

Структурное программирование на языке Си

1. [Теория](#)
2. [Проект](#)
3. [Графики функций](#)
4. [Точки пересечения](#)
5. [Штриховка](#)
6. [Вычисление площади](#)
7. [Оформление отчета](#)

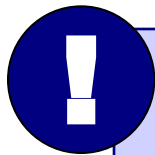
Структурное программирование на языке Си

Тема 1. Теория

Этапы разработки программ

1. Постановка задачи

- определить **цель** и **категирию** 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), ...

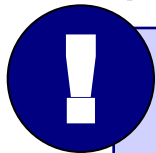
5. Отладка программы (поиск и исправление ошибок)

debug – извлечение жучков (*bug*), 1945, MARK-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.

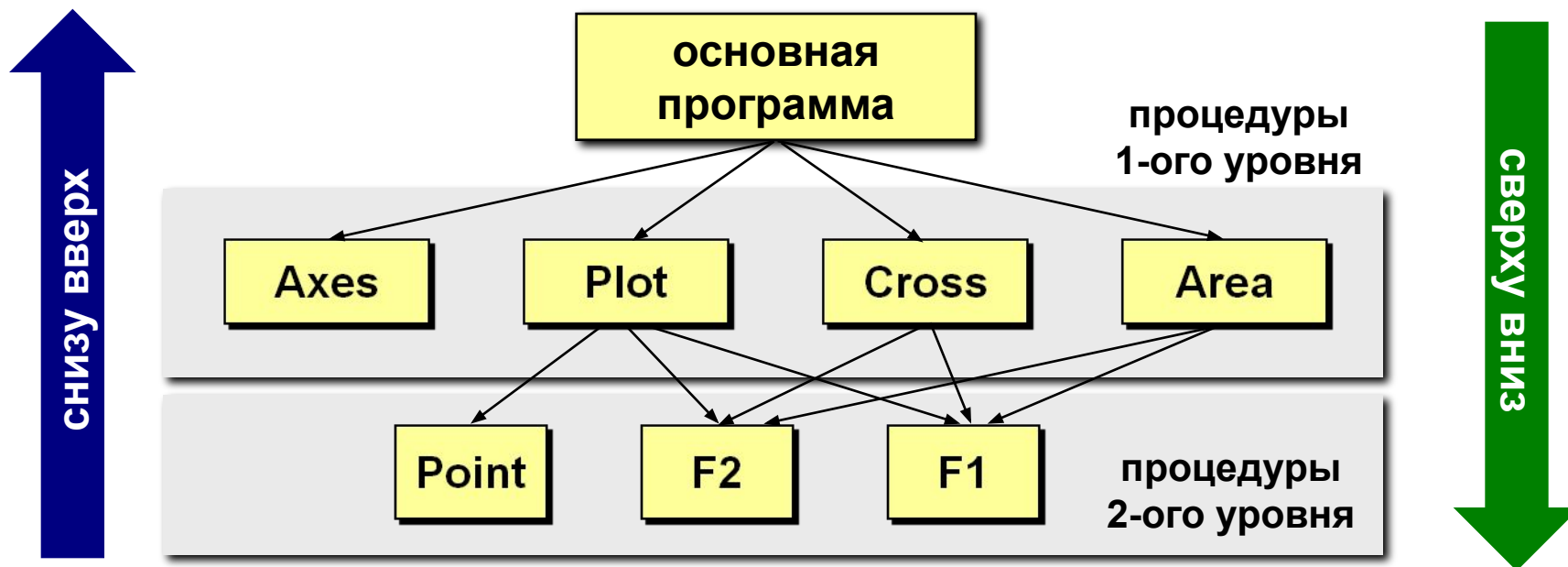
7. Разработка документации

- 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 («**держат 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.

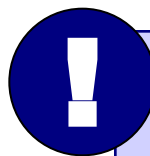
```
for (i=0; i<n; i++) {j=0; while (j<i) {j++; k=k%N; }
k++;}
```

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

лесенка
а



- 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

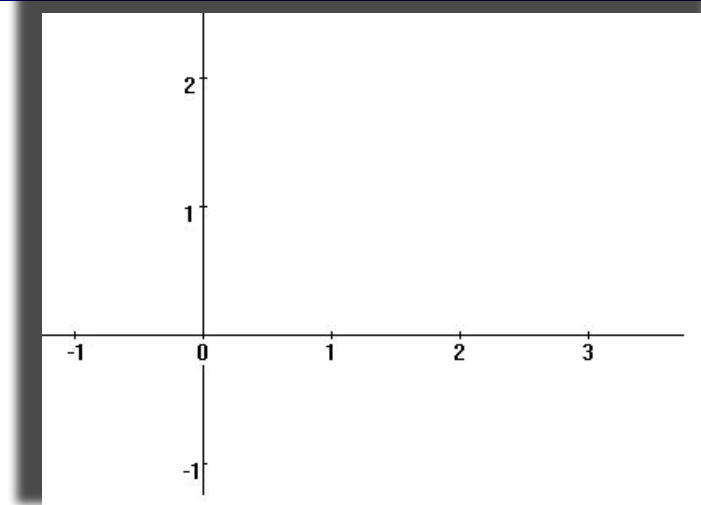
```
// ввод данных  
printf( "Введите число\n" );  
scanf ( "%d", &n );  
//вычисления  
n2 = n*n;  
// вывод результата  
printf ( "Его квадрат %d", n2 );
```

Структурное программирование на языке Си

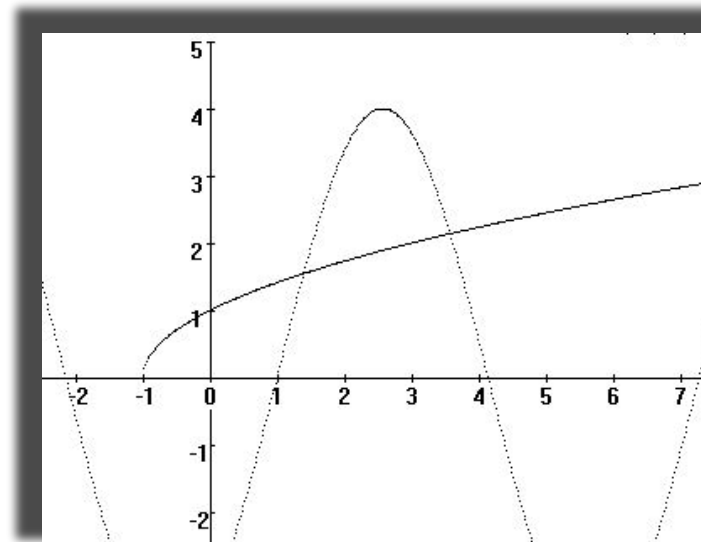
Тема 2. Проект

Проект «Графики функций»

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

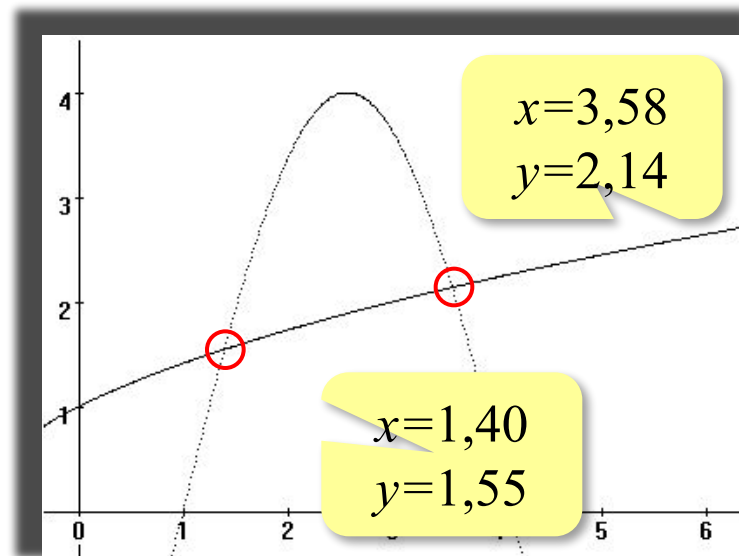


- построить **графики** заданных функций (по вариантам)

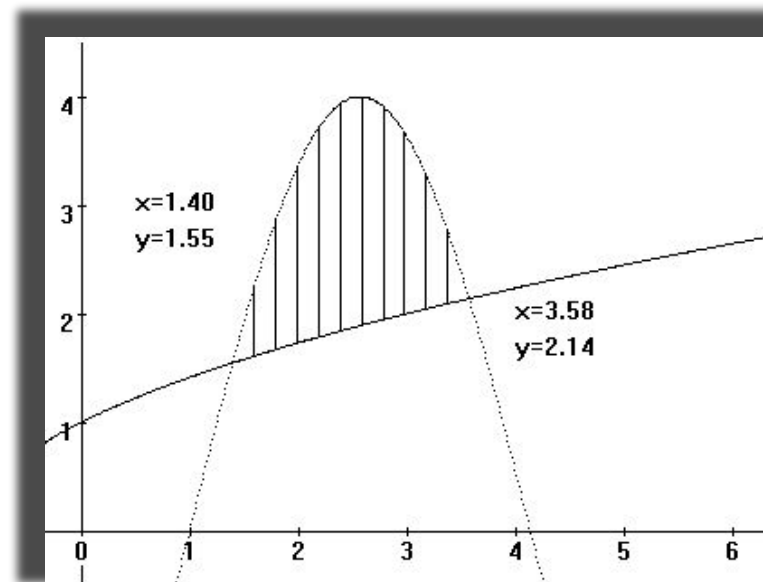


Проект «Графики функций»

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

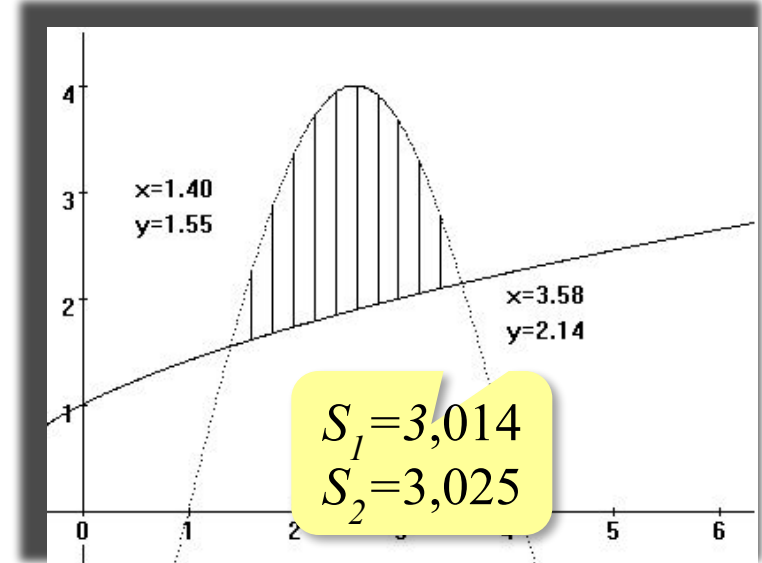


- **заштриховать** образованную замкнутую область



Проект «Графики функций»

- вычислить **площадь** этой области двумя способами



- оформить **отчет** по работе

Министерство образования и науки РФ
Государственное образовательное учреждение СОШ № 163

Образец

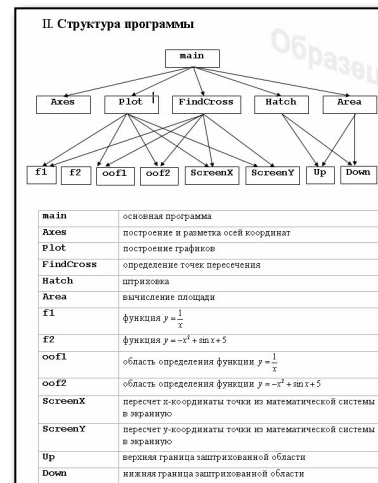
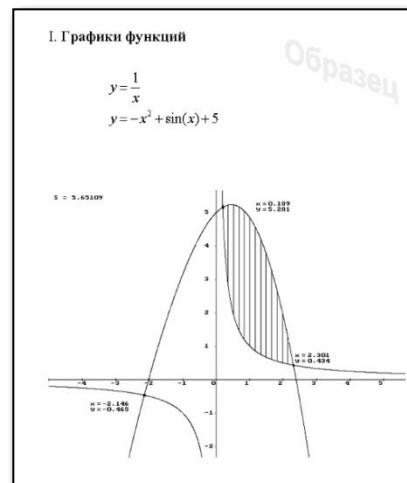
Отчет о выполнении проекта
"Графики функций"

Вариант 6

Выполнил: ученик 9^Б класса
Путкин Василий

Проверил:
Поляков К. Ю.

Санкт-Петербург
2007



Образец

III. Текст программы

```

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

const int X = 300, Y = 200, W = 50;
float f1(x), f2(x), ooF1, ooF2;
int i, j;

void f1(float f1(x) { return 1/x; }
void f2(float f2(x) { return -x*x + sin(x) + 5; }
float FindCross(x) { return x; }
float FindArea(x) { return x; }

// Ф1, Ф2 - области функций
// FindCross - область пересечения функций
// Hatch - заштрихованная область
// Area - вычисление площади
// f1, f2 - функции
// ooF1, ooF2 - области определения функций
// ScreenX, ScreenY - пересчет координат
// Up, Down - границы заштрихованной области

int main()
{
    int i, j;
    float x, y;
    float f1(x), f2(x);
    float FindCross(x);
    float FindArea(x);
    float ooF1, ooF2;
    float ScreenX, ScreenY;
    float Up, Down;
}
  
```

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

основная программа

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)
```

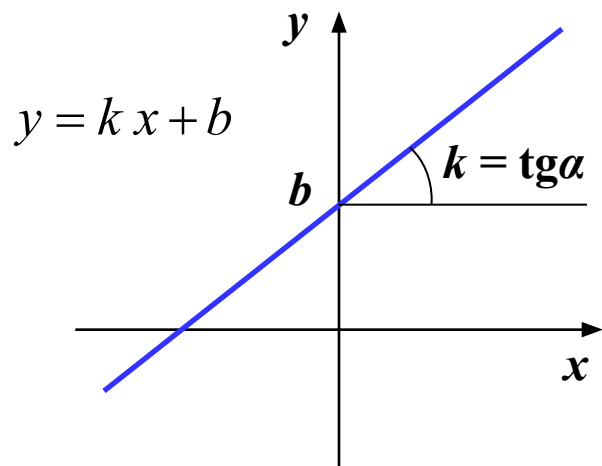
Процедуры-заглушки

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

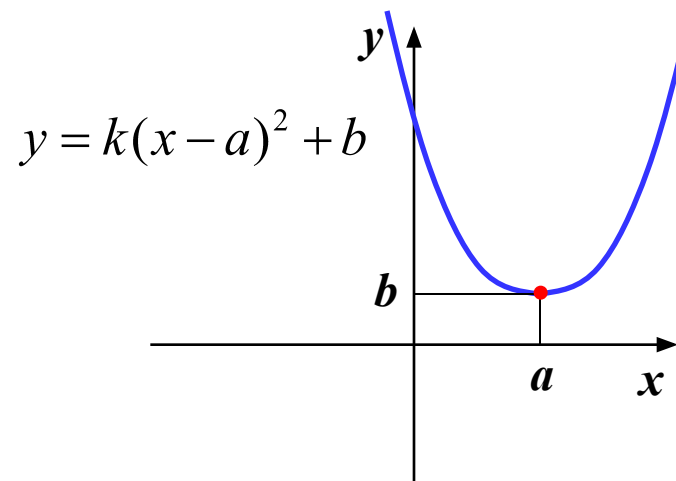
Структурное программирование на языке Си

Тема 3. Графики функций

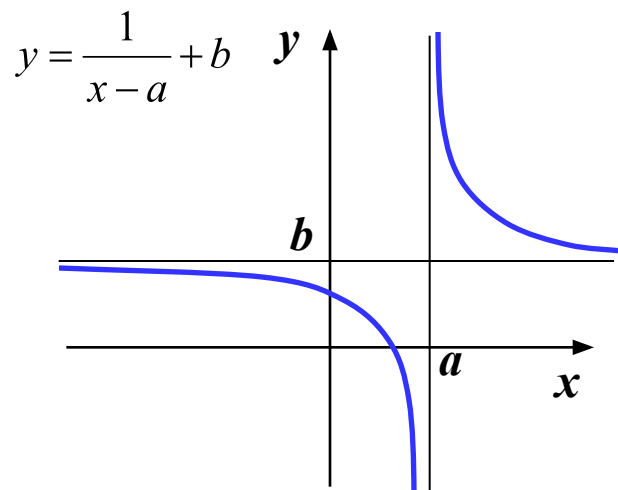
прямая



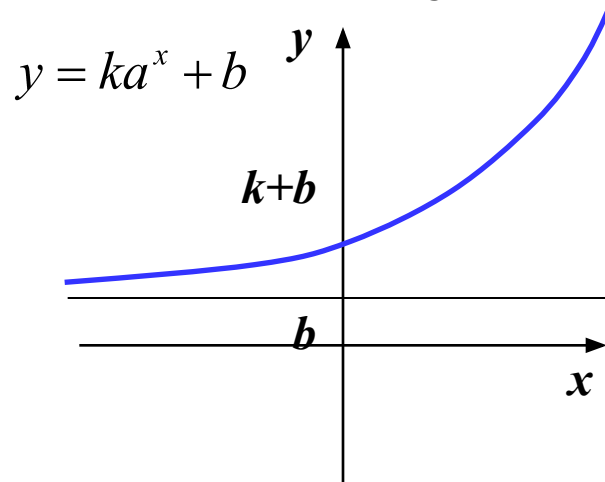
парабола



гипербола



степенная функция



Функции, заданные в неявном виде

$$f(x, y) = 0$$

пример: уравнение **эллипса**

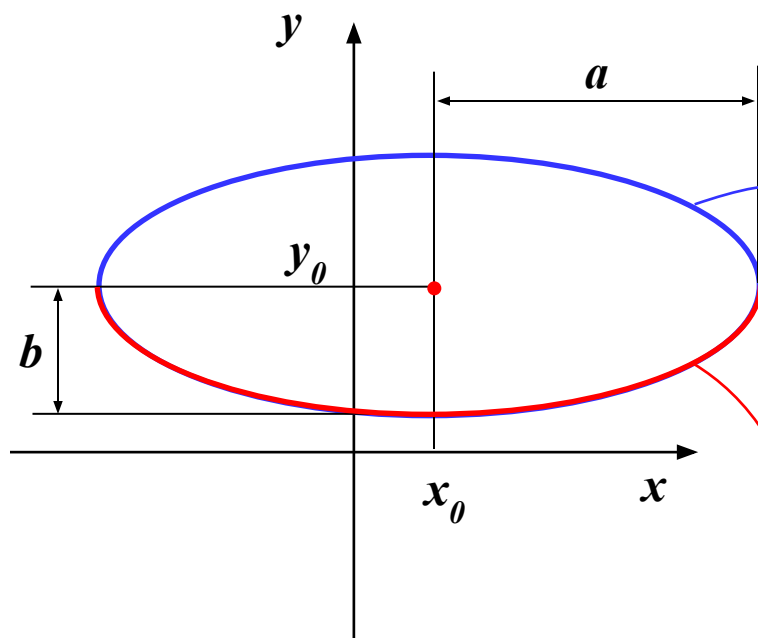
$$\frac{(x-x_0)^2}{a^2} + \frac{(y-y_0)^2}{b^2} = 1 \quad \longleftrightarrow \quad \frac{(x-x_0)^2}{a^2} + \frac{(y-y_0)^2}{b^2} - 1 = 0$$

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

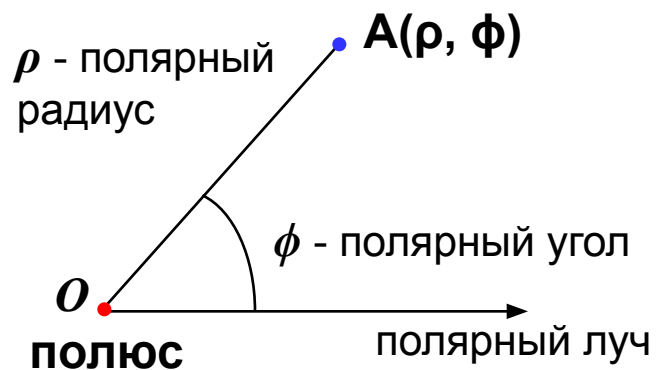
$$(y-y_0)^2 = b^2 \left(1 - \frac{(x-x_0)^2}{a^2} \right)$$

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

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



Полярные координаты

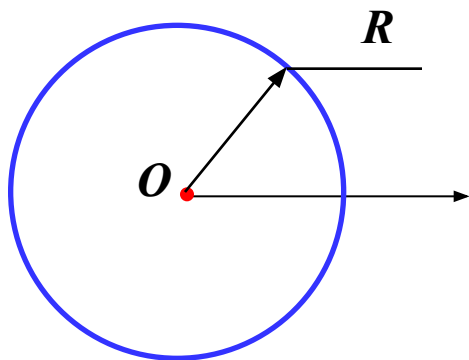


$$\rho = f(\phi)$$

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

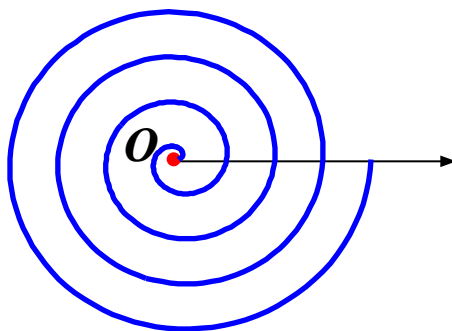
Примеры:

$$\rho = R$$



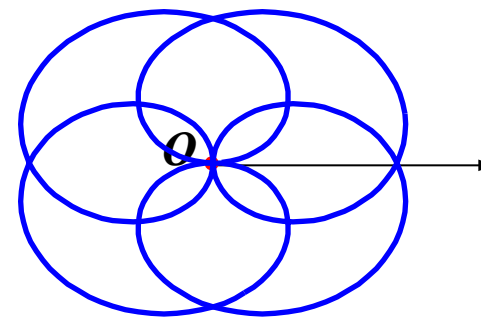
окружность

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



спираль Архимеда

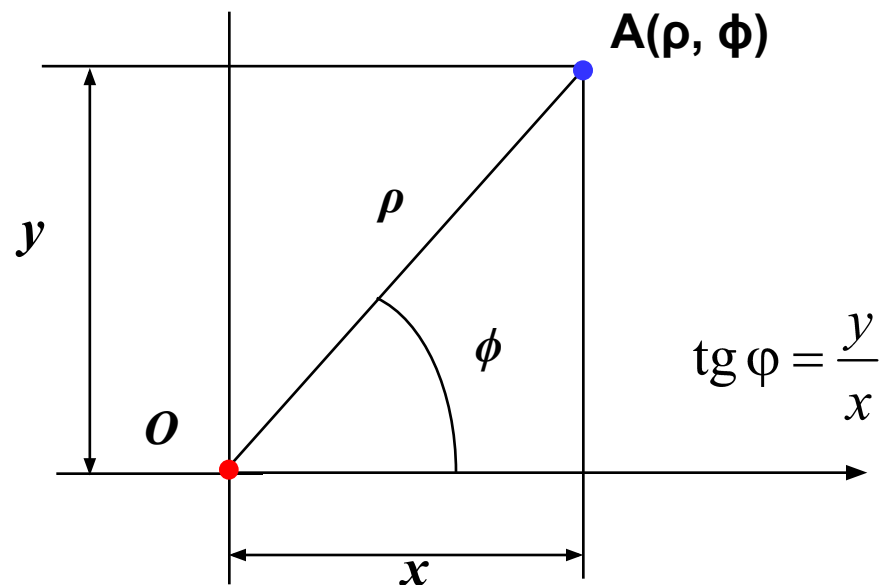
$$\rho = a \cdot \sin(2\phi/3)$$



«роза»

Полярные координаты

Переход к декартовым координатам



$$x = \rho \cdot \cos(\phi)$$

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$y = \rho \cdot \sin(\phi)$$

$$\phi = \text{arctg} \frac{y}{x}$$

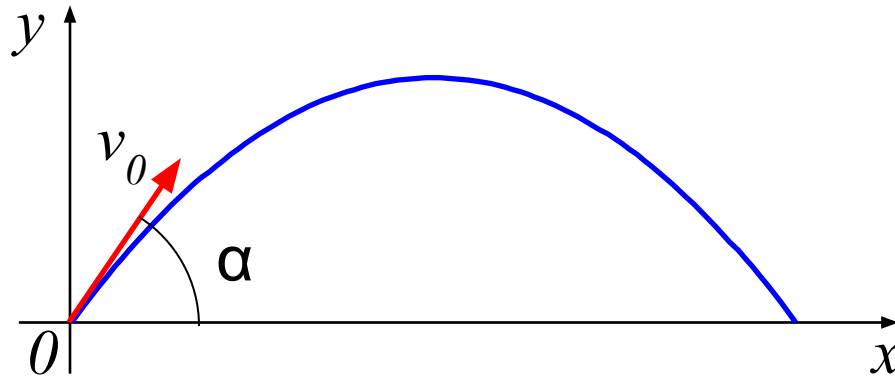
Описание в параметрической форме

$$x = f_1(t)$$

$$y = f_2(t)$$

t – независимый параметр («время»)

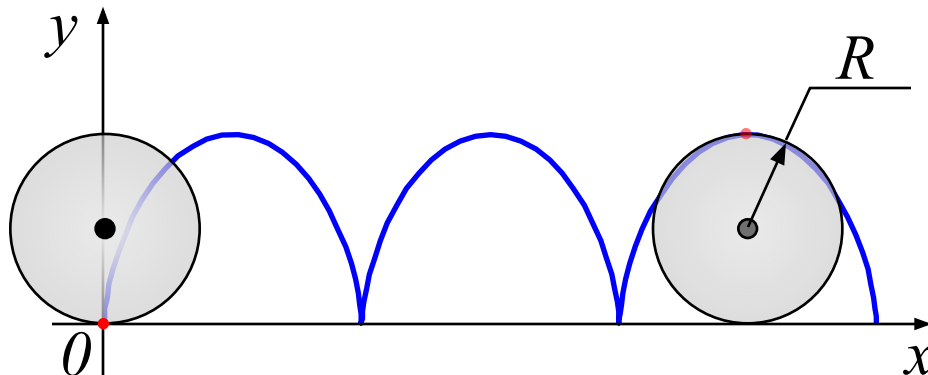
Описание фигур, полученных при сложном **движении** объектов.



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

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

Циклоида – траектория точки на ободе колеса при вращении

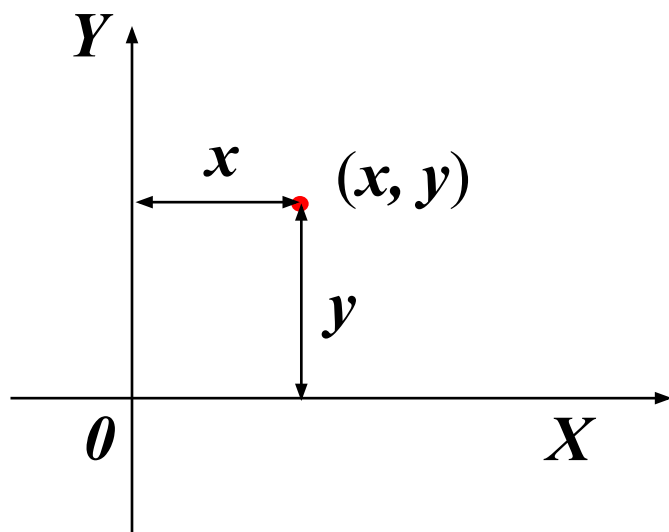


$$x = R \cdot (t - \sin t)$$

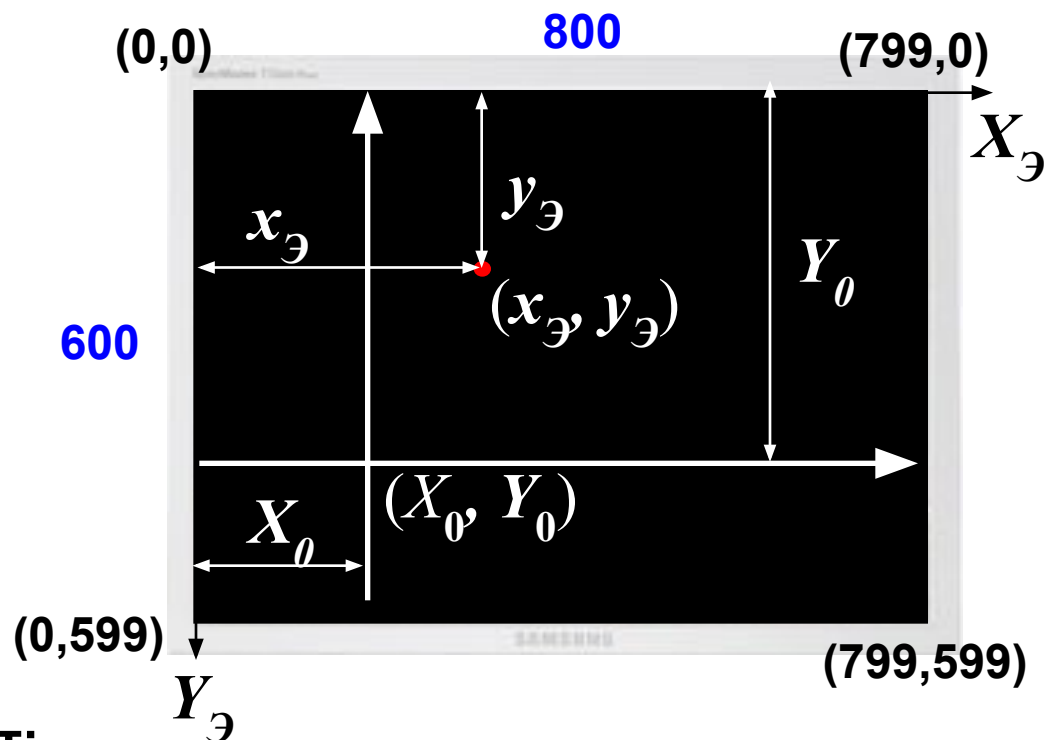
$$y = R \cdot (1 - \cos t)$$

Системы координат

Математическая



Экранная



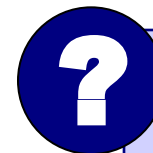
Преобразование координат:

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

k – масштаб (во сколько раз растягивается единичный отрезок)

$$x_{\text{э}} = X_0 + k \cdot x$$

$$y_{\text{э}} = Y_0 - k \cdot y$$



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

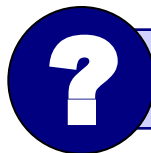
```
main()
{
    initwindow(800, 600);
```

основная часть

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

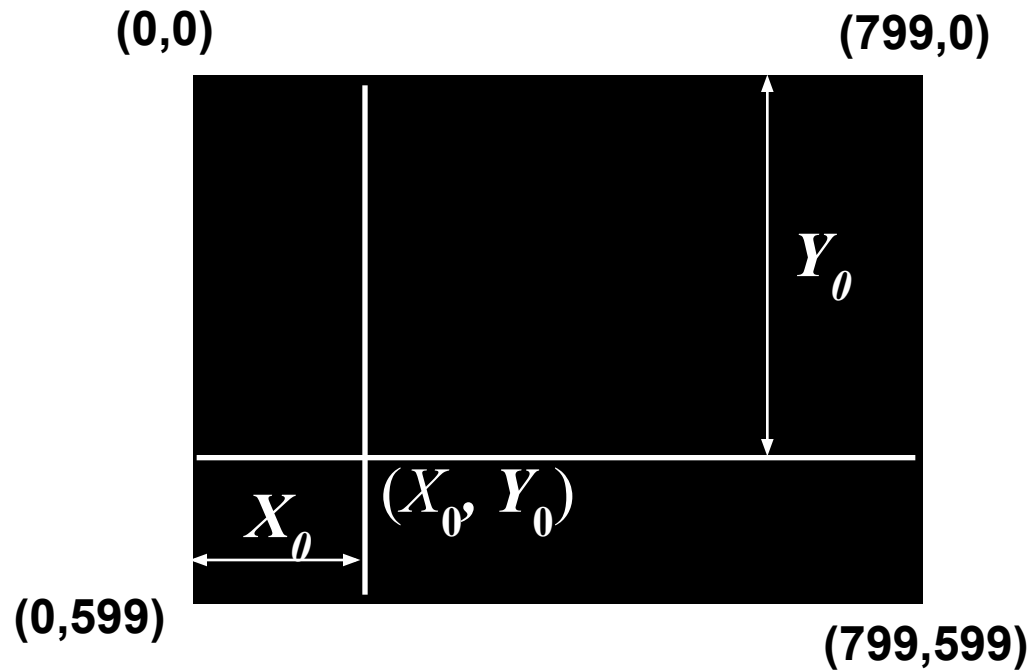
Перевод в экранные координаты

```
//-----  
// 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;  
}
```



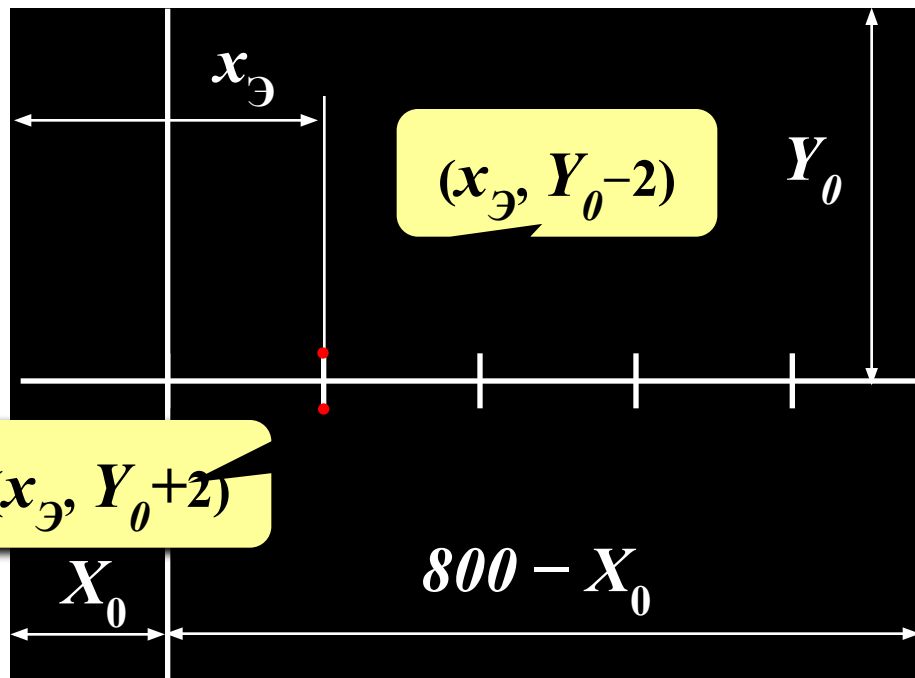
Откуда берутся X_0 , Y_0 и k ?

Оси координат



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

Разметка оси X («черточки»)



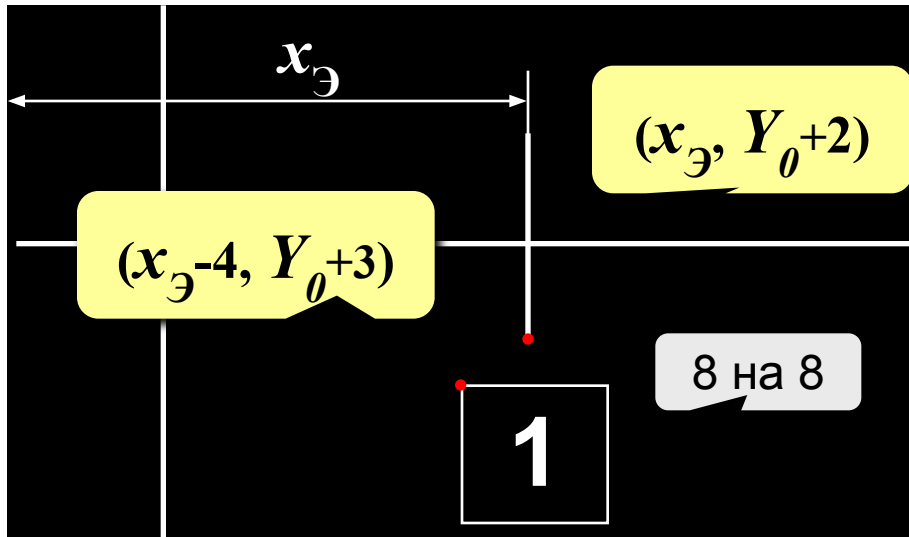
Число меток на $[0, x_{max}]$:
 длина $800 - X_0$
 единичный отрезок k

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

```
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)

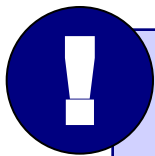
```
void Axes ()
{
    int i, xe, ye;
    char s[5];

    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», используя только 2 цикла (1 цикл для каждой оси).



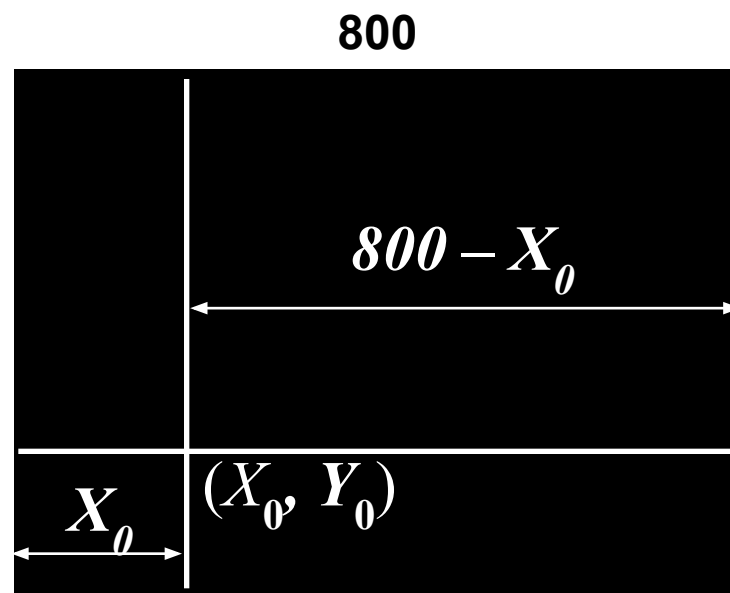
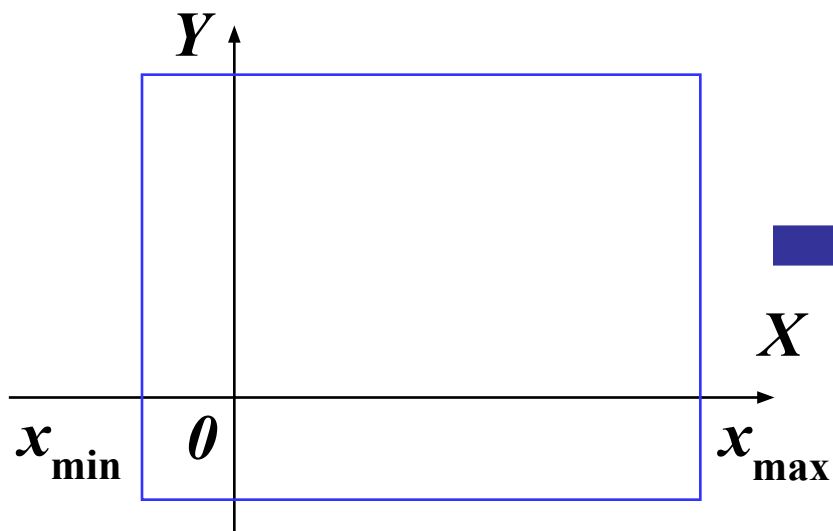
Разметка должна работать правильно при любых значениях X_0 и Y_0 .

Построение графика по точкам



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

Границы области «видимости»:



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

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);
}
```

The diagram illustrates the flow of control between functions. A blue arc connects the `Plot()` function to the `Point()` function. A red arc connects the `Plot()` function to the `odz1()` function. A green arc connects the `Plot()` function to the `f1()` function.

Задания

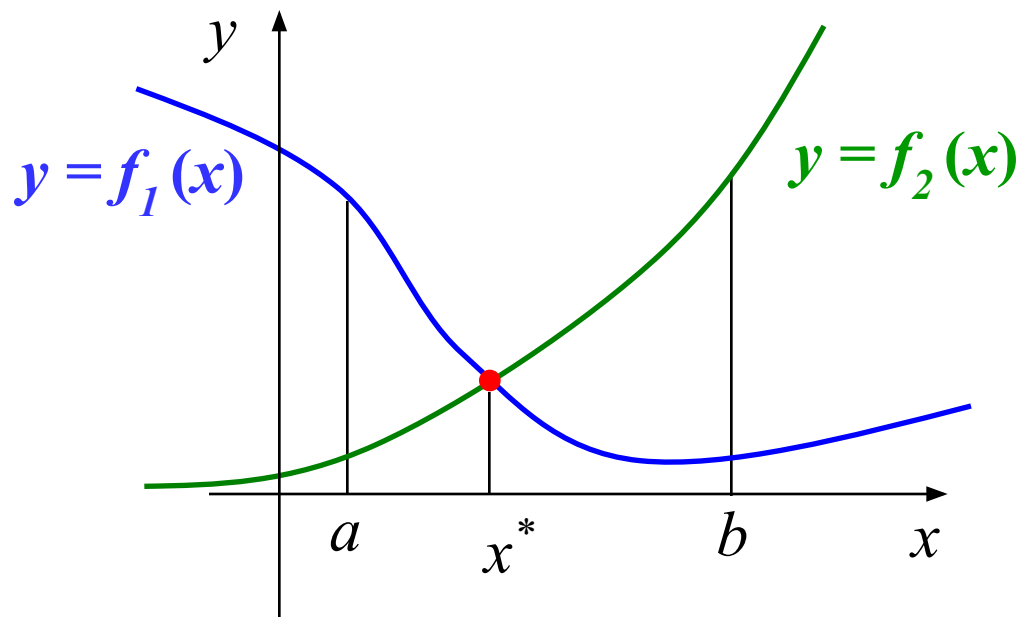
«4»: Построить графики в соответствии с заданием.

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

Структурное программирование на языке Си

Тема 4. Точки пересечения

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:

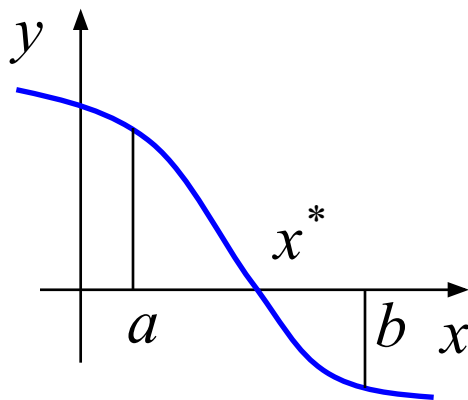
уравнение сложно (или невозможно) решить аналитически
(получить формулу для x^*)

- Точные (аналитические)

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

- 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**

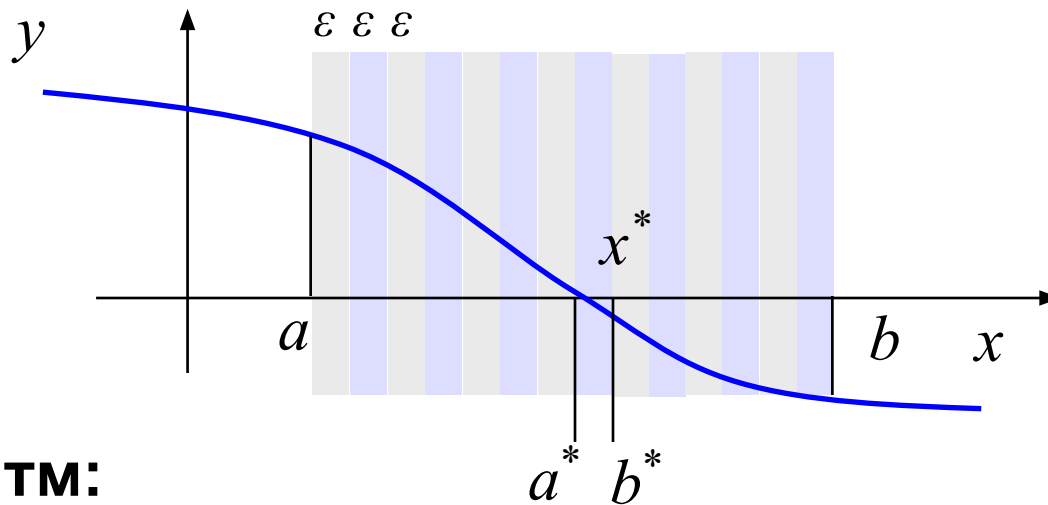


- решение всегда приближенное, **неточное**

$$\sqrt{x+1} - 4\sin(x-1) = 0 \quad \longrightarrow \quad x = \cancel{1,2974} \quad x \approx 1,3974$$

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).



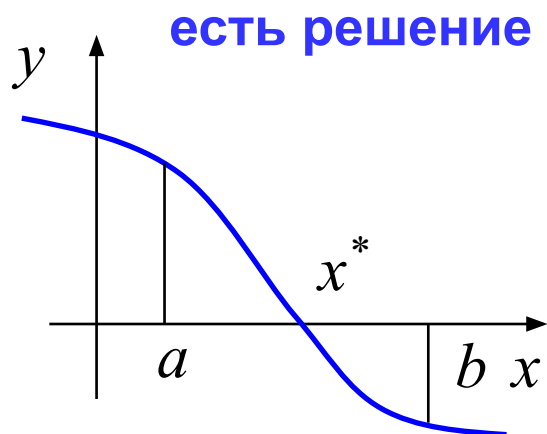
Алгоритм:

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



Как улучшить решение?

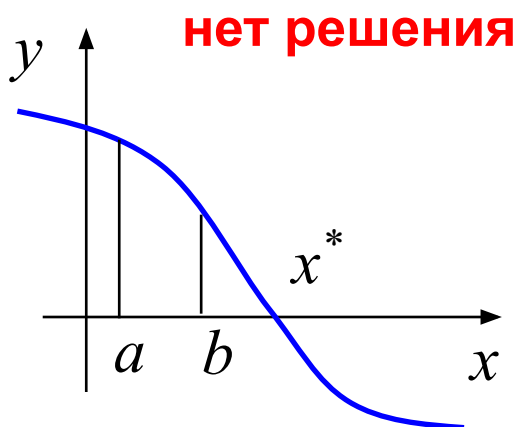
Есть ли решение на $[a, b]$?



$$f(a) > 0$$

$$f(b) < 0$$

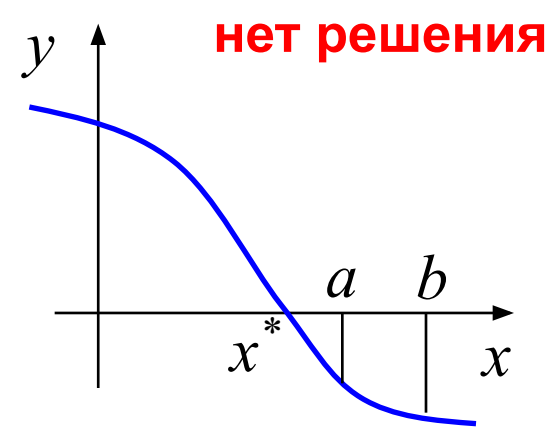
$$f(a)f(b) < 0$$



$$f(a) > 0$$

$$f(b) > 0$$

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



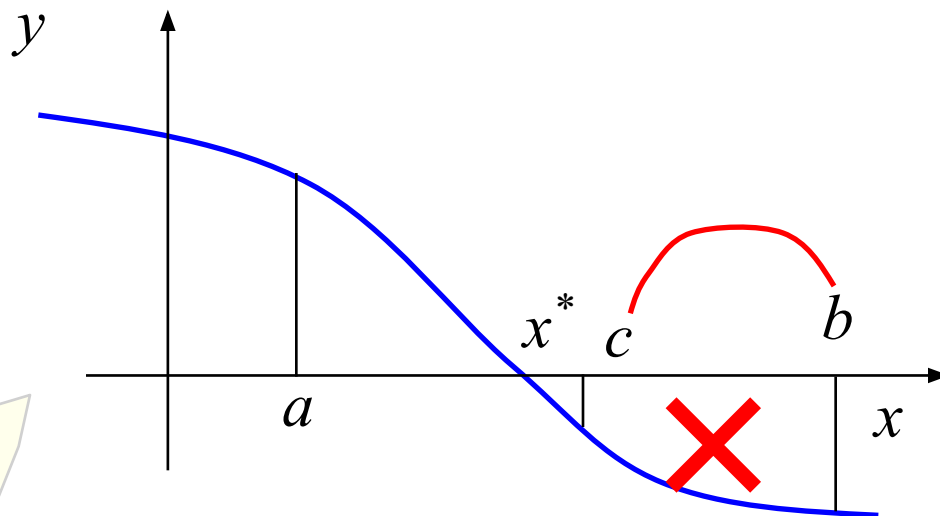
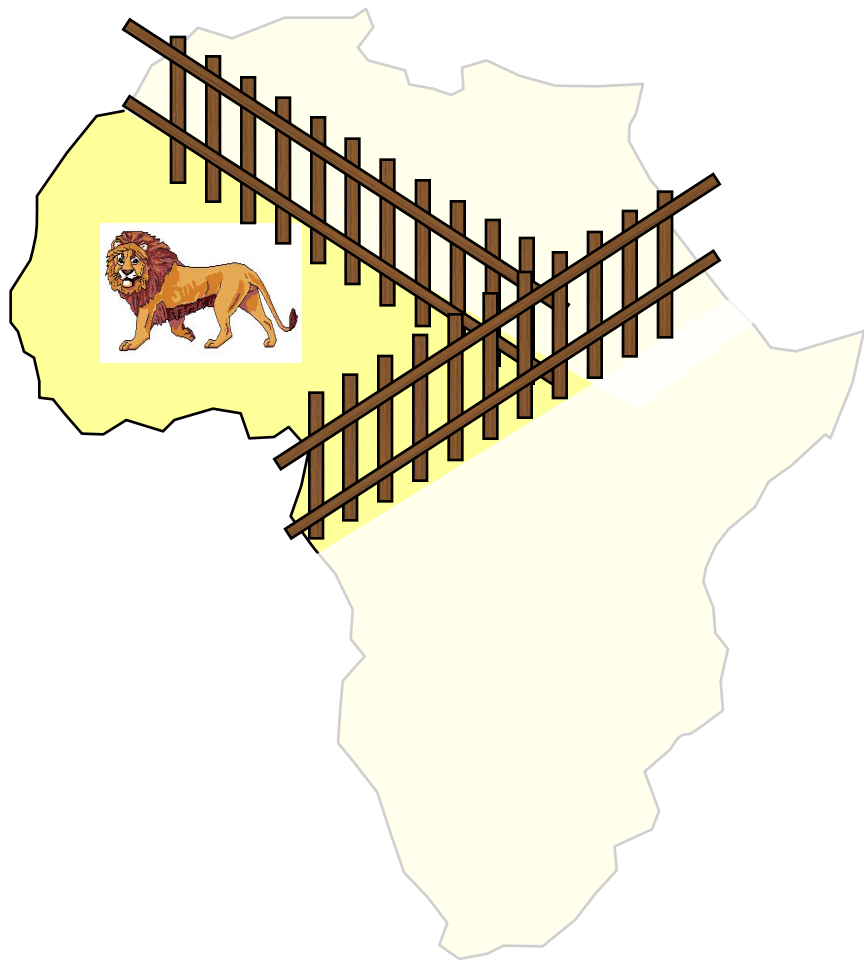
$$f(a) < 0$$

$$f(b) < 0$$



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 $f(c) * f(a) \geq 0$, сдвинуть левую границу интервала

$$a = c;$$
4. Повторять шаги 1-3, пока не будет $b - a \leq \epsilon$.

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

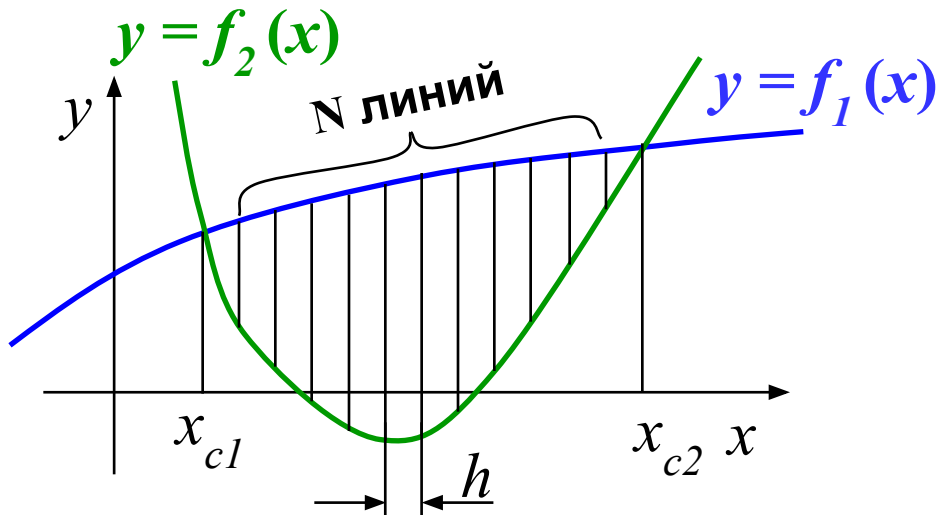
... и значение y!

то же самое для
остальных точек

Структурное программирование на языке Си

Тема 5. Штриховка

Штриховка (две функции)



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

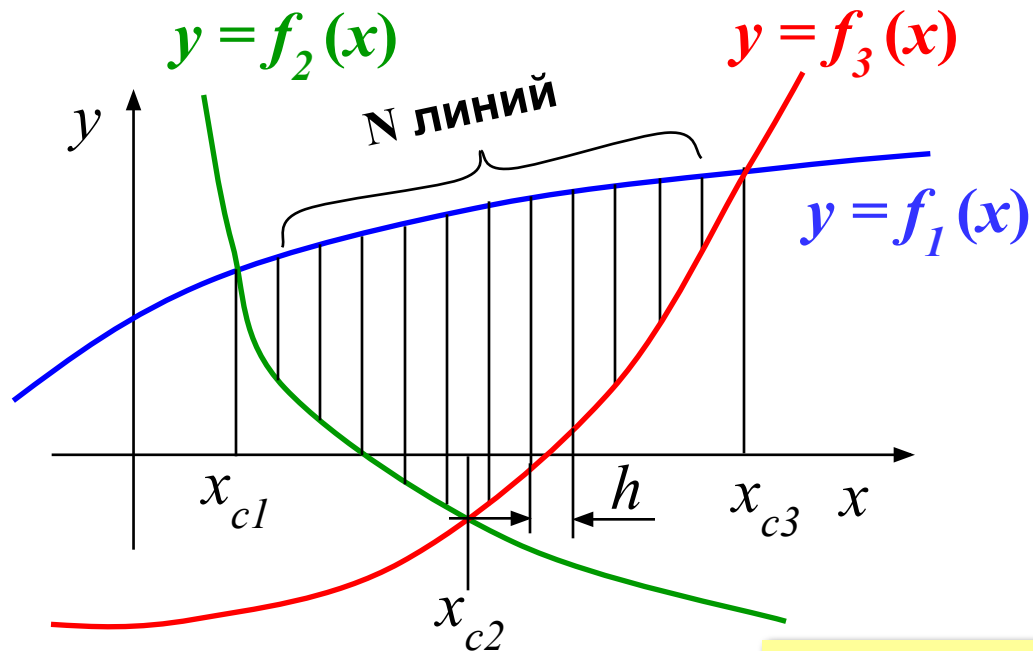
```
void Hatch()
{
    const int N = 10;
    float x, h = (xc2 - xc1) / (N + 1);
    int xe, yUp, yDown;
    for (x = xc1+h; x < xc2; x += h )
    {
        xe = ScreenX ( x );
        yUp = ScreenY ( f1(x) );
        yDown = ScreenY ( f2(x) );
        line ( xe, yUp, xe, yDown );
    }
}
```

шаг по x

экранныя
координата x

экранные координаты
границ области по
оси y

Штриховка (составная нижняя граница)



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

```
void Hatch()
{
  ...
  h = ( хс3 - хс1) / (N + 1);
  ...
  yDown = ScreenY ( Down(x) );
  ...
}
```

```
//-----
// Down нижняя граница области
//-----
float Down ( float x )
{
  if ( x < хс2 )
    return f2(x);
  else return f3(x);
}
```

Штриховка (общий случай)

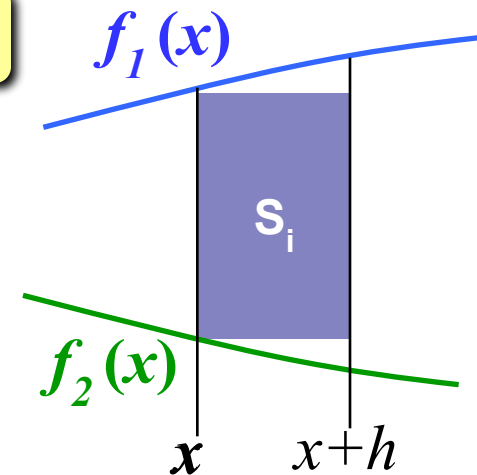
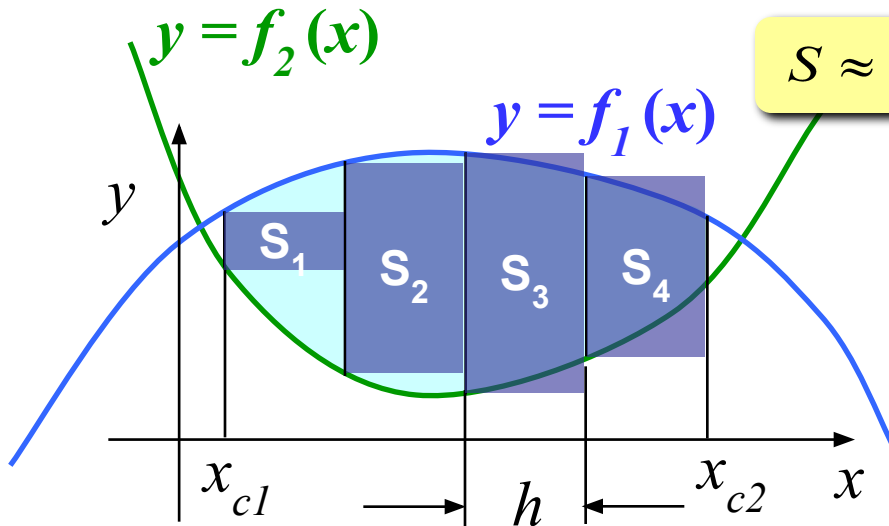
```
float Up ( float x ) { ... }
float Down ( float x ) { ... }
...
void Hatch()
{
    const N = 10;
    float x, h = ( xc3 - xc1 ) / ( N + 1 );
    int xe, yUp, yDown;
    for ( x = xc1+h; x < xc3; x += h )
    {
        xe = ScreenX ( x );
        yUp = ScreenY ( Up ( x ) );
        yDown = ScreenY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

у всех по-разному...

Структурное программирование на языке Си

Тема 6. Вычисление площади

Метод (левых) прямоугольников



```
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;
```

```
printf (out, "S=%7.3f", S);
```

```
outtextxy (300, 300, out);
```

```
}
```

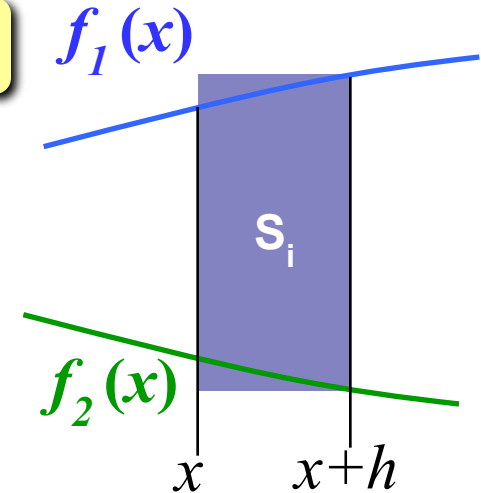
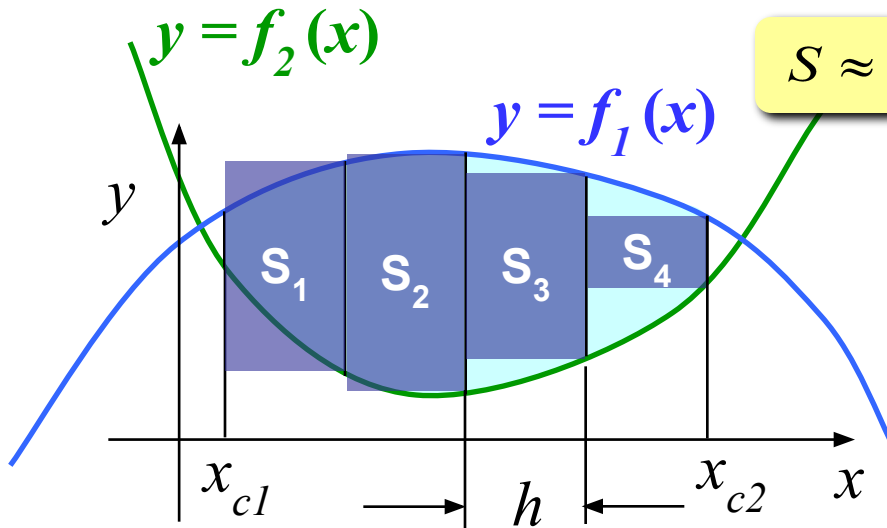


Почему не
 $x \leq x_{c2}$?



Как улучшить
решение?

Метод (правых) прямоугольников

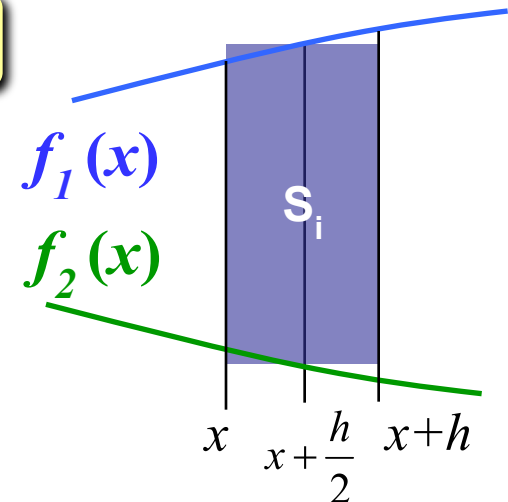
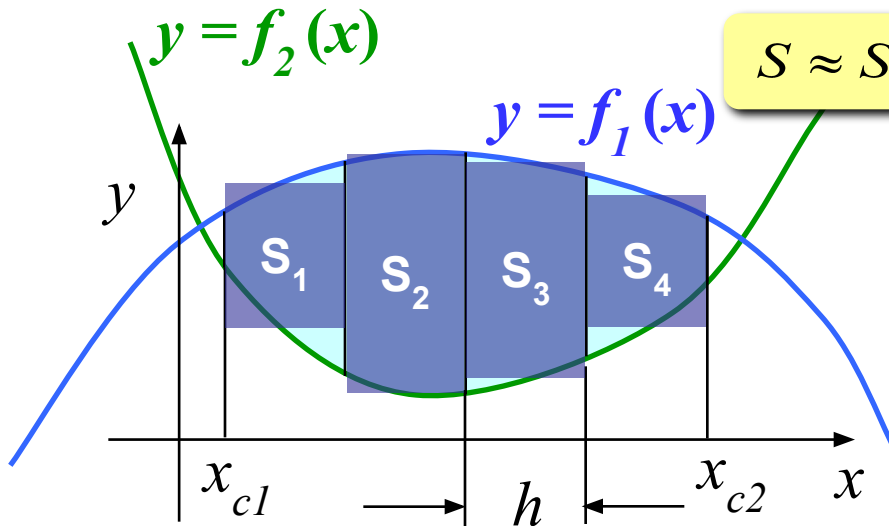


$$S_i = (f_1(x+h) - f_2(x+h)) \cdot h$$

```
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



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

```
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?

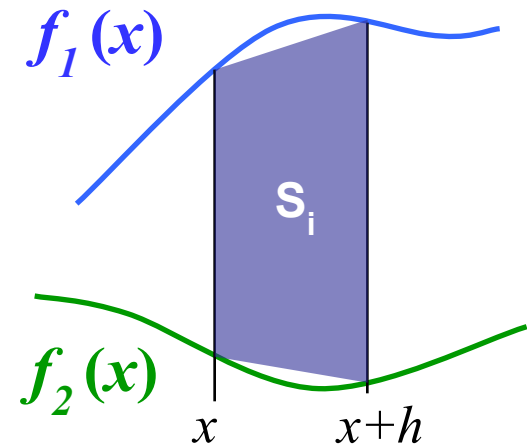
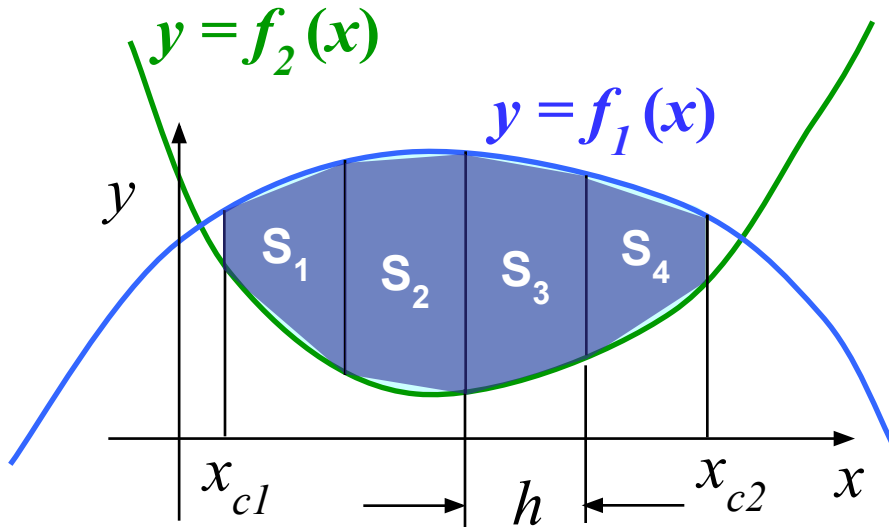
левые (правые):

$$\varepsilon = O(h)$$

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 = ( f1(xc1) - f2(xc1)
        + f1(xc2) - f2(xc2) ) / 2.;
```

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

```
    S += f1(x) - f2(x);
```

```
  S *= h;
```



Как улучшить?

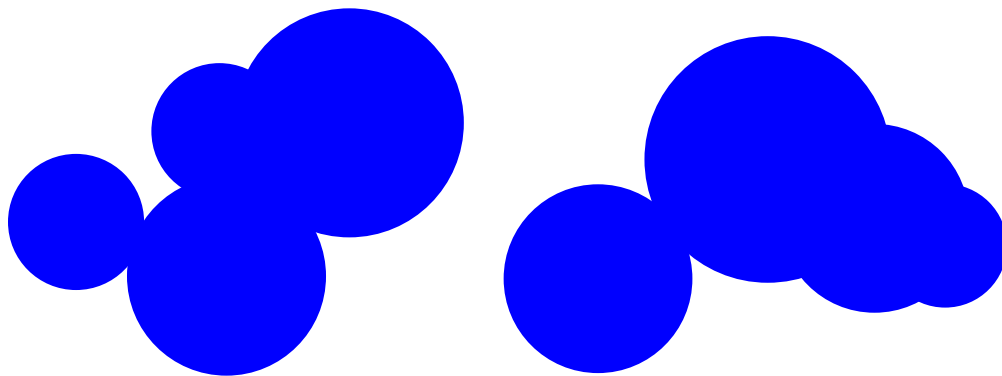
Ошибка $\varepsilon = O(h^2)$

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 могут пересекаться. Найти площадь области, перекрытой кругами.

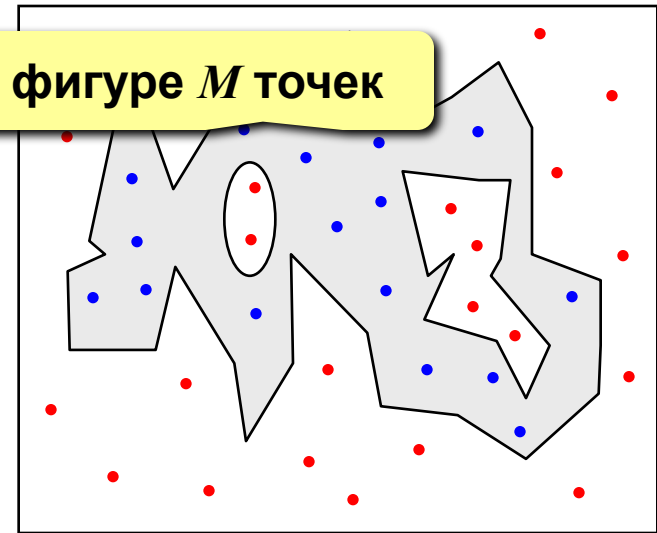


Как найти s ?

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**: $\frac{S}{S_0} \approx \frac{M}{N} \Rightarrow S \approx S_0 \cdot \frac{M}{N}$

На фигуре M точек



Всего N точек

$$S \approx S_0 \cdot \frac{M}{N}$$



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;  
}
```



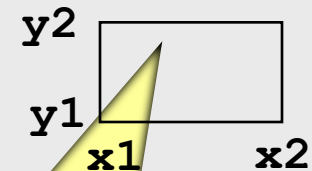
```
int Inside ( float x, float y )  
{  
    return (Down(x) <= y  &&  y <= Up(x)) ;  
}
```


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, "%f", 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

Титульный лист

Министерство образования и науки РФ
Государственное образовательное учреждение СОШ № 163

Образец

Отчет о выполнении проекта

"Графики функций"

Вариант 6

Выполнил: ученик 9^Б класса
Пупкин Василий

Проверил:
Поляков К. Ю.

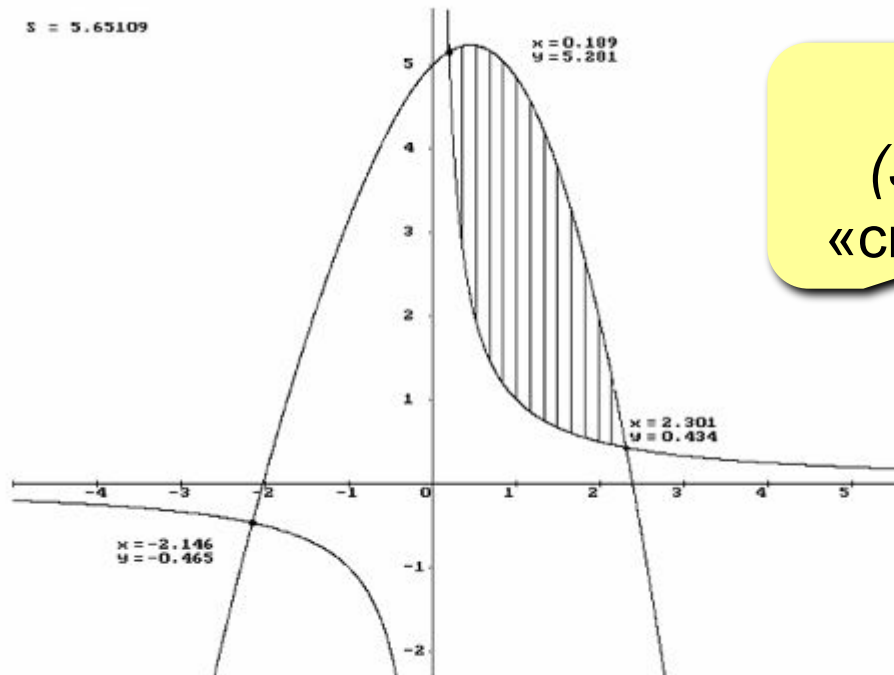
Санкт-Петербург
2007

Графики функций

I. Графики функций

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


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



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

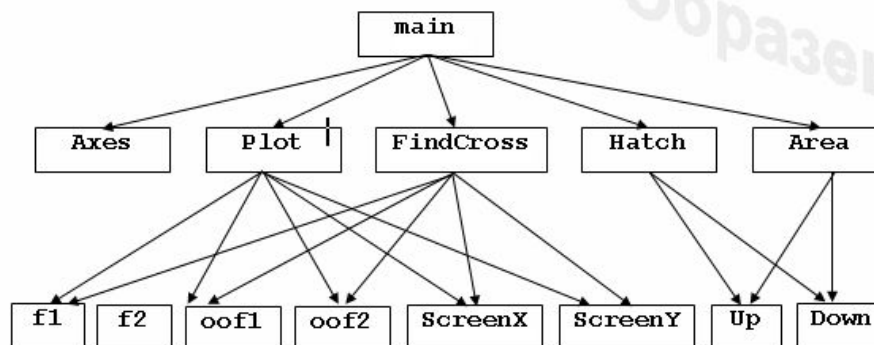
«СКРИНШОТ»
(*screenshot*) –
«СНИМОК» экрана

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



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

```

#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
// Ввод:  x в математических координатах
// Вывод: y в математических координатах
//-----
float f1(float x) { return 1. / x; }
float f2(float x) { return - x*x + sin(x) + 5; }

//-----
// 00F1, 00F2 - области допустимых значений аргумента
// Ввод:  x в математических координатах
// Вывод: 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
// Ввод:  x в математических координатах
// Вывод: y в математических координатах
//-----
float Up(float x)
{
    return f2(x);
}

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

//-----
// SCREENX, SCREENY - i10i10 из математических
// координат в экранные
// Ввод:  x или y в математических координатах
// Вывод: 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 - i10i10i10i10
//-----
void Axes()
{
    int d, sx, sy;
    char s[20];

```

Образец

шрифт Courier New,
(моноширинный)
размер 10 пт

Конец фильма
