



]:  
Я же утверждаю: измеримая “физическая величина” имеет объективную вероятность “определенных значений”, а ее “наблюдатель” может быть заменен автоматом.

Д. фон-Неймана [1964

Семинар по специальности на английском языке

## ЛЕКЦИЯ 3: COMPUTATIONAL CAPACITY OF THE HUMAN BRAIN

18 ФЕВРАЛЯ  
2021



## PREVIOUS LECTURE: PHYSICAL VS COGNITION



Different types of **cognitive** processes include:

**Attention:** allows people to focus on a specific stimulus in the environment.

**Language:** processes that involve the ability to understand and express thoughts through spoken and written words.

**Learning:** processes involved in taking in new things, synthesizing information, and integrating it with prior knowledge.

**Memory:** process that allows people to encode, store, and retrieve information.

**Perception:** process that allows people to take in information through their senses (sensation) and then utilize this information to respond and interact with the world.

**Thought:** essential part of every cognitive process that allows people to engage in decision-making, problem-solving, and higher reasoning.

Paradigm shift –

six epochs of capability evolution from **world of physics** to **world of knowledge/intelligence**



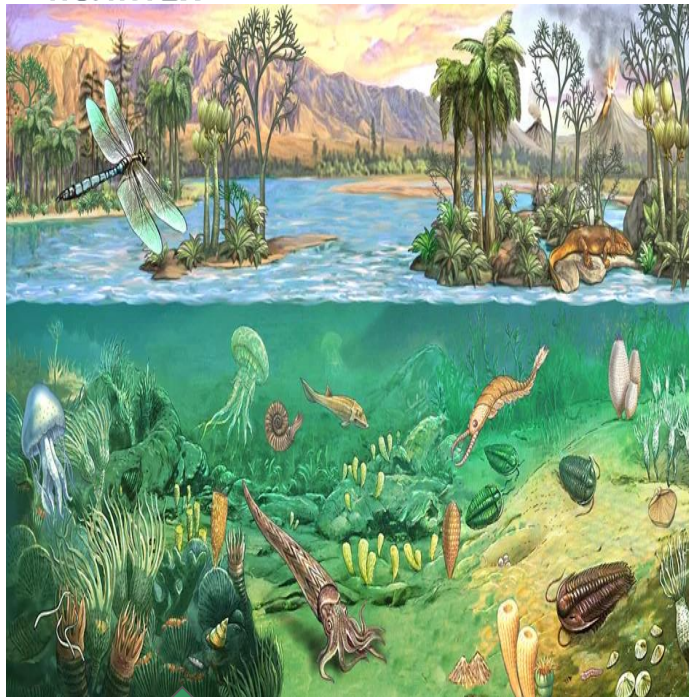
ПОЛИТЕХ

# ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАЛЬНОСТЬ VS СОЗНАНИЕ, ЧТО, КАК ПОЧЕМУ ?

Философия: Существует ли реальность, которую наблюдать нельзя, а можно лишь **мыслить** или **вычислить** ?



Компьютерные науки: Как непротиворечиво объяснить связь реальности физического плана (движение в пространстве-времени => координата/скорость) и **сознания** (информация о...)?



↑  
Существуют разные виды организмов, но не все они имеют мозг и наделены сознанием !?



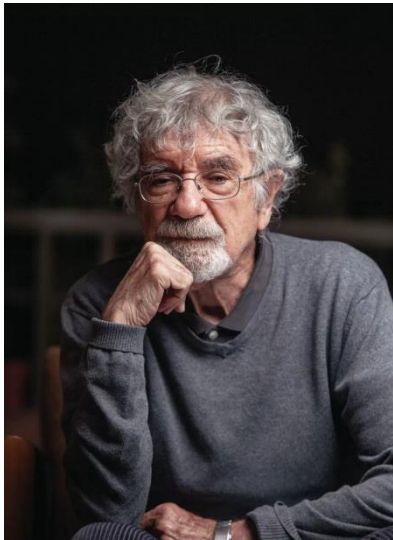


Джон Арчибальд Уилер  
(John Archibald Wheeler  
(1911 – 2008))

Д. А. Уилер высказал предположение, что информация является фундаментальной концепцией физики. Согласно его доктрине «**it from bit**» все физические сущности являются информационно-теоретическими в своей основе

# А , СОЗНАНИЕ, ВОСПРИНИМАЮЩАЯ РЕАЛЬНОСТЬ СЛЕДУЕТ 2) ПРИНЦИПУ «ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ»

Умберто Матурана: жизнь представляет собой процесс познания – **понижения** энтропии Мира. Познано м.б. то, что логически доказуемо....или вычислимо. Для человека «познано» и «о-сознано» лишь то, что **стало частью его «со-знания»**. «Биология познания» (1970)



**Модель научных знаний** основана на понятиях «**доказуемо**» и «**переносимо как код во времени**», которые следуют законам логики:

- если что либо логически доказуемо, то оно истинно (доказать можно только истину, **доказательств лжи не существует**);
- логические следствия доказуемого также являются доказуемыми;
- **логическое противоречие недоказуемо** и т.п.
- если высказывание истинно, то неверно, что его отрицание также истинно («Если истинно, что Земля круглая, то неверно, что истинно, будто Земля плоская» и др.

**Computation theory of mind** исходит из того, что «по-знание» супервентно процессу «вычисления»

<https://plato.stanford.edu/index.html>

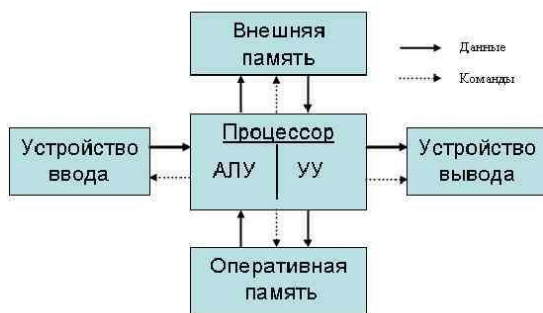
- Чтобы **моделировать** «сознание», включая различные аспекты когнитивных процессов с помощью компьютерных систем, надо начать с процесса «**объективизации**» используемых **ПОНЯТИЙ**.
- Затем перейти к конструированию вычислительных структур, в которых «**ПОНЯТИЯ**» физически воспроизводимы.

**Пример:** объективизация формальной логики физического «мира» с помощью Булевой алгебре в соответствии с законом «исключенного третьего»).

- Could a machine think? Could the mind itself be a thinking machine? The computer revolution transformed discussion of these questions, offering our best prospects yet for machines that emulate reasoning, decision-making, problem solving, perception, linguistic comprehension, and other mental processes. Advances in computing raise the prospect that the mind itself is a computational system—a position known as *the computational theory of mind* (CTM). *Computationalists* are researchers who endorse CTM, at least as applied to certain important mental processes. CTM played a central role within cognitive science during the 1960s and 1970s. For many years, it enjoyed orthodox status. More recently, it has come under pressure from various rival paradigms. A key task facing computationalists is to explain what one means when one says that the mind “computes”. A second task is to argue that the mind “computes” in the relevant sense. A third task is to elucidate how computational description relates to other common types of description, especially *neurophysiological description* (which cites neurophysiological properties of the organism’s brain or body) and *intentional description* (which cites representational properties of mental states).
- [1. Turing machines](#)
- [2. Artificial intelligence](#)
- [3. The classical computational theory of mind](#)
  - [3.1 Machine functionalism](#)
  - [3.2 The representational theory of mind](#)
- [4. Neural networks](#)
- [5. Computation and representation](#)
- [6. Alternative conceptions of computation](#)
  - [6.1 Information-processing](#)
  - [6.2 Function evaluation](#)
  - [6.3 Structuralism](#)
  - [6.4 Mechanistic theories](#)
  - [6.5 Pluralism](#)
- [7. Arguments against computationalism](#)
  - [7.1 Triviality arguments](#)
  - [7.2 Gödel’s incompleteness theorem](#)
  - [7.3 Limits of computational modeling](#)
  - [7.4 Temporal arguments](#)
  - [7.5 Embodied cognition](#)

«Я же утверждаю: измеримая “физическая величина” имеет объективную вероятность “определенных значений”, а ее “наблюдатель” может быть заменен автоматом».

## Архитектура фон Неймана



Джон фон Нейман  
(1903-1957)

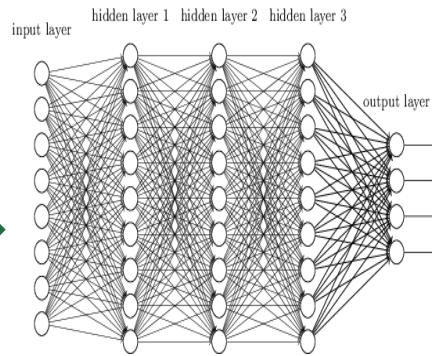
С его именем которого связывают архитектуру большинства современных компьютеров (так называемая архитектура фон Неймана), применение теории операторов к квантовой механике (алгебра фон Неймана)



# ЭВОЛЮЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СТРУКТУР : ОТ «ДЕДУКТИВНЫХ» К «ИНДУКТИВНЫМ» ВЫЧИСЛЕНИЯМ.

Г

**Суть подхода МТ:** реализация дедуктивного процесса с использованием автомата, управляемого алгоритмом, состоящим из команд «МТ»



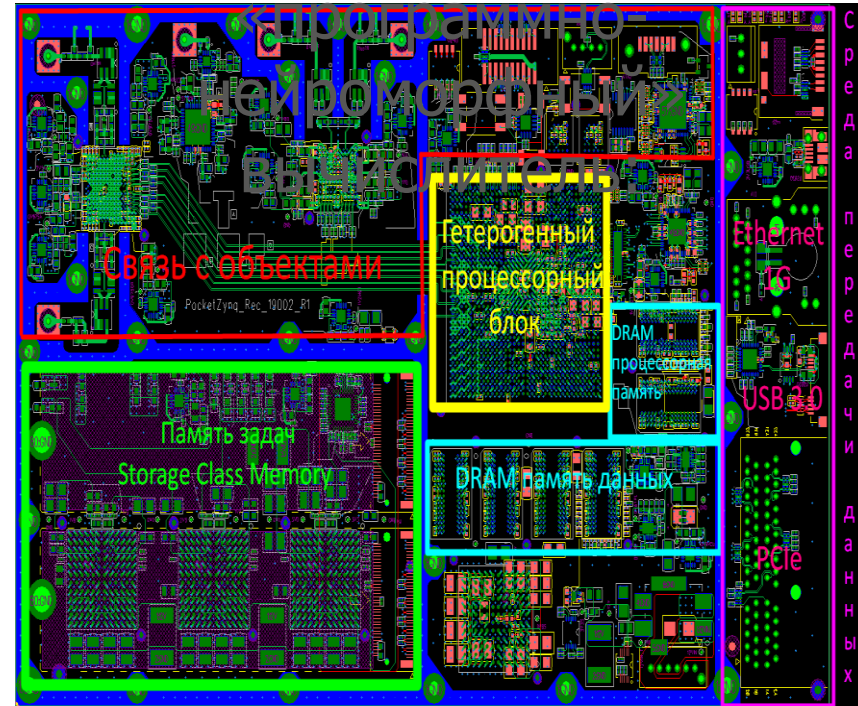
М  
Т



$$\begin{aligned} \nabla \cdot \nabla \psi &= \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \\ &= \frac{1}{r^2 \sin \theta} \left[ \sin \theta \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \varphi^2} \right] \end{aligned}$$



## Гетерогенный



**Суть нейроморфного подхода:**

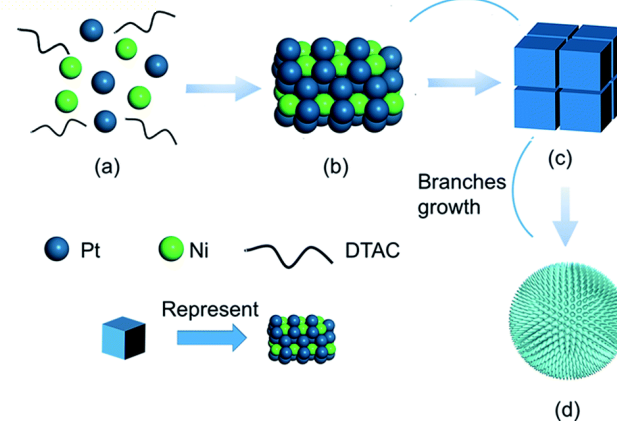
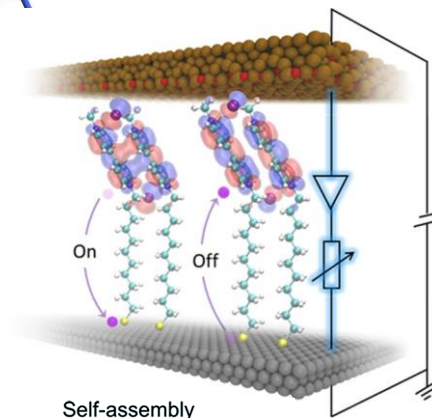
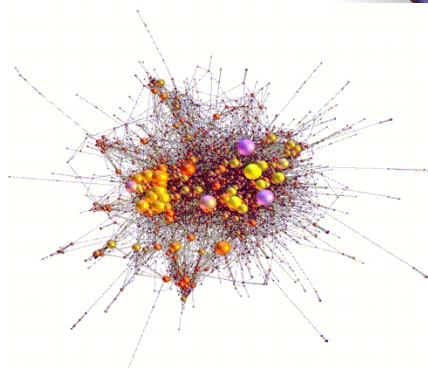
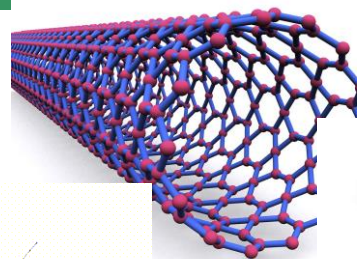
- Индуктивное непроцедурное отображение множества входных данных на **множество заданных классов, элементы которых кодируются вектором данных.**
- Это МТ, но без явно заданного команд алгоритма выполнения операций; В основе идея: движение «ленты» супервентно

Суть гетерогенного подхода:

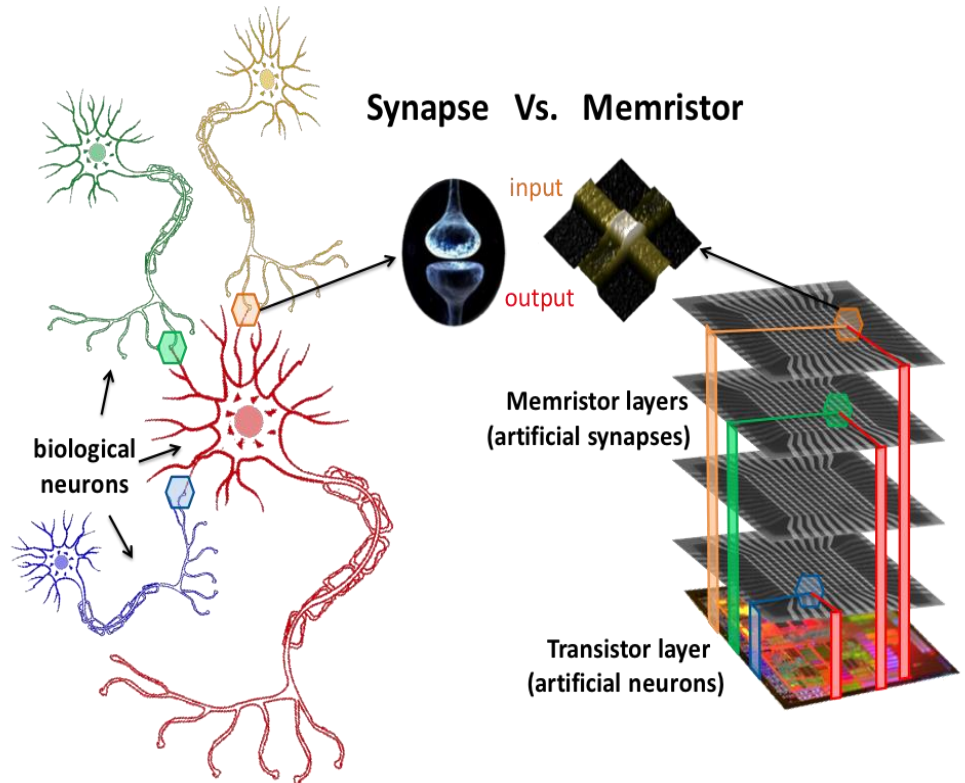
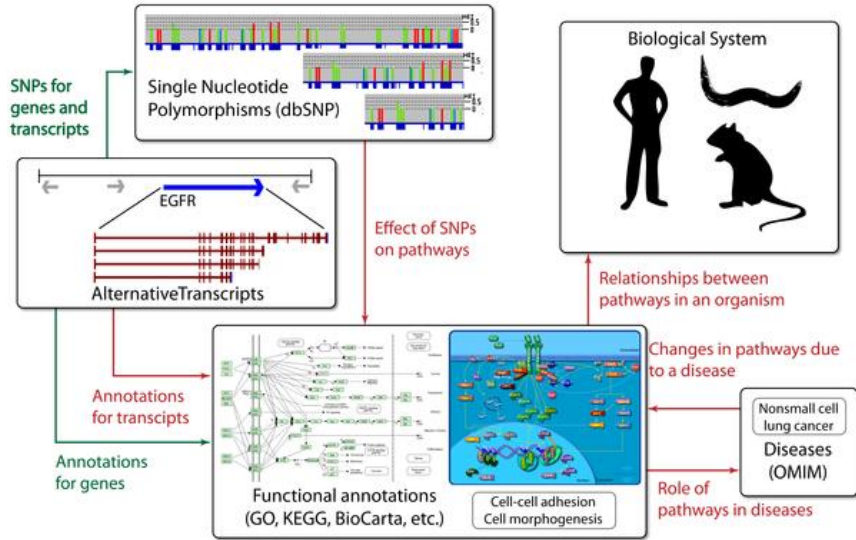
- Реализация возможностей **алгоритмического** решения задачи и
- **индукции** на основе «обучения» **неявного** алгоритма на **заданном классе примеров**

## 3D Computing include (p.112)

1. Nanotube
2. Molecular computing
3. Self-assembly circuits
4. Biological comp system
5. DNA computing
6. Quantum computing



Что же такое вычисления с точки зрения физики ?  
 Где в этом не МТ ? ( МТ – это 2D вычислитель )



Число нейронов (коммутаторов)  **$10^{11}$  шт.**

Число синапсов  $10^{14}$  , а их длина более  **$10^6$  км**

Объем памяти >  **$10^{15}$  байт**

- 1 synapse can store about 10 bits of information
- synapses are the bridges between neurons which carry the transmitted messages
- cerebral cortex has 125 trillion synapses, storage capacity is an amount more then 100 Terabytes
- the memory capacity of the human brain was have the equivalent of 2.5 petabytes of memory capacity.

As is the case with any other organ in the body, brain needs adequate exercise for the proper functioning of memory, i.e. harder thinking will facilitate the permanent storage of information. It is because thinking helps in the creation of a stronger **connection** among the neurons.



С точки зрения компьютерных наук проблема сводится к трем проблемам «арифметизации»

**Проблема 1.** Сущности, которые нельзя измерить, а их характеристики вычислить - нельзя **арифметизировать**, они не имеют **числовой меры или характеристики**.

**Гипотеза 2.** Знания, которые можно **арифметизировать**, обладают свойством **аддитивности** ( их можно складывать и накапливать) .

**Гипотеза 3.** Любые знания, которые можно **арифметизировать**, можно представить в форме компьютерных программ