



*измерять все, что измеримо, и сделать измеримым
все, что таковым еще не является
Г. Галилей*

Теория информации

**ЛЕКЦИЯ 4:
ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ: ФИЗИЧЕСКОЕ
СОДЕРЖАНИЕ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СУЩНОСТЬ –
ПРОБЛЕМА «РАЗРЕШИМОСТИ» МНОЖЕСТВА**

23.09.2021

Что обсуждали на прошлой лекции

- Взаимодействие между физическими объектами, которые обладают **памятью**, порождает как функциональные связи, так и вероятностные корреляции, которые основа информационного взаимодействия.
- Суперпозиция - состояние объекта, носящее информационный феномен, который связывает с объектами некое «пространство возможностей», каждая точка которого описывает одно из потенциально допустимых, но не обязательно состоявшихся состояний объекта.
- Одним из возможных представлений суперпозиции является функция распределение вероятности. Можно отметить, что информационное содержание события заключено в вероятности его наступления, а сигма-алгебра из аксиоматической тройки теории Колмогорова – суть информационное пространство .

Основной вопрос, рассматриваемый на этой лекции:

Информация – это атрибут физической реальности, который отражает различные аспекты в основе которых лежит понятие энтропии:

- энтропия термодинамическая (неопределенность на уровне микросостояний)
- энтропия информационная (неопределенность на уровне макросостояний)
- Восприятие реальности связано с процессом измерения, который отображает физические сигналы в понятия, характеризуя их как их объем, так и информационное содержание:
 - **экстенсионал** – (объем понятия) множество объектов, обладающих свойствами, связанными с рассматриваемой категорией понятий: вес, температура, проводимость....)
 - **интенсионал** - (содержание понятия) число признаков обозначаемого данным понятием предмета или явления

Мозг отвечает за вычислительно сложную NP-полную задачу «разрешимости множества воспринимаемых органами чувств объектов в заданном классе понятий». Как это можно сделать в реальном времени ?

Информационная содержание понятий, используемых для описания физической реальности

Информационное содержание **математических истин** ничтожно - они выполняются всегда.

А «физичность» информации в том, что она:

- отражает свойства объектов, которые доступны для непосредственного **измерения** с помощью приборов. Любой результат измерения имеет т.н. информационный **экстенционал**, который характеризует **множество** объектов, обладающих свойствами, связанными с рассматриваемой категорией понятий: вес, температура, проводимость....)

, например
$$\Delta S_{ph} = \Delta Q/T \text{ [дж/К]} - \text{энтропия термодинамическая}$$

$$\Delta Q = k * T * \ln 2 - \text{предел Ландауэра}$$

- выражается через число микросостояний системы т.е. **интенционал системы**, который характеризует **число** признаков обозначаемого данным понятием предмета или явления) :

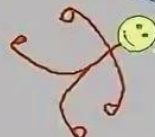
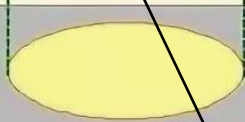
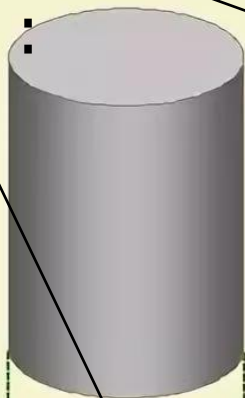
$$S_{inf} = \Omega * (k * \ln 2) - \text{энтропия информационная}$$

где функция состояния равновесной системы $\Delta S_{ph} = \Delta Q/T \text{ [дж/К]}$, которая выражается числом; характеристика микроскопических состояний $S_{inf} = \Omega (k \ln 2)$, где Ω - число **микросостояний (пространство возможностей)**, с помощью которых можно образовать рассматриваемое **макроскопическое** состояние

Принцип информационной дополнительности «Истина в неполноте» - характеризует меру неопределенности

5

Модели цилиндра :



Цилиндр – это прямоугольник!

Цилиндр – это круг!

Цилиндр – это ни то и ни другое!
Это что-то объемное!

экстенсионал - множество объектов, связанных с категорией **цилиндр**
интенсионал - совокупность признаков обозначаемого этим понятием

Информационная суть теории алгоритмов вычислений : проблема разрешимости множеств

6

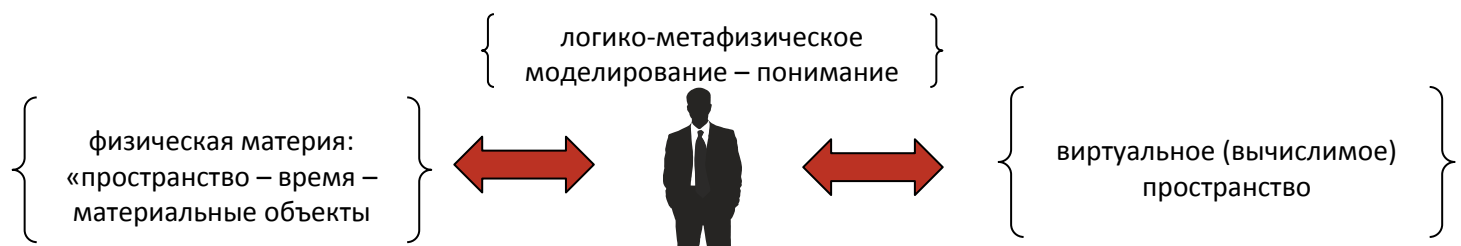
Разрешимое множество (также рекурсивное, вычислимое) — множество натуральных чисел, для которого существует алгоритм, получающий на вход любое натуральное число и через конечное число шагов завершающийся определением, принадлежит ли оно данному множеству.

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

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

Почему $N=NP$ - фундаментальная проблема теории алгоритмов неотделима от теории информации?

шаг 1

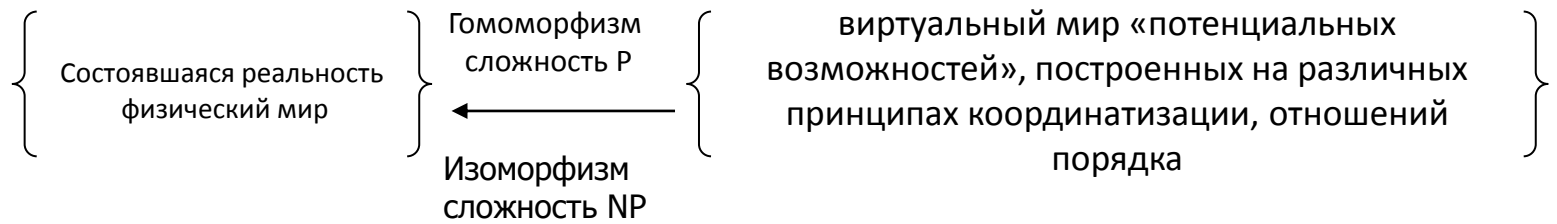


Проблема: можно ли по координатам восстановить свойства объекта

объекты имеют свойства и наделяются «координатами» числовыми характеристиками. Это суть **процесса «координатизации» или алгебраизации.**

шаг 2

На множестве объектов с координатами задается алгебра множеств: операции сложения и умножения, вычисления характеристических функций – предикатов: $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$



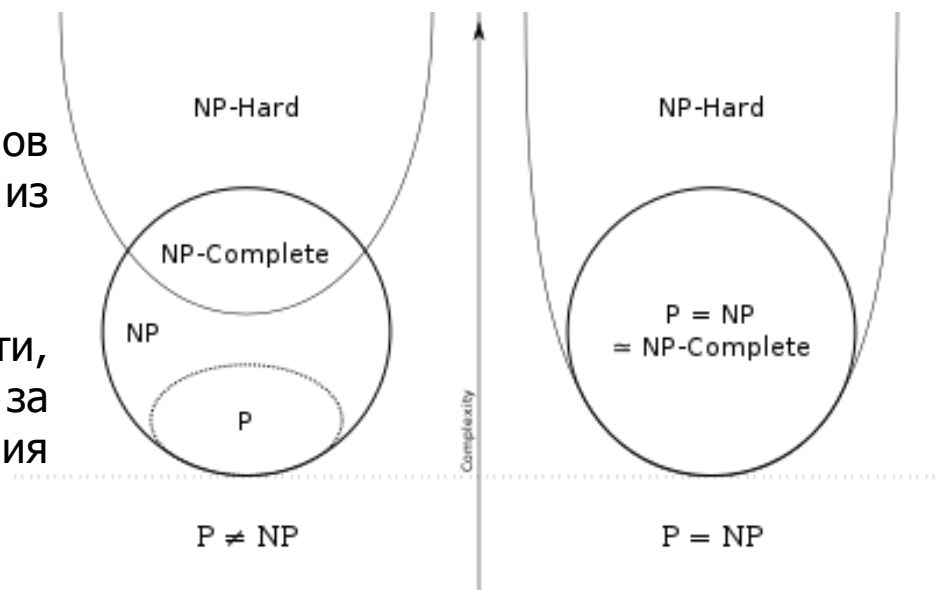
Информационное содержание проблемы SAT

Это т.н. проблема выполнимости булевых формул (SAT, ВЫП) – заключается в следующем: можно ли назначить всем переменным, встречающимся в булевой формуле, значения **ложь и истина** так, чтобы формула стала **истинной**.

Согласно теореме Кука, доказанной в 1971 году, задача SAT для булевых формул, записанных в конъюнктивной нормальной форме, является NP-полной.

NP-полная задача — в теории алгоритмов задача с ответом «да» или «нет» из класса NP.

NP - это множество задач разрешимости, решение которых можно проверить за время, не превосходящее значения некоторого многочлена



Взаимотношение между классами P, NP, NP-complete (NP-полными задачами), NP-hard (NP-трудными задачами) в случае, если $P \neq NP$ и если $P = NP$

Аспекты неопределенности математических и физических понятий – их интенциональная и экстенциональная характеристика

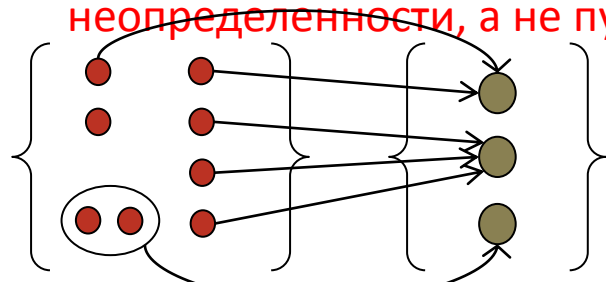
Описание интенционала в терминах функций (структур) в пространстве состояний

Экстенционал в терминах математических операций и переменных

Компьютерная/математическая реальность – рассмотрение объектов с точки зрения интенциональных свойств

Принцип Гиппократы: «подобное – подобным» в решении NP-полных задач

Разрешить неопределенность, связанную с комбинаторной сложностью можно путем другой неопределенности, а не путем перебора



Экстенционалы понятий физической реальности

Интенционалы понятий моделей информационной реальности



Физическая реальность – рассмотрение объектов с точки зрения экстенциональных свойств

Физическое vs информационное

Тезис 1. (материя как «форма организованной информации». Если имеется два физически тождественных состояния системы, но в одном случае **мы** ничего не знаем о ее состоянии, а во втором имеем какую-то информацию о том как организована система, то такие два состояния системы различаются **фундаментально**. **Суть различия:** Во втором случае мы можем «заставить» систему совершать «работу», а в первом – нет!

Принцип Ландауэра: в процессе потери информации о состоянии может совершаться полезная работа.

Итак,

- ∞ **информация материальна** в том смысле, что не существует без физического носителя
- ∞ **материя информационна в том смысле, что** информация атрибут, который является носителем отличий физических объектов – difference that make the difference.

Тезис. 2 (антропный принцип). То что называется **объективные** характеристики физического мира связано с **существованием наблюдателя**, который воспринимает **различия между** объектами материального мира или информацию

Изоморфизм vs равенство в «некотором смысле»

На практике **строгое равенство** $2 + 2 = 4$ оказывается абсолютным и “строгим”, т.к. не учитывает контекст вычислений (умолчания, того какие физические сущности кодируют числа), поэтому **информационное содержание этого равенства ничтожно**. Напомним, что информация появляется там, где есть неопределенность на уровнях состояний, кодов, событий.

На языке Haskell равенство $2 + 2 = 4$ можно написать :

Программа 1

```
add :: (a, a) -> a (объявление)
add (x, y) = x + y (реализация)
```

а на языке C#:

Программа 2

```
int Add(Tuple<int, int> pair) {
    return pair.Item1 + pair.Item2; }
```

Эти программы имеют «информационное содержание», так как они **изоморфны, но не равны**. Всегда можно: 1) взять **Программу 1** и синтаксически **преобразовать** ее в

Программу 2, а затем обратно **Программу 2 преобразовать** в Программу 1.

Информационное содержание, т.е. неопределенность записи программы, при этом изменяется...

«Классическая» теория информации это

- **Формула Шенона:**
- Формула Хевисайда
- Формула Больцмана

Эти формулы надо знать и понимать как «интенционально», так и «экстенционально» - объем и содержание понятия «информация».



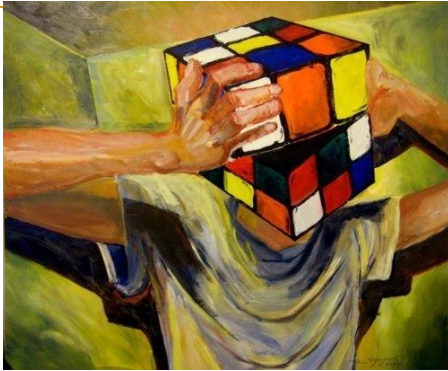
Мозг как «химическая машина вычислений» может наряду с информацией породить новый феномен реальности «сознание»

Мозг – «химическая машина» вычислений, управляющая работой организма человека.

Научный факт: эмоции - производит в организме химический фермент. Это есть «механизм» преобразования «мысли» в физическую реальность.

Однако (согласно Джо Диспенз (Joe Dispenza): мозг как «машина» не различает результаты своих вычислений с точки зрения того, чем они вызвана - **физические воздействия или от душевны переживания (виртуальных)**.

Итак, клетки «серого вещества» мозга абсолютно не **отличают реальное, т.е. материальное, от воображаемого, т.е. от мыслей!** Мозг лишь обрабатывает информацию, носителем которой являются химические молекулы, которые кодируют различные физические процессы.



«Общие умственные способности зависят от сети внутри мозга, это связь серого вещества, или клеток мозга, с белым веществом, или соединительными волокнами между нейронами

Proceedings of the National Academy of Sciences

Гипотеза: «мозг формирует совокупность виртуальных нейросетей, которые создают воображения и формируют эмоции.

Вопросы:

- Сознание существует в мозге или мозг воображаем сознание?»...
- Является ли человек воображаемой конструкцией сознания- > (следуя теореме Геделя «система познать саму себя не может»)

1. Надо ли всегда и как исправлять ошибки...чтобы получить правильный результат вычислений ?
2. Можно ли создать «новую» математику, с помощью которой используя много ошибочных результатов можно получить практически верный результат ?
3. Как можно «автоматизировать» процесс сравнения между собой «сложных» объектов, используя
 - интенционал – смысл понятия, сопоставляемого объекту
 - экстенционал – объем понятия, сопоставляемого объекту