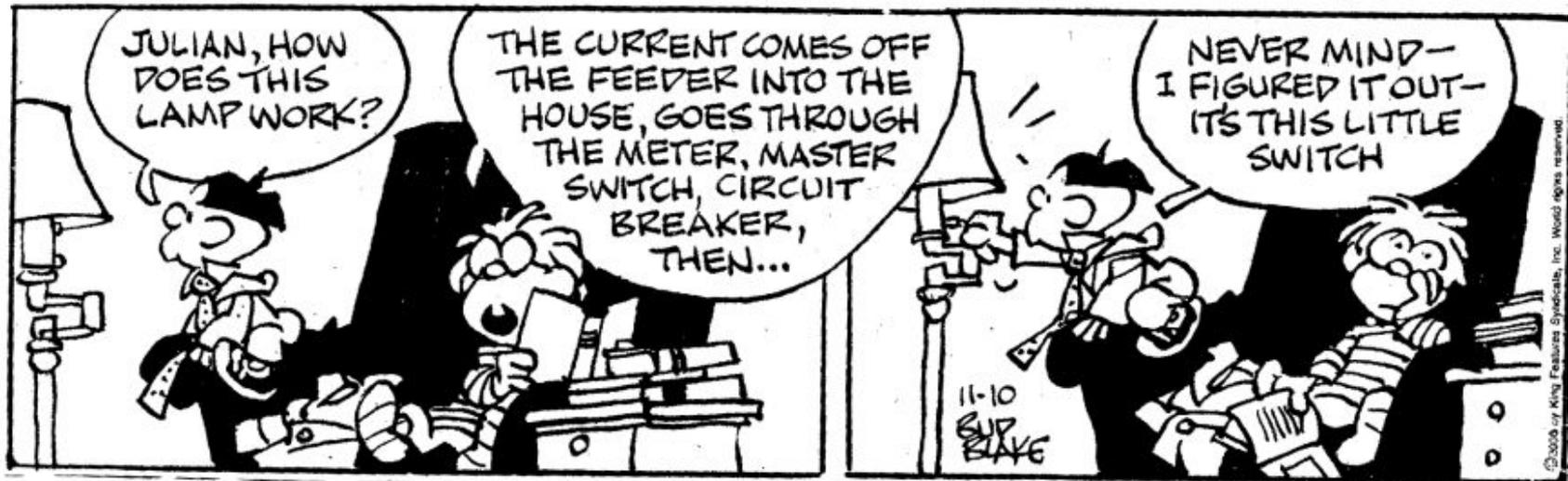


Логашенко И.Б.
Современные методы обработки
экспериментальных данных

ROOT – программная оболочка для
обработки данных

Что такое ROOT?

TIGER By Bud Blake



ROOT – объектно-ориентированная (C++) программная оболочка (библиотека), предоставляющая большое количество инструментов, необходимых для обработки данных.

Почему ROOT

- Бесплатная
- Открытый код
- Кросс-платформенная
- Может использоваться и как приложение, и как библиотека
- Огромное количество инструментов
 - гистограммы, функции, подгонка
 - сохранение и обработка больших объемов данных
 - научная графика
 - математическая библиотека
 - многопараметрический анализ данных (например, нейронные сети)
 - интеграция с Python, Ruby, Mathematica

Документация

- Веб-страница
<http://root.cern.ch>
- Руководство пользователя
<http://root.cern.ch/drupal/content/users-guide>
- Подробное описание классов
<http://root.cern.ch/drupal/content/reference-guide>
- Примеры
<http://root.cern.ch/root/html/tutorials/>
<http://root.cern.ch/drupal/content/howtos>
- Описание пакета TMVA
<http://tmva.sourceforge.net/docu/TMVAUsersGuide.pdf>

Запуск ROOT

- Настройка переменных окружения (bash)

```
export ROOTSYS=...
```

```
export PATH=${PATH}:${ROOTSYS}/bin
```

```
export LD_LIBRARY_PATH=${LD_LIBRARY_PATH}:${ROOTSYS}/lib
```

- Запуск ROOT из командной строки

```
Usage: root [-l] [-b] [-n] [-q] [file1.C ... fileN.C]
```

Options:

```
-b : run in batch mode without graphics
```

```
-n : do not execute logon and logoff macros as specified in .rootrc
```

```
-q : exit after processing command line macro files
```

```
-l : do not show splash screen
```

Пример: root -l

ROOT как интерпретатор C++

В качестве командного языка ROOT использует CINT – интерпретатор C++

```
root[0] TH1D *h = new TH1D("h1","Test histogram",100,0,10);
root[1] TF1 *f = new TF1("f1","x-x*x",0,1);
root[2] h->FillRandom("f1",1000);
root[3] h->Draw();
root[4] char *axis_title = "x, cm";
root[4] h->GetXaxis()->SetTitle(axis_title);
root[5] .q
```

Расширение C++ в CINT

Дополнительные возможности интерпретатора:

- <TAB> автоматически дополняет имя класса и показывает список методов

```
root[0] TBrow<TAB>
root[1] TH1D(<TAB>
```

- Декларация переменных не обязательна

```
root[0] h = new TH1D("h1", "Test histogram", 10, 0, 10)
```

- Возможность использования как . , так и ->

```
root[0] h = new TH1D("h1", "Test histogram", 10, 0, 10)
root[1] h.Draw()
```

- Обращение к объекту по имени

```
root[0] new TH1D("h1", "Test histogram", 10, 0, 10)
root[1] h1->Draw()
```

Дополнительные команды CINT

В интерпретаторе определено несколько встроенных команд, начинающихся с .

root[0] .?

список всех дополнительных команд CINT

root[1] .X [filename]

загрузить [filename] и выполнить функцию [filename]

root[2] .L [filename]

загрузить [filename]

root[3] .! ls

выполнить команду shell

root[4] .files

список загруженных файлов

root[5] .class [name]

определение класса [name]

root[6] .g

список всех глобальных объектов

root[7] .ls

список объектов в текущей директории

root[8] .pwd

имя текущей директории, графического окна и графического стиля

Глобальные переменные

В CINT определено несколько глобальных переменных:

- **gRandom** - генератор случайных чисел

```
gRandom->Gaus (1, 2)
gRandom->Rndm ()
gRandom->Poisson (4)
```
- **gFile** – указатель на текущий рабочий файл

```
gFile->GetName ()
```
- **gDirectory** – указатель на текущую рабочую директорию

```
gDirectory->GetName ()
```
- **gSystem** – системная информация о текущей сессии ROOT

```
gSystem->HostName ()
```
- **gROOT** – доступ к внутренней информации текущей сессии ROOT

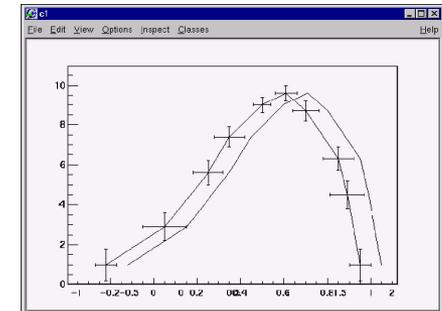
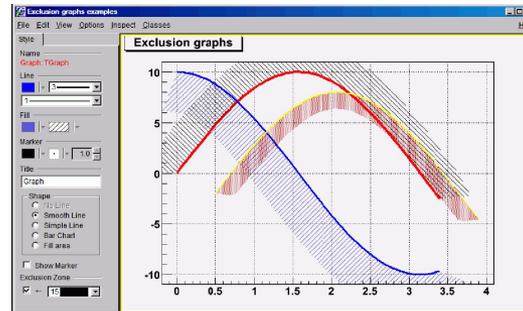
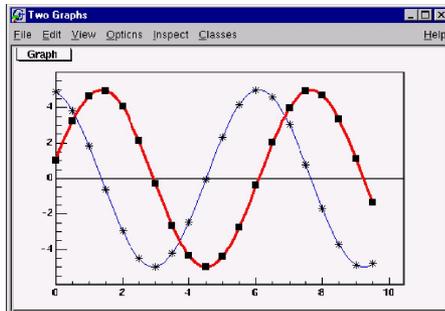
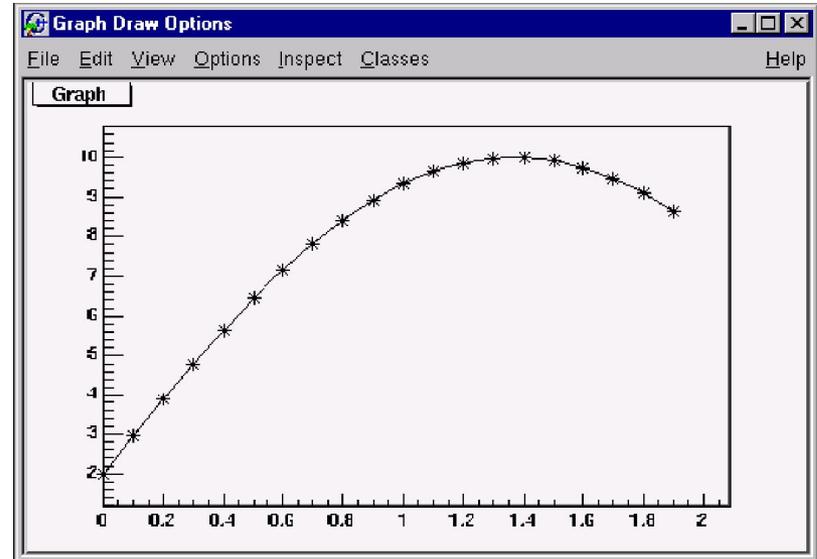
```
gROOT->GetListOf<Files> ()
gROOT->ProcessLine (“.! ls”)
gROOT->LoadMacro (“myutil.cc”)
TH1D *h1 = (TH1D*)gROOT->FindObject (“h1”)
```

TGraph

```
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);

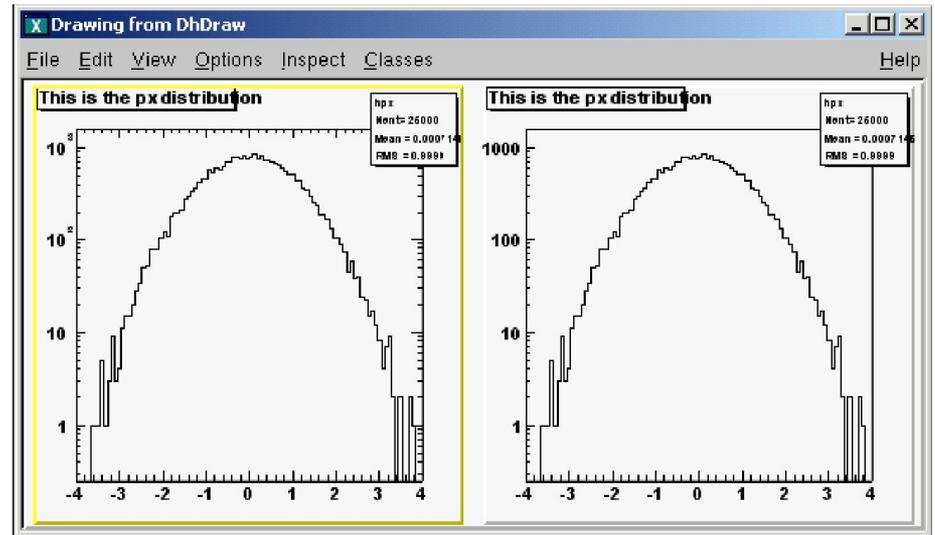
gr1->Draw("ALP");
```



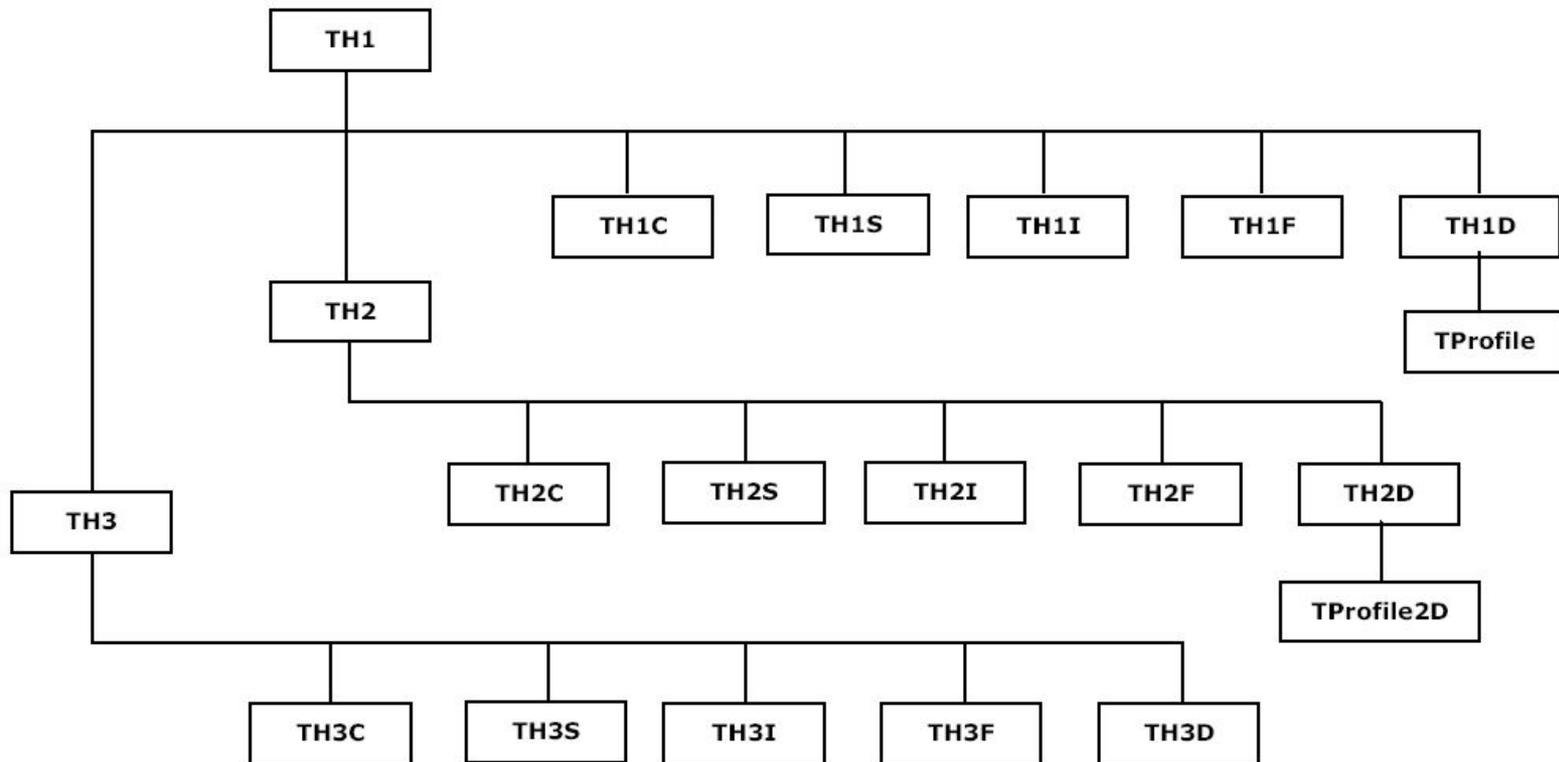
TCanvas и TPad

Для рисования графиков создается графическое окно – TCanvas. Собственно отрисовка производится в специальных областях – TPad. Внутри одного TCanvas может быть несколько TPad.

```
TCanvas *c1 = new TCanvas("c1", "Example", 10, 10, 800, 400);  
c1->Divide(2, 1);  
c1->cd(1);  
h1->Draw();  
c1->cd(2);  
h2->Draw();  
c1->Update();
```



Гистограммы - классы



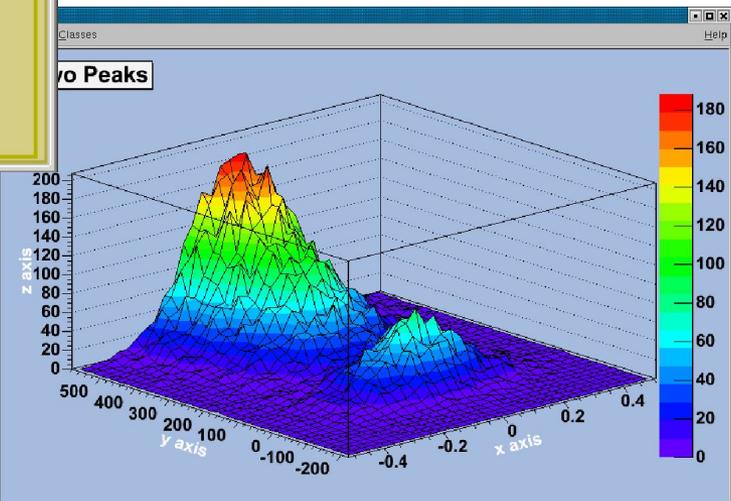
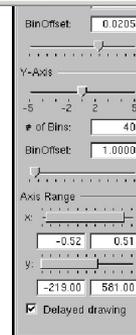
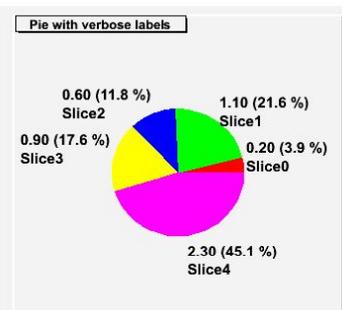
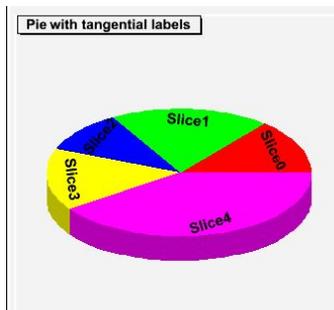
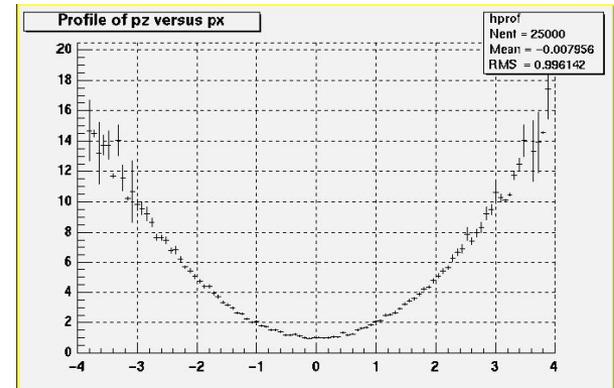
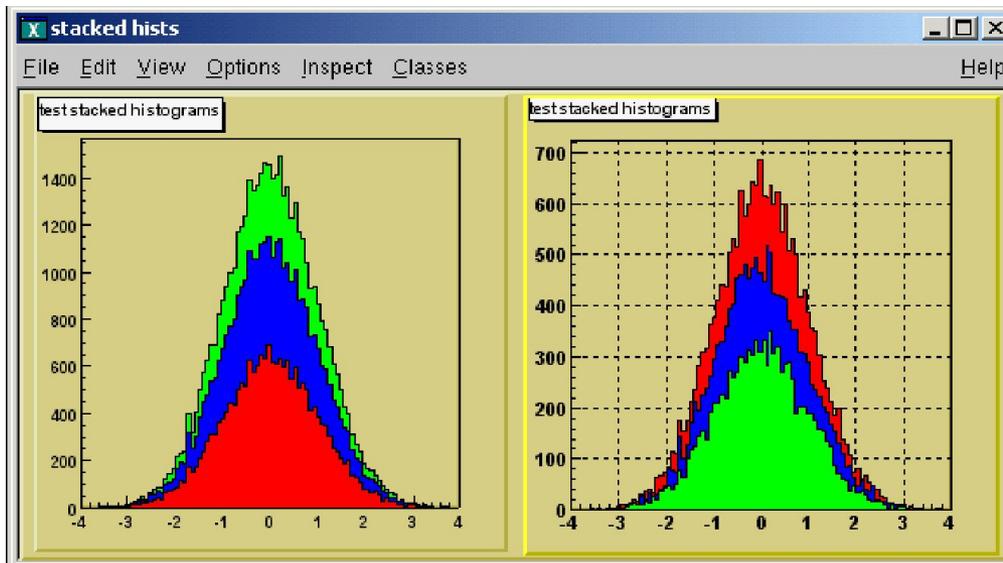
Гистограммы – пример C++

```
// Создание гистограмм
TH1D *h1 = new TH1D("h1", "Test 1-D histo", 40, 0, 1);
TH1D *h2 = new TH2D("h2", "Test 2-D histo", 40, 0, 1, 40, 0, 1);
TH1D *hp = new TProfileD("h1", "Test profile
histo", 40, 0, 1, 0, 1);

// Заполнение гистограмм
for( int i=0; i<100; i++ ) {
    double x = gRandom->Rndm();
    h1->Fill(x*x);
    for( int j=0; j<100; j++ ) {
        double y = gRandom->Gaus(0.5, 0.2);
        h2->Fill(x, y);
        hp->Fill(x, y);
    }
}

// Отрисовка гистограмм
h1->Draw()
h2->Draw("lego")
```

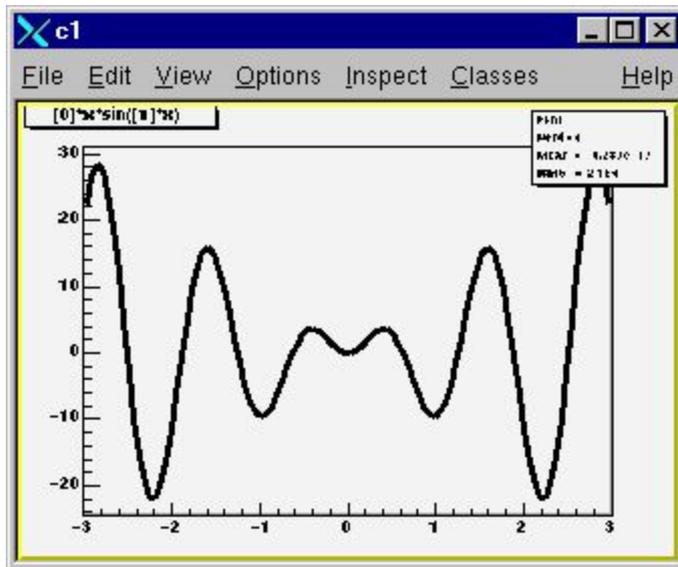
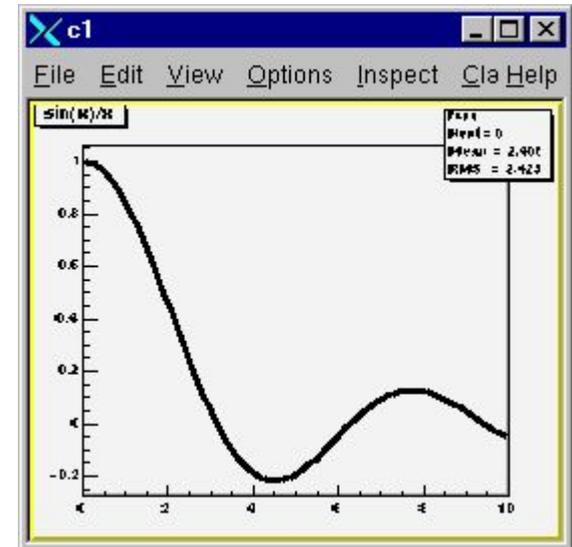
Гистограммы - графика



Функции

- Функции без параметров

```
TF1 *f1 = new TF1("f1", "sin(x)/x", 0, 10);  
f1->Draw();
```



- Функции с параметрами

```
TF1 *f1 = new TF1("f1",  
                  "[0]*x*sin([1]*x)",  
                  -3, 3);  
f1->SetParameter(0, 10);  
f1->SetParameter(1, 5);  
f1->Draw();
```

ФУНКЦИИ

- Используя пользовательскую C-функцию

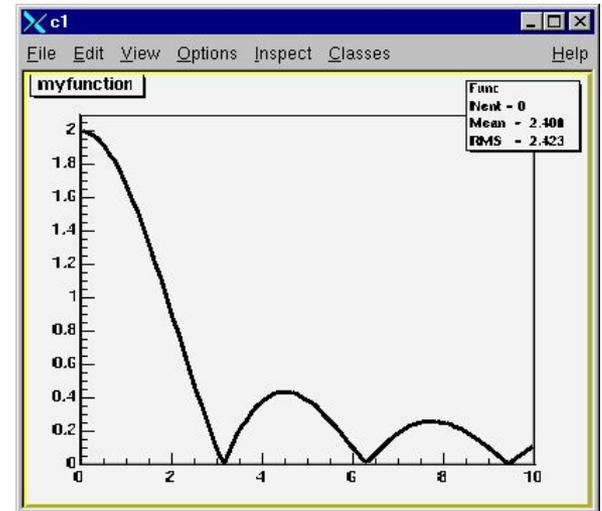
```
Double_t MyFunction(Double_t *x, Double_t *par){  
    Float_t xx = x[0];  
    Double_t val =  
        TMath::Abs(par[0]*sin(par[1]*xx)/xx);  
    return val;  
}
```

```
TF1 *f1 = new TF1("f1",MyFunction,0,10,2);
```

```
f1->SetParameters(2,1);
```

```
f1->Draw();
```

количество параметров



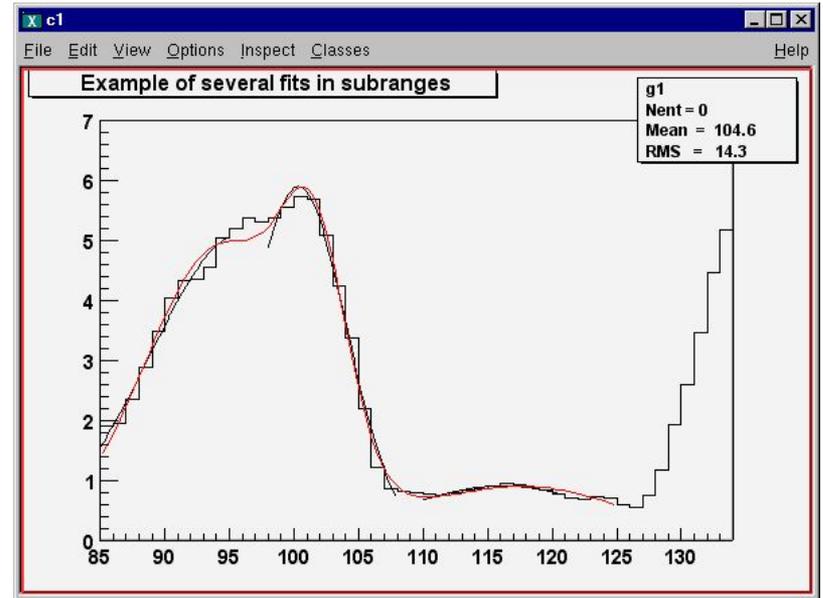
Подгонка гистограммы

```
Double_t par[9];  
Double_t err[9];
```

```
TF1 *total = new TF1("total", "gaus(0)+gaus(3)+gaus(6)", 85, 125);  
total->SetLineColor(2);
```

```
h->Fit(total);
```

```
for( int i=0; i<9; i++ ) {  
    par[i] = total->GetParameter(i);  
    err[i] = total->GetParError(i);  
}
```



ROOT scripts

File script1.c:

```
{
#include <iostream.h>
cout << " Hello" << endl;
float x = 3.0;
int i = 101;
cout <<" x=" << x
      <<" i="<< I << endl;
}
```

```
root[0] .x script1.c
```

File script2.c:

```
#include <iostream.h>
void test() {
    cout << " Hello" << endl;
    float x = 3.0;
    int i = 101;
    cout <<" x=" << x
          <<" i=" << i << endl;
}
```

```
root[0] .L script2.c
```

```
root[1] test()
```

TObject

Все объекты ROOT наследуют от общего базового класса – TObject.

Функции TObject:

- Object I/O (Read(), Write())
- Error handling (Warning(), Error(), SysError(), Fatal())
- Sorting (IsSortable(), Compare(), IsEqual(), Hash())
- Inspection (Dump(), Inspect())
- Printing (Print()) Drawing (Draw(), Paint(), ExecuteEvent())
- Bit handling (SetBit(), TestBit())
- Memory allocation (operator new and delete, IsOnHeap())
- Access to meta information (IsA(), InheritsFrom())
- Object browsing (Browse(), IsFolder())

ROOT I/O

ROOT сохраняет данные в файлах специального формата (обычно, бинарных файлах прямого доступа). Любой объект, отнаследованный от TObject, можно сохранить в файле ROOT с помощью object->Write(). Внутренняя структура файлов ROOT напоминает UNIX-подобную структуру директорий, в которой отдельные объекты играют роль файлов.

```
TFile f("demo.root", "recreate");  
TH1F *h = new TH1F("h1", "Demo histo", 100, -4, 4);  
h->FillRandom("gaus", 1000);  
h->Write();  
f.Close();
```

ROOT trees

Специальный класс TTree предназначен для сохранения и анализа большого количества однородных объектов.

Возможности TTree:

- сохранять объекты сложной структуры – “древесная” организация данных
- встроенные механизмы компрессии данных
- встроенные механизмы обратной совместимости файлов при изменении структуры объектов
- возможность селективного доступа к данным
- возможность прозрачного объединения деревьев из разных файлов

TNtuple – упрощенная версия TTree (электронная таблица с float)

ROOT tree - создание

```
void treelw() {
    TFile f("treel.root","recreate");
    TTree t1("t1","a simple Tree with simple variables");
    Float_t px, py, pz;
    Double_t random;
    Int_t ev;
    t1.Branch("px",&px,"px/F");
    t1.Branch("py",&py,"py/F");
    t1.Branch("pz",&pz,"pz/F");
    t1.Branch("ev",&ev,"ev/I");
    for (Int_t i=0; i<10000; i++) {
        gRandom->Rannor(px,py);
        pz = px*px + py*py;
        random = gRandom->Rndm();
        ev = i;
        t1.Fill();
    }
    t1.Write();
}
```

ROOT tree – чтение в C++

```
void tree1r() {
    TFile *f = new TFile("tree1.root");
    TTree *t1 = (TTree*)f->Get("t1");
    Float_t px, py, pz; Double_t random; Int_t ev;
    t1->SetBranchAddresses("px", &px);
    t1->SetBranchAddresses("py", &py);
    t1->SetBranchAddresses("pz", &pz);
    t1->SetBranchAddresses("random", &random);
    t1->SetBranchAddresses("ev", &ev);
    TH2F *hpxpy = new TH2F("hpxpy", "py vs px", 30, -3, 3, 30, -3, 3);
    Int_t nentries = (Int_t)t1->GetEntries();
    for (Int_t i=0; i<nentries; i++) {
        t1->GetEntry(i);
        hpxpy->Fill(px, py);
    }
}
```

ROOT tree – получение информации

```
tree->Print () ;
```

Распечатать структура дерева (“ветви”)

```
tree->Show (10) ;
```

Распечатать значение всех переменных (“листьев”) для записи номер 10 в

```
tree->Scan (“px:py”) ;
```

Распечатать таблицу значений px и py для всех записей в таблице

```
tree->Scan (“px:py” , “abs (pz) > 0.1”) ;
```

Распечатать таблицу значений px и py для тех записей в таблице, для которых выполняется условие $\text{abs}(pz) > 0.1$

ROOT tree – анализ данных

```
tree->Draw ("px" );
```

Отобразить распределение переменной px

```
tree->Draw ("px:py" , "abs (pz) > 0.1" );
```

Отобразить двумерное распределение переменных px и py при условии, что $abs(pz) > 0.1$

```
tree->Draw ("(px*px) >> h_px" );
```

Отобразить распределение переменной px^2 и сохранить его в гистограмму с именем h_px

```
tree->Draw ("px:py" , "" , "lego" );
```

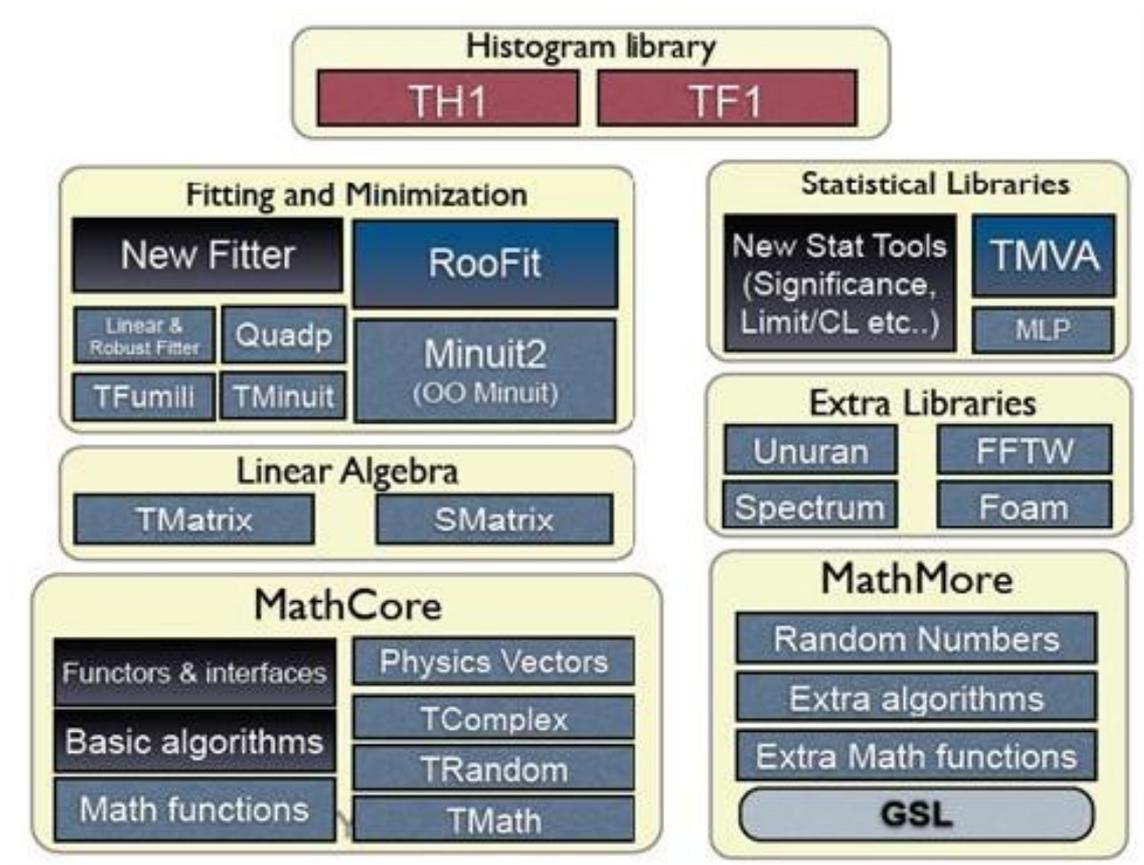
Отобразить двумерное распределение переменных px и py , полученное по всем событиям, записанным в дереве. Использовать графическое представление в виде LEGO-plot.

Анализ нескольких файлов

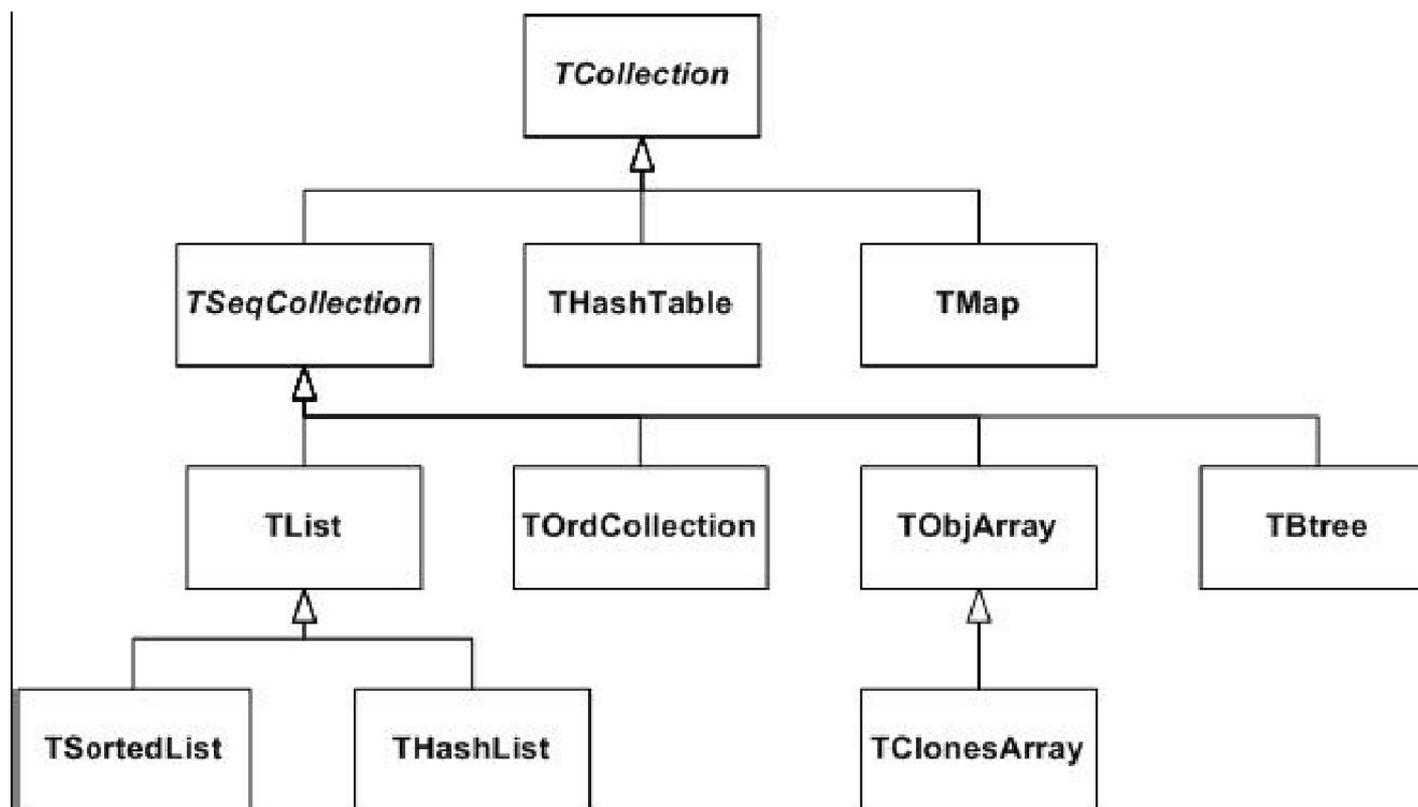
При обработки больших массивов данных часто возникает необходимость обработать большое количество файлов, в которых сохранены деревья одинаковой структуры. Для прозрачного доступа к цепочке файлов в ROOT предусмотрен класс TChain.

```
root[0] TChain chain("T");  
root[1] chain.Add("Event.root")  
root[2] chain.Add("Event50.root")  
root[3] chain.Draw("fTracks.fPx")
```

Математическая библиотека



Коллекции объектов



PyROOT

В стандартный дистрибутив ROOT входит PyROOT – модуль, позволяющий использовать объекты ROOT из интерпретатора python. Используя PyROOT, можно быстро интегрировать ROOT с другими программными продуктами, для которых существует модуль для python. Примеры: графические приложения с использованием Qt, генерация динамических веб-страниц и т.п.

```
from ROOT import gRandom, TCanvas, TH1F
c1 = TCanvas('c1', 'Example', 200, 10, 700, 500)
hpx = TH1F('hpx', 'px', 100, -4, 4)
for i in xrange(25000):
    px = gRandom.Gaus()
    hpx.Fill(px)
hpx.Draw()
c1.Update()
```