

I "quasi" Mini - Big Bang del Large Hadron Collider del CERN

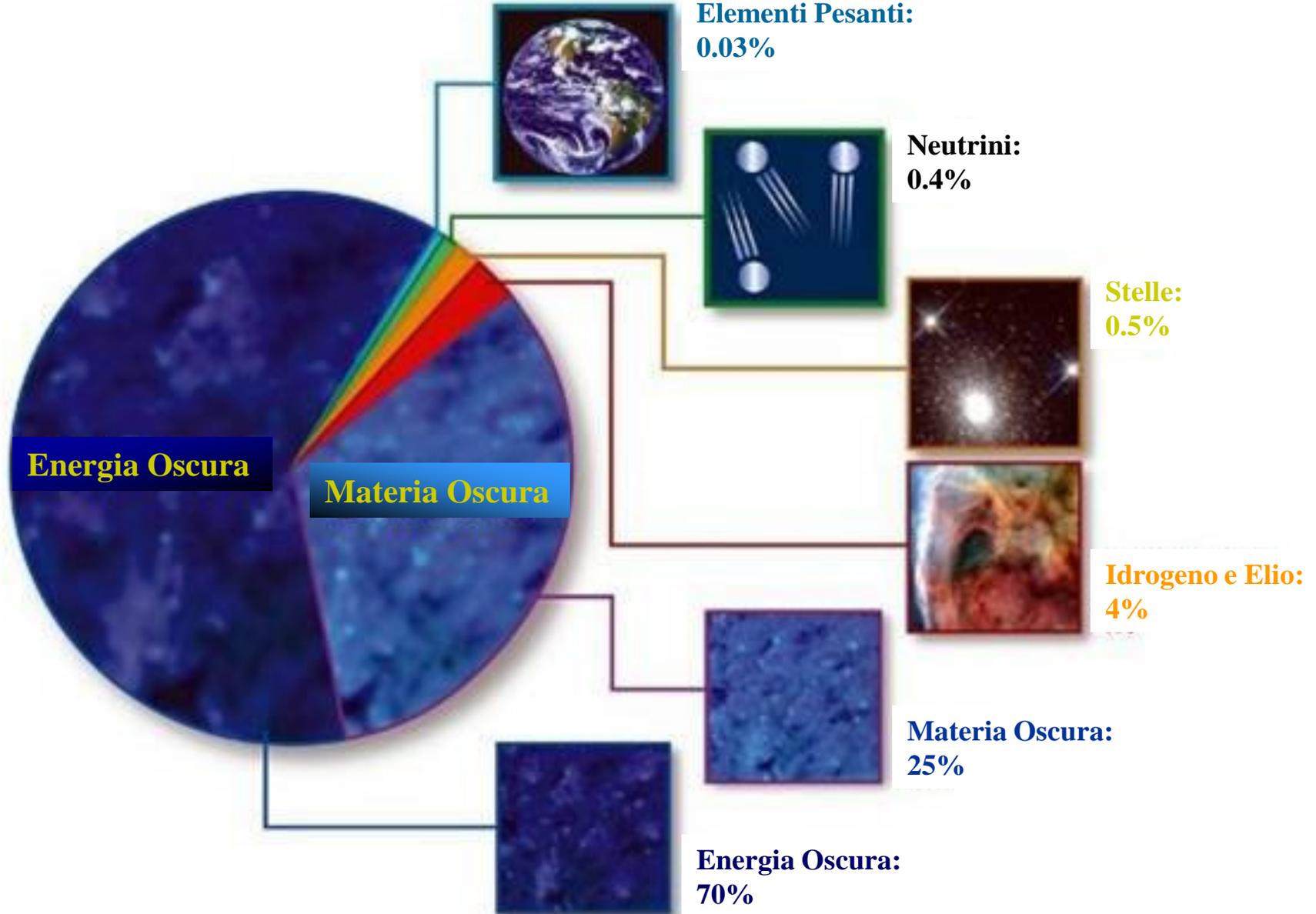
Rino Castaldi

INFN-Pisa

rino.castaldi@pi.infn.it

Di cosa e' fatto il nostro Universo

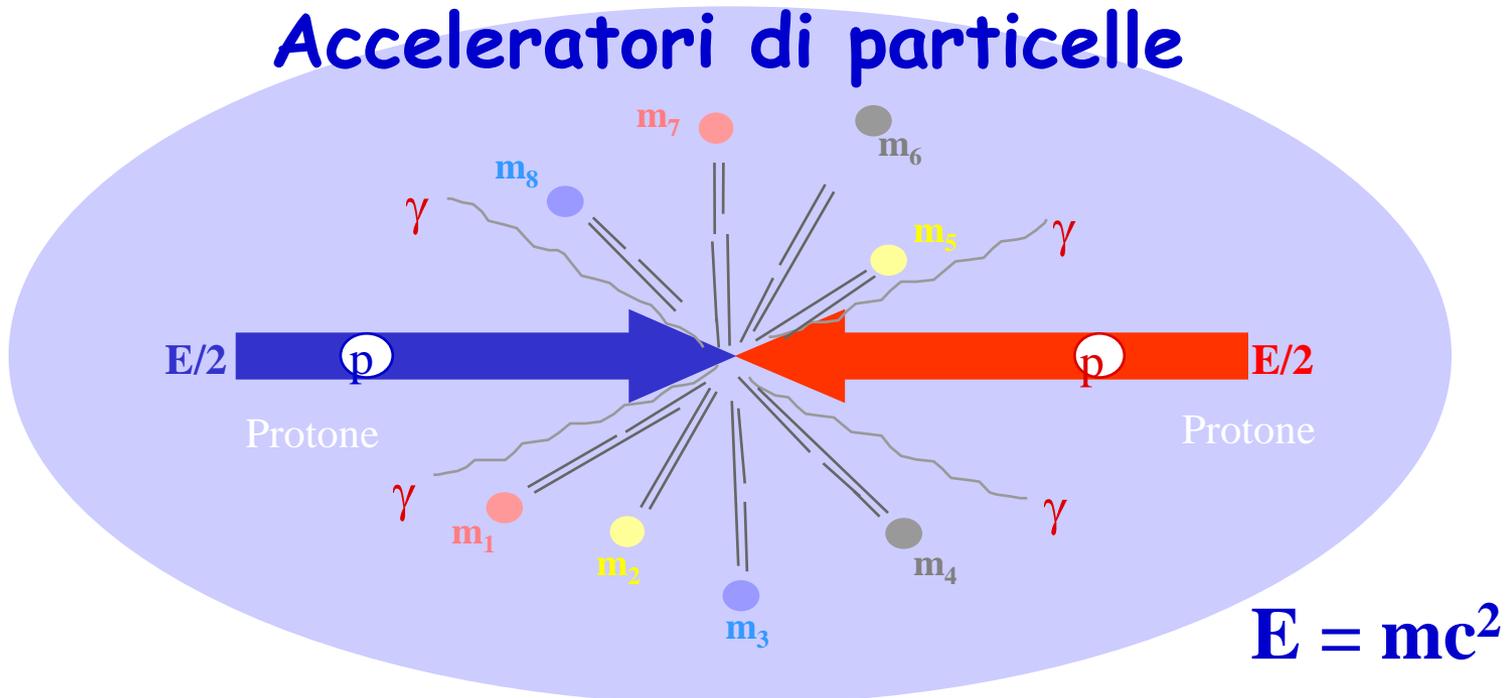
(stelle e pianeti sono solo una piccola parte !)



La materia ordinaria

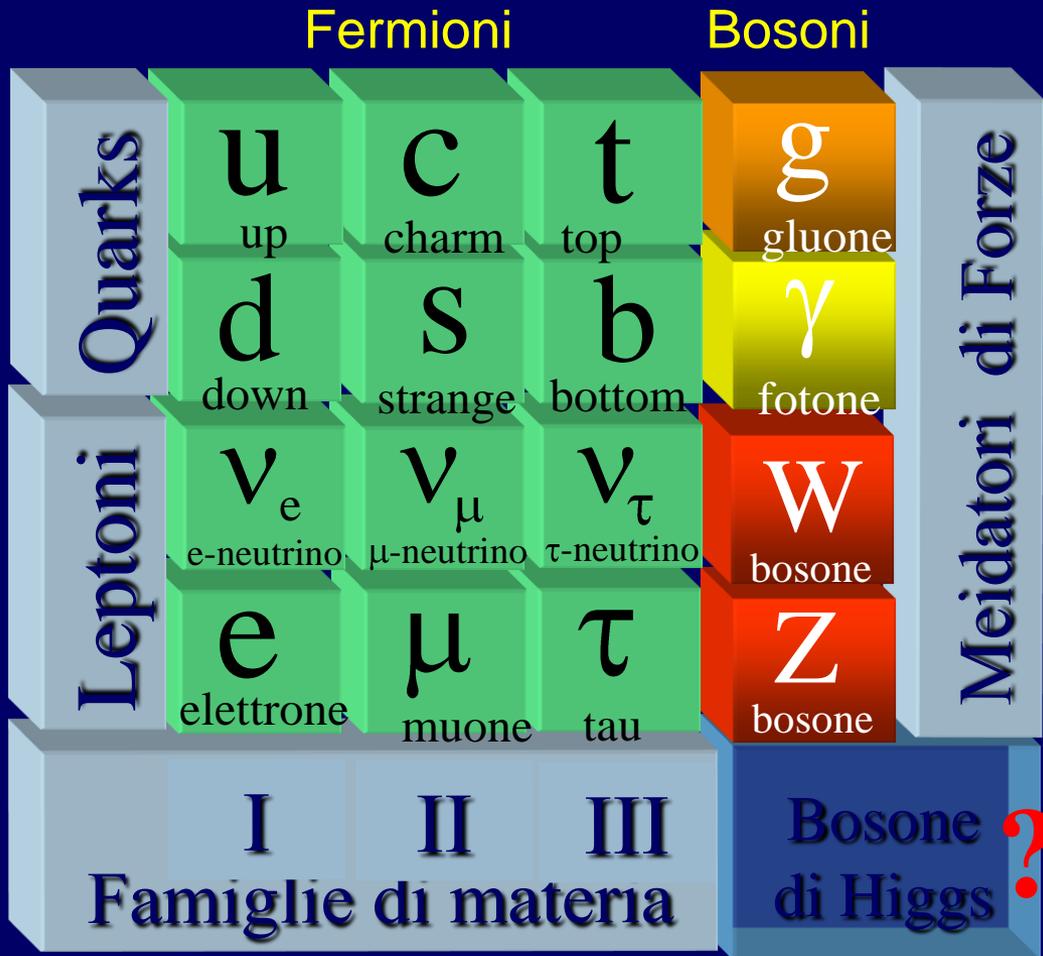


Acceleratori di particelle



Nella collisione vengono prodotte molte particelle
sia di materia che di antimateria

Il Modello Standard



Interrogativi:

perché le masse delle particelle di materia variano da quasi 0 a circa 170 GeV?
perché le masse delle particelle delle forze variano da 0 a circa 90 GeV?

Soluzione più semplice:

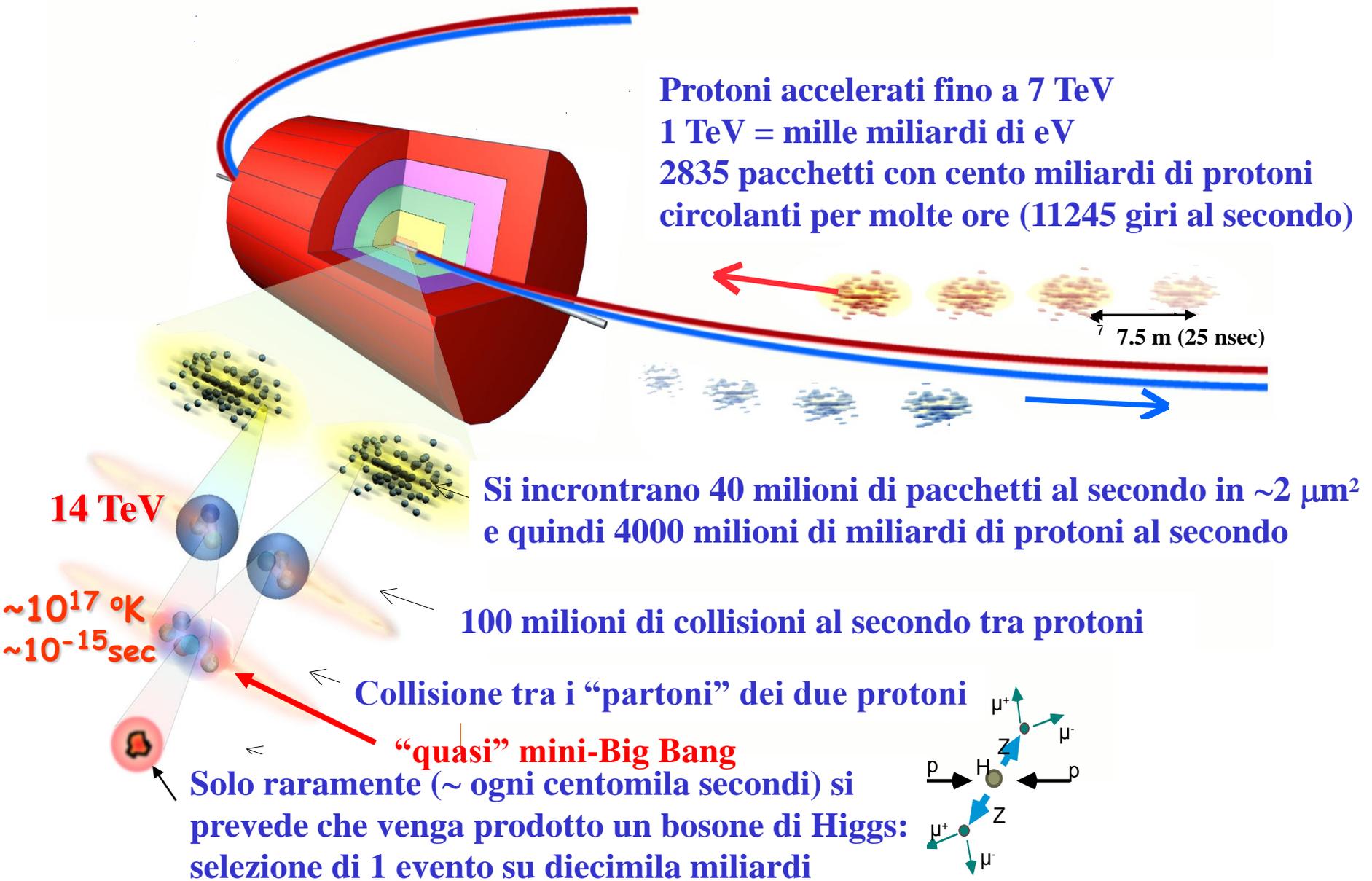
un campo scalare pervade l'Universo (il campo di Higgs). Le particelle interagiscono con esso. Più forte è l'interazione più grande è la massa... ma il bosone di Higgs non è stato ancora trovato !

Il Modello Standard è una teoria di grande successo, ma molti interrogativi sono ancora senza risposta

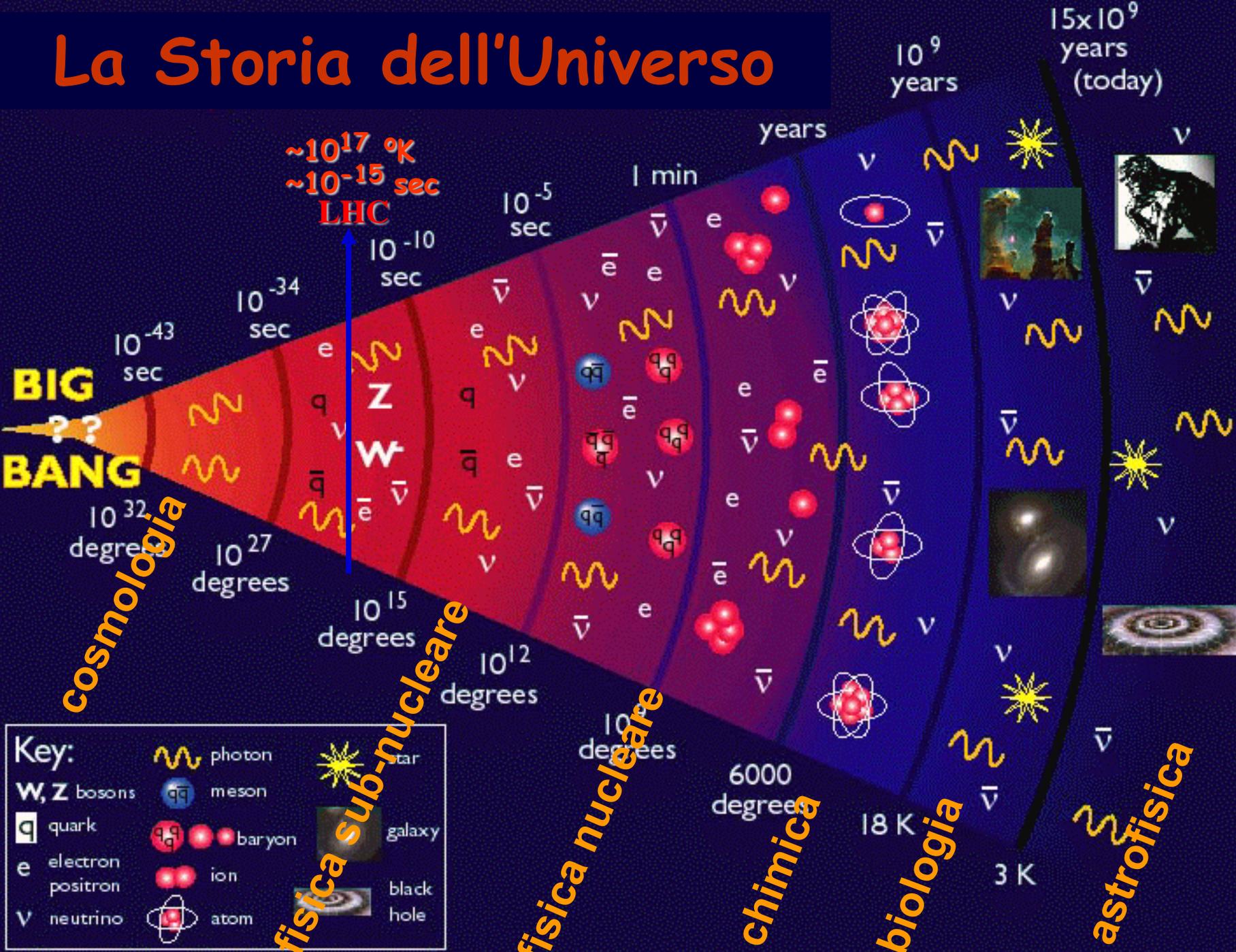
- * Che cosa determina la massa dei quark, dei leptoni e delle particelle che mediano le interazioni tra essi ?*
- * Che cosa è la Materia Oscura, di cui l'Universo sembra essere permeato?*
- * Perché il mondo è fatto di materia (che fine ha fatto l'antimateria)?*
- * Esistono principi di unificazione tra le varie interazioni fondamentali e che ruolo gioca la gravità ?*
- * I quark e i leptoni sono veramente le particelle fondamentali o posseggono anch'essi una struttura interna?*

Crediamo che la risposta ad alcune di queste domande sia ormai a portata di mano con l'entrata in funzione, questa estate, del più grande acceleratore di particelle del mondo il Large Hadron Collider (LHC) del CERN

LHC : collisioni protone-protone a 14 TeV



La Storia dell'Universo



Key:

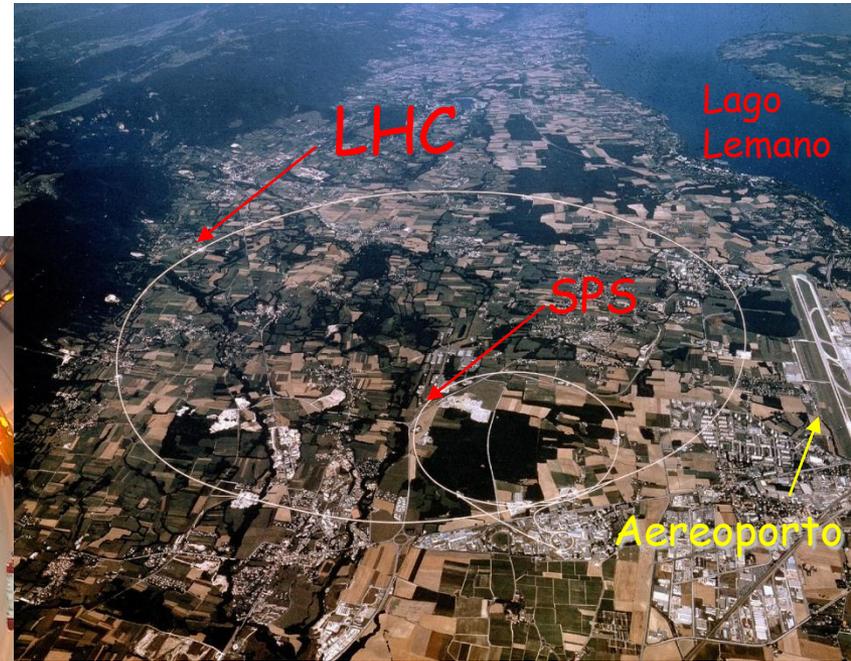
	photon		star
W, Z	bosons		meson
q	quark		baryon
e	electron		ion
e+	positron		atom
v	neutrino		galaxy
			black hole

Il Large Hadron Collider del CERN

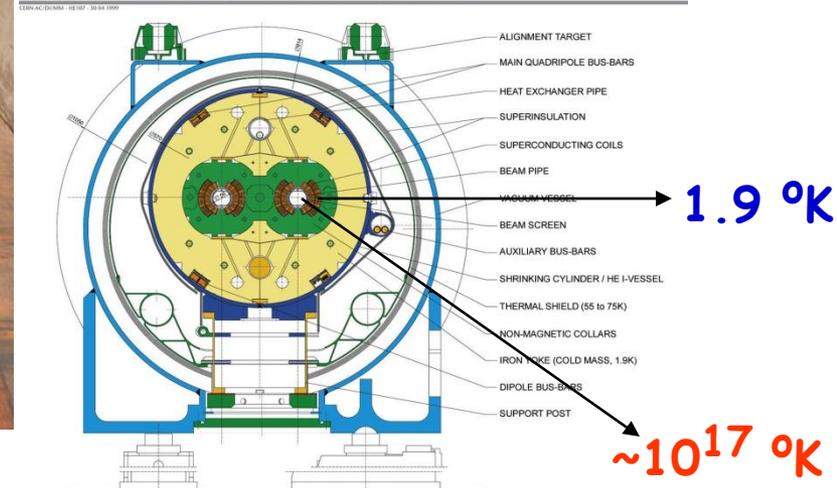


prime collisioni previste per estate (?) 2008

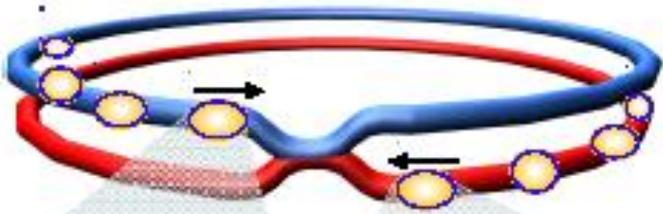
9300 Magneti superconduttori
1232 Dipoli (15m, 1.9 °K) 8.4 tesla 11700 A
448 Main Quads, 6618 Correttori.
Circonferenza 26.7 km



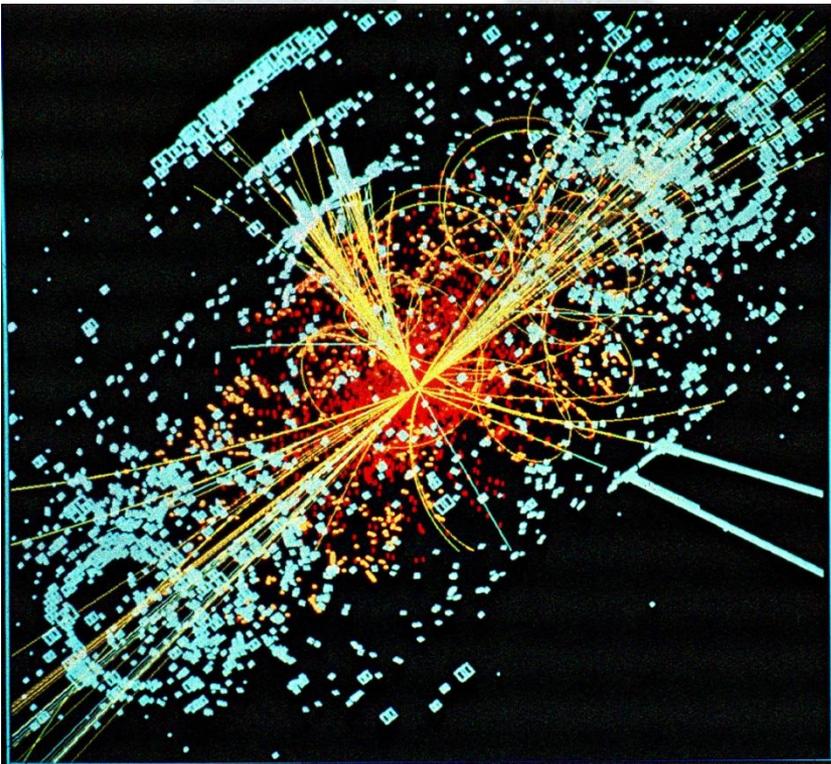
LHC DIPOLE : STANDARD CROSS-SECTION



Collisioni protone-protone a LHC



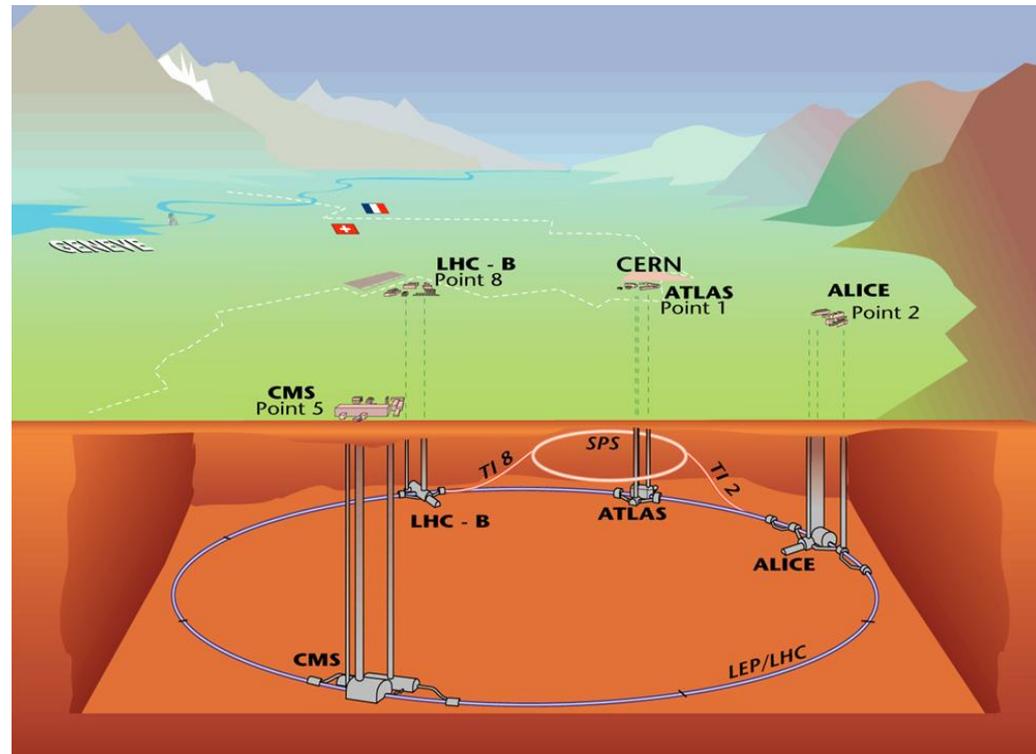
- ~100 milioni di eventi al secondo
- ~60 miliardi di particelle al secondo
- ~1600 particelle ogni 25 ns
- Selezione di 1 evento su diecimila miliardi



“quasi” mini-Big Bang

$\sim 10^{17}$ °K , $\sim 10^{-15}$ sec

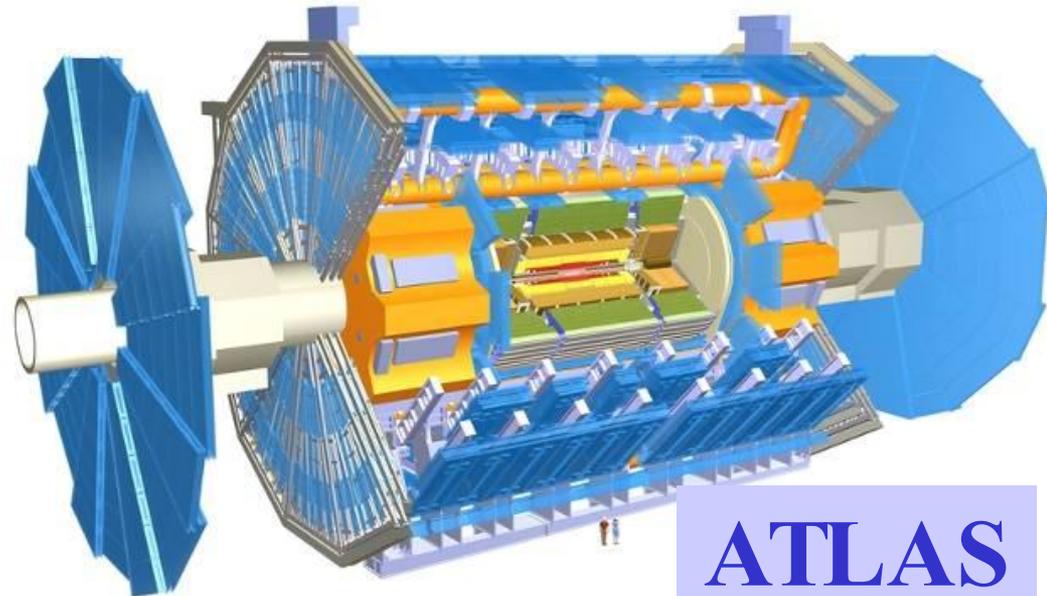
⇒ Rivelatori altamente performanti



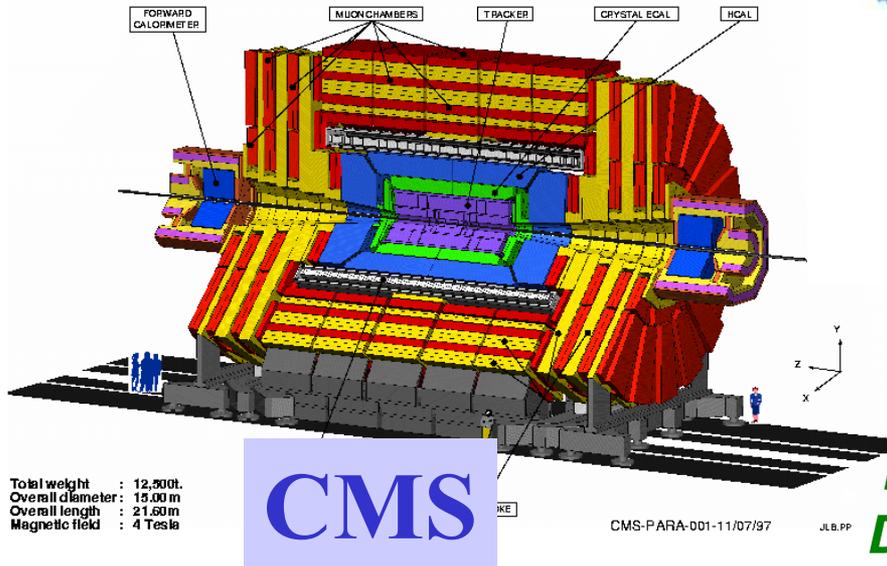
Quanto sono grandi ATLAS e CMS?



ATLAS e CMS accostati
ad un edificio di 5 piani



ATLAS



CMS

Total weight : 12,500t.
Overall diameter : 15.00 m
Overall length : 21.60 m
Magnetic field : 4 Tesla

CMS-PARA-001-11/07/97

J.L.B.P.P

	<u>ATLAS</u>	<u>CMS</u>
Peso totale (tons)	7000	12500
Diametro	22 m	15 m
Lunghezza	46 m	22 m
Campo magnetico	2 T	4 T

La Collaborazione di CMS (2007)

Number of Laboratories

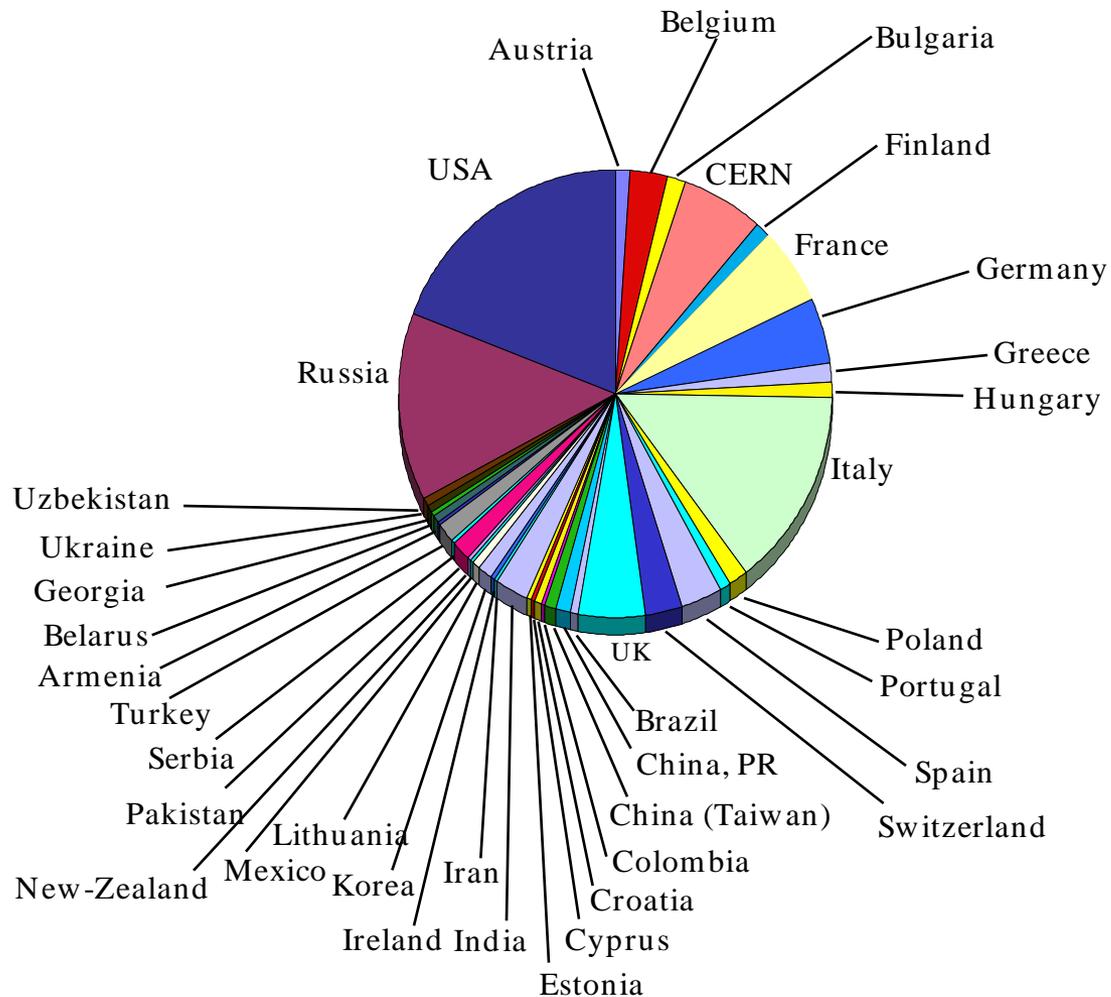
Member States	59
Non-Member States	67
USA	49
Total	175

Scientific Authors

Member States	1084
Non-Member States	503
USA	723
Total	2310

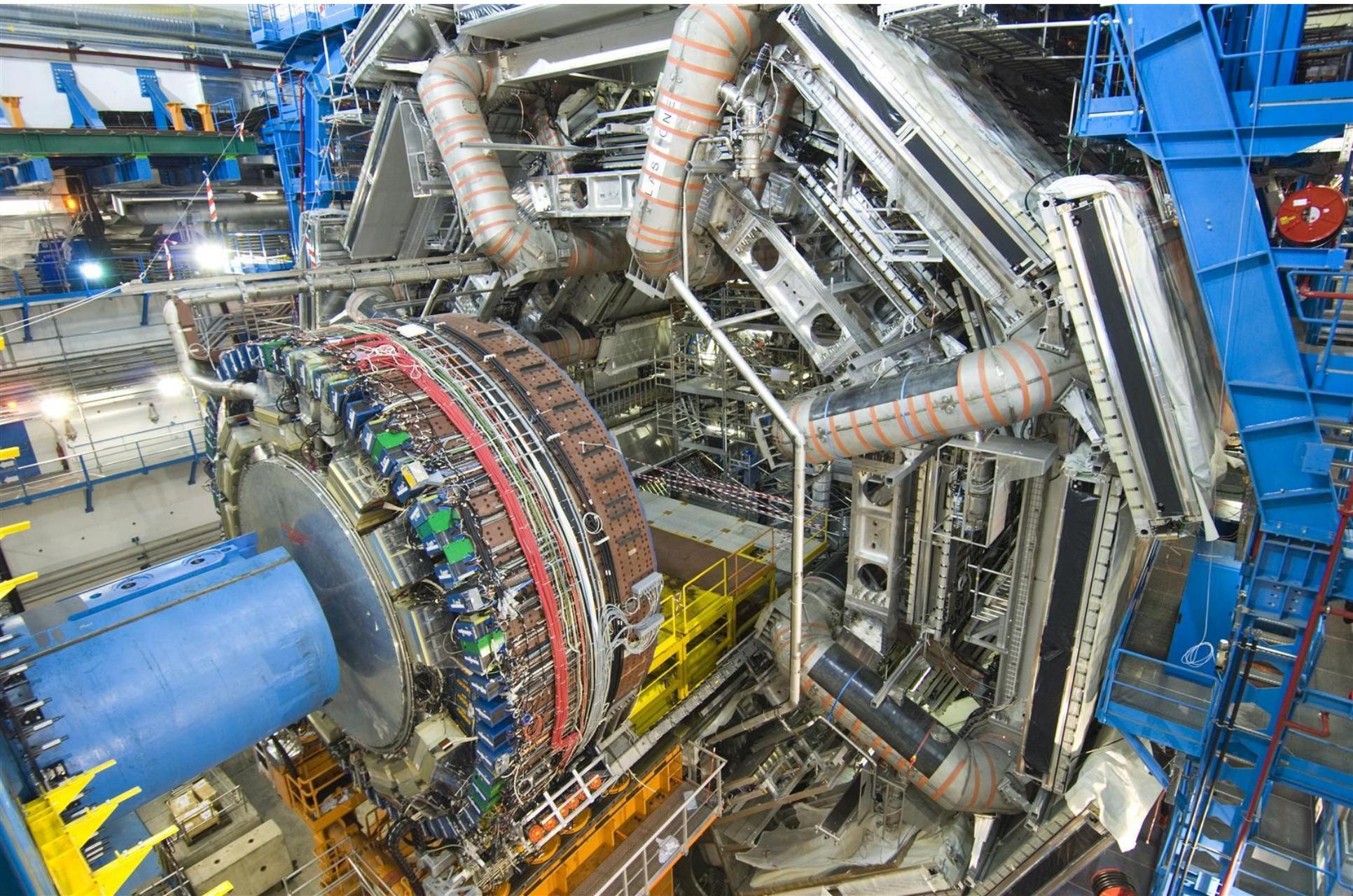
Associated Institutes

Number of Scientists	62
Number of Laboratories	9

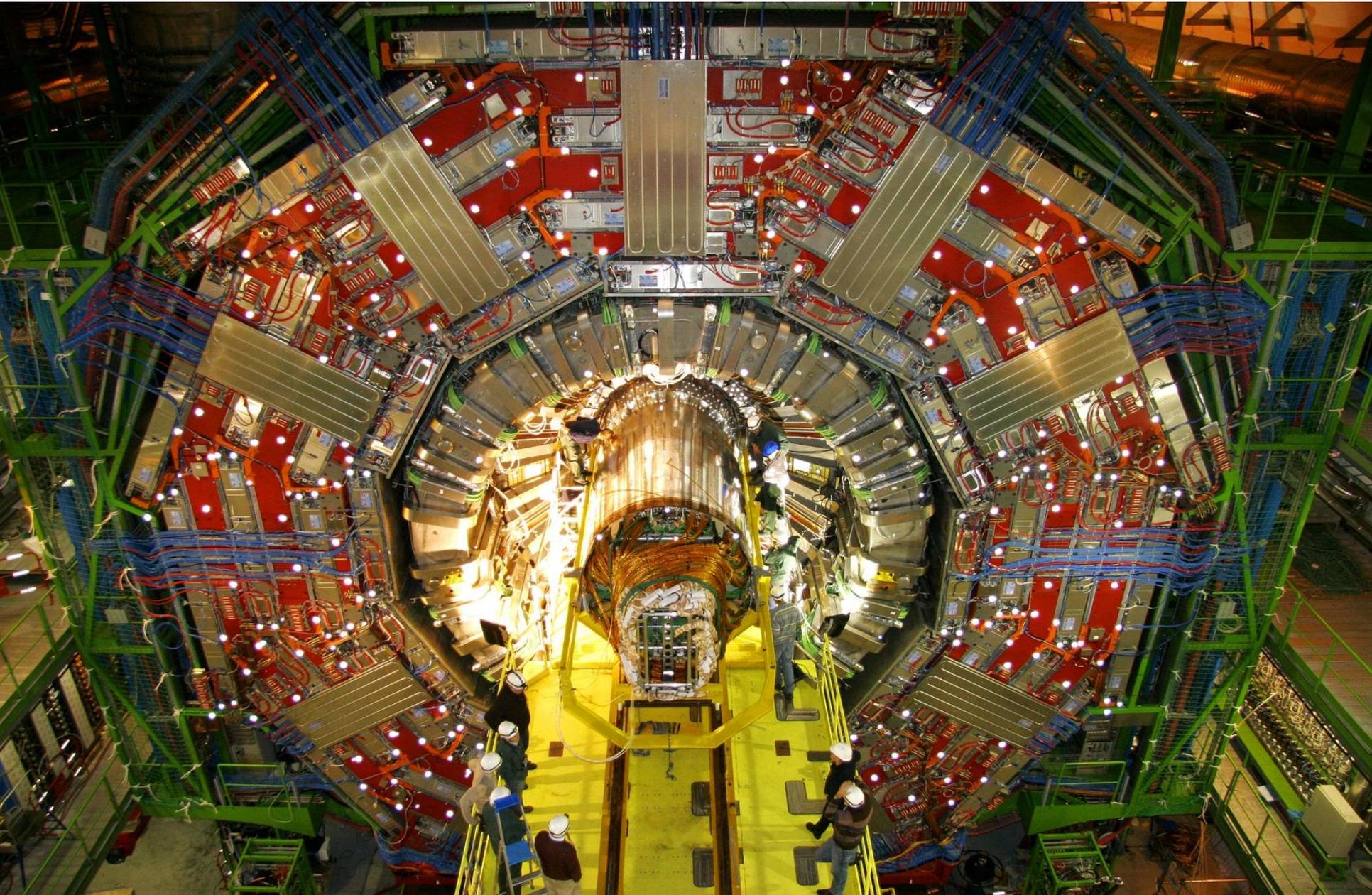


2310 Fisici e Ingegneri
38 Paesi
175 Istituzioni

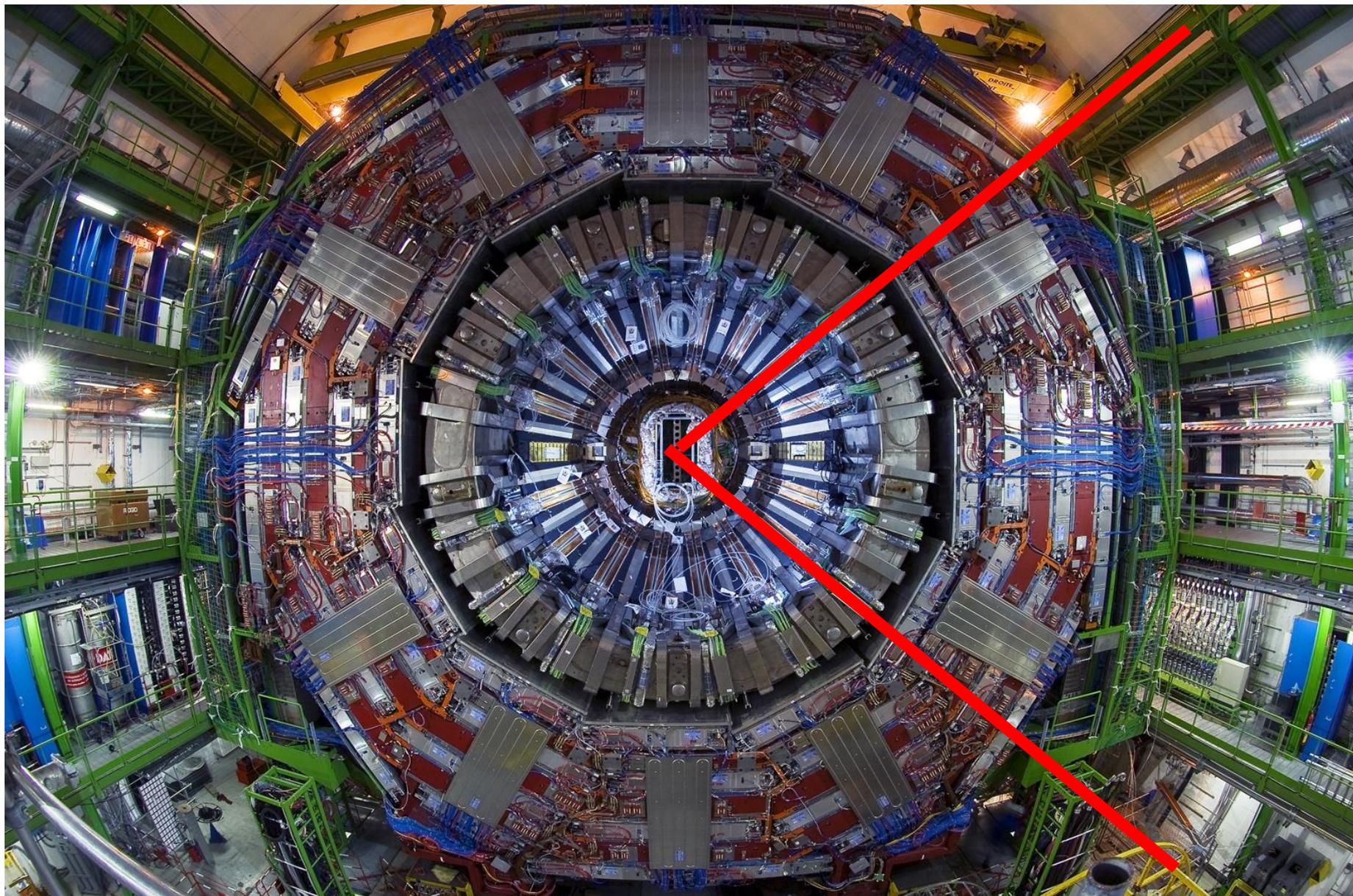
Il rivelatore ATLAS



Il rivelatore CMS

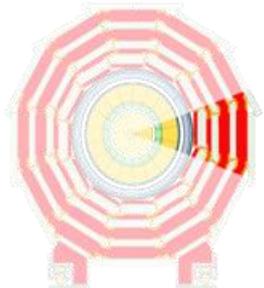


Il rivelatore CMS



Sezione trasversale di CMS

- Muone
- Elettrone
- Adrone carico (es: protone, pione,..)
- Adrone neutro (es: neutrone)
- Fotone



Transverse slice through CMS

4T

Tracciatore al silicio

Calorimetro elettromagnetico

Calorimetro adronico

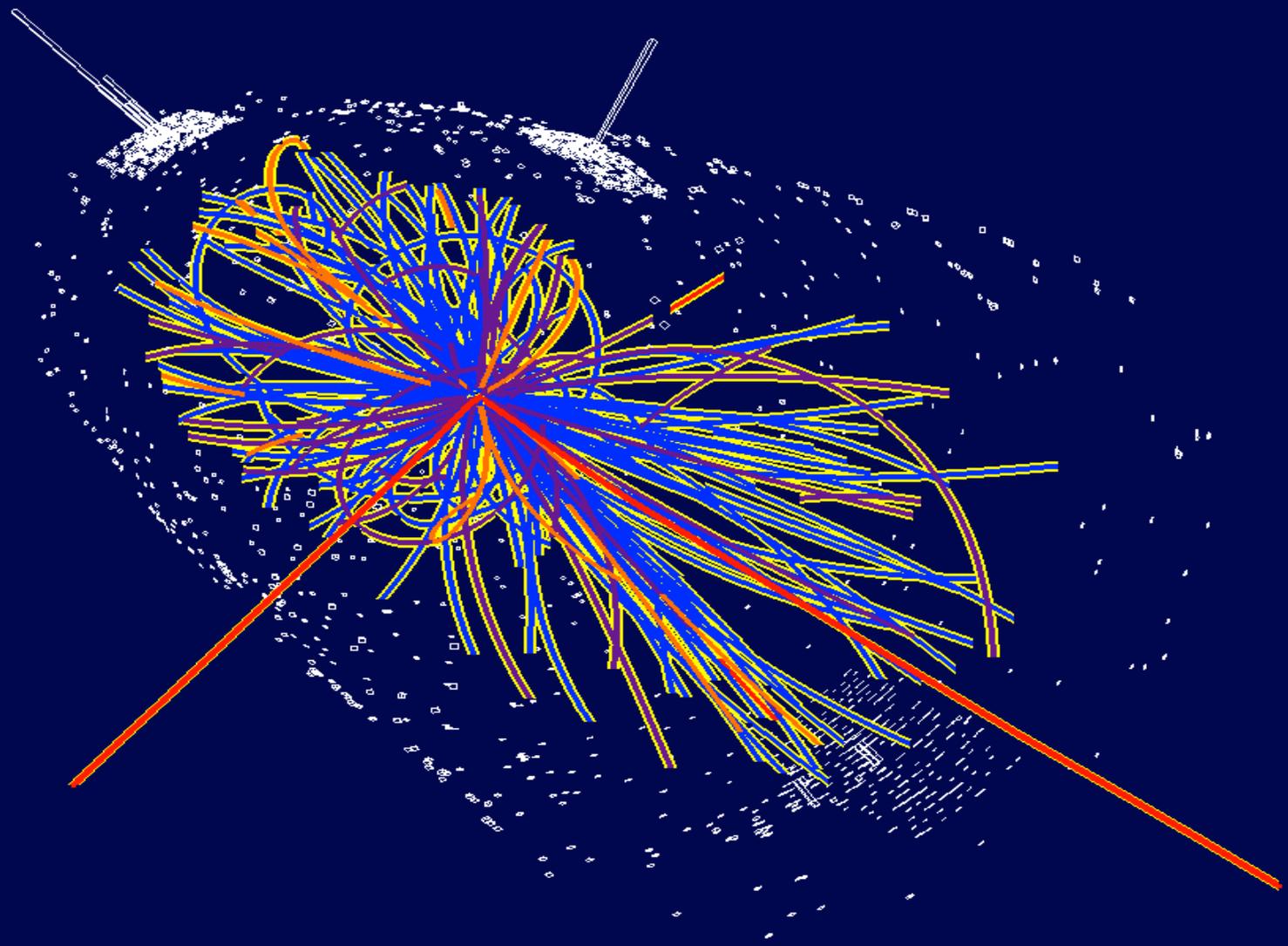
Solenoido superconduttore

Ferro
Camere per muoni

2T

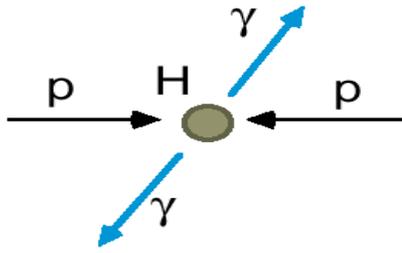


Macchina fotografica digitale di 12500 tonnellate con migliaia di milioni di pixels capace di scattare una foto tridimensionale delle collisioni protone-protone a 14 TeV di LHC 40 milioni di volte al secondo.

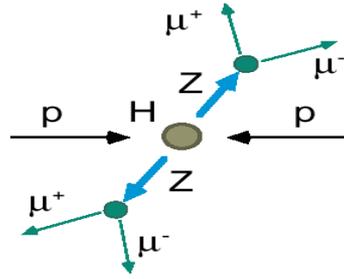


Eventi di Higgs in CMS

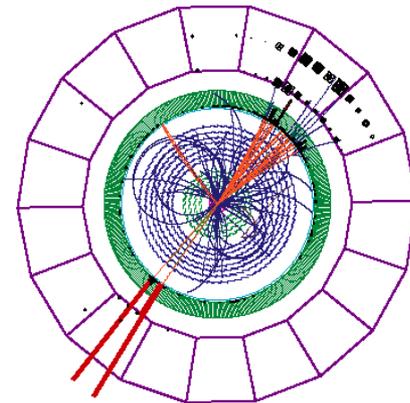
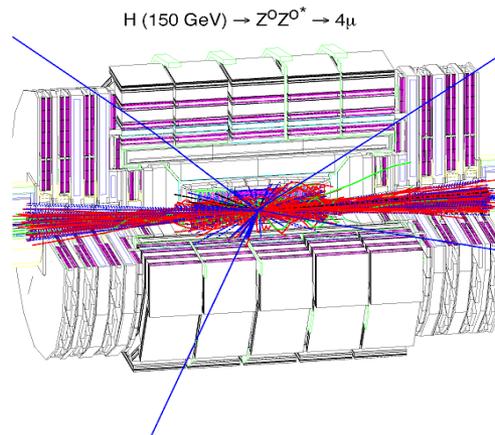
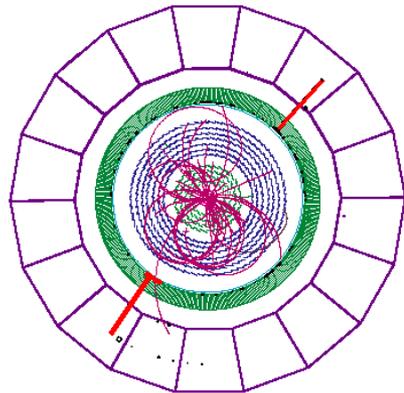
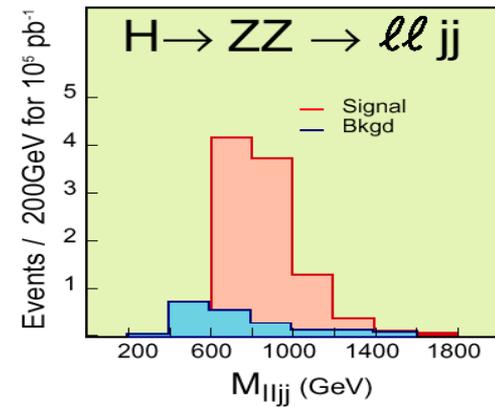
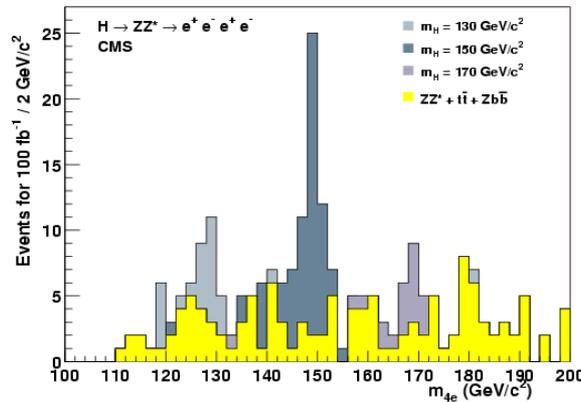
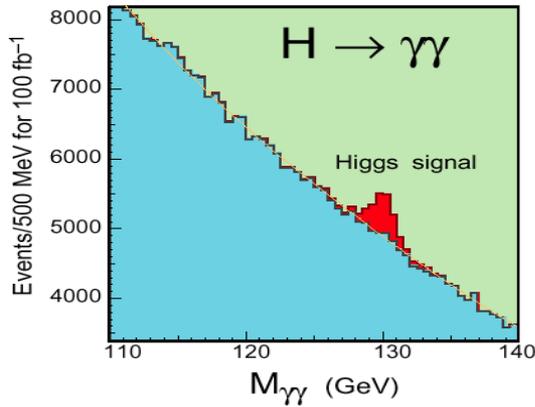
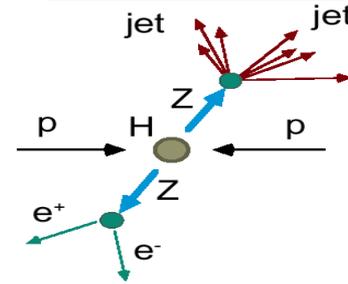
$M_H < 150 \text{ GeV}$



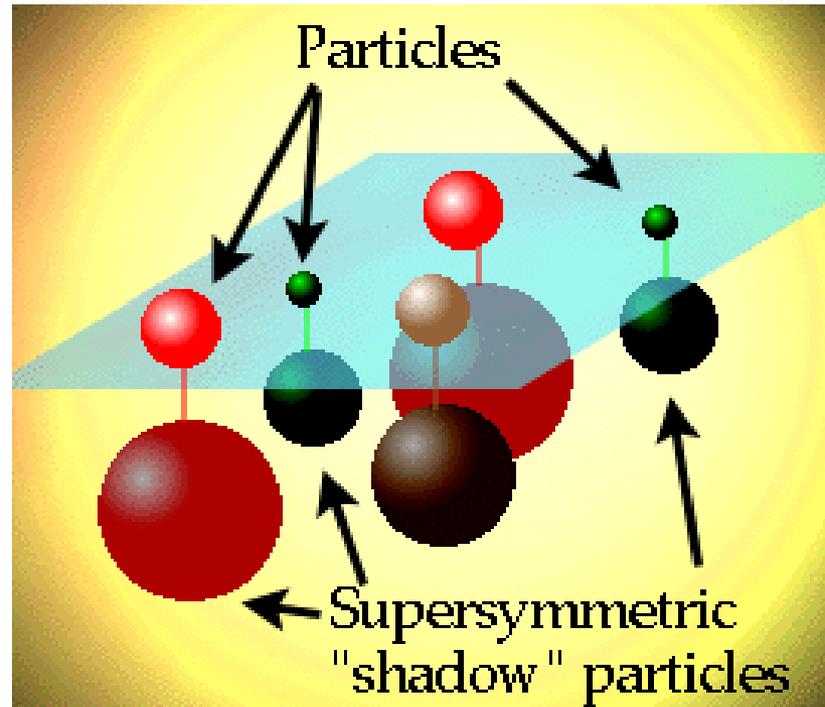
$130 < M_H < 500 \text{ GeV}$



$M_H > \sim 500 \text{ GeV}$



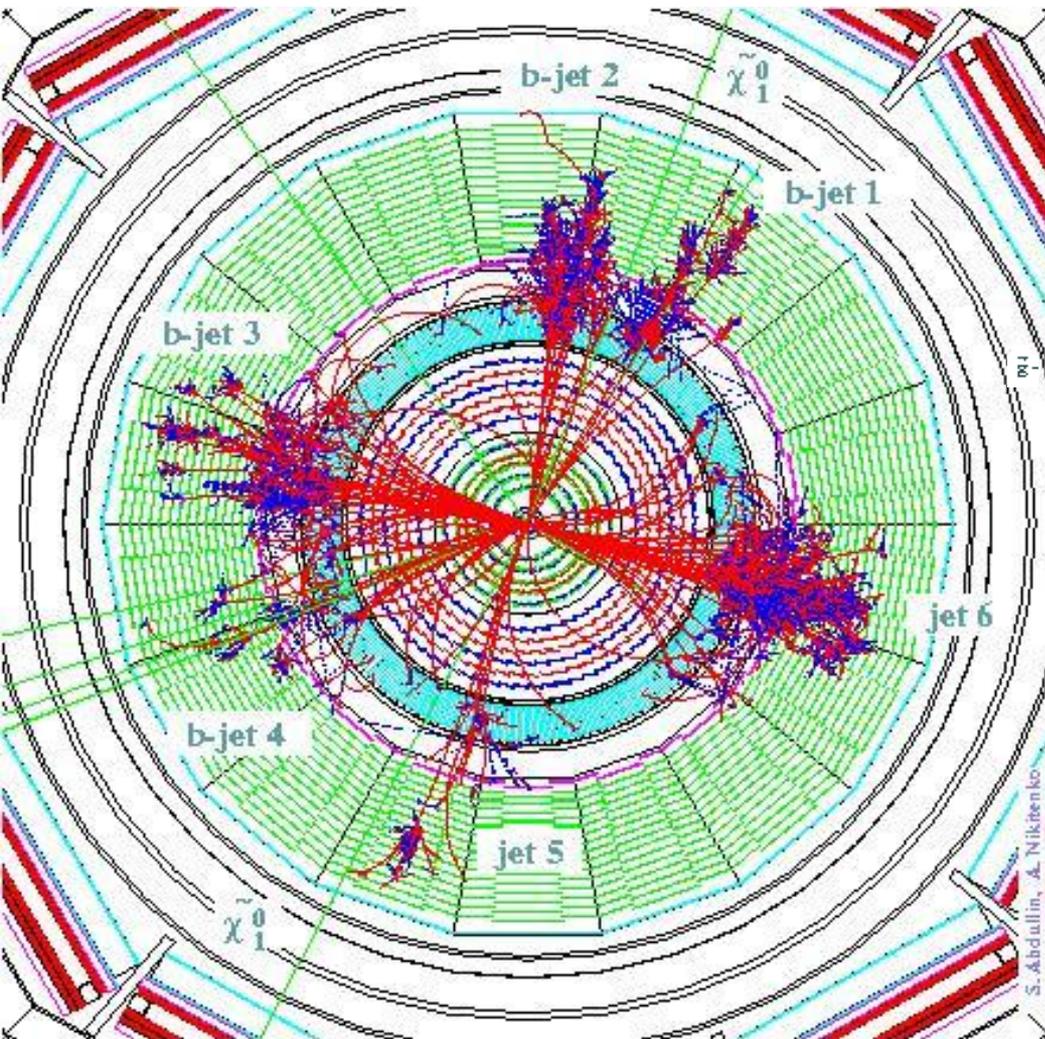
La Materia Oscura e' dovuta all'esistenza di particelle supersimmetriche?



<i>Particella</i>	<i>Spin</i>	Partner supersimmetrico	<i>Spin</i>
<i>quark, q</i>	1/2	<i>squark, \tilde{q}</i>	0
<i>leptone, l</i>	1/2	<i>sleptone, \tilde{l}</i>	0
<i>fotone, γ</i>	1	<i>fotino, $\tilde{\gamma}$</i>	1/2
<i>bosone, W</i>	1	<i>wino, \tilde{W}</i>	1/2
<i>bosone, Z</i>	1	<i>zino, \tilde{Z}</i>	1/2
<i>Higgs, H</i>	0	<i>higgsino, \tilde{H}</i>	1/2
<i>gluone, g</i>	1	<i>gluino, \tilde{g}</i>	1/2

Evento di SUSY in CMS : $pp \rightarrow \tilde{u}_L + \tilde{g}$

mSUGRA: $m_0=1000$ GeV; $m_{1/2}=500$ GeV; $A_0=0$; $\tan\beta=35$; $\mu>0$



$$\tilde{g} \rightarrow \tilde{t}_1 + \tilde{t}$$

- $\hookrightarrow W^- + \bar{b}$ (jet 4, $E_t=113$ GeV)
- $\hookrightarrow s$ (jet 5, $E_t=79$ GeV) + \bar{c}
- $\hookrightarrow \tilde{\chi}_2^+ + b$ (jet 3, $E_t=536$ GeV)
- $\hookrightarrow \tilde{\chi}_1^+ + Z \rightarrow \nu \bar{\nu}$
- $\hookrightarrow \tilde{\chi}_1^0 + W^+ \rightarrow \nu \tau^+$
- $\hookrightarrow e^+ \nu$

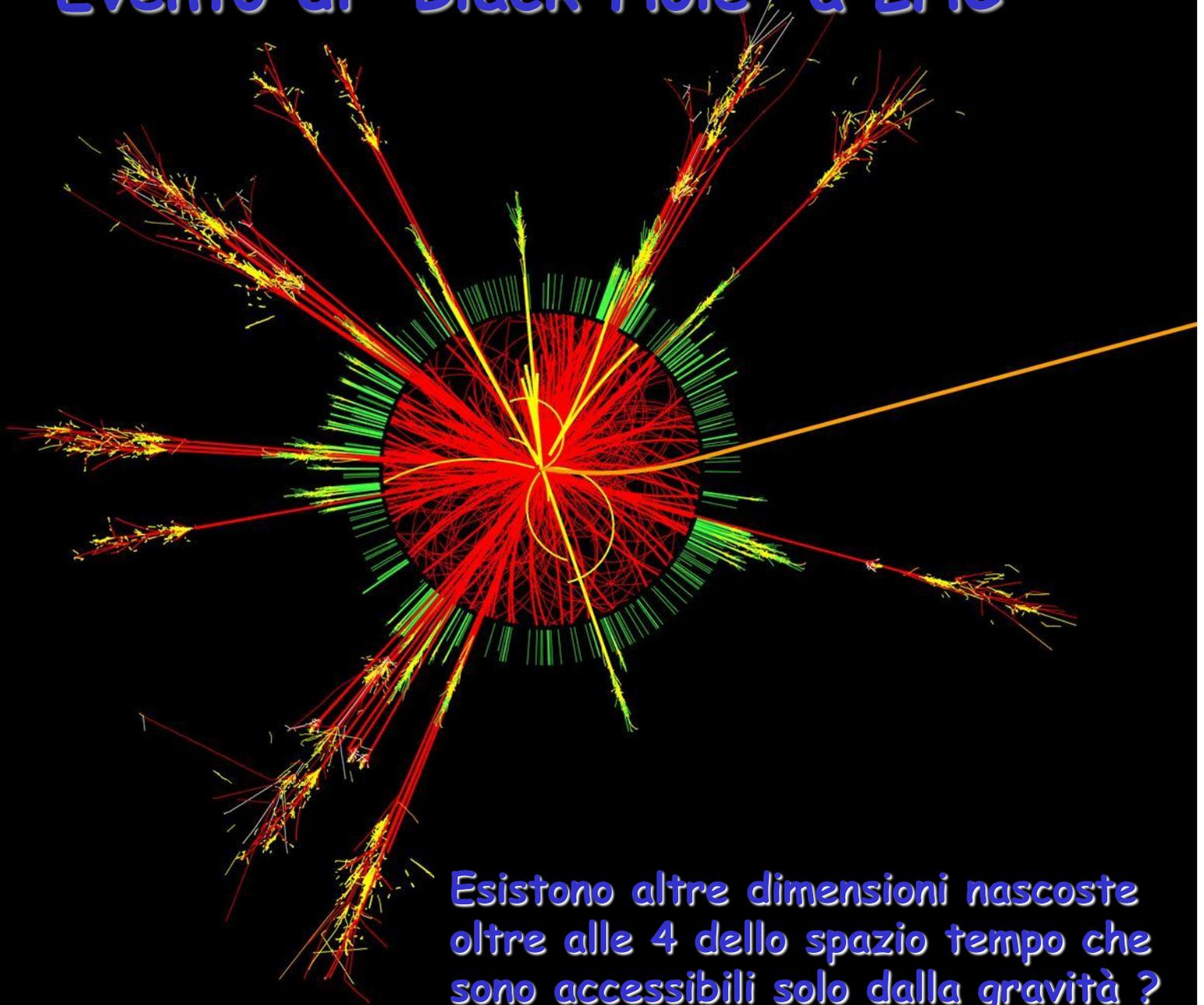
$$\tilde{u}_L \rightarrow \tilde{\chi}_2^0 + u$$

- (jet 6, $E_t=1200$ GeV)
- $\hookrightarrow \tilde{\chi}_1^0 + h \rightarrow b \bar{b}$ (jet 1, $E_t=206$ GeV; jet 2, $E_t=320$ GeV)

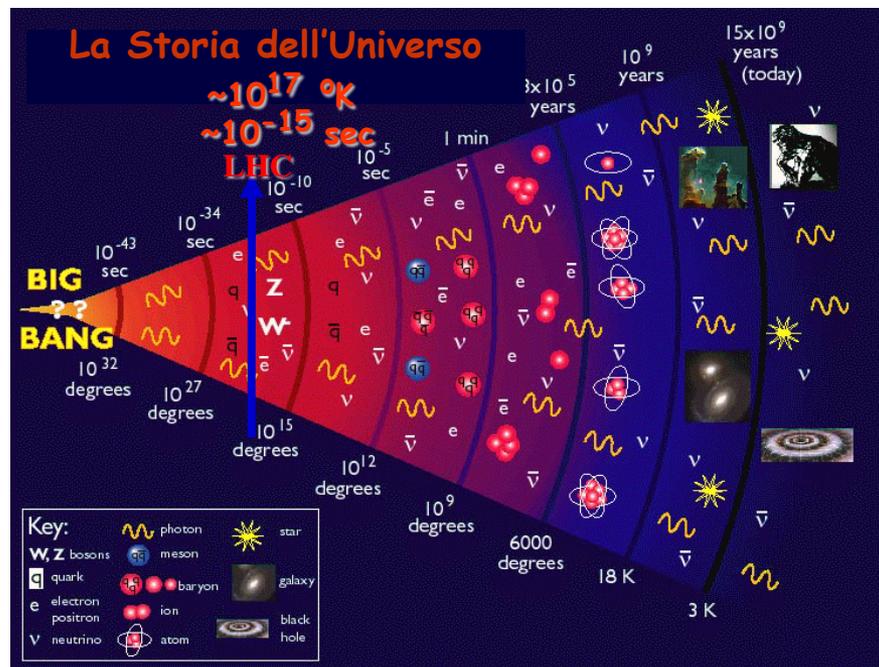
$m(\tilde{g})=1266$ GeV ; $m(\tilde{t}_1)=1026$ GeV
 $m(\tilde{u}_L)=1450$ GeV; $m(\tilde{\chi}_2^0)=410$ GeV;
 $m(\tilde{\chi}_1^0)=214$ GeV; $m(h)=119$ GeV

S. Abdullin, A. Nikitenko

Evento di "Black Hole" a LHC



Esistono altre dimensioni nascoste oltre alle 4 dello spazio tempo che sono accessibili solo dalla gravità ?



Riprodurre in laboratorio le stesse condizioni in cui si trovavano i costituenti di due protoni meno di un milionesimo di milionesimo di secondo dopo il Big Bang ci permetterà di ampliare la nostra comprensione di come è nato e di come si è evoluto l'Universo.

Non sappiamo cosa troveremo a LHC, ma molti di noi credono che alla nostra conoscenza si aprirà un nuovo orizzonte che finora la natura ci ha tenuto nascosto.

Se tra due o tre anni ci inviterete di nuovo qui al Caffè della Scienza vi diremo che cosa abbiamo scoperto riproducendo nel laboratorio di LHC quegli eventi che avvenivano 14 miliardi di anni fa nell'Universo appena nato.