

COMPUTER SIMULATION

Компьютерное моделирование

Лекция 1. Введение

**“All models are wrong, but
some are useful.”**

George E. P. Box

Зачем?

- **натурные эксперименты не всегда возможны**

эксперимент может быть слишком дорог, трудновыполним, опасен или неэтичен

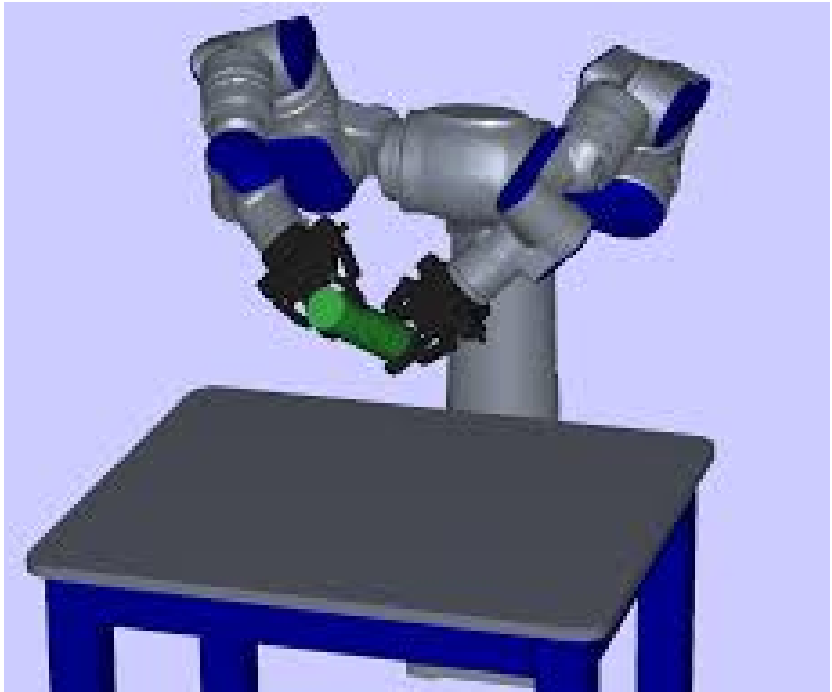
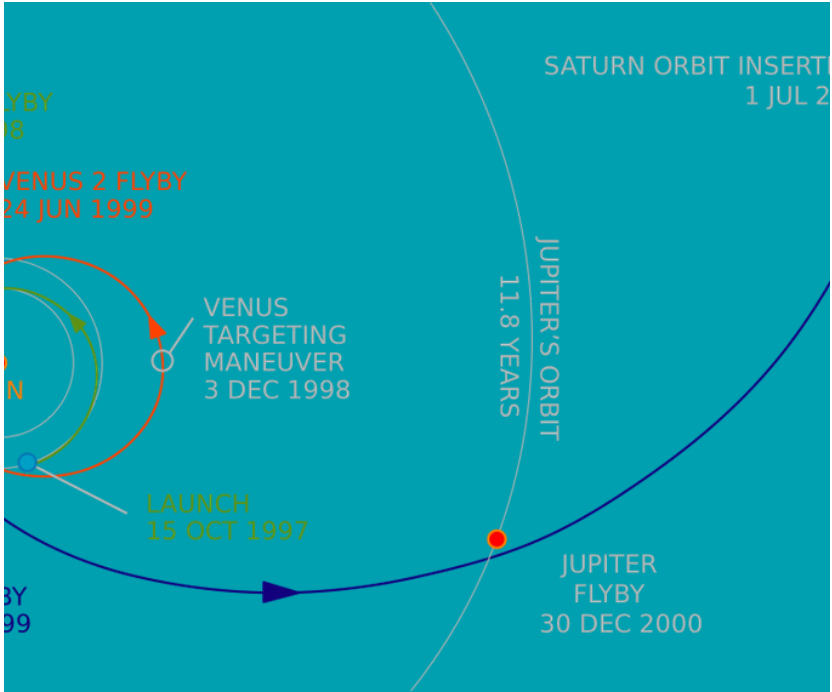
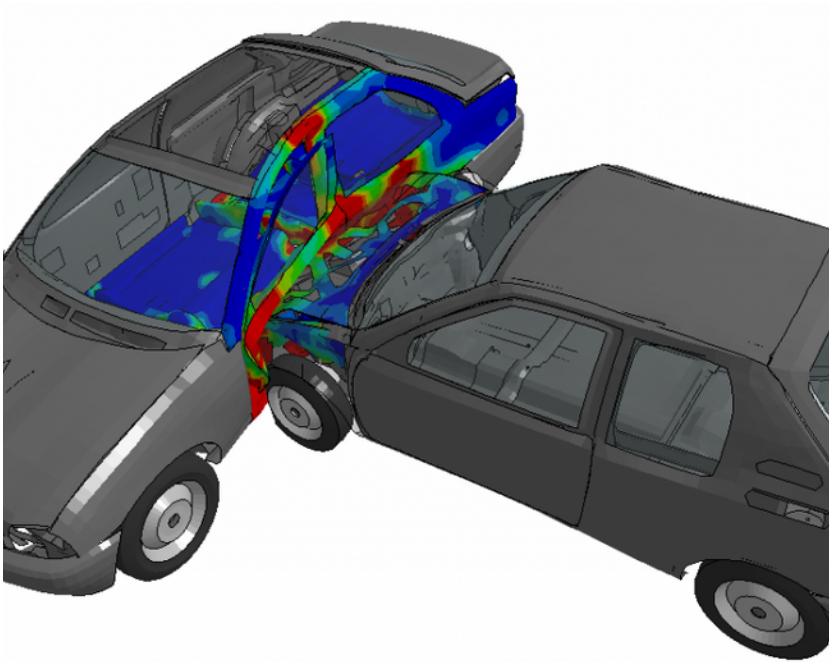
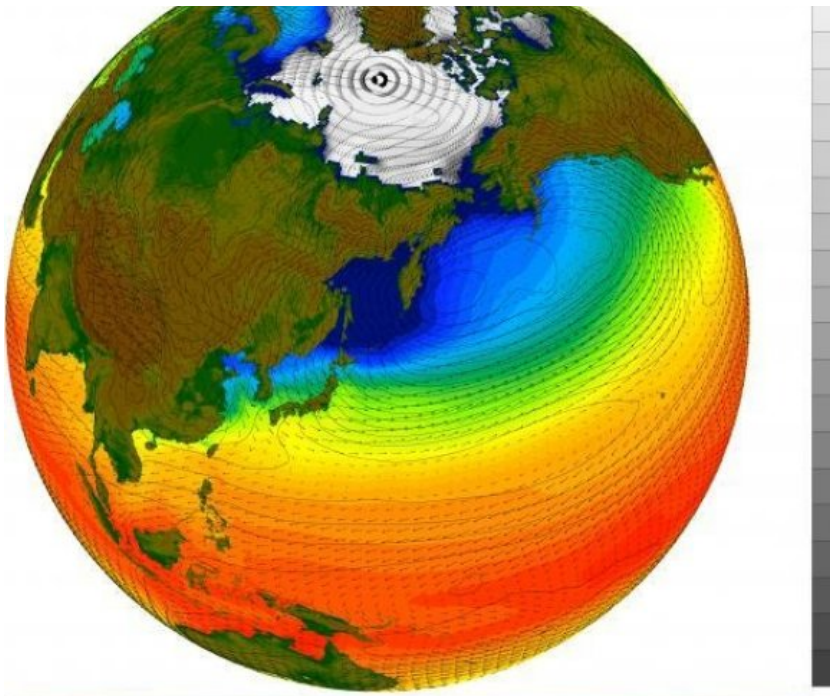
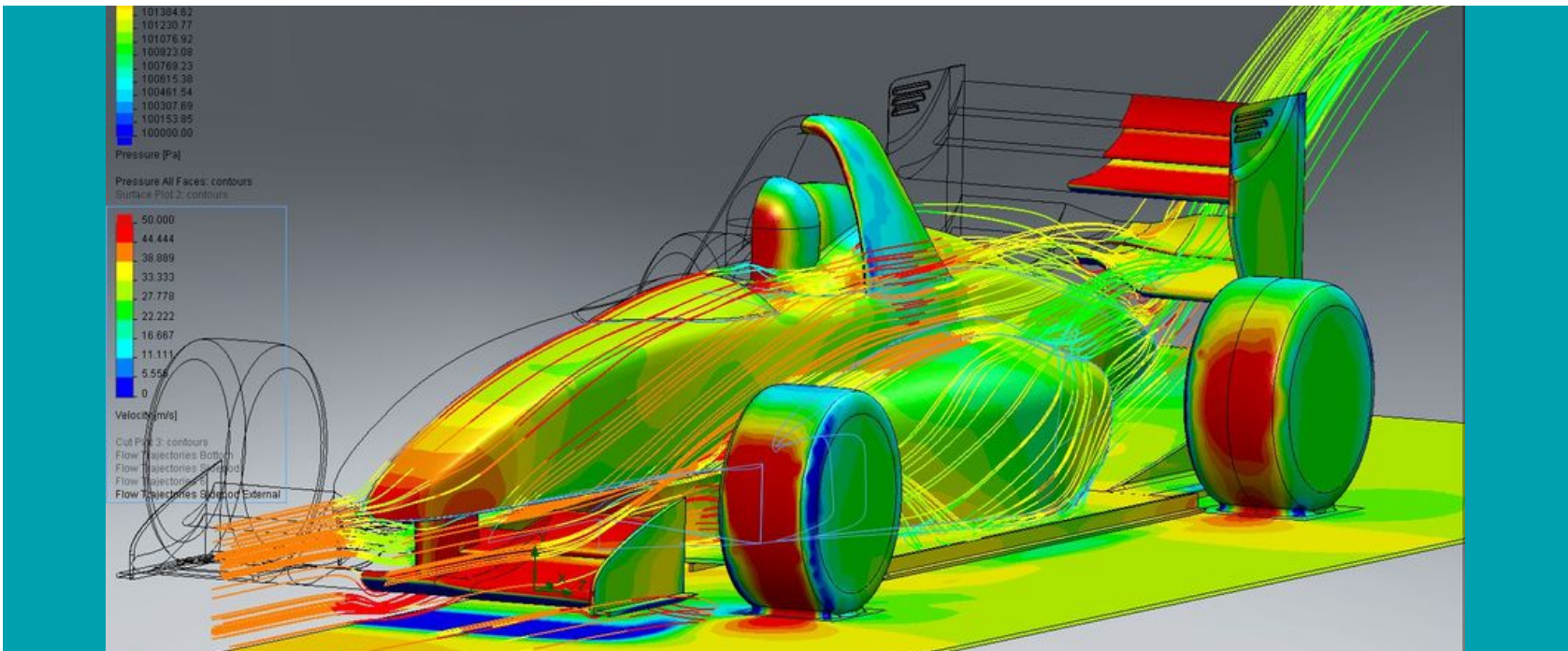
- **до середины XX века - аналитическое моделирование**

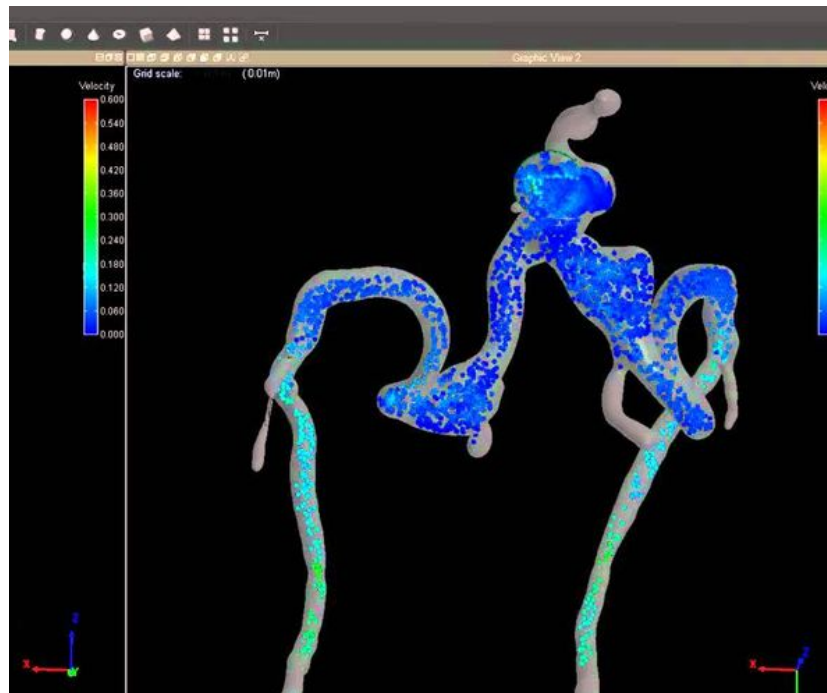
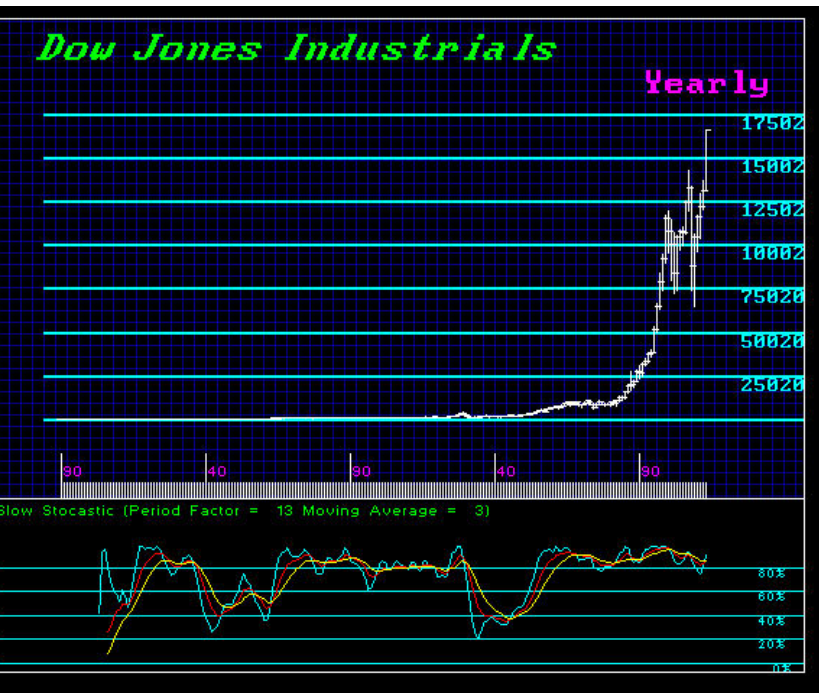
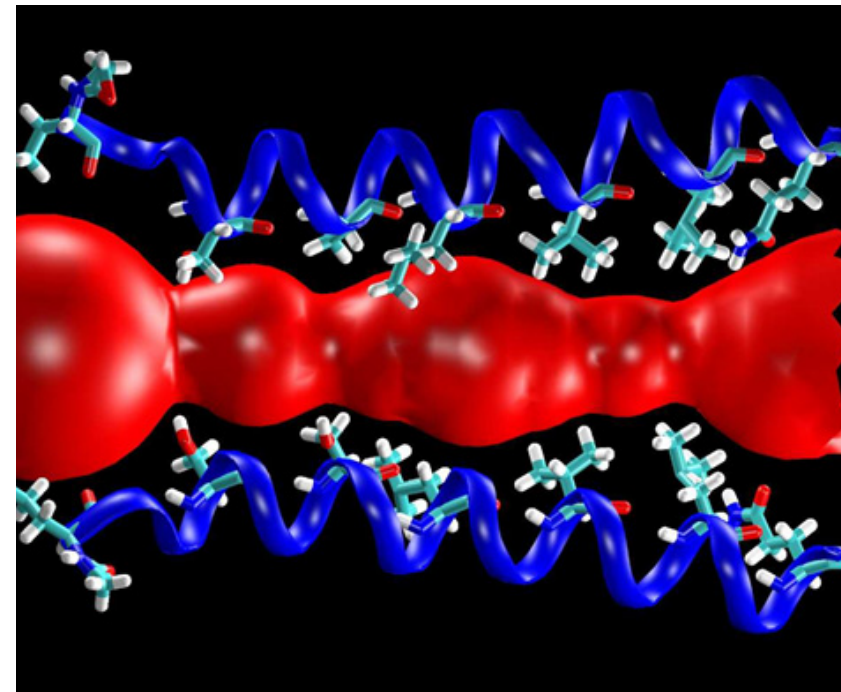
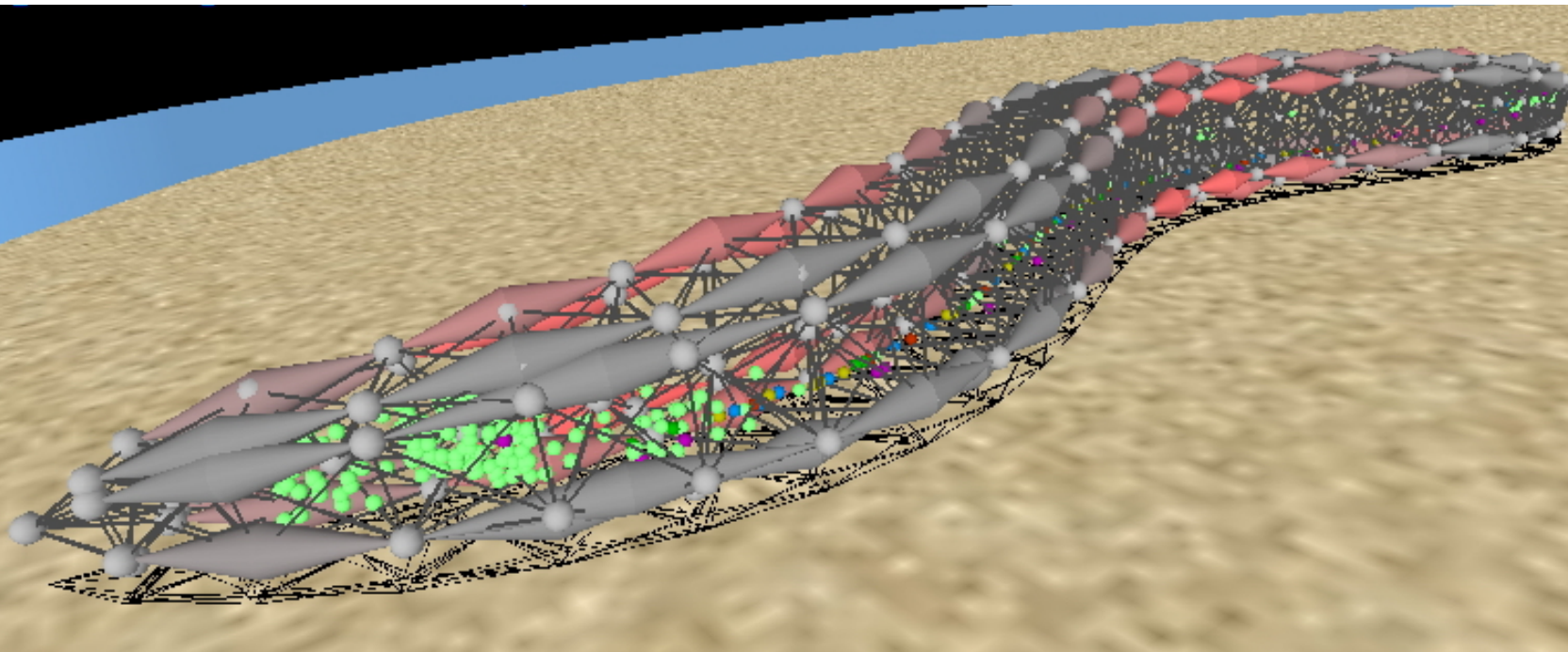
никто не знал как выглядит фрактал Мандельброта или множество Жулиа.

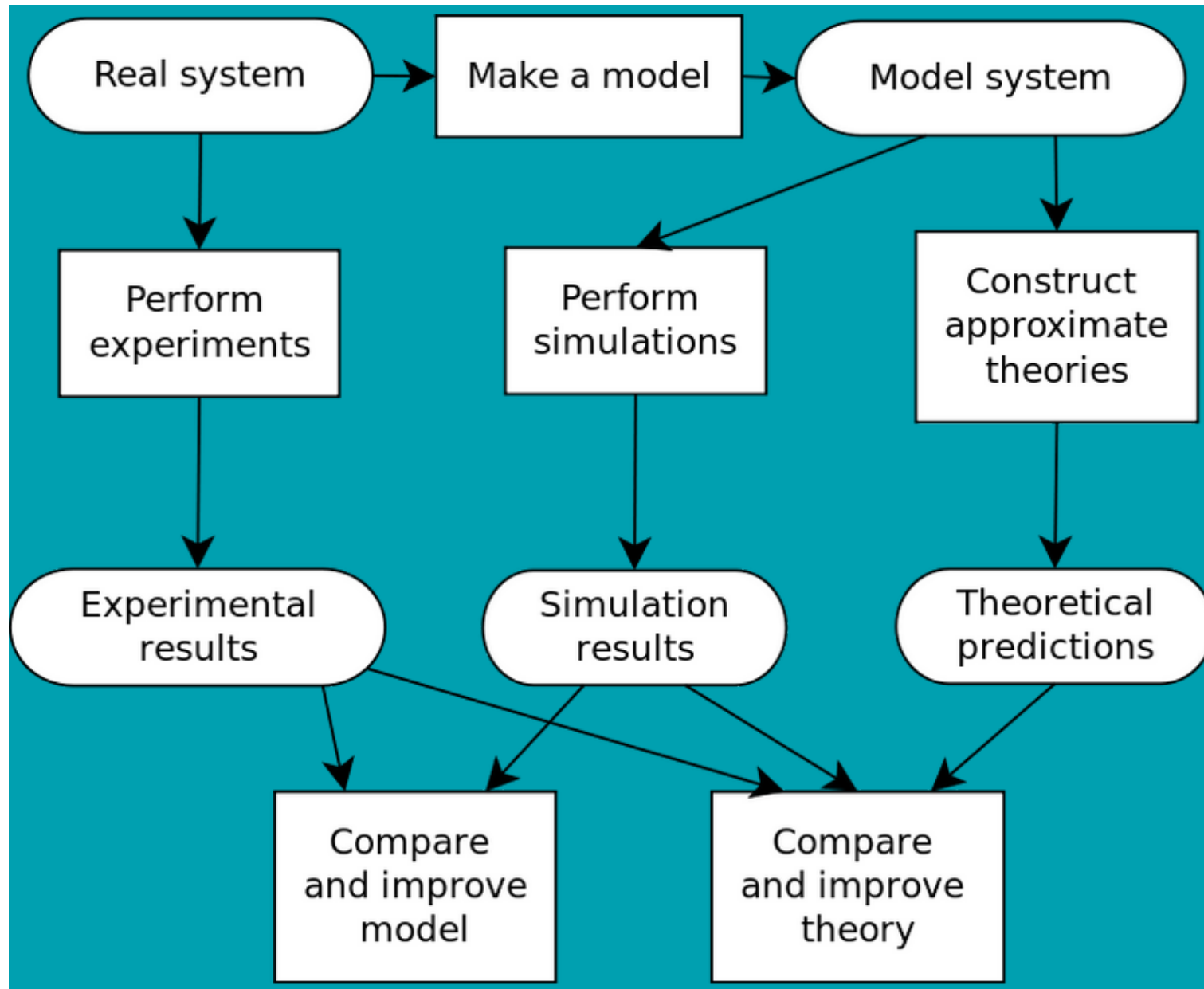
Математические модели часто трудно создавать

- **эксперимент с компьютерной моделью**

может быть значительно проще натурального эксперимента и создания аналитической модели







Особенности

- Изучение предметной области
- Использование математического аппарата
- Программирование

Чем нужно владеть?

- **Дифференциальные уравнения**
- **Численные методы**
решение нелинейных уравнений, СЛАУ, интерполяция, аппроксимация
- **Теория вероятностей и математическая статистика**
- **и др. разделы математики**
- **Математические и научные модули языка**



“Это не трубка.”
картина “Вероломство образов”
Рене Магритт, 1928—1929.

Моделирование

Моделирование - это замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала.

Оригинальный объект замещается **моделью**.

Модель и сам процес **моделирования** для одного и того же объекта зависят также от цели изучения.

Как описать модель?

- **словесные или описательные модели**
также вербальные или текстовые модели

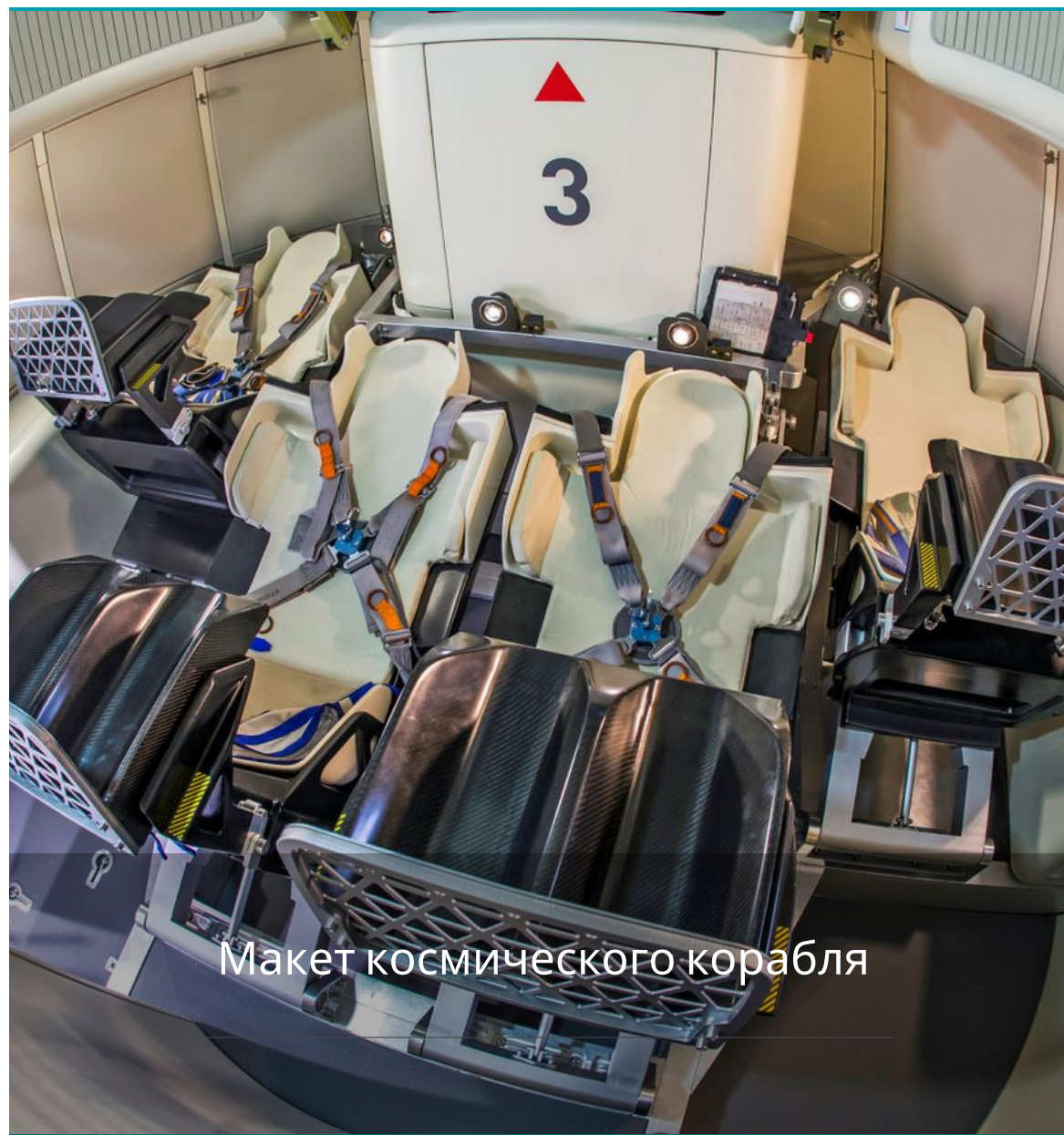
например, милицейский протокол с места происшествия,
стихотворение Лермонтова “Тиха украинская ночь”

- **натурные модели**

макет Солнечной системы, аэродинамическая модель

- **абстрактные или знаковые модели**

математические модели явлений и компьютерные модели



Виды моделей

- **Ментальная**

модель в сознании человека

- **Аналитическая**

описываются математически

- **Физическая**

Это натурная модель

- **Имитационная**

задаёт поведение объекта. может быть представлена алгоритмом

Математическая модель

- **Математическая модель** — математическое представление реальности, один из вариантов модели

Примеры простых моделей?

- Материальная точка
- Второй закон Ньютона
- Закон прямолинейного движения
- Длина тормозного пути автомобиля

Modeling vs simulation

Modeling

is the act of building a model

simulation

is the process of using a model

в русскоязычной литературе такой термин не используется

Вычислительный эксперимент

Вычислительный эксперимент — метод изучения устройств или физических процессов с помощью **математического моделирования**.

Он предполагает, что вслед за построением математической модели проводится ее численное исследование, позволяющее «проиграть» поведение исследуемого объекта в различных условиях или в различных модификациях

Вычислительный эксперимент и открытие Урана

- Уран - самая удалённая от Солнца планета Солнечной системы.
- Заметить перемещение Урана по небу сложно из-за его маленькой угловой скорости движения по орбите
- Математическая модель Солнечной системы оказалась не точной. Возможной причиной была неизвестная планета, оказывающая влияние на движение остальных
- Была построена новая математическая модель, учитывающая 8 планет. **Вычислено** текущее положение новой планеты
- Проведены наблюдения по полученным координатам. Открыта новая планета Солнечной системы

Примеры имитационных моделей

- **Модель трафика возле терминала аэропорта**

<https://www.youtube.com/watch?v=ZEjZSzUSKew>

- **Модель склада**

<https://www.youtube.com/watch?v=MUTsHnf6ga8>

- **Модель работы кухни ресторан быстрого питания**

<https://www.youtube.com/watch?v=jTageuhPfAM>

Имитационная модель совмещена с натурной

Основные понятия

- **система** - совокупность взаимосвязанных элементов, обладающих свойствами, отличными от свойств отдельных элементов
- **элемент** - это объект, обладающий свойствами, важными для целей моделирования
- В компьютерной модели свойства элемента представляются величинами - **характеристиками элемента**

Основные понятия

- **состояние системы** представляется в компьютерной модели набором характеристик элементов и связей между элементами.

Структуры данных, описывающих состояние, не зависят от конкретного состояния и не меняются при смене состояний, меняется только значение характеристик.

- Если состояния системы функционально зависят от некоторого параметра, то **процессом** называют набор состояний, соответствующий упорядоченному изменению параметра.

Модели

- **Статические модели** - модели, в которых предоставлена информация об одном состоянии системы
- **Динамические модели** - модели, в которых предоставлена информация о состояниях системы и процессах смены состояний. Оптимизационные, имитационные и вероятностные модели являются динамическими моделями.

Модели

- **Детерминированные** модели отображают процессы, в которых отсутствуют случайные воздействия.
- **Стохастические** модели отображают вероятностные процессы и события.

Модели

- **Дискретные** модели отображают поведение систем с дискретными состояниями.
- **Непрерывные** модели представляют системы с непрерывными процессами.
- **Дискретно-непрерывные** модели строятся тогда, когда исследователя интересуют оба эти типа процессов.

Модели по предметным областям

- Физика
- Экономика
- Биология
- Химия
- Социология
- и т. д.

Этапы моделирования

- 1 Объект изучения**
формируется существенная информация отбрасывается несущественная происходит первый шаг абстракции.
- 2 Формальная модель**
- 3 Программирование модели**
- 4 Отладка\тестирование**
- 5 Компьютерный эксперимент**
- 6 Информационная модель**

Формальная модель

- 1 **Набор постоянных величин**, констант, которые характеризуют моделируемый объект в целом и его составные части; называемых статистическим или постоянными параметрами модели
- 2 **Набор переменных величин**, меняя значение которых можно управлять поведением модели, называемых динамическим или управляющими параметрами;
- 3 **Формулы и алгоритмы, связывающие величины** в каждом из состояний моделируемого объекта;
- 4 **Формулы и алгоритмы, описывающие процесс смены состояний** моделируемого объекта.

Информационная модель

- графики
- диаграммы
- таблицы
- демонстрации явления в реальном или виртуальном времени
- и т.п.

Инструменты моделирования

- **Классический язык программирования**

Например Python (Jupyter Notebook, Anaconda)

- **Математическое ПО**

Mathcad, Mathematica, MATLAB и др. (содержат свои языки программирования) и др

- **Имитационное моделирование**

Any Logic, Net Logo и др.

- **Специализированное ПО**

ANSYS, GPSS World, SolidWorks, SIMULIA Abaqus и др.

Литература

- **Теория вероятностей**

Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика
— 12-е изд.

- **Дополнительно**

Тaleb Н. Н. Одураченные случайностью. О скрытой роли шанса в бизнесе и в жизни

Для вдохновения

- Документальный фильм BBC: Тайная жизнь хаоса The Secret Life of Chaos
- Сериал “числа” (Numb3rs)
- Книга “Играет ли Бог в кости?”, Иэн Стюарт