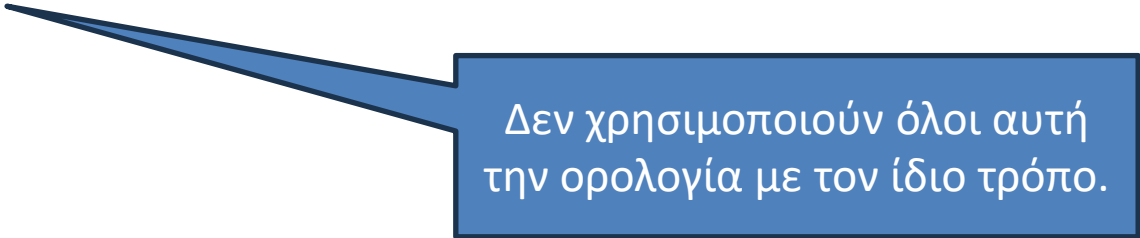




2d Κάμερες

# Παράλληλες Προβολές

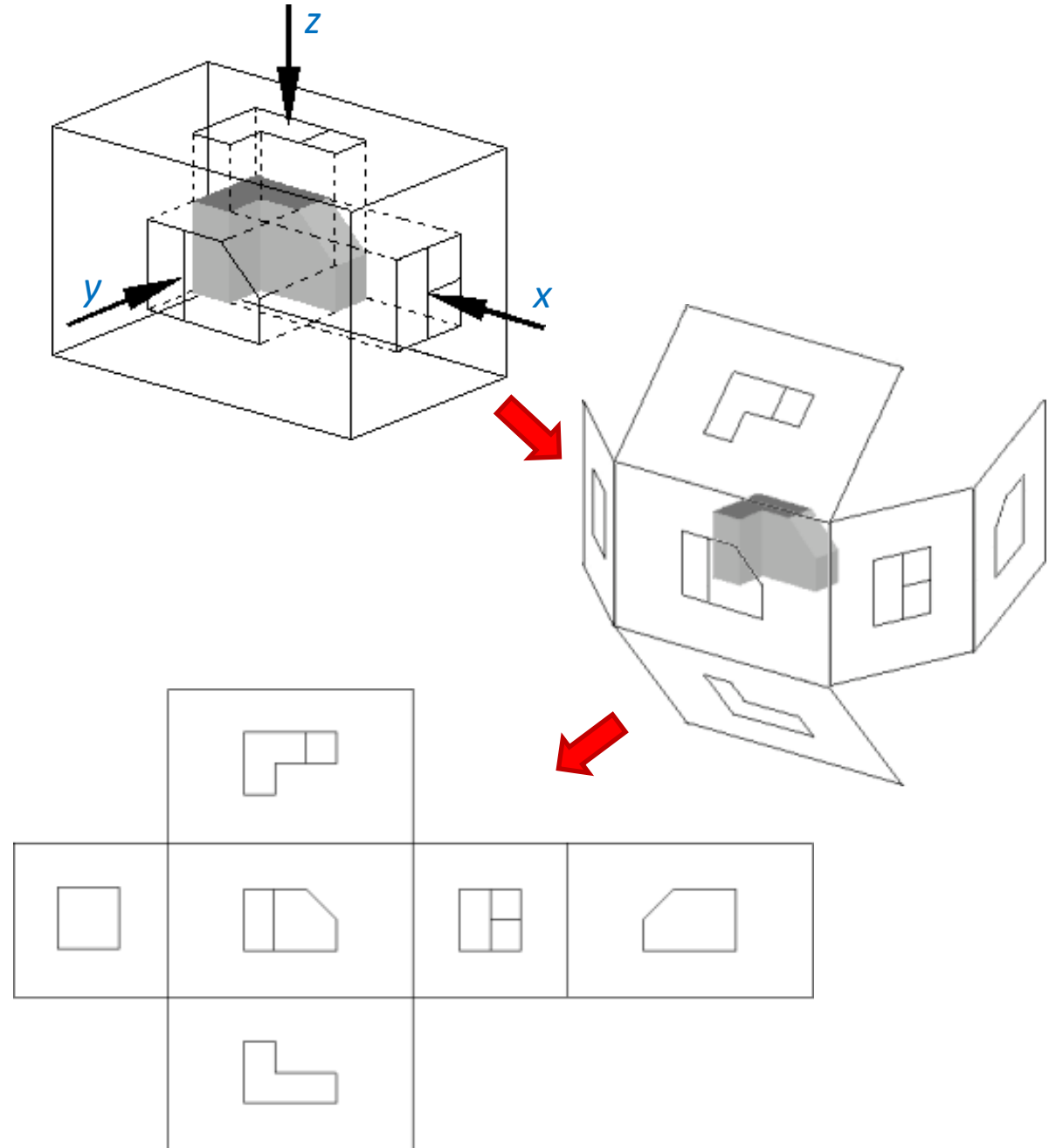
- Τα Sprites χρησιμοποιούνται με παράλληλες προβολές
  - Οι παράλληλες γραμμές είναι πάντα παράλληλες στην οθόνη
  - Οι εικόνες μπορούν να μετακινηθούν εντός της προβολής
- Κάποιοι βασικοί τύποι παράλληλων προβολών:
  - Ορθογραφική
    - Πολλαπλής προβολής
    - Αξονομετρική



Δεν χρησιμοποιούν όλοι αυτή την ορολογία με τον ίδιο τρόπο.

# Πολλαπλής Προβολής

- Παιχνίδι κάθετο σε άξονα
  - Από *πάνω προς τα κάτω* (top-down): κάθετα στον άξονα  $z$
  - *Πλευρική κύλιση* (side scrolling): κάθετα στον άξονα  $y$
- Πολύ εύκολο το καλλιτεχνικό του μέρος
  - Τα αντικείμενα είναι επίπεδα πλακάκια
  - Στρώνουμε τα πλακίδια
- Επιβάλλει **2d** gameplay
  - Δεν υπάρχει 3<sup>η</sup> διάσταση – έχει χαθεί
  - Παραμόρφωση: Όλες οι ακτίνες προς το μάτι είναι παράλληλες



# Πλευρική Κύλιση



Braid



New Super Mario Bros



Ghost 'n Goblins

# Από Πάνω Προς τα Κάτω



Hotline Miami

Gauntlet

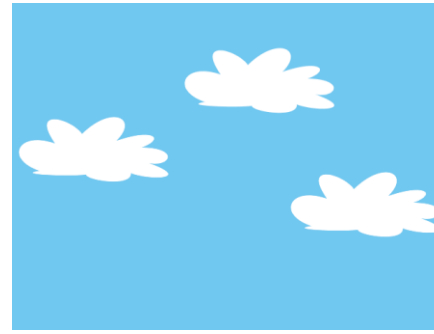


1942

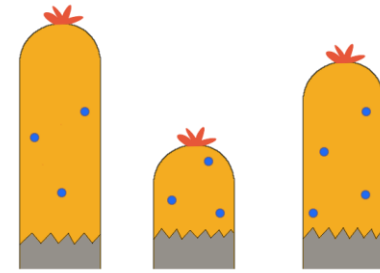
# Μειονεκτήματα

- Η από πάνω προς τα κάτω προβολή είναι εξαιρετικά περιοριστική
  - Μπορείτε να δείτε μόνο την κορυφή του χαρακτήρα σας (ή κάτι τέτοιο)
  - Δύσκολο να δημιουργήσεις ενδιαφέροντες χαρακτήρες
  - Χρησιμοποιείται αρκετά σε [platformers](#)
- Το gameplay είναι ρηχό
  - Στην καλύτερη περίπτωση να χρησιμοποιηθούν διαφορετικά στρώματα gameplay
  - Η 3<sup>η</sup> διάσταση είναι εξαιρετικά διακριτή (2.5d)
  - Χρήση παραλλακτικής κύλισης (parallax scrolling)

# Παραλλακτική Κύλιση



Στρώμα σύννεφων:  
πίσω

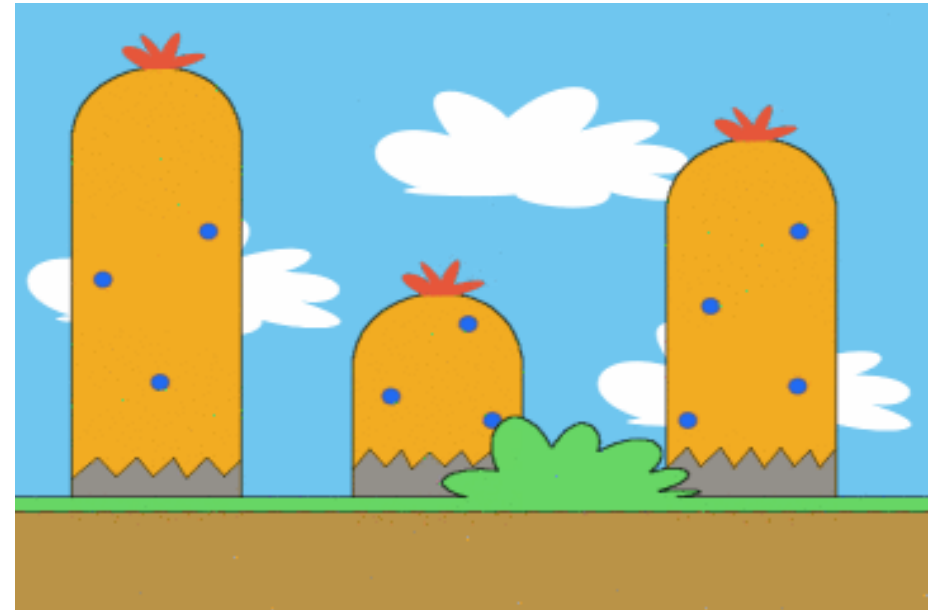


Στρώμα βλάστησης:  
μέση



Στρώμα εδάφους:  
μπροστά

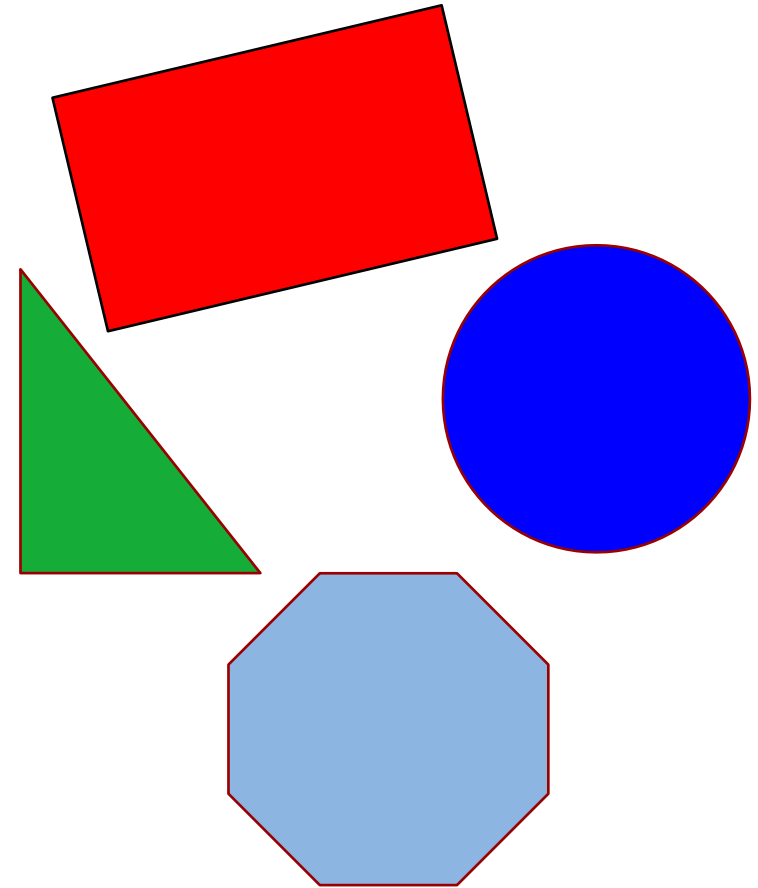
- Δίνει βάθος στην ορθογραφική προβολή
  - Τα αντικείμενα στο παρασκήνιο έχουν απόσταση
  - Ο ρυθμός κύλισης εξαρτάται από την απόσταση
- Υλοποίηση με πολλαπλά στρώματα φόντου
  - Κάθε στρώμα κυλά με διαφορετικό ρυθμό
- Συχνά απαιτεί κάποιο βαθμό διαφάνειας
  - Σύνθεση των μπροστινών στρωμάτων με τα πίσω



# Το Πρόβλημα με τα Sprites

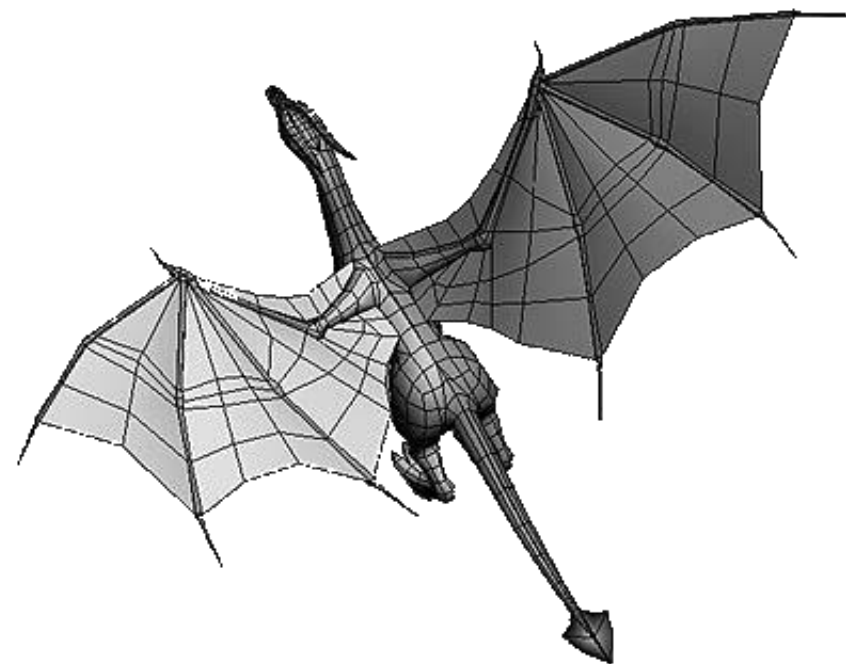
---

- Τα Sprites παράγονται από καλλιτέχνες
  - Παραμόρφωση λόγω μετατροπών
  - Μεγάλες αλλαγές απαιτούν νέα σχεδίαση
- Γραφικά χωρίς sprites;
  - Γεωμετρίες
  - Συστήματα σωματιδίων
  - Δυναμικά σχήματα



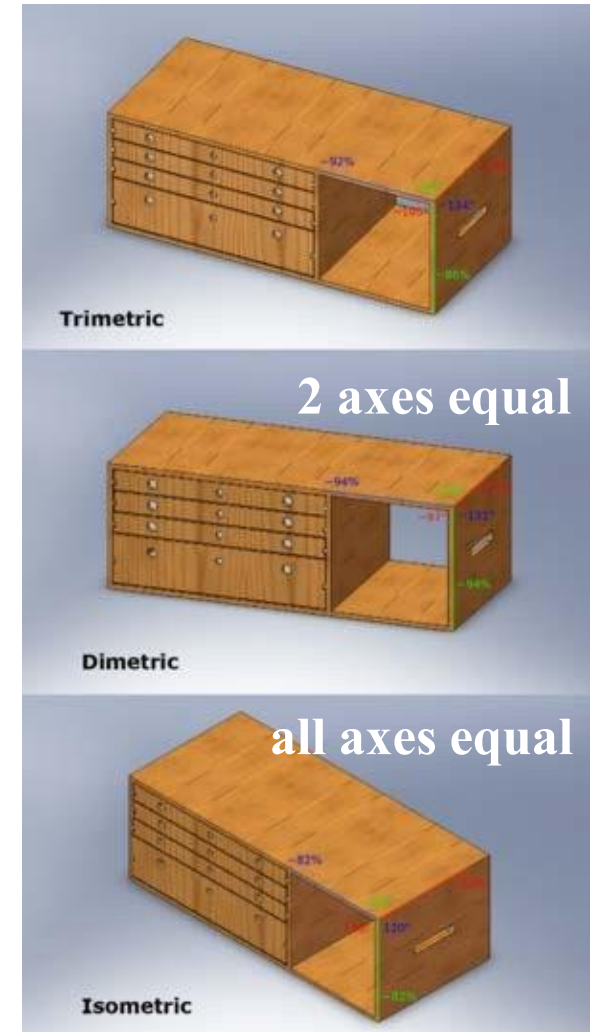
# Σχεδίαση Προοπτικής

- Τα 3d μοντέλα το κάνουν εύκολα
  - Περιστροφή του μοντέλου στη θέση που θέλουμε
  - Επιπεδοποίηση σε png, tiff, κτλ.
- Η 3d μοντελοποίηση είναι ζόρικη
  - Δύσκολα και τεχνικά εργαλεία
  - Δεν ζωγραφίζονται με το χέρι
- Πώς να ζωγραφίσουμε την προοπτική;
  - Ο καλλιτέχνης λαμβάνει υπόψη την κάμερα



# Αξονομετρική Προβολή

- Εκτός άξονα θέαση του αντικειμένου
  - Προβολή κατά μήκος και των 3 αξόνων
- Παραμένει η παραμόρφωση
  - Δεν είναι αληθινή προβολή
  - Κανένα σημείο εξαφάνισης
  - Οι άξονες είναι «συντομευμένοι» (foreshortening)
- Επιτρέπει «3d» παιχνίδι
  - Οι «γκρεμοί» είναι ορατοί
  - Αντικείμενα μπορεί να είναι κρυμμένα!



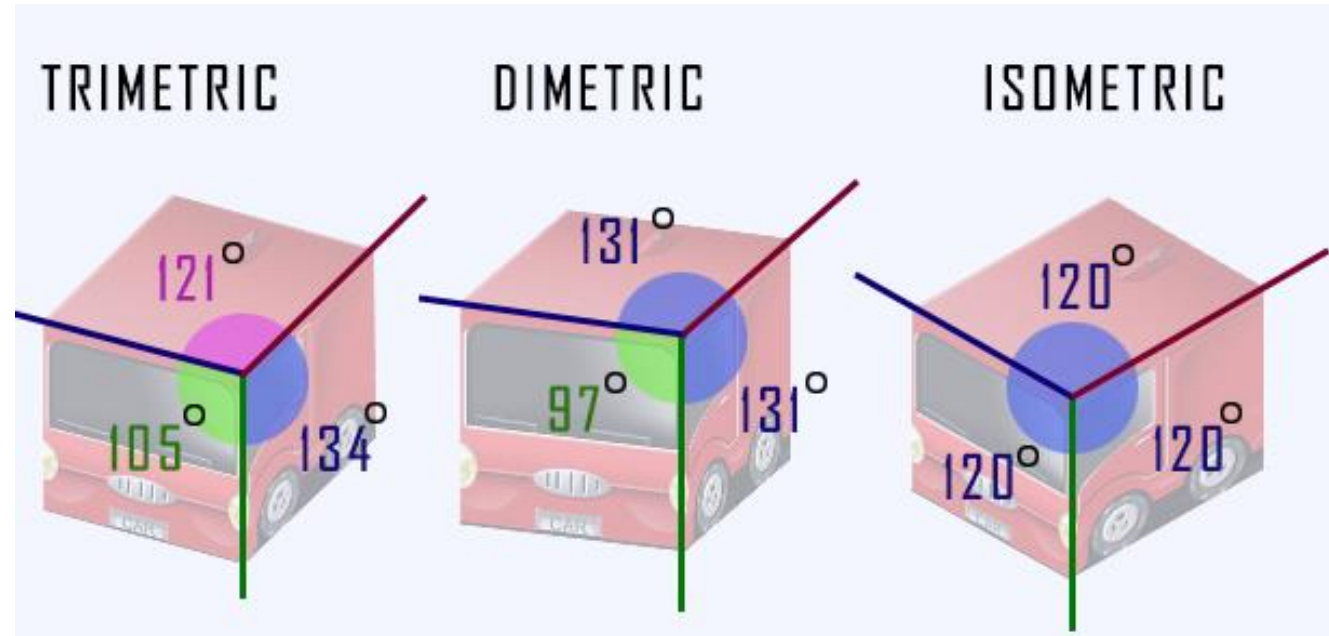
# Τύποι Προβολής

## ● Ισομετρική

- Όλοι οι άξονες είναι ίδιοι
- Χρειάζονται όλες οι διαστάσεις
- Χρησιμοποιείται σε κλασσικά RPG

## ● Διμετρική

- Ο z-άξονας σε πιο μικρή κλίμακα
- Οι x, y άξονες είναι ίδιας κλίμακας
- Για αισθητικούς λόγους κυρίως



# Διμετρική Προβολή: Παραδείγματα



Enter the Gungeon

Ο ίσκιος δείχνει τη θέση.



Stardew Valley (ως προς ύψος)

# Ισομετρική Προβολή: Παραδείγματα



Hades



Baldur's Gate II

# Τί Επιλέγουμε;

## Ορθογραφική

---

- **Πλεονεκτήματα**
  - Εύκολη η δημιουργία στοιχείων
  - Εύκολη η σύνθεση με πλακίδια
- **Μειονεκτήματα**
  - Κίνηση σε 2d
  - Το παιχνίδι είναι ρηχό...

## Αξονομετρική

---

- **Πλεονεκτήματα**
  - Σχετικά εύκολη η δημιουργία στοιχείων
  - Περιορισμένη 3d κίνηση
- **Μειονεκτήματα**
  - Πιο δύσκολη η σύνθεση με πλακίδια
  - Κατά λάθος κρυμμένα αντικείμενα
  - Πολύ δουλειά για τον καλλιτέχνη

# Συνδυάζοντας Προβολές

Διμετρικό  
Περιβάλλον



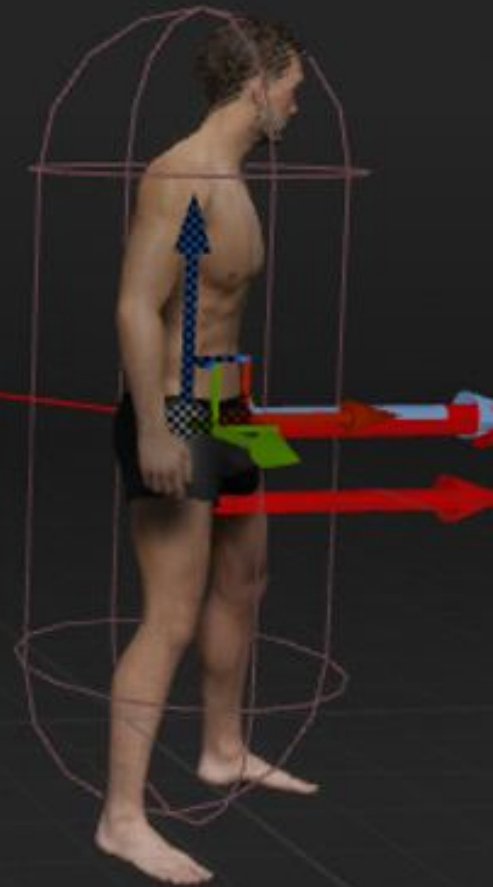
Ορθογραφικοί  
Χαρακτήρες

# Με Λίγα Λόγια

- Η κάμερα αντιπροσωπεύει τις συντεταγμένες του χώρου των «ματιών»
  - Τα 3d παιχνίδια έχουν αυθαίρετη κίνηση της κάμερας (σε λίγο περισσότερα)
  - Τα παιχνίδια 2d περιορίζονται στην κίνηση κύλισης
- Τα 2d καλλιτεχνικά στοιχεία απαιτούν να επιλέξετε μια προβολή
  - Η ορθογραφική είναι εύκολη, αλλά περιορίζει το παιχνίδι
  - Η αξονομετρική έχει καλύτερο gameplay, αλλά είναι πιο δύσκολη στη σχεδίαση
- Ο αξονομετρικός τύπος εξαρτάται από το στυλ παιχνιδιού
  - Η ισομετρική είναι κοινή στα κλασικά RPG
  - Η διμετρική μπορεί να δώσει μία διαφορετική αίσθηση βάθους



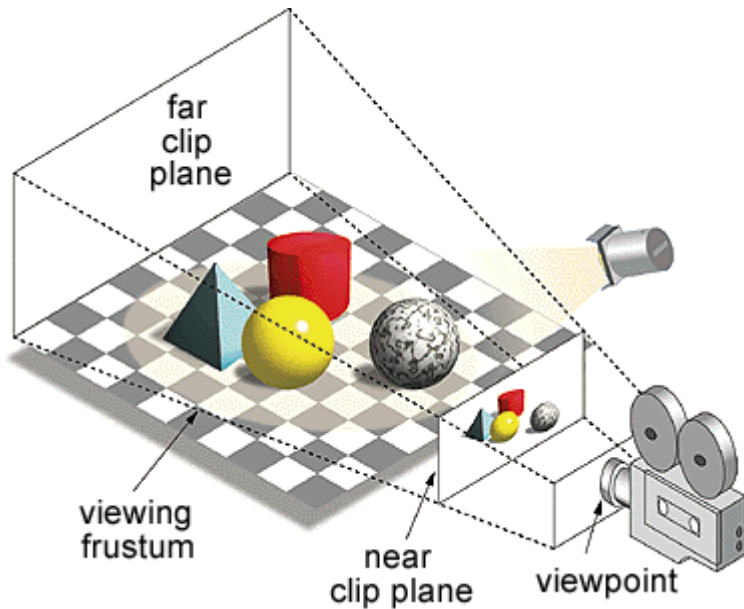
3d Κάμερες



# Προοπτική Προβολή

Η προβολή προοπτικής είναι ένας από τους τρόπους με τους οποίους τα τρισδιάστατα γραφικά φαίνονται τρισδιάστατα στην οθόνη. Αυτή η προβολή αντιστοιχίζει δεδομένα σκηνής 3d σε μια εικόνα 2d. Μιμείται τον τρόπο που βλέπουν τα ανθρώπινα μάτια. Ένα αντικείμενο θα προβάλλεται σε μικρότερο μέγεθος όσο πιο μακριά είναι από το μάτι.

# Δεδομένα Σκηνής



Η κάμερα είναι μέρος της σκηνής. Διαθέτει:

1. Μια θέση θέασης
2. Ένα προσανατολισμό (κατεύθυνση και περιστροφή)
3. Ένα οπτικό πεδίο που καθορίζεται από μία κομμένη πυραμίδα

Η γεωμετρία έξω από το οπτικό πεδίο αποκόπτεται και δεν αποδίδεται

Η οθόνη μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως μέρος της σκηνής.

Κάθε pixel αντιστοιχεί σε κάποιο τμήμα χώρου στον τρισδιάστατο κόσμο.

# Χώρος Κάμερας

Η προοπτική προβολή σε 3d γραφικά γίνεται στο σύστημα συντεταγμένων του χώρου της κάμερας. Η γεωμετρία του εικονικού χώρου μετατρέπεται στο χώρο κάμερας.

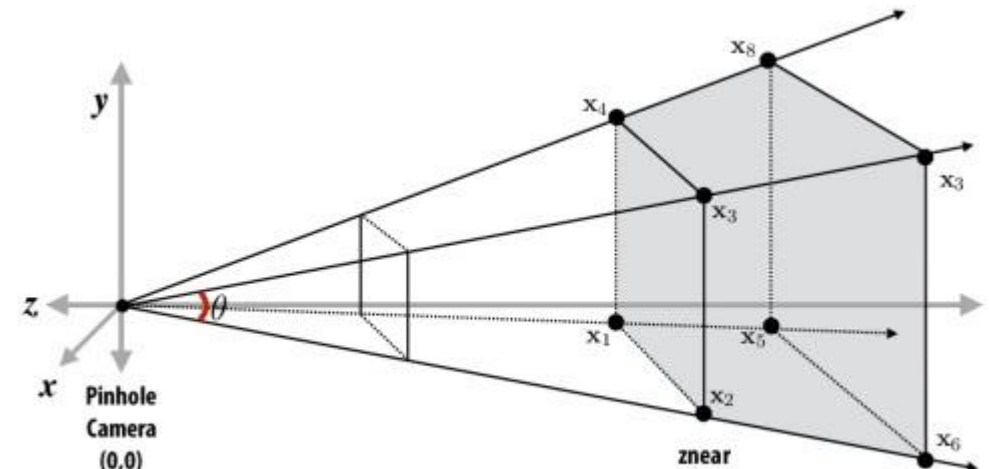
- Η κάμερα βρίσκεται στην αρχή του συστήματος συντεταγμένων
- Η κάμερα κοιτάζει στον άξονα  $z$  (συνήθως  $-z$ )

Η οθόνη ορίζεται να είναι:

- $d$  μονάδες μακριά από την κάμερα
- Ορθογώνια ως προς τον άξονα  $z$

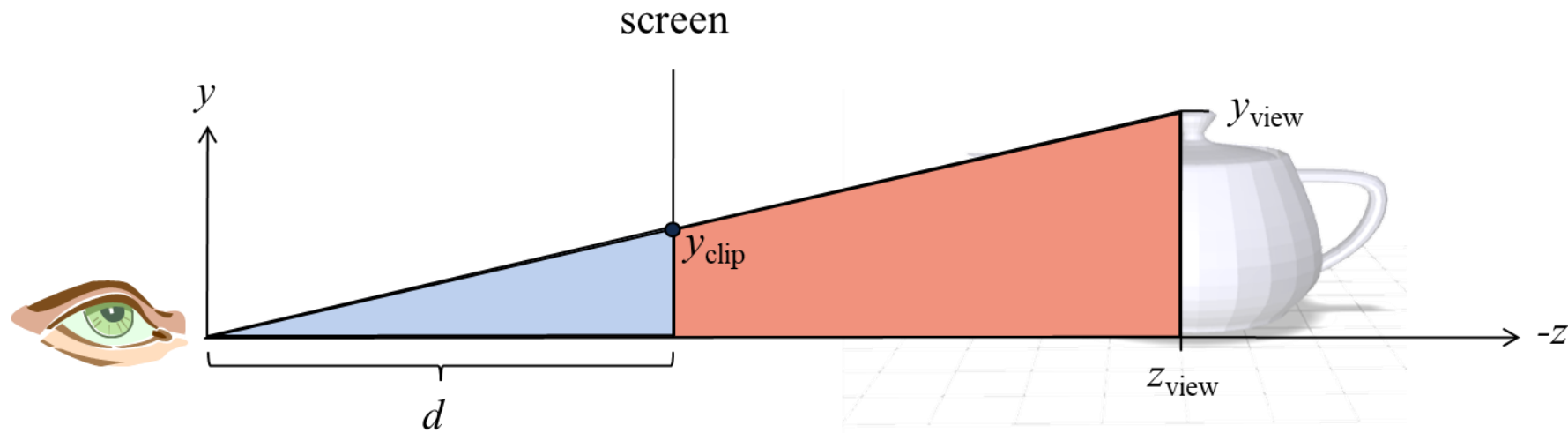
Επομένως για την οθόνη:

- Ο  $y$  άξονας καθορίζει τη διεύθυνση «πάνω-κάτω»
- Ο  $x$  άξονας καθορίζει τη διεύθυνση «αριστερά-δεξιά»



Camera-space positions: 3D

# Προοπτική Προβολή

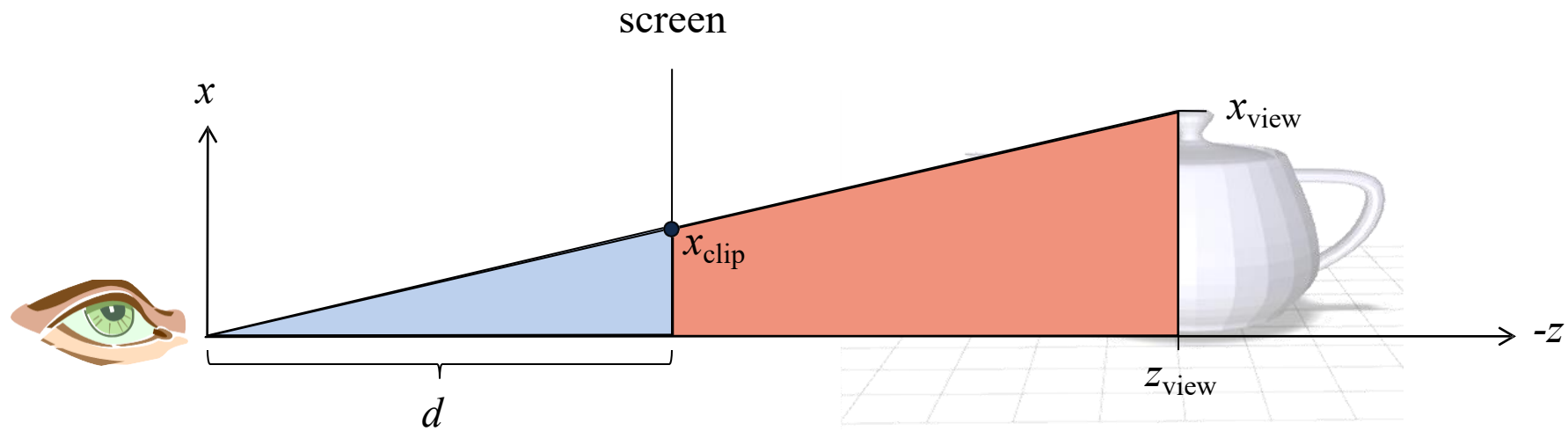


Εξετάζουμε ένα τμήμα του τρισδιάστατου χώρου όπου  $x = 0$

- $z$  είναι αριστερά–δεξιά και  $y$  είναι πάνω–κάτω
- Η κορυφή του μοντέλου έχει  $y$  συντεταγμένη  $y_{view}$
- Σε τι αντιστοιχεί η  $y_{view}$  στην οθόνη; Πώς υπολογίζω το  $y_{clip}$ ;

Από ομοιότητα τριγώνων:  $\frac{y_{clip}}{d} = \frac{y_{view}}{-z_{view}} \Rightarrow y_{clip} = \frac{y_{view}}{-z_{view}/d}$

# Προοπτική Προβολή



Από ομοιότητα τριγώνων:  $\frac{x_{clip}}{d} = \frac{x_{view}}{-z_{view}} \Rightarrow x_{clip} = \frac{x_{view}}{-z_{view}/d}$

$$z_{clip} = -d$$

# Τύποι

| Τύπος Προοπτικής            | Ορισμός                                               | Εμπειρία Χρήστη                                           | Παραδείγματα                              |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Πρώτου Προσώπου             | Η κάμερα είναι τα μάτια του παίκτη                    | Ενσάρκωση, Εμβύθιση, Ένταση                               | Cyberpunk 2077, Kingdom Come: Deliverance |
| Τρίτου Προσώπου             | Η κάμερα περιτριγυρίζει τον παίκτη                    | Επίγνωση κατάστασης, Έκφραση χαρακτήρα, Χωρική τοποθέτηση | Witcher 3, Mass Effect                    |
| Σταθερή Προοπτική           | Η κάμερα είναι σταθερή στον κόσμο                     | Κινηματογραφικό, Σκόπιμο καδράρισμα, Αγωνία               | Resident Evil, Silent Hill                |
| Top-Down / Ισομετρική       | Η κάμερα είναι πάνω από τη δράση και συχνά υπό γωνία  | Τακτική επισκόπηση, Συνολική πληροφορία                   | Diablo, Age of Empires                    |
| Πλάγια Κύλιση / 2.5d        | Η κάμερα βλέπει τον παίκτη από πλάγια με ψευδο-3d εφέ | Εστίαση σε Platforming                                    | Super Mario Bros, Cuphead                 |
| Σεναριακή / Κινηματογραφική | Η κάμερα είναι προ-προγραμματισμένη                   | Αφήγηση, Δραματικός αντίκτυπος, Καθοδηγούμενη εστίαση     | The Last of Us, God of War                |

# Προσεγγίσεις Επίλυσης Προβλημάτων

- Αποφυγή του να μπει μία κάμερα «μέσα» σε ένα αντικείμενο
  - **Spring Arm**: Συνδέει τον παίκτη με την κάμερα και αλλάζει την απόσταση ανάλογα με το αν εντοπίζει σύγκρουση.
- Ανίχνευση της απόκρυψης του πεδίου της κάμερας από εμπόδιο
  - **Raycasting ή sphere-casting**
- Επίλυση προβλήματος εμποδίων
  - **Ξεθώριασμα** των εμποδίων
- Ομαλότητα κίνησης κάμερας
  - **Lerp/Slerp**, ...

THE CAMERAS OF

# UNCHARTED 3

DRAKE'S DECEPTION™



# Ρόλος ενός Τυπικού Συστήματος Διαχείρισης Κάμερας

1. Προσεγγιστικό μοντέλο κάμερας πραγματικού κόσμου
2. Θέση ελέγχου, προσανατολισμός, ζουμ, βάθος πεδίου, άλλες παράμετροι...
3. Υποστήριξη διάφορων τύπων καμερών (συμπεριφορές)
4. Διαχείριση διασταυρούμενων συνδυασμών (cross-blend) μεταξύ καμερών
5. Εντοπισμός και επίλυση συγκρούσεων

# Κάμερες Παιχνιδιού

## 31 τύποι κάμερας στο Uncharted 3

Τρεις κατηγορίες:

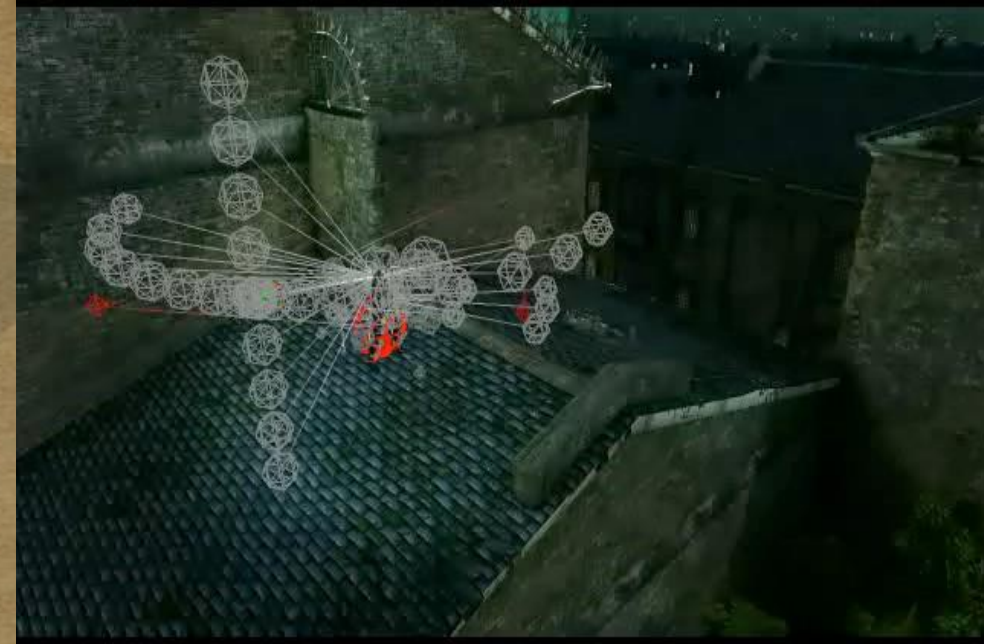
- Κάμερες κώδικα
  - Follow, Edge, Aim, Cover, Melee και άλλες κάμερες
- Κάμερες σχεδιαστών
  - Fixed, Pivot, Spline, animated και άλλες κάμερες
- Κάμερες εκσφαλμάτωσης
  - Free-flying, simple “no-clip”, stick (simple follow) κάμερες



# Follow Κάμερα

Σε περισσότερο από το 50% του χρόνου του παίκτη λειτουργεί η follow κάμερα. Ο πιο δύσκολος τύπος κάμερας για να γίνει σωστός:

- Το σημείο στόχος ελέγχεται από το παιχνίδι (ακολουθεί τον παίκτη)
- Ο προσανατολισμός ελέγχεται από τον παίκτη (δεξιός μοχλός)
- Αλλά η κάμερα μπορεί επίσης να περιστρέφεται αυτόματα για να ακολουθεί τον παίκτη (σε ορισμένες περιπτώσεις)
- Θα πρέπει να έχει εξαιρετικό μηχανισμό σύγκρουσης (που είναι πολύ δύσκολο!)

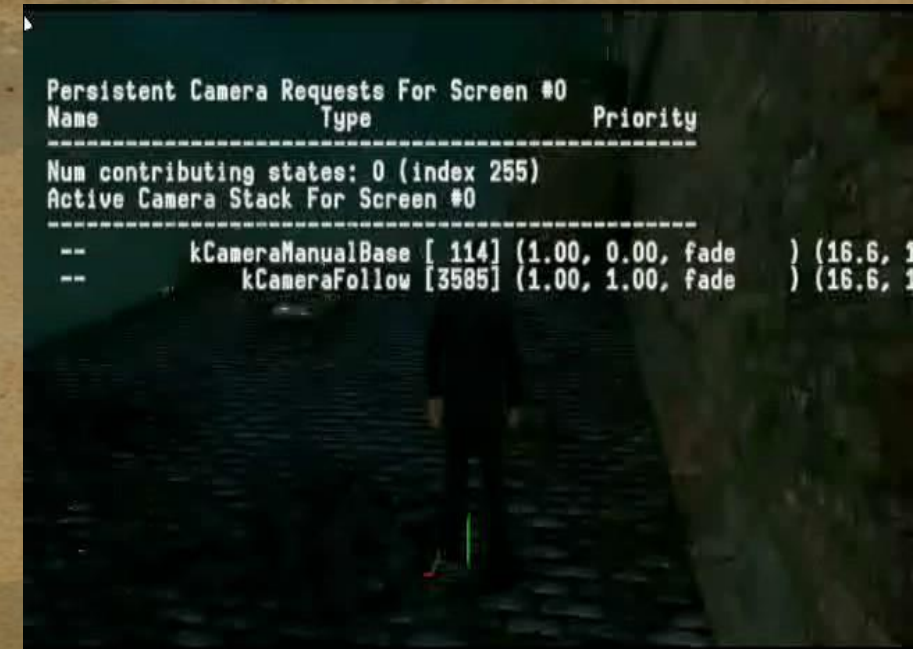


Follow Camera: Collision

# Ανάμειξη Καμερών και ο Σωρός Καμερών

Η σταδιακή μετάβαση μεταξύ καμερών υλοποιείται με έναν απλό σωρό και με LERP

- Κάθε νέα κάμερα εισάγεται στο σωρό
- Ξεθωριάζει από 0.0 σε 1.0 (100%) σταδιακά
- Αναμειγνύεται με τις κάμερες ακριβώς από κάτω στο σωρό
- Η συνεισφορά των από κάτω καμερών είναι  $(1 - \beta)$ , όπου  $\beta$  είναι η συνεισφορά της κάμερας στην κορυφή του σωρού
- Όταν μία κάμερα δεν συνεισφέρει τότε αυτόματα διώχνεται από το σωρό



# Aim Camera



**UNCHARTED 3**  
DRAKE'S DECEPTION

**NAUGHTY DOG**

# Animated Camera



**UNCHARTED 3**  
DRAKE'S DECEPTION

**NAUGHTY DOG**

# Fixed Camera



# Pivot Camera



**UNCHARTED 3**  
DRAKE'S DECEPTION

**NAUGHTY DOG**

# Spline Camera



**UNCHARTED 3**  
DRAKE'S DECEPTION

**NAUGHTY DOG**

# Debug Cameras

