



# ШУТИС, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль

*F.CS209 Компьютерийн график*

Лекц 4 - Хувиргалт (үргэлжлэл)

Перспектив

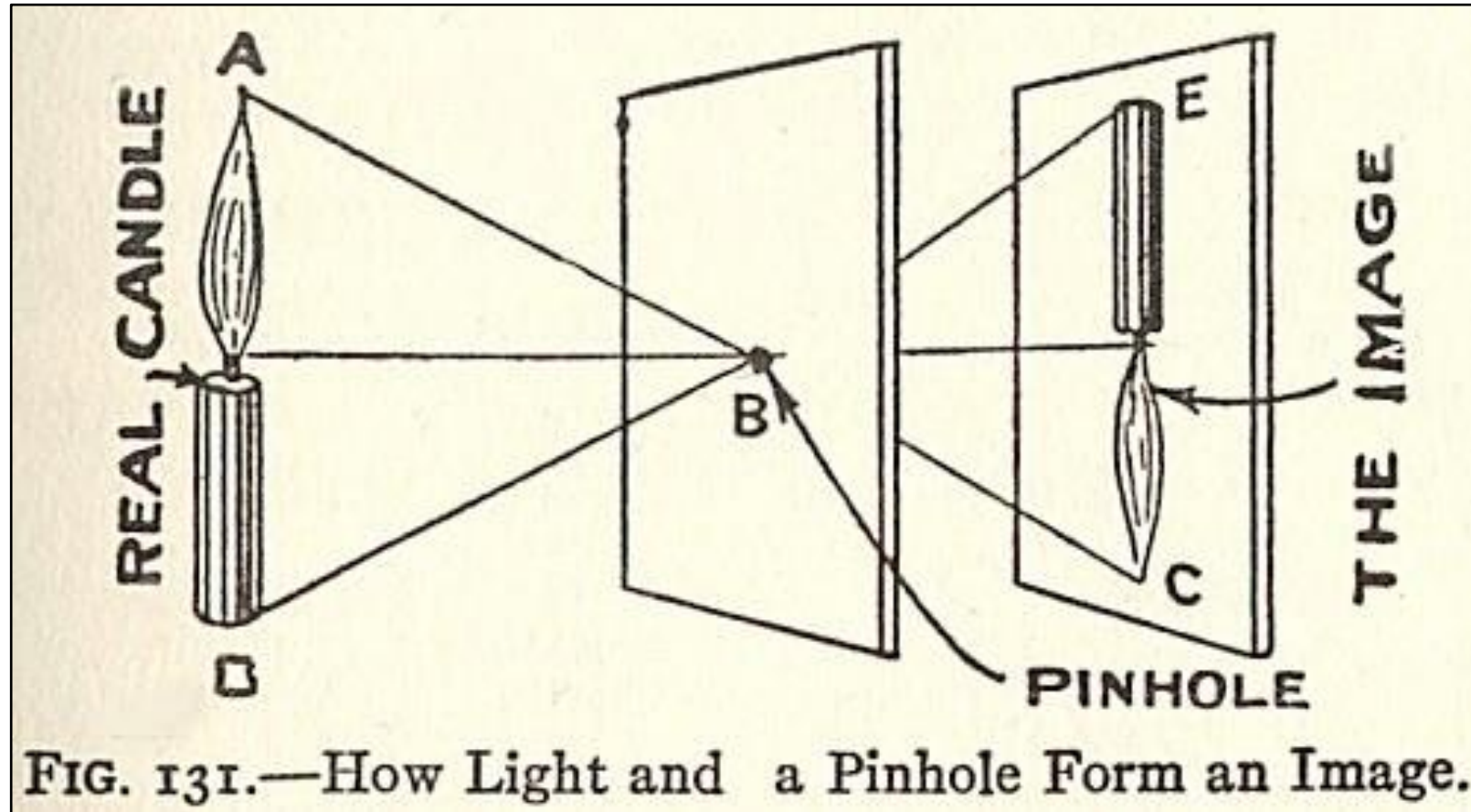
Боловсруулсан багш: Х.Хулан

2022 он

# Viewing and Perspective

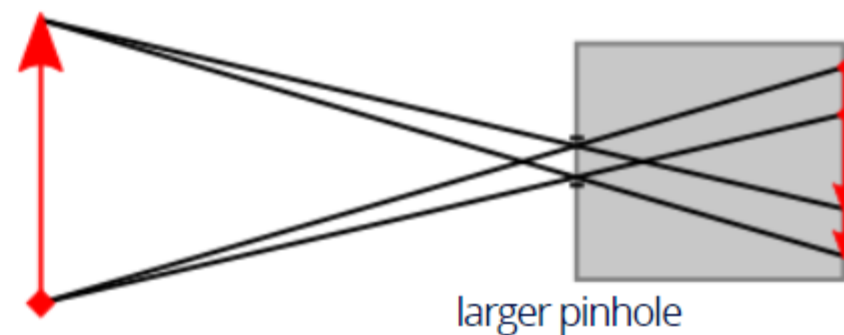
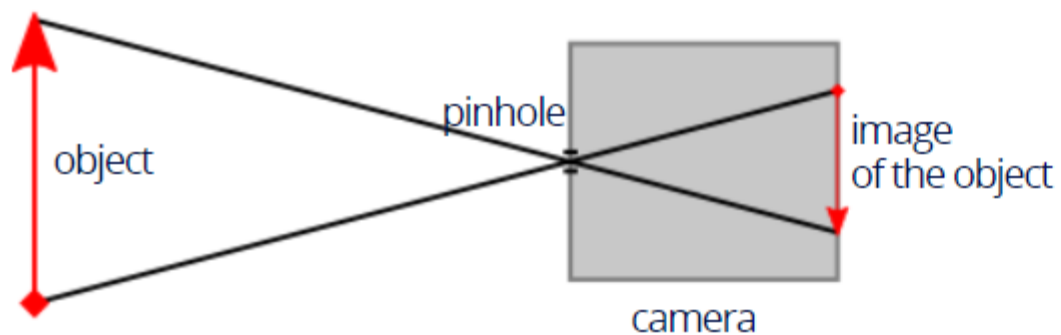
## Харагдац ба перспектив(алслалт)

# Pinhole Kamep (Camera Obscura)

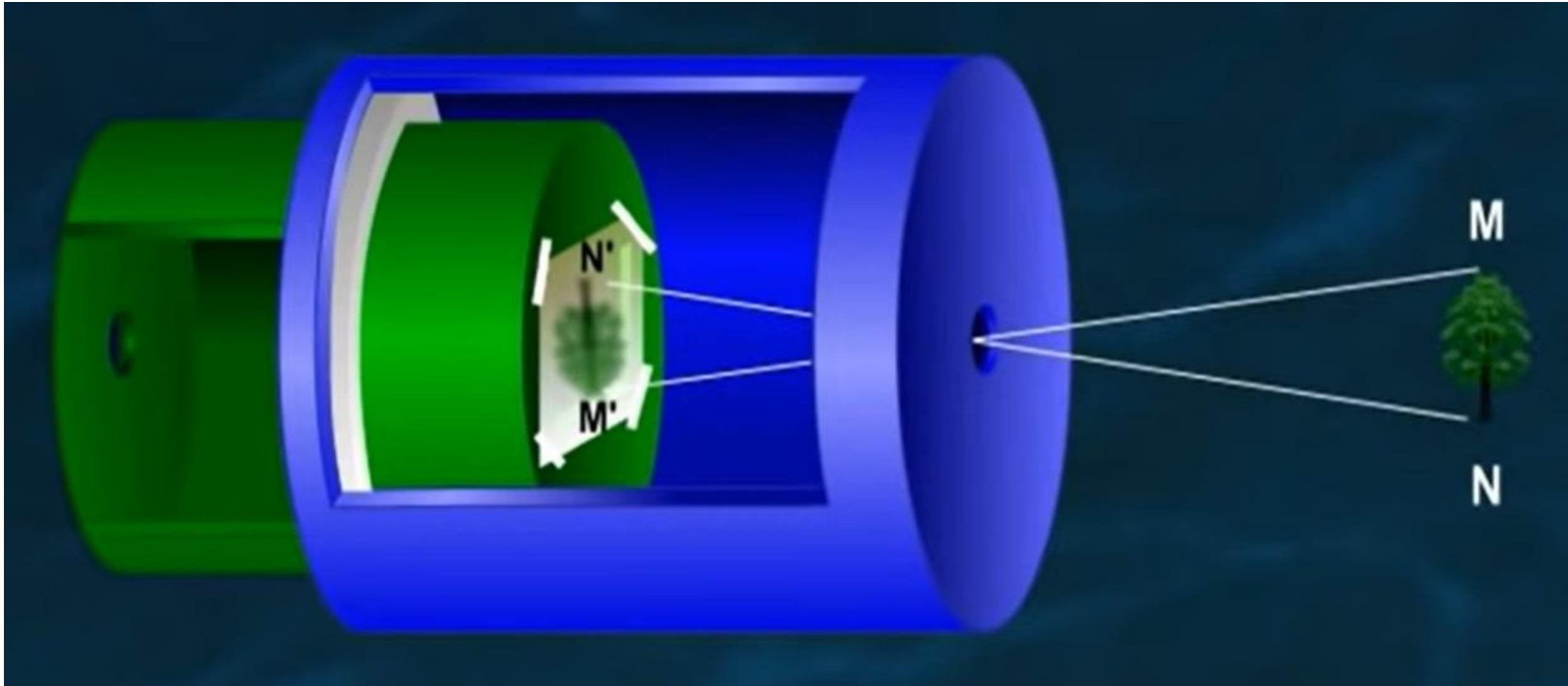


# Pinhole camera - Нүхэн камер

- Нүхэн камер нь гэрэл нэвтрэх маш жижиг нүхтэй камерын биеэс бүрдэнэ.
- Зураг нь камерын арын хэсэгт үүссэн бөгөөд дээрээс нь доош харуулсан болно.



# Pinhole camera - Нүхэн камер

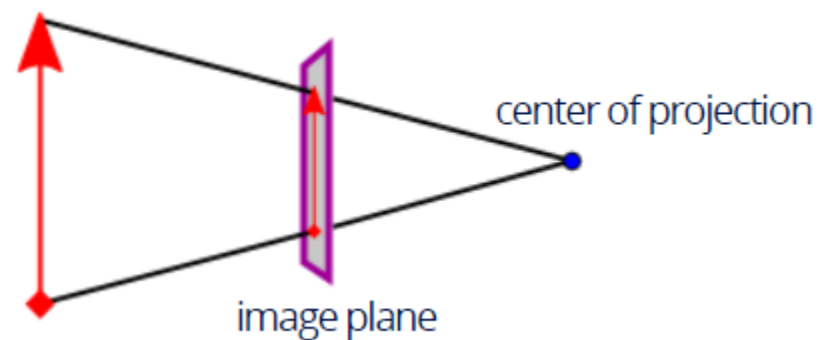
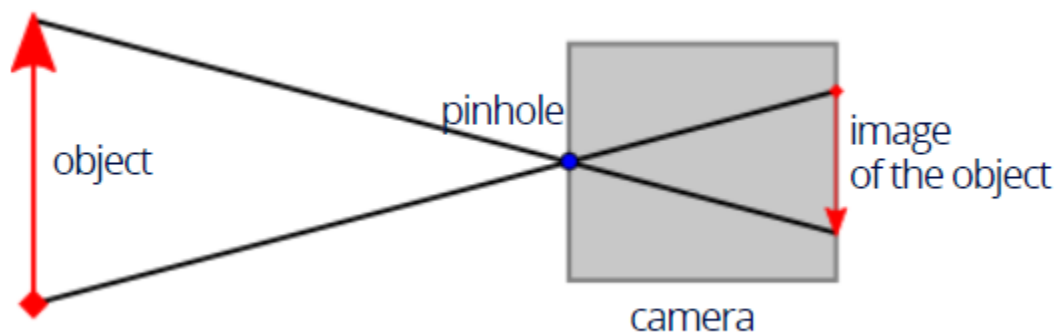


Camera obscura.

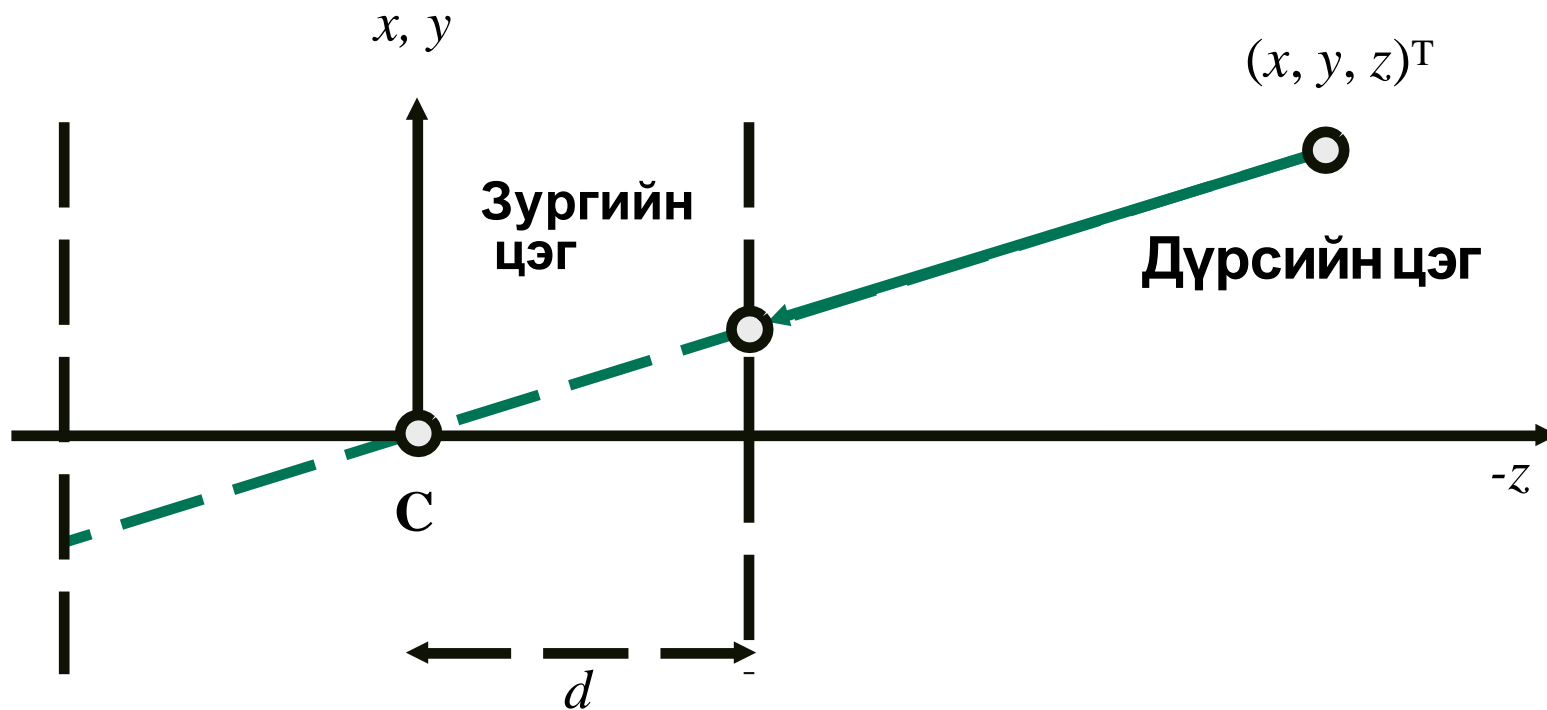
Гэрлийн хугарал:

[https://www.youtube.com/watch?v=Oe\\_IApBDIE](https://www.youtube.com/watch?v=Oe_IApBDIE)

- Компьютерийн графикт ихэвчлэн хязгааргүй жижиг нүхтэй камерын төгс загварыг ашигладаг
- Энэхүү камерын загвар нь фокусыг дуурайж чадахгүй, өөрөөр хэлбэл бүх объектыг маш тод харуулах болно
- Цаашилбал, дүрс нь проекцийн төвийн урд талын төсөөллийн зургийн хавтгайд бий болсон гэж үздэг бөгөөд ингэснээр дүрс нь дээрээс доошоо харагдахаа больжээ.



# Проекцийн хувиргалт



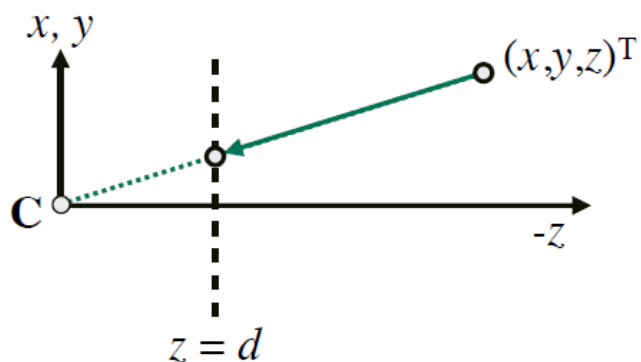
Баруун дээд зураг



# Проекцийн хувиргалт

## Standard perspective projection

- Проекцийн төв:  $(0,0,0)^T$
- $z=d$  дах Зургийн хавтгай



$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \mapsto \begin{pmatrix} x \cdot d/z \\ y \cdot d/z \\ d \end{pmatrix} \cong \begin{pmatrix} x \cdot d/z \\ y \cdot d/z \end{pmatrix}$$

# Camera models

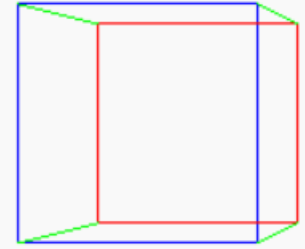


Perspective projection



Parallel projection

Алсын проекц



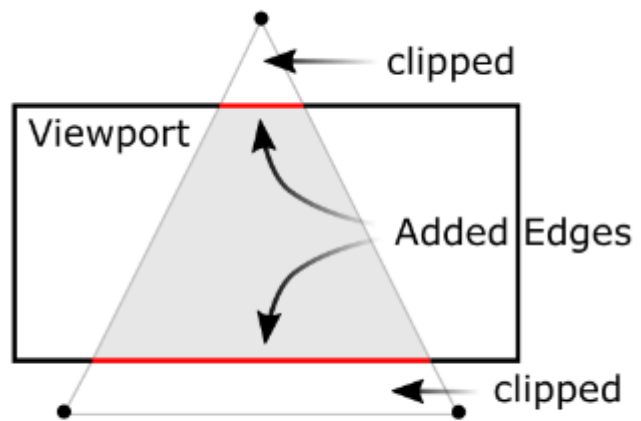
# Transformation Matrices in OpenGL

- Камерын координатын системээс зургийн хавтгайд төсөөлөхийн тулд GL\_PROJECTION матрицыг ашиглана.

```
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
```

- Матрицыг удирдах бүх функцууд:

`glLoadIdentity, glLoadMatrix, glMultMatrix, glRotate, glScale, glTranslate, glPushMatrix, glPopMatrix, gluPerspective` are



A triangle clipped by frustum





# Perspective in Art



Berlinghieri

1235

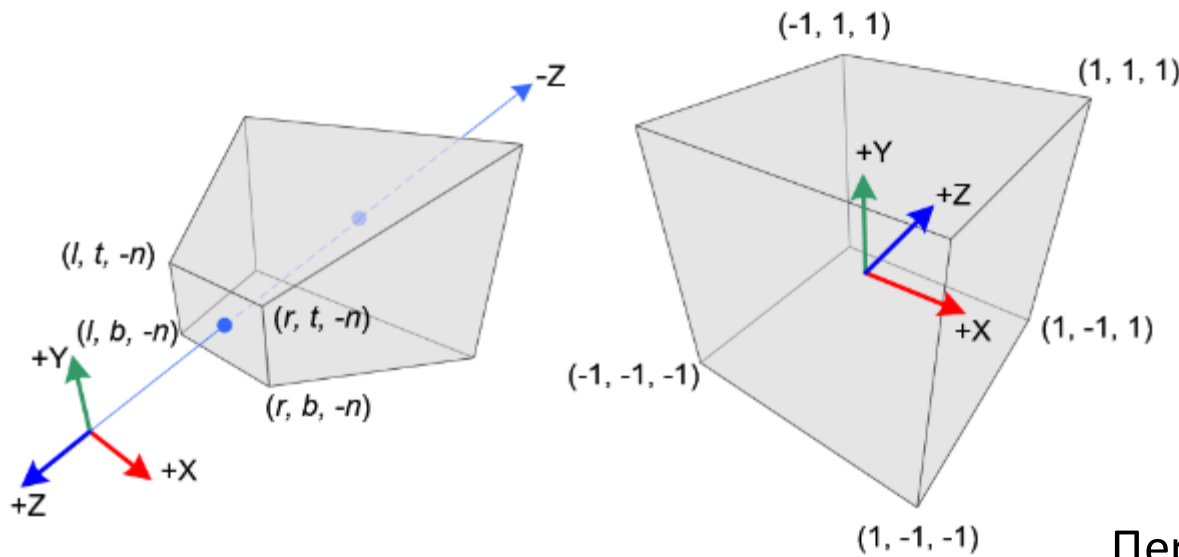
# Perspective in Art



**Giotto 1290**

# Perspective Frustum and Normalized Device Coordinates (NDC)

## Perspective Projection



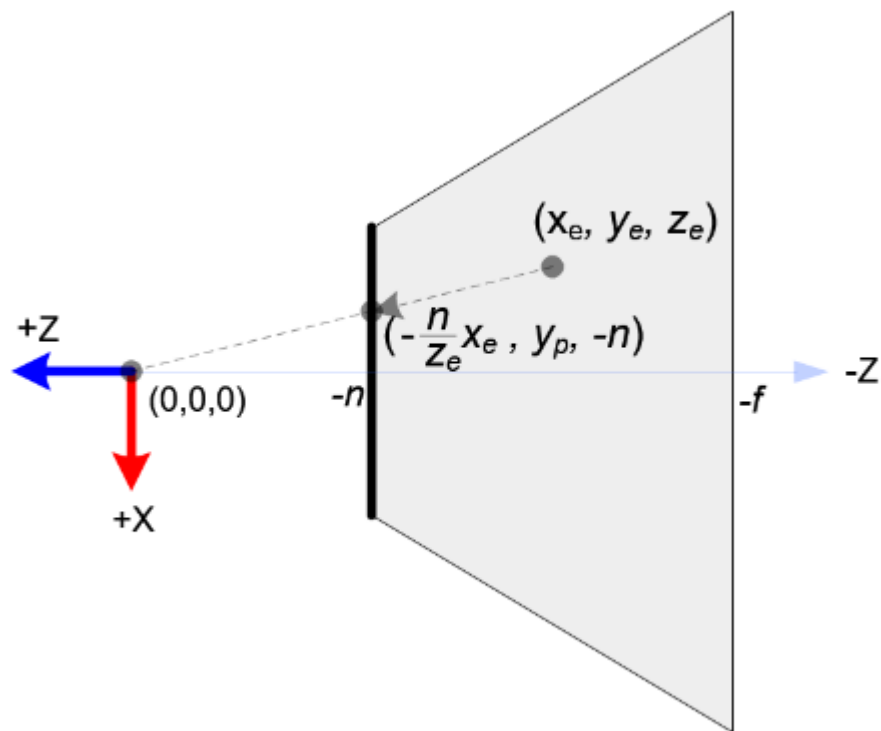
Перспективийн төсөөлөлд тайрсан пирамидын 3 хэмжээст цэгийг (нүдний координат) шоо буюу (NDC) руу дүрсэлсэн.

Үүнд:

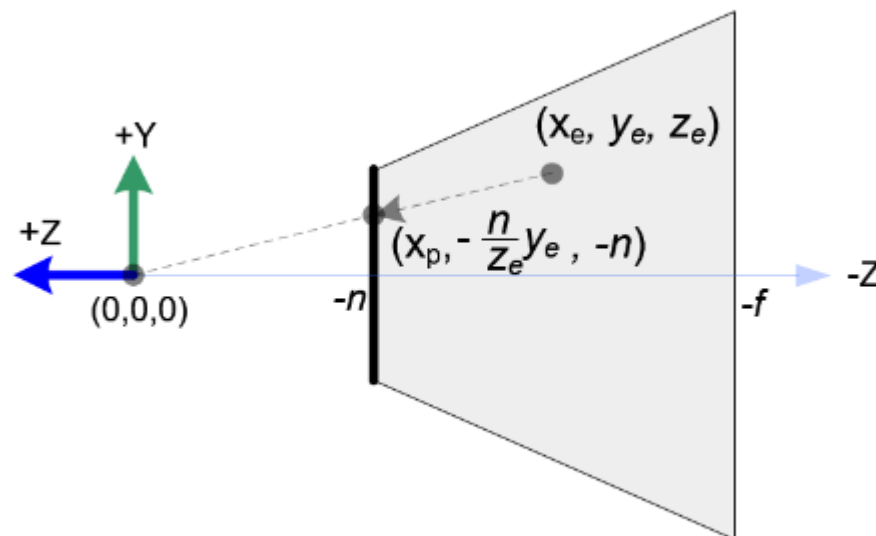
$[l, r]$ -аас  $[-1, 1]$  хүртэлх  $x$ -координатын муж,  
 $y$ -координат  $[b, t]$ -аас  $[-1, 1]$  хүртэл,  
 $z$ -координат нь  $[-n, -f]$  хүртэл  $[-1, 1]$  хүртэл.



- OpenGL-д нүдний орон зайн 3D цэгийг ойролцоох хавтгайд (проекцийн хавтгайд) тусгадаг. Дараах диаграммууд нь нүдний орон зайн  $(x_e, y_e, z_e)$  цэгийг ойрын хавтгайд  $(x_p, y_p, z_p)$  хэрхэн төсөөлж байгааг харуулж байна.

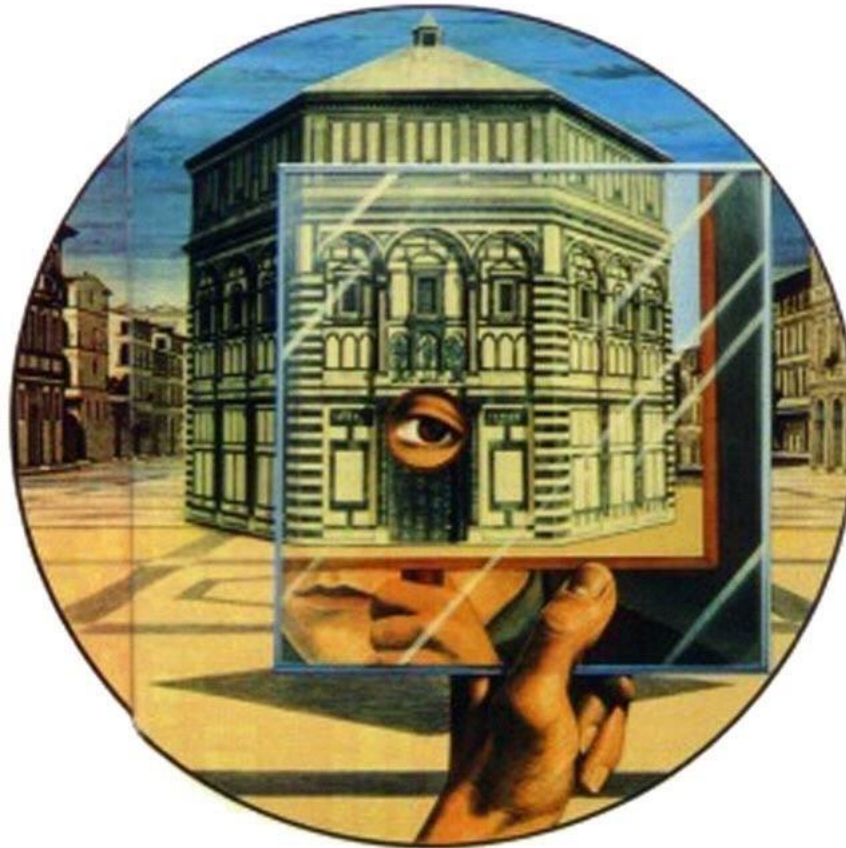
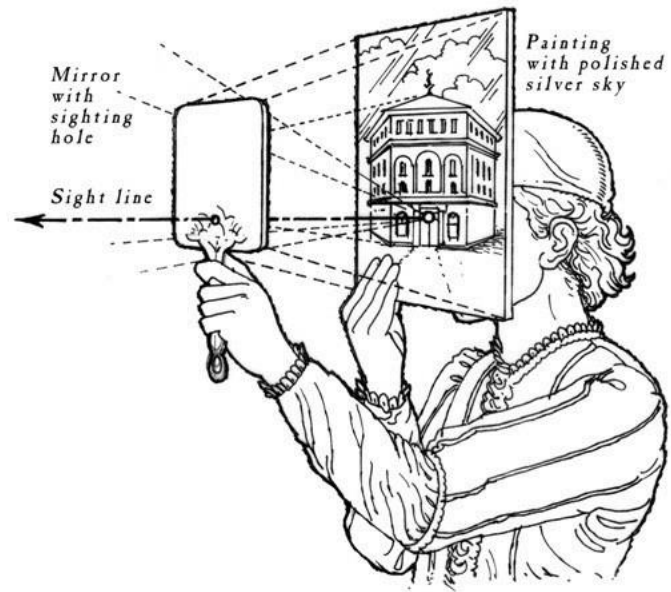


Top View of Frustum

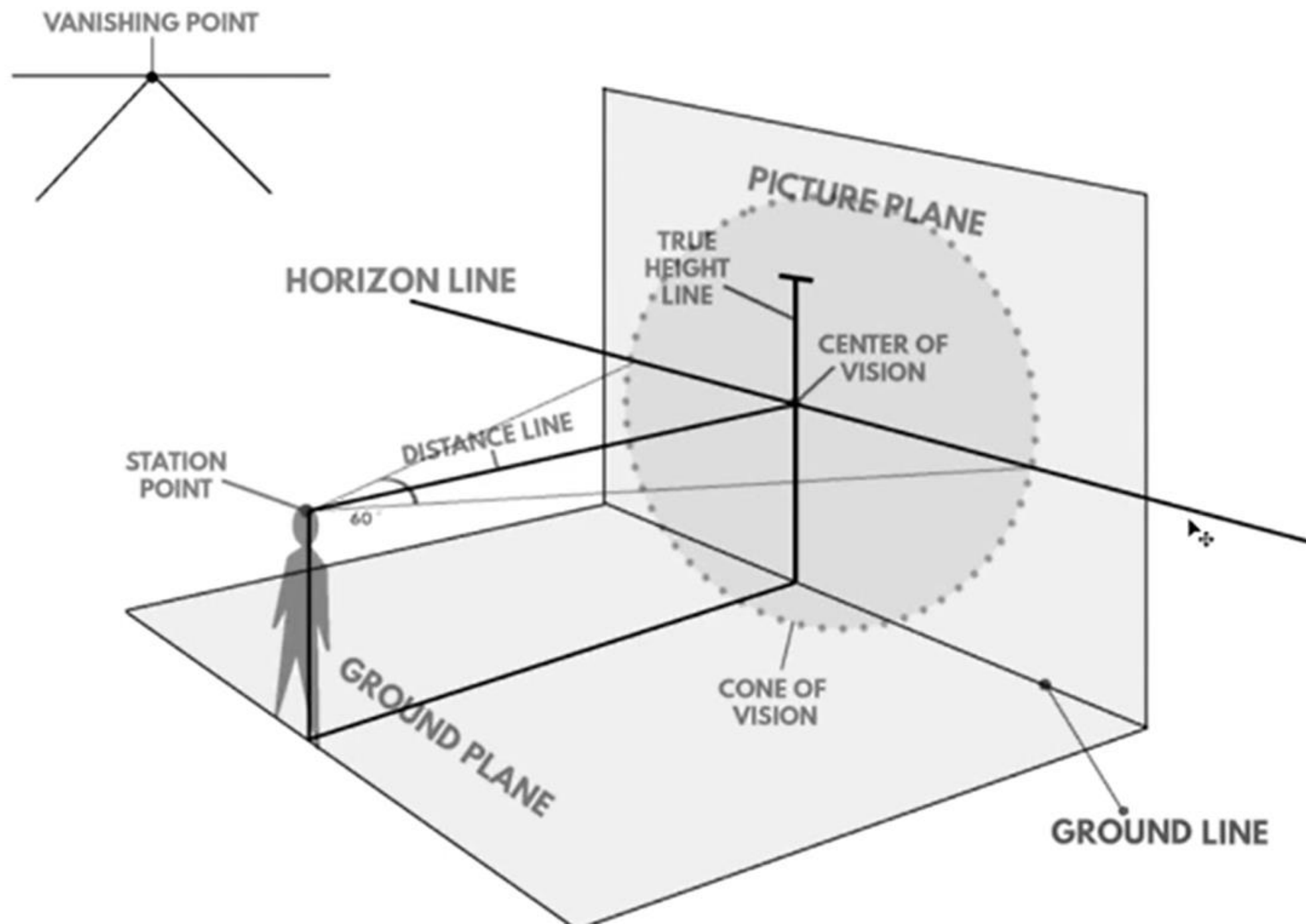


Side View of Frustum

# Perspective in Art



**Brunelleschi experiment c. 1413**





# Perspective in Art



**Delivery of the Keys (Sistine Chapel), Perugino, 1482**



# Perspective in Art



**The Last Supper, Leonardo da Vinci, 1499**

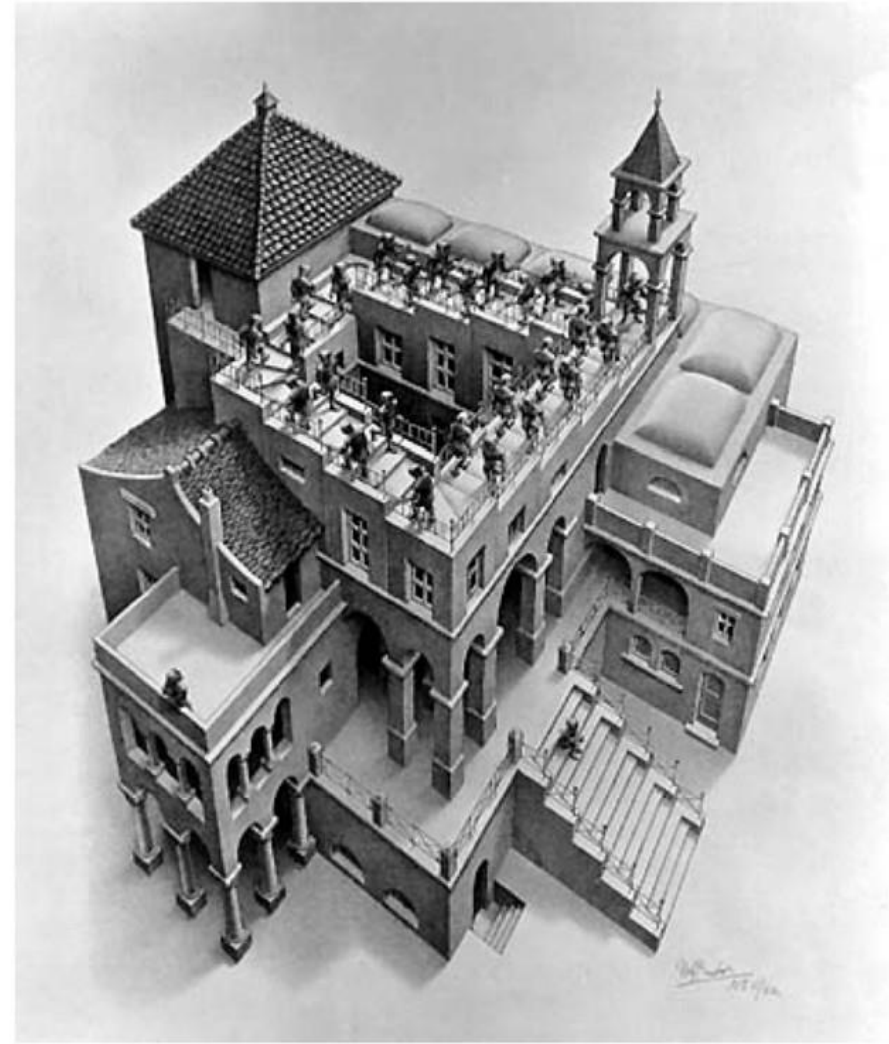
# Perspective in Art



**Durer, 1471 - 1528**



# Perspective in Art





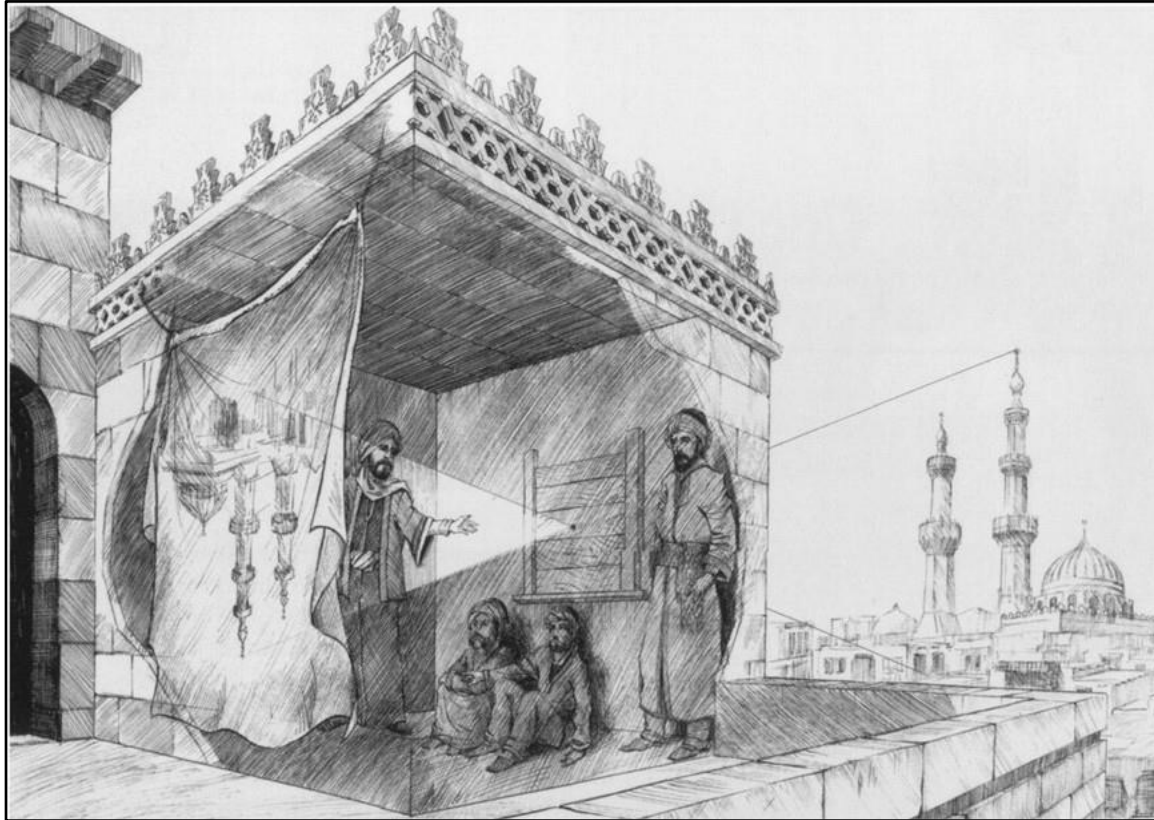
**Ambroise Vollard  
Picasso 1910**





**Nude descending  
a staircase #2,  
Duchamp 1912**

# Pinhole Kamep (Camera Obscura)



**Mo Tzu (c. 470–c. 390 BC)**

**Aristotle (384–322 BC)**

**Ibn al-Haytham (965–1040)**

**Shen Kuo (1031–1095)**

**Roger Bacon (c. 1214–1294)**

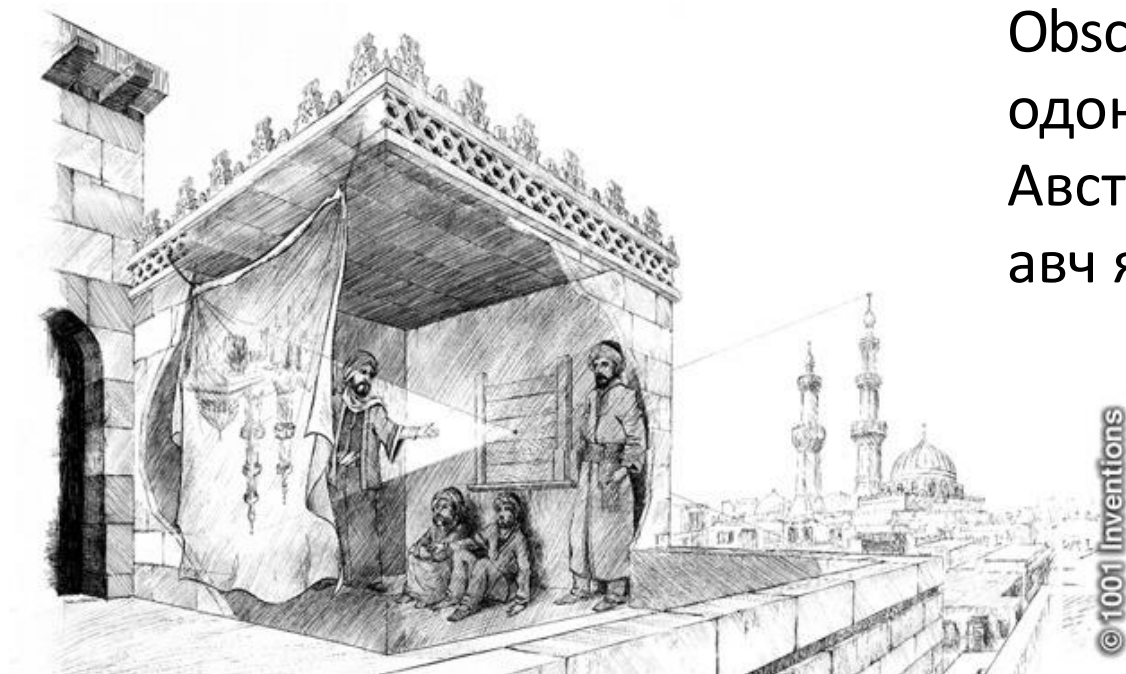
**Johannes Kepler (1571–1630)**

**A. H. Zewail, *Phil. Trans. R. Soc. A* 2010;368:1191-1204**

# Pinhole Камер (Camera Obscura)

Нүхэн камерын тухай хамгийн эртний бичиг баримтыг МЭӨ 400 онд Мо-цзу (эсвэл Мози) хэмээх Хятадын философич гаргажээ. Биетийн нүхээр дамжин харанхуй өрөөнд орох гэрэл нь анхны объектын урвуу дүр төрхийг бий болгож буйг тэрээр тэмдэглэв.

Иоханнес Кеплер 1604 онд анх удаа " Camera Obscura " гэсэн нэр томъёог ашигласан. Кеплер одон орон судлалын зориулалтаар ашиглаж, Австрийн дээд хэсгийг судлах майхан болгон авч явдаг зөөврийн хувилбарыг бүтээжээ.



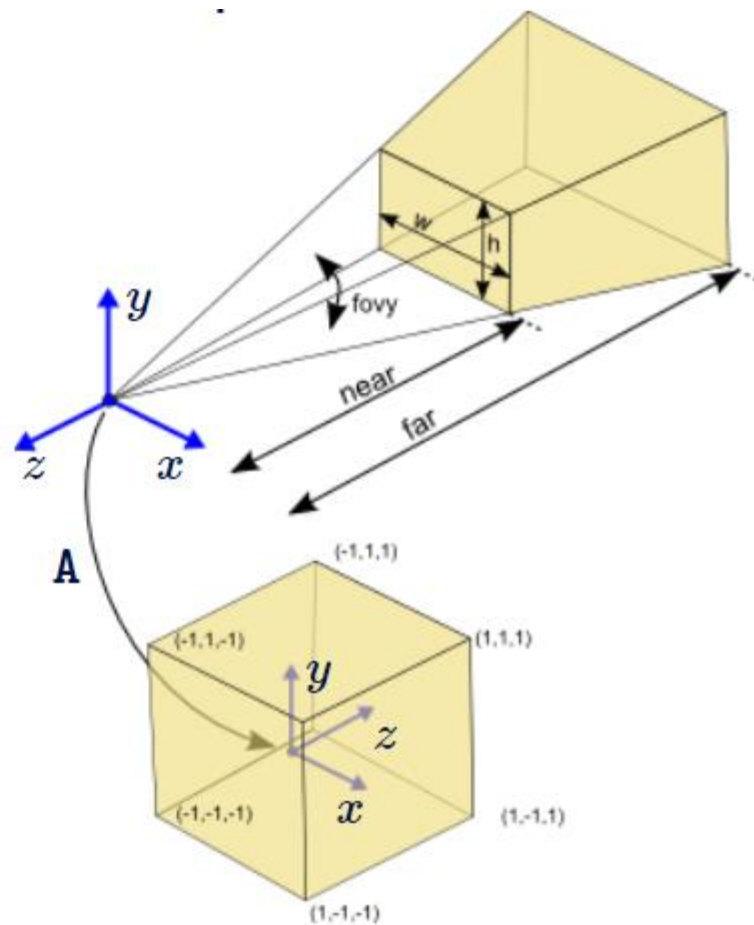
OpenGL дахь перспективийн төсөөлөл  
OpenGL дээр алслалтын матриц үүсгэх:

```
glMatrixMode(GL_PROJECTION);  
glLoadIdentity();  
gluPerspective(fovy, aspect, near, far);
```

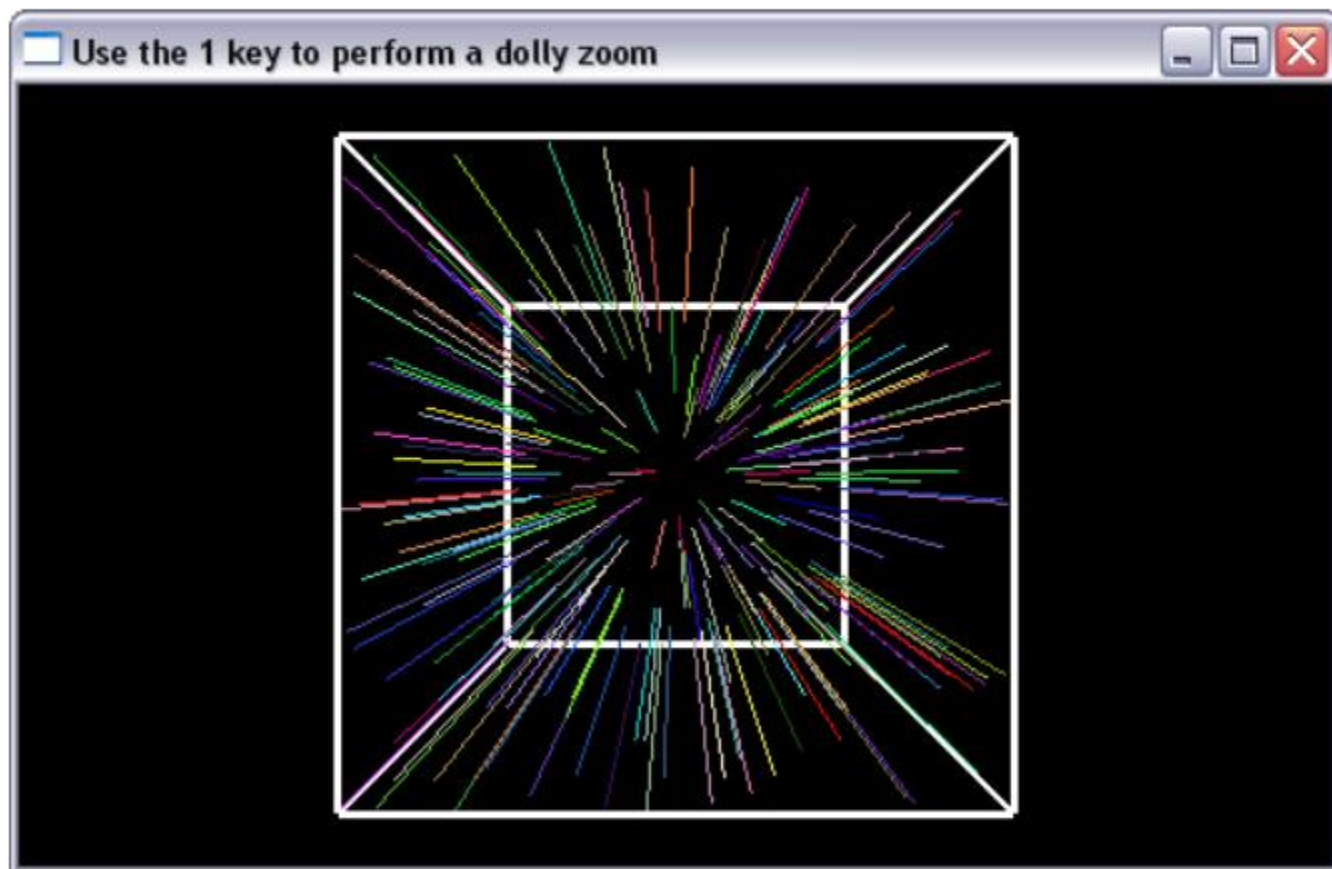
$$A = \begin{bmatrix} \frac{f}{\text{aspect}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\text{far} + \text{near}}{\text{near} - \text{far}} & \frac{2 * \text{far} * \text{near}}{\text{near} - \text{far}} \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

with  $f = \cotan(0.5 * \text{fovy})$

and  $\text{aspect} = w/h$



# Dolly Zoom in OpenGL



"Dolly Zoom" эффектийн санаа нь камерын хувиргалтыг  $z$  чиглэлд ("Dolly") фокусын уртын өөрчлөлтөөр нөхөх явдал юм ("Zoom")

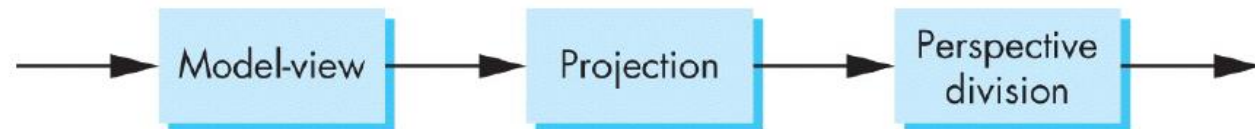
Source code of the example with GLUT: [DollyZoom.cpp](#)



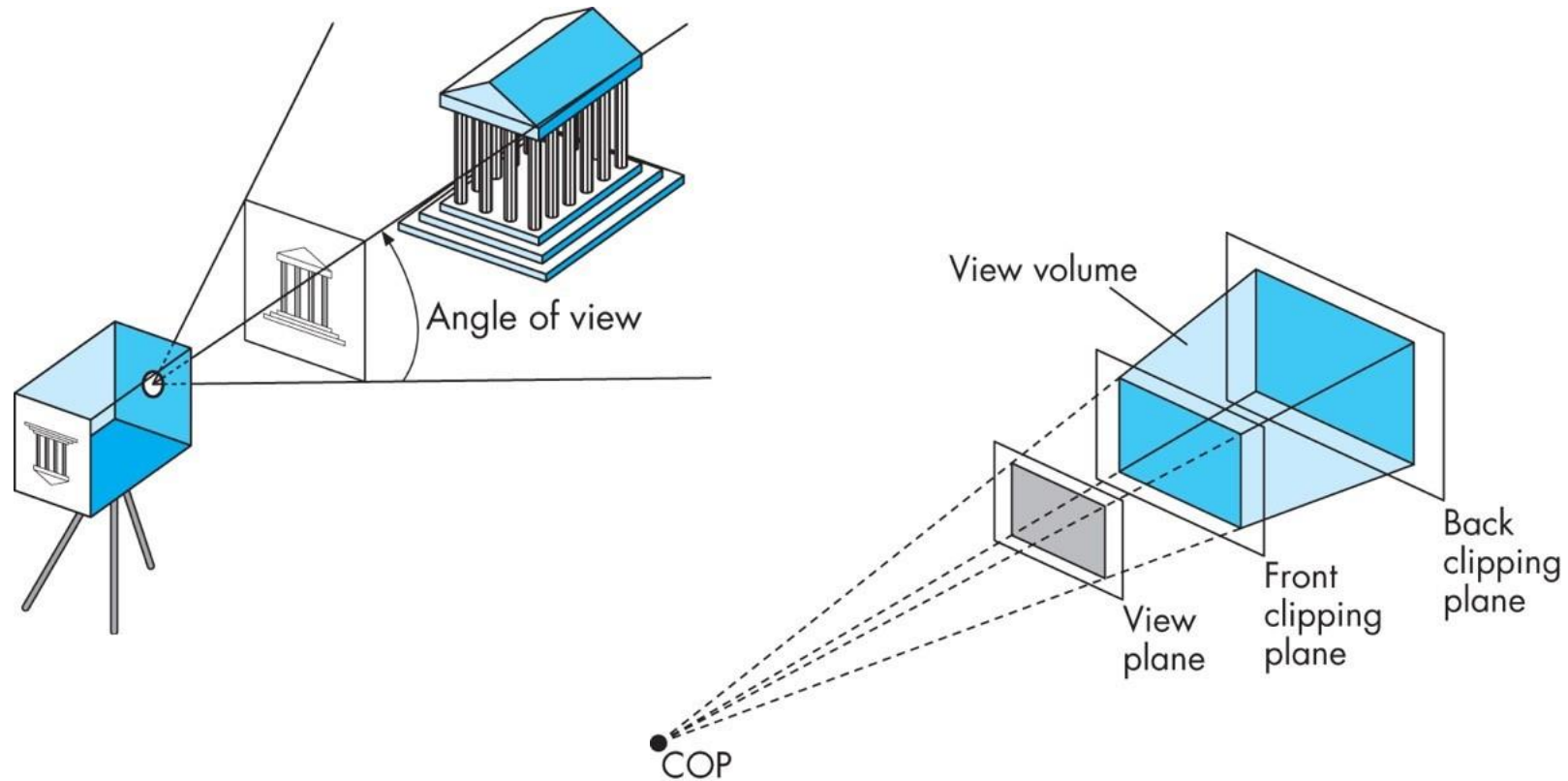
# Homogenous Координат (3D)

$$\mathbf{p} = \begin{pmatrix} wx \\ wy \\ wz \\ w \end{pmatrix} \longleftrightarrow \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad \mathbf{M} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/d & 0 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{q} = \mathbf{M} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ z/d \end{pmatrix} \longleftrightarrow \begin{pmatrix} xd/z \\ yd/z \\ d \\ 1 \end{pmatrix}$$

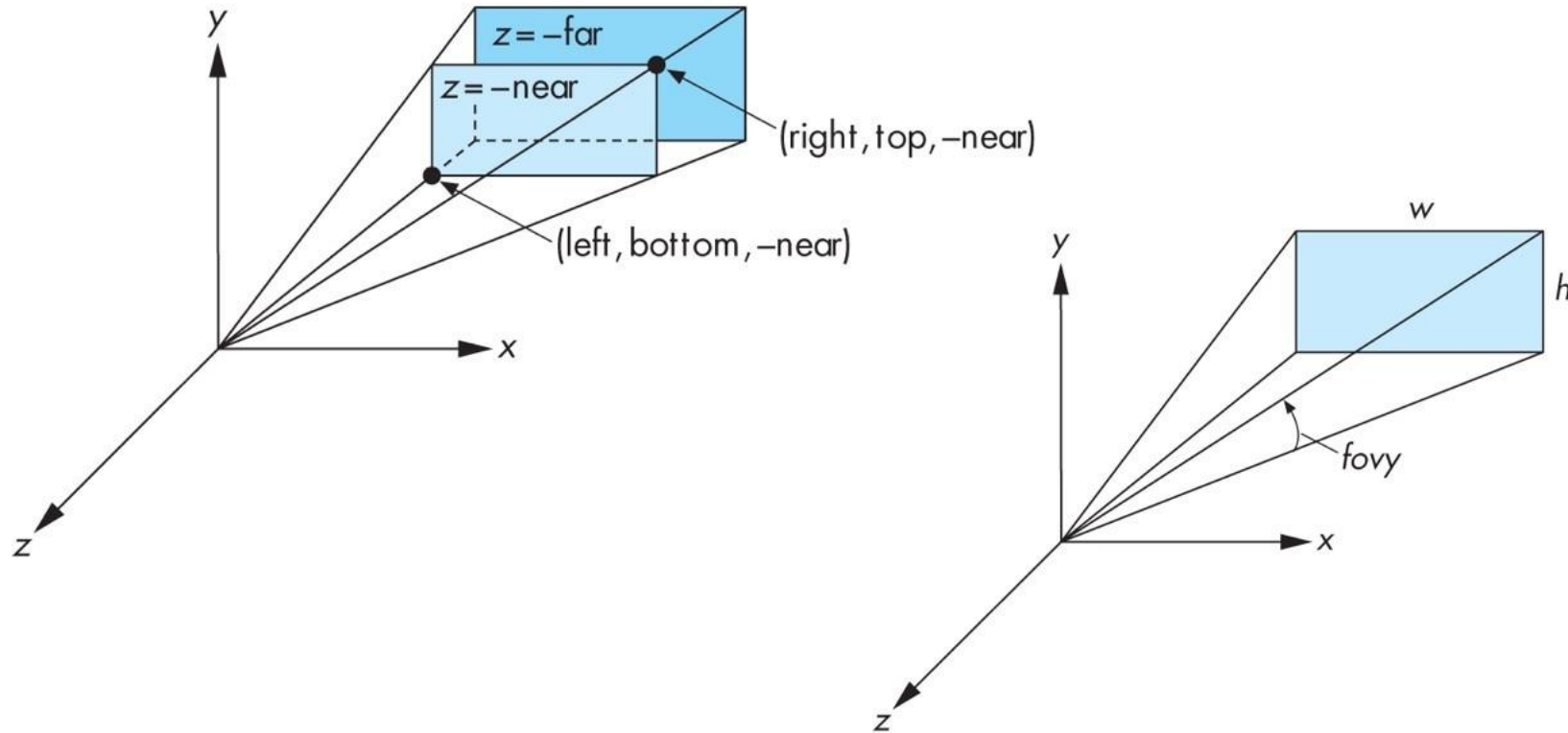


# Perspective Projection



From Angel and Shreiner, Interactive Computer Graphics

# Perspective Projection



From Angel and Shreiner, Interactive Computer Graphics



# Perspective Projection

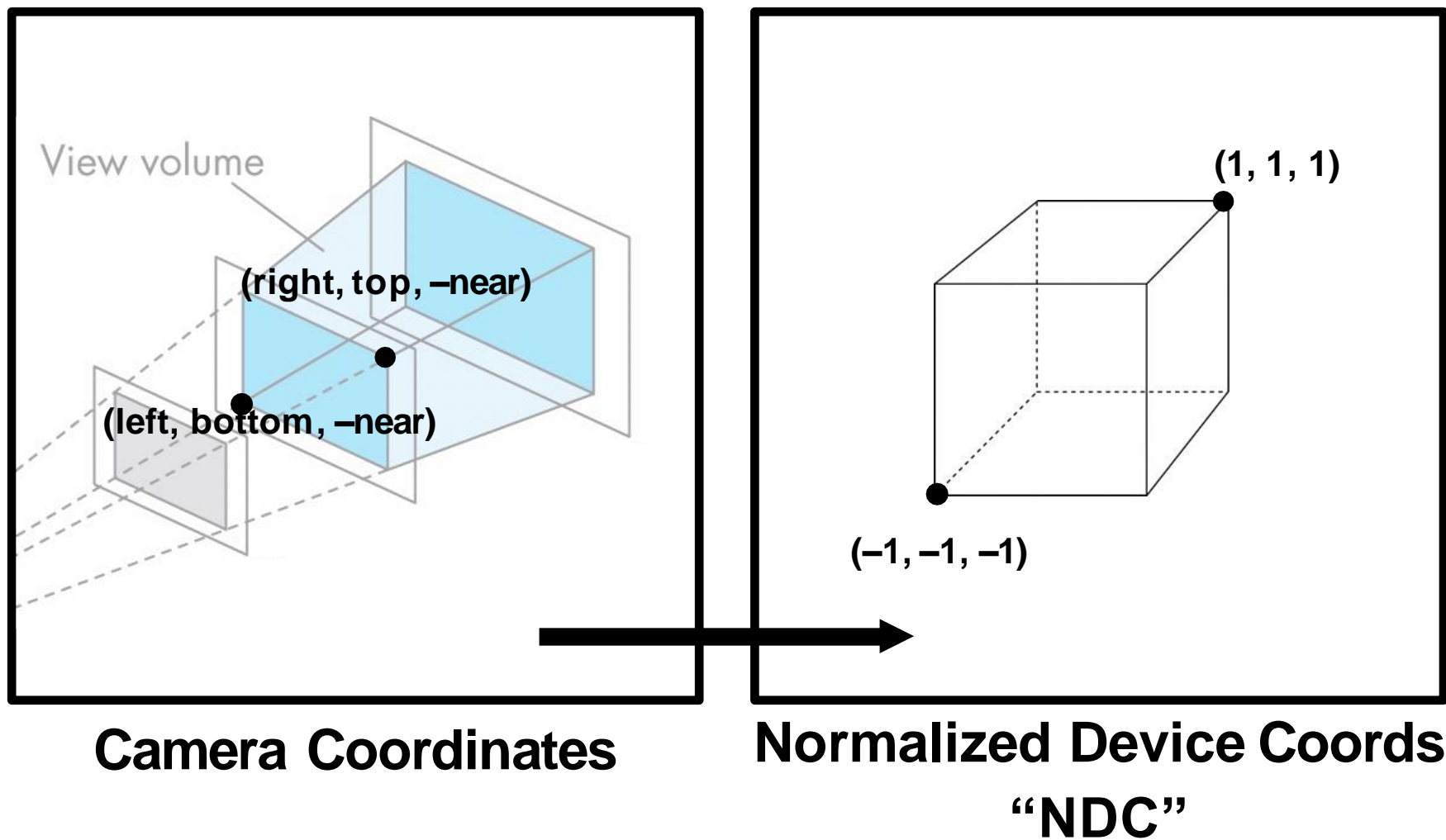
## Parameterized by

- **fovy** : vertical angular field of view
- **aspect** : width / height of field of view
- **near** : depth of near clipping plane
- **far** : depth of far clipping plane

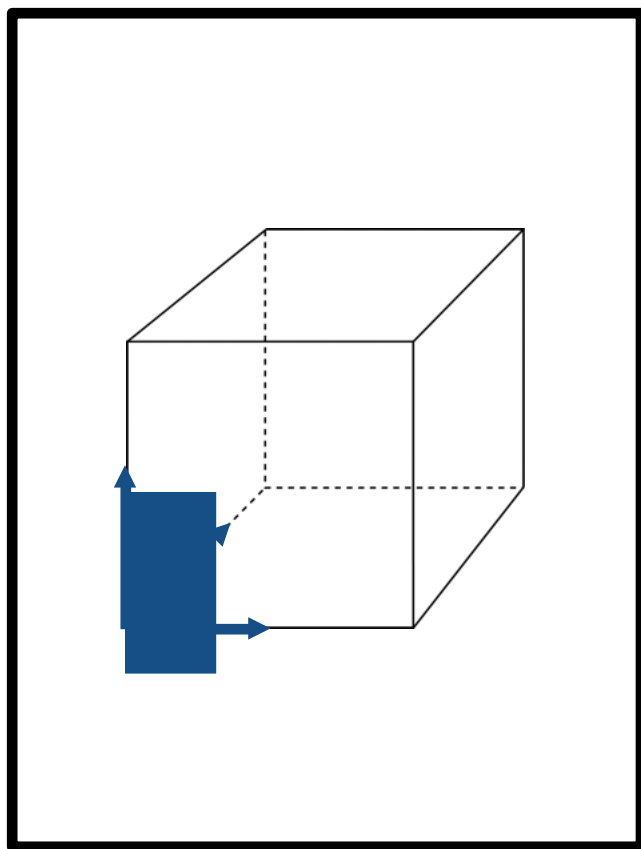
## Derived quantities

- **top** =  $\text{near} * \tan(\text{fovy})$
- **bottom** =  $-\text{top}$
- **right** =  $\text{top} * \text{aspect}$
- **left** =  $-\text{right}$

# Perspective Projection



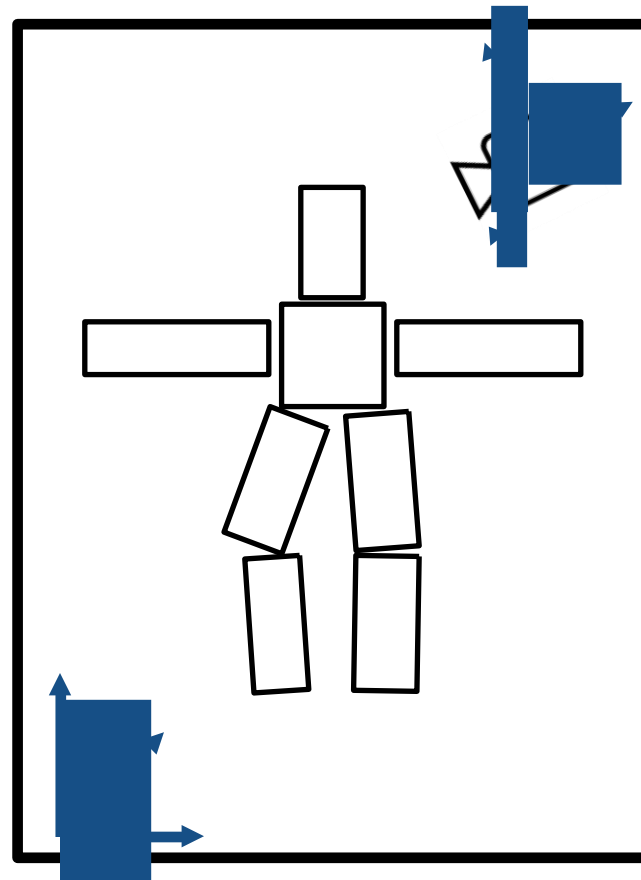
# Хувиргалтын дүгнэлт



**Object coords**

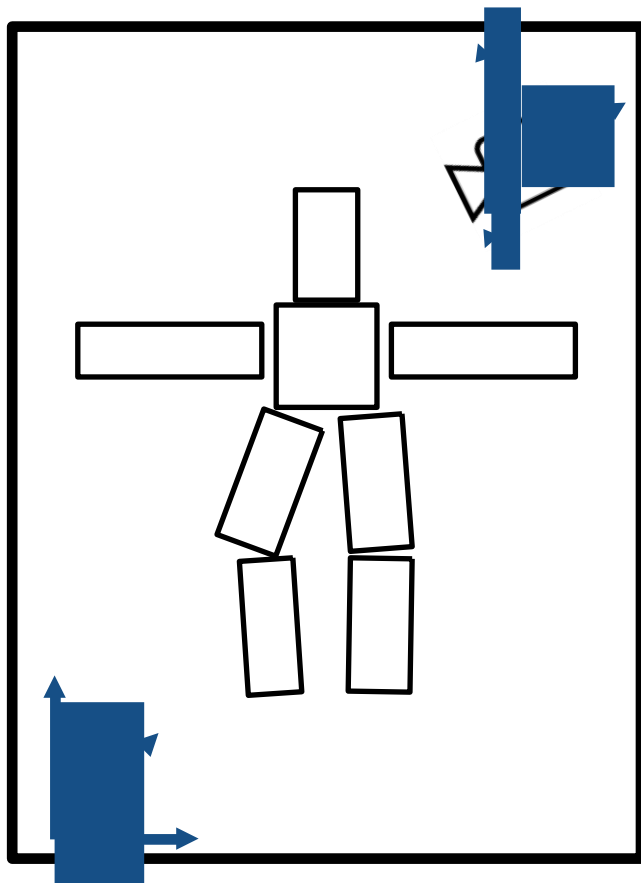


**Modeling  
transforms**



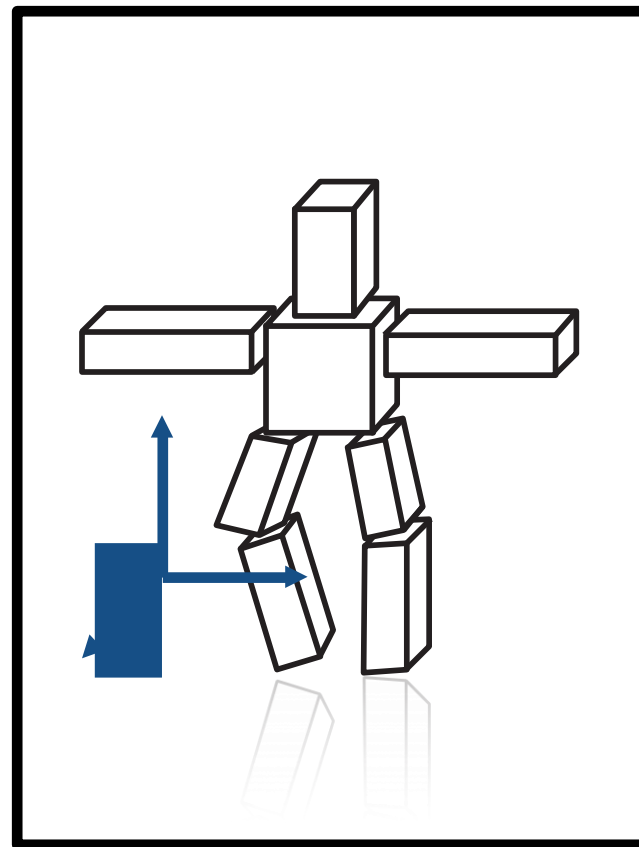
**World coords**

# Хувиргалтын дүгнэлт



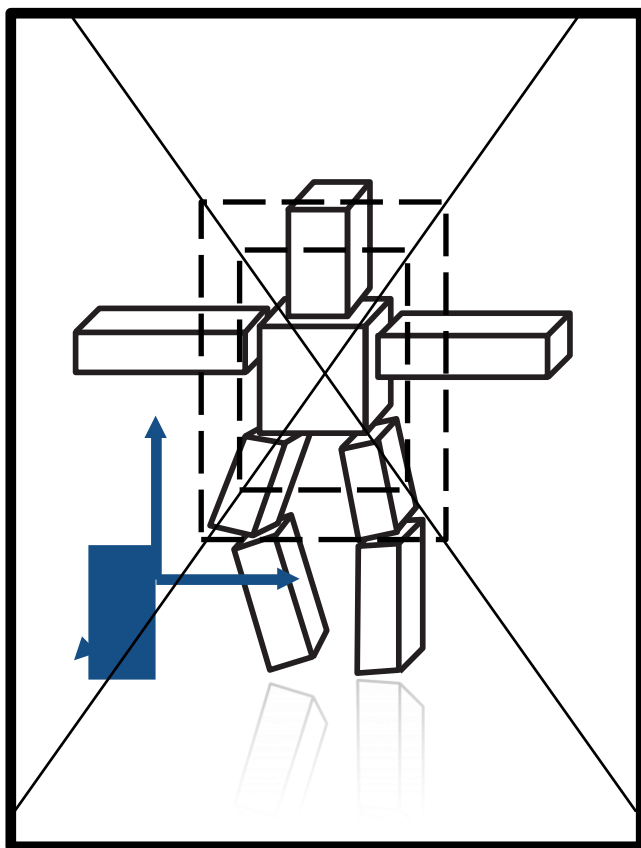
**World coords**

→  
**Viewing  
transform**



**Camera coords**

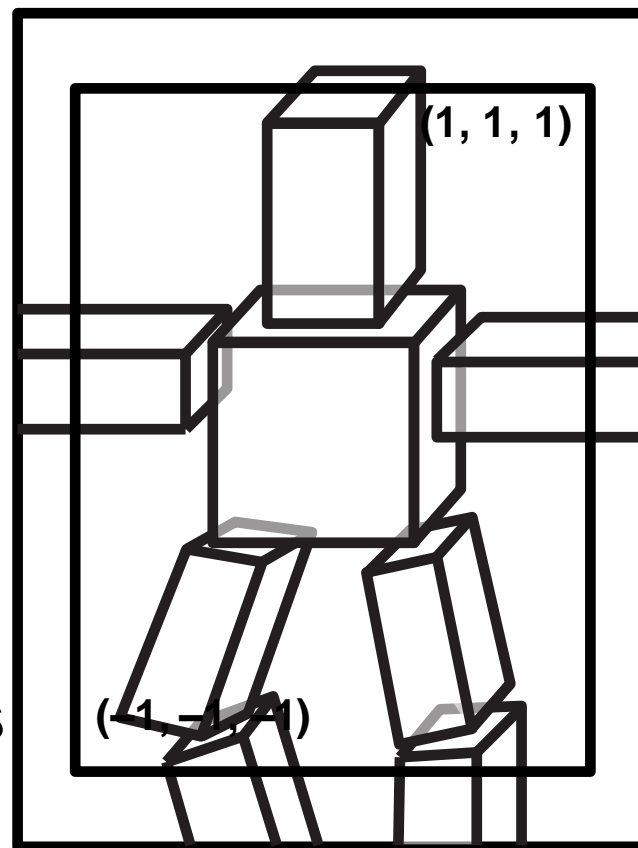
# Хувиргалтын дүгнэлт



Camera coords

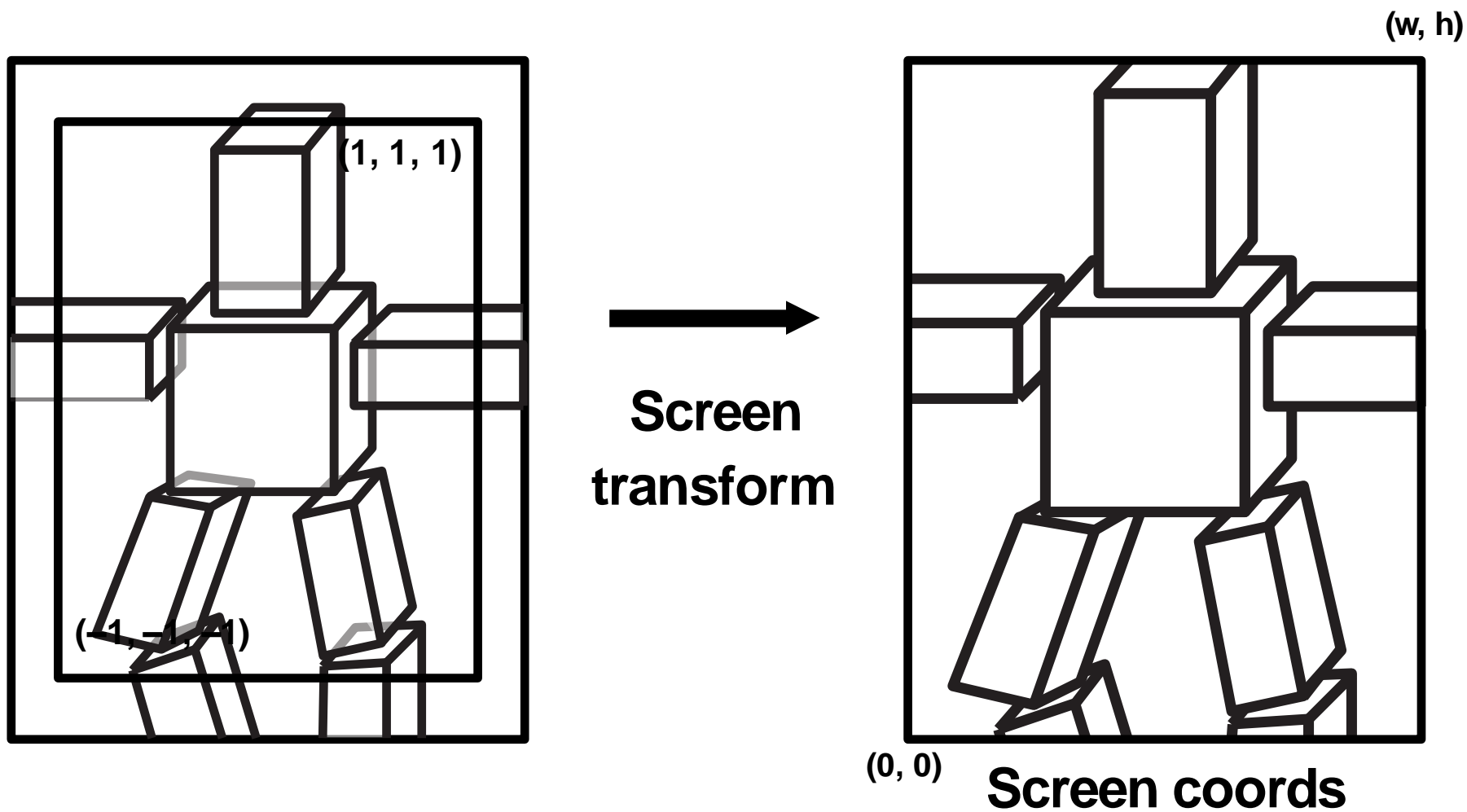


Perspective  
projection  
and  
homogeneous  
divide

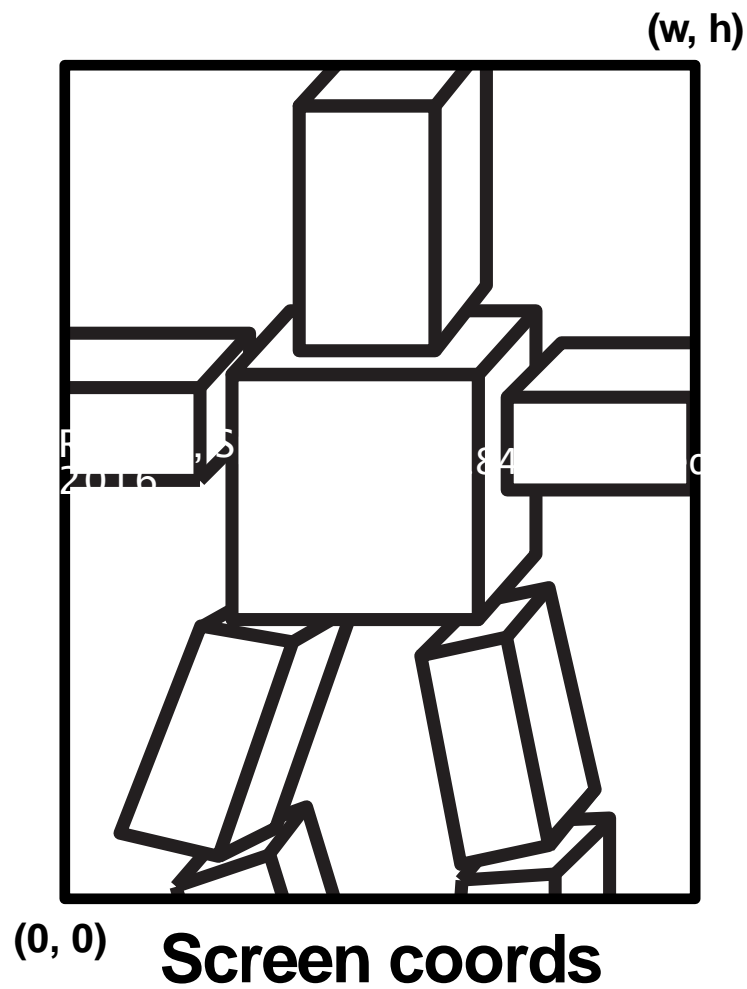


NDC

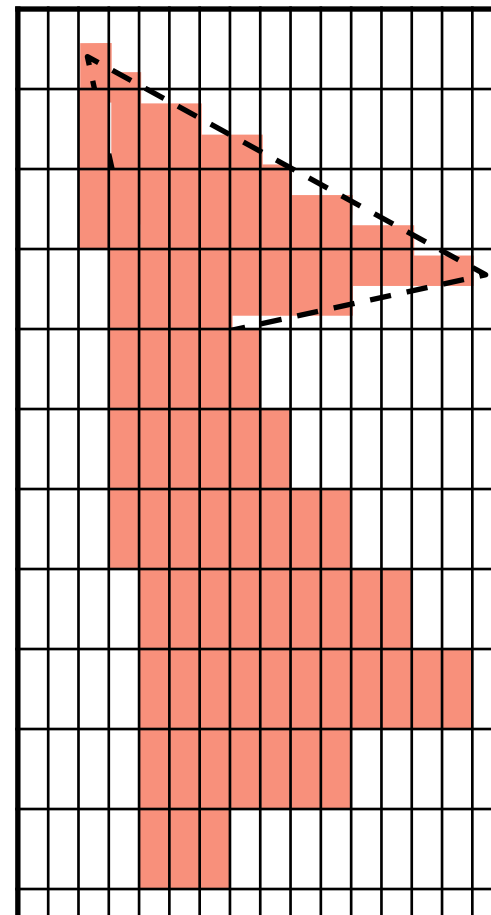
# Хувиргалтын дүгнэлт



# Хувиргалтын дүгнэлт



## Rasterization



# Санамж

## Хувиргалтын хэрэглээ

- Үндсэн хувиргалтууд: rotate, scale, translate, ...
  - Modeling, viewing, projection, perspective
  - Координатын системийг өөрчлөх
- Хувиргалтад push/pop үйлдлийг хэрэгжүүлсэн шаталсан дүрслэлийн тодорхойлолт
  - Шугаман хувиргалтууд = матрицууд
  - Хувиргалтын зохиомж = матрицын үржвэр
  - Хувиргалт, проекцийн Homogeneous координатуудын хэрэглээ