

Соловьев С.Ю.

Постановки задач современной информатики  
[park.glossary.ru/modern/](http://park.glossary.ru/modern/)

# **Задачи компьютерной визуализации**

2015 – 2022

*Напоминание:* **Задача**

|   |   |
|---|---|
| <p>Дано</p> <p><b><i>Исходные данные</i></b></p>                | <p>Известно</p> <p><b><i>Свойства<br/>исх. данных</i></b></p>   |
| <p><b><i>Алгоритм / Метод / Способ / Схема</i></b></p>          |   |
| <p>Требуется</p> <p><b><i>Результирующие<br/>данные</i></b></p> | <p>такое, что</p> <p><b><i>Свойства<br/>рез. данных</i></b></p> |

Компьютерная визуализация – раздел информатики, ориентированный на разработку алгоритмов преобразования данных в наглядное представление.



|               |  |
|---------------|--|
| <b>Данные</b> |  |
|---------------|--|

Алгоритм ?

|              |  |
|--------------|--|
| <b>Образ</b> |  |
|--------------|--|

# Предпосылки

ИТ

Дизайн

Энгельбарт Д.  
"Мать всех презентаций",  
9 декабря 1968

Боумен У. Графическое  
представление информации  
– М.: Мир, 1971 (1968)

Визуализация



# W.J.Bowman Graphic Communication

## Визуальный язык

**Словарь форм:** точка | линия | плоская фигура | цвет | текстура  
**Грамматика пространства:** плоское(7) | многоплановое(8) | непрерывное (6)  
**Идиомы перспективы:** параллельная | угловая | наклонная  
**Построение визуальной фразы:** связь (8) | дифференциация (8) | доминирование (8)

## Графические высказывания

**Визуальный перевод:** объективное | символическое | абстрактное  
**Конструирование графического высказывания:** Внешний вид | Структура | Организация | Движение | Система | Процесс | Размер | К-во | Тенденция | Деление | Место | Расположение | Положение  
**Редактирование рисунка:** языковые ошибки | смысловые ошибки | экономичность рис.  
**Смысловое значение образа:** содержание | размещение | шрифт

## Как показывать "что"

**Внешний вид:** физический | формализованный | - поверхности | - с окружением | - прозрачного объекта | композиционный  
**Структура:** внешняя | невидимая | - интерьера | внутренняя | составная | - увеличение | - вскрытая | - в частичном разрезе | - в разрезе | - в двойном разрезе | - вырезка | - разобранная  
**Организация:** элементарная | символическая | - орг.связей | непрерывная | - акцентировка | - сложная | групповая | - подразделение | - внутренняя | иерархическая | количественная | структурная | пространственная

## Как показывать "как"

**Движение:** поступательное | фиксированное | круговое | - входа/выхода | составное | множественное | - с препятствиями | модифицированное | ответное | циркулярное | - маршрут -  
**Система:** регулярная | разделенная | - с акцентировкой | сложная | - с разрывом | с количественной характеристикой | - с указанием фаз  
**Процесс:** регулярный | дифференцированный | - с ударением | сложный | - взаимодействия | фазовый | - с количественными характеристиками

## Как показывать "сколько"

**Размер:** объемный | плоский | линейный  
**Количество:** сравнительное | разделенное | составное | акцентированное | неопределенное | стандартное | расщепленное | периодическое | - с разрывом | сложное | кумулятивное | соотносимое  
**Тенденция:** координатная | шкалированная | - дифференцирование | - акцентирование | - квалифицированная | модифицированная | многофазная | нерегулярная | вариативная | кумулятивная | подразделенная  
**Деление:** - с сохранением единства | дифференцированное | акцентированное | сгруппированное | неопределенное | сложное | расширенное

## Как показывать "где"

**Место:** физическое | формализованное | охарактеризованное | - с окружением | выделенное  
**Расположение:** родственные | дифференцированные | описательные | - маршрута | - сети | - границ | - области | сложное | - движения | - количественные характеристики | - увеличенное  
**Положение:** родственное | акцентированное | дифференцированное | - маршрутов | подразделенное | - области | - увеличенное



деловая графика

научная  
визуализация

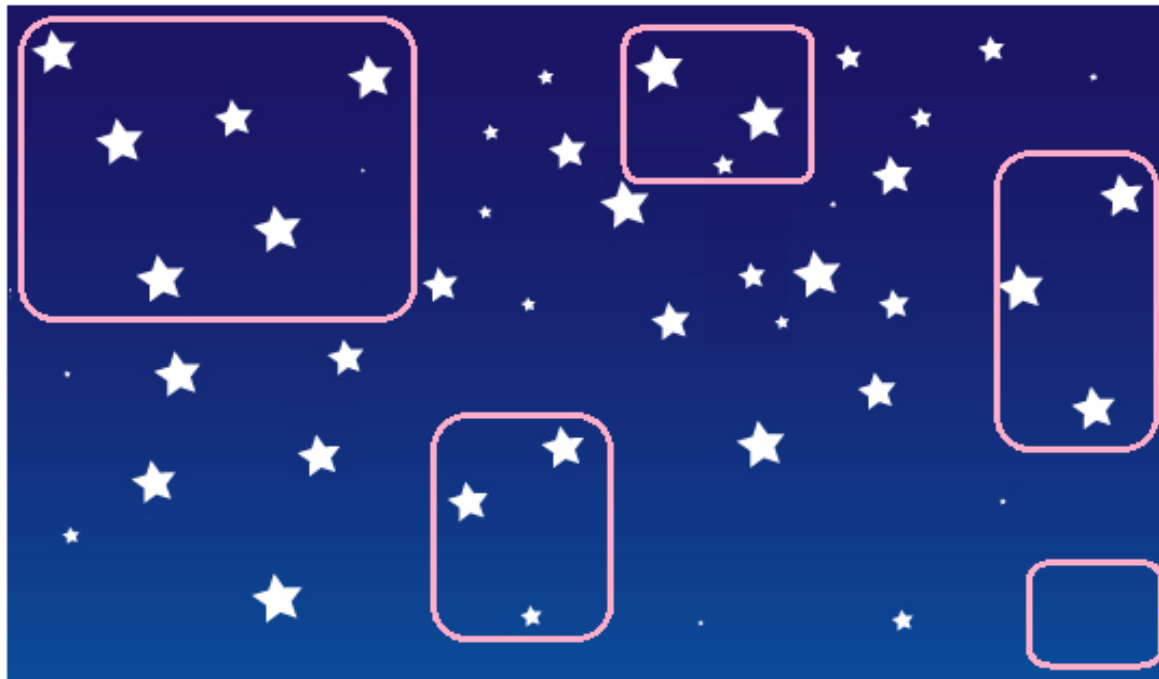
химия

# Компьютерная визуализация

Современное состояние

Картография  
(ГИС)

Химия

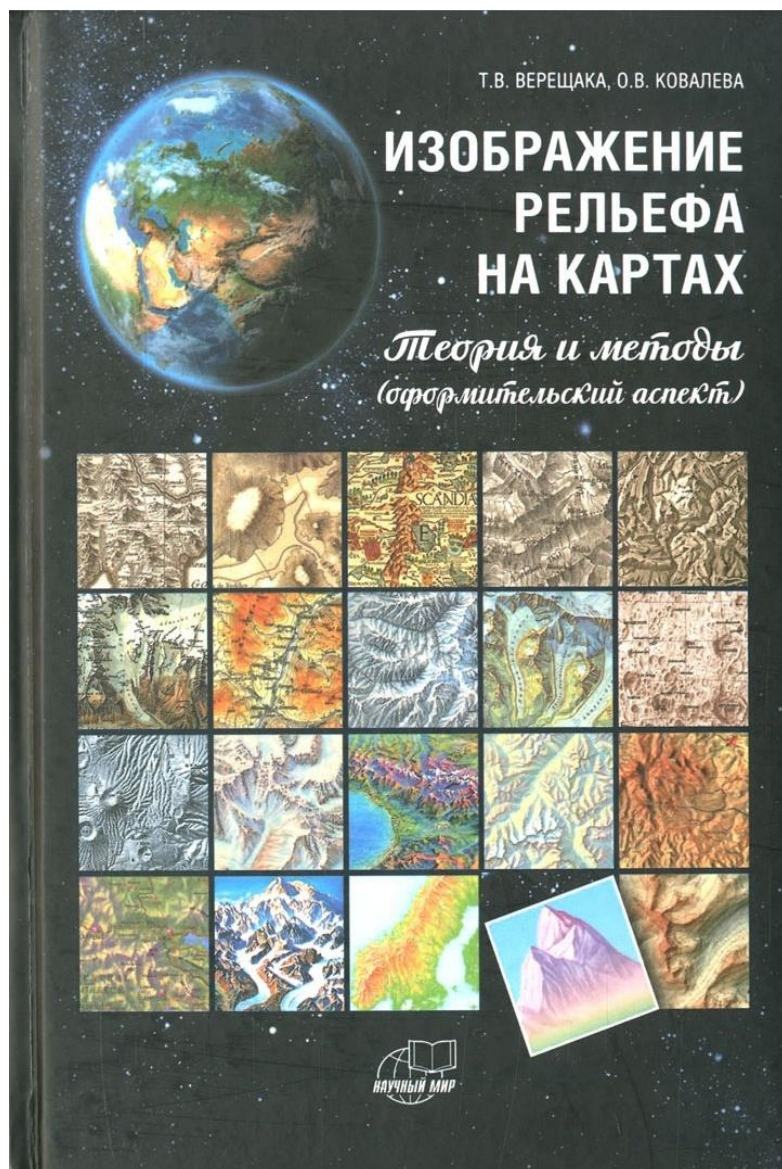


Медицинская  
визуализация

Технический  
анализ



# Картография

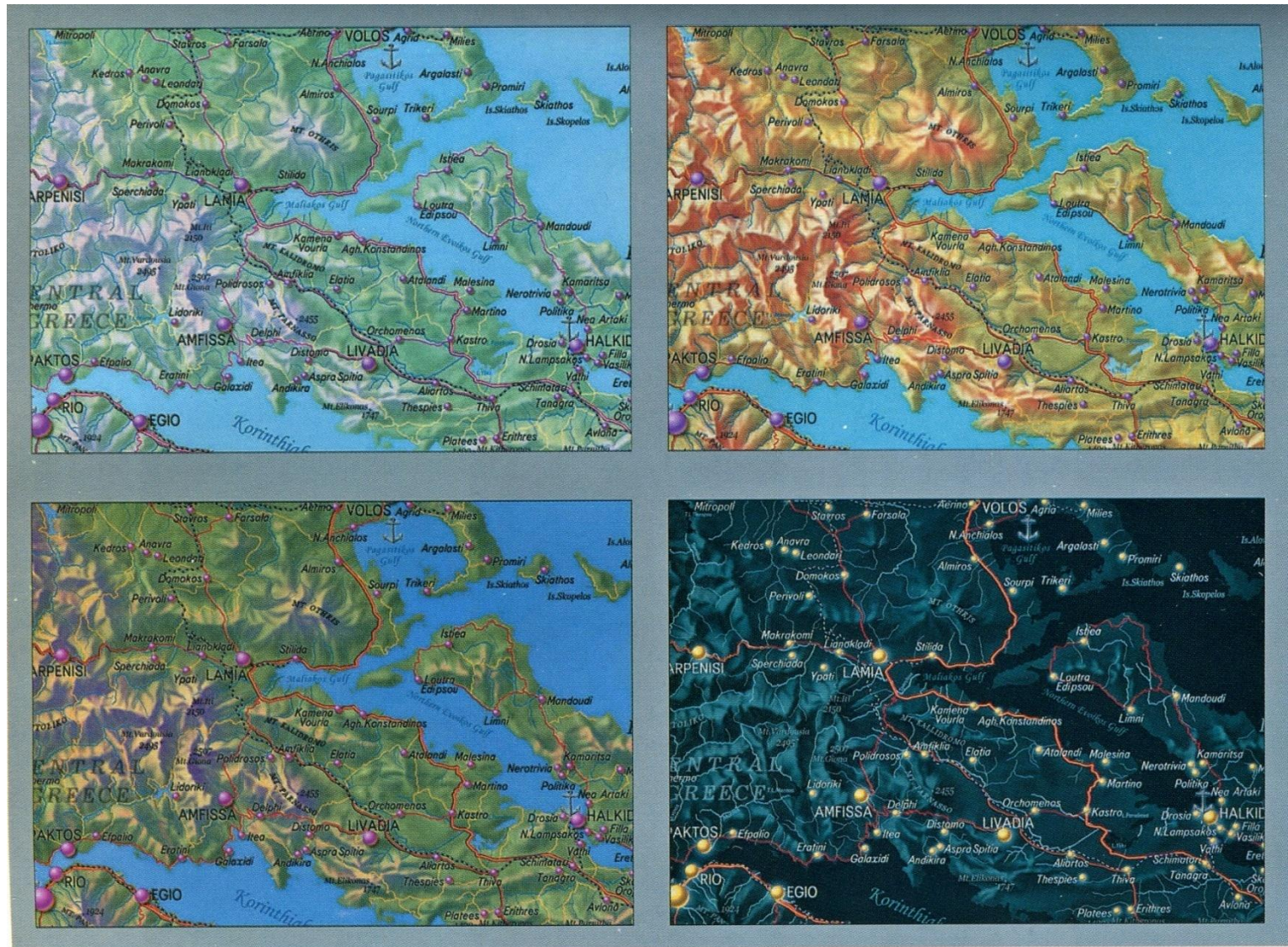


≈12 (параметрических) методов изображения рельефа





# Картография (продолжение)



Фрагменты карты Греции с оформлением рельефа в многоцветных гипсометрических шкалах («утро», «день», «вечер», «ночь»). Работа О.В. Ковалевой



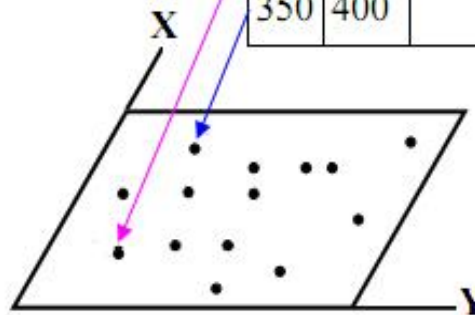
# Электронные карты

|        |  |
|--------|--|
| Данные |  |
|--------|--|

ГИС

|                      |  |
|----------------------|--|
| Географическая карта |  |
|----------------------|--|

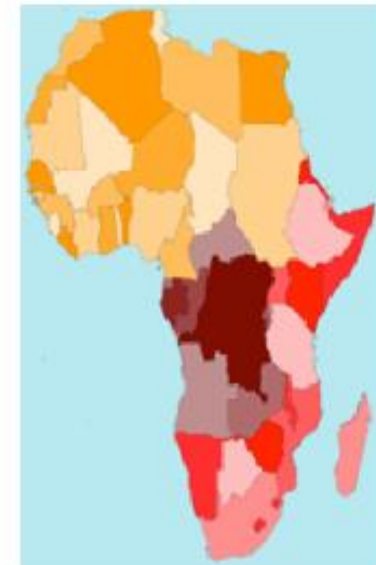
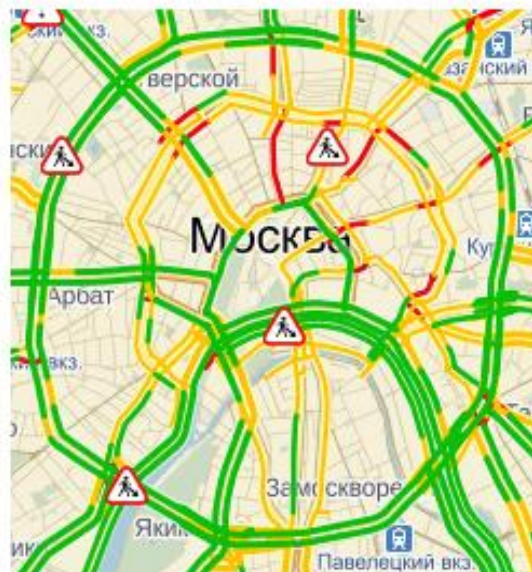
| X   | Y   | Размер |
|-----|-----|--------|
| 185 | 137 | 12     |
| 350 | 400 | 7      |



Объекты X Способы

точечные  
линейные  
площадные

катрографического  
изображения

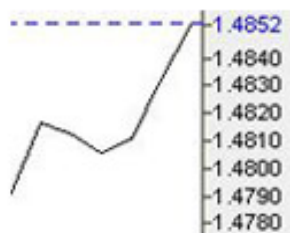


# Технический анализ (анализ графиков)

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| Исторические<br>данные ; ; ;<br>Период | котировки<br>в реальном<br>времени |
|--|------------------------------------|

Технический анализ

|        |  |
|--------|--|
| График |  |
|--------|--|



Line Chart

Линейный график  
(цены закрытия)



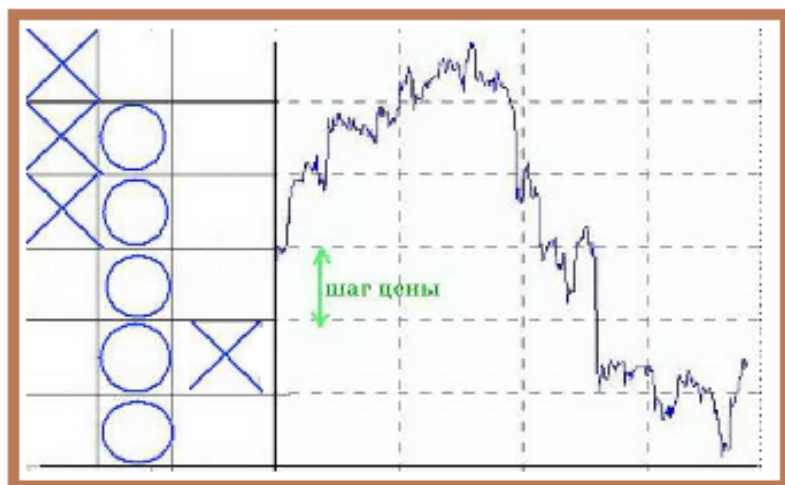
Bar Chart

Палочковый  
график



Candlestick Chart

Японские  
свечи



Крестики-нолики

+ График Ренко

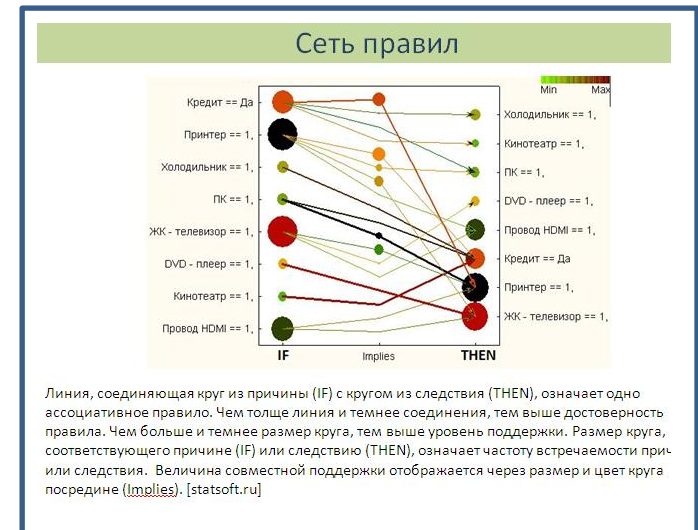
+ График Каги



# Хорошая визуализация

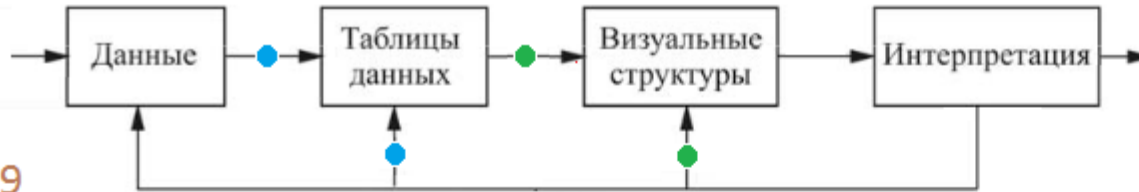
- эффективная;
- оригинальная:
  - ❖ предлагает свежий взгляд на вещи;
  - ❖ выводит анализ на новый уровень;
- информативная:
  - ❖ содержит необходимую информацию;
- простая;
- визуально привлекательная:
  - ❖ выбор варианта;
  - ❖ авторство.

**VS.**

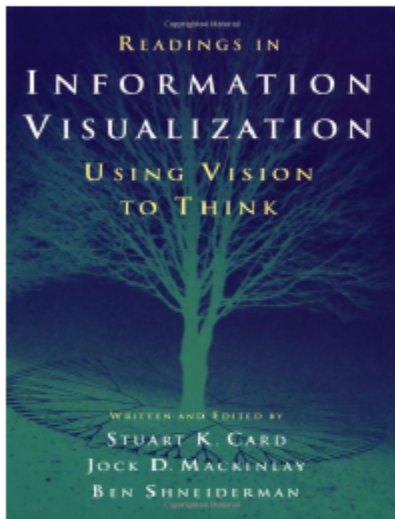


[≈Козловская]

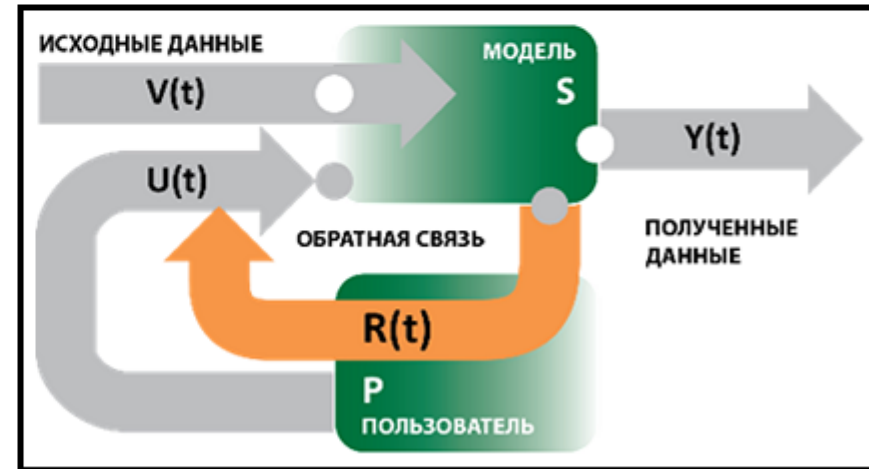
# Эталонная модель визуализации



1999



- атрибуты
- цвет
- форма
- размер
- текстура
- ориентация
- позиция



[Манаков, 2019]




# Виды визуализации

## Научная визуализация

— компьютерная визуализация (закономерно построенных) численных результатов научных исследований.



## Информационная визуализация

— компьютерная визуализация данных с целью анализа и/или интерпретации. 

Статический

объект

подход

Интерактивный

методы



1D

2D

3D

многомерные



древовидные

сетевые



временные

# Задача 1D-визуализации (1)

Набор элементов

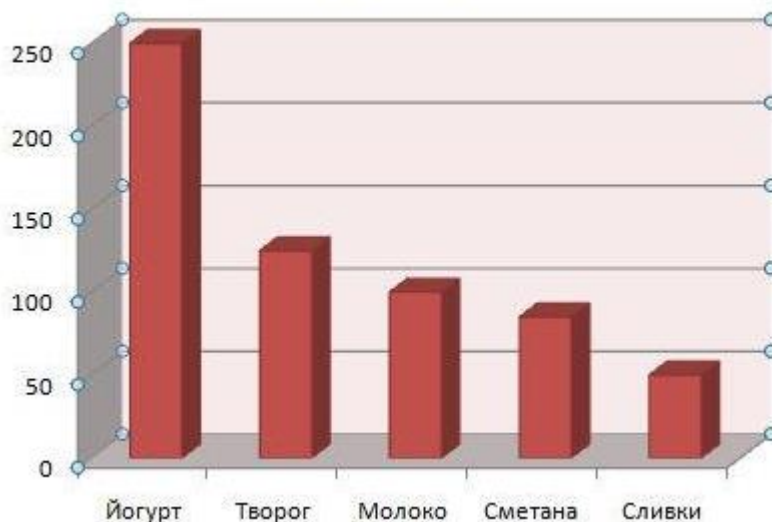
= ≠

Визуализация: таблица частот → образ

Диаграмма частот

Деловая графика

Столбчатая диаграмма



Круговая диаграмма



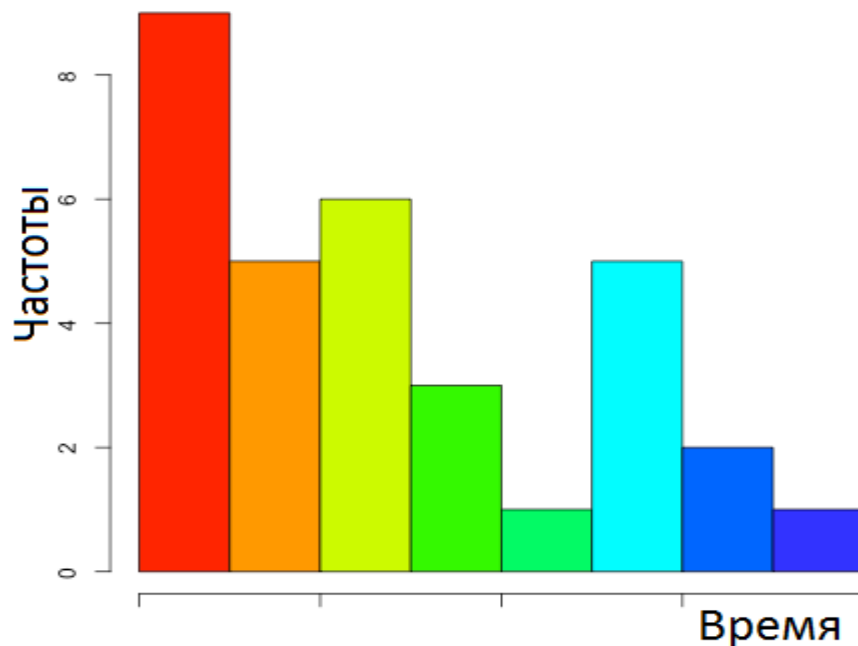
# Задача 1D-визуализации (2)

Набор чисел ; ; ;  
Интервал группировки

$=$   $\neq$   $<$   $\leq$   $>$   $\geq$

Визуализация: частоты в интервалах  $\rightarrow$  образ

Гистограмма



# Задача 2D-визуализации

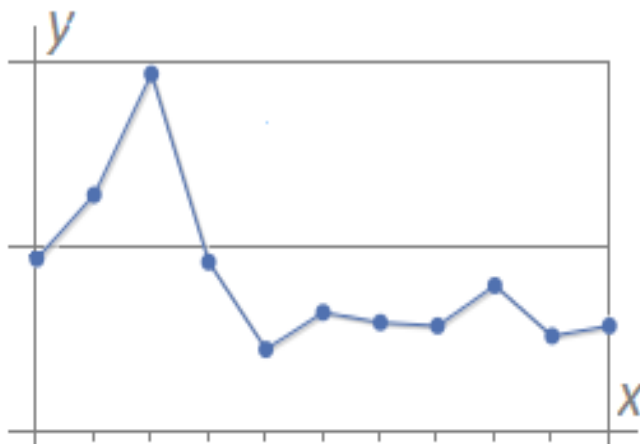
Набор пар чисел (x,y)

$=$   $\neq$   $<$   $\leq$   $>$   $\geq$

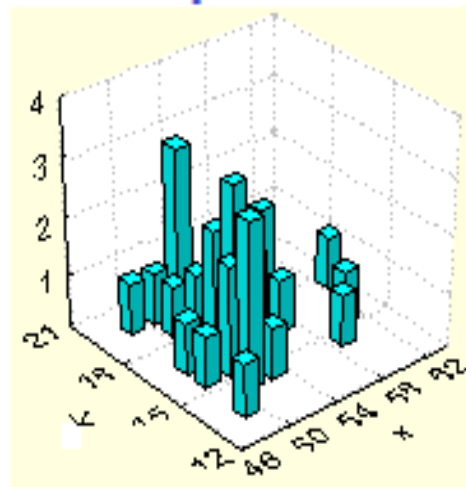
Алгоритм [Интерполяция]

Графики | Гистограммы

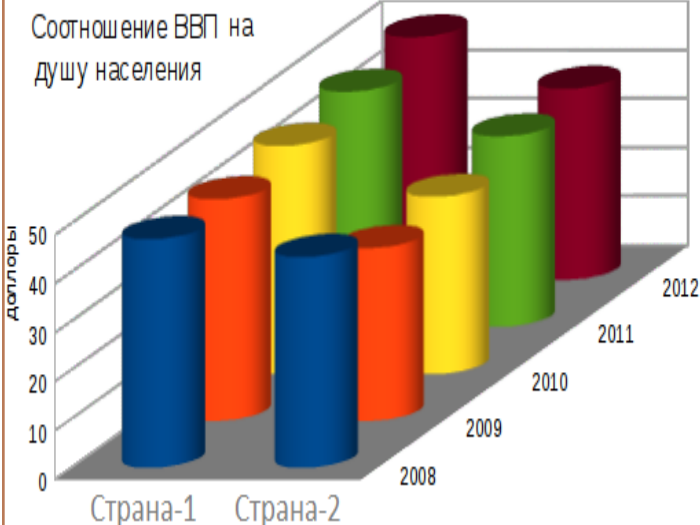
График



Гистограмма 2В



Сравнение графиков





# Задача 2D-визуализации

Числа  $n, m,$

$a_1, \dots, a_n$

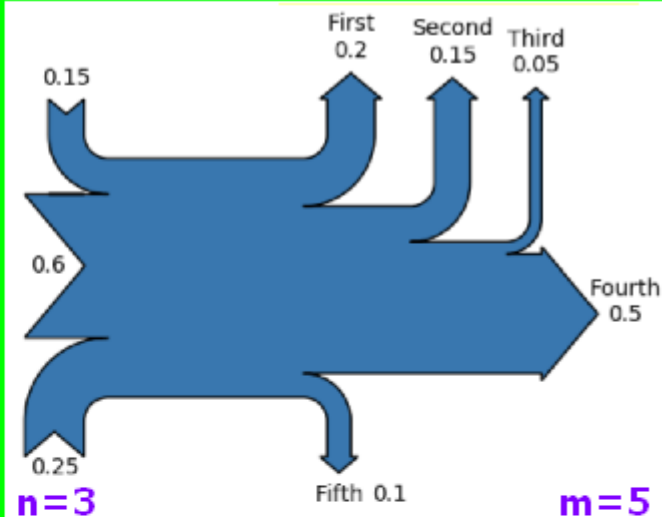
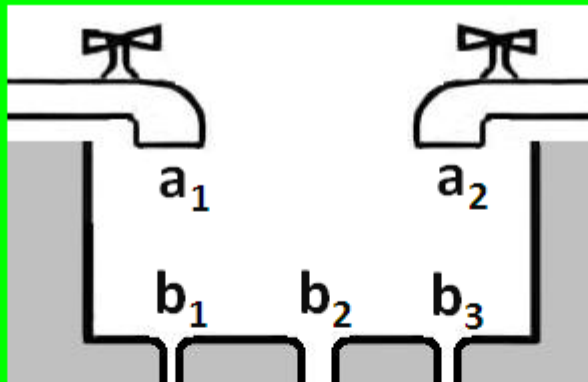
$b_1, \dots, b_m$

$a_1 + \dots + a_n =$

$b_1 + \dots + b_m$

Алгоритм

Диаграмма Сэнки



Война в Сирии.  
Потоки беженцев

Lebanon  
950000

Jordan  
670000

Iraq  
250000

Egypt  
180000

Syria  
6918000

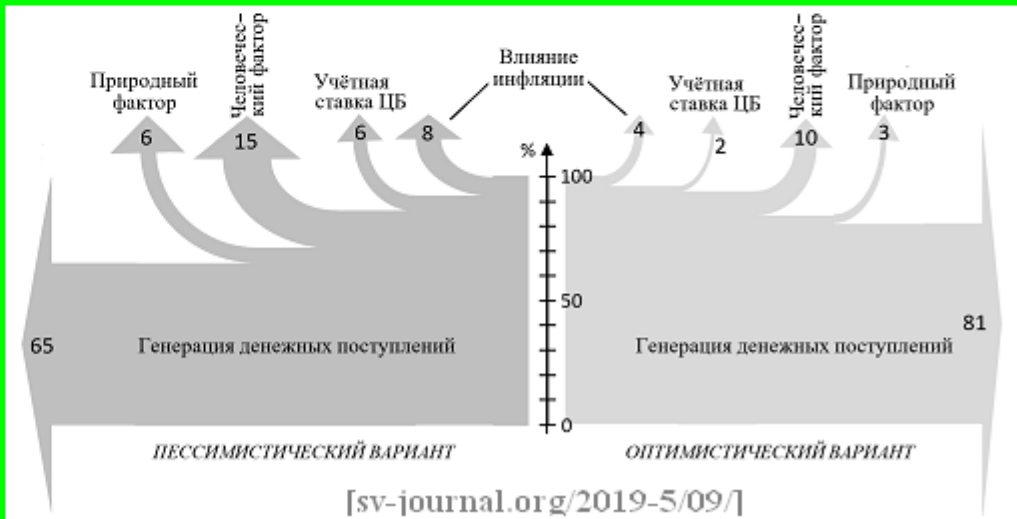
Turkey  
3600000

USA  
180000

Europe  
1300000

$n=1$

$m=7$



[sv-journal.org/2019-5/09/]

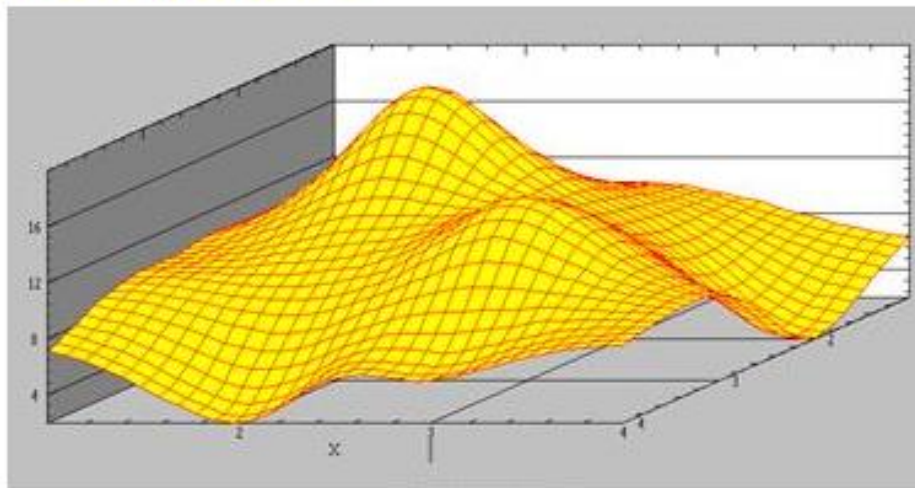
# Задача 3D-визуализации

Набор троек чисел  $(x, y, z)$

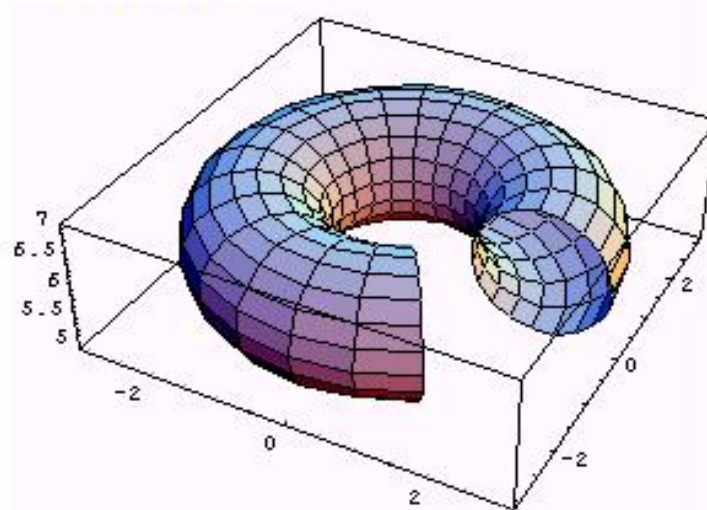
Визуализация в зависимости от интерпретации

Поверхность | Объем

Поверхность



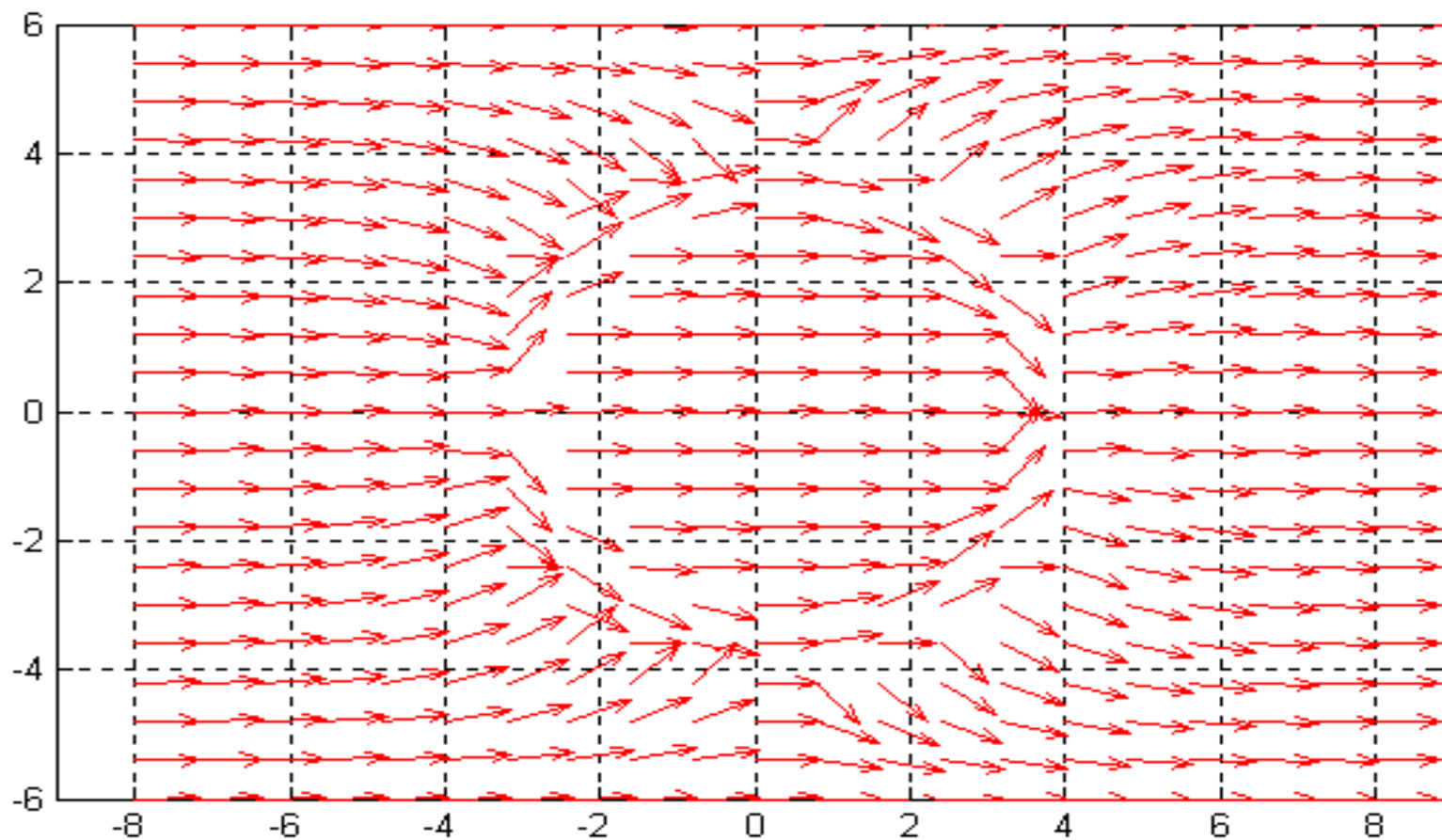
Объем



# Визуализация 2D+

## Векторное поле

Трёхмерные данные **vs.** Двумерный образ



# Задача визуализации многомерных данных

Таблица чисел ( $x_1 \dots x_n$ )

Лица Чернова и др.

Образ

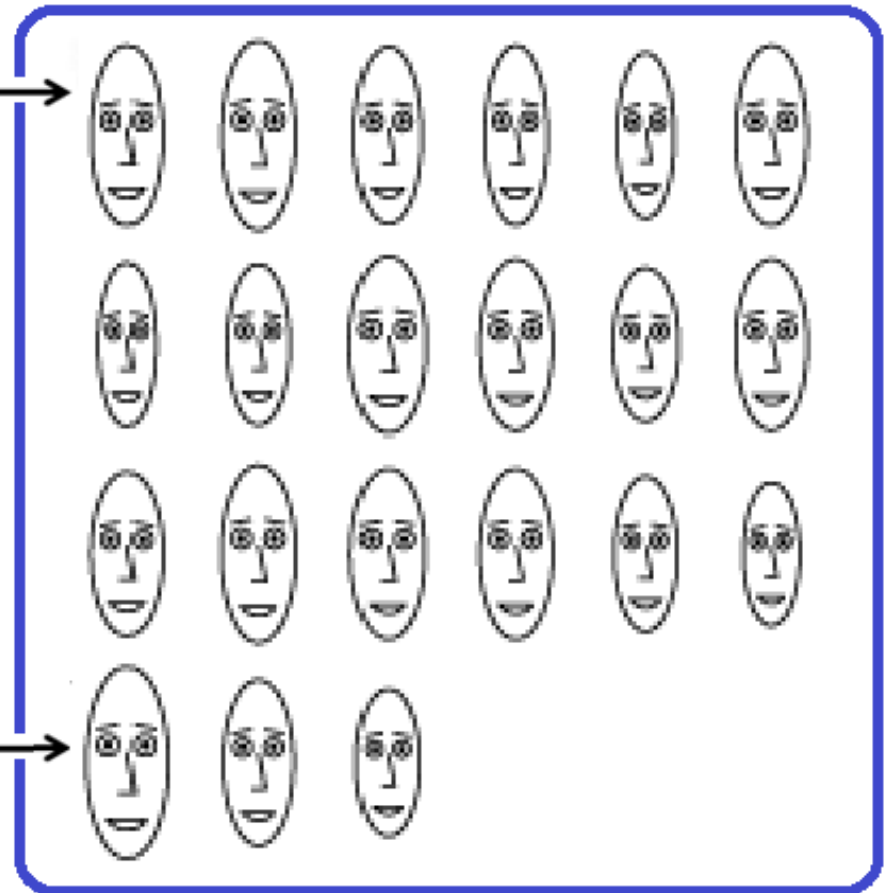




# Визуализация многомерных данных

Лица Чернова

| X1    | X2    | X3    | ... | Xn    |
|-------|-------|-------|-----|-------|
| 40077 | 32504 | 29555 | ... | 49508 |
| 40350 | 33550 | 30422 | ... | 50003 |
| 41305 | 33707 | 30324 | ... | 51047 |
| 36955 | 31901 | 29134 | ... | 46358 |
| 40754 | 33790 | 30765 | ... | 49071 |
| 40785 | 33706 | 30129 | ... | 48097 |
| 41375 | 34154 | 30582 | ... | 48824 |
| 40381 | 33446 | 30603 | ... | 48811 |
| 41836 | 34435 | 30852 | ... | 51418 |
| 42198 | 34813 | 31371 | ... | 50796 |
| 40560 | 34244 | 30957 | ... | 47563 |
| 40824 | 34298 | 31398 | ... | 47347 |
| 40684 | 33386 | 30223 | ... | 49498 |

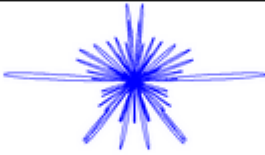
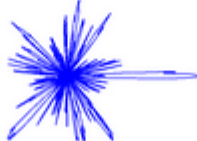
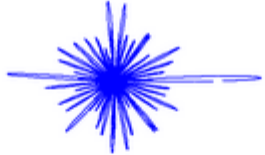

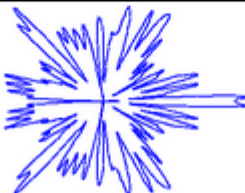


↓  
Ширина лица  
Высота лица

# Визуализация многомерных данных

## Методы полярных разверток

Емельянова Ю.Г., Хачумов М.В. Визуальный когнитивный контроль радиотехнических сигналов систем космического назначения // Научная визуализация, 2020, том 12, No.2, с.53-73.

|   |  |
|---|--|
| $\rho(\varphi) = \sum_{k=1}^n x_k \sin(k\varphi)$ <p style="text-align: right;">[Гришин]</p>        |  A polar plot showing a single horizontal line with a central point, representing a sine wave.                           |
| $\rho(\varphi) = \sum_{k=1}^n x_k (\cos(k\varphi) + \sin^k(k\varphi))$                              |  A polar plot showing a sine wave with a small lobe on the right side, representing a sine wave with higher-order terms. |
| $\rho(\varphi) = \sum_{k=1}^n x_k (1 + k(\cos(k\varphi) + \sin(k\varphi)))$                         |  A polar plot showing a sine wave with a small lobe on the right side, representing a sine wave with a linear term.      |
| $\rho(\varphi) = \sum_{k=1}^n x_k (e(\sin(k\varphi)) - 2 \cos(4\varphi))$                           |  A polar plot showing a four-lobed shape, representing a sine wave with a cosine term.                                  |
| $\rho(\varphi) = \sum_{k=1}^n x_k (1 + 7 \cos(k\varphi) + 4 \sin^2(k\varphi) + 3 \sin^4(k\varphi))$ |  A polar plot showing a complex, multi-lobed shape, representing a sine wave with multiple terms.                      |

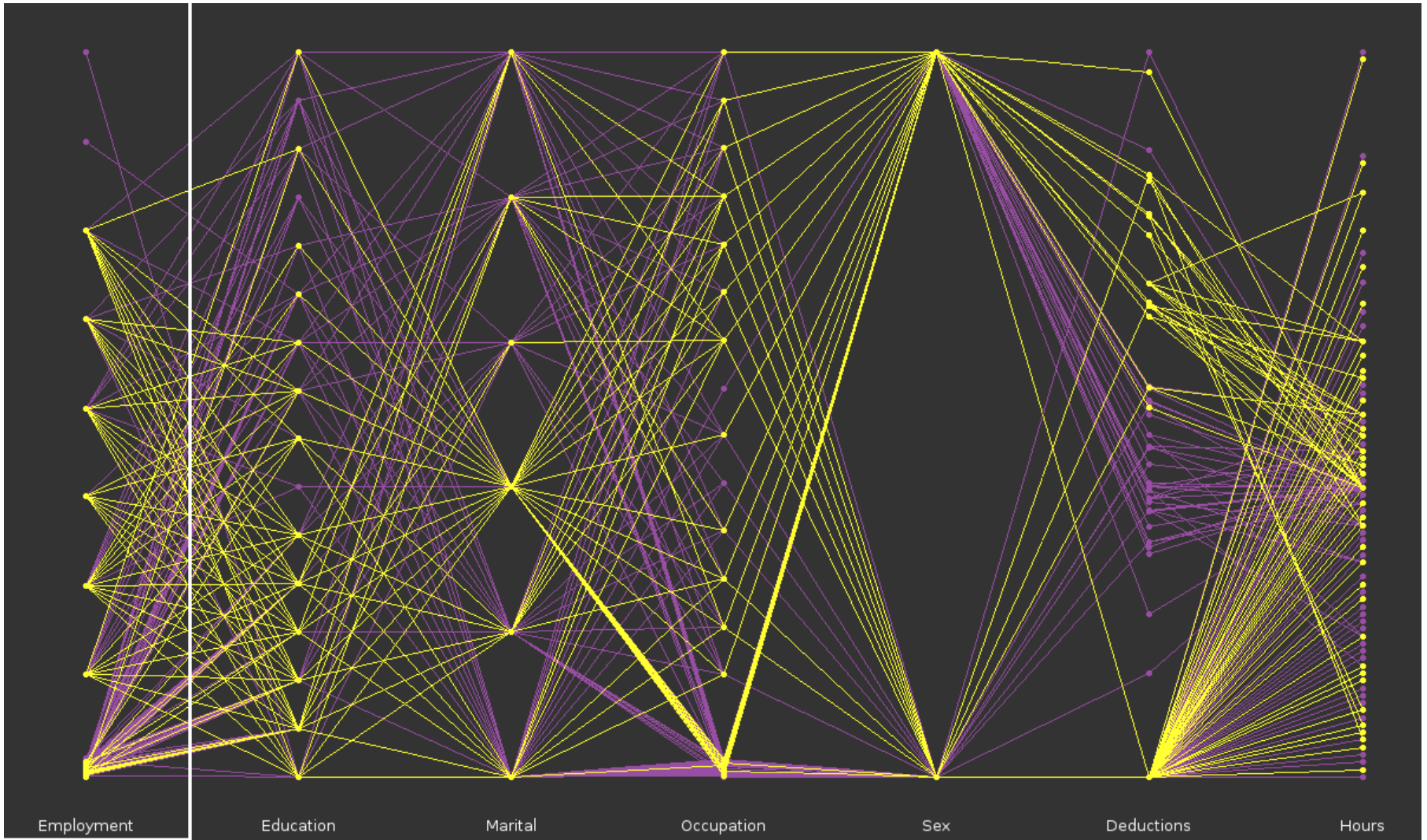
$(x_1, \dots, x_n)$  – вектор.

Образ:  $(\varphi, \rho(\varphi))$ ,

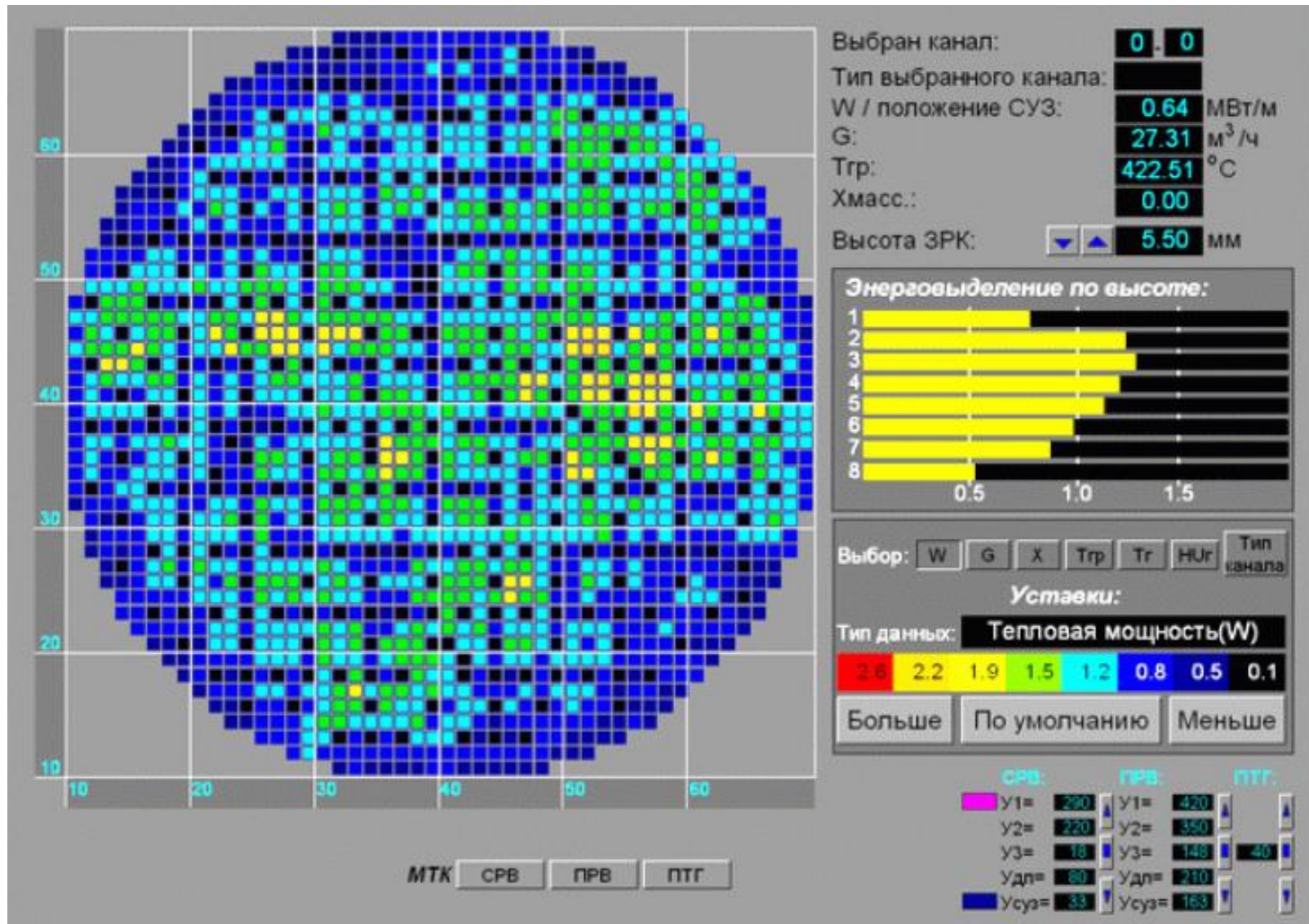
где  $0 \leq \varphi < 360$ .

# Визуализация многомерных данных

параллельные координаты



# Глобус Башлыкова



*Состояние энергоблока*



# Глобус Башлыкова

**О**фсет

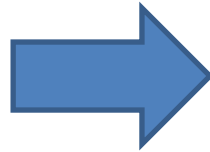
**П**ериод реактора

**К**онтроль неравномерностей нейтронного поля

**К**онтроль мощности; термоконтроль

**К**онтроль системы измерения

**К**онтроль активной зоны



**П**араллели

**М**еридианы,

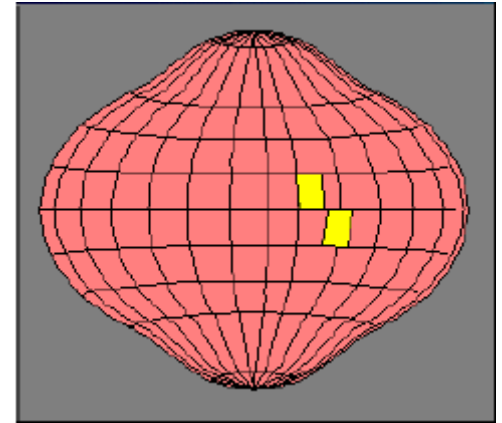
**Ф**орма шара

**Ц**вет

**С**корость вращения вокруг оси

**О**си

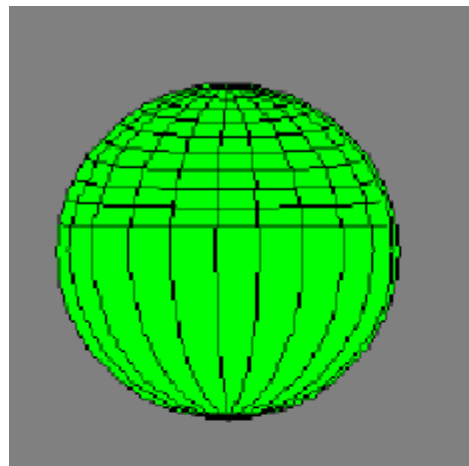
**П**ятна на глобусе



**Правило 1:** Знак и значение офсета управляет изменением положения параллелей:  $> 0$  - параллели группируются выше линии экватора;  
 $= 0$  - параллели равномерно распределены по глобусу;  
 $< 0$  - параллели группируются ниже линии экватора.

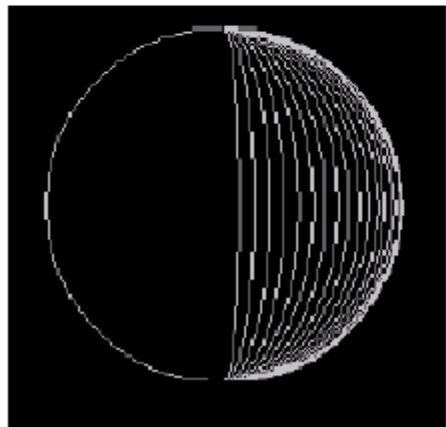
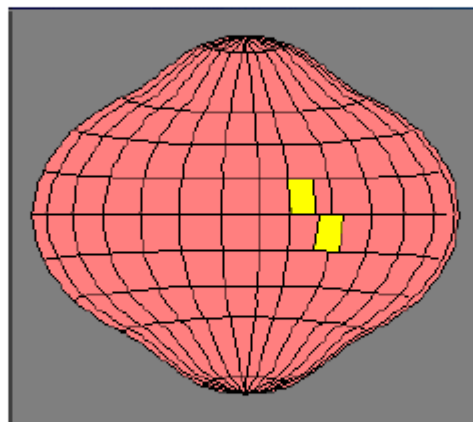
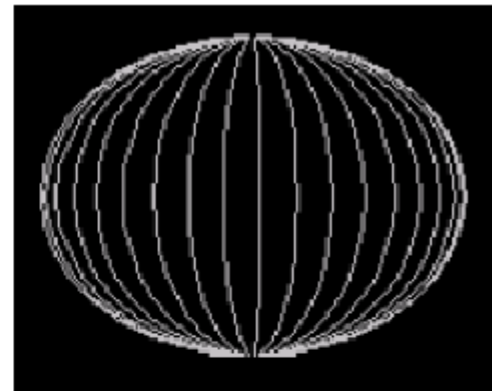


# Глобус Башлыкова



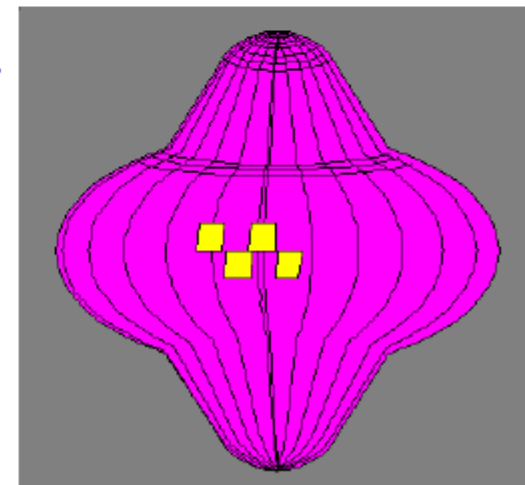
Изменение  
офсета характеристика  
равномерности  
энерговыведения

Нарушения  
режимов  
поддержания  
мощности



Неравномерность  
нейтринного  
поля

Нарушения  
термоконтроля



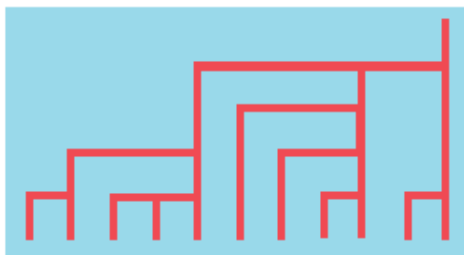
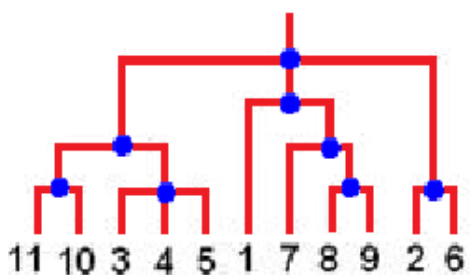
# Задача визуализации иерархических структур

Дерево

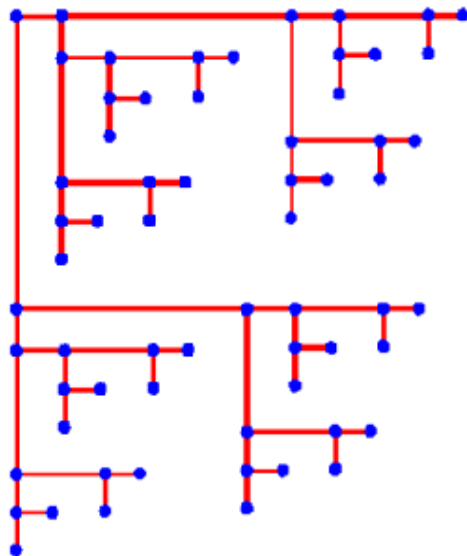
Алгоритмы: TreeMap, Cone Map, Hyperbolic Map и др.

Образ

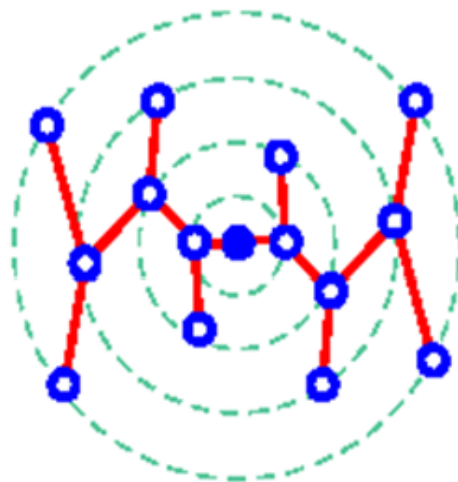
дендрограмма



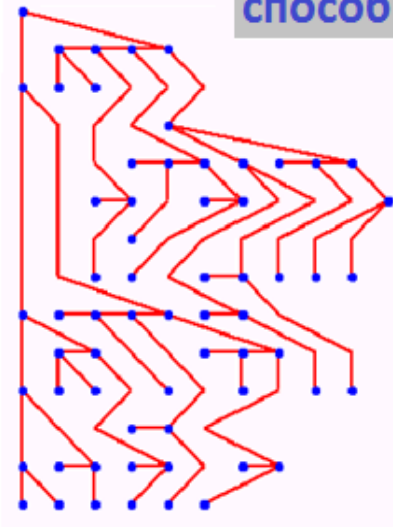
hv-дерево



радиальный способ



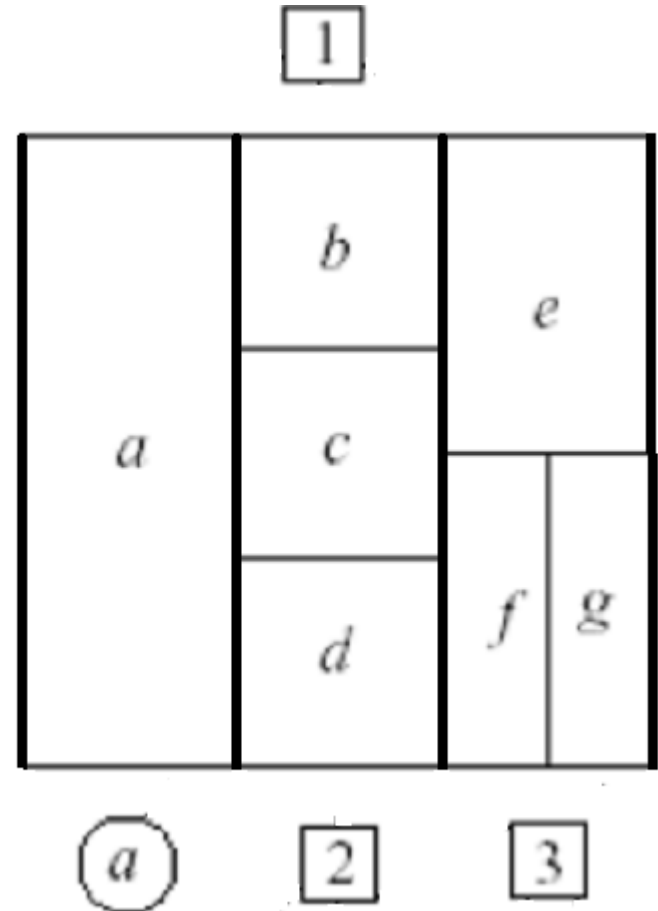
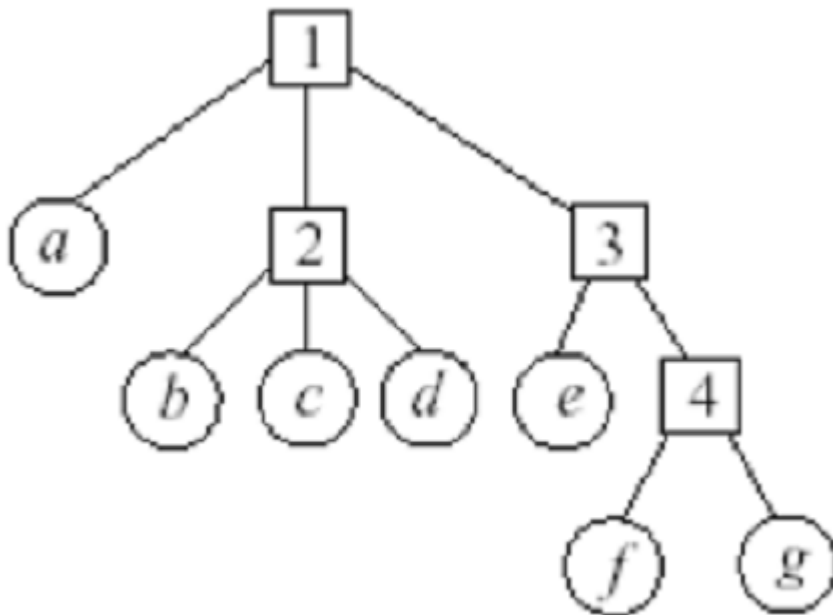
полилинейный способ



# Визуализация деревьев

Карта дерева [Шнейдерман; 1990]

>> TreeMap >>



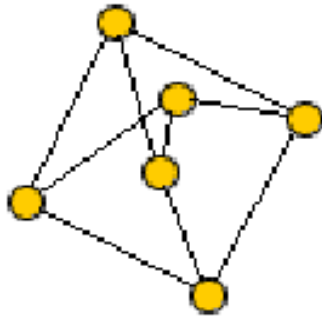
# Задача визуализации графов

Граф

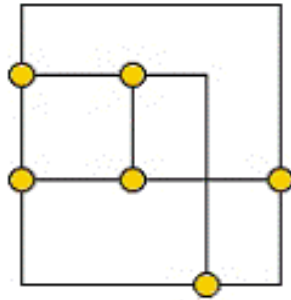
Изобразительное соглашение + Метод

Раскладка графа на плоскости

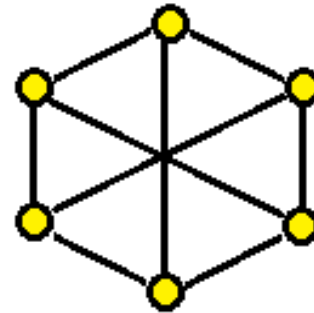
*прямолинейное*



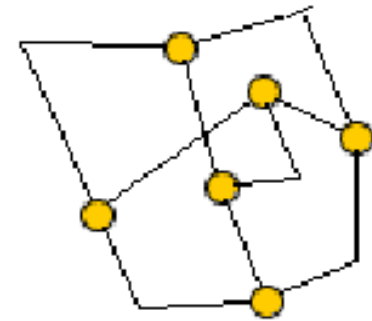
*ортогональное*



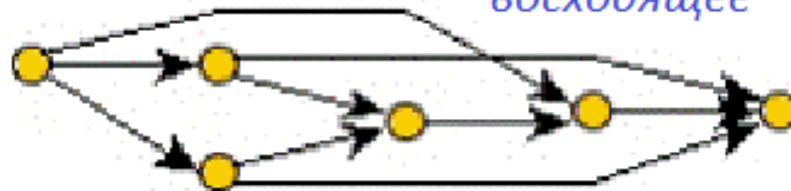
*круговое*



*полилинейное*



*восходящее*



# **Визуализация графов** по В.Н.Касьянову

## **Методы визуализации:**

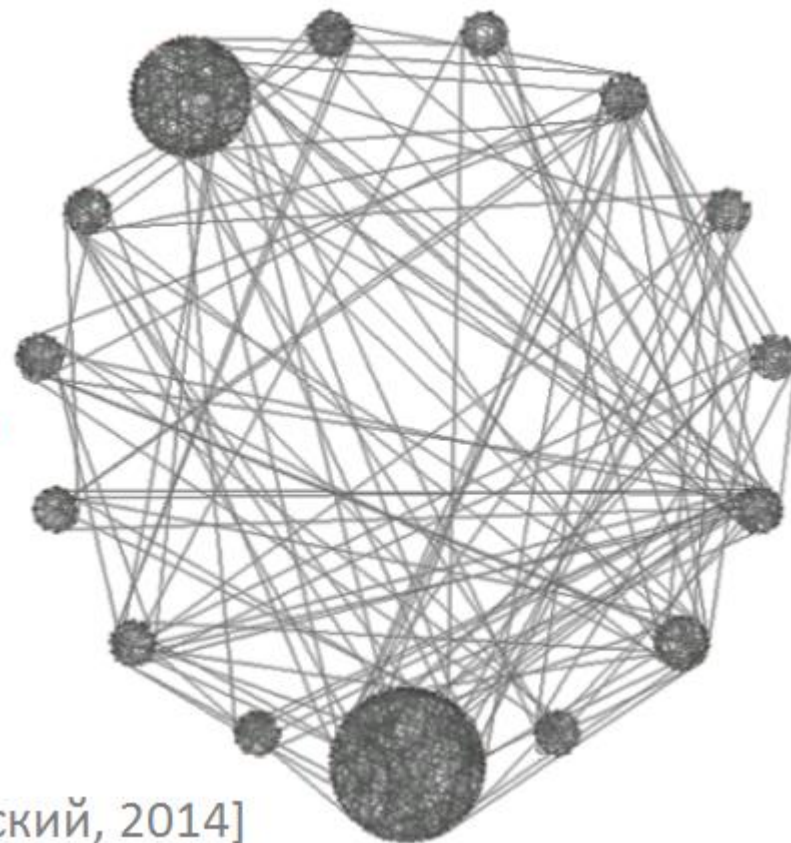
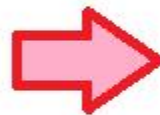
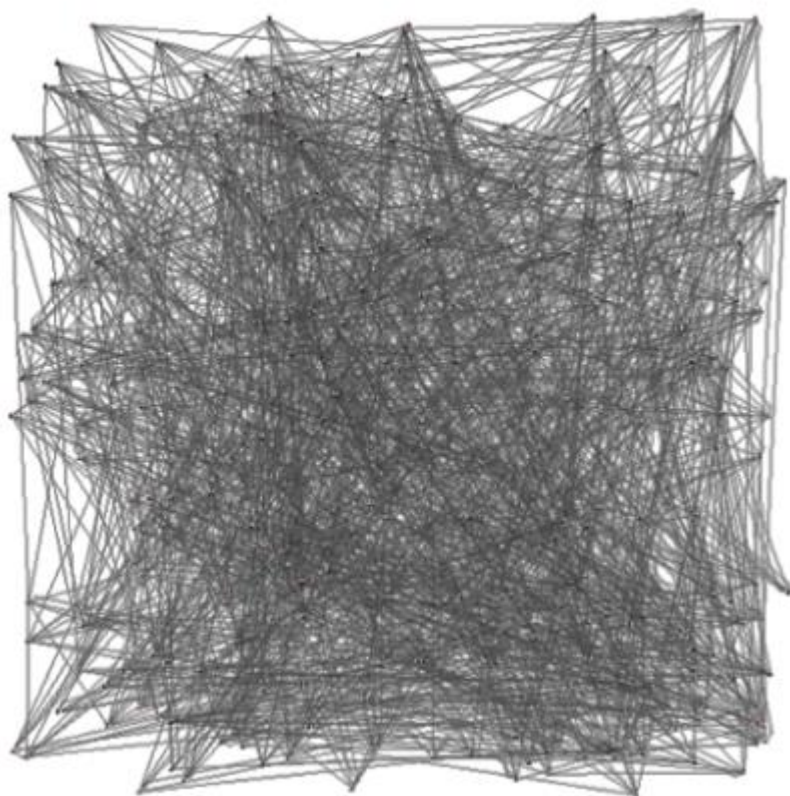
- планаризация;
- метод физической аналогии;
- поуровневые методы;
- потоковые методы;
- визуализация больших графов; →
- интерактивная визуализация

## **Изобразительные соглашения:**

- полилинейное (ребра -- ломаные);
- ортогональное;
- сетчатое
- восходящее/нисходящее.



# Визуализация больших графов



[Чеповский, 2014]

# Когнитивная графика

Данные;  
параметры

Методы компьютерной графики

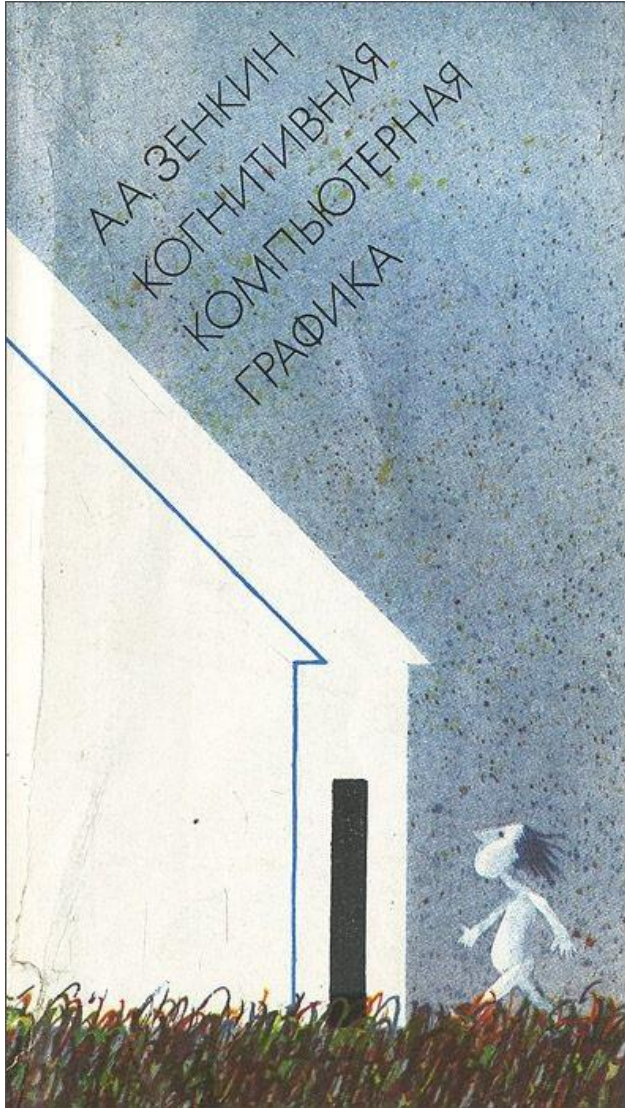
Образ

<sup>к</sup>  
Гипотеза:

Данные

Вывод

# Когнитивная графика-2



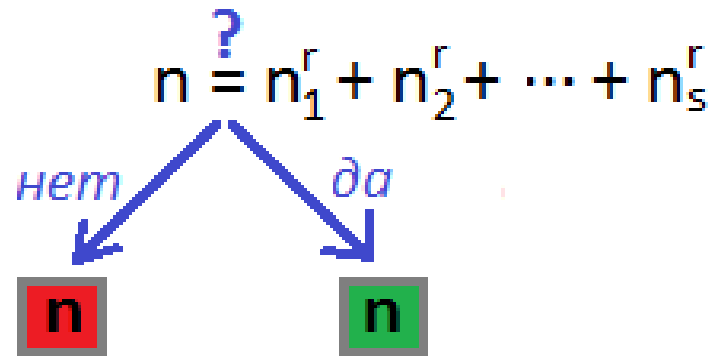
Александр Александрович Зенкин  
1937 – 2006; ВЦ РАН

Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика. – М.: Наука, 1991.

- Теория чисел
  - • Классическая проблема Варинга
- ➔ Интерактивная компьютерная графика (ИКТ)

# ИКТ: Классическая проблема Варинга

Натуральные  
 $s$  и  $r$



Утверждение (Гильберт, Виноградов, ...)

$$N(r,s) \stackrel{\text{def}}{=} \{ n : \text{red } n \}$$

# ИКТ: Пифограммы (Пифагор)

Параметр  $L$  ( $L=5$ )

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | ... |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-----|

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
| 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |



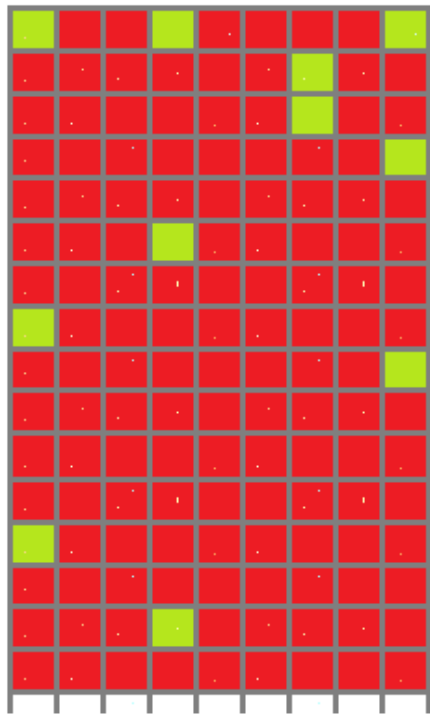
Пифограмма



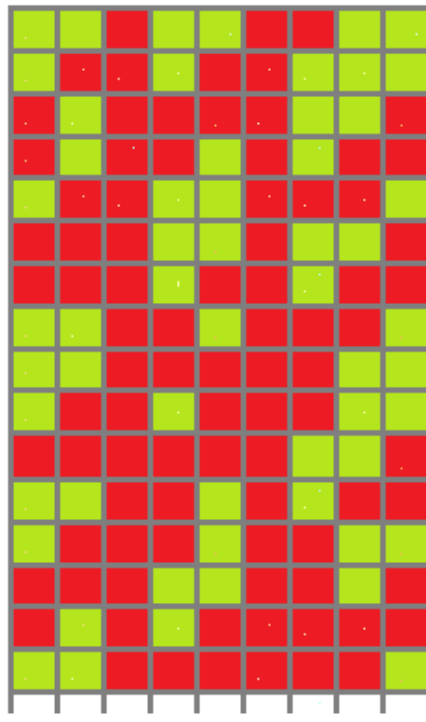
# ИКТ: $r = 2, L = 9$

$r = 2$

$s = 1$

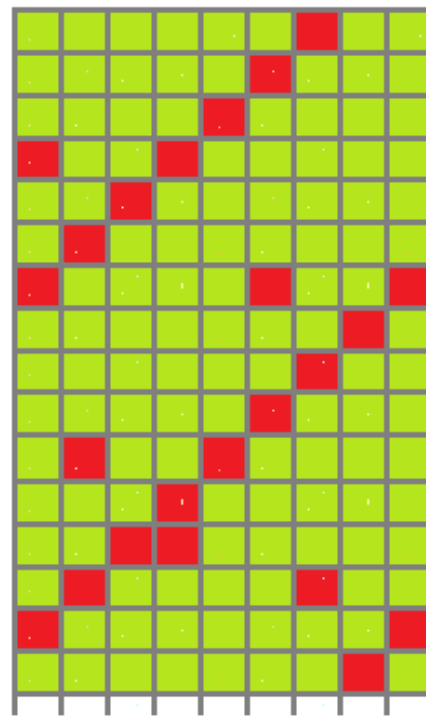


$s = 2$



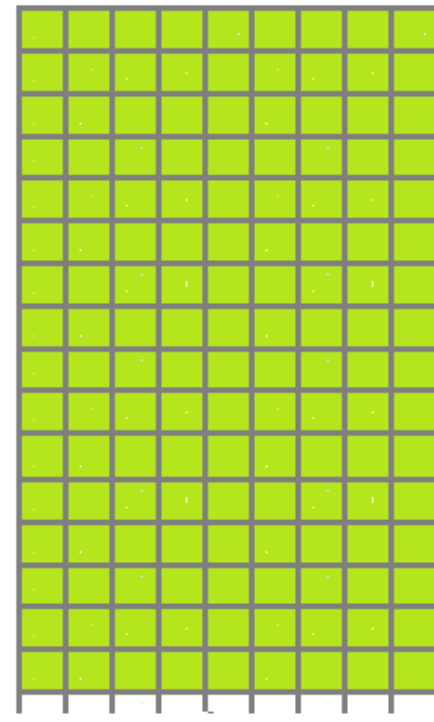
Если  $n \bmod 9 \in \{3, 6\}$ ,  
то  $n \in N(2,2)$  [Зенкин].

$s = 3$



Каждое натуральное число можно  
представить в виде суммы четырех  
квадратов неотрицательных целых  
чисел [Лагранж, 1770].

$s = 4$



# ***Задача научной визуализации***

Численные результаты  
научных исследований

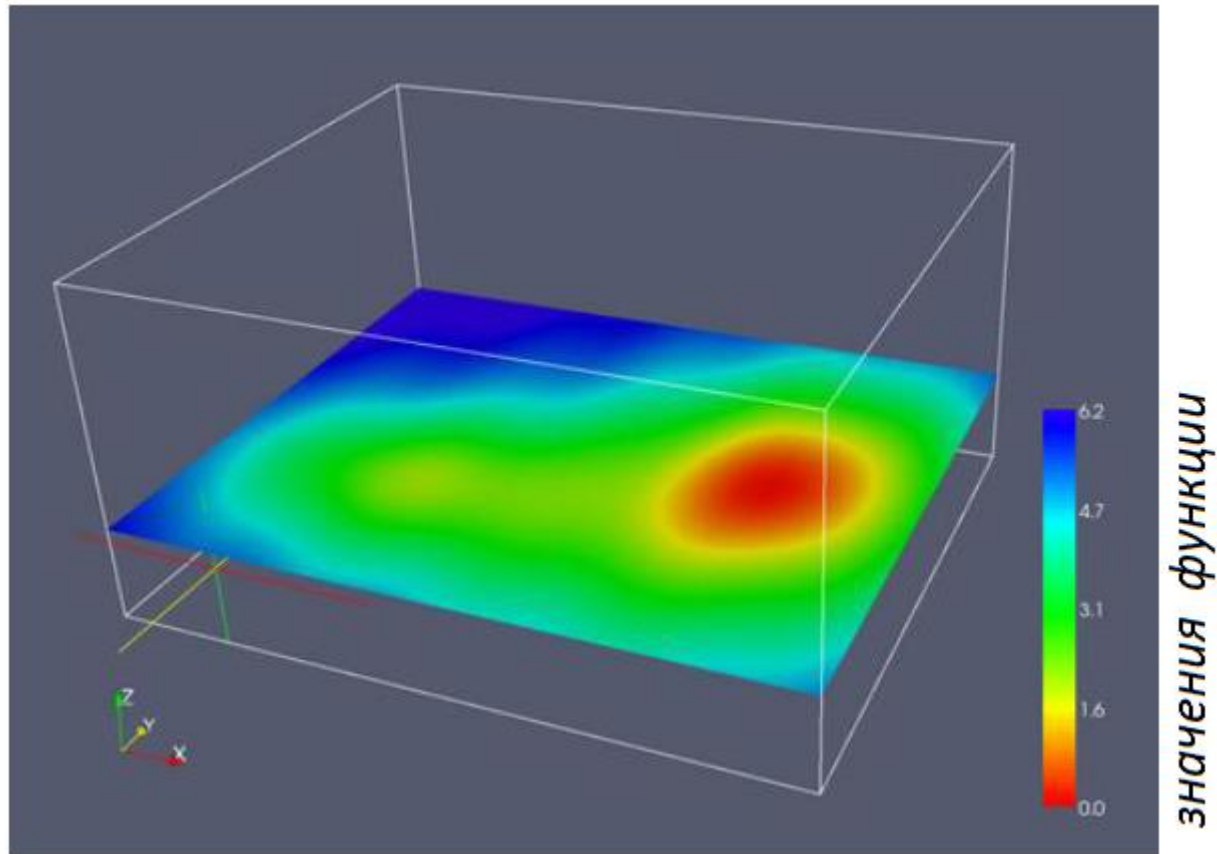
Методы компьютерной графики

Образ

к

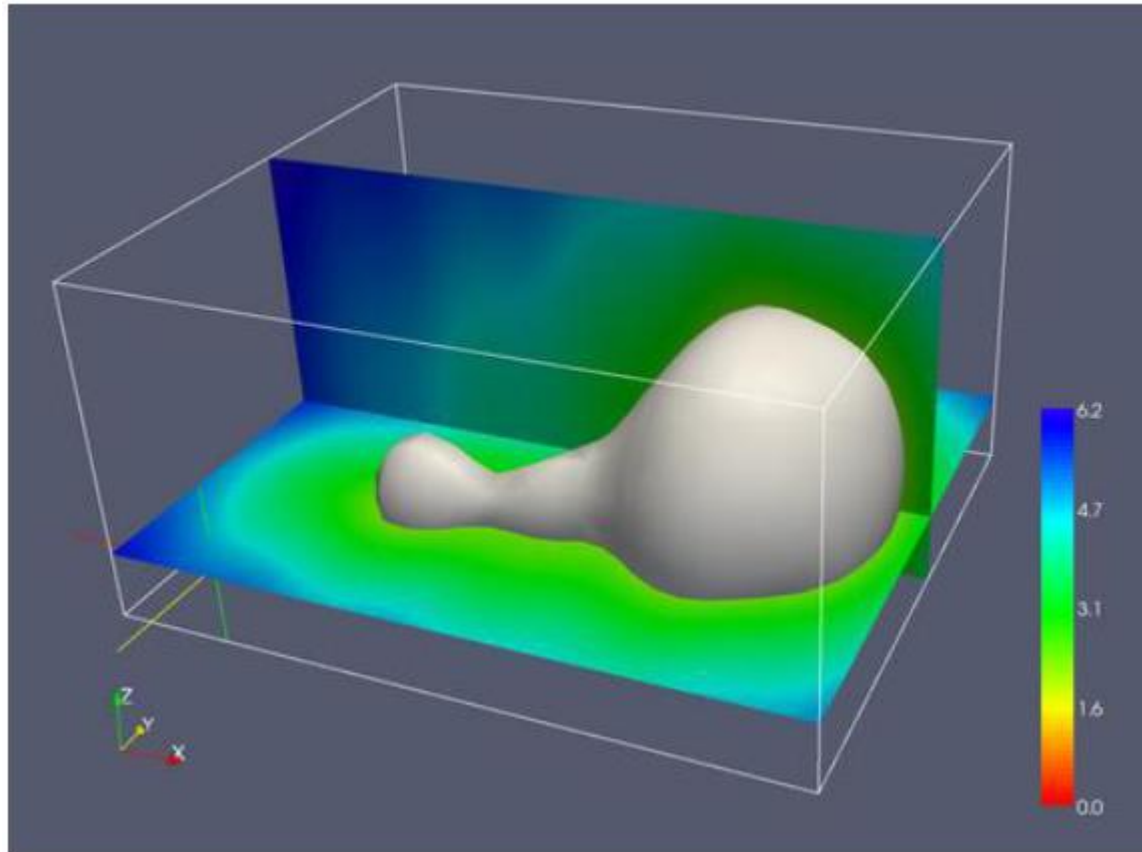
# Метод научной визуализации

срез  $f(x,y,z)$  [Корж О.В.]



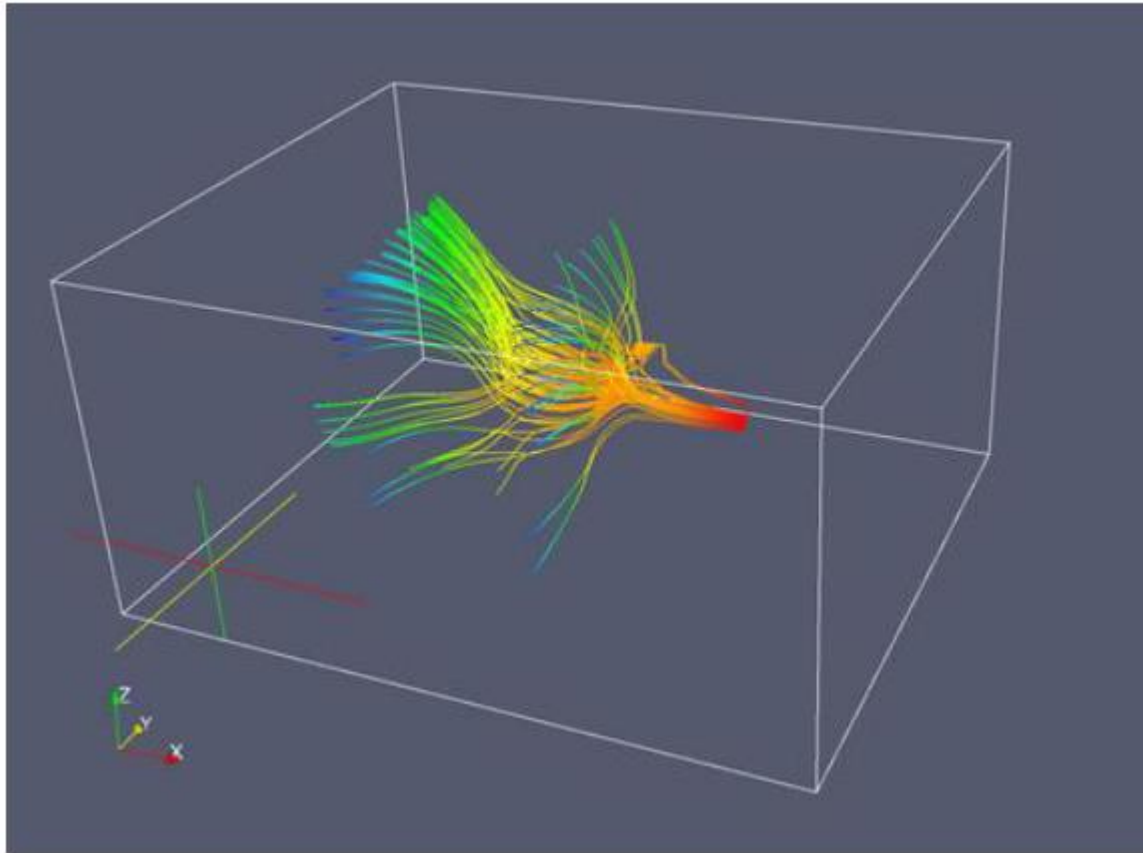
# Метод научной визуализации

два среза и изоповерхность  $f(x,y,z)$  [Корж О.В.]



# *Метод научной визуализации*

линии тока [Корж О.В.]

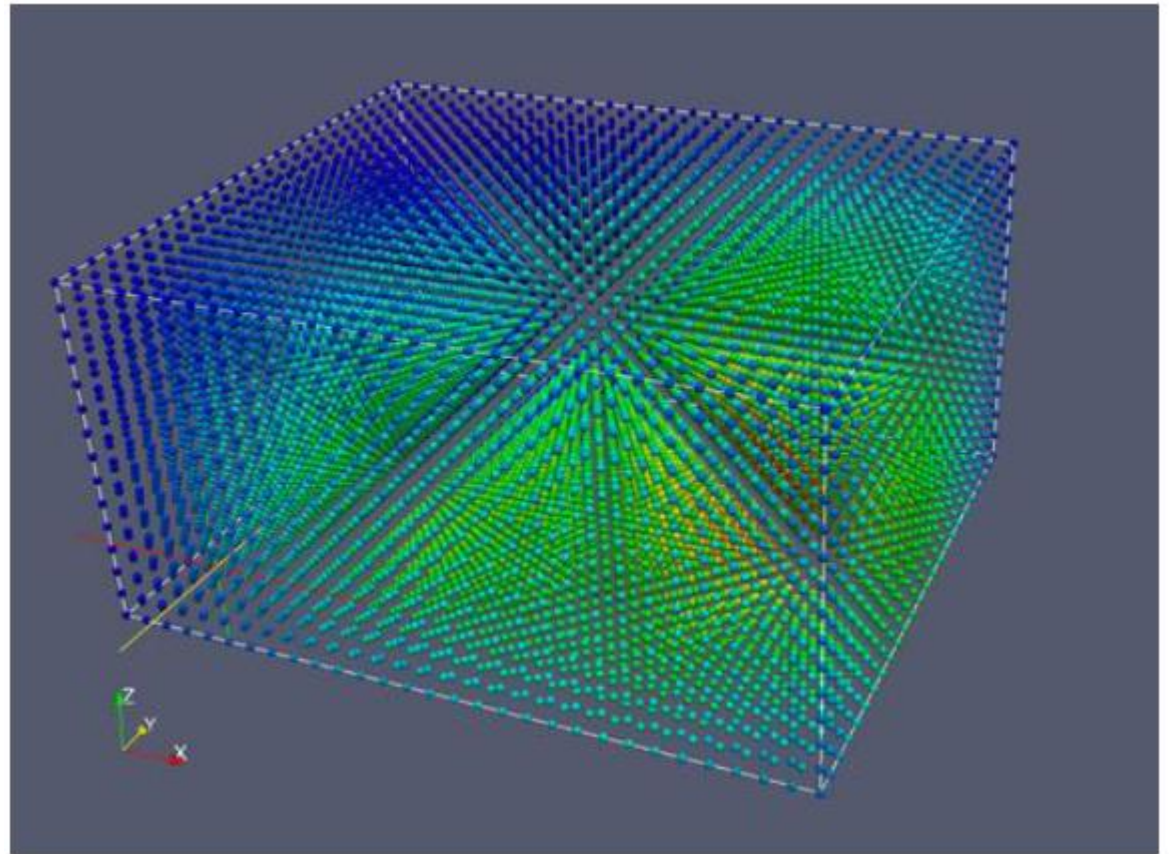




# *Метод научной визуализации*

*глифы [Корж О.В.]*

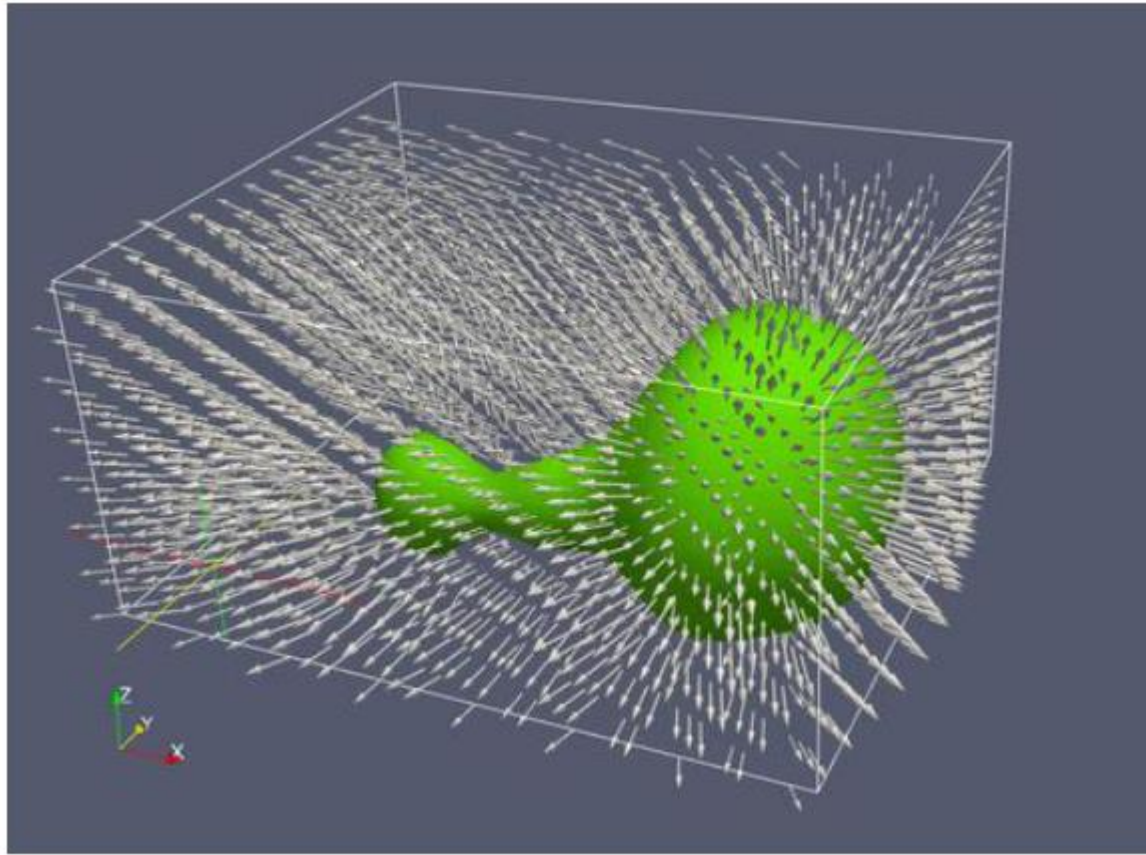
*Глиф – в научной визуализации – миниобраз,  
представляющий  
некоторые величины  
в точке размещения.*



*Глиф – цветная сфера*

# *Метод научной визуализации*

комбинация = изоповерхность + глиф-вектор



# Метод научной визуализации

Куликова Н.В., Тищенко В.И. О применении научной визуализации в исследованиях движения небесных тел на больших интервалах // Научная визуализация, 2018, том 10, No.5, с.102-122.



Выводы:

- (1) для наблюдений на Земле повтор ситуации 2005 - 2009 гг. может случиться в 2130 - 2134 гг.;
- (2) в 2138 году через перигелий пройдет более плотный метеороидный комплекс за счёт фрагментов, выброшенных в 1991 году в точке кометной орбиты с истинной аномалией  $150-160^\circ$  со скоростью 500 м/с;
- (3) результаты явления 1991 года могут также сказаться на активности потока Орионид в 2143 - 2148, 2153, 2162 и 2192 годах.

Пространственное расположение метеороидного комплекса кометы 1P/Галлея

# Метод научной визуализации

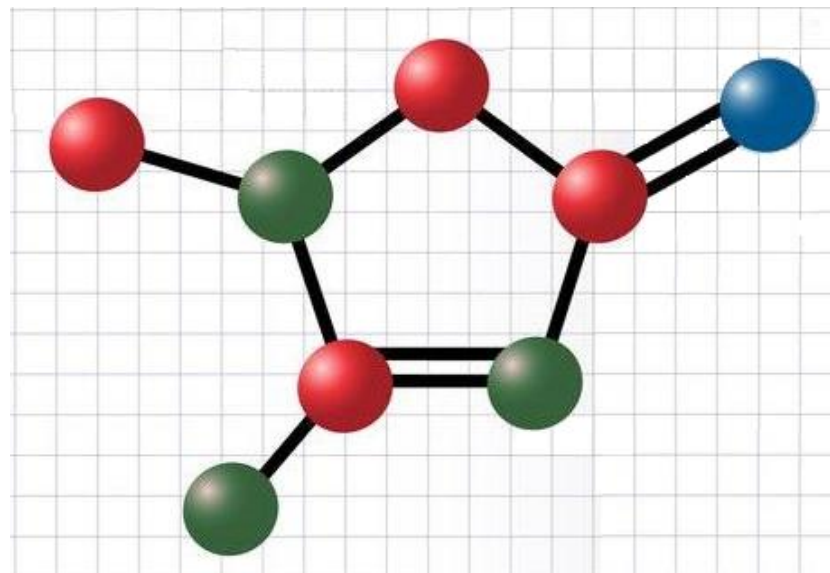
## Строение молекул

Виды визуализация: 2D | 2,5D | 3D

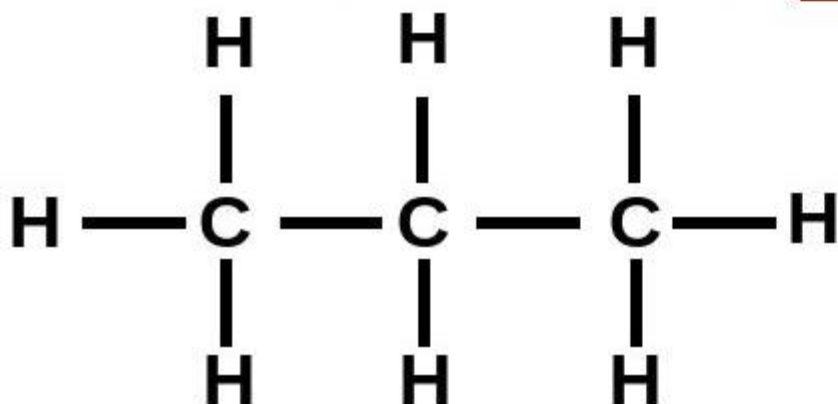
### АТОМЫ И СВЯЗИ

Цветовые обозначения в модели  
Кори–Полинга–Колтуна (1952, 1962)  
*для описания объемной модели белков*

|     |                     |         |
|-----|---------------------|---------|
| □   | водород (H)         | белый   |
| ■   | углерод (C)         | чёрный  |
| ■   | азот (N)            | синий   |
| ■   | кислород (O)        | красный |
| ■   | фтор (F), хлор (Cl) | зелёный |
| ... |                     |         |



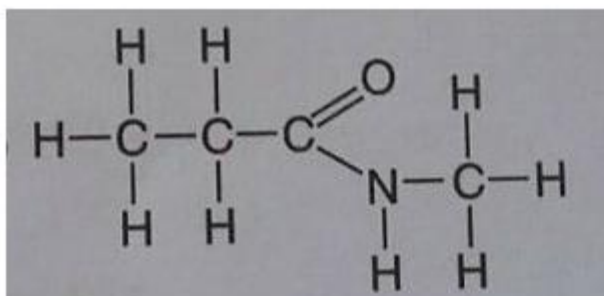
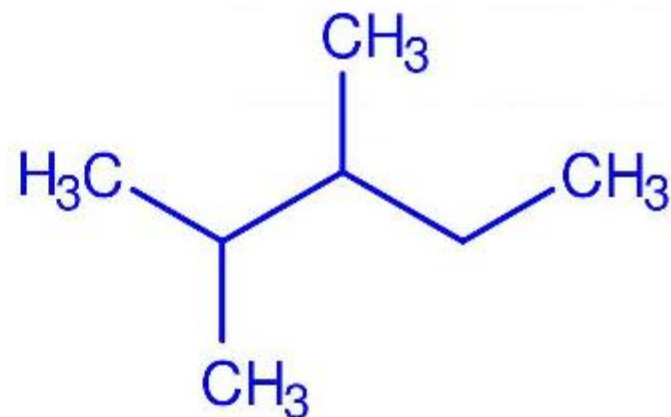
# Строение молекул (2D; 1861)



Полная структурная формула

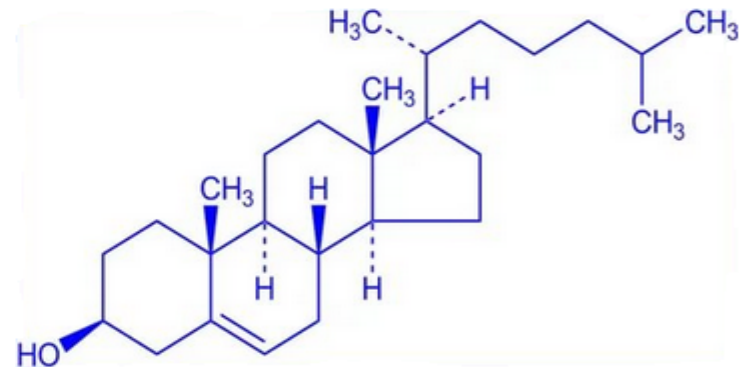
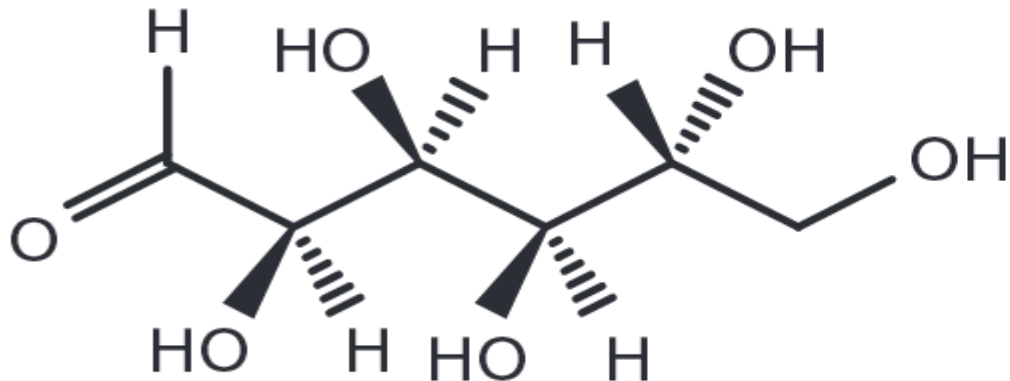
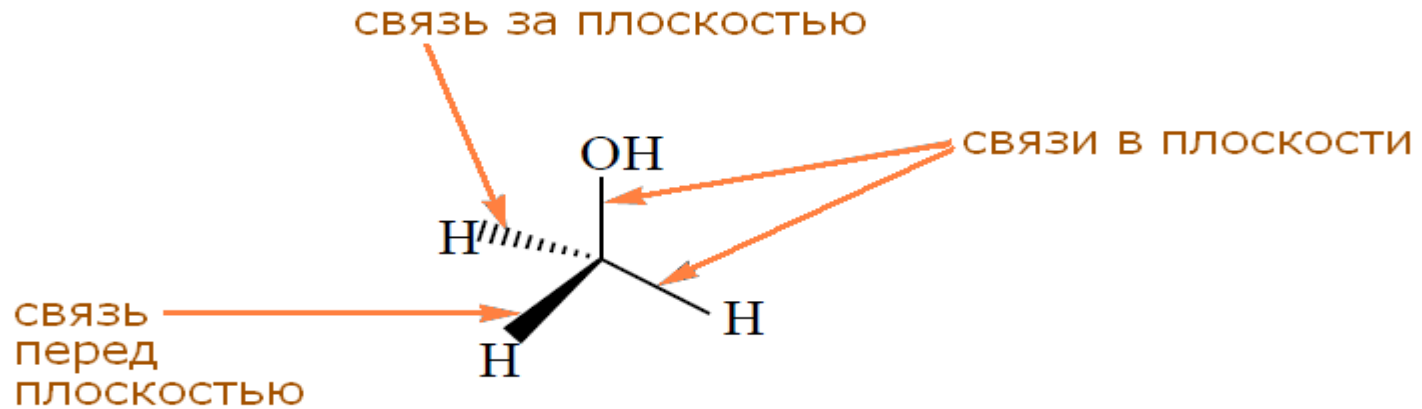


Сокращенная  
структурная формула



# Строение молекул (2,5D)

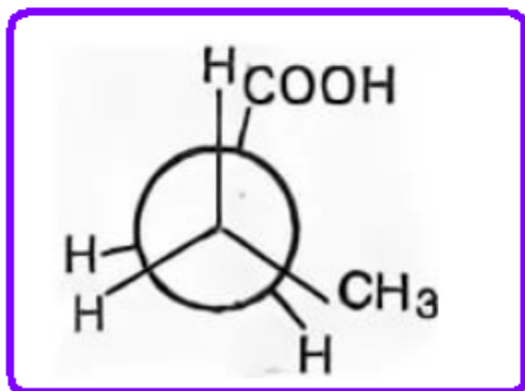
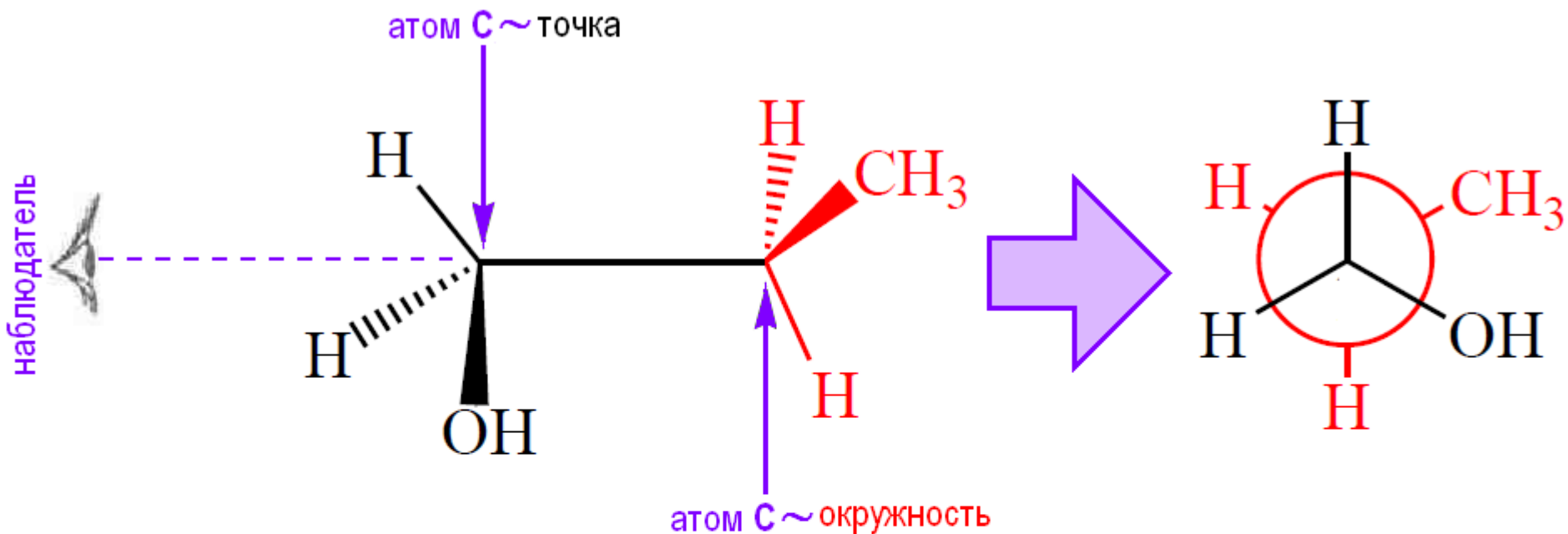
## Клиновидные проекции формул (Фишер, 1891)



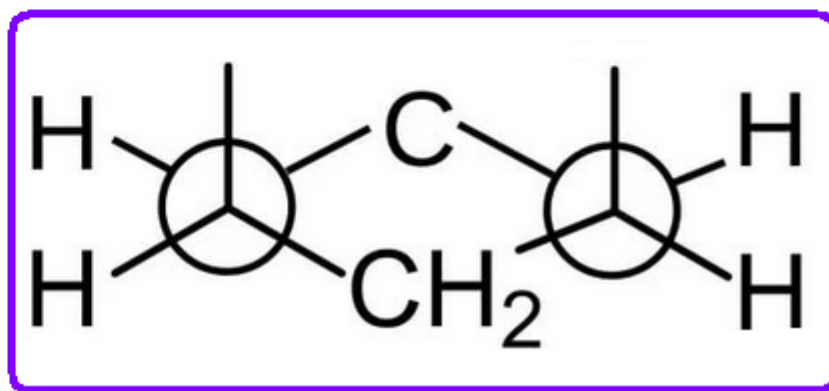


# Строение молекул (2D)

## Проекционные формулы Ньюмена (1954)



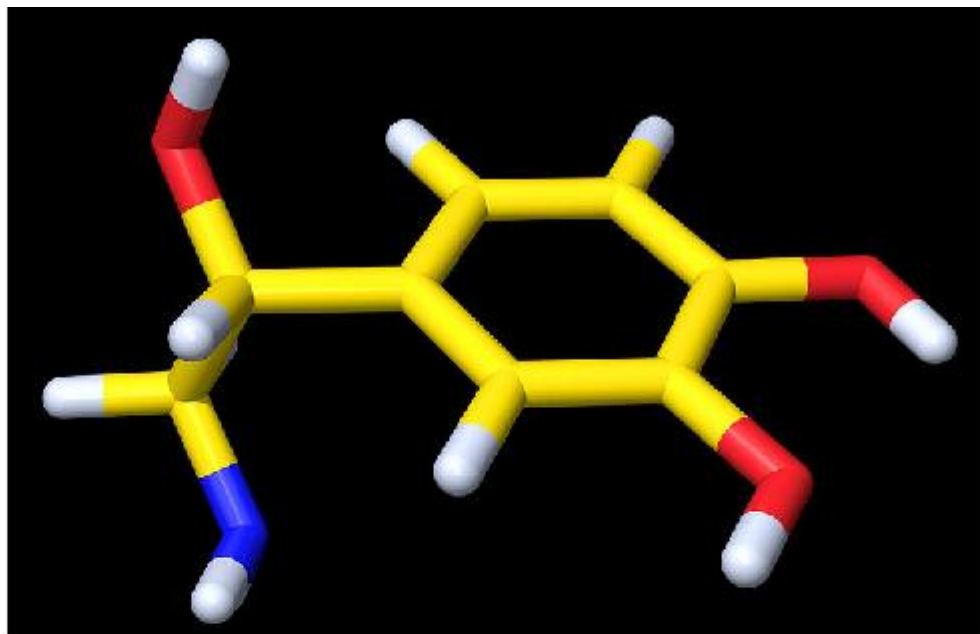
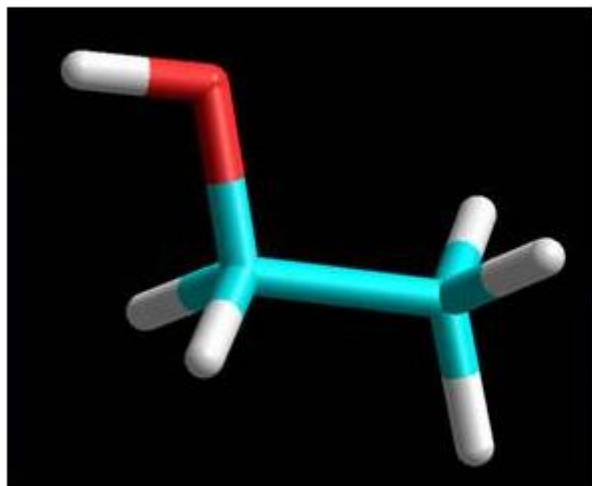
(+) отражают двугранные углы



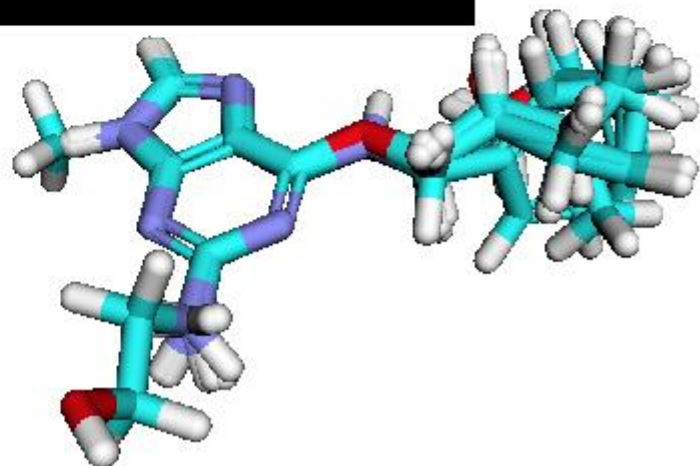
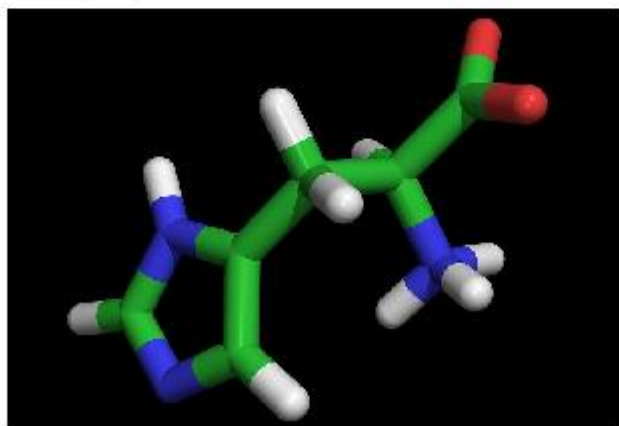
# Пространственное строение молекул (3D)

*Стержневые (скелетные) модели (Дрейдинг, 1959)*

Связь = стержень  
Атом = конец стержня

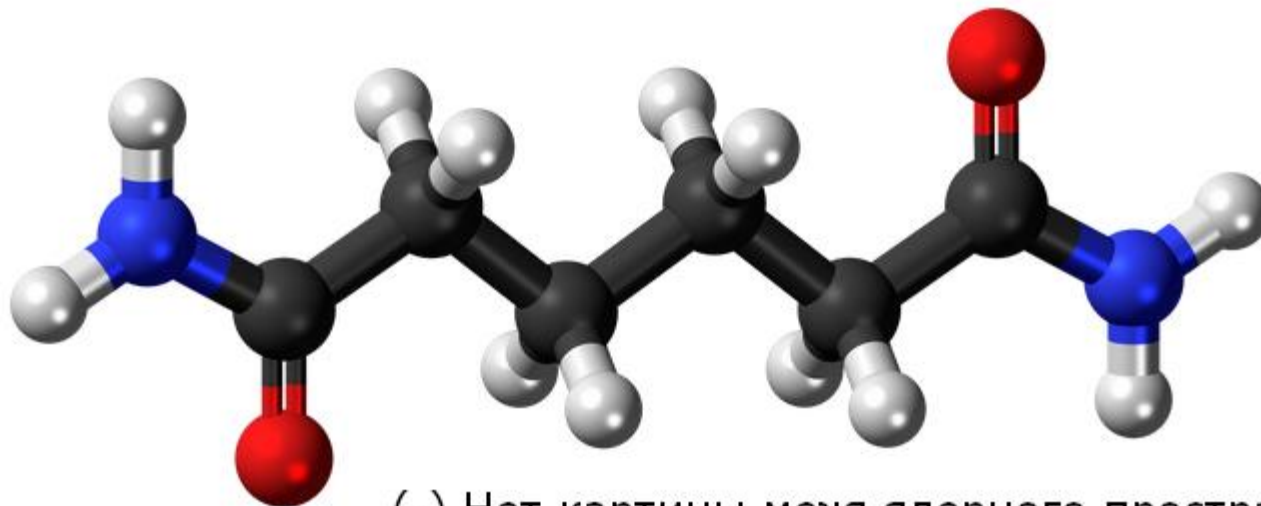
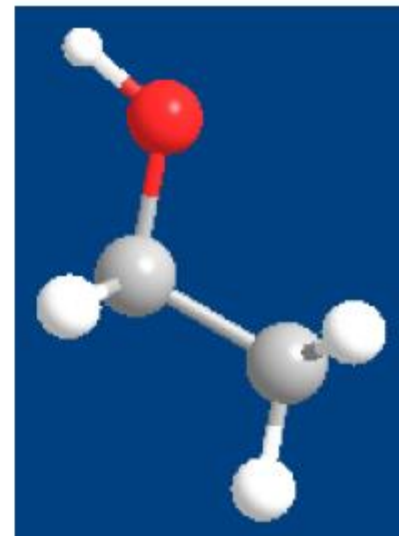
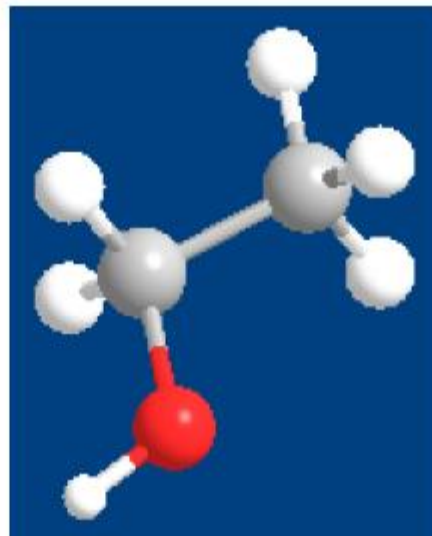
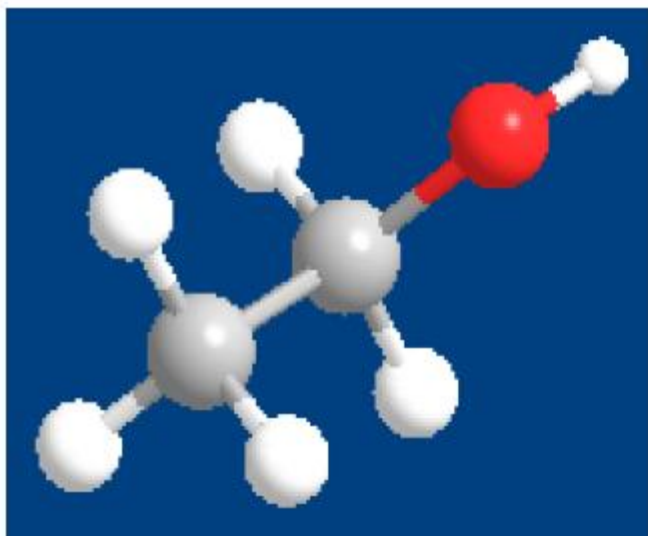


(+) расстояния между атомами;  
(+) валентные углы



# Пространственное строение молекул (3D)

## Шаростержневые модели



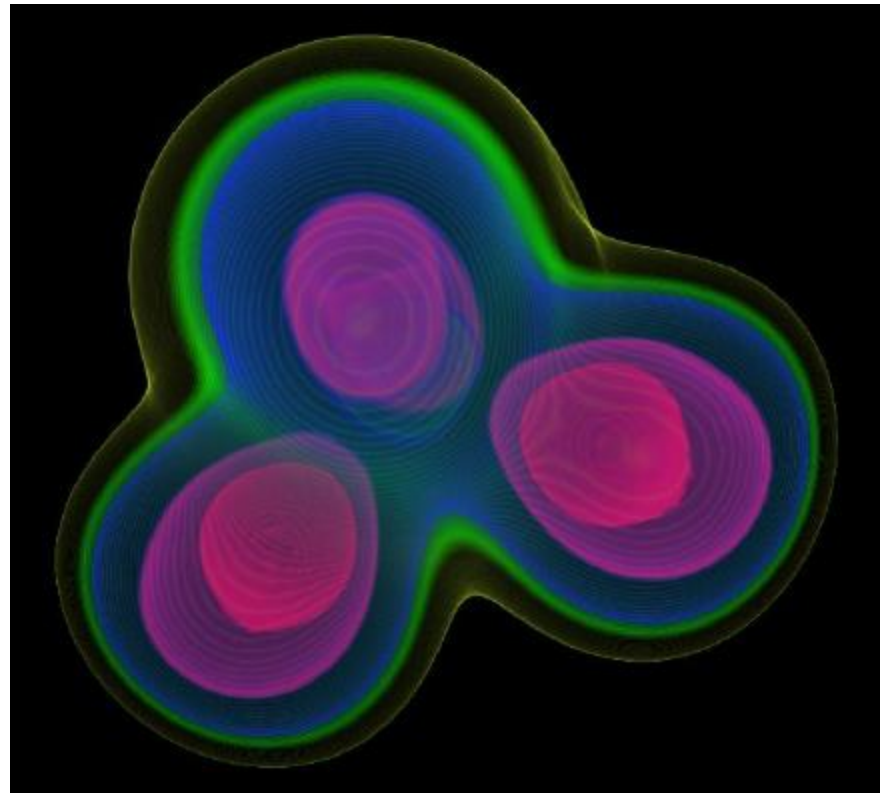
(-) Нет картины межъядерного пространства

# Пространственное строение молекул (3D)

*Полусферические модели Стюарта-Бригле*

*--- Пролог ---*

*Визуализация  
электронной  
плотности*



[Козловская ; [kftt.phis.msu.ru](http://kftt.phis.msu.ru)]

# Пространственное строение молекул (3D)

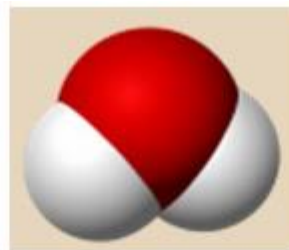
## Полусферические модели Стюарта-Бригге

Атом = шар со срезанными сегментами;



размеры  $\sim$  свойства атома

Атомы соединяются срезами

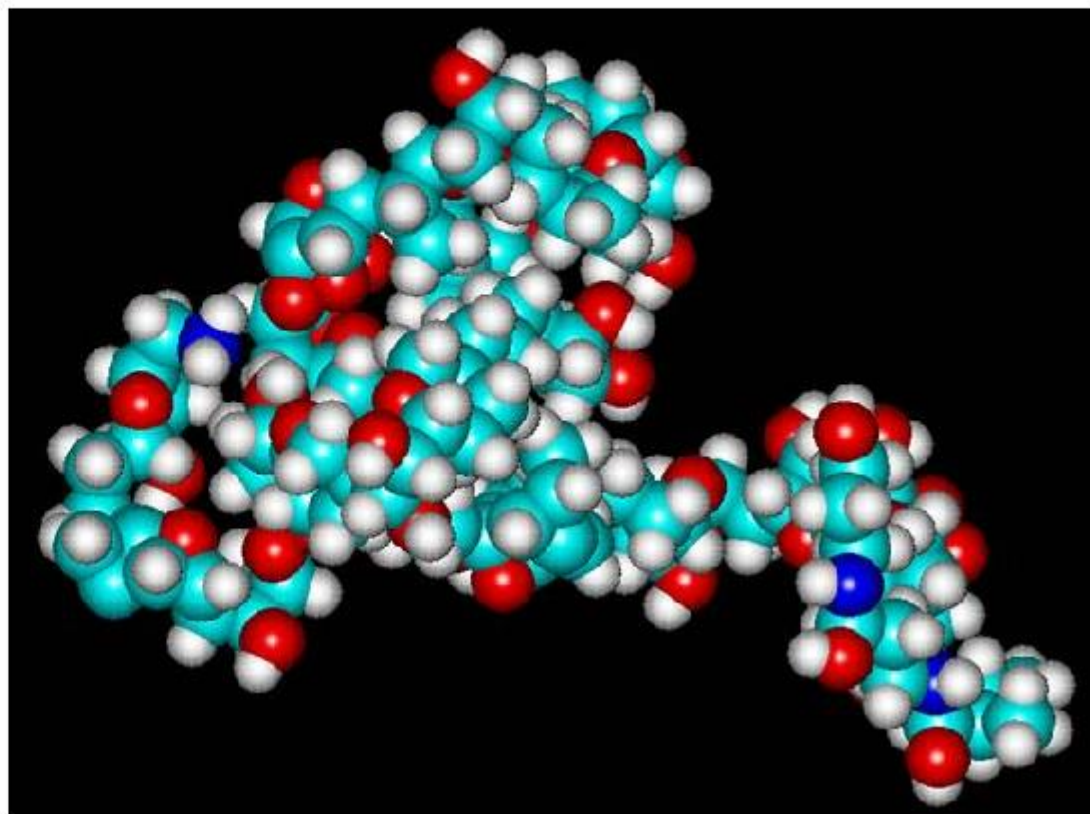
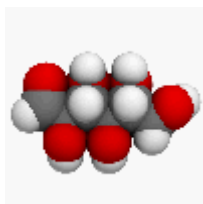
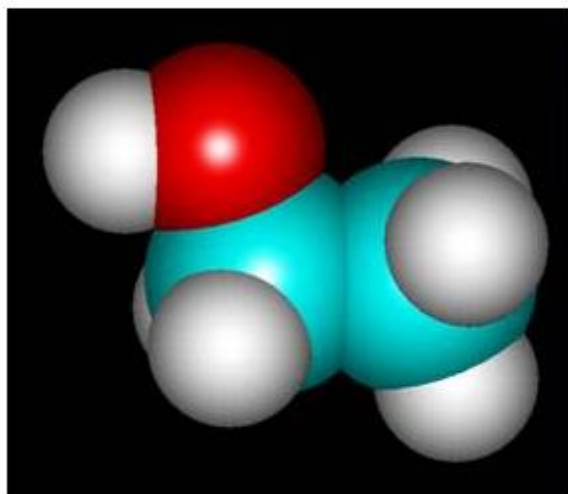


(+) длины связей;

(+) валентные углы;

(+) заполнение межъядерного пр-ва;

(-) обозримость

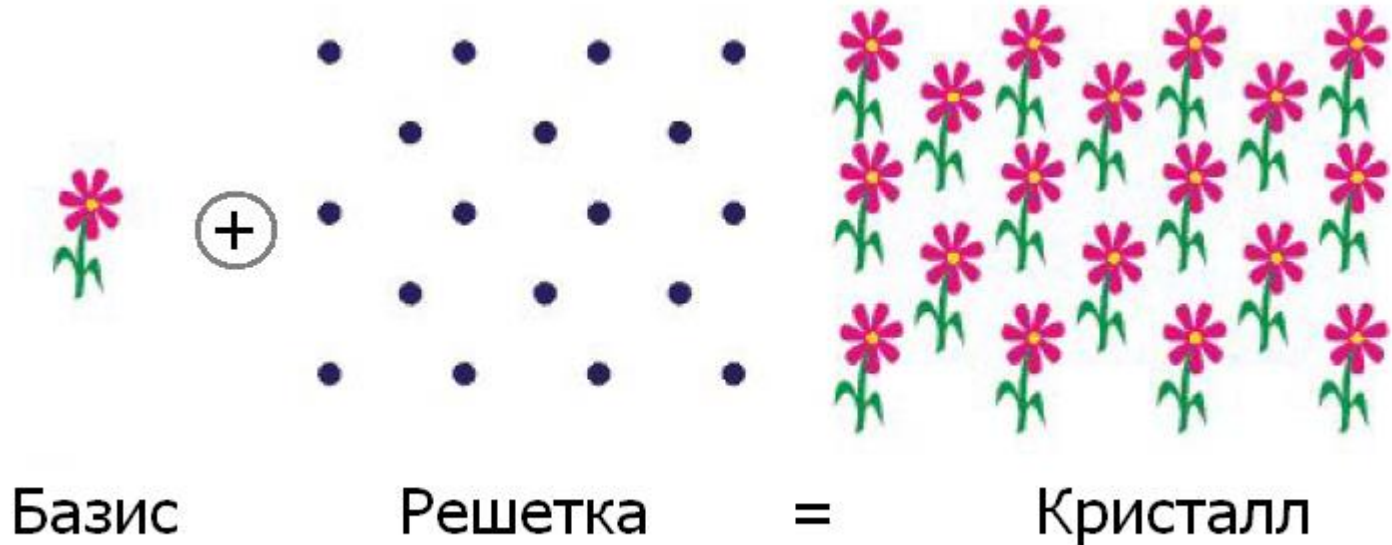




# Пространственное строение молекул (3D)

## Кристаллические структуры

--- Пролог ---



[Козловская; kftt.phis.msu.ru]

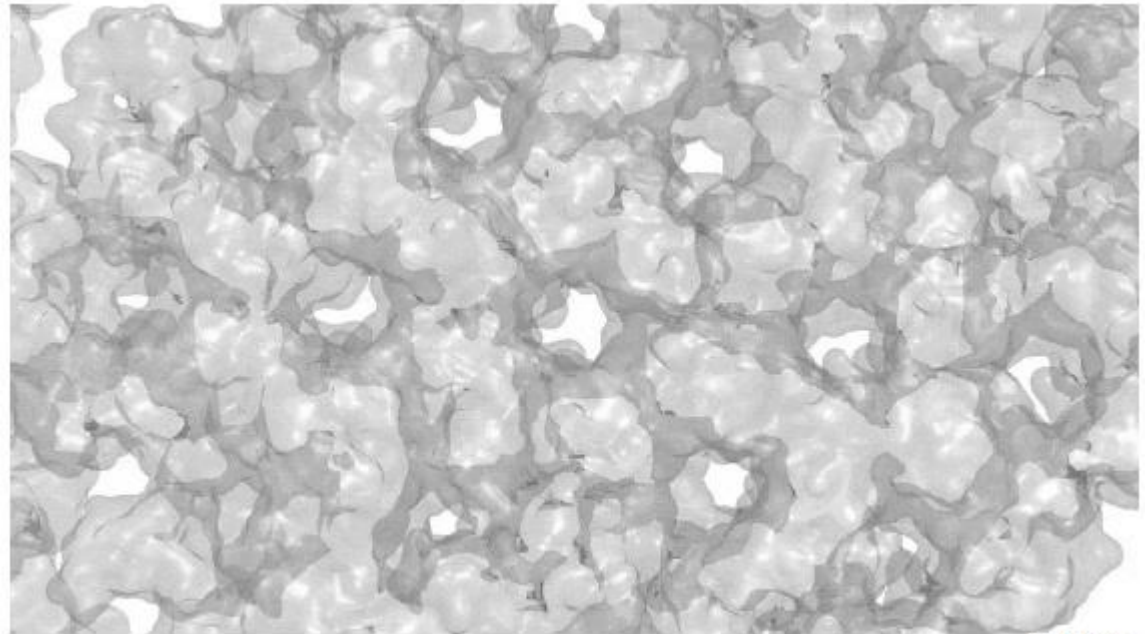


# Пространственное строение молекул (3D)

## Кристаллические структуры

### --- Пролог-2 ---

*Карта  
электронных  
плотностей*

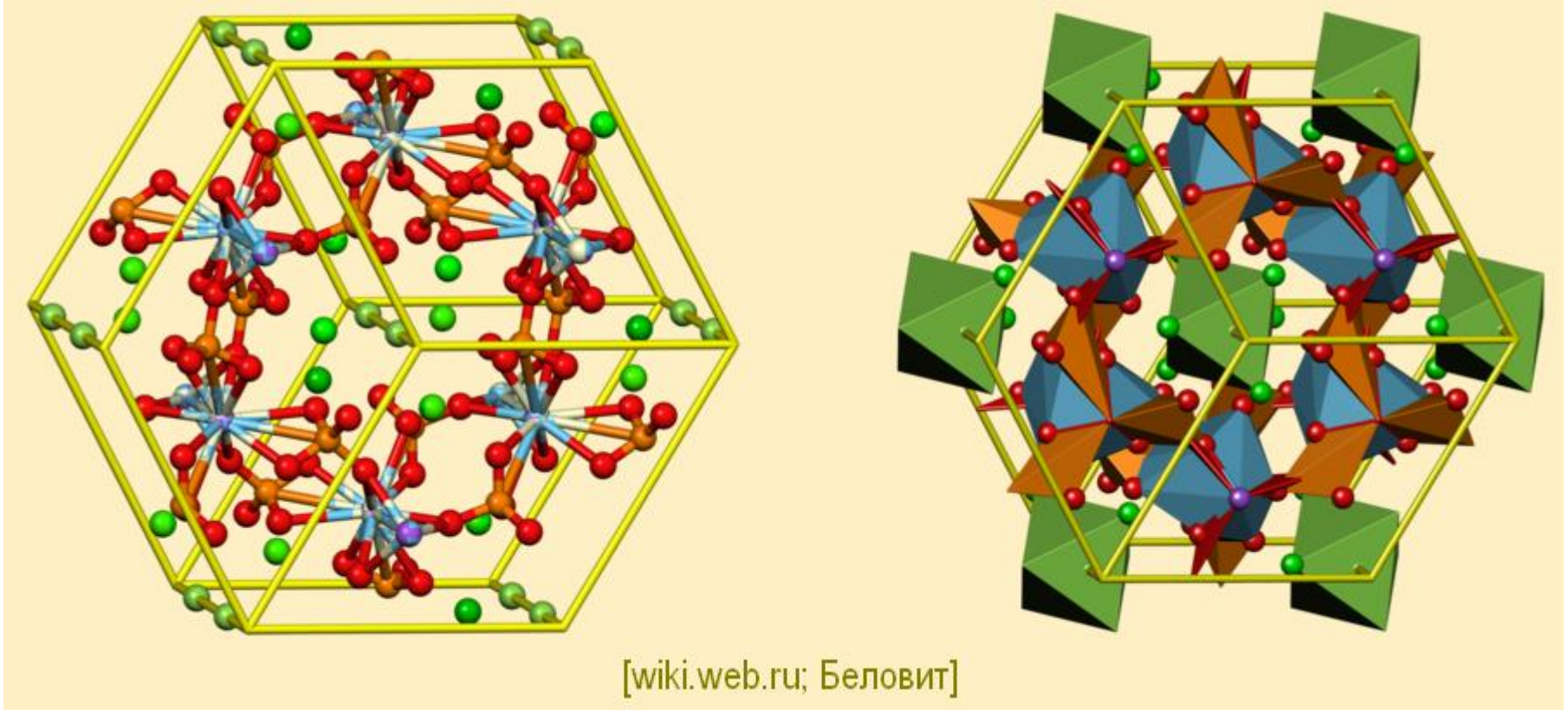


© Nvidia

[Козловская ; kftt.phis.msu.ru]

# Пространственное строение молекул (3D)

## *Кристаллические структуры*



*В о п р о с ы?*

[soloviev@glossary.ru](mailto:soloviev@glossary.ru)

---

Соловьев С.Ю.

**Постановки задач современной информатики.**

[www.park.glossary.ru](http://www.park.glossary.ru)