

# La scoperta del Bosone di Higgs

Marcello Fanti

Dipartimento di Fisica dell'Università Statale di Milano  
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Collaborazione ATLAS al CERN

# Eccomi qui

Marcello Fanti , 44 anni

sono un fisico delle particelle

ricercatore universitario @ UniMi  
(Dipartimento di Fisica)

associato all' INFN  
(Istituto Nazionale di Fisica Nucleare)

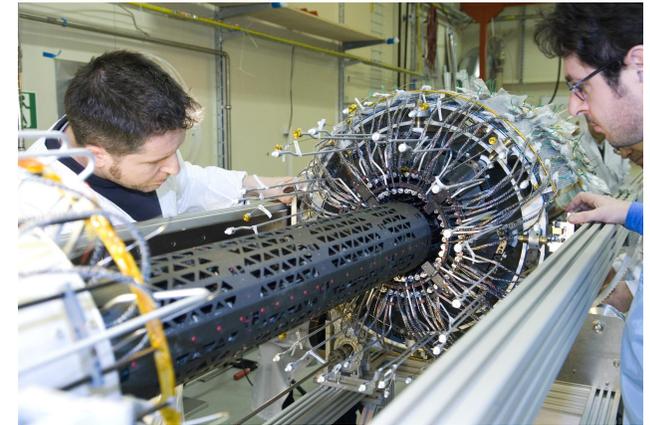
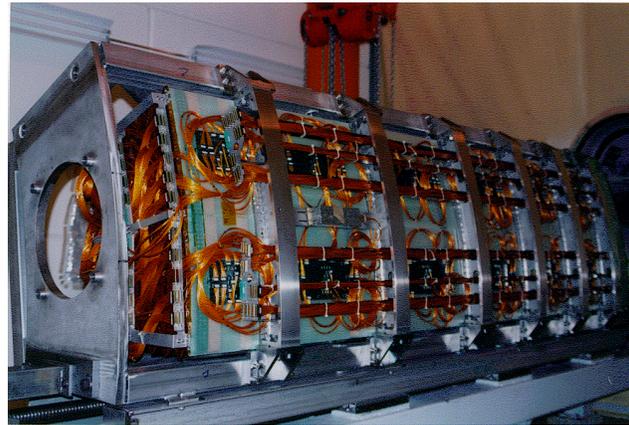
collaboro con l'esperimento ATLAS al CERN

Insegno statistica e tecniche sperimentali al  
1° anno del corso di laurea, e fisica delle par-  
ticelle al 5° anno



# Il Dipartimento di Fisica e la Sezione INFN di Milano

fin dall'inizio coinvolti nell'esperimento **ATLAS**  
nella costruzione, test e assemblaggio

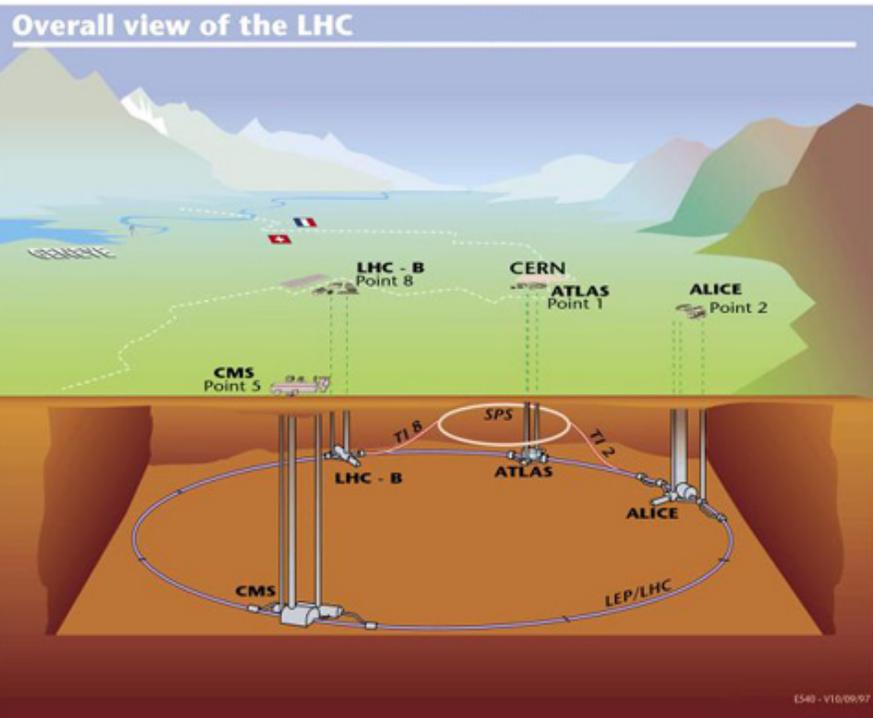


... ed ora che abbiamo tanti dati da analizzare, siamo esperti di:

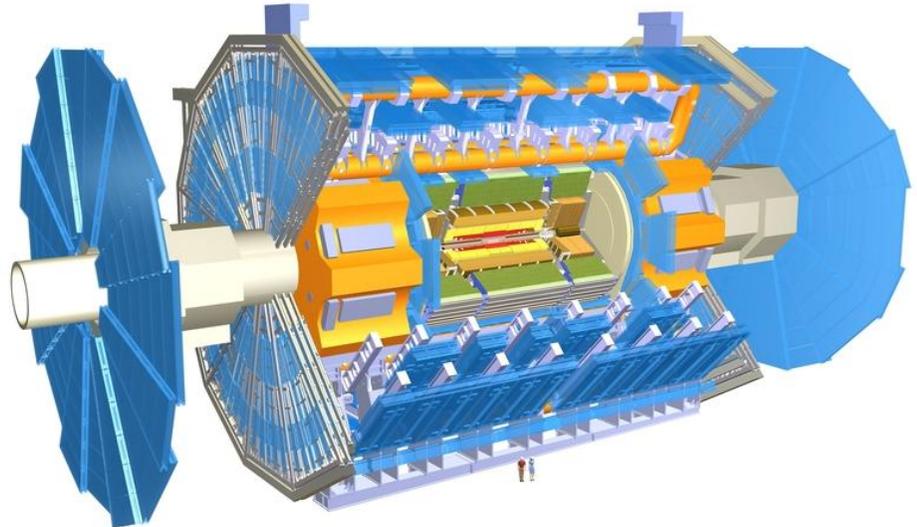
- ⇒ **calibrazione dell'energia**
- ⇒ studio del **bosone di Higgs**
- ⇒ ricerche di **supersimmetria**

# LHC e gli esperimenti ATLAS e CMS

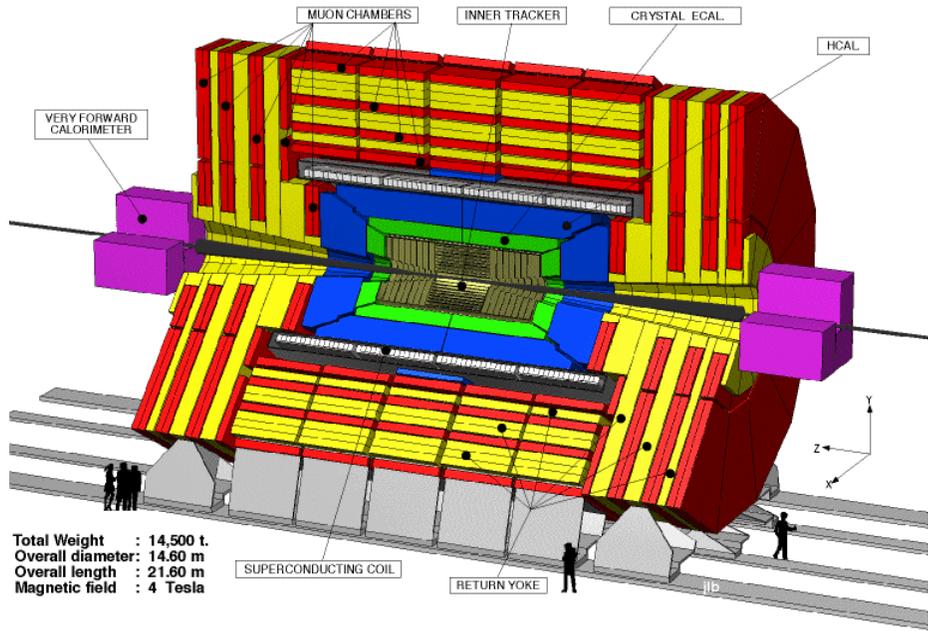
## Large Hadron Collider (LHC)



## ATLAS



## CMS

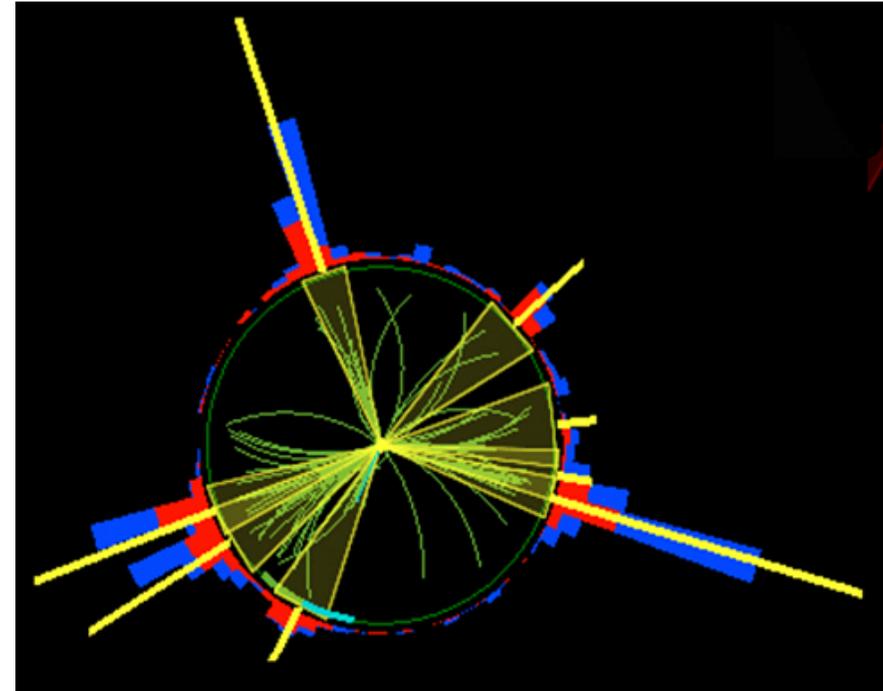
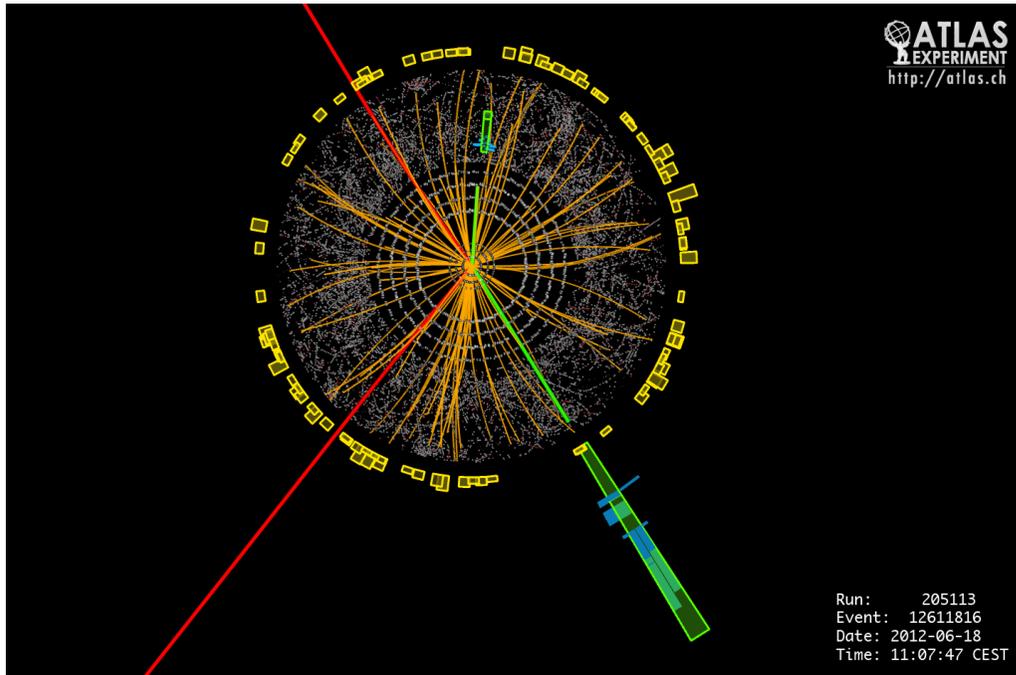


Total Weight : 14,500 t.  
 Overall diameter: 14.60 m  
 Overall length : 21.60 m  
 Magnetic field : 4 Tesla

Per produrre particelle massive occorre energia:  $E = mc^2$   
 Per studiare strutture più piccole occorre energia:  $\lambda = \frac{h}{p}$

# Che cosa “vedono” gli esperimenti?

“Fotografano” collisioni di protoni ogni 25 nanosecondi



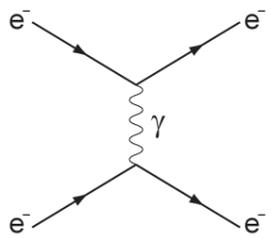
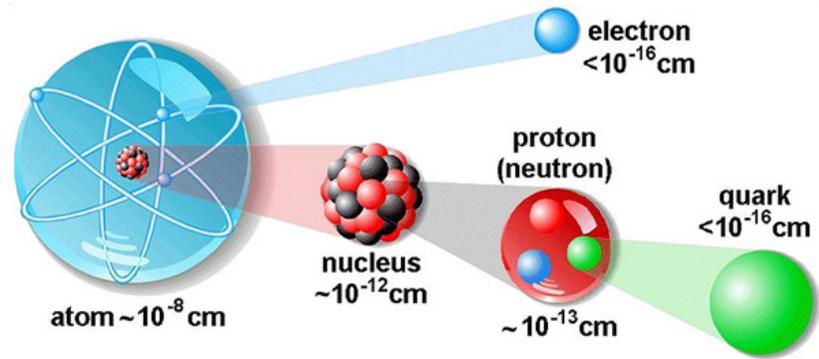
Da queste immagini dobbiamo risalire a che cosa è successo nella collisione iniziale di due protoni!

Un po' come ricostruire la dinamica di un incidente stradale dalla distribuzione dei rottami sparpagliati. Ma qui abbiamo **800 milioni di incidenti al secondo!** Tutti contenenti centinaia di “rottami” da identificare!

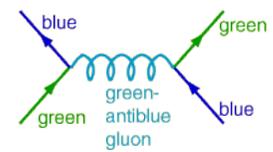
Fra questi “incidenti”, qualcuno può contenere il bosone di Higgs — **circa uno ogni 10 miliardi**



# Particelle : la struttura fondamentale dell'universo

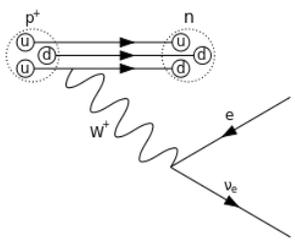


**interazione elettromagnetica**  
 (tiene gli elettroni uniti nell'atomo)  
 mediata dai **fotoni** (privi di massa)  
 ... che costituiscono anche la luce

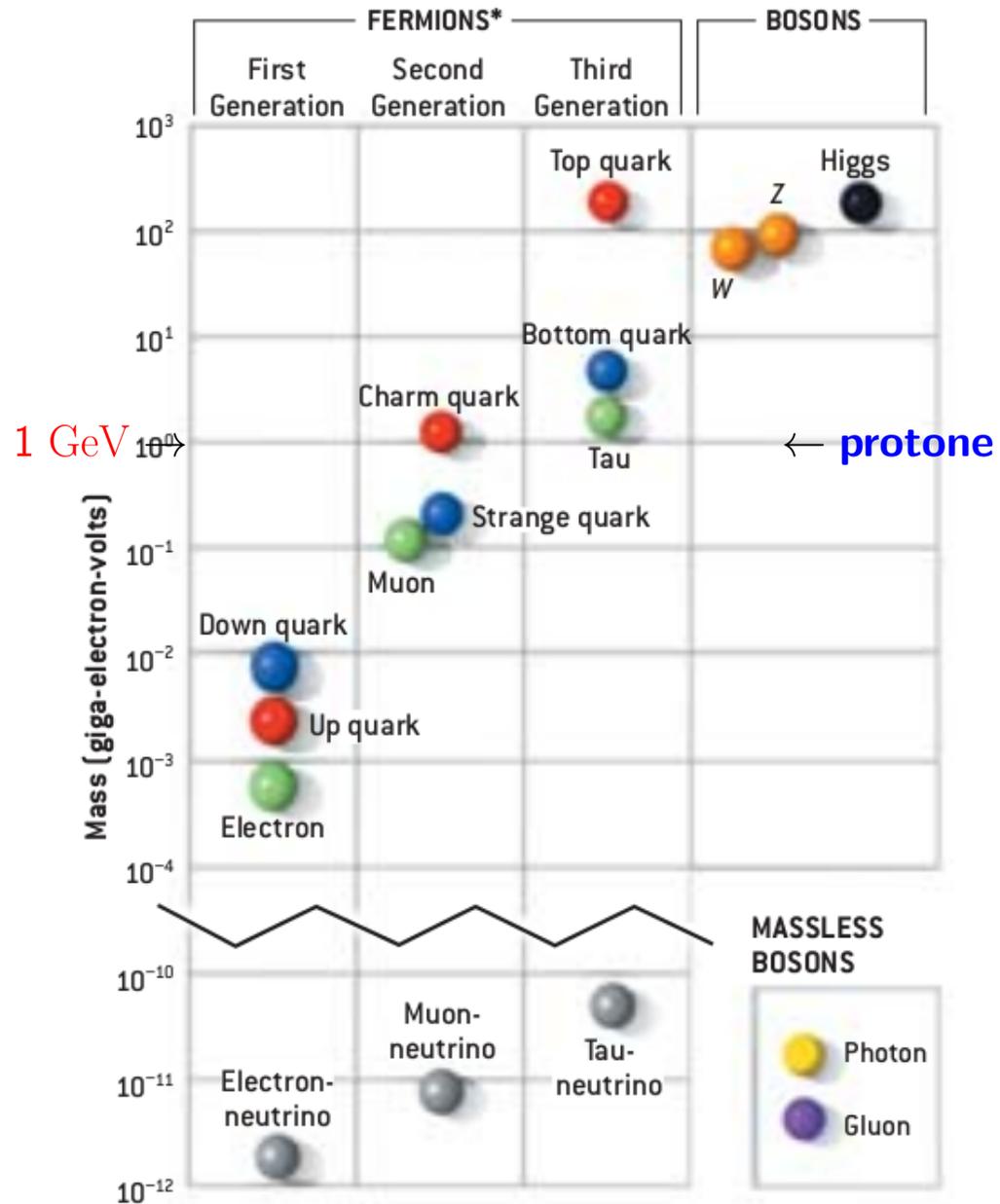


Feynman diagram for an interaction between quarks generated by a gluon.

**interazione forte**  
 (tiene i quarks uniti nel protone)  
 mediata dai **gluoni** (privi di massa)



**interazione debole**  
 (trasformazioni protone ↔ neutrone)  
 mediata dai **bosoni W,Z**  
**molto massivi**



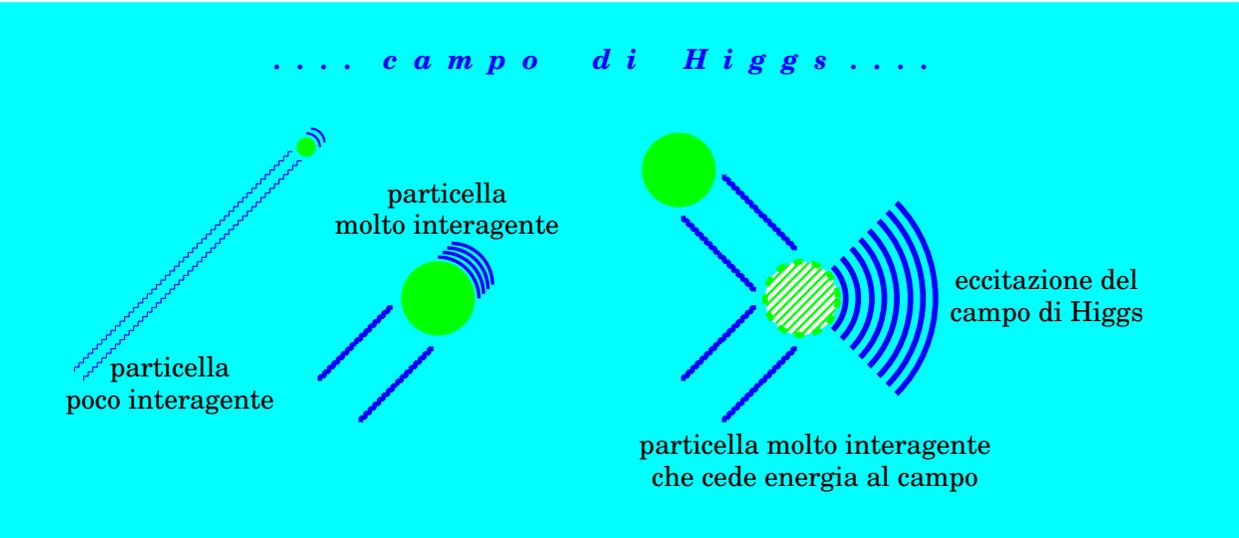
# Il “meccanismo di Higgs” e la generazione delle masse

Tutte le particelle sarebbero “naturalmente” prive di massa e viaggerebbero alla velocità della luce — come i fotoni.

Il “campo di Higgs” riempie uniformemente tutto lo spazio

Tutte le particelle necessariamente devono attraversare il campo di Higgs

... come un mare calmo  
 ... come navi che solcano il mare



“particella poco interagente”:



“particella molto interagente”:



Una particella interagente scambia energia / quantità di moto col campo di Higgs

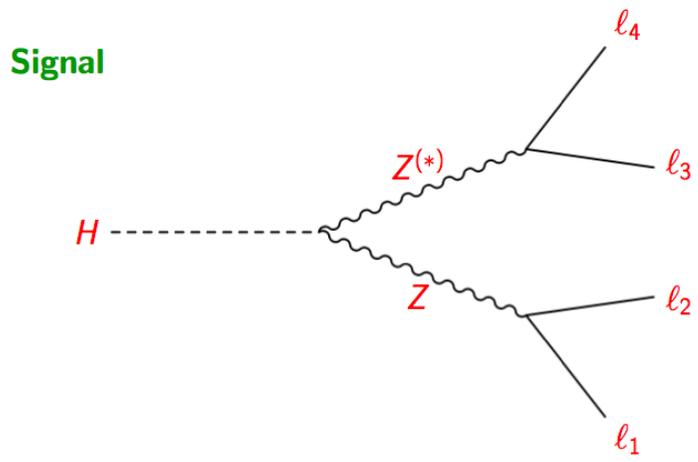
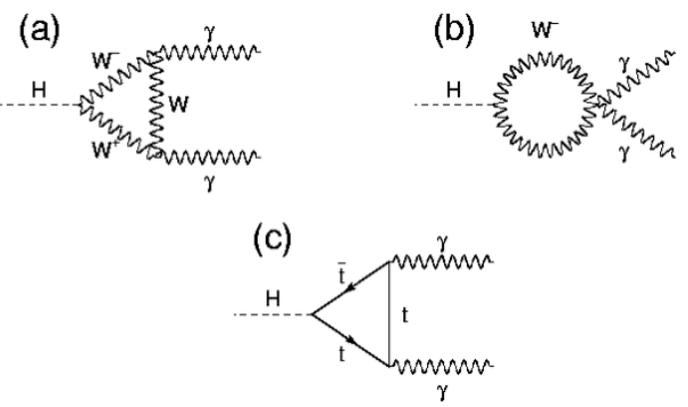
⇒ rallenta, **acquista massa**

⇒ può creare una perturbazione del campo di Higgs con energia sufficiente a manifestarsi come una nuova particella: il **bosone di Higgs**

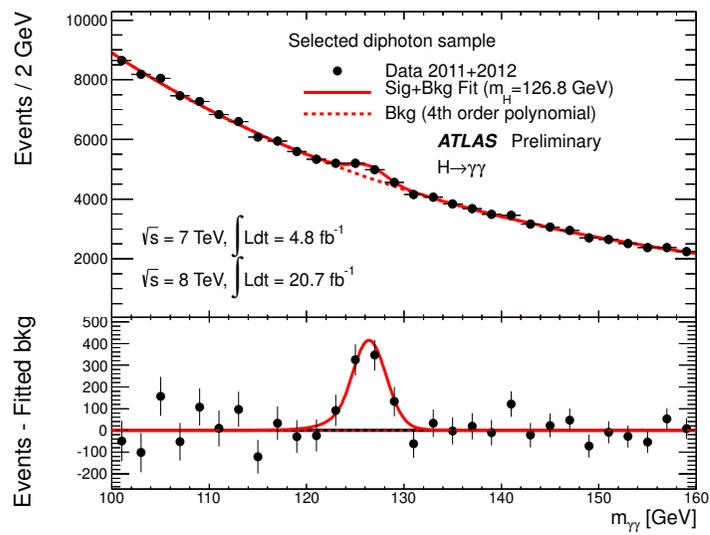
[ Che cos'è la **massa** di una particella? **Relatività** ⇒  $m = \sqrt{E^2 - p^2}$  ( $E$ =energia,  $p$ =quantità di moto) ]

# Osservazione del bosone di Higgs: ATLAS e CMS

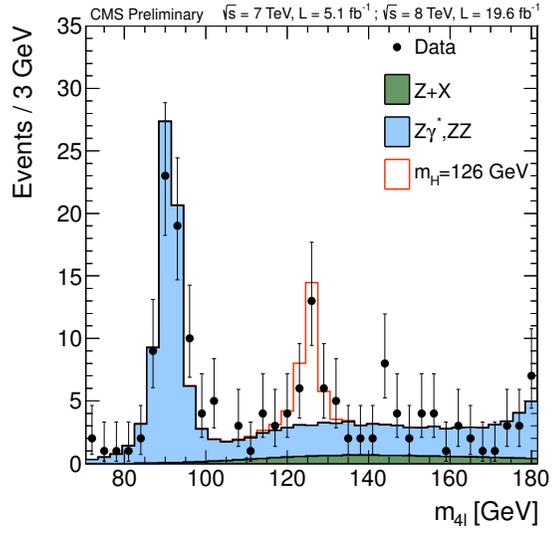
Come "smascherare" il bosone di Higgs?



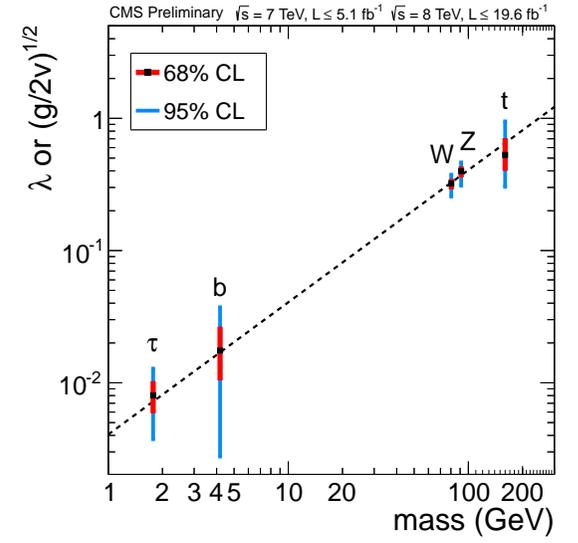
... ed eccolo: decade in 2 fotoni



... in 4 leptoni



... e "preferisce" particelle massive



⇒ è proprio lui!

4 luglio 2012: "we have a discovery"



The Nobel Prize in Physics 2013  
François Englert, Peter Higgs

# The Nobel Prize in Physics 2013

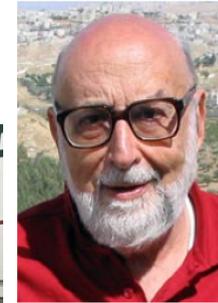


Photo: Pricolet via Wikimedia Commons  
François Englert



Photo: G-M Greuel via Wikimedia Commons  
Peter W. Higgs

The Nobel Prize in Physics 2013 was awarded jointly to François Englert and Peter W. Higgs "for the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider"