



# Riconoscimento di eventi con bosoni $W$ , $Z$ e $H$ a CMS

**CERN MASTERCLASS**

Linda Finco  
University of Nebraska - Lincoln

9 luglio 2021

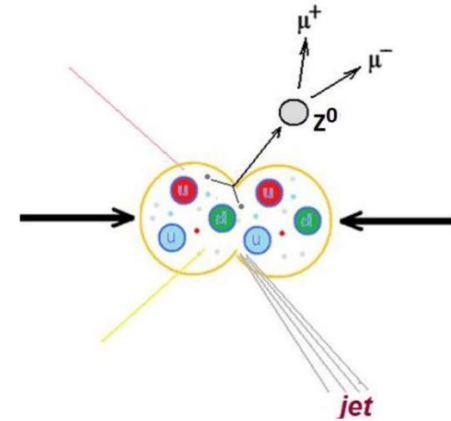
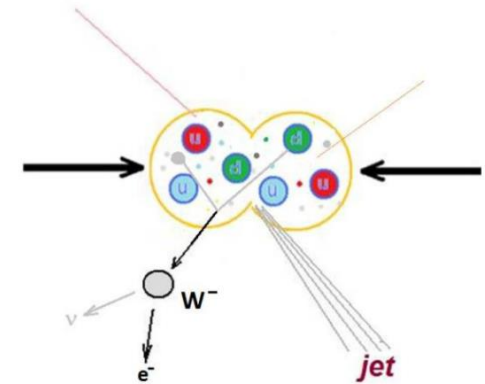
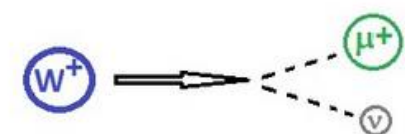
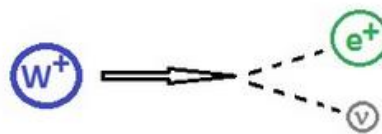
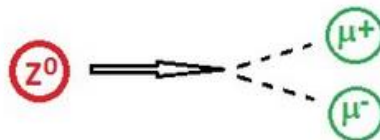
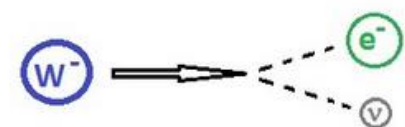
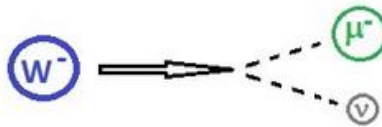
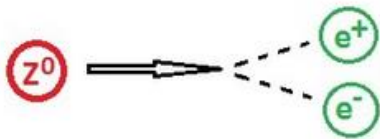
# Bosoni W e Z

Mediatori dell'**interazione debole**, responsabile ad esempio del decadimento del neutrone.  
Interazione debole può cambiare *sapore* ai quark.

Due tipi di W:  $W^+$  e  $W^-$   
Z solo neutro

Hanno vita molto breve e li riveliamo solo attraverso **i loro decadimenti**

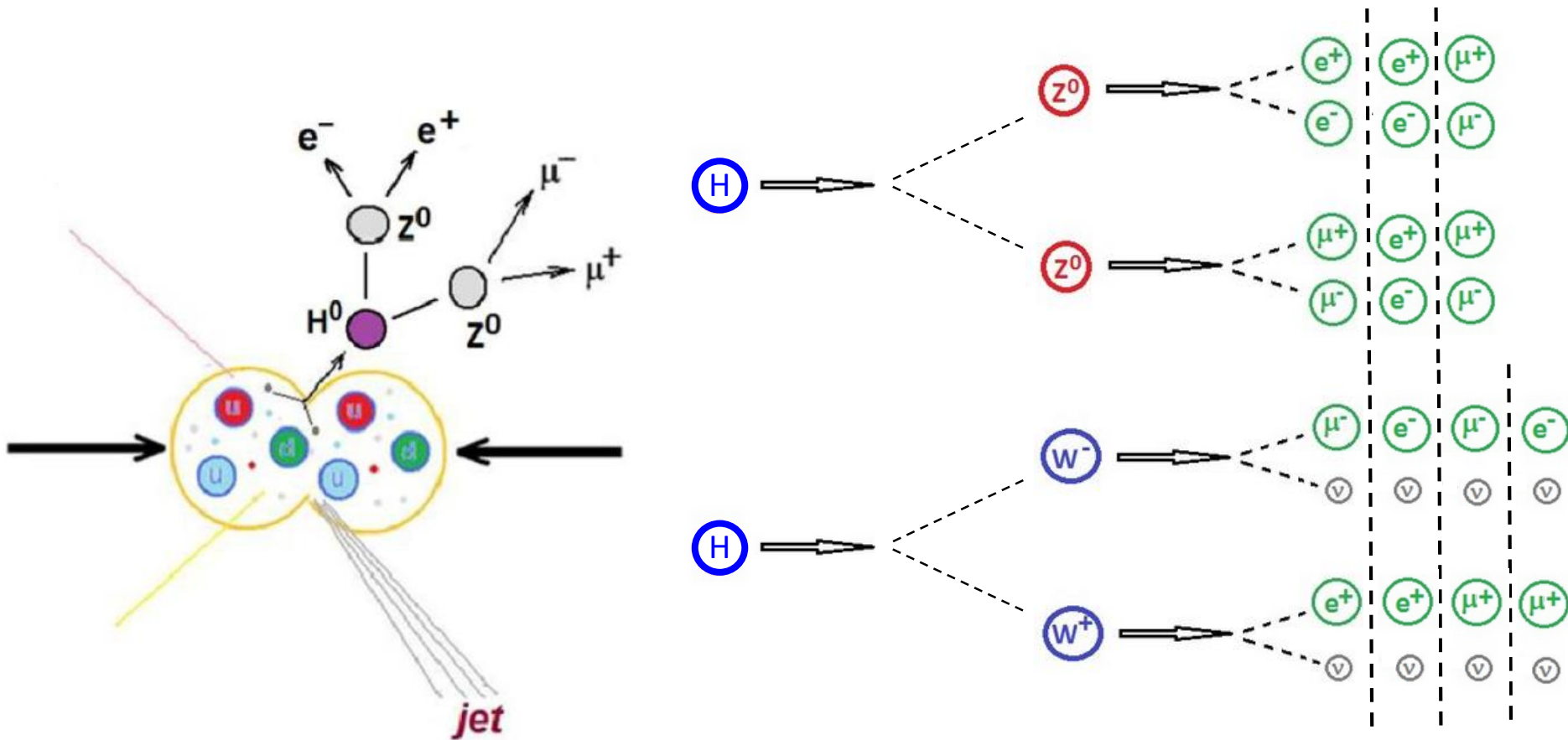
Possono decadere in vari modi, ci concentriamo su questi:



# Il bosone di Higgs

Responsabile della **generazione delle masse** delle particelle fondamentali

Può essere individuato in vari modi, ma ci soffermeremo su:



# Obiettivi

1. Misurare il numero di decadimenti in muone rispetto ai decadimenti in elettrone (W e Z)
2. Misurare il numero di  $W^+$  rispetto al numero di  $W^-$
3. Misurare la massa della Z
4. “Scoprire” il bosone di Higgs

Eseguiamo queste misure senza pregiudizi sul risultato: a esercizio concluso vedremo se il modello standard ne fornisce una interpretazione adeguata



# Il rivelatore CMS

Magnete superconduttore

Calorimetro  
Elettromagnetico

Calorimetro  
Adronico

Ferro del  
magnete

Rivelatori  
di muoni: 'tappo'

Tracciatore

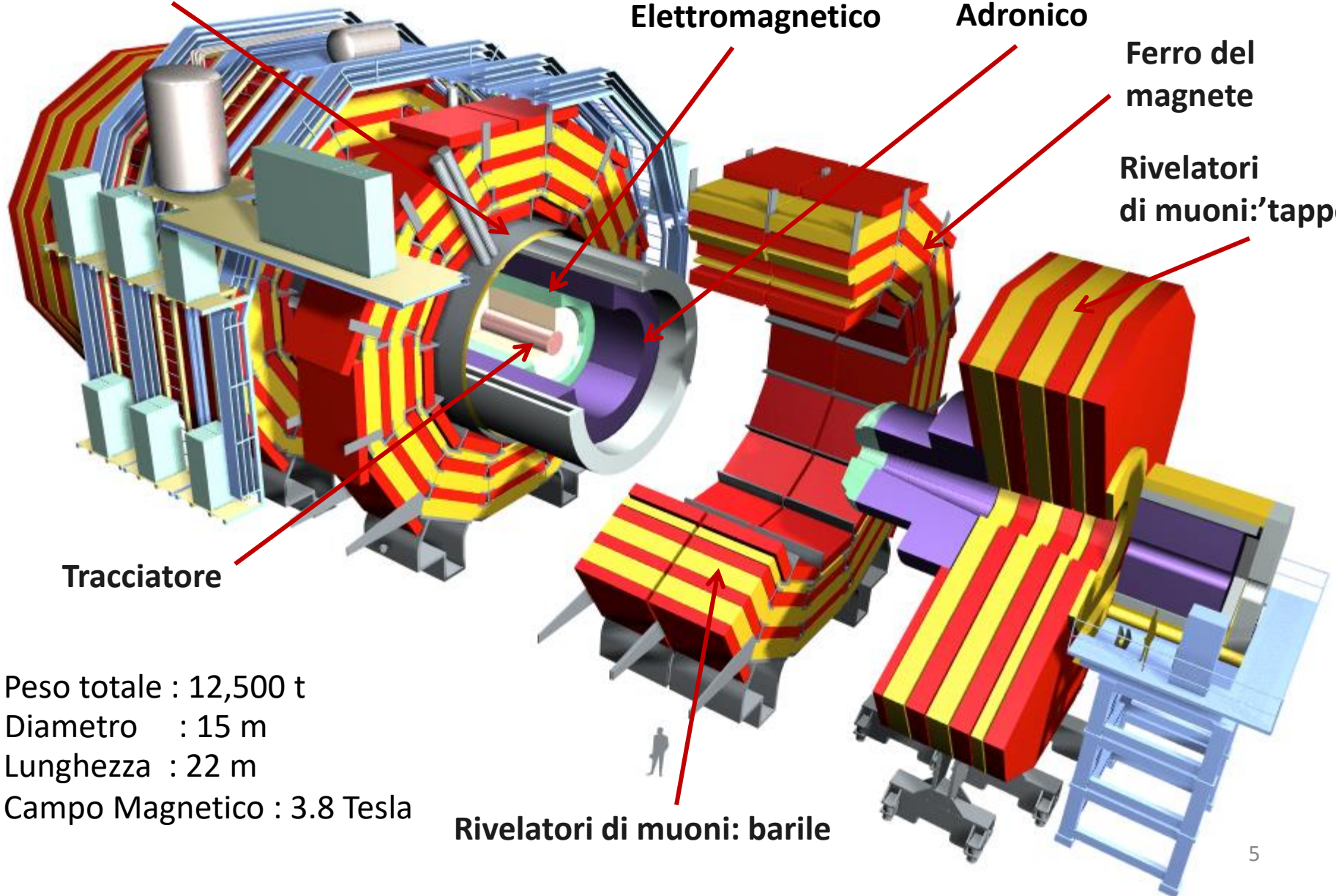
Peso totale : 12,500 t

Diametro : 15 m

Lunghezza : 22 m

Campo Magnetico : 3.8 Tesla

Rivelatori di muoni: barile



# Riconoscere $\mu$ , $e$ , $\nu$

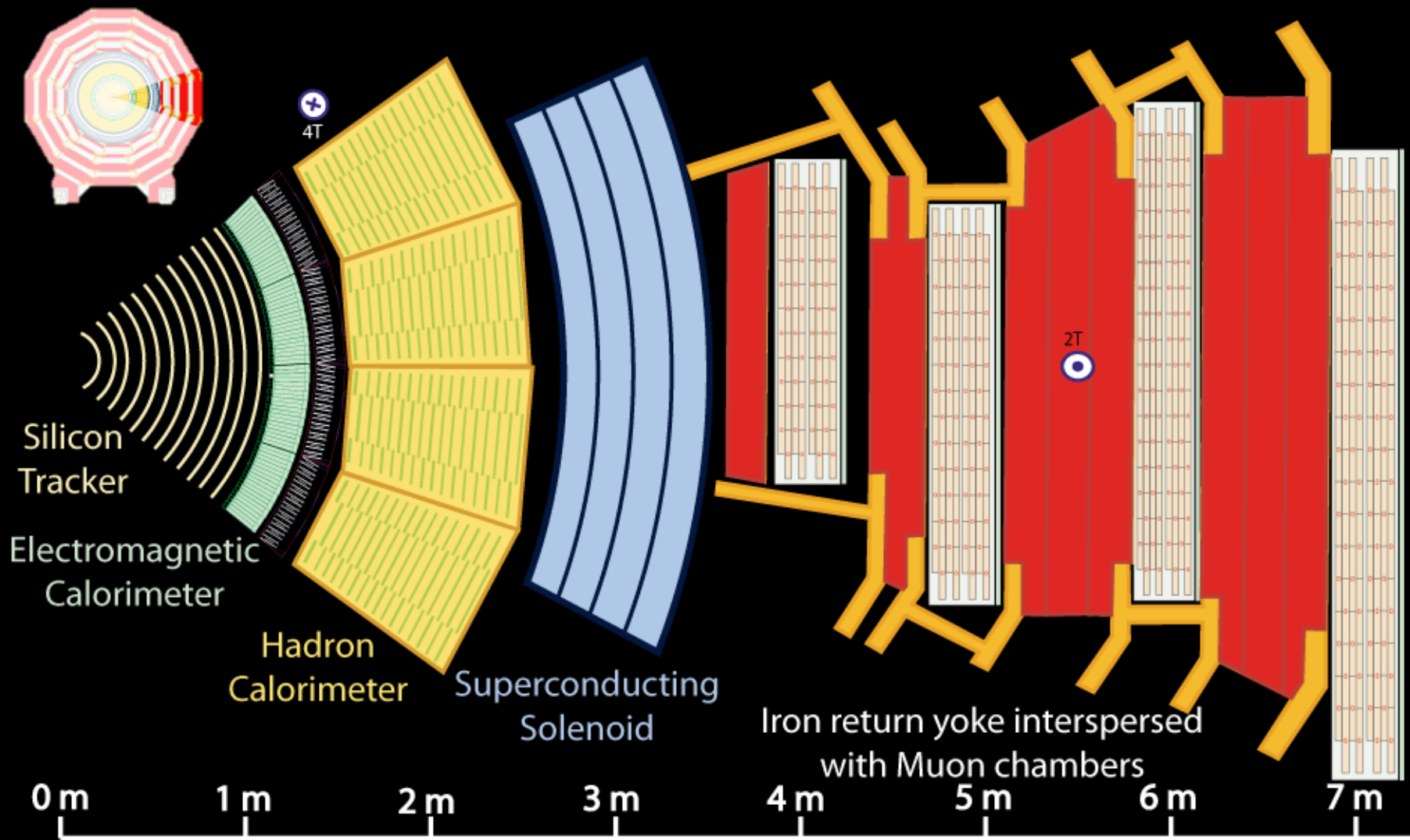
Le particelle cariche curvano nel campo magnetico secondo la forza di Lorentz

➡ Dalla curvatura si risale all'energia (impulso).

CMS è costituito di vari strati di rivelatori, ciascuno in grado di rivelare certi tipi di particelle. Ogni rivelatore dà un'informazione "parziale" sulla particella che lo attraversa:

- il **tracciatore** rivela se la particella è carica, misura l'impulso, la carica e la direzione.
- Il **calorimetro elettromagnetico** misura l'energia dell'elettrone o fotone  
➡ Tracciatore + cal EM = distinzione tra elettrone e fotone
- Il **calorimetro adronico** misura l'energia delle altre particelle (gli adroni)  
➡ Tracciatore + cal HAD = distinzione tra adrone neutro e carico
- Il **rivelatore a muoni** identifica le uniche particelle cariche che riescono ad attraversare i rivelatori precedenti, i muoni

I **neutrini** interagiscono troppo debolmente per essere rivelati, ma possiamo avere traccia della loro presenza attraverso **l'energia mancante** (Missing  $E_T$  o **MET**): principio di conservazione dell'energia.



Key:

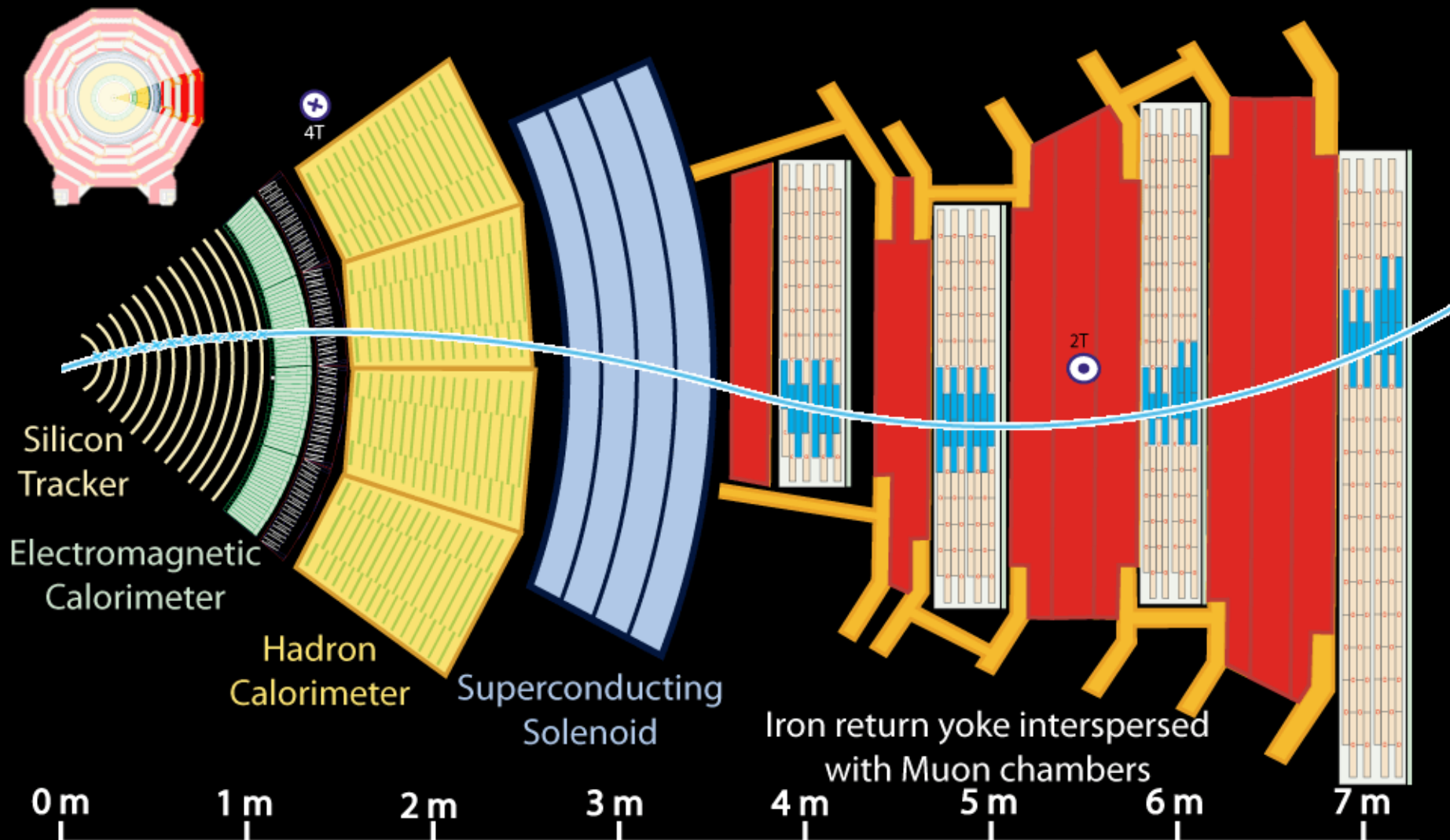
— Muon

— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

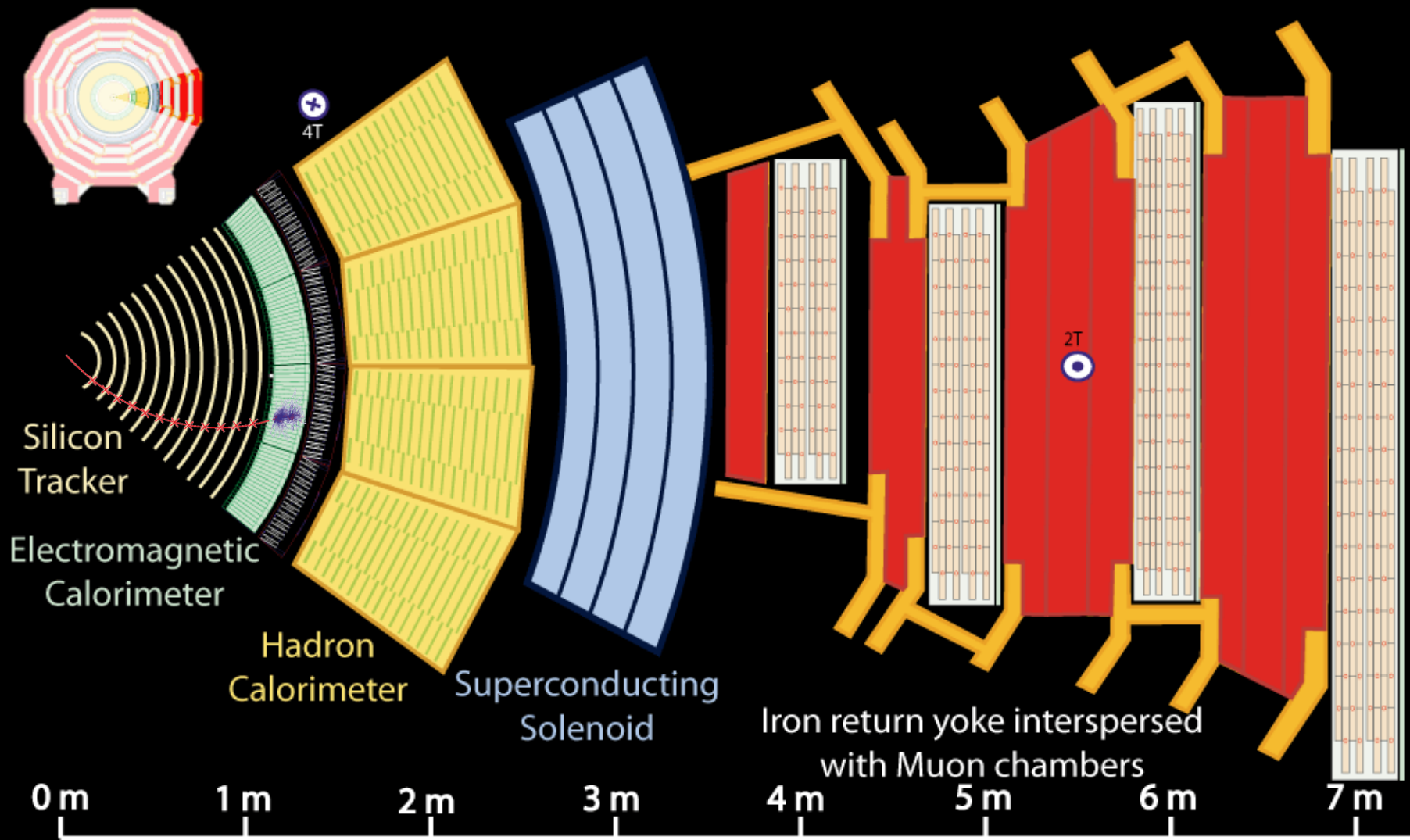
- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)

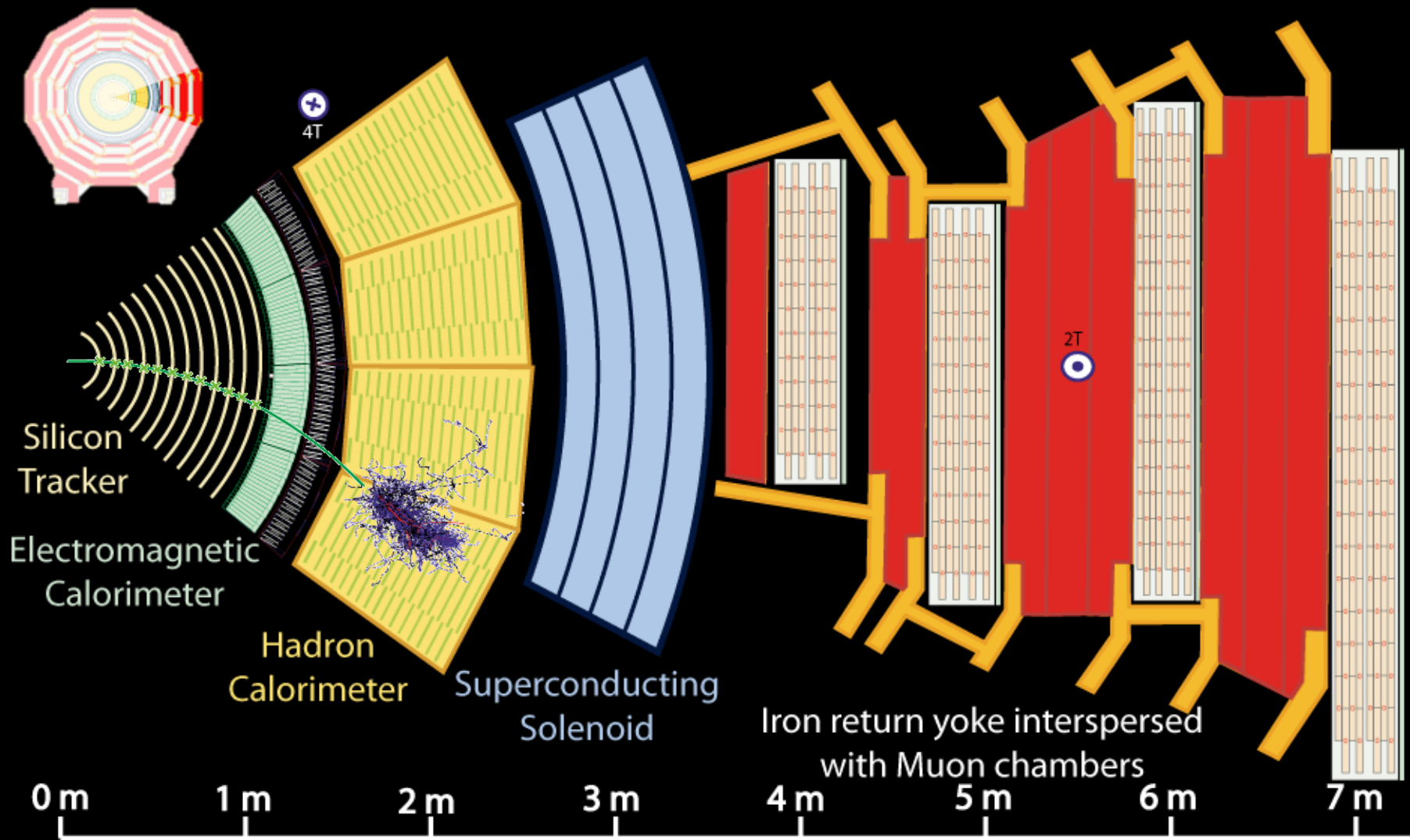
- - - Photon



- Key:
- Muon
  - Electron
  - Charged Hadron (e.g. Pion)
  - - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)
  - - - Photon

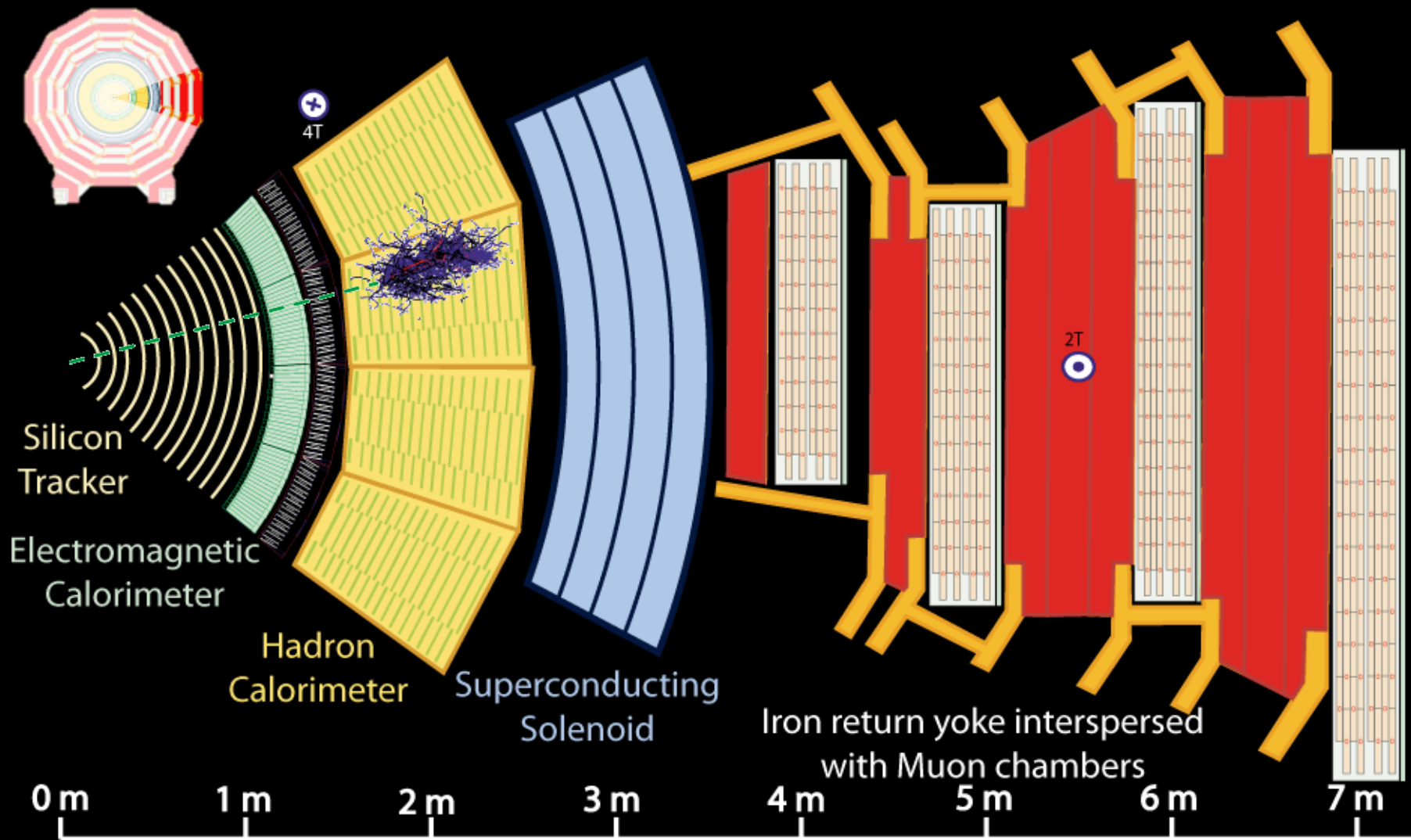






Key:

- Muon
- Electron
- Charged Hadron (e.g. Pion)
- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)
- - - Photon



Key:

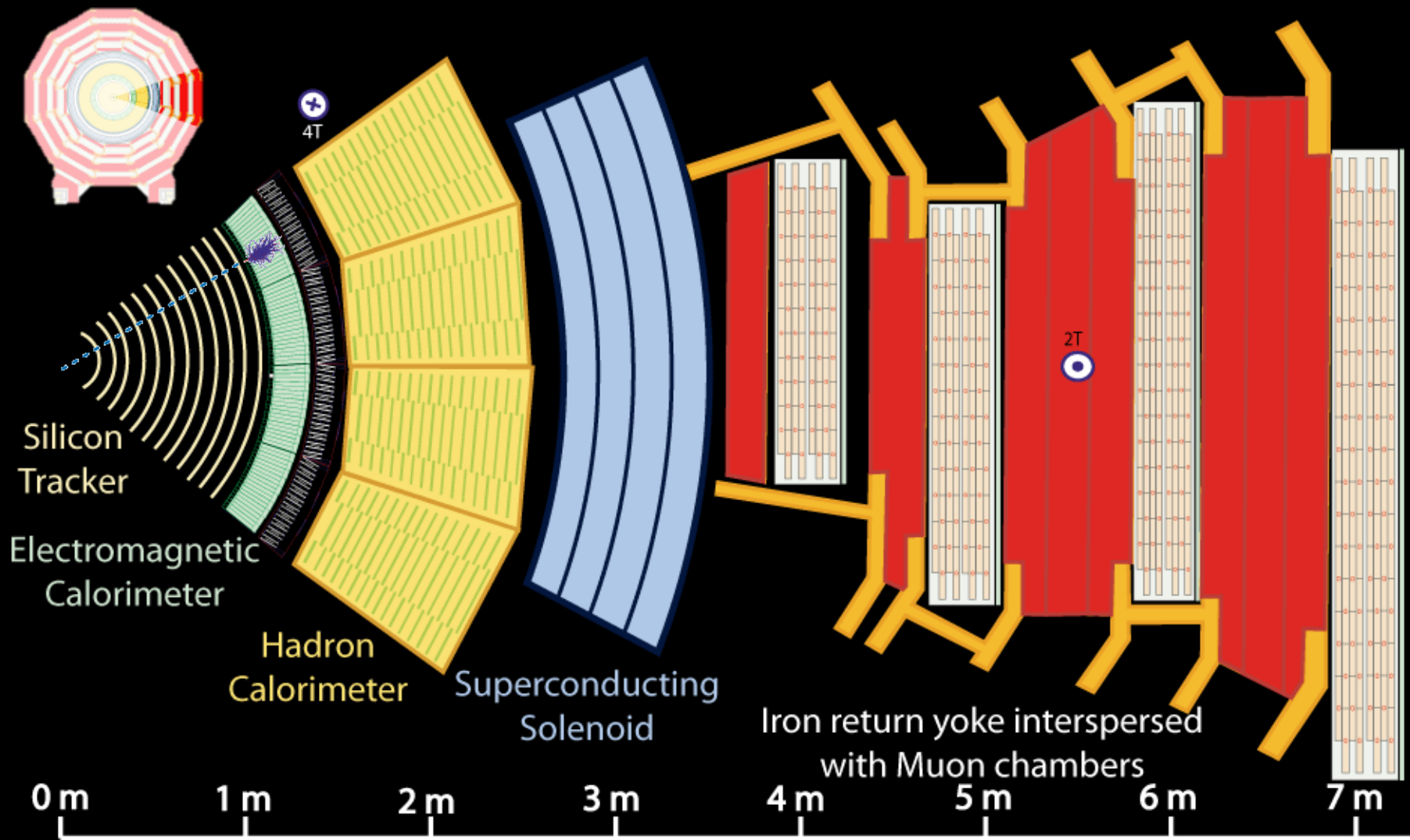
— Muon

— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)

- - - Photon



Key:

— Muon

— Electron

— Charged Hadron (e.g. Pion)

- - - Neutral Hadron (e.g. Neutron)

- - - Photon



# Eventi candidati W, Z e H

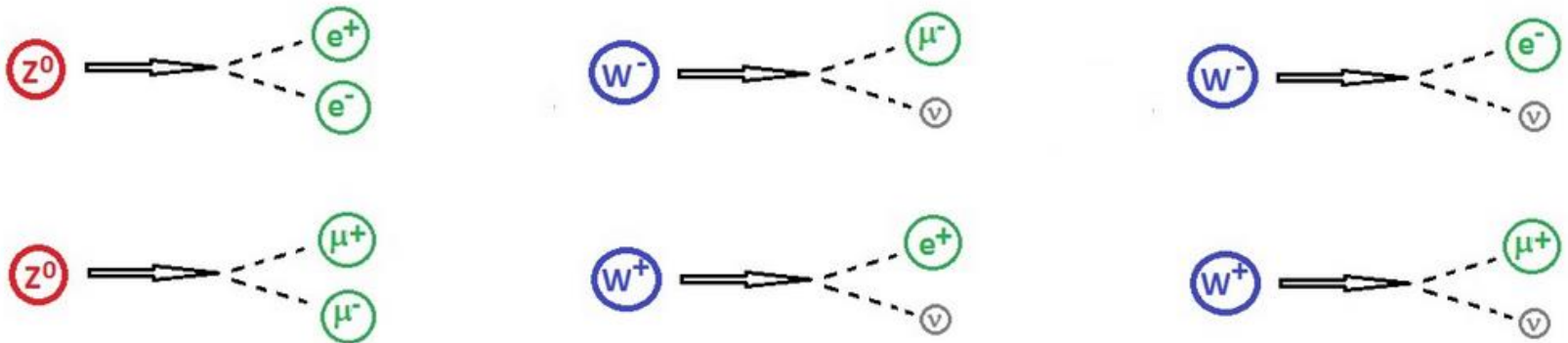
In eventi con **W** troveremo un leptone (e oppure  $\mu$ ) di alta energia e energia mancante (MET)

In eventi con **Z** troveremo due leptoni (e oppure  $\mu$ ) di alta energia

Eventi candidati **H** hanno due Z o due W (con carica opposta)

I  $\mu$  sono caratterizzati da una traccia nel tracker e segnale nelle DT o CSC (strati più esterni del rivelatore)

Gli **e** sono caratterizzati da una traccia nel tracker e segnale in ECAL



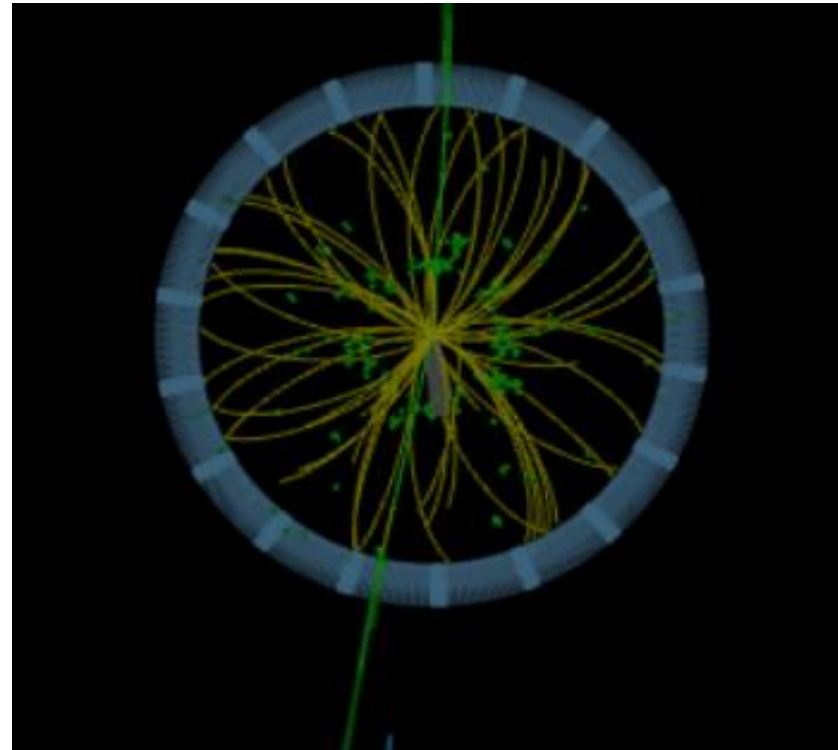
# Riconoscere la carica

Il campo magnetico di CMS è parallelo all'asse **z** dentro al solenoide, antiparallelo fuori.

Quindi le particelle curvano prima in una direzione e poi nell'altra sotto l'azione della **forza di Lorentz**

La curvatura avviene **solo nel piano xy**

*Particelle positive (negative) curvano dentro al solenoide in senso antiorario (orario) nel piano xy (quando B, e quindi l'asse z, sono entranti nello schermo).*



# Logbook analisi

Salvate i vostri risultati sul logbook  [CIMA](#)



## Choose your Masterclass

BAMC-17Apr2020  
BAMC-VC1-21May2020  
BAMC-VC2-22May2020  
BAMC-VC3-26May2020  
SantanderB-18May2021  
SantanderE--18May2021  
SantanderC-20May2021  
SantanderD-20May2021  
CERN-Espana-15Feb2021  
FNAL-23Apr2021  
Belgrade-FF-2021  
Milano-Bicocca-07May2021  
MadridCIEMAT-25Mar2021  
Milano-Bicocca-07Jun2021  
Milano-Bicocca11May2021  
Providence-20Apr2021  
APS-16Apr2021  
Kharkov-CMLTP-10Jun2021  
Medford-15Jun2021  
Hammond-24Jun2021  
NotreDame-09July2021  
CERN-28Jul2021  
CERN-09Jul2021



# Logbook analisi

Salvate i vostri risultati sul logbook  [CIMA](#)



## Choose your Masterclass

BAMC-17Apr2020  
BAMC-VC1-21May2020  
BAMC-VC2-22May2020  
BAMC-VC3-26May2020  
SantanderB-18May2021  
SantanderE--18May2021  
SantanderC-20May2021  
SantanderD-20May2021  
CERN-Espana-15Feb2021  
FNAL-23Apr2021  
Belgrade-FF-2021  
Milano-Bicocca-07May2021  
MadridCIEMAT-25Mar2021  
Milano-Bicocca-07Jun2021  
Milano-Bicocca11May2021  
Providence-20Apr2021  
APS-16Apr2021  
Kharkov-CMLTP-10Jun2021  
Medford-15Jun2021  
Hammond-24Jun2021  
NotreDame-09July2021  
CERN-28Jul2021  
CERN-09Jul2021

## Choose your location

SquadraItalianaLuglio2021





# Logbook analisi

Salvate i vostri risultati sul logbook ➡ [CIMA](#)



## Choose your Masterclass

BAMC-17Apr2020  
BAMC-VC1-21May2020  
BAMC-VC2-22May2020  
BAMC-VC3-26May2020  
SantanderB-18May2021  
SantanderE--18May2021  
SantanderC-20May2021  
SantanderD-20May2021  
CERN-Espana-15Feb2021  
FNAL-23Apr2021  
Belgrade-FF-2021  
Milano-Bicocca-07May2021  
MadridCIEMAT-25Mar2021  
Milano-Bicocca-07Jun2021  
Milano-Bicocca11May2021  
Providence-20Apr2021  
APS-16Apr2021  
Kharkov-CMLTP-10Jun2021  
Medford-15Jun2021  
Hammond-24Jun2021  
NotreDame-09July2021  
CERN-28Jul2021  
CERN-09Jul2021

## Choose your location

Squadraitalianaluglio2021


## Choose your data file

25.1  
25.11  
25.12  
25.13  
25.14  
25.15  
25.16  
25.17  
25.18  
25.19  
25.2  
25.21  
25.22  
25.23  
25.24  
25.25  
25.3  
25.4  
25.5  
25.6  
25.7  
25.8  
25.9  
50.1  
50.11  
50.12  
50.13



# Logbook analisi

Salvate i vostri risultati sul logbook  [CIMA](#)

Back Events Table (Group 25.1) Mass Histogram (Squadraltalianluglio2021) Results (Squadraltalianluglio2021)  Event Display

**Masterclass:** CERN-09Jul2021  
**Location:** Squadraltalianluglio2021  
**Group:** 25.1

<b>Select Event</b> Event index: <input type="text" value="1"/> Event number: 25.1-1	<b>Final State</b> <input type="radio"/> e v <input type="radio"/> $\mu$ v <input type="radio"/> e e <input type="radio"/> $\mu$ $\mu$ <input type="radio"/> 4e <input type="radio"/> 4 $\mu$ <input type="radio"/> 2e 2 $\mu$	<b>Primary State</b> Charged Particle: <input type="radio"/> W <sup>+</sup> <input type="radio"/> W <sup>-</sup> <input type="radio"/> W $\pm$ <input type="radio"/> Neutral Particle (Z, H) <input type="radio"/> Zoo	<b>Enter Mass</b> <input type="text"/> GeV/c <sup>2</sup> <input type="button" value="Next"/>
--	--	--	---

Event index	Event number	Final state	Primary state	Mass
-------------	--------------	-------------	---------------	------

# Event Display

Con l'aiuto dell'Event Display andiamo ad esaminare i nostri eventi ([iSpy](#))

Back Events Table (Group 25.1) Mass Histogram (Squadraltalianluglio2021) Results (Squadraltalianluglio2021) [Event Display](#)

Masterclass: CERN-09Jul2021  
Location: Squadraltalianluglio2021  
Group: 25.1

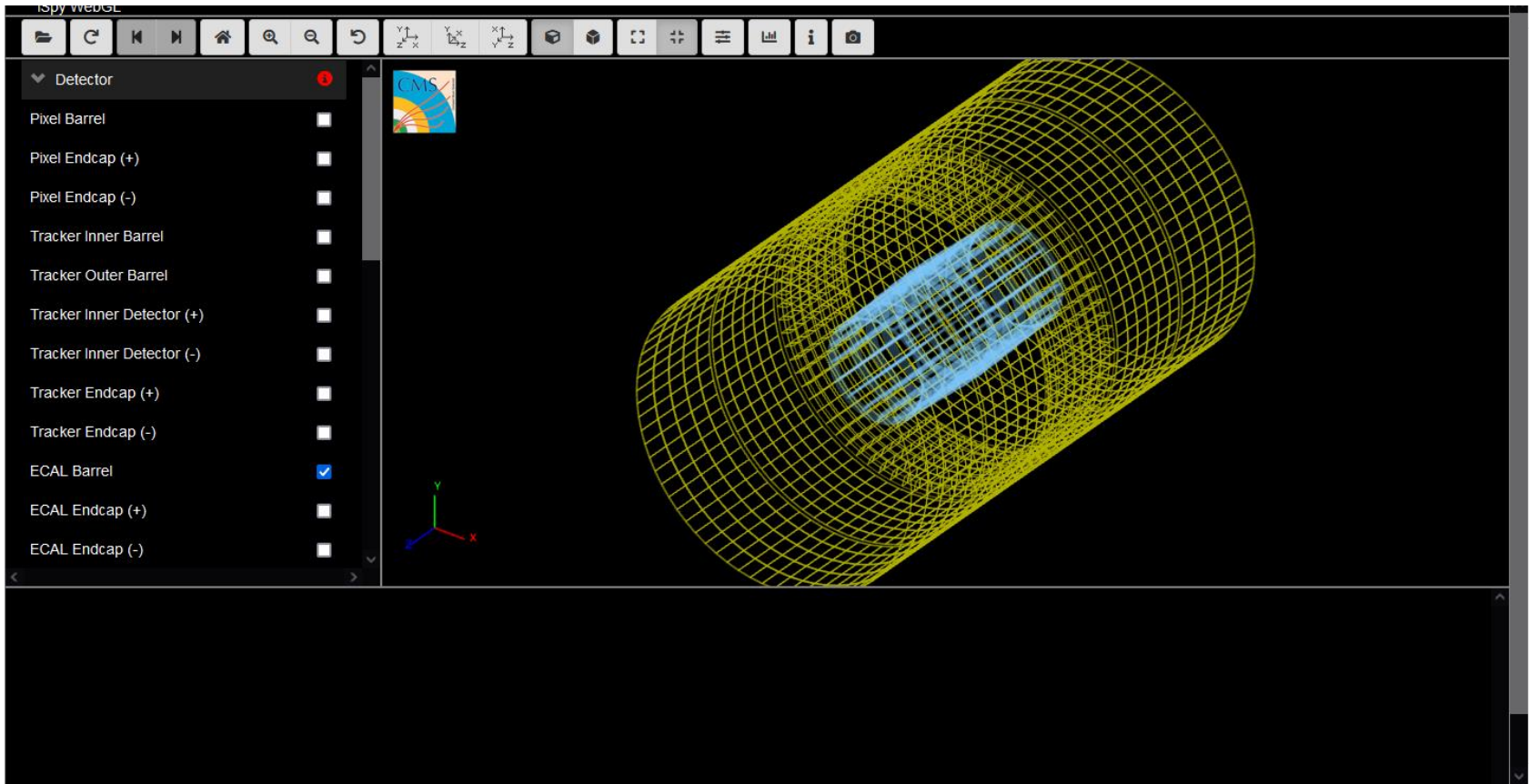
Aprirete il link in una nuova finestra

<b>Select Event</b> Event index: <input type="text" value="1"/> Event number: 25.1-1	<b>Final State</b> <input type="radio"/> e v <input type="radio"/> $\mu$ v <input type="radio"/> e e <input type="radio"/> $\mu$ $\mu$ <input type="radio"/> 4e <input type="radio"/> 4 $\mu$ <input type="radio"/> 2e 2 $\mu$	<b>Primary State</b> Charged Particle: <input type="radio"/> W+ <input type="radio"/> W- <input type="radio"/> W $\pm$ <input type="radio"/> Neutral Particle (Z, H) <input type="radio"/> Zoo	<b>Enter Mass</b> <input type="text"/> GeV/c <sup>2</sup> <input type="button" value="Next"/>
--	--	--	---

Event index	Event number	Final state	Primary state	Mass
-------------	--------------	-------------	---------------	------

# Event Display

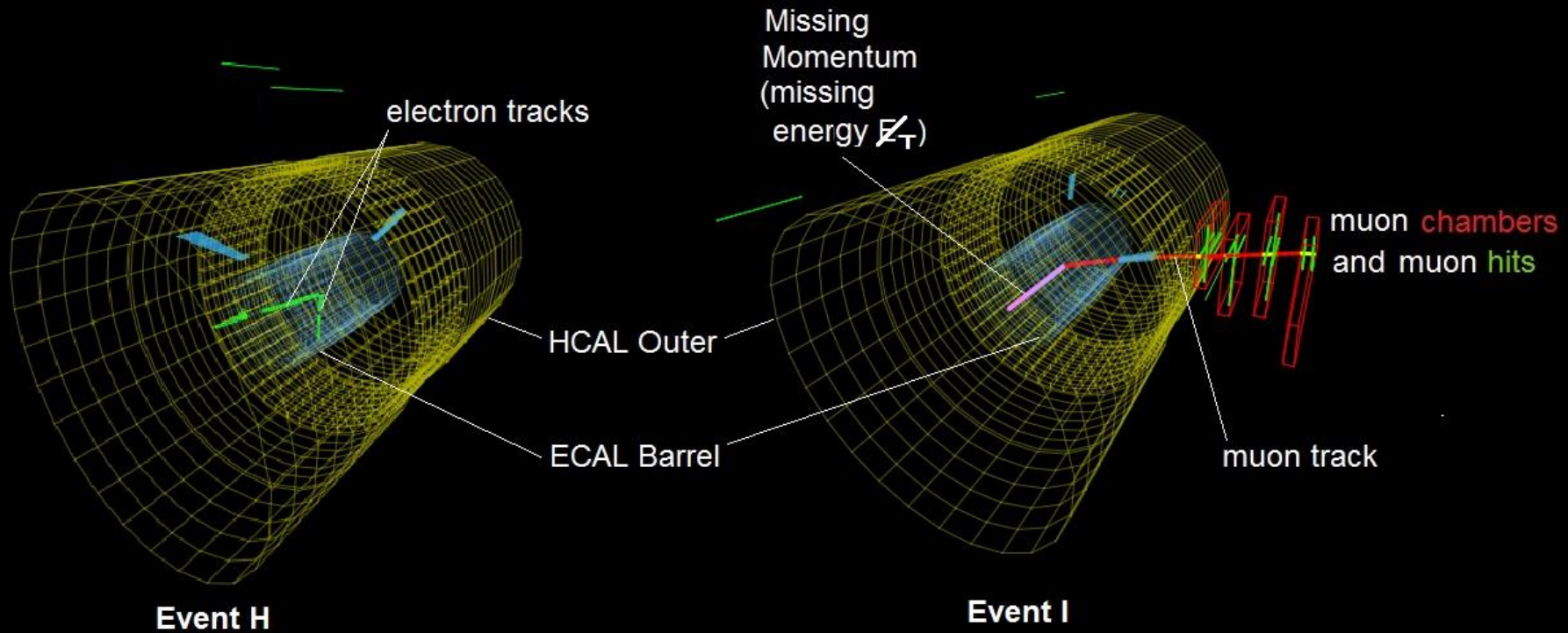
Con l'aiuto dell'Event Display andiamo ad esaminare i nostri eventi



Per aprire il file su [iSpy](#) ➡ Open ➡ File from the web ➡ N25/N50  
➡ il numero del vostro file (vedi lista in backup)



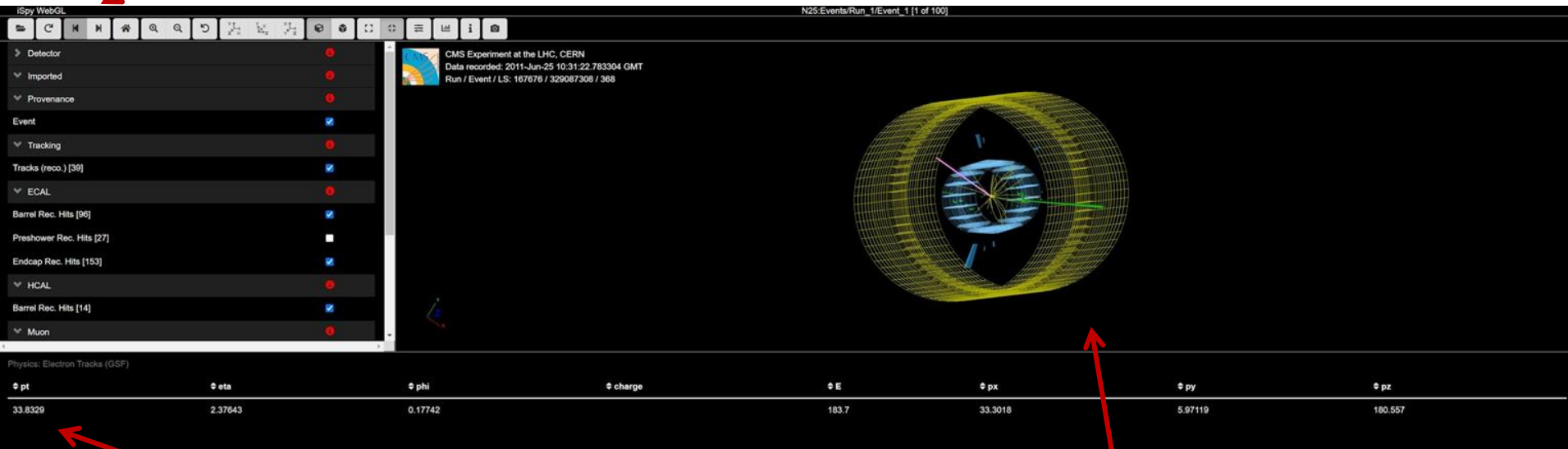
# Event Display



# Event Display

Per spostarsi tra gli eventi

Numero di evento

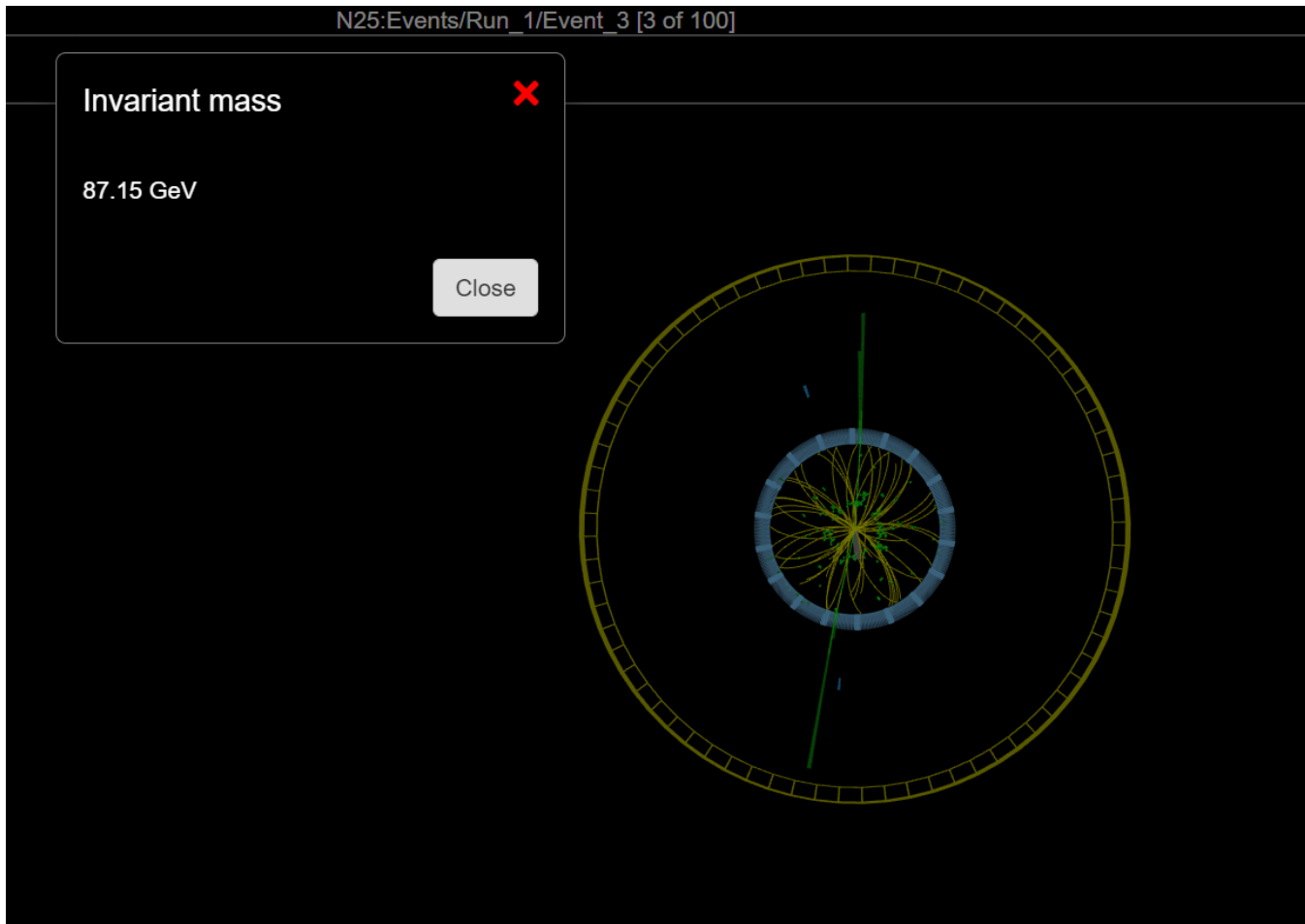


Informazioni sulla particella selezionata

Finestra interattiva (si puo' ruotare, zoomare, etc.)

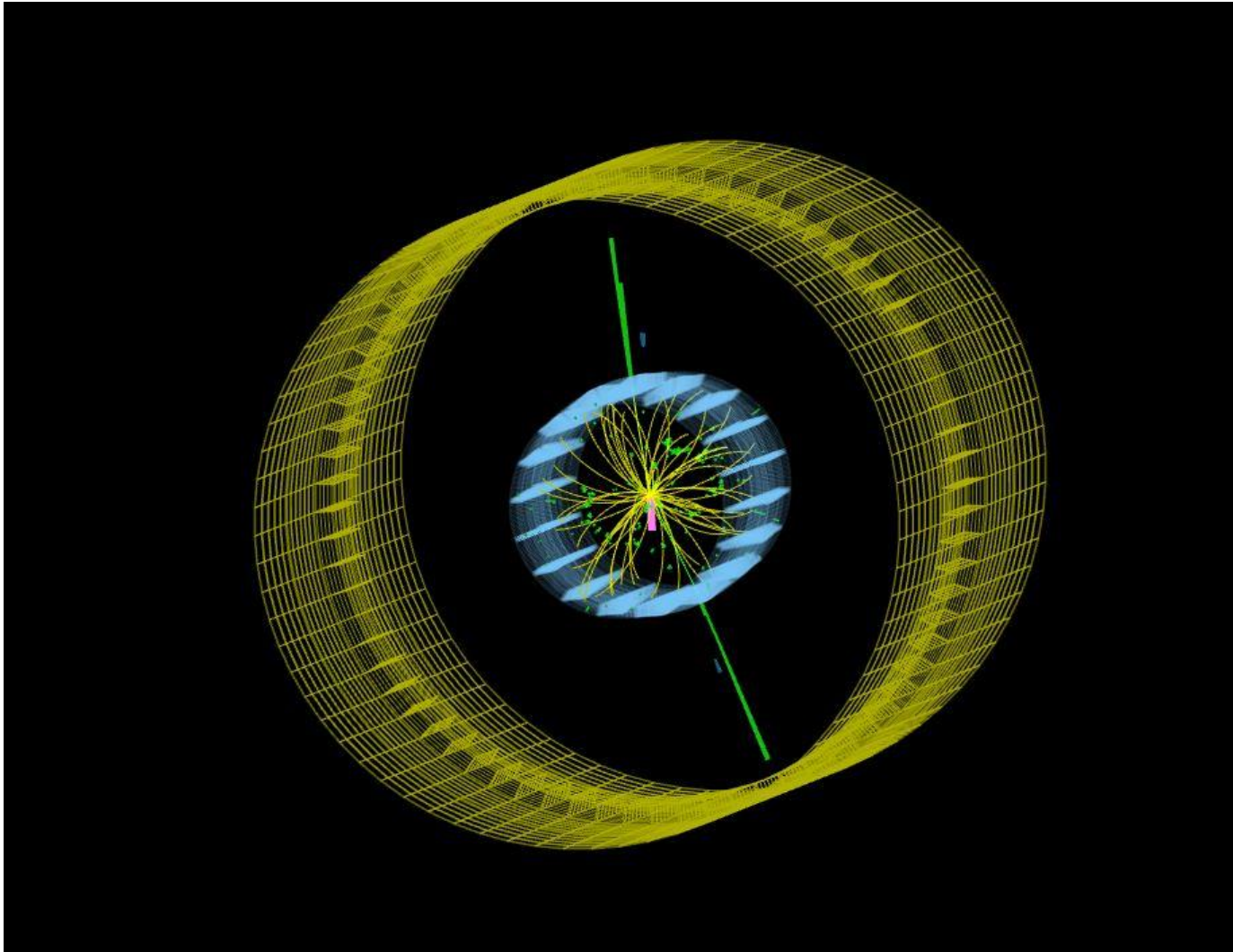
# Calcolare la massa invariante

Selezionare le tracce col mouse → diventano grigie → premere M



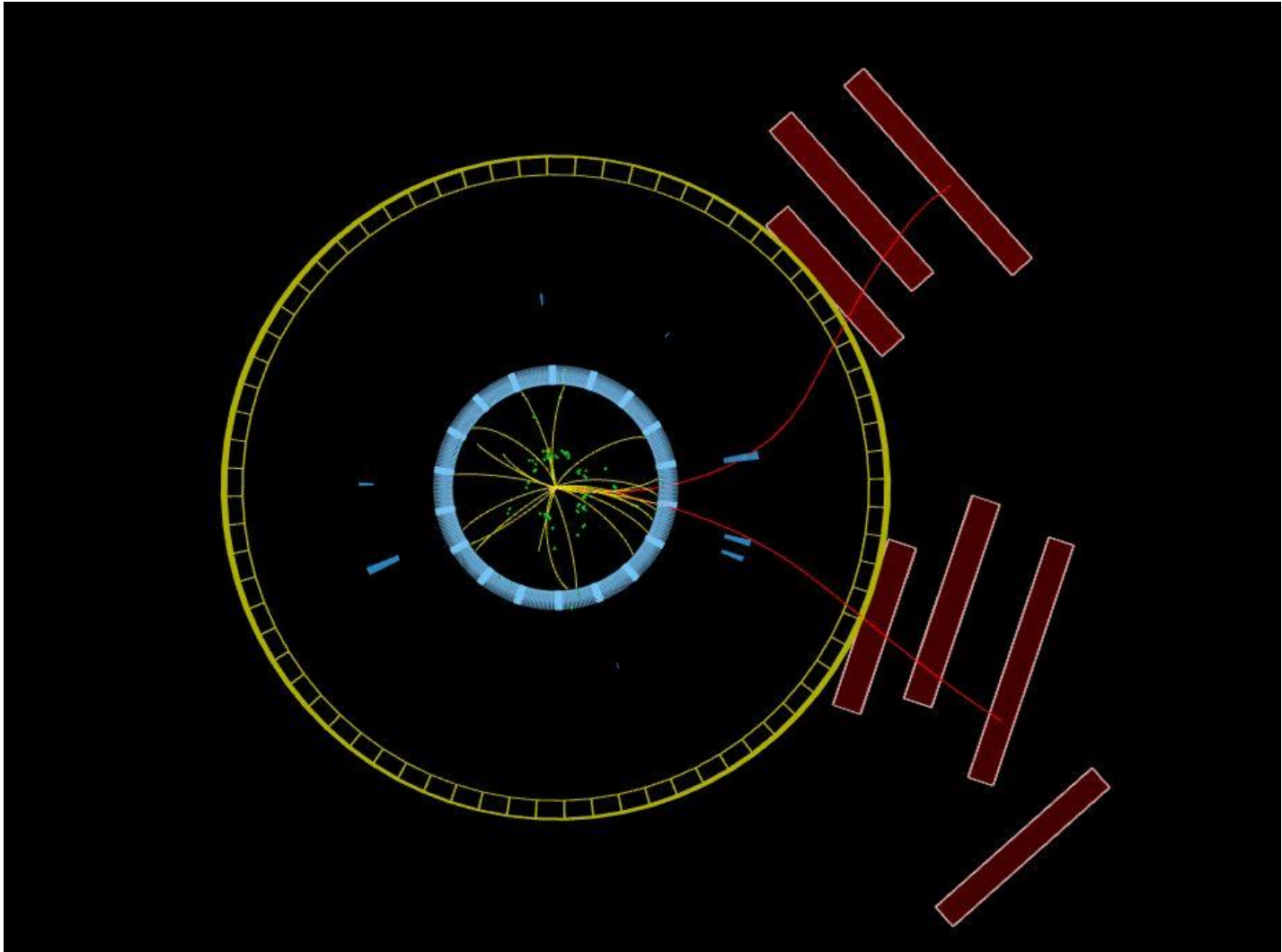
# Event Display

Evento con due elettroni: possibile candidato Z?



# Event Display

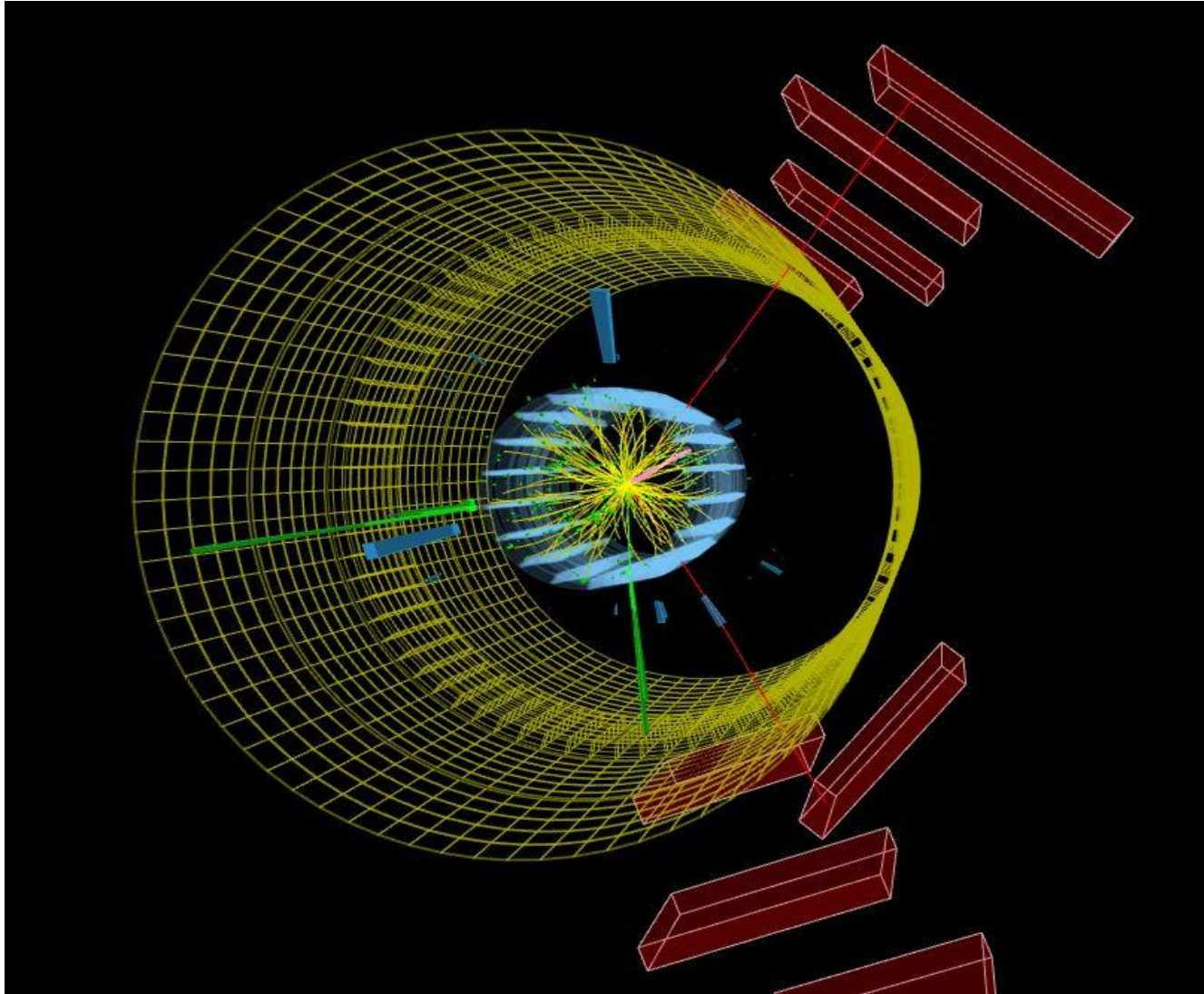
Evento con due muoni: possibile candidato Z?





# Event Display

Evento con quattro leptoni: possibile candidato H?



# Link utili

**Software visualizzazione eventi → iSpy**

<https://www.i2u2.org/elab/cms/ispay-webgl/>

**Registro analisi eventi → CIMA**

<https://www.i2u2.org/elab/cms/cima-wzh/>

Click su CERN-09Jul2021 → SquadraItalianaLuglio2021 → Scegliere il proprio data file



Backup

# Lista dei files

<b>Ambrosi</b> .....	25.1	<b>Maioli</b> .....	50.12
<b>Andreose</b> .....	25.11	<b>Marino</b> .....	50.13
<b>Bekic Danijel</b> .....	25.12	<b>Mazzola</b> .....	50.14
<b>Bekic Dejan</b> .....	25.13	<b>Miolato</b> .....	50.15
<b>Bertuzzo</b> .....	25.14	<b>Nagliati</b> .....	50.16
<b>Broccardo</b> .....	25.15	<b>Nuzzolese</b> .....	50.17
<b>Busellato</b> .....	25.16	<b>Pasqualini</b> .....	50.18
<b>Caldana</b> .....	25.17	<b>Pavan</b> .....	50.19
<b>Callegaro</b> .....	25.18	<b>Pescante</b> .....	50.2
<b>Casella</b> .....	25.19	<b>Pretotto</b> .....	50.21
<b>Cetrullo</b> .....	25.2	<b>Rabino</b> .....	50.22
<b>Cingolani</b> .....	25.21	<b>Rosa</b> .....	50.23
<b>Cornacchia</b> .....	25.22	<b>Talarico</b> .....	50.24
<b>D'Agostino</b> .....	25.23	<b>Vaglica</b> .....	50.25
<b>De Angelis</b> .....	25.24	<b>Valle</b> .....	50.26
<b>De Luca</b> .....	25.25	<b>Venturato</b> .....	50.27
<b>Fanin</b> .....	25.3	<b>Zampieri</b> .....	50.28
<b>Favaron</b> .....	25.4	<b>Busato</b> .....	50.29
<b>Ferrari</b> .....	25.5	<b>Cervi</b> .....	50.3
<b>Fiamingo</b> .....	25.6	<b>Petronio</b> .....	50.31
<b>Foletto</b> .....	25.7	.....	50.32
<b>Fraschetti</b> .....	25.8	.....	50.33
<b>Girardi</b> .....	25.9	.....	50.34
<b>Iurlandino</b> .....	50.1	.....	50.35
<b>Lucca</b> .....	50.11	.....	50.36