Лекции. Практические занятия

Солдатов Е.Ю.

2025 г.

ИСТОРИЯ

• Предшественник - пакет PAW реализован на языке Fortran. К середине 90-х этот язык программирования начинает устаревать.

• В это же время набирает силу парадигма объектно-ориентированного программирования и язык программирования C++. Создание ускорителя LHC требует программного обеспечения, которое будет способно справиться с колоссальными объемами данных.

• В 1995 году сотрудники Европейской организации ядерных исследований (CERN) Рене Бран и Фонс Ридмэйкерс выпускают первую версию программного пакета, реализованного на принципах ООП. Итогом этой работы становится программный пакет ROOT

An Object Oriented Data Analysis Framework
(Объектно-ориентированная среда для анализа данных)

• В 2003 году происходит, наконец, полный переход со старых фортрановских библиотек на пакет ROOT.

• В настоящее время ROOT стал практически стандартом программного обеспечения для современных ускорительных экспериментов (далеко не только CERN).

• На данный момент выпущена уже 6 версия данного пакета.

• ROOT давно перерос PAW и содержит также множество разнообразных дополнений.

ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ

1. Сайт проекта: https://root.cern.ch/
2. Руководства пользователя к программе и её расширениям: https://root.cern/manual/
3. Справочное руководство (описание классов ROOT): https://root.cern/doc/master/
4. Раздел HowTo: https://root-forum.cern.ch/c/howto/23
5. Скачать и установить ROOT: https://root.cern/install/all_releases/
6. Форум: https://root-forum.cern.ch/

User's Guide

May 2018

Установка возможна на любую систему в том числе и Windows, но понадобится Visual Studio

ЧТО ТАКОЕ ROOT?

ROOT — пакет программ и библиотек, разработанный для использования в качестве платформы хранения, обработки и представления экспериментальных данных физики высоких энергий.
Основная первоначальная задача пакета ROOT – представление результатов измерений (визуализация) в удобном виде: гистограммы, графики, диаграммы, таблицы.

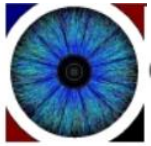
В реальности, пакет намного мощнее и позволяет производить обработку данных.
Также содержит:

- *инструменты статистического анализа,*
- *линейной алгебры,*
- *средства фитирования,*
- *средства четырёхвекторных вычислений,*
- *инструменты многовариантного анализа данных, то есть использования нейронных сетей*

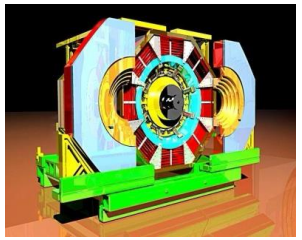
и многое другое.
Поддерживает многопоточность и вычисления на кластерах.

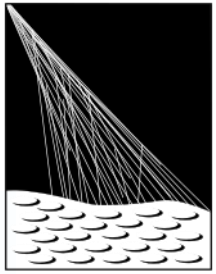
Написан на языке C++, в современных версиях есть поддержка Python, R, Java script и др.

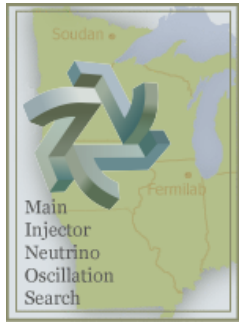
BM@N КТО ИСПОЛЬЗУЕТ?



Compact
Muon
Solenoid
experiment at
CERN's LHC







PIERRE
AUGER
OBSERVATORY

ICECUBE
SOUTH POLE NEUTRINO OBSERVATORY

СТРУКТУРА ROOT. ООП И КЛАССЫ ROOT

• Общая идея объектно-ориентированного программирования: моделирование окружающего мира как совокупности объектов, взаимодействующих друг с другом.

• Поддержка ООП в C++ реализуется с помощью классов

• Класс — это тип данных, определяемый пользователем

• Класс представляет собой модель реального объекта в виде данных и функций для работы с этими данными

• Функции класса называются методами, а данные — полями

• Принадлежность метода конкретному классу обозначается так: ***MyClass::DoSomething***

• *DoSomething* это метод класса *MyClass*

• Объект — это конкретный экземпляр, представитель данного класса

СТРУКТУРА ROOT. УКАЗАТЕЛИ

• При работе с объектами часто используются указатели.

• Указателем называется переменная, в которой хранится адрес памяти, по которому располагается другая переменная

• Создание и определение указателя часто осуществляется с помощью операции new

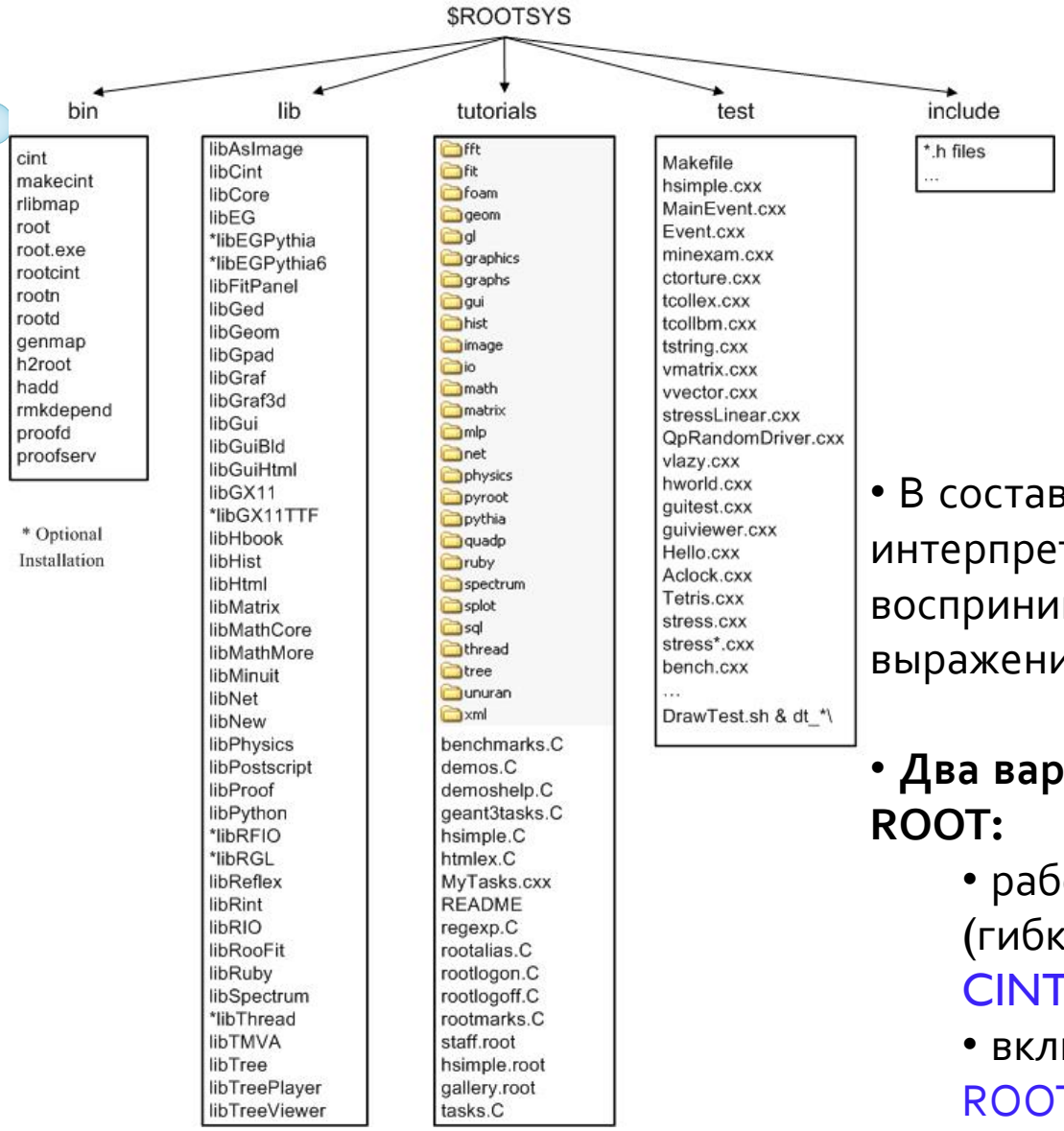
• Создадим объект класса *MyClass* и указатель *pointer* на этот объект
MyClass *pointer = new MyClass(…);

• Обращение к методам класса через указатель производится с помощью операции "**->**". Предположим, класс *MyClass* имеет метод *DoSomething(…)*

• Тогда обращение к этому методу через указатель *pointer* осуществляется следующим образом:
pointer->DoSomething(…);

Объекты, созданные с помощью операции new необходимо уничтожать с помощью delete.

СТРУКТУРА ROOT. УКАЗАТЕЛИ



- ROOT реализован как набор библиотек классов, обеспечивающих необходимую функциональность для работы с гистограммами, функциями, графиками, деревьми и т. д.

- В состав ROOT входит также интерпретатор CINT/CLING, который воспринимает команды ROOT и выражения C/C++

- **Два варианта использования ROOT:**
  - работа в программе root.exe (гибкость благодаря CINT/CLING наподобие Matlab)
  - включение библиотек классов ROOT в собственные программы

ПРИНЯТЫЕ В ROOT ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Имена классов начинаются с **T**
  TF1, TTree,
- Переменные типа «не класс» заканчиваются на **_t**
  Int_t, Char_t
- Поля начинаются с **f**
  fIntegral
- Методы начинаются с прописной
  Fill(), Draw(), Fit()
- Константы начинаются с **k**
  kRed, kBlue
- Глобальные переменные начинаются с **g**
  gStyle

МАШИННО-НЕЗАВИСИМЫЕ ТИПЫ ДАННЫХ В ROOT

В ROOT используются машинно-независимые типы данных, то есть их размер строго определён.

Наиболее употребляемые типы:

Char_t	Знаковый символьный	1 байт
Int_t	Знаковый целый	4 байта
UInt_t	Беззнаковый целый	4 байта
Float_t	Вещественный	4 байта
Double_t	Вещественный	8 байт
Bool_t	Логический (0=false, 1=true)	

Если вы не хотите сохранять переменную на диск, то можно использовать и int и Int_t, результат будет тот же. Интерпретатор и компилятор с ними будут работать совершенно одинаково.

ROOT: НАЧАЛО РАБОТЫ

Чтобы запустить ROOT, наберите в консоли

$ root

версия

```
   ------------------------------------------------------------
  | Welcome to ROOT 6.24/02                        https://root.cern |
  | (c) 1995-2021, The ROOT Team; conception: R. Brun, F. Rademakers |
  | Built for win32 on Jun 28 2021, 09:28:51                   |
  | From tags/v6-24-02@v6-24-02                                |
  | With MSVC 19.23.28107.0                                    |
  | Try '.help', '.demo', '.license', '.credits', '.quit'/'.q' |
   ------------------------------------------------------------

root [0]
```

Приглашение командной строки

Завершается сеанс работы командой .q

root[..] .q

$ root --help - выдаст возможные ключи запуска

$ root -l - быстрый запуск без приветственного окна

СИНТАКСИС ИНТЕРПРЕТАТОРА CINT/CLING

CINT/CLING воспринимает 3 типа команд:

1. **Команды самого CINT/CLING начинаются с «.»**

.?	Вывести список возможных комманд
.L <filename>	Загрузить файл filename
.x <filename>	Загрузить и выполнить файл filename

2. **C/C++ выражения в соответствии с синтаксисом языка**

```
Int_t a = 12
a++
Int_t b=a*2
```

3. **Команды SHELL начинаются с «.!»**

```
.! ls
.! pwd
```

ИНТЕРАКТИВНЫЙ РЕЖИМ

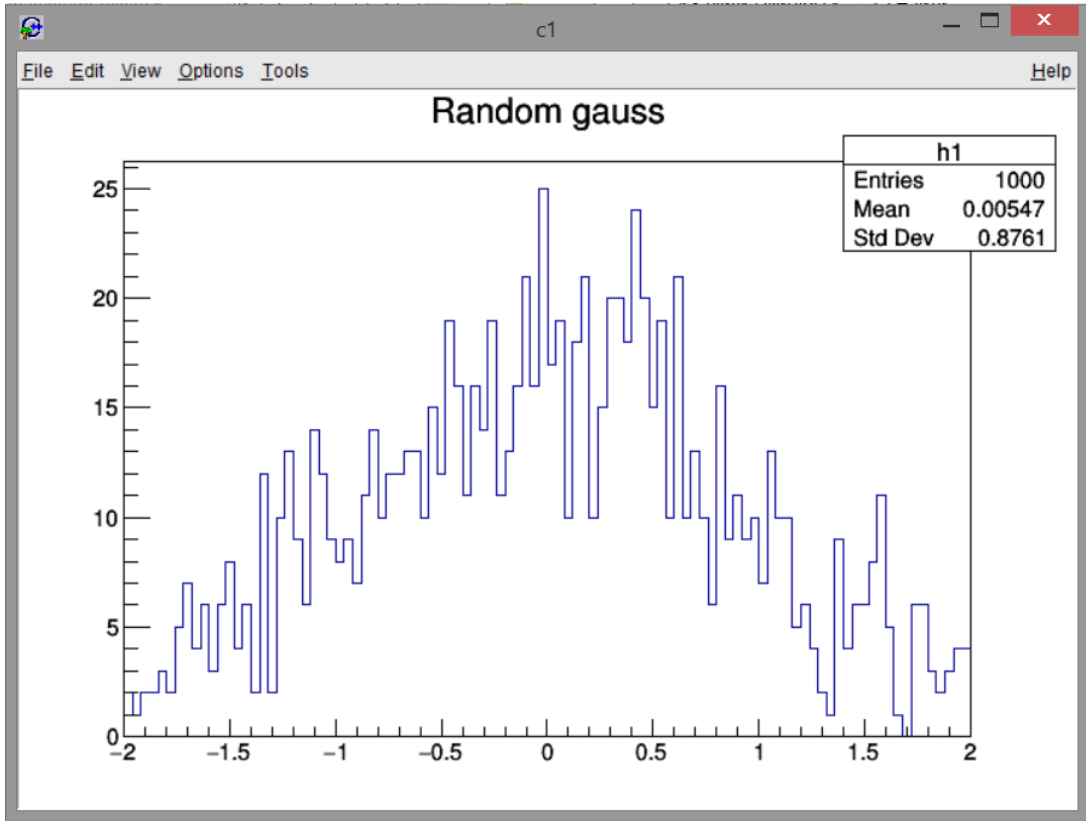
Кроме вышеупомянутых команд интерпретатор сразу «понимает» продвинутые математические функции, которые находятся в пространстве имён TMath.

```
root [0] 2*2
(int) 4
root [1] sqrt(9.)
(double) 3.0000000
root [2] 3 > 4
(bool) false
root [3] TMath::Pi()
(double) 3.1415927
root [4] TMath::Sin(1.57)
(double) 0.99999968
```

Получается своеобразный «продвинутый» калькулятор.

ПРИМЕР ПРОСТЕЙШЕЙ СЕССИИ: ПОСТРОЕНИЕ ГИСТОГРАММЫ ЗНАЧЕНИЙ, ПОДЧИНЯЮЩИХСЯ НОРМАЛЬНОМУ ЗАКОНУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ (ГАУССА)

```
root [0] TH1F *h1 = new TH1F("h1", "Random gauss", 100, -2, 2)
root [1] h1->FillRandom("gaus", 1000)
root [2] h1->Draw()
Info in <TCanvas::MakeDefCanvas>:  created default TCanvas with name c1
```



ТИПЫ СКРИПТОВ: НЕИМЕНОВАНЫЕ

- В ROOT существует два типа скриптов: именованные и неименованные
- Неименованный скрипт представляет собой простую последовательность команд. Тело скрипта должно быть заключено в фигурные скобки

Пример простейшего скрипта. Файл UnNamedMacro.C

```
{
#include <iostream>
using namespace std;

for (Int_t i=0; i<15; i++) {
    cout<<i<<endl;
}
}
```

- Чтобы выполнить неименованный скрипт в интерактивной сессии

```
root [0] .x UnNamedMacro.C
```

- ROOT будет искать скрипт в текущей директории, а также в директории $ROOTSYS/macros

Можно задать полный путь к файлу, например

```
root[0] .x /home/user501/UnNamedMacro.C
```

ТИПЫ СКРИПТОВ: ИМЕНОВАНЫЕ

- Чтобы иметь возможность включить в тело скрипта функцию, следует пользоваться именованными скриптами
- Пример именованного скрипта, содержащего функцию drawhist().
- Файл NamedMacro.C

```
void drawhist() {
   TH1F *h1 = new TH1F("h1","histogram", 10, 0, 10);
   h1->Fill(1);
   h1->Fill(3);
   h1->Fill(5);
}
```

- Чтобы выполнить функцию drawhist(), следует сначала загрузить скрипт в память ROOT, затем вызывать функцию

```
root[0] .L NamedMacro.C
root[1] drawhist()
```

ТИПЫ СКРИПТОВ: ИМЕНОВАНЫЕ

В именованный скрипт (макрос) возможно передавать переменные

```
void Example(int num, double weight)
{
    cout<<"Int number: "<<num<<" float weight: "<<weight<<endl;
}
```

```
root [0] .L Example.C
root [1] Example(5,0.99)
Int number: 5 float weight: 0.99
root [2]
```

Компиляция макроса с созданием общей библиотеки:
.L Example.C+
Перестройка библиотеки происходит только если макрос или другие файлы, которые он включает, новее чем библиотека.

Для принудительной перекомпиляции используйте «++»