



Санкт-Петербургский
Государственный
Политехнический
Университет

Институт прикладной
математики и механики

Введение в профессиональную деятельность

**Лекция 6-2:
КН: от моделирования физических
процессов к «имитации функций
интеллекта**

СПб,
14 апреля, 2020 г.

Напомню, что обсуждали на прошлых лекциях.

- Путь развития компьютерных технологий лежит от создания программируемых автоматов для выполнения логических операций, к системам обработки информационных структур и, далее, к системам использования знаний.
 - Любые вычисления надо рассматриваются как физический процесс над различными носителями информации. Именно «информация» является объектом исследований компьютерных наук.
 - Хорошо известно высказывание «отца» кибернетики Н. Винера: «информация есть информация, а не материя и не энергия», так как информация теряется и пропадает, энергия рассеивается, но сохраняется.
 - Компьютерные науки (КН) – изучают мир с информационной и модельной точек зрения, а современный компьютер - воплощение идей синтеза инструмента познания и модели мира в одном техническом устройстве.

Введение в фундаментальную **проблему** представления знаний и моделирования

Актуальные вопросы, которые ждут ответа:

- Как мозг обрабатывает и хранит информацию
- Может ли феномен **интеллекта** имитировать в электронных моделях нейронной сети мозга
- Можно ли свести информационные процессы в неживой и живой материи к общему началу – it from bit.

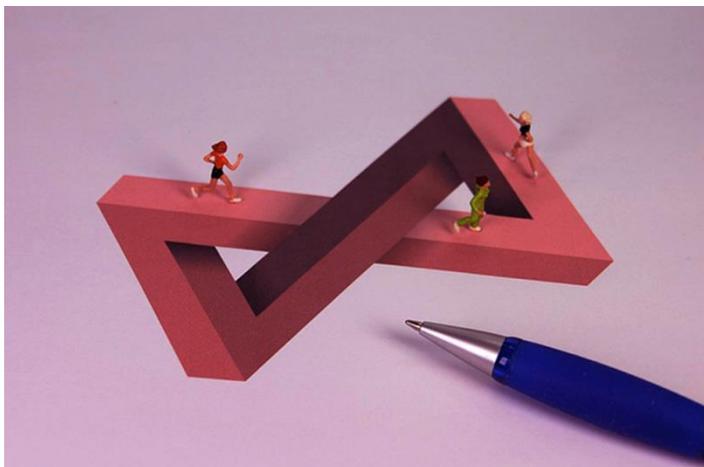
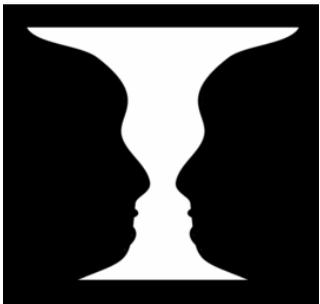
В это лекции обсудим некоторые аспекты этой **проблемы.**

Как мозг обрабатывает информацию ? –целостное восприятие данных , поиск похожего и ранее уже понятого.

Что надо понять1) Как «цифровым способом» смоделировать свойство целостности; 2) Как можно вычислить дискриптор «похожести» двух объектов реальности; 3) Как можно программировать «сознание»; 4) Можно ли доверять результатам когнитивных «вычислений», которые выполняет мозг человека ?

Артефакт - рисунок

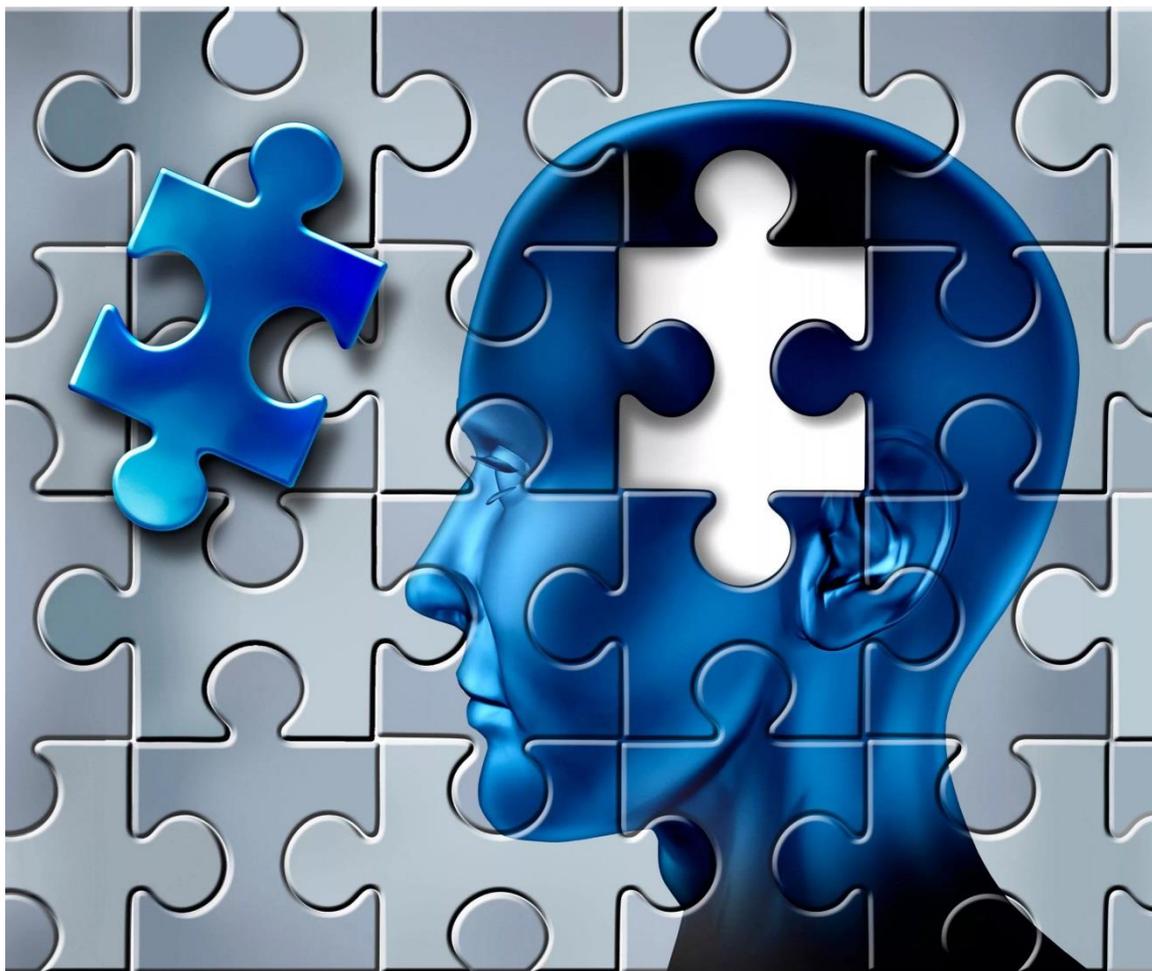
Фотография реального объекта



Целостность восприятия - **согласованность** (а не математическое равенство) частей, составляющих «образ» воспринимаемого **объекта (понятия)**.

Подходы: описание объема понятия через экстенсионал или интенсионал (концепт)

Экстенциональная форма целостного - характеризует объем понятия путем понижением порядка абстракции



Суть формы:

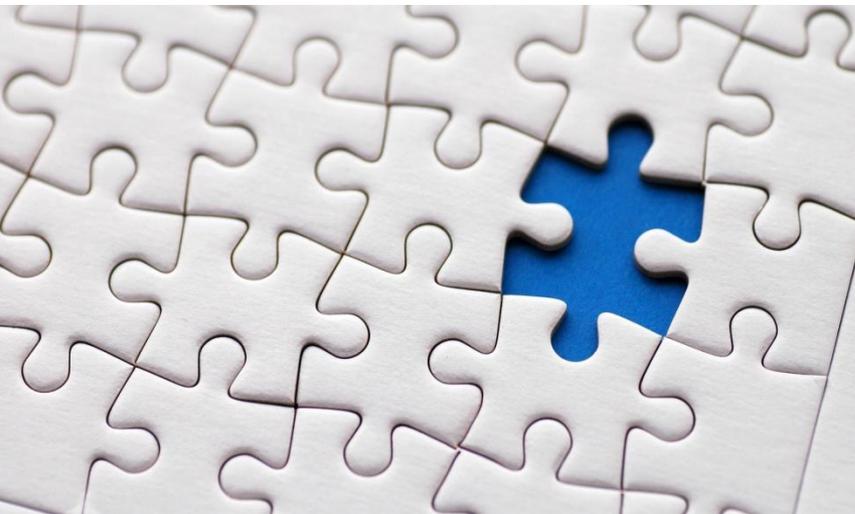
дополнение между собой до формирования объекта .
согласуемых деталей до целостного

Возможно, если все детали имеют «одинаковую структуру»

Примеры:

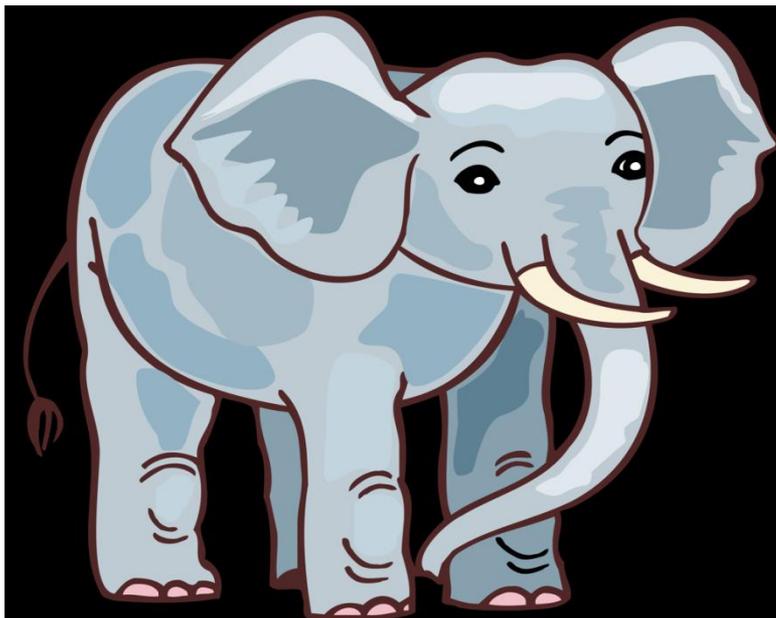
- 1) пазл, собираемый из отдельных «простых» частей
- 2) химические реакция (одинаковые молекулы) в организме человека до формирования феномена «ЖИЗНЬ»

Интенсиональная форма целостного - концептуальная модель целостного восприятия объекта (мыслимых признаков)



← **Симметрия** «простых» элементов у пазла «плоскости»

Сложная структура элементов (мыслимые индивидуальные признаки) пазла модели «реального» объекта



Интенсиональная характеристика содержание понятия путем повышения порядка абстракции



картины- ассоциации
художника Джузеппе Арчимбольдо (16 в.).

Возникающие проблемы :

- если «целое» состоит из конечного количества «простых» частей , тосуществуют ли части «сами по себе» ? ($10=6+4$)
- Какие новые качества приобретает «целое» по отношению к своим «частям» ?
- Есть ли у «целого» «вычислимый» мыслимый признак или маркер ?
- Можно ли строго логически обосновать интенциональную сборку «целого»

«Логика» современных компьютерных наук:

- Тезис 1. «**Существует**» лишь то, что можно **вычислить** (what "exists" is that which can be culculate).
- Тезис 2. Если «объект» или «процесс» существует, то в «толковом» словаре человеческого сознания они имеют **имя** и (human-readable text) **объяснение**, основанное на перечислении их отличительных свойств, представленных в словаре.
- Тезис 3. Взаимодействие объектов, основанное на знаниях, требует синхронизации их «толковых» словарей, с помощью которых **согласованным и последовательным** образом формируются ответы на запросы с использованием «словарных» слов.

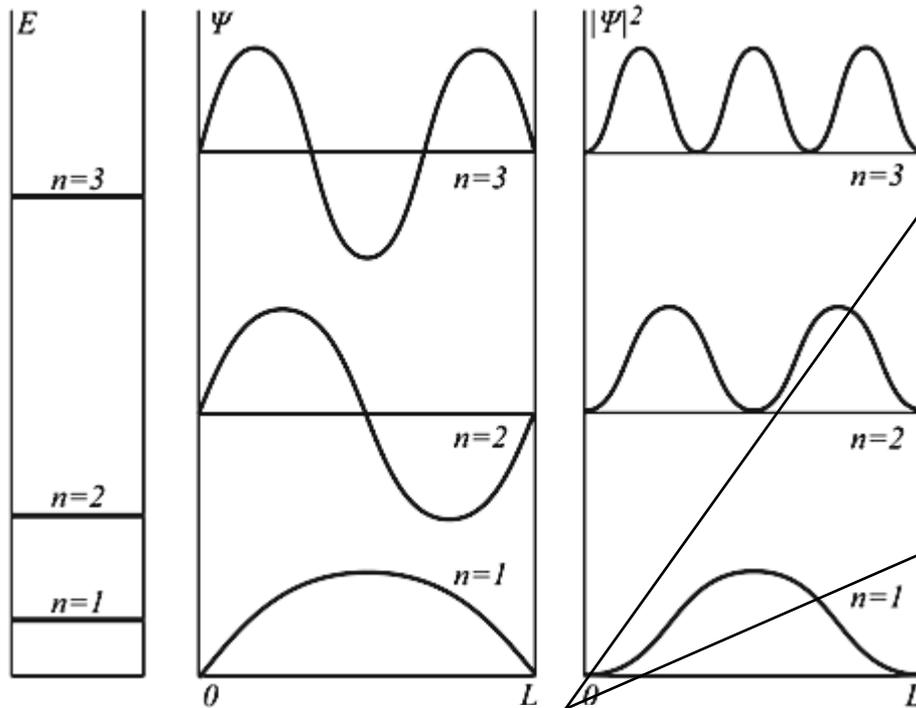
«Датафикация» реальности и проблема «тождества»

- Физическая реальность -суть совокупность объектов и процессов, о которых человек судит на основе доступных для наблюдения или измерения данных (лишение человек данных-одна из форм наказания или тюрьма)
- К объектам физической реальности применим фундаментальный принцип "**тождества неразличимых**", сформулированный Готфридом Лейбницем.



- Суть этого принципа в том, что **любые два** физически **неразличимых** объекта (субстанции) неизбежно **совпадут**, став тождественным объектом (субстанцией).
- Возможность различать одни объекты природы от других неизбежно требует, что объекты являются носителями некоторой **меры разнообразия**, т.е. difference that make a difference* - это и есть **информация**

Принцип неопределенности и физика «волновых функций» состояния



Энергия определяет «частоту» волновой функции квантовой частицы Ψ_i

Квадрат модуля волновой функции $|\Psi|^2$ определяет **вероятность** нахождения частицы в i -ом **СОСТОЯНИИ**

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$$



Проблема тождества цифровых представлений данных

Вопрос: Почему **бесконечная** сумма геометрической прогрессии дает **конечный** ответ, если $a < 1$. Потому, что **любая точка в единичном круге** поля вещественных чисел содержит **информацию** о поле в целом:

$$1 + a + a^2 + a^3 + \dots = \frac{1}{1 - a}.$$

Применяя вычисления бесконечно много раз можно получить конечные результаты.

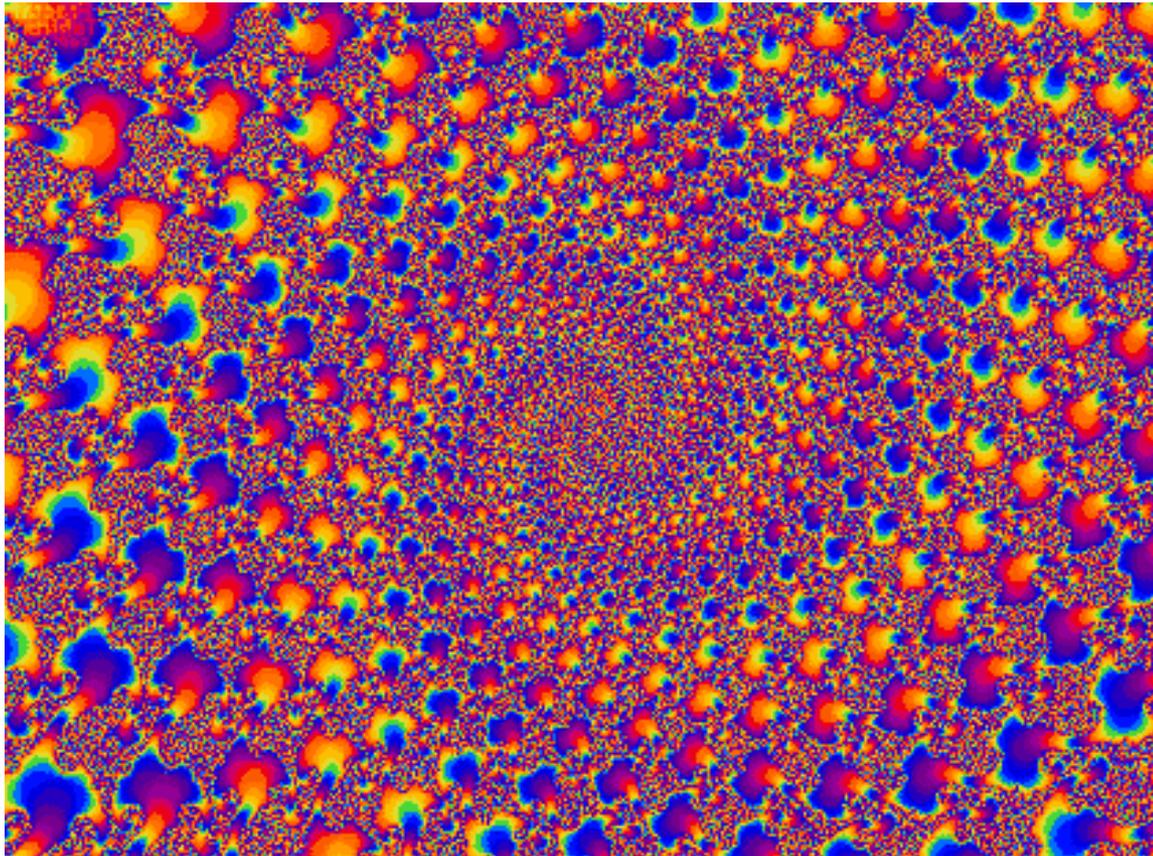
Вопрос: Как называется число, к которому если прибавить единицу, то получится ноль? И так: $a + 1 = 0$, число $a = -1$, но..., если число **разрядов числа конечно**, то :

....9999999999 → значит это число **= -1** ? или все таки **-1 и есть «бесконечность»** ?!
 + 1

 ... 0000000000

Вывод: если в любой точке «объекта» есть **информация** о объекте в целом то это информационный фрактал!

Фрактал – пример самоподобного целостного множества

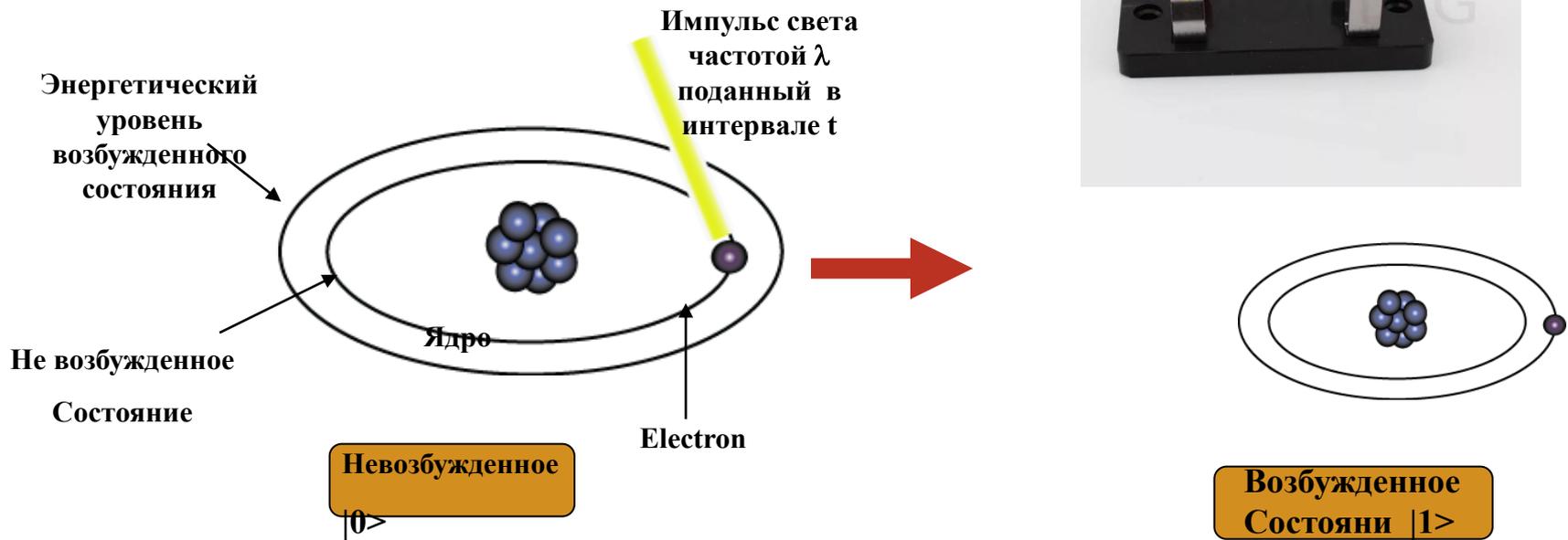


Физические носители цифровых моделей: bit & Qubits

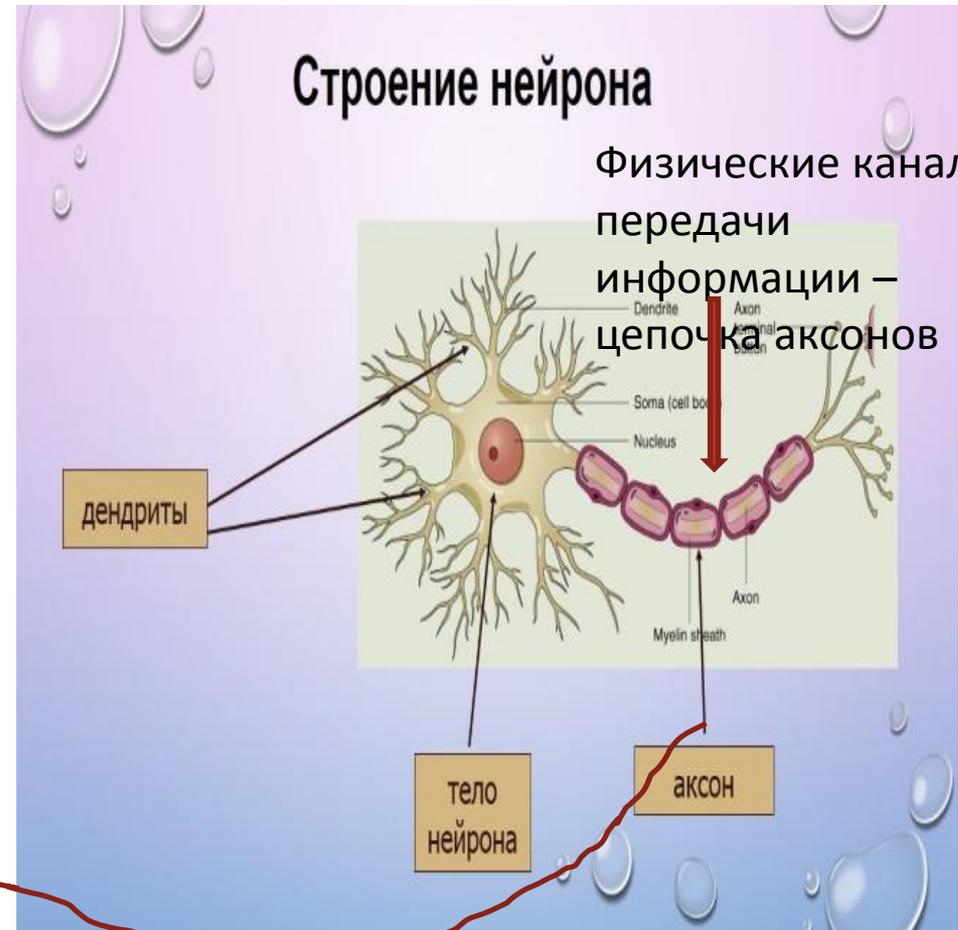
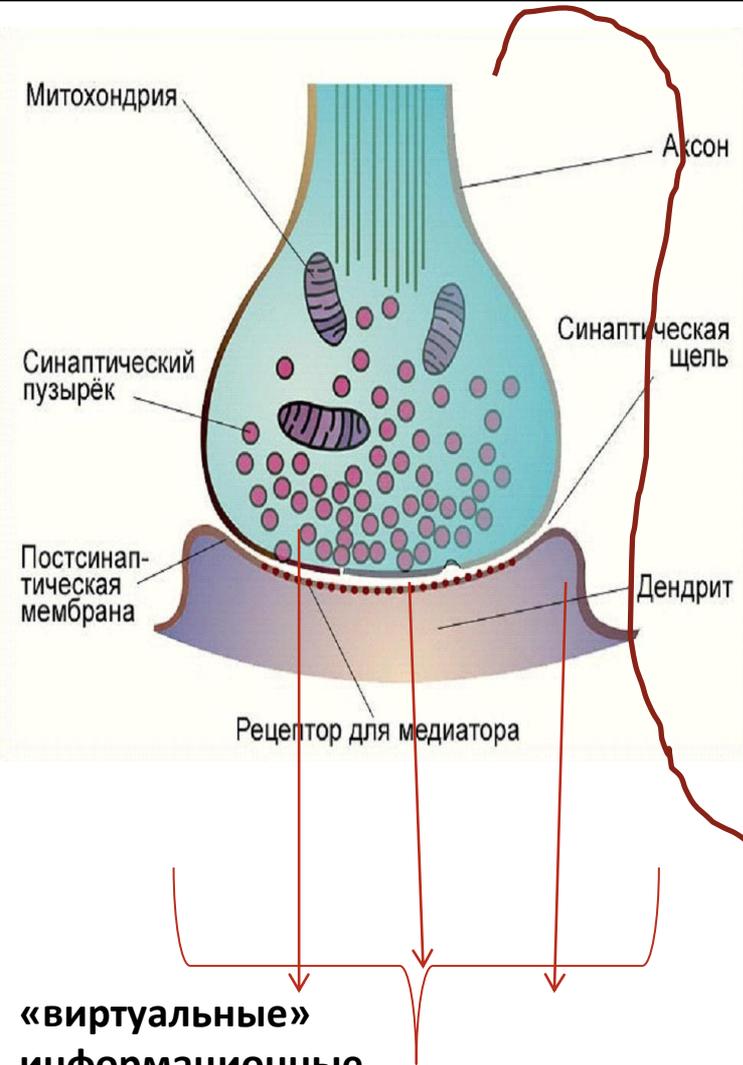
Состояние атома, имеющего два различных энергетических уровней, можно описать **вектором**. «Возбужденное» состояние обозначим вектором $|1\rangle = (0, 1)^T$, а не возбужденное вектором $|0\rangle = (1, 0)^T$

Бит – это **скаляр** $\{0,1\}$. Модель – электрический «ключ»

Qubit:



«Цифровая» физиология нейронных сетей мозга

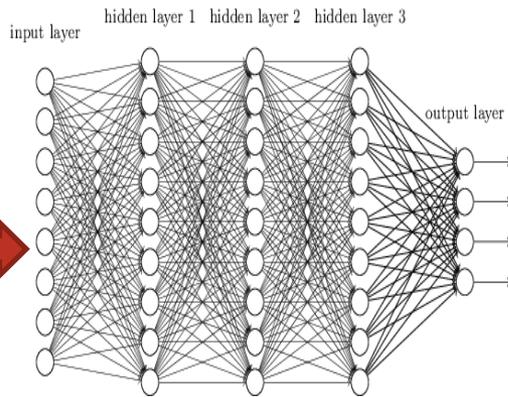


**«виртуальные»
информационные
каналы передачи
нейромедиаторов**

Нейромедиаторы — биологически активные химические вещества, посредством которых осуществляется передача информации между нейронами через синаптическую сеть мозга.

От «алгоритмических» цифровых «нейро» сетей к «гетерогенным» виртуальным вычислителям.

нейронная сеть - **индуктивный** классификатор входных данных



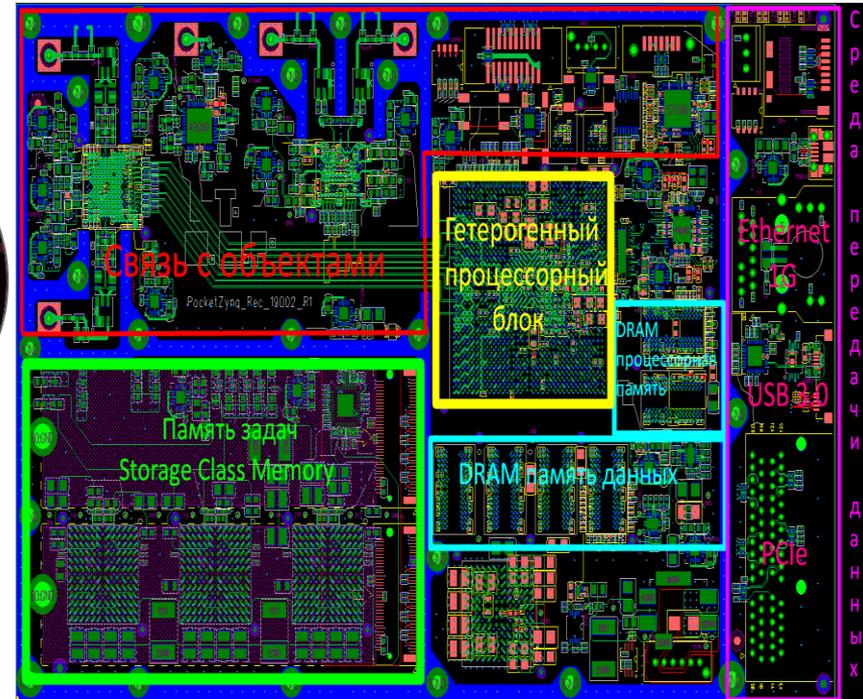
MT

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

Суть нейроморфного подхода:

- Непроцедурное отображение множества входных данных на **множество заданных классов**
- Программирование без явно заданного алгоритма с помощью «обучения» на примерах

Гетерогенный вычислитель:

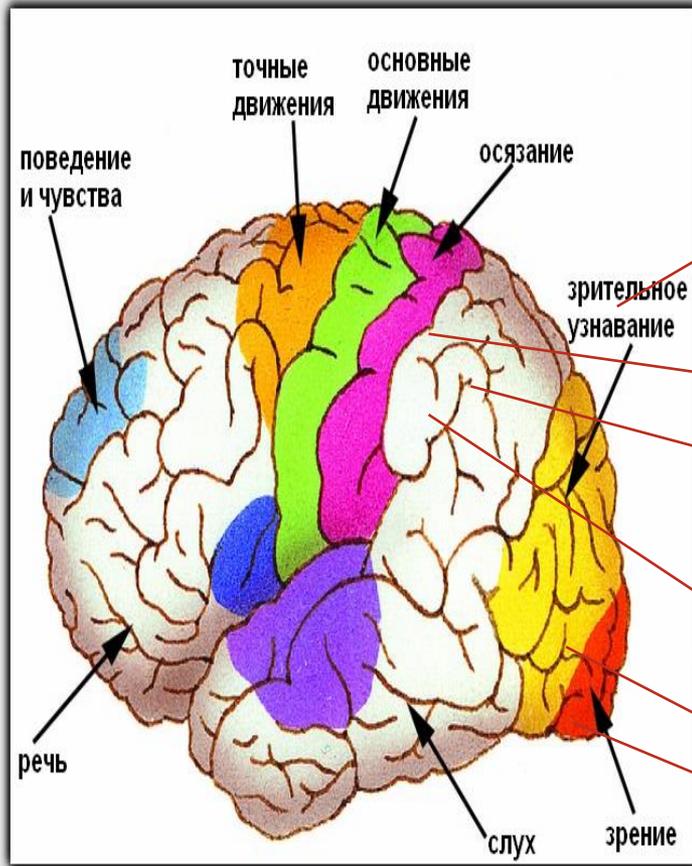


Суть гетерогенного подхода:

- Реализация возможностей **прямого алгоритмического** решения и индукции с помощью «обучения» **неявного** алгоритма на **заданном классе примеров**

Функциональная характеристика когнитивных функций:

Функции основных зон большого мозга

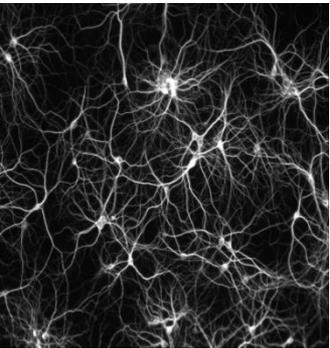


Уровень
«понимания»
и «объяснения»

Уровень
«агрегации»
и моделирования

Уровень доступа и **обработки**
«больших сенсорных **данных**»

Сравнение природных «нейро» и электронных «кибер» сетей

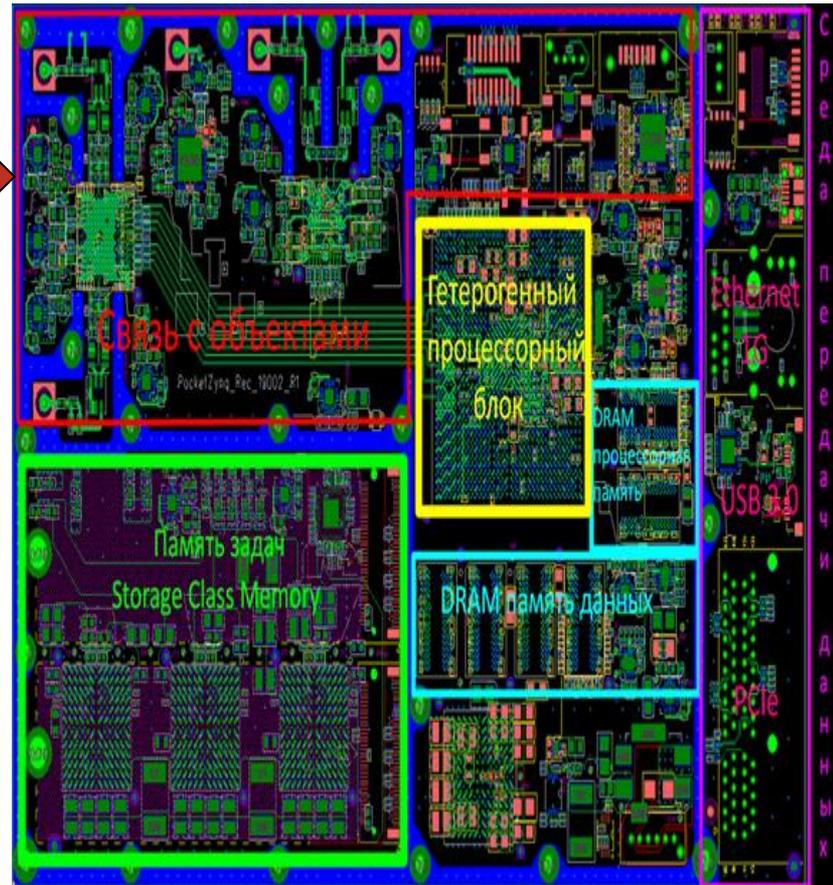
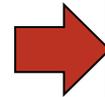


Формирование
нейронных
колонок,
цепей,
сетей



МРТ снимок мозга

Число нейронов (коммутаторов) 10^{11} шт.
Число синапсов 10^{14} их длина более 10^6 км
Объем памяти $> 10^{15}$ байт



Структура вычислителя:

Число процессорных ядер 10^4
Длина соединительных линий 50 см
Объем памяти 10^{13} байт

Архитектура гетерогенной вычислительной платформы

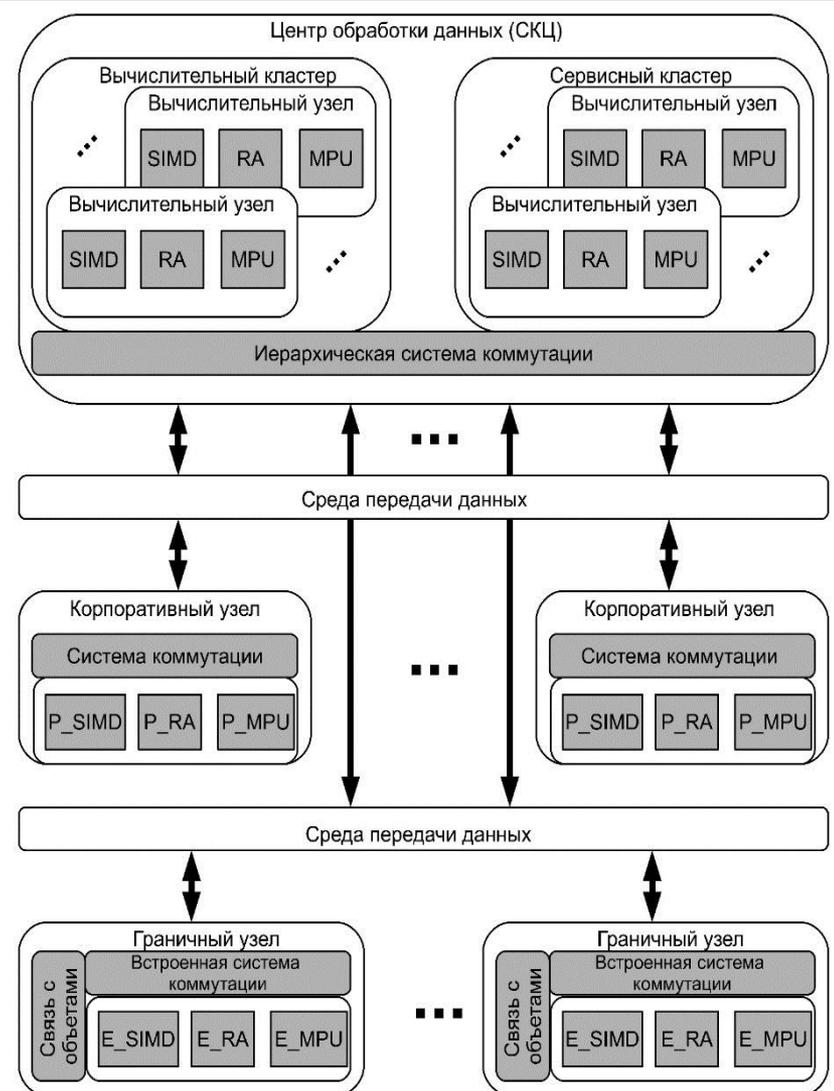
Уровень «**system**» - действие «Надо»
аналог неокортекса, реализация функции
«социального поведения».

Понимание результатов вычислений и решения
«обратных» задач синтеза алгоритмов в
режиме just in time – точно в срок (или плану)

Уровень «**premises**» - действие “Хочу”, аналог
лимбической системы, реализация функции
«инстинктивно/рефлексивного» поведения.
Оптимизация спецификаций и форматов
данных, «подготовка прошивок» для
конфигурации ПЛИС, контроль адекватности
цифровых моделей

Уровень «**edge**» - Сенсорная среда обработки
данных

Доступ с «пространству» больших данных,
доставляемых сенсорами и используемых для
«извлечения» мульти-модальных данных

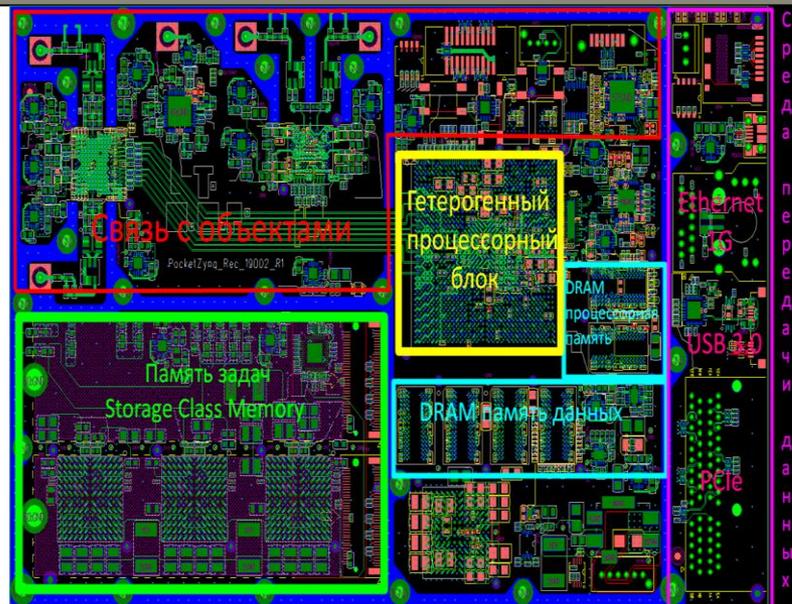


Компоненты платформы уровня «edge»

Подход: формирование общего поля памяти распределенной **вычислительной среды** процессорных ресурсов класса «центральный, графический, программируемый» (**CPU|GPU|FPGA**) и «умных» протоколов передачи данных (**OpenCAPI | Gen-Z | CCIX**)

Компоненты платформы «конфигурируются» с учетом требований к обмену информации решаемой прикладной задачи, используя как процедурные алгоритмы, так и методы **машинного обучения, основанные на обработке апостериорной информации**

Результат: эффективное масштабирование процессов вычислений **на трех уровнях платформы:** обработки по заданным алгоритмам, агрегации с учетом статистики данных и «объяснения» результатов вычислений



Сеть виртуальных соединений программно-аппаратных компонентов с архитектурой **SIMD (GPU)** для **имитации нейронных связей**, реконфигурируемых микросхем **RA (FPGA)** – для **адаптации к алгоритмам MPU (CPU)** для проведения **логики-алгебраических вычислений** в рамках гибридной технологии **«computation in memory & computation in virtual channel»**

Заключение

Человек воспринимать физический мир не непосредственно, а с помощью информации, полученной от органов чувств и обработанной головным мозгом.

Полученные данные дорабатываются, либо в сознании, либо помощью компьютерной модели.

Результаты физических измерений – т.е. цифровые данные, носят принципиально вероятностный характер, поэтому доступное нам «научное» описание реальности по своей природе информационно.

Вопросы:

- Как характеризовать экстенционал мозга ?
- Каким образом в компьютере можно сформировать интенциональную характеристику объекта ?
- Может ли компьютерная система, использующая цифровые модели, быть «целостной» ?