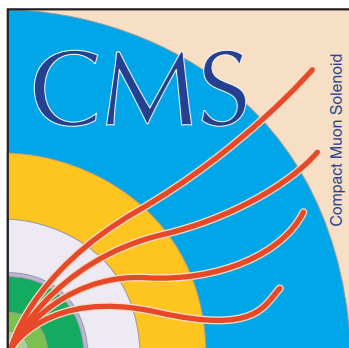


L'esperimento CMS e le tecniche di analisi

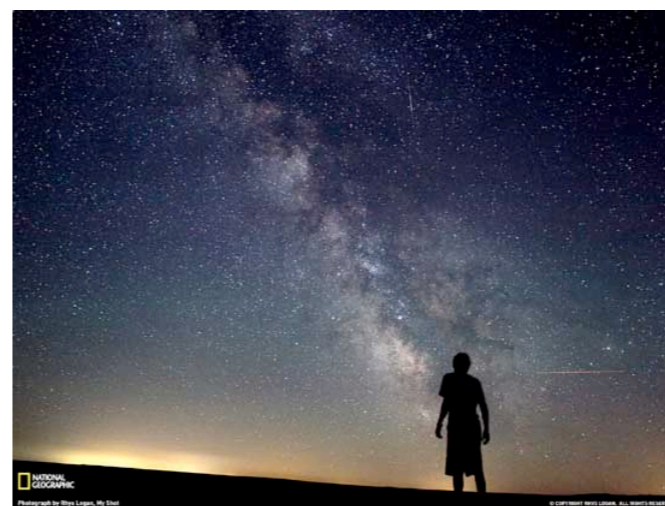
Aniello Spiezia
Master Class - 06/03/2013



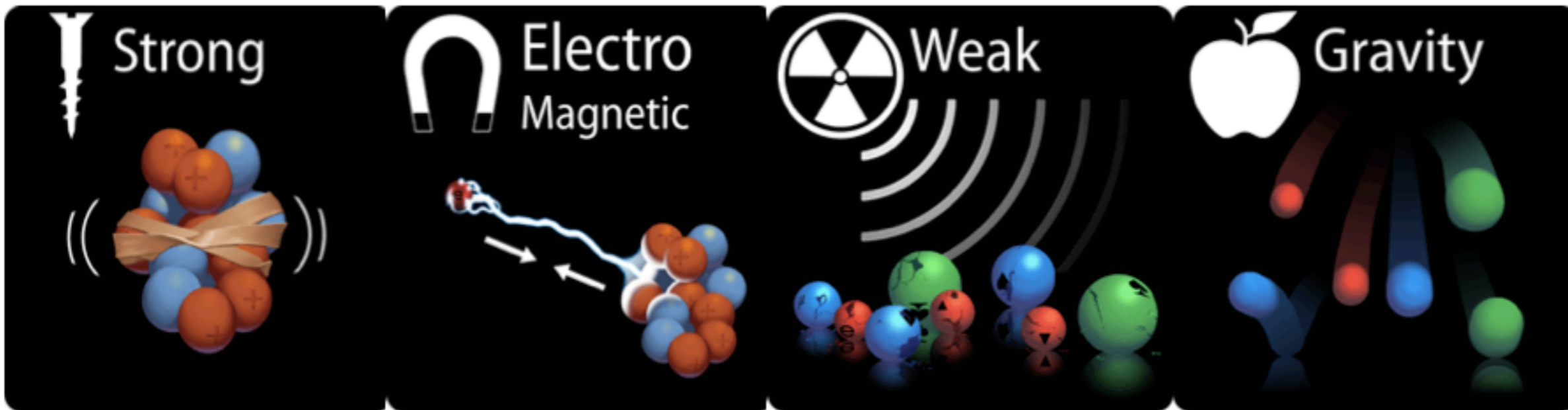
- Il Modello Standard della fisica delle particelle elementari
- L'acceleratore di particelle LHC e l'esperimento CMS
- La scoperta del **BOSONE DI HIGGS!**
- Fare una misura sperimentale

La **Fisica delle Particelle** studia i costituenti della materia e le loro interazioni fondamentali. Cerca cioè di rispondere alle **domande che l'umanità si pone da sempre**:

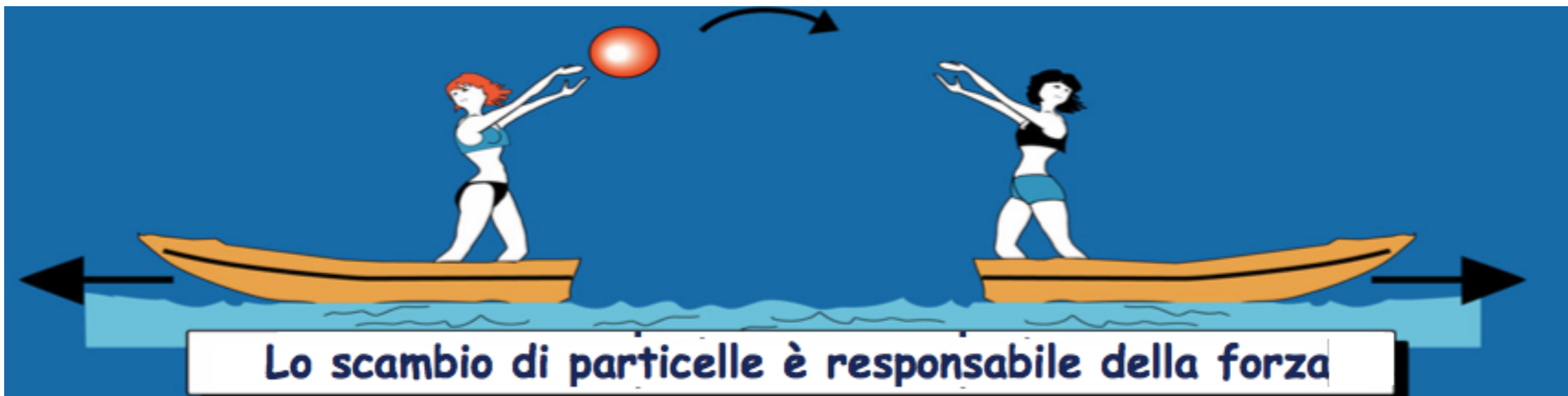
- Da dove veniamo
- Di **cosa siamo fatti**
- Cosa tiene unita la **materia**
- Come è evoluto l'**Universo** dal **Big Bang** ad oggi
- Quanto ancora non sappiamo dell'**Universo**?



Risposta: quattro forze fondamentali!



Forza relativa	1	10^{-3}	10^{-5}	10^{-38}
Particella mediatrice	Gluone	Fotone	Z, W ⁺ , W ⁻	Gravitone (???)



Il Modello Standard è la nostra **teoria delle particelle**: una descrizione matematica delle **12 particelle fondamentali** (e le 12 antiparticelle) e di **tre delle quattro forze fondamentali** (la gravità non è ancora inclusa)

The infographic is divided into several categories, each with a vertical title bar on the left:

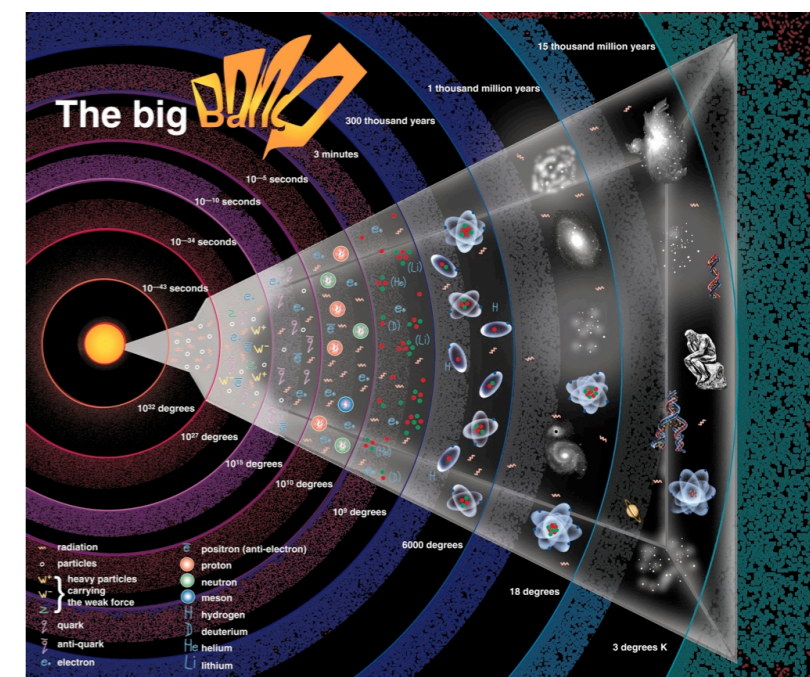
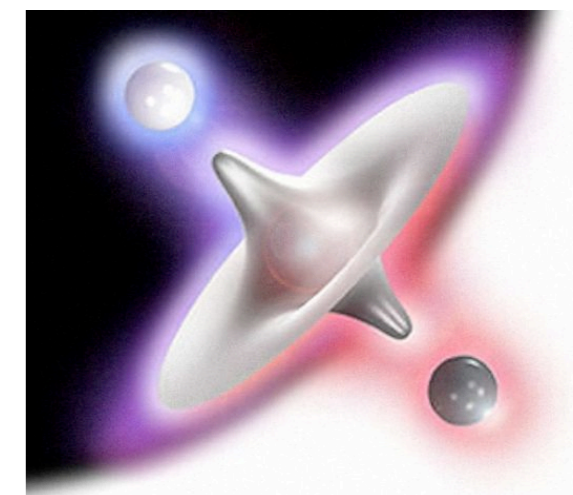
- QUARKS** (red bar):
 - UP QUARK**: A teeny little point inside the proton and neutron, it is friends forever with the down quark.
 - DOWN QUARK**: A tiny little point inside the proton and neutron, it is friends forever with the up quark.
 - STRANGE QUARK**: Why is this second generation quark so strange?
 - CHARM QUARK**: A second generation quark, it is charmed, indeed.
 - TOP QUARK**: This heavyweight champion doesn't live long enough to make friends with anyone.
 - BOTTOM QUARK**: This third generation quark is puttin' on the pounds.
- LEPTONS** (yellow bar):
 - ELECTRON-NEUTRINO**: These miniscule bandits like to steal away energy and escape detection.
 - MUON-NEUTRINO**: A slightly heavier bandit than its sibling to the left.
 - TAU-NEUTRINO**: Wily and sneaky, this bandit is the newest particle to arrive at the Zoo.
 - ELECTRON**: A familiar friend, this negatively charged, busy f'ill guy likes to bond.
 - MUON**: A "heavy electron" who lives fast and dies young.
 - TAU**: A "heavy muon" who could stand to lose a little weight.
- FORCE CARRIERS** (blue bar):
 - PHOTON**: The massless wawicle we know and love.
 - GLUON**: The "glue" of the strong nuclear force.
 - W BOSON** and **Z BOSON**: As the carrier particles of the weak nuclear force, they're downright obese.
- THEORETICALS** (green bar):
 - HIGGS BOSON**: It's the one everyone wants to meet, but for now it's playing hard to get. You'd be smiling too if everyone was looking to interview you.
 - TACHYON**: Can this devious and clever particle really travel faster than light?
 - DARK MATTER**: The mysterious missing mass. Difficult to see because it's so dark.
 - GRAVITON**: Still unobserved, yet theoretically everywhere.
- NUCLEONS** (orange bar):
 - PROTON**: We would not be here without her positivity.
 - NEUTRON**: He insists on remaining neutral.

Sappiamo tutto??

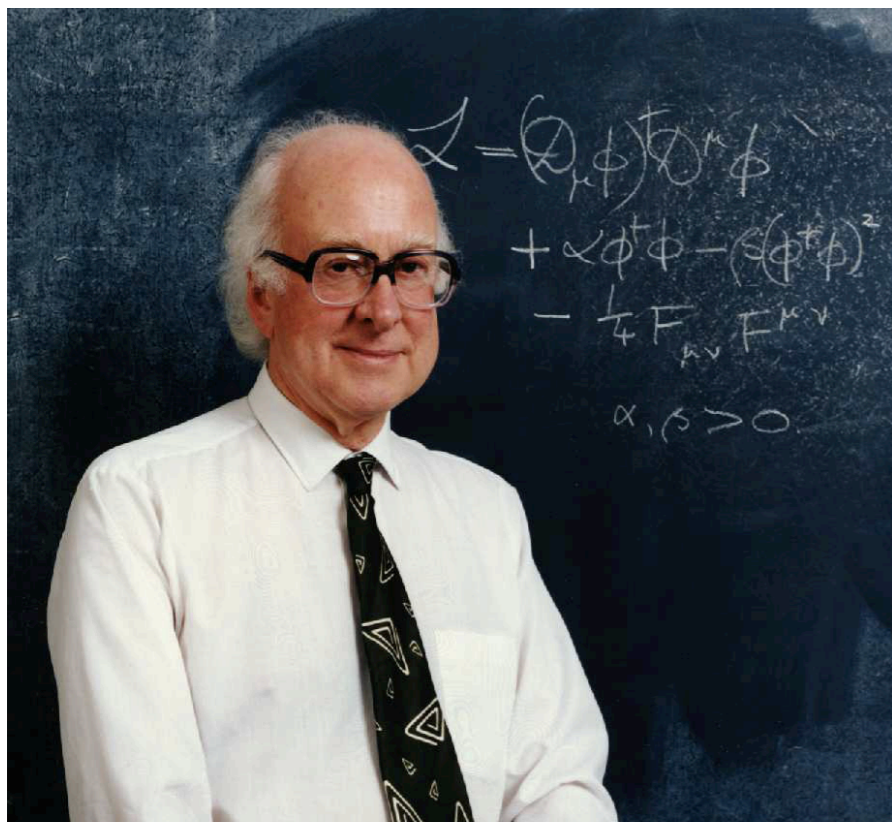
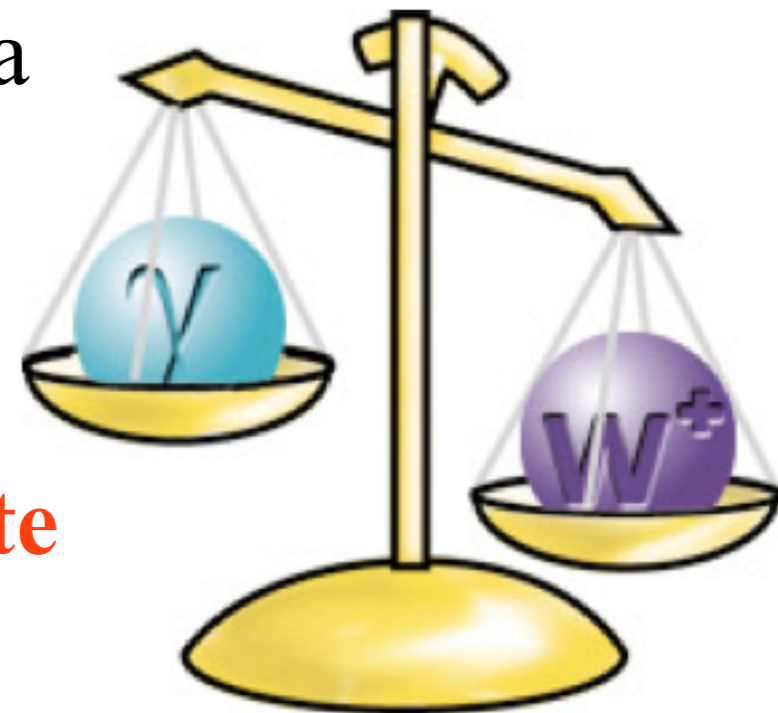


Cosa resta da scoprire?

- Il **piccolo** imbarazzo della Scienza... di cosa è composto il **96% dell'Universo**?
- Il **favoritismo** di madre natura: perchè viviamo in un mondo fatto di materia? **Che fine ha fatto l'antimateria?**
- I segreti del **Big Bang**: com'era fatto l'universo nei suoi **primi istanti di vita**?
- Le **12 particelle fondamentali** sono davvero fondamentali o sono composte da altre?
- Completare il lavoro di Newton... **Cos'è la massa?**



- Il nostro zoo delle particelle elementari presenta una **varietà di massa impressionante**
- Sia i fotoni che i bosoni W, Z sono particelle responsabili di una forza, ma **i fotoni hanno massa nulla**, mentre **W e Z sono estremamente pesanti**
- **Cosa determina la massa delle particelle?**



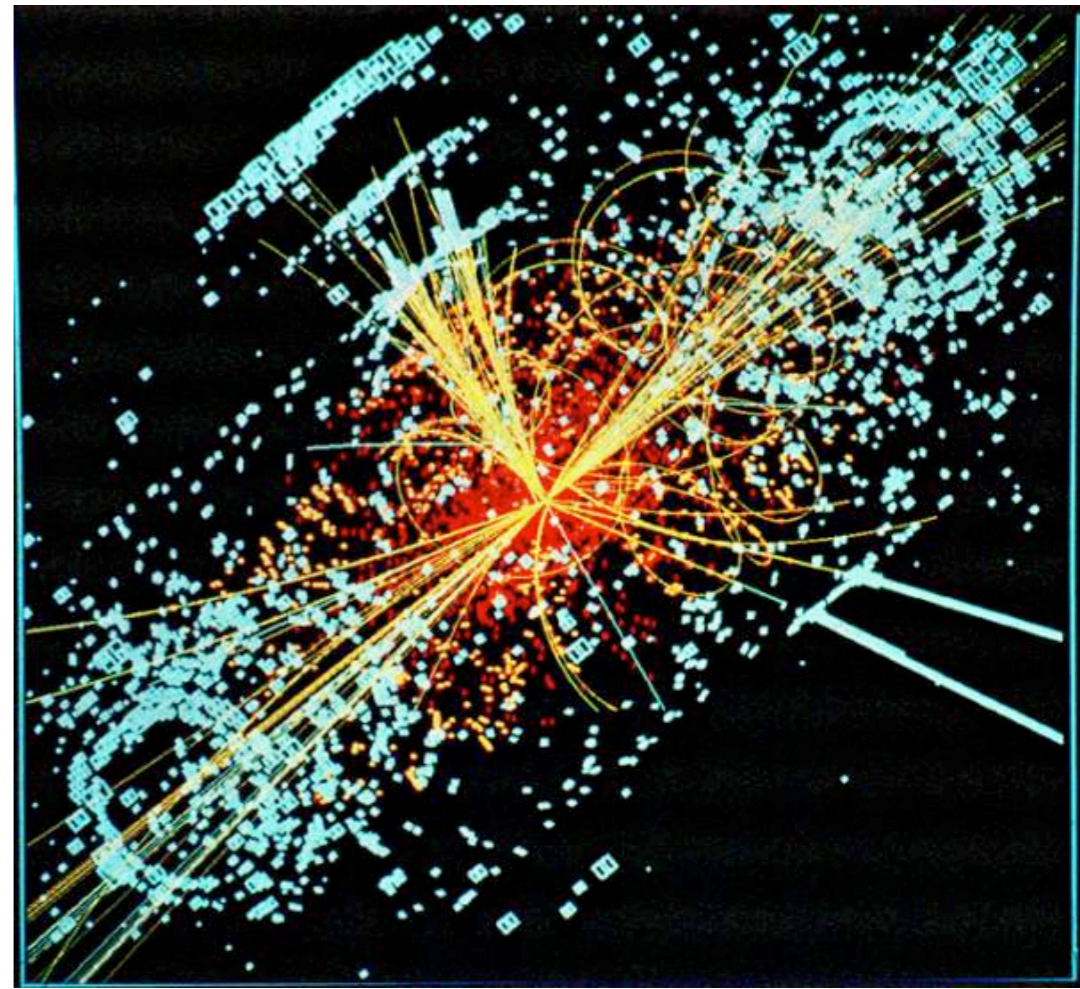
La risposta di Peter Higgs

- Il vuoto contiene un campo di forza che può frenare alcune particelle elementari come il muro frena un proiettile
- Questo campo di forza è generato da una particella: il **bosone di Higgs**

Come rispondere a questi enigmi??



Esperimenti!



- **Collider = collisionatore**

- Serve a far scontrare fasci di particelle ad alta energia

- **Hadron = adroni**

- Perché le particelle che si scontrano sono protoni, fatti di quarks

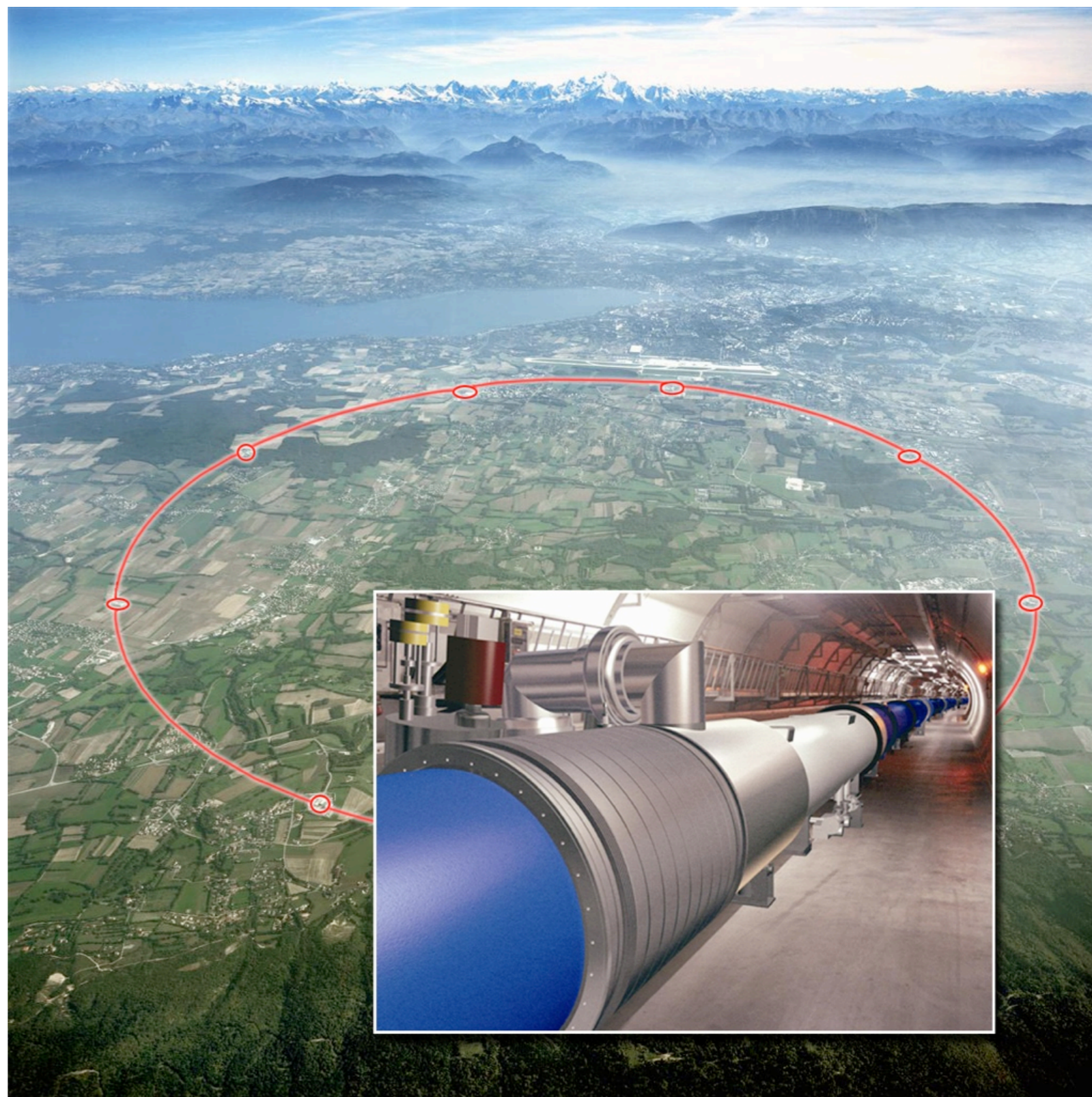


- Tutte le particelle costituite da quarks appartengono alla famiglia degli adroni (Dal greco adrós = forte)

- **Large**

- 27 km di circonferenza!!

- LHC è il **più grande acceleratore di particelle che sia mai stato costruito** dall'uomo per far urtare protoni contro protoni o ioni pesanti tra loro
- Ha una circonferenza di **27 Km** e si trova ad una profondità media di **100 m** sottoterra al confine franco-svizzero di Ginevra



L'energia nel punto di collisione



può arrivare fino a
14 TeV = $14 \cdot 10^{12}$ eV

Ma cosa vuol dire???

1eV(elettronVolt) corrisponde all'energia guadagnata da un elettrone posto in una d.d.p.(differenza di potenziale) $\Delta V = 1V$ (Volt)

Ancora poco chiaro?!?

1 eV è una piccola porzione di energia che corrisponde a $1.6 * 10^{-19}$ J(Joule)



Un'ape ($M_{ape} = 1g$) che si muove alla velocità $V_{ape} = 1$ m/s ha un'energia di $E_{ape} = 10^{-3} J = 6.25 \cdot 10^{15} eV$

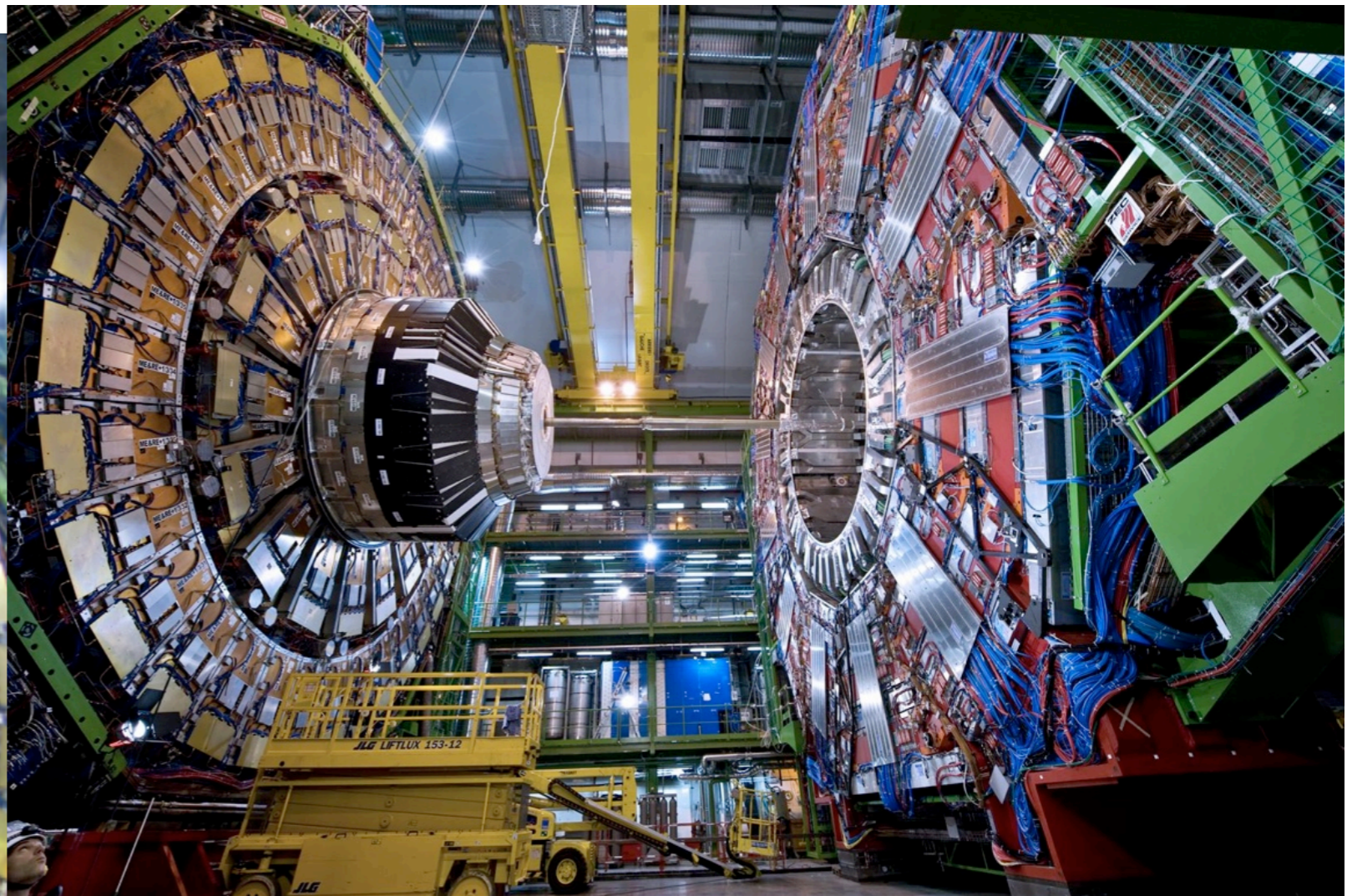
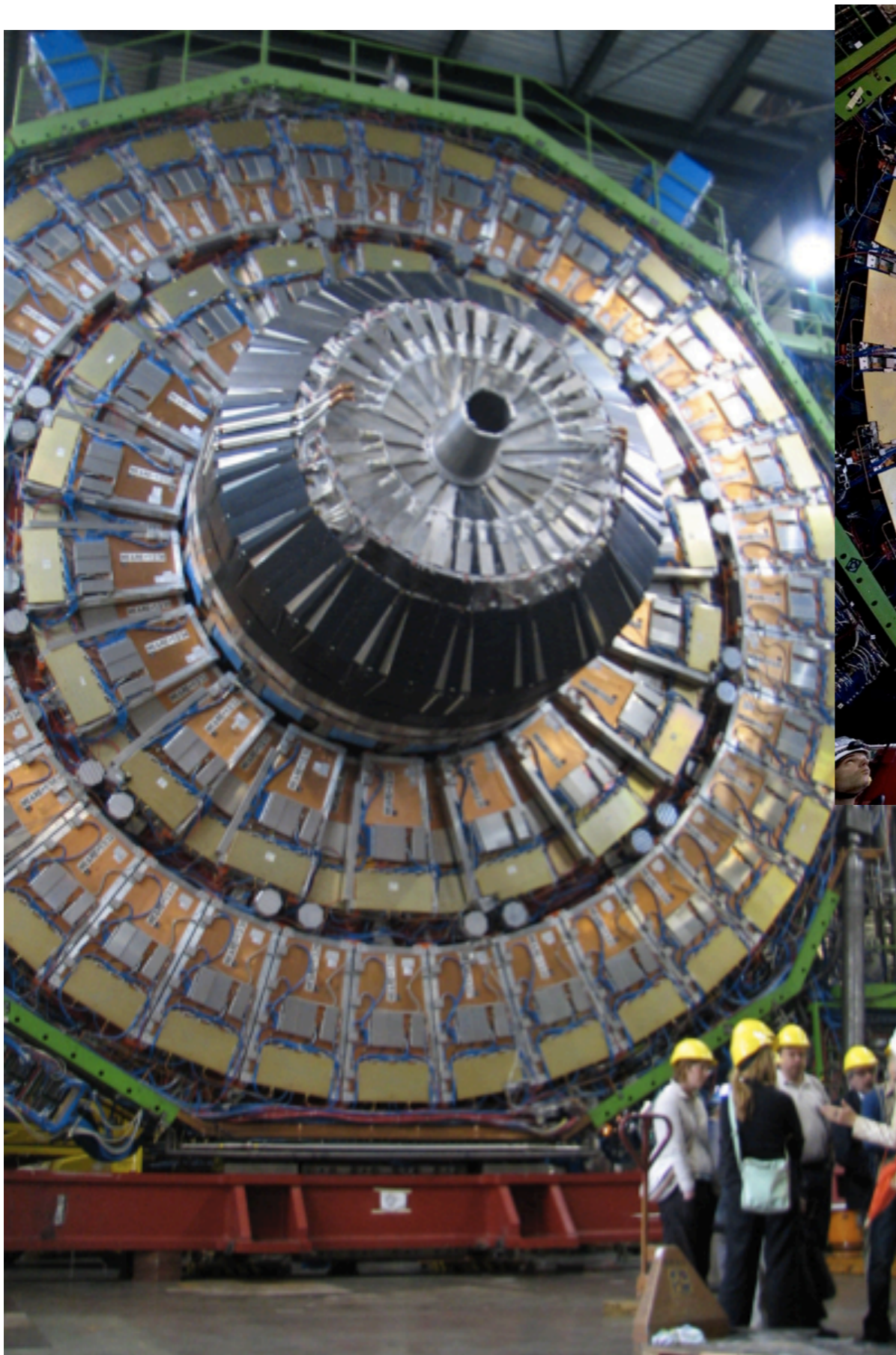
Si direbbe un'energia molto maggiore di quella di LHC?!?

Infatti...ma LHC, ogni 25 nano-sec(40 milioni di volte al secondo!), fa scontrare

10^{14} protoni $\rightarrow E_{LHC} \simeq 10^8 J$ che come energia corrisponde a quella nel punto di impatto di 2 camion di $M_{camion} = 100$ tonnellate che si scontrano viaggiando ad una velocità $V_{camion} = 120Km/h$



I quattro esperimenti



**Intorno all'acceleratore LHC
sono stati costruiti 4 grandi
rivelatori di particelle:**

CMS

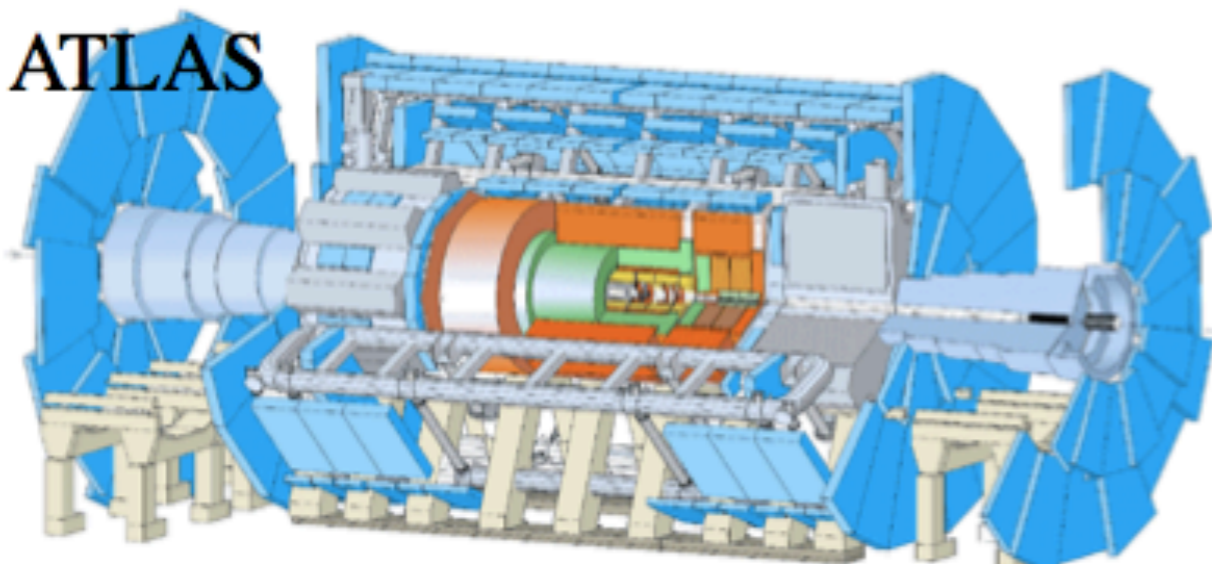
ATLAS

ALICE

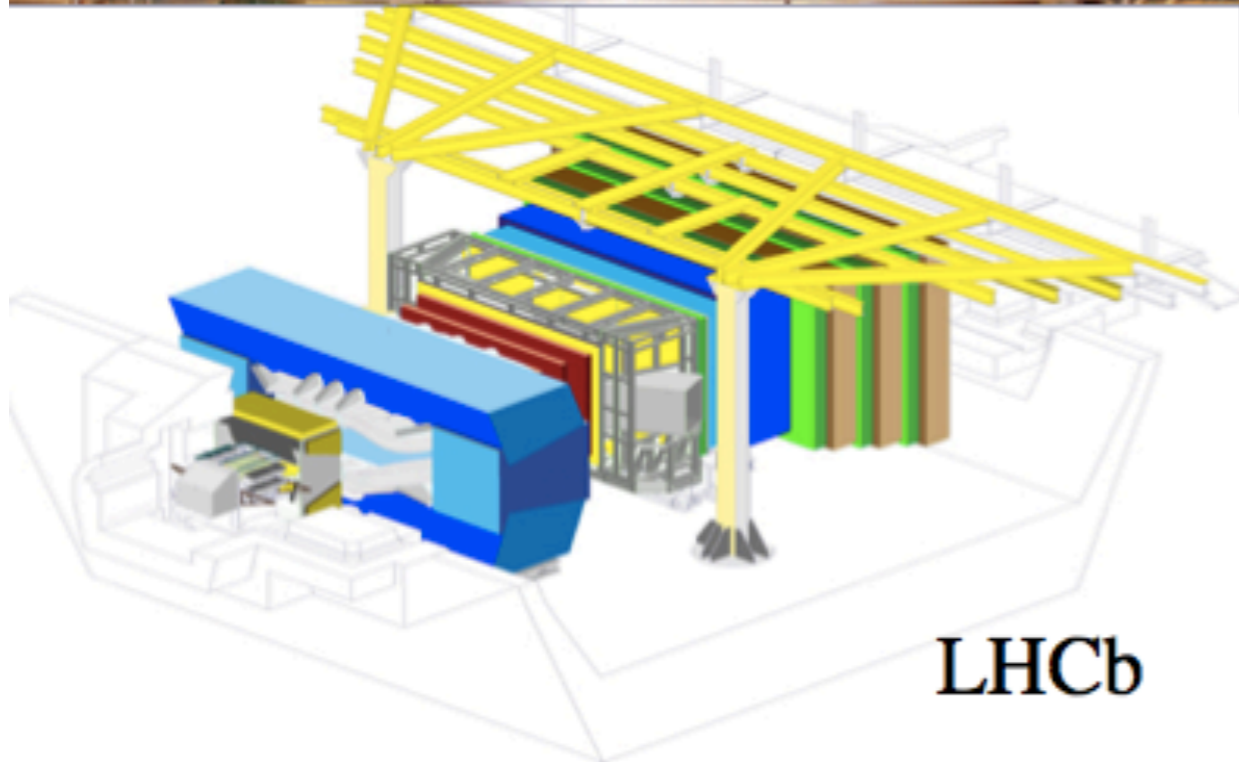
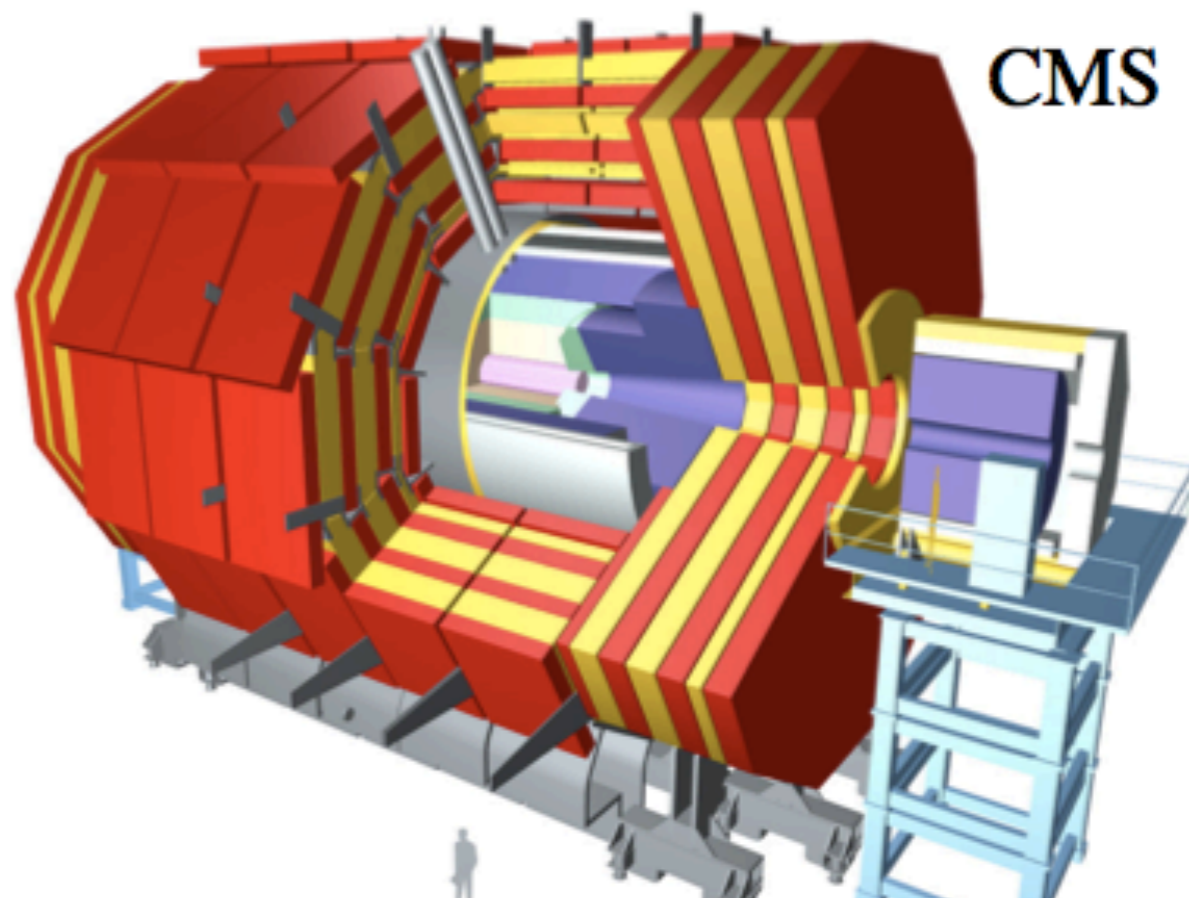
LHCb

I quattro esperimenti

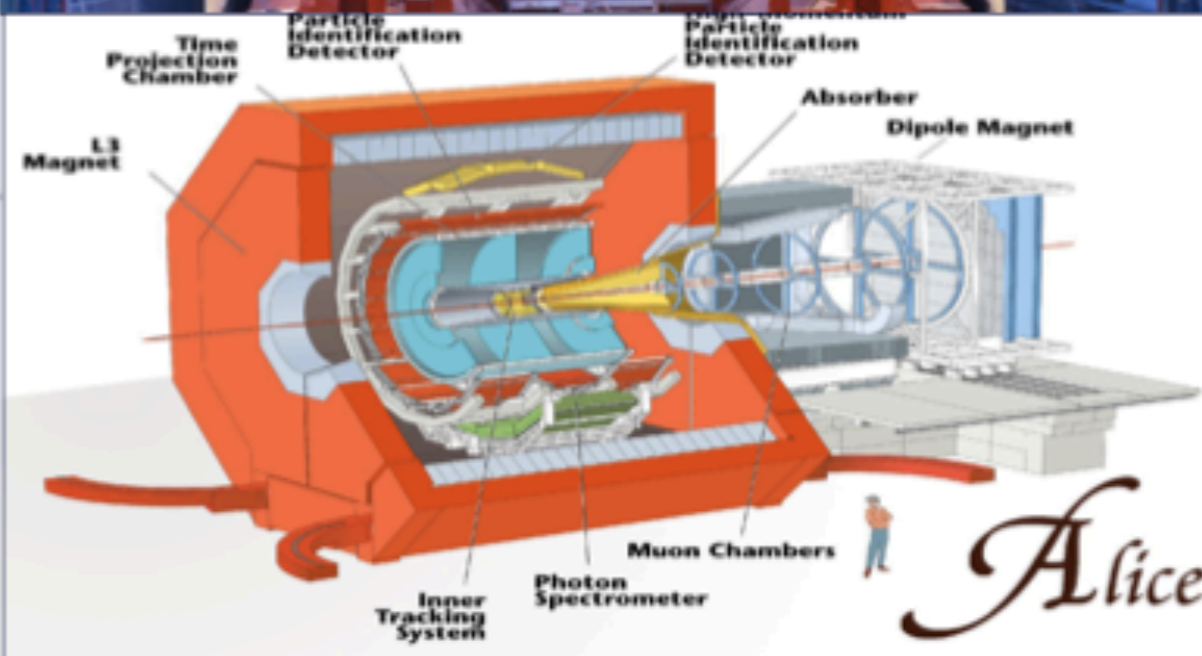
ATLAS



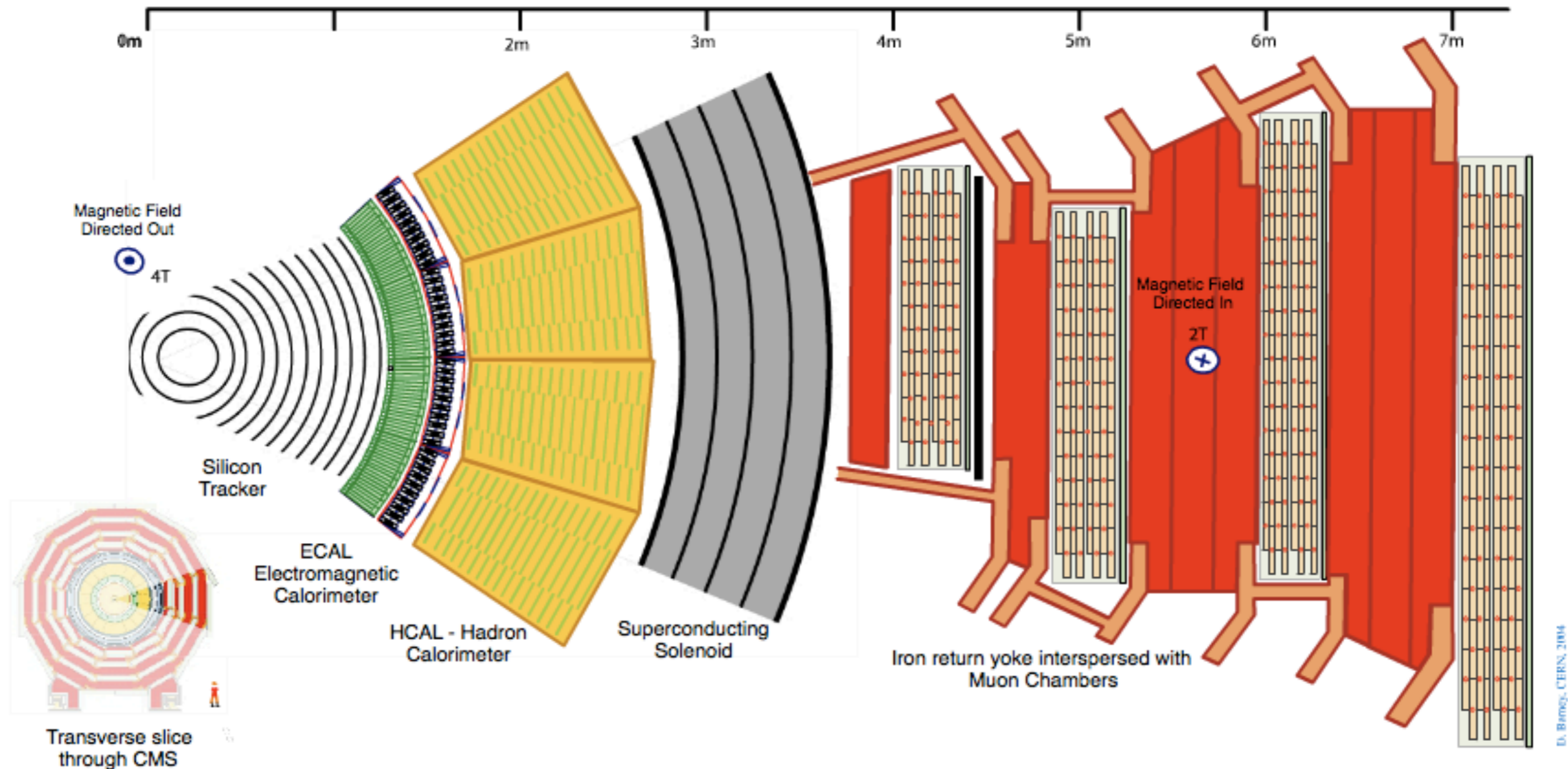
CMS

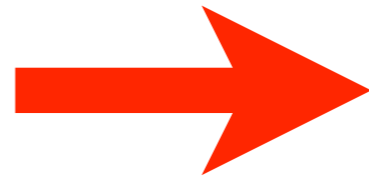


LHCb



L'esperimento CMS è composto da diversi sottorivelatori, ognuno studiato per rivelare una o più particelle (clicca sull'immagine per l'hyperlink)

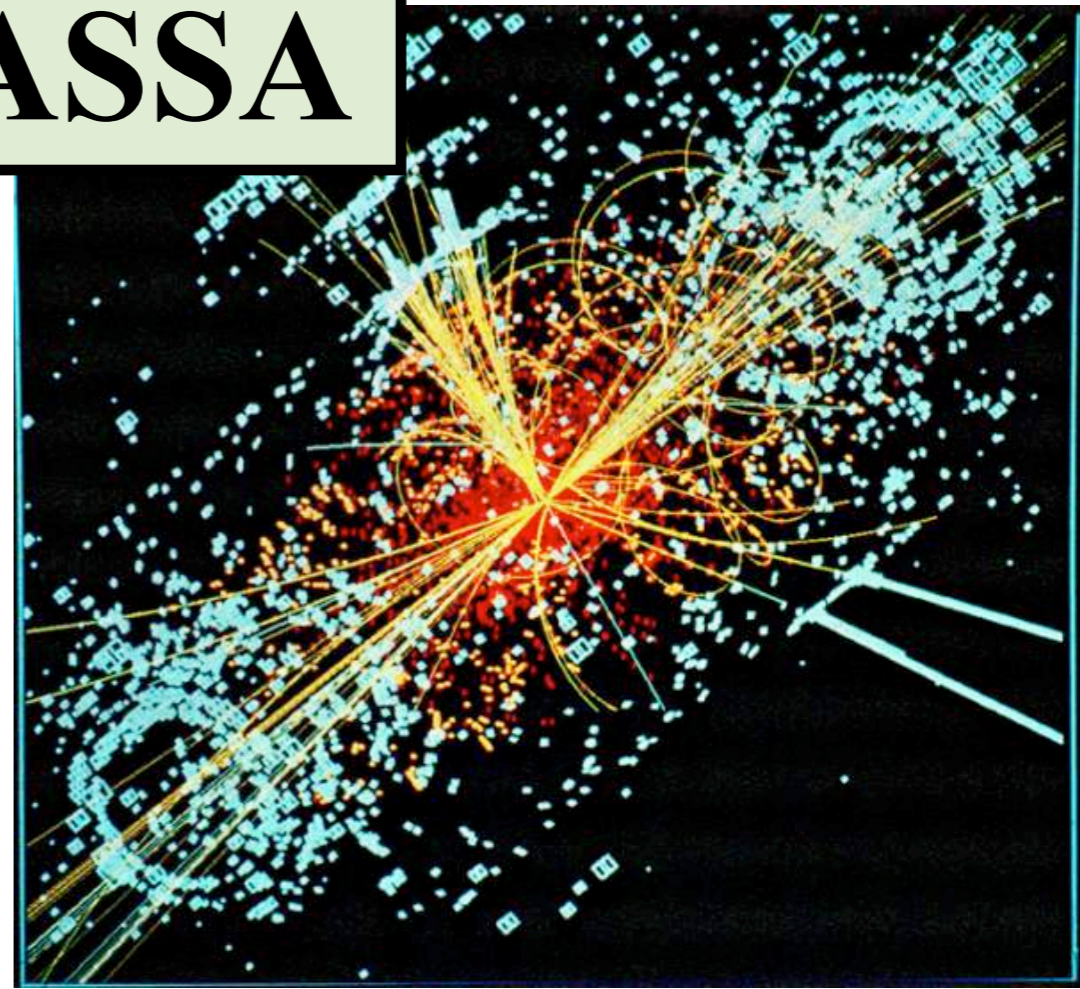


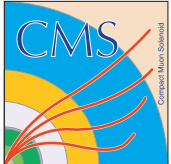


Esperimenti!



**L'ENIGMA
DELLA MASSA**





4 Luglio 2012



la Repubblica.it Scienze +1 153 Tweet 279 Consiglia 8,4mila

Scoperto il Bosone di Higgs la particella di Dio esiste davvero

Al Cern di Ginevra individuato il Bosone di Higgs, che spiega come mai tutte le cose nell'universo abbiano una massa. Era stato teorizzato ben 48 anni fa dallo scienziato inglese, oggi 84enne e commosso fino al pianto dalla standing ovation che gli hanno riservato (foto). Per lui si profila il riconoscimento scientifico più ambito
dall'inviato ELENA DUSI

Lo leggo dopo



GINEVRA - Da oggi il bosone di Higgs è stabile, perché l'ultima particella finalmente trovata. Ma è un po' speciale perché il bosone di Higgs è finito nella rete dei fotoni, un'impronta piuttosto rara.

VIDEO La Hack: "Quel momento" L'annuncio nell'auditorium

HOME PAGE TODAY'S PAPER VIDEO MOST POPULAR U.S. Edition

LA CONFERENZA STAMPA INTERNAZIONALE AL CERN DI GINEVRA

«Provata l'esistenza del bosone di Higgs» E' la particella all'origine dell'Universo

Denominata «particella di Dio», consente a ogni cosa di avere una massa e quindi l'esistenza della materia come la conosciamo



...sa teorizzato 48anni fa»

CORRIERE&TV

Commenti dei lettori 366

5,3mila 194 300

Mi piace +1 Tweet

OGGI IN scienze >

The New York Times

WORLD U.S. N.Y. / REGION BUSINESS TECHNOLOGY SCIENCE

Physicists Find Elusive Particle Seen



NOVA24 TECH

Bosone di Higgs, 600 scienziati italiani dietro la scoperta. Il nostro paese ha investito 480 milioni di euro

...opoldo Benacchio Cronologia articolo 4 luglio 2012 Commenti (3)

Tweet 20 Consiglia 325 Invia +1 7 Accedi a My24

Daniela Bortoletto è italiana, è professore in USA, alla Purdue University, un posto prestigioso e fa parte anche del team che lavora a Ginevra all'esperimento CMS, uno dei due giganteschi macchinari, tonnellate e tonnellate di ferro, cavi, elettronica che ha scovato l'elusivo bosone di Higgs, con una precisione tipo una parte su un milione. Simpaticamente ci dice che è un "cervello americano in fuga in Europa", dato che lì una macchina come LHC hanno deciso, ancora anni fa, di non costruirla.

Ma la fisica italiana si distingue comunque non solo per la quantità dei ricercatori coinvolti. si parla a spanne di 600 persone. ma anche per la loro

POUR LA SCIENCE

Septembre 2012 - n° 419 www.pourlascience.fr

Édition française de Scientific American

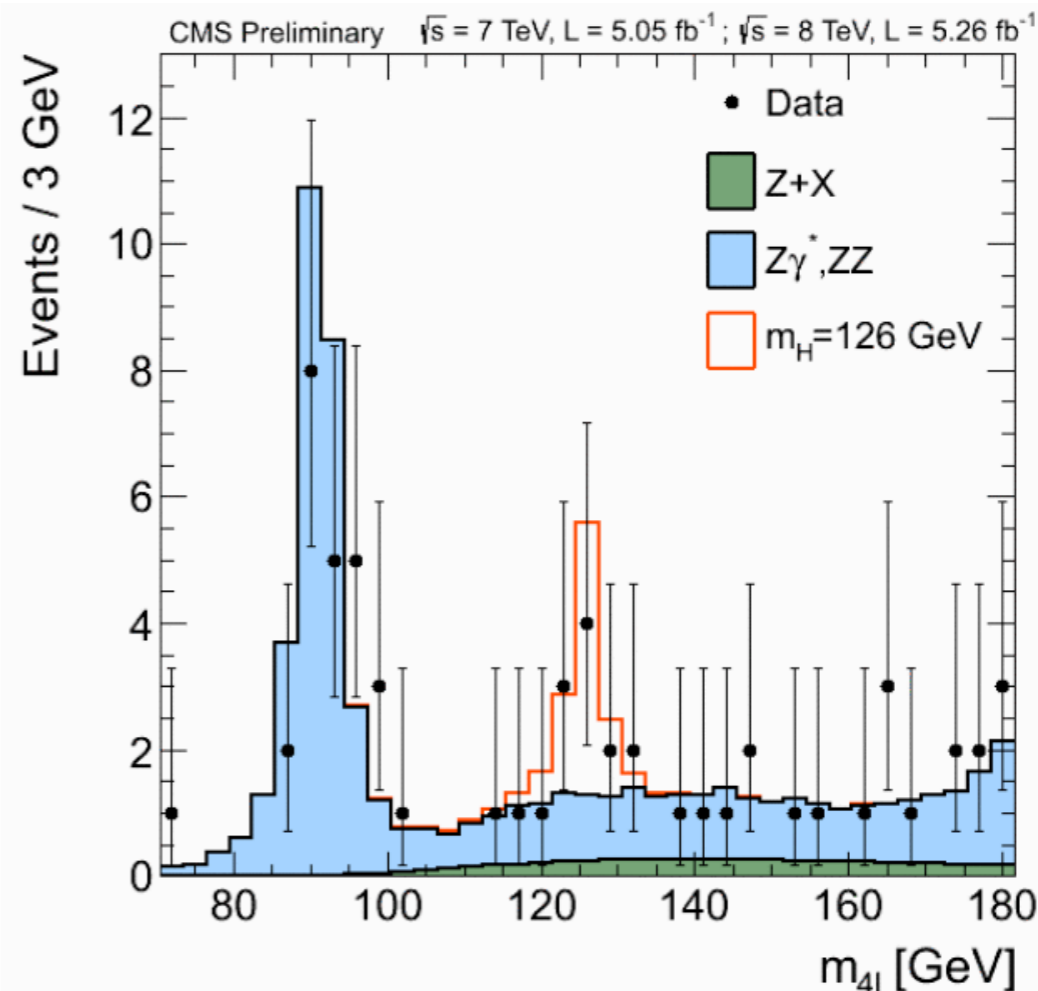
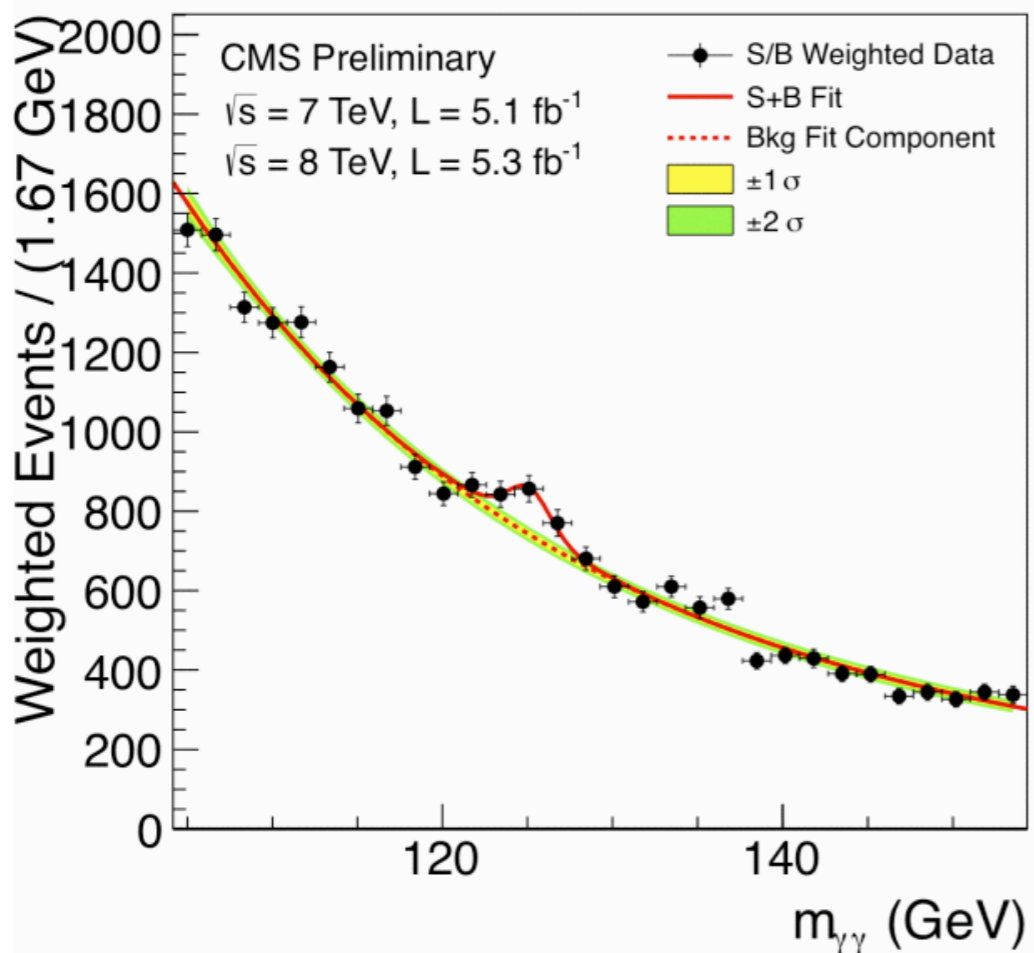
Le boson de Higgs

Un nouveau départ pour la physique ?

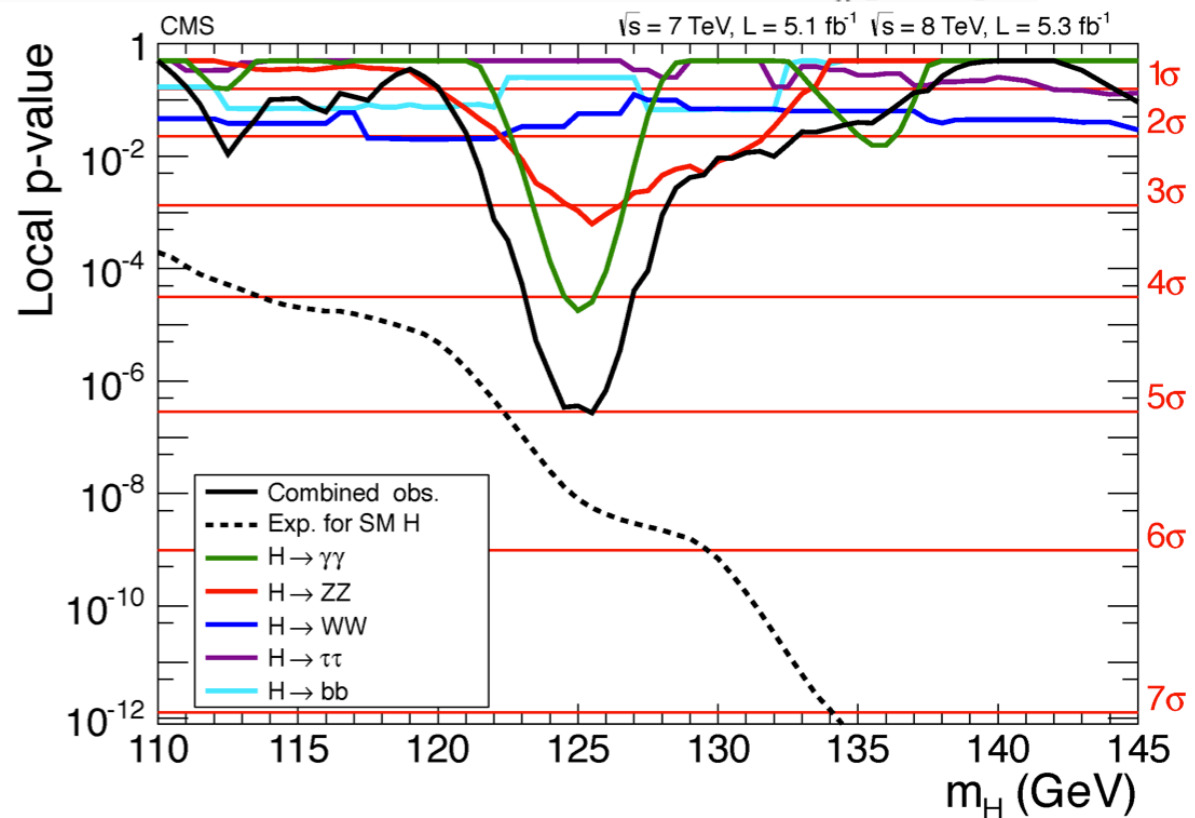
Les salpes
Un plancton marin expert de la filtration

Paver le rectangle
Des puzzles de polyminos





Il 4 luglio 2012, dopo 68 anni dalla sua predizione teorica è stato osservato sperimentalmente il bosone di Higgs



Oggi ci concentriamo sulla rivelazione dei **mediatori dell'interazione debole**:

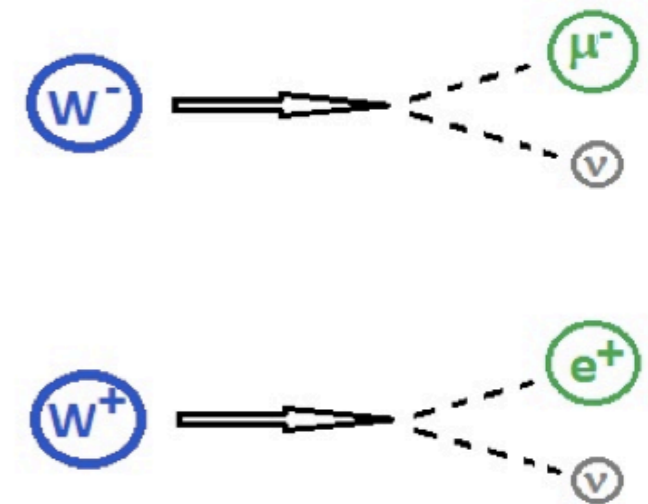
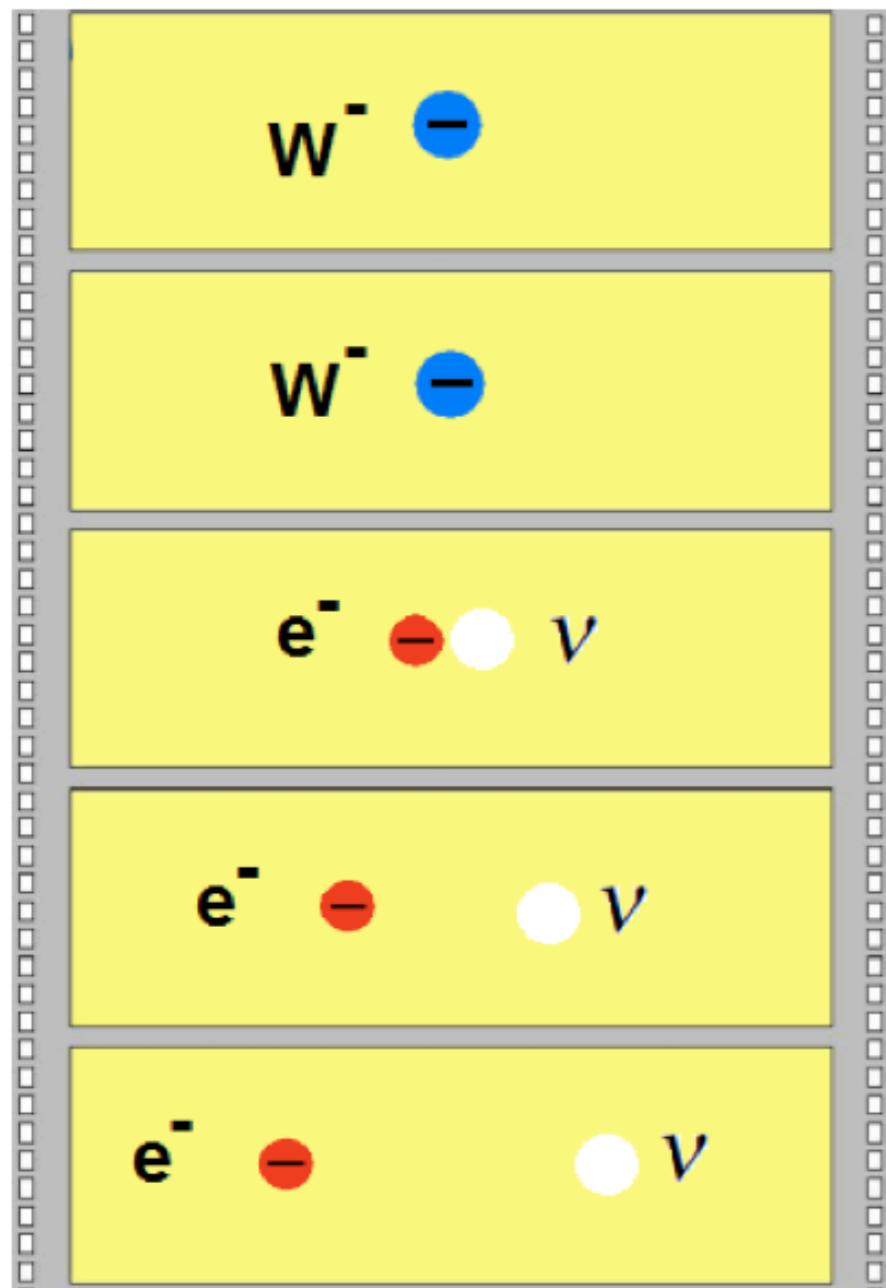
- Il W^+ con carica elettrica unitaria positiva
- Il W^- con carica elettrica unitaria negativa
- Lo Z^0 che è elettricamente neutro

Queste particelle possono essere prodotte ad LHC durante l'**urto tra i protoni** del fascio



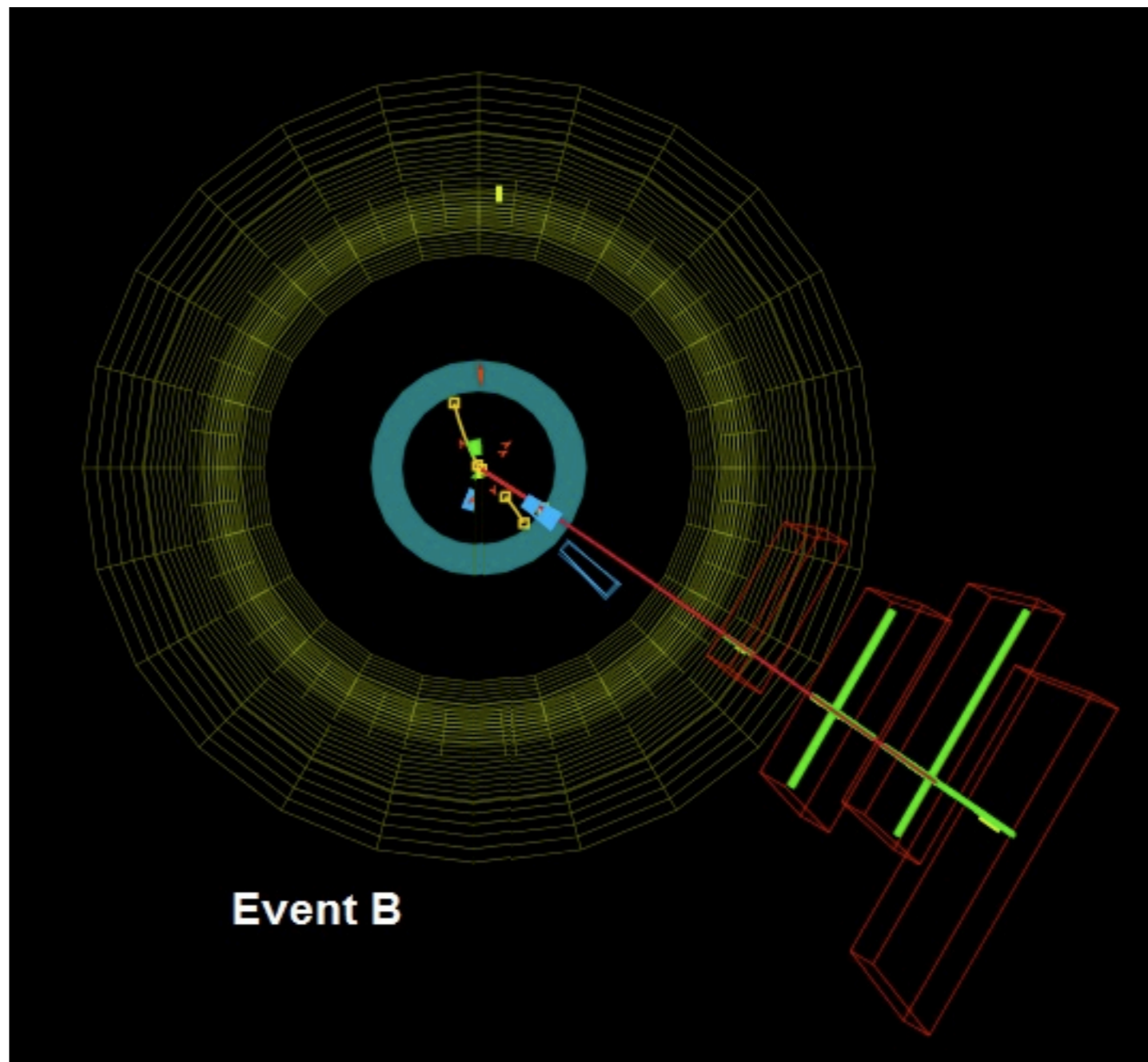
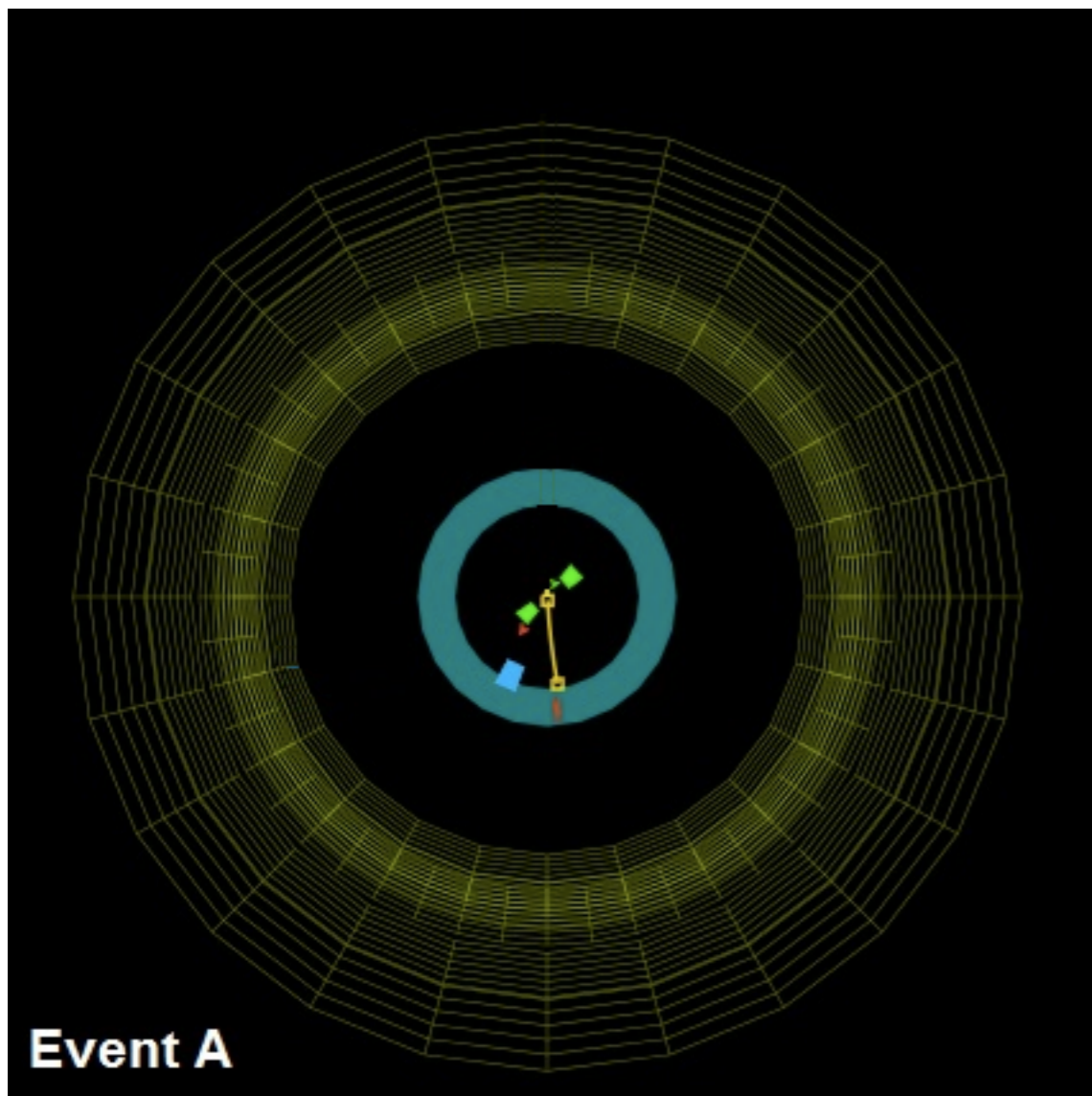
Quando una particella viene prodotta, alcune condizioni sono le stesse prima e dopo la produzione. **Sapreste dire quali?**

Queste particelle *vivono* per un tempo molto breve (circa 10^{-25} sec), quindi il rivelatore non fa in tempo a *vederle* direttamente, ma misura le proprietà delle particelle in cui esse decadono



Ed ora, riuscite a vedere se sono rispettate le leggi di conservazione?

Alla fine il nostro rivelatore CMS vede qualcosa del genere:

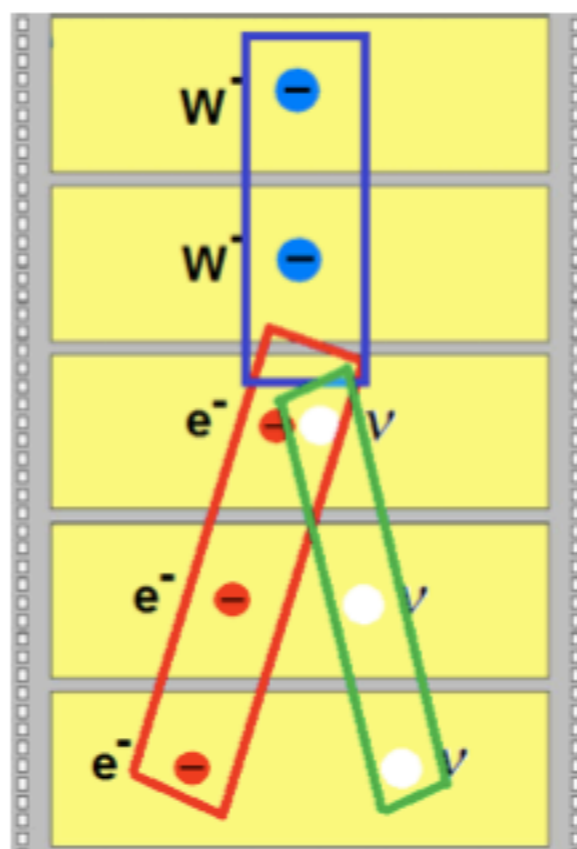


In base a quello che ci siamo detti, sapete distinguere che particelle sono quelle presenti nell'evento A e nell'evento B?

I neutrini hanno carica elettrica nulla e quindi non possono essere rivelati direttamente



Noi però sappiamo che prima e dopo la produzione di particelle alcune proprietà, come l'eneriga, si conservano

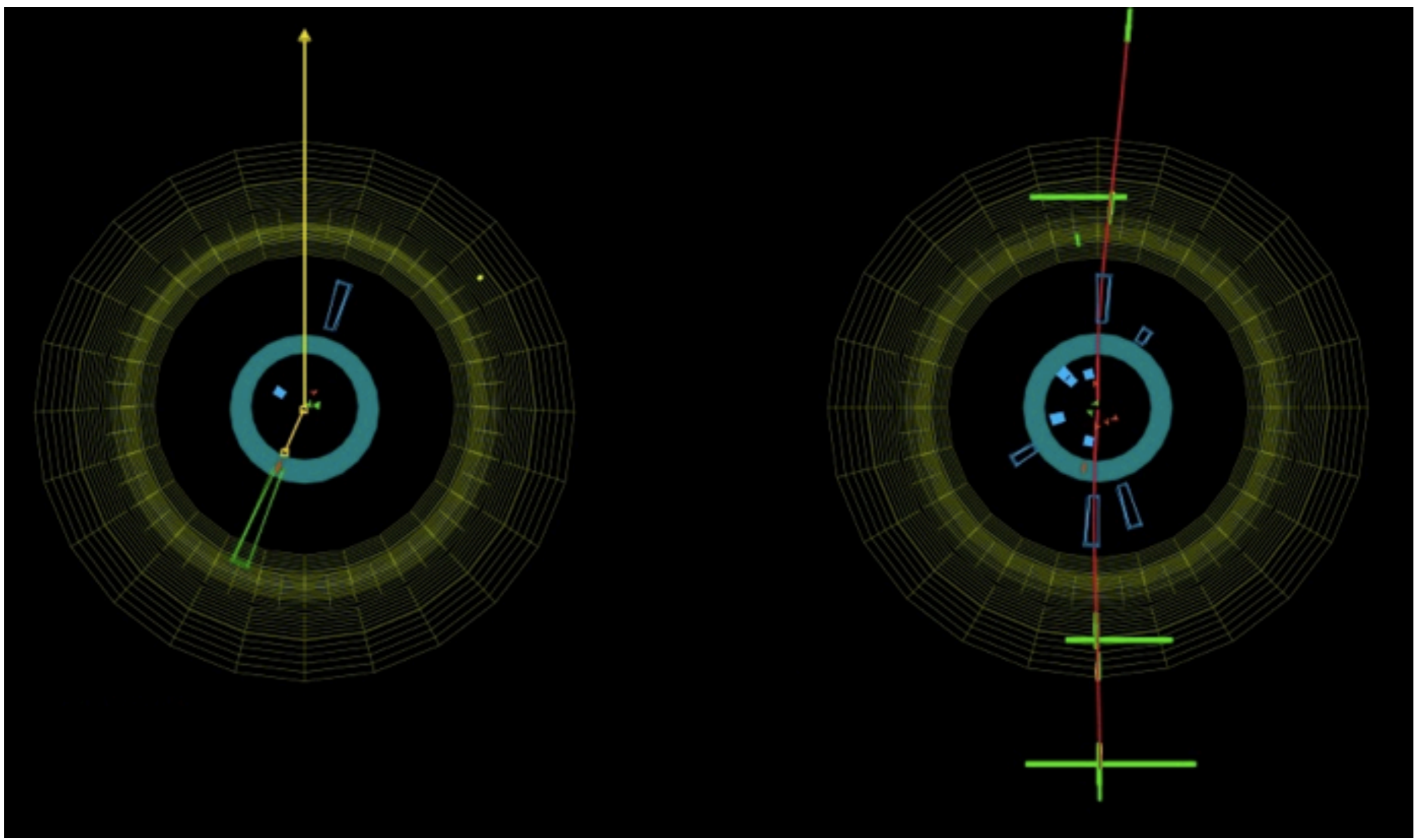


energia iniziale =
 energia di tutti tranne
 il neutrino + energia
 del neutrino
 →
 energia del neutrino =
 energia iniziale -
 energia di tutti tranne
 il neutrino

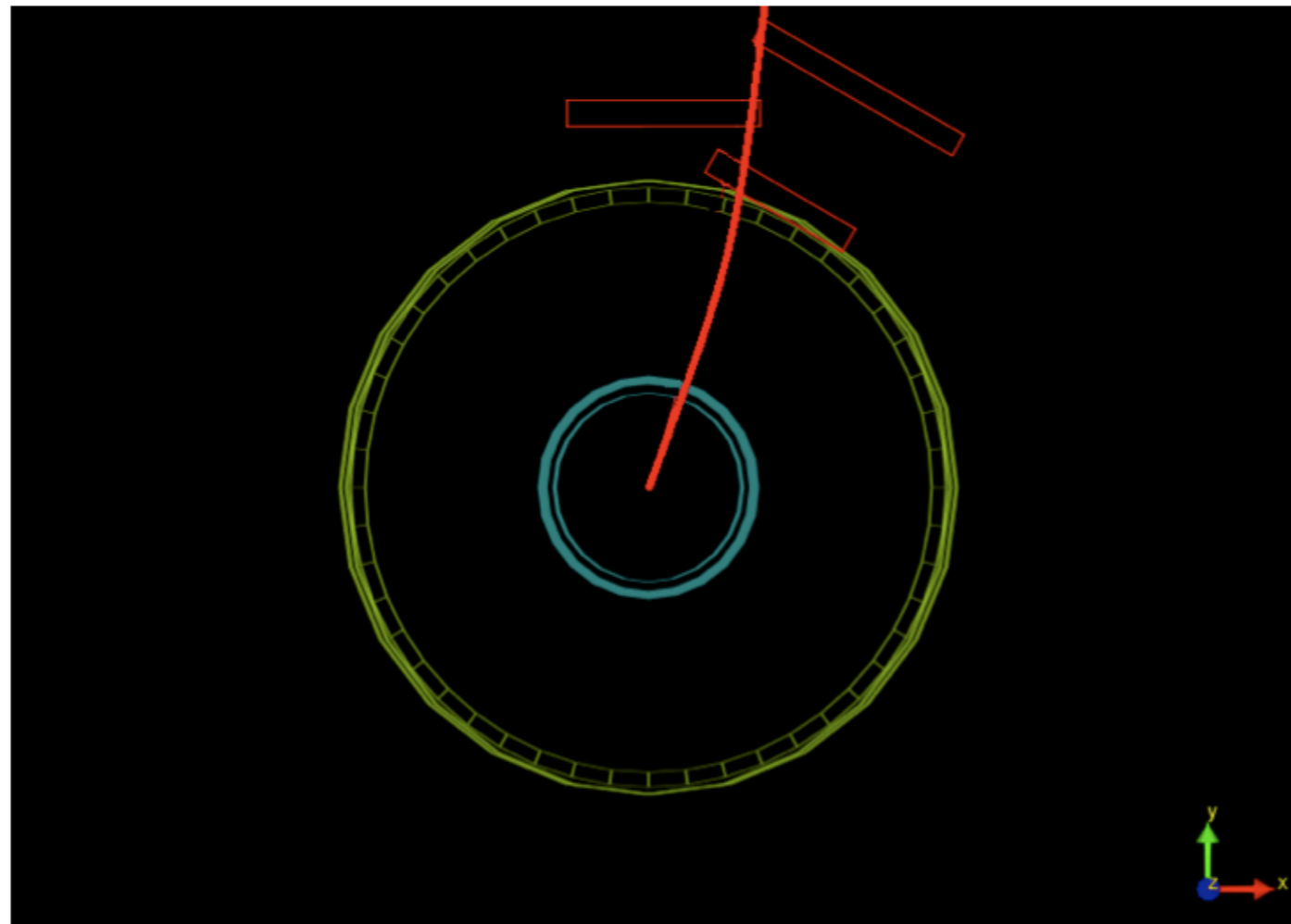
L'energia del neutrino si misura come **energia mancante (missing energy)**!

La nostra prima misura

Quindi adesso sapete distinguere tra W e Z... **Giusto?**



- Ci manca l'ultimo mattone: misurare la **carica elettrica**, cioè distinguere tra elettrone/positrone e tra muone negativo/muone positivo.
- Dobbiamo prestare attenzione alla **curvatura della particella** nel piano xy
- E' possibile far vedere, usando una legge nota come **Forza di Lorentz**, che le particelle che hanno una **curvatura oraria** hanno carica elettrica positiva e, viceversa, quelle che hanno una **curvatura antioraria** hanno una carica negativa



- Abbiamo visto cosa è la fisica delle particelle e come lavorano i fisici
- Ora tocca a voi!
- Osservando gli eventi raccolti da CMS, dovrete essere in grado di misurare:
 - ✓ Il rapporto e/μ
 - ✓ Il rapporto W^+/W^-
 - ✓ Fare un istogramma di massa per i candidati dello Z^0 e di coppie Z^0Z^0
- Ecco i link che vi serviranno:
 - ✓ Il rivelatore CMS e gli eventi da analizzare <http://www.i2u2.org/elab/cms/event-display/>
 - ✓ Il foglio di calcolo per la raccolta dei dati <http://www.editgrid.com/qn-nd/qnmasterclasses/CMSWZ2013cern0603>