

ВСИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

курс: Введение в профессиональную
деятельность

ЛЕКЦИЯ 3: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ
СОВРЕМЕННОЙ КОНЦЕПЦИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК

16.02.2023

Суть компьютерных наук состоит в поиске
ответа на вопрос:

Существуют ли вычислительные операции, которые позволят построить не только «количественные», но и «объяснительные» модели того, что наблюдаемо и значит «потенциально возможного» в физическом мире?

Количественные – значит основанные на использовании чисел.
Объяснительные – значит основанные на вычислении смыслов

„ сложность – это когда небольшие отличия в условиях порождают огромные различия в конечном результате“

А. Пуанкаре

по материалам второй лекции.

Что такое

- Связанная энергия
- Свободная энергия
- Информационное воздействие на объект

почему:

- Термодинамическая энтропия - это мера неупорядоченности **замкнутой системы** **которая** выражается как отношение тепловой энергии к температуре [Дж*К⁻¹],
- Информационная энтропия – это среднее количество информации, приходящееся на **одно из возможных сообщений**

- Каково отношение **мера** информации Шеннона имеет к **смыслу** сообщения?
- Является ли **слово** « информация» (in_form_ation giving a form to the ...mind) существительным или глаголом, обозначающим действие ?
- Информация материальна, то есть это **форма** энергии, или это символичный код, т.е. шаблон-форма?
- Является ли информация исключительно феноменом, который изменяет состояние сознания homo sapience или все формы жизни также **воспринимают** информацию?
- Существует ли **атрибутивная** (объективная) связь между энергией, материей и информацией? (it from bit)

Слово **inform** («in_form») буквально означает «**сущность, заключенную в форме**».

- Как глагол это слово означает «**giving a form**» - **придание формы**, но.... возникает вопрос «**формы**» **чему ?** (тому, что способно иметь форму или тому, что способно к восприятию формы),

- Окончание “**ation**” превращает слово infromatiom – в **существительное**, обозначающее **действие как предмет, аналогично как:**

– **управление** (от "управлять"), **учение** (от слова "учить"), **поедание** (от "поедать")

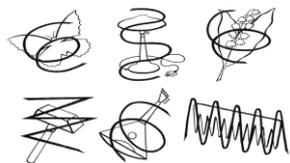
Далее считать, что **information** - **это существительное, которое** характеризует представление об объекте как о чем-то, что может

- храниться
- передаваться
- иметь определяемую меру
- восприниматься через форму

1. Ян Лекун. Как учится машина. Москва. 2020
2. Mark Burgin, *The Theory of Information: Fundamentality, Diversity and Unification*, 2010
3. [S. Wolfram. Mathematica: Современные технические вычисления](#)
4. S. Lomonaco. A Rosetta Stone for Quantum Computation

ПЕРВЫЕ ПРИНЦИПЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК : ОПИСАНИЕ «МИРА» С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ «ВЫЧИСЛИМЫХ ПОНЯТИЙ»....

№1: Все результаты наблюдений «зашумлены» и образуют множество данных

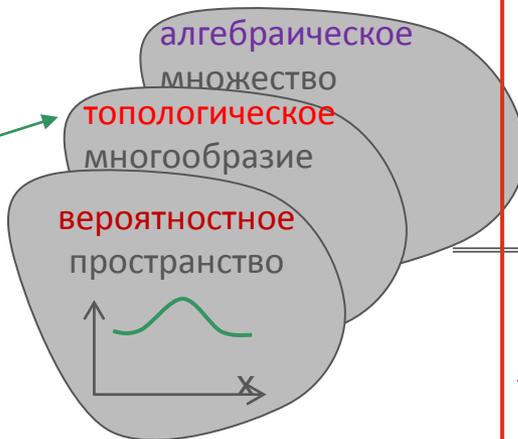


Данные доступные для восприятия

имеем:
Окружающая физическая реальность

воспринимаем: множество данных, локально имеющее строение числового или векторного пространства

: Многообразия состоящее из дескрипторов, геометрических образов объектов решений уравнений или объектов **физической реальности**



№2: множество данных индуцируют многообразия и пространства, которые факторизуются на **понятия**

описание начинается с того, что множества данных рассматриваются как многообразия, в которых введены «расстояния» и меры

дескрипторы - инварианты

задачи

← компьютерные науки —
№3: среди понятий выделяются вычислимые дескрипторы, называемые

инварианты и меры, например:
- вероятность – мера множества событий (сигма алгебра),
- топология – инварианты непрерывной «деформации»
- энергия – мера «работы»

Информация по Шеннону - мера уменьшения неопределенности, связанная с получением сообщения, которое уменьшает **количество равновероятных состояний наблюдаемой системы**. Поэтому, увеличение (**получение**) информации о системе приводит к **уменьшению** ее энтропии (неопределенности):

$$\Delta I = -\Delta S$$

«Закон сохранения» для системы с фиксированным количеством состояний (частей) и их степеней свободы

$$|I| + |S| = \text{const}$$

Количественная величина этой константы определяется внутренней структурой рассматриваемой системы:

- Чему равна эта константа, если рассматривается «компьютерная система»?
- Какой объем информации может хранить компьютерная система?

Информационная мера (емкость) описаний и почему

it from bit

- Фундаментальный вопрос компьютерных наук: возможно ли полное информационное описание конкретного объекта, системы, и Вселенной в целом?
- Технический вопрос: какой объем информации может уместиться в памяти компьютера?
- Философский вопрос: Что точнее описывает «мир» – число или слово?, а также, чем интуиция отличается от знания или суеверия ? ...

В середине 20 века физики вывели **абсолютный предел объема информации**, которую может хранить определенная область физического пространства, где расположено заданное количество вещества = энергии.

информационное воздействие на систему:

- **изменяет количество ее равновероятных состояний**

но при этом не изменяться

- количество частиц системы;
- полная энергия системы;
- температура системы.

Если первоначальную энтропию системы обозначить как S_0 , а энтропию после информационного воздействия на систему S_1 , то получим

$$\Delta I = S_0 - S_1$$

Для описания полной энергии E изолированной системы справедлива формула:

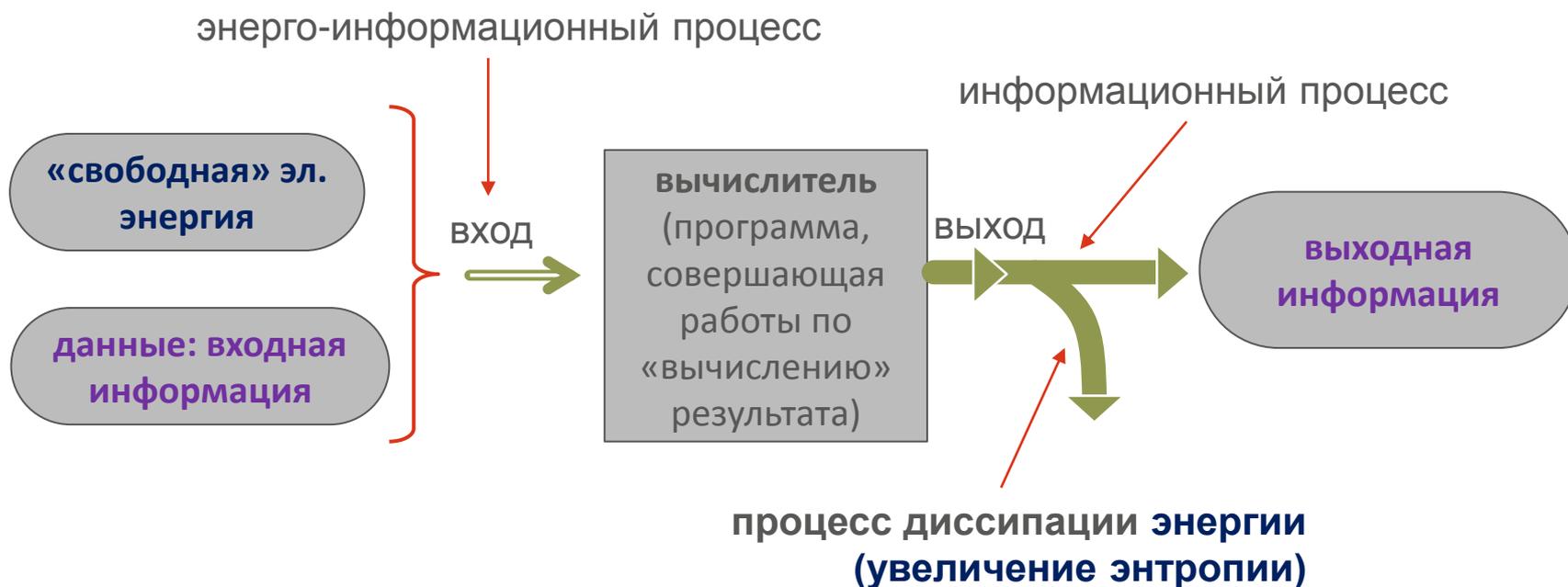
$$E = \Delta G + T\Delta S$$

В соответствии со 2-м законом термодинамики, второе слагаемое (энтропийная составляющая) при отсутствии внешних воздействий всегда неотрицательна, а приращение первого слагаемого - свободной энергии всегда не положительна. Используя термодинамическую формализацию, введем зависимость свободной энергии от информации, получим:

$$E = T(\Delta I + \Delta S)$$

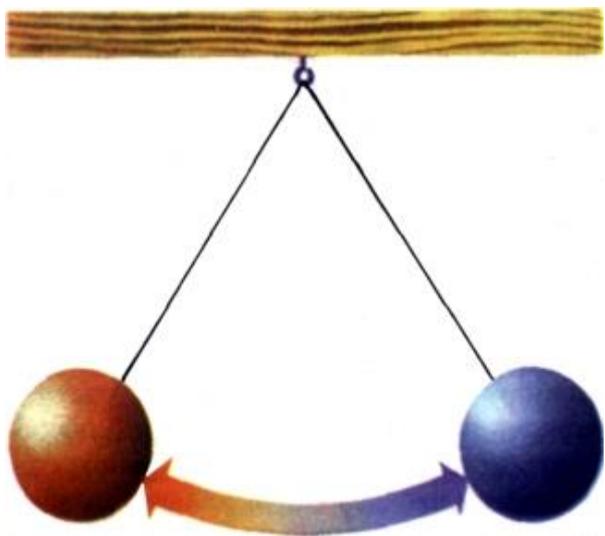
Итак, из второго закона термодинамики можно вывести закон невозрастания информации без внешнего информационного воздействия.

Энтропия может рассматриваться как **недостаток информации, используемый для описания системы**



любое энергетическое воздействие на систему с постоянным количеством частиц и их степеней свободы, не являющееся информационным, **приводит к увеличению энтропии и соответственно – к потере информации.**

- Чтобы рассчитать предельную **информационную емкость** некоего количества вещества или, что эквивалентно, вычислить его истинную **термодинамическую (безусловную) энтропию**, необходимо знать природу фундаментальных составляющих вещества до самого глубокого уровня описания его структуры



Классическая физика –
 замкнутая «обратимая»
 система не взаимодействует со
 средой



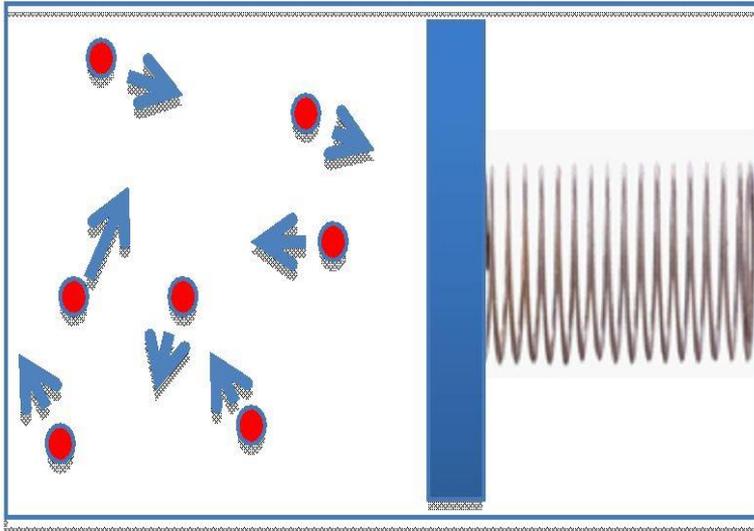
Квантовая механика

Кот Шрёдингера может одновременно находиться в нескольких
 разных состояниях... Это нормально.

DEMOTIVATORS.RU

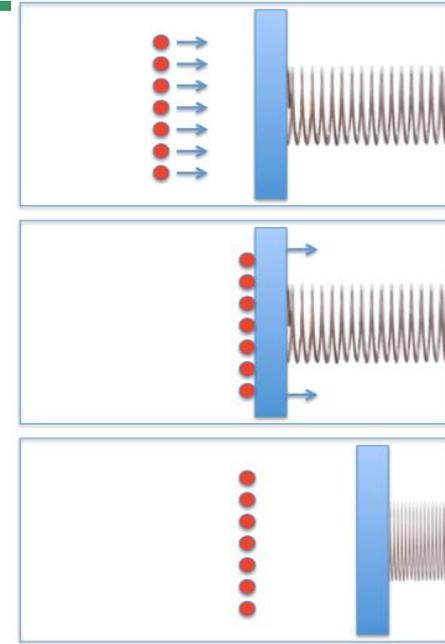
Суперпозиция состояний –
 открытая система:

- необратимые процессы
- обратимые процессы



В чем разница ?

«слева» в цилиндре энтропия выше, а «справа» - больше «свободная энергия»



Рассмотрим **наиболее вероятную** идеальный газ создаваемый движением N частицами массы m , которые могут сталкиваться упруго, т.е. сохраняя свою кинетическую энергию и импульс

Но, чтобы это произошло, надо создать особую «конфигурацию» для частиц газа

Если полная энергия не меняется, но частицы сталкиваются перпендикулярно с поршнем, то их кинетическая энергия преобразуется в потенциальную энергию пружины и ее можно

- Все системы, в том числе и вычислительные, обладают «эмерджентными свойствами». Например, у идеального газа существует некое «качество» движения молекул. Это качество зависит от числа возможных их микросостояний, которые связанных с макро состоянием газа – его полной энергией.
- Системное качество газа – суть его «энтропия». Формула Больцмана

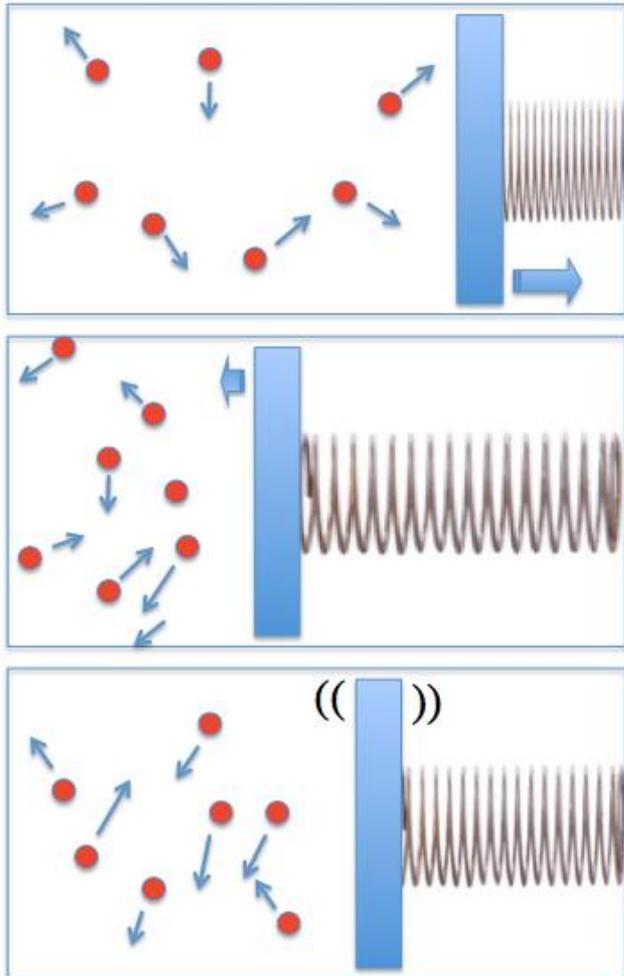
$$S = K_B \cdot \log W$$

где K_B - постоянная, W - число равновероятных микросостояний (число конфигураций или число способов которым мы можем упорядочить все частицы в системе, не изменяя ее макроскопических свойств)

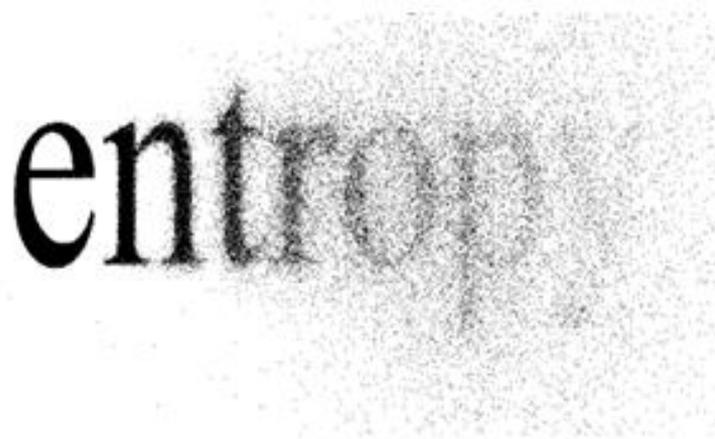
- Итак, энтропия любой замкнутой системы растет и стремится к своему максимальному значению. **Самопроизвольно вернуть систему в «исходное» состояние без затраты энергии $T\Delta S$ не возможно.**
- Но...внешняя энергия, которую мы затратим, чтобы вернуть систему в исходное состояние, не изменяет общую кинетическую энергию молекул газа. С точки зрения «компьютерных наук» - нет никакого способа проводить вычисления, т.е. находить решение некоторой прикладной задачи, - добиваться «убывания энтропии» без диссипации тепла во внешнюю среду.

- Обратимый: это значит, что из состояния А перейти в состояние В, нужно сделать такое преобразование, которое происходит настолько медленно, что проходит через **бесконечное число равновесных состояний**, так что в любой момент все **макроскопические величины**, такие как **температура, давление, объем, ... хорошо определены**.
- Для этого система должна быть «как можно ближе» к равновесию. Медленный означает **«медленный по сравнению со временем»**, которое требуется системе, чтобы перейти в состояние **равновесия** !!!??? после **воздействия**.
- Если это не так, то происходит «необратимая трансформация» связанная с «диссипативным эффектом» неравновесных процессов. Пример: «преобразование системы» при возникновении трения... - энергия с низкой энтропией (движение) переходит в энергию с «высокой энтропией» – тепло.

ПРИМЕР: СИСТЕМА, ПРЕДСТАВЛЕННАЯ ГАЗОМ И ПОДВИЖНЫМ ПОРШНЕМ.

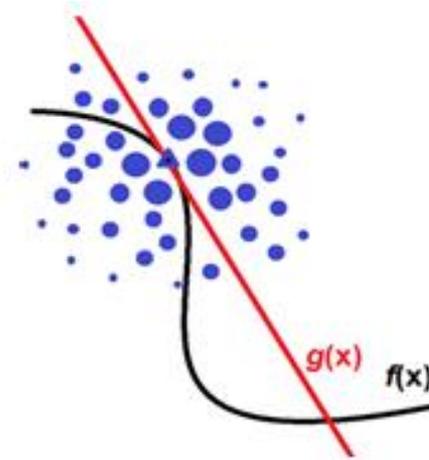


1. сжимаем пружину, отпускаем пружину, оставляя ее свободной для колебаний
2. амплитуда колебаний со временем уменьшается в результате действия трения -вязкой демпфирующей силы, вызванной присутствием газа.
3. Система достигнет некоторого равновесного состояния и будет прибывать в покое, при



Неопределенность данных

Характеризует эмерджентное описание неизолированной системы, затрудняя долгосрочный «прогноз» возможных состояний

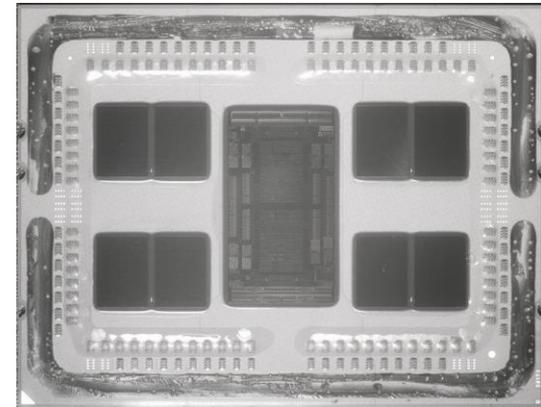
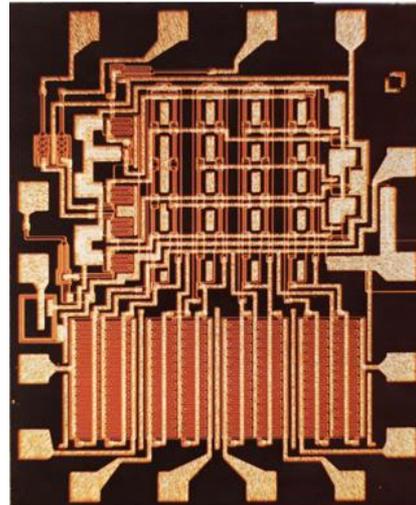
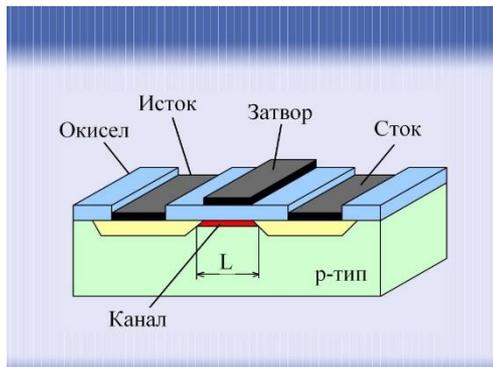


Модели объяснения

Упрощает описание, локализуя некоторое «изолированное» состояние, что ограничивает «глубину» «прогноза»

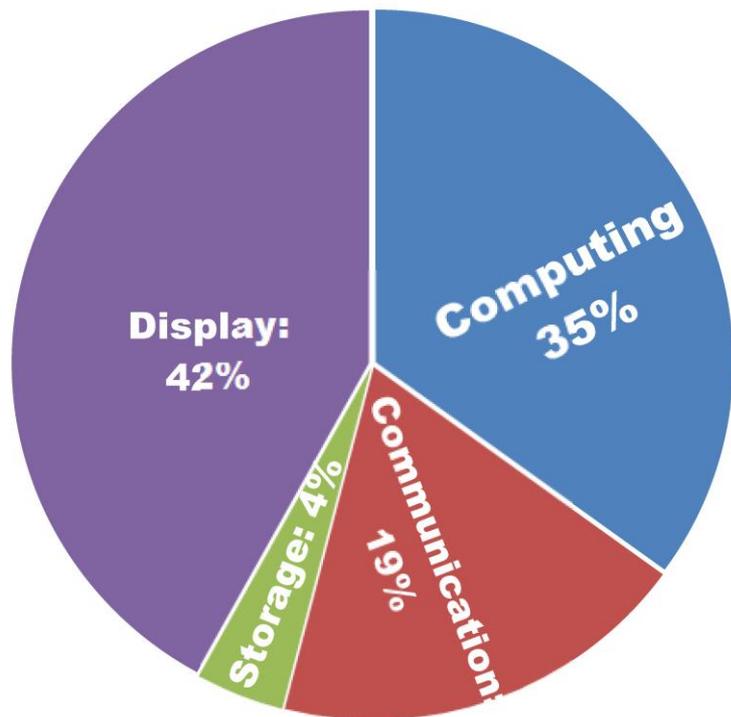
- Для анализа этого отношения надо учесть $\xi(t)$ - случайную силу, которая объясняет непрекращающееся воздействие частиц газа на множество, принятое с нулевым средним.
- Газ в нашем примере отвечает и за случайную силу $\xi(t)$ и диссипативную часть коэффициент демпфирования γ .
- диссипативные свойства системы, означающие способность производить энтропию, неразрывно связаны с флуктуациями состояния равновесия.

- Будем считать, что «малые» – это значит «изолированные» системы, эмерджентные состояние которых можно описать через **состояние составных ее частей**. Обычные системы и объекты, с которыми мы имеем дело, состоят из очень большой сборки атомов, числом порядка числа Авогадро, т.е. $N_A = 6,022 \times 10^{23}$. Итак, малые системы – это системы число частей которых меньше N_A
- **Вопрос:** современный транзистор, входящий в микропроцессор, это малая система ?



40 млрд транзисторов. 64-ядерный процессор

- Идея: превратить **немалую изолированную систему** в малую **неизолированную систему**. Такой подход имеет разные названия (адиабатическая элиминация, крупнозернистое зернение, ...).
- Цена «вопроса»: необходимость учета диссипации и флуктуации.
- Энергетические вопросы текущих и будущих систем вычислений поднимают вопрос о энергоэффективности самих вычислений, которые аналогичны эффективности тепловых двигателей.
- Было показано, что обработка информации тесно связана с управлением энергией («информация величина физическая»).
- Если некоторая информация в процессе вычислений отбрасывается (стирается) в процессе вычислений теряется, это невозможно сделать без рассеивания тепла не меньше, чем $k_B T \ln 2$ Джоуль/бит

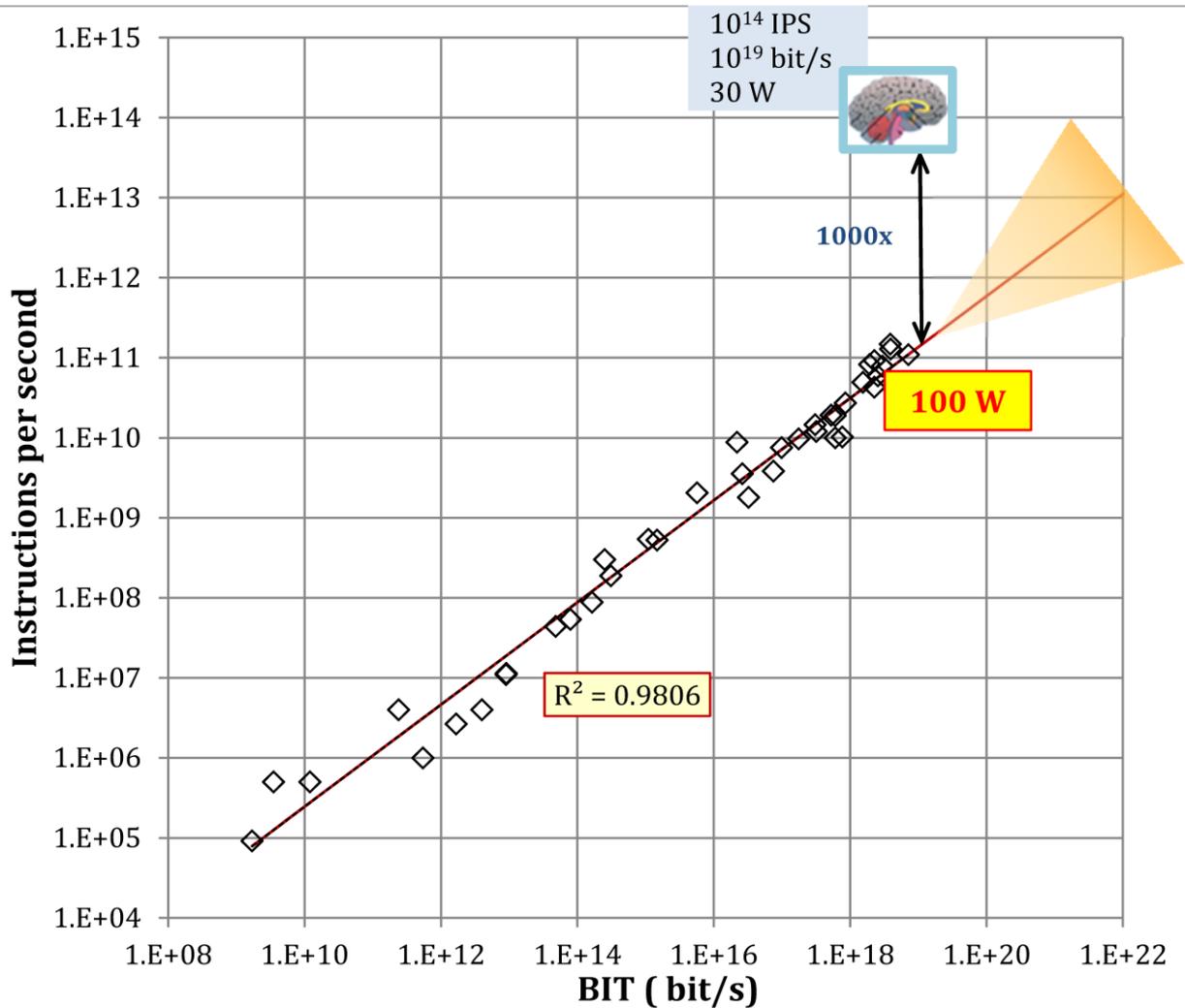


Четыре функциями обработки информации в современных электронных системах, на которые расходуется «внешняя» энергия:

- вычисления,
- связь,
- хранение
- Отображение

А где «затраты» на обучение ?

энергия переключения транзистора является определяющим фактором в общем потреблении энергии МП, при уменьшении размера транзистора доля диссипации энергии транзистора при изменении его состояния в общем энергетическом балансе компьютера уменьшается.



архитектура
обработки
информации
человеческим
МОЗГОМ часто
предлагается в
качестве
альтернативной
модели для
вычислений

«МИРОВАЯ ЛИНИЯ» ЭВОЛЮЦИИ: ОТ «ТЕПЛОВЫХ МАШИН» К ОТКРЫТЫМИ «УМНЫМ» ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМ ПЛАТФОРМАМ

Суть «умного» подхода к построению вычислителей:
 «бесконечную ленту» команд в МТ заменить на «**функцию распределения**» множества возможных входных и целевых переменных $P(X,y)$

Открытая система- значит имеющая внешние **взаимодействия**. С кем может на равных **взаимодействовать** компьютер ?

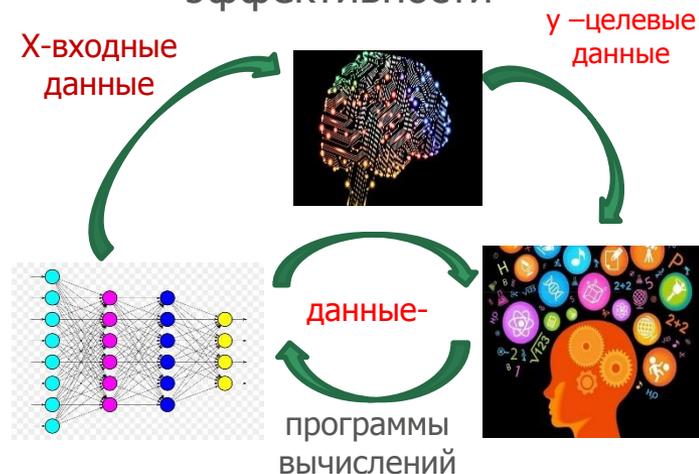
Эра
механических автоматов,
 исполняющих один
 «неизменный»
 алгоритм, записанный
 в

эра
электронных программных автоматов, к которым выполняют алгоритмы-программы решения задач, составленные человеком

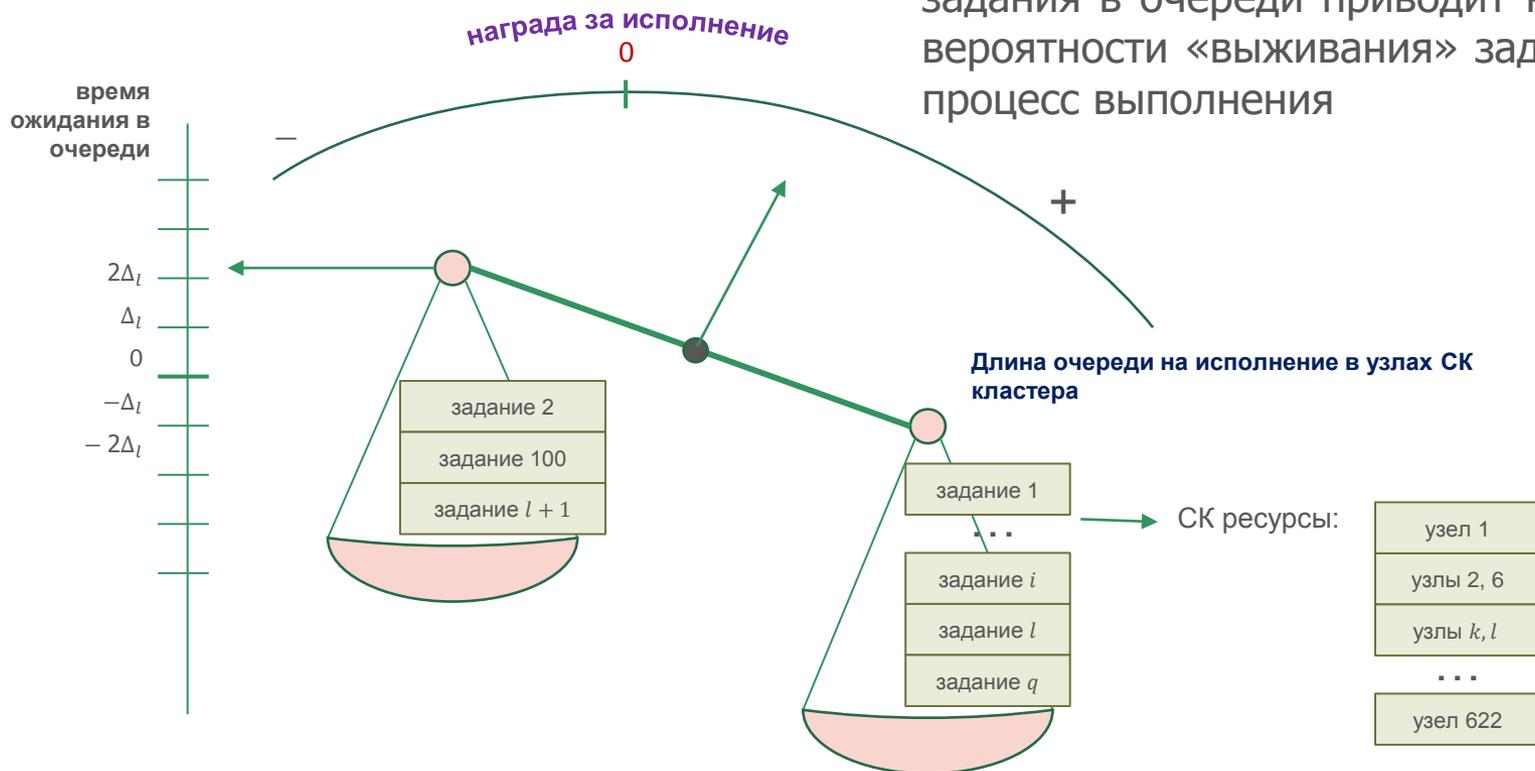
эра
«умных» вычислительных платформ, ресурсы которых **адаптируется** под решаемые задачи и критерии эффективности



Программа -
 мыслимый алгоритм
 вычисления



Увеличение времени ожидания в задании в очереди приводит к росту вероятности «выживания» задания в процесс выполнения



Алгоритмы балансирования очереди могут меняться в зависимости критериев

- 1) min среднего времени «простоя» (ожидания)
- 2) min «время выполнения» задания
- 3) min время ожидания + время выполнения

- Эффективность вычислений измеряется энергией затраченной на 1 бит обработанной информации (операции)
- Общая энергия работу процессора зависит от высоты «барьера» разделяющего логические состояния процессора, что напрямую связано количество электронов N_e которые участвует в процессе вычислений.
- Единицы живой материи, обладают удивительными вычислительными возможностями, являются наименьшими и наиболее эффективными в энергетическом отношении информационными процессорами