

## ВШ ИСКУСТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

курс: Введение в профессиональную деятельность  
«математика и компьютерные науки»  
«математическое обеспечение и администрирование информационных систем»

### ЛЕКЦИЯ 3

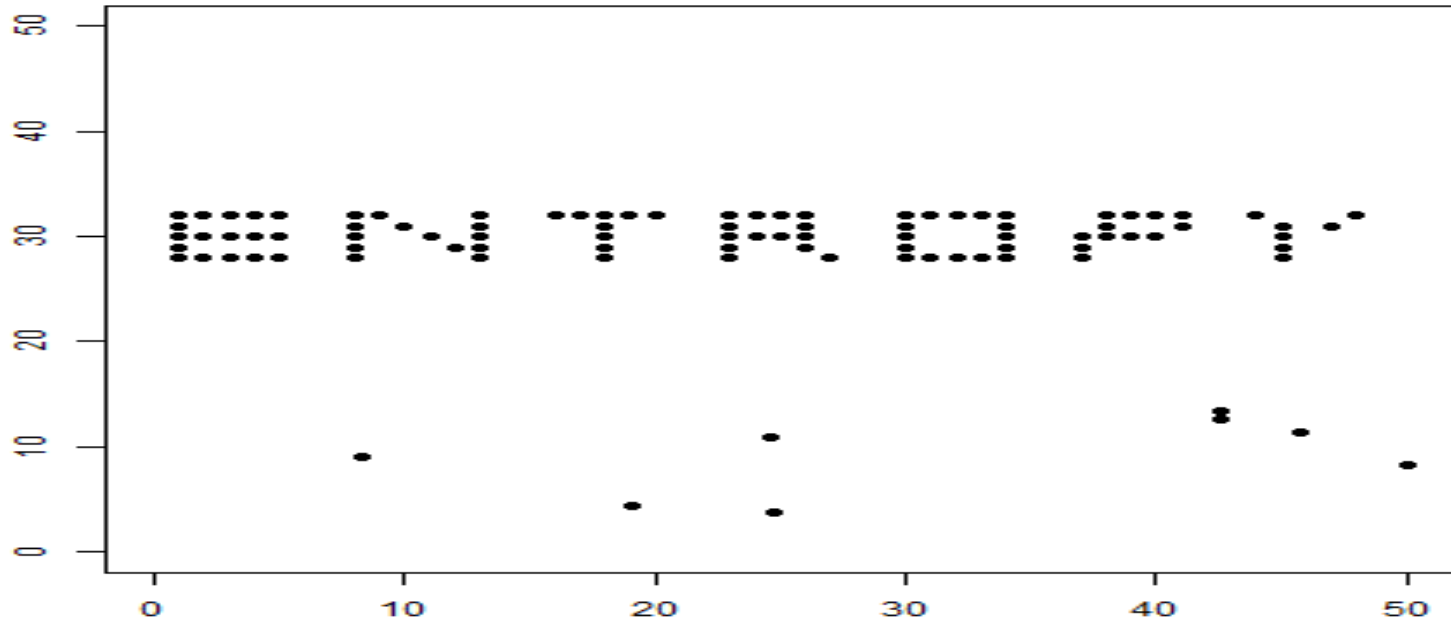
*НАБЛЮДЕНИЕ VS ВЫЧИСЛЕНИЕ :  
«ОТ ХОМО САПИЕНС К ХОМО ИНФОРМАТИКУС»*

9.10.2025

Усложнять просто, упрощать сложно.  
*Закон Мейера*

- *вычисления заменить идеями,*
  - *энтропию - информацией*
  - *информацию – знаниями*
- Если в **какой-то подсистеме Мира** удастся уменьшить неопределенность (энтропию), **то энтропия всего Мира** в целом возрастает !
- Чтобы привести в **систему «отрицательную энтропию»**, надо где-то взять вещество (сложно-организованное антиэнтропийную материю), «обогащенное» **свободной энергией** и переместить это вещество внутрь исследуемой системы.
  - **Физика анти-энтропийных процессов:** любое материальное тело, наделенное «конечной массой», является потенциальным носителем «свободной энергии». Потенциальная «свободная энергия» компьютера массой 1 кг, вычисляется по формуле  $E=mc^2$ .
  - **Поэтому** компьютер с массой в 1кг обладает энергией  $E=mc^2=8.9874 \cdot 10^{16}$  Дж, значит ..... потенциально может производить максимум до  $5.4258 \cdot 10^{50}$  логических операций за секунду.

# ЭНТРОПИЙНАЯ «СТЕНА» ОБУЧЕНИЯ/ПОНИМАНИЯ/ОБЪЯСНЕНИЯ ПРОЦЕССОВ



понятие «энтропия» события можно интерпретировать как произведение **меры уверенности** в том, что некоторое событие произойдет (вероятность события) **на меру неопределенности** того, что произойдет именно это событие

?

?

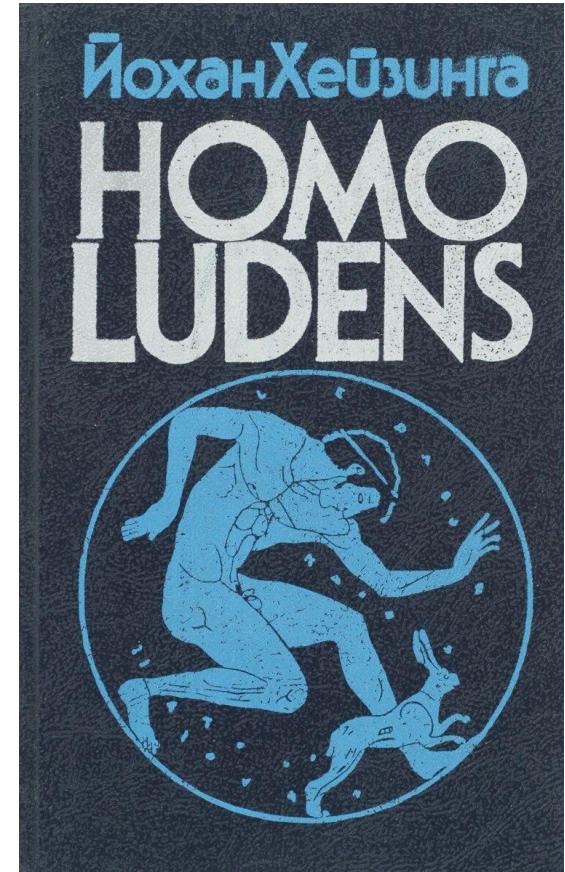
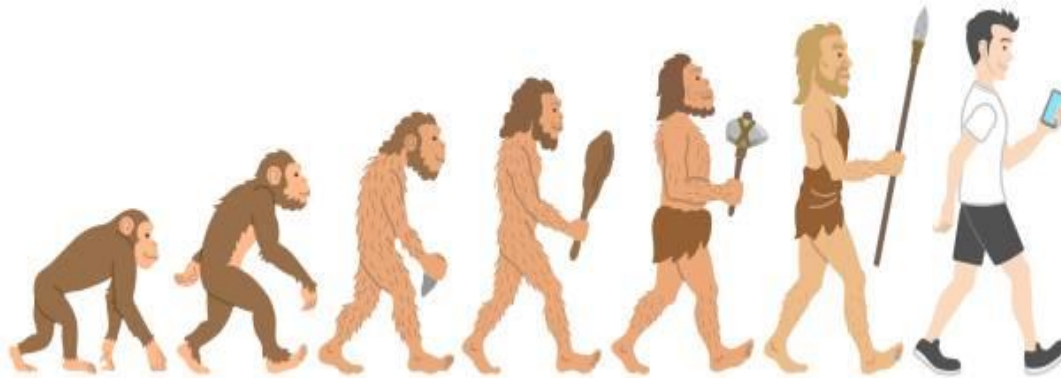


1.  
000  
0000 (1 бит)
2.  
01  
0101 (2 бита)
3.  
0111001010000101011100100000011010001011101011  
1001 (50 бит)

- Эти сообщения занимают одинаковый объём памяти – **50 бит**, но количество информации в них различается.  
**Почему ?**

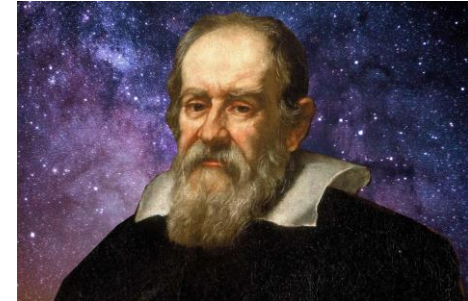
Ин-**форм**-ация «IN-FORMA-TION» мера  
воспринимаемого **наблюдателем** **различия** (в форме  
объекта/сообщения/процесса)

Эволюция от  
Номо “разумный” (homo sapience) **до**  
**нomo «знающий» ...**  
**«понимающий» .....**



... через фазу «человек играющий»  
(**homo ludens**)

- Исаак Ньютон хотел основать «храм науки» на эмпирическом эксперименте, поэтому большая часть его научных трудов посвящены .... **лженауки – алхимии**
- Объект новой физики «от Ньютона»: материя и ее свойства.
- **Концепция: ничего, кроме материи, ее свойств, объектов и протяженности в реальности не существует .....**
- Открытый вопрос физики Ньютона: как материя связана с ..... **Информацией** и почему математика «открывают дверь» в **мир знаний ( где этот «мир» математики находится???)**,
- .....на эти вопросы попробуем ответить **с позиций компьютерных наук (объект компьютерных наук – информация)**

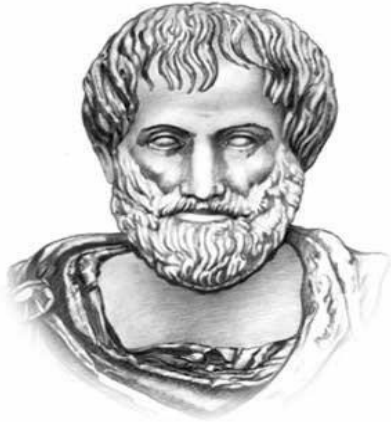


«книга природы  
написана на языке  
математики»

*Г. Галилей*



384-322 до н. э.



## Третьего не дано

«не может быть ничего посредине между двумя противоречащими суждениями ...

Значит, один из двух членов противоречия ( $p$  или  $\sim p$ ) с необходимостью должен

**быть истинным.**

$$A \text{ или } \overline{A} \equiv 1$$

## Фатальность

- Суждения: «завтра морское сражение произойдёт» и «завтра морское сражение не произойдёт» - одно суждение должно быть с необходимостью **истинным**
- «ничего не существует и не происходит случайно и как попало, и **всё совершается по необходимости**».

$$p + q \equiv 1$$

Когда энтропия достигает «максимума», то это есть событие с наибольшей неопределенностью, то есть **вероятности всех возможных событий одинаковые**

- **Нужен ли** для проведения логических выводов или математических вычислений АЛГОРИТМ – то есть **заранее** сформированная совокупность операций в большинстве своем логических или арифметических и.... не обратимых.
- Можно ли осуществить выбор решения из множества возможных, но равновероятных решений ?
- Гипотеза: «энтропия + информация» = const ????
- Энтропия «управляет» количеством информации
  - информация = const – энтропиякоторую может обрабатывать вычислительная система, а
- температура вычислительной системы – это есть ее гиперпараметр, характеризующий скоростью выполнения вычислительных операций «бит в секунду» - компьютер весом 1 кг выполняет **максимум  $5.4258 \cdot 10^{50}$  операций за секунду.**



## Математические понятия - факты



## «прямое» кодирование понятий



КН начинается с того, что воспринимаемые объекты реальности – рассматриваются как многообразия исчислимых понятий, для которых введены отношения порядка и «расстояния»

# ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА МАТЕМАТИКИ «ТОЧНОСТИ» КОДИРОВАНИЯ РЕАЛЬНОСТИ : ЧИСЛО VS СЛОВО

В одном мгновенье видеть **вечность**,  
Огромный мир - в зерне песка,  
В **единой** горсти - **бесконечность**  
И небо в чашечке цветка.

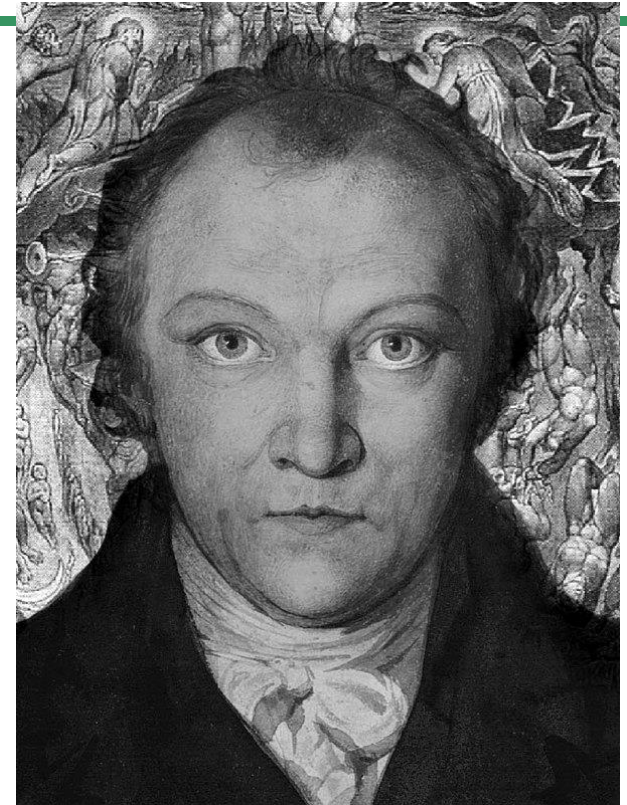
Уильям Блейк  
(1757-1827)  
цифровые коды:

**=, 1, 0, +/-∞**

**слова**

«похоже», единица, ноль, бесконечность

$e^{-i\omega t}$ ,  $\sqrt{a^2 + b^2}$ ,  $\frac{dy}{dx}$  ... ..

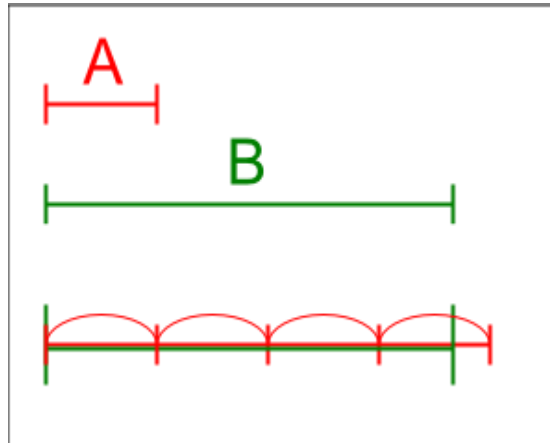


To see a world in a grain of sand  
And a heaven in a wild flower,  
Hold infinity in the palm of your hand  
And eternity in an hour.

# АКСИОМА АРХИМЕДА – ОСНОВА ВОСПРИЯТИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Суть аксиомы: ни нули и бесконечности не ощущаются , но понимаются

**Формулировка аксиомы:** если даны отрезки А ( масштаб) и В ( объект измерения) , то можно так отложить отрезок А несколько раз, что сумма будет равна или «немного» превосходить отрезок В ,



Итого, если многообразие из объектов физической реальности «архимедово», то оно:

одно-масштабно, гладко, «**делимо**» и «**однородно**».

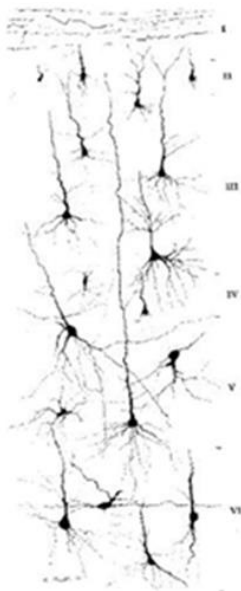
значит оно «исчислимо» и его **можно описать, используя методы «абстрактной» математики.**

# ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАЛЬНОСТЬ УСТРОЕНА МЕТРИЧЕСКИ ТО ЕСТЬ «АРХИМЕДОВО» - ОДНОРОДНО И ДЕЛИМО ?!

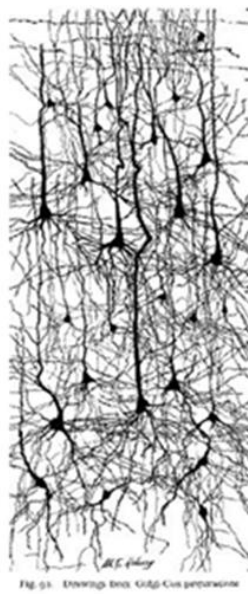




# ИЛИ ... УСТРОЕНА УЛЬТРАМЕТРИЧЕСКИ: ИЕРАРХИЧНО И .... НЕ ОПИСЫВАЕТСЯ «АБСТРАКТНОЙ МАТЕМАТИКОЙ»



Birth



2 years



6 Years


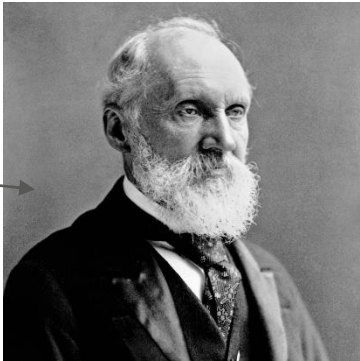
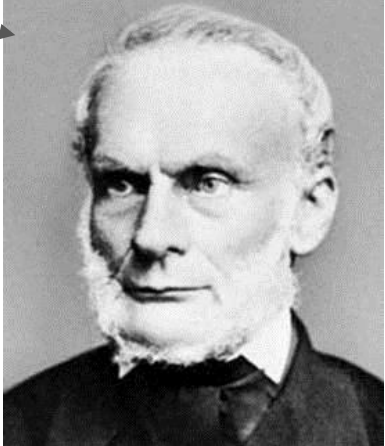

Можно ли по структуре мозга определить обладает ли он знаниями, чем «кот» отличается от «кошки»

Можно ли написать алгоритм вычисления на компьютере, чем же по мордочке кот, отличается от кошки ?

Является ли такое отличие — «математическим фактом» ???



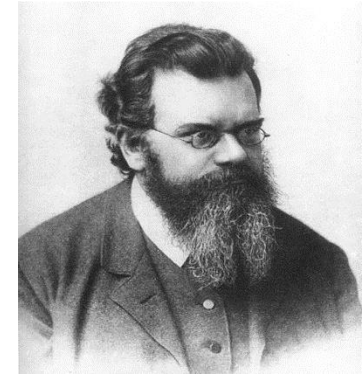
## ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ «ВЫЧИСЛИМЫХ» ФИЗИЧЕСКИХ ПОНЯТИЙ

- Слово «энергия» введено Аристотелем в трактате «Физика», однако там оно обозначало деятельность человека.
- Термин «**энергия**» впервые появился в начале XIX в. в работах Т. Юнга. 
- В 1853 г. впервые было применено словосочетание «**потенциальная энергия**» в смысле запасенная энергия. В 1870 г. У. Томсон (Кельвин), ввел термин «**кинетическая энергия**» 
- В 1865 Р. Клаузиусом было введено понятие «**связанная энергия**  $W_{\text{связ}}$  - та часть **внутренней энергии тела (системы из молекул)**, которую нельзя использовать для совершения механической работы. 
- В 1882 году физиолог Г. Гельмгольц ввел понятие «**свободная энергия**» – то есть «свободная» для совершения работы. 

Что из этих понятий  
используется в  
современных КН ? – почти  
НИЧЕГО!!!

# ЭНТРОПИЯ (ДР. ГРЕЧ. «ПРЕВРАЩЕНИЕ» - ЭНЕРГИЯ (ДР.-ГРЕЧ.) «ДЕЙСТВИЕ»

- **Вопрос 1:** является ли «вычисления» – физическим или каким-то еще другим **действием** ???
- в 1877 г. **Людвиг Больцман** ввел понятие **термодинамической энтропии S** размерностью [Дж\*К<sup>-1</sup>]. Каждое физическое тело, оказывает тепловое «воздействие» на другие тела
- **энтропия S** входит в выражение для **связанной энергии** тела  $W_{\text{связ}} = T \cdot S$ , а полная энергия системы имеет вид  $U = G + W_{\text{связ}} = G + T \cdot S$ ,  
где  $U$  – полная энергия системы,  $G$  - «**свободная энергия**», которую можно использовать для совершения работы.



Итак: «энтропии» Больцмана характеризует «превращение» свободной энергии в работу.

**Вопрос 2:** Во что превращается свободная энергия при проведении вычислений ???



С ростом энтропии системы уменьшается ее возможность «совершать» работу. Можно ли считать, что «вычисления» – это полезная работа ???

Из формулы  $U = G + W_{\text{связ}} = G + T \cdot S$ ,

**следует, что приращение свободной энергии  $\Delta G = \Delta U - T \cdot \Delta S$**

Вывод: если **энтропия возрастает** ( $\Delta S > 0$ ), то **свободная энергия системы уменьшается** ( $\Delta G < 0$ ).

- В изолированной системе общее **изменение свободной энергии всегда отрицательно**, то есть свободная энергия изолированной системы **всегда уменьшается**, а возможность совершения работы **сокращается**.
- А если система не изолированная, а может обмениваться с окружающей средой .... информацией ???, может ли информация стать **G - «свободной энергией» ???**,



**Homo sapiens** - активные «трансформеры» - преобразующие воспринимаемые данные о физической реальности в абстрактные понятия, а саму окружающую реальность в многообразие «понятий», используемое для обитания... система «человек – мир – отношения»



## «homo informaticus»

активные «трансформеры» информации в физической среде, которая дополнена виртуальной реальностью система «человек – компьютер – интерактивность»

Интеллект это вычислительная часть способности homo sapiens достигать цель



Искусство состоит в умении  
отсекать лишнее.

**Микеланджело Буонарроти**  
(1475 — 1564)

В июне 2017 года, вышла статья «**Attention is All You Need**» инженеров Google.

В ней авторы представили и подробно разобрали архитектуру т.н. «трансформера» с механизмом «внимания»

Transformer был разработан для одной узкой и конкретной задачи — **машинный перевод текстов**



только люди способны не только думать о том, что видят, но ещё и думать о том, как они думают о том, что видят.

проф. СПбГУ Татьяна Черниговская

## РАССЛОЕНИЕ РЕАЛЬНОСТИ ПО БОЛЬЦМАНУ/ХАРТЛИ: «РЕАЛЬНОЕ» VS «ИНФОРМАЦИОННОЕ»

**Дано** – вещество, **состоящее** из молекул. Одному и тому же макро состоянию вещества соответствует  $N$  различных конфигураций молекул.

**«информационная» идея:** «вещество/тело состоящее из молекул» можно рассмотреть как новое понятия физики - **«сообщение»**, состоящее из символов, кодирующих энергию молекул то есть **состояние молекул вещества**.

**Формирование сообщения** о веществе это процесс убывание его энтропии и увеличения «информация»  $I = \log_2 N$

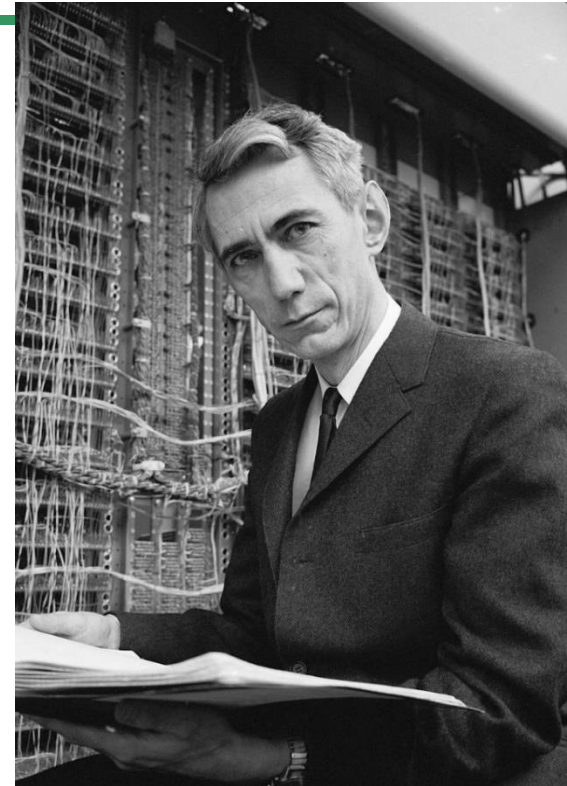
Формализм Хартли (1928 г.):

логарифмическая мера информации определяет **количество информации**, содержащееся в таком сообщении, где  $N$  — количество символов (букв) в используемом **алфавите** (**мощность алфавита**),  $K$  — длина сообщения

Количество возможных вариантов разных сообщений  $M = N^K$

**Пример: Мощность алфавита ДНК  $N$  равна 4.** Каждое основание (буква в сообщении ДНК) несет  **$i = \log_2 4 = 2$  бита информации**

- В 1948 г. Клод Шеннон (Claud E. Shannon) ввел меру информационного **содержания** сообщения. Он предложил сообщение считать **реальным «объектом»** состоящим из конечного числа различных символов»
- По аналогии с термодинамикой Больцмана, Шеннон ввел понятие **информационной энтропии**, которую определил не через – макросостояние тела - гиперпараметр **температуру** ( у отдельной молекулы температуры нет), а **через другое макросостояние сообщения, а именно через гиперпараметр вероятность** того, что **конкретный символ** из известного и конечного алфавита **входит в передаваемое сообщение.**



К. Шеннон –  
первый «хомо  
информатикус»

## Постановка задачи:

**Дано** - **сообщение**, состоящее из символов, которое надо передать через канал связи.

- **Смысл сообщение не имеет значения.** В канале на сообщение воздействуют помехи. **Вероятность** появления  $i$ -ого символа из алфавита  $A$  в передаваемом сообщении ( появление символа в сообщении **рассматривается как событие**) **равна  $p_i$**
- Макро-состояние **источника** сообщений характеризуется **некоторой неопределенностью** – эту неопределенность называют информационной энтропией: среднее количество информации, приходящееся на одно сообщение:

$$H(x) = - \sum_{i=1}^n p(i) \log_2 p(i). \quad \sum_{i=1}^n p_i = 1$$

- **Энтропии** источника данных характеризует среднее число битов на элемент данных, требуемых для её кодирования без потери информации



- В концептуальном отношении термодинамическая энтропия и энтропия Шеннона **эквивалентны**: число распределений молекул, выражаемое энтропией Больцмана, отражает количество Шенноновской информации, необходимое для реализации конкретного распределения молекул. **Но есть различия**:
- Во-первых, **энтропия, которой пользуются физики**, выражается отношением энергии к температуре [ Дж\*К<sup>-1</sup>], а **энтропия Шеннона**, используемая специалистами по связи, – числом битов, т.е. величиной **принципиально безразмерной**.
- Во-вторых, **приведенные к одним и тем же единицам измерения численные значения этих величин будут различны**.
  - Например, информационная энтропия микросхемы, хранящей один гигабайт данных, составляет около **10<sup>10</sup>** бит (1 байт = 8 бит), а термодинамическая энтропия той же микросхемы при комнатной температуре имеет порядок **10<sup>23</sup>** бит.



- **Логика процесса:**

- **явления**, которое сопровождается актом восприятия или наблюдения – есть **событие**
- события формируют **сообщения**, которые можно передать по «каналу» связи
- сообщение состоит из **символов алфавита**, с помощью которого кодируется информация о событии
- принятое по каналу связи сообщение разделяет воспринимаемую реальность на дискретное множество **понятий, которые** *получены путем обобщения воспринимаемых данных делают эти понятия **весьма вероятными** :  $I = -\log_2 p$*
- Итого: **it from bit** ( понятиям, используемым для описания физической реальности сопоставляется информационная мера)

**Задача 1.** Вычисление решения задачи **за конечное время** с использованием алгоритма (требования: быстрее, точнее, с меньшими затратами, операции:  $+/-, >, =$  )

**Задача 2.** Построение алгоритма (программы), содержащего **конечное число операций**, решения прикладной задачи.

**Требование к алгоритму:** понимание задачи, объяснение результата решения, обобщение результатов, анализ физической реализуемости ....? )

**«Классическая» проблема КН:**  
**решение прямых задач** путем вычисления «**единственного**» решения уравнений, используя алгоритмы ( программы), управляющие состоянием «**конечного автомата**»

**«Актуальная » проблема КН:**  
**решение обратных задач**, которые не имеют единственного решения и...выбор одного ( из счетного или даже несчетного множества) из возможных путем **регуляризации** – учета дополнительных ограничений, которые **формально** в задаче **не сформулированы**

# МОДЕЛИ РЕАЛЬНОСТИ ФИЗИЧЕСКОГО И ИНФОРМАЦИОННОГО ПЛАНОВ

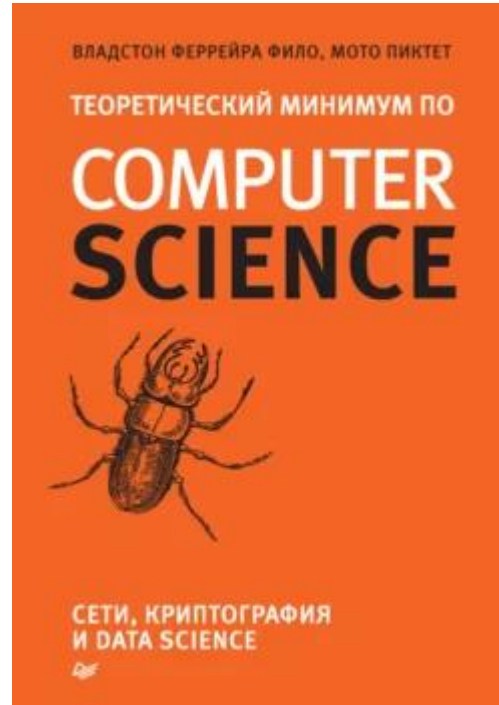
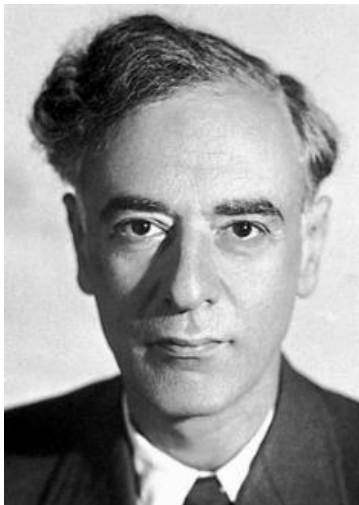
## Модели

- **физического плана** – локальные и замкнутые. Такие модели описывают реальность, в которой: «стрела» времени физически не обратима (прошлое и будущее не «**симметричны**»), действует принцип «относительности» (СТО, ОТО) и принцип «неопределенности» (например, произведение длительности сигнала на ширину спектра равно/больше  $2 \cdot \pi$ , или  $(f_2 - f_1) < C/(Tt)$ )
- **информационного плана** – глобальные и открытые. В таких моделях «стрела времени» **информационно обратима**, поэтому «**прошлое**» и «**будущее**» **информационно достижимо**, но действует принцип относительности по отношению к знаниям субъекта.

1. Бриллюэн Л. Научная неопределенность и информация. М.: Мир, 1966. 271 с.
2. Кадомцев Б. Б. Динамика и информация. М.: Успехи физических наук, 1999. 394 с.
3. Холево А. С. Квантовые случайные процессы и открытые системы. М.: Мир, 1988. 223 с.

Теоретический минимум  
ак. Л. Ландау:  
«Математическая техника есть  
основа нашей науки - **решать  
различные прикладные  
задачи, производя  
необходимые вычисления.**

Теорию надо знать, понимать  
и **уметь** ей пользоваться»

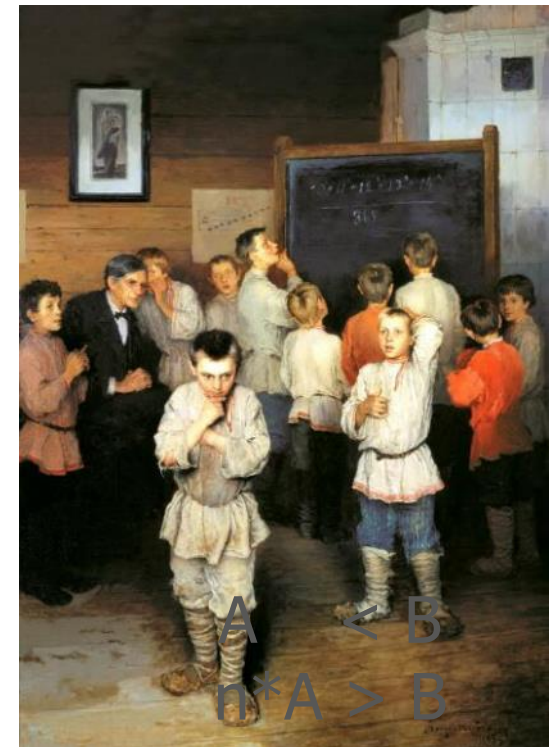


Аксиома Архимеда:

$$A < B$$
$$n \cdot A > B$$

Ноль это число ?

$$0+0+...0= ?$$

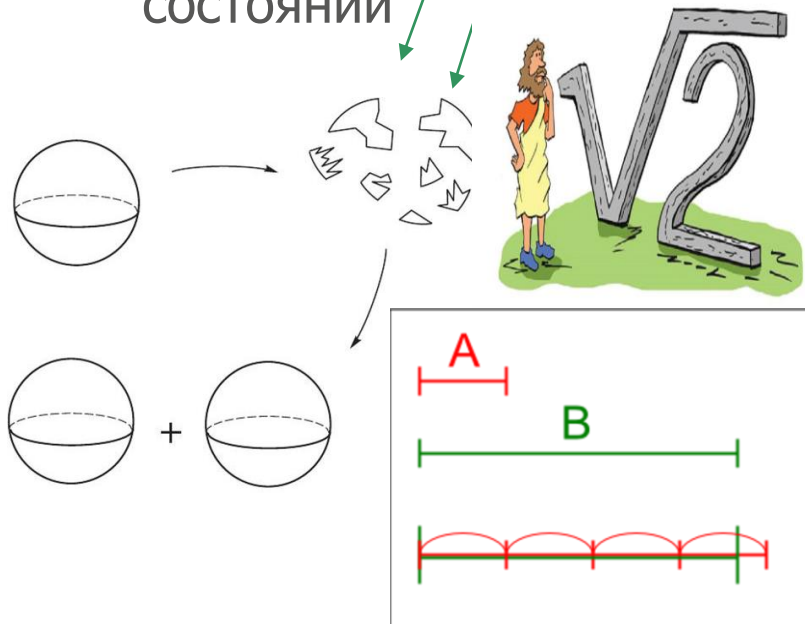


**Парадокс Банаха-Тарского:**

Трёхмерный шар равносоставлен двум своим копиям



возможен ли переход из  
мира «1» в мир «2» через  
«не измеримое» или «не  
вычислимое» / множество  
состояний

**Проблема:**

❑ множество «КОГНИТИВНЫХ» функций  
вычислимо ?

**Диалектика процессов измерений:**

❖ измерить vs  
вычислить ?

$$A < B$$
$$n * A > B$$

## НАПОМИНАНИЕ И УТОЧНЕНИЕ

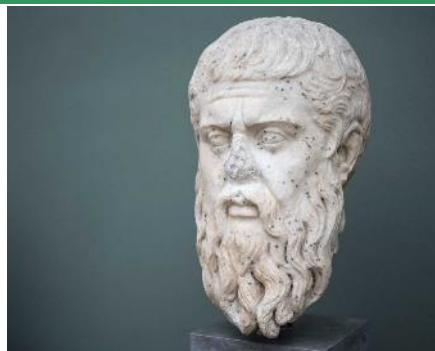
- информационная энтропия  $H$  микросхемы памяти, хранящей один гигабайт данных, составляет около  $10^{10}$  бит (1 байт = 8 бит), а
- термодинамическая энтропия  $S$  той же микросхемы при комнатной температуре имеет порядок  $10^{23}$  бит.
- Поэтому появляется искушение эволюцию Вселенной можно рассматривать как «вычисление», где каждое физическое взаимодействие и изменение состояния можно понимать как изменение **информационной энтропии**.
  - *Всякое количество есть множество, а ограниченное множество есть число [Аристотель, Метафизика].*

В реальном мире в 90% случаев человек имеем дело с **дискретным представлением** абстрактных сущностей – чисел, образов и слов, которые являются фундаментальными **единицами информационной реальности**



- Алгоритм – это выражение детерминированной сути законов современной науки
- Но ,, , суть законов (истина) может быть выражена счетным множеством различных алгоритмов . Возникает понятие **алгоритмической сложности** (энтропии Колмогорова), которая определяется как:
  - минимальная длина алгоритма (описания), необходимого для вычисления данного состояния системы.
- Например:
  - Последовательность из миллиона нулей легко сжимается до короткой команды «повторить 0 миллион раз». Алгоритмическая энтропия такого состояния низкая.
  - Случайная последовательность из нулей и единиц практически не сжимаема. Для её описания необходимо указать все символы подряд, и алгоритмическая энтропия такой последовательности высока.

# К ИСТОКАМ ПРОБЛЕМЫ АЛГОРИТМОВ ОПИСАНИЯ СУЩНОСТЕЙ



«...**ИМЯ** **есть**... орудие распределения сущностей».

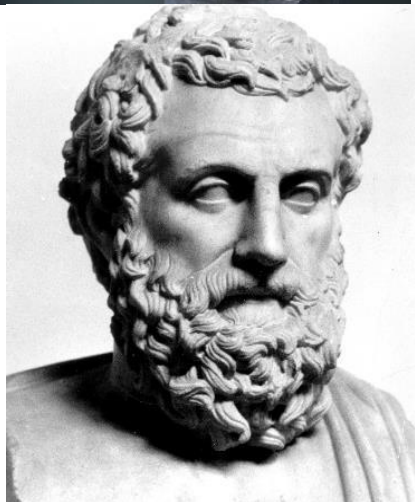
Платон (427–347 гг. до н.э.)

(**Реалисты**)

**имена** возникают в результате соглашения.

Аристотель (384–322 гг. до н.э.)

(**Номиналисты**)



Пьер Лаплас: зная имена и значения всех сущностей можно вычислить всю реальность !?

*Вычислять будет «демон Лапласа»*



Минимум это то, что надо  
понимать и **уметь пользоваться**, используя законы ... Природы и  
преобразования энтропии/информации

**Д. Гильберт:**

«Не существует такой **вещи**, как  
неразрешимая задача».



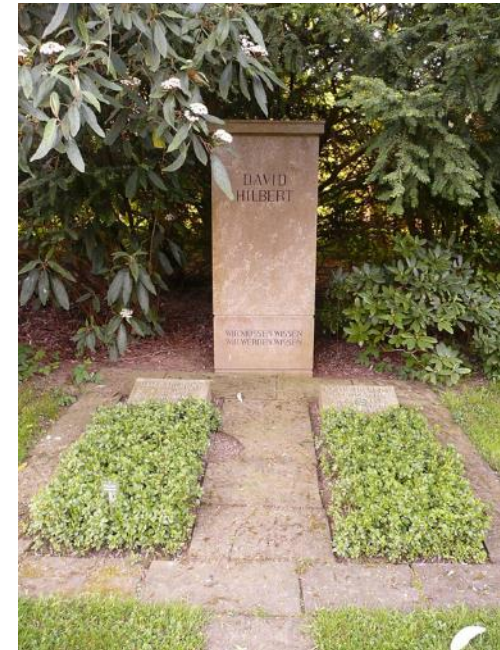
Эпитафия на могиле :

«**МЫ ДОЛЖНЫ ЗНАТЬ,**  
**МЫ БУДЕМ ЗНАТЬ**».

вопросы:

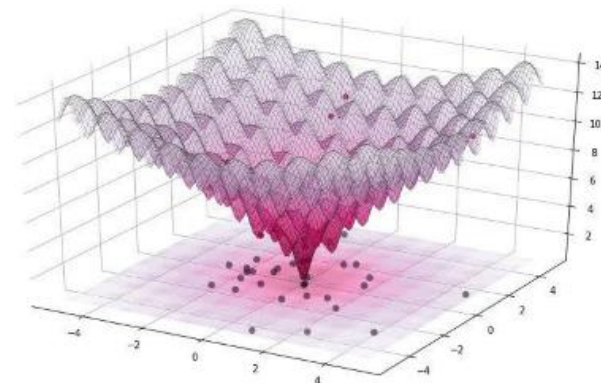
«должны» - кому?

«знать» - что



	имена	вклад	задач
1	<b>Д. Гильберт</b>	«архитектор» <b>программы</b> развития современной математики, 1900	Сформулировал 23 проблемы, решение которых создаст логический базис «математики природы»
2	<b>К. Гёдель</b>	доказал <b>неполноту</b> арифметики, 1931	Теоремы о неполноте формальных систем - мышление не вычислимо
3	<b>А. Тьюринг</b>	Разработал логические системы, основанные на ординалах множеств и информации об ( <b>трансфинитные</b> числа). Создал модель вычислений - машина Тьюринга, 1935	Машина Тьюринга с оракулом
4	<b>ак. А.Н.Колмогоров</b>	создал аксиоматическую теорию вероятностей 1927, представление функций в виде <b>суперпозиции</b> функций меньшего числа переменных 1957	вычислительная сложность, решения обратных задачи представления функции с помощью нейронных сетей
5	<b>ак. А.П. Ершов</b>	концепция автоматизации <b>программирования</b> , 1958	термин информатика, «программирование» программ на БЭСМ теория компиляторов
6	.....		

- Перечислимость (множеств),
  - Вычислимость (функций),
    - разрешимость (множеств) ...
      - Объяснимость (интерпретируемость)



Так называемая 10 проблема Гильберта была решена в 1970 г ак. Ю. Матиясевичем: универсального алгоритма решения диофантовых уравнений **нет...**

Что из этого следует ? (**д.у.** – полиномиальное уравнение с целыми коэффициентами имеющее целы решения) – **существуют неразрешимые на компьютерах задачи «в целых числах»** ...  $a^2+b^2=c^2$

Перспектива: «лингвистического» «уравнения» :

(компьютер): (аппаратура) + (программы) = результат + выделение тепла ....

С точки зрения физики: компьютеры – способны обрабатывать целые числа, выполняя над ними миллиарды **операций** сдвига регистра в секунду,

Логика процесса вычисления - механистическая (бинарная) логики процесса «понимания» - модельная !!!

**Понимание** - это модальная логическая функция, в соответствии первой теоремы Геделя о «неполноте» : "Любая непротиворечивая **формальная система**  $F$ , в рамках которой может быть выполнено определенное количество элементарной арифметики, является неполной.

**Существуют утверждения языка арифметики  $F$** , которые не могут быть ни доказаны, ни опровергнуты в  $F$ ...но это может сделать «оракул» или внешний наблюдатель («программист»....)



$$a * b = b * a ?$$

Вычислительные процессы могут быть рассмотрены на нескольких уровнях описания (физика, алгоритм, синтаксис программы, смысл результата)

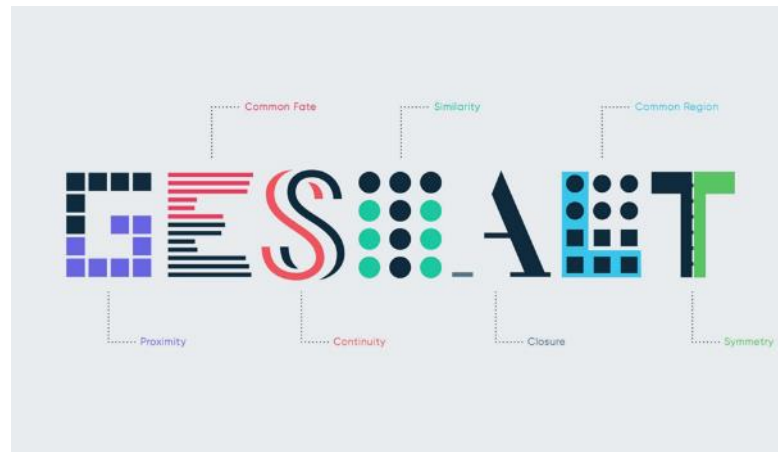
- на **физическом уровне** вычисления это операции, которые требуют «свободной энергии».
- на алгоритмическом, как описание последовательности вычислительных операций
- на **семантическом уровне**, как объяснение смысла полученных результатов,

**Прямой вычислительный процесс** точно реализует логику исполняемой программы, но ... не любому реальному физическому процессу можно сопоставить точное символьное описание.

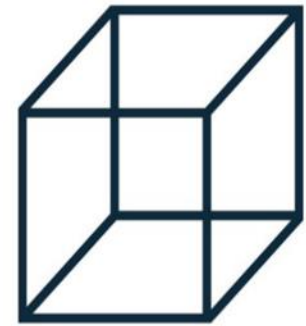
**Цель теоретического минимума компьютерных наук:** – построение «наиболее точного» вычислимого символьного описания физической реальности



- Под программным кодом компьютерной системы «находится» не только алгоритм , но много других **слоев реализации процессов** вычислений.
- Компьютерные науки дают целостное (гештальт) описание всех уровней преобразования **кода программы в физические операции**.



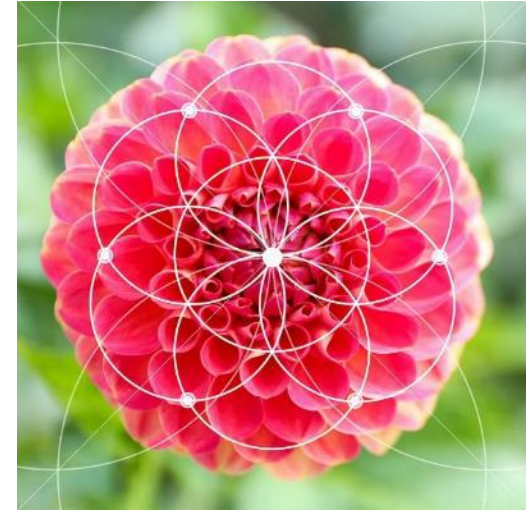
## ЦЕЛОЕ НЕ ЕСТЬ СОВОКУПНОСТЬ ЧАСТЕЙ ....



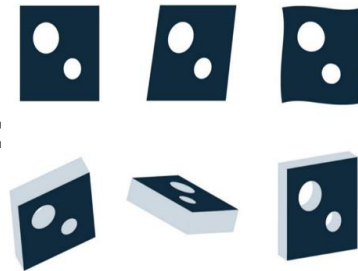
Люди могут распознавать объекты, даже если в их описание у них отсутствуют отдельные части.

Для этого мозг сопоставляет то, что видит в данный момент с **знакомыми шаблонами**, хранящимися в памяти, и «заполняет» имеющиеся пробелы конструкции.

- **трансформация абстрактных понятий в реально существующие феномены:** е результаты трансформации начинают мыслиться как нечто материальное
- воспринимать объекты с разных точек зрения, несмотря на их внешний вид.



Понятие  
эквивалентности:  
«эмбединг»



или сопоставляя абстрактным  
моделям реально материальных  
объектов



Как ответить на вопрос: Почему КН находят гораздо более широкое применение, чем просто вычисления чисел?



+



Сколько будет

A: к 1 кошке и 2 собакам  
прибавить

B: 3 кошки и 1 собаку ?

B= 1 кошка и 2 собаки

A= 3 кошки и 1 собака

C= 4 кошки и 3 собаки

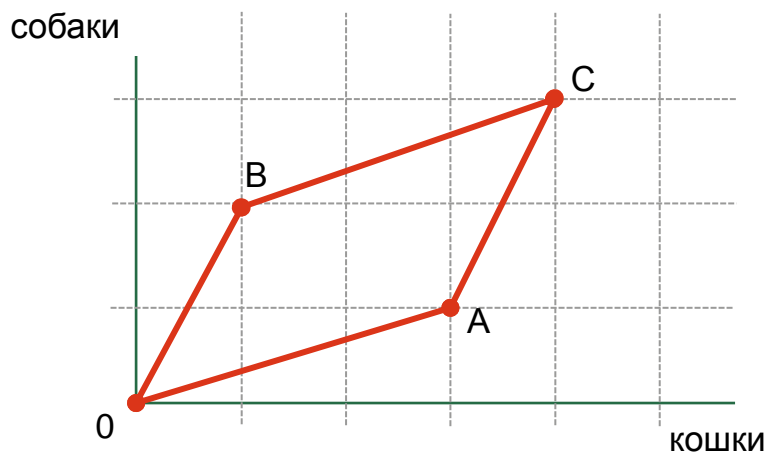
Сколько будет

P: 2 кошки и 1 собакам  
увеличить в 3 раза ?

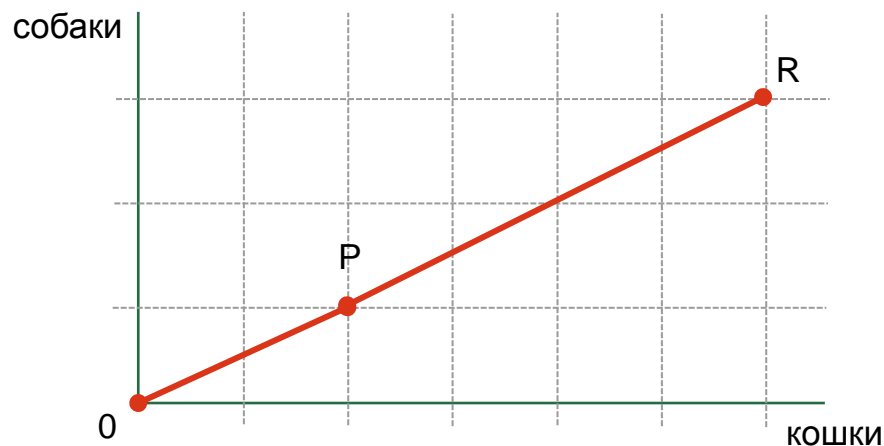
P= 2 кошки и 1 собака

× 3

R= 6 кошек и 3 собаки



Кодирование с помощью векторов операция  
- сложение векторов



операция умножение вектора на число

## ФОРМАЛЬНО ТРУДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ ....ЛЕГКО РЕШИТЬ ЧИСЛЕННО. ПОЧЕМУ ?

- **Теория сложности** основана на оценках, относящихся к наихудшему случаю, усредненному по разумной совокупности экземпляров (примеров).
- Практика вычислений состоит в том, что трудные проблемы выделить **в особое множество критических ситуаций** и областей.
- Итак, вариация параметра в критической области приводит к **резким изменениям** сложности решаемой проблемы, что напоминает изменения, связанные с фазовыми переходами в физических системах

- Являются ли результаты моделирования разрешимым множеством ?
- Можно ли объяснить результаты моделирования, анализируя полученные данные ?

**Разрешимое** множество (также, вычислимое) — множество натуральных чисел, для которого существует алгоритм, получающий на вход любое натуральное число и через конечное число шагов завершающийся утверждение, принадлежит ли оно данному множеству  $\rightarrow (0,1)$ .

**Теорема.** множество является разрешимым, если его характеристическая функция вычислима.

**Теорема.** Множество разрешимо тогда и тогда, когда оно и его дополнение **перечислимо**.





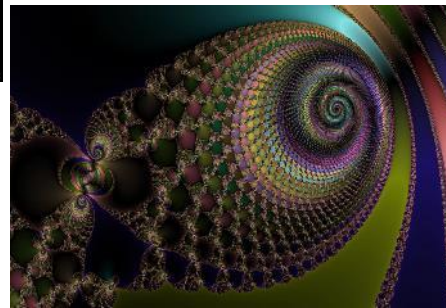
ПОЛИТЕХ

# Выводы



вычислений

мышления →



Рекурсия - есть метод описания (объяснения) ситуации, когда объект (процесс) является частью самого себя:

- Либо во **времени**
- Либо в **пространстве**
- Либо и .... **там и там**

Механизм примитивной рекурсии лежит в основе иерархической организации всех объектов Природы:

- от наименьших наблюдаемых элементарных частиц до
- живых организмов и видимых скоплений галактик

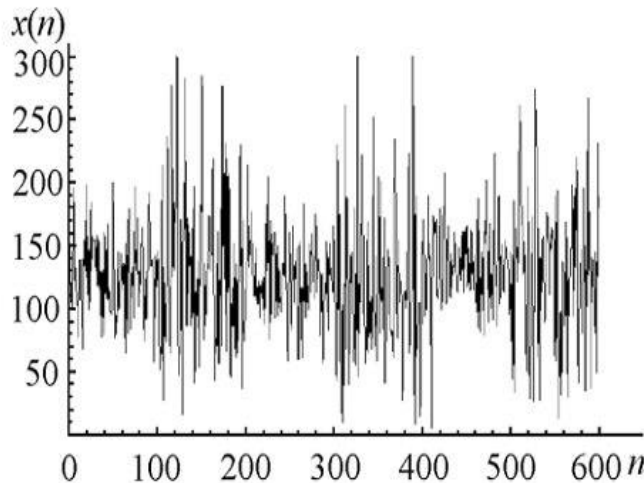


существования

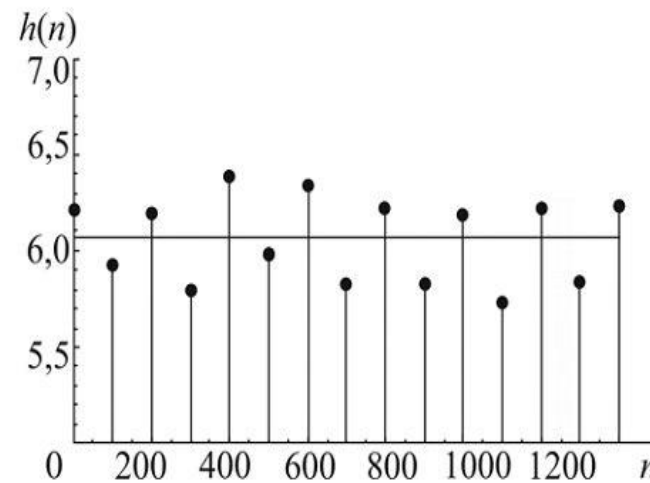


**случайность** как мера неопределенности можно точно определить, через вероятность, но **нельзя доказать, что данное число является случайным.**

Пример: есть система, которая каждые 100 тактов переключается между несколькими состояниями и порождает сигнал  $x$ , характеристики которого изменяются. Можно построить алгоритм распределения сигнала и как вычислить значение информационной энтропии Шеннона



Реализация наблюдаемого процесса на выходе «черного ящика»



Изменения энтропии наблюдаемой переменной на выходе «черного ящика»

Генетический код — форма записи наследственной информации в живой клетке.

Информация зашифрована в виде последовательности нуклеотидов: с матрицы ДНК происходит образование информационной РНК, с использованием которой особые клеточные вычислительные «машины» — рибосомы — «вычисляют» (синтезируют) белки.



# СИНТЕЗ, ЧТО ЭТО: МАТЕМАТИКА, ЛИНГВИСТИКИ ИЛИ ХИМИЯ ?

В каждой клетке человека общая длина ДНК составляет ~ 2 м.  
внешняя среда «вынуждает» клетку синтезировать те или иные белки для определенных целей.

Для этого можно использовать грамматику генетических кодов, где элементы действуют как контекстно-зависимые переменные и одновременно контекстообразующие операторы (функторы).

генетики полностью расшифровали  
геномы более чем 2,5 тыс. человек,  
каждый из которых состоит из 3 млрд



Генетический код

1-е осно- вание	2-е основание				3-е осно- вание
	У(А)	Ц(Г)	А(Т)	Г(Ц)	
У(А)	Фен	Сер	Тир	Цис	У(А)
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц(Г)
	Лей	Сер	—	—	А(Т)
	Лей	Сер	—	Три	Г(Ц)
Ц(Г)	Лей	Про	Гис	Арг	У(А)
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц(Г)
	Лей	Про	Гли	Арг	А(Т)
	Лей	Про	Гли	Арг	Г(Ц)
А(Т)	Иле	Тре	Асп	Сер	У(А)
	Иле	Тре	Асп	Сер	Ц(Г)
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А(Т)
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г(Ц)
Г(Ц)	Вал	Ала	Асп	Гли	У(А)
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц(Г)
	Вал	Ала	Глу	Гли	А(Т)
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г(Ц)

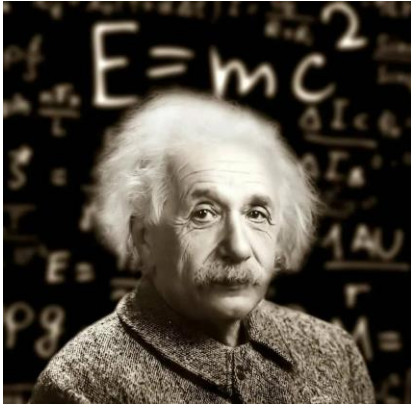
- У геномов высокая насыщенность повторами – это одно из их характерных свойств.
- Повторяющиеся последовательности могут иметь различную длину: от нескольких десятков, до нескольких сот повторов и тысяч п.о. - для мобильных
- Но до сих пор не существует детальной классификации алгоритма построения повторяющейся ДНК , которая синтезирует белок с заданными свойствами .
- Не ясен механизм как ДНК влияет на интеллект ?



## НО ОТКРЫТ ОБРАТНЫЙ ЭФФЕКТ ФЛИННА (1934-2020)

- Эффект Дж. Флинна: **каждое последующее поколение умнее предшествующего** и демонстрирует более высокие показатели IQ по шкале Стэнфорда-Бине, которые растут на 3 пункта за каждое десятилетие (1959-2000).
- **«обратный эффект» 2000-2020** – снижение IQ на 1,5 пункта за каждые 6 лет.
- **Почему:** для человека, живущего в новом «информационном пространстве» характерно: клиповое мышление, прикладной интеллект, умение быстро переключаться между разными задачами и информационными потоками.
- Это все направляет эволюцию человека в направлении снижения его «интеллектуального потенциала», уменьшения объема мозга в целом и запоминаемых данных в частности, но расширяя возможности кооперативной работы.





А. Эйнштейн:

- Абстрактные понятия не могут быть производными от ощущений..... значит it from bit ???

Фундаментальная проблема компьютерных наук : информационные отношения абстрактных понятий и свойств физических объектов реального мира.

- Возможное решение:
  - создать универсальный язык для представления и обработки информации, так чтобы с его помощью программировать **экзоинтеллектуальную систему**, чтобы она могла не только конкретным образом, сопоставлять абстрактные понятия, но и на основе совокупности абстрактных понятий формировать соответствующие ей возможные образы.
  - создать суперкомпьютерную платформу **экзоинтеллектуальной системы**, возможности которой были бы сопоставимы с ресурсами человеческого мозга

## АКСИОМА ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МИНИМУМА: «ВСЕ БЫЛО» : ЦИКЛОМАТИЧЕСКАЯ СЛОЖНОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЙ КОНЕЧНА

- Цикломатическая сложность программного кода — количество линейно независимых маршрутов в программном коде.
- Например, если исходный код не содержит никаких точек ветвления или циклов, то сложность равна единице, поскольку есть только единственный маршрут через код.
- Если код имеет единственный оператор IF, содержащий простое условие, то существует два пути через код: один если условие оператора IF имеет значение TRUE и один — если FALSE.
- Математически цикломатическая сложность структурированной программы<sup>[2]</sup> определяется с помощью графа, узлами которого являются блоки программы, соединенные рёбрами, если управление может переходить с одного блока на другой. Тогда сложность определяется как:<sup>[3]</sup>
- $M = E - N + 2P$ , где  $M$  = цикломатическая сложность,  $E$  = количество рёбер в графе,  $N$  = количество узлов в графе,  $P$  = количество компонент связности.



Simplicity is one of the driving idea we should keep in mind at all time when designing a system.

Простота — это одна из движущих идей, которую мы должны всегда помнить при проектировании системы. Проблема: этого действительно трудно достичь

Леонардо да Винчи: «Простота – это высшая утонченность».