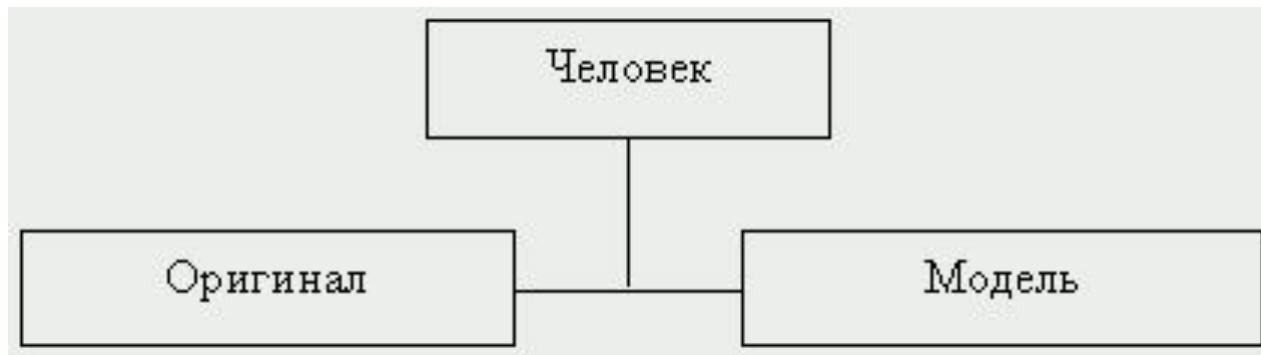


# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

- Моделирование как метод познания, основные понятия, связанные с компьютерным моделированием.
- вычислительный эксперимент имеет ряд преимуществ перед так называемым натурным экспериментом:
- для ВЭ не требуется сложного лабораторного оборудования;
- существенное сокращение временных затрат на эксперимент;
- возможность свободного управления параметрами, произвольного их изменения, вплоть до придания им нереальных, неправдоподобных значений;
- возможность проведения вычислительного эксперимента там, где натурный эксперимент невозможен из-за удаленности исследуемого явления в пространстве (астрономия) либо из-за его значительной растянутости во времени (биология), либо из-за возможности внесения необратимых изменений в изучаемый процесс.

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

- При замене реального объекта математическими формулами, говорят о математическом моделировании. Если реальный объект заменяется компьютерной программой - то говорим о компьютерном моделировании.
- Что бы ни выступало в роли модели, постоянно прослеживается процесс замещения реального объекта с помощью объекта-модели с целью изучения реального объекта или передачи информации о свойствах реального объекта. Этот процесс и называется **моделированием**. Замещаемый объект называется **оригиналом**, замещающий - **моделью**.



# Классификация моделей

- классы моделей:
- словесные или описательные модели их также в некоторой литературе называют вербальными или текстовыми моделями (например, милицейский протокол с места происшествия, стихотворение Лермонтова "Тиха украинская ночь");
- натурные модели (макет Солнечной системы, игрушечный кораблик);
- абстрактные или знаковые модели. Интересующие нас математические модели явлений и компьютерные модели относятся как раз к этому классу.

# Классификация моделей

- Можно классифицировать модели по предметной области:
  - физические модели,
  - биологические,
  - социологические,
  - экономические и т.д.
- Классификация модели по применяемому математическому аппарату:
  - модели, основанные на применении обыкновенных дифференциальных уравнений;
  - модели, основанные на применении уравнений в частных производных;
  - вероятностные модели и т.д.

# Классификация моделей

- Также можно классифицировать модели по цели моделирования:
- **Дескриптивные модели (описательные)** описывают моделируемые объекты и явления и как бы фиксируют сведения человека о них. Примером может служить модель Солнечной системы, или модель движения кометы, в которой мы моделируем траекторию ее полета, расстояние, на котором она пройдет от Земли. У нас нет никаких возможностей повлиять на движение кометы или движение планет Солнечной системы;
- **Оптимизационные модели** служат для поиска наилучших решений при соблюдении определенных условий и ограничений. В этом случае в модель входит один или несколько параметров, доступных нашему влиянию, например, известная задача коммивояжера, оптимизируя его маршрут, мы снижаем стоимость перевозок. Часто приходится оптимизировать процесс по нескольким параметрам сразу, причем цели могут быть весьма противоречивы, например, головная боль любой хозяйки - как вкуснее, калорийнее и дешевле накормить семью;
- **Игровые модели** (компьютерные игры);
- **Обучающие модели** (всевозможные тренажеры);
- **Имитационные модели** (модели, в которых сделана попытка более или менее полного и достоверного воспроизведения некоторого реального процесса, например, моделирование движения молекул в газе, поведение колонии микробов и т.д.).

# Классификация моделей

## Этапы компьютерного моделирования

- Существует также классификация моделей в зависимости от их изменения во времени. Различают
- Статические модели - неизменные во времени;
- Динамические модели - состояние которых меняется со временем
- Этапы КМ:
  - 1) Объект изучения;
  - 2) Формальная модель;
  - 3) Программирование модели;
  - 4) Информационная модель;
  - 5) Компьютерный эксперимент;
  - 6) Отладка/тестирование

# Этапы компьютерного моделирования

- Строится так называемая **формальная модель** явления, которая содержит:
- Набор постоянных величин, констант, которые характеризуют моделируемый объект в целом и его составные части; называемых статистическим или постоянными параметрами модели;
- Набор переменных величин, меняя значение которых можно управлять поведением модели, называемых динамическим или управляющими параметрами;
- Формулы и алгоритмы, связывающие величины в каждом из состояний моделируемого объекта;
- Формулы и алгоритмы, описывающие процесс смены состояний моделируемого объекта.

# Компьютерное моделирование



**Компьютерная модель** - это модель реального процесса или явления, реализованная компьютерными средствами.

Компьютерные модели, как правило, являются знаковыми или информационными.

К знаковым моделям в первую очередь относятся математические модели, демонстрационные и имитационные программы.

Информационная модель - набор величин, содержащий необходимую информацию об объекте, процессе, явлении.



# Компьютерное моделирование

При построении моделей используют два принципа: дедуктивный (от общего к частному) и индуктивный (от частного к общему).

При первом подходе рассматривается частный случай общеизвестной фундаментальной модели. Здесь при заданных предположениях известная модель приспособляется к условиям моделируемого объекта.

Второй способ предполагает выдвижение гипотез, декомпозицию сложного объекта, анализ, затем синтез. Здесь широко используется подобие, аналогичное моделирование, умозаключение с целью формирования каких-либо закономерностей в виде предположений о поведении системы.

# Компьютерное моделирование

- **Технология построения модели при дедуктивном способе:**
- Теоретический этап:
  - а) оценки;
  - б) аналогии;
  - в) подобие.
- Знания, информация об объекте (исходные данные об объекте).
- Постановка задачи для целей моделирования.
- Выбор модели (математические формулировки, компьютерный дизайн).



# Компьютерное моделирование

- Технология построения модели при индуктивном способе:
- Эмпирический этап:
  - а) умозаключение;
  - б) интуиция;
  - в) предположения;
  - г) гипотеза.
- Постановка задачи для моделирования.
- Оценки. Количественное и качественное описание.
- Построение модели.



# Оценки. Аналогия. Подобие

1. Метод округления.

Имеем  $x^2+10.9x-8.9=0$ , но заменим на  $x^2+10x-10=0$ .

2. Графический метод.

Представим уравнение в виде  $y_1(x)=y_2(x)$ , где  $f(x)=y_1-y_2=0$ .

Теперь построим два графика  $y=y_1(x)$  и  $y=y_2(x)$  и найдем точки их пересечения.

3. Метод табуляции функции.

Строим таблицу:

$x_i$	$x_0$	$x_1$	...	$x_n$
$y_i$	$y_0$	$y_1$	...	$y_n$

- Аналогия - это следствие различия объектов по некоторым признакам. Основное значение аналогии состоит в возможности переноса сведений с одного объекта на другой (аналог) на основании умозаключения по аналогии.
- Умозаключение по аналогии основано на предположении существования тождественности в различном

# Оценки. Аналогия. Подобие

- Аналогичное моделирование - замещение оригинала аналогичной моделью, обладающей сходством с оригиналом.
- Примеры использования аналогий в математике, физике, медицине и других науках:
  1. переход от функции одной переменной к функциям двух, трех и более переменных;
  2. от одномерных задач к двумерным, от двумерных к трехмерным;
  3. от планиметрии к стереометрии;
  4. от моделей микромира к моделям макромира и наоборот;
  5. аналогия распространения тепла, жидкости и электрического тока;
  6. от звука к волнам на воде;
  7. от симптомов болезни к диагнозу;
  8. от опытов над животными к человеку.

# Оценки. Аналогия. Подобие

Подобие - это полная математическая аналогия при наличии пропорциональности между сходственными переменными.

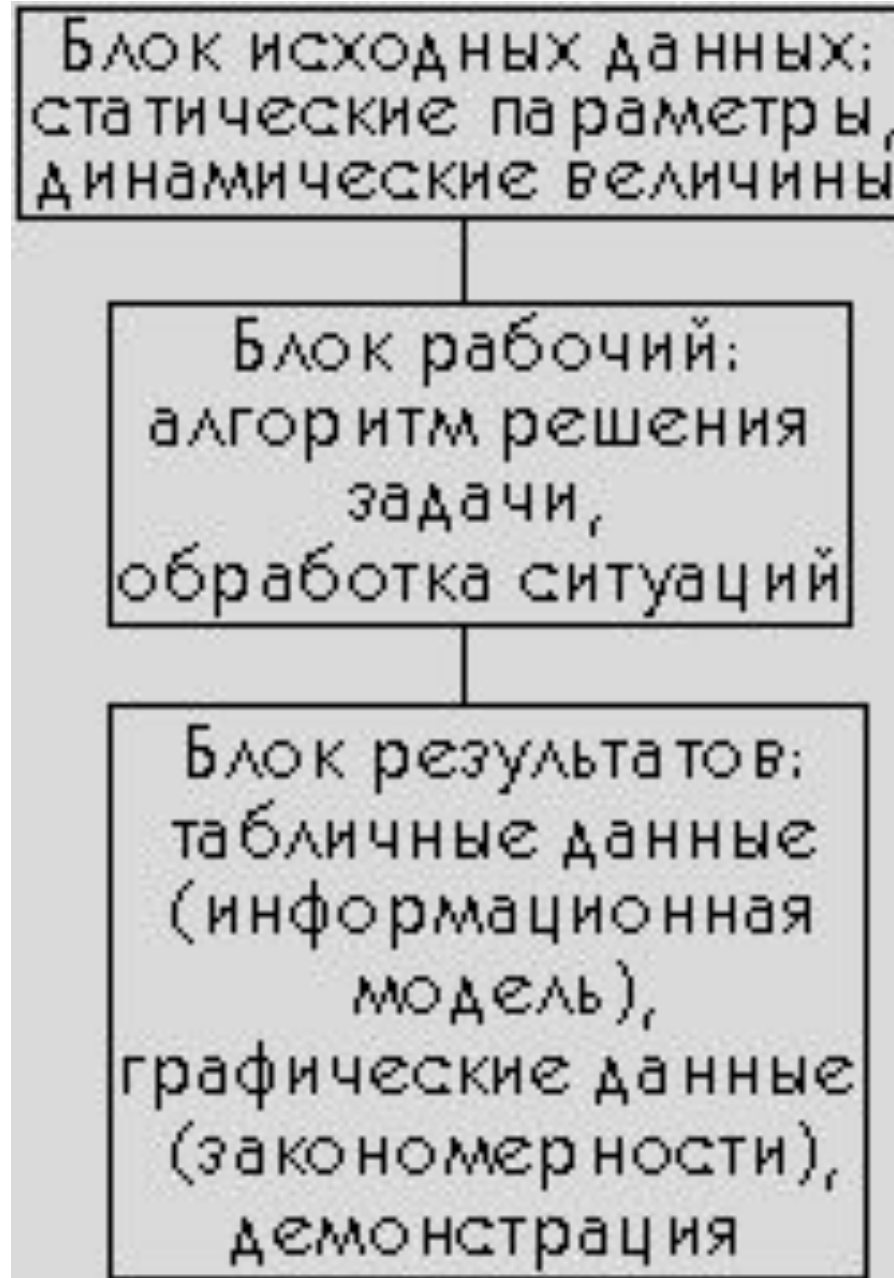
- Два объекта подобны, если
  1. Они имеют сходственные математические описания:  
 $F_1(y_1, x_1, t_1)=0$ ;  
 $F_2(y_2, x_2, t_2)=0$ .
  2. Сходственные переменные, содержащиеся в математических описаниях, связаны постоянными коэффициентами пропорциональности, которые называются масштабом или константами подобия.

Частным случаем подобия является геометрическое - подобие геометрических образов точек, линий, поверхности, фигур, тел. Физическое подобие означает подобие физически однородных объектов, временное подобие - подобие функции времени.

# Разработка компьютерной моделирующей программы

- Основные понятия и принципы программирования:  
**Алгоритм** - это правило, предписывающее последовательность действий над входной информацией и приводящее к результату. Правило должно обладать массовостью, определенностью и понятностью.
- **Массовость** - справедливость алгоритма для большого множества исходных данных (самое важное свойство для моделирования).
- **Определенность** - это возможность чисто механического исполнения алгоритма, например, роботом или компьютером.
- **Понятность** - представление алгоритма в виде текста, понятного для исполнения.

## Разработка компьютерной моделирующей программы





# Разработка компьютерной моделирующей программы

- Блок исходных данных задает параметры модели:
  - а) константы модели, такие, как гравитационная постоянная, постоянная Стефана-Больцмана и др. (статические параметры);
  - б) геометрические размеры, время;
  - в) физические характеристики (динамические параметры).

По сути этот блок определяет стратегию моделирования.

- Рабочий блок задает алгоритм реализации задачи на основе выбранного метода решения и содержит процедуры обработки различных ситуаций в режиме ожидания, прерывания или реального времени.
- Результаты работы программы могут быть представлены в табличном и графическом видах, при необходимости в демонстрационном режиме.

# Элементы теории тестирования

**Тестирование** - это процесс исполнения программ с целью выявления (обнаружения) ошибок.

Принципы тестирования:

- описание предполагаемых значений выходных данных или результатов должно быть необходимой частью теста;
- тесты для неправильных и непредусмотренных входных данных следует разрабатывать так же тщательно, как для правильных и предусмотренных;
- необходимо проверять не только, делает ли программа то, для чего она предназначена, но и не делает ли она то, что не должна делать;
- нельзя планировать тестирование в предположении, что ошибки не будут обнаружены;
- вероятность наличия необнаруженных ошибок в части программы пропорциональна числу ошибок, уже обнаруженных в этой части;
- тестирование - процесс творческий.

# Элементы теории тестирования

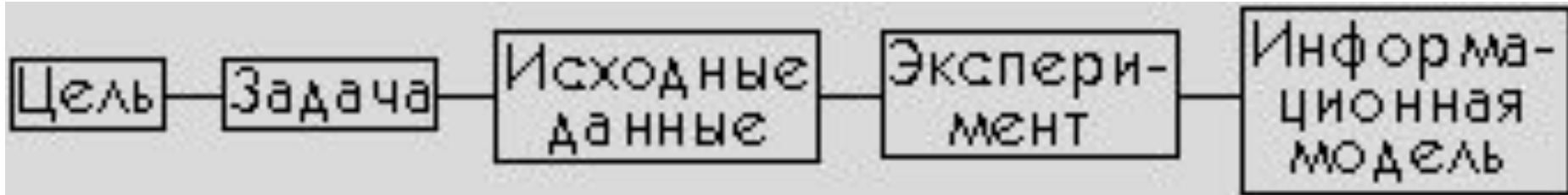
Основные типы ошибок при программировании:

- обращения к переменным, значения которым не присвоены или не инициализированы;
- выход индексов за границы массивов;
- несоответствие типов или атрибутов переменных величин;
- явные или неявные проблемы адресации памяти;
- ошибочные передачи управления;
- логические ошибки.

Проверить компьютерную модель (оттестировать) часто удается на простых модельных примерах, являющихся либо частным случаем исследуемой модели, либо в случае, когда результаты моделирования можно предсказать априори, на так называемых **тестовых моделях**

# Компьютерный эксперимент

- Задачи компьютерных экспериментов можно разделить на следующие направления:
  1. Проведение расчетов при различных исходных данных;
  2. Оптимизация параметров при подходящем подборе совокупности данных;
  3. Изучение закономерностей тех или иных процессов на основе имитационного моделирования;
  4. Наблюдение за демонстрацией процесса (в физических моделях).



# Информационная модель

**информационная модель** - набор величин, характеристик, закономерностей, содержащих необходимую информацию об объекте, процессах, явлении, ситуациях и т.п.

информационная модель представляется в виде таблицы (базы данных, базы знаний), графиков (диаграмм) и/или модельной схемы.