



ЦЕРН, 3 Май 2010

Детектори

Владимир Генчев

ИЯИЯЕ, БАН, София

Съдържание

Физическа мотивация

LHC

Преминаване на частици през
веществото

Детектори: ATLAS и CMS

Магнит

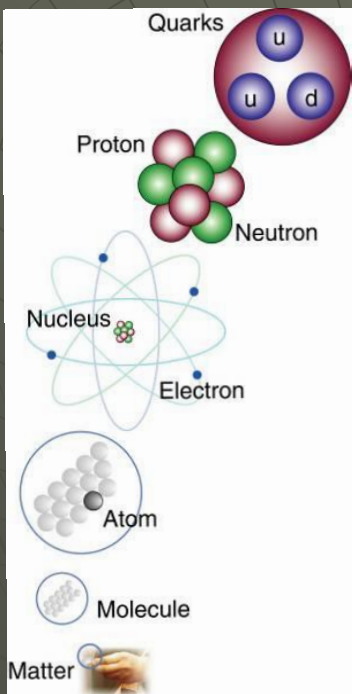
Централен треков детектор

Калориметрия

Мюонна система

GRID

Физическа мотивация



Какво е масата? Защо някои частици нямат маса?

От какво е направена 96% от Вселената (невидима енергия/материя)?

Предпочитание на Природата... защо няма антиматерия?

На какво е приличала материята в първите мигове на Вселената?

Възможни ли са повече размерности?

SM съдържа явно спорни моменти

(защо има 6 кварка? защо има само 3 фамилии кварки и лептони?)

SM има липсващи елементи

(механизъм за генериране на масите на познати частици)

SM е логически незавършен

(гравитацията не е инкорпорирана)

Дали елементарните частици имат структура?

Дали съществува нова форма на материята?

(кварк-глюонна плазма?)

Има ли нова симетрия? SUSY?

(великото обединение на всички фундаментални сили)

Програмата на LHC трябва да отговори на тези въпроси.

Необходимо е:

Да се открие Higgs

Да се излезе извън SM

LHC

pp взаимодействие при 7 + 7 TeV

2 насреци сноп

$k = 2808$ пакета от протони в сноп

$N = 10^{11}$ протона в пакет

$f =$ пресичане на сноповете = 40 MHz

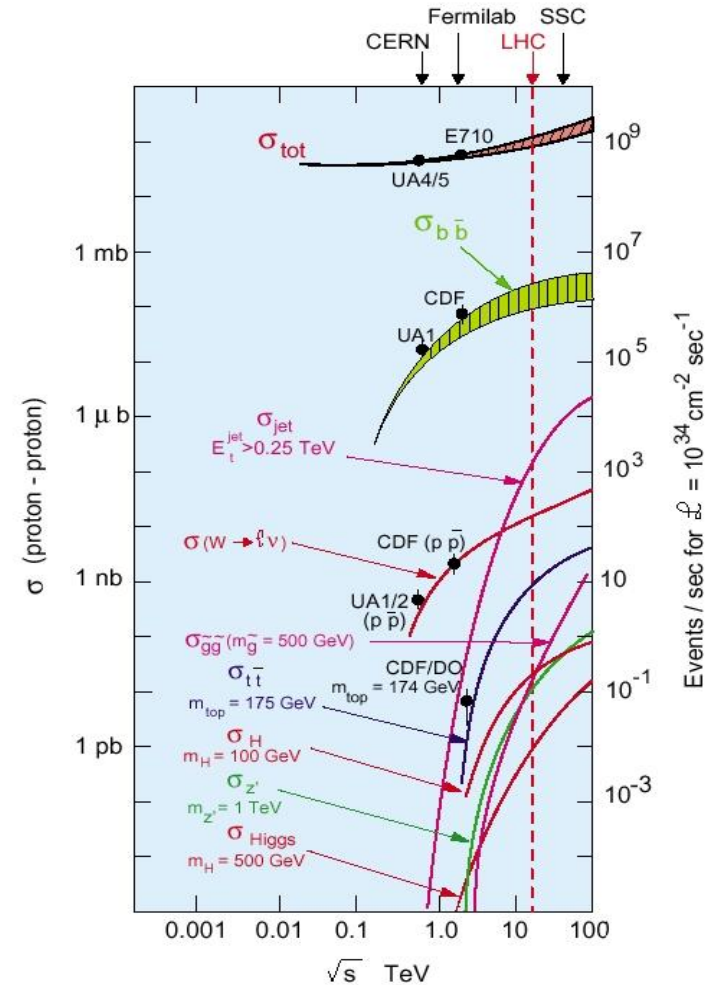
Светимост

$$L = N^2 k f \gamma / 4 \pi \epsilon \beta = 10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$$

$$N_{ev} = L \cdot \sigma \cdot BR$$

$$H(1 \text{ TeV}) \rightarrow ZZ \rightarrow 2e + 2\mu; 4e; 4\mu$$

$$N_{ev}/\text{година} = 10^{34} \cdot 10^{-37} \cdot 10^{-3} \cdot 10^7 = 10$$

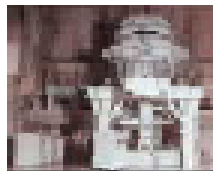


Къде сме ние?

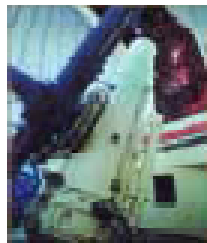
Инструменти



Accelerators
LHC, LEP



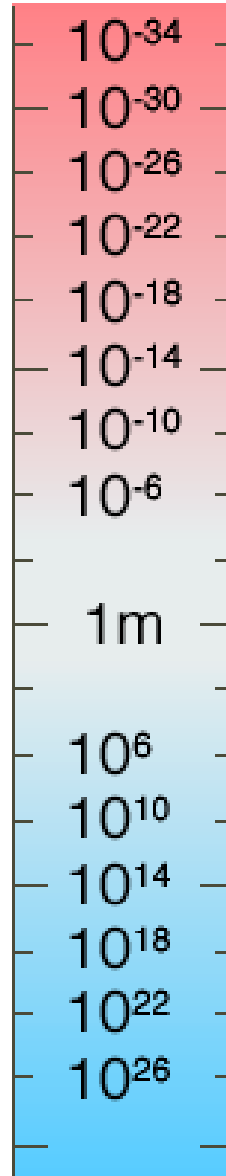
(Particle beams)
Electron
Microscope



Telescope

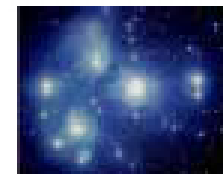
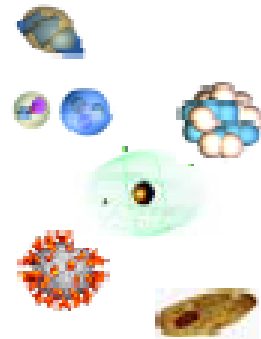


Radio
Telescope



Наблюдаеми

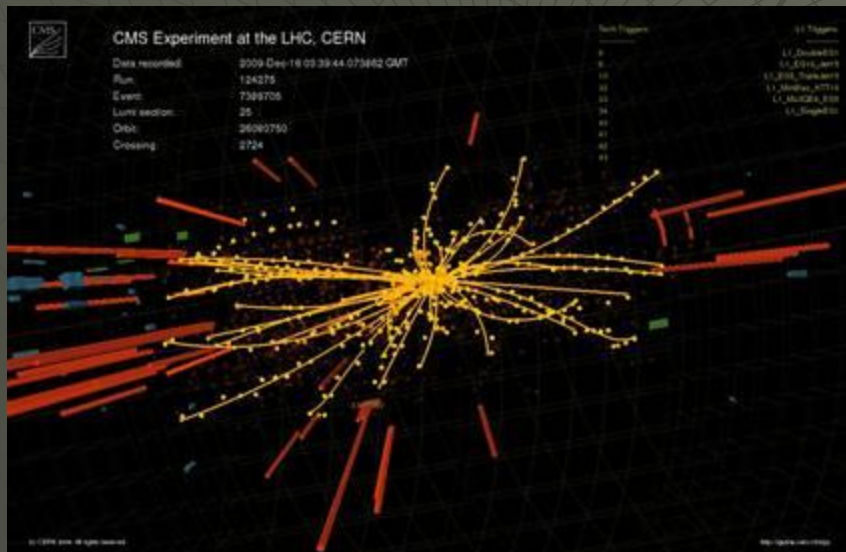
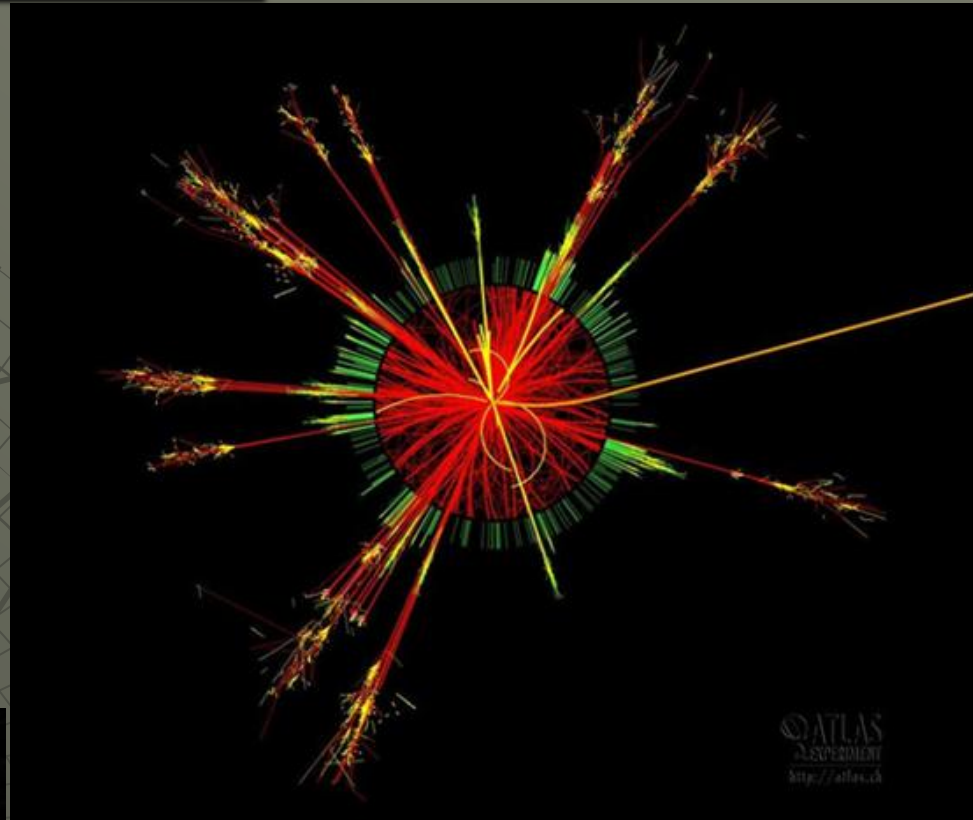
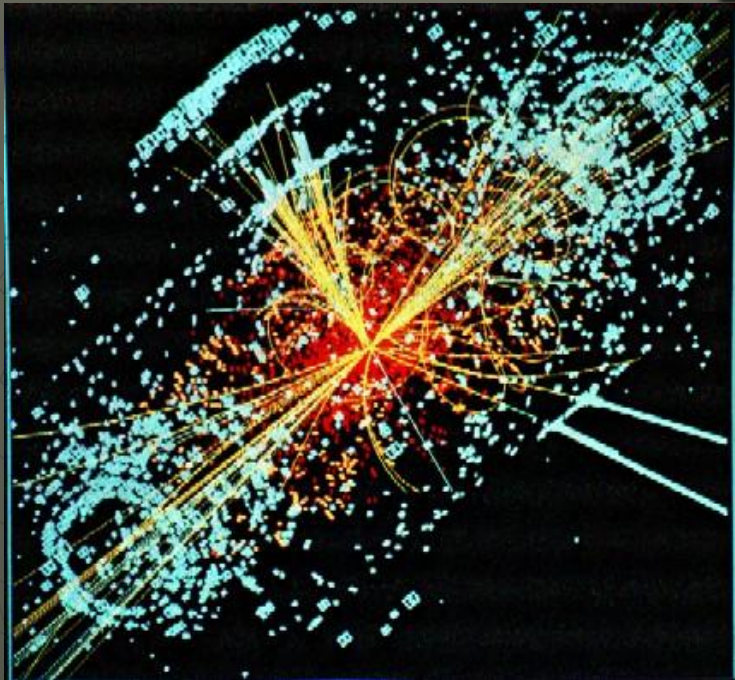
SUSY particle?
Higgs?
Z/W (range of nuclear force)
Proton Nuclei (range of weak force)
Atom
Virus
Cell



Earth radius
Earth to Sun

Galaxies
Radius of observable
Universe

Събитие



CMS ~ 100 милиона канала
цифрова камера ~ 6 милиона
пиксела, но CMS прави “цифрова
снимка” 40 милиона пъти в
секунда !!

Изисквания към детекторите

Пресичане на снопове протони - всеки 25 ns (40 милиона в секунда)

~1 милиард събития за 1 s при $L=10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

фон от n и γ

Многоканален детектор

Мощна вътрешна трекова система

Висока разделителна способност на електромагнитния калориметър

Херметична калориметрична система

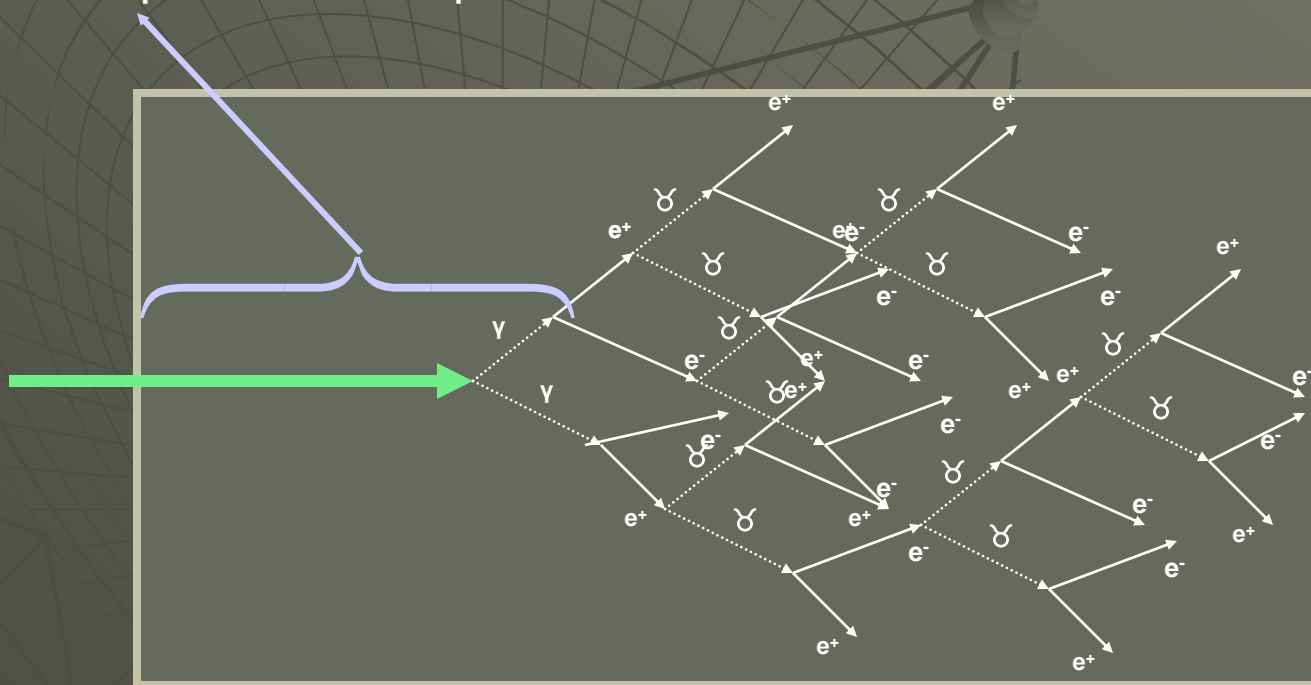
Много добра мюонна идентификация и измерване на импулса

Електроника за локално съхраняване на информацията

Високо радиационно устойчиви материали

Преминаване на частици през вещество - Електромагнитна лавина

X_0 - Радиационна дължина – средната дължина на проникване във веществото преди да се предизвика ем лавина



1. Масата конвертира в енергия ($\gamma\gamma$)
2. Ражда се e^-e^+ двойка
3. Електромагнитен каскад

Формират се само електрони, позитрони и фотони

Преминаване на частици през вещество - Адронна лавина

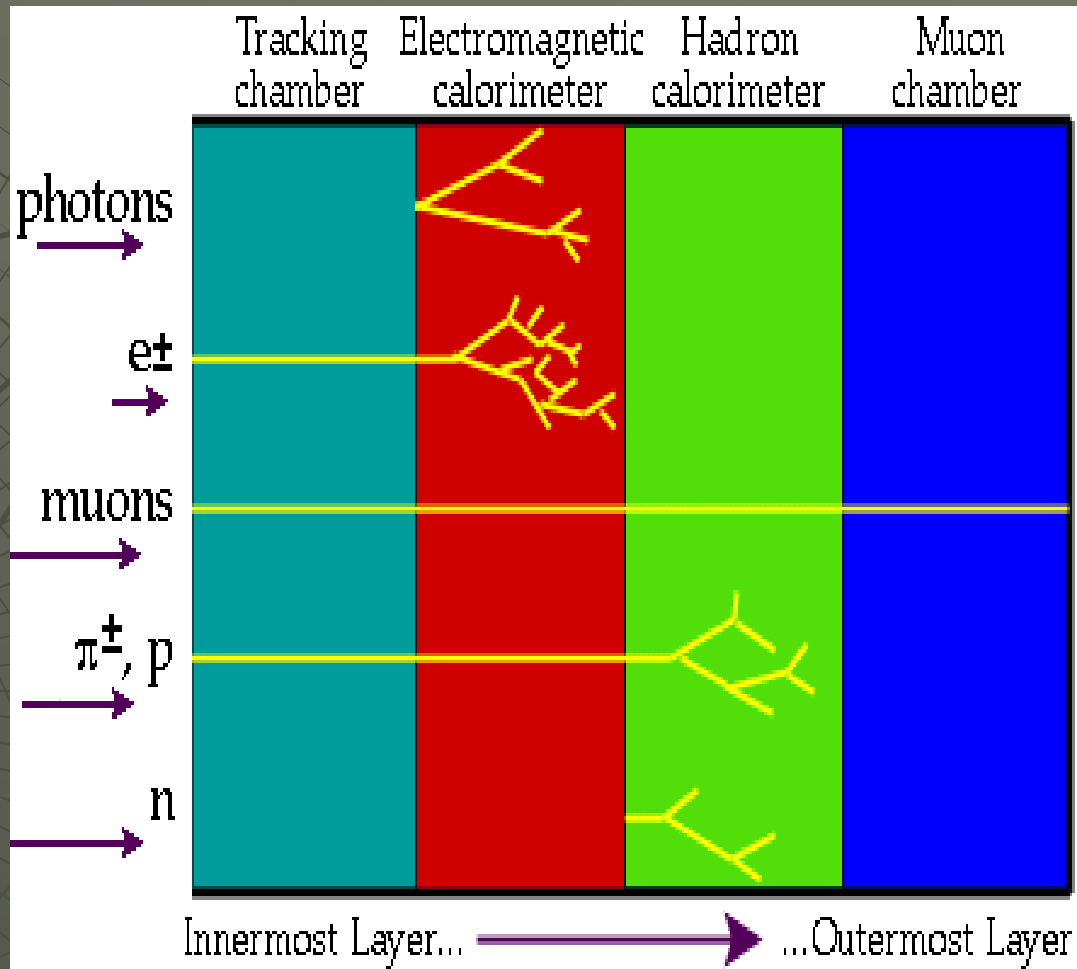
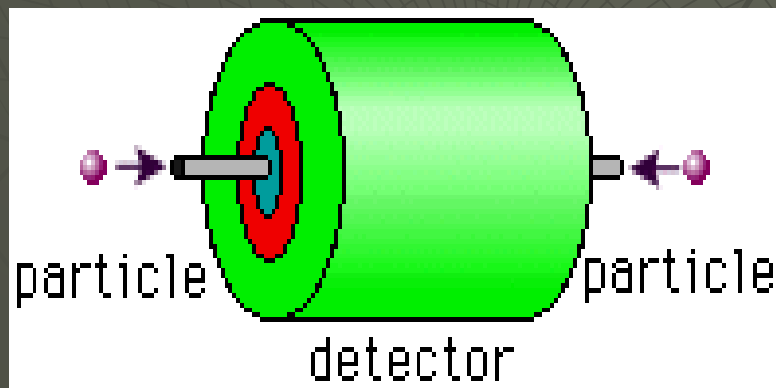
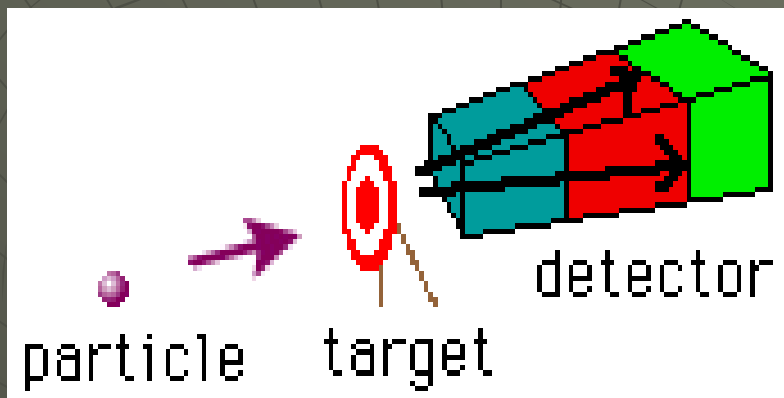
Интеракционна дължина – средната дължина на проникване във веществото преди да се предизвика адронна лавина



1. Разбиване на атомното ядро
2. Адронен каскад
3. Електромагнитен каскад

Ражда се разнообразие от ел. частици: p , n , π , ν , Λ , K , Ξ

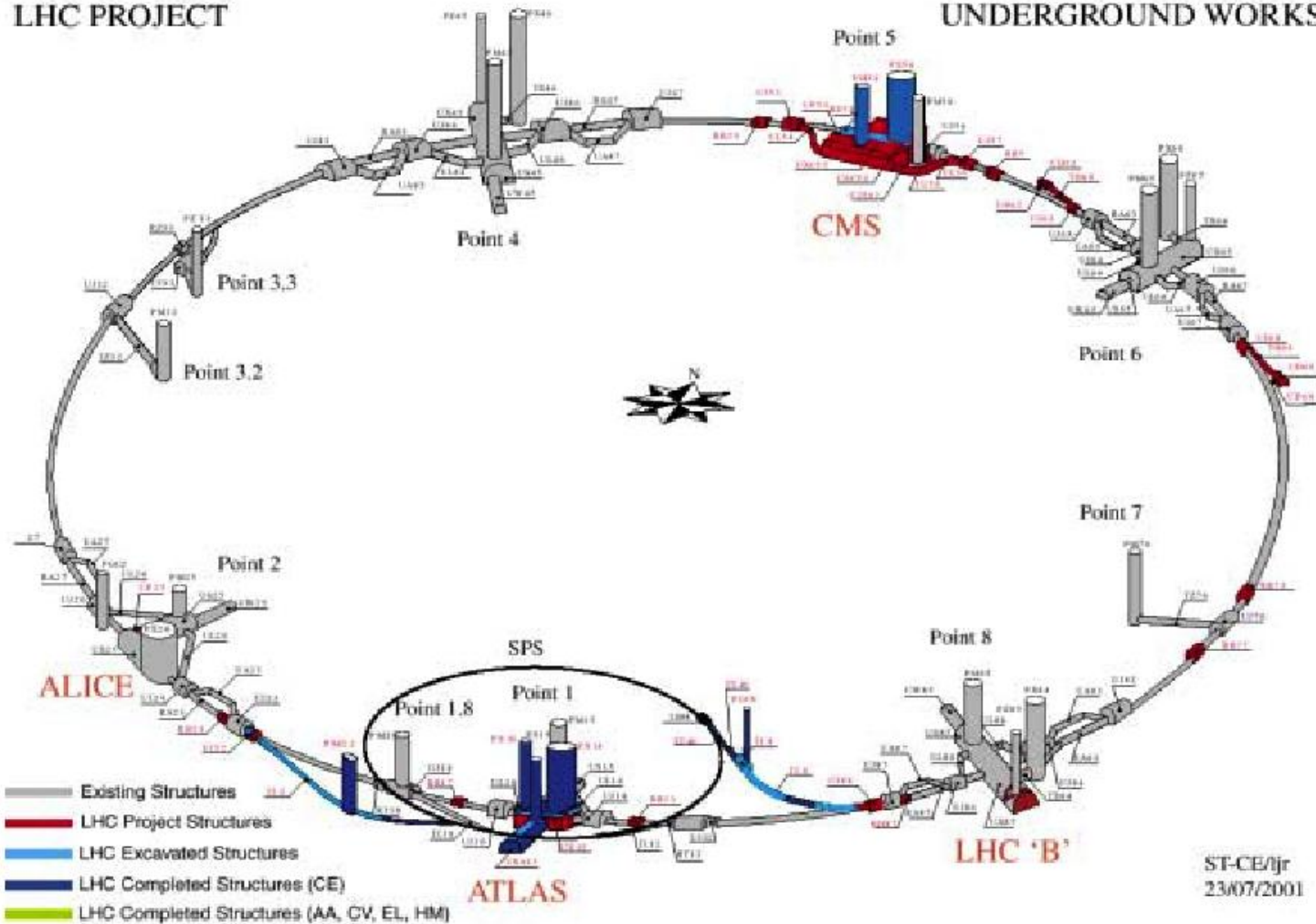
Видове детектори



Детектори

LHC PROJECT

UNDERGROUND WORKS



ST-CE/jr
23/07/2001

ATLAS & CMS



Диаметър
Дължина
Тежина
Маг. Поле

25 m
46 m
7000 t
2 Tesla + 0.5 Tesla

15 m
21.5 m
12550 t
4 Tesla

CMS

June 2008

38 Countries, 183 Institutes, 3000 scientists and engineers (including 400 students)

TRIGGER, DATA ACQUISITION & OFFLINE COMPUTING

Austria, Brazil, CERN, Finland, France, Greece,
Hungary, Ireland, Italy, Korea, Lithuania, New Zealand,
Poland, Portugal, Switzerland, UK, USA

TRACKER

Austria, Belgium, CERN, Finland, France, Germany,
Italy, Japan*, Mexico, New Zealand, Switzerland, UK, USA

CRYSTAL ECAL

Belarus, CERN, China, Croatia, Cyprus, France, Italy,
Japan*, Portugal, Russia, Serbia, Switzerland, UK, USA

PRESHOWER

Armenia, CERN, Greece,
India, Russia, Taiwan

RETURN YOKE

Barrel: Estonia, Germany, Greece, Russia
Endcap: Japan*, USA

SUPERCONDUCTING MAGNET

All countries in CMS contribute
to Magnet financing in particular:
Finland, France, Italy, Japan*,
Korea, Switzerland, USA

FEET

Pakistan
China

FORWARD CALORIMETER

Hungary, Iran, Russia, Turkey, USA

HCAL

Barrel: Bulgaria, India, Spain*, USA
Endcap: Belarus, Bulgaria, Georgia, Russia,
Ukraine, Uzbekistan
HO: India

MUON CHAMBERS

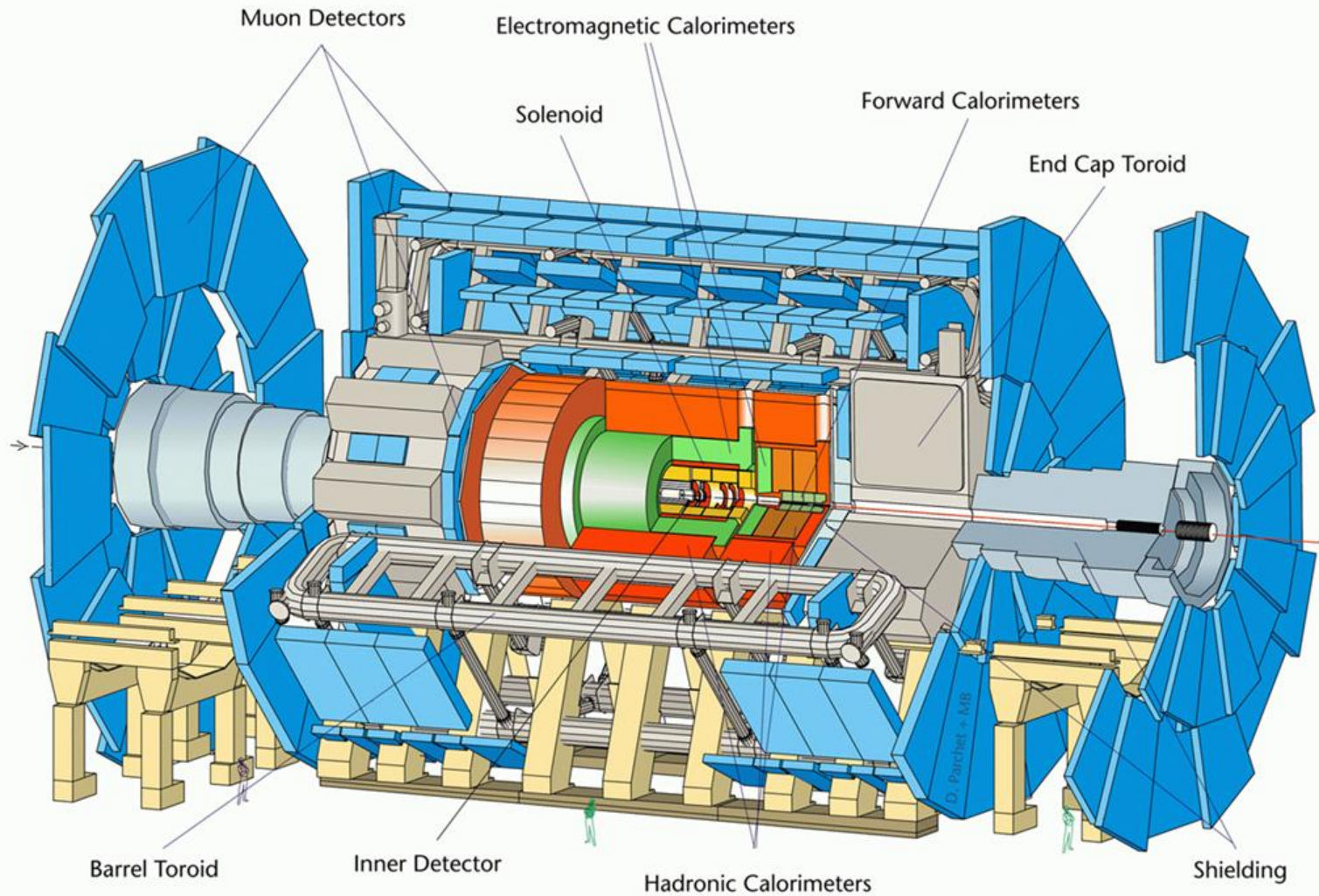
Barrel: Austria, Bulgaria, CERN, China,
Germany, Hungary, Italy, Spain,
Endcap: Belarus, Bulgaria, China, Colombia,
Korea, Pakistan, Russia, USA

Total weight : 12500 T
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 21.5 m
Magnetic field : 4 Tesla

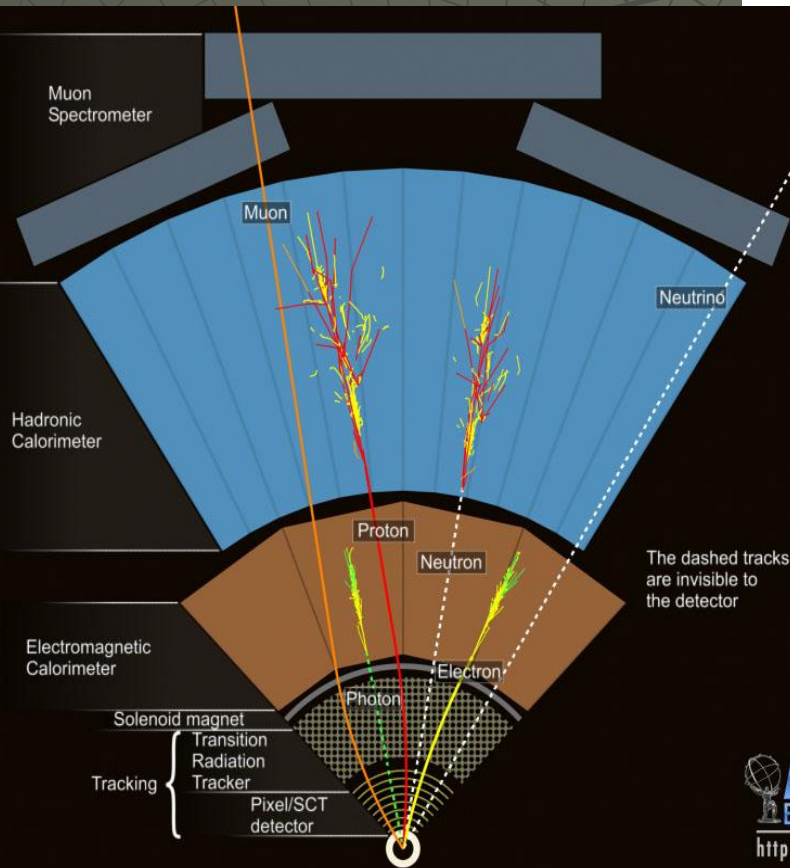
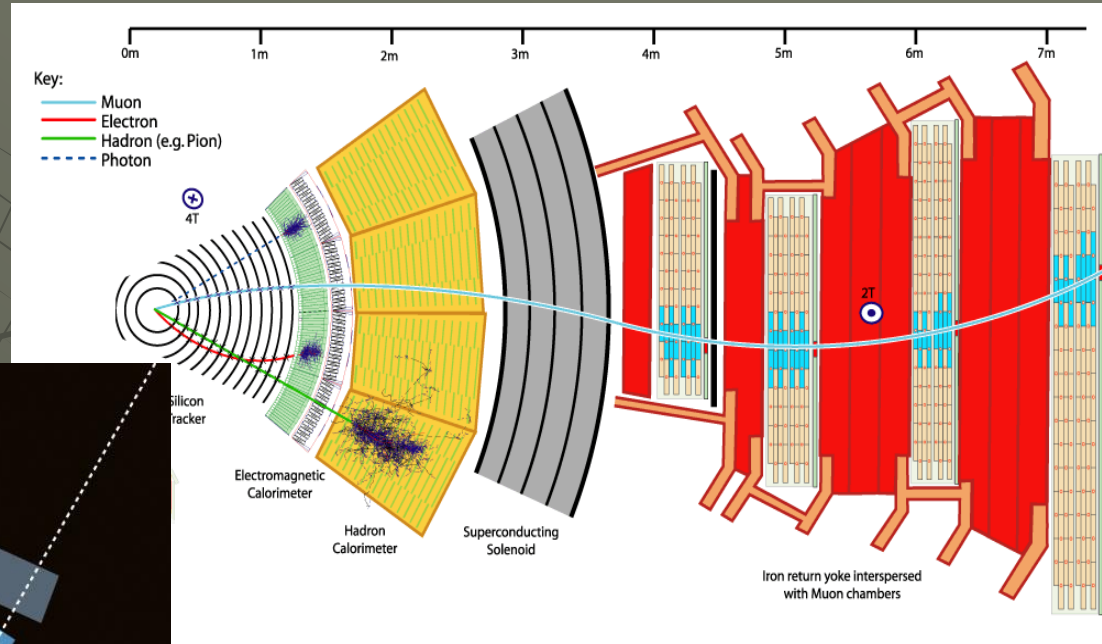
* Only through
industrial contracts

ATLAS

DTZ/mb-26/06/97



ATLAS & CMS



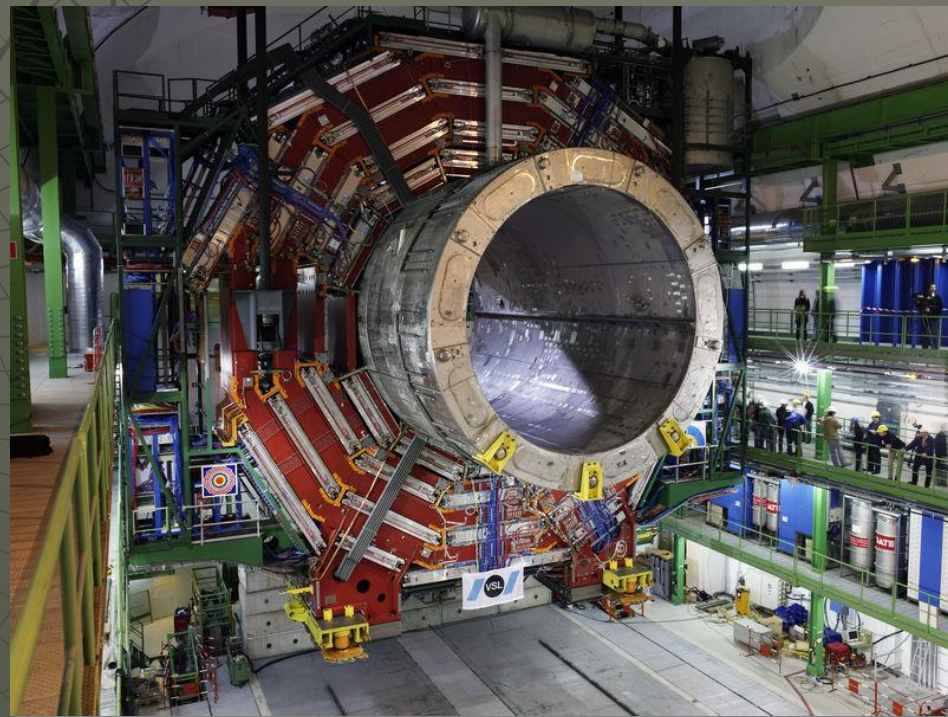
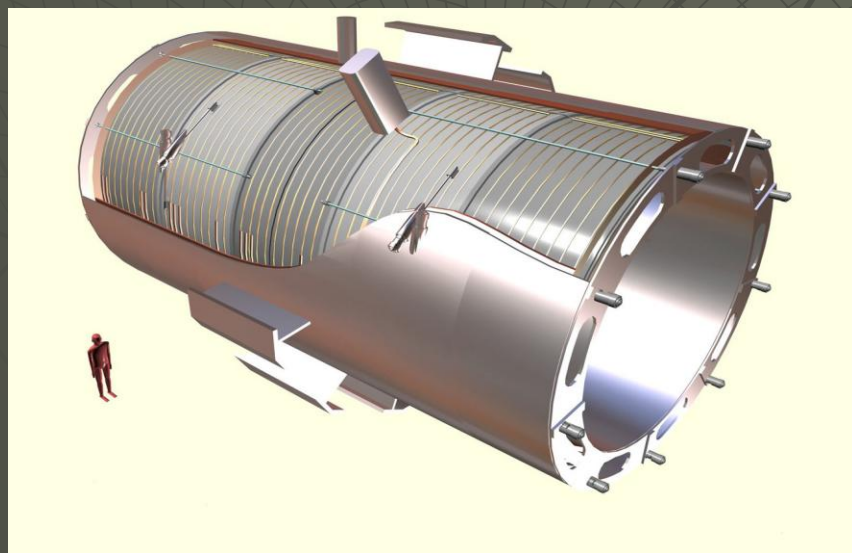
$$P = 0.3 B R$$

CMS магнит

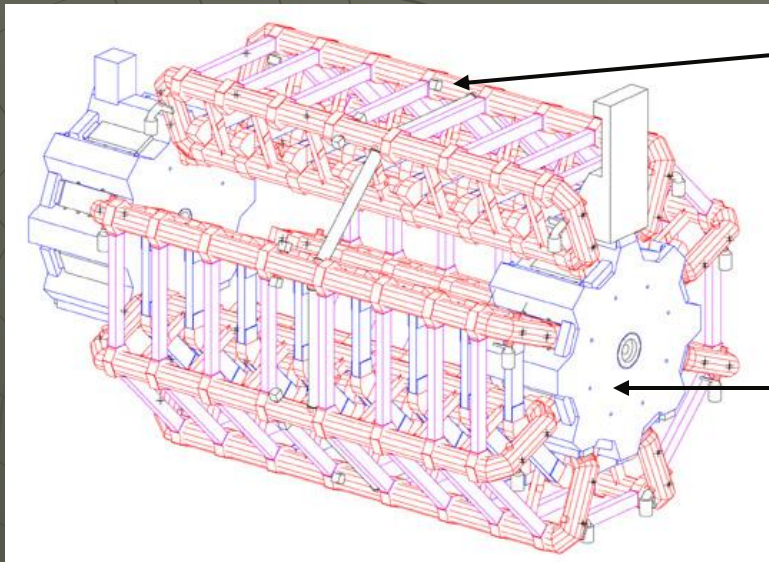


230 t

19.2 kA



ATLAS магнит

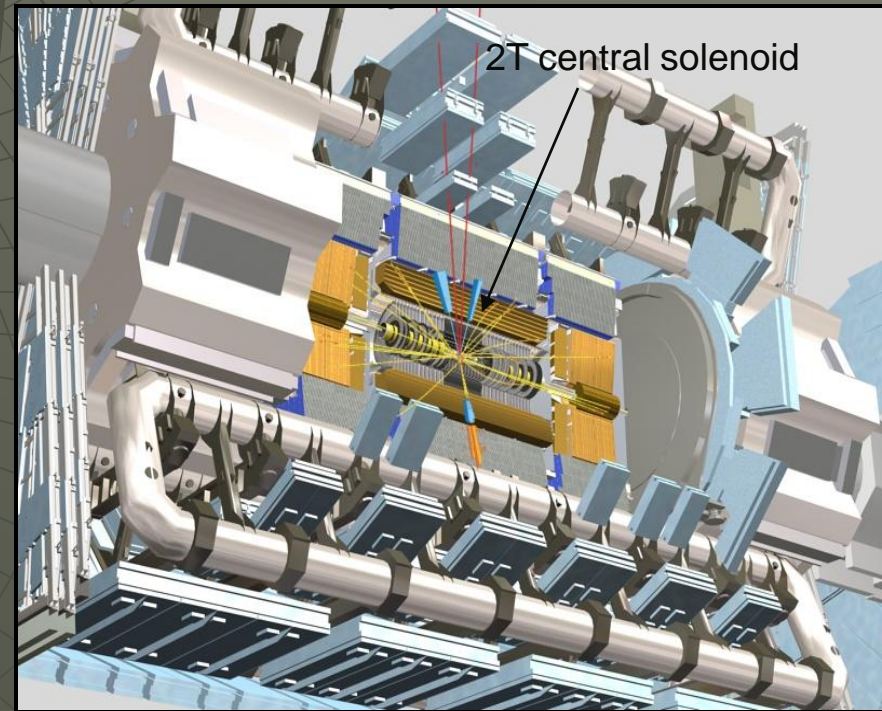
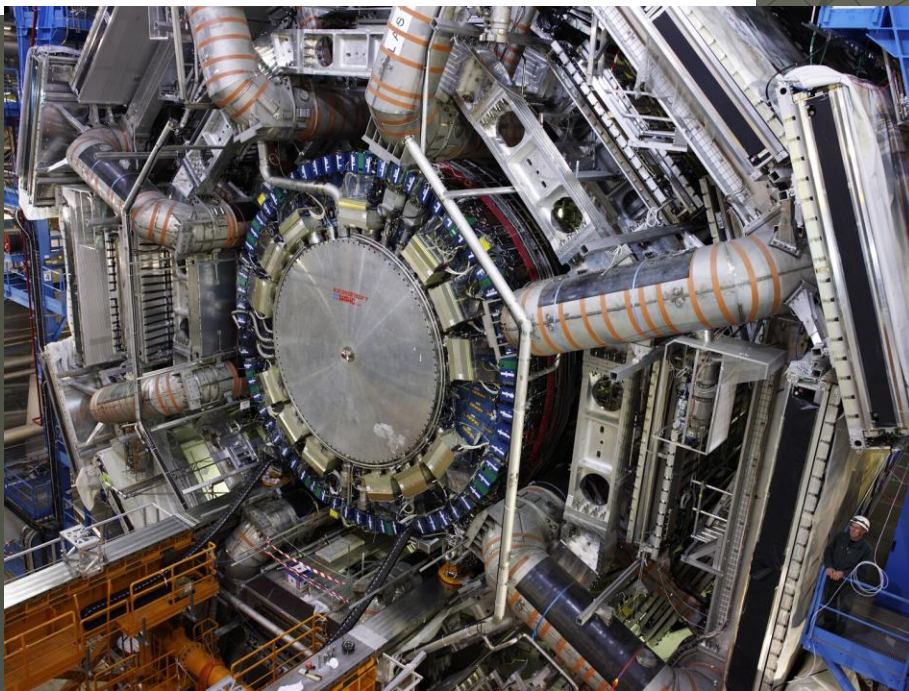


Централен тороид:
8 отделни намотки

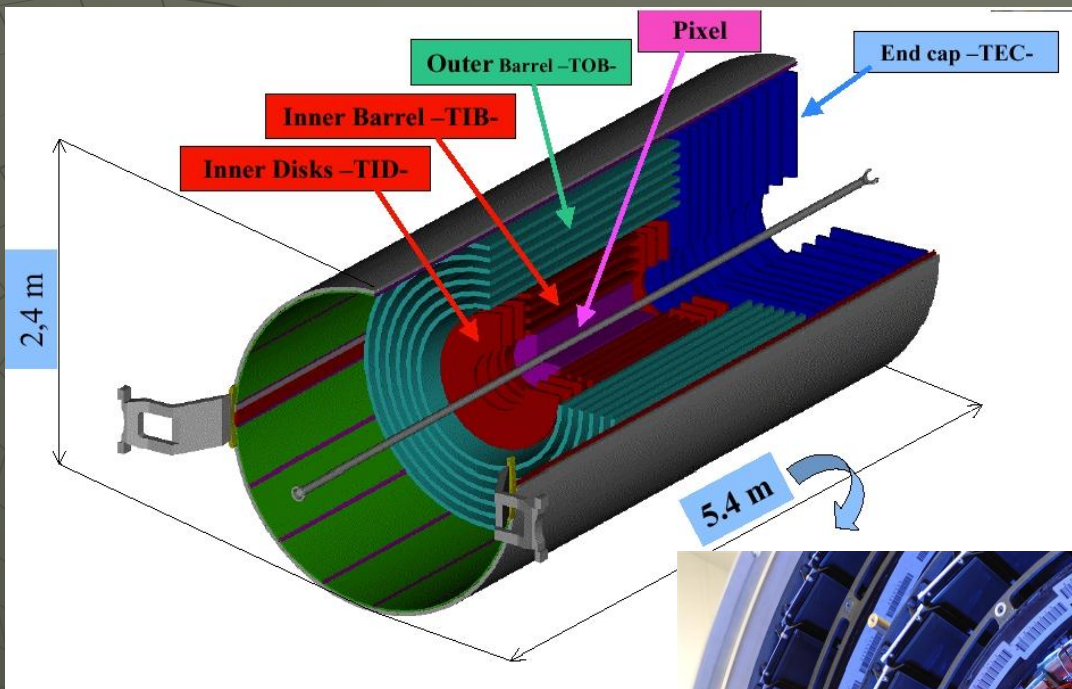
830 t

20.5 kA

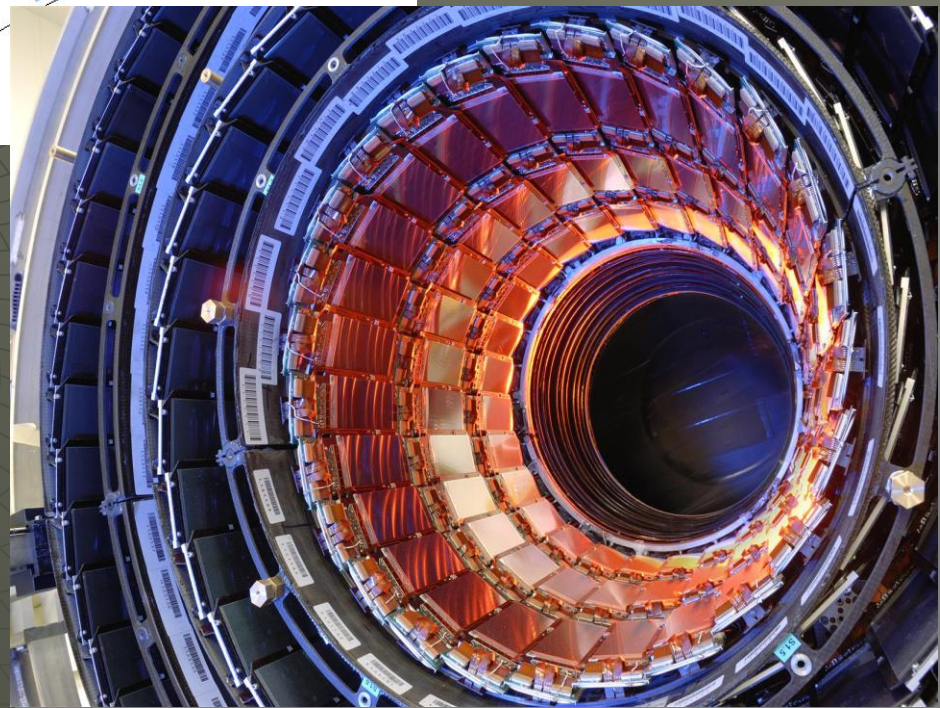
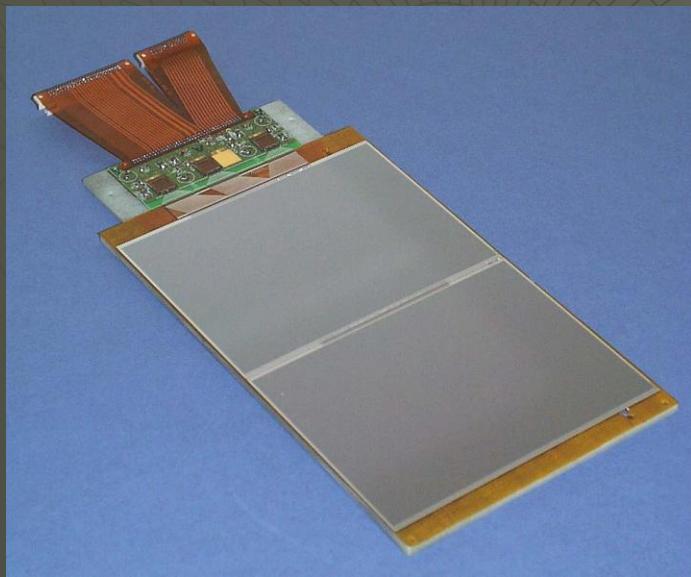
Завършващ тороид:
8 намотки в общ криостат



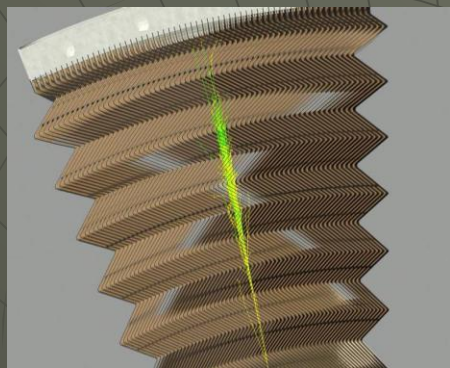
CMS треков детектор



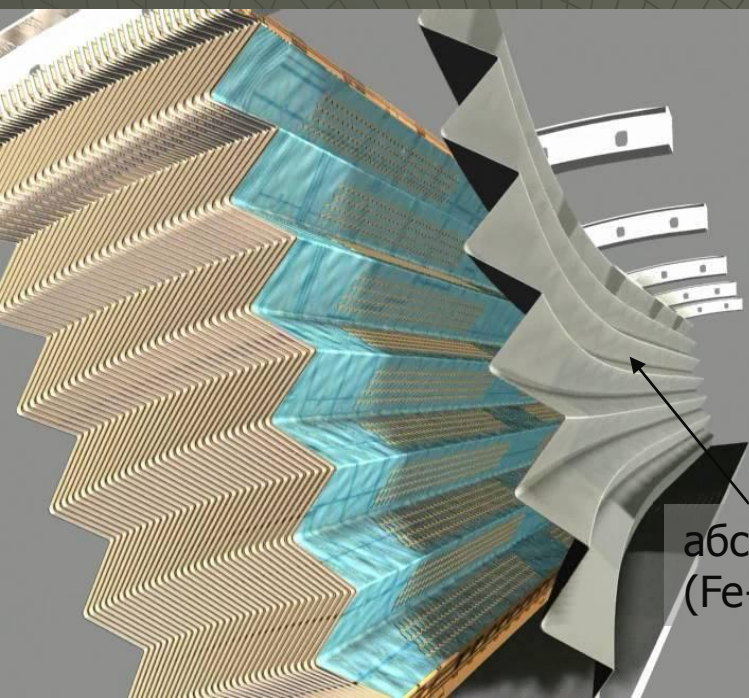
$66 \cdot 10^6$ пиксела $150 \times 150 \mu^2$
 $9,6 \cdot 10^6$ микро-стрипа
 210 m^2



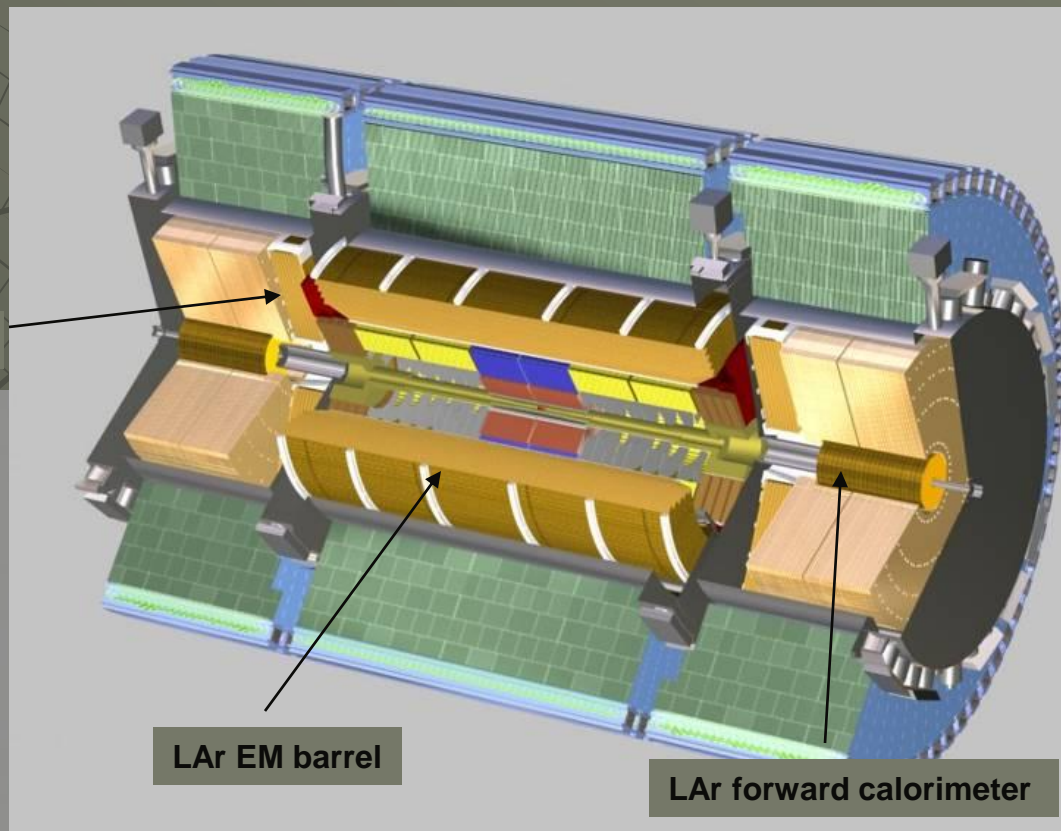
ATLAS електромагнитен детектор (тип “хармоника”)



LAr EM end-cap



абсорбер
(Fe+Pb+Fe)



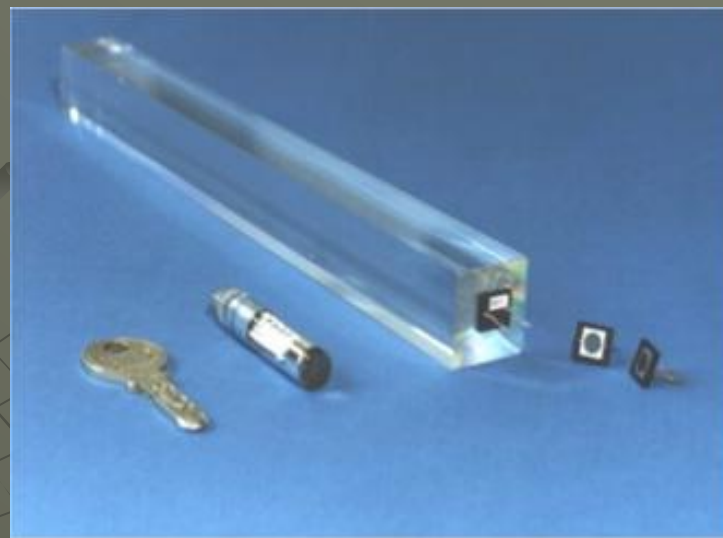
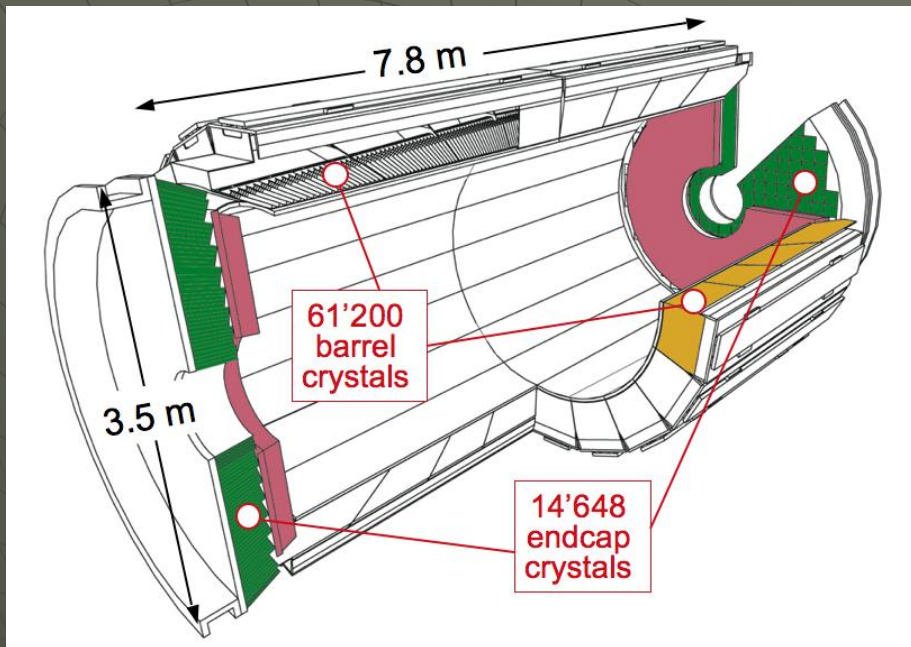
LAr EM barrel

LAr forward calorimeter

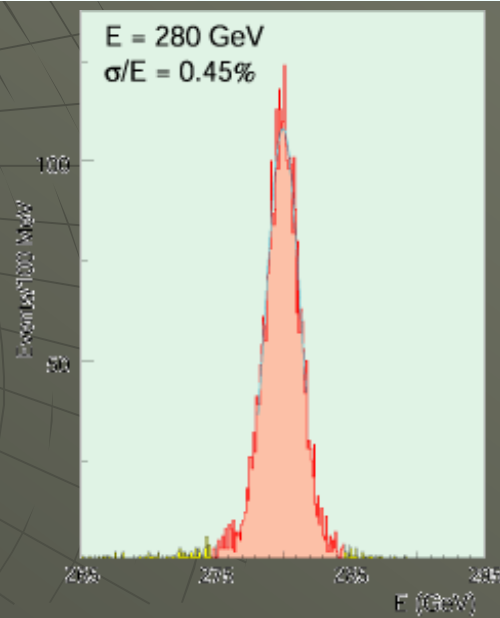
LAr – течен аргон

CMS електромагнитен калориметър

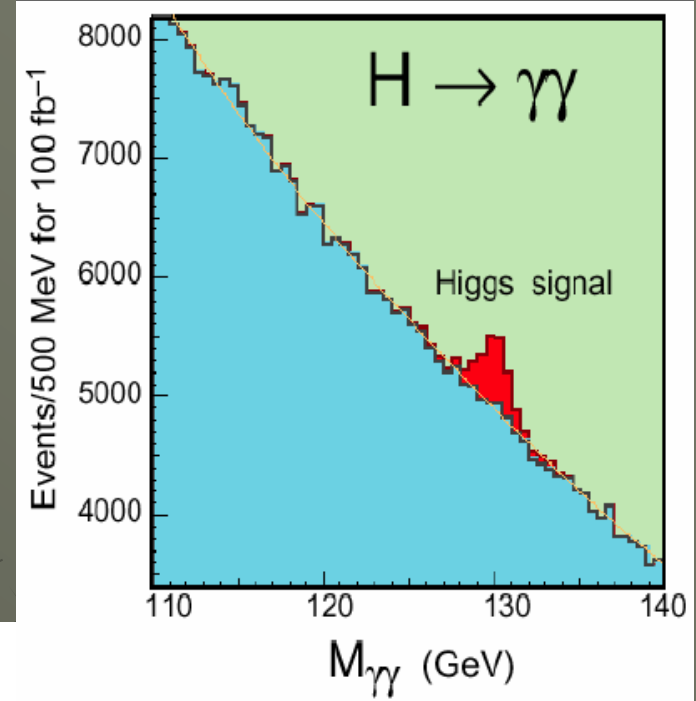
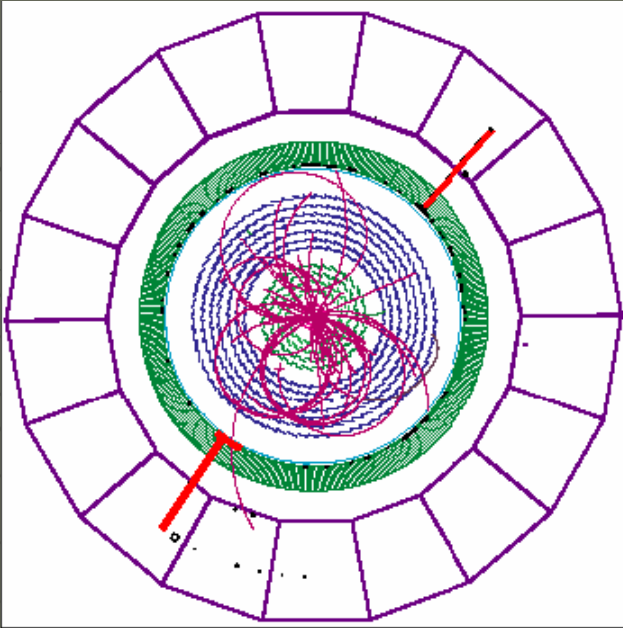
ТИП ХОМОГЕНЕН



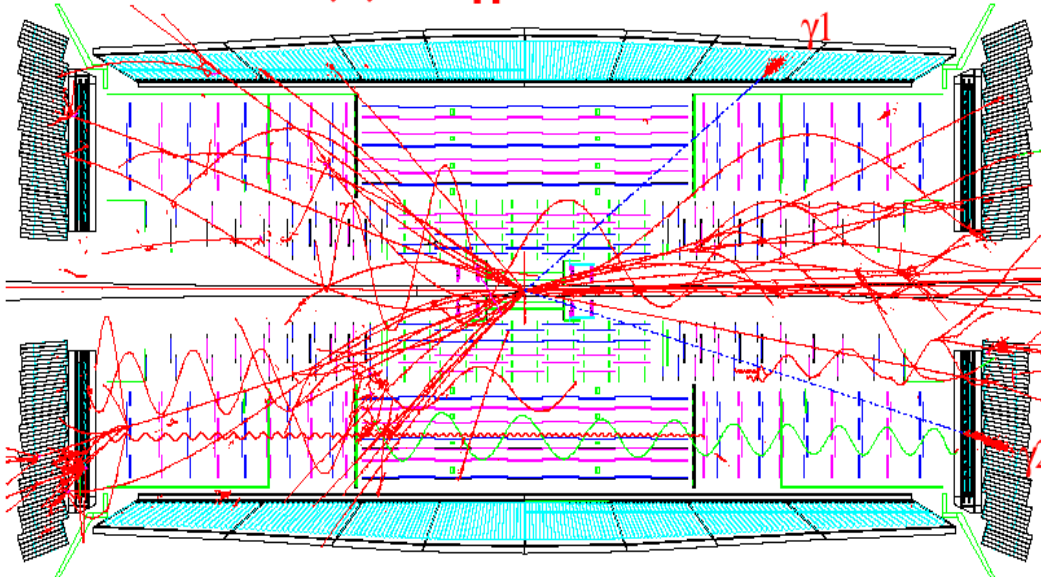
кристали
 PbWO_4



Higgs

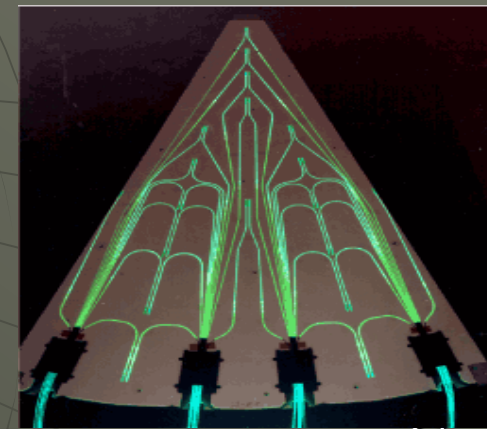
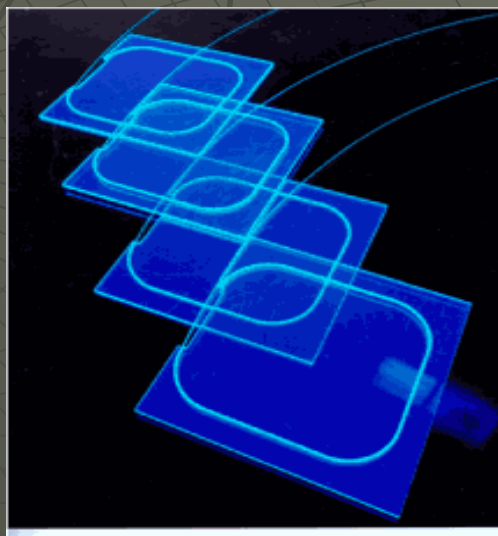
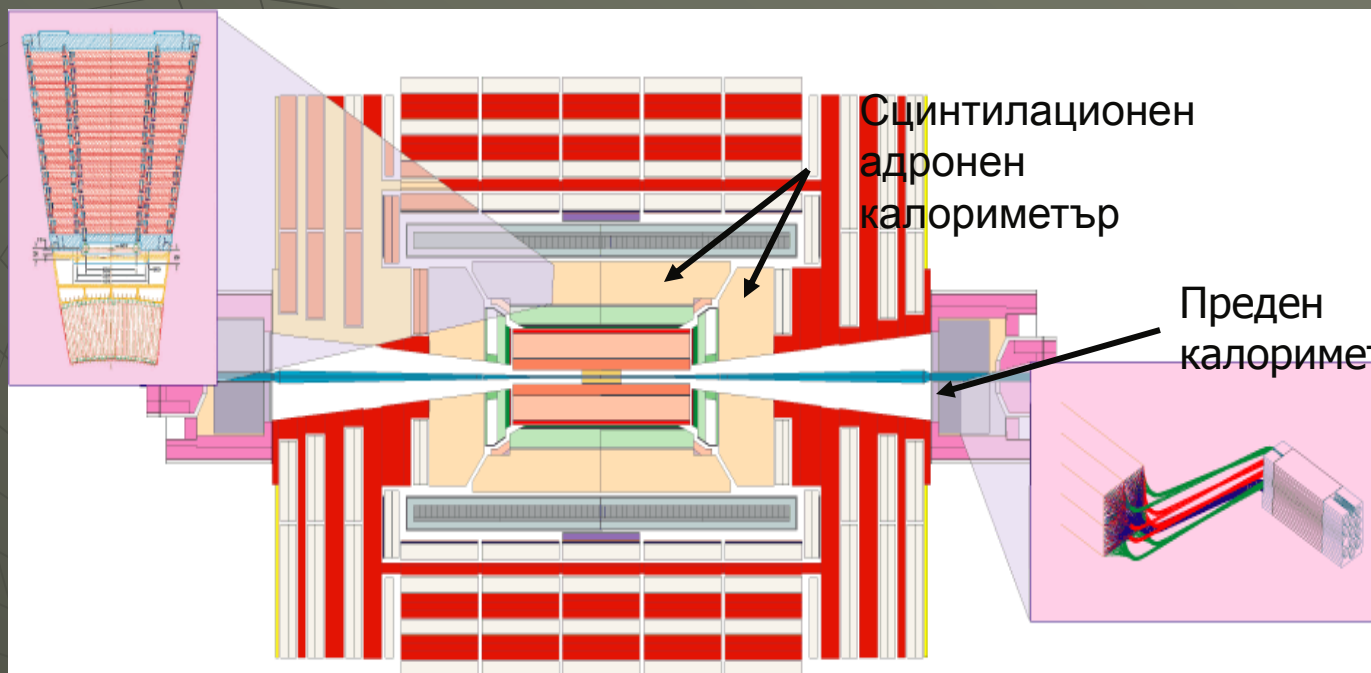


$H \rightarrow \gamma\gamma$, $M_H = 100$ GeV

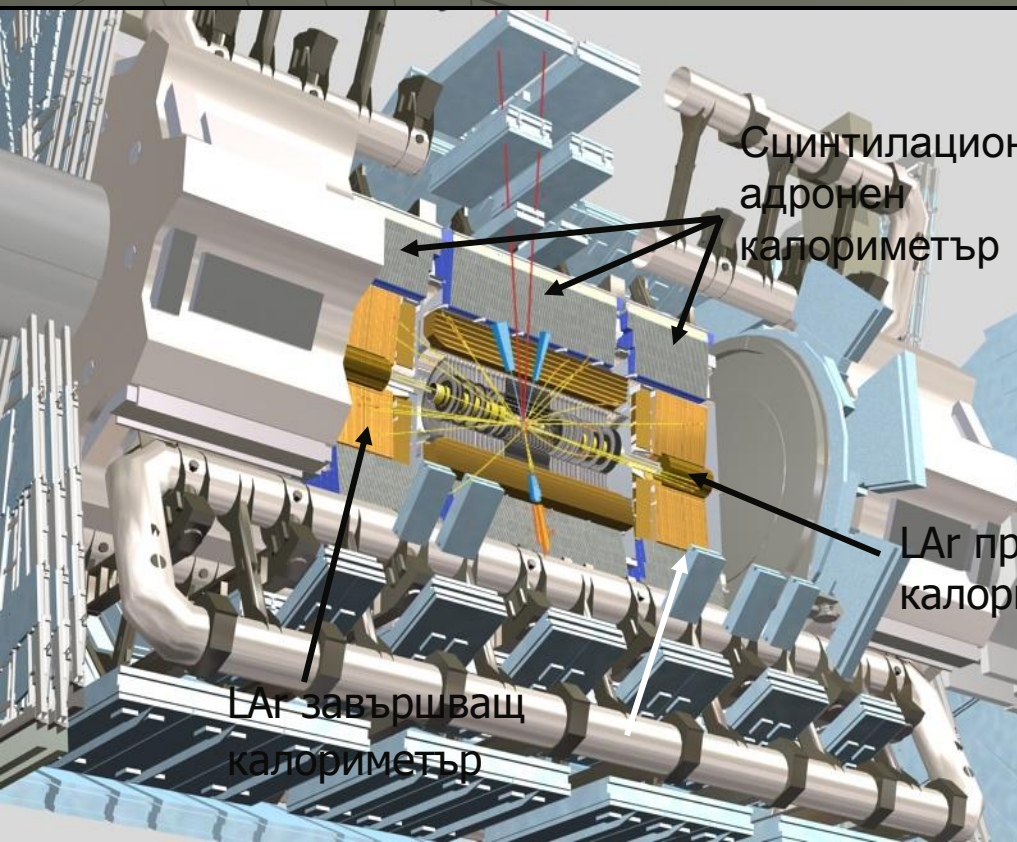


$H \rightarrow 2$ gammas

CMS адронен калориметър



ATLAS адронен калориметър

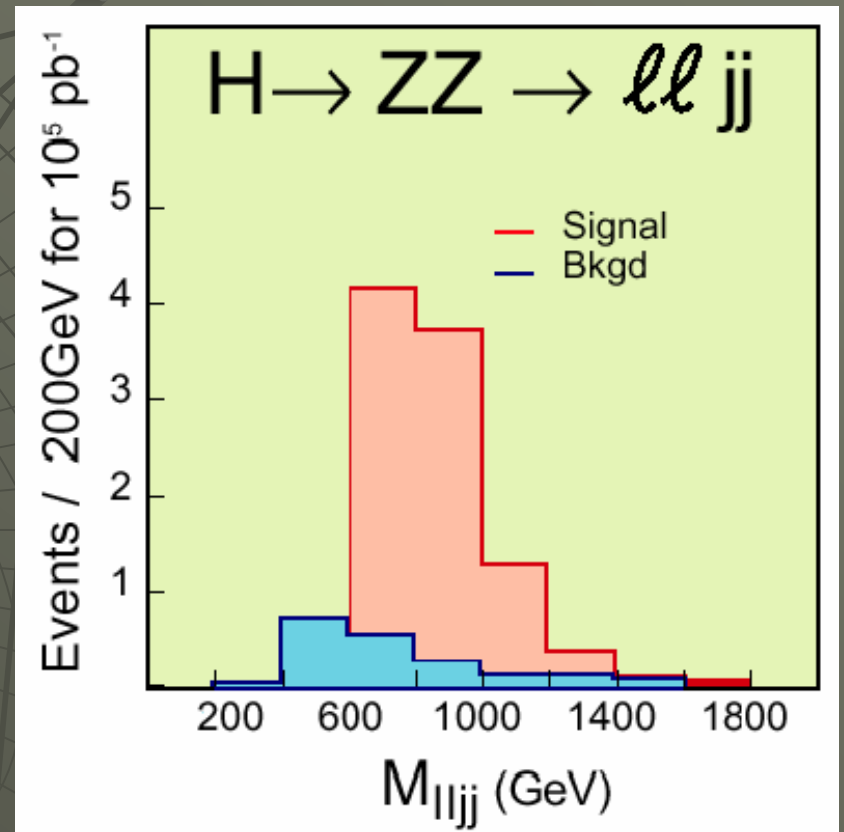
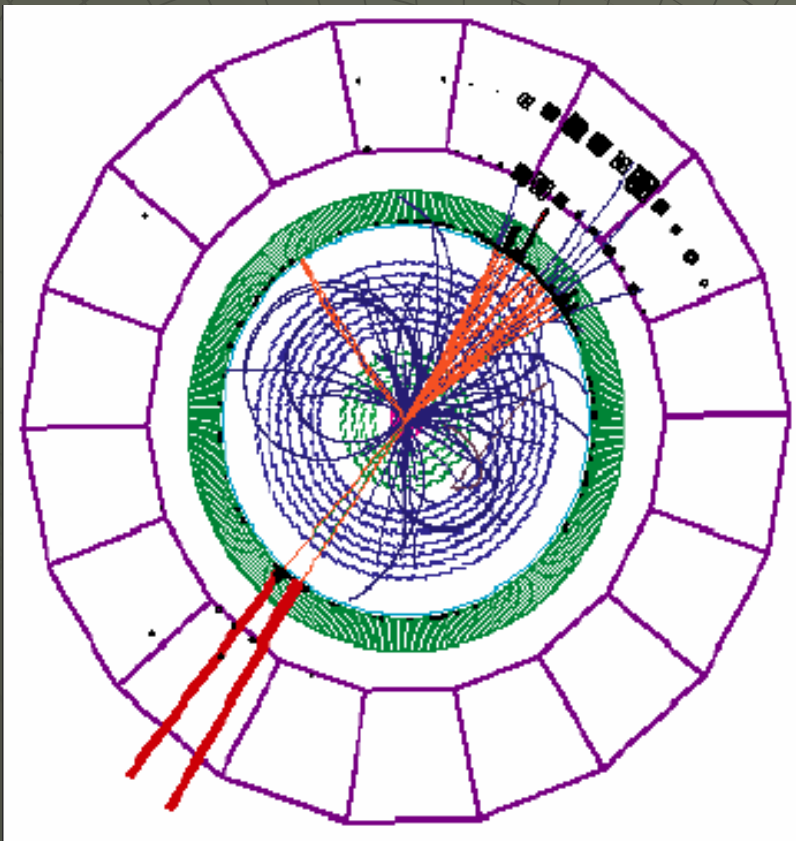


Fe/сцинтилатор

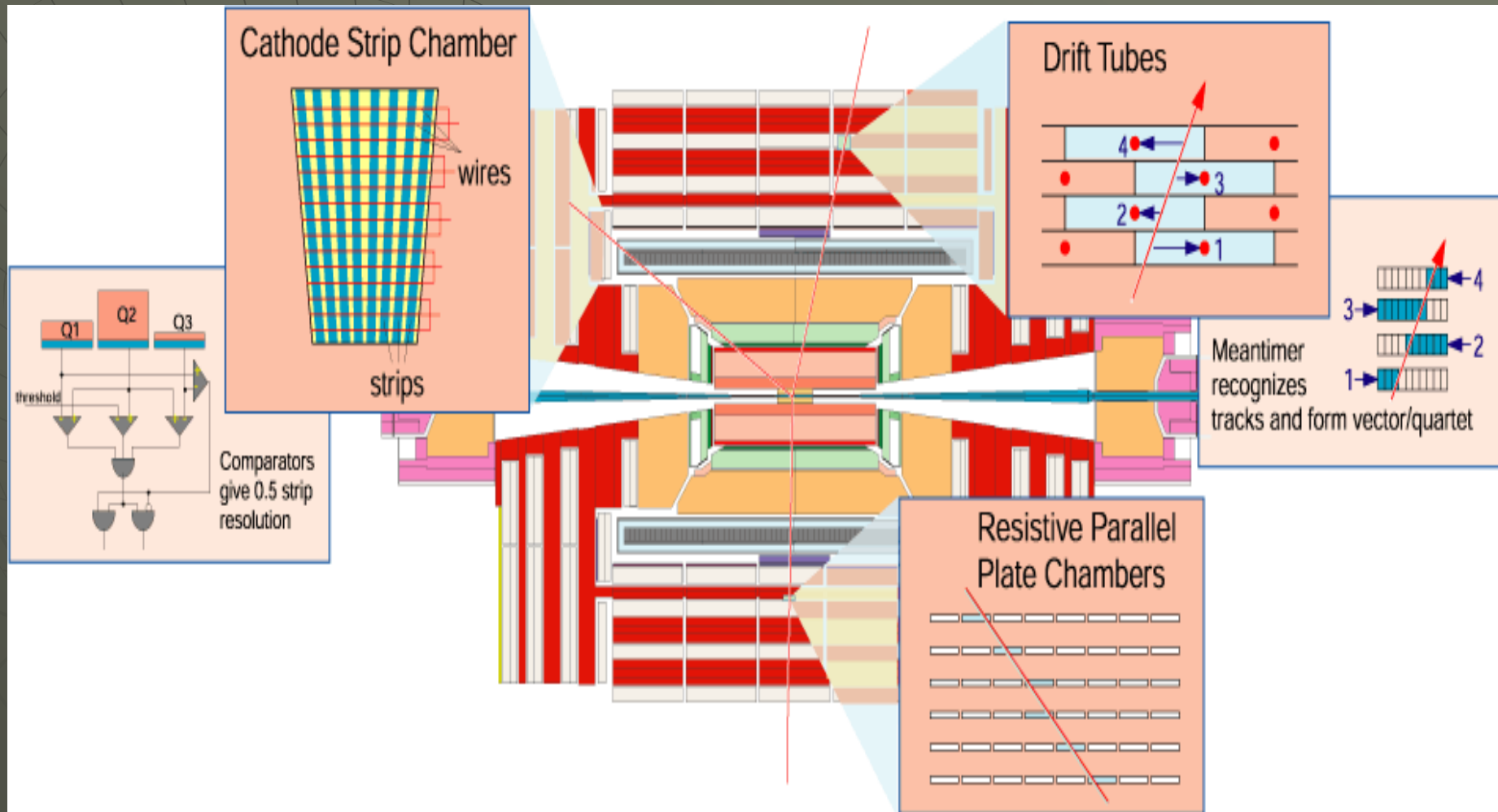


Higgs

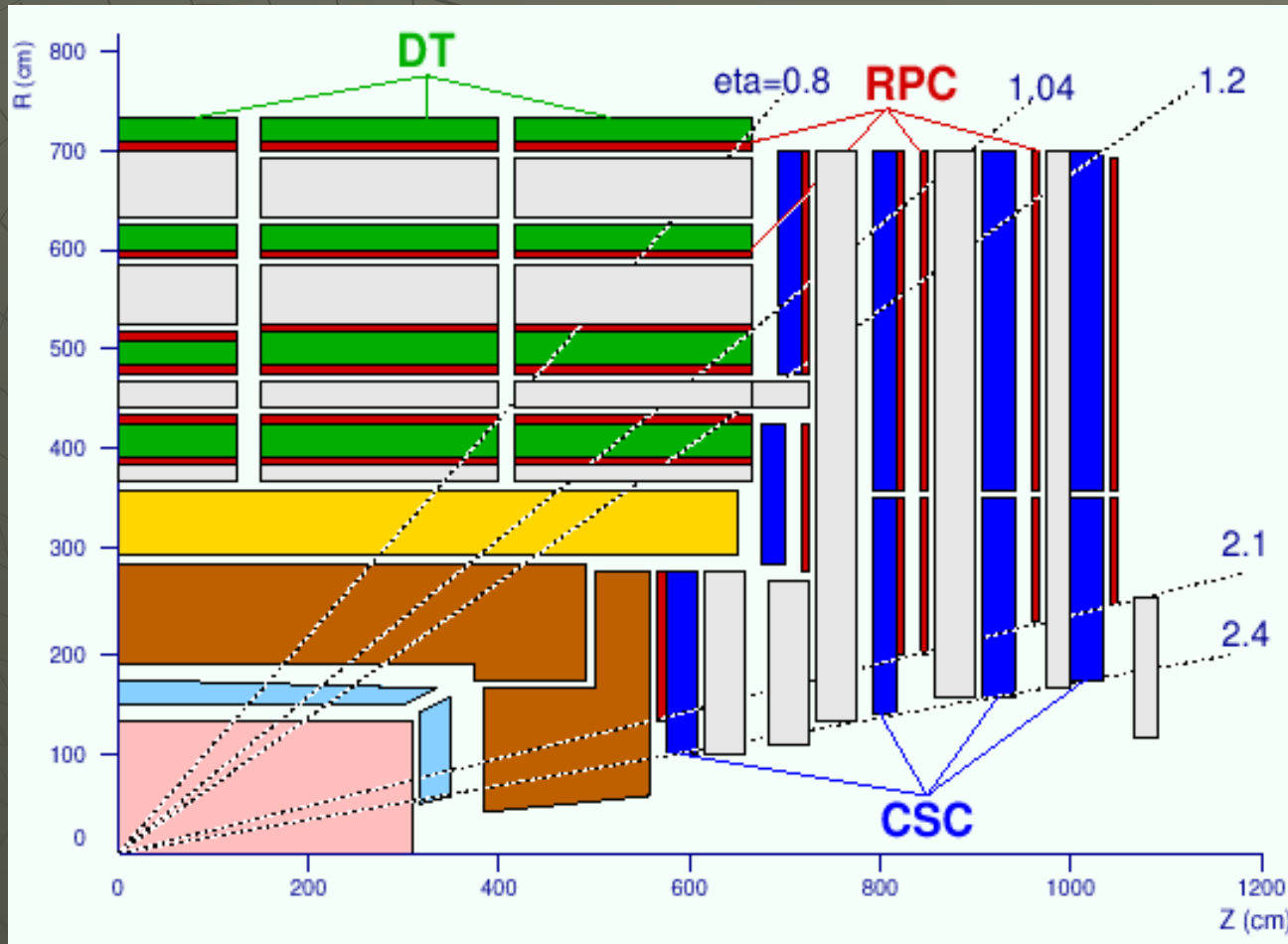
$H \rightarrow ZZ \rightarrow 2 \text{ leptons} + 2 \text{ jets}$



CMS мюонна система



CMS мюонна система



Координатни камери:

DT - Дрейфови камери

250 камери, 195 К канала

CSC - Катодни стрипови камери

540 камери, 500 К канала

Тригерни камери:

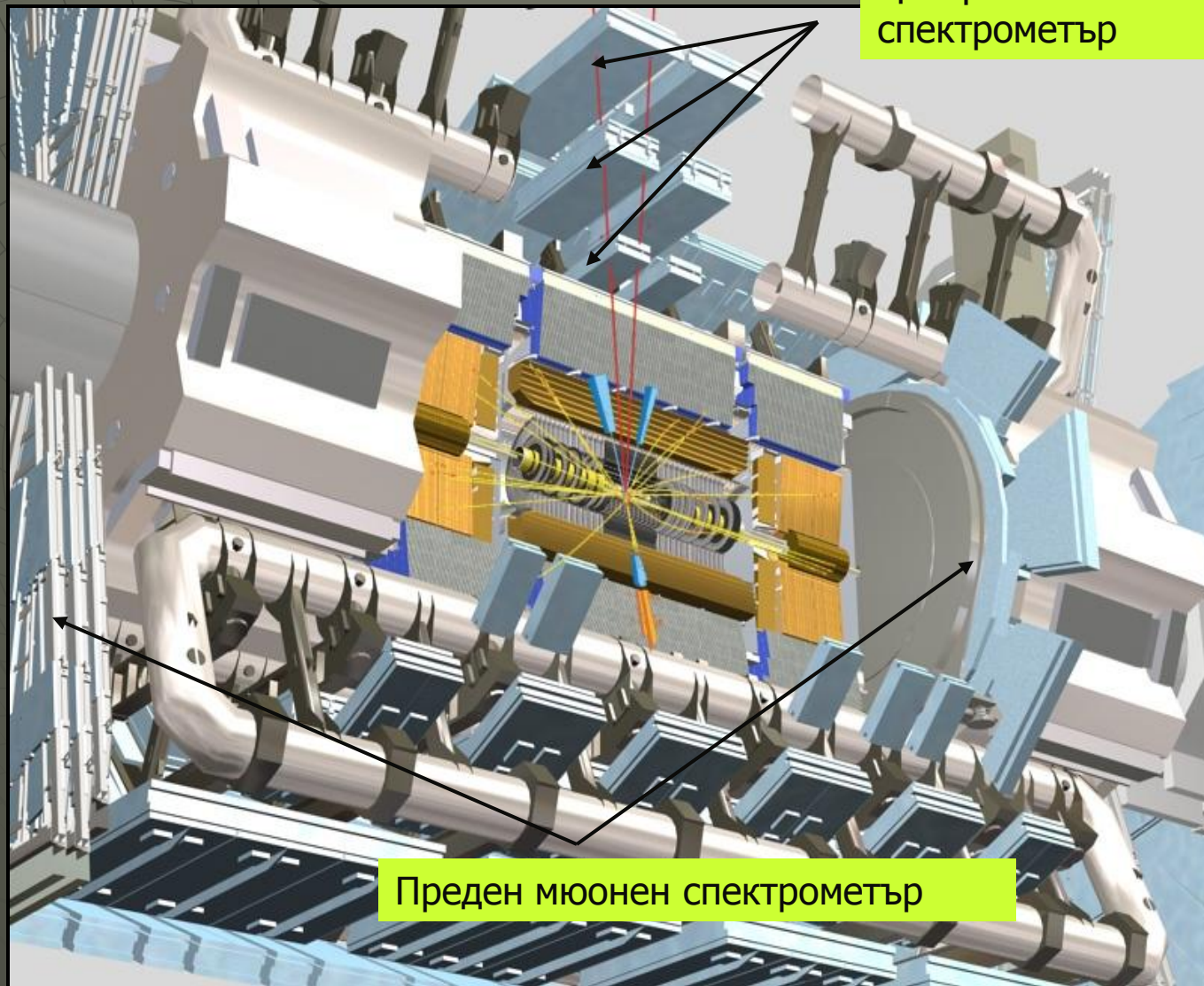
RPC - Камери със съпротивителни ПЛОСКОСТИ

732 камери, 192 К канала

$dp_T/p_T \sim 1\%$ за $p_T = 10-100$ GeV

$\sim 25'000$ m², ~ 0.9 М канала

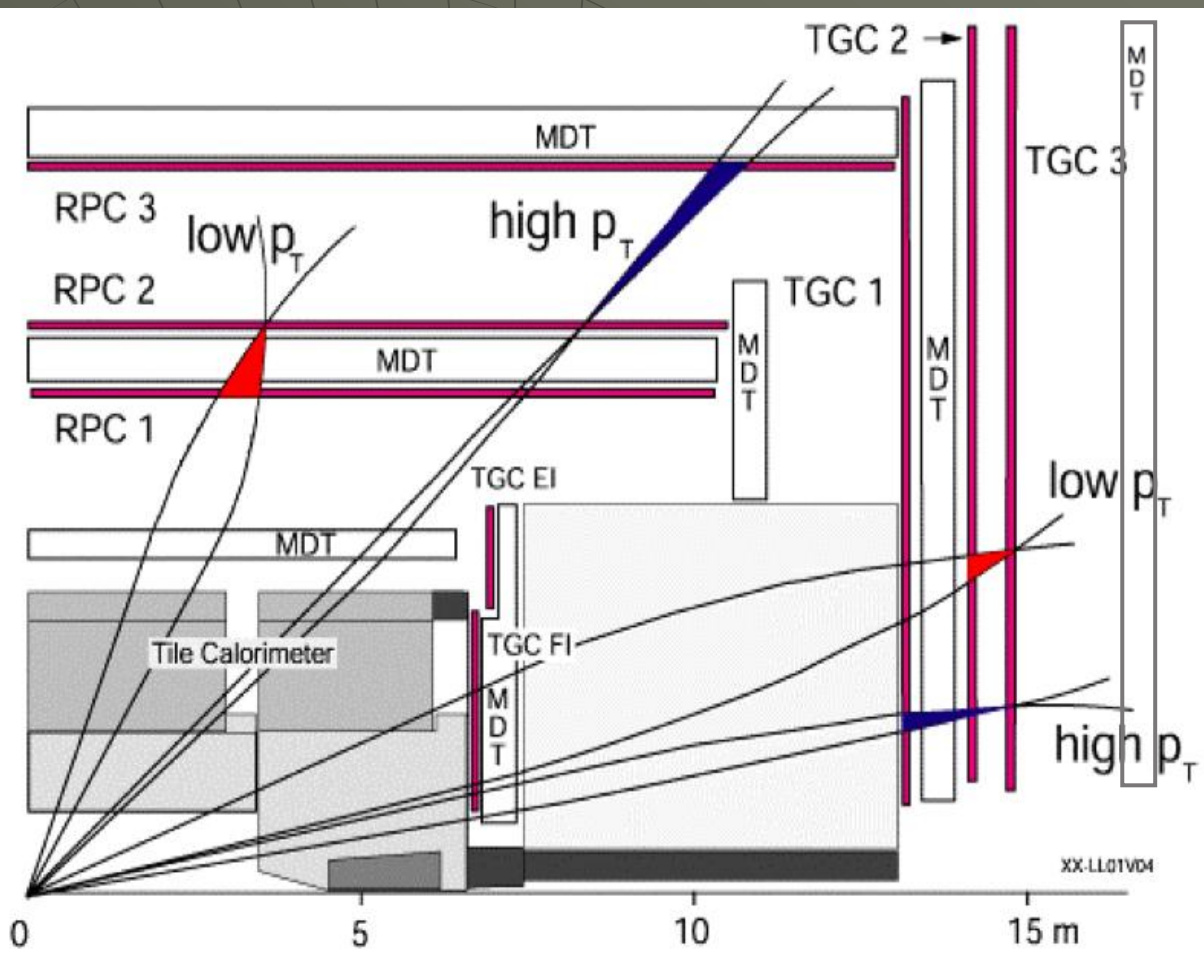
ATLAS мюонна система



Централен мюонен спектрометър

Преден мюонен спектрометър

ATLAS мюонна система



Координатни камери:

MDT: мюонни дрейфови камери

1108 камери, 339 K канала

CSC: катодни стрипови камери

32 камери, 31 K канала

Тригерни камери:

RPC: камери със съпротивителни плоскости

560 камери, 359 K канала

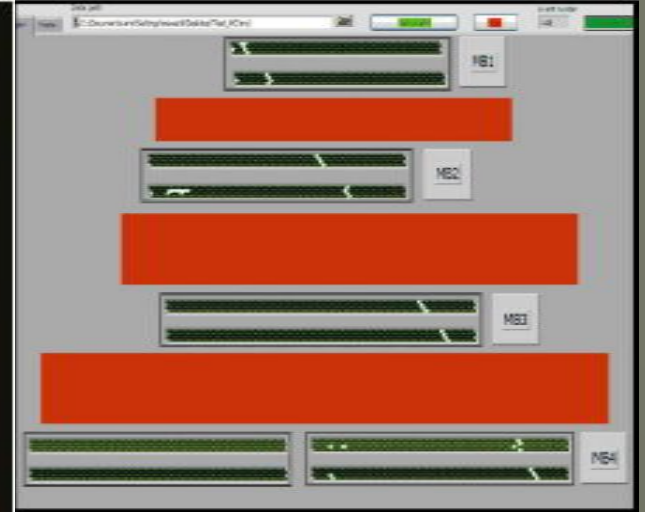
TGC : тънки процепни камери

3588 камери, 318 K канала

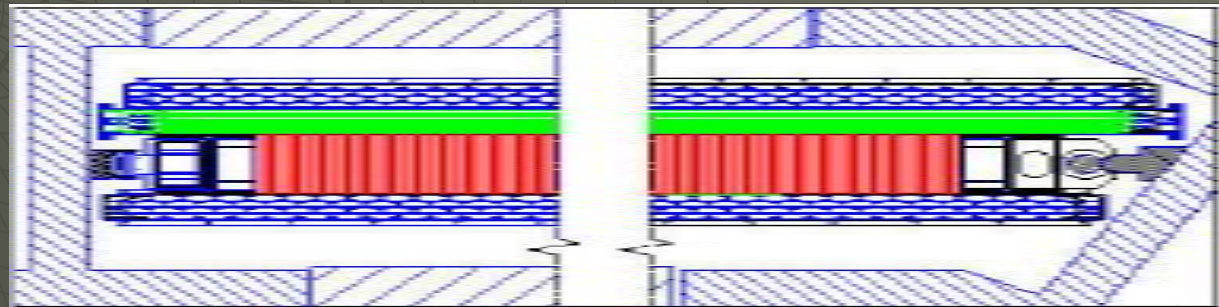
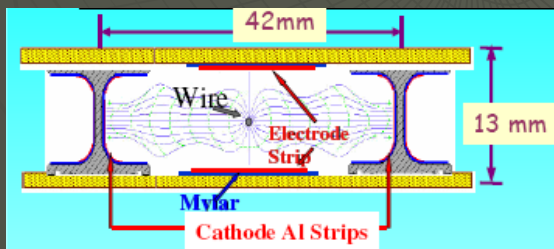
$dp_T/p_T \sim 3\%$ за $p_T = 10\text{--}100$ GeV

$\sim 12'000$ m², ~ 1.1 M канала

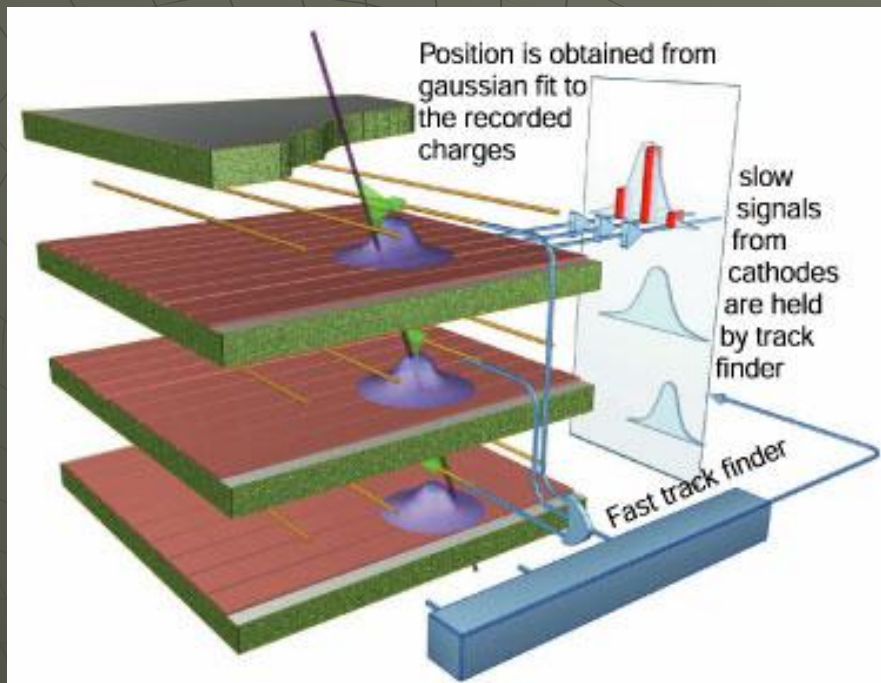
Дрейфови камери DT



100 μ пространствена
разделителна способност



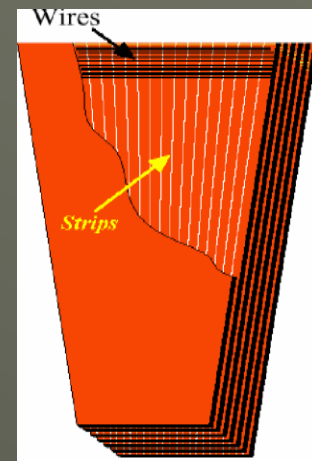
Катодни стрипови камери CSC



Способност за 10 г работа при големи потоци от частици $\sim 1 \text{ kHz/cm}^2$

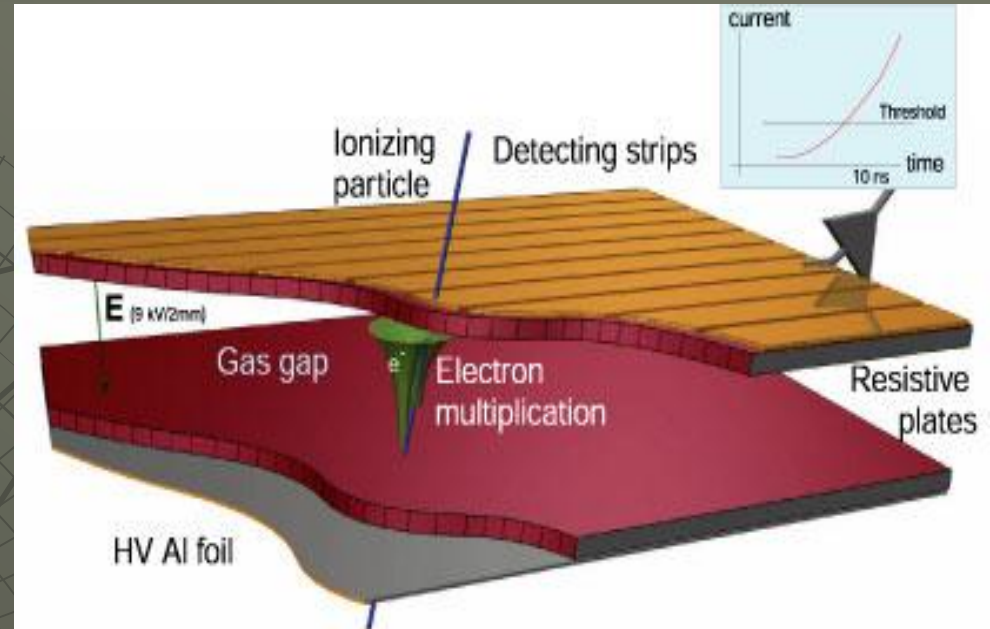
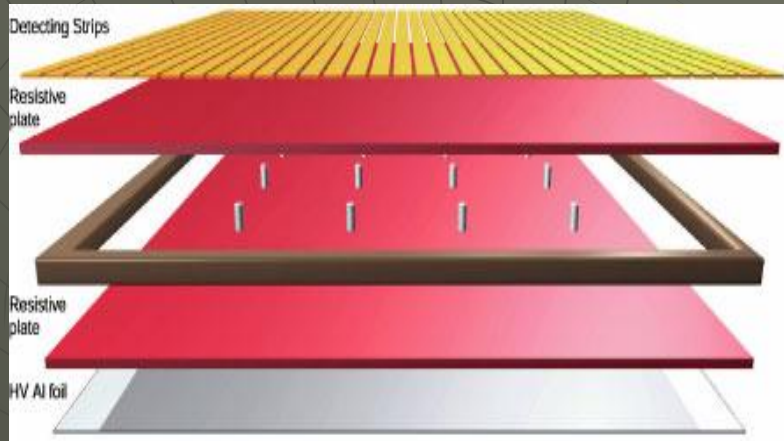
99% ефективност

75 μ пространствена разделителна способност



Камери със съпротивителни плоскости

RPC



Способност за работа при големи потоци от частици

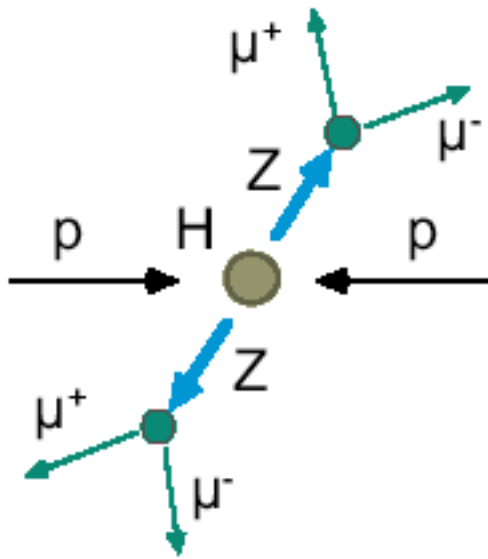
Равномерност на отклика от голяма площ

Превъзходно разрешение по време $\sim 2 \text{ ns}$

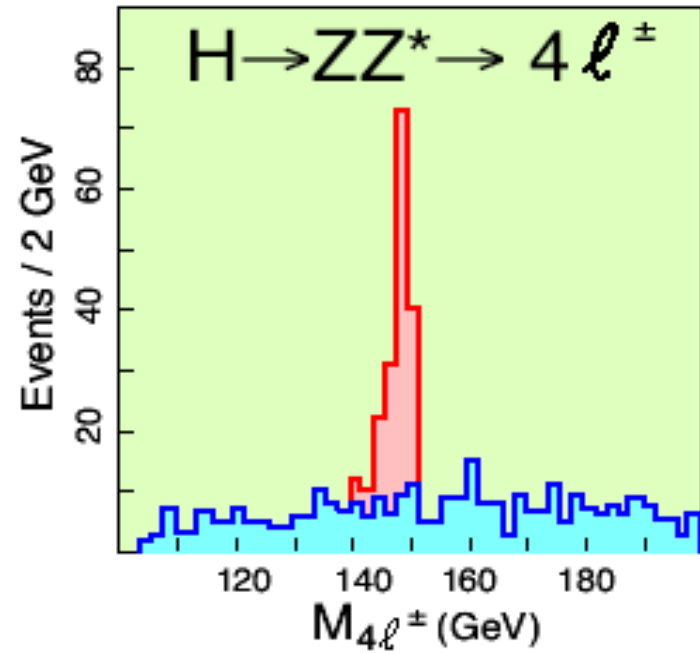
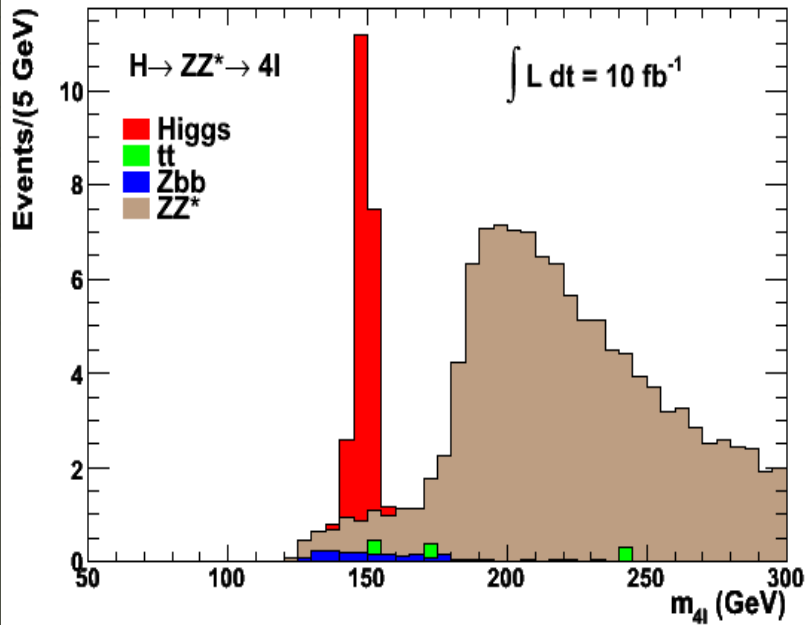
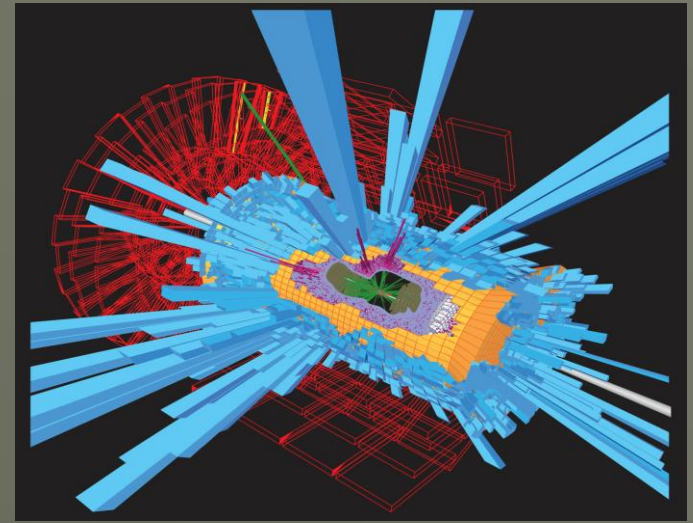
Работа в радиационни условия

Възможност за космически тригер за мониториране на другите детектори

Higgs

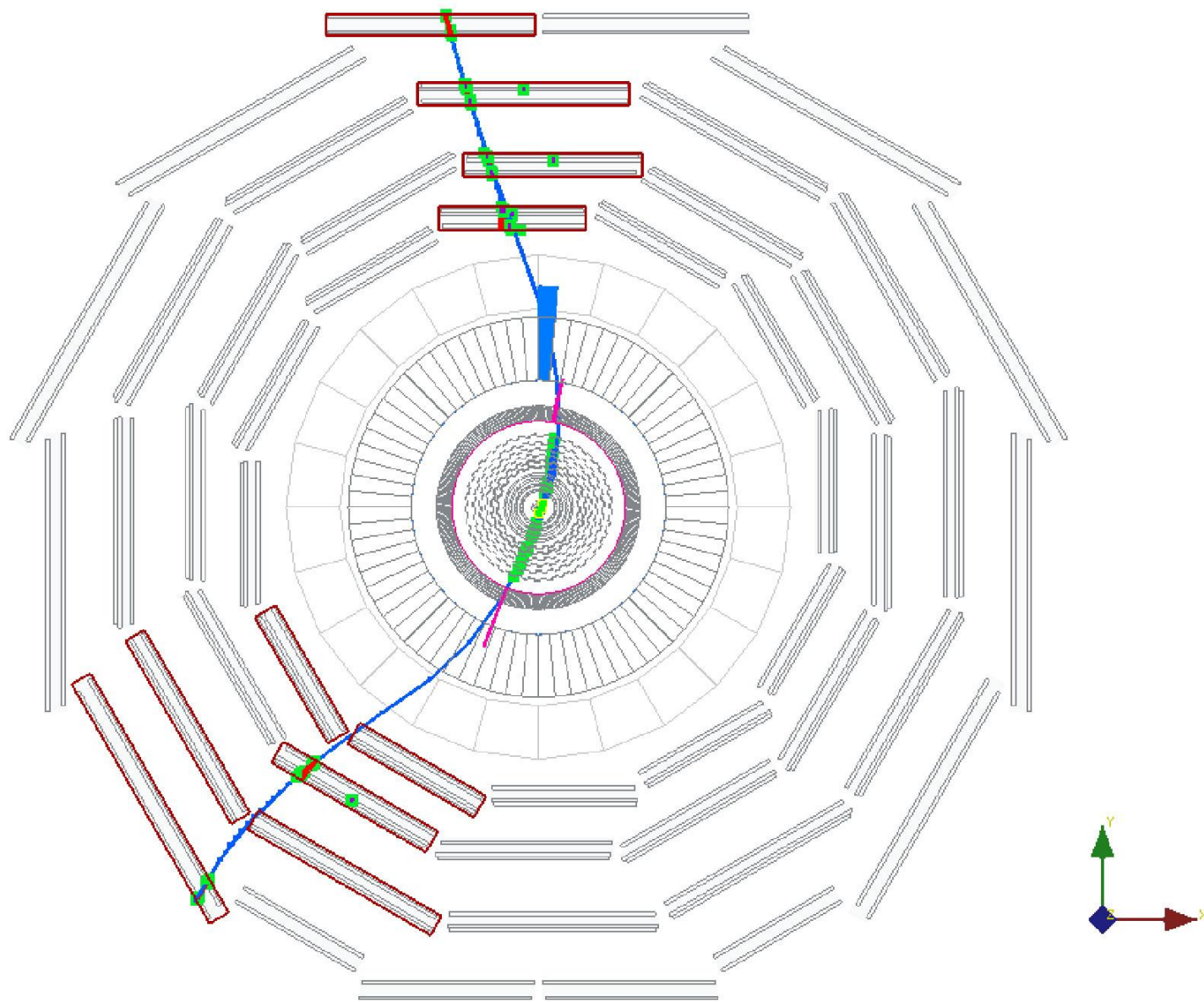


$H \rightarrow ZZ \rightarrow 4 \text{ leptons}$



Космически тест

Run 66748, Event 8894786, LS 160, Orbit 167263116, BX 1915



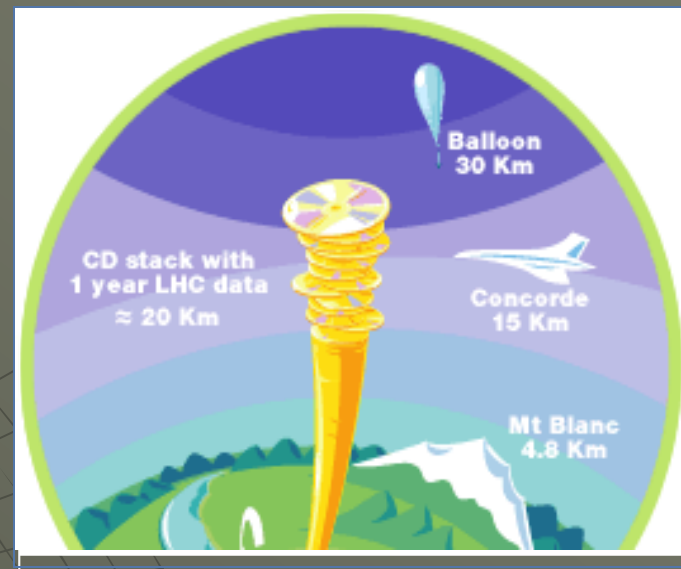
Какво е GRID?

CMS ~ 100 милиона канала

цифрова камера ~ 6 милиона
пиксела, но CMS прави “цифрова
снимка” 40 милиона пъти в
секунда !!

Събития на лента:

~ 100 / сек, всяко 1-2 MB



Обем данни за 1 година: 10 Petabytes

Едно CD има ~ 600 Megabytes (1MB = 10^6 Byte)

1 Petabyte = 10^9 MB = 10^{15} Byte

Какво е GRID?

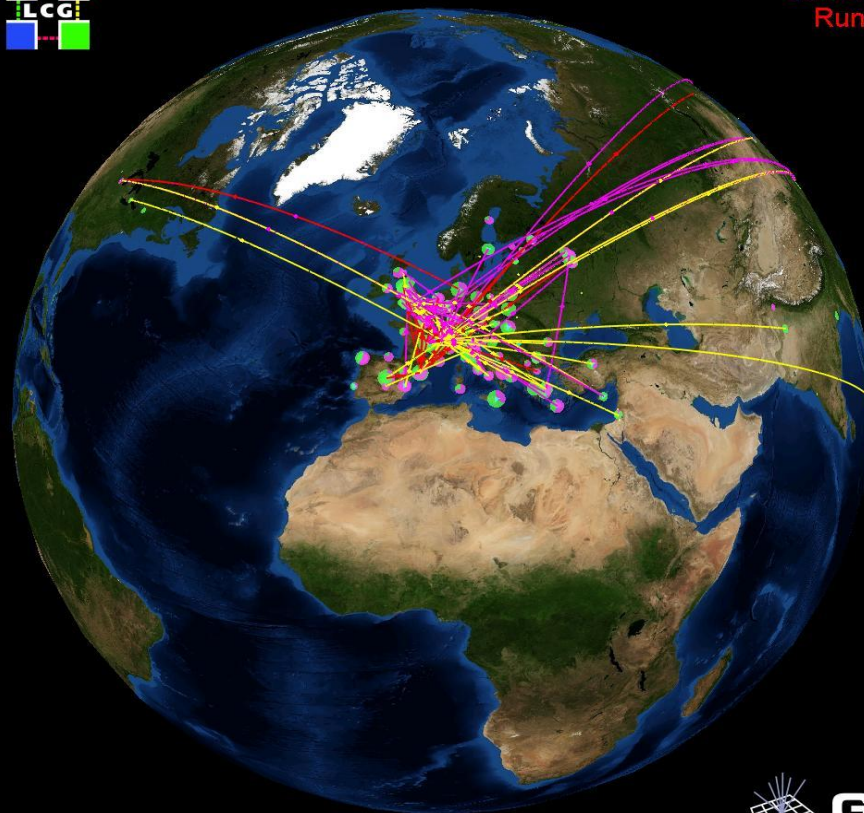
World Wide Web (изобретена в CERN през 1989) позволява достъп до информация, която се съхранява в милиони различни географски точки

Grid позволява достъп до изчислителна мощност и данни, разпределени по целия свят.

eGEE
Enabling Grids
for E-science



Scheduled = 15301
Running = 10525



09:25:20 UTC