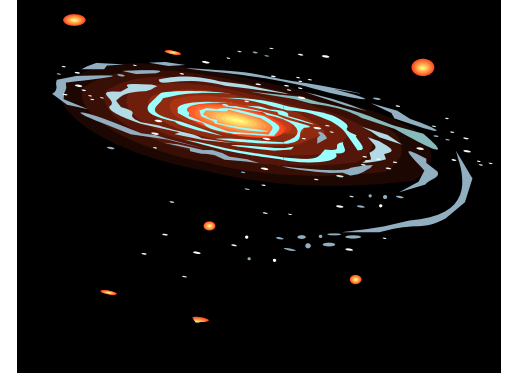
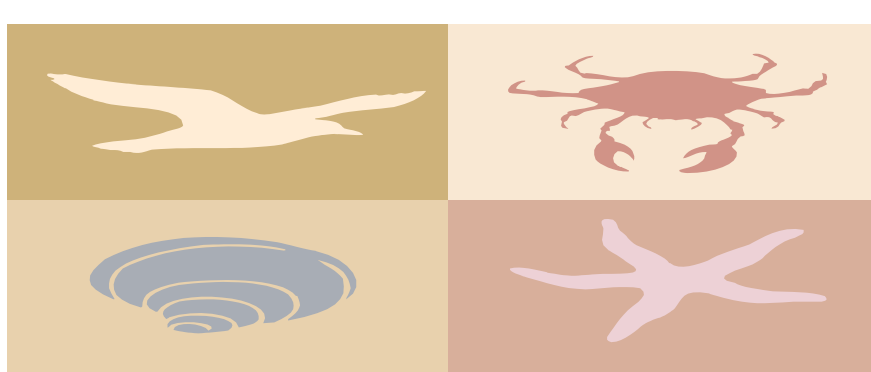
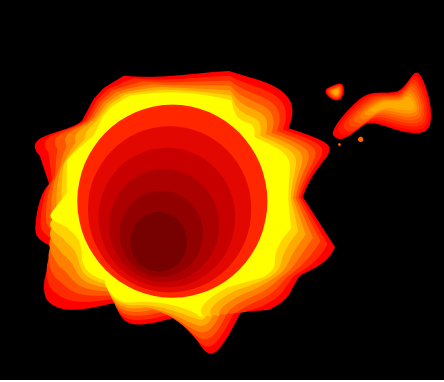




www.biophys.msu.ru

Модели нелинейного мира

Галина Юрьевна Ризниченко

Каф. биофизики Биологического ф-та Московского
государственного университета им.
М.В.Ломоносова, к.119

тел: +7(495)9390289; факс: (495)9391115;

E-mail: riznich@biophys.msu.ru

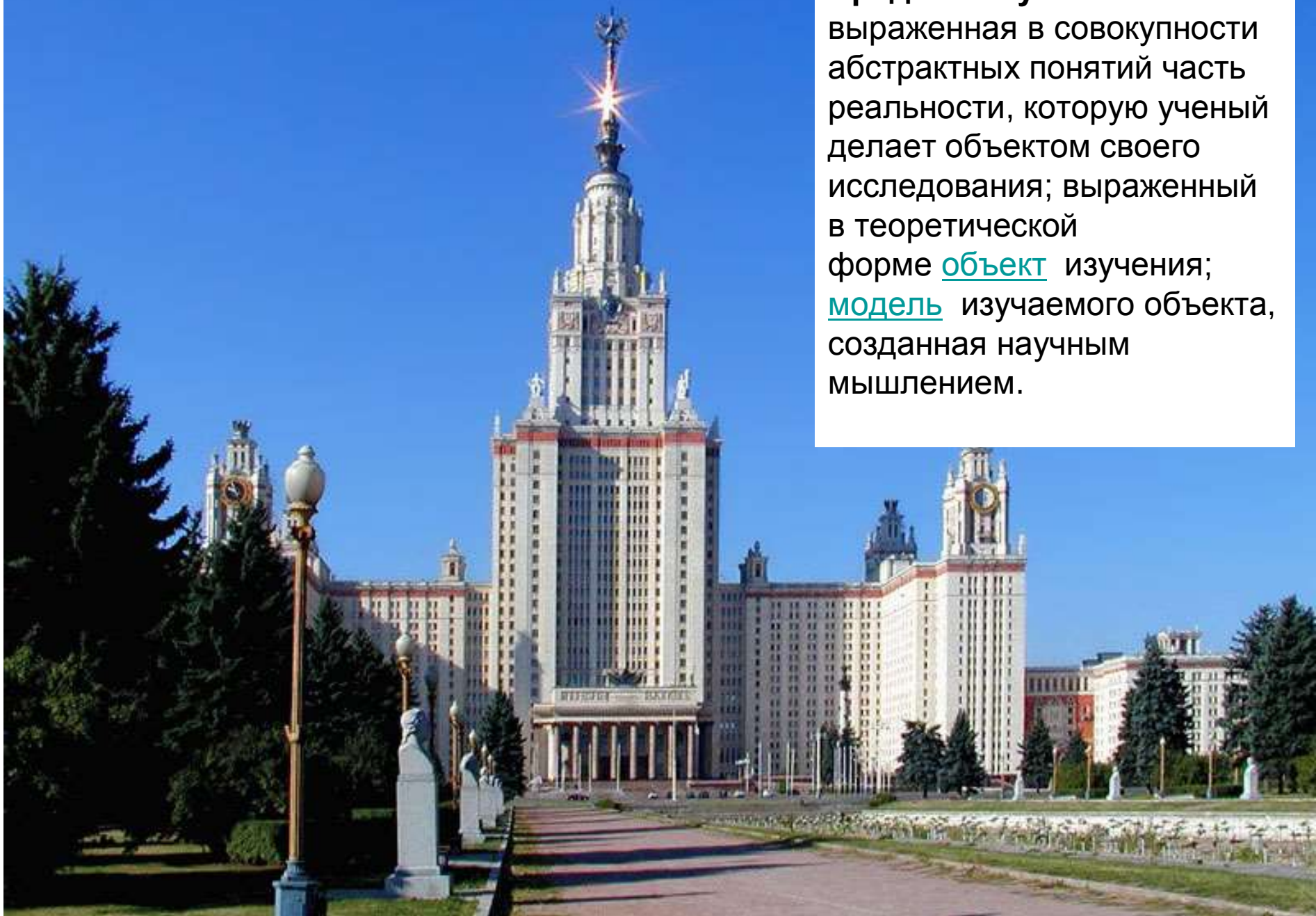
Лекция 1



<http://mathbio.ru>

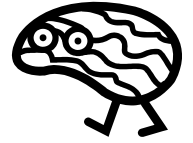
Предмет науки -

выраженная в совокупности абстрактных понятий часть реальности, которую ученый делает объектом своего исследования; выраженный в теоретической форме объект изучения; модель изучаемого объекта, созданная научным мышлением.





* Цель моделирования - понимание



- Человеческий мозг (как и компьютер) работает с моделями
- Понять – значит построить «в голове» модель природного явления,
- живой системы,
- человеческих отношений и проч.
- «Понять – значит, простить»





Компьютер
работает не
с реальной
системой, а
с моделью



Практический смысл модели

*Что такое
модель?

- *модель — это «копия» объекта,*
- *в некотором смысле «более удобная»*
- Важно определить:
объект, цель и метод (средства)
моделирования

Пример модели - портрет



Манипуляции в пространстве и во времени

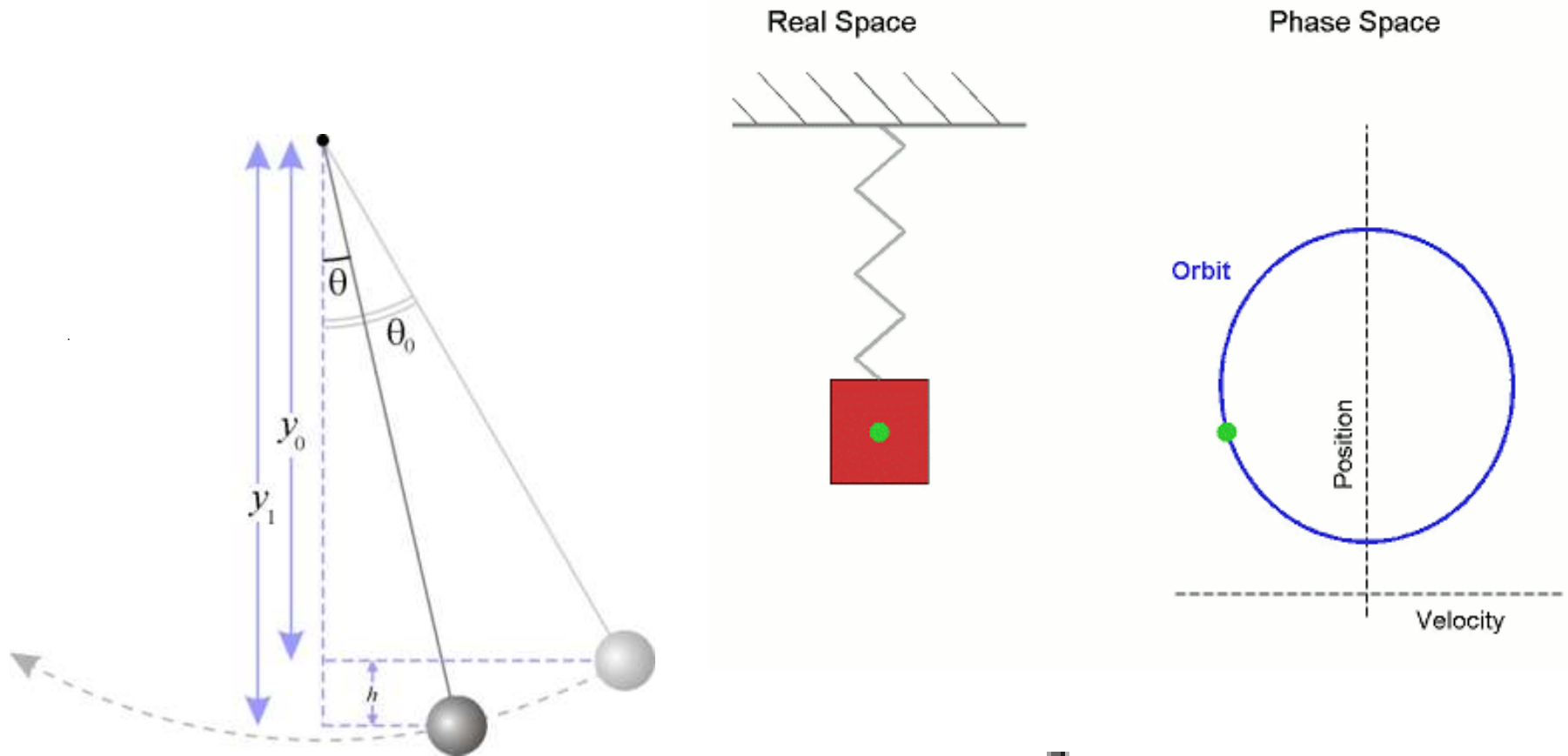
Как понять выражение

«Художник и его
модель?»



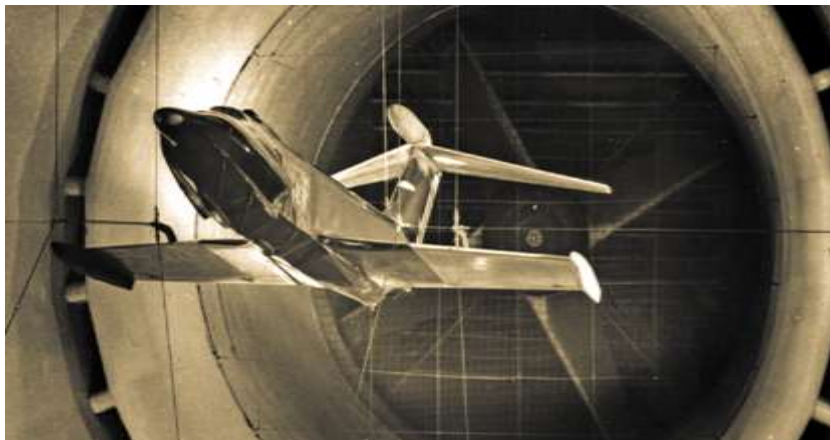
*Примеры моделей

Гармонический осциллятор



$$\ddot{x} + \omega^2 x = 0$$

* Примеры моделей



Самолет в аэродинамической трубе
изучение прочности конструкции, влияния внешних условий и др.



Импеллер
нагнетает
воздух в трубу



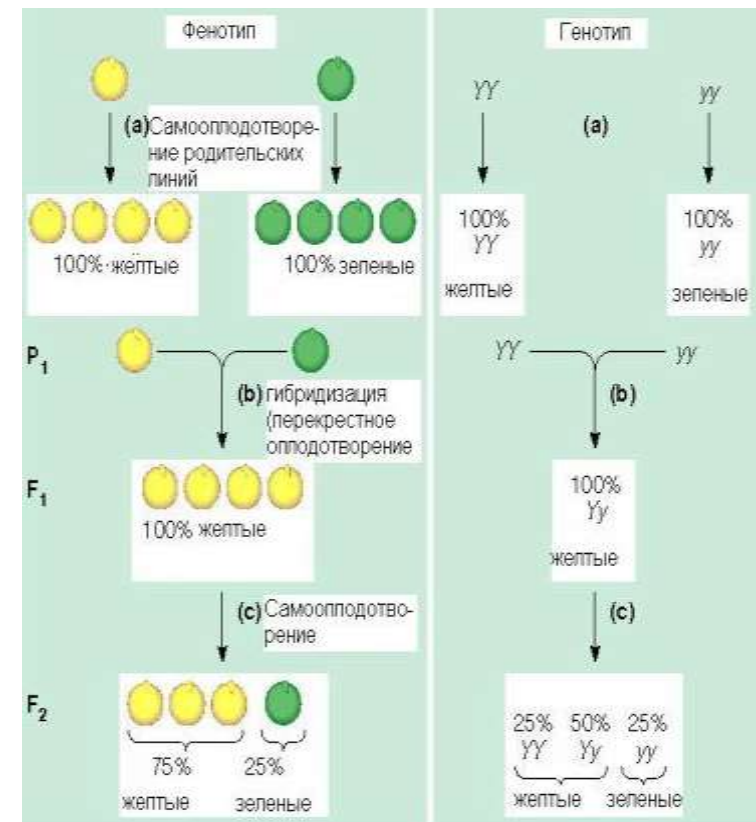
Вертикальная аэродинамическая
труба ЦАГИ. Постройка 1945

* Модели генетики

Грегор Иоганн
МЕНДЕЛЬ
Gregor Johann
Mendel, 1822–
84



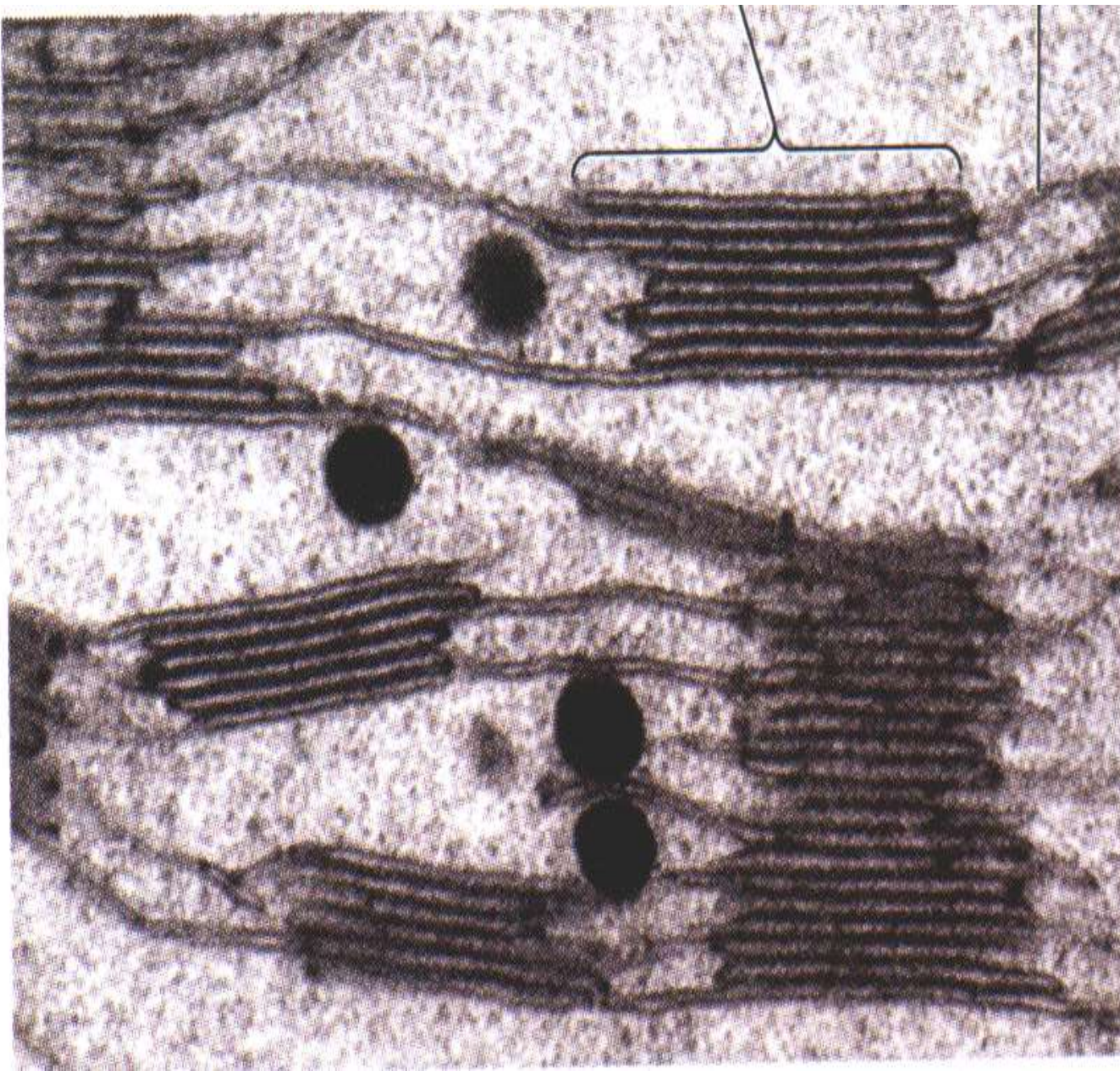
Популяция дрозофиллы



Каждая наука имеет свои
модели

* Аквариум- модель водной системы
изучение взаимодействия компонентов биоценоза, параметров
качества воды





Выделенные хлоропласты

Изучение
процессов
фотосинтеза на
фрагментах живой
системы

- Математика – это искусство называть разные вещи одним и тем же именем
- Без языка математики большая часть глубоких взаимосвязей между вещами навсегда осталась бы неизвестной



Анри Пуанкаре
(1854-1912)



* Математика - язык

Д. У. Гиббс Josiah Willard Gibbs;
1839—1903) — американский физик,
физикохимик, математик и механик, один из
создателей векторного анализа,
статистической физики, математической
теории термодинамики,

- словарь и звуковые и графические способы кодирования слов - числа, векторы, матрицы, функции
- Грамматики — действия с ними: сложение, вычитание, умножение, деление, дифференцирование, интегрирование
- Грамматики математического языка — не только правила сочетания элементов (слов), но и правила преобразования одних слов в другие
- Аналог словесных описаний — математические модели

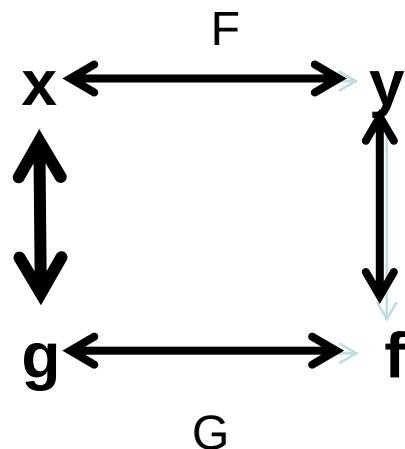


Галилео Галилей
(1564 - 1642)

«... Великая книга
природы написана
математическими
символами»

* ИЗОМОРФИЗМ

Изоморфизм (от др.-греч. ἴσος — «равный, одинаковый, подобный» и морφή — «форма»)



**Совокупность элементов (слов)
и действий (грамматика) –
операционная система**

**Две операционные системы изоморфны.
Если установлено взаимно однозначное
соответствие, между их элементами и
действиями**



* В разных
операционных
системах
действия
выполняются
по-разному.

Пример: в арабской системе записи
числа перемножить легко, а в римской
— очень трудно

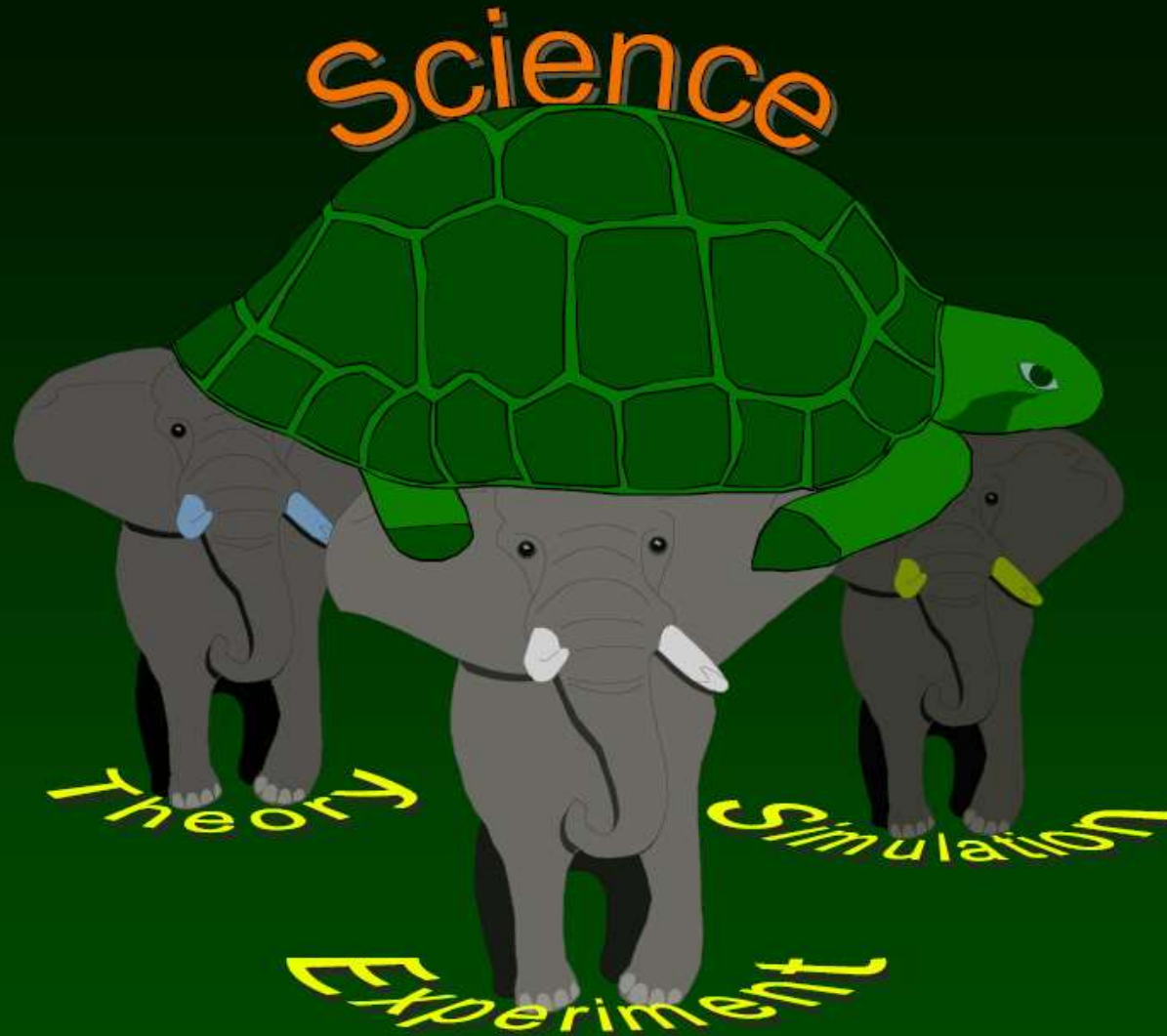


* Операционная система компьютера

все действия выполняются
легко и быстро
(правда, приближенно)



* Три кита современной науки



* Операционная система мозга

Законы природы



- Природа – тоже операционная система. Её удастся представить с той или иной полнотой в виде разнообразных элементов и связей между ними и текущим временем.
- Это представление и называется **«законами природы»**.
- Когда удастся построить изоморфную объекту природы математическую модель, мы постигаем и природный объект

**В.Эбелинг
Р.Фейстель
Хаос и космос.
Синергетика
ЭВОЛЮЦИИ**

**Chaos and
Kosmos.
Prinzipien
der Evolution**

Изд. РХД, 2005

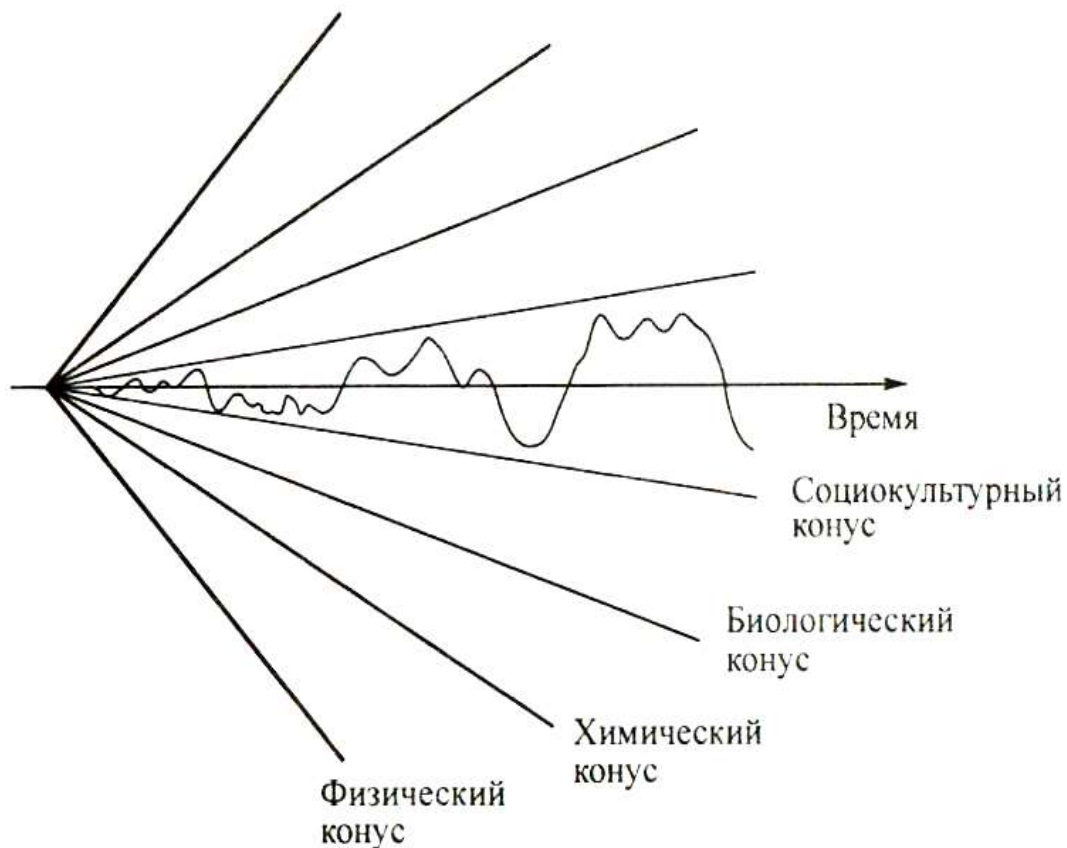


Рис. 2.1. «Конус законов». Все возможные процессы (не нарушающие фундаментальных законов) находятся в «физическом конусе»; «конусы», символизирующие химические, биологические и социокультурные процессы, значительно уже — они соответствуют процессам (также разрешенным), на которые наложены дополнительные ограничения.

* Владимир
Иванович
Вернадский

(1863-1945)

«Большая часть
научной работы
заключается в поиске
математических
соотношений.
Найдя их, наш ум
успокаивается,
и нам кажется, что
вопрос, который нас
мучил, решен.»



В последней трети 20 века начал развиваться комплекс наук

- Системный анализ
- Синергетика
- Теория динамических систем
- Нелинейная динамика
- Теория катастроф
- Теория хаоса
- Science of complexity
- Nonlinear science

цель которых – понять суть нелинейных процессов
в сложных динамических системах



Герман Хакен (справа) и Юрий Климонтович

Герман Хакен. 1971

«Синергетика — учение о взаимодействии.
Что связывает физику, химию и биологию?»

Сходные нелинейные
уравнения описывают
процессы самоорганизации
разной природы
(изоморфизм)

В последней трети 20 века
развился комплекс наук -
синергетика

- Теория динамических систем
- **Нелинейная** динамика
- Теория самоорганизации
- Теория хаоса (Theory of chaos)
- **Nonlinear** science
- Теория фракталов

цель которых — понять суть
нелинейных процессов в
сложных системах

* ЛИНЕЙНОЕ
СОЗНАНИЕ

ДЕТЕРМИНИЗМ



Следствие **однозначно**
определяется причиной

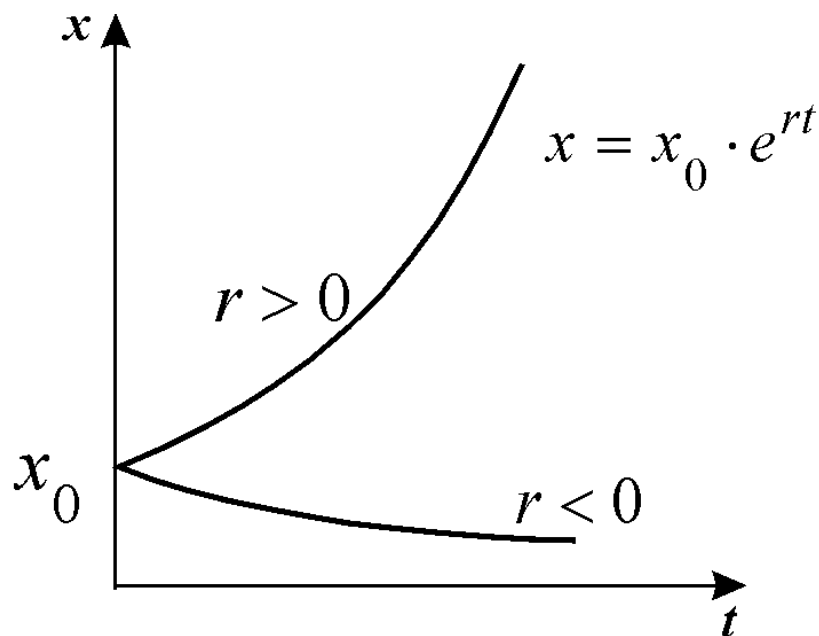
Существует **единственно**
правильное решение

Эволюция систем во времени —
постоянный рост (прогресс)

Линейность и нелинейность

- **Линейное дифференциальное уравнение.**
Скорость изменения величины пропорциональна самой величине

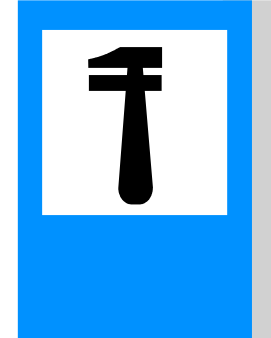
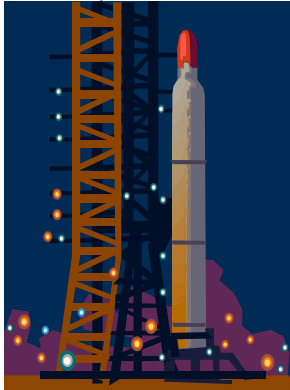
$$\frac{dx}{dt} = rx.$$



СВОЙСТВА СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ

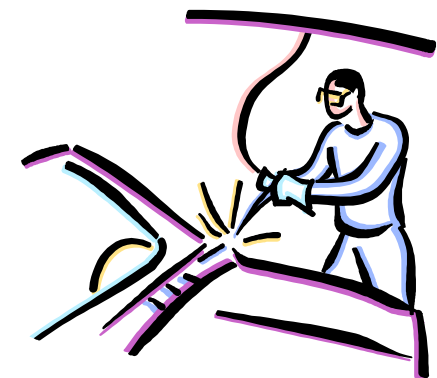
- Единственное стационарное состояние
- Существуют методы исследования устойчивости стационарных состояний и решений
- Идентифицируемость параметров по экспериментальным данным

ЛИНЕЙНАЯ НАУКА ДЕТЕРМИНИЗМ



- На основе линейной науки работают
- МЕХАНИКА
- СТРОИТЕЛЬСТВО
- БАЛЛИСТИКА
- ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
- КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

Но не биология,
психология,
социология



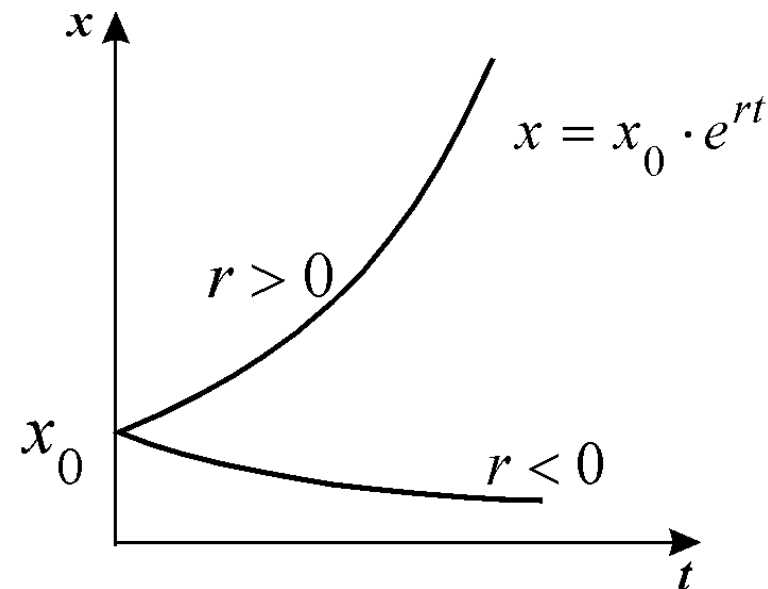
Докомпьютерная эра – линейный мир.

Линейный мир

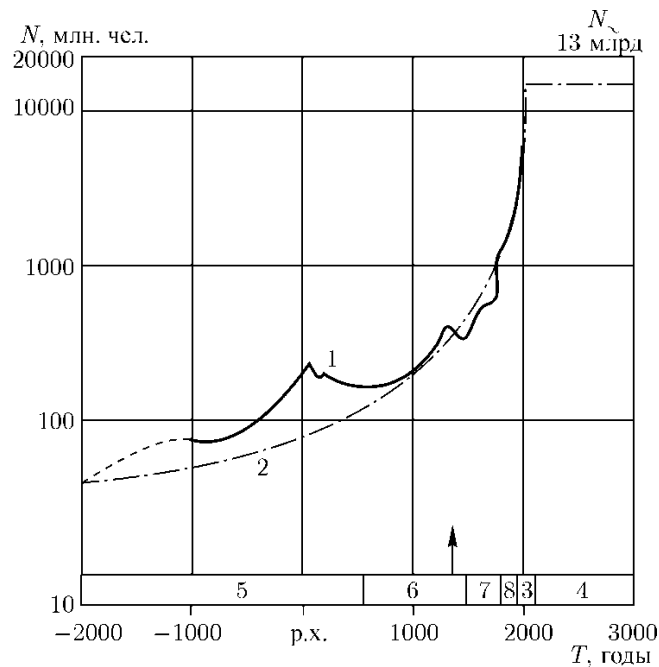
- **Линейное дифференциальное уравнение.**

Уравнение роста популяции Мальтуса (1798)

$$\frac{dx}{dt} = rx.$$



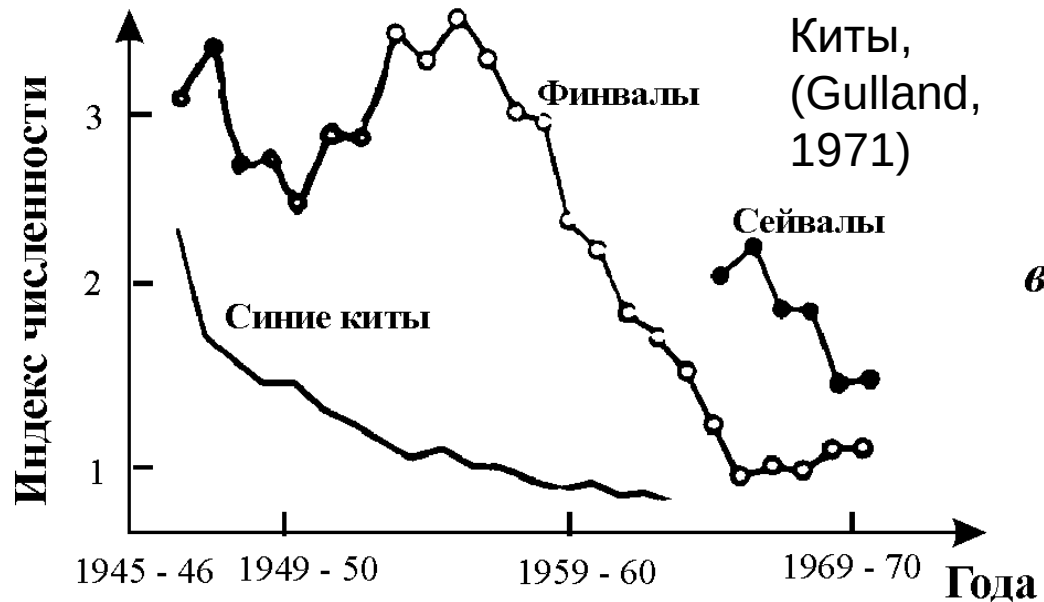
Рост человечества. Капица. 2004



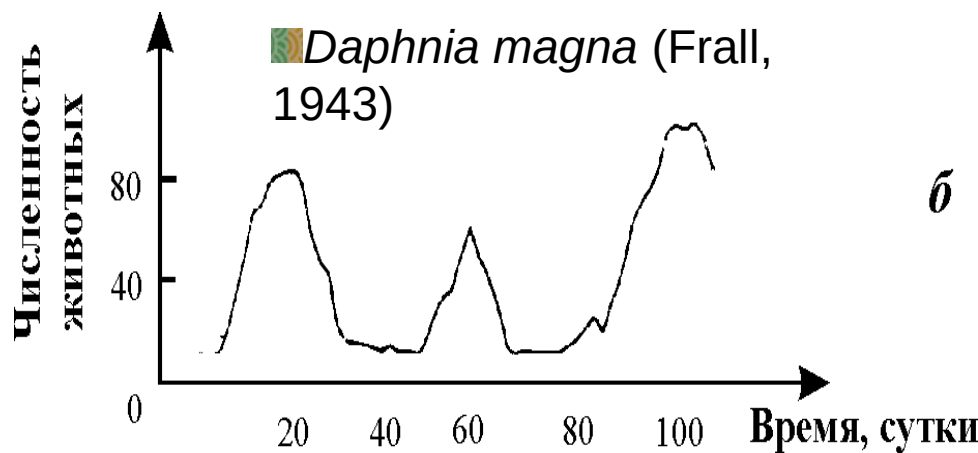
Поголовье овец, тыс.



Нелинейный мир



a



б

χαος

Weather

Э.Лоренц



Chemical
Kinetics



BZ-reaction

Белоусов и
Жаботинский

CHAOS

Heart
rhythm



Александр
Юрьевич
Лоскутов

1959-2011

Основные свойства нелинейных систем

- Мультистационарность
- Колебания
- Хаос
- Пространственно-временные структуры



ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ САМООРГАНИЗАЦИЯ В НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМАХ

- В первоначально гомогенной системе в результате малых флуктуаций могут возникать **регулярные пространственные структуры**
- Морфогенез
- Раскраска шкур животных
- Пятна планктона в океане,
- Возникновение и рост городов
- Скопления галактик

Д.Мюррей, 1, 2 тома



Джеймс Д. Мюррей — профессор университетов Вашингтона и Оксфорда, член Королевского научного общества Великобритании и иностранный член Французской Академии наук, имеет почетные звания многих университетов мира. Автор более 200 научных статей и нескольких книг, основатель и директор Центра математической биологии университета в Оксфорде.

Джеймс Мюррей
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ



БИОФИЗИКА
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

Джеймс Мюррей
**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ
БИОЛОГИЯ**



ТОМ 1: ВВЕДЕНИЕ



Модели раскраски шкур ЖИВОТНЫХ

*Мюррей.
Математические
модели в
биологии.
2010*



(б)

Нелинейная архитектура
Музей Гугенхайма (Бильбао, Испания)
Архитектор Франк Гери





Бюст Вергилия у входа в его склеп в Неаполе

Имя при рождении:

Публий Вергилий Марон

Дата рождения:

15 октября 70 до н. э.

Место рождения: Мантуи

Дата смерти:

21 сентября 19 до н.э.

Род деятельности:

древнеримский поэт

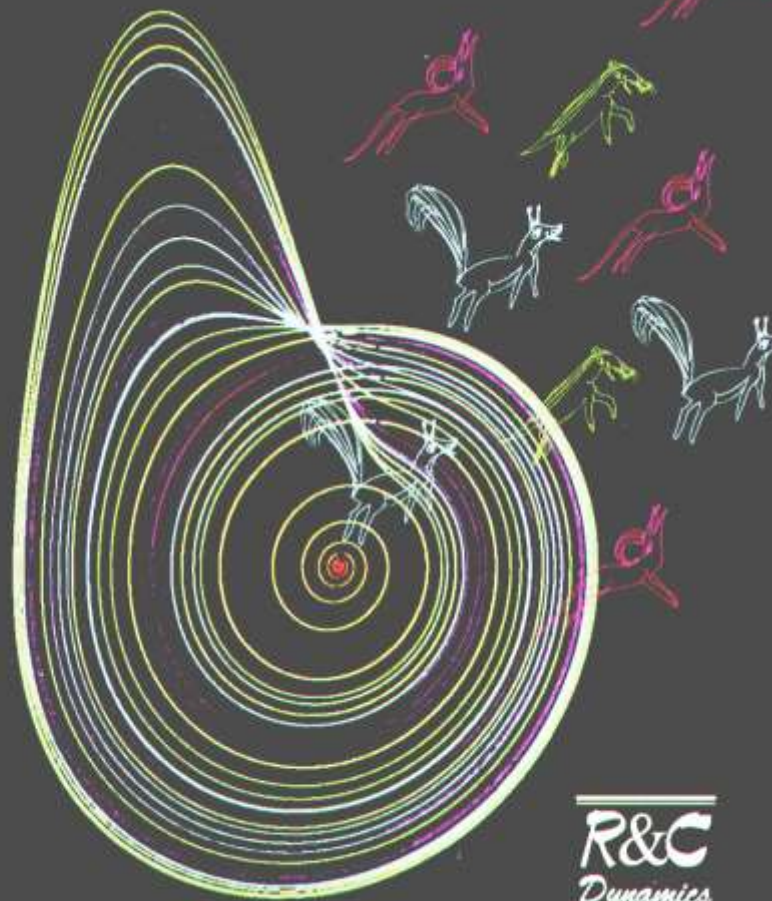
* «Все может надоесть, кроме
понимания» Вергилий

Г.Ю. Ризниченко

ЛЕКЦИИ

по математическим моделям
в биологии

ЧАСТЬ I



R&C
Dynamics



БИОФИЗИКА
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

Г.Ю. Ризниченко

ЛЕКЦИИ

по математическим моделям в биологии



R&C
Dynamics