Структурное программирование на языке Си

1. Теория
2. Проект
3. Графики функций
4. Точки пересечения
5. Штриховка
6. Вычисление площади
7. Оформление отчета

© К.Ю. Поляков, 2007-2009

Структурное программирование на языке Си

Тема 1. Теория

© К.Ю. Поляков, 2007-2009

Этапы разработки программ

1. Постановка задачи

- определить **цель** и **категорию** программы (системная, прикладная)
- определить **исходные данные** и требуемый **результат**
- проверить, является ли задача **хорошо поставленной** (должны быть определены все связи между исходными данными и результатом)

Плохо поставленные задачи:

- не хватает исходных данных
- заданы не все связи между исходными данными и результатом
- задача не имеет решения
- задача имеет множество решений

- зафиксировать требования к программе **в письменной форме**

Этапы разработки программ

2. **Разработка модели данных**
   - формальная модель
   - типы данных (массивы, структуры, …)
   - взаимосвязь между данными
3. **Разработка алгоритма**
   - выбор существующего или разработка нового
   - возможен возврат к шагу 2
4. **Разработка программы**

   Языки: C, C++, Visual Basic, Delphi (Паскаль), `…
5. **Отладка программы** (поиск и исправление ошибок)

   debug – извлечение жучков (*bug*), 1945, МАРК-I
   - **отладчик** (точки останова, пошаговый режим, просмотр переменных)
   - **профайлер** (сколько выполняется каждая из процедур)

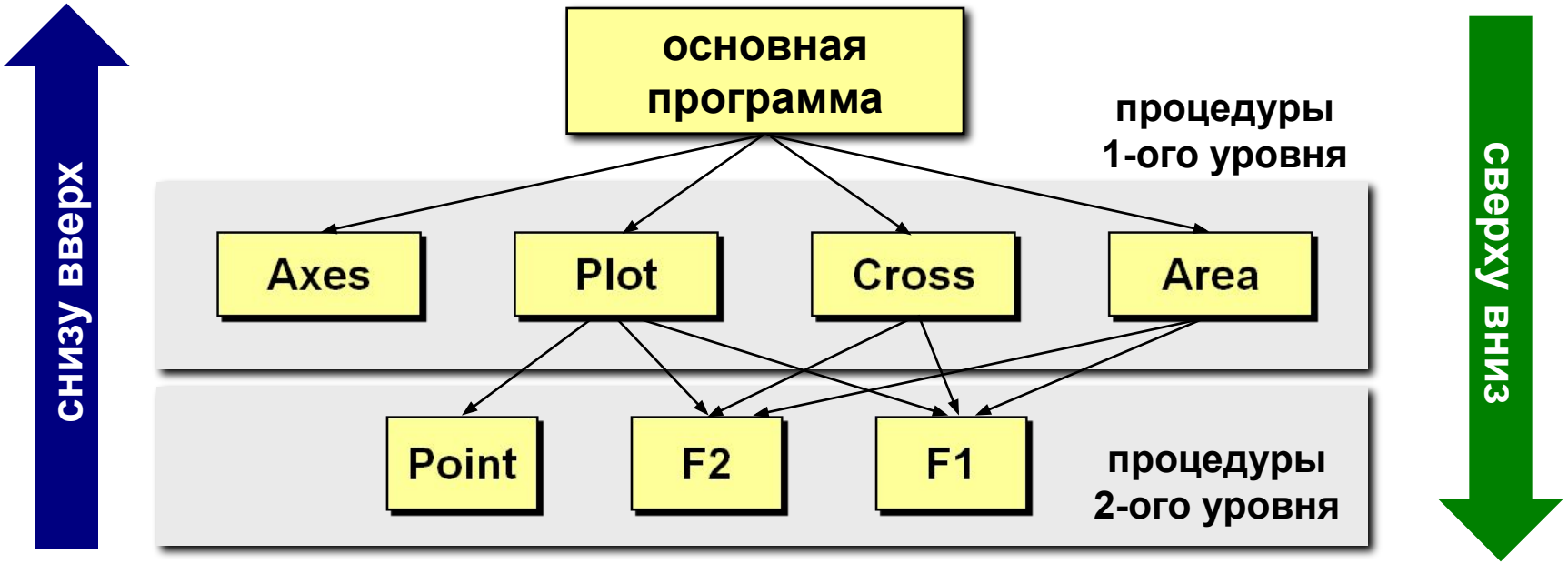
Этапы разработки программ

6. **Тестирование программы** (проверка на исходных данных, для которых известен результат)
   - **альфа**-тестирование: внутри фирмы (тестеры)
   - **бета**-тестирование: в других организациях, распространение через Интернет

! **Тестирование может показать наличие ошибок, но не их отсутствие.**

7. **Разработка документации**
   - справочная система
   - руководство пользователя (*User Manual*)
   - руководство разработчика
8. **Сопровождение (техническая поддержка)**
   - исправление ошибок, найденных заказчиком
   - обучение и консультирование заказчика
   - новые версии по льготной цене

Методы проектирования программ



Проектирование «снизу вверх»

сначала составляются процедуры нижнего уровня, из которых затем «собираются» процедуры более высокого уровня.

- **легче начать** программировать
- более **эффективные** процедуры

- процедуры необходимо связывать с основной задачей («**держать в голове**»)
- при окончательной сборке может **не хватить** «кубиков»
- часто программа получается **запутанной**
- сложно распределить работу **в команде**

Проектирование «сверху вниз»

метод последовательного уточнения:

1) начинаем **с основной программы**;
2) она разбивается на подзадачи, для каждой из которых пишется процедура-«**заглушка**»;
3) реализуем каждую из процедур тем же способом.

- меньше вероятность **принципиальной ошибки** (начали с главного)
- проще **структура** программы
- удобно **распределять** работу в команде

- в разных блоках могут быть реализованы похожие операции (можно было решить одной **общей процедурой**), особенно в команде

Структурное программирование

Существовавшие проблемы:

- увеличилась **сложность** программ
- сократилось **время** на разработку

Цели:

- повысить **надежность**
- уменьшить **время** и **стоимость** разработки
- облегчить тестирование и **отладку**
- возможность **переделки** одного модуля
- улучшить **читабельность**
  - без переходов на другую страницу
  - избегать трюков и запутанных приемов

Структурное программирование

Принципы:

- **абстракции**: программу можно рассматривать на любом уровне без лишних подробностей
- **модульности**: программа разбивается на отдельные модули, которые могут отлаживаться независимо друг от друга
- **подчиненности**: связь между модулями «сверху вниз»
- **локальности**: каждый модуль использует только свои локальные переменные, глобальные переменные только в крайних случаях

Модуль

Модуль – это программный блок (процедура или функция), отделенный от кода других модулей, который полностью решает самостоятельную задачу своего уровня.

- работа модуля не зависит от того, **откуда** он вызывается, и от того, сколько раз он вызывался **до этого**
- размер модуля не более **50-60 строк** (1 страница)
- модуль имеет **один вход** и один **выход**
- модуль начинается с «шапки»-**комментария** (входные данные, результаты, какие модули использует)
- имена переменных – **смысловые**
- в одной строке – один оператор
- «трюки» – долой

Оформление текста программы

Шапка – комментарий в начале процедур и функций.

```
//-----------------------------------------
// Sum сумма элементов массива
// Вход: A[] – массив целых чисел
//        n  – размер массива
// Выход: S = A[0]+A[1]+...+A[n-1]
// Вызывает: -
//-----------------------------------------
int Sum ( int A[], float n )
{
...
}
```

Оформление текста программы

Отступы – тело цикла, условного оператора, оператора выбора и т.п. сдвигается вправо на 2-3 символа.

```
for(i=0;i<n;i++){j=0;while(j<i){j++;k=k%N;}
k++;}
```

лесенка

```
for ( i=0; i<n; i++)
 {
 j=0;
 while ( j < i )
  {
  j++;
  k = k % N;
  }
 k++;
 }
```

- легче читать текст программы
- видны блоки
- просто найти ошибки со скобками (лишняя, не хватает)

Скорость работы программы не меняется!

Оформление текста программы

- «говорящие» имена функций, процедур, переменных: `Sum`, `ShowMenu`, `count`, `speed`.
- пробелы в операторах

```
for(i=0;i<n;i++)a+=10;
```

```
for ( i=0; i<n; i++ )
  a += 10;
```

- выделение пустыми строками и комментариями важных блоков

```
  // ввод данных
printf( "Введите число\n" );
scanf ( "%d", &n );
  //вычисления
n2 = n*n;
  // вывод результата
printf ( "Его квадрат %d", n2 );
```

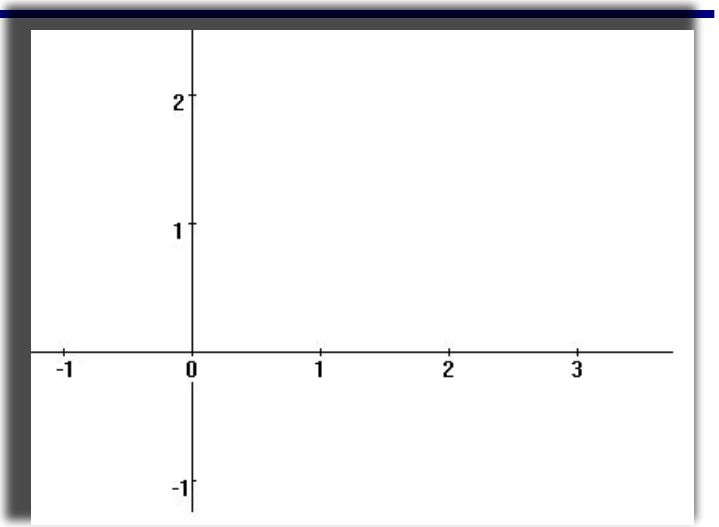
Структурное программирование на языке Си

Тема 2. Проект

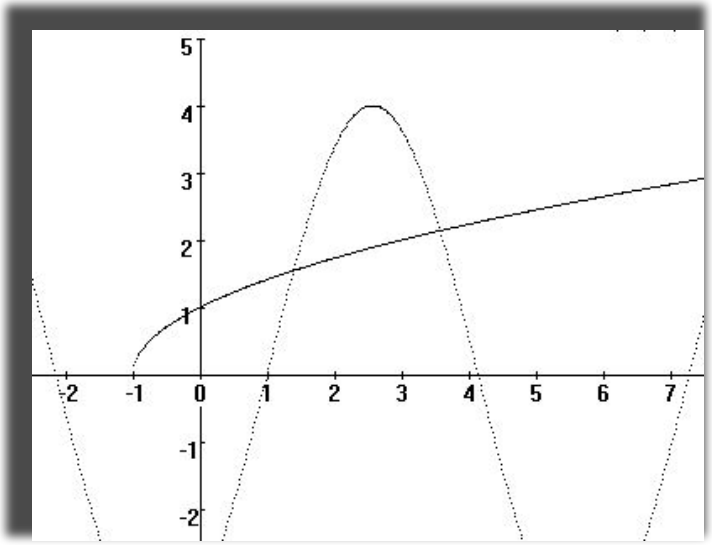
© К.Ю. Поляков, 2007-2009

Проект «Графики функций»

- построить координатные **оси** и сделать их разметку

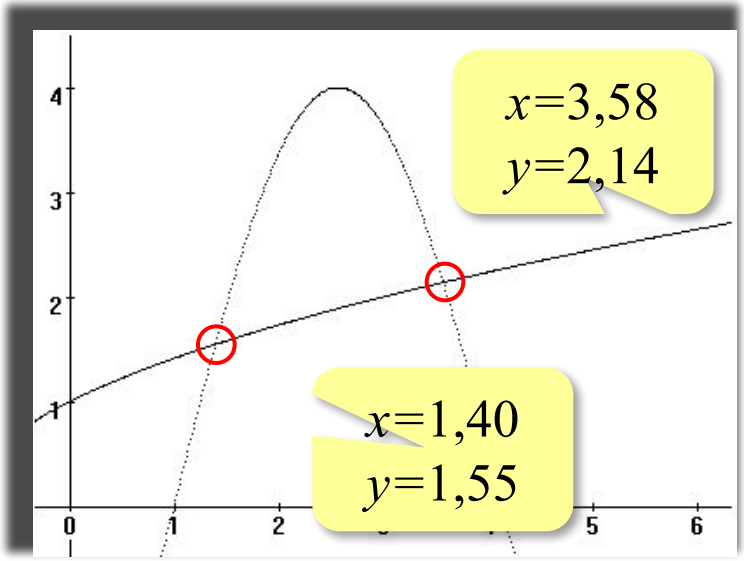


- построить **графики** заданных функций (по вариантам)

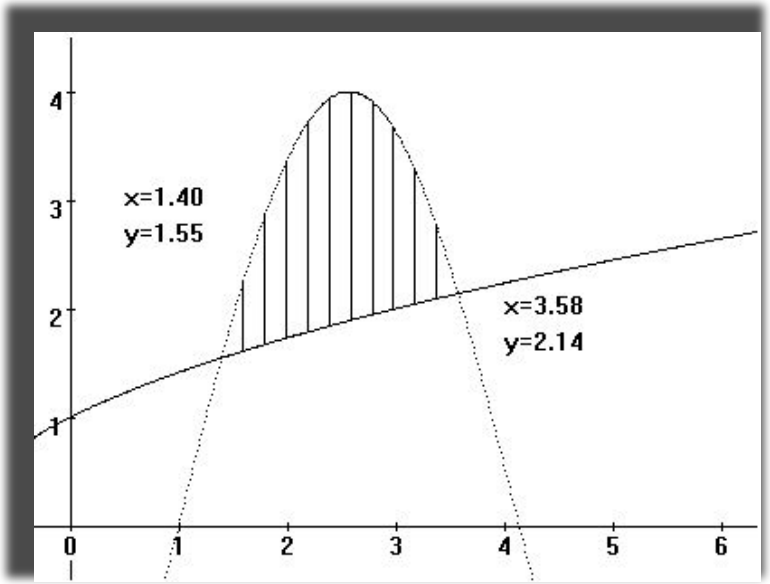


Проект «Графики функций»

- найти **точки пересечения** графиков, используя численные методы

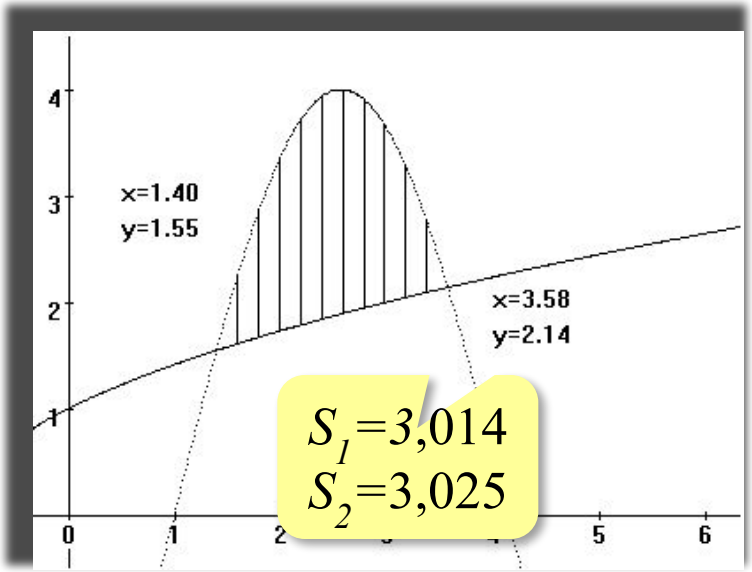


- **заштриховать** образованную замкнутую область

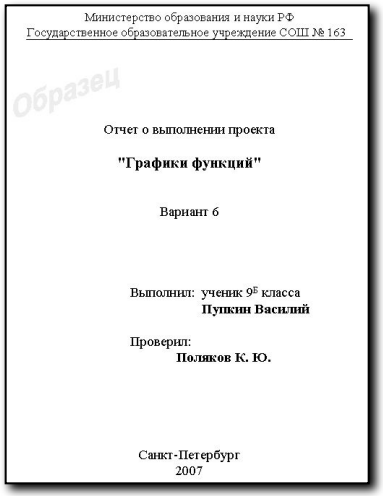


Проект «Графики функций»

- вычислить **площадь** этой области двумя способами



- оформить **отчет** по работе



Министерство образования и науки РФ
Государственное образовательное учреждение СОШ № 163

Образец

Отчет о выполнении проекта

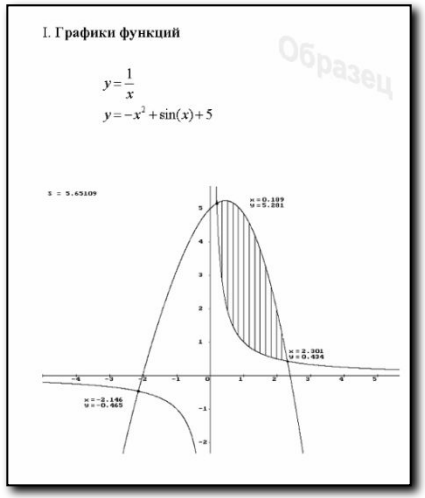
"Графики функций"

Вариант 6

Выполнил: ученик 9Е класса
Пупкин Василий

Проверил:
Поляков К. Ю.

Санкт-Петербург
2007

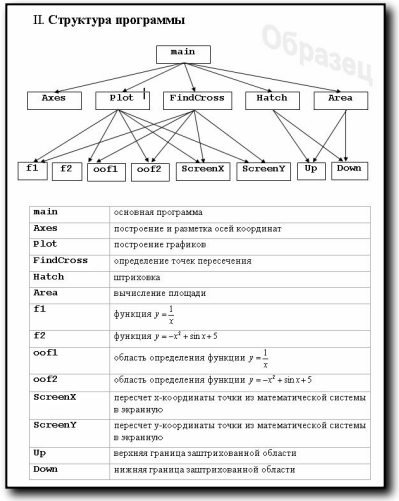


I. **Графики функций**

Образец

$$y=\frac{1}{x}$$

$$y=-x^2+\sin(x)+5$$



II. **Структура программы**

Образец

main	основная программа
Axes	построение и разметка осей координат
Plot	построение графиков
FindCross	определение точек пересечения
Hatch	штриховка
Area	вычисление площади
f1	функция $y=\frac{1}{x}$
f2	функция $y=-x^2+\sin x+5$
oof1	область определения функции $y=\frac{1}{x}$
oof2	область определения функции $y=-x^2+\sin x+5$
ScreenX	пересчет x-координаты точки из математической системы в экранную
ScreenY	пересчет y-координаты точки из математической системы в экранную
Up	верхняя граница заштрихованной области
Down	нижняя граница заштрихованной области

III. **Текст программы**

Образец

```
#include <graphics.h>
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <math.h>

const a = 200, b = 240, h = 60;
float xmin, xmax, ymin, ymax;
float x[20];
int  n=0 = 0;

typedef float fFunc? ( float );
typedef int  iFunc? ( float );
fFunc? func[2];
iFunc? * oFunc[2];

//-----------------------------------------------------
// F1, F2 - исходные функции
// Вход:  x в математических координатах
// Выход: y в математических координатах
//-----------------------------------------------------
float f1(float x) {  return 1. / x; }
float f2(float x) {  return - x*x + sin(x) + 5; }

//-----------------------------------------------------
// OOF1, OOF2 - область допустимых значений аргумента
// Вход:  x в математических координатах
// Выход: 1. если x допустим
//        0. если недопустим
//-----------------------------------------------------
int   oof1(float x) {  return fabs(x) > 0.0001; }
int   oof2(float x) {  return 1. }

//-----------------------------------------------------
// UP - верхняя граница области
// Вход:  x в математических координатах
// Выход: y в математических координатах
//-----------------------------------------------------
float Up(float x)
{
    return f2(x);
}

//-----------------------------------------------------
// DOWN - нижняя граница области
// Вход:  x в математических координатах
// Выход: y в математических координатах
//-----------------------------------------------------
float Down(float x)
{
    return f1(x);
}

//-----------------------------------------------------
// SCREENX, SCREENY - ПЕРЕСЧЕТ из математических
// координат в экранные
// Вход:  x или y в математических координатах
// Выход: x или y в экранных координатах
//-----------------------------------------------------
int ScreenX (float x) { return  round(a*x%); }
int ScreenY (float y) { return  round(b-h*y); }

//-----------------------------------------------------
// AXES - ПОСТРОЕНИЕ ОСЕЙ КООРДИНАТ
//-----------------------------------------------------
void Axes()
{
  int d, nx, ny;
  char s[20];
```

Структура программы

```
#include<graphics.h>
#include<stdio.h>
#include<conio.h>
#include<math.h>
```

глобальные константы и переменные

процедуры и функции

```
main()
{
 initwindow(800,600);
```

основная программа

```
 getch();
 closegraph();
}
```

Разбивка программы на этапы

Основная программа

```
Axes();  // оси координат
Plot();  // графики функций
Cross(); // точки пересечения графиков
Hatch(); // штриховка
Area();  // площадь (способ 1)
Area2(); // площадь (способ 2)
```

Процедуры-заглушки

```
//-----------------------------------
// Axes  оси координат
//-----------------------------------
void Axes()
{
}
```

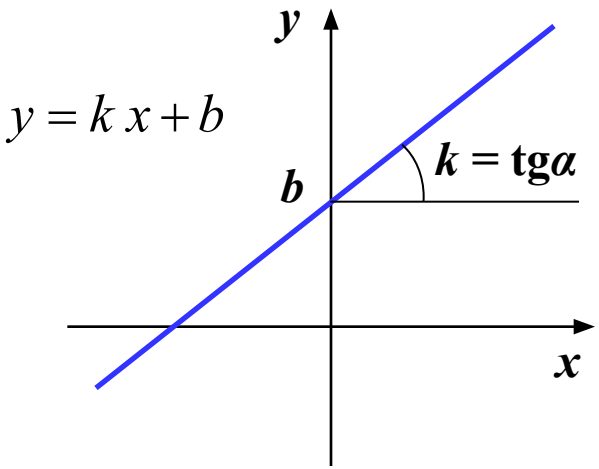
Структурное программирование на языке Си

Тема 3. Графики функций

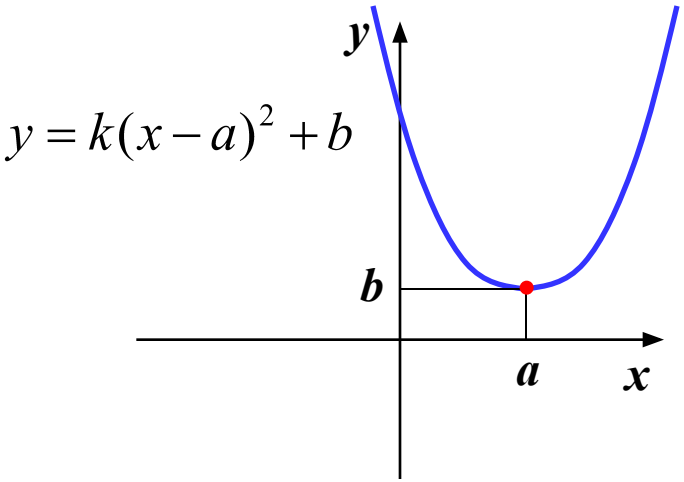
© К.Ю. Поляков, 2007-2009

Функции, заданные в явном виде $y = f(x)$

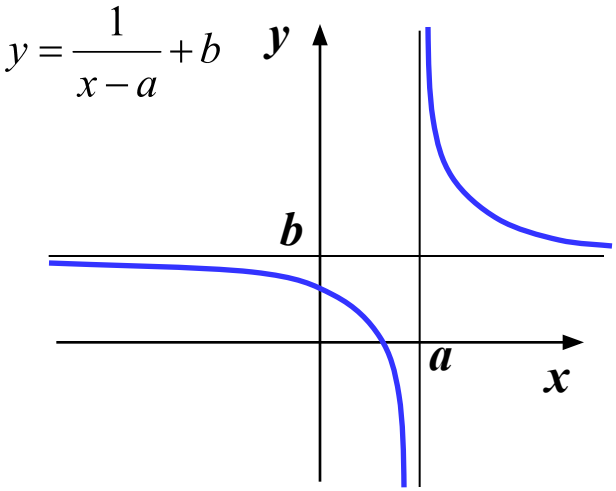
прямая



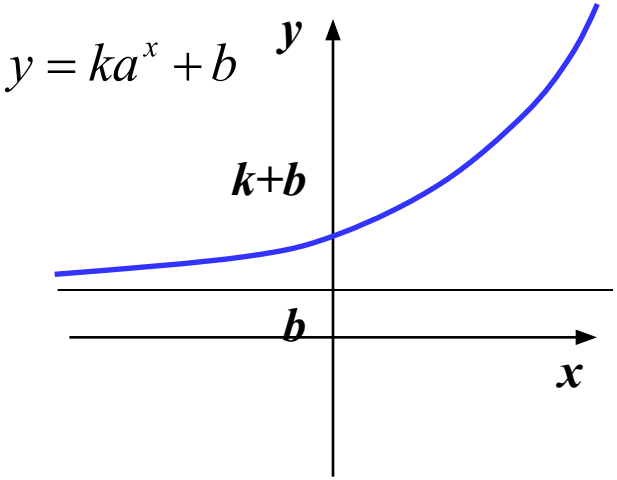
парабола



гипербола



степенная функция



Функции, заданные в неявном виде

$f(x, y) = 0$ пример: уравнение **эллипса**

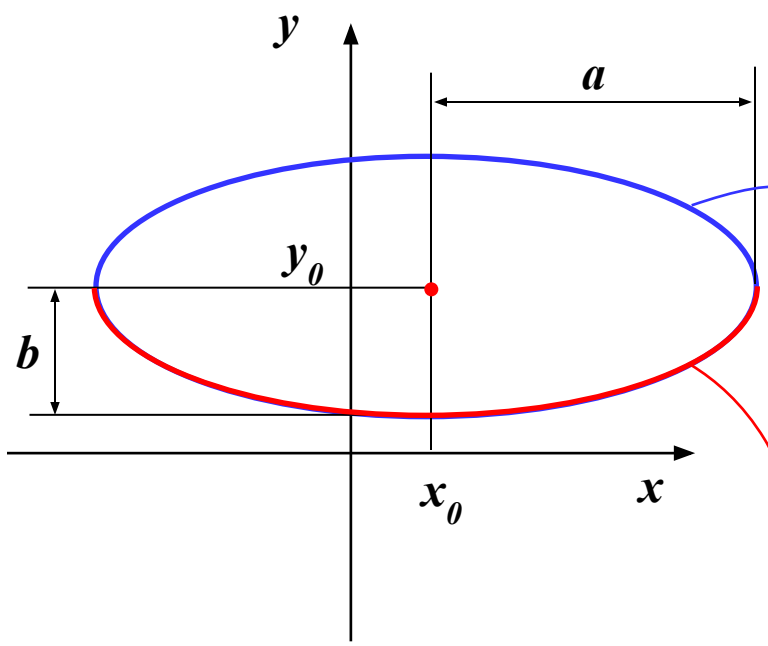
$$\frac{(x-x_0)^2}{a^2}+\frac{(y-y_0)^2}{b^2}=1 \Longleftrightarrow \frac{(x-x_0)^2}{a^2}+\frac{(y-y_0)^2}{b^2}-1=0$$

$$\frac{(y-y_0)^2}{b^2}=1-\frac{(x-x_0)^2}{a^2}$$

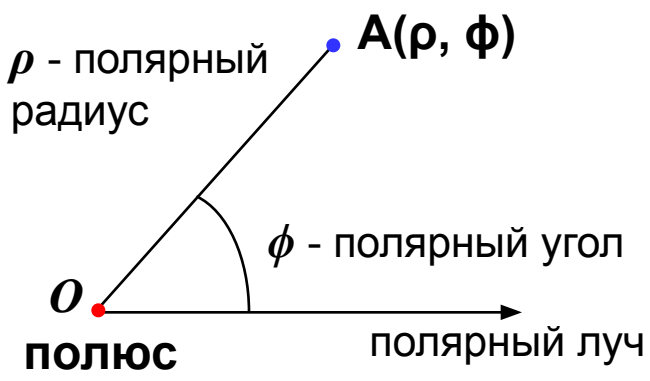
$$(y-y_0)^2=b^2\left(1-\frac{(x-x_0)^2}{a^2}\right)$$

$$y-y_0=\pm\, b\sqrt{1-\frac{(x-x_0)^2}{a^2}}$$

$$y=y_0\pm\, b\sqrt{1-\frac{(x-x_0)^2}{a^2}}$$



Полярные координаты

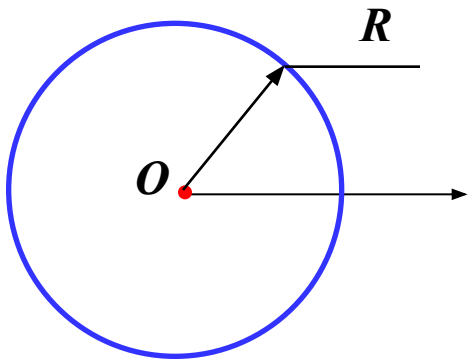


$$\rho = f(\phi)$$

Описание фигур, полученных при **вращении** объектов.

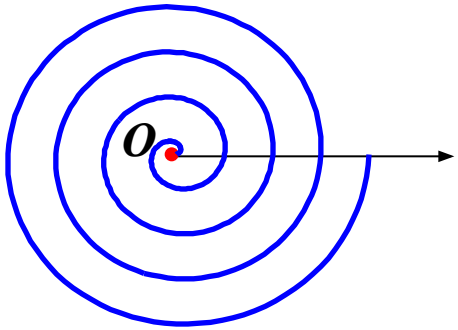
Примеры:

$$\rho = R$$



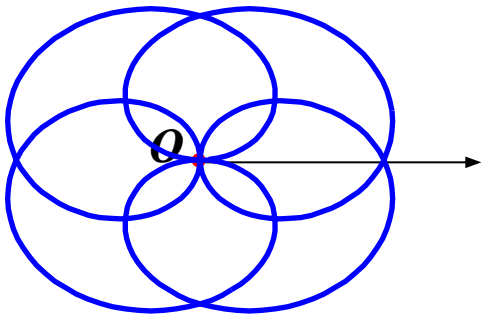
окружность

$$\rho = a \cdot \phi$$



спираль Архимеда

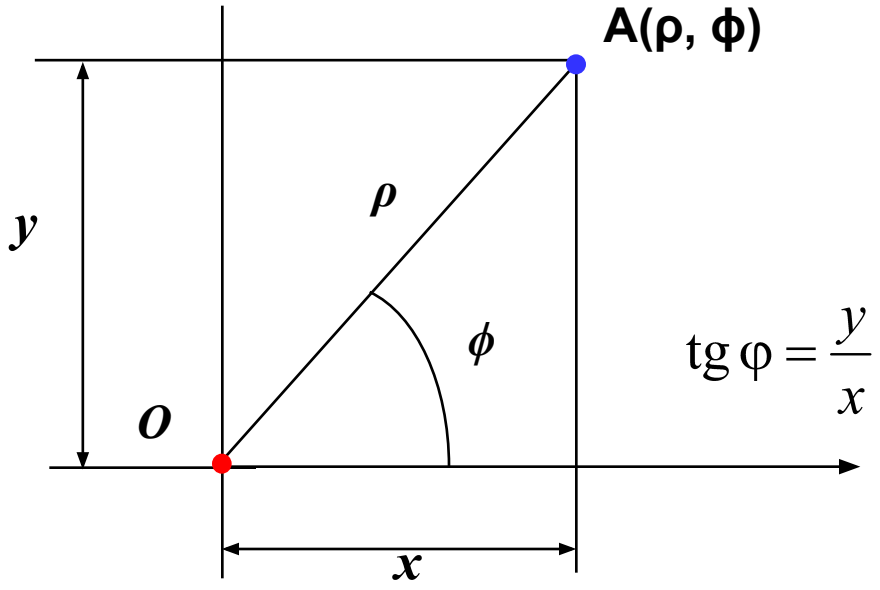
$$\rho = a \cdot \sin(2\phi/3)$$



«роза»

Полярные координаты

Переход к декартовым координатам



$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{y}{x}$$

$$x = \rho \cdot \cos(\varphi) \qquad \rho = \sqrt{x^2 + y^2}$$

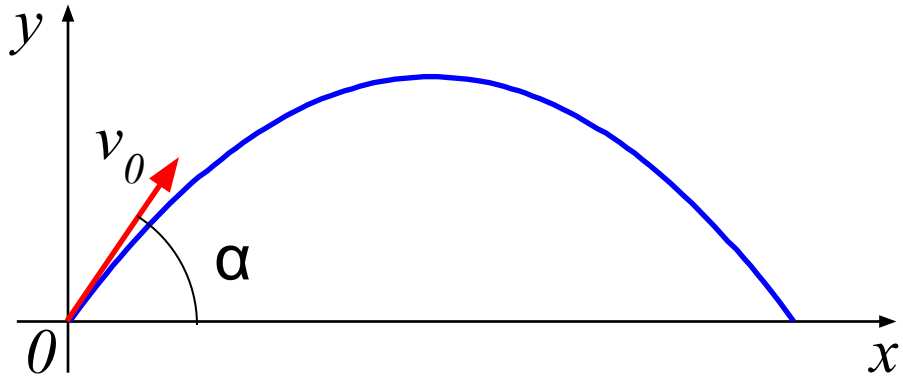
$$y = \rho \cdot \sin(\varphi) \qquad \varphi = \operatorname{arctg}\frac{y}{x}$$

Описание в параметрической форме

$$x = f_1(t)$$
$$y = f_2(t)$$

t – независимый параметр («время»)

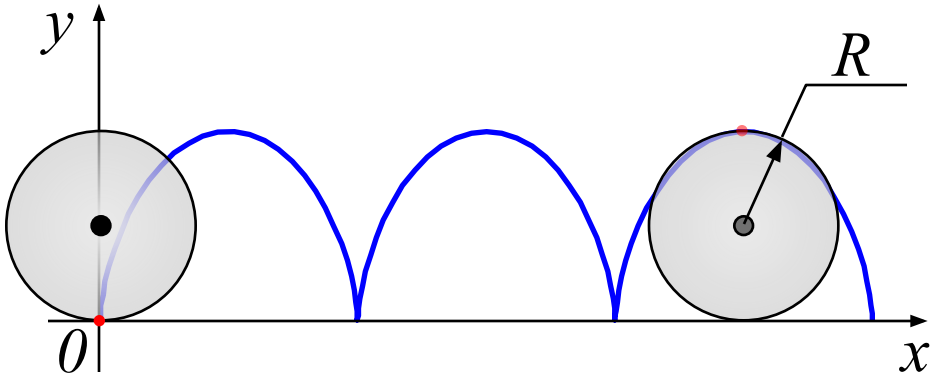
Описание фигур, полученных при сложном **движении** объектов.



$$x = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t$$

$$y = v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

Циклоида – траектория точки на ободе колеса при вращении

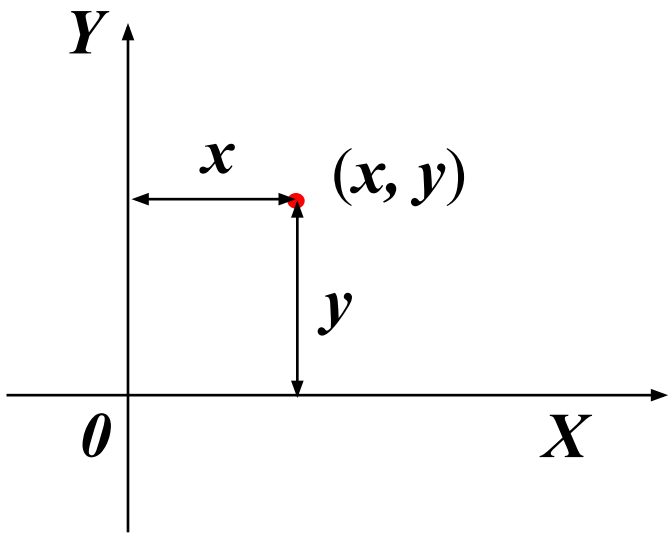


$$x = R \cdot (t - \sin t)$$

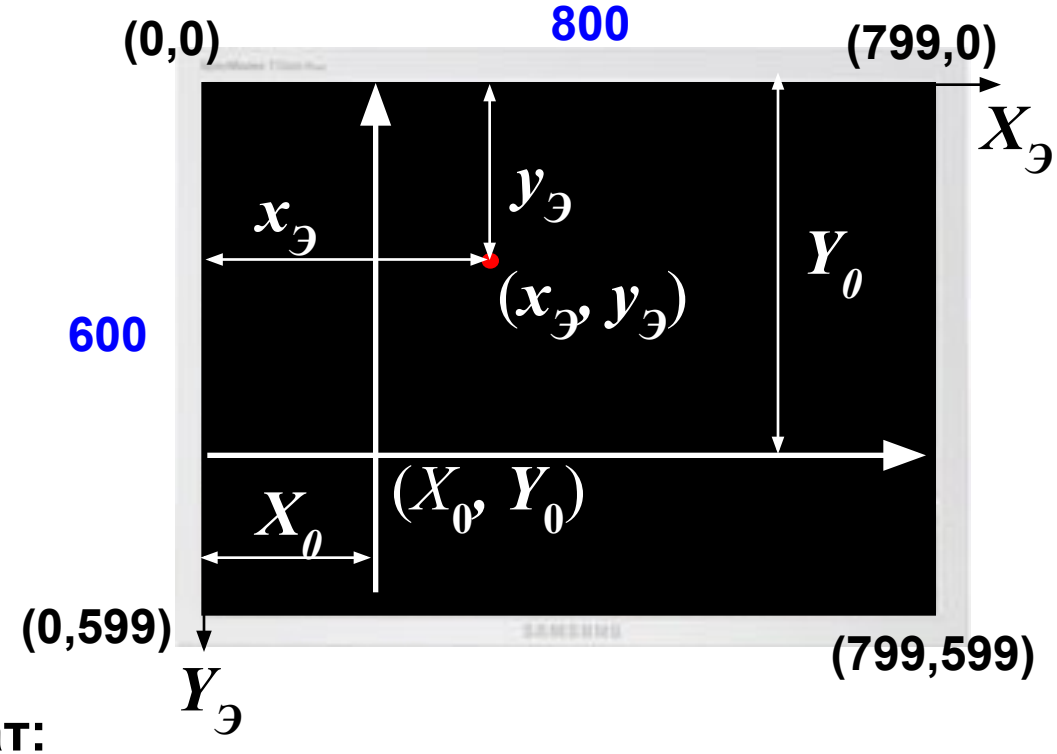
$$y = R \cdot (1 - \cos t)$$

Системы координат

Математическая



Экранная



Преобразование координат:

X_0, Y_0 – экранные координаты точки (0,0)

k – **масштаб** (во сколько раз растягивается единичный отрезок)

$$x_Э = X_0 + k \cdot x$$

$$y_Э = Y_0 - k \cdot y$$

Почему «минус»?

Структура программы

```
#include<graphics.h>
#include<stdio.h>
#include<conio.h>
#include<math.h>
const int X0 = 100, Y0 = 400, // начало координат
      k = 80;                 // масштаб
```

глобальные переменные

процедуры и функции

```
main()
{
 initwindow(800, 600);
```

основная часть

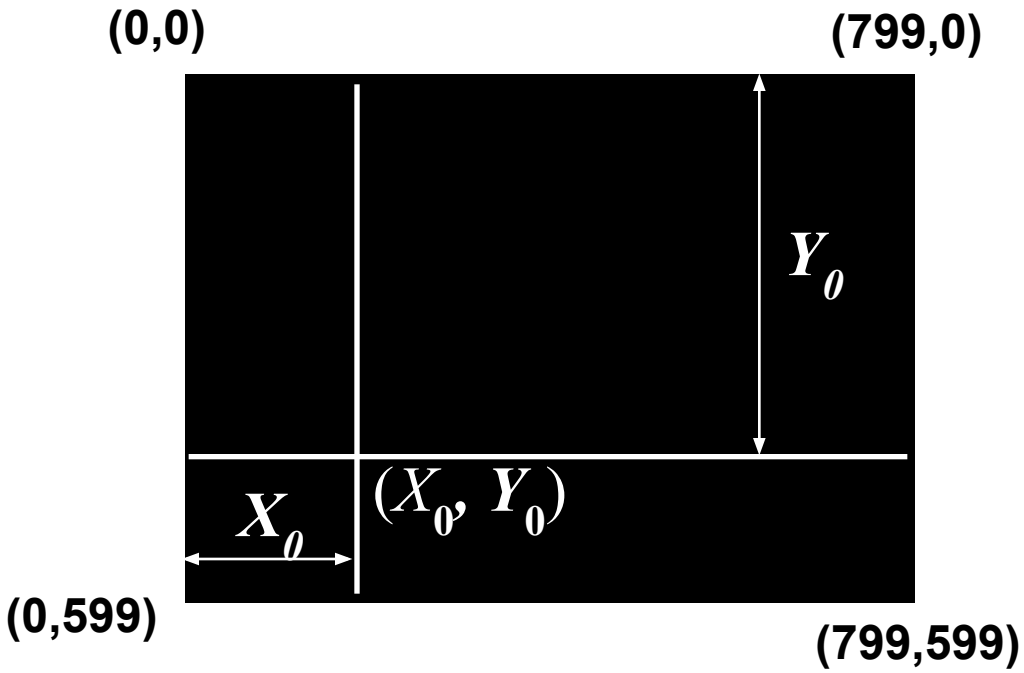
```
 getch();
 closegraph();
}
```

Перевод в экранные координаты

```
//-----------------------------------------
// SCREENX – перевод X в координаты экрана
//-----------------------------------------
int ScreenX (float x)
{
 return  X0+k*x;
}
//-----------------------------------------
// SCREENY – перевод Y в координаты экрана
//-----------------------------------------
int ScreenY (float y)
{
 return  Y0-k*y;
}
```

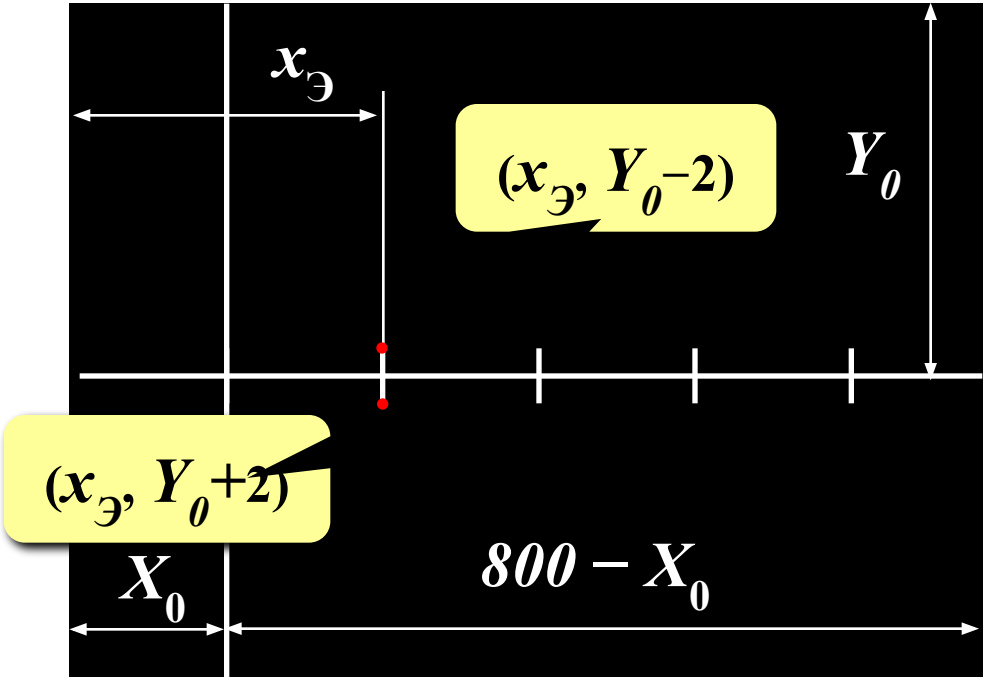
? Откуда берутся X_0, Y_0 и k?

Оси координат




```
void Axes()
{
 line ( X0, 0, X0, 599 );
 line ( 0, Y0, 799, Y0 );
}
```

Разметка оси X («черточки»)



Число меток на $[0, x_{max}]$:

длина $800 - X_0$

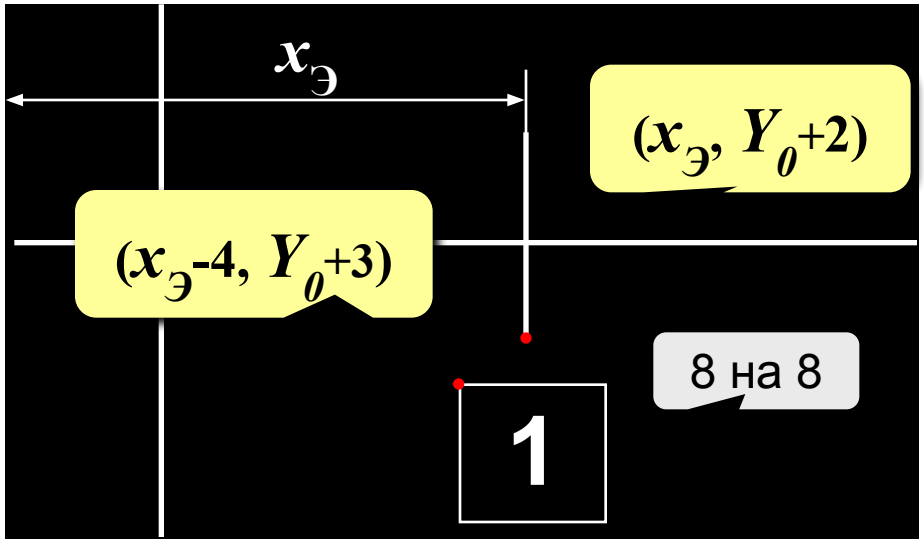
единичный отрезок k

$$N = \frac{800 - X_0}{k}$$

```
void Axes()
{
  int i, xe;
  ...
  for (i=1; i<=(800-X0)/k; i++) {
    xe = ScreenX(i);
    line ( xe, Y0-2, xe, Y0+2 );
    }
}
```

переходим к экранным координатам

Разметка оси X (числа)



Вывод символьной строки в графическом режиме:

```
outtextxy(x, y, s);
```

координаты левого верхнего угла

строка:
```
char s[5];
```

```
void Axes()
{
  char s[5];
  ...
  for (i=1; i<=(800-X0)/k; i++) {
    ...
    sprintf (s, "%d", i);
    outtextxy (xe-4, Y0+3, s);
    }
}
```

с запасом…

перевести целое число **i** в строку **s**

вывести строку **s** на экран

Оси с разметкой (полностью)

```
void Axes()
{
  int i, xe, ye;
  char s[5];

  line ( X0, 0, X0, 599 );
  line ( 0, Y0, 799, Y0 );

  for (i=1; i<=(800-X0)/k; i++)
    {
    xe = ScreenX(i);
    line ( xe, Y0-2, xe, Y0+2 );
    sprintf ( s, "%d", i );
    outtextxy ( xe-4, Y0+3, s );
    }
  ...
}
```

Задания

«4»: **Сделать разметку осей полностью (не только положительной части оси X).**

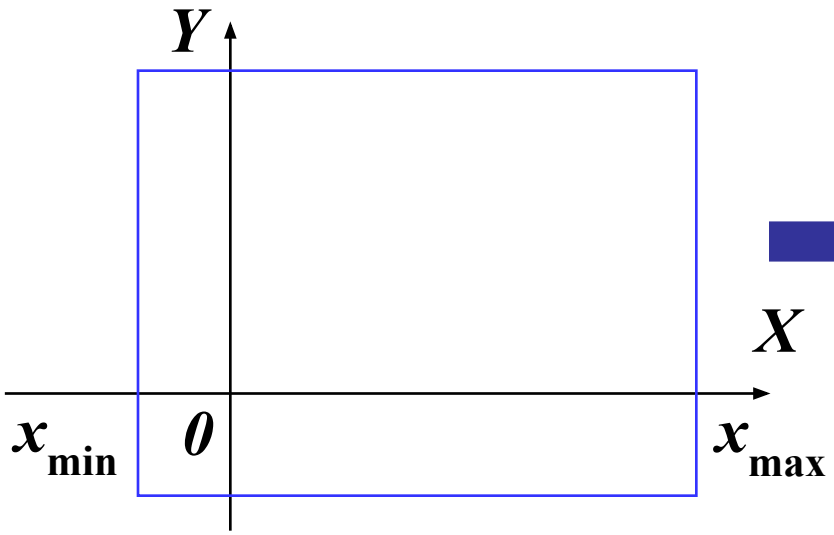
«5»: **Сделать задание на «4», использовав только 2 цикла (1 цикл для каждой оси).**

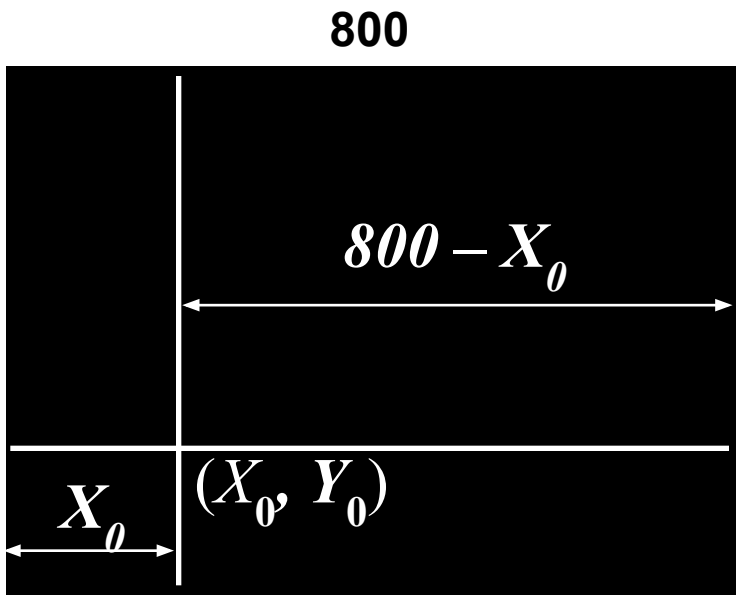
! **Разметка должна работать правильно при любых значениях X_0 и Y_0.**

Построение графика по точкам

- Нельзя рисовать за границами экрана (зависание!).
- Область определения функции (деление на ноль, корень из отрицательного числа, …)!

Границы области «видимости»:





$$x_{\min} = -\frac{X_0}{k}, \qquad x_{\max} = \frac{800 - X_0}{k}$$

Вывод точки с проверкой

```
//-----------------------------------------
// POINT вывод пикселя с проверкой и
//       пересчетом координат
//-----------------------------------------
void Point ( float x, float y, int color )
{
  int xe, ye;
  xe = ScreenX(x);
  ye = ScreenY(y);
  if ( xe >= 0  &&  xe < 800  &&
       ye >= 0  &&  ye < 600)
    putpixel(xe, ye, color);
}
```

координаты в математической системе

цвет точки

если точка $(x_э, y_э)$ в пределах экрана…

Описание функций

```
//-----------------------------------------
// F1, F2
// Вход: x
// Выход: y = f(x)
//-----------------------------------------
float f1 ( float x )
{
  return sqrt(x+1);
}
float f2 ( float x )
{
  return 4*sin(x-1);
}
```

$$f_1(x) = \sqrt{x+1}$$

$$f_2(x) = 4\sin(x-1)$$

Области определения

Для $f_1(x) = \sqrt{x+1}$

```
//-----------------------------------------
// ODZ1 – область определения f1(x)
// Вход:  x
// Выход: 1, если x входит в ОДЗ
//        0, если x не входит в ОДЗ
//-----------------------------------------
int odz1 ( float x )
{
  return ( x >= -1 );
}
```

```
if ( x >= -1 ) return 1;
else           return 0;
```

Для $f_2(x) = 4\sin(x-1)$ **не нужно!**

Вывод графика функции

```
//-----------------------------------------
// PLOT вывод графиков функций
//-----------------------------------------
void Plot ()
{
  float xmin = - 1.* X0 / k,
     xmax = (800. - X0) / k;
  float x,
      h = (xmax - xmin) / 1000;
  for ( x = xmin; x <= xmax; x += h)
      if ( odz1(x) )
         Point(x, f1(x), LIGHTRED);
}
```

чтобы не отбрасывать остаток

границы видимой части

шаг по x

Что плохо?

Общее расположение

```
float f1 ( float x ) { return sqrt( x + 1 ); }
int odz1 ( float x ) { return x >= -1; }
...
void Point(float x, float y, int color)
{
...
}
...
void Plot()
{
  ...
  for ( x = xmin; x <= xmax; x += h)
    if ( odz1(x) )
       Point(x, f1(x), LIGHTRED);
}
```

Задания

«4»: **Построить графики в соответствии с заданием.**

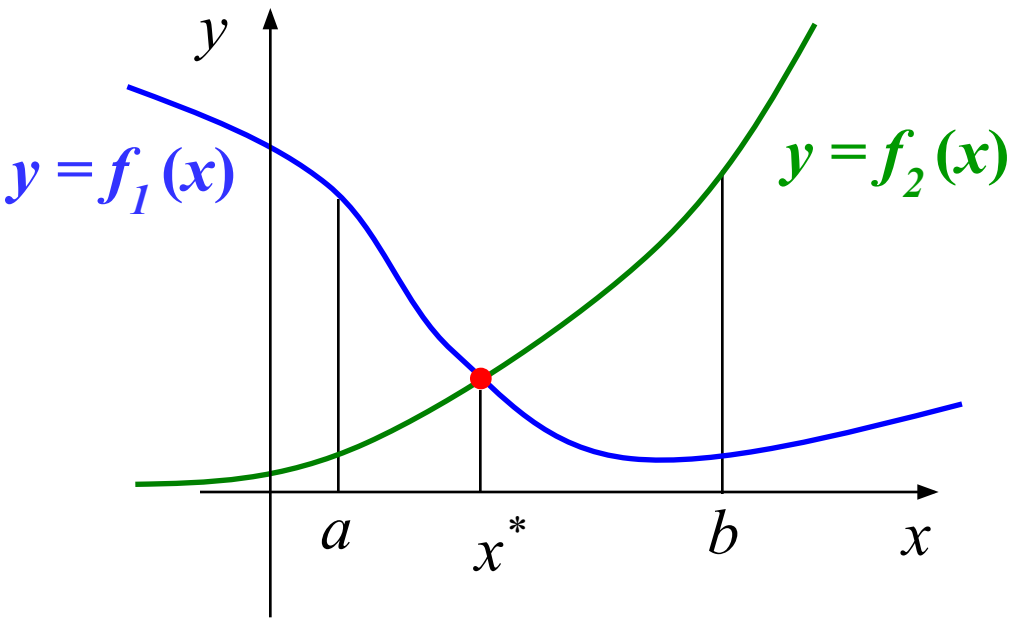
«5»: **Построить графики, соединив точки линиями.**

Структурное программирование на языке Си

Тема 4. Точки пересечения

© К.Ю. Поляков, 2007-2009

Точки пересечения



Точка пересечения:

$$f_1(x^*) = f_2(x^*)$$

$$f_1(x^*) - f_2(x^*) = 0$$

$$f(x^*) = 0$$

Пример:

$$f_1(x) = \sqrt{x+1}$$

$$f_2(x) = 4\sin(x-1)$$

$$\sqrt{x+1} - 4\sin(x-1) = 0$$

Проблема:

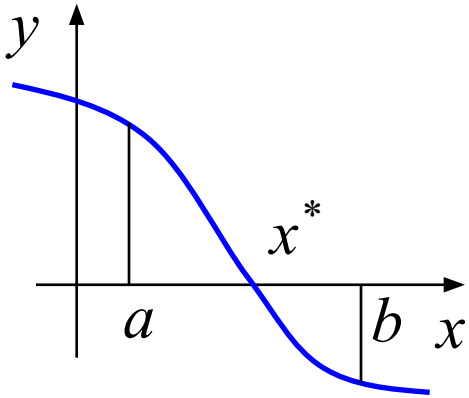
уравнение сложно (или невозможно) решить аналитически (получить формулу для x^*)

Методы решения уравнений $f(x) = 0$

- **Точные (аналитические)**

$$\sin x = 0 \quad \Rightarrow \quad x = \pi k, \ k \in Z$$

- **Приближенные**
  - **графические**



  - **численные**

(методы последовательного приближения):

1) по графику найти интервал $[a, b]$, в котором находится x^* (или одно **начальное приближение** x_0)
2) по некоторому алгоритму уточнить решение, сужая интервал, в котором находится x^*
3) повторять шаг 2, пока не достигнута требуемая точность:

$$b - a < \varepsilon$$

Численные методы

Применение: используются тогда, когда точное (аналитическое) решение неизвестно или очень трудоемко.

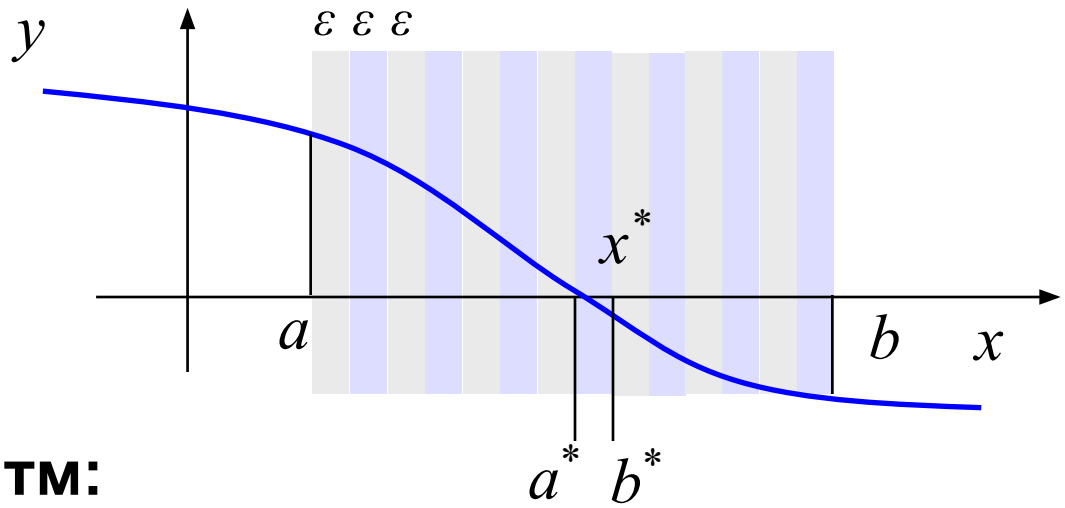
- дают хотя бы какое-то **решение**
- во многих случаях можно оценить ошибку и найти решение **с заданной точностью**

- решение всегда приближенное, **неточное**

$$\sqrt{x+1} - 4\sin(x-1) = 0 \quad \Rightarrow \quad x = 1{,}3974 \qquad x \approx 1{,}3974$$

Метод прямого («тупого») перебора

Задача: найти решение уравнения $f(x) = 0$ на интервале $[a, b]$ с заданной точностью ε (чтобы найденное решение отличалось от истинного не более, чем на ε).

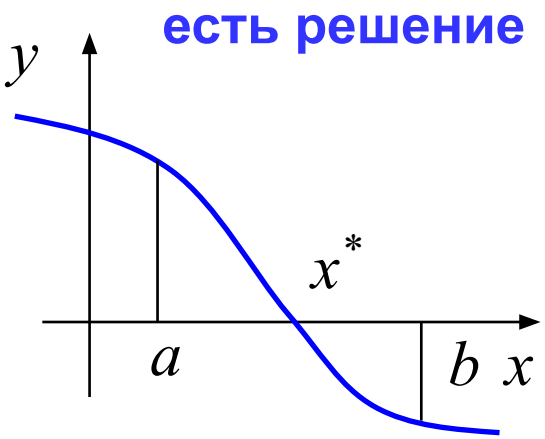


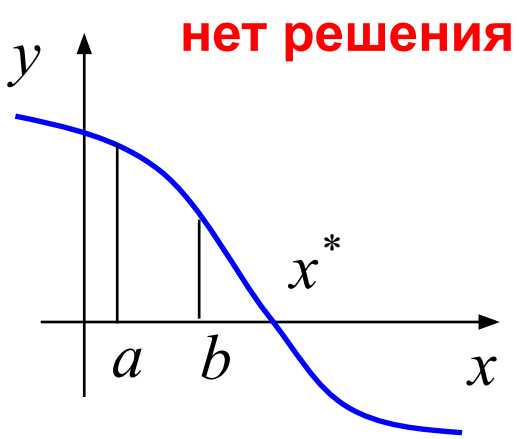
Алгоритм:

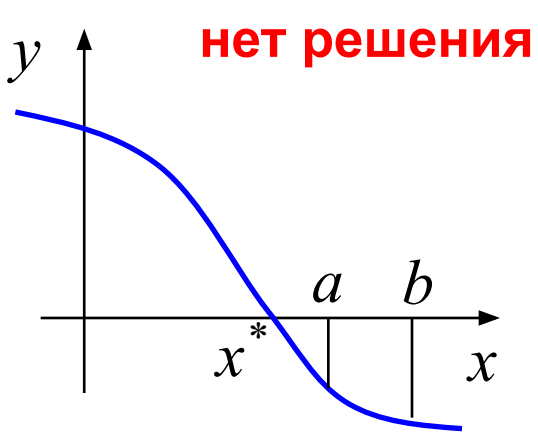
- разбить интервал $[a, b]$ на полосы шириной ε
- найти полосу $[a^*, b^*]$, в которой находится x^*
- решение – a^* или b^*

Как улучшить решение?

Есть ли решение на $[a, b]$?







$$f(a) > 0$$
$$f(b) < 0$$

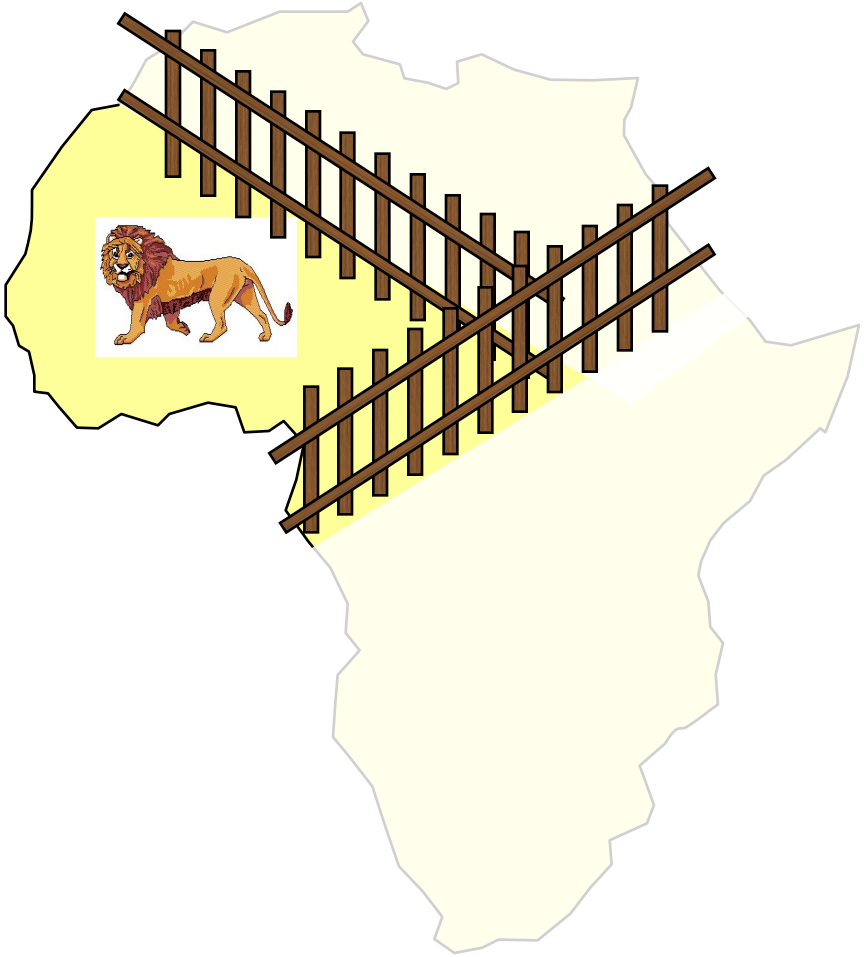
$$f(a) > 0 \qquad f(a) < 0$$
$$f(b) > 0 \qquad f(b) < 0$$

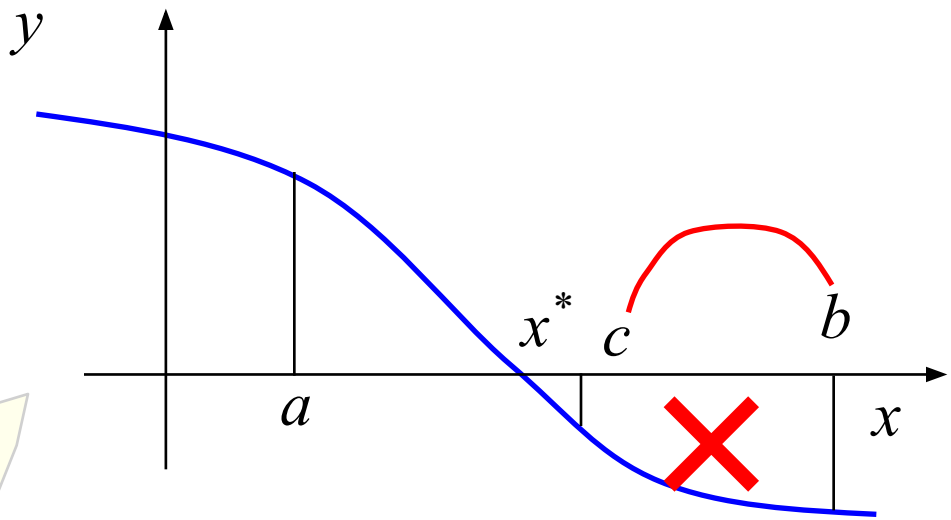
$$f(a)f(b) < 0$$

$$f(a)f(b) > 0$$

! **Если *непрерывная* функция $f(x)$ имеет разные знаки на концах интервала $[a, b]$, то в некоторой точке x^* внутри $[a, b]$ она равна 0, то есть $f(x^*) = 0$!**

Метод дихотомии (деление пополам)





1. Найти середину отрезка `[a,b]`:
   `c = (a + b) / 2;`
2. Если `f(c)*f(a)`<0, сдвинуть правую границу интервала
   `b = c;`
3. Если `f(c)*f(a)` ≥ 0, сдвинуть левую границу интервала
   `a = c;`
4. Повторять шаги 1-3, пока не будет `b – a` ≤ ε.

Метод дихотомии (деления пополам)

- **простота**
- можно получить решение с **любой** заданной **точностью**

- нужно знать **интервал** $[a, b]$
- на интервале $[a, b]$ должно быть только **одно** решение
- **большое число шагов** для достижения высокой точности
- только для функций **одной** переменной

Метод дихотомии (в программе)

```
//-----------------------------------------------
// Solve находит точку пересечения на [a,b]
// Вход:  a, b – границы интервала,  a < b
//        eps  - точность решения
// Выход: x – решение уравнения f1(x)=f2(x)
//-----------------------------------------------
float Solve ( float a, float b, float eps )
{
  float c, fa, fc;
  while ( b - a > eps )
    {
    c = (a + b) / 2;
    fa = f1(a) - f2(a);
    fc = f1(c) - f2(c);
    if ( fa*fc < 0 ) b = c;
    else             a = c;
    }
  return (a + b) / 2;
}
```

$$f(a) = f_1(a) - f_2(a)$$

$$f(c) = f_1(c) - f_2(c)$$

Метод дихотомии (в программе)

```
float xc1, xc2;
...
float Solve ( float a, float b, float eps )
{
  ...
}
...
void Cross ()
{
  char s[20];
  xc1 = Solve ( 1, 2, 0.0001 );
  sprintf(s, "x=%.2f", xc1);
  outtextxy ( 150, 100, s );
  sprintf(s, "y=%.2f", f1(xc1));
  outtextxy ( 150, 120, s );
  ...
}
```

глобальные переменные: абсциссы точек пересечения

найти решение на интервале [1,2] с точностью 0,0001

вывод на экран через символьную строку

… и значение y!

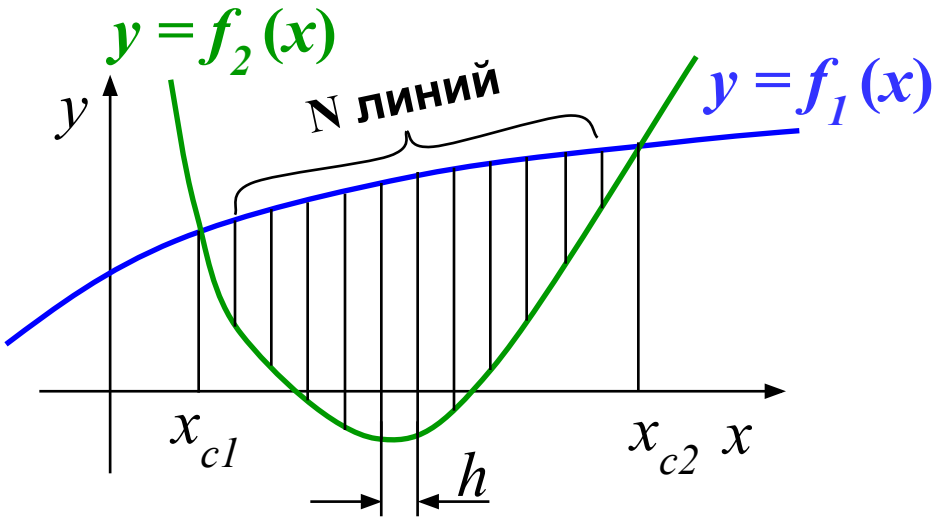
то же самое для остальных точек

Структурное программирование на языке Си

Тема 5. Штриховка

© К.Ю. Поляков, 2007-2009

Штриховка (две функции)



$$h = \frac{x_{c2} - x_{c1}}{N + 1}$$

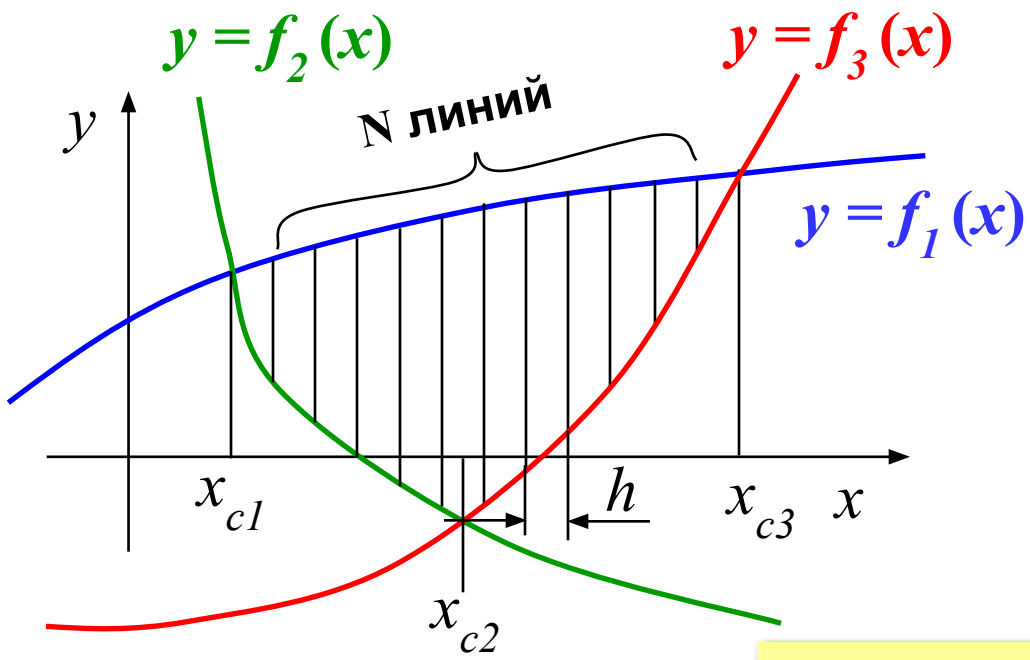
```
void Hatch()
{
  const int N = 10;
  float x, h = (xc2 - xc1) / (N + 1);
  int xe, yUp, yDown;
  for (x = xc1+h; x < xc2; x += h )
    {
    xe = ScreenX ( x );
    yUp = ScreenY ( f1(x) );
    yDown = ScreenY ( f2(x) );
    line ( xe, yUp, xe, yDown );
    }
}
```

шаг по x

экранная координата x

экранные координаты границ области по оси y

Штриховка (составная нижняя граница)



$$h = \frac{x_{c3} - x_{c1}}{N+1}$$

```
void Hatch()
{
...
h = ( xc3 - xc1) / (N + 1);
...
yDown = ScreenY ( Down(x) );
...
}
```

```
//----------------------------
// Down нижняя граница области
//----------------------------
float Down ( float x )
{
if ( x < xc2 )
     return f2(x);
else return f3(x);
}
```

Штриховка (общий случай)

```
float Up ( float x )    { ... }
float Down ( float x ) { ... }
...
void Hatch()
{
  const N = 10;
  float x, h = ( xc3 - xc1 ) / (N + 1);
  int xe, yUp, yDown;
  for ( x = xc1+h; x < xc3; x += h )
    {
    xe = ScreenX ( x );
    yUp = ScreenY ( Up(x) );
    yDown = ScreenY ( Down(x) );
    line ( xe, yUp, xe, yDown );
    }
}
```

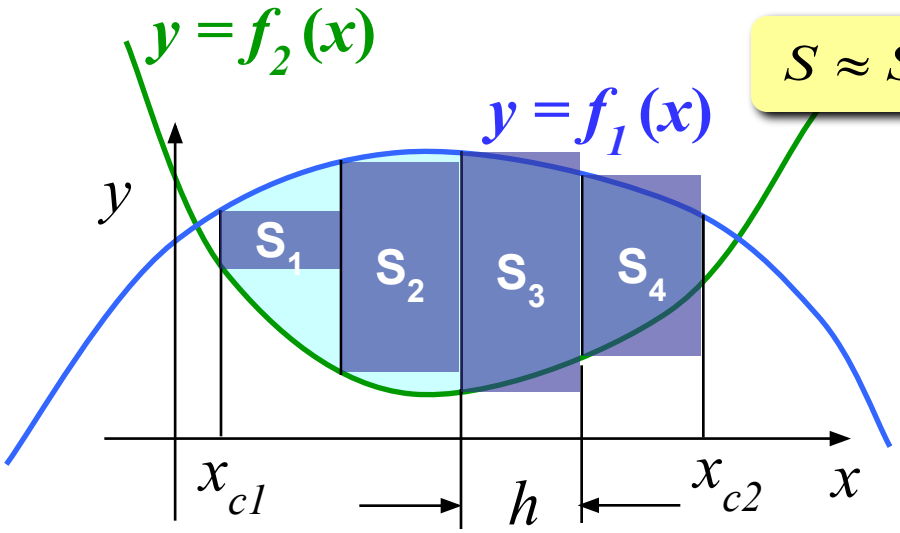
у всех
по-разному…

Структурное программирование на языке Си

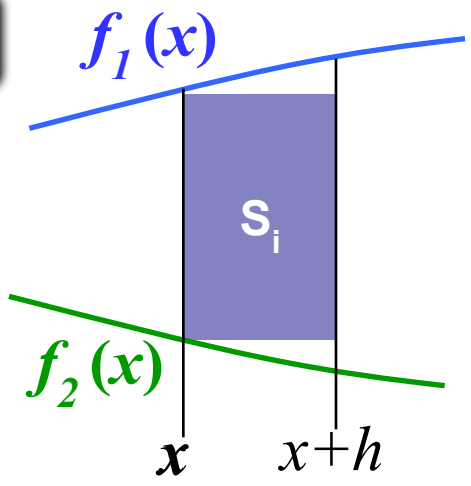
Тема 6. Вычисление площади

© К.Ю. Поляков, 2007-2009

Метод (левых) прямоугольников



$$S \approx S_1 + S_2 + S_3 + S_4$$



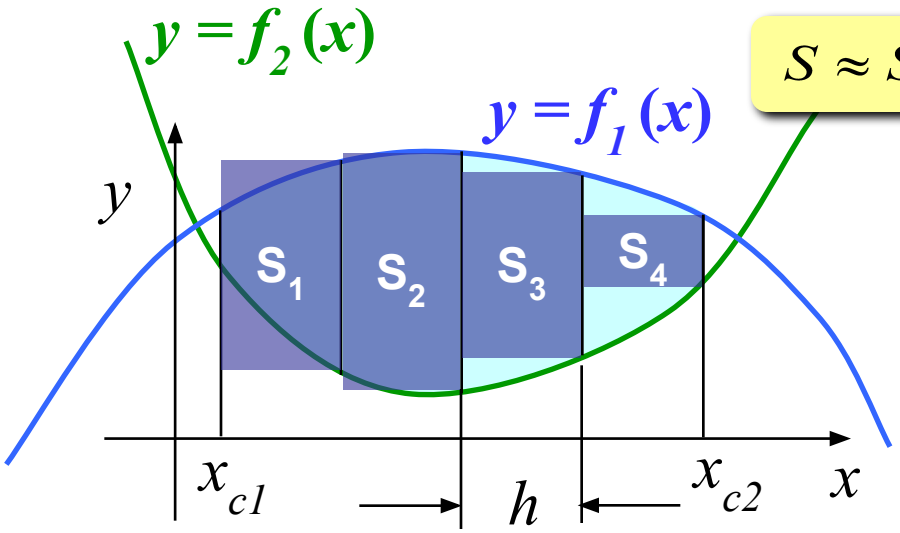
$$S_i = (f_1(x) - f_2(x)) \cdot h$$

```
void Area()
{
  float x, S = 0, h=0.001;
  char out[20];
  for ( x = xc1; x < xc2; x += h )
    S += f1(x) - f2(x);
  S *= h;
  sprintf ( out, "S=%7.3f", S );
  outtextxy ( 300, 300, out );
}
```

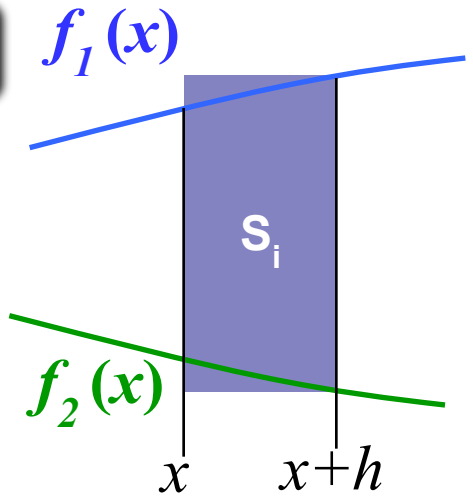
Почему не x <= xc2?

Как улучшить решение?

Метод (правых) прямоугольников



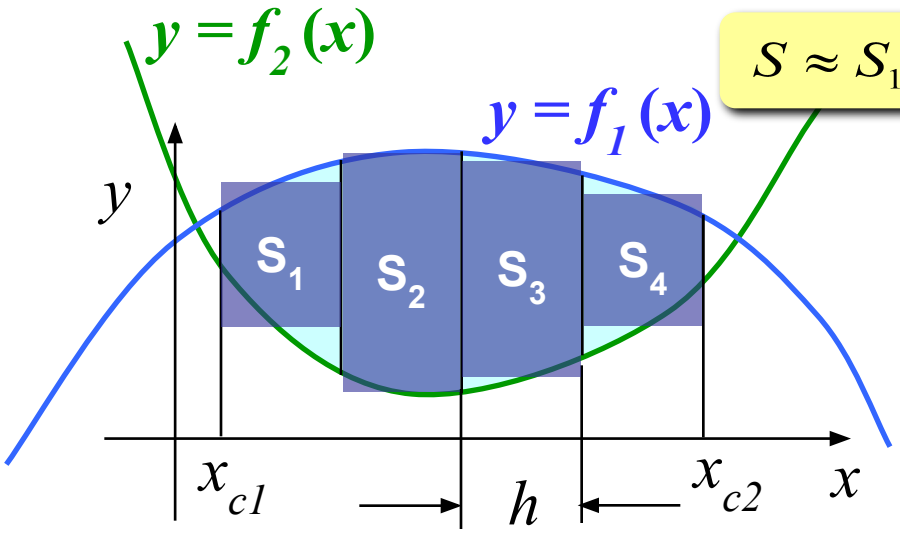
$$S \approx S_1 + S_2 + S_3 + S_4$$



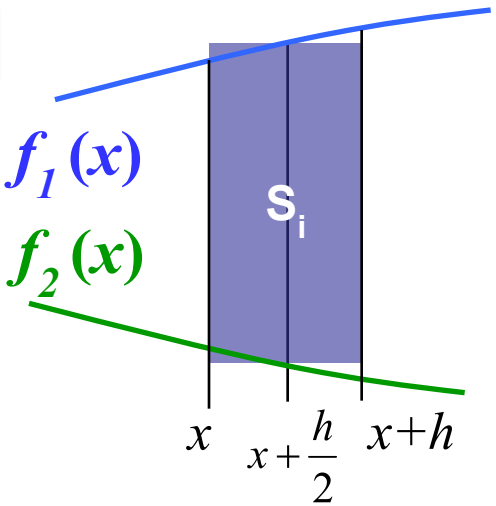
$$S_i = (f_1(x+h) - f_2(x+h)) \cdot h$$

```
void Area()
{
  float x, S = 0, h=0.001;
  char out[20];
  for ( x = xc1; x < xc2; x += h )
    S += f1(x+h) - f2(x+h);
  S *= h;
  sprintf ( out, "S=%7.3f", S );
  outtextxy ( 300, 300, out );
}
```

Метод (средних) прямоугольников



$$S \approx S_1 + S_2 + S_3 + S_4$$



$$S_i = \left[f_1(x+\frac{h}{2}) - f_2(x+\frac{h}{2}) \right] \cdot h$$

```
void Area()
{
  float x, S = 0, h=0.001;
  char out[20];
  for ( x = xc1; x < xc2; x += h )
    S += f1(x+h/2) - f2(x+h/2);
  S *= h;
  sprintf ( out, "S=%7.3f", S );
  outtextxy ( 300, 300, out );
}
```

Какой метод точнее?

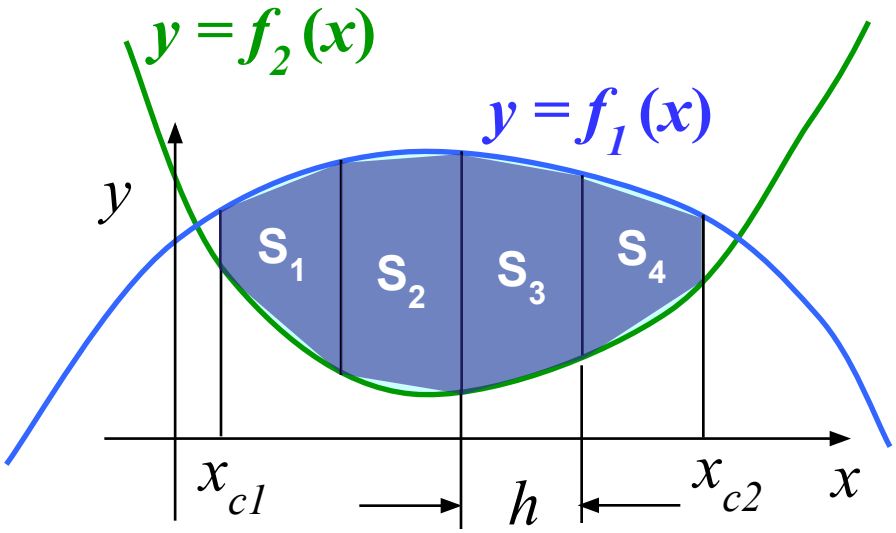
левые (правые):

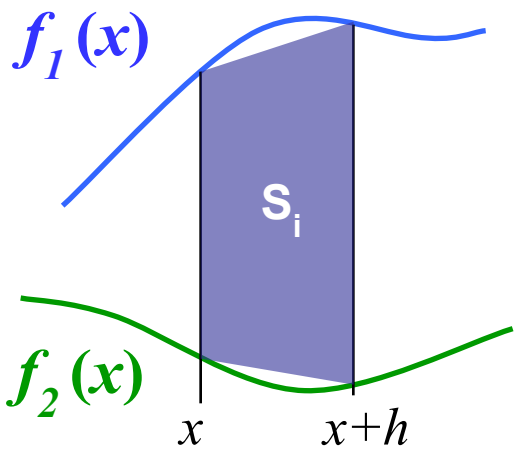
$$\varepsilon = O(h)$$

средние

$$\varepsilon = O(h^2)$$

Метод трапеций





$$S_i = \frac{f_1(x) - f_2(x) + f_1(x+h) - f_2(x+h)}{2} \cdot h$$

```
for ( x = xc1; x < xc2; x += h )

S
```

```
S =( f1(xc1) - f2(xc1)
   + f1(xc2) - f2(xc2) )/2.;
for ( x = xc1+h; x < xc2; x += h )
   S += f1(x) - f2(x);
S *= h;
```

Как улучшить?

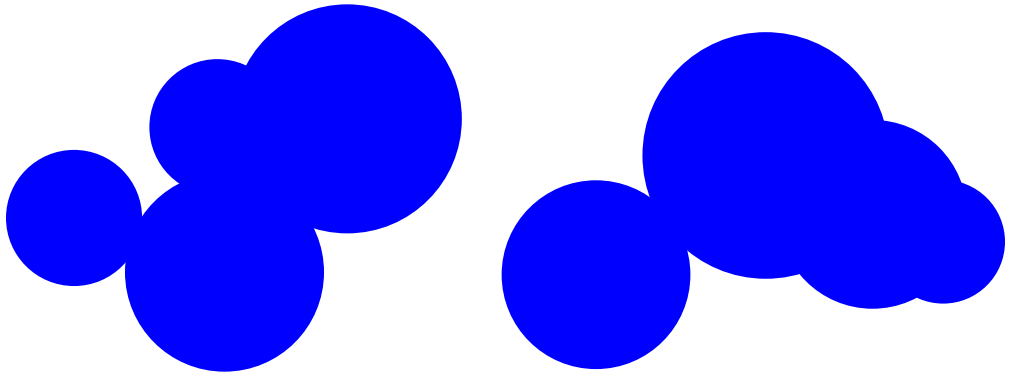
Ошибка $\varepsilon = O(h^2)$

Метод Монте-Карло

Применение: вычисление площадей сложных фигур (трудно применить другие методы).

Требования: необходимо уметь достаточно просто определять, попала ли точка (x, y) внутрь фигуры.

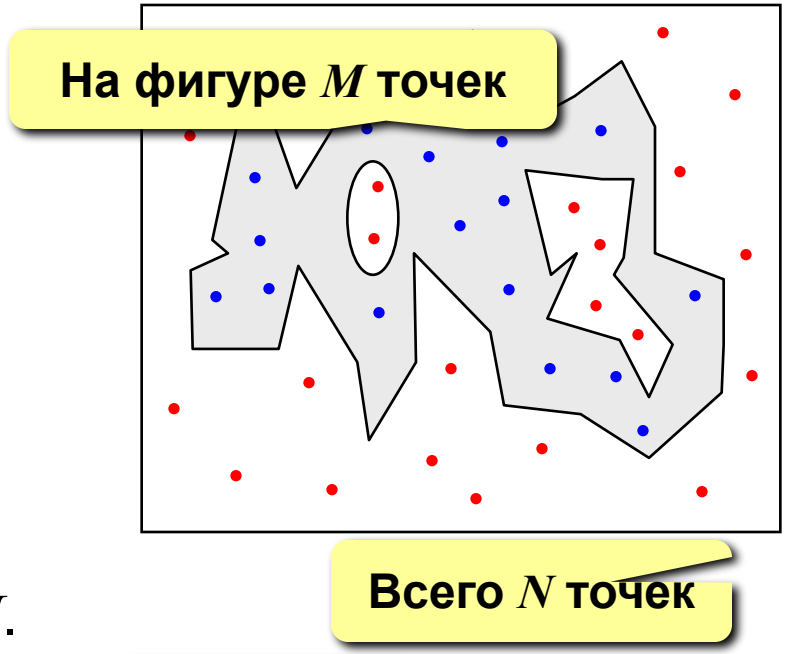
Пример: заданы 100 кругов (координаты центра, радиусы), которые могу пересекаться. Найти площадь области, перекрытой кругами.



Как найти S?

Метод Монте-Карло

1. Вписываем сложную фигуру **в другую фигуру**, для которой легко вычислить площадь (прямоугольник, круг, …).
2. **Равномерно** N точек со случайными координатами внутри прямоугольника.
3. Подсчитываем количество точек, **попавших на фигуру**: M.
4. Вычисляем **площадь**: $\frac{S}{S_0} \approx \frac{M}{N} \Rightarrow S \approx S_0 \cdot \frac{M}{N}$



!

1. **Метод приближенный.**
2. **Распределение должно быть равномерным.**
3. **Чем больше точек, тем точнее.**
4. **Точность ограничена датчиком случайных чисел.**

Случайное число в заданном интервале

rand()	целое [0, RAND_MAX]
rand()/RAND_MAX	всегда 0!!!
1.*rand()/RAND_MAX	[0,1]
1.*rand()/RAND_MAX + a	[a,a+1]
(b-a)*rand()/RAND_MAX + a	[a,b]

```
//-----------------------------------------
// randF - случайное вещественное число
//         в заданном интервале
//-----------------------------------------
float randF ( float a, float b)
{
return (b-a)*rand() / RAND_MAX + a;
}
```

Проверка точки (внутри или нет?)

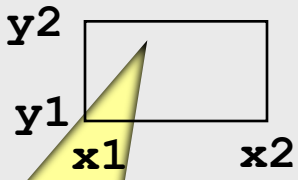
```
//-----------------------------------------
// Inside – определяет, находится ли точка
//          внутри фигуры
// Вход:  x, y – координаты точки
// Выход: 1, если точка внутри фигуры,
//        0, если точка вне фигуры
//-----------------------------------------
int Inside ( float x, float y )
{
  if ( Down(x) <= y  &&  y <= Up(x) )
       return 1;
  else return 0;
}
```

```
int Inside ( float x, float y )
{
  return (Down(x) <= y  &&  y <= Up(x));
}
```

Метод Монте-Карло (реализация)

```
//-----------------------------------------------------
// Area2 – вычисление площади методом Монте-Карло
//-----------------------------------------------------
void Area2 ()
{
  int i, N = 200000, M = 0;
  float x1 = xc1, x2 = xc2, y1 = 1, y2 = 4;
  float x, y, S;
  char out[20];
  for (i=1; i<=N; i++)
    {
    x = randF ( x1, x2 );
    y = randF ( y1, y2 );
    if ( Inside(x,y) ) M++;
    }
  S =
  (x2-x1)*(y2-y1)*M/N;
  sprintf(out, "S=%7.3f", S);
  outtextxy(300, 320, out);
}
```

границы прямоугольника (у каждого свои!)



если на фигуре, увеличить счетчик

вычисление площади

Структурное программирование на языке Си

Тема 7. Оформление отчета

© К.Ю. Поляков, 2007-2009

Титульный лист

Министерство образования и науки РФ
Государственное образовательное учреждение СОШ № 163

Образец

Отчет о выполнении проекта

"Графики функций"

Вариант 6

Выполнил: ученик 9Б класса
Пупкин Василий

Проверил:
Поляков К. Ю.

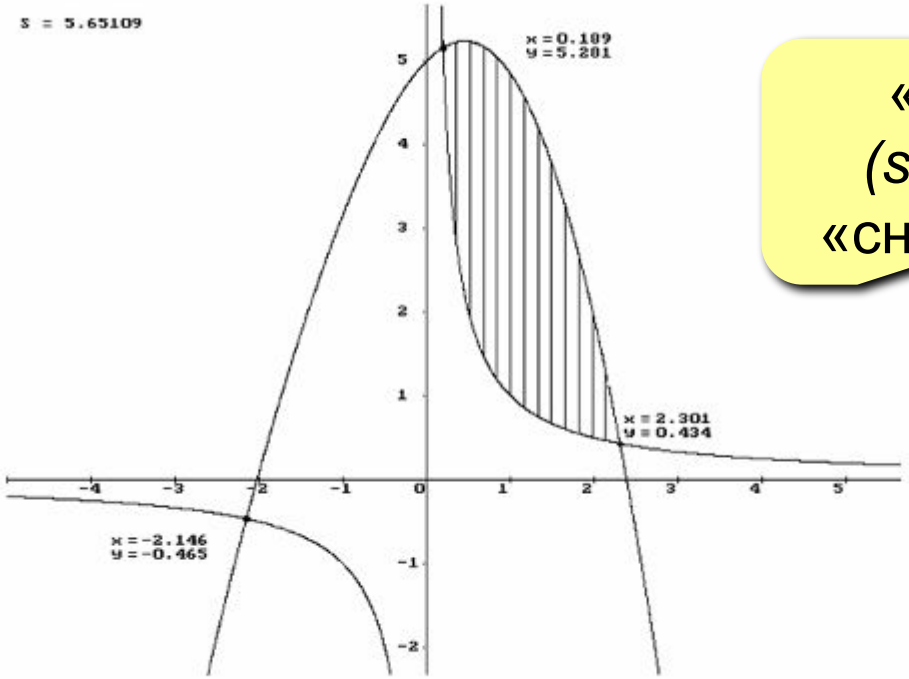
Санкт-Петербург
2007

Графики функций

I. Графики функций

$$y = \frac{1}{x}$$

$$y = -x^2 + \sin(x) + 5$$



через Редактор формул (**Вставка – Объект – Microsoft Equation**)

«скриншот» *(screenshot)* – «снимок» экрана

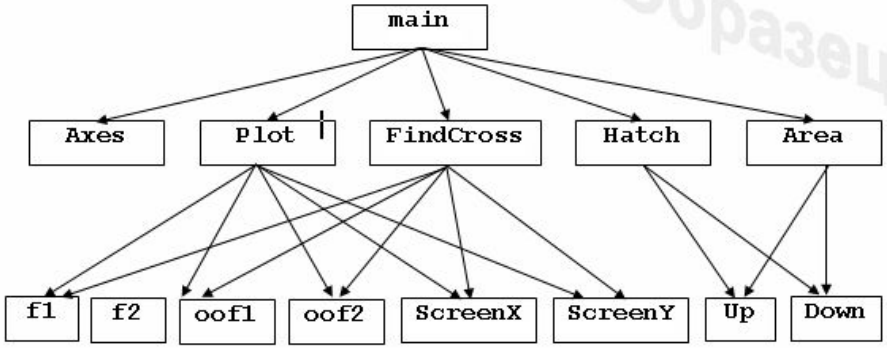
Как получить копию экрана?

1. Поменять цвета так, чтобы все линии и текст были белые.
2. Запустить программу (она должна все нарисовать).
3. Нажать клавишу **PrtScr** (*Print Screen* – «снимок» экрана) на клавиатуре или комбинацию **Alt+PrtScr** («снимок» активного окна).
4. В графическом редакторе (*Paint*): **Правка – Вставить**.
5. Перевести в черно-белую палитру (**Рисунок – Атрибуты – Палитра – Черно-белая**).
6. Инверсия (черный ↔ белый), **Рисунок – Обратить цвета**.
7. Выделить нужную часть рисунка.
8. Вставить в отчет через буфер обмена (**Ctrl+C, Ctrl+V**).

Структура программы

II. Структура программы

Образец



main	основная программа
Axes	построение и разметка осей координат
Plot	построение графиков
FindCross	определение точек пересечения
Hatch	штриховка
Area	вычисление площади
f1	функция $y = \frac{1}{x}$
f2	функция $y = -x^2 + \sin x + 5$
oof1	область определения функции $y = \frac{1}{x}$
oof2	область определения функции $y = -x^2 + \sin x + 5$
ScreenX	пересчет x-координаты точки из математической системы в экранную
ScreenY	пересчет y-координаты точки из математической системы в экранную
Up	верхняя граница заштрихованной области
Down	нижняя граница заштрихованной области

Текст программы

III. Текст программы

Образец

```
#include <graphics.h>
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <math.h>

const a = 300, b = 340, k = 50;
float xmin, xmax, ymin, ymax;
float xc[20];
int   xcN = 0;

typedef float fFuncF ( float );
typedef int   iFuncF ( float );
fFuncF* func[2];
iFuncF* ooFunc[2];

//---------------------------------------------
// F1, F2 - исходные функции
// Вход:  x в математических координатах
// Выход: y в математических координатах
//---------------------------------------------
float f1(float x) {  return 1. / x; }
float f2(float x) {  return - x*x + sin(x) + 5; }

//---------------------------------------------
// OOF1, OOF2 - область допустимых значений аргумента
// Вход:  x в математических координатах
// Выход: 1, если x допустим
//        0, если недопустим
//---------------------------------------------
int   oof1(float x) {  return fabs(x) > 0.0001; }
int   oof2(float x) {  return 1; }

//---------------------------------------------
// UP - верхняя граница области
// Вход:  x в математических координатах
// Выход: y в математических координатах
//---------------------------------------------
float Up(float x)
{
    return f2(x);
}

//---------------------------------------------
// DOWN - нижняя граница области
// Вход:  x в математических координатах
// Выход: y в математических координатах
//---------------------------------------------
float Down(float x)
{
    return f1(x);
}

//---------------------------------------------
// SCREENX, SCREENY - ïåðåâîä из математических
// координат в экранные
// Вход:  x или y в математических координатах
// Выход: x или y в экранных координатах
//---------------------------------------------
int ScreenX (float x) { return  round(a+k*x); }
int ScreenY (float y) { return  round(b-k*y); }

//---------------------------------------------
// AXES - ïîñòðîåíèå îñåé êîîðäèíàò
//---------------------------------------------
void Axes()
{
  int d, sx, sy;
  char s[20];
```

шрифт **Courier New**, (моноширинный) размер 10 пт

Конец фильма