



Санкт-Петербургский  
Государственный  
Политехнический  
Университет

Институт прикладной  
математики и механики

КАФЕДРА  
ТЕЛЕМАТИКА

**Методы исследовательской работы**

**Природные вычисления и процессы  
обучения**  
(занятие 8 )

---

30 марта  
2022 г.

# Что обсуждали на прошлой лекции

Процесс приобретения новых знаний – основа эволюции социума. В природе эволюция «управляется» законами термодинамики. Фундаментальный вопрос - как связаны эти процессы?

Формально вопрос взаимодействия между **разумом (интеллектом) и природой (физикой) м.б. сформулирован так: почему термодинамическое и психологическое (интеллектуальное) направления эволюции (стрелки) совпадают по времени ?**

A fundamental question relating to the interaction **between mind and nature: why do the thermodynamic and psychological (intellectual) directions of evolution (arrows) coincide in time**

Понимание субъективности ( локальности свойств) информационной энтропии проливает свет на основы общей **теории информации**

Understanding the subjectivity (local properties) of entropy sheds light on the foundations of the general physical theory of information

Как энтропийные процессы влияют на эволюцию, точность и производительность компьютеров - **один из приоритетных вызовов науки**

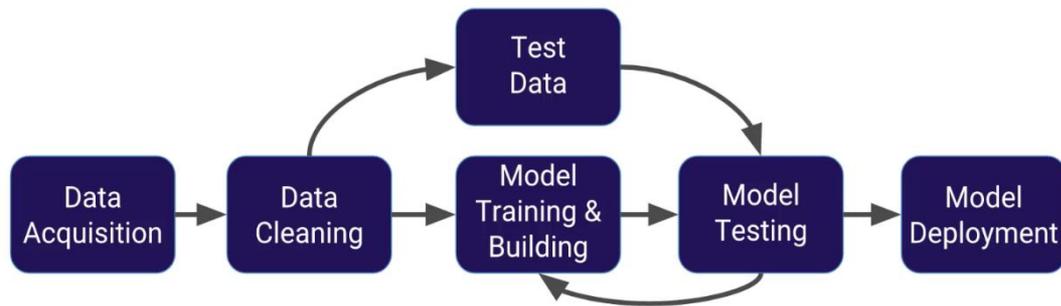
How entropic phenomena and features of nature limit the accuracy and performance of computers - **one of science's priority challenges**

# Что такое Процесс обучения (преподавания)

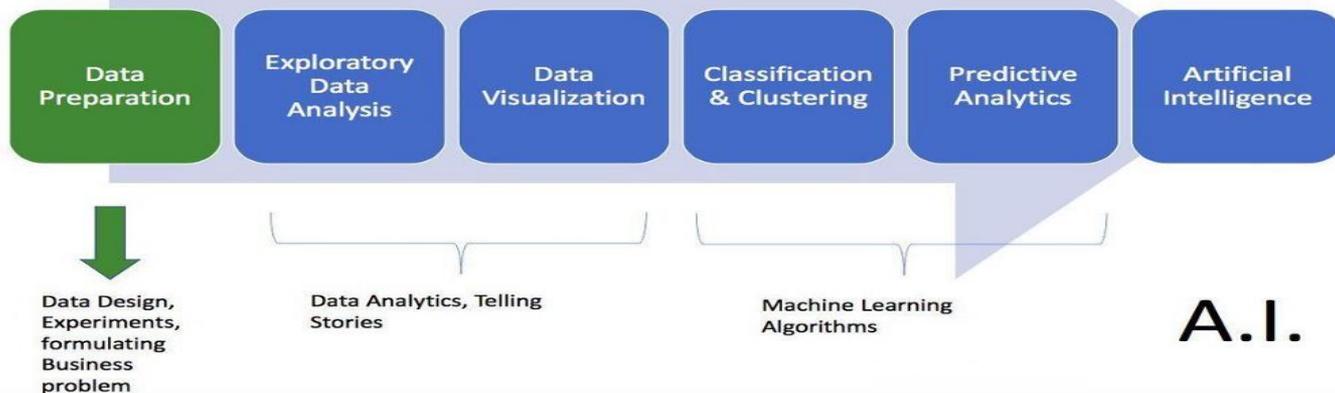
Процесс обучения играет центральную роль в приобретении, сохранении и управлении (приобретения, поддержания и управления) знаниями, как теоретическими, так и практическими



## Machine Learning Process



## Data Analytics Process



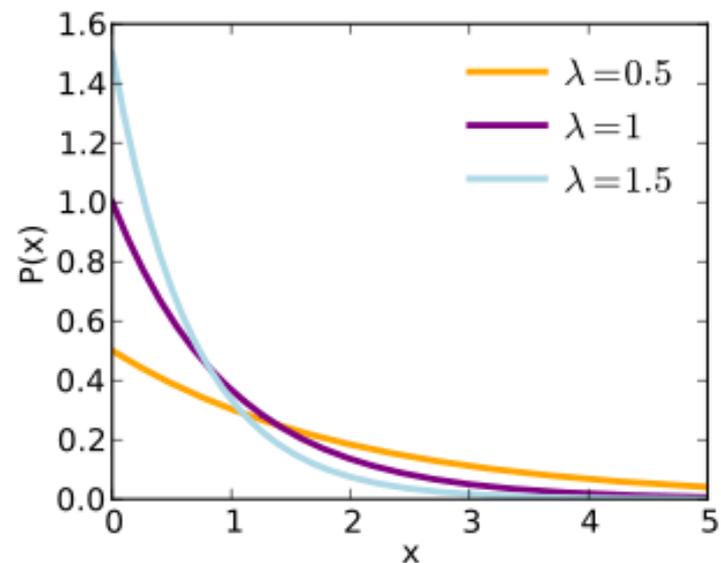
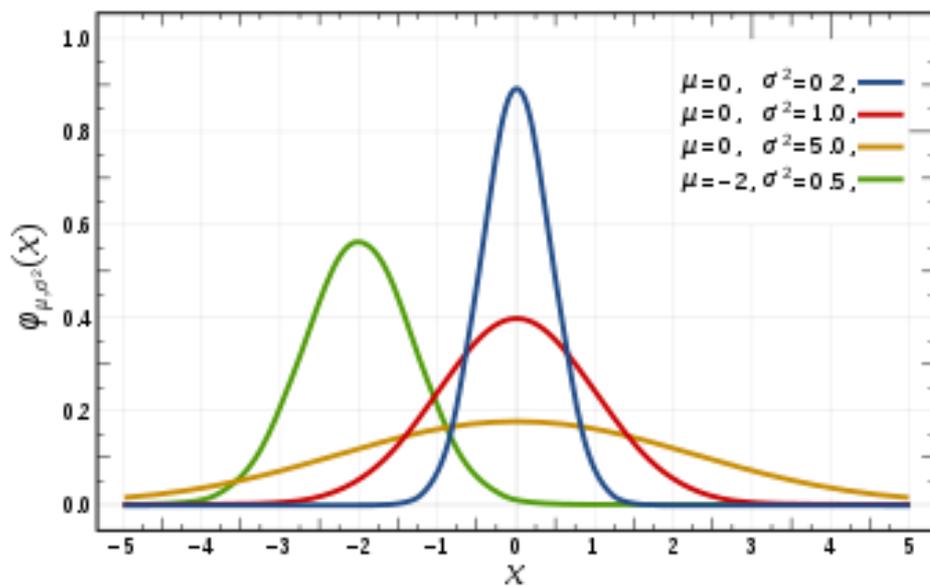
# Natural calculation



# Рамки Закона природы : Вероятность или расчет

**Пример:** Слабых землетрясений бывает больше, чем крупных. Но нет очевидного ограничения в мощности землетрясения; возможны землетрясения всех размеров.

Если бы распределение вероятностей имело вид  $\exp(-X/X_0)$ ,  $\lambda = 1/X_0$ , то при энергии  $X_0$  существовало бы четко определенное ограничение, так что вероятность землетрясения размером  $E$ , намного превышающим  $X_0$ , экспоненциально мала.



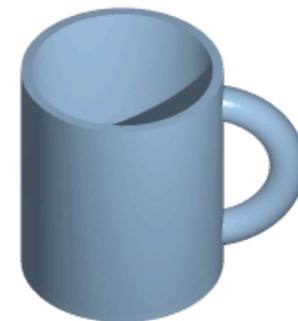
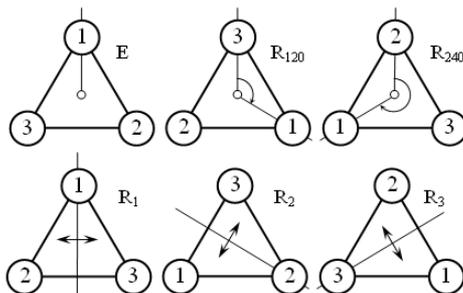
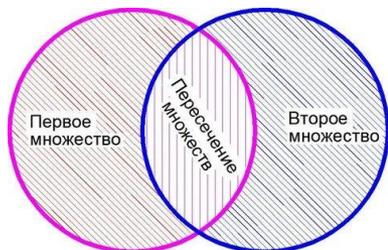
# От математики количеств к структурам ФОРМАЛИЗМ, АКСИОМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД или ТОПОЛОГИЯ

6

Каждая **математическая теория** является цепочкой высказываний, которые выводятся друг из друга согласно правилам логики. , но логика это лишь внешняя или формальная форма высказывания или язык, присущий математике.

Где находятся **основания математики** и используемого в ней формализма ?

Физика исходит из постоянства законов Природы, причина за которой скрывается «единство законов математики» заключается в используемой **аксиоматике операций** в теории множеств, теории групп и топологии.



# Мышление : природный феномен или математическая система

**Мышление** – это процесс **взаимодействия** мыслящего субъекта с познаваемым объектом.

Результатом мышления являются выявление отношений между познаваемыми объектами

**Математическое мышление** является составной частью мышления вообще и направлено на выявление формальных ( выражаемых с помощью символов) отношений между абстрактными понятиями и объектами природы.....

**Точка зрения компьютерных наук:**

Если считать, что мышление объективный процесс, то в основе его должны лежать некоторые объективные законы, которые в силу их объективности, универсальны и познаваемы!!! но для того, чтобы познать эти законы, пока не хватает научных знаний.

# Поиск «фундаментальной аксиоматики» математики мышления

Первичной операцией, которая формирует мышление – распознавание объектов. Какие аксиоматики требуется, чтобы физико-химическая система в виде сочетания вещества, структуры и энергии приобрела способность к распознаванию в границах, необходимых для мышления ?

Надо учесть, что процессы мышления не «задерживаются» на уровне энергетических и вещественных сигналов.

Процесс **распознавания** представляет собой универсальную функцию материи, которая выражает различные формы взаимодействия:

- Физические (исчезает при отсутствии **энергии**, функция состояния называется термодинамическая энтропия)
- информационные (исчезает при отсутствии **сообщений** или высоком уровне помех, выражаемых через информационную энтропию )
- интеллектуальные (исчезает при отсутствии **сознания**, имеет символическую форму и **целевую направленность** которая характеризуется энтропией тезауруса)

Итак, в операции **«фундаментальной аксиоматики»** надо **включит «операцию достижения цели» и «управление».**

- Is there a difference between computation and control?

The goal of a computation is to provide a yes/no – answer to a **well-defined problem**, given by a binary input string that is completely known at the start of the computation.

- The goal of a control process is the generation of a **continued stream of signals** which are provided as input for some form of actuator. The signals are in general a function of some sensory input.
- Control usually involves some form of computation (and some computers)

Note: This distinction of computation and control neither produces deep insights nor is it generally made, nor is it that strict.

Most control processes are resolved into many short computations.



Концепция управления отличается от концепции вычисления:

1. Управление : Ввод не полностью известен в начале процесса.
2. Вычисление выполняется успешно, когда оно достигает состояния остановки. Не существует сопоставимой концепции контроля.
3. Соотношение "Выход-вход":
  - Вычисление: в машине Тьюринга выходные данные не влияют на входные данные.
  - Управление: Выходные данные в момент времени  $t$  могут (должны) влиять на входные данные, которые будут собраны позже.

Все современные компьютеры - это машины Тьюринга: программы (в принципе) полностью переносимы между двумя различными реализациями машины Тьюринга.

Физика реализации ТМ не имеет значения для результата (возможно, для скорости, но не для результата как такового).

Если кто-то хочет решить проблему, связанную с физикой, программа должна обеспечить все необходимые законы физики, физика “вычислительной машины” не должна вмешиваться.

Абстракция: Определение обычных вычислений максимально не зависит от характера вычислительного устройства.

- естественные вычисления основаны на том, что такая независимость не является "бесплатной".
- при обычных вычислениях выделенное аппаратное обеспечение ускоряет вычисления, но ценой потери переносимости и масштабируемости

# Новая задача: Реконфигурируемое аппаратное обеспечение и топологические вычисления

Вычислительная платформа нового поколения

- **Не нуждается** в операционной системе и прикладном программном обеспечении в обычном смысле: вычисления непосредственно реализуются в аппаратном обеспечении и управляются взаимодействием между всеми компонентами
- **Использует топологические принципы** организации вычислений, представляя алгоритмы в виде цепных комплексов абелевых групп операций, которые являются гомотопическими инвариантами пространства состояний моделируемого объекта.
- **Использует топологические принципы** организации вычислений, представляя алгоритмы как цепные комплексы абелевых групп операций, которые являются гомотопическими инвариантами пространства состояний моделируемого объекта.

Например: GPU изначально предназначались для решения проблем, которые «операционно» связаны с конкретной графической структурой объекта.