

ВШ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

курс: Введение в профессиональную деятельность

ТЕМА3. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ КОМПЬЮТЕРНЫХ
НАУК

ЛЕКЦИЯ 8 : СУЩЕСТВОВАНИЯ НЕВЫЧИСЛИМЫХ СУЩНОСТЕЙ

20 ноября
2025

Введение в профессиональную деятельность

13.11.2024

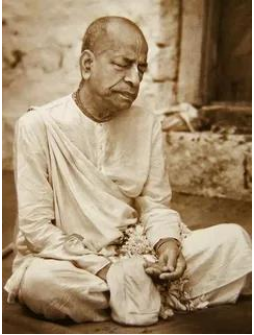
- **166 ЗАПИСАНО СТУДЕНТОВ**
- **119 СТУДЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ**
- **47 ПРИСТУПИЛИ К ВЫПОЛНЕНИЮ 2-ОГО ЗАДАНИЯ**



Лекция 7 : *Диалектика компьютерных наук : «понять нельзя вычислить»*

- Утверждение . Если множество S перечислимо, то оно является множеством значений некоторой вычислимой функции.
- Утверждение . Если множество S является множеством значений всюду определённой вычислимой функции, то оно перечислимо.

ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩЕСТВУЮЩАЯ VS ИНТУИТИВНАЯ ПОНЯТНАЯ МОДЕЛИ РЕАЛЬНОСТИ



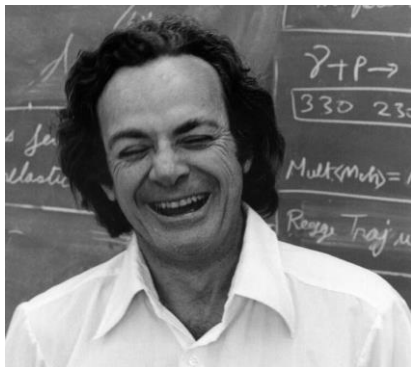
Тень бесплотна и лишена подлинности, но интуиция по тени может судить о **свойствах реальности**.

Ш. Прабхупады
(1896 -1977)



Под интуицией я подразумеваю не зыбкое свидетельство чувств и не обманчивое суждение воображения, а понимание ясного и внимательного ума, настолько отчетливое, что не остается совершенно никакого сомнения относительно того, что мы разумеем.

Р. Декарт
(1596 – 1650)



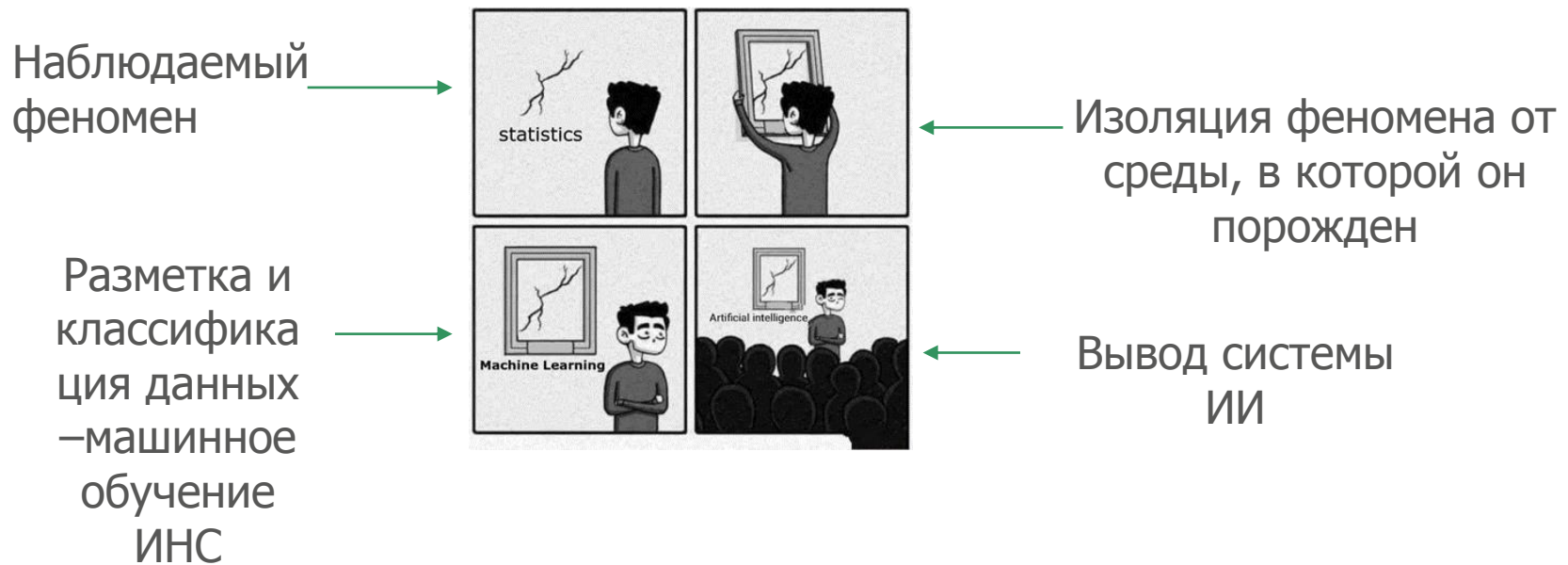
Под **пониманием** я подразумеваю формирование физической картины явления, которая **интуитивно** кажется совершенно ясной

Р. Фейнман
(1918-1988)

- Идея : физические системы суть специализированные очень эффективные вычислители. Искушение: Можно ли использовать физические процессы в качестве решения вычислительных задачи?
- **Гипотеза:**
- **№2** Вычисления — это **процессы в физических системах**, направленные в сторону состояния с минимальной вероятностью / максимальной информацией Шеннона
- **№3:** Программа вычислений — суть **исчисление**, основанная на аксиомах описания состояний физической системы, которые обладают минимальной энтропией

•

«Сложность машинного обучения»:
ИНС «черный ящик» описания наблюдений



Основной вопрос пользователя - как повысить скорость обучения и точность решения своих прикладных задач? **Решение проблемы:** сделать так, чтобы на вопрос пользователей мог ответить «сам СК» : какая часть используемого ПО и АО «ему» мешает работать

КАКОЙ ИЗ ОТВЕТОВ ИМЕЕТ ПРАВИЛЬНЫЙ (ИМЕЕТ СМЫСЛ)

C++

- $1+2 = 3$
- $1.0 + 2 = 3.0$
- $1.000000 + 2.000000 = 3$
- $1.000000000000000001 + 2.0 = 3.0$
- $1 + 2.0000000000000000 = 3.0000000000000000$
- $1.001 + 2.0001 = 3.0011$

LLM: один полюс два равно 3

JavaScript

$5 + \text{«}3\text{»} = 8$

$5 + \text{«}3\text{»} = 53$

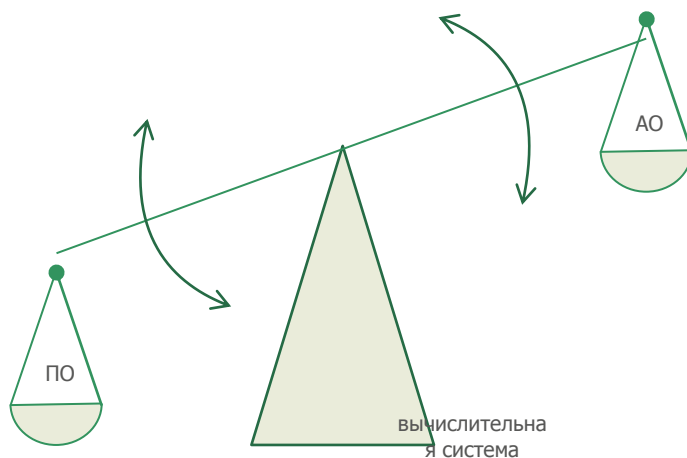


Are there some questions that computer could never answer for us, **however beautifully made it might be?**

Richard Feynman

Есть ли какие-то вопросы, на которые **компьютер никогда не смог бы ответить** за нас, каким бы прекрасным он ни был?

Ричард Фейнман



**Что современный компьютер не может
вычислить в принципе и почему ?**

Искушение - это побуждение нарушить (объективные) законы

90-е годы 20 века: **задачу решим на компьютере** («действие» - программы код ,
КТО напишет ???)

20-е годы 21 века: **задачу решит ИИ** («действие» - обучение , **чему и Как** надо
«научить» ???)

Практическая интерпретация проблемы «искушения»

- всё **«хорошее»** (например, правильно написанная программа) более «хрупко» (**в смысле вероятности сохранить нужное свойство при любых изменениях**), чем любое **«плохое»** (антоним слова «хорошее», «плохое» – значить устойчивое к возможным изменениям или «робостное»)

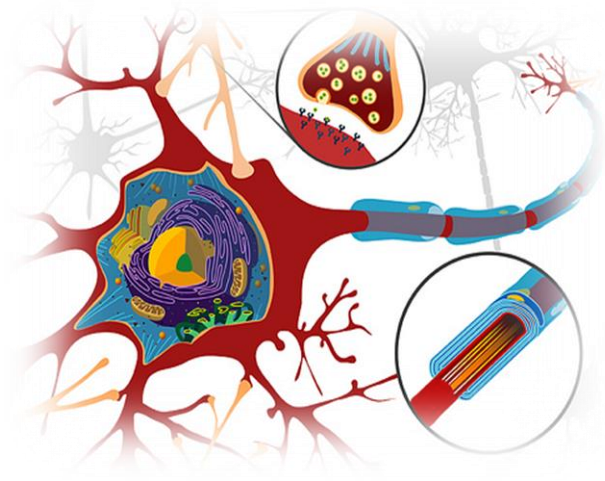
В компьютерных науках «хрупкое» **понятие** – это **«хорошая программы»**. Это понятие было заменено **условно** более **«плохими»** **понятиями** как : **«вычислимость, перечислимость, разрешимость»**,

Специфические свойства биологической памяти по сравнению с компьютерной



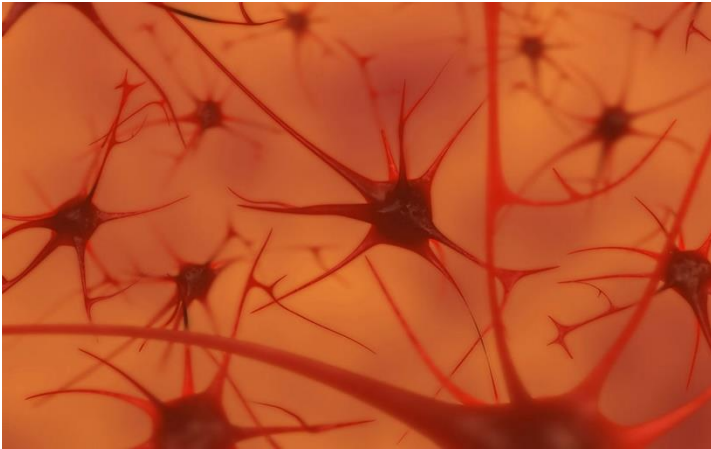
- ❖ **Нерепрезентативность** - она не является точным отражением событий внешнего мира.
- ❖ **Реконструктивность** - ее воспроизведение является активным процессом самосборки нейронной системы.
- ❖ **Нерепликативность** - каждое ее следующее воспроизведение отличается от предыдущего, вовлекая перекрывающуюся, но отличающуюся популяцию нейронов и синапсов.
- ❖ **Рекатегориальность** - каждая ее новая реконструкция при воспроизведении проходит оценку идентичности на весах других, связанных с ней систем.
- ❖ **Реконсолидируемость** - каждая новая реконструкция подвергается запоминанию, сходному по своим механизмам с процессами исходного запоминания.

Специфические свойства биологической памяти по сравнению с компьютерной



- ❖ **вырожденность** - одно и тоже событие хранится в виде множественных неидентичных копий функциональной системы,
- ❖ **автоассоциативность** - разные копии одной и той же функциональной системы имеют связи с разнообразными другими системами за счет вырожденности набора входящих в эти копии нейронов,
- ❖ **реинтегративность** – целая система может быть извлечена из памяти по возбуждению небольшой части ее элементов,
- ❖ **репаративность** – система может восстанавливаться при повреждении части из ее элементов или даже части из ее копий.

Мозг — ЭТО ОН/ЛАЙН САМО-ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬ



А вот современные подходы
машинного обучения лишены
возможности обучаться
непосредственно в процессе
решения поставленной задачи.



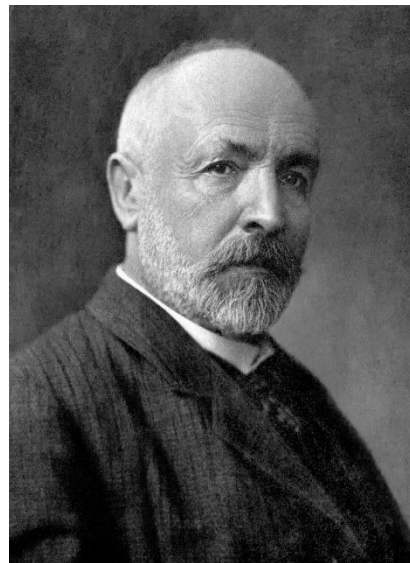
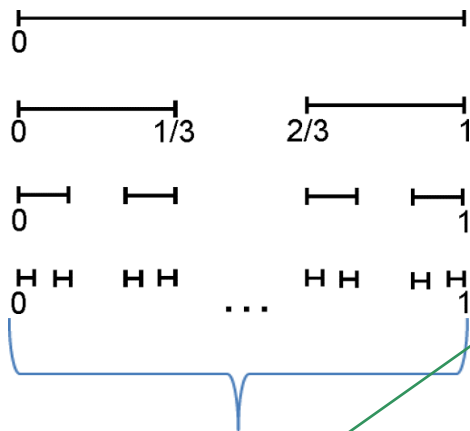
- Сложные системы , например, крыло птицы, смысла эмулировать при наличии реактивных самолетов, превосходящих птиц по всем (почти) характеристикам.
- Нет смысла эмулировать мозг при наличии искусственных нейронных сетей, которые работают быстрее и точнее, в распознавании лиц
- Например, AI-планер-трансформер в стратосфере может летать бесконечно долго трансформируя энергию солнечного света с помощью солнечных батарей, расположенных в очень длинных крыльях.
- А вот крылья птиц не имеют такой прочности и и длины и, поэтому, летное качество их в целом ниже

Счетная аддитивность

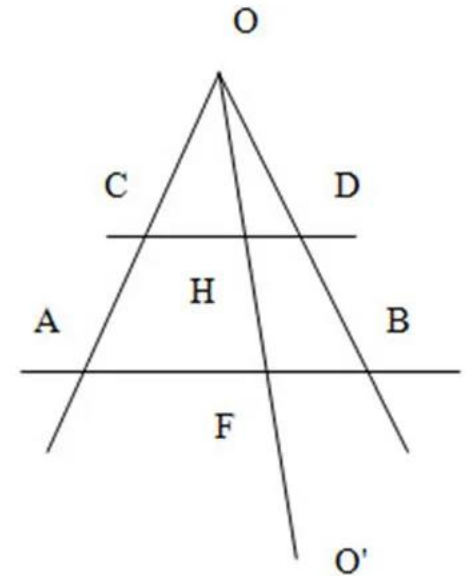
Можно ли из нульмерных объектов (точек),, построить не нульмерный протяженный объект, например **отрезок** ?

$$\mu\left(\bigcup_{i=1}^{\infty} E_i\right) = \sum_{i=1}^{\infty} \mu(E_i)$$

Точка –
множество
меры ноль

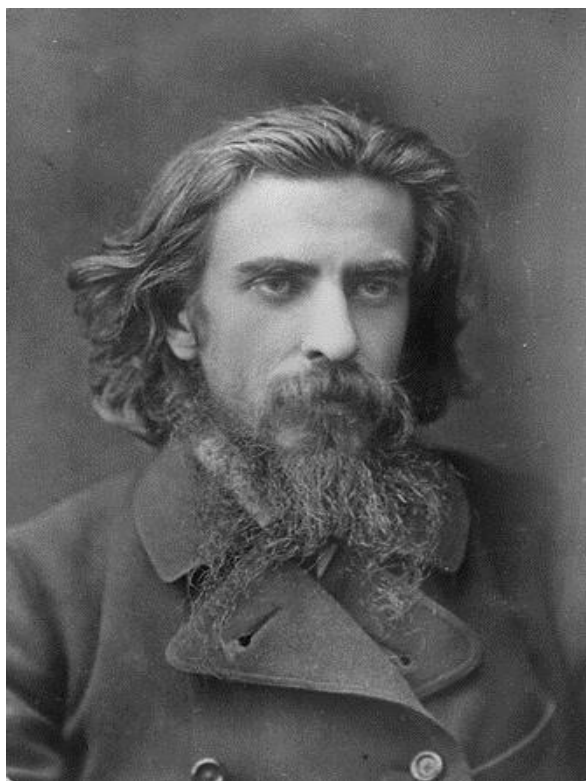


Г. Кантор



Из какого количества точек составлены отрезки AF и CH?

Канторово множество счётное объединение объектов **меры 0**



*«Милый друг, иль ты не видишь,
что всё видимое нами –
Только отблеск, только тени от
незримого очами»*

В.С. Соловьёв (1853 - 1900)
академик Императорской
Академии наук по разряду
изящной словесности

Можем ли мы «наблюдать»

- корни квадратного уравнения
 - температуру 36.6
- собственные числа матрицы

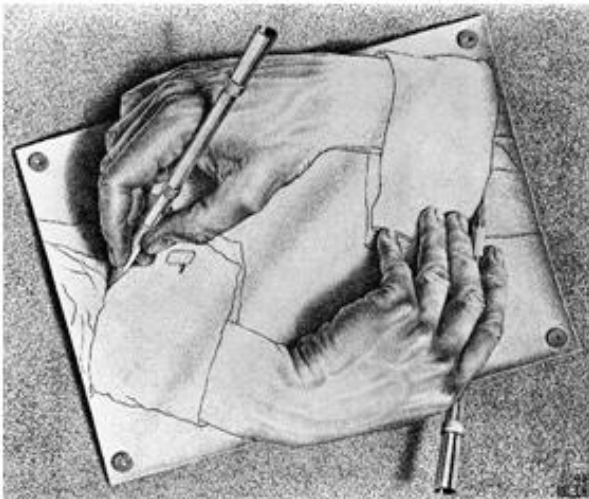
Последовательности бывают разные

- числа-числа

vs

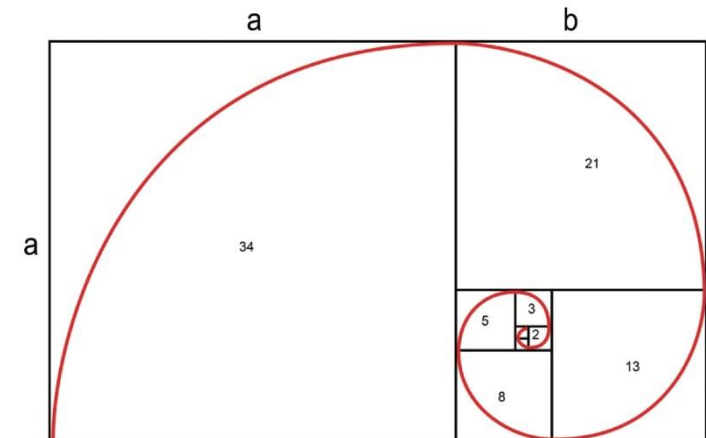
- рисунок-рисунок

Картина Эшера рисующие руки



Пример взаимного сосоздания и циркулярной причинности.
Метафора странной петли Хофштаттера

Пример: числа Фибоначчи
самореферентны- определяются
суммированием двух предыдущих
членов ряда
но... начальные значения должны быть
заданы

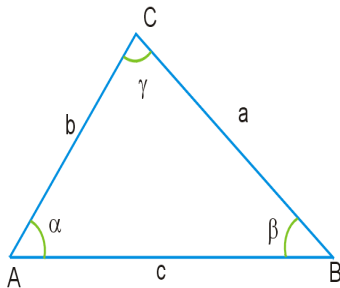


Механизм самореференции (индуцированное) свойство возникающее в сложных системах с **strange loop** циклической структурой, которая проходит через несколько уровней иерархии системы и попадает в исходную точку



ПОЛИТЕХ

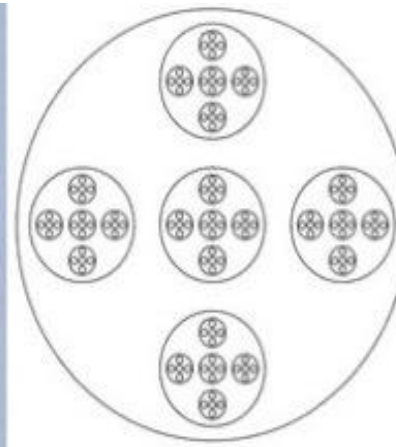
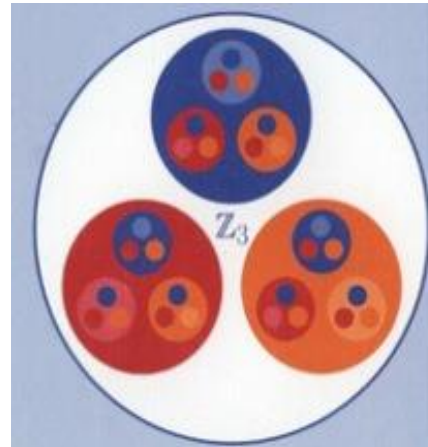
ФРАКТАЛЫ ИЛИ НЕАРХИМЕДОВЫ УЛЬТРАМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОСТРАНСТВА



$$d(x, z) \leq d(x, y) + d(y, z)$$

«классическое»

неравенство
треугольника



Пример: **ультраметрические пространства: многообразие**
бесконечно вложенных друг в друга объектов

В **ультраметрическом**
пространстве у треугольника
не бывает самой длинной
стороны;

(все **треугольники**
равнобедренные, а
окружности – вложенные)

«ультраметрическое» неравенство треугольника:

$$d(x, z) \leq \max(d(x, y), d(y, z))$$

Пример: в квантовой механике, невозможно измерить
расстояния, меньшие «планковской длины» (неравенство
Гейзенберга), что нарушает аксиому Архимеда.....

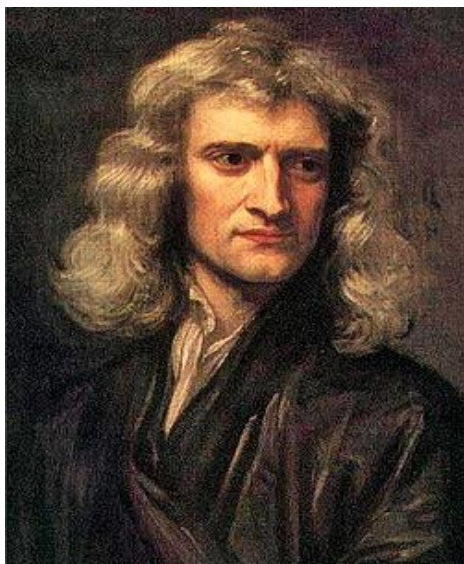
пространство на этом масштабе «ультраметрическое» ???

ЧТО ЖЕ ТАКОЕ ЧИСЛО ?

«Под числом я подразумеваю не столько набор единиц, сколько абстрактное отношение некоторой величины к другой величине того же вида, которую мы принимаем за единицу».

(By a number I do not mean so much a set of units as an abstract ratio of some quantity to another quantity of the same kind, which we take as a unit)

И. НЬЮТОН
(1643 – 1727)

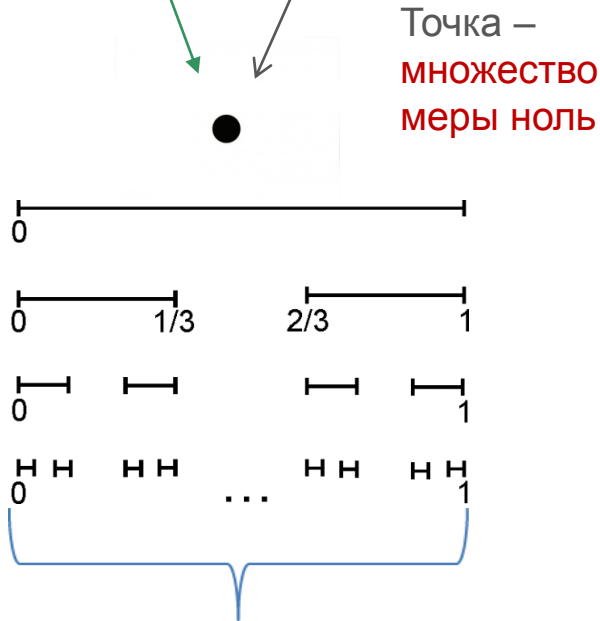


Проблема

объективизации

- ПОНЯТИЙ И
- ЧИСЛОВЫХ ОТНОШЕНИЙ

Можно ли из нульмерных объектов (точек), построить не нульмерный протяженный объект, например **отрезок** конечной длины?



когда:
 $0 * \text{'бесконечность'} = 1$
???

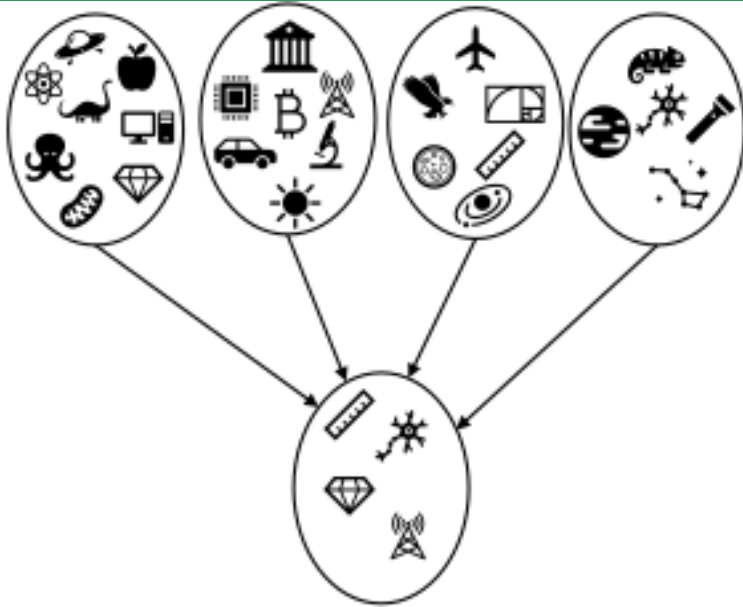
Пример: числа Фибоначчи самореферентны - определяются суммированием двух предыдущих членов ряда
но... начальные значения должны быть заданы

«Под числом я подразумеваю не столько набор единиц, сколько абстрактное отношение некоторой величины к другой величине того же вида, которую мы принимаем за единицу».

И. Ньютон

Канторово множество счётное объединение объектов **меры 0**

«ЧУДОВИЩНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ» «АКСИОМЫ ВЫБОРА»

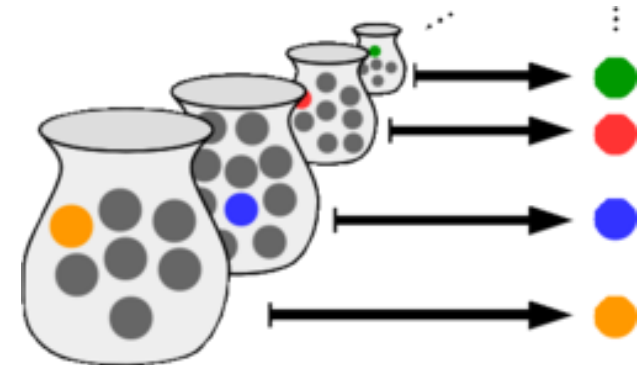
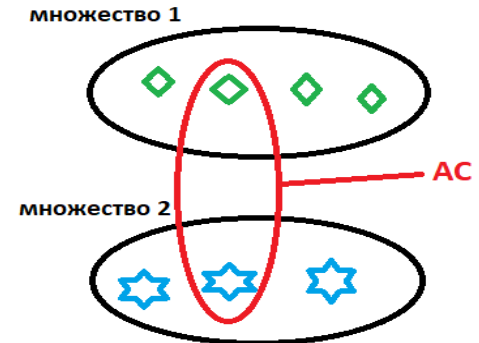


$$\forall \alpha \exists f (\forall \beta (\beta \in \alpha \wedge \beta \neq \emptyset) \Rightarrow f(\beta) \in \beta)$$

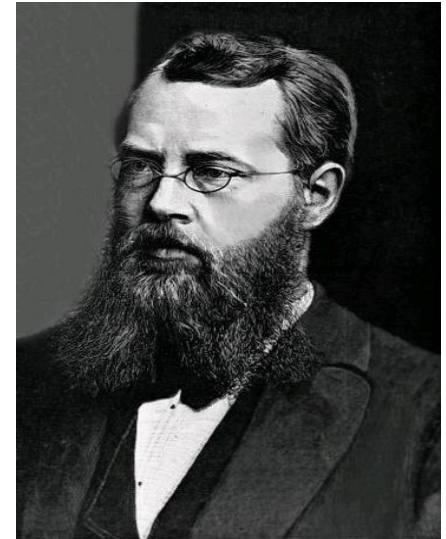
декартово произведение (пересечение) набора непустых множеств непусто. Другими словами, из коалиции множеств, с помощью функции (алгоритма) можно создать новое множество, выбрав по одному элементу из каждого множества коалиции, даже если эта коллекция бесконечна

Аксиома выбора - имеет простую формулировку, но с «ЧУДОВИЩНЫЕ» последствия.

Формулировка аксиомы: если существуют два непустых множества, **то существует и множество**, содержащее ровно по одному элементу из обоих:



- Можно ли изучать и понять различные физические явления и процессы, но не с помощью измеряемых «сил» или «воздействий», а с помощью **множества мыслимых «понятий», которые**
 - как по аналогии с физическими объектами, образуют **некоторое** «пространств», являющемся носителем **«операций»** **над понятиями....**
- При этом если сами «операции», обладают некоторыми особыми свойствами, **например, симметриями**, то они **образуют новый «математический объект»,** аналогичный абстрактным исчислениям, например, в **алгебре С. Ли**



Софус Ли (1832-1899)
теория алгебр Ли
(векторное пространство над полем K с билинейной операцией) и **топологии** групп **симметрии** физических систем



ОДИН ИЗ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ВОПРОСОВ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК: КАК ПРЕДСТАВЛЯЕТСЯ КВАЛИА В СИСТЕМАХ ИИ ?

Нейрофизиологам известно, что:

- квалиа не является частью «физического» мира (впрочем также как ПО) – ощущение «красный» не возникает как физический процесс, воплощенный в «красном» диапазоне спектра электромагнитного излучения....
- в красном свете (частота колебаний фотонов) нет красного цвета (кода), но при обработке посланного глазом в мозг информационного сигнала (кода) в сознании **«ВЫЧИСЛЯЕТСЯ»** квалиа **красного цвета**.

Вывод:

если бы код «краснота» физически содержался бы в электромагнитном излучении, то видеть «**красные**» **вещи** во сне, когда глаза закрыты, было бы невозможно. Мир физических процессов и мыслимых понятий разделены (мировое пространство как бы расслоено на физику процессов и смыслы)

Будем искать «под фонарем»: «квалиа» – это аналог ПО современных компьютеров

И ЕСТЬ ЛИ КВАЛИЯ У АБСТРАКТНЫХ ПОНЯТИЙ

Эмми Нетер показала, что каждая **сохраняющаяся** физическая величина соответствует **инвариантам** дифференциальных выражений.

Основная теорема арифметики утверждает, что **каждое натуральное число, большее единицы, представимо в виде произведения простых чисел, причём единственным способом** с точностью до порядка следования сомножителей.

Гипотеза Коллатца - любое **натуральное число** в итоге путем вычислений **переходит в единицу**.

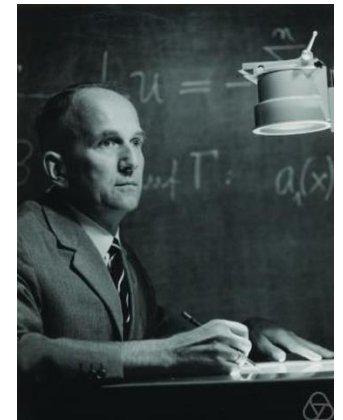
- Дано натуральное число x . Если число четное – делим его на два ($x/2$), если нечетное – умножаем на 3 и прибавляем 1 ($3x + 1$). Повторяем все эти операции, пока число не станет **равно единице**.
- Пример:, **12**, 6, 3, 10, 5, 16, 8, 4, 2, **1.**

число «1» представляет Высшую сущность.

Пифагор



1882-1935



1910-1990

СЛЕДСТВИЯ ИЗ «ЕДИНСТВА» ПРИРОДЫ

Античная школа Фалеса из г. Милет:

Анаксимандр - автор фундаментальной философской идеи – об единстве и борьбе противоположностей **первый вывел фундаментальный закон сохранения** :

- Из тех же вещей, из которых **рождаются** все сущие вещи, в эти же самые вещи они **разрушаются** согласно предназначению

Вывод: все наблюдаемое и мыслимое в Природе подчиняются неким законам

Примечание:

из письма И. Ньютон Р. Гуку : «**мне просто стыдно** признаться с каким числом знаков у чисел проделал я эти вычисления».

....**Слова - понятия заменяют числа - знаки**

Анаксимандр Милетский



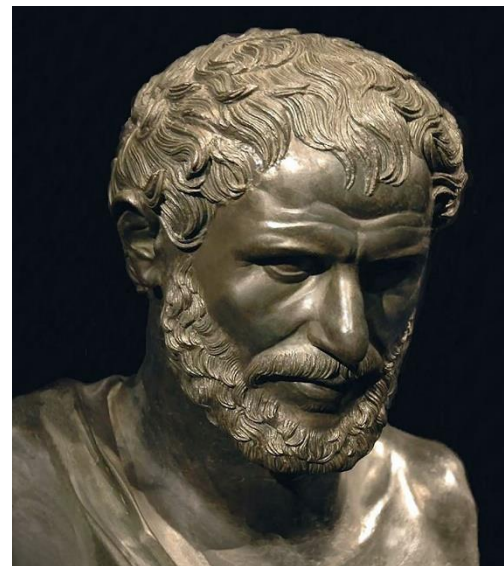
610- 546 до н.э;

построил:
механическую модель
неба, пришел к выводу,
что дождь
результат испарения
воды, начертил первую
«карту мира»

Аксиома безграничной делимости (чисел, вещества,, понятий), диалектика **противоречий** изменения и постоянства :

- у **мало** нет **наименьшего**, но всегда ещё меньшее...(аксиома Архимеда)
- **в одну реку дважды не войдешь**, и вода уже не та, и человек уже не тот”
- **существует вечный и неизменный закон** или “Логос” (в начале было слово - «логос»)
- мысль о **существовании полного небытия** опровергает саму себя (прототип теоремы Геделя), так как существует как минимум **сама ЭТО МЫСЛЬ**.

Мысль о существовании бытия
непротиворечива, так как она подтверждает саму себя (**автореференция**). Объект науки – сама «мысль! (Платон), а процесс мышления тождественен бытию (Р. Декарт)

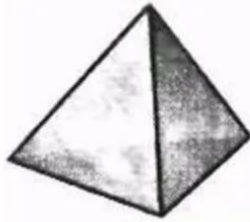


544 483 до н.э.
Сформулировал
принцип всеобщей
изменчивости

«КВАЛИЯ» ПЯТИ «СОВЕРШЕННЫХ» ПЛАТОНОВЫХ ТЕЛ

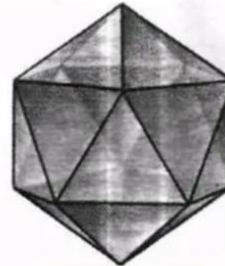
объёмные тела, грани которых являются правильными многоугольниками - если посмотрим на материальный мир, то **мы не увидим в нем чисел и математики как таковых**, но **через идею математики как формальной системы мы воспринимаем соотношения матери**

$\{3, 3\}$



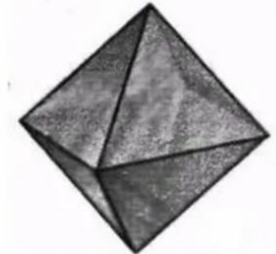
Тетраэдр

$\{3, 5\}$

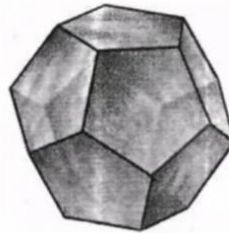


Икосаэдр

$\{3, 4\}$

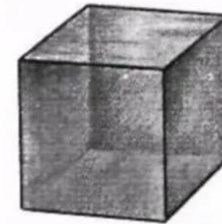


Октаэдр



Додекаэдр

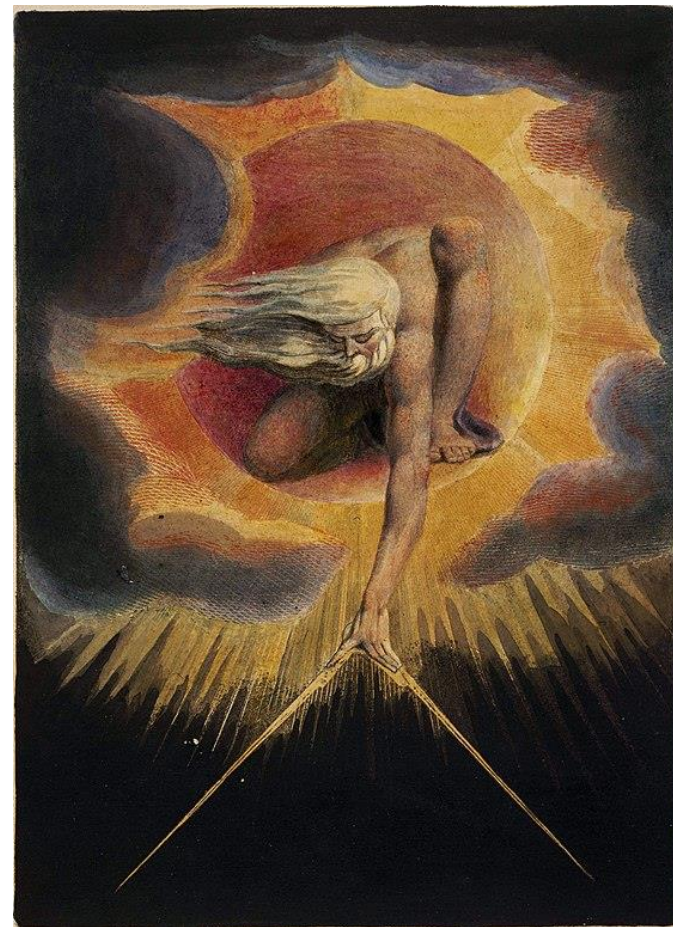
$\{5, 3\}$



Гексаэдр

$\{4, 3\}$

МЫ МЫСЛИМ «СЛОВО» ИЛИ «ЧИСЛО» ?



вся история философии есть не что иное,
как комментарии к работам Платона.

Альфред Уайтхед



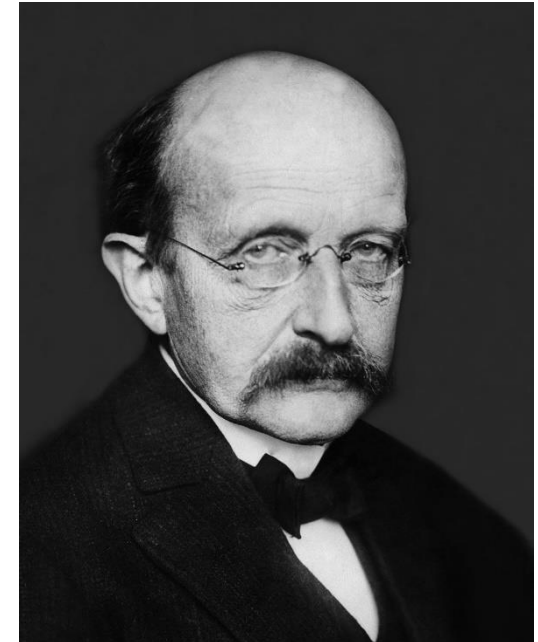
- Аристотель: только материя обладает существованием, а идеи — это формы, по которым из материи “слеplены” разные вещи и явления.
- Всякая сущность (вещь) во Вселенной имеет свою причину вне себя.
- Платонические идеи - суть беспричинность, нематериальность, вечность и внепространственность — это лишь “формы”, как их называл Аристотель.

А. Уайтхед (1861—1947)
математик, логик, философ.
написал фундаментальный труд «Principia Mathematica» (1910–1913), составил основу логицизма и теории типов.

- Можно ли считать, что «компьютер» - конечный автомат посредством программ соединяет материю и идеи (закодированные мысли) в **единое целое...** - то есть **наделяет физические процессы информационным содержанием**
- Аристотель физические предметы рассматривал как **слияние материи и формы.** Результаты вычислений — воплощают с помощью кодирования физических процессов мыслимое содержание ... позволяя **различать противоположности и конструировать (генерировать) из них новые формы** (парадокс Банаха-Тарского)

Макс Планк :

- Как человек, посвятивший всю свою жизнь самой ясной науке, изучению материи, в результате своих исследований об атомах **я могу сказать вам следующее: материи как таковой не существует...**
- Работа практического мышления направлена на разрешение частных конкретных задач, тогда как работа теоретического мышления направлена в основном на нахождение общих закономерностей



1858 -1957
физик-теоретик,
основоположник
квантовой физики



ПОЛИТЕХ

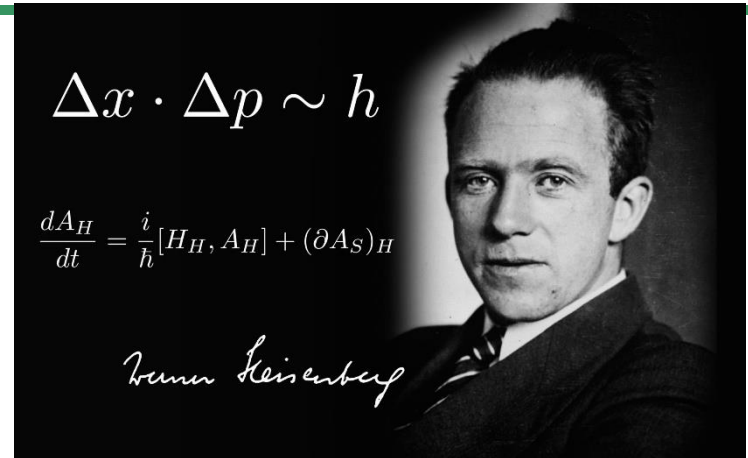
И ВОЗМОЖНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СУЩНОСТЕЙ

Вернер Гейзенберг :

- Если мы хотим сравнить результаты современной физики частиц с идеями любого из старых философов, то философия Платона представляется наиболее адекватной: частицы современной физики являются **представителями групп симметрии**, и в этом отношении они напоминают симметричные фигуры платоновской философии (Гейзенберг утверждал, что его взгляды на мир выражены в книге “Дао физики”).

Эрвин Шредингер :

- Мир, протяженный в пространстве и времени, существует лишь в нашем представлении (квалия ?)
- «Любая физическая система, пока за ней не наблюдают, находится в состоянии суперпозиции в двух, а может быть и более, положениях, **взаимоисключающих друг друга**».



1901-1976



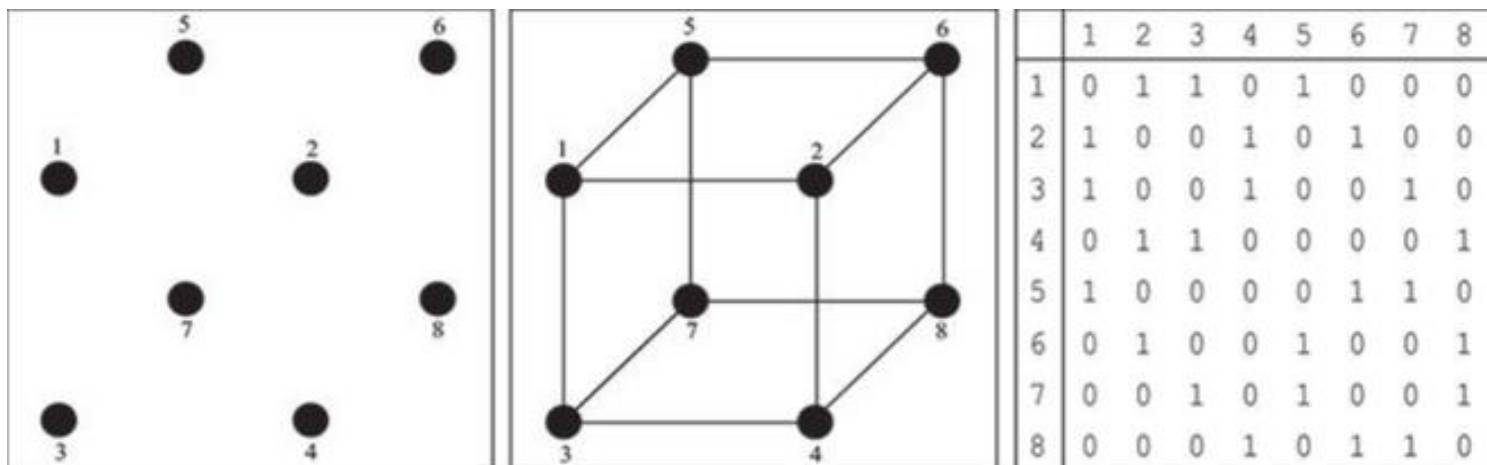
1887-1961

И СНОВА: ДЖОН АРЧИБАЛЬД УИЛЛЕР

- Все выражаемые числами свойства, элементарных частиц такие как масса, электрический заряд, спин и другие, не имеют никакого собственного смысла, а проявляются только при взаимодействии с другими частицами.
- Всё, что можно сказать об элементарной частице – это **набор из нескольких чисел**, описывающих то, какие свойства и в **каком количестве** она проявит в этих взаимодействиях.
- элементарные частицы – это всего-лишь навсего несколько битов информации о положении в пространстве, импульсе и других характеристиках, а вся **Вселенная состоит из информации - “It from bit” – “Всё из бита”**

ПРИМЕР

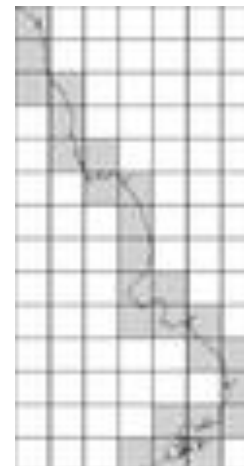
Слова нужны для понимания **смысла теории** и для описания того, **как различные физические объекты воспринимаются человеком в его сознании**. Куб как объект можно закодировать с помощью матрицы битов, описывающих абстрактные связи между абстрактными объектами. Слова “точки”, “ребра”, “куб” – это лишь тезаурус абстрактной теории, а битовая матрица – её математическая суть. **А может все наоборот ?**



Ключевой вопрос КН: Существует ли «Береговая линия» бесконечной дины ?



таким же выводам
2000 лет назад
пришел Анаксагор



- все физические сущности в своей основе являются информационно-теоретическими и **Вселенной для своего бытия** необходимо участие «сознания», воплощенного в мыслящем субъекте.