



Санкт-Петербургский  
Государственный  
Политехнический  
Университет

Институт прикладной  
математики и механики

КАФЕДРА  
ТЕЛЕМАТИКА

# Методы исследовательской работы

## «Исследования как результат интеллектуальной деятельности» (занятие 2)

---

10 февраля  
2022 г.

- наши занятия будут про феномен, получивший название «интеллект». Что нам известно про этот феномен:
- Уже состоявшееся прошлое «записано» в нейросетях мозга человека, которые формируют как восприятие новых событий, так и их интерпретацию и отображения конкретные реакции.
- Все действия человека суть реакции на события. Эти реакции не случайны (спонтанны), а большинство из них «вычислены» в нейронных связях мозга. При этом каждый воспринимаемый (мыслимый) объект формирует «входной поток данных», который активирует часть нейронной сети мозга, что вызывает каскад **химических реакций, носителями которых являются нейромедиаторы....** биологически активные химические вещества.
- Эти химические реакции порождают действия, чувства и вызывают определенные эмоциональные реакции, которые не более, чем **результат определенных химических процессов**, стимулируемых с реакцией как на поток входных данных, так и учитывающих полученный в прошлом опыт.

Итого: в 99% случаев мы воспринимаем реальность не такой, какая она есть, а интерпретируем ее на основе **готовых образов из прошлого**, представленных химическими **паттернами** .

# Напоминаем, что из это следует

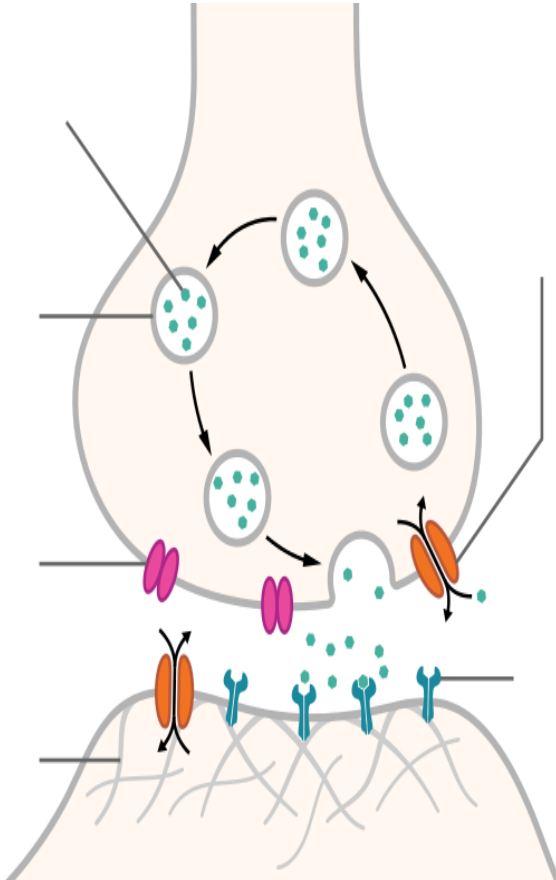
Гипотеза : **информационное содержание** - основа способности человека к **мышлению**, познанию, обучению, восприятию, запоминанию, обобщению и принятию решений - реализуется в природе как результат вычислений в среде «нейроструктур мозга».

Следствия :

Сознание - «вычисляемая» функция «встраиваемого ПО» нейрокомпьютера мозга человека, в котором носителем информации выступают химические молекулы

Вывод: отсутствие принципиальных различий в реализации **интеллектуальных** процессов и вычислениях, протекающих под управлением компьютерных программ

# «Химия» интеллектуальной деятельности



В головном мозге человека имеется около 30 нейромедиаторов-нейротрансмиттеров :

- Глицин,
- Глутаминовая кислота, Адреналин,
- Норадреналин
- Дофамин
- Серотонин
- Гистамин
- Ацетилхолин
- Глутамат
- Триптамин Эндоканнабиноиды
- N-ацетиласпартилглутамат

Работа головного мозга осуществляется путем передачи информации между нейронами и рецепторными клетками, посредством электрохимических импульсов. В синапсе – месте контакта двух нейронов или нейрона и сигнальной эффекторной клеткой – происходит обмен нейротрансмиттерами, которые активируют или тормозят действия других клеток.

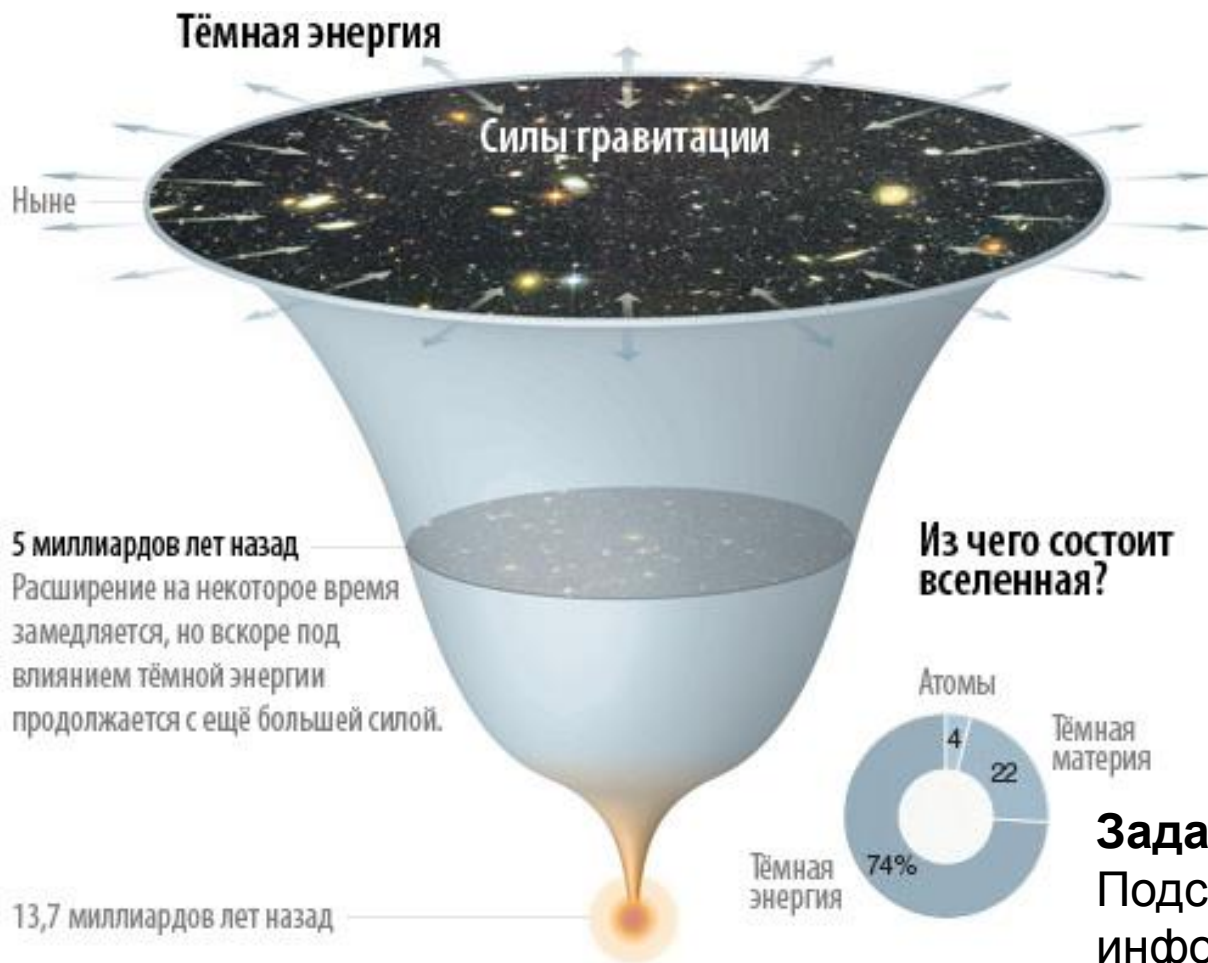
Что известно:

Если **информация** включается в общее **описание системы**, то оказывается, что

- Одна и та же система **имеет различные физические свойства** в зависимости от имеющейся информации (в одном случае она способна совершить работу, в другом – нет)
- Мера **информации** оказывается согласованной физическими **понятиями энергии и энтропии**, а «любая **неслучайная** комбинация битов» может быть использована для **производства работы**.
- Информация как атрибут наравне с физическими параметрами объекта (размер, вес...) должна учитываться в моделях взаимодействия объекта с внешней средой.
- В зависимости от имеющейся информации о системе систему можно или нельзя использовать для совершения работы.

Вопрос: какую «полезную работу» совершает вычислительная система и почему при ее функционировании выделяется тепло ? ? ?

# Физическая vs информационная модели реальности



Из чего состоит вселенная?



## Задание 1:

Подсчитать, сколько информации, измеряемой по К. Шеннону, содержится во Вселенной ?

В окружающем человека мире есть вещи/объекты/предметы, которым можно сопоставить **МЫСЛИМЫЕ ПОНЯТИЯ**.

Предметы, о которых люди ничего не **МЫСЛЯТ** или не знают находятся **за границей возможностей их** целенаправленного использования.

При этом вещи по другую сторону **границы мыслимого** по определению являются **НЕМЫСЛИМЫМИ**.

Упорядочить представления о мыслимой и немыслимой частях реальности можно путем введения понятия информация, считая ее атрибутом **лишь той части реальности**, которая для людей является **МЫСЛИМОЙ**.

# Предмет исследований:

## вычисление, описание , объяснение – в чем разница ?

### исходные тезисы:

- 1) Вычисление рассматривается как физический процесс, протекающий в компьютере под управление **алгоритма**. Инициированный алгоритмом физический процесс изменяет равновесное термодинамическое состояние (энтропию) вычислительной системы (е частей). Потребляемая компьютером энергия тратится на то, чтобы перевести неравновесное состояние вычислительной системы ( процессор-память) в одно из возможных равновесных состояний, в котором алгоритм завершает работу и выполняет команду «стоп».
- 2) Алгоритм – это **описание** вычислительного процесса в терминах языка программирования и правил выбранного исчисления:
  - 1) Императивного
  - 2) Декларативного
  - 3) ФункциональногоНо описание не тождественно объяснению.
- 3) **Объяснение** — это наделение наблюдаемого физического процесса и полученного с его помощью результата смысловым содержанием – **семантической информацией, что позволяет интерпретировать этот результат с помощью расширенной ( алгоритм + внешняя среда) модели.** (*Объяснение – это удел не математики, «более содержательных» наук, в которых понятия имеют явный материальный носитель*).
- 4) В рамках существующей парадигмы научных знаний мы можем весьма точно количественно описать (рассчитать) некоторое физическое явление, например траекторию движения брошенного камня в гравитационном поле Земли, **но мы не можем** рассчитать траекторию движения живого кота с дивана к миске с едой.

### Вопрос, в чем принципиальная разница ?

Наводящий ответ: проблема в изменчивости правил (алгоритма) взаимодействия с окружающей средой. Следуя логике современной науки, сложность – это и есть изменчивость т.е. отсутствие алгоритмически выражаемо определенности описания (энтропии) состояния объекта, что позволяет правила взаимодействия объекта и среды выразить различными способами.



# Мыслимое о материальном –

## «символьный код мы физический процесс»

Понятие «материальное» можно определить через «обратное» как все, что отличается от психического и духовного, т.е. информационного. Такое определение не конструктивно, но пока мы не можем точно определить, что является информационной сущностью объекта реальности, а что таковой не является.



восприятие **музыка**

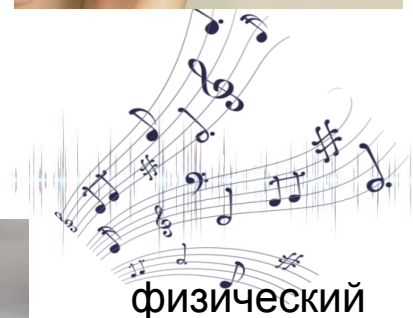


Интеллектуальный субъект, «понимающий» **код**

Инструмент «расшифровки» **кода**

**Код** физического процесса

Инструмент записи **кода**



физический «**процесс**»

Атрибутивный характер **понятия «музыка»** очевиден. Музыка – это атрибут, который присущ определенным наборам звуков. Ни каждый набор частот колебаний струн можно связать с **понятием музыка**, а только если свойства набора колебаний струн инструмента, отвечают пропорции, порождаемой гармоническим рядом. Каждому музыкальному произведению сопоставляется некий **дискриптор** – название и автор

С точки зрения статистического описания системы ее состояния (вероятностных мер) могут образовывать статистически независимые во времени, но не заменяемые (перестанавливаемые местами) последовательности состояний. У таких последовательной м.б. одинаковые распределения, но разные информационные сущности (результаты восприятия): Definition: An infinite sequence

$$X_1, X_2, X_3, \dots$$

of random variables is said **to be exchangeable** if for any

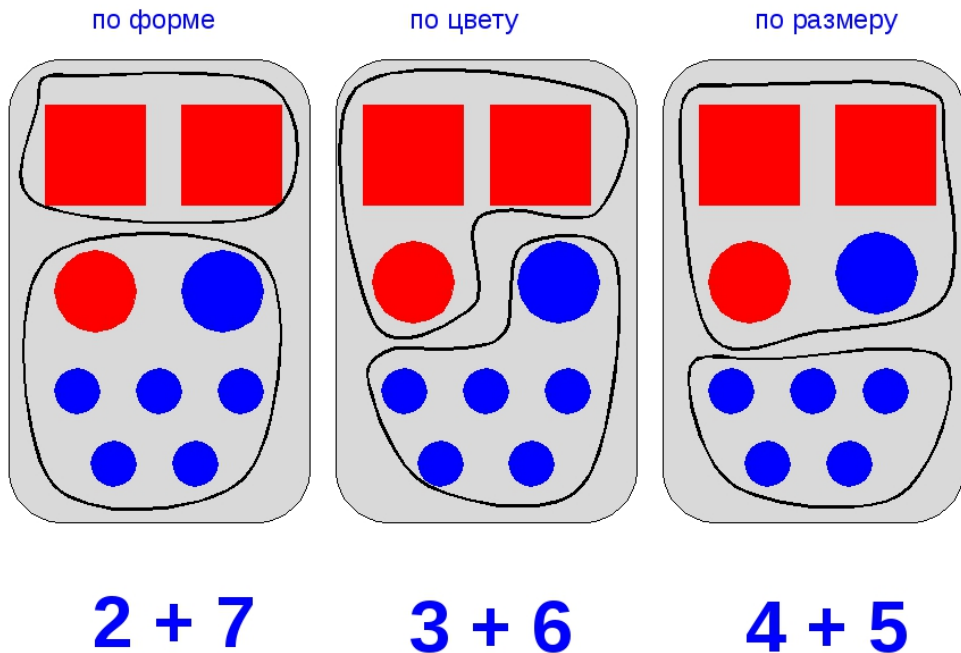
$$X_{i_1}, \dots, X_{i_n} \text{ and } X_{j_1}, \dots, X_{j_n}$$

both have the same joint probability distribution

**However, the converse is false**—there exist exchangeable random variables that **are not statistically independent**, for example the Pólya urn model. **Questions of interest** are the evolution of the urn population and the sequence of colors of the balls drawn out.

# Модель урны Джорджа Поли – описывает взаимное влияние последовательности измерений

11



В модели урны Поли наблюдаемое значение с большей вероятностью будет наблюдаться снова, а акт измерения влияет на результаты будущих измерений

Создание новых абстракций

Функции в КН похожи на кубики Лего. Когда мы строим программу, она состоит из отдельных «кубиков», причём каждый из них решает свою задачу. Часть «кубиков» есть изначально — это встроенные функции, готовые библиотеки и код, написанный ранее. Для создания новых «кубиков» обычно используем уже существующие.

# Вопрос: как можно использовать понятие «информации» в рамках ..... компьютерных наук

Другими словами, как нужно рассуждать об информации, чтобы эти рассуждения имели **смысл с точки зрения компьютерных наук**, т.е. в рассуждениях использовались такие понятия как

1. число,
2. операция,
3. алгоритм ,
4. вычислимая функция
5. процессы вычислений....
6. объяснение результатов вычислений

# Инструментарий КН: Императивное / Декларативное / Функциональное программирование

- **Императивное программирование** (от англ. imperative — приказ, языки C, Fortran, Java) — это парадигма, которая описывает процесс вычисления в виде набора инструкций, изменяющих состояние данных так, чтобы решать задачу (подвиды и.п..... процедурное и объектно-ориентированное программирование) .... **от машины к человеку** (>>> 3-4, >>>3\*4 )
- **Декларативное программирование** (языки SQL, Prolog)— это парадигма, в которой задается спецификация (описание) цели (что хотим получить в результате ) задачи, которые не содержат переменных и операторов присваивания... **от человека к машине** (CREATE TABLE if NOT EXIST staff...)
- **Функциональное программирование** — программирование которое использует результаты вычисления функций, аргументы которых есть данные или другие функции (**от функции к функции**... что-то получает на вход и всегда что-то возвращает ...  $\text{const } f = (x) \Rightarrow x * \text{Math.sin}(1 / x)$ ).
  - знак = в функциональных языках называется “связывание“, что есть специальная форма записи функций, ликвидирующая неоднозначности типа функция/значение функции...

# Что нам надо ...

**Восприятие реальности – более «гибкое» :**

**Понимание событий и процессов – более «точное» :**

**Компьютерное моделирование – более эффективное  
:**

# Фундаментальная проблема – описание «закрытых» и «открытых» физических систем

15

- Современная физика основана на моделях, которые не учитывают процессы информационного взаимодействия, поэтому ... принципы моделирования физических и информационных процессов существенно отличаются....
  - Одна и та же реальная система может «демонстрировать» различные физические свойства в зависимости от режимов работы и той информации о ее свойствах (при каких условиях система способна совершить работу, а при каких нет ? ) которая доступна «внешним системам».

## Почему так ?

- Имеющаяся информация о свойствах системы меняет то, как на систему влияет внешняя среда.
- Используемая мера информации должна быть согласована с общезначимыми понятиями, такими как: энергия и энтропия
- Информация о системе, доступная наблюдателю, может влиять на взаимодействие системы с другими системами:
  - в зависимости от имеющейся информации о системе ее, например, либо можно либо нельзя использовать для «совершения работы».

# Задания 2,3: как построить вычислимую функцию генерации новых знаний (алгоритмов)?

## ● Тема №2:

- Какие проблемы теории алгоритмов ( computer science) могут решаться в рамках концепции деонтической логики?
  - источники
  - 1) Discursive Input/Output Logic: Deontic Modals, and Computation, глава 1
  - 2) DE FINETTI'S THEOREM IN CATEGORICAL PROBABILITY by TOBIAS FRITZ, TOMÁS GONDA, AND PAOLO PERRONE

## ● Тема №3:

- Можно ли построить процессоры-ускорители для решения задач искусственного интеллекта (AI, artificial intelligence) и высокопроизводительных вычислений (HEC, high end computing).
  - источники:
  - 1) Eyerman S., Heirman W. Programmable Unified Memory Architecture (PUMA). Graph Processing With PUMA // Видео доклада, 20 мин,
    - <https://www.youtube.com/watch?v=BUYw5X5n9NY>
  - 2) Ahn J.H., Binkert N., Davis AI, McLaren M., Schreiber R.S. HyperX: Topology, Routing, and Packaging of Efficient Large-Scale Networks // SC'09, November 14-20, 2009, 11 pp. // <https://my.eng.utah.edu/~cs6810/HyperX-SC09.pdf>



# МОЖНО ЛИ «ПО-УМНОМУ» УПРАВЛЯТЬ ПРОЦЕССОМ ВЫЧИСЛЕНИЙ ?

Статья:

RLScheduler: An Automated HPC Batch Job Scheduler Using Reinforcement Learning

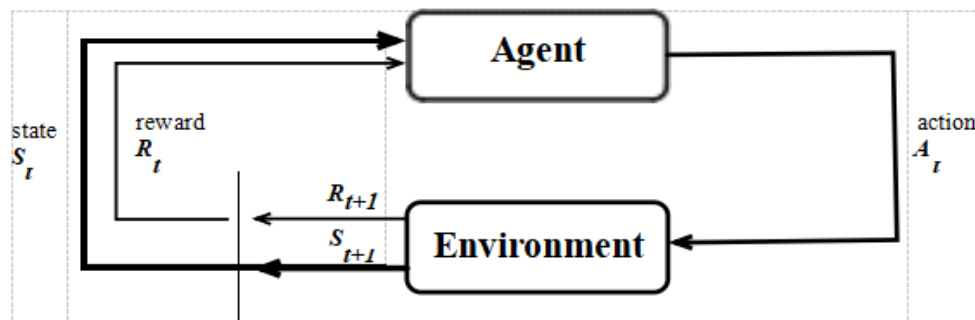
- *Di Zhang<sup>1</sup>, Dong Dai<sup>1</sup>, Youbiao He<sup>2</sup>, Forrest Sheng Bao<sup>2</sup>, and Bing Xie<sup>3</sup>*

Какие знания нам нужны, чтобы понять:

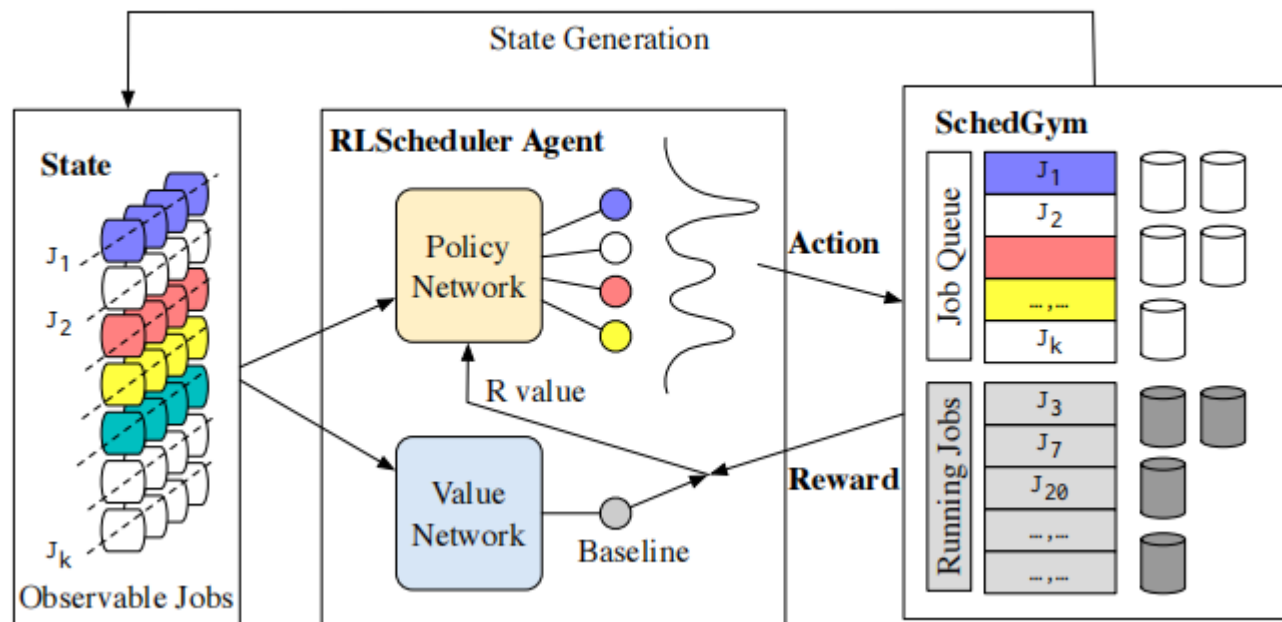
## Что такое RL-Планировщик:

Автоматизированный планировщик пакетных заданий высокопроизводительных вычислений, использующий обучение с подкреплением

**Как использовать методы RL** - Обучение с подкреплением (RL) – чтобы «агенты», управляющие очередями заданий в супер компьютере самостоятельно учились планировать свою работу методом проб и ошибок .



# Общая архитектура RLScheduler



**Состояния**

Выполняемых заданий

Вычислителя

# Что будет предметом проводимых исследований

- В чем отличие «физики», программирования и машинного обучения
- Как построить пространство поиска, чтобы не только легко найти, но и объяснить
- Принципы информационного поиска : «CACE principle» - **Changing Anything Changes Everything** или **Любое изменение меняет все**»
- В чем вычислительная сложность поиска оптимальных решений
  - «точность – неопределенность»
  - «интерпретируемость – сложность »
- Технология ХАІ – объяснительная валидация вычисленных решений