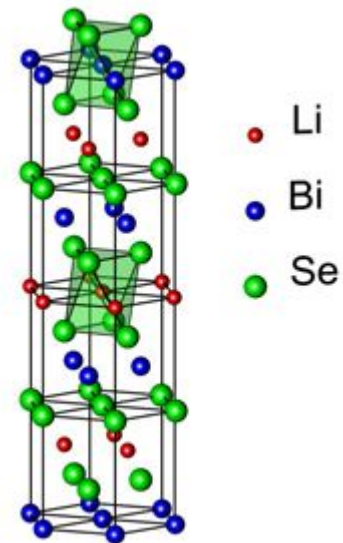


Модели и моделирование

Тема 1. Модели и их типы

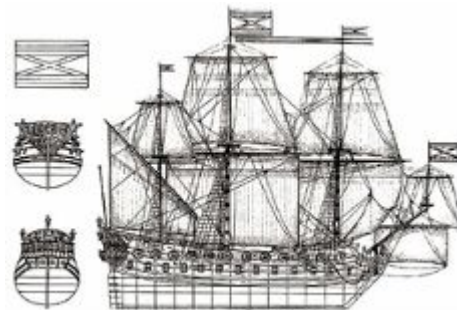
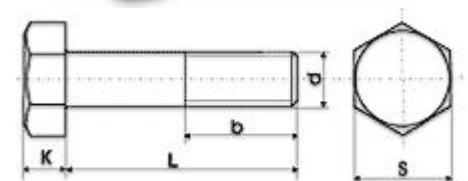
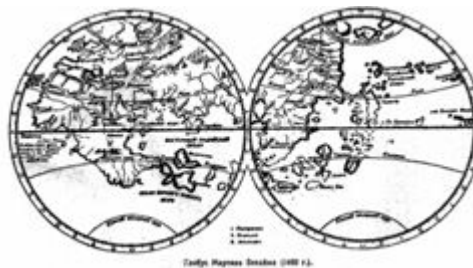
Модели в нашей жизни



Что такое модель?

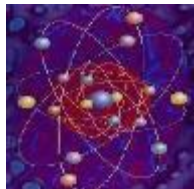
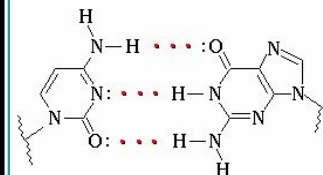
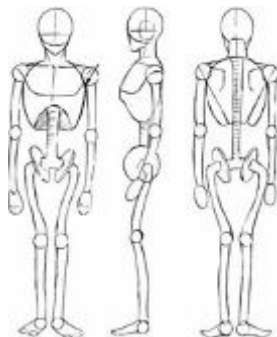
Модель – это объект, который обладает некоторыми свойствами другого объекта (*оригинала*) и используется вместо него.

Оригиналы и модели



Первый линейный русский корабль «Гото Препредназначен»

Один оригинал – одна модель?



материальная точка



Оригинулу может соответствовать
несколько разных моделей и наоборот!

Модель создают, если:

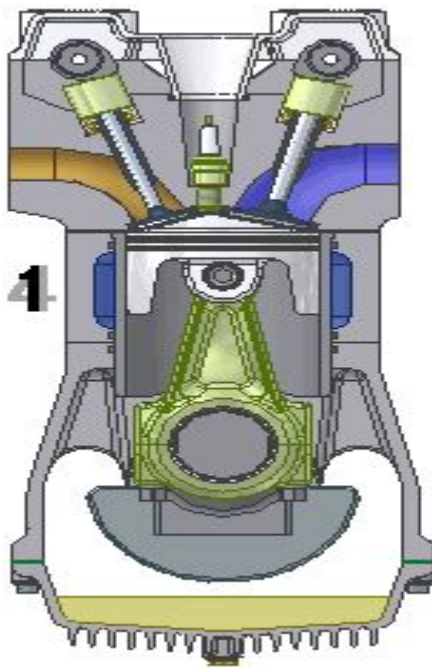


Объект огромный

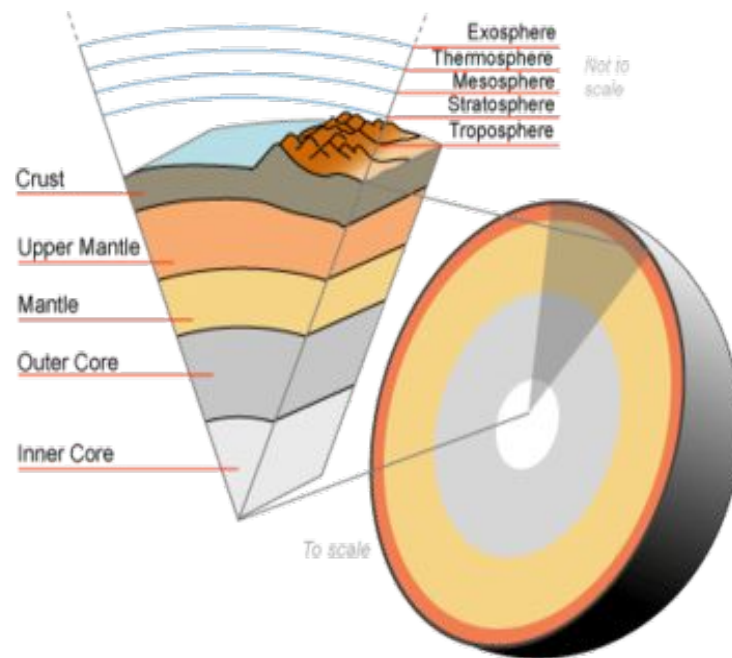


Объект слишком мал

Модель создают, если:

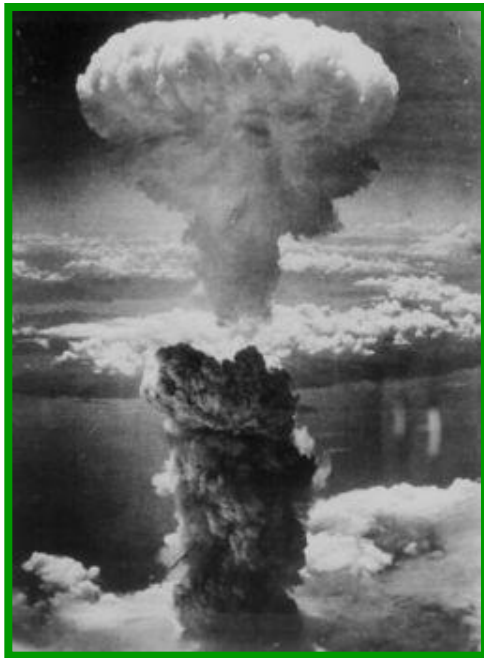


Процесс протекает
очень быстро



Процесс протекает
очень медленно

Модель создают, если:



**Исследование объекта
опасно для
окружающих**



**Исследование объекта
может повлечь его
разрушение**

Что можно моделировать?

Модели объектов:

- уменьшенные копии зданий, кораблей, самолетов, ...
- модели ядра атома, кристаллических решеток
- чертежи
- ...

Модели процессов:

- изменение экологической обстановки
- экономические модели
- исторические модели
- ...

Модели явлений:

- землетрясение
- солнечное затмение
- цунами
- ...

Метод познания

Моделирование

(создание и
исследование
«заместителей»
реальных объектов
Объект-заменитель)



**Исходный объект -
прототип**



Модель

Моделирование — метод познания
окружающего мира, состоящий
в создании и исследовании
моделей реальных объектов.

Моделирование

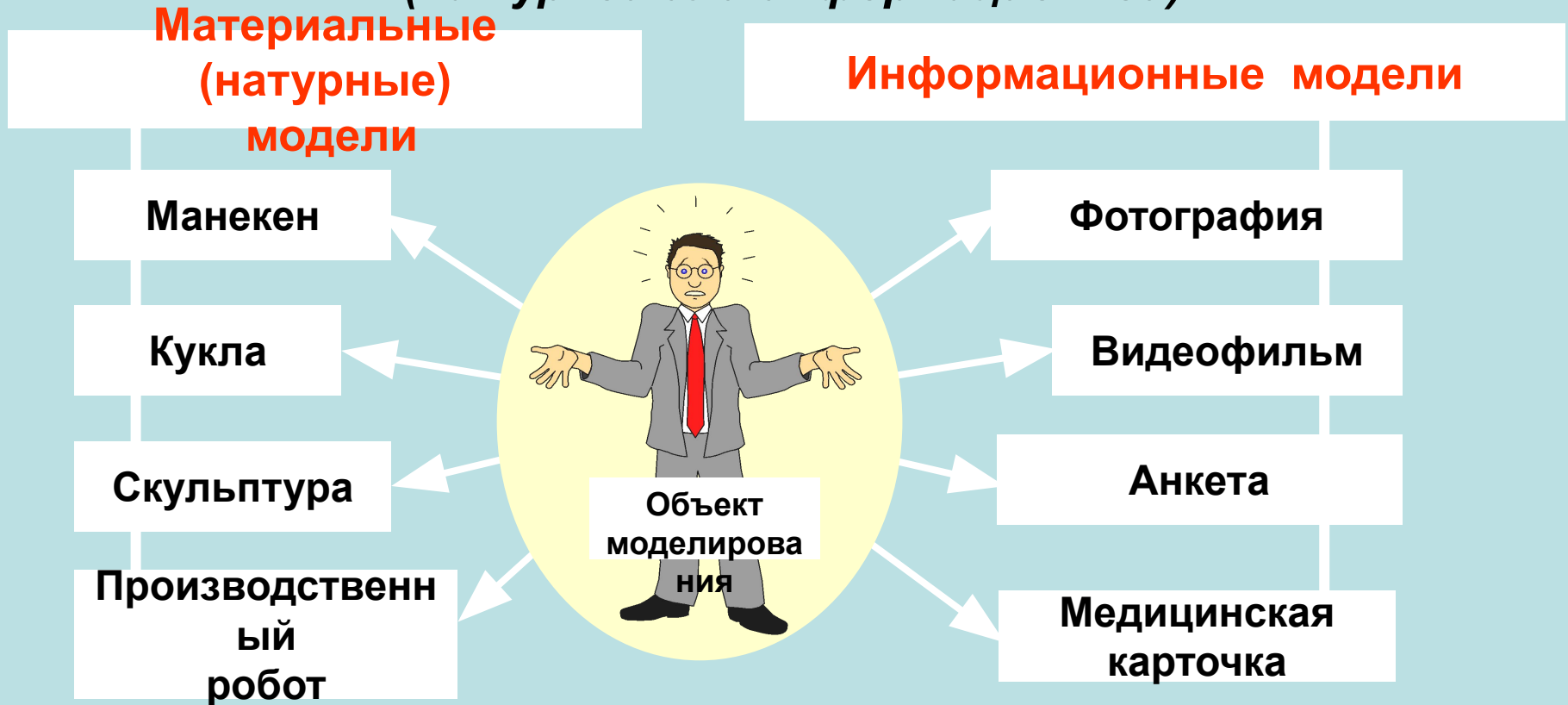
Моделирование – это создание и использование моделей для изучения оригиналов.

Когда используют моделирование:

- **оригинал не существует**
 - древний Египет
 - последствия ядерной войны (Н.Н. Моисеев, 1966)
- **исследование оригинала опасно для жизни или дорого:**
 - управление ядерным реактором (Чернобыль, 1986)
 - испытание нового скафандра для космонавтов
 - разработка нового самолета или корабля
- **оригинал сложно исследовать непосредственно:**
 - Солнечная система, галактика (большие размеры)
 - атом, нейтрон (маленькие размеры)
 - процессы в двигателе внутреннего сгорания (очень быстрые)
 - геологические явления (очень медленные)
- **интересуют только некоторые свойства оригинала**
 - проверка краски для фюзеляжа самолета

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАТУРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ

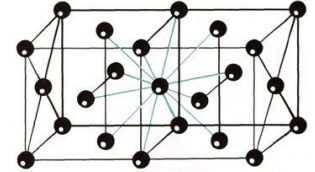
Моделирование — это деятельность человека по созданию модели (натурной или информационной).



Свойства модели зависят от цели моделирования. Модели одного и того же объекта будут разными, если они создаются для разных целей.

Природа моделей

материальные (физические, предметные) модели:



Материальные модели воспроизводят геометрические и физические свойства оригинала и всегда имеют реальное воплощение

- детские игрушки
- школьные пособия, физические и химические опыты
- карты при изучении истории или географии

Информационные модели

информационные модели представляют собой информацию о свойствах и состоянии объекта, процесса, явления, и его взаимосвязи с внешним миром:

Пример:

☐ Наше поведение при переходе улицы

Если ситуация смоделирована правильно, то переход будет безопасным

☐ Музыкальная тема

☐ рифма

ТИПЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

**Вербальные
модели**

**Математические
модели**

**Табличные
модели**

**Графические
модели**

ТИПЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Вербальные модели

Математические модели

Табличные модели

Графические модели

Вербальная модель – это письменное или устное представление информационной модели средствами естественного языка (*словесные или мысленные*).

Примеры вербальных моделей:

- информация в учебниках
- произведения художественной литературы
- тексты, описывающие алгоритмы
- текстовое описание объектов и процессов

ТИПЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Вербальные
модели

**Математические
модели**

Табличные
модели

Графические
модели

Математическая модель - описание математическими формулами соотношений между количественными характеристиками объекта моделирования.

Примеры математических моделей:

- модель прямолинейного перемещения тела

$$x = x_0 + v_x t + \frac{a_x t^2}{2}$$

- математическая модель периода колебаний пружинного маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

ТИПЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Вербальные
модели

Математические
модели

Табличные
модели

Графические
модели

Табличная информационная модель – это модель, в которой объекты или их свойства представлены в виде списка, а их значения размещаются в ячейках прямоугольной таблицы.

Типы табличных моделей:

- таблицы типа «объект-свойство»
- таблицы типа «объект-объект»
- двоичные матрицы

Пример таблицы «объект-свойство»

База данных «Домашняя библиотека»				
НОМЕР	АВТОР	НАЗВАНИЕ	ГОД	ПОЛКА
0001	Беляев А. Р.	Человек-амфибия	1987	5
0002	Кервуд Д.	Бродяги севера	1991	7
0003	Тургенев И. С.	Повести и рассказы	1982	1
0004	Олеша Ю. К.	Избранное	1987	5
0005	Беляев А. Р.	Звезда КЭЦ	1990	5
0006	Тынянов Ю. Н.	Кюхля	1979	1
0007	Толстой Л. Н.	Повести и рассказы	1986	1
0008	Беляев А. Р.	Избранное	1994	7

Пример таблицы «объект-объект»

База данных «Успеваемость»						
УЧЕНИК	РУССКИЙ	АЛГЕБРА	ХИМИЯ	ФИЗИКА	ИСТОРИЯ	МУЗЫКА
Аликин Петр	4	5	5	4	4	5
Ботов Иван	3	3	3	3	3	4
Волков Илья	5	5	5	5	5	5
Галкина Нина	4	4	5	2	4	4

Пример таблицы «двоичная матрица»

База данных «Факультативы»			
ФАМИЛИЯ	ГЕОЛОГИЯ	ЦВЕТОВОДСТВО	ТАНЦЫ
Русанов	1	0	1
Семенов	1	1	0
Зотова	0	1	1
Шляпина	0	0	1

ТИПЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Вербальные
модели

Математические
модели

Табличные
модели

Графические
модели

Графическая информационная модель – это наглядный способ представления объектов и процессов в виде графических изображений.

Примеры графических информационных моделей:

карта

чертеж

схема

граф

диаграмма

график

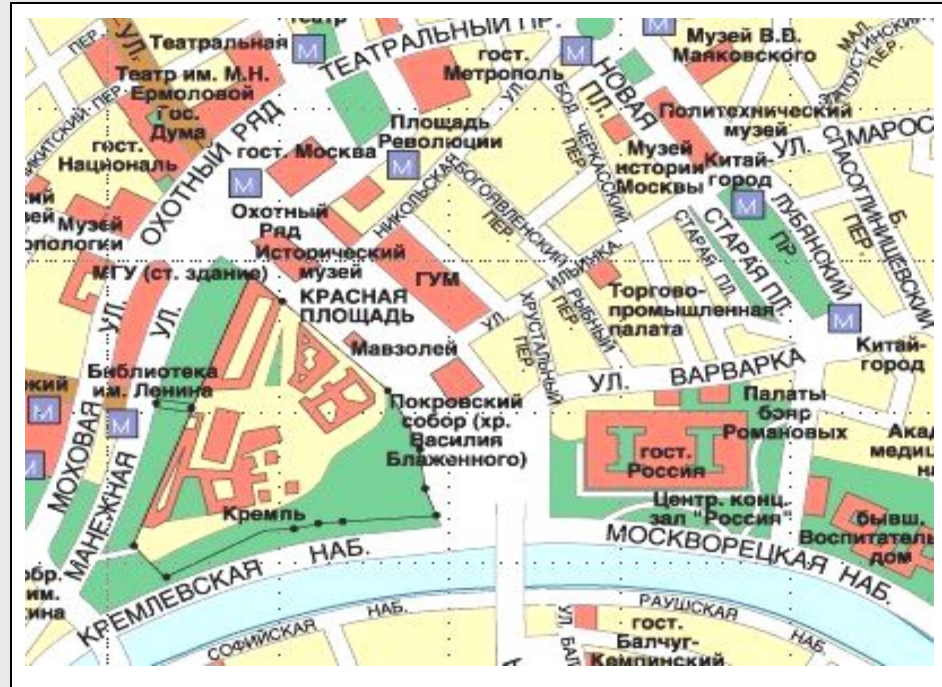
ТИПЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Вербальные
модели

Математические
модели

Табличные
модели

Графические
модели



карта

чертеж

схема

граф

диаграмма

график

Карта как информационная модель



- "Где расположено?"
- Что находится поблизости?
- Куда поехать? Как добраться? " - вот только часть тех "географических" вопросов.

Карта является информационной моделью

Объект моделирования – конкретная местность.

Цель моделирования – добраться до нужного населённого пункта, определение расстояния между различными пунктами и т.д.

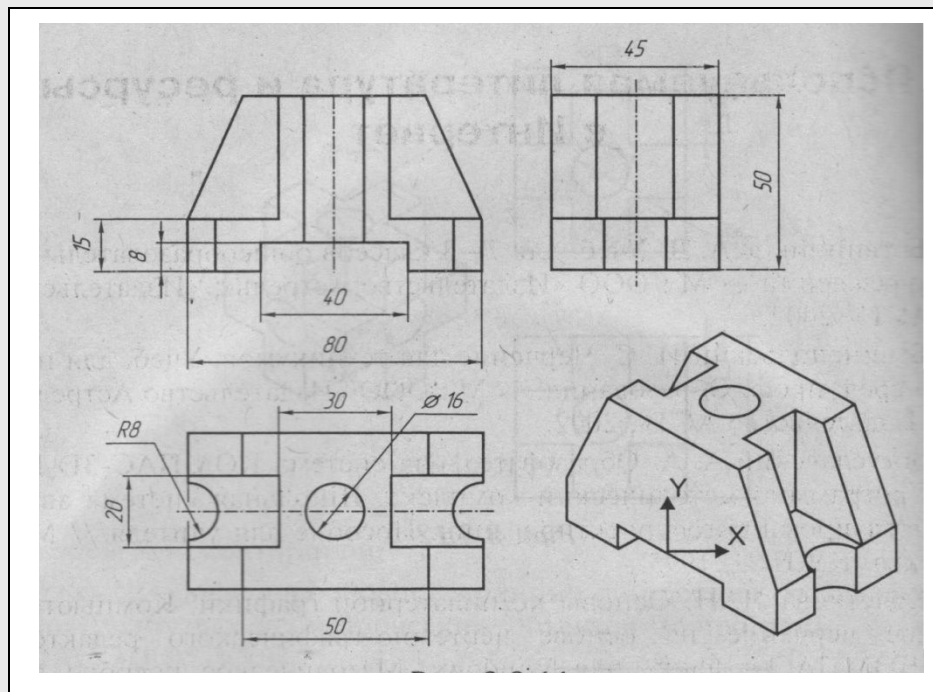
ТИПЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Вербальные
модели

Математические
модели

Табличные
модели

Графические
модели



карта

чертеж

схема

граф

диаграмма

график

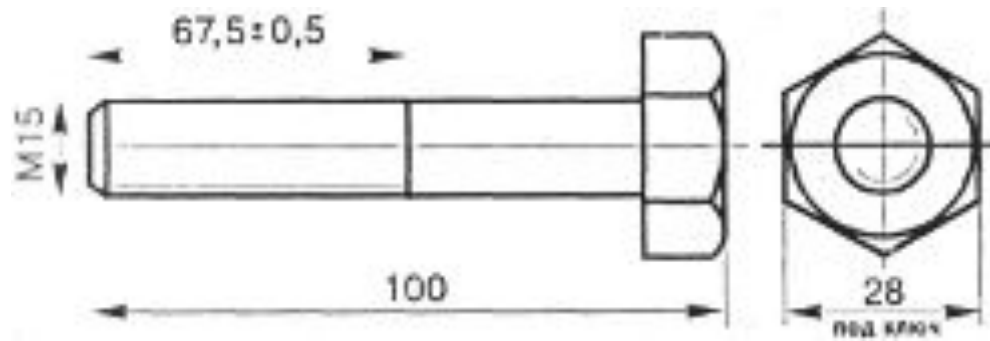


Чертёж болта

Объект моделирования – болт.

Цель моделирования – выточить болт.

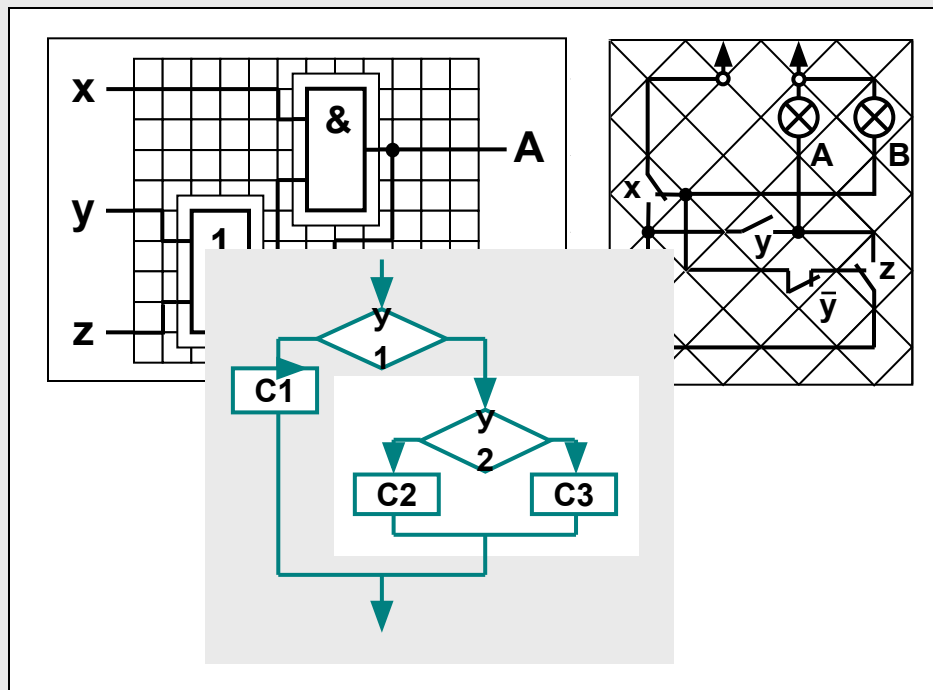
ТИПЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Вербальные
модели

Математические
модели

Табличные
модели

Графические
модели



карта

чертеж

схема

граф

диаграмма

график

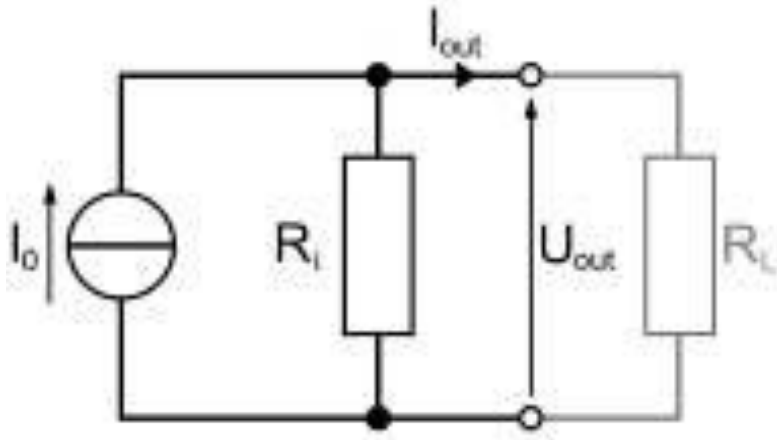


Схема электрической цепи

Объект моделирования – реальная электрическая цепь.

Цель моделирования – сборка цепи, вычисление значений силы тока и напряжения.



Схема – Московского метрополитена.

Объект моделирования – метро.

Цель моделирования – поездка...

ТИПЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Вербальные
модели

Математические
модели

Табличные
модели

Графические
модели



карта

чертеж

схема

граф

диаграмма

график

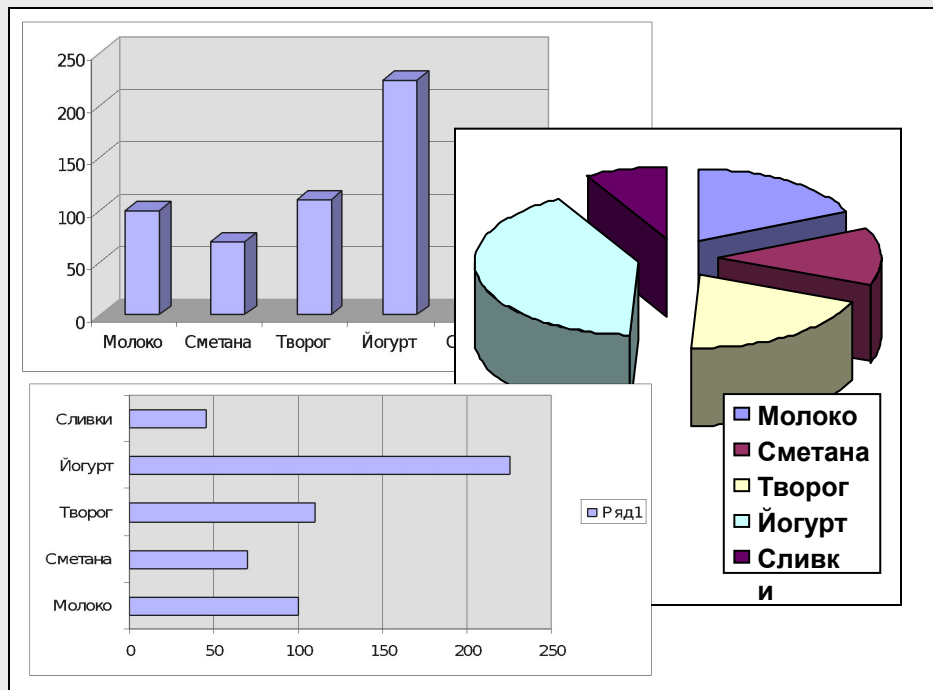
ТИПЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Вербальные
модели

Математические
модели

Табличные
модели

Графические
модели



карта

чертеж

схема

граф

диаграмма

график

ТИПЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Вербальные
модели

Математические
модели

Табличные
модели

Графические
модели

$T^{\circ}\text{C}$

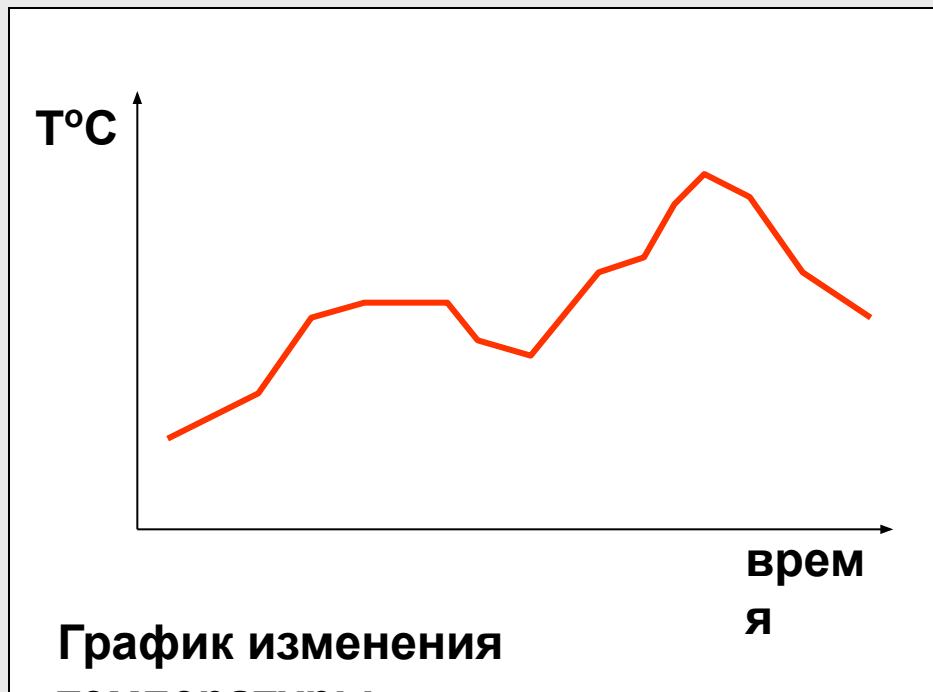


График изменения
температуры

карта

чертеж

схема

граф

диаграмма

график

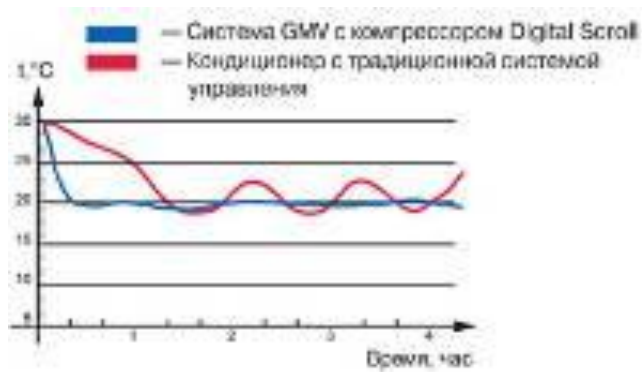


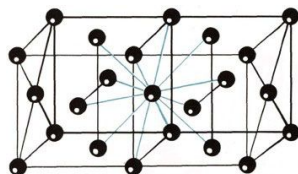
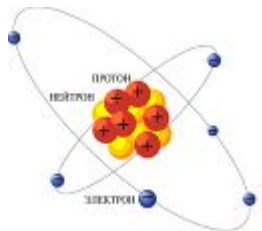
График изменения температуры воздуха.

Объект моделирования — комната.

Цель моделирования — выяснить изменения температуры воздуха в комнате в определённый период времени.

Модели по области применения

- **учебные** (в т.ч. тренажеры)



- **опытные** – при создании новых технических средств



- **научно-технические**

аэродинамическая труба

испытания в опытном бассейне



имитатор солнечного излучения



вакуумная камера в Институте космических исследований



вибростенд
НПО «Энергия»

Специальные виды моделей

- **игровые** – учитывающие действия противника
 - ❑ модели экономических ситуаций
 - ❑ модели военных действий
 - ❑ спортивные игры
 - ❑ тренировки персонала
- **имитационные**
 - нельзя заранее вычислить или предсказать поведение системы;
 - можно имитировать её реакцию на внешние воздействия;
 - максимальный учет всех факторов;
 - только численные результаты;
 - выбор наилучшего решения **методом проб и ошибок** в ходе многократных экспериментов

Примеры:

- ❑ испытания лекарств на мышах, обезьянах, ...
- ❑ математическое моделирование биологических систем
- ❑ модели бизнеса и управления
- ❑ модели процесса обучения

Модели по характеру связей

- **детерминированные**

- связи между входными и выходными величинами жестко заданы
- при одинаковых входных данных каждый раз получаются одинаковые результаты

Примеры

- движение тела, брошенного под углом к горизонту
- расчеты по известным формулам
- модель штатной работы механизма

- **вероятностные (стохастические)**

- учитывают случайность событий в реальном мире
- при одинаковых входных данных каждый раз получаются немного разные результаты

Примеры

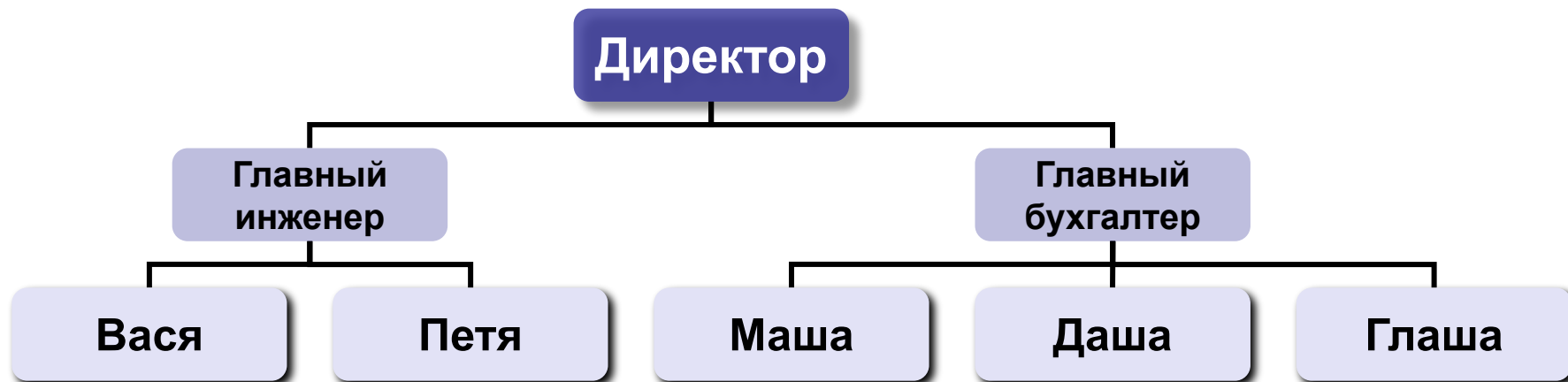
- движение тела с учетом ветра
- броуновское движение частиц
- влияние волн на судно
- моделирование действий человека

Модели по фактору времени

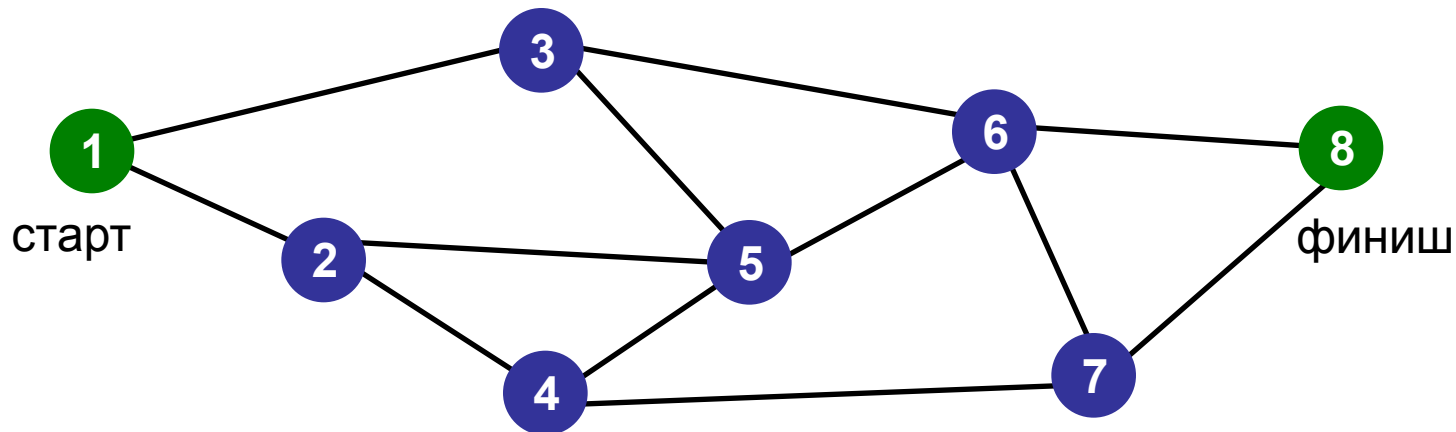
- **статические** – описывают оригинал в заданный момент времени
 - ❑ силы, действующие на тело в состоянии покоя
 - ❑ результаты осмотра врача
 - ❑ фотография
- **динамические**
 - ❑ модель движения тела
 - ❑ явления природы (молния, землетрясение, цунами)
 - ❑ история болезни
 - ❑ видеозапись события

Модели по структуре

- табличные модели (пары соответствия)
- иерархические (многоуровневые) модели



- сетевые модели (графы)



Модели и моделирование

Тема 2. Этапы моделирования

I. Постановка задачи

- **исследование оригинала**

изучение сущности объекта или явления

- **анализ («что будет, если ...»)**

научиться прогнозировать последствий при различных воздействиях на оригинал

- **синтез («как сделать, чтобы ...»)**

научиться управлять оригиналом, оказывая на него воздействия

- **оптимизация («как сделать лучше»)**

выбор наилучшего решения в заданных условиях



Ошибки при постановке задачи приводят к наиболее тяжелым последствиям!

I. Постановка задачи

Хорошо поставленная задача:

- описаны все связи между исходными данными и результатом
- известны все исходные данные
- решение существует
- задача имеет единственное решение

Примеры плохо поставленных задач:

- Винни Пух и Пятачок построили ловушку для слонопотама. Удастся ли его поймать?
- Малыш и Карлсон решили по-братски разделить два орешка – большой и маленький. Как это сделать?
- Найти максимальное значение функции $y = x^2$ (нет решений).
- Найти функцию, которая проходит через точки (0,1) и (1,0) (неединственное решение).

II. Разработка модели

- **выбрать тип модели**
- **определить *существенные* свойства оригинала**,
которые нужно включить в модель, отбросить
несущественные (для данной задачи)
- **построить формальную модель**
это модель, записанная на *формальном языке*
(математика, логика, ...) и отражающая только
существенные свойства оригинала
- **разработать алгоритм работы модели**
алгоритм – это четко определенный порядок
действий, которые нужно выполнить для решения
задачи

III. Тестирование модели

Тестирование - это проверка модели на простых исходных данных с известным результатом.

Примеры:

- устройство для сложения многозначных чисел – проверка на однозначных числах
- модель движения корабля – если руль стоит ровно, курс не должен меняться; если руль повернуть влево, корабль должен идти вправо
- модель накопления денег в банке – при ставке 0% сумма не должна изменяться



Модель прошла тестирование. Гарантирует ли это ее правильность?

IV. Эксперимент

Эксперимент – это исследование модели в интересующих нас условиях.

Примеры:

- устройство для сложения чисел – работа с многозначными числами
- модель движения корабля – исследование в условиях морского волнения
- модель накопления денег в банке – расчеты при ненулевой ставке

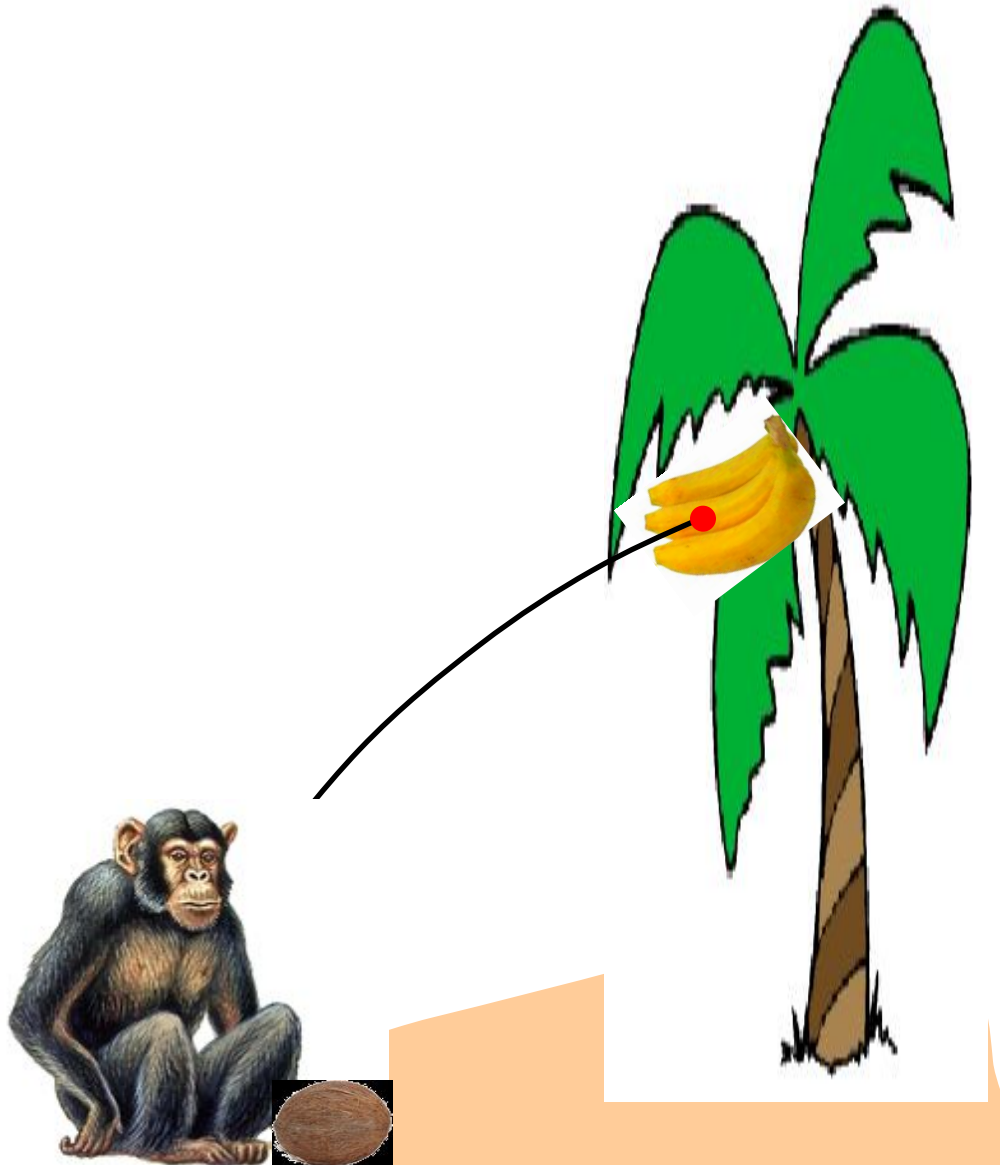


Можно ли 100%-но верить результатам?

V. Анализ результатов

Возможные выводы:

- задача решена
- необходимо изменить алгоритм или условия моделирования
- необходимо изменить модель (например, учесть дополнительные свойства)
- необходимо изменить постановку задачи



Задача. Обезьяна хочет сбить бананы на пальме. Как ей надо кинуть кокос, чтобы попасть им в бананы.

Анализ задачи:

- все ли исходные данные известны?
- есть ли решение?
- единственно ли решение?

I. Постановка задачи

Допущения:

- кокос и банан считаем материальными точками
- расстояние до пальмы известно
- рост обезьяны известен
- высота, на которой висит банан, известна
- обезьяна бросает банан с известной начальной скоростью
- сопротивление воздуха не учитываем

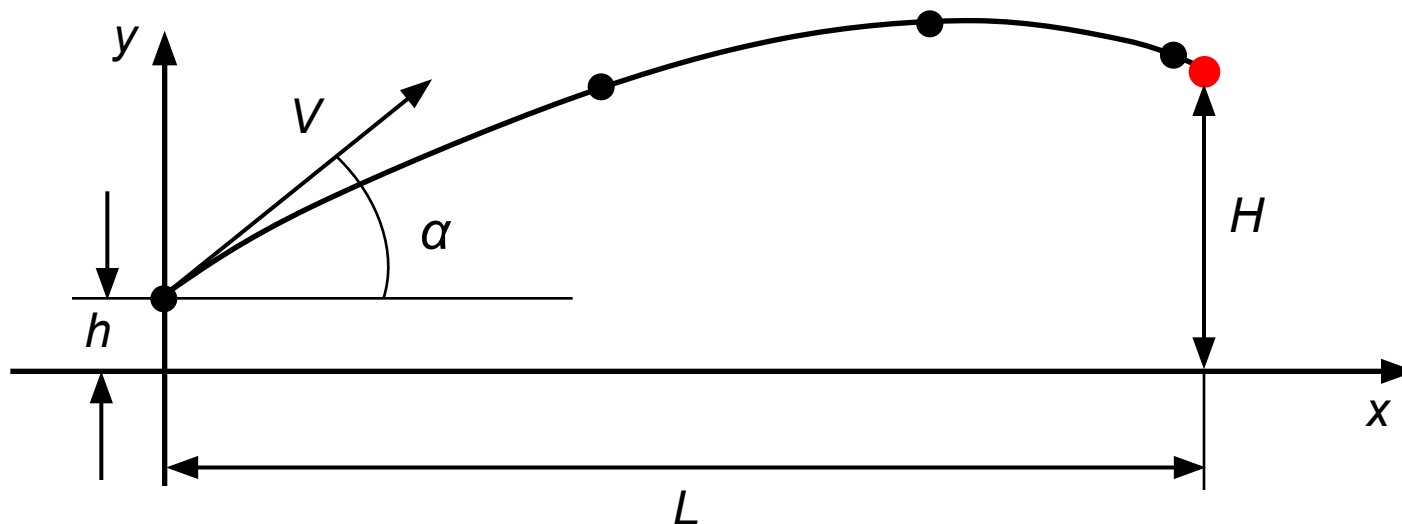
При этих условиях требуется найти начальный угол, под которым надо бросить орех.



Всегда ли есть решение?

II. Разработка модели

Графическая модель



Формальная (математическая) модель

$$x = V \cos \alpha \cdot t, \quad y = h + V \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

Задача: найти t , α , при которых

$$V \cos \alpha \cdot t = L, \quad h + V \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = H$$

III. Тестирование модели

Математическая модель

$$x = V \cos \alpha \cdot t$$

$$y = h + V \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

- при нулевой скорости кокос падает вертикально вниз
- при $t=0$ координаты равны $(0, h)$
- при броске вертикально вверх ($\alpha=90^\circ$) координата x не меняется
- при некотором t координата y начинает уменьшаться (ветви параболы вниз)



Противоречий не обнаружено!

IV. Эксперимент

Метод I.

Меняем угол α . Для выбранного угла α строим траекторию полета ореха. Если она проходит выше банана, уменьшаем угол, если ниже – увеличиваем.

Метод II.

Из первого равенства выражаем время полета:

$$V \cos \alpha \cdot t = L \quad \Rightarrow \quad t = \frac{L}{V \cos \alpha}$$

Меняем угол α . Для выбранного угла α считаем t , а затем – значение y при этом t . Если оно больше H , уменьшаем угол, если меньше – увеличиваем.



не надо строить всю траекторию для каждого α

V. Анализ результатов

1. Всегда ли обезьяна может сбить банан?
2. Что изменится, если обезьяна может бросать кокос с разной силой (с разной начальной скоростью)?
3. Что изменится, если кокос и бананы не считать материальными точками?
4. Что изменится, если требуется учесть сопротивление воздуха?
5. Что изменится, если дерево качается?