



Санкт-Петербургский  
Государственный  
Политехнический  
Университет

Институт прикладной  
математики и механики

КАФЕДРА  
ТЕЛЕМАТИКА

Высшая школа ИИ

курс: Решение прикладных задач  
методами машинного обучения

Лекция 3

Проблемы решения прикладных задач методами МО

---

21 сентября 2022 г.

# Что было на прошлой лекции:

Была рассмотрена тема:

- **Характеристика фундаментальной проблемы «машинного обучения»** и сформулированы выводы:
- Суть обучения –
- Объекты с одним и тем же признаковым описанием могут принадлежать к разным классам, иметь отличные аргументы регрессионных зависимостей и размерности переменных пространства состояний
- Классификационные признаки могут быть вещественными, дискретными, номинальными и текстовыми:
  - Номинальные признаки отличаются особенностями метрики между значениями и могут быть заменены на набор бинарных переменных по числу значений номинального признака
  - Текстовые признаки, признаки-изображения, даты и пр. необходимо заменить на соответствующие номинальные либо числовые значения

Тема этой лекции **Проблемы «решения» прикладных задач методами МО**

- *Технологии решению прикладных задач*
- *Перспективы: технологические, футурологические...*

# Суть прикладных задач (проблем) и возможности их решения методами МО

- Прикладная (практическая) задача – это практико-ориентированная задача, решаемая математическими и техническими средствами.
- Требования к прикладной задаче:
  - способы и методы решения должны быть реализуемые с помощью имеющихся технических средств;
  - прикладные проблемы должны быть декомпозированы на математические и нематематические задачи;
  - Используемые понятия, термины и алгоритмы должны отражать математическую сущность решаемой задачи и характеризовать практическую сторону решаемой задачи
- Методы решения прикладных задач с помощью МО:
  - **экспертные** системы, состоящие из двух основных частей: механизма логического вывода и базы знаний.
  - **нейросети** – специализированные вычислители, используемые для распознавание и классификация объектов.
  - **вывод на фреймах** – логические заключения по неполным данным и на основе предположений
  - **генетические алгоритмы** – имитация эволюционных процессов генетического отбора
  - **семантические сети** - описание набора сущностей и связей между ними и изображаются в виде графа. Сеть связывает сущности в логический вывод.

# Приоритетная цель решения прикладных задач

Приоритетная цель - **понимание** того,

- какие методы и
- инструментальные средства можно применять,

чтобы получить от них максимальный эффект решения прикладных задач

Эффект – м.б.

«точность» ,

«время решения»,

соответствие условиям

Важно, чтобы владея каким либо инструментом, пользователь не только понимал задачу, но и понимал особенности используемых «инструментов», их происхождение, принципиальные возможности и опыт апробации при решении различных междисциплинарных задач, чтобы не придаваться :

- **излишним восторгами** или пессимизму, а также
- попыткам **обобщить то, что принципиально не обобщается**
- **изобретать** то, что уже **давно было сделано**.

Пример «нового» подхода:

## Машинное Обучение vs программирование

Является ли МО –альтернативой программной инженерии ?

Новое «искушение» программиста :

- не должен **писать инструкции**, учитывающие все особенности выбранного метода решения прикладной задачи,
- **может использовать данные**, которые ранее были получены при решении аналогичной задачи,
- использовать специальные **средства извлечения знаний**, содержащихся в экспериментальных данных

# Данные, информация, знания

Немного философии

У материи есть два всеобщих свойства: **движение и отражение**

- **Движение** порождает **изменения**
- **Изменения** порождают **информацию**
- **Информация** основа **знаний**

- **Информация** имеет
  - **Объем**
  - **Содержание**
- **Чтобы получить знания** надо изменить Мир и затратить на это энергию

# Алгебраическая система Природы – абстракция отождествления объектов и процессов

- Индивидуальность объектов природы заключена в их **форме**, а не в **материальном наполнении**.
- **Форма** может быть **передана по каналам связи**, изменена или скопирована.

Объекты Природы состоят из материи, а у материи есть два свойства:

- **Движение** - механическое перемещение тел в пространстве, любые взаимодействия, изменения состояний объектов, превращение элементарных частиц, и расширение Метагалактики, и обмен веществ в клетках организма, и обмен деятельностью между людьми в процессе их социальной жизни.
- **Отражение** - способность материальных форм воспроизводить определённость других материальных форм путем изменения своей собственной определённости в процессе взаимодействия (т.е. в сознании человека отражается окружающая его материальная реальность)

Формально, Природа может рассматриваться как алгебраическая система – т.е. непустое множество с заданным на нём набором:

- операций - **суть движение**
- отношений – **суть отражение** (сигнатура).

Определение: Алгебраическая система с пустым множеством отношений называется **алгеброй**, а система с пустым множеством операций — **моделью**.



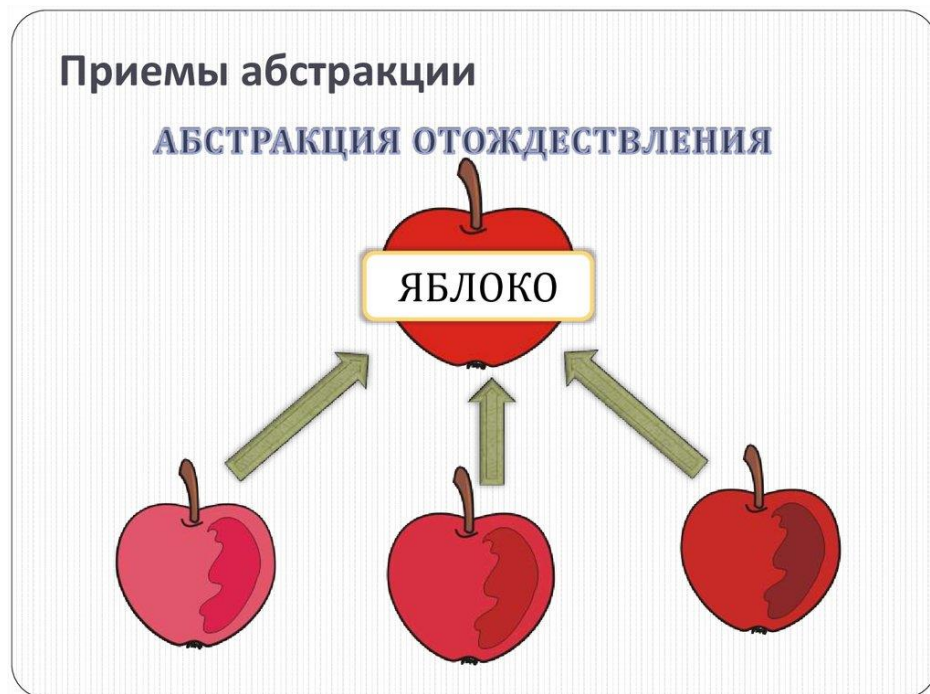
# Абстракция отождествления

Это способ формирования **абстрактных** понятий, состоящий в том, что

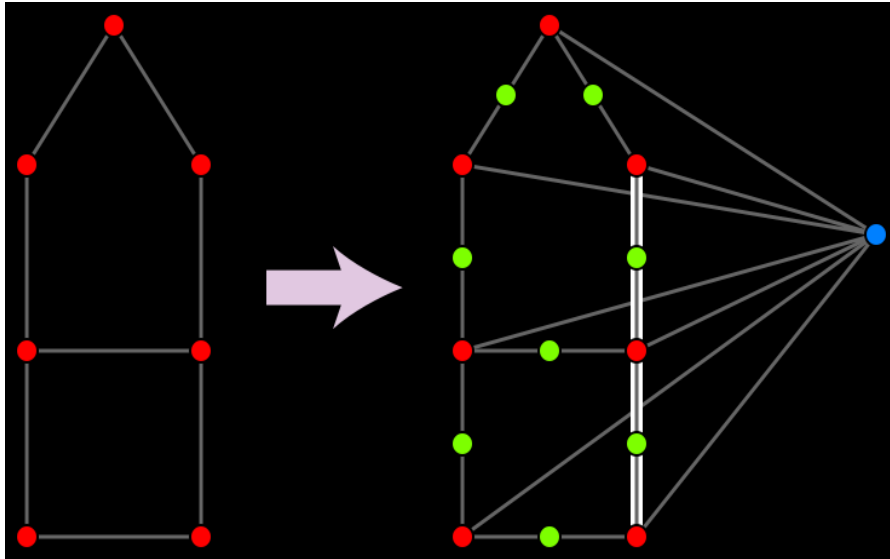
- при рассмотрении каких-либо воспринимаемых объектов принимаются во внимание лишь те их различия, которые
  - по тем или иным причинам оказываются для **существенными**, и игнорируются другие – **несущественные**.

**Абстракция**- мыслимое отвлечение некоторых сторон явления от целого  
Примеры:

- отождествление одинаковых букв в словах и текстах
- отождествление фундаментальной последовательности рациональных чисел понятию действительного числа;
- отождествление изоморфных групп с понятием абстрактной группы



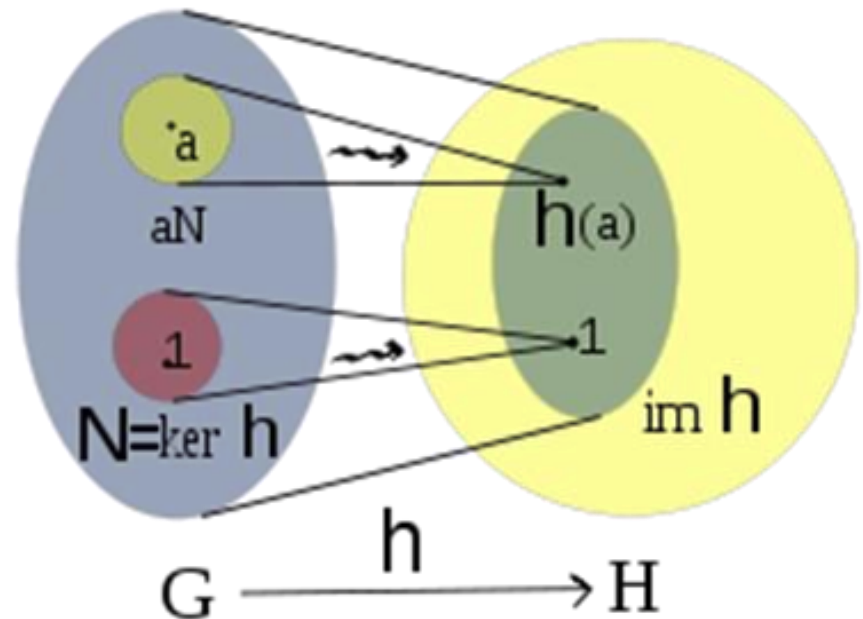
# Цифровой двойник объектов природы



объект

Его цифровой  
двойник

Число, сопоставленное  
объекту



# Топологический двойник объекта

Современная наука оперирует рядом фундаментальных понятий, среди которых выделяют материю, энергию и информацию .

Все материальные объекты, доступные для прямого восприятия органами чувств, свою определенность реализуют через свою **форму**.

В силу свойства **движения** материи

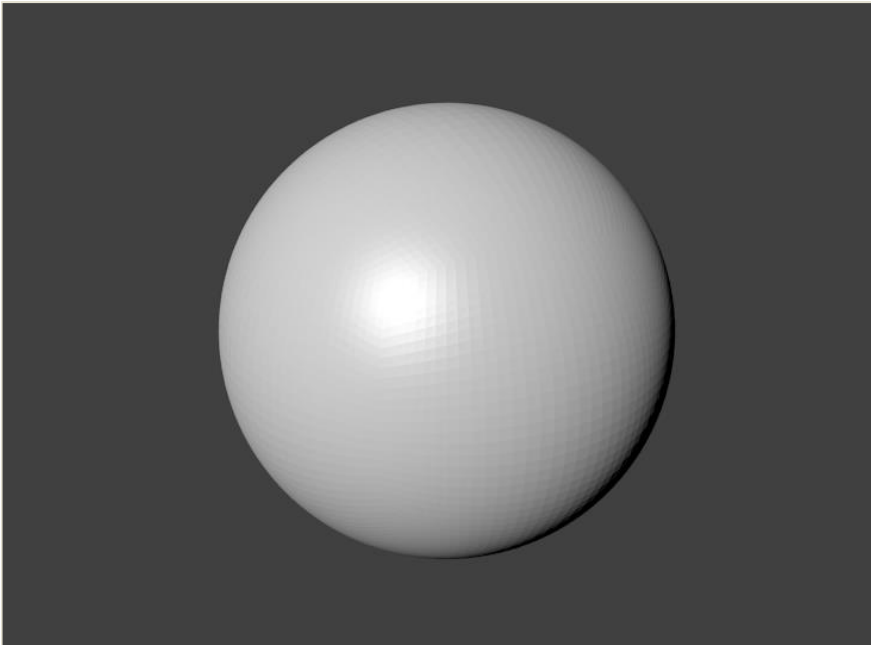
- форма материальных объекта постоянно меняется,

а в силу свойства **отражения** материи

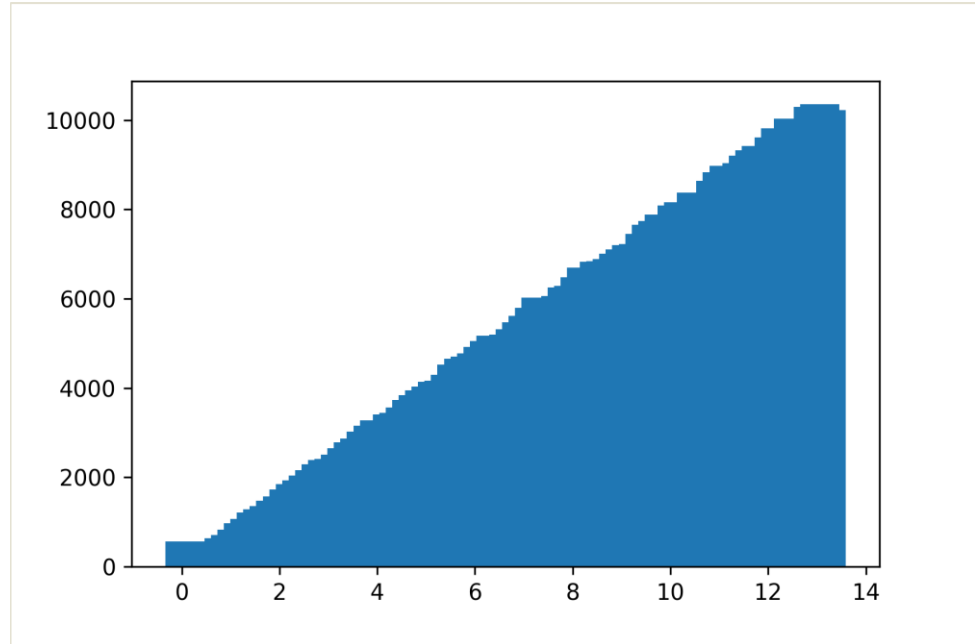
объект в процессе взаимодействия с другими объектами может воспроизводить их определённость их форм путем изменения своей формы при сохранении собственной определённости

Определенность формы объекта отождествляется с ее топологическим инвариантом - структурой, которая не меняется при физическом перемещении объекта в 4-х мерном «пространстве-времени»

# 3D шар и его топологический инвариант

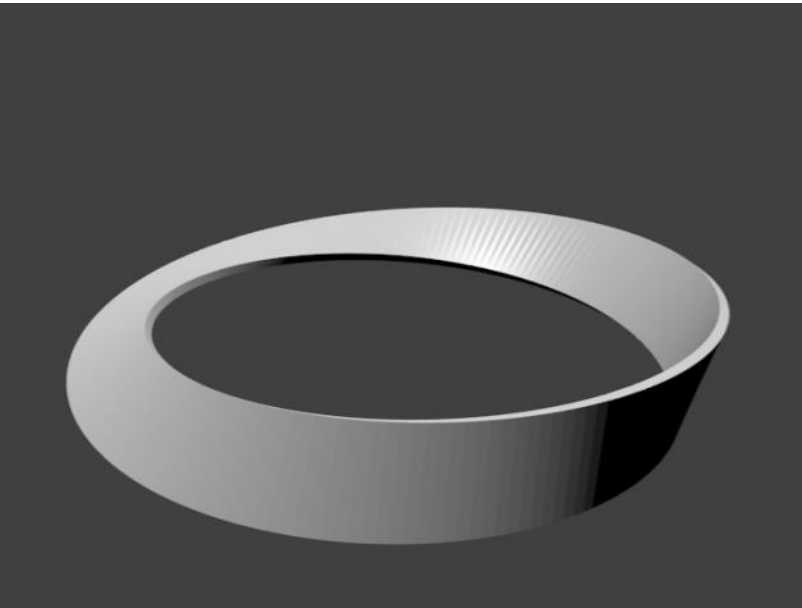


шар

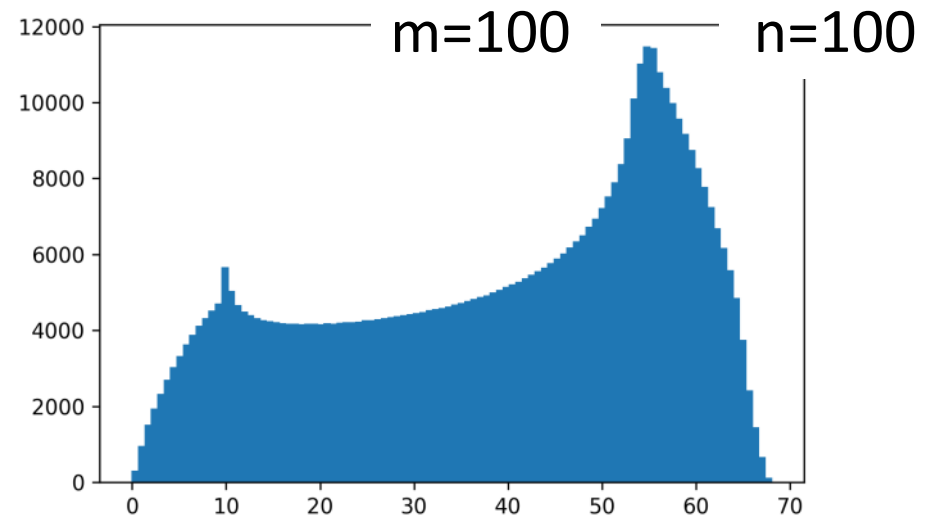
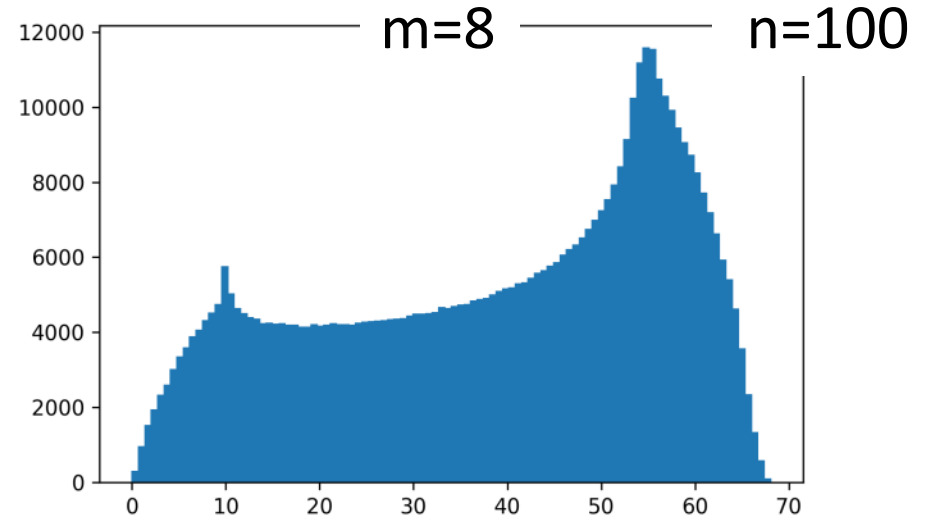


инвариант

# Лист Мебиуса и его топологические инварианты

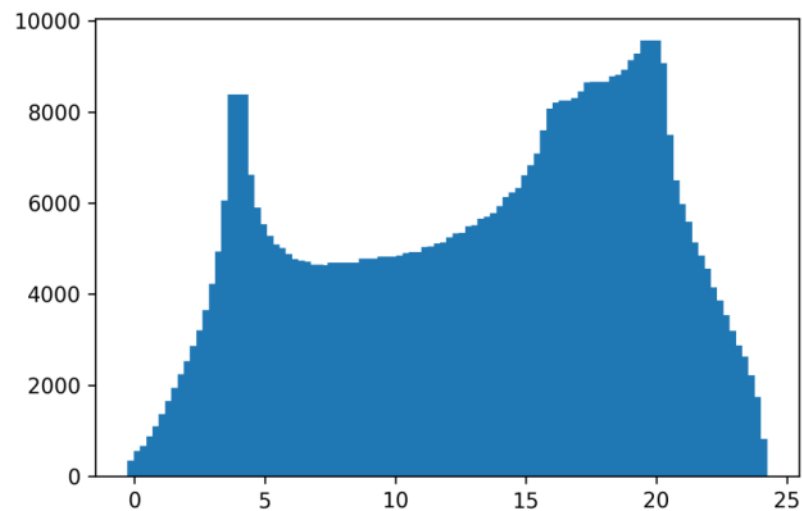
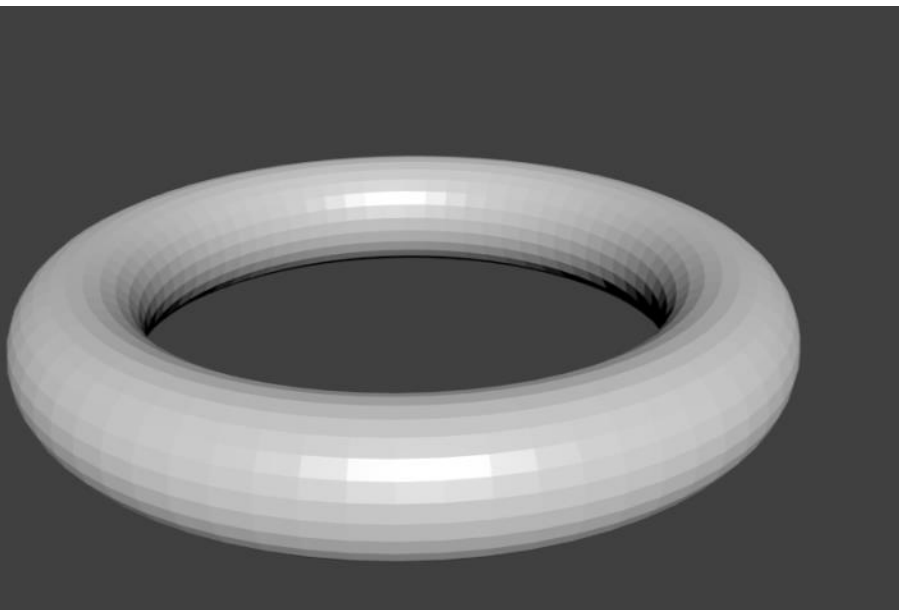


Лист Мебиуса



# Тор и его статистический инвариант ( поход на Мебиуса)

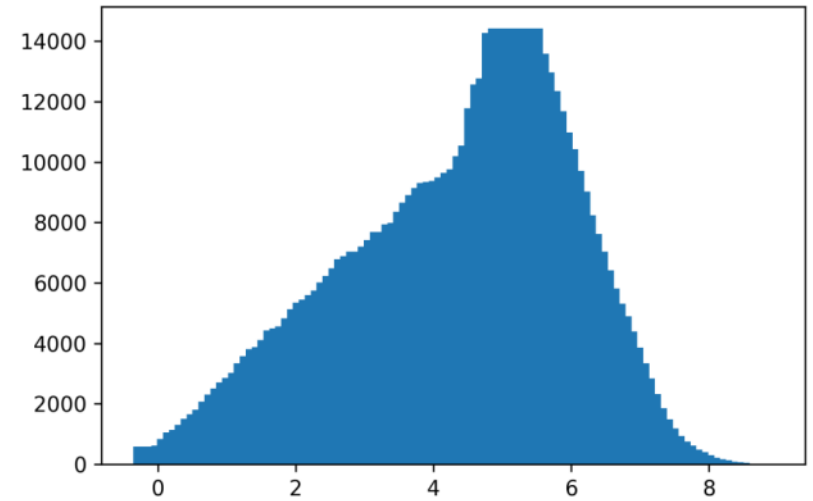
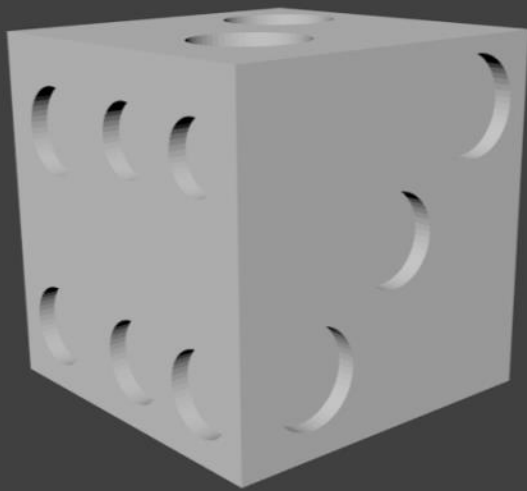
$n=100$   $m=8$



Тор («бублик»)

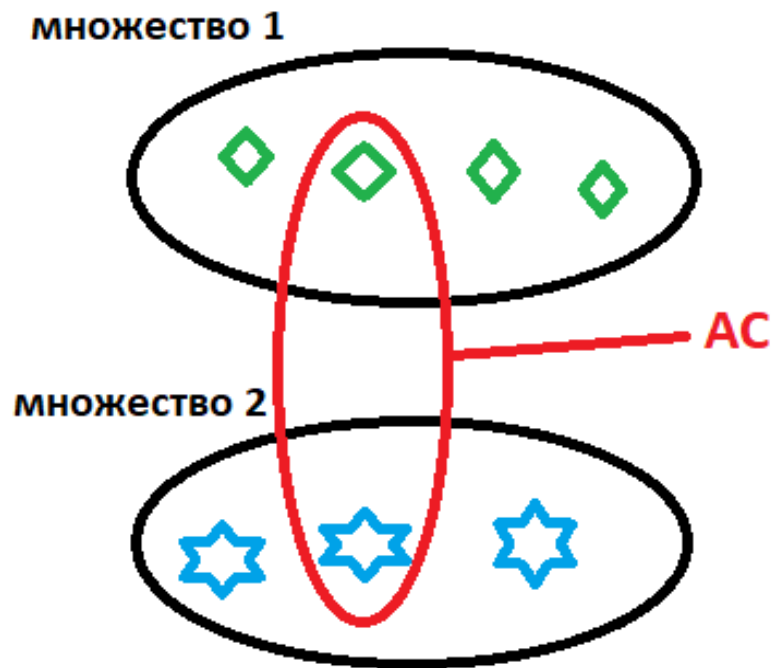
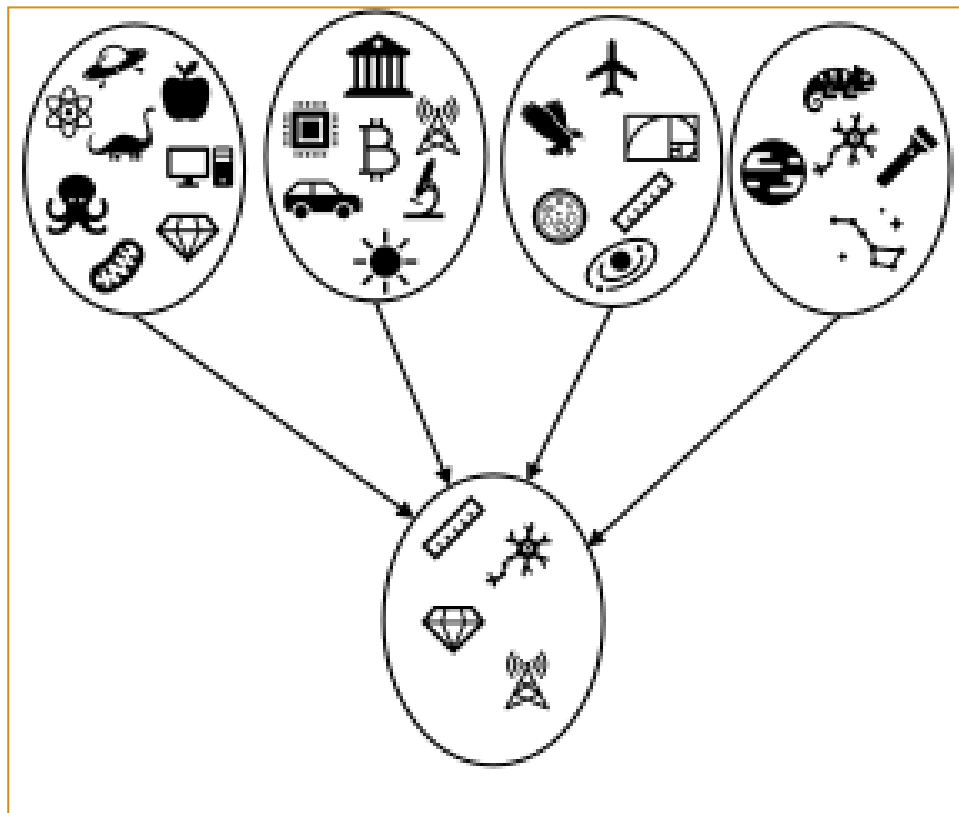
# 3D куб с фактурными гранями и его топологический инвариант

$n=100$   $m=8$



Куб с текстурой граней

# Формалистка: Аксиома выбора, АС (*axiom of choice*)



Суть аксиомы выбора: **существует** функция  $f$ , которая каждому **множеству семейства** сопоставляет только один из элементов этого множества

# Аксиома выбора

$$\forall \alpha \exists f (\forall \beta (\beta \in \alpha \wedge \beta \neq \emptyset) \Rightarrow f(\beta) \in \beta)$$

Функция **f** называется **функцией выбора** для заданного семейства.

# Пояснение : сущности, онтология, события и аксиома выбора

- **Сущность** — представление и **смысл данной вещи**, то, что она есть сама по себе, в отличие от всех других вещей и в отличие от изменчивых (под влиянием тех или иных обстоятельств) состояний вещи.
- **Категория** — предельно **общее понятие**, выражающее наиболее существенные отношения действительности - определение наиболее фундаментальных и широких **классов сущностей**.
- **Онтология** – научное направление, которое изучает **как сущности группируются в основные категории** и какие из этих сущностей существуют на самом фундаментальном уровне.
- **Событие** – это то, что наступает или не наступает в результате эксперимента.
- **Аксиома выбора** — единственное **онтологическое высказывание**, которое указывает на связь **бытия и события**, при этом надо ясно понимать, что «онтология запрещает событие».....

# Применение 1

- материальная метаструктура – **объект в «окружении» событий** или «ситуация» с точки зрения описания существенным образом отличается от объекта.
- Ситуация это множество, обладающее своим собственным оператором и своей «алгеброй» Между объектом и ситуаций существует разрыв, всю сложность которого необходимо оценить и выразить через «число».

$$e_x = \{x \in X, e_x\}$$

## Применение 2

- есть рассматривать событие само по себе, то с точки зрения **ситуации** оно не принадлежит реальности (бытию) —а принадлежит лишь сверхбытию или «информационному пепелу» реальности, которое вне бытия
- Поэтому онтология запрещает событие, а рассматривает только существование объекта

$$\delta \in \gamma \Rightarrow \exists \beta : \beta \in \alpha \wedge f(\beta) = \delta.$$

$$f(\beta) \in \beta$$

# «Язык» алгебры символов-понятий

- **Ноль**  $\Rightarrow 0=A-A$ , тогда, если  $A-B=0$ , то  $A=B$

- **Единица**  $\Rightarrow 1=a^2+b^2+v^2+\dots+\varepsilon^2$ ,  $p(\lambda_n) = |c_n|^2$

- **Мнимая единица**  $i\hbar\psi_v(q) = \hat{H}\psi_v(q)$

- **Бесконечность**



- вероятность, что при измерении физической величины  $A$  мы получим собственное значение  $\lambda_n$

«мнимая единица» – среднее арифметическое между 1 и -1.

Основы решения прикладных задач методами МО сводятся к

- сбору конечного множества *прецедентов* (объектов, ситуаций), по каждому из которых сопоставляются *данные*.
- Эти данные о прецеденте называют также его *описанием*.
- Совокупность всех имеющихся частных описаний прецедентов называется обучающей выборкой.

Задача: требуется по *частным* данным – обучающей выборки выявить *общие* зависимости, закономерности, взаимосвязи, присущие не только этой конкретной выборке, но вообще всем *прецедентам*, в том числе тем, которые ещё не наблюдались.