Моделирование и обработка результатов измерений

Смирнов Сергей Юрьевич

ИЯФиТ, кафедра 40

sysmirnov@mephi.ru

Моделирование и обработка результатов измерений

Лабораторные работы

Тема 1: «Метод наименьших квадратов»

1: линейный МНК с графическим изображением полученной функции

2: линейный МНК с ошибками по оси Y в каждой точке и с графиком функции

~~3: квадратичный МНК без учета ошибок, с графиком функции~~

~~4: фитирование экспериментальных распределений функцией Гаусса~~

Тема 2: «Моделирование и обработка результатов по распаду π^0-мезона на 2 γ-кванта»

5: моделирование распада $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ в системе покоя π^0-мезона

6: преобразование кинематических характеристик вторичных частиц (γ-квантов) в лабораторную систему отсчета, формулы Лоренц-преобразования

7: моделирование детектора γ-квантов и запись модельных сигналов детектора во внешний файл

Поэтапное развитие программы с математической моделью распада частицы и детектирования продуктов распада

8: анализ экспериментальных данных по распаду π^0-мезона. Чтение файла из работы № 7 и проверка кинематических параметров вторичных частиц

9: построение массового спектра системы двух γ-квантов и восстановление массы родительской частицы

Создание второй программы, осуществляющей анализ модельных данных

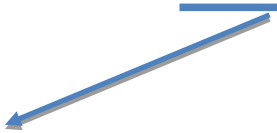
Рабочая платформа – Linux

Scientific Linux CERN (SLC) vers. 6.10

- Серверы:
  - ui02.lxfarm.mephi.ru (основной)
  - ui03.lxfarm.mephi.ru (более свежая версия Linux — CentOS 7.9)
  - pm02.lxfarm.mephi.ru
  - pm04.lxfarm.mephi.ru
- Создание файла с текстом программы:
  - редакторы: vi, emacs, pico, nano и многие другие
- Компиляция:

  g++ file.cxx или g++ file.cxx –o file.exe
- Запуск на выполнение:

  ./a.out или ./file.exe



Допустимые в Unix расширения имени файла с текстом программы на C++:

.C .cc .cpp .cxx

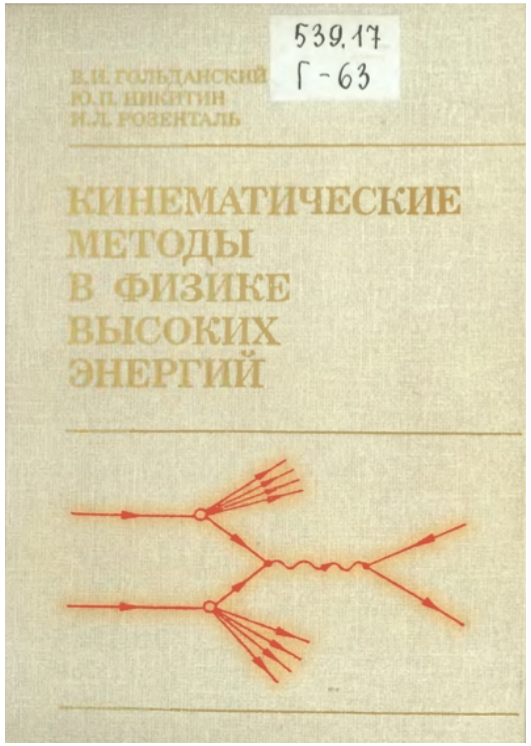
Рекомендуемая литература

ROOT:

- https://root.cern/primer/ (англ.)
- https://root.cern/manual/ (англ.)
- http://nuclphys.sinp.msu.ru/books/b/ROOT.htm (рус.)

Кинематические методы:

- В.И.Гольданский, Ю.П.Никитин, И.Л.Розенталь
  Москва “Наука” 1987 г.

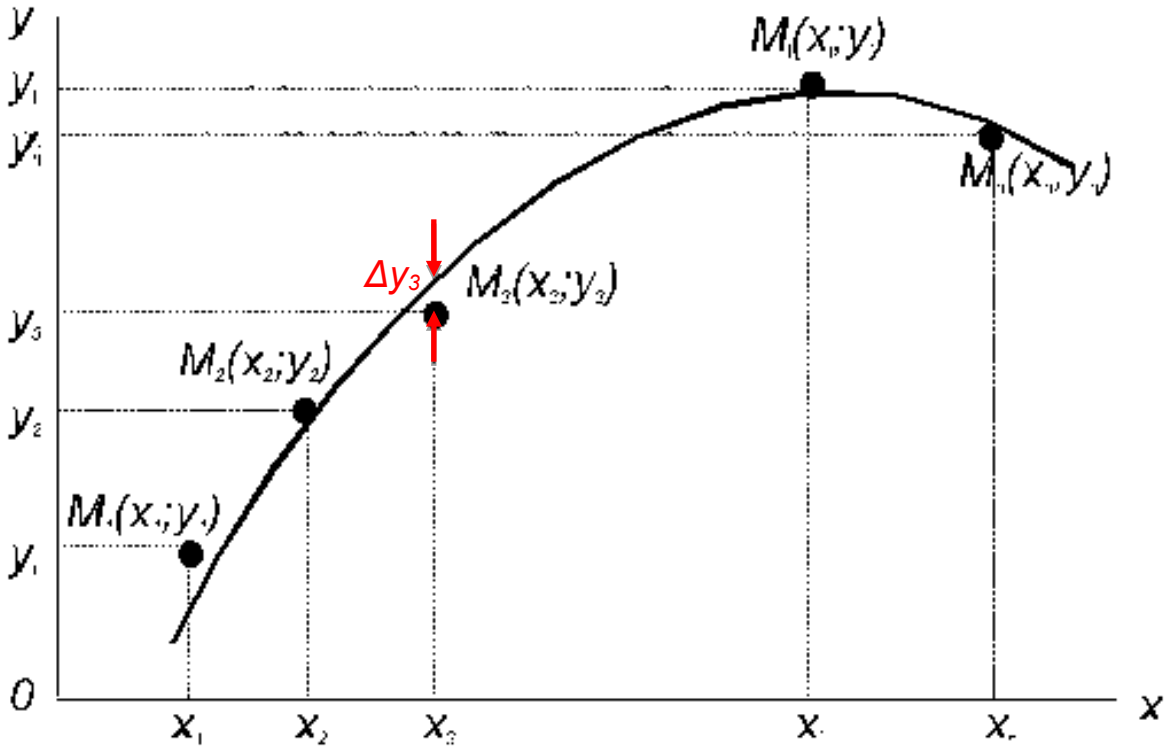


Лабораторная работа №1

Метод наименьших квадратов
Фитирование наблюдаемых точек линейной функцией

Метод наименьших квадратов – общий метод построения оценок неизвестных параметров модели (теории) случайного явления как значений параметров, минимизирующих суммы квадратов отклонений, т.е. разностей между наблюдениями и их теоретическими величинами (как функциями от неизвестных искомых параметров).

Метод применяется также при аппроксимации функций.



$M_i(x_i; y_i)$ – наблюдаемые точки и их координаты

Δy_i – отклонение i-ой наблюдаемой точки от теоретической кривой

Модель с линейной функцией:
$y = f(x) = a*x + b$

Суть метода наименьших квадратов:
$\Sigma(y_i - f(x_i))^2 = min$

Лабораторная работа №1

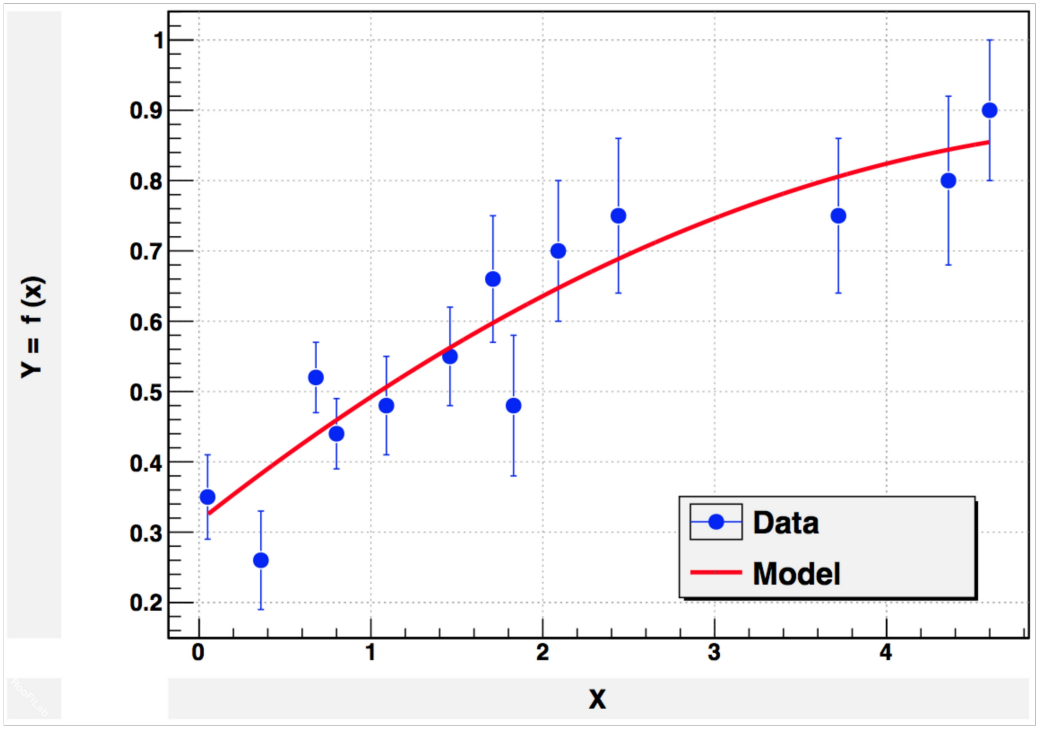
Метод наименьших квадратов
Фитирование наблюдаемых точек линейной функцией

Задание:

- исходя из метода наименьших квадратов, вывести аналитические формулы для вычисления неизвестных параметров линейной функции *a, b* по известным координатам наблюдаемых точек

- написать программу, в которую с клавиатуры вводится количество наблюдаемых точек и их координаты, вычисляются и печатаются найденные параметры линейной функции

- для визуализации полученного результата программа с помощью графического пакета Root должна нарисовать введенные точки и поверх них построить получившуюся линейную функцию



Слайды с подсказками по программному пакету ROOT

Статистический анализ и визуализация данных в физике высоких энергий

https://root.cern.ch

Вариант 1: работа внутри программной оболочки Root с помощью интерпретатора CINT/Cling

```
ui02.lxfarm> root
root [0] .x testMNK.C  -  запуск скрипта на выполнение
root [1] .q            -  выход из программной оболочки Root
```

Вариант 2: создание собственных исполняемых программ с подключением библиотек из пакета Root

```
ui02.lxfarm> g++ -o test1.exe test1.cpp `root-config --cflags --libs`
ui02.lxfarm> ./test1.exe
```

test1.cpp

```
#include "TApplication.h"
int  main(int  argc,  char**  argv)
{
  TApplication  App("App", &argc, argv);
  void  testMNK();        //function prototype
  testMNK();
  App.Run();
  return 0;
}
```

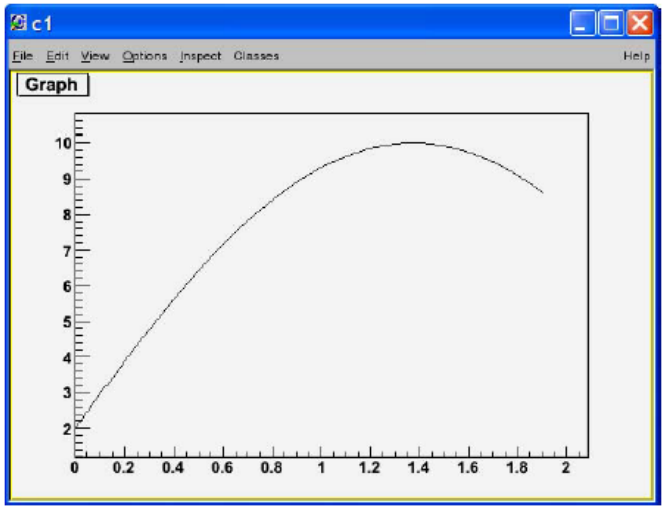
testMNK.C

```
#include "TCanvas.h"
#include "TGraph.h"
#include "TGraphErrors.h"
void testMNK()
{
  TCanvas *canv1 = new TCanvas("canv1","LSQ example",0,0,1000,700);
  float x1[4] = {1, 2, 3, 4};
  float y1[4] = {1, 2.1, 2.95, 4.15};
  float ex[4] = {0,0,0,0};
  float ey[4] = {0.2, 0.3, 0.25, 0.2};
  TGraphErrors *gr1 = new TGraphErrors(4, x1, y1, ex, ey);
  gr1->SetMarkerStyle(21);
  gr1->Draw("AP");
  float x2[10], y2[10];
  for(int i=0;i<10;i++)
  { x2[i] = i*0.5;
    y2[i] = x2[i];
  }
  TGraph *gr2 = new TGraph(10, x2, y2);
  gr2->Draw("Lsame");
  return;
}
```

Графики

- Работа с графиками обеспечивается классом `TGraph`
- Для создания графика нужно определить два массива, содержащих `n` значений абсцисс и ординат точек.
- Пример. График функции y(x)=10*sin(x+0.2)

```
Int_t n = 20;
Double_t x[n], y[n];
for (Int_t i=0; i<n; i++) {
  x[i] = i*0.1;
  y[i] = 10*sin(x[i]+0.2);
}
TGraph *gr1 = new TGraph (n, x, y);
```

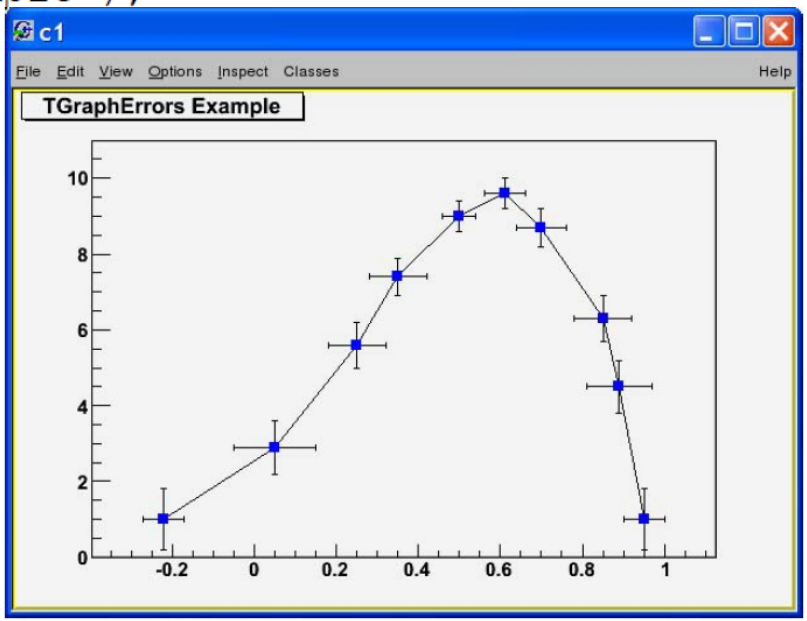


- Рисование графика
  - `gr1->Draw("ACP")`

График с погрешностями

- Для графиков с погрешностями используется класс `TGraphErrors`
- Пример скрипта

```
{
Int_t n = 10;
Float_t x[n] = {-.22,.05,.25,.35,.5,.61,.7,.85,.89,.95};
Float_t y[n] = {1,2.9,5.6,7.4,9,9.6,8.7,6.3,4.5,1};
Float_t ex[n] = {.05,.1,.07,.07,.04,.05,.06,.07,.08,.05};
Float_t ey[n] = {.8,.7,.6,.5,.4,.4,.5,.6,.7,.8};
TGraphErrors *gr = new TGraphErrors(n,x,y,ex,ey);
gr->SetTitle("TGraphErrors Example");
gr->SetMarkerColor(4);
gr->SetMarkerStyle(21);
gr->Draw("ALP");
}
```



Пример построения графика по точкам

файл test_graph2d.C

```
// This script can be run from interactive Root:
// [ ] .x test_graph2d.C
//
// or it can be compiled outside Root CINT
// > g++ -o test_graph2d.exe test_graph2d.C `root-config --cflags --
libs`
//
// and then run
// > ./test_graph2d.exe
//

#include "TCanvas.h"
#include "TGraph2D.h"

// --- for standalone compilation only
#ifndef __CINT__
#include "TApplication.h"

int main(int argc, char** argv)
{
  TApplication App("App",&argc, argv);
  void test_graph2d();  //function prototype
  test_graph2d();
  App.Run();
  return 0;
}
#endif
// --- end of standalone compilation block
```

```
void test_graph2d()
{
  Int_t nbin=10;
  Double_t xmin,xmax,x,dx;
  Double_t ymin,ymax,y,dy;
  Double_t zmin,zmax,z;
  TCanvas *canv1 = new TCanvas("canv1","Graph2d
example",0,0,1000,700);
  xmin=0; xmax=200;
  ymin=0; ymax=100;
  zmin=0; TGraph2D* dt = new TGraph2D(nbin);
  dx=(xmax-xmin)/nbin;
  dy=(ymax-ymin)/nbin;
  Int_t k = 0;
  for(Int_t i=0;i<nbin;i++)
  {
     x = xmin + dx*i;
     for(Int_t j=0;j<nbin;j++)
     {
       y = ymin + dy*j;
       z = 0.02*x*x + 2*y - 100;
       if(z>zmin)
       {
          dt->SetPoint(k,x,y,z);
          k++;
        }
     }
  }
  dt->SetMinimum(zmin);
  dt->Draw(”surf1");
}
```