



Санкт-Петербургский
Государственный
Политехнический
Университет

Институт прикладной
математики и механики

КАФЕДРА ТЕЛЕМАТИКА

**Семинар по специальности на английском языке
(Workshop in English)**

тема
**Thermodynamics of computation,
learning and evolution**

занятие 4

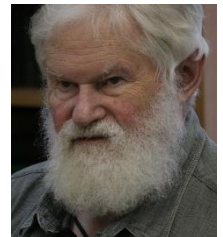
22 февраля, 1 марта
2022 г.

The forces of nature and the forces of mind "participate" in the processes of multilayered and multidimensional evolution of matter in living nature and social systems, что отражает особенность фундаментальных взаимодействий, связанных с переходом физического в информационное, а именно:

термодинамикой, вычислениями и обучением

«Осмысленный мир – это мир **СИМВОЛОВ**».

- **thermodynamics** of computation
- theory of multilevel **learning**



поэт Вл. Микушевич

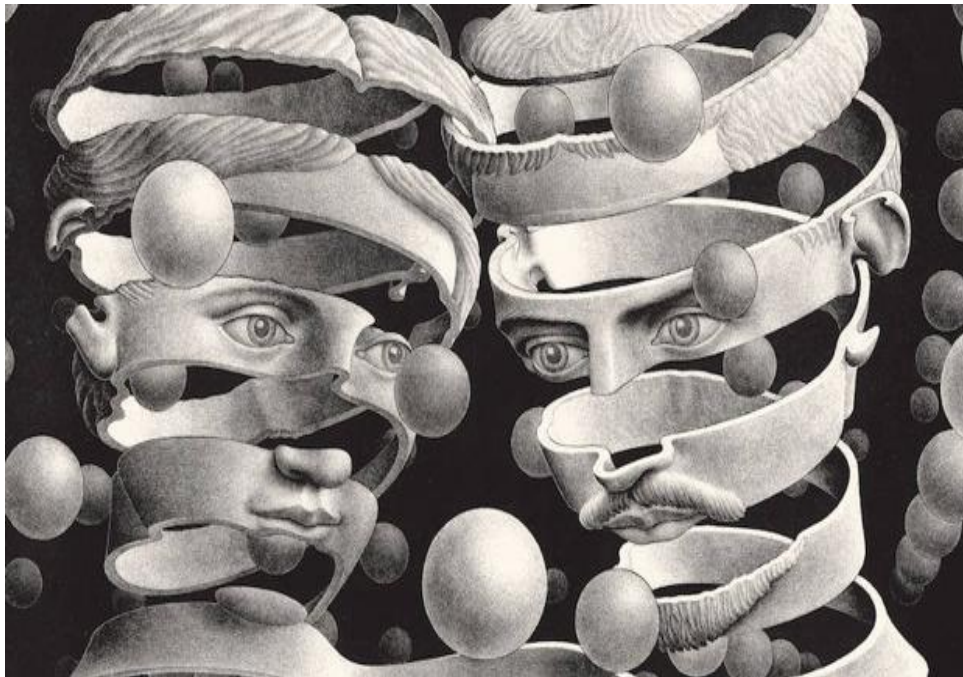
Integration in a "complex environment" of a large number of "simple" elements leads to the anti-entropic effect – формированию иерархической структуры с разными вероятностями образования **паттернов** (... а не «точек») состояний.

Дуглас Хофштадтер: «In the end, we are (мы являемся) self-perceiving (само воспринимающие) , self-inventing (само изобретающие), locked-in (**замкнутые в себе**) mirages that are embodiment pattern of **self-reference** (**самореференция**)»

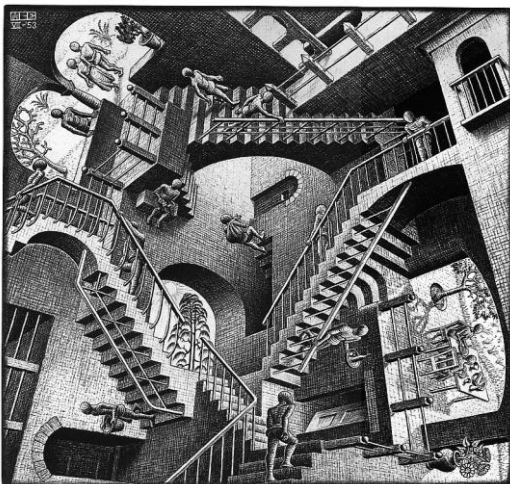
Douglas Hofstadter

In the book «I am a Strange Loop»

Что обсудим на этом занятии: где Frontier between computation , Learning and AI



Механизм **самореференции**, как «наведенное» (индуцированное) свойство возникающее в сложных системах с strange loop циклической структурой, которая проходит через несколько уровней иерархии системы и попадает в исходную точку (Эшер: moving only up or down the levels of the hierarchical system, one finds oneself where one began).

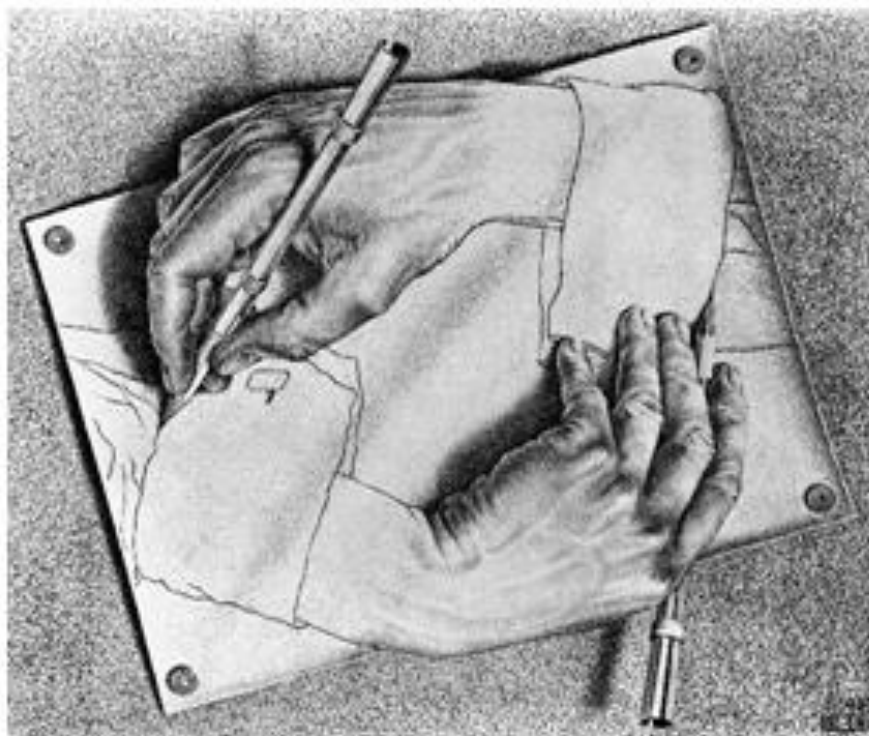


<https://www.youtube.com/watch?v=lbjF5VjniVE>

Лекция: The Next Frontier in AI: Unsupervised Learning

ИНФОРМАЦИЯ из ИНФОРМАЦИИ: процессы в «запутанных» СИСТЕМА Хофштаттера

Картина Эшера рисующие руки



Пример взаимного сосоздания и циркулярной причинности.
Метафора странной петли Хофштаттера

Последовательности

- числа-числа
- vs
- рисунок-рисунок

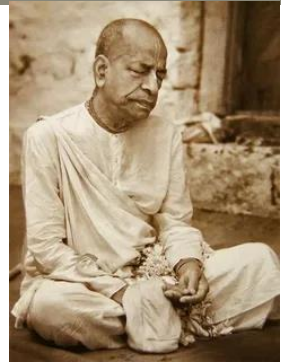
или мета-последовательности

Фибоначчи

Если числа Фибоначчи определяются суммированием двух предыдущих членов, то предыдущие два члена мета последовательности Q определяют, насколько нужно отодвинуться назад, чтобы взять члены последовательности для суммирования



Информационная vs физическая модели реальности



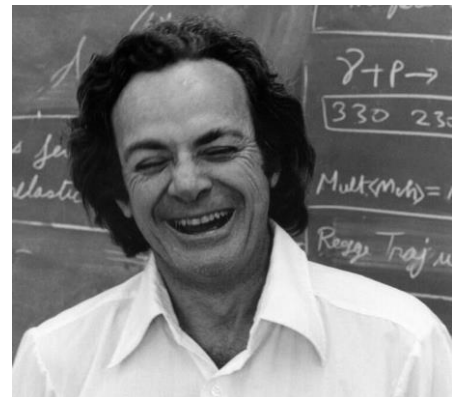
The shadow is incorporeal and devoid of authenticity, but from the shadow we can judge the properties of reality
Тень бесплотна и лишена подлинности, но по тени можно судить о свойствах реальности.

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)

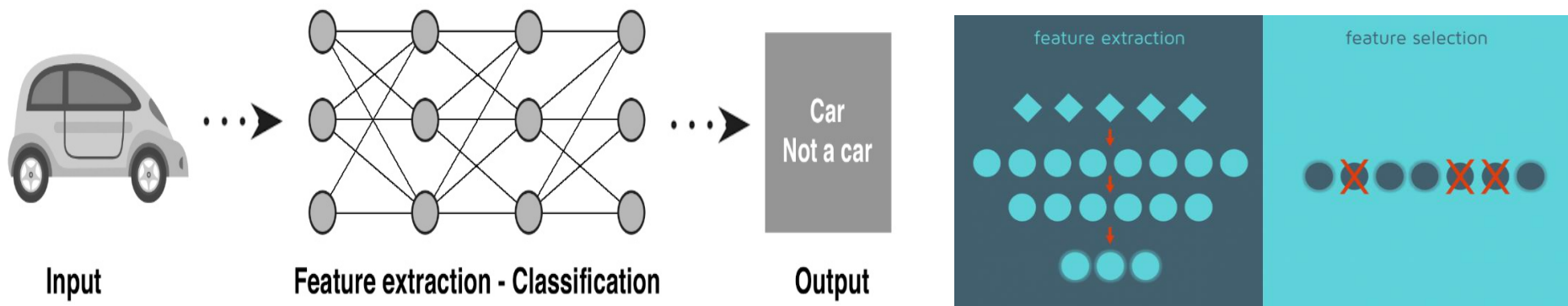


By understanding, I mean forming a physical picture that intuitively feels perfectly clear.

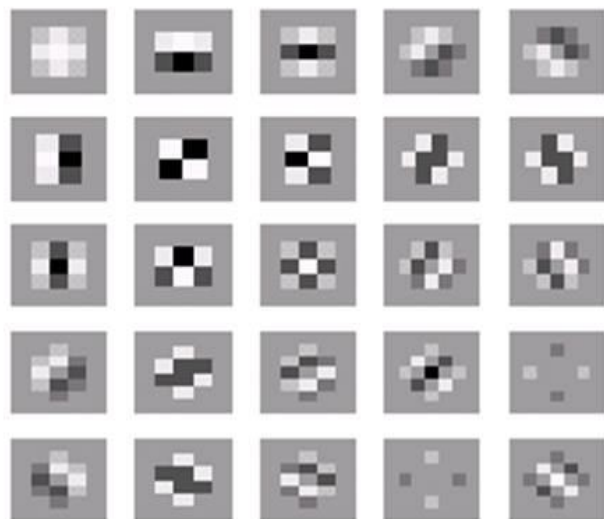
Р. Фейнман
(1918-1988)

Что надо понимать , чтобы организовать процесс машинного «обучения»

- **Traditional approach**
feature extractor + trainable classificatory
- **Modern mainstream technology**
feature extractor + mid-level features trainable classificatory
- **Future representations multi-level medical system**
feature extractor +
mid-level features +
high-level features +
feature transformation (validation, selection) +
trainable classificatory (predictive model) +
diagnostic results



Feature Extraction

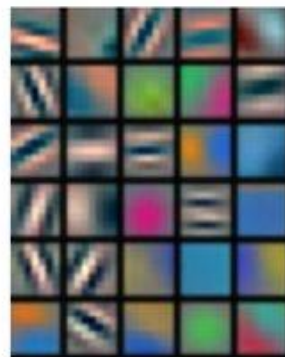
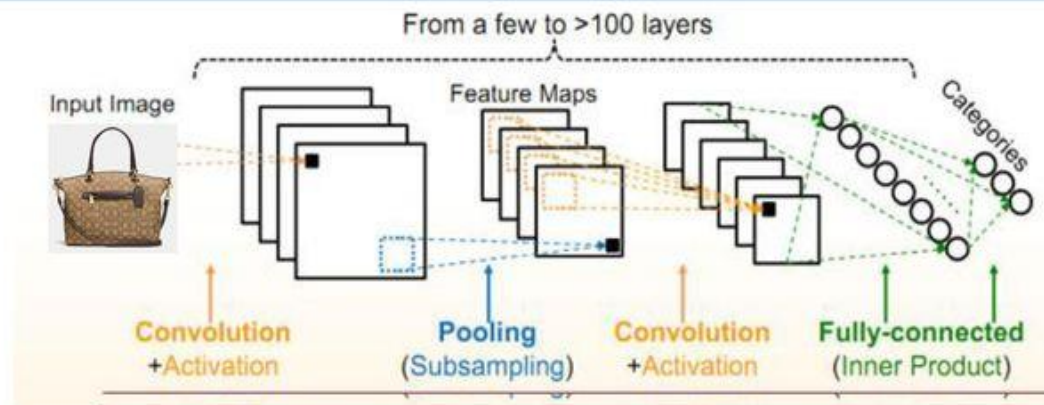


- 25 Primitive features like edge, color are extracted directly from the image
- These 25 features are used as input to next round of feature extraction yielding $25 \times 25 = 625$ features
- This 625 features can be used as input to compute $625 \times 625 = 15,625$ features

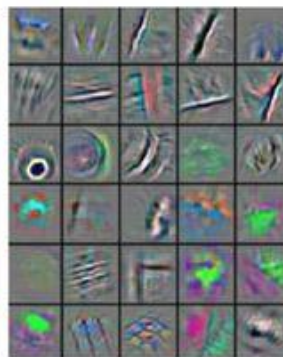
Вопросы:

- Как должна быть «организована» система, чтобы она эффективно «выделяла» признаки, которые никогда не «присутствовали» в обучающей выборке ?
- Какие процессы – **детерминированные** (физические) или **вероятностные** (информационные) - управляют феноменом **превращения данных в «паттерн»**, имеющим мыслимые свойства
- Существует ли объективная (физическая) граница, которая проходит между этими процессами ?

CNN: Hierarchical Feature Extractors



Low level features



Mid level features



High level features

Фундаментальное свойство физической реальности: счетная «аддитивность»

Аксиома Архимеда.

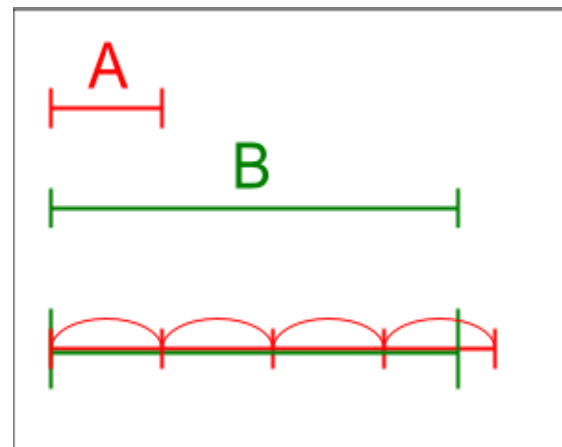
Формулировка: Имеется два отрезка. Отложив достаточное число раз меньший из двух отрезков, можно покрыть больший из них.

Суть аксиомы заключается в отсутствии в природе бесконечно малых величин, т.е. для любых двух элементов $A, B > 0$ существует целое число n такое, что $n \cdot A > B$, $n > 1$, однако $n \cdot 0 = 0$

на языке современной математики аксиома Архимеда утверждает буквально следующее: **Не существует бесконечно малых и бесконечно больших величин.**

Если математическая структура удовлетворяет аксиоме Архимеда - то такая структура называется архимедовой.

Простейший пример «архимедового поля» множество вещественных чисел.

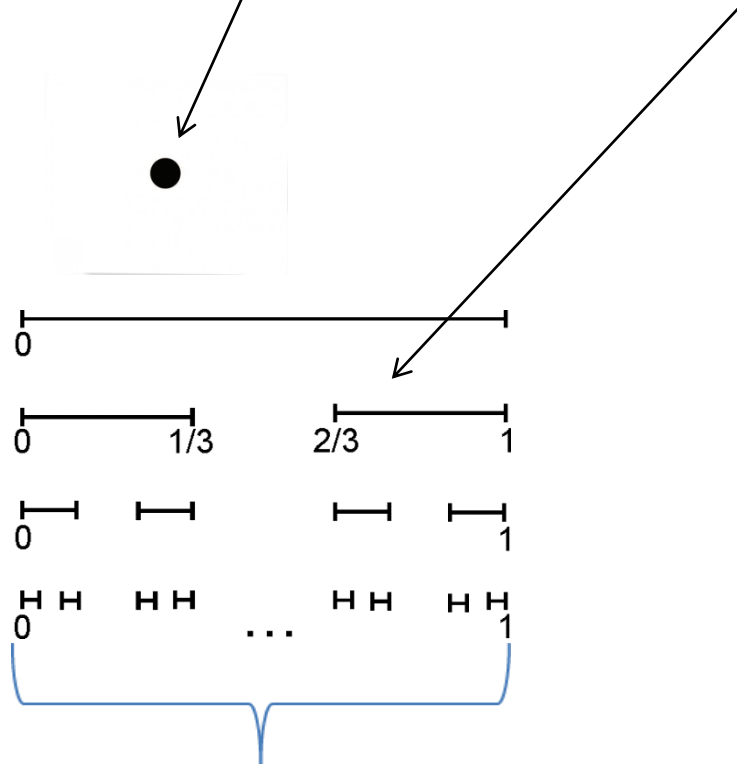


n



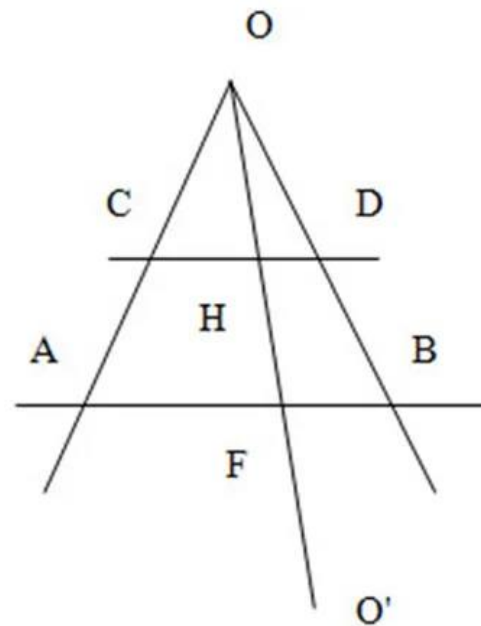
Что делать с противоречиями в основах современной математики (аксиома выбора)

Как из нульмерных объектов, каким является математическая **точка**, построить не нульмерный протяженный объект, например **отрезок** ?



Формально любое счётное объединение объектов **меры 0**, дает множество **меры 0**

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



Это противоречие свойственно для всех хаусдорфовых пространств, к которым относятся все метрические и метризуемые пространства, в том числе **евклидово пространство**

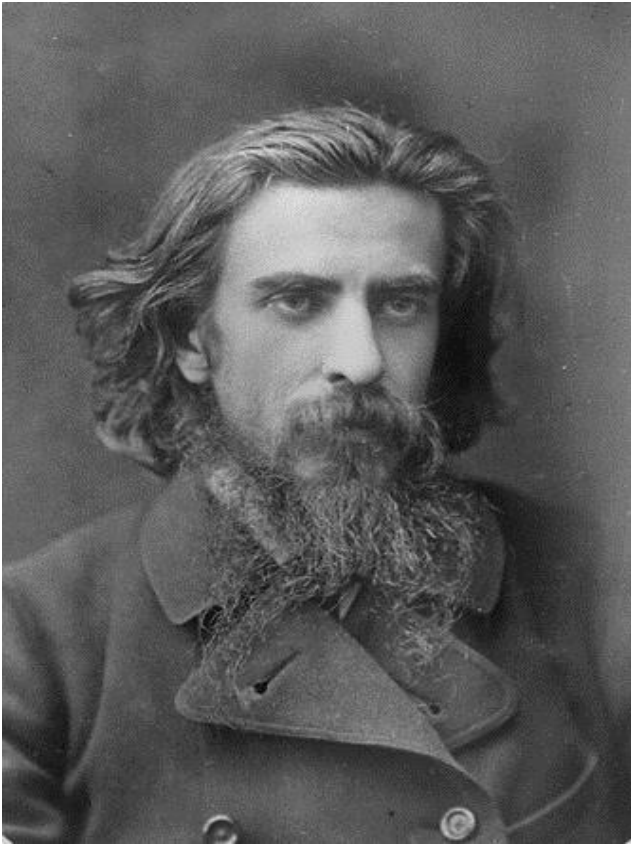
Количество точек на **AF** и **CH** одинаково ?

Числа как «тени» реальности

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

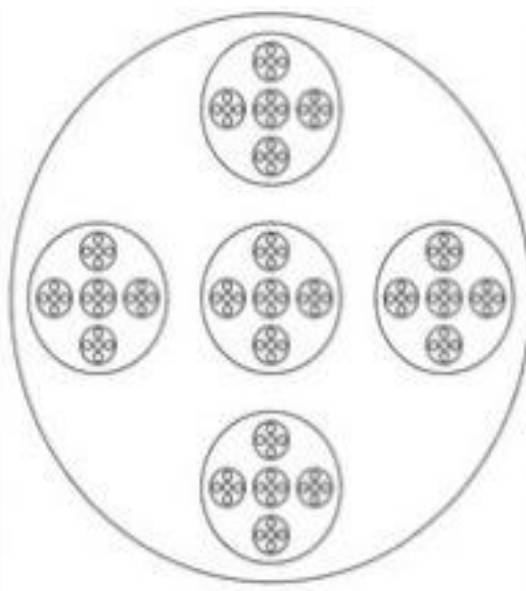
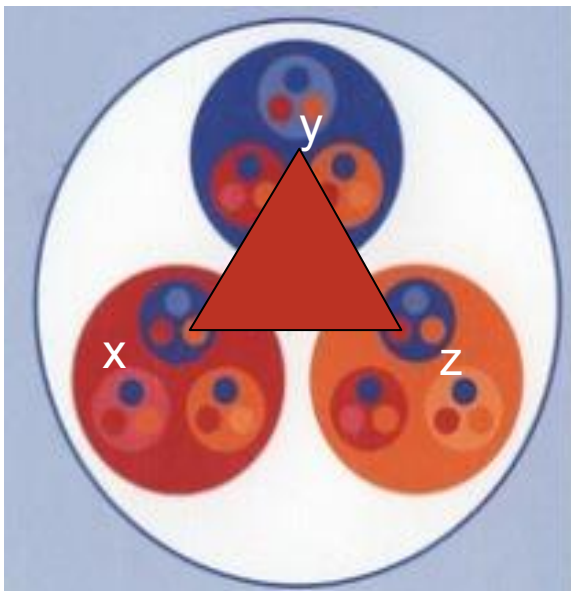
В.С. Соловьёв (1853 - 1900)

академик Императорской
Академии наук по разряду
изящной словесности



Неархимедовы метрические пространства – Strange Loop ИЛИ пространства информационных процессов.

поле p -адических чисел - **ультраметрические пространства** или системы бесконечно вложенных друг в друга объектов



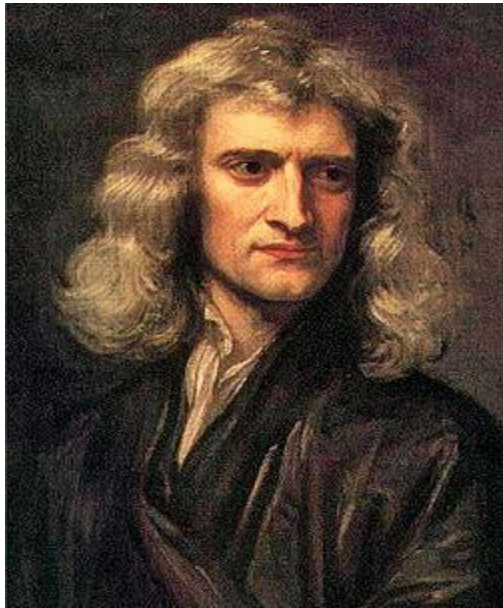
В ультраметрическом пространстве у треугольника не бывает самой длинной стороны: либо равны все три, либо одна короче, а остальные две — равны

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

Пример: из принципов квантовой механики, невозможно измерить расстояния, меньшие «планковской длины», что нарушает аксиому Архимеда для метрических пространств

Is a number a quantity or a ratio of quantities ?

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:
Объективизация понятий и
ЧИСЛОВЫХ
ОТНОШЕНИЙ

С античных времен числа изучаются как некие объекты, однако эти объекты никто «потрогать» не может, т.к. они не имеют физических носителей, веса или площади.

Только в компьютере число можно «потрогать» как физический объект.....

- «Классическая» картина физической реальности, описываемая ньютоновскими законами движения и соответствующая опыту в «человеческих масштабах», **не способна отразить полную картину происходящего поэтому не образует автореферентную систему валидации используемых знаний**
- Возможности восприятия происходящих процессов с помощью органов чувств и приборных измерений объективно скрывают ключевые аспекты процессов, лежащих в основе наблюдаемых явлений. Формируя аналоги «кинореальности»....
- В этой реальности истинна это атрибут рациональных знаний, которые не противоречат (ЛОГИЧЕСКИ СЛЕДУЮТ из....) тезаурусу субъективной модели мира :
«...тем хуже для фактов, если они не укладываются в теорию»
М. Планк
- Сложность является ключевым фактором реальности:
 - Физическое свойства «точной позиции» не существует, пока не будет «измерены» или «вычислены»
 - Модальность логических законов, феномен «языка и мира»
 - Теория истины как тождества и Тождество неразличимых Лейбница (никакие два отдельных предмета не могут быть в точности одинаковыми)