



*Мы должны думать не о том, что может пригодиться, а о том, без чего не сможем обойтись*  
Джером К. Джером

## Теория информации

# ЛЕКЦИЯ 3: СИНТАКСИЧЕСКИЕ И СЕМАНТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

# Что обсуждали на прошлой лекции: термодинамические аспекты информационных взаимодействий

- Интеллектуальный субъект воспринимающий **информацию** способен преобразовать полученную информацию **в полезную работу** (процесс достижения цели), используя для этого феномен «понимания» и «объяснения».
- Процессы понимания, т.е. уменьшение энтропии восприятия или процессы вычисления, т.е. уменьшение разнообразия данных т.е. уменьшение **информационной энтропии**  $\Delta S_S$  ( $1+2=3$ ) не могут изменить суммарную энтропию системы  $S = Q/T + \Delta S_S \geq 0$ , в результате, «**вычислитель**» должен передать резервуару тепло, увеличив его **термодинамическую энтропию**  $Q/T$ .
- Возможно «Обращение» принципа Ландауэра – т.е. не стирание, а получение бита информации : **it from bit** или **нечеткая последовательность бит может быть использована для совершения работы....**

## Напомним еще раз про «исходные понятия»

- Р. Хартли: Понятия **неопределенности** и вероятности взаимно обратимы
- К. Шеннон: При определении количества информации необходимо учитывать как **количество различных сообщений** от источника, так и **вероятность их получения**.
- Р. Эшби: Чем больше **различий**, тем больше информации.
- Ак. А.Н. Колмогоровым. Количество информации определяется как минимальная **длина программы**, позволяющей преобразовать один объект (множество) в другой (множество).
- Ак. В.М. Глушкова, **причиной** существующего в природе разнообразия, а следовательно информации, является **неоднородность в распределении энергии** (или вещества)  $E = m \times C^2$  в пространстве и во времени, поэтому информация атрибут материальных тел, который не связан со свойством его осмысленности
- Ак. Н.Н. Моисеев, опираясь на принцип «лезвия Оккама», можно заключить, что информация не атрибут Мира, а функция, которая появляется лишь тогда, когда появляются объекты, способные к **целенаправленным действиям** (целенаправленные **процессы – суть носители смыслов**).

# Разнообразие vs СМЫСЛ – количество vs семантика знаковых систем

- **Идея 1:** сообщения = любые **физические сигналы**. Так физические сигналы с точки зрения их возможностей быть **носителями информации** (разнообразия) изучаются в рамках телекоммуникационных технологий и радиофизики
- **Идея 2:** любые сообщения = **совокупность знаков**, кодирующих слова некоторого языка (знаковой системы, **кодирующей понятия**).  
**Семиотика** исследует знаки как особый вид носителей информации.  
**Технологии:** виртуальные вычислительные сети, сети коммутации пакетов, криптография....

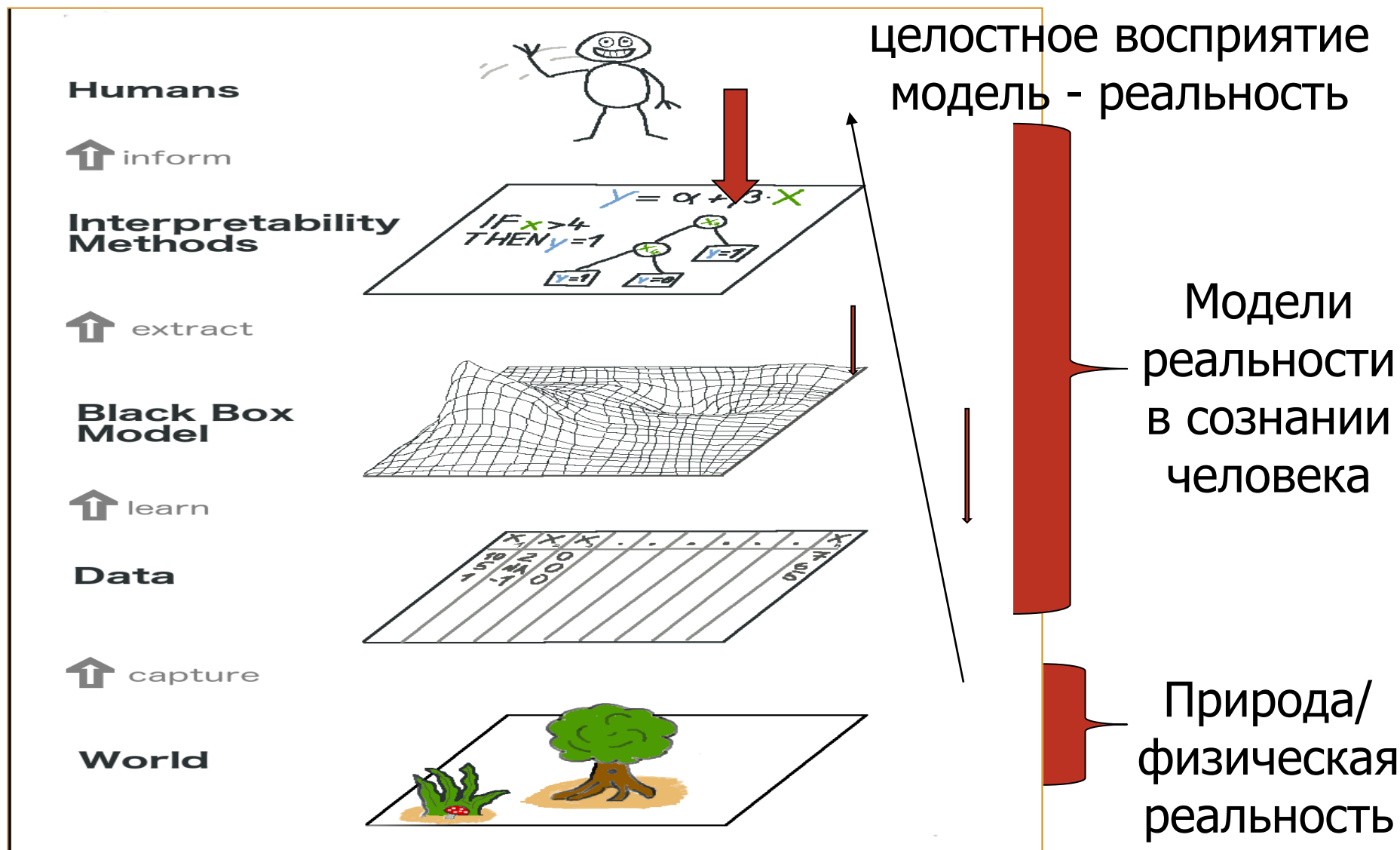
# Семантическая мера информации

Р. Карнап и И. Бар-Хиллел предложили определять величину **семантической информации** посредством «логической вероятности», представляющей собой степень подтверждения той или иной **гипотезы**.

Считается, что количество семантической информации, содержащейся в сообщении, возрастает **по мере уменьшения степени подтверждения** гипотезы (Если гипотеза построена на эмпирических данных, полностью подтверждаемых сообщением, то такое сообщение не приносит получателю никаких новых сведений, поэтому не имеет смысла).

**Парадоксы:** высказывание «Снежный человек существует» информативно, а «Эйнштейн - известный ученый» - не информативно, поскольку является достоверным.

# Факторы разнообразия : **parallel** (в пространстве) vs **concurrent** ( во времени ) – **coherent** (В СОЗНАНИИ)



# Дискретность vs непрерывность как аспекты разнообразия физической реальности и ... математических понятий

Квантовая/ментальная  
реальность

⊃

Физическая/состоявшаяся  
реальность

описание в терминах функций (структур) в пространстве состояний

описание в терминах математических операций и переменных

операции над «однородными и делимыми» объектами

- классическая математика

операции над связанными структурами - «теория» информации

физика

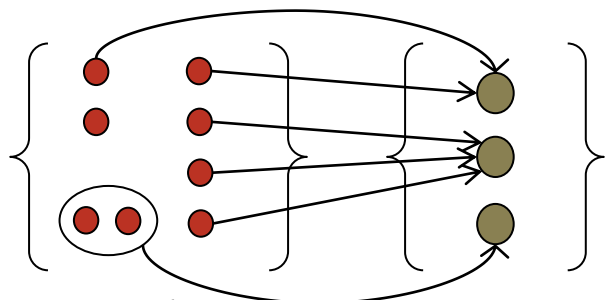
это что

вычисления

это как

информация

это что

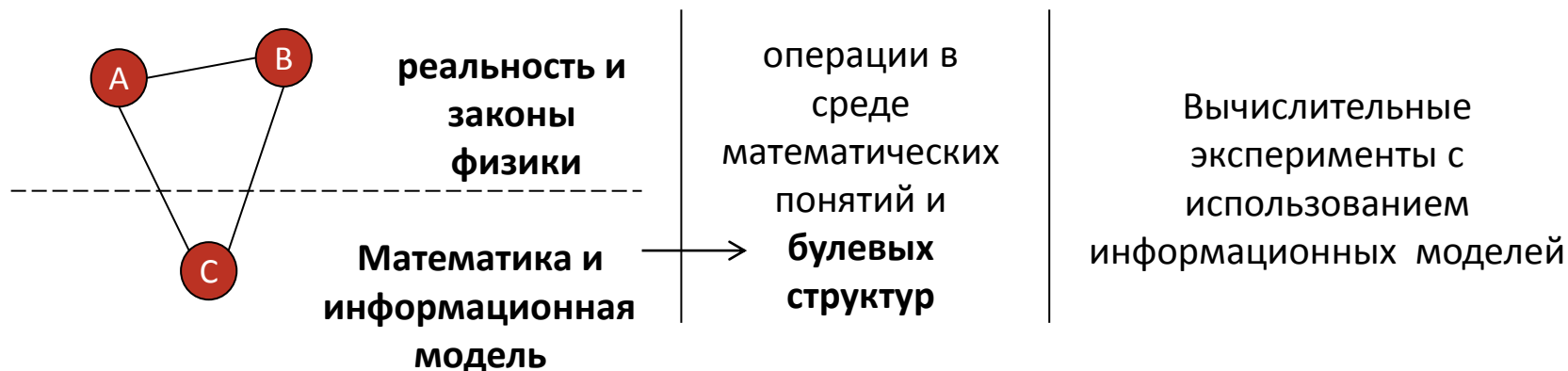


объекты физической реальности

классы объектов- моделей носители алгебр, отношений порядка и топологий

Теория информации -

Физика – рассмотрение объектов с точки зрения свойств **однородности, делимости и аддитивности**



Если системы A и B физически делимы, то есть имеет место свойство делимости и однородности, то над «большой» системой  $C=A+B$  можно проводить «математические» операции. В природе существуют «сложные» объекты, которые находятся в «связанном» состоянии, своих подсистем.

1. Все, что имеет структуру физического объекта - разделяется на части и образует «булеву структуру» на основе закона исключенного третьего, поэтому может быть вычислено.
2. Объекты физическую реальность можно с точностью «до достоверности» связать с множеством понятий, но для «физических координат» имеет место неравенство Гейзенберга

$\Delta t \cdot \Delta E \geq \hbar$ , т.е.  $t$  и  $E$  одновременно не  $\in R$  - физическому пространству (реальности)



# Итак, «информация» – атрибут реальности, которая имеет булеву структуру

Вход		Выход
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Вход		Выход
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Количество информации по Шеннону  $I = -\sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i$

Пусть на входе гейта имеется 4 равновероятных состояния  
Тогда, входная информационная емкость гейта  $I_{in} = 2$  бита  
На выходе гейта: состояние 0 появляется с вероятностью  $3/4$ ,  
а состояние 1 - с вероятностью  $1/4$

Выходную информационную емкость гейта можно оценить так:  

$$I_{out} = -[(3/4)\log_2(3/4) + (1/4)\log_2(1/4)] =$$

$$= -[(3/4)\log_2 3 - (3/4)\log_2 4 - (1/4)\log_2 4] =$$

$$= -(3/4)\log_2 3 + 2$$

Потерянная информация  $(I_{in} - I_{out}) = (3/4)\log_2 3 = 1.1887$  бит

Выделенная при этом энергия:

$$\Delta E = kT \ln 2 \cdot (I_{in} - I_{out}) = kT \ln 2 (3/4) \log_2 3 = 0.824 kT$$

# Физическое vs информационное взаимодействия



Как можно  
управлять  
процессом  
эволюции ?

Аспект 1. Физическое взаимодействие объектов основано на объективных законах природы, реализующихся с точностью «до достоверности» т.е.  $p=1$ .

Информационное содержание уже открытых законов = 0.

Аспект 2. Информационное содержание - мера **потенциально возможного**, которое имеет синтаксический объем и семантическое содержание

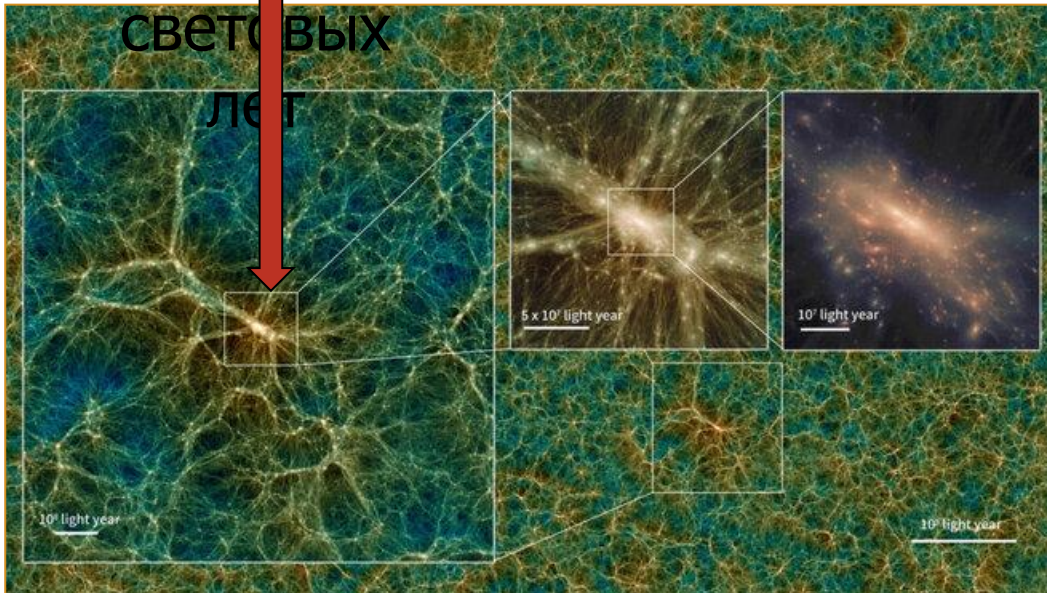
Аспект 3. Потенциально возможное – суть метафора «**информационный пепел**» физической реальности

# «информационный пепел» реальности

самая большая и реалистичная модель Вселенной состоит из 2,1 трлн частиц и масштабом 9,63 млрд световых лет

$10^7$  —

СВЕТОВЫХ  
ЛЕТ



Можно ли оценить объем урожая



Как можно узнать куда «ведет» черная дыра ?

# Законы физического плана

- Законы, которые «управляют» эволюцией Вселенной, не меняются миллиарды лет, следовательно, материя внутри себя имеет **какое-то свойство или какой-то принцип**, который поддерживает все законы и качества в постоянном и **неизменном виде**.
- материя имеет чёткую структуру на всех уровнях от атомарного до космического (а не произвольный взрыв). Все элементы материи подчиняются всеобщим законам, среди которых не существует феномена случайности.

Вопрос: Какая сила (кто) обеспечивает когерентность (согласованность) физических законов с точки зрения существования информационного разнообразия ?

- **Факт:** все химические реакции проходят строго закономерно.
- **Гипотеза.** Если предположить, что существующие химические молекулы спонтанно «сложились» из атомов (теоретически невозможно), то значит свойства атомов были изначально таковы, что они были носителями некоторых математических операций, далее если молекулы «сложились» в «тело», то они были носителями принципиально других математических операций или из атомных операций «кто-то» написал программу?

**Вопрос:** Означает ли это, что природа изначально «подразумевала» возможность появления как физических объектов, так и разума?

**Информационный аспект:** Если изначально в Природе существовала возможность появления жизни, тогда как можно говорить о её случайном возникновении?

# Эволюция «артефактов» - закон природы и информационная сингулярность ?

Определение. Артефакт — продукт творческой деятельности человека.

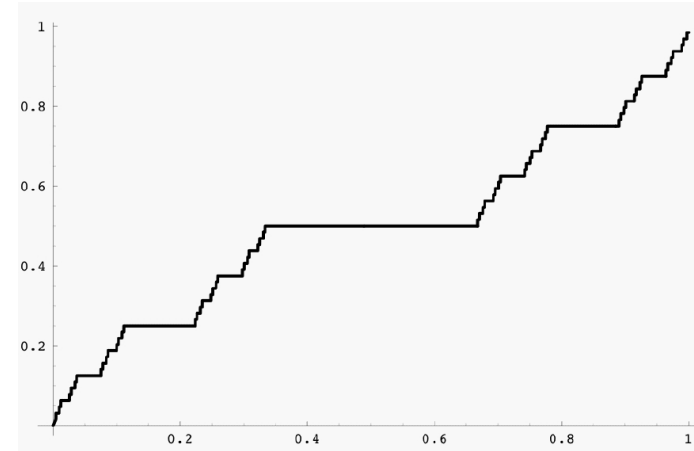
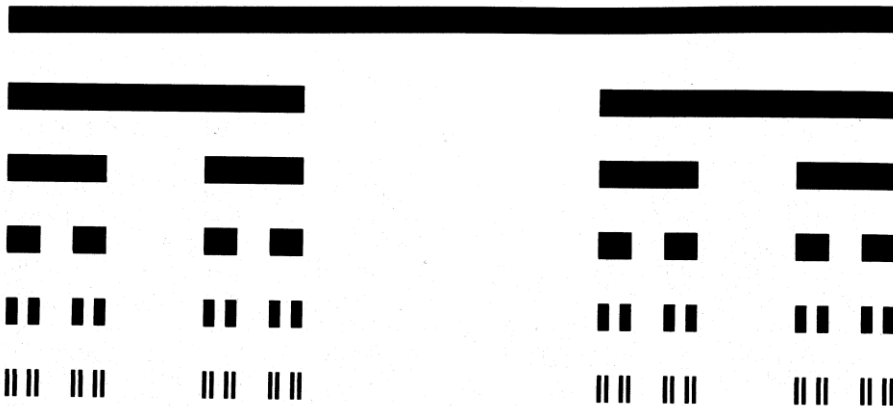
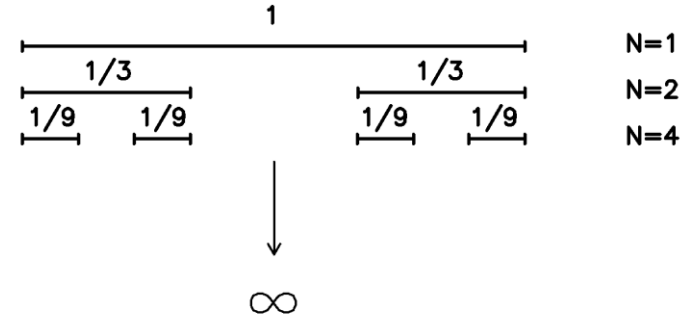
- Вопрос: Потенциальная возможность (вероятность) создания машин и механизмов находится в самой структуре Вселенной или есть результат исключительно «антиэнтропийной» деятельности людей ?
- Поняв тот или иной объективный физический эффект люди «обретают» возможность пользоваться им точно так же, как им «пользуются» растения, животные, ..., а также как роботы и машины.

Вывод: объективный закон природы исключает .... сингулярность «информационного плана» (действует с точностью «до достоверности»), но ... допускает сингулярности «физического плана»

# Информационная сингулярность



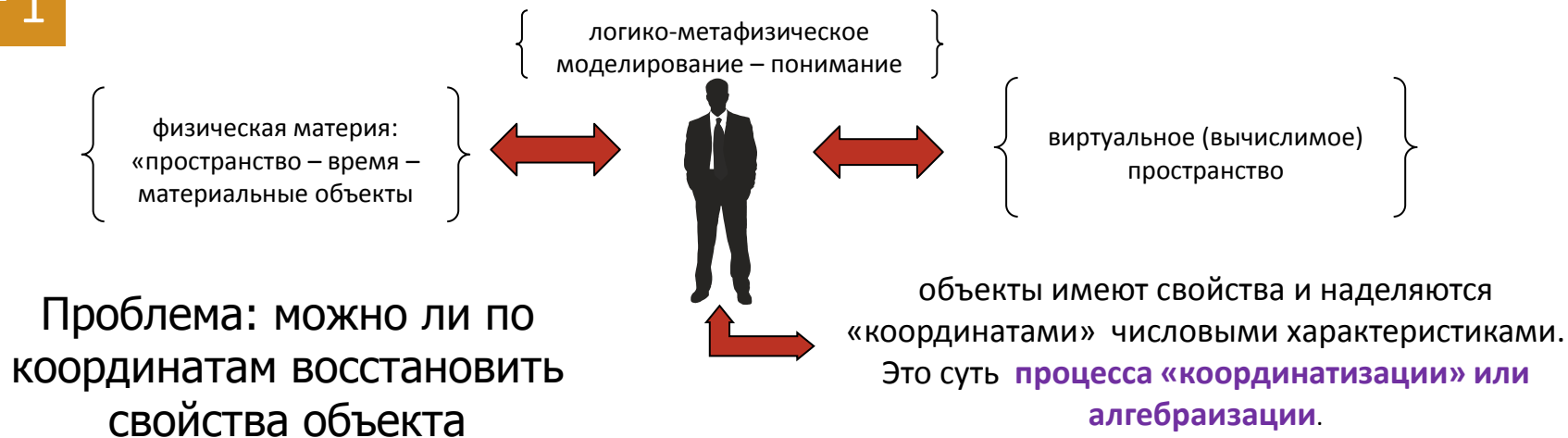
# Сингулярности физического плана: Фракталы в природе



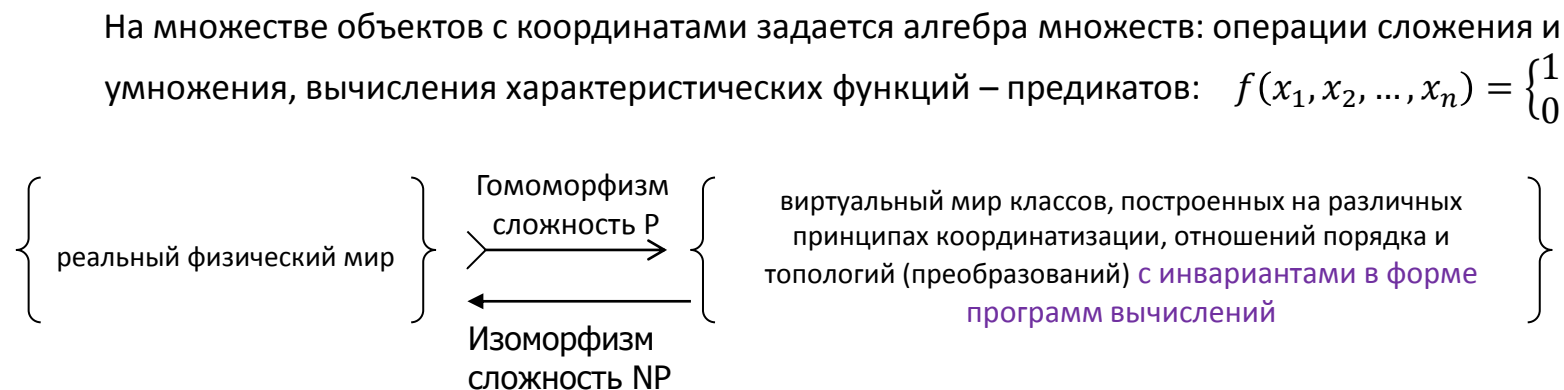


# Физическое vs математическое: фундаментальная проблема теории информации $N=NP$ ?

## шаг 1



## шаг 2



# Заключение

- Информационное взаимодействие – это гомоморфное отображение пространства возможного ( множество состояний, находящихся в суперпозиции) на текущее событие
- Если есть взаимодействие между макроскопическими объектами, которые обладают памятью, то между ними обязательно будут присутствовать информационные корреляции – суть информационного взаимодействия.
- Суперпозиция - информационный формализм, описывающий свойства физической реальности.