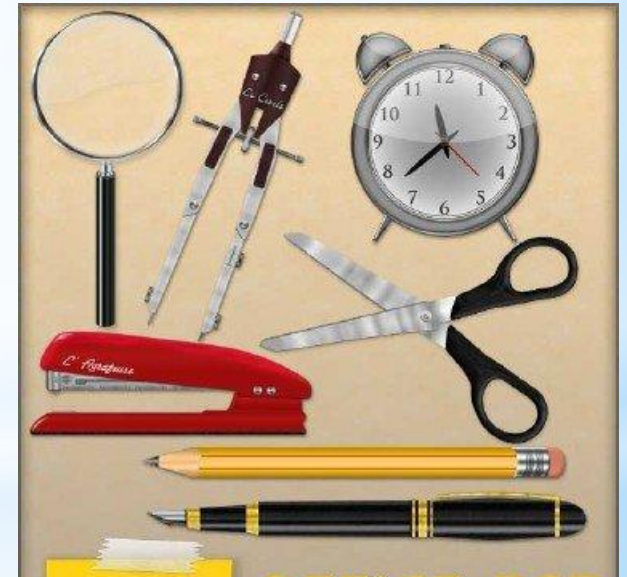


# Начертательная геометрия

# \* Лекция 1

Лектор: Ведякин Федор  
Филиппович,  
к.т.н., доцент,  
Почётный железнодорожник,  
Профессор РАЕ,  
Заслуженный работник науки и  
образования,  
Зам декана ТЭФ.

- \* Для решения графических задач нужен инструмент и определенной твердости карандаши.
- \* Рекомендуется применять инструмент и карандаши представленные на рисунке



**Школьные**

**1(2В)**

**2(НВ)**

**3(Н)**

**4(3Н)**

очень  
мягкие

мягкие

средние

твердые

очень  
твердые

**PROFI**

8В - 4В

3В

2В

В

ВН

НВ

F

Н

2Н

3Н

4Н - 10Н

очень мягкие

мягкие

средние

твердые

очень твердые

**Основное  
применение  
на практике**

рифелей  
различной твердости

художественные работы

дизайнерские работы

графика

офис и школа

быстрое письмо

техническое черчение

Предмет и задача курса. Методы проецирования,  
свойства, комплексный чертеж

# \*Рекомендуемая литература

1. С. А. Фролов Начертательная геометрия/ М. Машиностроение, 1983.-240 с.
2. Начертательная геометрия/ Н. Н. Крылов, Г. С. Иконникова, В. Л. Николаев, В.Е. Васильев.М. :Высшая школа,2002.-224 с.

3. Ю. Ф. Савельев Начертательная геометрия: конспект лекций. Омск, 2010. 43 с.

4. Ю. Ф. Савельев, Н. Ю. Симак Начертательная геометрия. Краткий курс. Задания и указания к выполнению расчётно-графических работ. /Омск, 2014

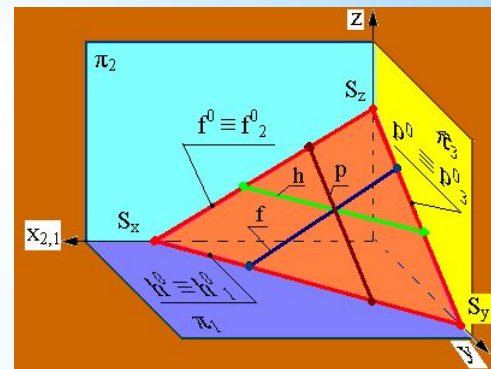
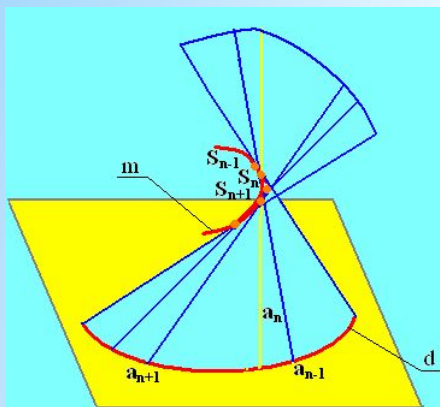
5. И. Л. Медведева Решение метрических задач при изучении дисциплины «Начертательная геометрия» /Омск, 2007



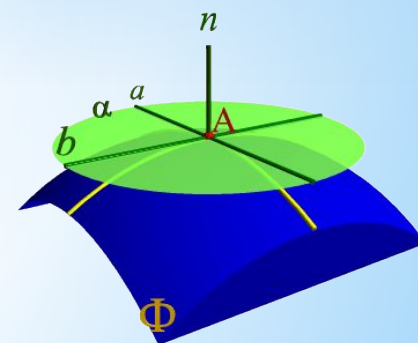
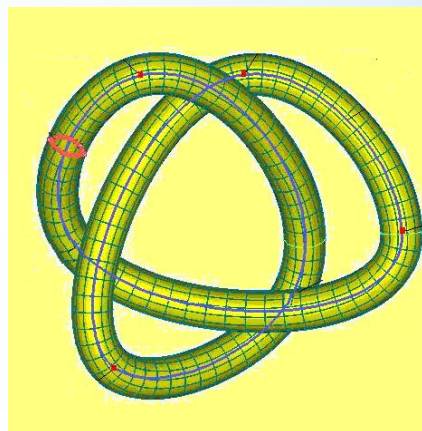
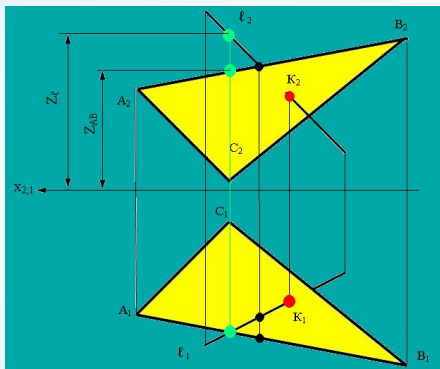
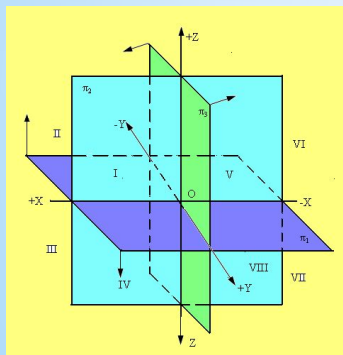
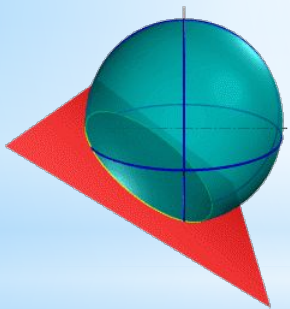
6. Краткий конспект лекций по начертательной геометрии: Учеб. Для вузов / О. Ф. Пиралова, Ф. Ф. Ведякин. - М.: Издательство «Академия Естествознания», 2009. - 101 с.
7. Швайгер А. М. Начертательная геометрия. Инженерная графика: Электронное пособие. - Челябинск: Национальный Союз производителей CD-ROM мультимедиа. 2000.

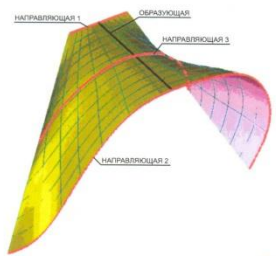
- \* Краткий конспект лекций по начертательной геометрии - Монографии...
- \* Краткий конспект лекций по начертательной геометрии О.Ф. Пиралова, Ф.Ф. ... Изложен теоретический материал для изучения дисциплины **начертательная геометрия**. Особое внимание уделено ортогональному проецированию.
- \* *[rae.ru/monographs/51](http://rae.ru/monographs/51)*

О. Ф. Пиралова,  
Ф. Ф. Ведякин



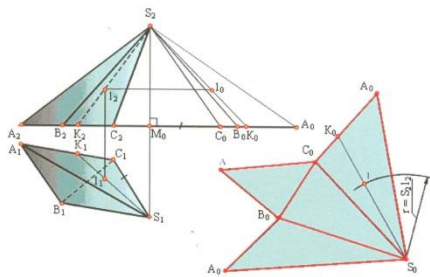
Краткий курс  
начертательной геометрии





О.Ф. Пиралова  
Ф.Ф. Ведякин

# Конспект лекций по начертательной геометрии



Москва 2009



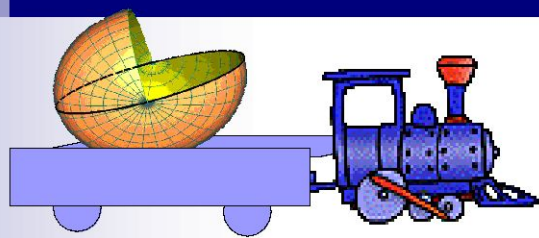
СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ



ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Андрюшина Т.В., Ведякин Ф.Ф., Пиралова О.Ф.

# Словарь терминов по начертательной геометрии



Новосибирск, Омск, 2009



# Предмет начертательной геометрии

- \* Начертательная геометрия является одной из фундаментальных наук, составляющих основу инженерно-технического образования. Она изучает методы изображений пространственных геометрических фигур на плоскости и способы решения метрических и позиционных задач в пространстве по этим изображениям.
- \* Начертательная геометрия **используется** также при конструировании сложных поверхностей технических форм железнодорожного, автомобильного, авиационного, морского и речного транспорта.
- \* **Методы** начертательной геометрии **позволяют** решать многие **прикладные задачи** специальных инженерных дисциплин (механики, химии, кристаллографии, картографии, инструментоведения и др.)

- \* Методы начертательной геометрии широко **используются** при проектировании, компьютерной графике и изображении различных транспортных конструкций и сооружений.
- \* Начертательная геометрия **развивает** у человека пространственное мышление, без которого немислимо никакое инженерное творчество.







# Задачи курса

- \* Подготовка студентов для **выполнения конструирования сложных форм поверхностей, автоматизированного проектирования** и использования компьютерной графики которая находит все большее применение при создании современной транспортной техники.
- \* Развитие у **студентов пространственного мышления**, без которого немислимо никакое инженерное творчество

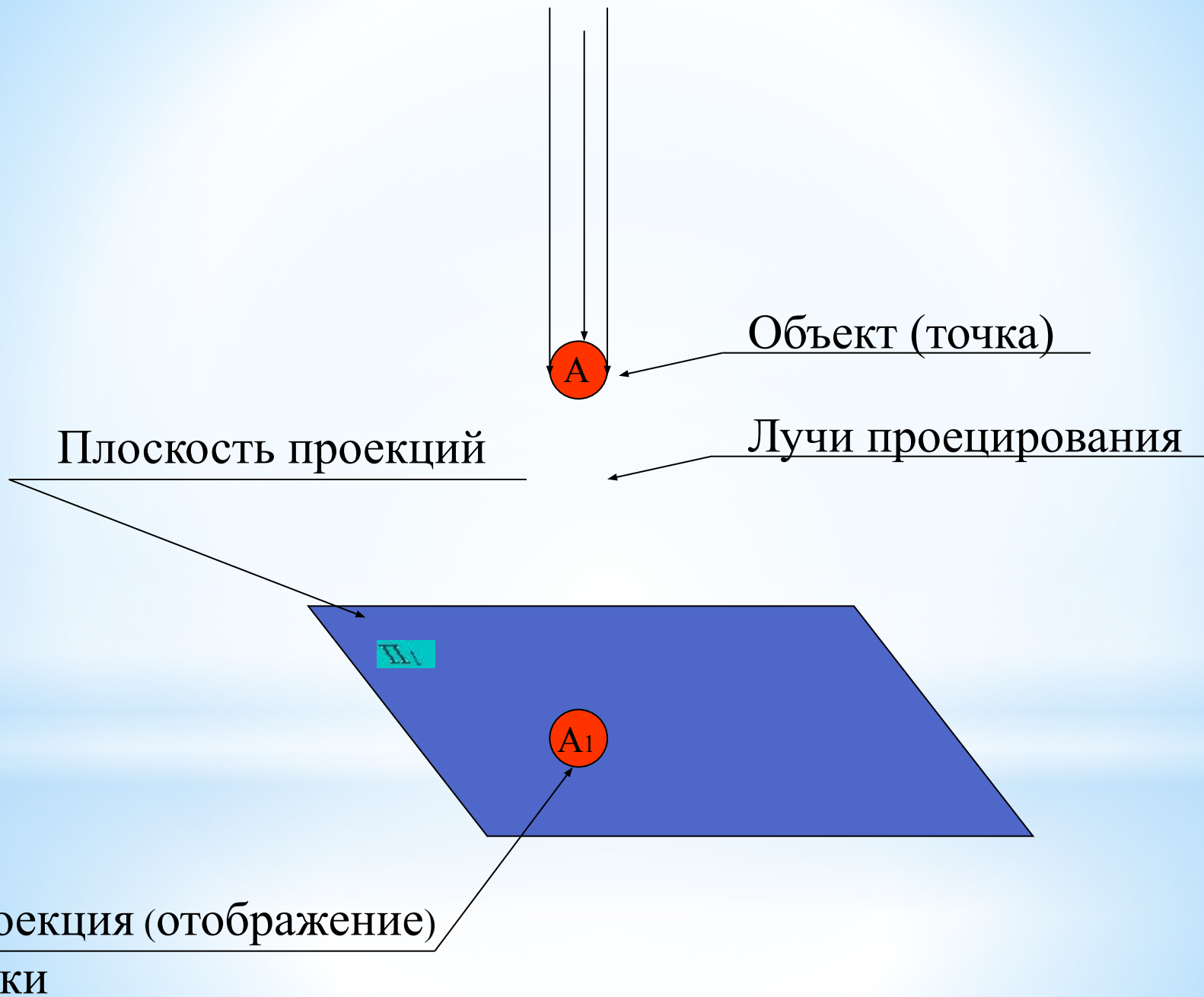
# Виды проецирования

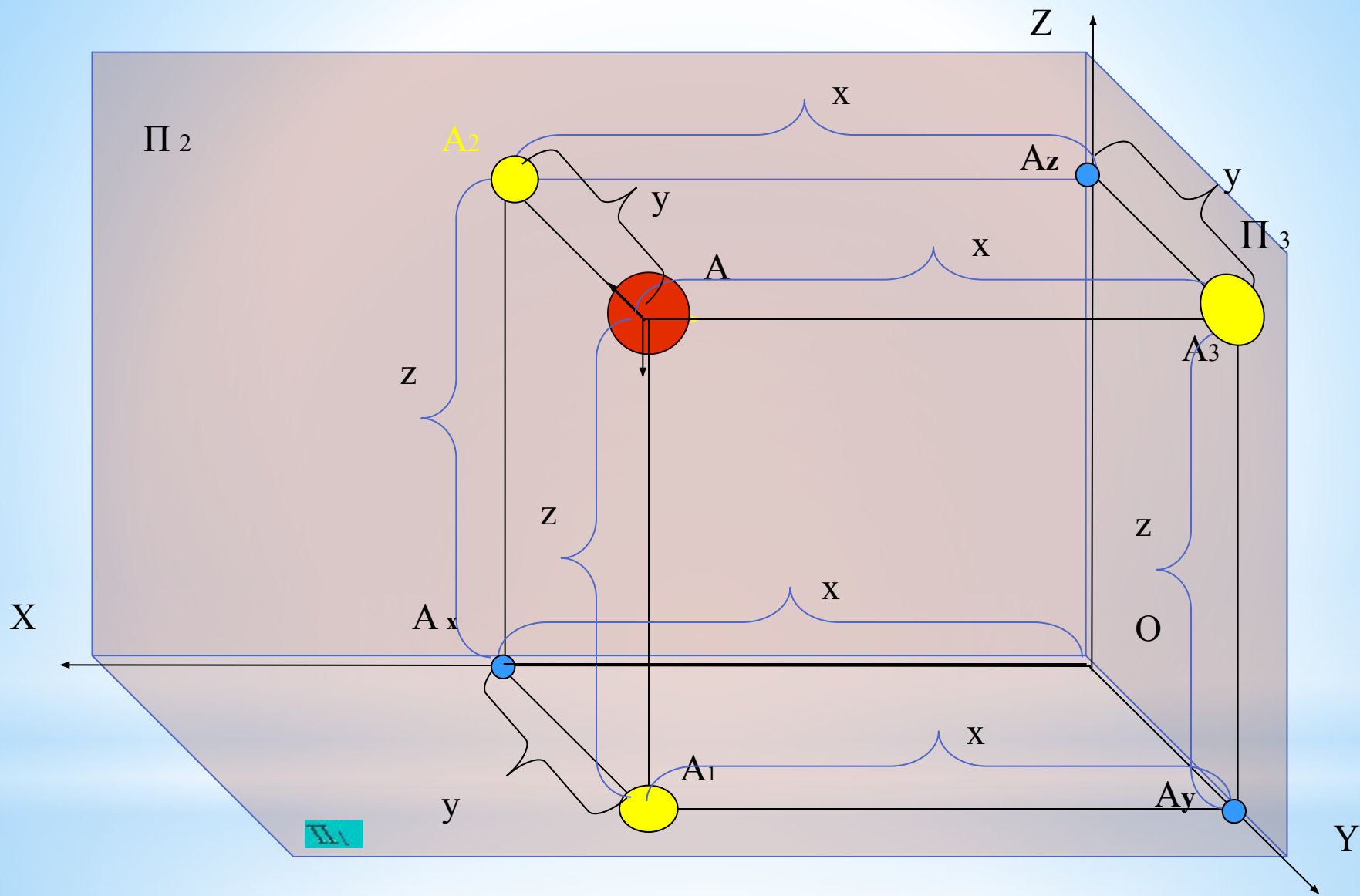
В начертательной геометрии изображения получают графическим методом с помощью операции **проецирования** (от латинского projectio - бросание вперед).

**Проекция - это отображение образа (предмета) на плоскость проекций.**

Идею метода можно рассмотреть на примере проецирования любого образа.

\* Виды проецирования **подразделяют на центральное и параллельное.**



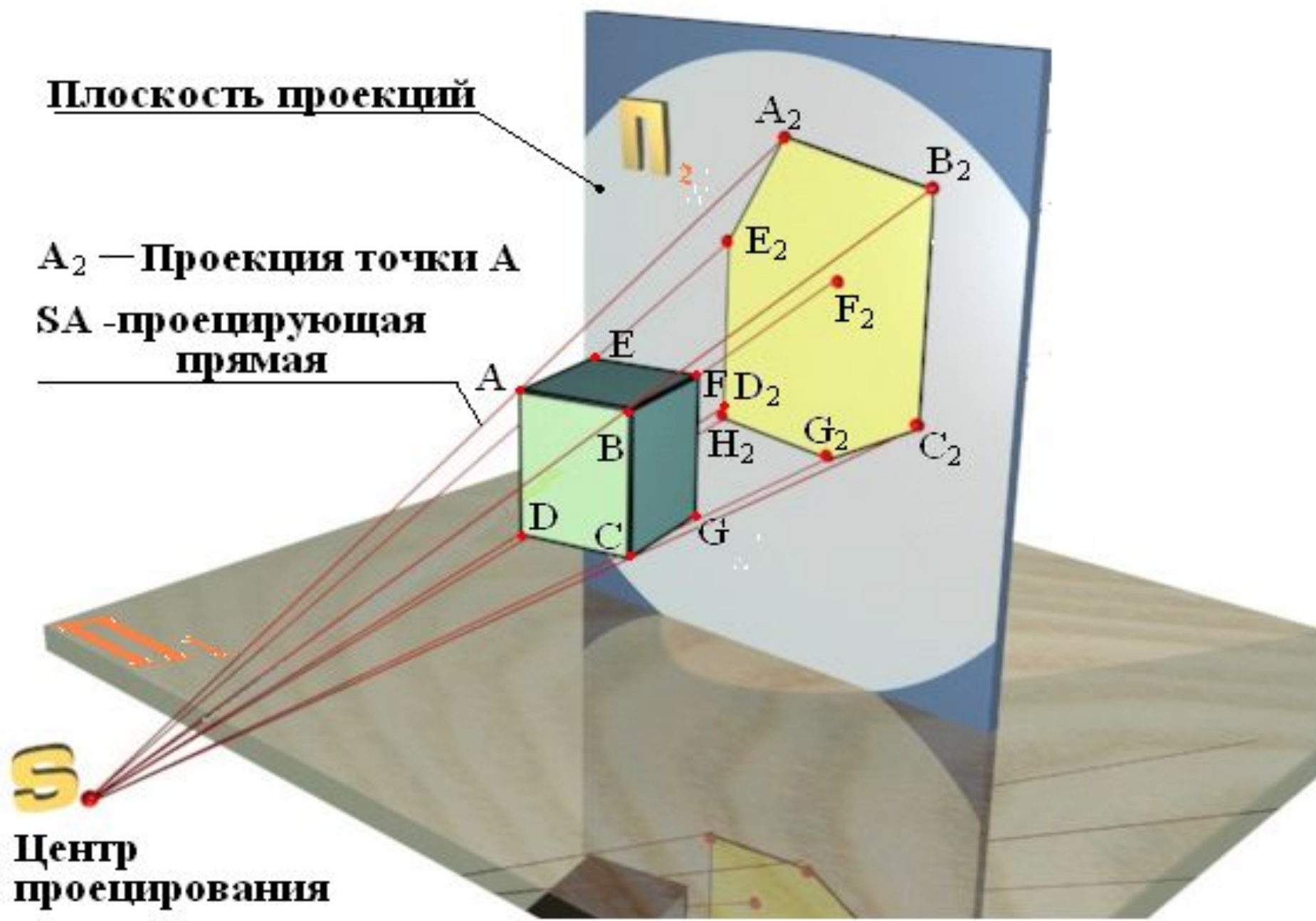


# ПРОЕКЦИЯ ПРИЗМЫ

Плоскость проекций

$A_2$  — Проекция точки  $A$

$SA$  - проецирующая  
прямая



Центр  
проецирования

# Обозначения геометрических фигур и их проекций

\* Для обозначения геометрических фигур и их проекций, для отображения отношения между ними, а также для краткости записи геометрических предложений и решения задач в начертательной геометрии предлагается использовать **геометрический язык**, составленный из следующих обозначений и символов.

1. **Точки** обозначаются прописными буквами латинского алфавита или арабскими цифрами:

**A, B, C, D, ..., L, M, N, ...**

**1, 2, 3, 4, ..., 12, 13, 14, ...**

2. **Линии**, произвольно расположенные по отношению к плоскостям проекций, обозначаются строчными буквами латинского алфавита:

**a, b, c, d, ..., l, m, n, ...**

3. **Линии уровня** обозначаются:

**h** – горизонталь; **f** – фронталь;

**p** – профильная прямая;

Для прямых используются также следующие обозначения:

**(AB)** – прямая, проходящая через точки А и В;

**[AB)** – луч с началом в точке А;

**[AB]** – отрезок прямой, ограниченный точками А и В.

# Поверхности.

- \* 4. Поверхности **обозначаются** строчными буквами греческого

алфавита:  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \dots, \zeta, \eta, \lambda, \dots$

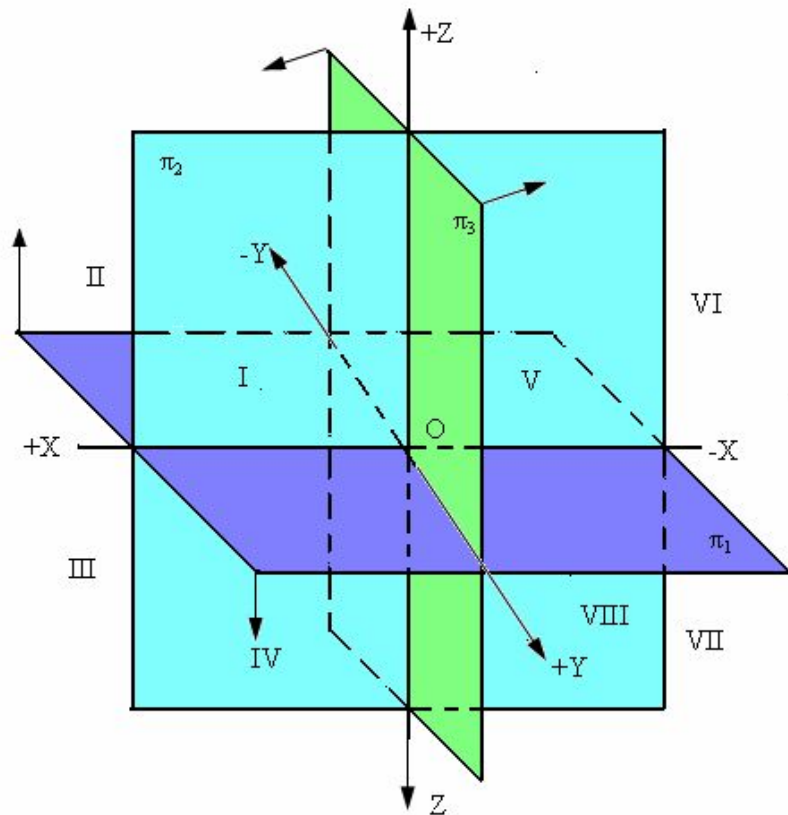
Чтобы подчеркнуть **способ задания поверхности**, следует указывать геометрические элементы, которыми она определяется, например:

$\alpha (a \parallel b)$  – плоскость  $\alpha$  определяется параллельными прямыми  $a$  и  $b$ ;

$\beta (d_1 d_2 g \alpha)$  – поверхность  $\beta$  определяется направляющими  $d_1$  и  $d_2$ , образующей  $g$  и плоскостью параллелизма  $\alpha$ .



# Обозначение основных плоскостей проекций



\* 5. Для плоскостей проекций приняты обозначения:  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ ,  $\Pi_3$ ,

Где  $\Pi_1$  – горизонтальная плоскость проекций;  
 $\Pi_2$  – фронтальная плоскость проекций;

$\Pi_3$  – профильная плоскость проекций;

# Обозначение углов и плоскостей

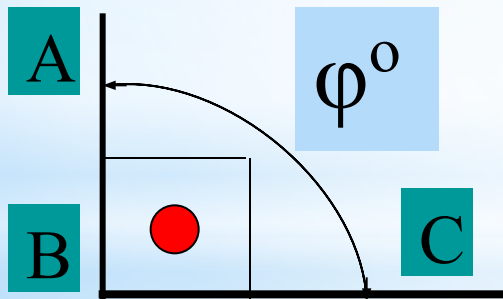
6. Углы обозначаются:

**ABC** – угол с вершиной в точке В, а также  $\alpha^\circ, \beta^\circ, \dots, \varphi^\circ, \dots$

7. Угловая величина (градусная мера) обозначается знаком, который ставится над углом:

**$\varphi^\circ$**  – величина угла  $\varphi$ .

Прямой угол отмечается квадратом с точкой внутри



# Проекции точек, линий, поверхностей. Следы прямых и плоскостей

8. **Проекции точек**, линий поверхностей, любой геометрической фигуры **обозначаются теми же буквами (или цифрами), что и оригинал, с добавлением нижнего индекса, соответствующего плоскости проекций, на которой они получены:**

$A_1, B_1, C_1, D_1, \dots, L_1, M_1, N_1, \dots$  – горизонтальные проекции точек;

$A_2, B_2, C_2, D_2, \dots, L_2, M_2, N_2, \dots$  – фронтальные проекции точек;

$A_3, B_3, C_3, D_3, \dots, L_3, M_3, N_3, \dots$  – профильные проекции точек;

$a_1, b_1, c_1, d_1, \dots, l_1, m_1, n_1, \dots$  – горизонтальные проекции линий;

$a_2, b_2, c_2, d_2, \dots, l_2, m_2, n_2, \dots$  – фронтальные проекции линий;

$a_3, b_3, c_3, d_3, \dots, l_3, m_3, n_3, \dots$  – профильные проекции линий;

$\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_1, \dots, \zeta_1, \eta_1, \lambda_1, \dots$  – горизонтальные проекции поверхностей;

$\alpha_2, \beta_2, \gamma_2, \delta_2, \dots, \zeta_2, \eta_2, \lambda_2, \dots$  – фронтальные проекции поверхностей;

$\alpha_3, \beta_3, \gamma_3, \delta_3, \dots, \zeta_3, \eta_3, \lambda_3, \dots$  – профильные проекции поверхностей.

# Следы прямых

9. След прямой - точка пересечения прямой с плоскостью проекций. **Следы** прямых (линий) обозначаются **прописными латинскими буквами**, с которых начинаются слова, определяющие название (в латинской транскрипции) плоскости проекций, которую пересекает линия.

Например: **H** – горизонтальный след прямой (линии) *a*;

**F** – фронтальный след прямой (линии) *a*;

**P** – профильный след прямой (линии) *a*.

# Обозначение следа плоскости

10. Следы плоскостей (поверхностей) обозначаются теми же буквами, что горизонталь и фронталь, с добавлением верхнего индекса, подчеркивающего, что эти линии лежат в плоскости проекций и принадлежат плоскости (поверхности).

Например:  $h^0$  – горизонтальный след плоскости (поверхности);

$f^0$  – фронтальный след плоскости (поверхности);

$p^0$  – профильный след плоскости (поверхности).

# Основные операции

## 12. Основные операции:

$\parallel$  – параллельность элементов;

$\equiv$  – совпадение двух геометрических элементов;

$\perp$  – перпендикулярность элементов;

$\wedge$  – знак, соответствующий союзу «и»;

$=$  – результат геометрической операции;

$\cap$  – пересечение двух элементов;

$\in$  – знак принадлежности и включения для точки;

$\cup$  – знак объединения;

$\subset$  – принадлежность одного геометрического элемента другому;

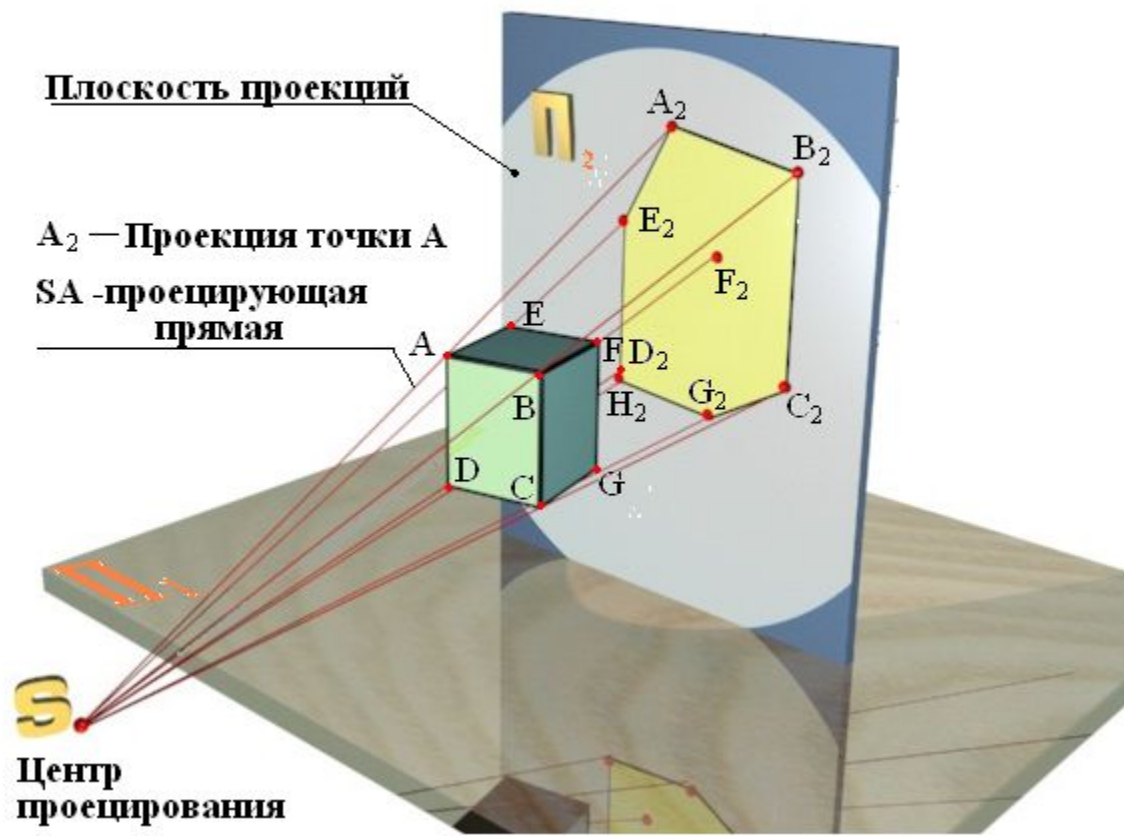
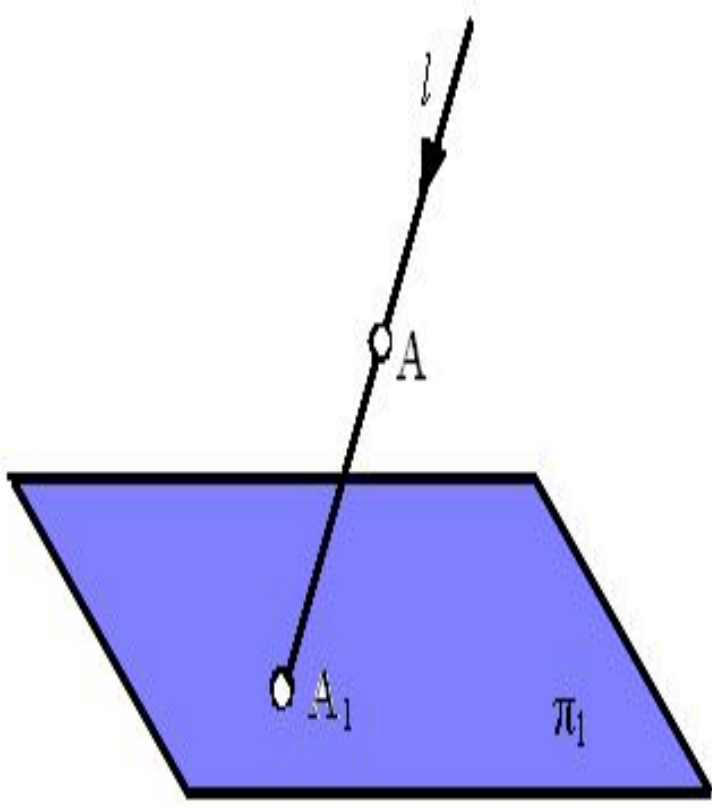
$\cdot$  – скрещивающиеся прямые.

# Центральное проецирование

- \* **Сущность** центрального проецирования заключается в том, что при этом методе должен быть центр проецирования  $S$  и плоскость проекций  $\Pi_1$ .
- \* **Свойства** центрального проецирования:
  1. Проекция точки - точка.
  2. Проекция прямой - прямая.
  3. 3) если точка принадлежит прямой, то проекция этой точки принадлежит проекции прямой.
- \* В машиностроительном черчении **не применяется** т. к. размеры оригинала не соответствуют размерам изображения.



# ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПРОЕКЦИЯ ПРИЗМЫ



# \* Параллельное проецирование

Является **частным случаем центрального** проецирования в котором центр проецирования **S** удален в **бесконечность** и проецирующие прямые в этом случае принимаются за **параллельные**.

Подразделяется на :

1. **Косоугольное;**
2. **Прямоугольное** (ортогональное)

# Свойства параллельного проецирования

При параллельном проецировании сохраняются следующие свойства:

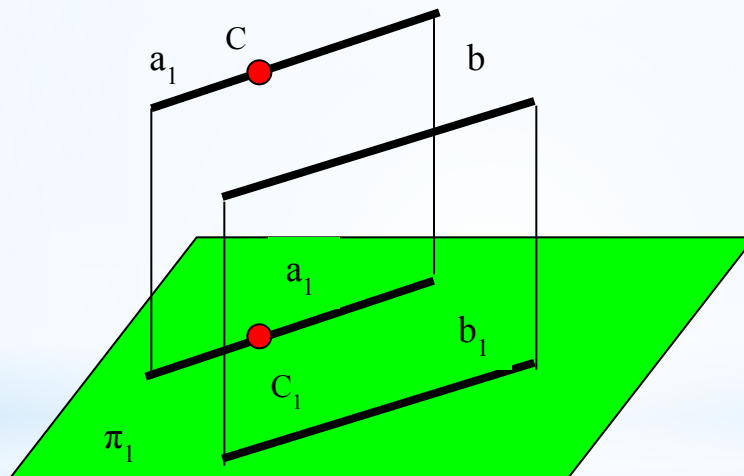
1. Проекция точки есть точка.

2. Проекция прямой есть прямая.

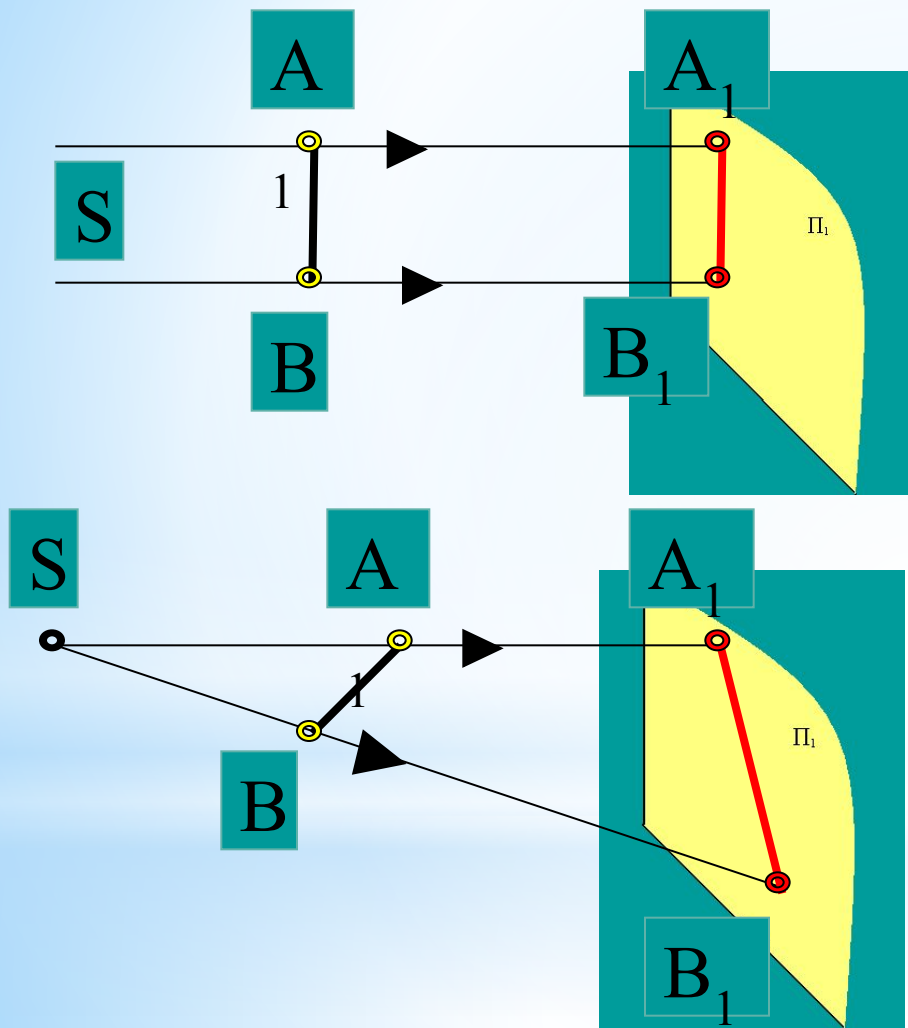
\* 3) если точка принадлежит прямой, то проекция этой точки принадлежит проекции прямой.

\* И добавляются:

- \*5. Если прямые параллельны друг другу в пространстве, то их соответствующие проекции также параллельны.
- \*6. Если точка  $C$  делит отрезок в данном соотношении, то ее проекции делят проекции прямой в том же отношении.

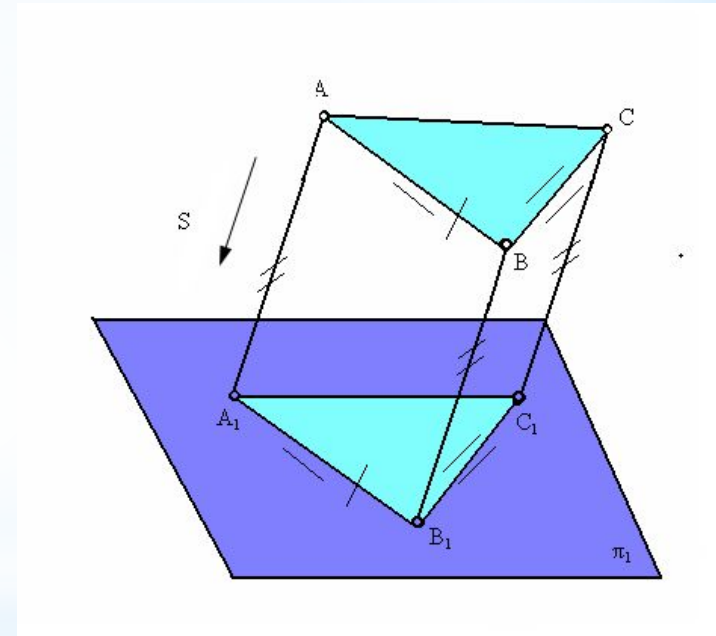
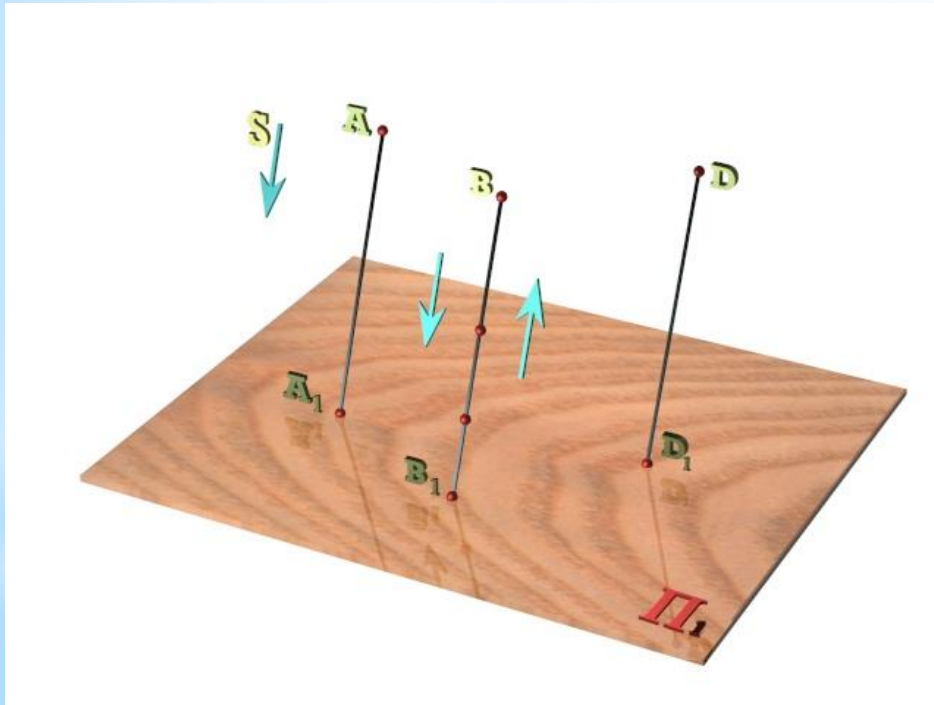


# Иллюстрация параллельного и центрального проецирования



\* При параллельном проецировании, так же как и при центральном, каждая точка пространства имеет на плоскости  $\Pi_1$  одну проекцию, но эта проекция не определяет положения точки в пространстве. Следовательно, **однопроекторный чертёж**, полученный методом параллельного проецирования, **необратим**. Различают прямоугольное (ортогональное) и косоугольное параллельное проецирование, в зависимости от угла, образованного направлением проецирования с плоскостью проекции.

# Примеры параллельного проецирования точки и плоскости



# Ортогональное проецирование. Теорема о проецировании прямого угла

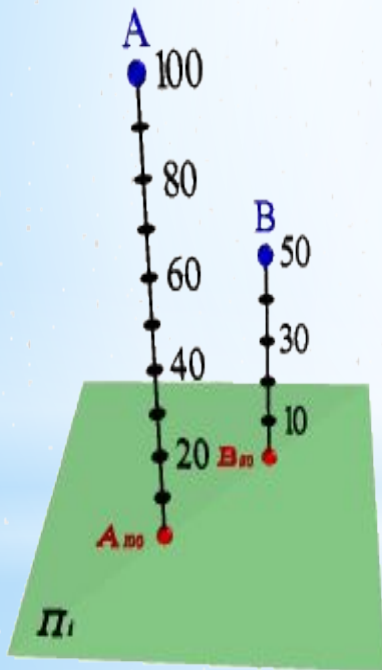
**Ортогональное** (прямоугольное) проецирование является частным случаем параллельного проецирования, когда направление проецирования перпендикулярно к плоскости проекций  $\Pi_1$ . В этом случае **проекция** изображаемого предмета называется **ортогональной**. Этому проецированию присущи все свойства параллельного проецирования.

\* Кроме того, справедлива **теорема** о проецировании прямого угла:

**если хотя бы одна сторона прямого угла параллельна плоскости проекций, а вторая сторона не перпендикулярна ей, то прямой угол проецируется на эту плоскость в прямой угол.**



# \* Проекции с числовыми отметками



- \* В проекциях с числовыми отметками плоскость проекций  $\Pi_i$  называют плоскостью нулевого уровня и обозначают  $\Pi_0$ . Идея этого метода состоит в том, что на плоскость  $\Pi_0$  ортогонально проецируют точку и вместе с проекцией точки задают ее расстояние до плоскости  $\Pi_0$ . Это расстояние называют **числовой отметкой** точки и задают обычно в метрах. Числовую отметку точки пишут внизу справа от обозначения ее изображения.
- \* Очень удобно в проекциях с числовыми отметками изображать линии уровня, все точки которых имеют одинаковые отметки. Линии уровня проецируются на  $\Pi_0$  без искажения своей формы (применяется в картографии).

# План

- \* Если плоскость нулевого уровня расположена горизонтально, то чертеж называют *планом*. На плане всегда указывают линейный масштаб и при необходимости дают ориентацию относительно сторон света.
- \* Проекции с числовыми отметками позволяют просто решать многие задачи. Обратимость чертежей в проекциях с числовыми отметками очевидна.

# \* Однокартинный чертеж

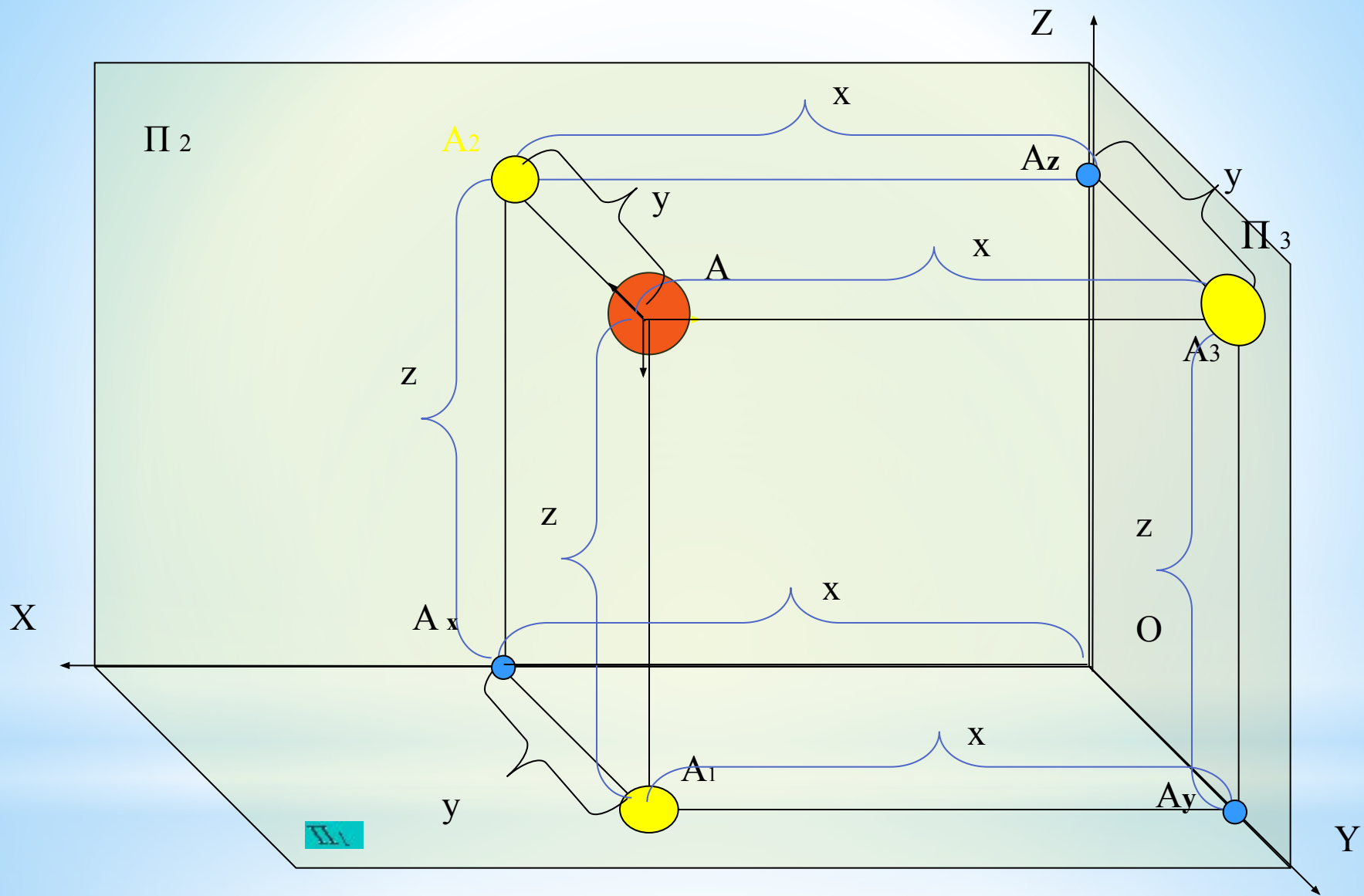
- \* Зарождение идеи этого метода относят к средним векам. Уже тогда многие народы, пользующиеся картами с показаниями морских глубин, умели изображать точку при помощи ее проекции и отметки. Однако теоретическое обоснование метода получил лишь в 19 веке, благодаря французскому военному инженеру - капитану Нуазе (1823 г.).
- \* Чертежи в проекциях с числовыми отметками построены на одной плоскости проекций - на одной картине и часто называются *однокартинными*.

# Метод Монжа

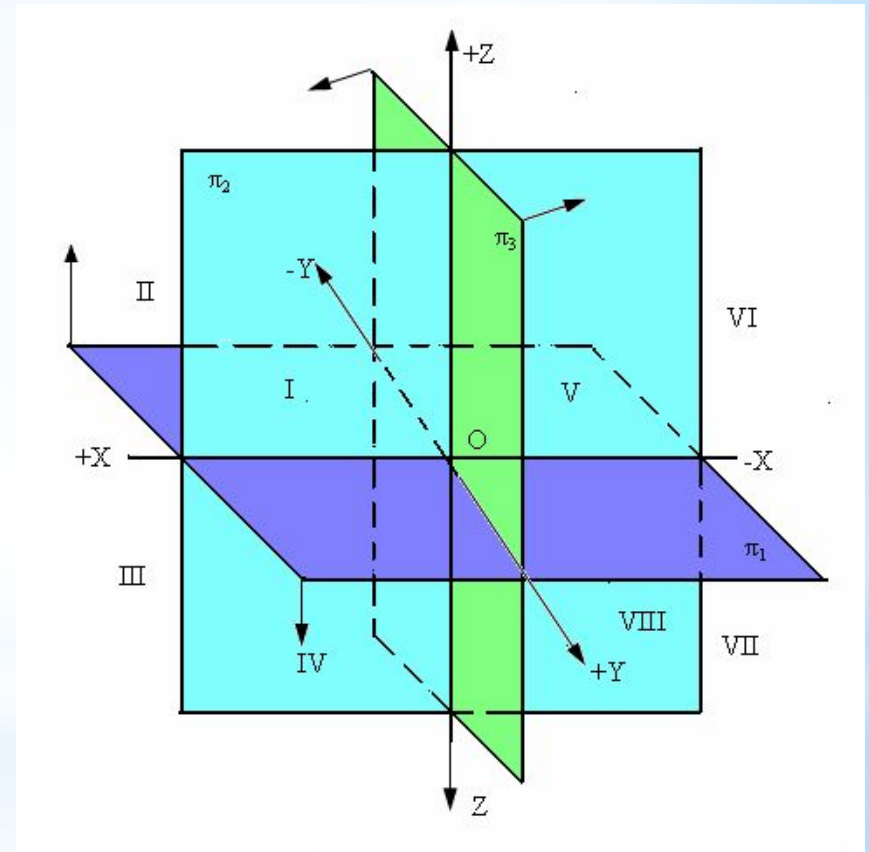
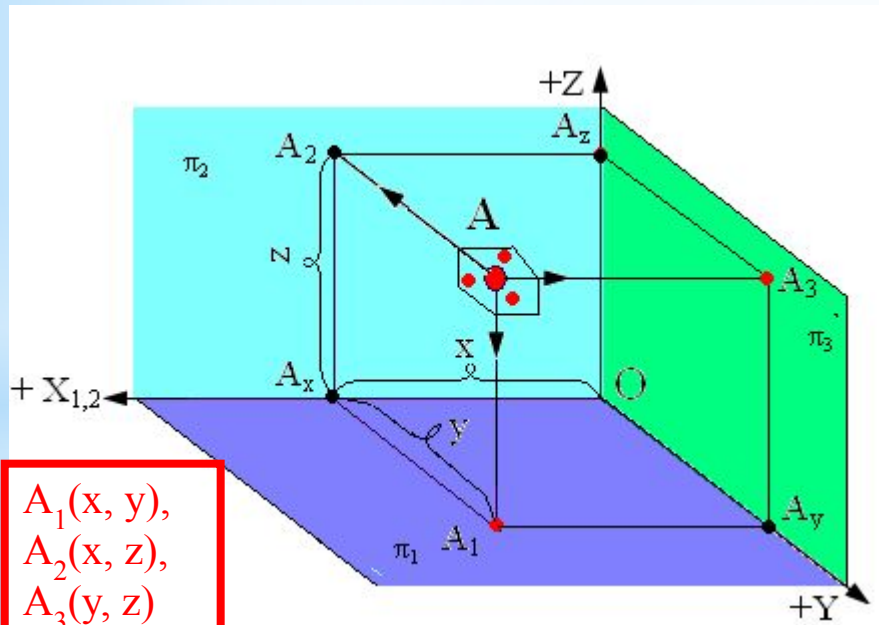
- \* Если информацию о расстоянии точки относительно плоскости проекции дать не с помощью числовой отметки, а с помощью второй проекции точки, построенной на второй плоскости проекций, то чертеж называют **двухкартинным** или **комплексным**. Основные принципы построения таких чертежей изложены Гаспаром Монжем - крупным французским геометром конца 18, начала 19 веков, 1789-1818 гг. одним из основателей знаменитой политехнической школы в Париже и участником работ по введению метрической системы мер и весов.
- \* Постепенно накопившиеся отдельные правила и приемы таких изображений были приведены в систему и развиты в труде Г. Монжа «Geometrie descriptive».
- \* Изложенный Монжем метод ортогонального проецирования на две взаимно перпендикулярные плоскости проекции был и остается основным методом составления технических чертежей.

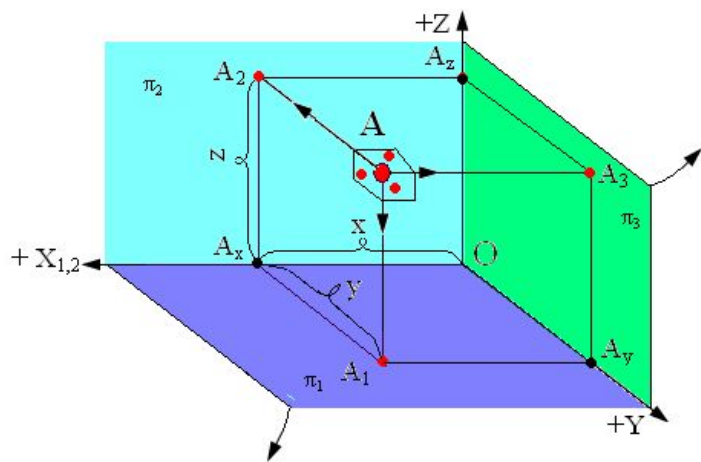
# Метод ортогонального проецирования

- \* Широко применяется в инженерной практике.
- \* **Сущность** этого метода в том, что направление проецирования **перпендикулярно** плоскостям проекций.



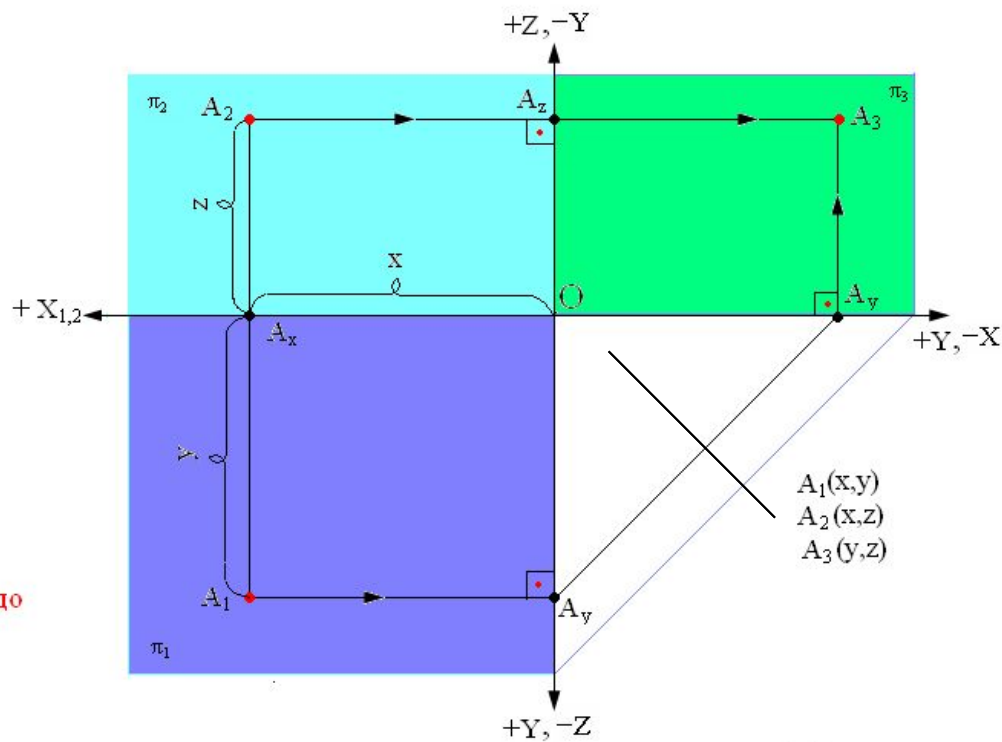
# Ортогональные проекции точки





$A(x, y, z)$

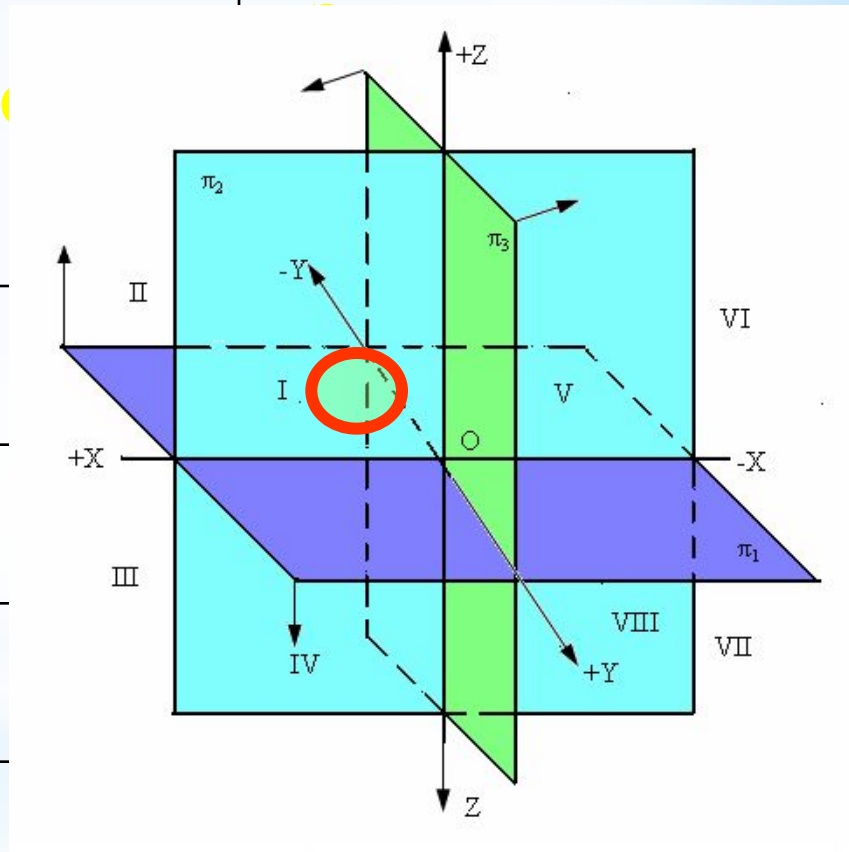
Координата - кратчайшее расстояние от точки до плоскости проекций



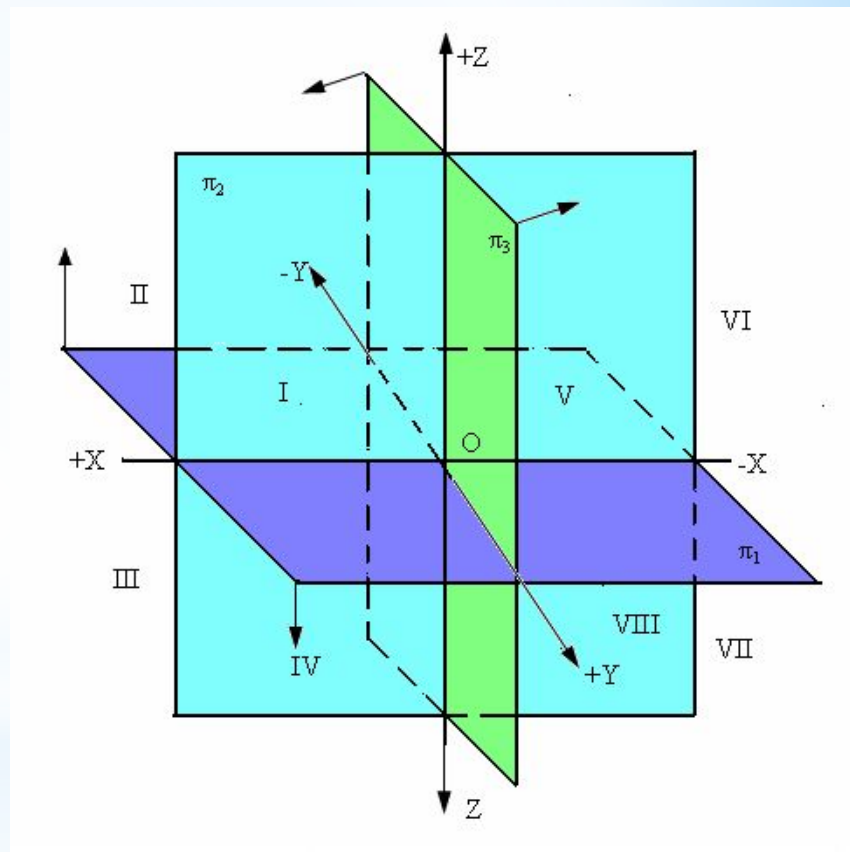
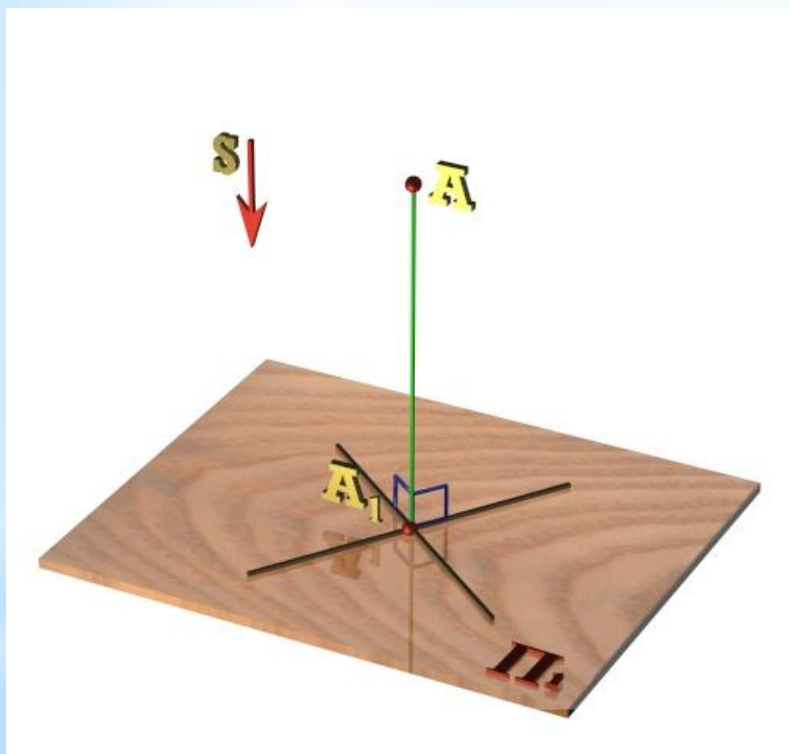


# Таблица знаков координат в ОКТАНТАХ

Октант	Знак координаты		
	x	y	z
I	+	+	+
II	+	-	+
III	+	-	-
IV	+	+	-



# \* Пример ортогонального проецирования



# \*Трехкартинный чертеж и эпюр точек на плоскостях проекций



# Чертеж

\* **Проекционным чертежом** называют такое графическое изображение предмета, которое построено по законам метода проецирования и отвечает требованию обратимости. **Обратимость** изображения дает возможность восстановить (реконструировать предмет в пространстве) с точностью до всех его позиционных и метрических свойств. К позиционным относят свойства, которые связаны с вопросами относительного расположения. Метрическими считаются свойства фигур, связанные с вопросами измерения длин, расстояний, углов, площадей и т.д.. Чертеж должен быть **наглядным**.

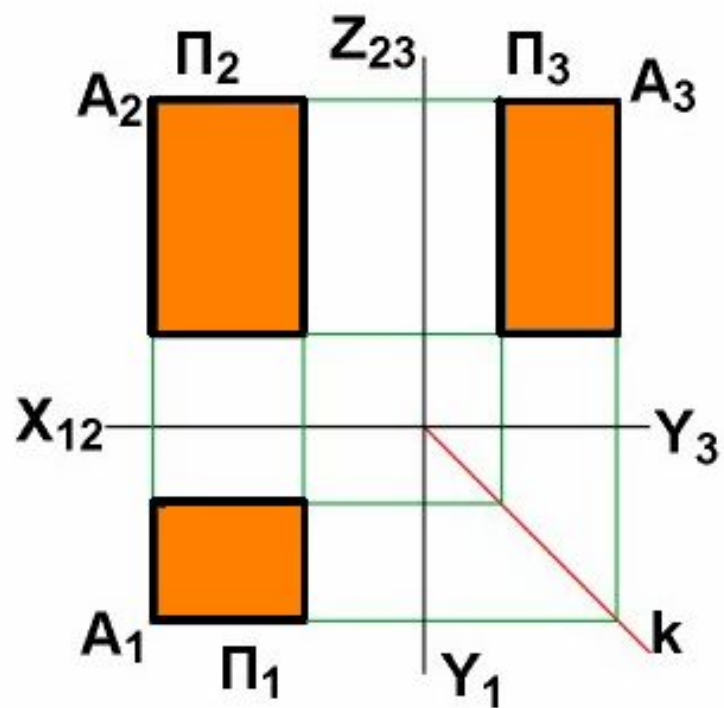
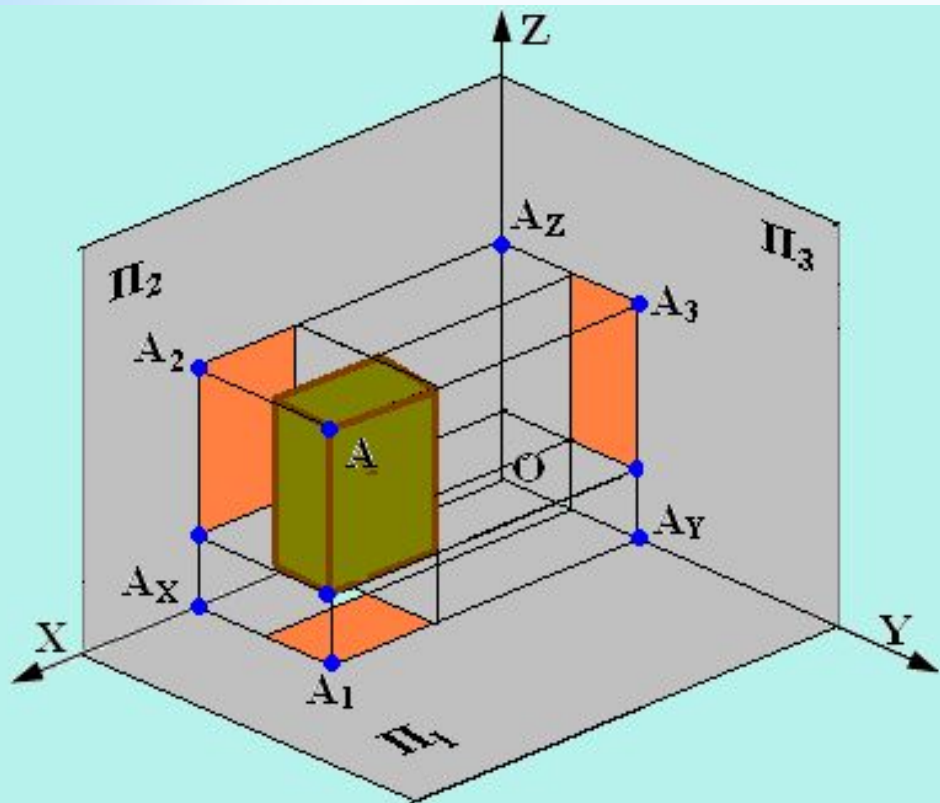
\* С точки зрения обратимости наиболее простыми для реконструкции являются чертежи, построенные по принципу параллельного (в том числе и ортогонального) проецирования. Но они менее наглядны чем построенные по принципу центрального проецирования.

# Комплексный чертеж

КЧ - это ортогональное отображение предмета на 2 или 3 взаимно перпендикулярные плоскости проекций, развернутые до плоскости чертежа(П2).

# Преобразование пространственного чертежа в плоский

\* Осуществляется путем совмещения горизонтальной П1 и профильной П3 плоскостей проекций с фронтальной П2. Для этого П1 поворачиваем на 90 градусов вокруг оси X в направлении движения часовой стрелки, а П3 вправо вокруг оси Z.



перпендикулярно



**\* До свидания.**

**\* Спасибо за внимание.**



\* Лекцию составил Ведякин Фёдор  
Филиппович