

ВСИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

курс: Введение в профессиональную
деятельность

ЛЕКЦИЯ 2 «КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРОФЕССИОНАЛИЗМ»:

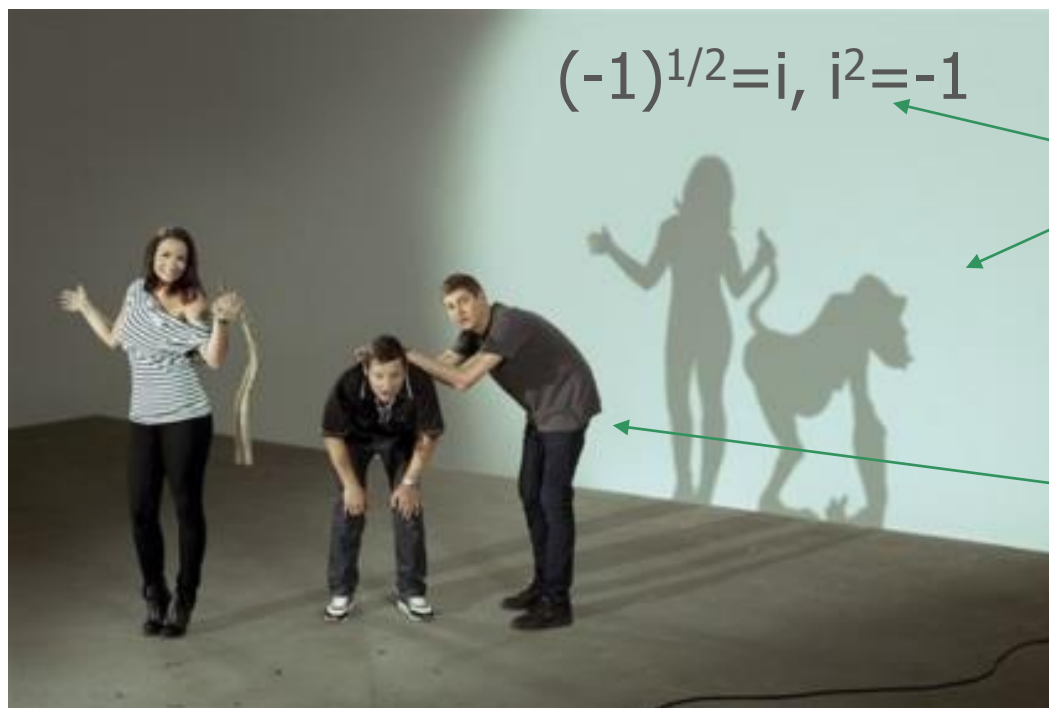
*ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗАМЕНИТЬ ИДЕЯМИ,
ЭНТРОПИЮ - ИНФОРМАЦИЕЙ*

15.02.2024

Что было на прошлой лекции

- Введение к лекции «2»
- Что значит **МЫСЛИТЬ СИСТЕМНО**
- Фундаментальные понятия профессиональных знаний (энергия, энтропия, информация, алгоритм...)
- Использование научных знаний: **реификация** информации в объекты реальности
- Заключение

Математика как метафора реальности (Ю. И. Манин), а компьютерные науки ... про мыслимые «тени реальности»



«Тени» - то, что
доступно для
мыслимого восприятия

↓
Объекты
реальности

в процессе восприятия
информация об объектах
искажается ?!

Триплеты научных понятий:

материя, **энергия**, **ЭНТРОПИЯ**

модели, алгоритмы, **информация**

числа, слова, **СМЫСЛЫ**

ЧТО ОБСУЖДАЛИ (2): ОТ АБСТРАКТНО МЫСЛИМОГО (ОБЪЕКТА СОЗНАНИЯ) К ФОРМАЛЬНО ВЫЧИСЛИМОМУ (ОБЪЕКТУ РЕАЛЬНОСТИ)

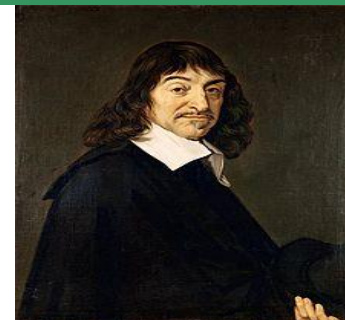
17 век: гипотеза Р. Декарта: **Cogito, ergo sum**

— «мыслю, следовательно, существую» ??!!!

20 век: парадигма Компьютерных Наук (КН):

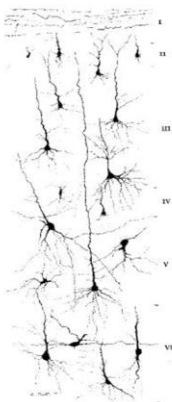
- «**понимаю – значит вычисляю**»

(... могу получить то, что непосредственно не возможно наблюдать)

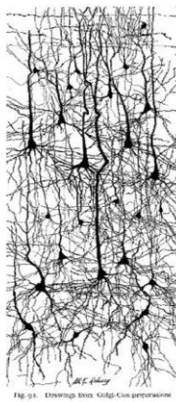


Логика КН: 1) вычисляю, следовательно понимаю → 2) понимаю значит мыслю
=> 3) мыслю значит существую (вопрос КН: **можно ли вычислить самого себя ?**)

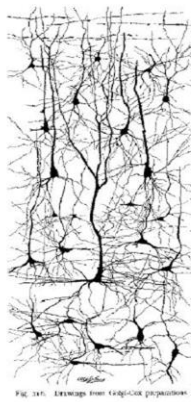
Эволюция структуры нейронов мозга:



Birth



2 years



6 Years

«**ЧТО** изменяется» - физика:
Энергия/тепло/работа

Энтропия Q/T

«**Как** изменяется» - КН
Информация $I = -\log_2 P$
(ин-форма-ция)



Что обсуждаем:

- Информационное «зеркало» физической реальности.
- Вычислимые числа и функции, невычислимые понятия.
- Энтропия, информация, данные, знания: основы современной концепции компьютерных наук.

Знание немногих **принципов** освобождает
от знания многих **фактов**

Рене Декарт

- Профессионал должен «мыслить конкретно», то есть уметь «материализовать» (воплощать) обретенные абстрактные знания, представленные как множество формальных понятий - *функций, алгоритмов, множеств, категорий, вероятностей...и др.*, в модели или объекты реальности – материальные или программные
(см. Г. Вейль **Математический способ мышления**
<https://studfile.net/preview/3213032/>)

Что для этого надо уметь:

- **доказать**, что рассматриваемая проблема имеет/не имеет алгоритма решения (как, например, 10 проблема Гильберта, а именно алгоритма решение в «целых числах» любых диофантовых уравнений)
- **объяснить** почему, изучаемая система имеет/не имеет определенных значений переменных состояния (как, например, в квантовой механике)
- **предложить** решение проблемы с использованием **меры неопределенности** (вероятности) или **информации** о наблюдаемых событиях

Бог создал целые числа,
всё остальное — дело рук человека
Леопольд Кронекер

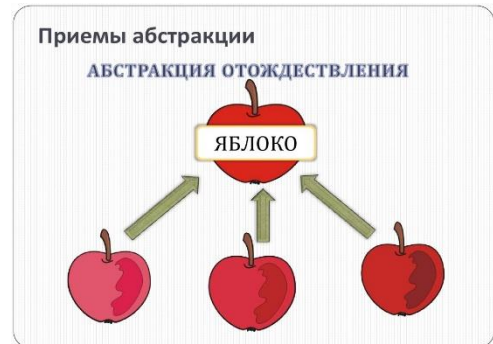
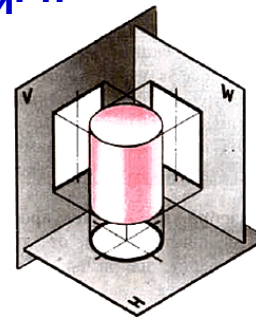


Каждая профессия использует абстрактную, специальную для каждой профессии, знаковую систему, объединяющую воспринимаемые факты и события в **объяснимую** и логически не противоречивую модель. **Математика и компьютерные науки начинаются с:**

0, 1, 2, 3...нат. числа..., $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$,**рац. числа** . $1/(1+x^2) = 1-x^2+x^4...$ **ряды**; $(a-b)(a+b)=a^2-b^2$ **алгебры** $z=x+iy$, $i=(-1)^{1/2}$ числа-вектора, матрицы, $11 \pmod{2}=1$ и $3 \pmod{2}=1 \Rightarrow 11=3 ???$

$a_n \dots a_1 a_0 = a_n \times 10^n + \dots a_1 \times 10 + a_0 \times 10^0$ **поз. сист. счисления**

Абстрагирование порождает
побочные эффекты —
информационные «тени» реальности

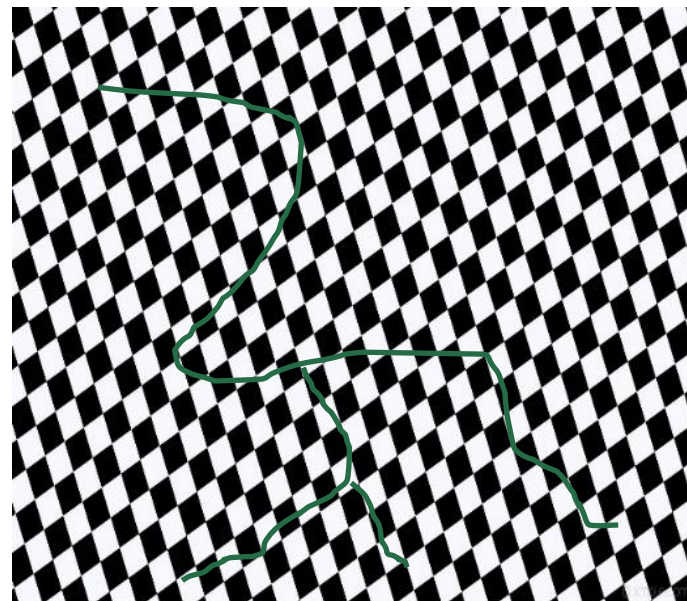


Реальный физический процесс



Какие абстракции можно использовать , чтобы описать и понять это физический процесс ?

Черно-белый экран из «пикселей», отображающий траекторию



«информацию» о увиденном физическом процессе можно было бы использовать для описания и объяснения наблюдаемого события ?

Что нужно, чтобы «вычислить» то, что может произойти, включая:

- прогноз **траектории новой молнии ?**
- запись программы расчета траектории?
- построение теории «молнии» как физического объекта ?

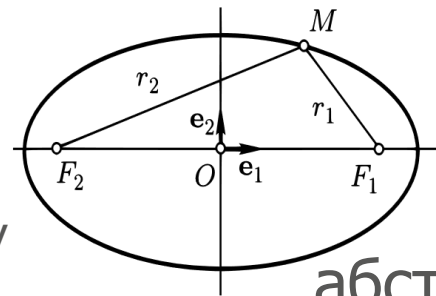
Ответы - «да», но... по отношению к абстрактной модели «процесса»

Процесс «абстрагирование» начинается с :

введения а) числового базиса «0», «1», «2»,

б) базиса операций (+, -) и в) «законов сохранения» (уравне

Надо понимать, что абстрактные модели (множества, функции, операторы) реализуют принцип минимума энтропии (неопределенности) описания, поэтому не учитывают «детали»



абстракция



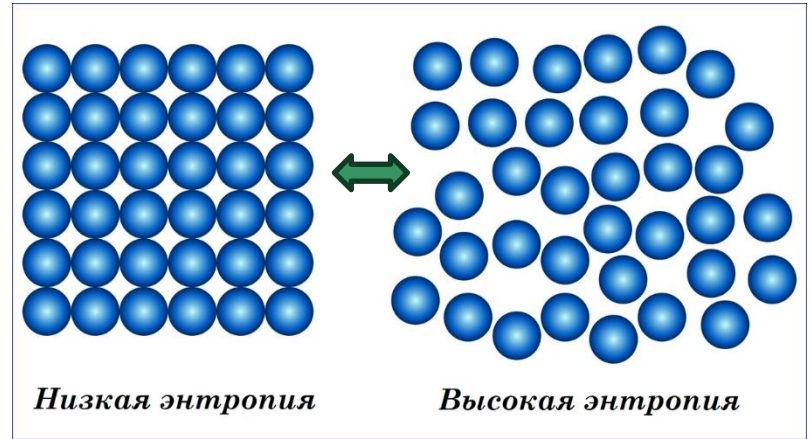
объект



на плоскости xu есть множество E точек (x, y) , заданное квадратным уравнением $ax^2 + 2bxy + cy^2 = 1$,

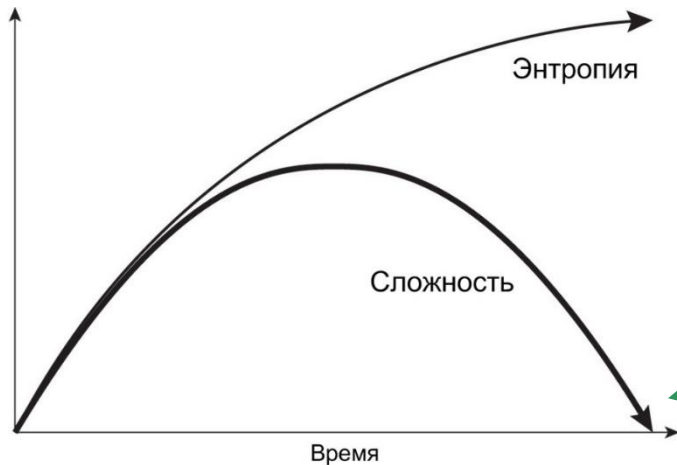
$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

Энтропия в термодинамике — мера рассеяния энергии.



Вопрос: «сложность» описания объекта растет по мере роста энтропии ?!

изменение внутренней энергии системы всегда отрицательно (энергия **рассеивается**), а изменение энтропии всегда положительно (**неопределенность растет**).



Количество данных $K \ll N$ — число возможных комбинаций данных

Энтропия в теории К. Шеннона
$$E = \sum -p_i \log_2(p_i) \Rightarrow \sum p_i \log_2 \frac{1}{p_i}$$



ПОЛИТЕХ

КАК ОТВЕЧАТЬ НА ВОПРОСЫ «СИСТЕМНО»



Вероятность отгадать результат $p=1/2$

Как из «1/2» получить «1» ?

$$1 = -\log(1/2) = \log 1/p$$

Гипотез
я не измышляю.

И. Ньютон.

(потому, что Ему ответ уже известен ?!)

- «СИСТЕМНО» - это значит учесть в ответе неопределенность сути самого вопроса и неоднозначность («простейшая» неопределенность = 1/2) имеющихся у нас знаний.
- Системный принцип 1:** если ничего не известно то различные причины **следует считать равновозможными (равновероятными)**.
- Системный принцип 2.** рассматривать проблем, используя принцип «суперпозиции противоположностей» (**принцип дополнительности Н. Бора**), **например, если:**
 - **мыслить «0»** , надо как **-1+1**, а не «отсутствие чего либо
 - если есть закон «всемирного тяготения», то стоит «мыслить» и закон **«всемирного отталкивания»** - гипотеза Хаббла о расширении Вселенной ???
 - если есть закон, описывающий процессы **«роста энтропии S»**, то должен быть и **закон антиэнтропии**, который описывает процессы **«убывания энтропии S»:**

S min (рост «полезной» (свободной) энергии, убывание энтропии)

entropy

→ ? Убывание **энтропии** – рост **информации** ?

S max (убывание «полезной» (свободной) энергии, рост энтропии)

Математики имеют дело только
с каталогом знаков
Г. Вейль

Рассматривая художественную картину ясно ,



что дело не в холсте или краске
(материальных субстанциях), а в образе, то
есть в визуальном описании , коде мыслимых
представлений или в пояснениях к этим
представлениям в форме слов/понятий

Код – всегда обозначает нечто **мыслимое**, а значит, согласно Декарту –
существующее либо в **реальности**, либо в **сознании**

Примеры:

- Лингвистика – сложнее, чем химия и физика. Есть слова амонимы – знаки, обозначающие разных сущности: «коса», «ключ» ...
- Биология - тексты молекулы ДНК это описание реального объекта с помощью $64 = 2^5$ кадонов, которые кодируют 32+32 аминокислоты. Код ДНК не однозначен – один кадон кодирует две аминокислоты

Энтропию как «системный параметр» можно интерпретировать как **произведение** меры, характеризующей уверенность в том, что событие произойдет (вероятность события) и меры неопределенности, что событие все таки произойдет. Итак, будем дальше считать вероятность p_i мерой **уверенности**, что произойдет событие « i », а обратное значение вероятности, то есть $1/p_i$ мерой **неуверенности (неопределенность)** в том, что событие « i » произойдет.

$$E = -x \log_2(x)$$

$$\frac{dE}{dx} = -\frac{d}{dx} x \log_2(x)$$

$$= -\left(\log_2(x) + x \left(\frac{1}{x}\right)\right)$$

$$= -\left(\log_2(x) + 1\right)$$

Когда энтропия достигает «максимума» ?

Это должно быть **событие с наибольшей неопределенностью**, то есть вероятности всех возможных событий одинаковые

Приравнивая найденную производную к 0,

$$-\left(\log_2(x) + 1\right) = 0$$

$$\log_2 x = -1$$

$$x = \frac{1}{2}$$


$$-\log_2(x=1/2) = \log_2 2 = 1 \text{ бит}$$

- Определение - реификация (reification)
 - процесс , в котором абстрактная идея (например, программа) или результат вычислений по программе (число) превращается в данные, другой реальный (программа) или мыслимый объект

По сути реификация – это процесс «овеществления» продуктов мыслительной деятельности (абстрактных утверждений), например,

- описание языка программирования с помощью другого языка программирования
- трансформация понятий в материально-вещественные формы или объекты

Пример: Посредством реификации то, что ранее было неявным, невыраженным и невыразимым, теперь **эксплицитно (явным образом)** формулируется и становится доступным для физических, логических или вычислительных манипуляций (например, с помощью рефлексивных языков программирования).

Так, овеществление является одной из часто используемых техник программирования, например:

- «овеществление» адреса памяти для его непосредственного использования в каком либо специальном контроллере

```
char* buffer = (char*) 0xB8000000;  
buffer[0] = 10;
```

- описания некоторого утверждения, не указывая его явно

- **ген** — это биологический «код», по которому организм воспроизводит ферменты и протеины для построения белковых тканей. У человека около 20 тысяч генов и **23 пары хромосом — носителей генов**, которые хранятся в ядрах всех клеток и участвуют в делении клеток;

Цепочка генетического кода состоит из **четырёх «букв»**, а именно из **молекул** — гуанина (G), цитозина (C), тимина (T) и аденина (A).

- Геном человека это «слово», составленное из 4-х букв (нуклеотидов). Геном человека в 2022 г. расшифрован на 100%, то есть определен порядок расположения нуклеотидов в цепочке ДНК, но интерпретация последовательностей пока находится в начальной стадии.

Вопрос: сколько информации в битах содержит цепочка ДНК человека, состоящая из **$1,5 \times 10^{23}$ нуклеотидов**

Дано: $N=4$, $K= 1,5 \times 10^{23}$

Найти: объем информации I в цепочке ДНК

Решение $I = K \times i$ $N = 2^i$,

- $i=2$,
- $1,5 \times 10^{23} \times 2 = 3 \times 10^{23}$ бит



Последовательность ДНК (пример)

gatcaacactacttgacttcaagacttaccataaagaaaactatagtggtgattggcaa
aagacaagacaaatagatcaacataacaaaataaagggccatgaaatagaccatagtg
caattgatttttgacaaagaaggattggcaatagaatggggtaaagatagtgcttctcaac
aaacggtaccagaatgactgaataccsacatgcaaaaagaaaaagaaatgaacctagaca
cagatcttatacagttcacaaaaatgtaactcaaaatgaatcatagacctaaatataata
ttcaagactataaaaccctaaaatataacataggggaaaatctaacaatcttgagtttg
ttaatgactttttagatacaataccaaaggcaggatccaggaaagaatcgataagctggg
cttcattaaaattaaaatatttctgctctatgaagccactgtcaagagaaggaaaaggca
agccatagactgggagaaaaatatttacaaaaagacatacatgataaaggactattatccaa
aatgtacaaagaactctaaaaacttaacaataagaaaaacaaaccsaaactaaaaactggg
c saaagatcttaacagatatattaccaagaagatacacagatggcaataagcataaaa
agattaaccacatcacatgctcattaagaaattgcaaattaaaacaacatgagacaccat
tatacacctagtagaatgaccsaaatccagattactgacataatcaaatgctgacaagga
tgtggagaaacaggaactgccattcttgggttggtgggaatgcsaaatgggatgcctgctt
tggaagacagcttggtggttttcttacaacactaagcatactcttaccsaaagatcgagca

Код ДНК един для всех организмов живущих на Земле. Во всех геномах живых организмов используется одни и те же наборы кодовых комбинаций.

По формуле Шеннона можно вычислить энтропию ДНК.

Как в любой «замкнутой» системе энтропия ДНК будет расти.

Вопрос: как можно ли «бороться» с генетической энтропией, если скорость накопления вредных мутаций равна «3 мутации на 1 событие деления клетки» ?

Усложнять просто, упрощать сложно.

Закон Мейера

- Если в **какой-то подсистеме** уменьшить энтропию (неопределенность), **то энтропия всей системы** в целом возрастает
- Чтобы привести в **систему отрицательную энтропию**, надо где-то взять вещество, «обогащенное» свободной энергией (сложно-организованное антиэнтропийное вещество) и переместить его внутрь исследуемой системы.
- Передача в систему **потока энергии без переноса «антиэнтропийного» вещества** лишь поднимет температуру системы, то есть увеличит ее тепловую энергию и уменьшит свободную энергию. **В результате сложность системы снизится.**

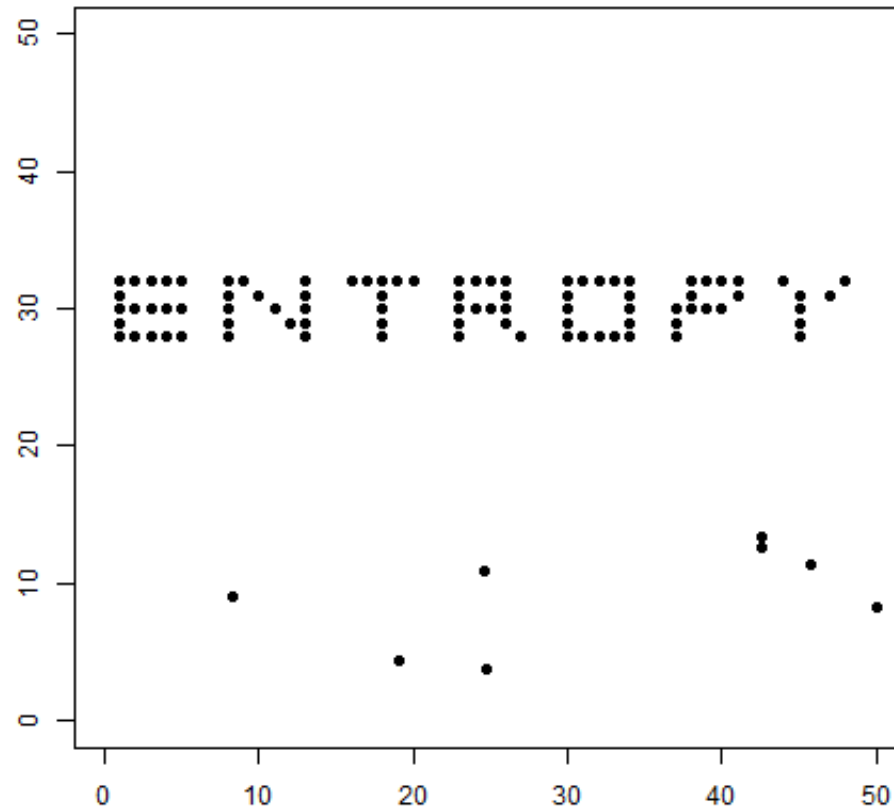
- **АЛГОРИТМ** – заранее сформированная **совокупность вычислительных операций (в большинстве своем логических и не обратимых), используемых для получения конкретного решения рассматриваемой проблемы, то есть выбора одного решения из множества возможных, что приводит систему к снижению ее ЭНТРОПИИ .**
- Компьютеры, выполняющие предписания алгоритмов, это физические системы, поэтому возможности реализации логики работы алгоритмов определяют законы физики. Вопрос:
 - Чем ограничена скорость работы алгоритма ?
 - Что происходит в окружающей компьютер среде?
 - Можно ли уменьшить выделение тепла при работе компьютера ?(1+2=3)
- В природе, обработка информации не сводится только к вычислениям с использованием алгоритмов... а существуют и «не алгоритмические вычислительные технологии», такие как: **интуиция, импатия, ощущения....В чем же разница ?**

Итак, законы физики ограничивают скорость компьютерных вычислений и обмена информацией. Произведем оценки:

- Согласно принципу неопределенности Гейзенберга, а именно $\Delta E \Delta t \geq \hbar$, чтобы совершить логическую операцию перехода из одного состояния в другое, которые отличаются на величину энергии ΔE требует по меньшей мере время $\Delta t = \pi \hbar / 2 \Delta E$.
- Итак, вычислительная система со средней энергией E может производить максимум $2E / \pi \hbar$ логических операций в секунду (то есть за время $1 / \Delta t = \pi \hbar / 2 \Delta E$).
- Если мы используем компьютер массой 1 кг, то его полная энергия может быть вычислена по формуле $E = m \cdot c^2$.
- Следовательно компьютера с массой в 1 кг обладает энергией $E = mc^2 = 8.9874 \cdot 10^{16}$ Дж., значит может производить максимум $5.4258 \cdot 10^{50}$ операций за секунду.

- Количество информации – это **количество** различных состояний физической системы (потенциальное количество информации). Эта количество W , связано с термодинамической энтропией системы формулой
$$S = k_B \ln W$$
, где k_B - постоянная Больцмана.
- Итак, энтропия управляет количеством информации, которую может обработать вычислительная система, а температура системы управляет скоростью выполнения вычислительных операций «на бит на секунду» - **максимум $5.4258 \cdot 10^{50}$ операций за секунду.**

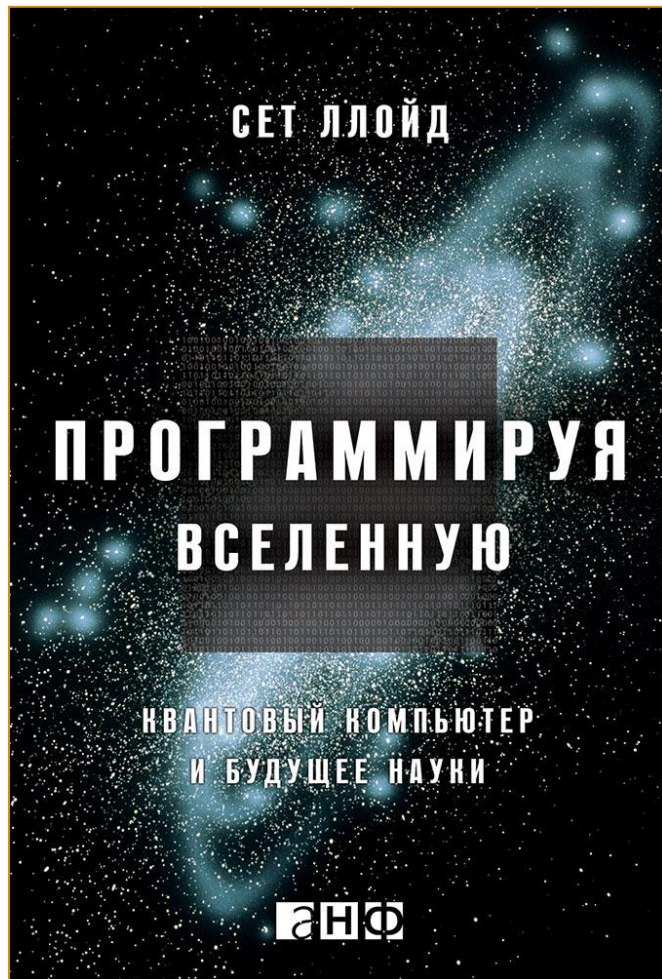
Энтропия - количества информации, которую можно получить о системе, взаимодействуя с ней



Выводы

- Энтропия – одна из самых важных и в то же время трудных для понимания научных концепций, без которой невозможно представить себе объективную картину мира. Энтропия является неотъемлемым свойством макроскопических и информационных систем, но, в отличие от известных физических переменных таких как температуры, давления или объёма, её нельзя измерить с помощью приборов, но можно **ВЫЧИСЛИТЬ**
- итак:
 - в термодинамике мера необратимого рассеяния энергии,
 - в статистической физике – вероятность осуществления некоторого макроскопического состояния,
 - в теории динамических систем – мера хаоса в поведении системы,
 - в теории информации – мера неопределённости источника сообщений, определяемая вероятностями появления тех или иных символов при их передаче.

Что рекомендуется прочитать



Идея: Вселенная постоянно обрабатывает информацию — будучи квантовым компьютером огромного размера, она все время вычисляет собственное будущее.

Каждый атом Вселенной, а не только различные макроскопические объекты, способен хранить информацию. чтобы процесс в изолированной системе происходил самопроизвольно (за счет внутренней энергии) , он должен увеличивать энтропию

Приложение 1.

О значении слов и определений :

- «Если **значения слов (объем понятия)** не определены, то нет и смыслов. Если нет **смыслов, то действия** не происходят».
(Конфуций, 551-479 г. до н.э.).
- «**Определите содержание слов**, и вы избавите человечество от половины его заблуждений».
(Рене Декарт, 1596 -1650).
- «Информация – это **не материя и не энергия**. Это третье».
(Норберт Винер)
Кибернетика, или Управление и связь
в животном и машине. 1958 г.)