

# Детектори във физиката на елементарните частици

П.Яйджиев, ИЯИЯЕ - БАН

Програма на LHC

Преминаване на частици през  
веществото

Детектори: ATLAS и CMS

Елементи на детектора CMS: Трекови детектори, Калориметри

Мюонни детектори

## Програма на LHC

Да се намерят нови частици/ нови симетрии/  
нови сили?

Произход на масата – Higgs бозон;

Суперсиметрични частици – частици на  
тъмната материя?

Допълнителни размерности пространство-  
време: гравитон?

Изучаване на CP нарушението;

Изучаване на кварк-глюонна плазма;

Неочаквани резултати.

**Да се излезе извън SM**

## Инструментариум

**Ускорители** - мощни машини, които  
ускоряват частици до екстремно високи  
енергии и ги сблъскват с други частици;

**Детектори** - гигантски инструменти, които  
записват информацията от родените в  
точката на сблъскване нови частици;

**Компютърни системи** – да събират,  
съхраняват, анализират и разпространяват  
огромното количество данни, произведени  
от тези детектори;

**Научни колективи** – учени и инженери,  
които да построят, поддържат и използват  
тези комплексни машини.

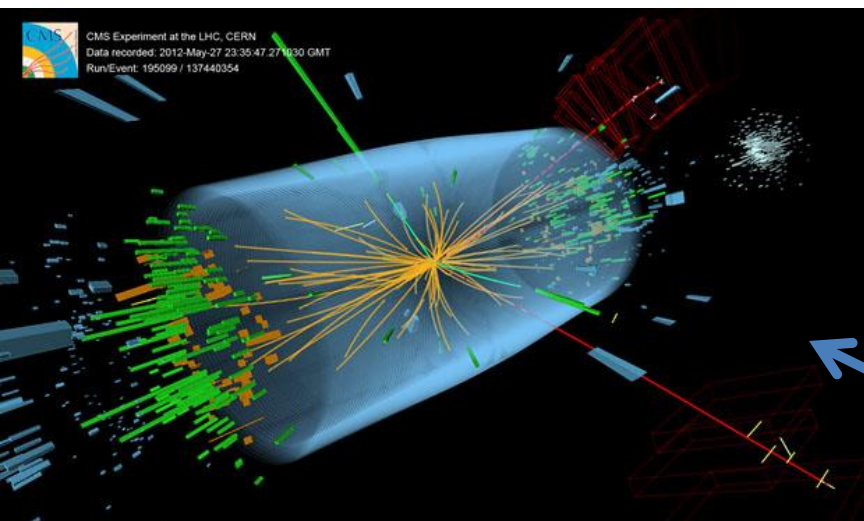
# LHC

*Dimanche 6 Avril 2008 : Plongée dans le fabuleux monde du LHC !*



pp взаимодействие при  $7 + 7$  TeV, 2 насрещни снопа  
 $k = 2808$  пакета от протони в сноп  
 $N = 1011$  протона в пакет  
 $f =$  пресичане на сноповете = 40 MHz

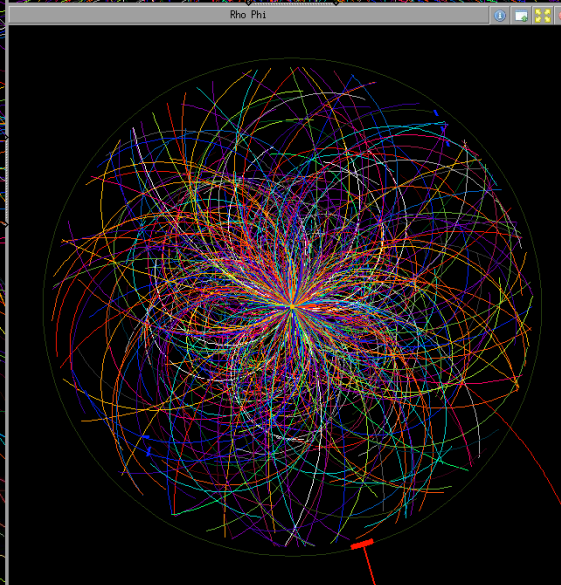
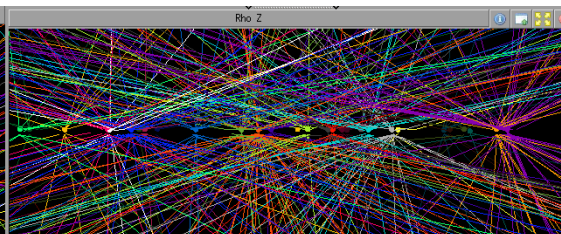
# ЛHC – CMS – запис на 1 събитие



**CMS има около 100 милиона канала и прави „цифрови“ снимки 40 милиона пъти в секунда!**

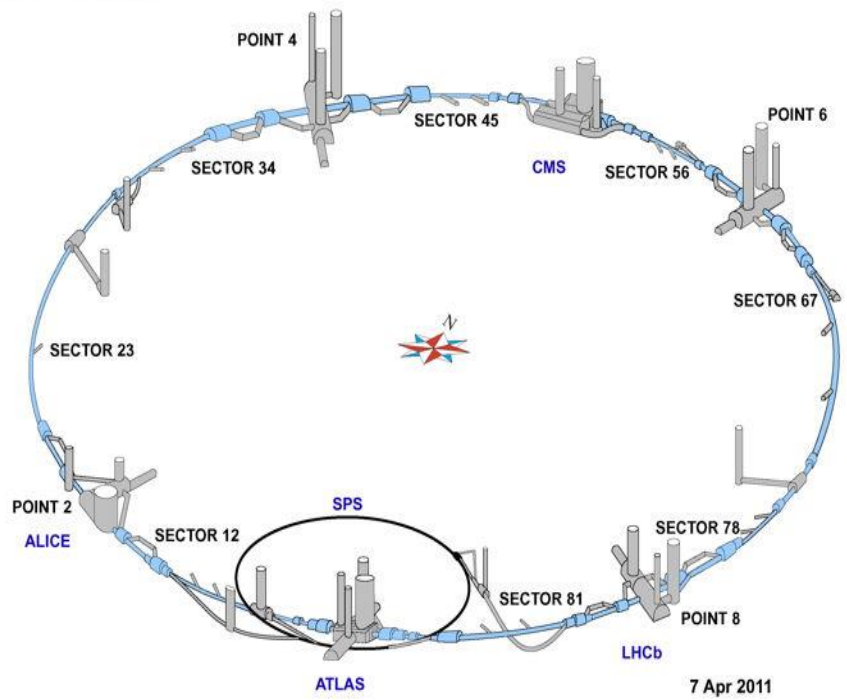
**/цифрова камера ~ 20 милиона пиксела/**

1 събитие



**С повишаване на светимостта броят на събития по време на един интервал на сблъскване на протоните /25 наносекунди/ расте до 50**

# LHC



## Технологично предизвикателство

1. ~ 1 милиард протон-протонни взаимодействия за 1 s  
Пакети, съдържащи  $10^{11}$  протона, се пресичат 40 милиона пъти в центъра на всеки експеримент
2. Огромни потоци от вторични частици  
Хиляди частици пресичат детектора всеки 25 ns  
Голям брой канали ~ 100 милиона  
Голям брой информация ( $1 \text{ MB} / 25 \text{ ns} = 40 \text{ TB}$  за 1 s)
3. Висока радиация от n и  $\gamma$

## Изисквания към детекторите

- Многоканален детектор
- Да покрива целия телесен ъгъл 4 $\pi$
- Херметична калориметрична система
- Да регистрира направлението и идентифицира заряда и масата на всички частици
- Да измери техния импулс или енергия
- Мощна вътрешна трекова система
- Висока разделителна способност на електромагнитния калориметър
- Много добра мюонна идентификация и измерване на импулса
- Високо радиационно устойчиви материали

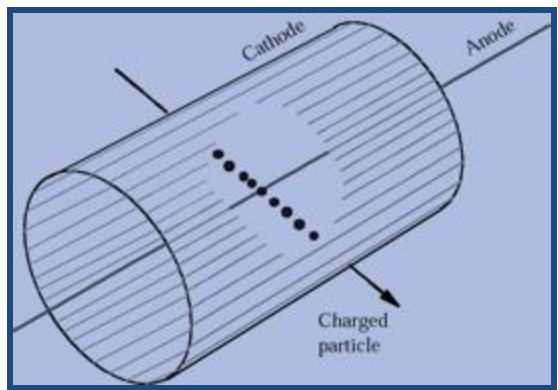
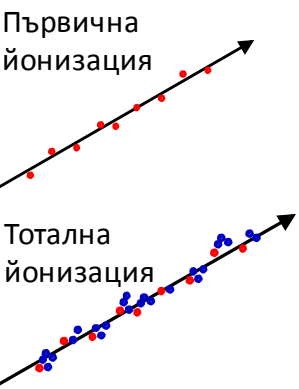
**Преминаване на частици през вещество**

Понастоящем за регистрацията на частици се използват следните процеси при тяхното взаимодействие с веществото на детектора:

1. Електромагнитно взаимодействие (всички заредени +  $\gamma$ )
2. Силно взаимодействие (адрони, включително и неутралните -  $n$ )
3. Слабо взаимодействие (нейтрино -  $\nu$ )

Основни процеси при преминаване на ел. частици през веществото на детекторите

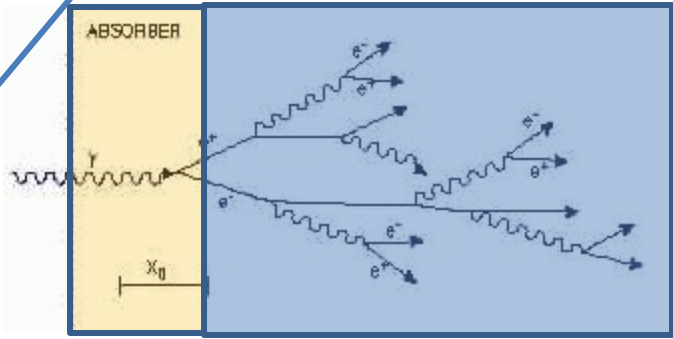
**Йонизация**



$\sigma(\text{ionization}) = f(E, \text{gas}) \rightarrow$  Газово усилване

**Електромагнитна лавина**

Чувствителен елемент



$X_0$  - Радиационна дължина – средната дължина на проникване във веществото преди да се предизвика ЕМ лавина само от електрони, позитрони и фотони

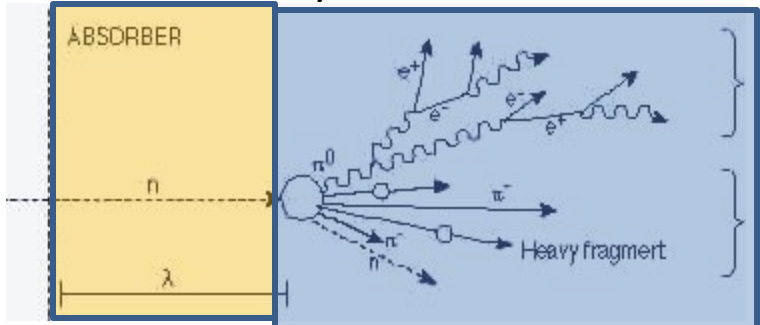
1. Масата ( $e$ ) конвертира в енергия ( $\gamma$ )
2. Раждат се е $\pm$ -двойки

**Адронна лавина**

$\lambda$  - Интеракционна дължина – средната дължина на проникване във веществото преди да се предизвика адронна лавина

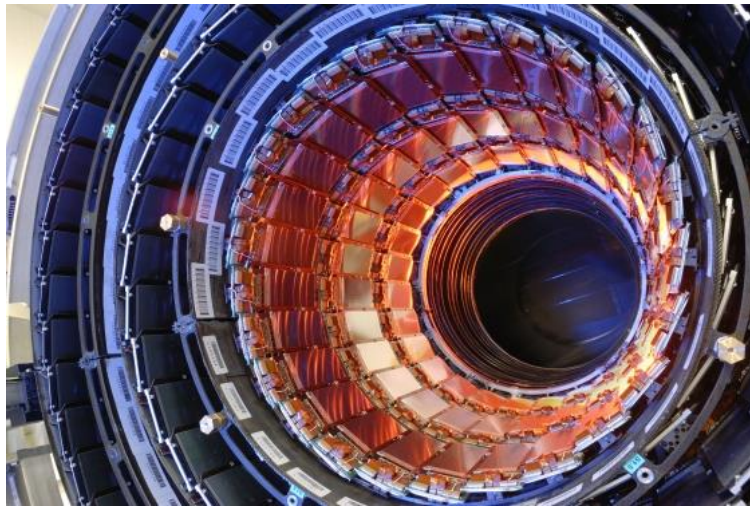
Раждат се различни частици -  $p, n, \pi, \nu, \lambda, K, \Theta$

Чувствителен елемент



EM каскад  
Адронен каскад

# Трекови детектори

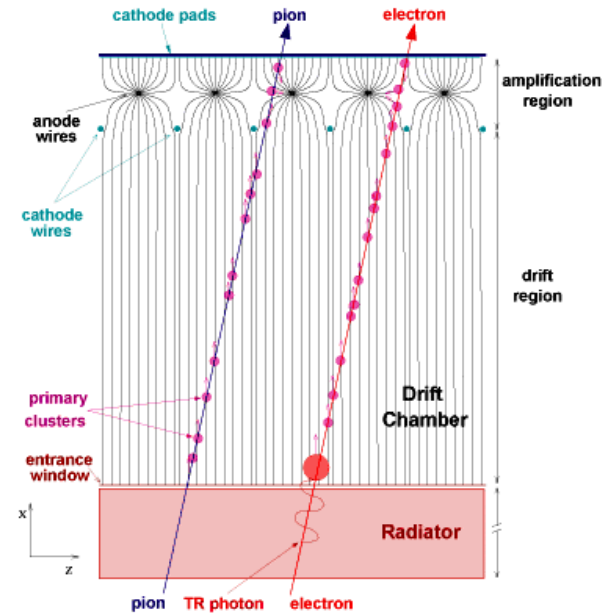


10 layers of Silicon Strip Sensors surrounding  
2-3 layers of Silicon Pixel

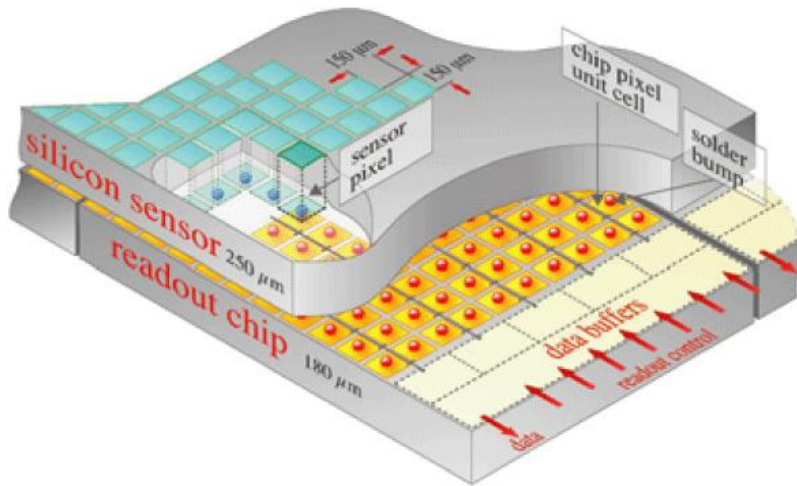
Sensors .

15k silicon modules containing  
76M pixels + strips

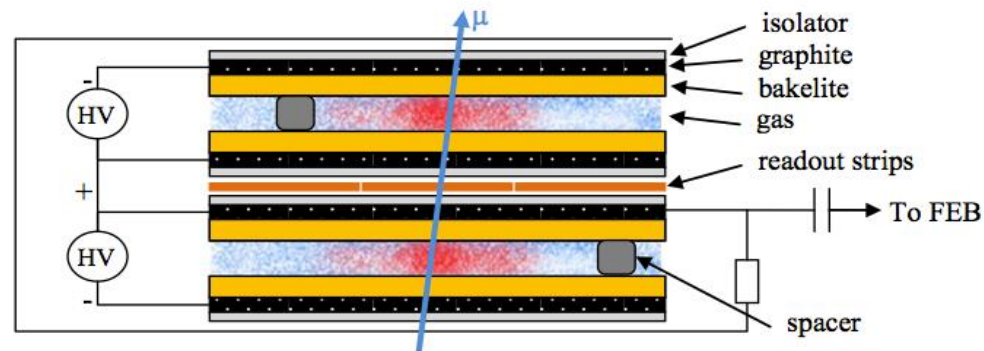
The World's largest Silicon Tracker  
= 250 m<sup>2</sup> !



Полупроводников детектор на трекове



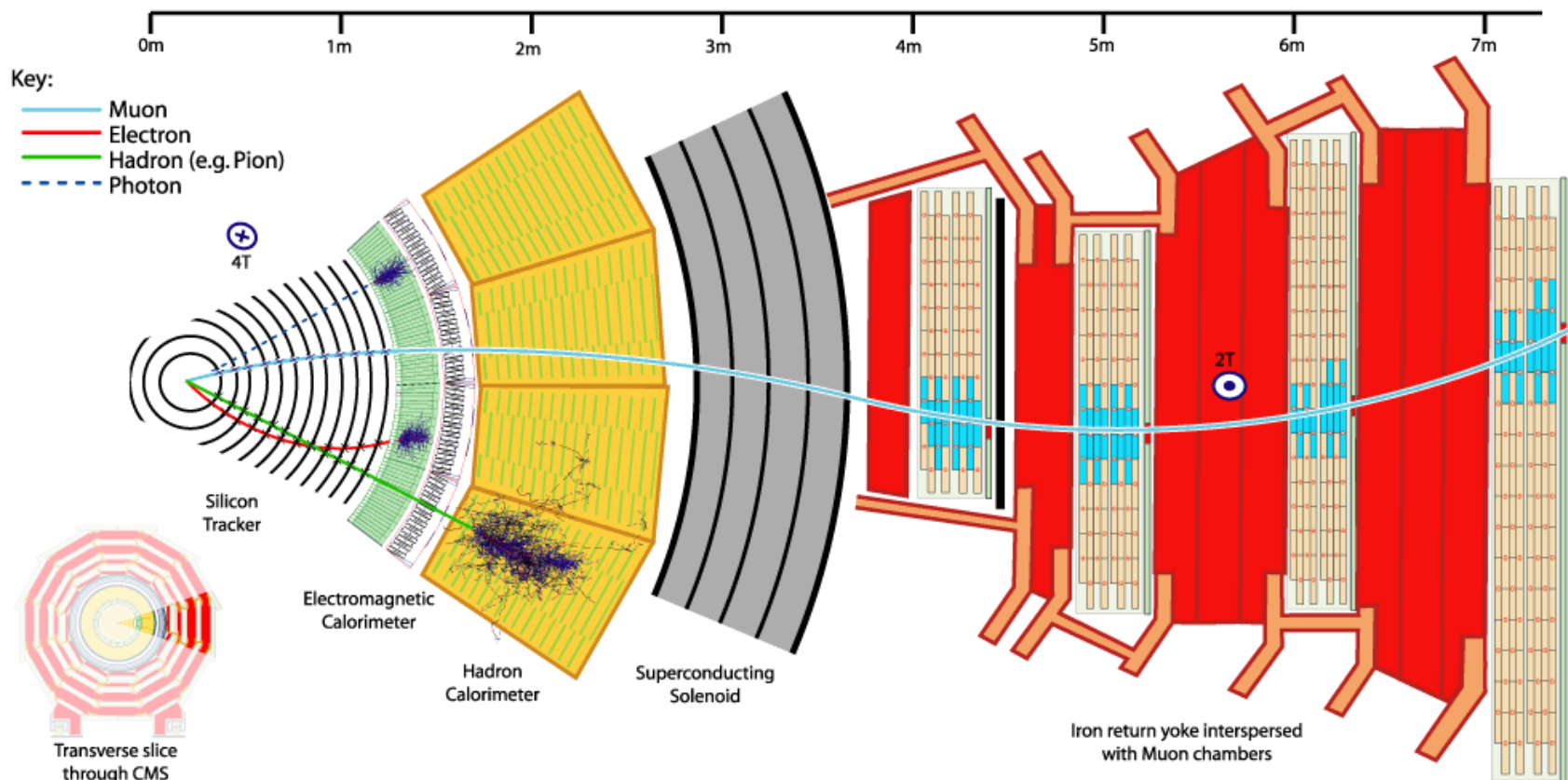
Дрейфова камера – сигнал от времето на „дрейф“ на електроните



Мюонни камери със съпротивителна плоскост –  
2 наносекунди сигнал за преминал мюон

Пикселен детектор на трекове – многослоен  
полупроводников детектор от тънки пластинки с  
нанесена върху им електроника

# Елементи на детектор за елементарни частици на Compact Muon Solenoid - CMS LHC



Елементи на детектора CMS :

- 1.Треков детектор /траектория на заредените частици/
- 2.Електромагнитен калориметър /ЕМ компонента на енергията на заредени частици и фотони/
3. Адронен калориметър /енергия на заредени и неутрални частици/
4. Мюонен детектор / траектория и време на прелитане на мюони -тригер/.

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

## HCAL

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

## FEET

Pakistan China

## FORWARD CALORIMETER

Hungary, Iran, Russia, Turkey, USA

## 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

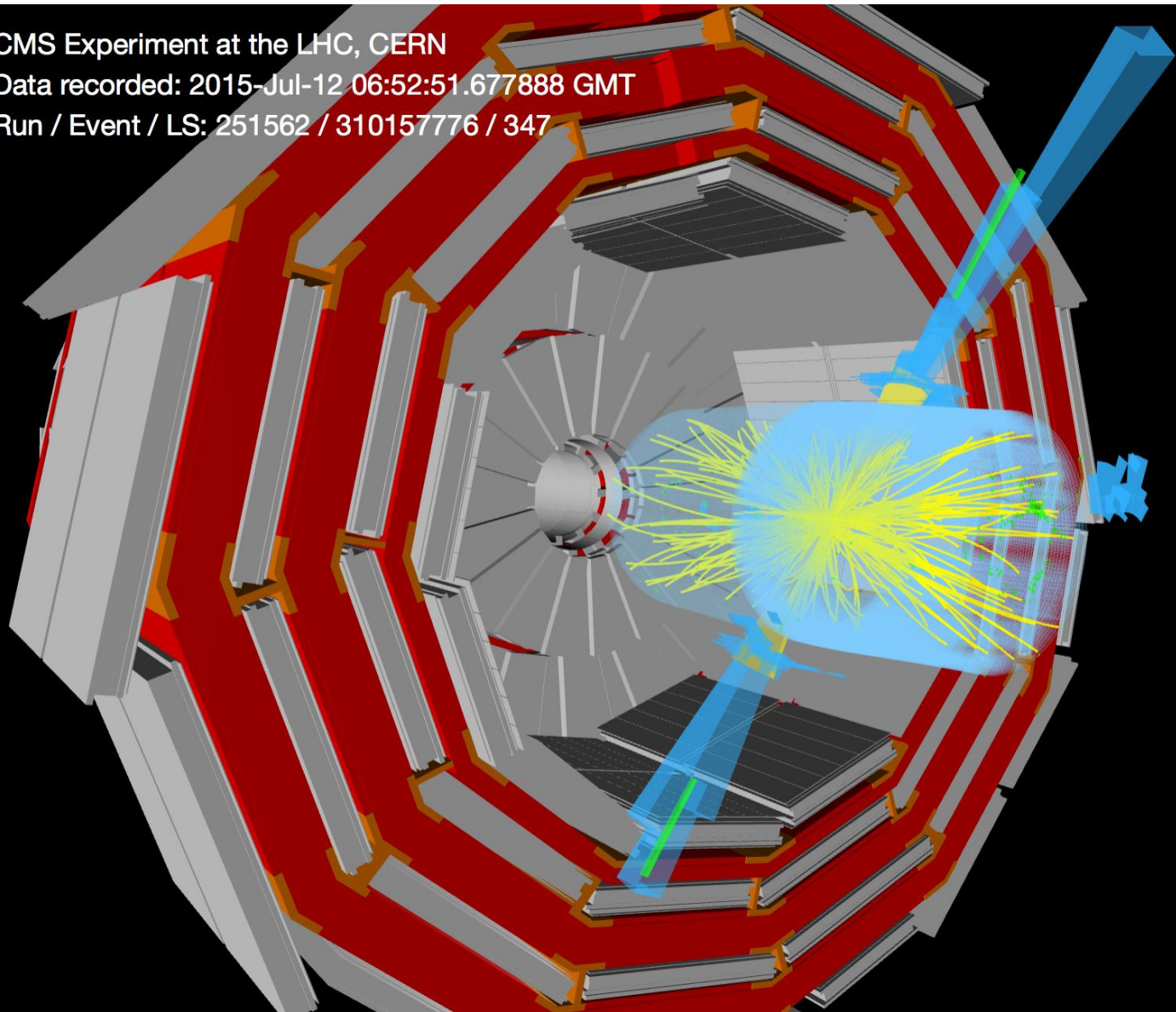




CMS Experiment at the LHC, CERN

Data recorded: 2015-Jul-12 06:52:51.677888 GMT

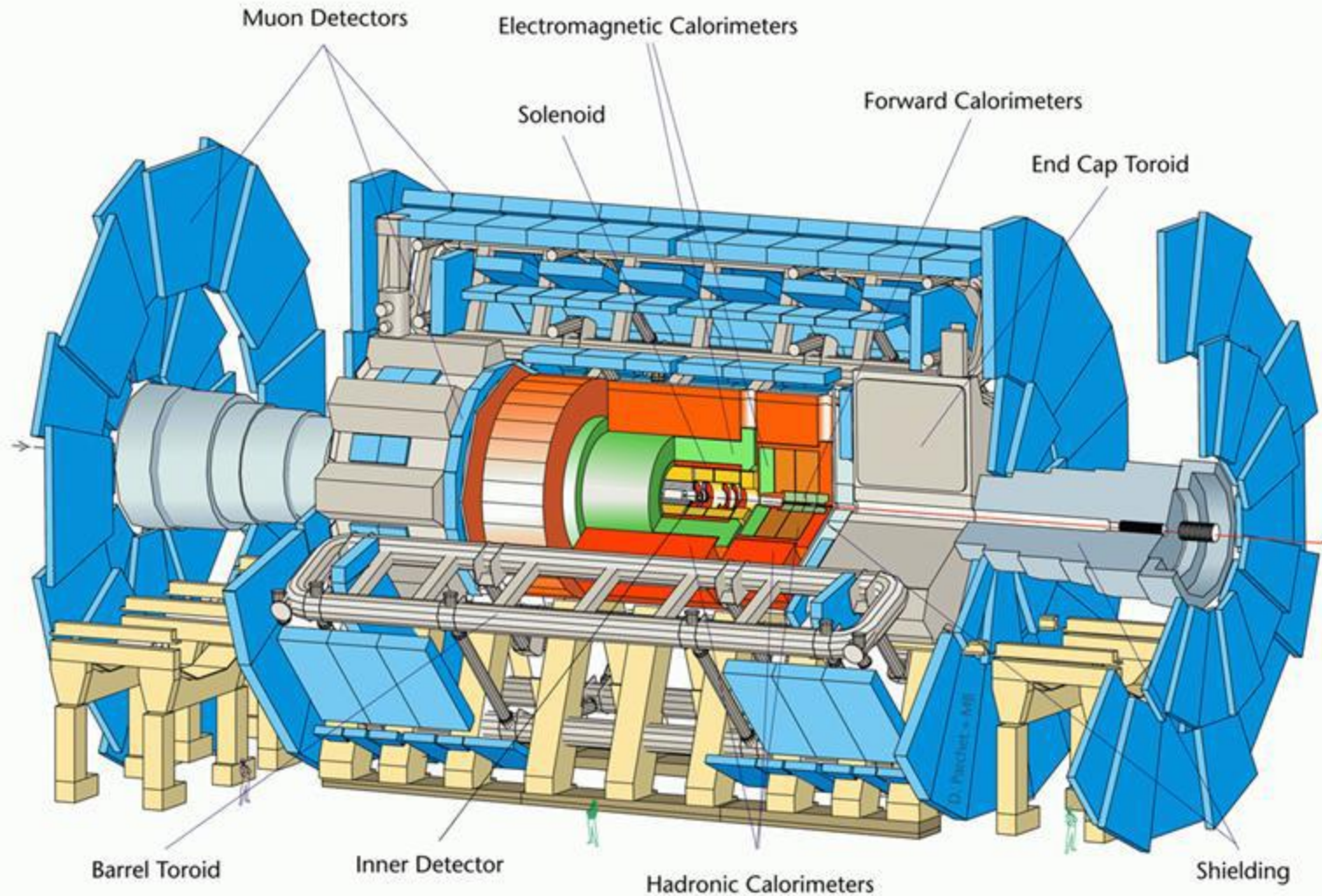
Run / Event / LS: 251562 / 310157776 / 347



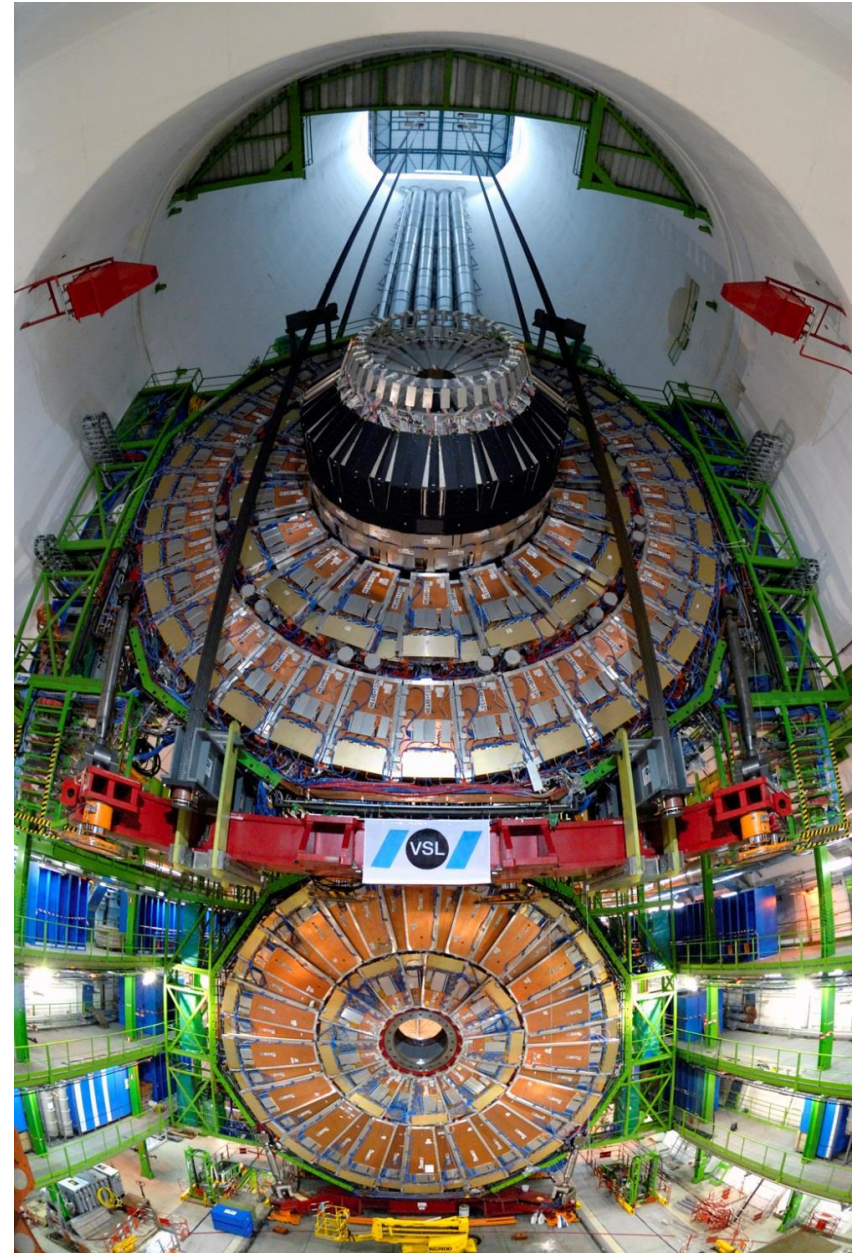
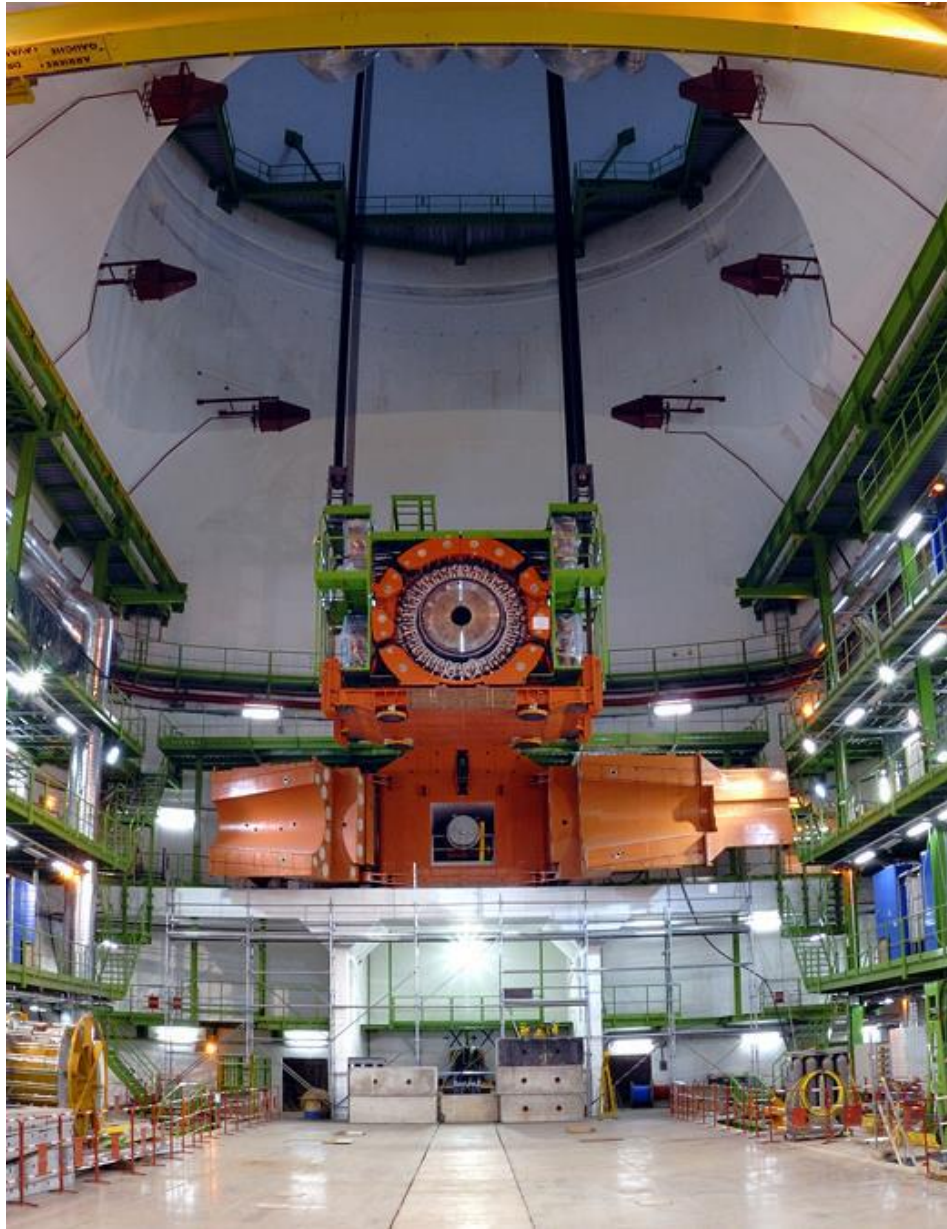
A 13TeV collision recorded by the CMS detector showing two high-energy particle jets with a collective mass of 5 TeV

# ATLAS

38 страни, 177 Института, 2800 учени и инженери, 1000 студенти



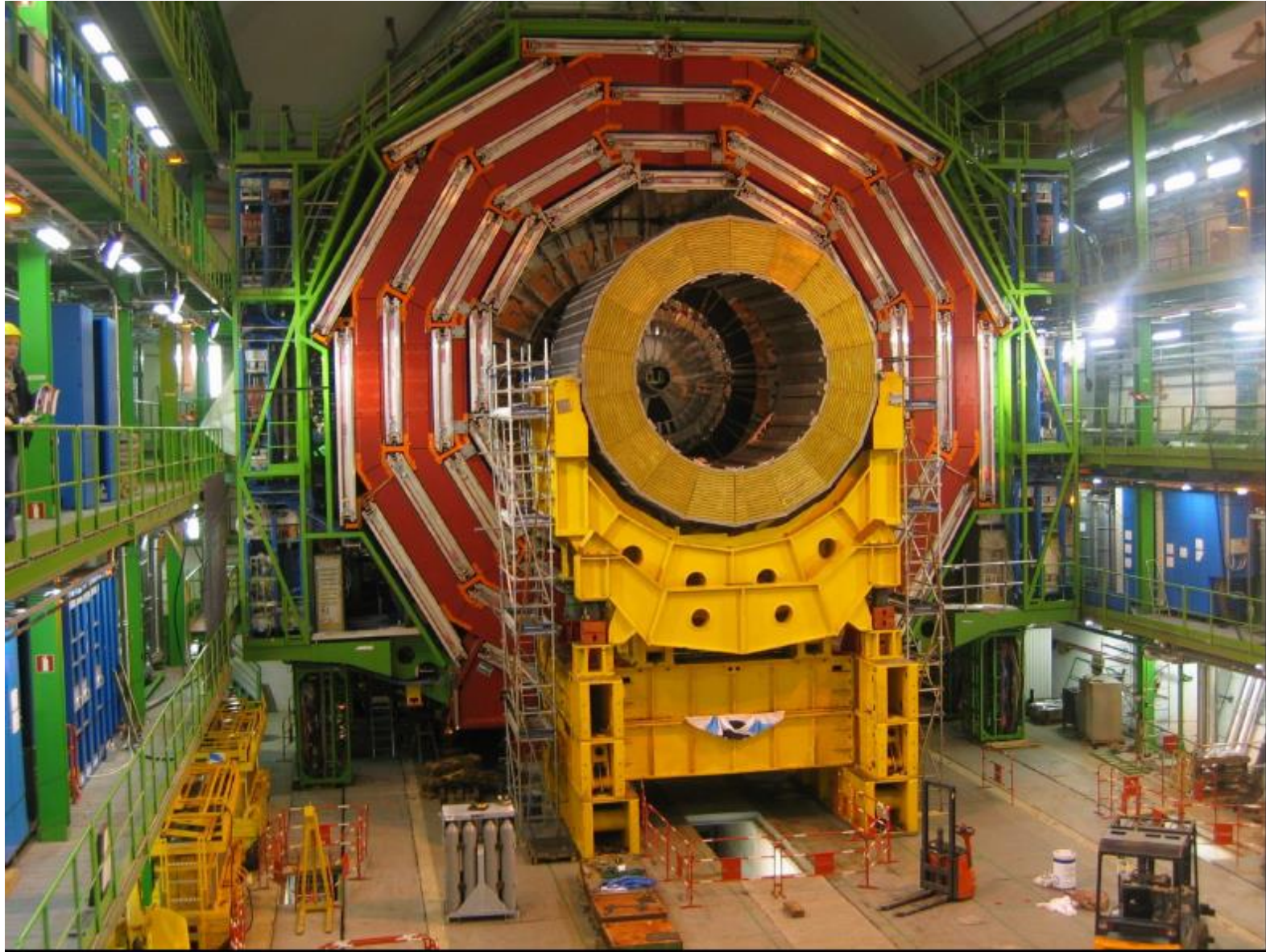
## Инсталиране на детектора CMS



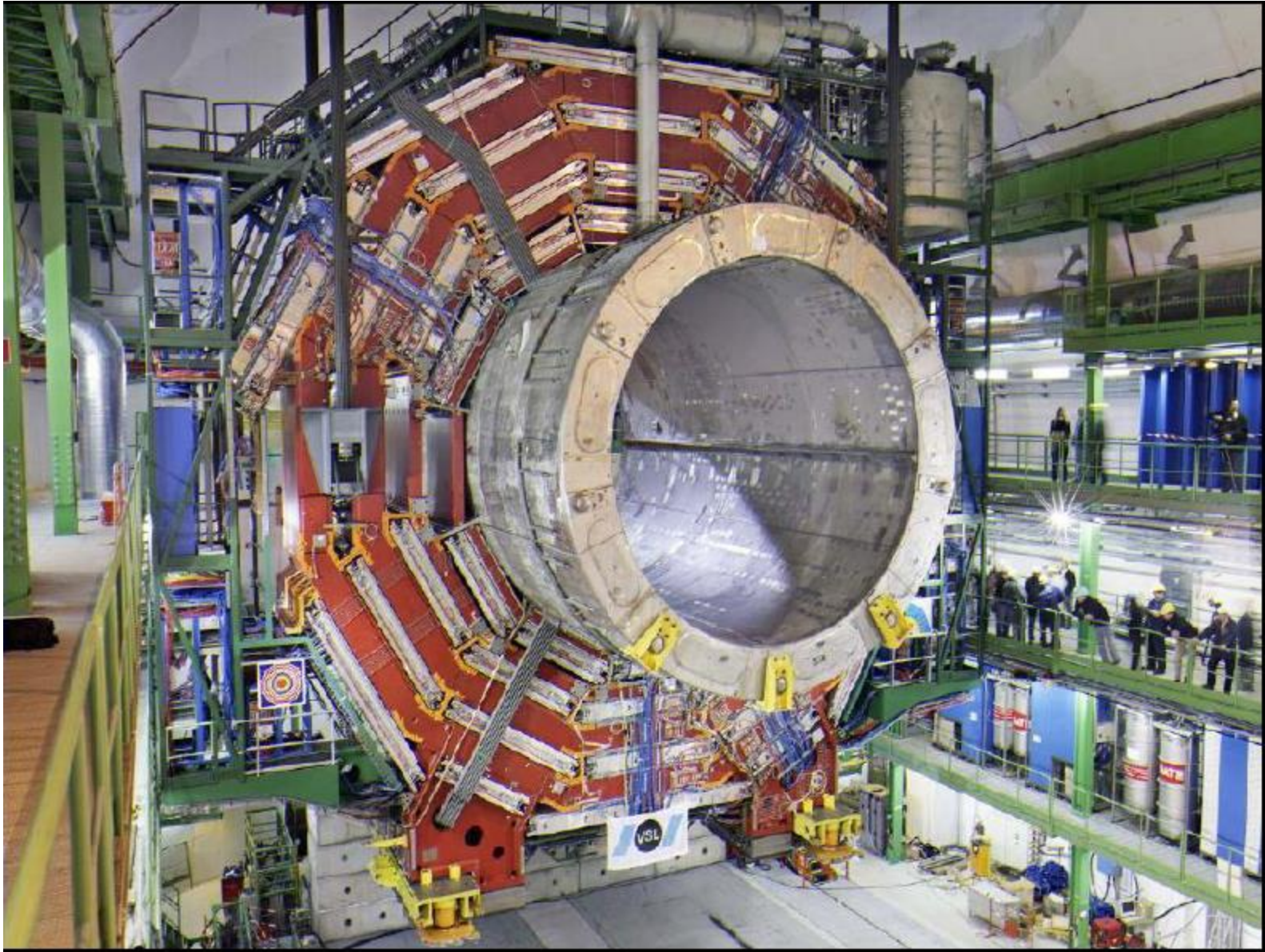
## Инсталиране на детектора CMS



## Инсталиране на детектора CMS



## Инсталиране на детектора CMS



## Инсталиране на детектора CMS

