



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

Теория информации

**ЛЕКЦИЯ 4:
ФИЗИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ И ВАРИАНТЫ ФОРМУЛ
ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ**

29.09.2022

Что обсуждали на прошлой лекции

- У Природы есть два общезначимых свойства: **движение и отражение**.
- Информационное взаимодействие есть **отражение** свойства движения материи. Это взаимодействие реализуется с помощью обмена сообщениями, которые состоит из материальной и информационной составляющих. Количество информации переданное в сообщении вычисляется по формуле Шеннона.
- Меры, которые характеризуют информационное содержание сообщение, основываются на функциях распределение вероятности получить сообщение. Информационное содержание события заключено в вероятности его наступления.
- Вероятностное пространство Колмогорова образуется из: 1) множества элементарных событий, 2) сигма-алгебры (операции объединения и пересечения элементарных событий и 3) вероятностной меры, заданной на на элементах сигма алгебры.

Основной вопрос, который обсуждается на лекции:

Как можно объяснить, что информация – это атрибут физической реальности, который отражает различные аспекты связанные с энтропией:

- термодинамической (неопределенность на уровне микросостояний)
- информационной (неопределенность на уровне макросостояний)
- и ее информационным содержанием :
 - **экстенционал** – (объем понятия) множество объектов, обладающих свойствами, связанными с рассматриваемой категорией понятий: вес, температура, проводимость....)
 - **интенционал** - (содержание понятия) число признаков обозначаемого данным понятием предмета или явления

Как информация влияет на вычислительную сложность NP-полных задач, «разрешимость» в заданном классе понятий множества воспринимаемых органами чувств объектов. Можно ли разрешить эту задачу в реальном времени ?

Информационная содержание понятий 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

Информационные аспекты математики природы (1)

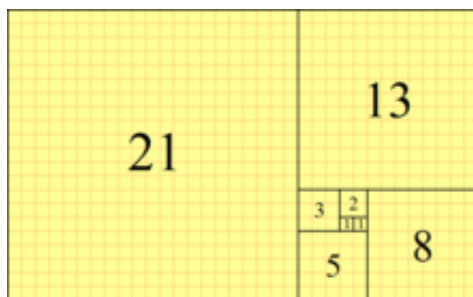
Как можно описать и объяснить информационное содержание порядков, которые существуют в Природе ? Платон (около 427–347 до н. э.) писал о **существовании неких универсалий, рассматривая** их как сущности состоящие из идеальных форм (др.-греч. εἶδος, *форма*, *in_форма_tion*), а реальные физические объекты — это не более чем несовершенные **копии ЭТИХ** идеальных форм.



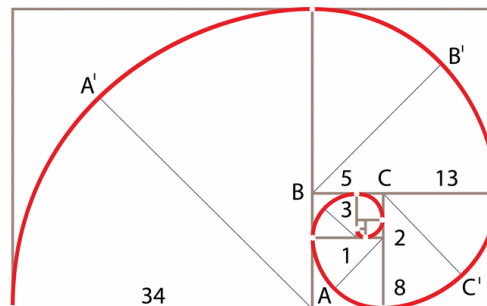
Реальный цветок может быть «примерно круглым», но это никогда не будет идеальным круглым

Информационные аспекты математики природы (2)

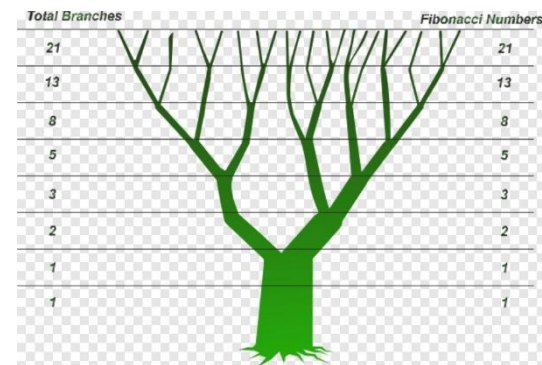
В 1202 году Леонардо Фибоначчи открыл **числовой последовательности** **0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89.....** Фибоначчи привел (несуществующий) биологический пример численного роста теоретической популяции кроликов.



FIBONACCI NUMBERS

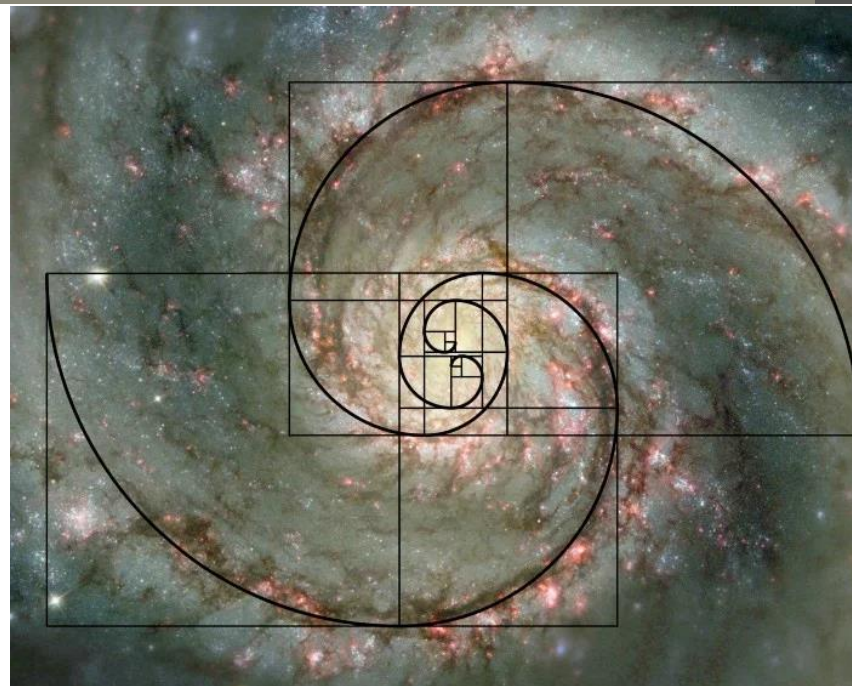
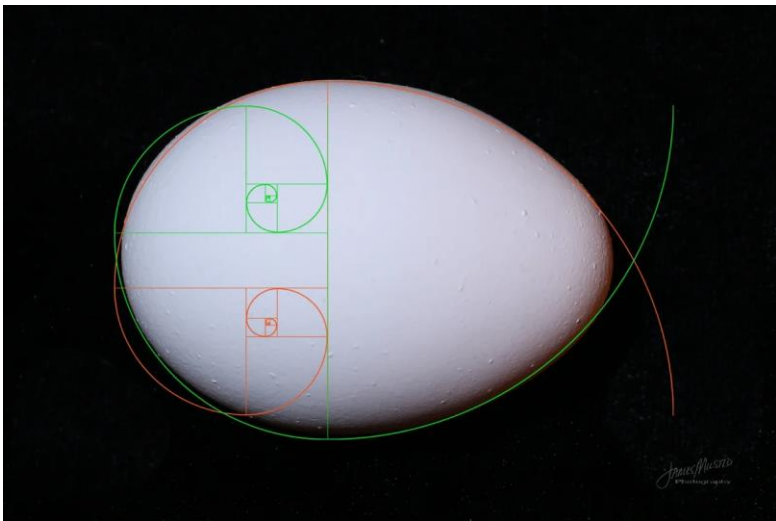


Представление чисел в виде квадратов, длина сторон которых есть ряд Фибоначчи



В 1917 году Томпсон (1860–1948) описание взаимосвязи расположения листьев на стебле растения и чисел Фибоначчи.

Информационные аспекты математики природы (3)



Число лепестков у цветов образуют ряд ФИБОНАЧЧИ



Ирис 3 лепестка



Лютик 5 леп.



Златоцвет 8 леп.



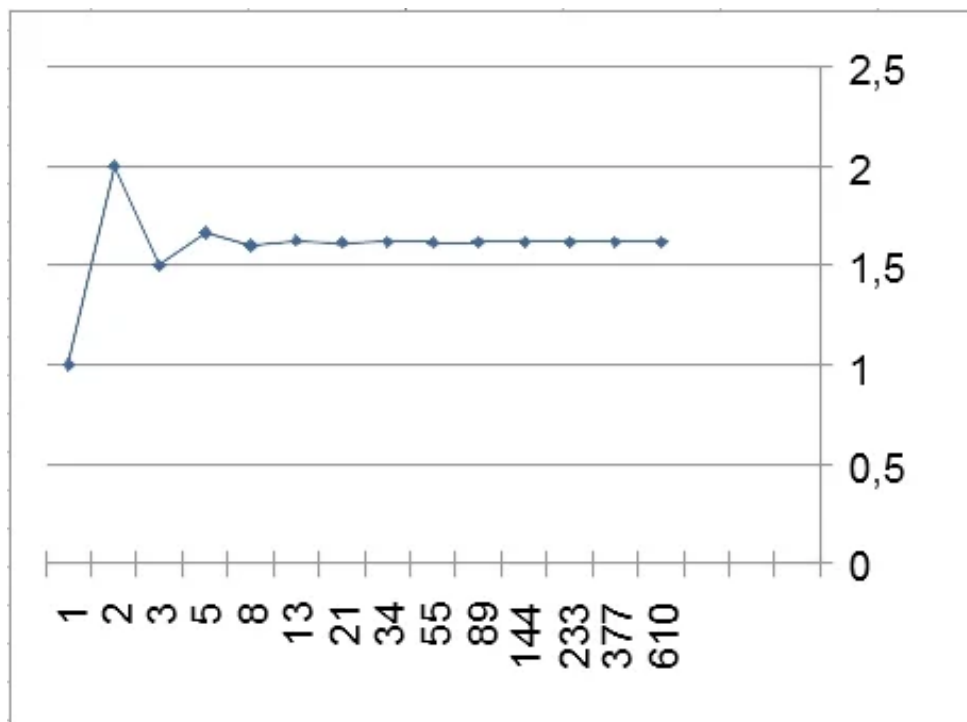
Дельфиниум 13 леп.



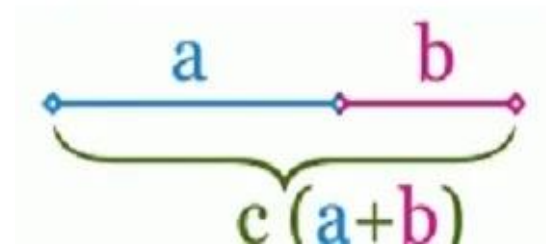
Цикорий 21 леп.

Математика природы (3)

Результат деления двух соседних чисел в ряду Фибоначчи, **большого на меньшего**, стремится к **значению 1,618**:



Знаменитая пропорция "золотое сечение", когда отрезок делится на такие части, при котором весь отрезок так относится к его большей части, как сама большая часть относится к меньшей:

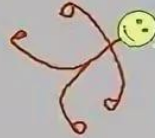


Отношение $f_n / f_{n-1} \rightarrow 1,618$ Процентное соотношение отрезков при этом примерно 61,8 : 38,2.

Принцип информационной дополнительности - «Истина в неполноте»

9

Модели
цилиндра :



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

Цилиндр –
это круг!

Цилиндр –
это
прямоугольник!

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

Информационные аспекты динамических процессов – difference that make the difference !?



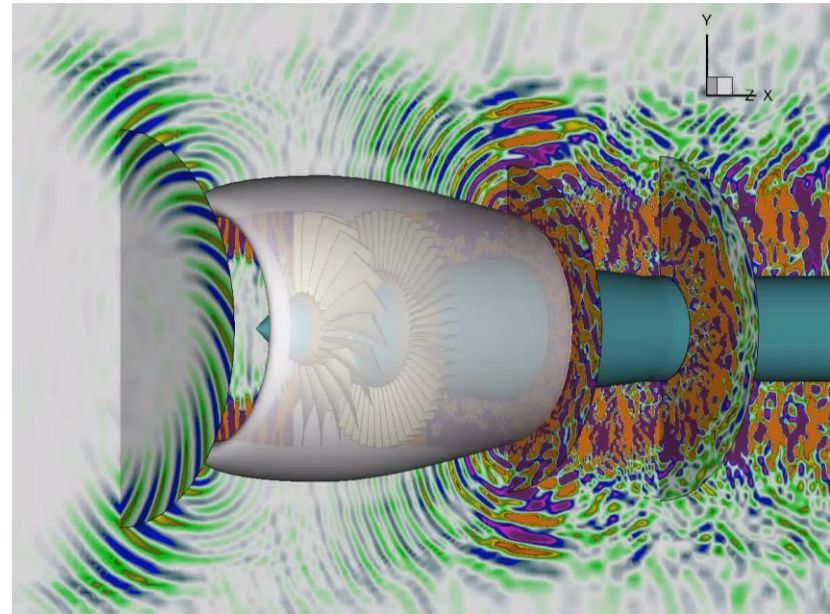
Вопросы:

- Какую **информацию** несут результаты вычислений на основе уравнений математической физики ?
- В чем различаются **«объем»** и **«содержание»** информации, полученной из данных моделирования в процессе прямых вычислений и натурных испытаний
- Возможно ли **«обучение»** нейронных сетей обучение на основе данных **визуализации физических процессов**

Физическая модель турбореактивного авиационного двигателя

Анимация — пример **суррогатной модели** интерпретации результатов расчета звуковых волн, излучаемых турбореактивным двигателем

Виртуальная модель двигателя



Информационные аспекты процессов вычислений как проблема разрешимости множеств

11

Являются ли результаты моделирования разрешимым множеством ?

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.

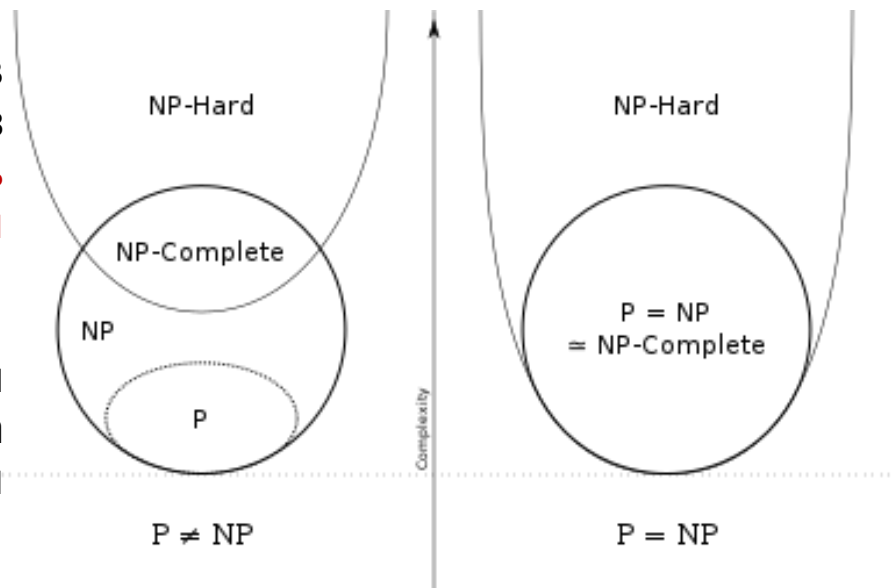
Теорема. Множество разрешимо тогда и тогда, когда оно и его дополнение **перечислимо**.

Пример. Информационное содержание проблемы SAT

SATisfiability problem - проблема выполнимости булевых формул – 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. **Можно ли измерить неопределенность ответа объемом информации ?**

NP – можно ли оценить объем задач решение которых можно проверить за время, не превосходящее значения некоторого многочлена



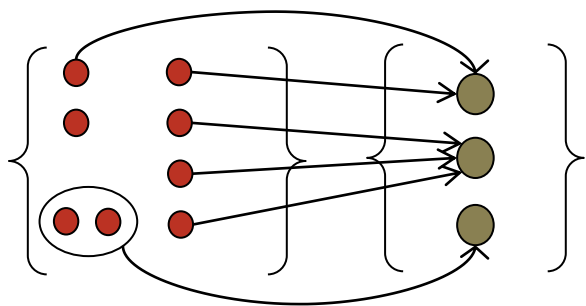
Информационное взаимоотношение между классами P, NP, NP-complete (NP-полными задачами), NP-hard (NP-трудными задачами) в случае, если $P \neq NP$ и если $P = NP$

Аспекты неопределенности – их интенциональная и экстенциональная характеристика

Компьютерная/математическая реальность – рассмотрение объектов с точки зрения **ИНТЕНСИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ**

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

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



Содержание понятия

Объем понятия

Физическая реальность – рассмотрение объектов с точки зрения их **ЭКСТЕНСИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ**

Физическая сложность vs информационное содержание

Тезис 1. (материя - «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! Информация – суть «свободная энергия...причина и результат движения

Принцип Ландауэра: в процессе потери (расходования) информации о состоянии системы может совершаться полезная работа.

Итак,

- ∞ информация материальна, так как 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 (принцип отражения). То, что называется **объективные** характеристики физического мира связано с **существованием наблюдателя**, который воспринимает различия между объектами материального мира, другими словами, воспринимает движение материи через информацию, которую может превратить ее в работу....

Вычисления : точное равенство и равенство в «некотором смысле»

Считается, что **строгое равенство** $2 + 2 = 4$ оказывается абсолютным и “строгим”, оно не учитывает контекст вычислений (имеет место умолчание, того какие физические сущности кодируют числа). **Информационное содержание этого равенства ничтожно.** Информация появляется там, где есть неопределенность 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 две 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...**

Вычисление количества информации

- **Формула Шеннона:**
- **Формула Хартли**
- **Формула энтропии Больцмана**
- **Формула Ландауэра**

Эти формулы надо знать и понимать как

- «интенционально» - т.е. как множество объектов, к которым эти формулы применимы, так и
- «экстенционально» - т.е. как объем и содержание понятия «информация» в каждой формуле.

Формула Шеннона

$$I = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i$$

I - количество информации,

N - количество возможных событий,

p_i – вероятности отдельных событий.



Формула Хартли

$$I = \log_a N.$$

Вычисляет количество информации которое нужно получить, чтобы выбрать только один исход из `N`
равновероятных исходов

Формула Больцмана и принцип Ландауэра

$$S = k_B \log W$$

где S – энтропия системы, k_B постоянная Больцмана, W – число микросостояний системы

Принцип Ландауэра количество выделенного тепла при потере одного бита информации не меньше

$$Q \geq k_B T \ln 2$$



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 душевные переживания (виртуальные процесс)**.

Итак, клетки «серого вещества» мозга **абсолютно** не **отличают реальное, т.е. материальное, от воображаемого, т.е. от мыслей!** Клетки мозга лишь обрабатывает информацию, носителем которой являются химические молекулы, которые кодируют различные физические процессы. Анализ контекста и процессы мышления – это системные эффекты.

Сознание - «виртуальная реальность» как информационная модель мира, порожденная мозгом



«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