



Санкт-Петербургский
Государственный
Политехнический
Университет

Институт прикладной
математики и механики

КАФЕДРА
ТЕЛЕМАТИКА

Управление научными проектами (Методы исследовательской работы)

«от шахматной доски» природы к новой парадигме компьютерных наук

7 ноября
2023 г.

Что обсуждали на прошлой лекции (Структуры, объективизирующие знания)

Онтология –спецификация концептуализации»

Н. Грубер, 1992

«Логика» компьютерных наук:

- в физическом смысле «существует» лишь то, что можно представить с помощью цифр (**вычислений**) (what "exists" only is that which can be represented by digits).
- Если «объект» или «процесс» существует физическим, то они могут быть мыслимы через понятие - иметь имя и «текстовое» (human-readable text) описание, объясняющее значение этого понятия, (reflected in the representational vocabulary)
- Компьютерные науки изучают взаимодействия природных явлений и их информационных моделей
- между явление и моделью можно установить различные отношения, включая:
 - изоморфизм (совпадение/одинаковость или взаимно однозначное отображение) множества состояний физической модели и множества вещественных чисел –(взаимно однозначного отображения)
 - диффеоморфизм (гладкое отображение) двух многообразий
 - гомоморфизм (уподобление)...
- В итоге суть научных исследований –процесса **непрерывного научения** то есть взаимодействия субъекта со средой для приобретения знаний, умений и навыков.

Можно показать, что внутреннее содержание математики – ее структуры – при решении прикладных задач превращается просто в грамматику»

В. В. Налимов

В современной науке произошел переход от изучения хорошо организованных систем к плохо организованным – диффузным системам.

В хорошо организованных системах можно было выделить явления или процессы одной физической природы, зависящие от небольшого числа переменных. В этом случае результаты представлялись хорошо интерпретируемыми функциональными связями, которым приписывалась **роль законов природы.**

Если для классической науки был важен **принцип «достаточного основания» Лагранжа**, то в «новой науке» о сложных системах особую роль играет **смыслового содержание** знаковой системой (текста) описания такой системы.

случайность и детерминизм можно считать двумя категориями, порождающими два разных языка для описания мира.

В обоих случаях созданы абстракции, построенные над наблюдениями о внешнем мире. Абстракции породили две разные грамматики для упорядочивания и осмысления результатов наблюдений.

См.

1. Налимов В.В. Вероятностная модель языка. О соотношении естественных и искусственных языков. – М.: Наука, 1974. – 272 с.
2. Налимов В.В. Облик науки / Центр гуманитарных инициатив. – СПб.; М.: МБА, 2010. – 368 с.
3. Налимов В.В. Спонтанность сознания. Вероятностная теория смыслов и смысловая архитектура личности. – М.: Прометей, 1989. – 287 с.

Проблемы естествознание: существует то, что невозможно наблюдать

5



WWW.ASTRONEWS.SPACE

Согласно космологическим теориям Вселенная состоит из 4-5% обычной материи, которая образует все наблюдаемые объекты; 22- 27% темной материи, регистрируемой благодаря гравитации и темной энергии, составляющей около 70% от общего объема.

Тёмная материя не участвует в электромагнитном взаимодействии и поэтому недоступна прямому наблюдению.

Правила математики (математический язык) не зависят от контекста.....

Однако использование математики в задачах описания внешнего мира , физических явлений и текстов на натуральных языках уже становится не контекстно-свободным, а **мета языком**. Смысл фразы на таком языке задается и грамматикой и общим контекстом.

Итак,

- предметом математики являются структуры и логические выводы из них
- предметом метаматематики – высказывания о подобных формальных системах. Пример утверждения метаматематики – «арифметика непротиворечива» (но есть теорема Геделя) .

Итого:

одна и та же реальная задача может быть записана и обсуждена на множестве различных математических диалектов: дифференциальных уравнений, теории информации и пр.

Обратная дитотомия: Ответ vs вопрос – что важнее ?

Характерная особенность современной науки – стремление получить ответ на четко поставленный вопрос, сформулированный на основе прежних знаний. Пусть имеется модель

$$\eta = \phi (\mathbf{X}, \theta),$$

Задача: требуется экспериментально оценить вектор параметров θ . Это хорошо поставленный вопрос, предпосылка которого – четкое разделение зависимых (η) и независимых переменных (\mathbf{X}), ответственных за протекание изучаемого процесса.

Если в рассмотренной выше модели **получен ответ** – найдены числовые оценки вектора параметров θ , то появляется вторая вопрошающая составляющая – насколько хорошо модель описывает изучаемый процесс (проверка адекватности и пр.).

Проблема «Реальность vs виртуальность»

Из соотношения неопределенности Гейзенберга следуют радикальные выводы:

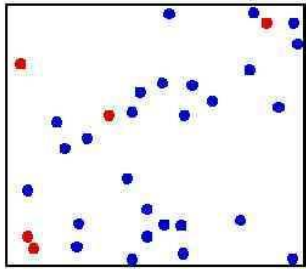
- существуют «виртуальные» объекты физической реальности, которые не могут быть зарегистрированы-измерены классическими измерительными приборами, например, счётчиком элементарных частиц, но только с «их помощью» возможно «физически» объяснить процессы переноса энергии и законы сохранения.
- Виртуальные процессы, которые происходят **в промежутки времени порядка 10^{-24} сек**, и в силу соотношения неопределенности, для энергии и времени такие процессы **принципиально не могут наблюдаться**.
- Виртуальные частицы и процессы «ненаблюдаемы», образуя «**вакуум**» физической реальности, которые **сейчас составляют «одну из моделей мира»**.
- **Где же выход: согласно В.В. Налимову:** признание **вероятностной модели** мира и рассмотрение ее как виртуальной мультимодальной игровой «большой системы» -

«Два цвета» на шахматной доске природы... «материя-информация»

Виды материи

Вещество

Его структурой является множество составных частиц



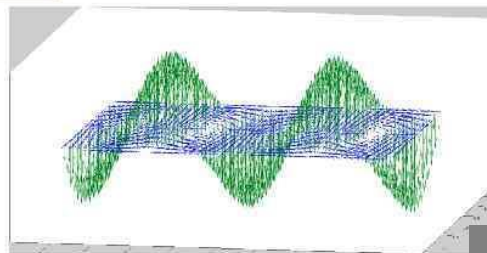
Броуновское движение молекул

Материальные объекты неясной физической природы

Тёмная материя
Тёмная энергия

Поле

В отличие от вещества, не имеет внутренних пустот, обладает абсолютной плотностью



Электромагнитное поле

Можно не только переставлять по правилам фигуры, но и «переставлять правила»

Математическая основа игры на новой шахматной доске: **теория информации и категорий**

Виды информации

По способу восприятия

- визуальная
- аудиальная
- тактильная
- обонятельная
- вкусовая

По форме представления

- текстовая
- числовая
- графическая
- музыкальная
- комбинированная

По общественному значению

- массовая(обыденная, Общественно пол-я)
- Специальная(научная, производственная)
- личная(знания, умения)

Фундаментальная проблема компьютерных наук – сложность описания свести к сложности вычислений

Суть проблемы – определить сколько и каких базовых вычислительных операций требуется для решения задачи ?

Пример: сложность решения задача «коммивояжера» - который должен посетить n городов.

Формальное точное решение требует $n!$ Операций

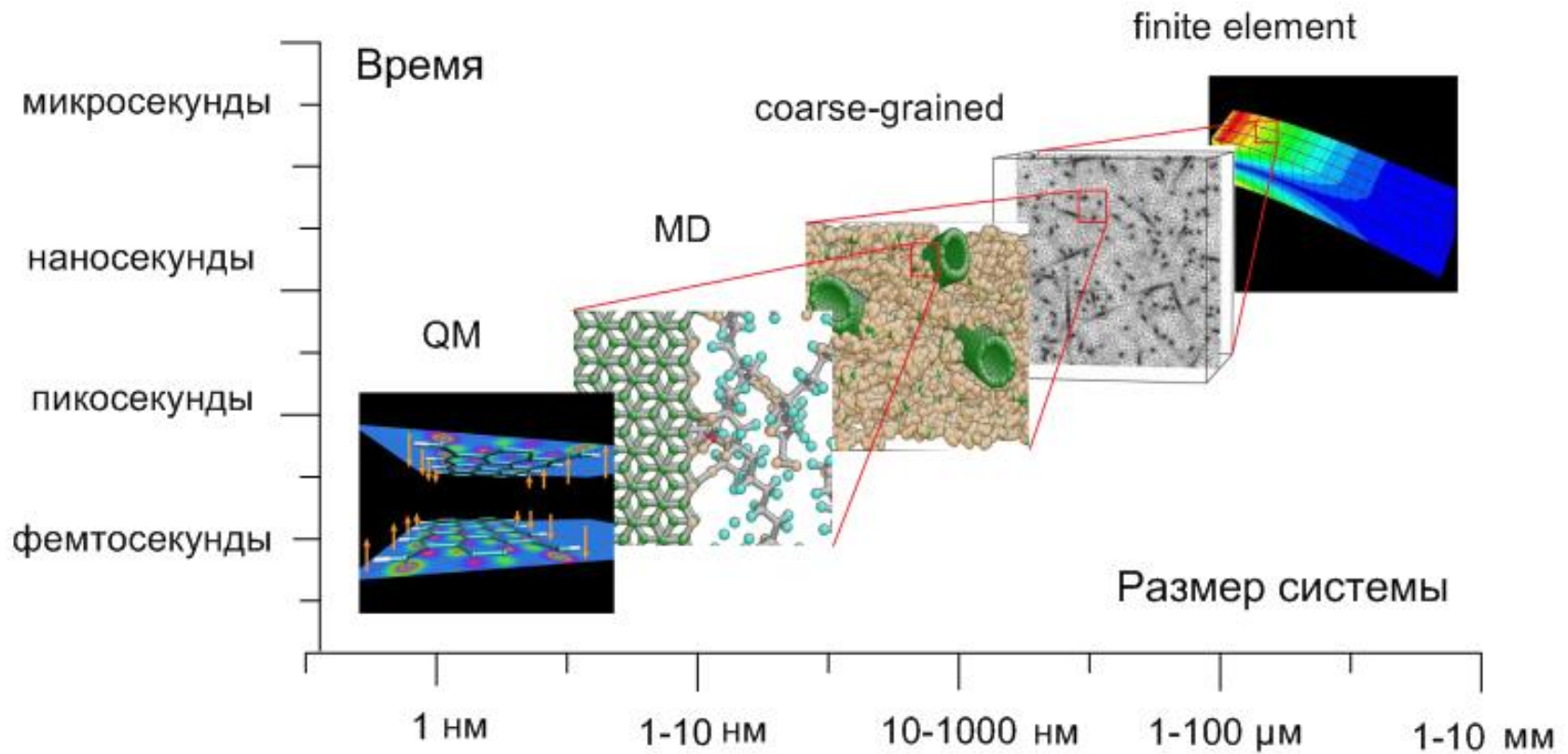
Нужно ли нам на практике «точное решение» ?

Если $n=49$, то число операций $>$ числа атомов во Вселенной.

Варианты сложности вычислительных задач:

- 1) Полиномиальное «время» (от размерности) $\rightarrow n^3, n^7, \dots$
- 2) Экспоненциальное «время» $\rightarrow 2^n, n! \dots$

Отношение «время протекания процессов – множественность моделей и масштаб системы»



АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика»

Ю. А. ГАСТЕВ

ГОМОМОРФИЗМЫ И МОДЕЛИ

Логико-алгебраические аспекты
моделирования

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1975

Морфизм - морфизм представляет собой сохраняющее структуру **отображение** одной математической структуры в другую того же типа

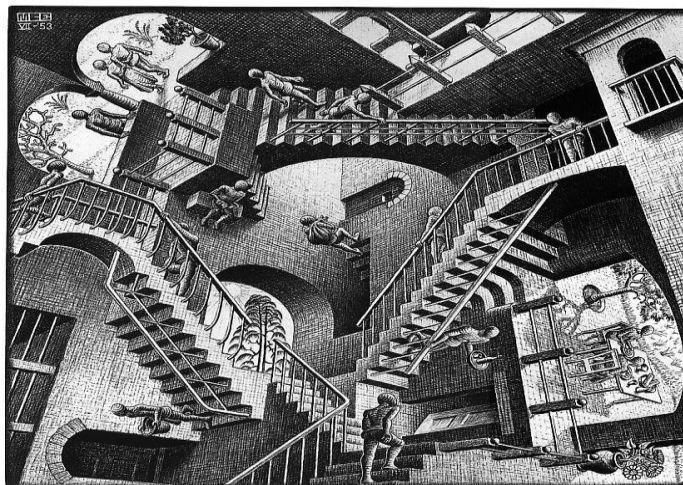
Изоморфизм (от греч. ἴσος - равный, одинаковый и μορφή - форма) - **отношение** между объектами, выражающее в некотором смысле тождество их структуры (строения)

Гомоморфизм — это морфизм в категории алгебраических систем, то есть **отображение** алгебраической системы A , сохраняющее основные операции и основные отношения.

Модель (от лат. modulus — «мера, аналог, образец») — это упрощенное **представление** реального устройства и/или протекающих в нем процессов, явлений.



Феномен **самореференции (self-reference)**, - это «наведенное» (индуцированное) свойство, возникающее в сложных системах наделенных **strange loop** или циклической структурой, которая проходит через несколько уровней иерархии целостной системы и попадает в исходную точку (Эшер: moving only up or down the levels of the hierarchical system, **one** finds oneself where **one** began).



Приоритетная задача КН - поиск «удовлетворительного» решения

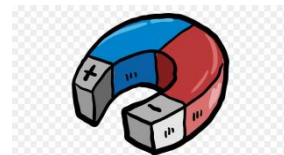
Дано: множество “ограничений”

Требуется: вычислить n -bit слово, которое кодирует “решение” и, которое удовлетворяет всем этим ограничениям

«Решение», должно быть таким, чтобы его можно было **легко проверить** на «удовлетворение заданным ограничениям»

Пример задачи, которую трудно решить: «поиск иголки в стогу сена»

- Почему «трудно» ?
- Как можно радикально «облегчить» поиск ?



Решение: Действия по аналогии

Новая физика возникла тогда, когда изучаемые явления стали рассматриваться в экстремальных условиях, а именно на квантовых или комических масштабах.

Экстремальные условия для вычислительных процессов связаны с огромными размерностями $n \sim 10^6 - 10^9$ обрабатываемых на компьютерах данных.

Эти условия стали возникать в последние десять лет при решении задач комбинаторного анализа, поиска паттернов в транспортных сетях биоинформационных структурах и машинном обучении нейроморфных трансформеров.

Новая парадигма компьютерных наук

На основе рассмотрения экстремальных задач эта парадигма модифицирует классические подходы к организации программно-управляемых вычислений, известные как принципы фон Неймана так, что наделяет их способностями к индуктивным выводам и частичной субъектности, а именно:

- **принцип однородности памяти** – трансформируется в принцип организации вычислений в нейроморфном поле памяти, где хранятся ранее приобретенные ассоциативные знания,
- **принцип адресности** дополняется принципом гиперконвергентности и ассоциативной маршрутизации,
- **принцип программного управления** расширяется за счет возможности изменения порядка выполнения команд на основе результатов анализа предшествующих вычислений,
- **принцип двоичного кодирования** дополняется кодированием категориальных признаков процедуру, которая представляет собой преобразование дескрипторов признаков в численное представление по заданным правилам.

Аксиомы «новой науки»

Аксиома 1:

если **вероятность** обнаружить частицу в состоянии $|k\rangle$ **равна 1**, то частица **действительно** находится в состоянии $|k\rangle$.

Аксиома 2:

любое унитарное (обратимое) преобразование можно «воплотить» в виде физического устройства.

Аксиома 3 (об отсутствии скрытых параметров):

если система находится в состоянии, которое описывается волновой функцией - набором независимых физических величин, задающих вектор **состояние системы**, то вся информация о результатах измерений содержится в векторе состояния этой системы.

Аксиома 4:

невозможно передать информацию от одной системы к другой без физического взаимодействия, скорость которого не больше **c** в вакууме.

Заклучение. Темы для доклада: утверждения о сложности как мере физической целесообразности

(A. Yao) Computational complexity of physical theories (e.g., general relativity)?

(Denek and Douglas): Computational complexity as a possible way to choose between various solutions (“landscapes”) in physical theory.