

ВШ ИСКУСТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

курс: Введение в профессиональную деятельность

- «математика и компьютерные науки»
- «математическое обеспечение и администрирование информационных систем

ЛЕКЦИЯ 2 «КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРОФЕССИОНАЛИЗМ»:

*ВЫЧИСЛЕНИЯ ЗАМЕНИТЬ ИДЕЯМИ,
ЭНТРОПИЮ - ИНФОРМАЦИЕЙ
ИНФОРМАЦИЮ – ЗНАНИЯМИ*

2.10.2025

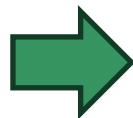
Что было на прошлой лекции

- Введение к лекции «2»
- Использование научных знаний: как понимать что такое **реификация в КН**
- Что значит **мыслить системно**
- Заключение

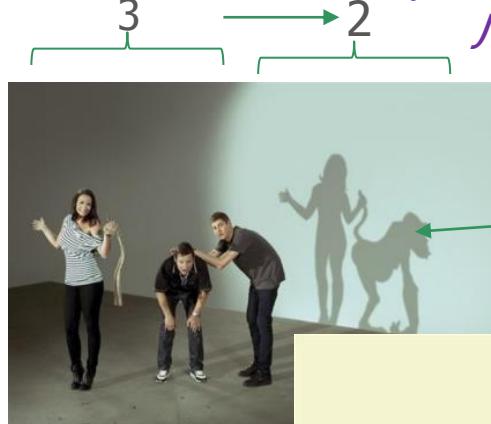
ЧТО БЫЛО НА ПРОШЛОЙ ЛЕКЦИИ

ГДЕ НАХОДИТСЯ ИСТОЧНИК СВЕТА В КН ?

Проблема КН: «где найти источник света» ?



Нет
ничего практичеснее
хорошей теории.
Л. Больцман



$$i^2 = -1$$

Суть «понимания» -
решение задачи
«обратного
моделирования»
объектов Природы

Символ/как
«тень»
объекта



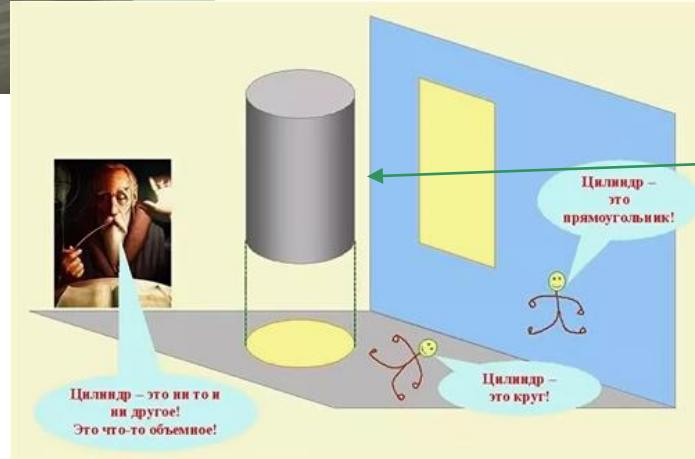
Объекты

задача «обратного
моделирования»
имеет множество
решений !!! ???

Свет это....и «волна»и
«частица» ???

Триплеты научных знаний:

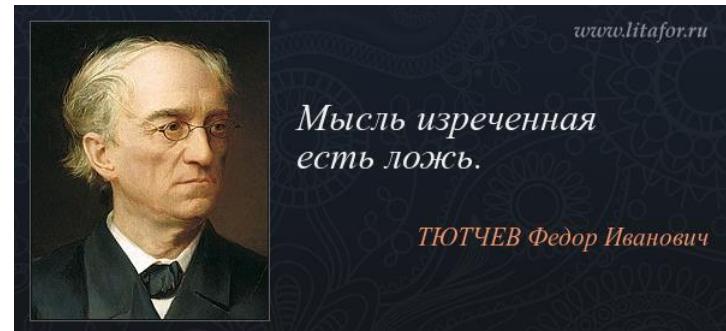
- материя, энергия, **информация**
 - числа, слова, **смыслы**
 - модели, вычисления, **понятия**



умение формулировать вопросы так, чтобы «обратные задачи» имели «вычисляемое» решение («prompt»-инжиниринг, «prompt» - суть подсказка)

Примеры:

- Неправильный вопрос: **Что есть информация?**
- Правильная формулировка вопроса: Как нужно рассуждать об **inFORMATion**, чтобы эти рассуждения имели смысл?



Суть профессионального «компьютерного» подхода в том, чтобы не допускать обсуждение проблем, для которых не существует алгоритмов «вычисления» логически непротиворечивых (?) объяснений(решения суть объяснения)

Что было на прошлой лекции

О ПОНЯТИИ ЗНАЧЕНИЯ СЛОВ :

- «Если **значения слов (объем воплощенного в слове 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.)
 - Вопрос: можно ли увидеть смысл ??? (надо реализовать процессреификации)

ПРИМЕР РЕИФИКАЦИИ:

Понятие реификация или «информационно-воздействие» можно определить формально как **уменьшение количества равновероятных исходов**. Большинство определений не конструктивно до тех пор, пока нет возможности точно определить, что является **информационной сущностью** объекта: **код**, субъект воспринимающий код, инструмент реализующий код, физический процесс (сигнал), как **воплощенный код**.



Мыслимый Код
физического
процесса



субъект,
«понимающий»
код



Инструмент
«расшифровки» кода



восприятие
музыки



Воплощенный в
физический «процесс»
код:

Пример: Музыка – это определенный набор звуков. Но ни каждый набор частот колебаний струн инструмента можно связать с **понятием музыка**. Каждому музыкальному произведению сопоставляется **мыслимый нотный код**, а также **дискриптор** – название и автор.

Что планируем обсудить:

ключевые слова

Понимание информации: как «кривое зеркало» физической реальности.

Смыслы: вычислимые числа и функции, невычислимые понятия.

Энтропия, информация, данные, знания: основы современной концепции компьютерных наук (КН).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

- Информация – *inFORMATion* $I = - \log_2 p_i$, где $\sum p_i = 1$
 - (в данном случае - **форма** вероятностного пространства $\sum p_i = 1$)
- **энтропия**
- **знание**, понимание, экзо-интеллект
- **реификация** (от лат. res — вещь) — процесс, в ходе которого продукты мышления (знания) облекаются (воплощаются) в материально-вещественные формы

Понимание «информация» - как меры «формы»

- *inFORMATio*: абстрактная «форма», которая получила воплощение.
 - Цицероном: *inFORMATio* воплощение слова в **идею**
 - Евангелие от Иоанна **«слово плоть бысть»** (слово стало плотью)
 - Фома Аквинский: *inFORMATio materiae* = **формирование материи**
в теории передачи информации К. Шеннона
информация - **мера сообщения $I=-\log P$**
 - Физический аспект : **информация мера сложности структуры**:
 - в КН мера сложности алгоритма (P , NP , $NPC\dots$), которая **имеет бесконечное число** различных программных реализаций, но
 - существуют **алгоритмически неразрешимые задачи**, например, задача **самоприменимости машины Тьюринга**, задача «останова» алгоритма

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

Рене Декарт

- Профессионал должен «мыслить и системно и конкретно», то есть уметь «материализовать» (воплощать, **реифицировать**) абстрактные понятия, представляя их через множество конструктивных понятий - **функций, алгоритмов, множеств, категорий, вероятностей...и др.**,

(см. Г. Вейль **Математический способ мышления**
<https://studfile.net/preview/3213032/>)

Что для этого надо уметь:

- **Логически доказать**, что рассматриваемая проблема **имеет/не имеет алгоритма решения**
- **объяснить** почему, система **имеет/не имеет определенное число состояний** (как, например, в квантовой механике)
- **предложить** «конструктивное» решение проблемы с использованием **меры неопределенности** (решить с точностью до вероятности) **наблюдаемых событий**

Бог создал целые числа,
всё остальное
— дело рук человека

Леопольд Кронекер



Каждая профессия использует специальную знаковую систему,
способной к реификации в процессы или логически не противоречивую модель.

Реификация в компьютерных науках начинается с:

0, 1, 2, 3... **натуральные. числа...**

$\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, ... **рациональные. числа .**

$\frac{1}{(1+x^2)} = 1-x^2+x^4 \dots$ **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. система счисления.**

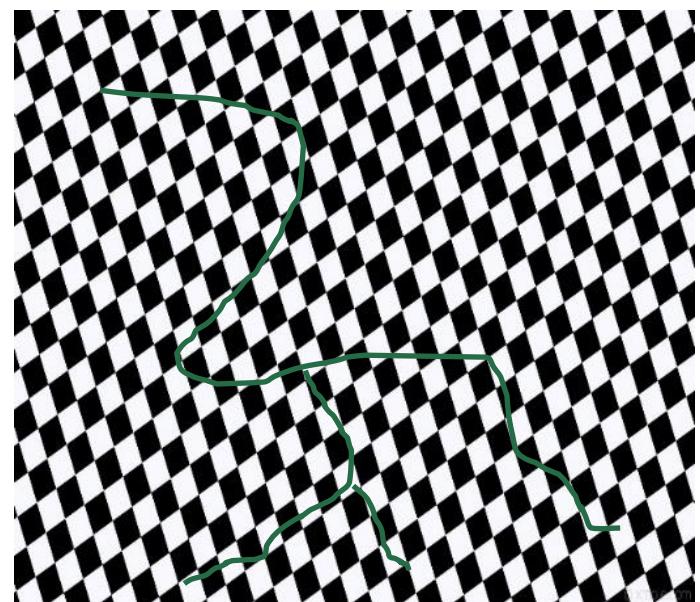
Абстрагирование порождает
побочные эффекты –
информационные «тени»
вычислимой реальности

Реальный физический процесс



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

Черно-белый экран из «пикселей», отображающий траекторию

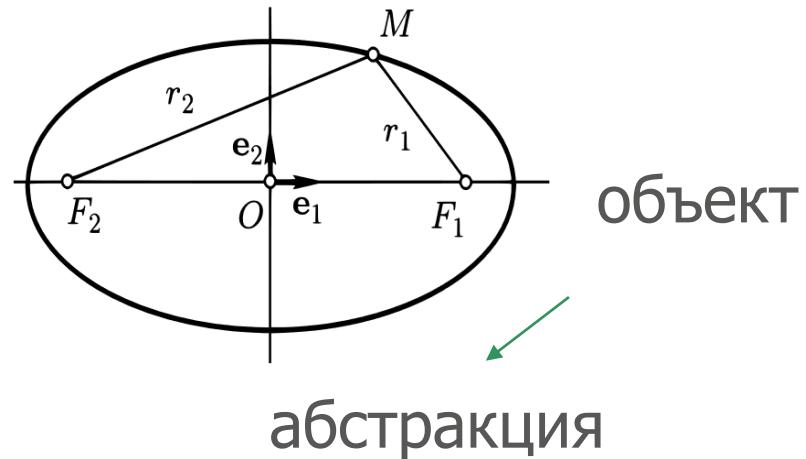


1) уметь: «**информацию** о **увиденном физическом процессе** использовать для описания и объяснения наблюдаемого события

2) Знать как «вычислить» то, что может произойти:

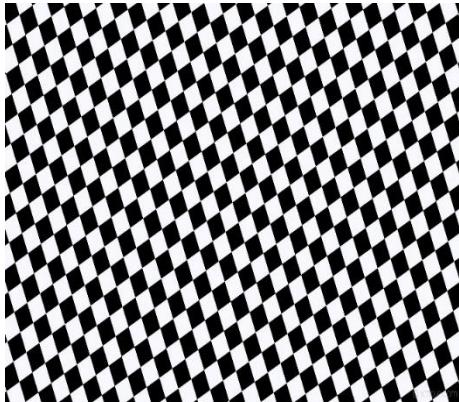
- **скорость движения молнии ?**
- произвести расчет траектории?
- построить теорию «молнии» как физического объекта ?

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



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

Модель среды:



Вопрос: что же такое «единица информации» ?

Пример: Если число пикселей на экране $10^5 \times 10^5$, то количество равновероятных черно-белых «фигур» из пикселей: $2^{10000} = (1000)^{1000} = (10)^{3000}$ (число нуклонов во Вселенной 10^{80})....

«Математическая теория связи» Клод Шеннон:

- **информация имеет статистическую природу и выражает степень неопределённости передаваемого символа, а количество информации определяется вероятностью**

Повторение символа в сообщении **repeat (0)**

1
3 01110010100001010111001000000110100010111010111001

Эти три сообщения используют одинаковый объём памяти – 50 байт

бит, **информация 30 бит** **Информация 2 бит**
норколичество информации в них различается repeat (0..1)

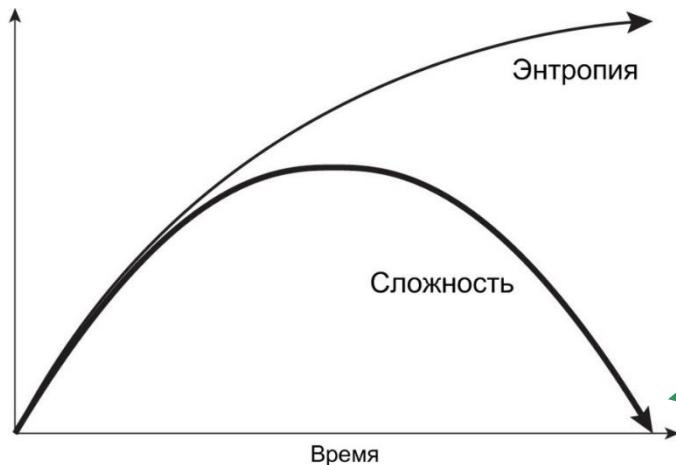
1 Вероятность, «бит» – единица информации

«бит» – единица информации

ЧТО ОБЩЕГО В ФИЗИКЕ И ТЕОРИИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ? -> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОНЯТИЯ « ЭНТРОПИИ »

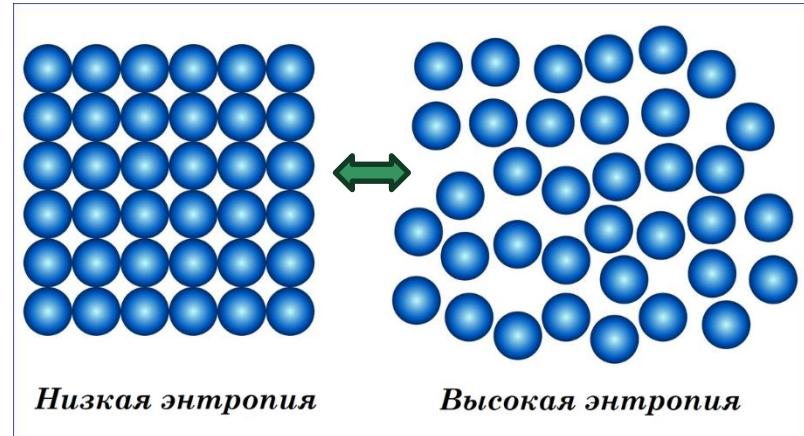
$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$$

Энтропия в термодинамике — мера рассеяния энергии.



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

Энтропия в теории К. Шеннона



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

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

$$E = \sum -p_i \log_2(p_i) \Rightarrow \sum p_i \log_2 \frac{1}{p_i}$$

Второй закон термодинамики: в замкнутой системе энтропия не уменьшается

КАК НАУЧВИТЬСЯ 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 ответ
уже известен ?!)

- Ответить «системно» - это значит **учесть в ответе неопределенность 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 проблемы, используя принцип «суперпозиции противоположностей» (**принцип дополнительности Н. Бора**), **например, если:**
 - мыслить «0», надо как $-1+1$, а не «отсутствие чего либо»
 - если есть закон, описывающий процессы «роста энтропии S », то должен быть и **закон антиэнтропии**, который описывает процессы «убывания энтропии S »:

S_{min} (когда имеет место рост «полезной» (свободной) энергии, то есть происходит убывание энтропии

→ ? 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 , то есть **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**, либов **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 того, что событие все таки не произойдет**

меры, характеризующей уверенность в том, что событие произойдет (вероятность события) и меры неопределенности того, что событие все таки не произойдет

Можно 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.**

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

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

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

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

Вопрос: **Когда энтропия системы достигает «максимума» ?**

Это должно быть состояние с **наибольшей неопределенностью**, то есть состояние, когда вероятности всех возможных событий одинаковы

Приравнивая найденную производную к 0,

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

$$\log_2 x = -1$$

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

- $\log_2(x=1/2) = \log_2 2 = 1$ бит

- реификации (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)**

то есть становится доступным для физических, логических или вычислительных манипуляций (например, с помощью рефлексивных языков программирования).

Поэтому, **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 четырех «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 нуклиотидов 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)

gatcaacactacttgaacttcaagacttaccataaagaaaaactatagtgttgtattggcaa
aagacaagacaaatagatcaacataacaaaataaaggccatgaaatagaccatatagt
caattgattttgacaaagaaggattggcaatagaatgggtaaagatagtcttctcaac
aaacggtaccagaatgactgaatacccacatgcaaaaagaaaaagaaatgaacctagaca
cagatcttatacagttcacaaaaatgtaactcaaaatgaatcatagacctaataataata
ttcaagactataaaaccctaaatataaacatagggaaaatctaaacaatcttgagttt
ttaatgacttttagatacaataccaaaggcaggatccaggaaagaatcgataagctggg
cttcattaaaattttatattctgcttatgaagccactgtcaagagaaggaaaaggca
agccatagactgggagaaaatatttacaaaagacatacatgataaaggactattccaa
aatgtacaaagaactctaaaaacttaacaataagaaaacaacccaaactaaaaactggg
ccaaagatcttaacagatattaccaaagaagatacacagatggcaaataagcataaaaa
agattaaccacatcatcgtcattaagaaattgcaaattaaaacaacaatgagacaccat
tatacaccttagtagaatgacccaaatccagattactgacataatcaaatgctgacaagga
tgtggagaaacaggaactgccattttgggtgtggaaatgccaatggtatgcctgctt
tggaaagacagcttgggttttacaacactaagcatactttaccaaaagatcgagca

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.

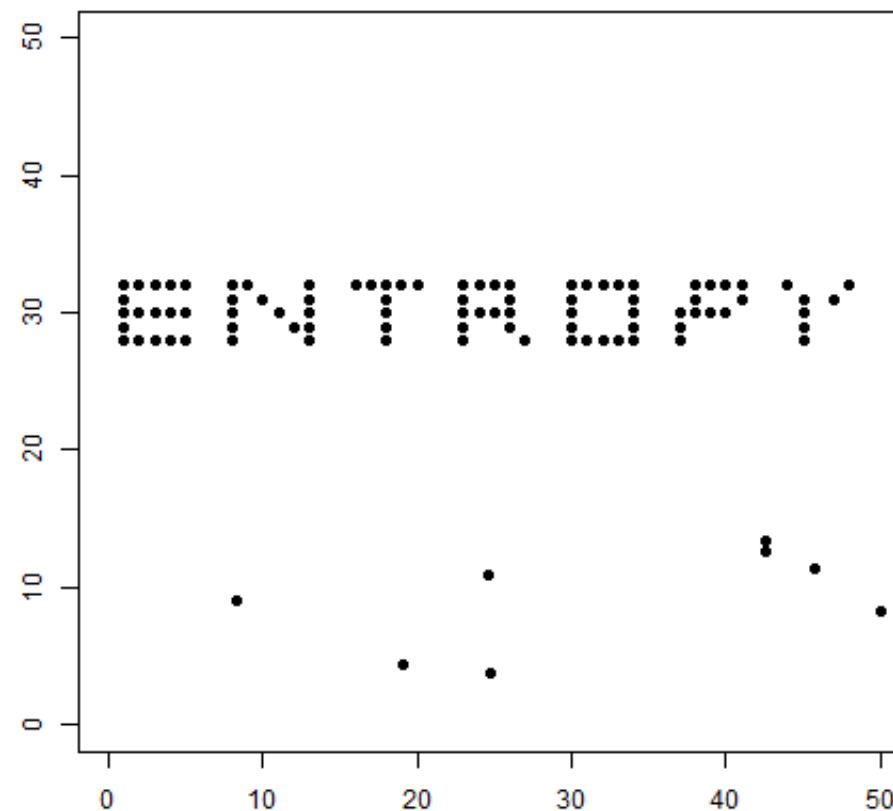
Как в любой «замкнутой» системе энтропия ДНК будет расти.

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 привнести 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 всей системы снизится.**

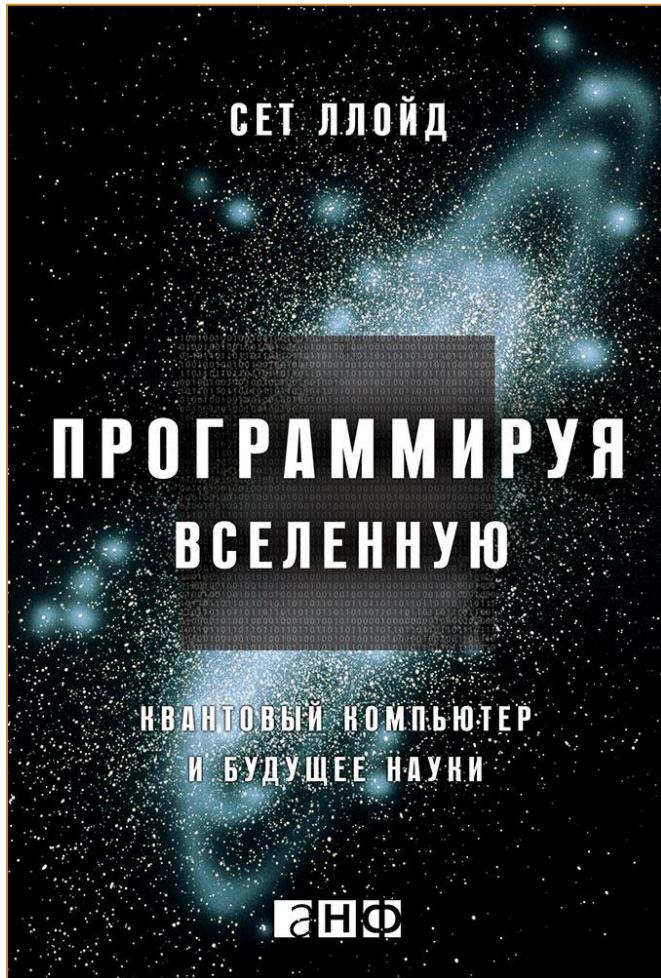
Энтропия - количества информации, которую можно получить о системе, взаимодействуя с ней



Выводы

- Энтропия и информация – одни 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