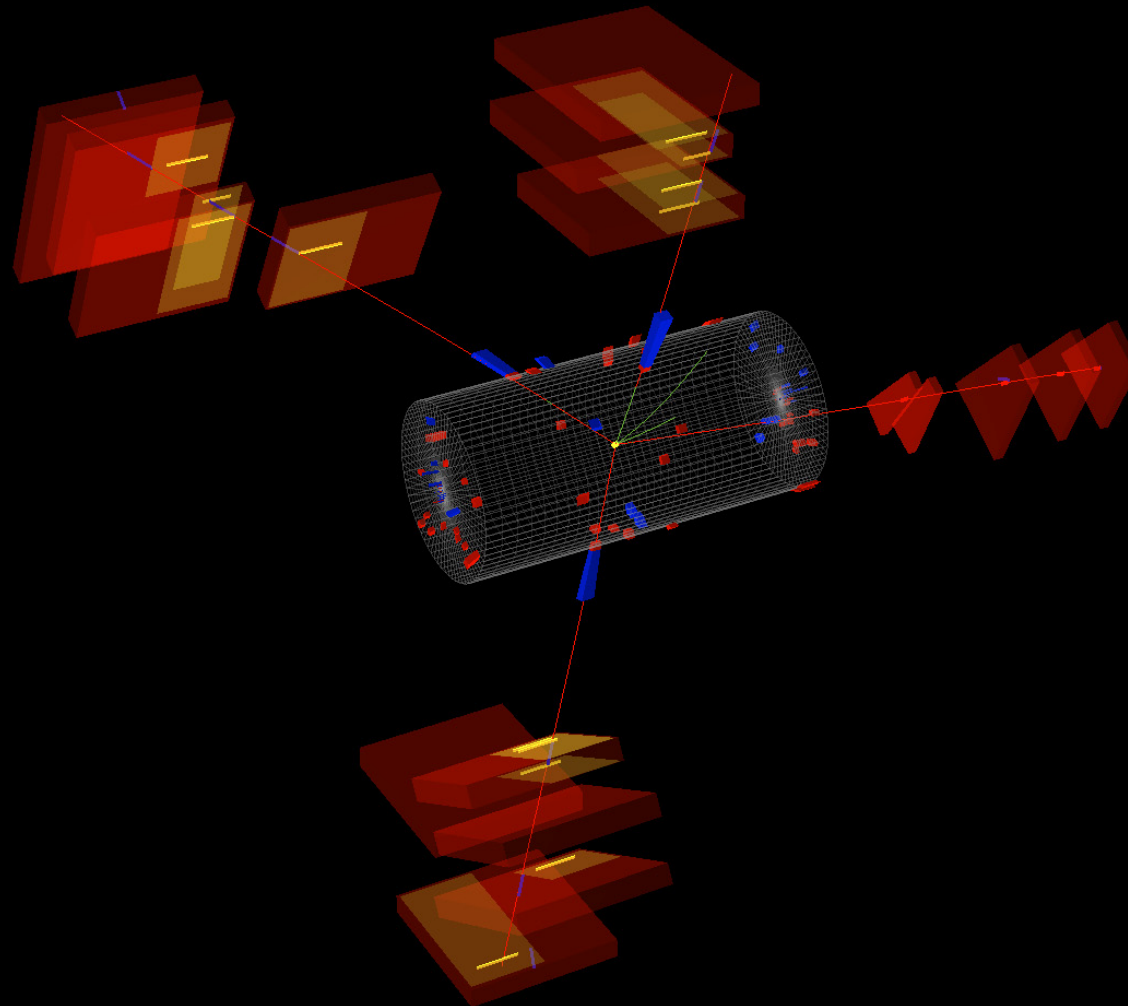


Fisica delle Alte Energie a LHC



Nicola Amapane

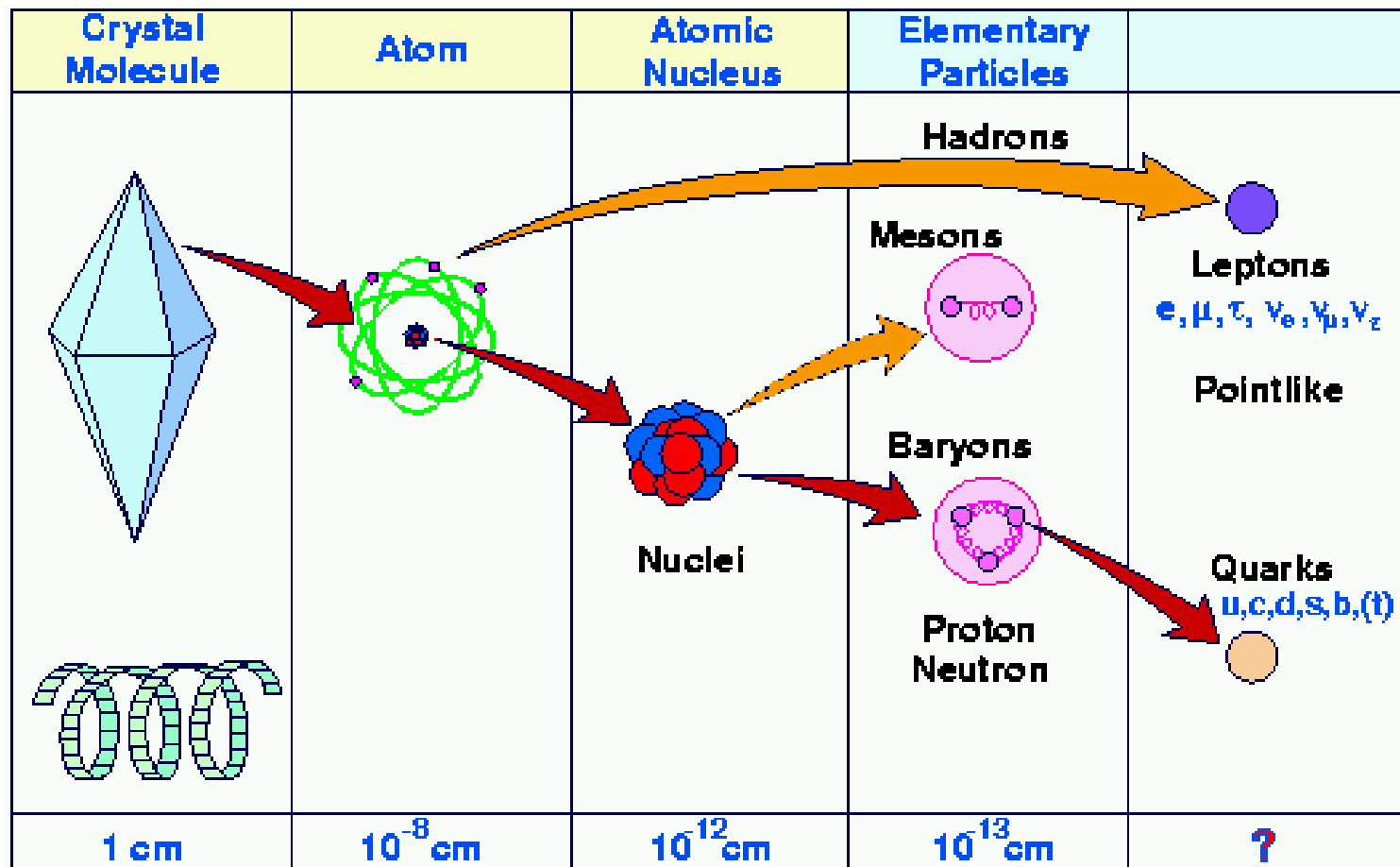
Introduzione

- Cosa si sta cercando a LHC?
- Quale è lo stato attuale?
- Ma ne vale veramente la pena?

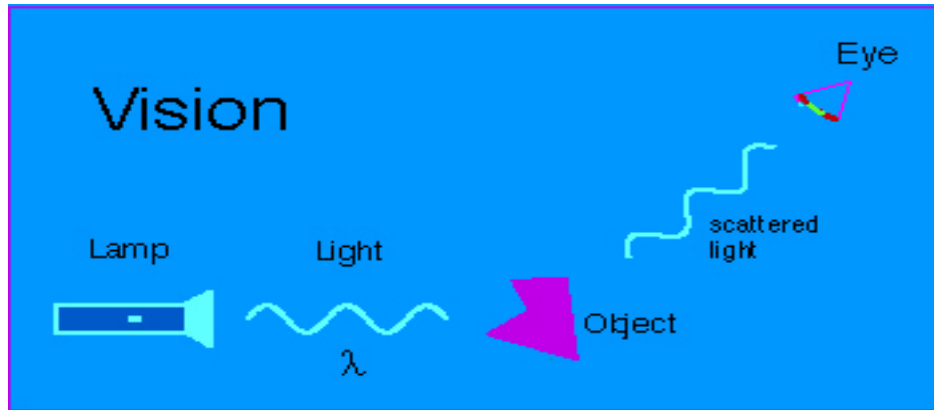
Cosa sappiamo del mondo subatomico:?

La materia è composta da particelle “elementari”

Cosa sia “elementare” è stato ridefinito più volte nella storia della Fisica...

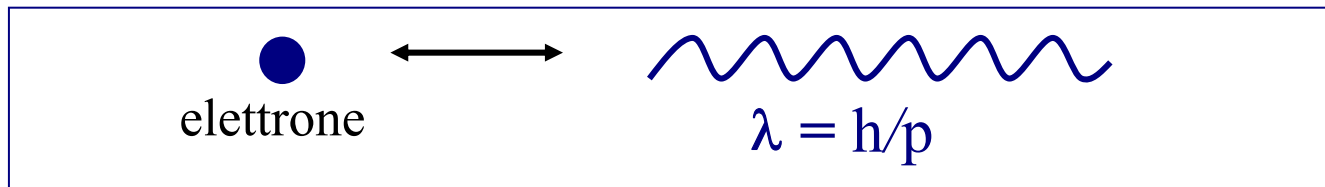


Come sondare scale sempre più piccole?



Vista = esperimento di scattering!
Limite = lunghezza d'onda della luce

La meccanica quantistica ci dice che le particelle si comportano come un'onda e viceversa.



Tanto più la lunghezza d'onda è piccola (ovvero tanto più l'energia è grande) tanto più piccole sono le dimensioni che possiamo esplorare

I microscopi elettronici possono esplorare regioni di $\sim 10^{-6}$ cm – cellule / DNA

Per andare oltre (10^{-13} - 10^{-15} cm) : **particelle accelerate**

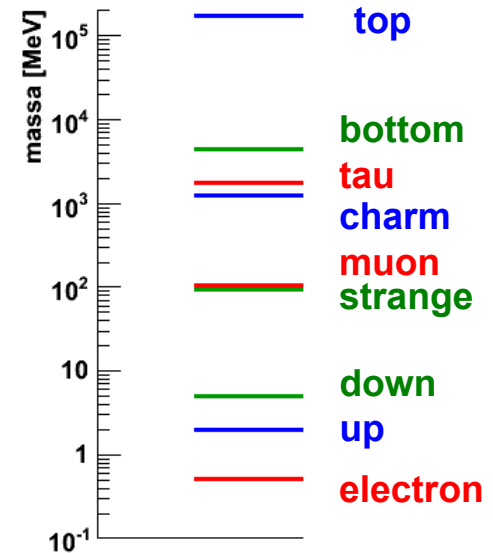
Il Modello Standard (MS)

- Descrive la materia come composta da un piccolo numero di componenti fondamentali...
 - Fermioni: Quark e Leptoni
- ..e le loro interazioni tramite lo scambio di “mediatori” delle forze
 - Bosoni
- Una teoria di incredibile successo!
 - Predizioni verificate sperimentalmente in modo estremamente accurato
- Tuttavia, varie questioni sono irrisolte...

	Fermions			Bosons	
Quarks	u up	c charm	t top	γ photon	Force carriers
	d down	s strange	b bottom	Z Z boson	
Leptons	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson	
	e electron	μ muon	τ tau	g gluon	

Il problema della massa

- Il MS non predice la massa delle particelle
 - Quale è l'origine della massa delle particelle?
 - Perché le masse delle particelle sono così enormemente diverse fra loro?
- Una soluzione: il meccanismo di Higgs
 - Le particelle acquistano massa nell'interazione con un nuovo *campo che pervade lo spazio*
 - La massa di una particella dipende dall'intensità dell'interazione con il campo
 - Un analogia:
 - I fotoni si propagano nel vuoto alla velocità della luce
 - Per la relatività, $v=c \rightarrow m=0$
 - In un mezzo, $v < c$: il campo e.m. interagisce con il mezzo e l'effetto risultante è un rallentamento dell'onda
 - è equivalente all'acquisizione di una *massa effettiva* da parte del fotone
- Il campo di Higgs è quantizzato – il quanto è il **Bosone di Higgs**



Il Bosone di Higgs

- Per verificare questa teoria dobbiamo osservare il bosone di Higgs.
 - Esempio: osservazione diretta $p+p \rightarrow H+X$; $H \rightarrow \mu+\mu-\mu+\mu-$
 - Nel Modello Standard, il bosone di Higgs deve esistere con una massa al di sotto di **1 TeV**
 - La ricerca sperimentale ha finora escluso Higgs con massa fino a $\sim 114 \text{ GeV}/c^2$
- Anche se l'Higgs non viene trovato, deve comparire fenomenologia nuova alla stessa scala di energie
 - Es: senza Higgs, nello SM il processo di scattering WW viola l'unitarietà

Altre questioni aperte

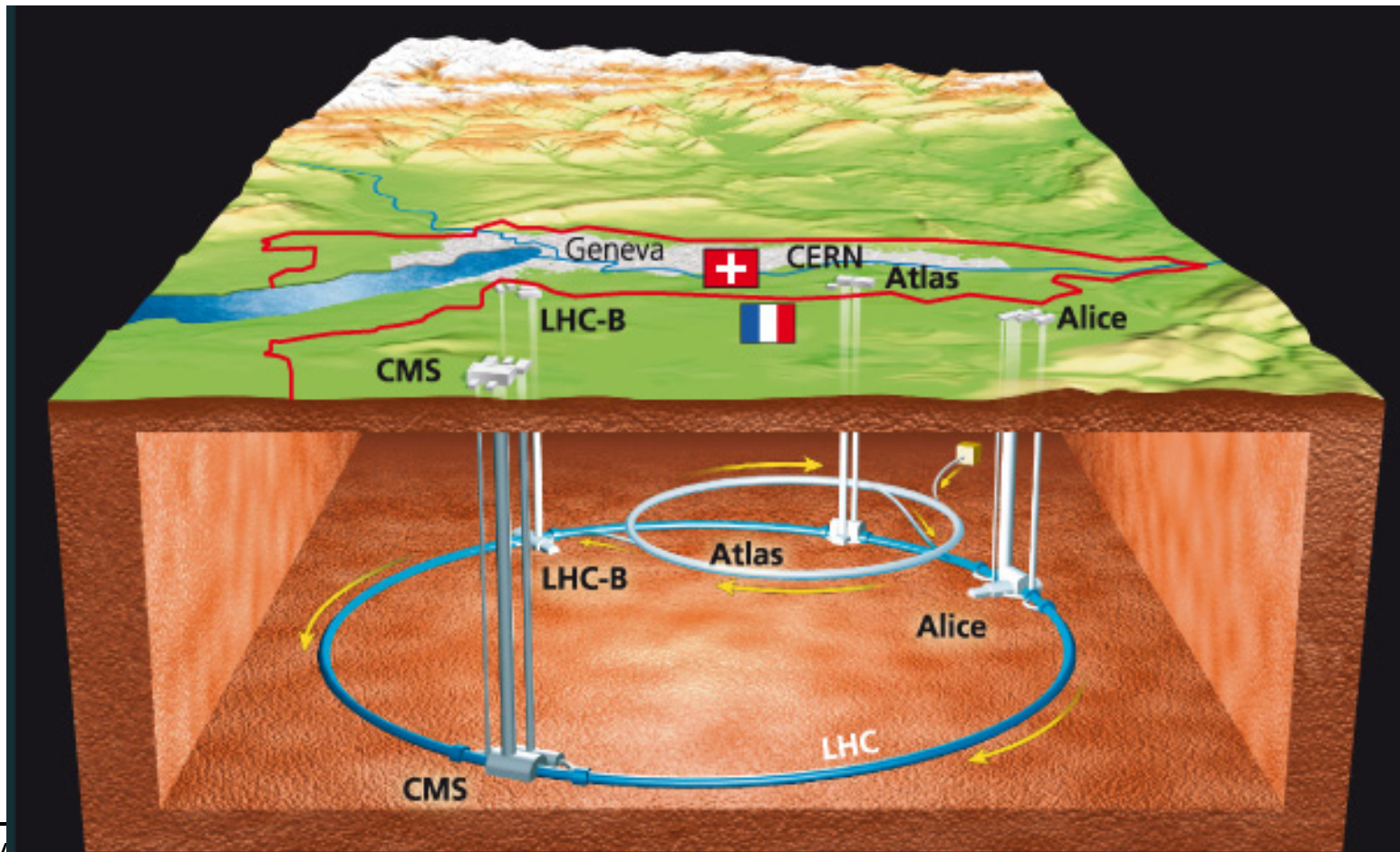
Anche con il bosone di Higgs, il MS è una teoria “effettiva”, valida solo fino ad una certa scala Λ .

- Esiste una teoria più generale oltre lo SM?
 - E' possibile una descrizione unificata di tutte le forze?
 - La materia visibile e' solo il 4% dell'Universo. Di cosa è composto il resto?
- Possibili soluzioni
 - Supersimmetria
 - Extra dimensions
 - ...

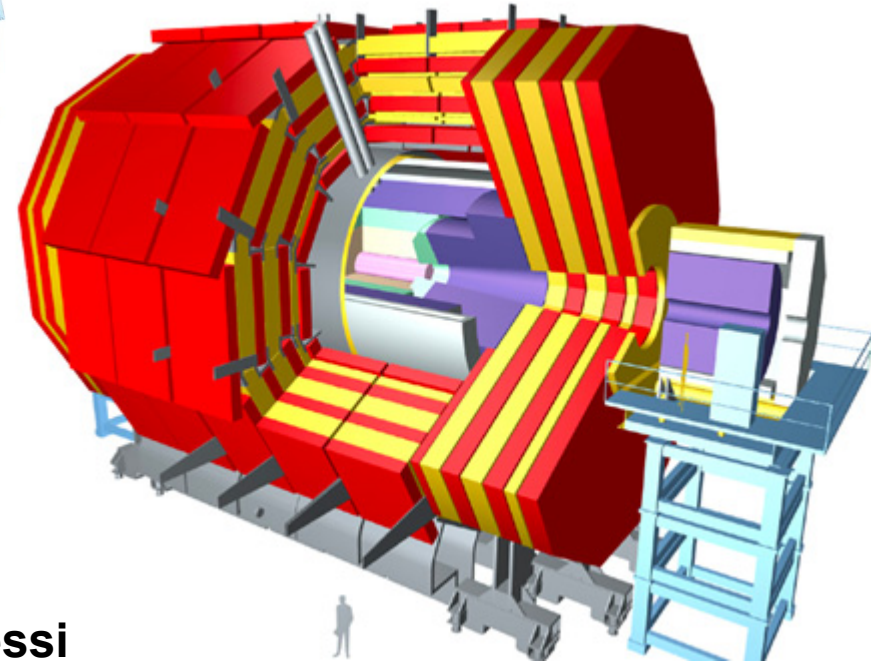
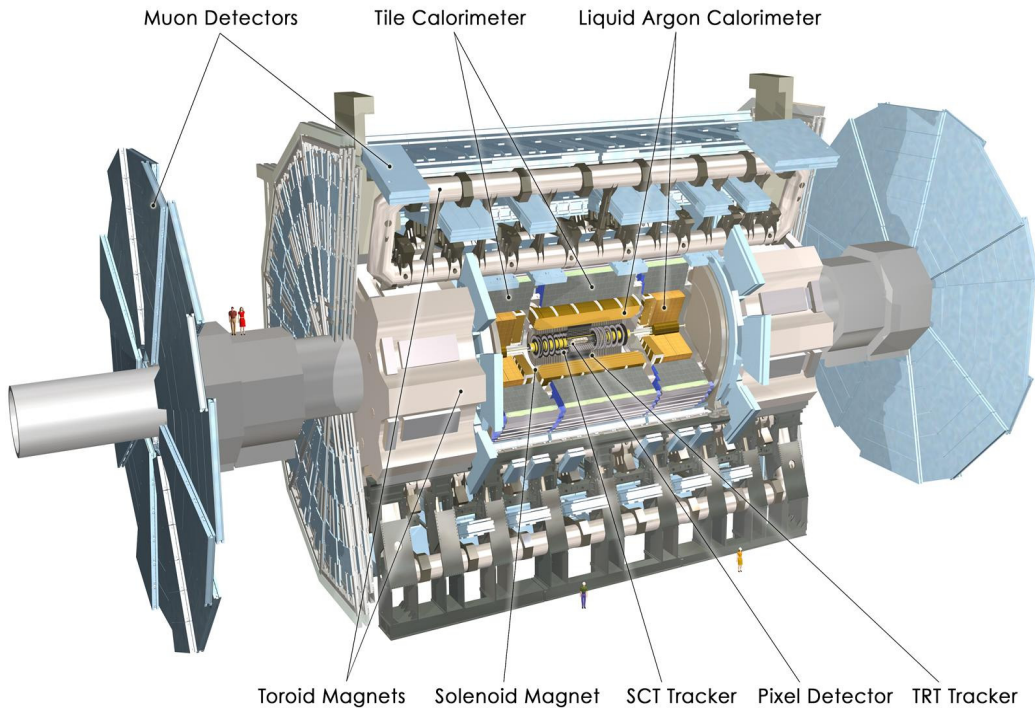
***LHC: una macchina per la ricerca del bosone di Higgs
e di nuovi fenomeni alla scala del TeV***

Large Hadron Collider

- 27 Km di circonferenza, fasci di protoni (7 TeV) o ioni
- 2 esperimenti “general-purpose”: **ATLAS**, **CMS**
- + esperimenti dedicati: Alice, LHCb, Totem, LHCf



ATLAS e CMS

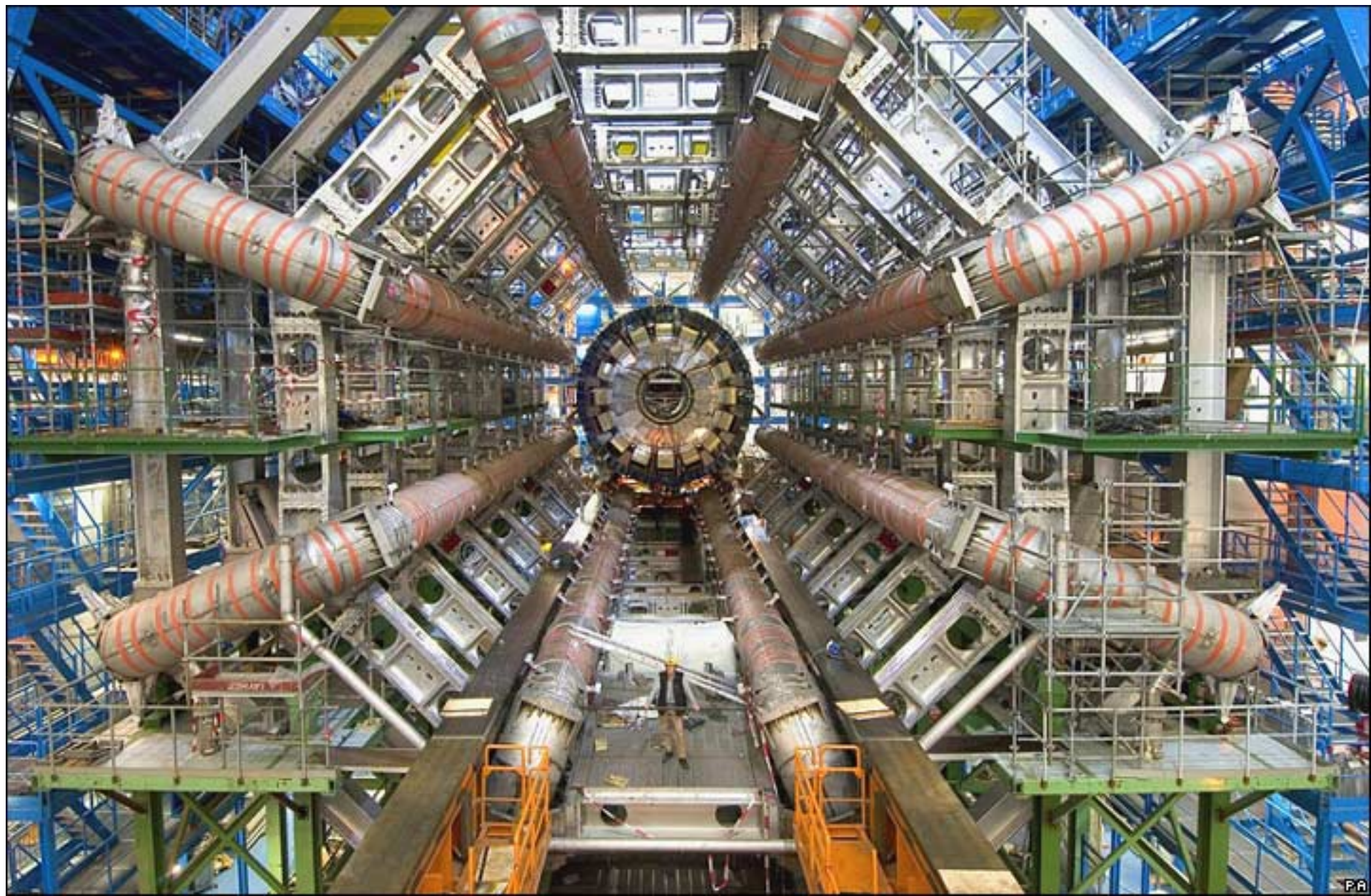


**Rivelatori enormi ed estremamente complessi
costituiti da “strati” che utilizzano diverse tecnologie
per rilevare particelle di tipo diverso e misurarne le proprietà**

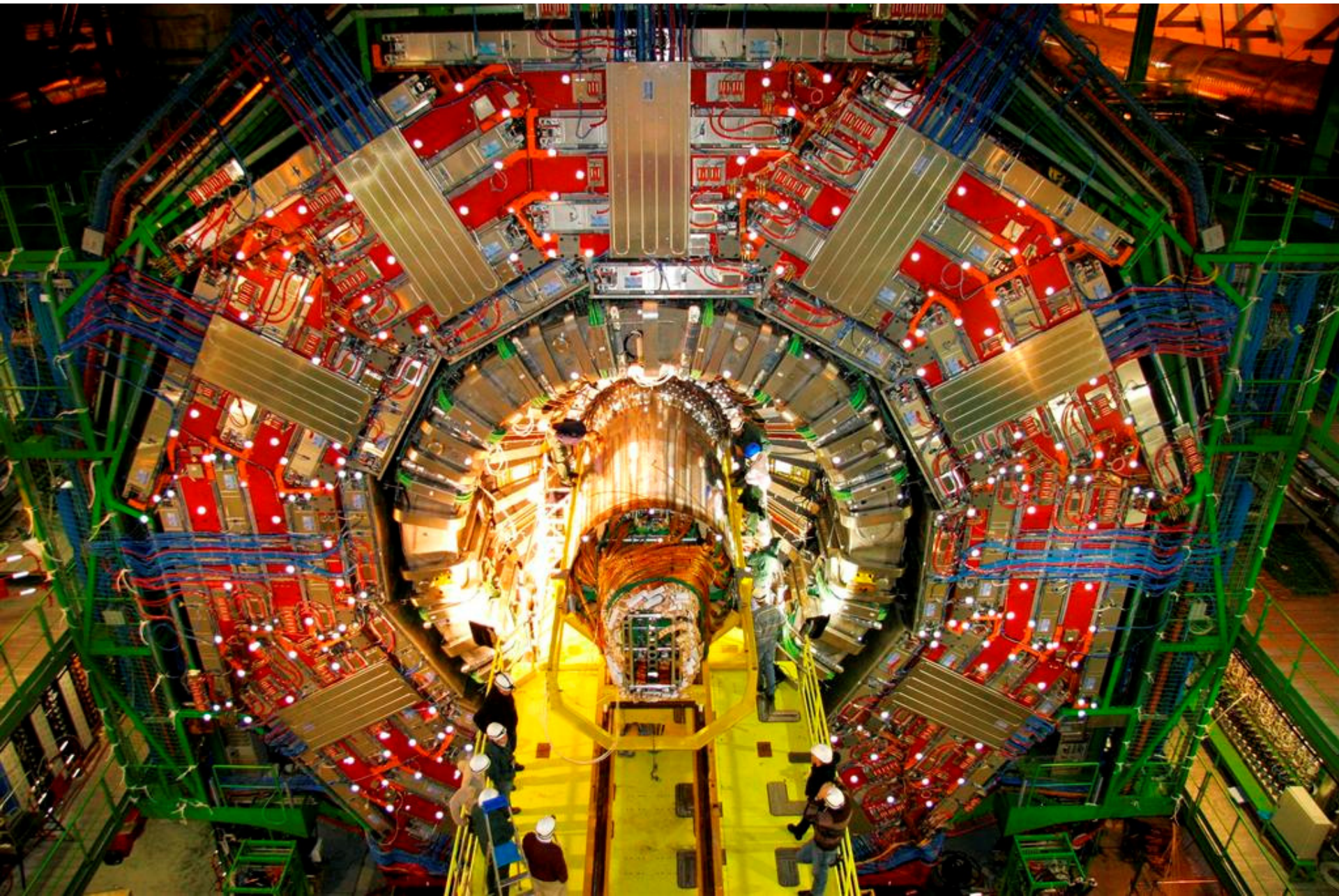
Tecnologie di rivelazione, acquisizione, elaborazione sviluppate appositamente!

Contributo italiano molto significativo (grazie anche all’INFN)

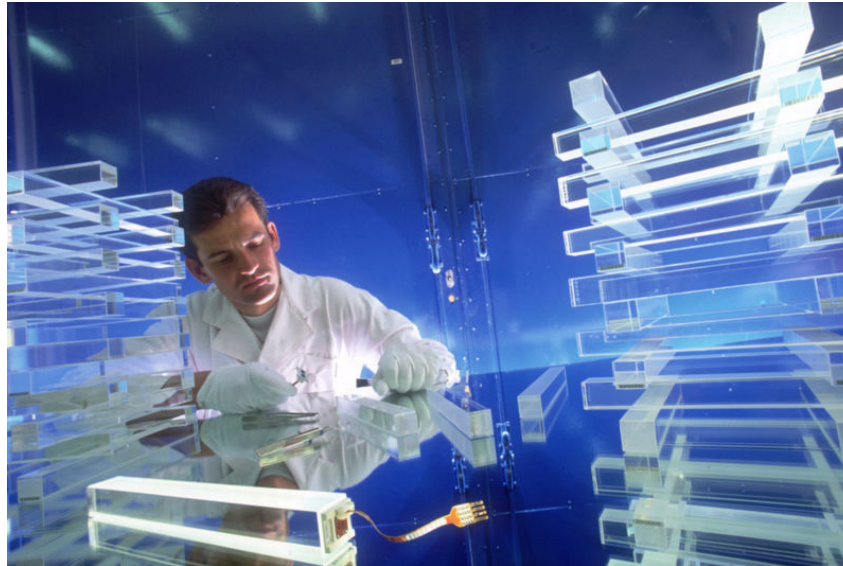
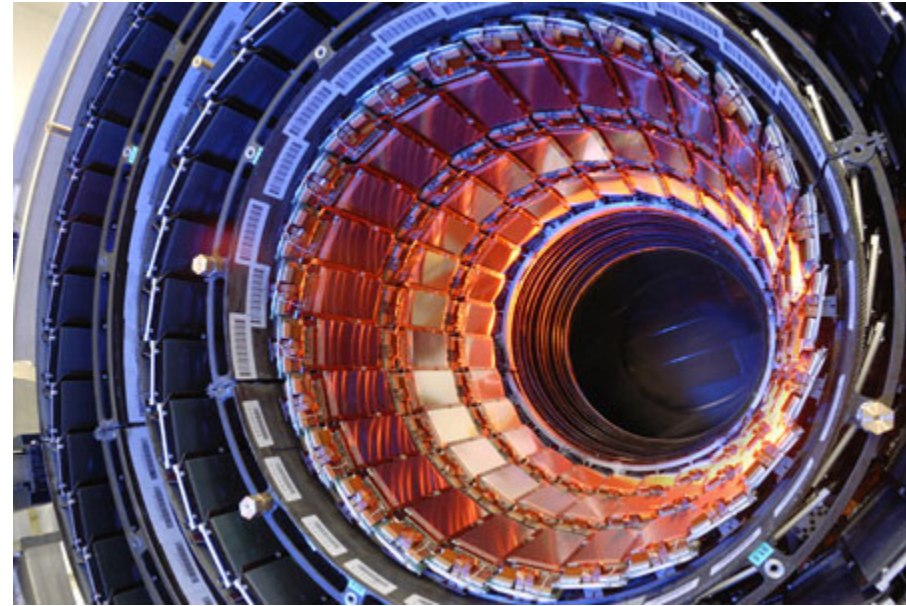
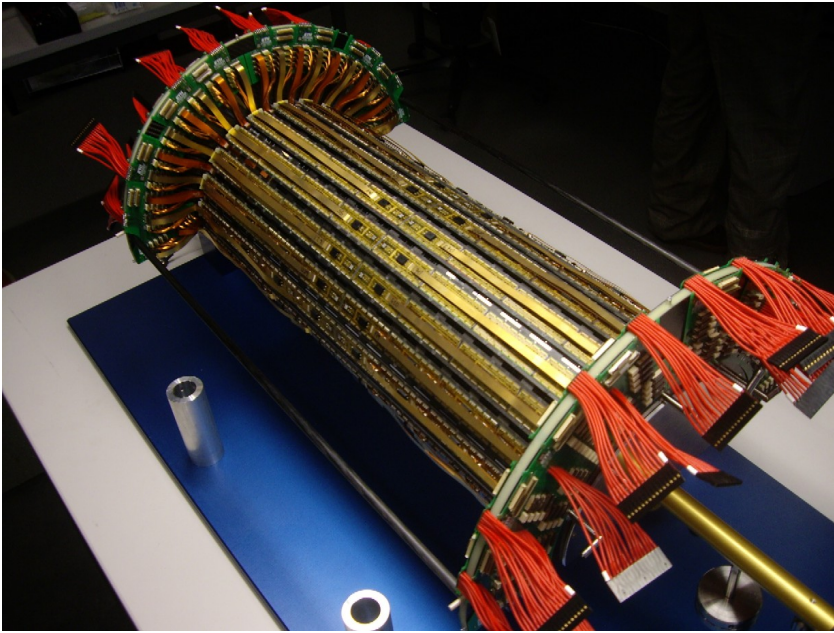
ATLAS



CMS

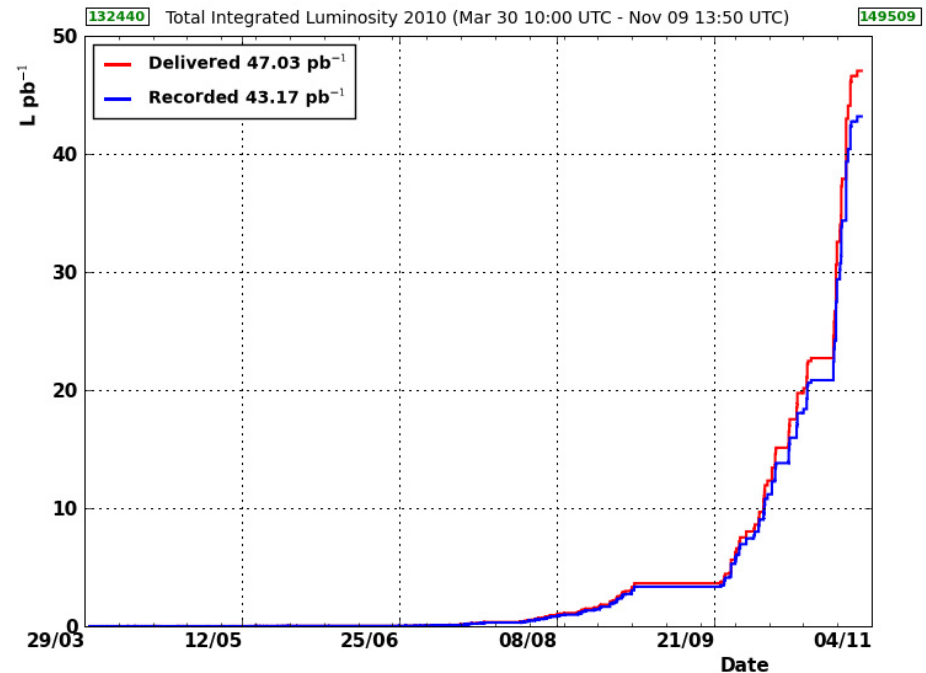


Alcuni dei rivelatori



Il primo anno di fisica a LHC...

- Fasci di protoni da **3.5 TeV**
- **$\sim 50 \text{ pb}^{-1}$** di collisioni pp
- $L_{\text{peak}} \sim 2 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
- In questo momento, collisioni Pb-Pb

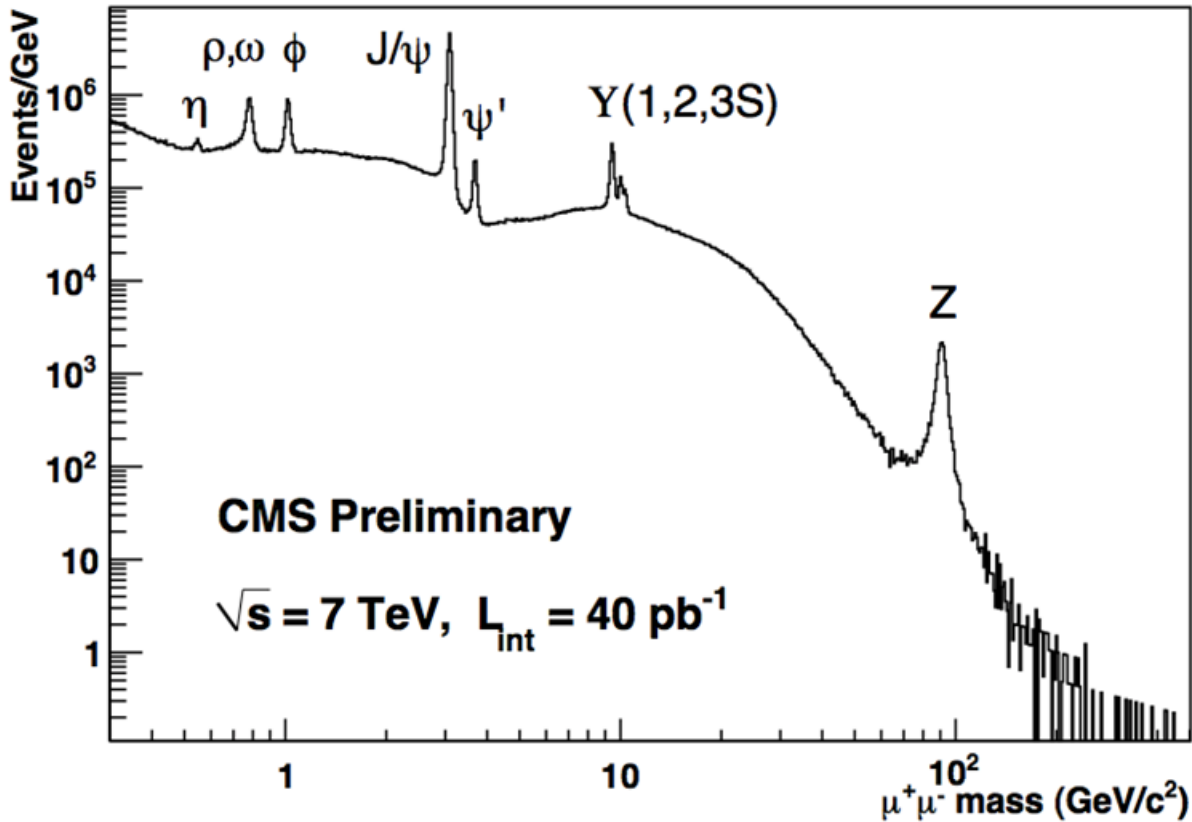
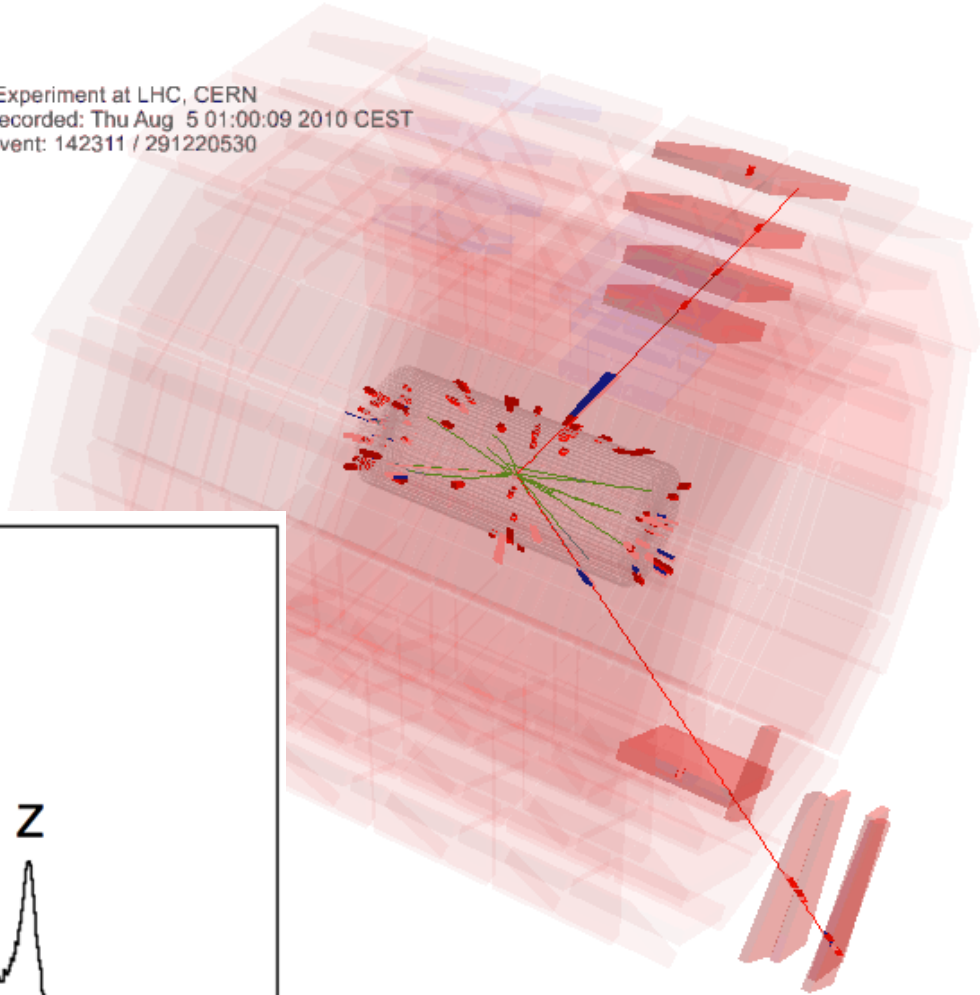


- NON è una macchina “chiavi in mano”
- Performance eccellente dell’acceleratore e dei rivelatori

Cosa vediamo a LHC?

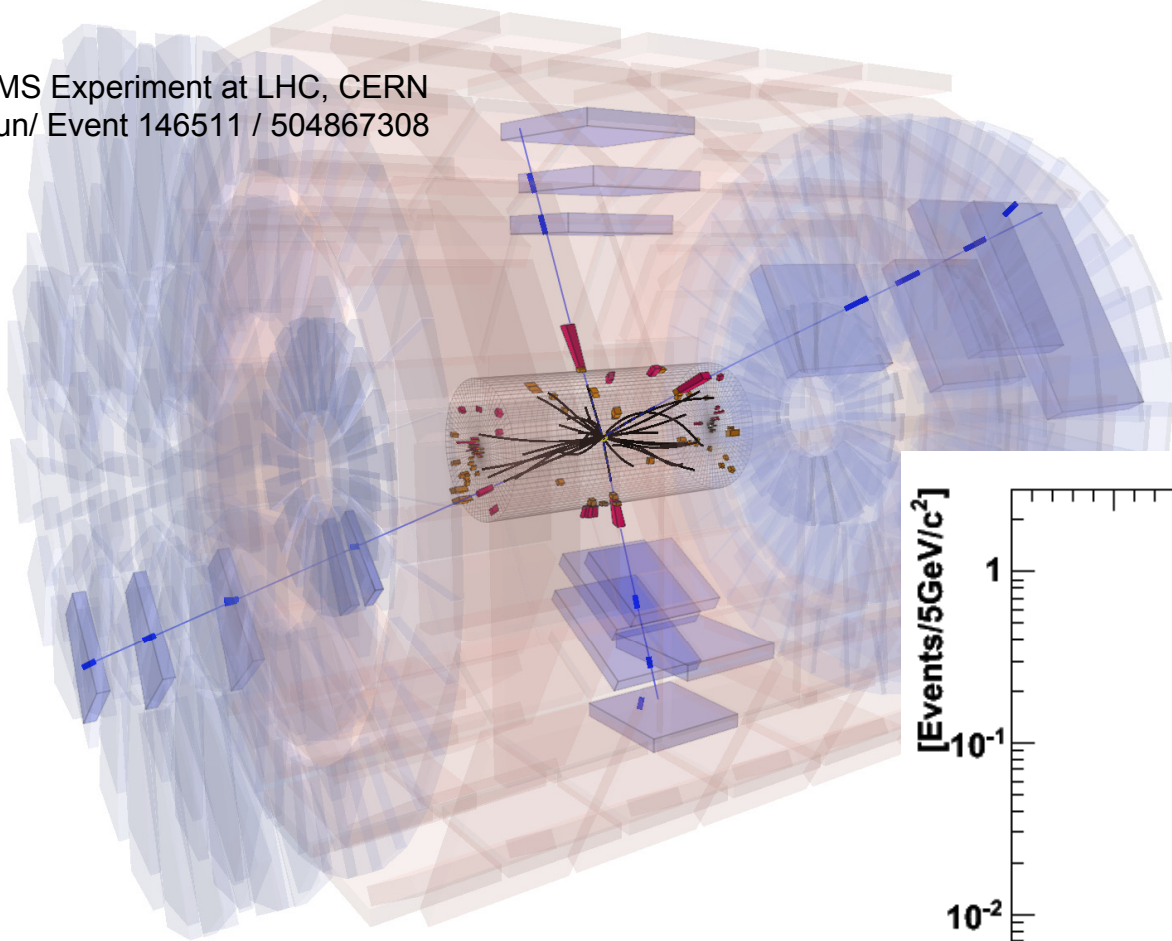
CMS Experiment at LHC, CERN
Data recorded: Thu Aug 5 01:00:09 2010 CEST
Run/Event: 142311 / 291220530

...cominciamo dal “riscoprire”
fenomeni noti ad una nuova
scala di energia



Cosa stiamo cercando?

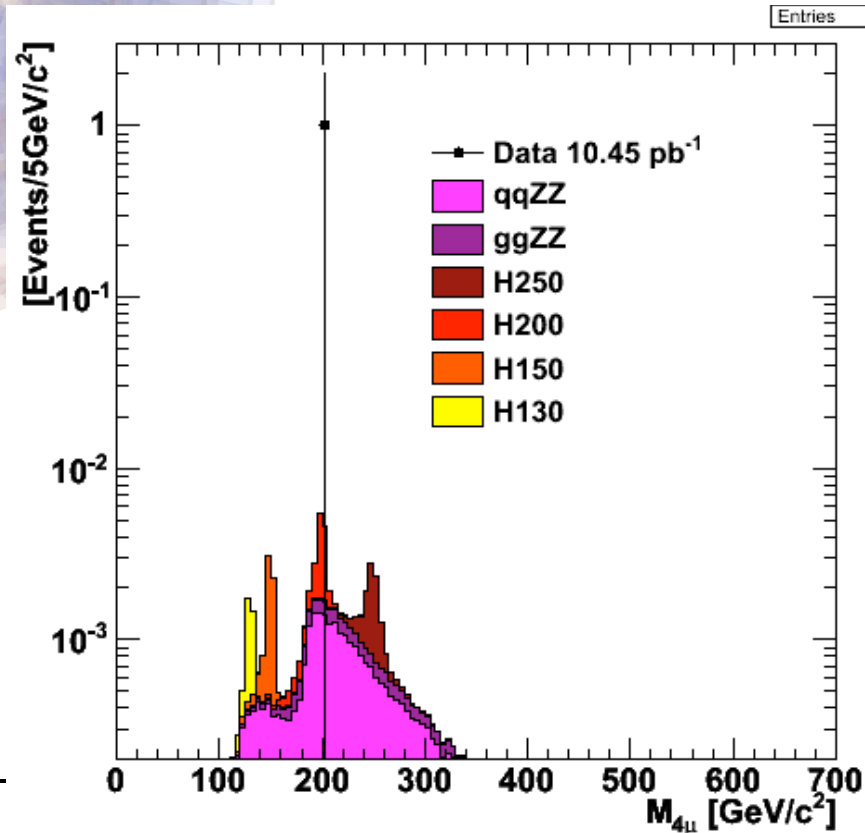
CMS Experiment at LHC, CERN
Run/ Event 146511 / 504867308



Primo candidato ZZ→4μ

$M_{\mu\mu}$: 91.1 and 92.2 GeV/c^2

$M_{4\mu}$: 201.7 GeV/c^2

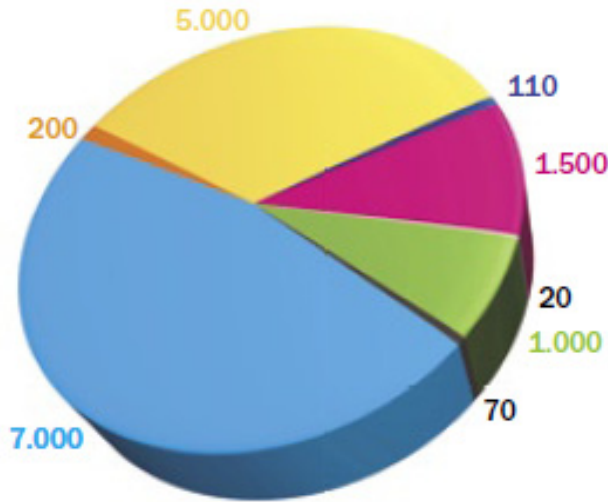


CMS a Torino: attività

- Costruzione del rivelatore
 - Camere a Deriva per Muoni
 - Rivelatori al Silicio per il tracciatore centrale
 - Calorimetro elettromagnetico
- Metodi di calibrazione ed allineamento di questi rivelatori
- Tecniche di ricostruzione delle tracce cariche
- Studio di risonanze note per la comprensione del rivelatore
- Ricerca del Bosone di Higgs

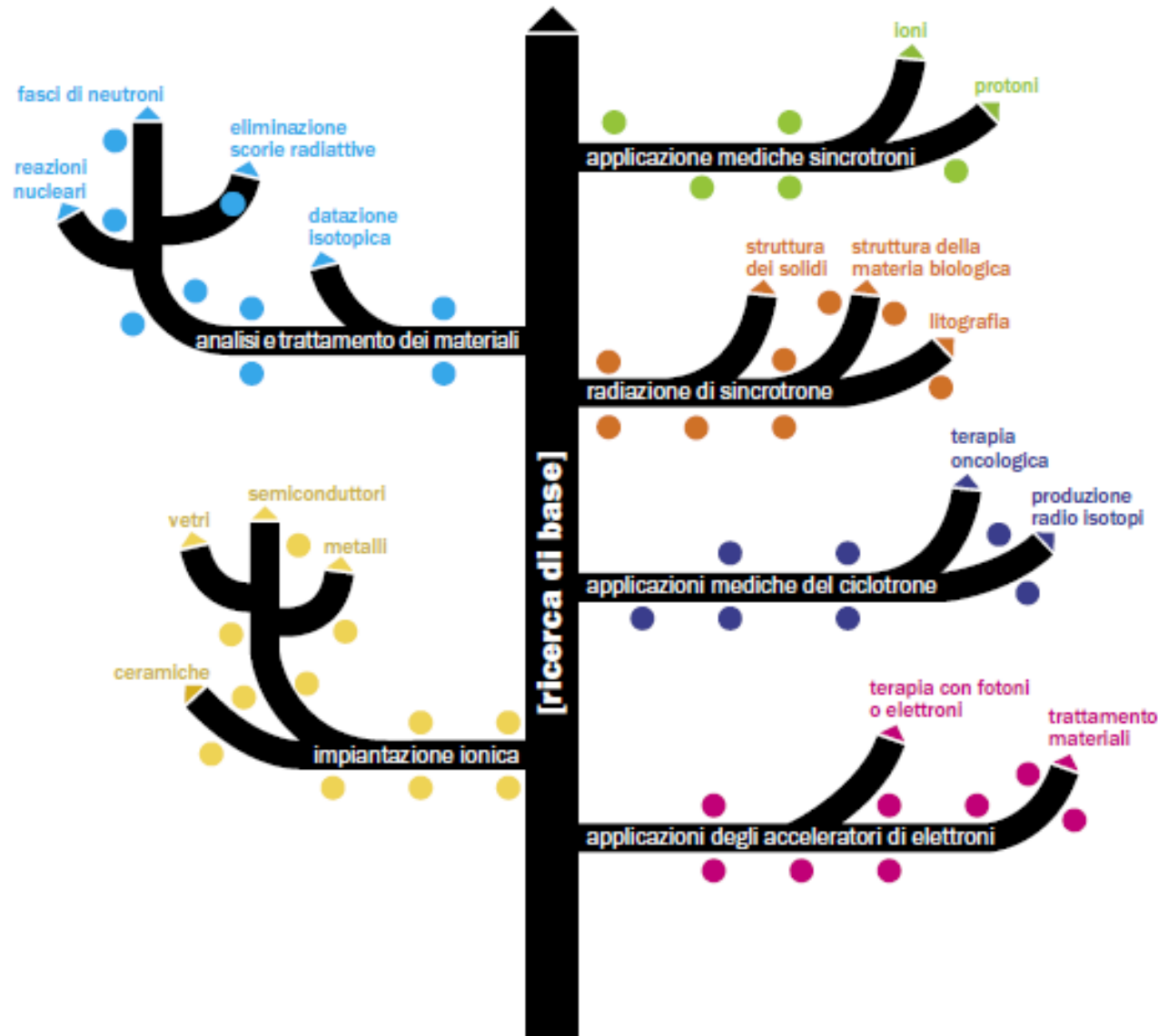
E' ricerca fine a se stessa?

Esempio: Uso dei > 15000 acceleratori esistenti oggi nel mondo



Acceleratori nel mondo

- impiantazione ionica e modificazione di superfici
- radioterapia
- industria
- ricerca non nucleare
- produzione di isotopi medicali
- ricerca di fisica nucleare e delle particelle
- sorgenti di radiazione di sincrotrone
- adroterapia



Ricerca fondamentale e Ricadute sulla società

Applicazioni non facili da prevedere a priori...

Alcuni esempi:

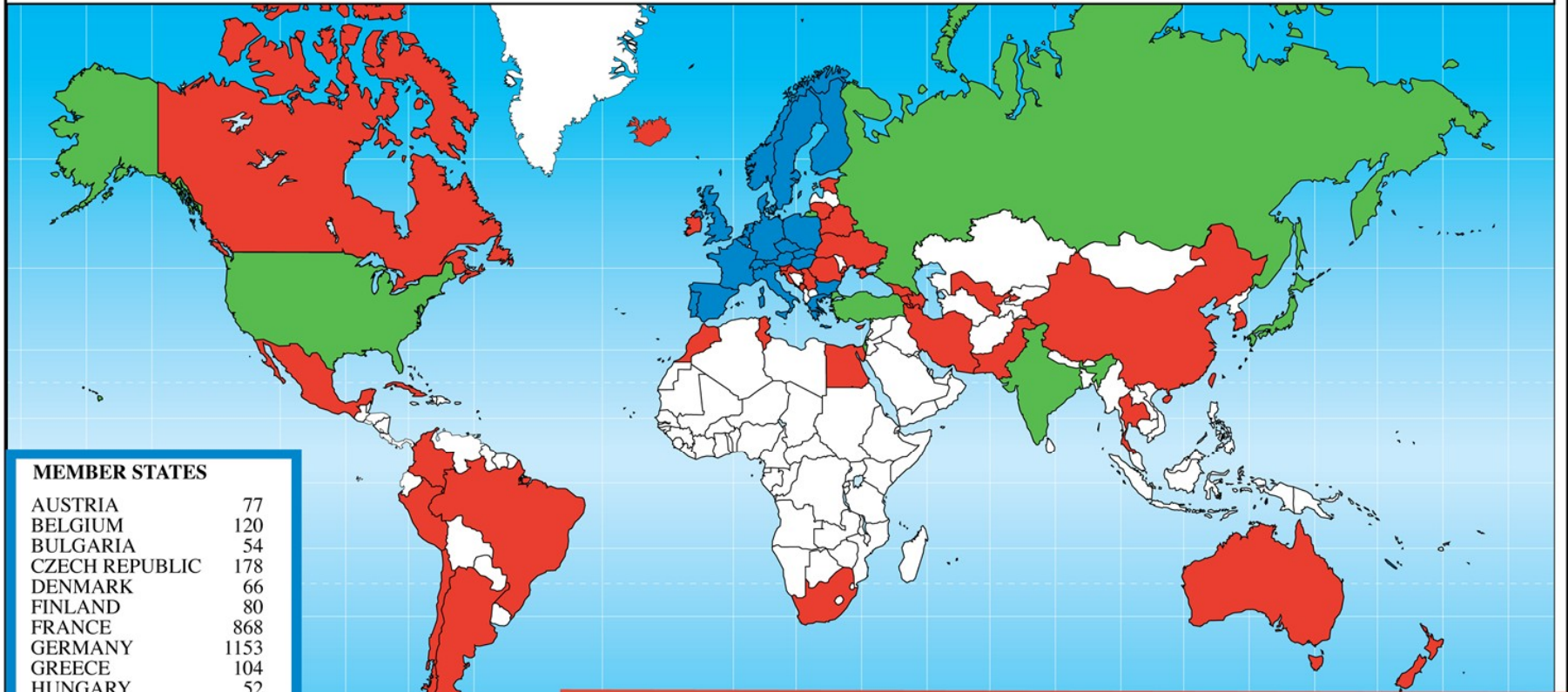
- Applicazioni pratiche dei rivelatori
 - Diagnostica e terapia medica
- Tecnologie
 - Materiali
 - Superconduttività
 - Magneti
 - Criogenia
 - Elettronica
 - Computing
 - Il WWW!
- Ritorno degli investimenti in commesse industriali di alta tecnologia



Il CERN come prototipo di collaborazione mondiale

Condivisione globale delle risorse e del sapere tecnico/scientifico

Distribution of All CERN Users by Nation of Institute on 20 January 2010



MEMBER STATES

AUSTRIA	77
BELGIUM	120
BULGARIA	54
CZECH REPUBLIC	178
DENMARK	66
FINLAND	80
FRANCE	868
GERMANY	1153
GREECE	104
HUNGARY	52
ITALY	1463
NETHERLANDS	170
NORWAY	73
POLAND	191
PORTUGAL	122
SLOVAKIA	55
SPAIN	311
SWEDEN	71
SWITZERLAND	362
UNITED KINGDOM	732

OBSERVER STATES

INDIA	91
ISRAEL	49
JAPAN	204
RUSSIA	901
TURKEY	60
USA	1618

OTHERS

ARGENTINA	8	CROATIA	18	MALTA	2	THAILAND	1
ARMENIA	16	CUBA	4	MEXICO	33	TUNISIA	1
AUSTRALIA	17	CYPRUS	8	MONTENEGRO	1	UKRAINE	17
AZERBAIJAN	1	EGYPT	3	MOROCCO	6	UZBEKISTAN	1
BELARUS	19	ESTONIA	9	NEW ZEALAND	8		
BRAZIL	77	GEORGIA	10	PAKISTAN	15		
CANADA	141	ICELAND	1	PERU	1		
CHILE	2	IRAN	15	ROMANIA	59		
CHINA	78	IRELAND	14	SERBIA	20		
CHINA (TAIPEI)	53	KOREA	64	SLOVENIA	17		
COLOMBIA	9	LITHUANIA	5	SOUTH AFRICA	8		

6302

2923

762

Conclusioni

- Dopo anni di preparazione (non senza difficoltà) LHC è entrato in funzione
- Ottima performance dell'acceleratore e dei rivelatori
- Prime pubblicazioni appaiono sulle riviste!
- I dati attesi per il 2011 permetteranno di iniziare a “restringere” la regione permessa per l'Higgs!

