CMS WZH Masterclass guida agli esercizi

Matteo Magherini (matteo.magherini@cern.ch),
Valentina Mariani (vmariani@cern.ch),
Matteo Presilla(matteo.presilla@cern.ch)

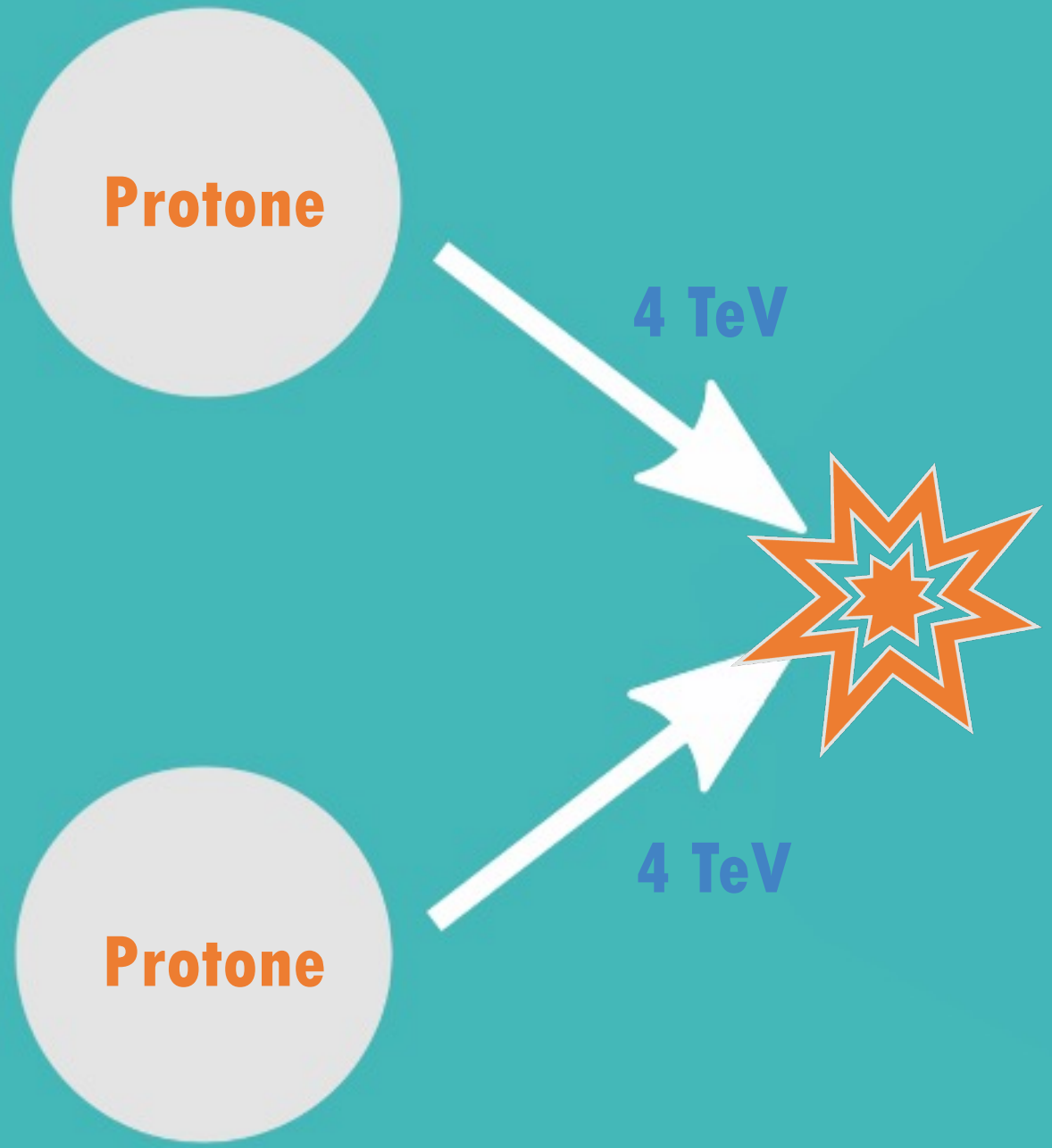
Cosa faremo?

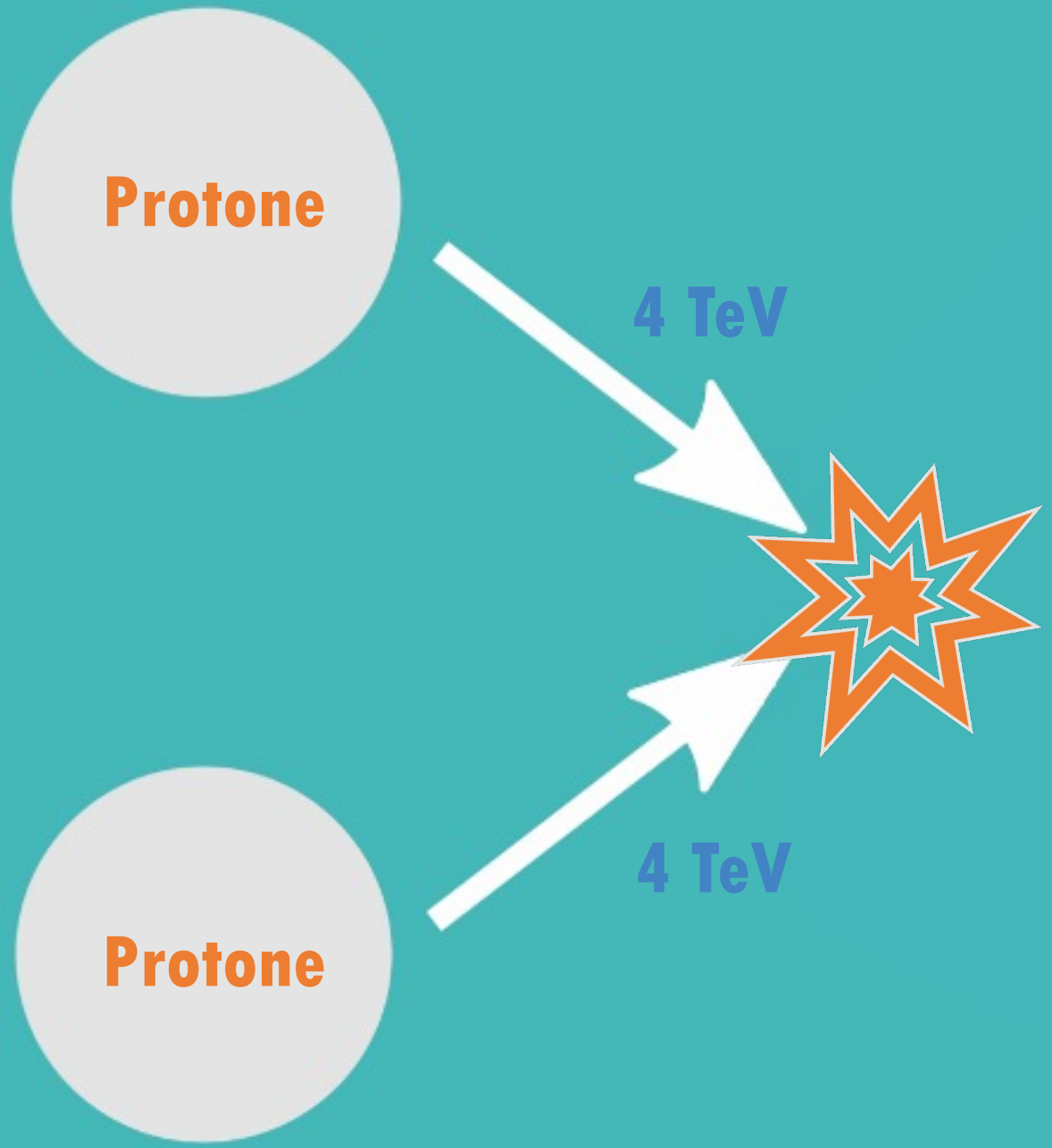
- Torniamo al 2012!
- Analizzerete **veri** dati di CMS
- Collisioni tra fasci di protoni ad un'energia nel centro di massa di **8 TeV**
- Alla ricerca del **bosone di Higgs**
- Ma cosa succede nelle collisioni tra protoni?

Protone

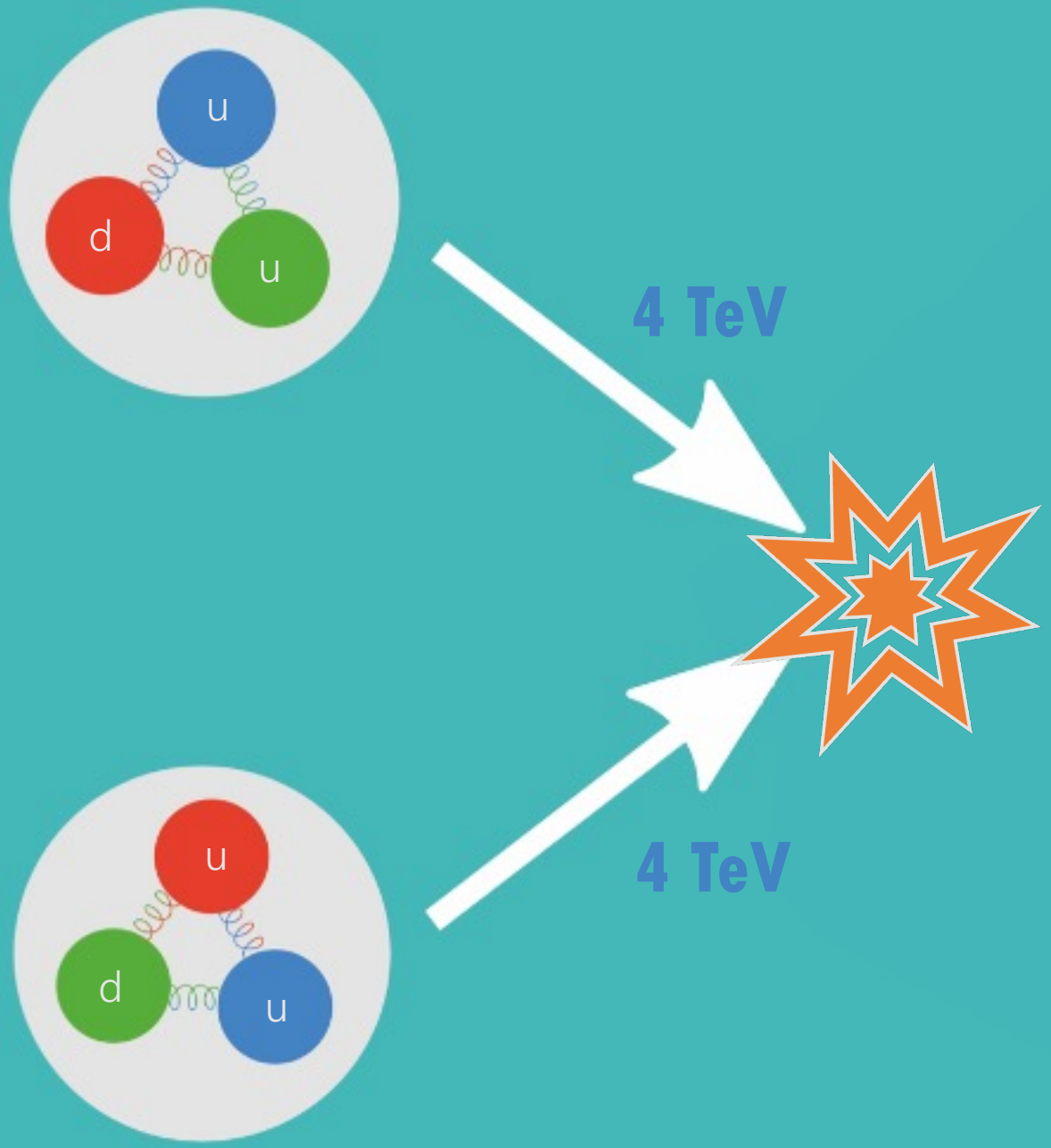
Protone

A che energia collidono i protoni?

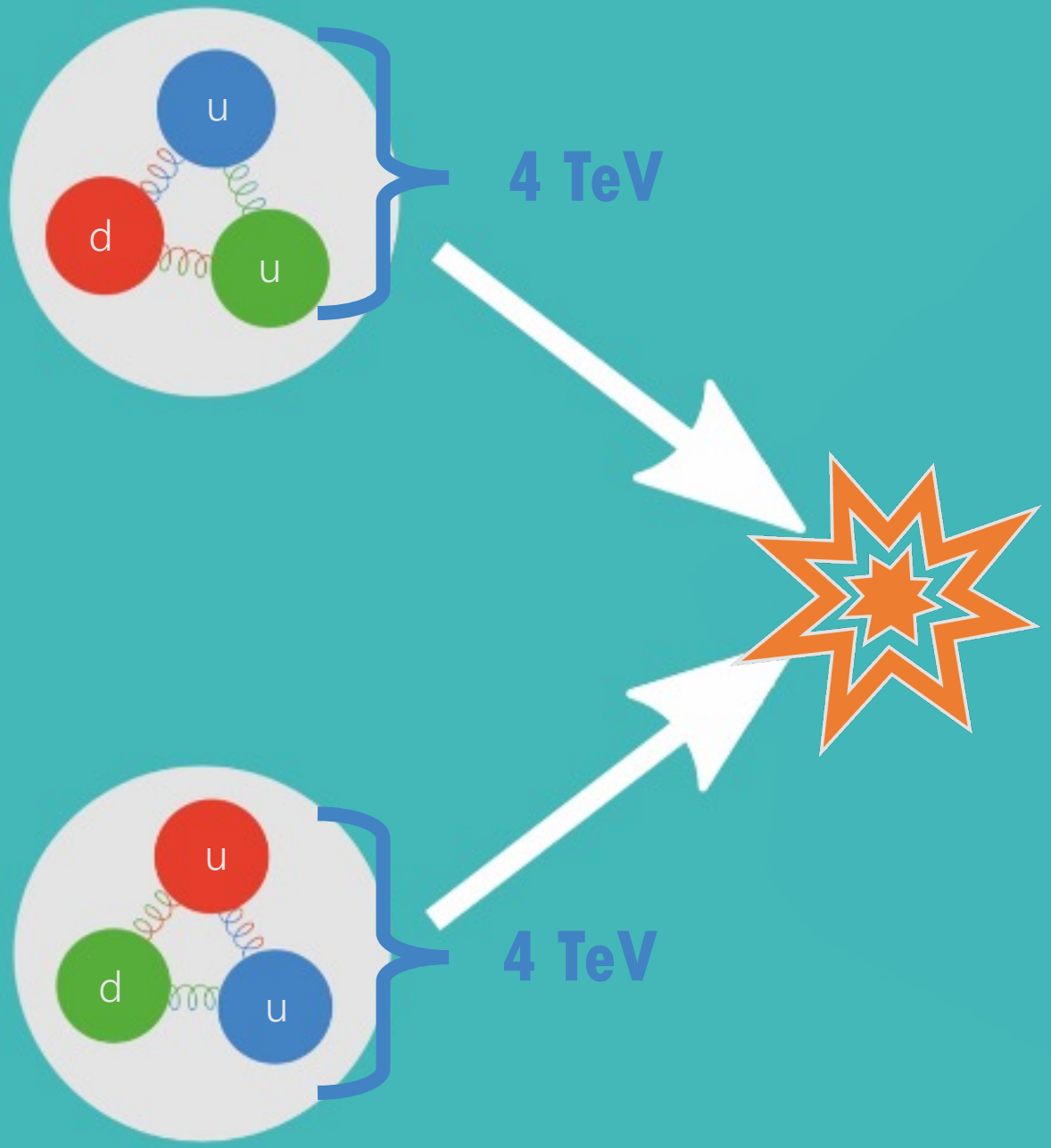

Protone
4 TeV
4 TeV
Protone



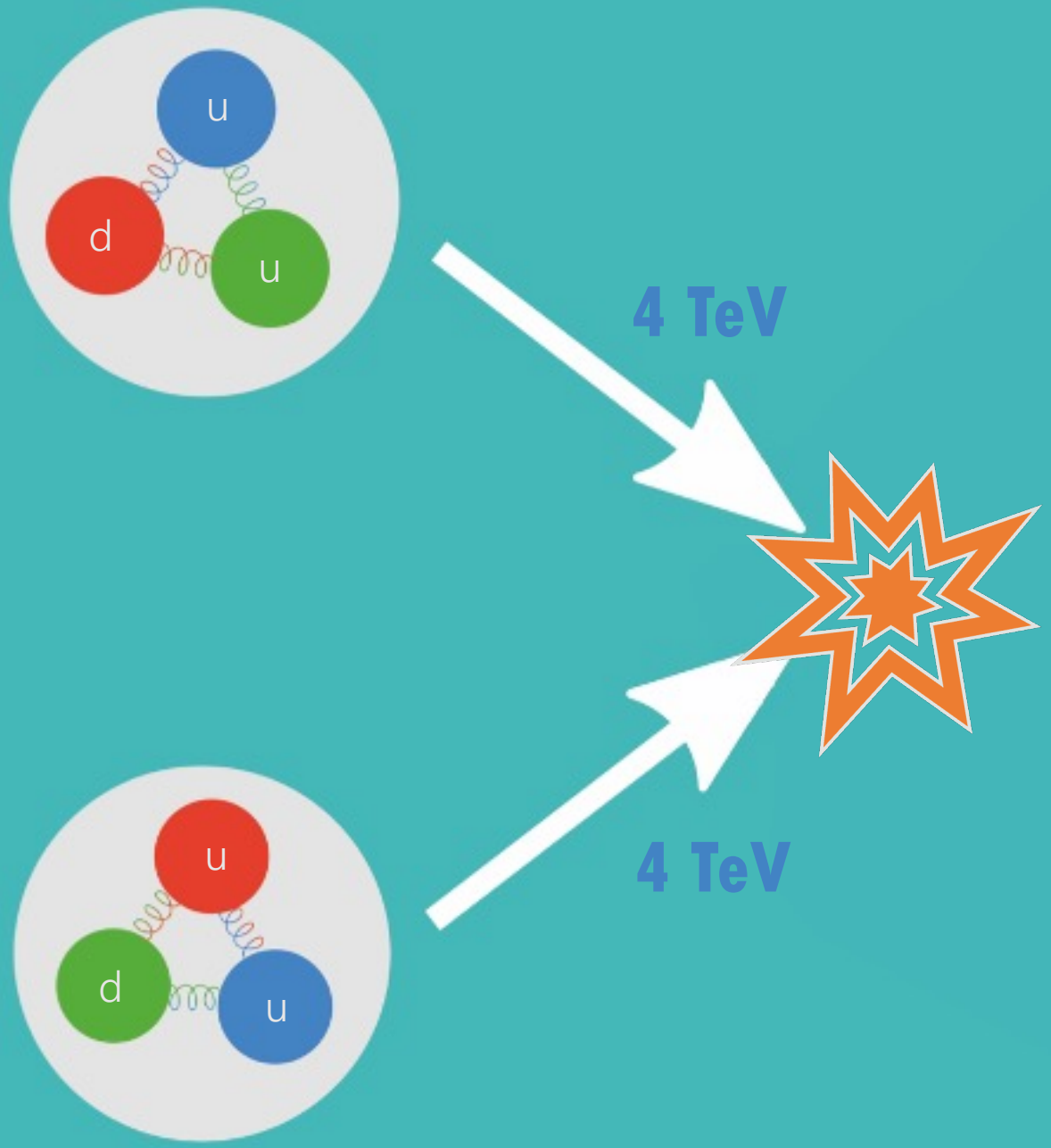
Ma sono davvero i protoni a collidere?



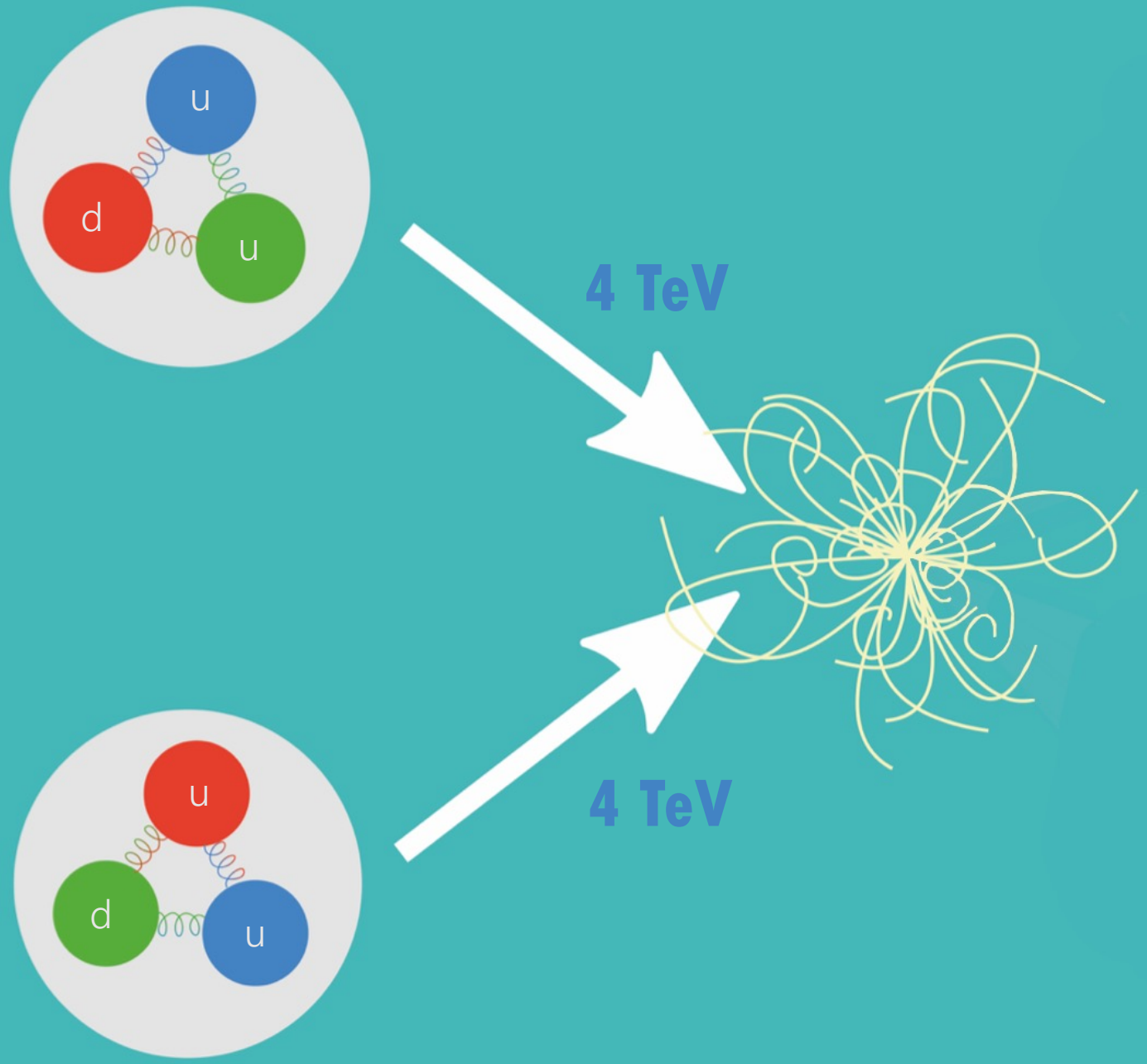
- **NO! I protoni NON sono particelle elementari: sono formati da quark**



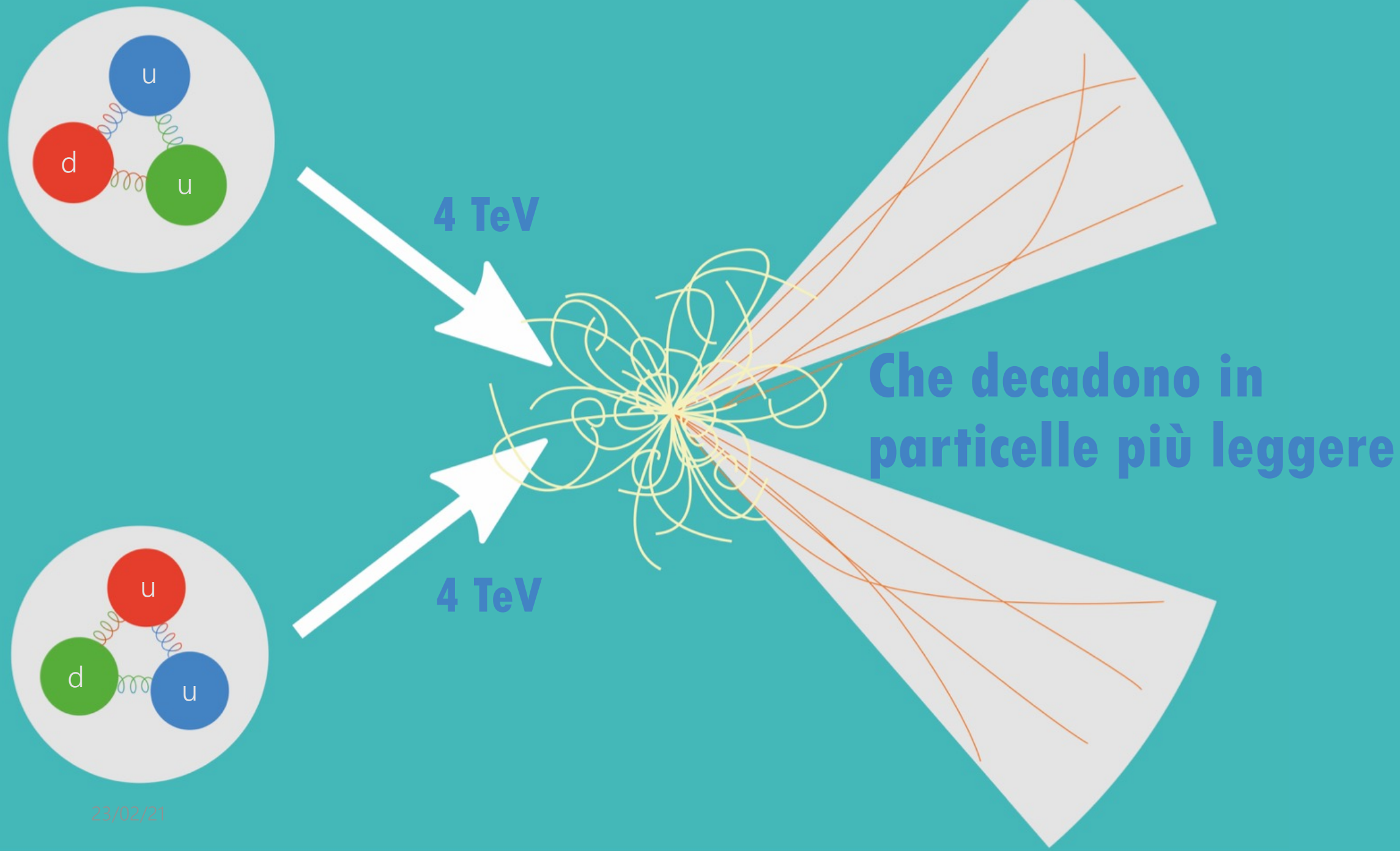
- **NO! I protoni NON sono particelle elementari: sono formati da quark**
- **L'energia del protone è distribuita tra i quark**

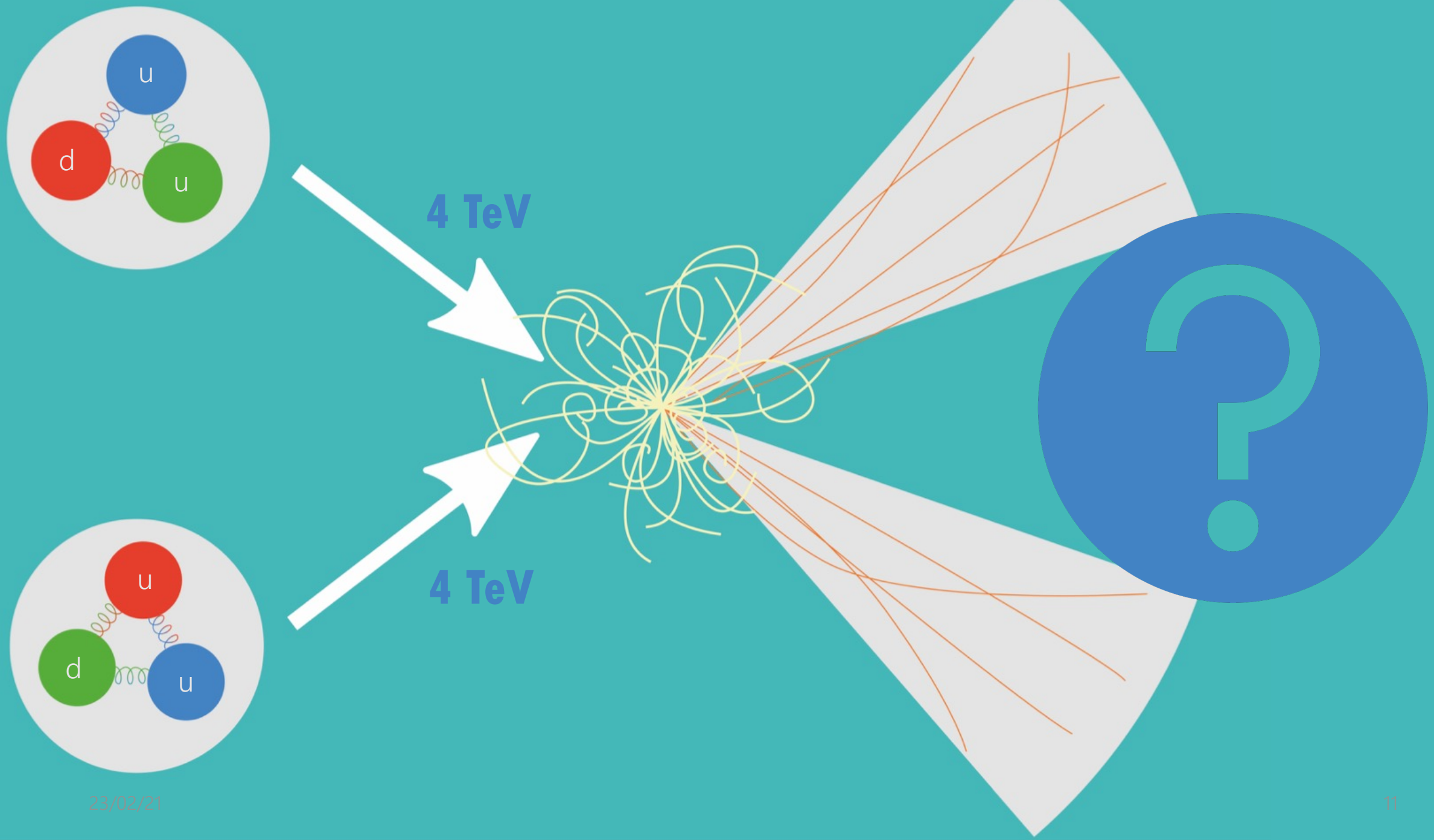


Cosa succede dopo la collisione?



L'energia si trasforma in nuove particelle


u
d
u
4 TeV
4 TeV
u
d
u
Che decadono in
particelle più leggere


u
d
u
4 TeV
4 TeV
u
d
u
?

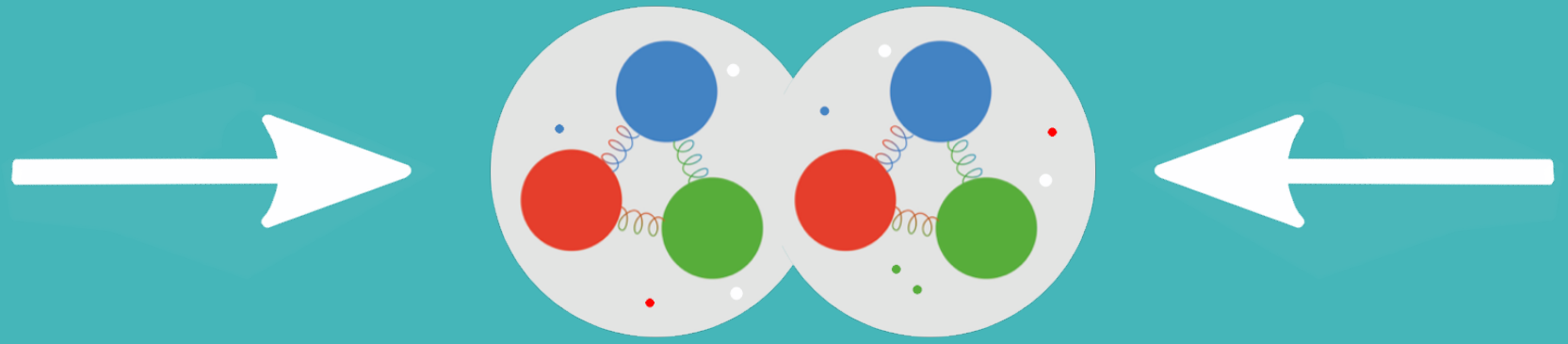
Come capiamo quali particelle vengono prodotte?

Leggi di conservazione!

Energia
Quantità di moto
Carica
Momento angolare

....

Diversi tipi di eventi



Bosone W
1 leptone

Bosone Z
2 leptoni

Bosone di Higgs

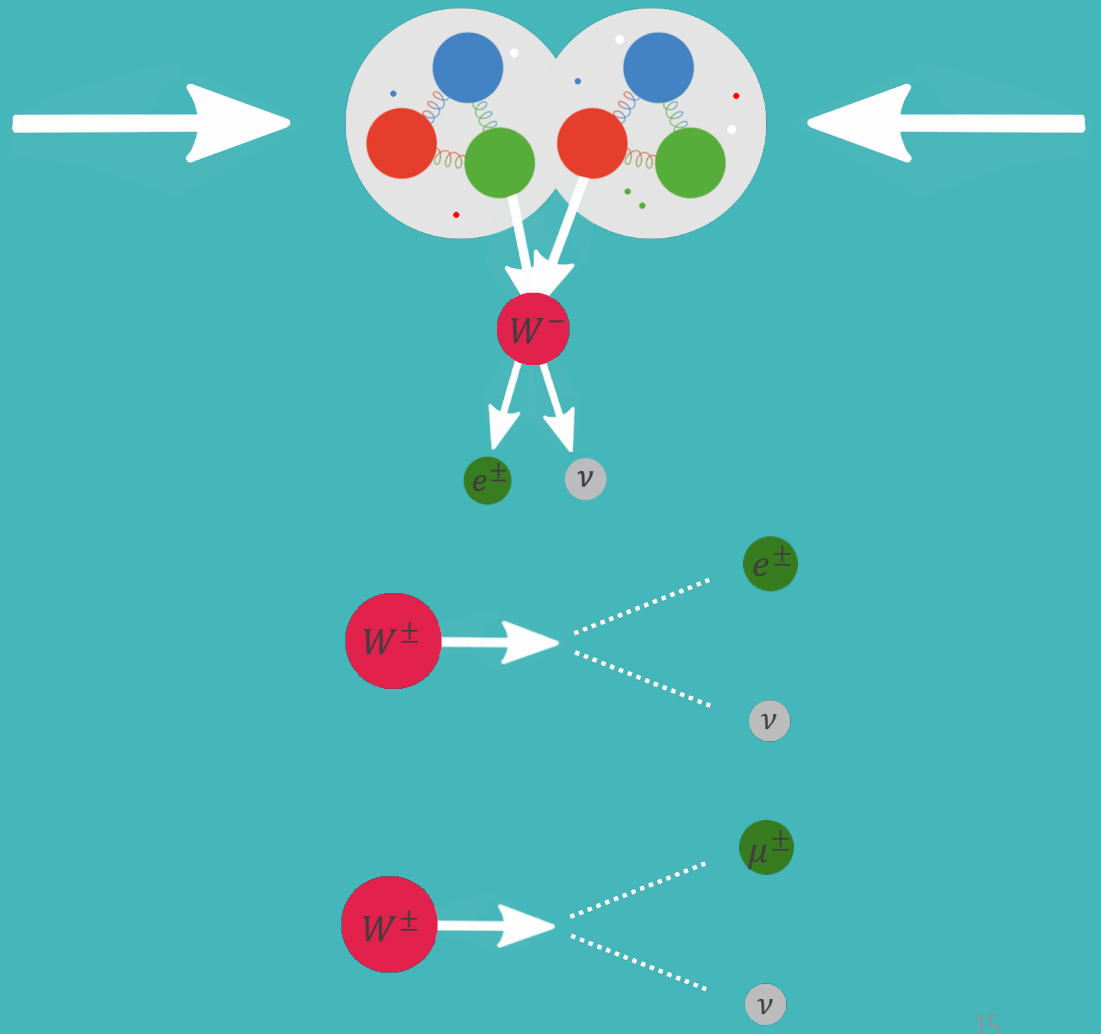
Zoo (background)

Bosone W – un leptone

- Bosoni mediatori della **forza debole**: W^+ e W^-
- Responsabile della radioattività

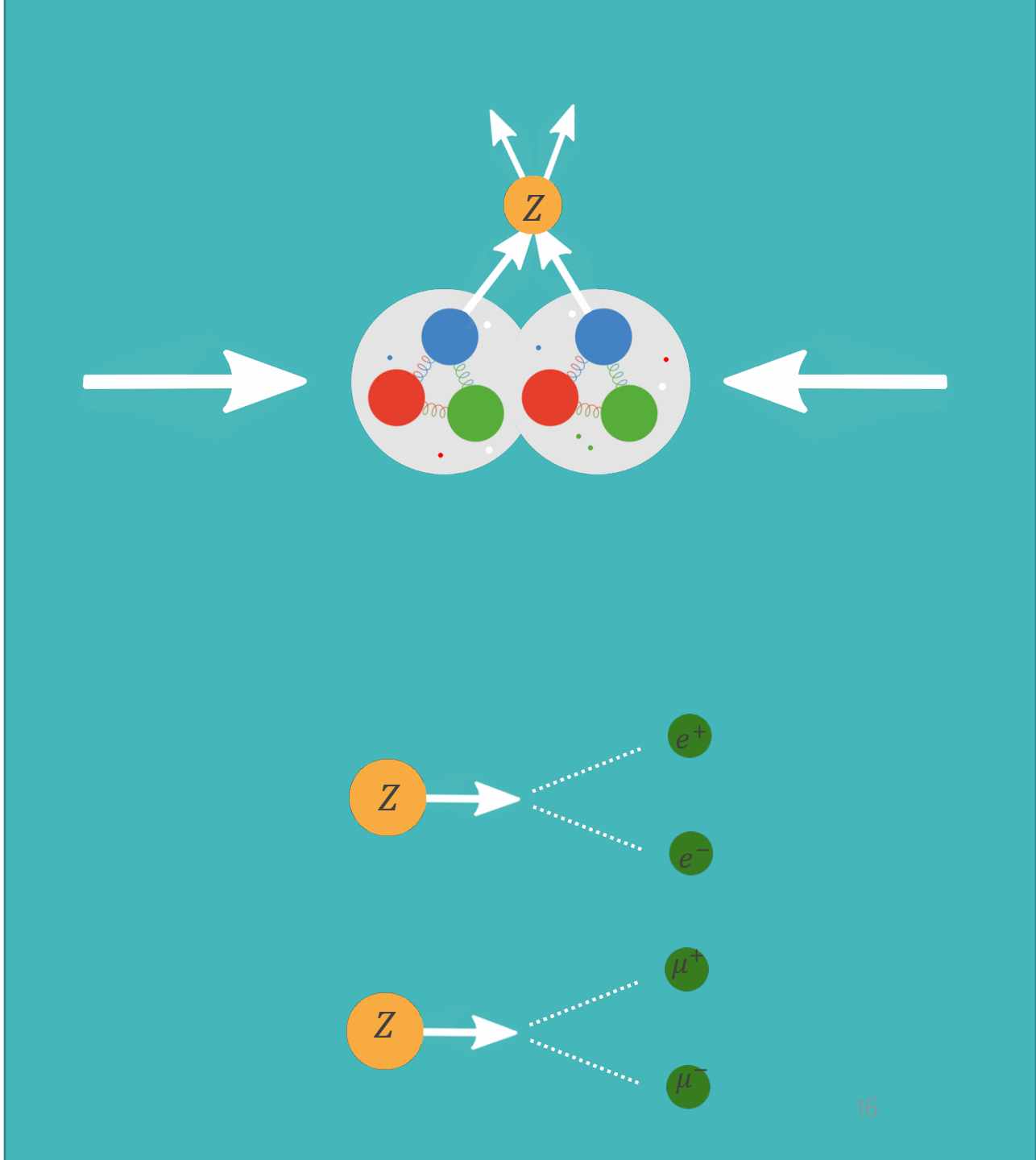
$$n \rightarrow W^{\mp} p^{\pm} \rightarrow p^{\pm} e^{\mp} \nu_e$$

- $m_W \approx 80GeV$ → forza elettrodebole a corto raggio
- $W \rightarrow e\nu_e$ o $\mu\nu_\mu$
- In CMS: solamente un leptone (e o μ) nello stato finale → non riusciamo a ricostruire i neutrini



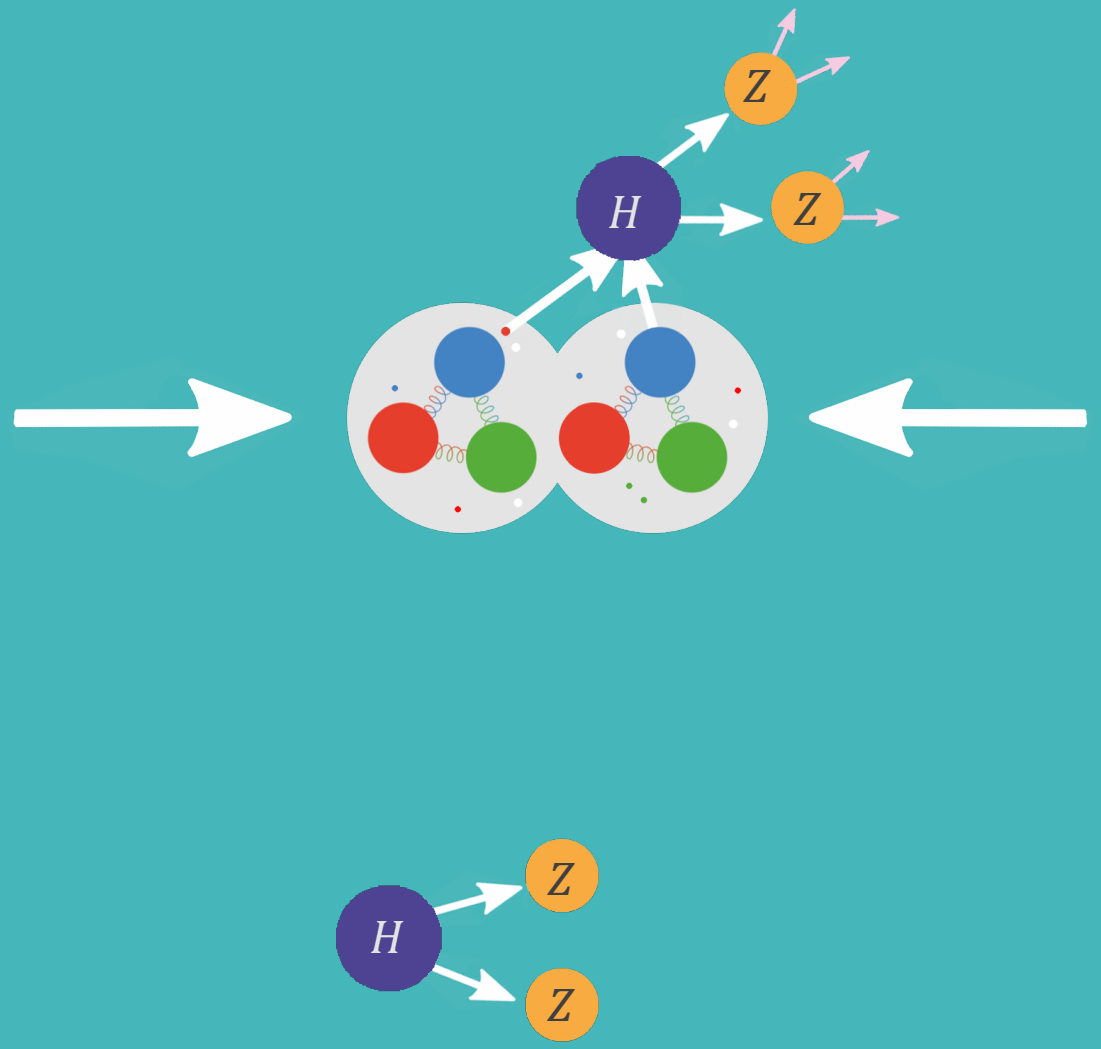
Bosone Z- due leptoni

- Bosone Z → cugino neutro del W, forza elettrodebole neutra
- $m_Z \approx 91GeV$ → forza elettrodebole a corto raggio
- Z → e^+e^- o $\mu^+\mu^-$



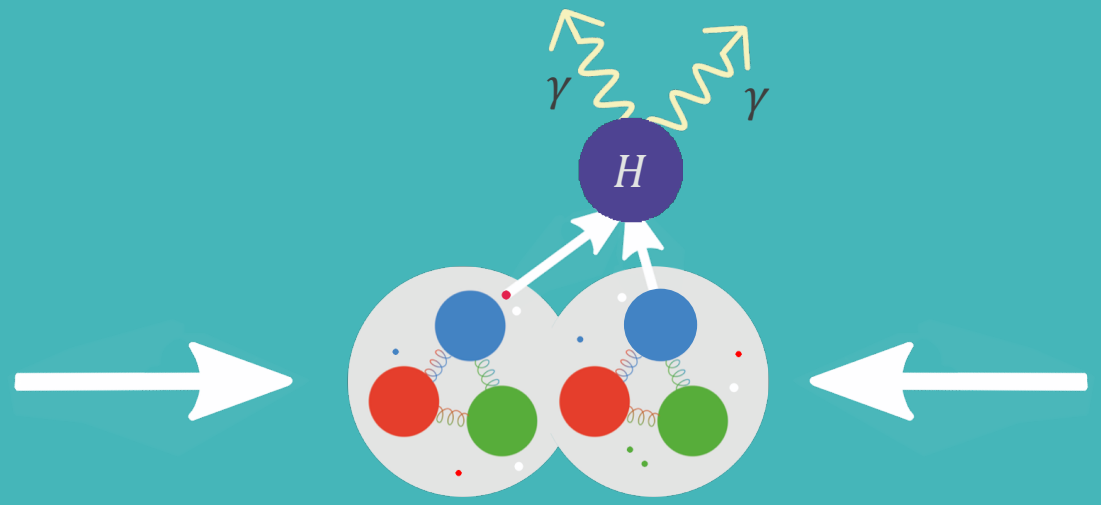
Bosone di Higgs

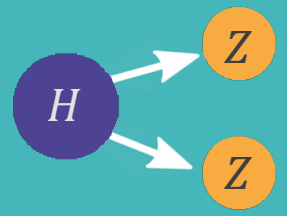
- Bosone di Higgs
- Scoperto nel 2012 da CMS ed Atlas
- Responsabile del meccanismo di acquisizione della massa da parte di tutte le particelle note
- Higgs ha due decadimenti in cui è abbastanza facile da ricostruire (*golden channels*)
  1. $H \to ZZ \to 4\ell$

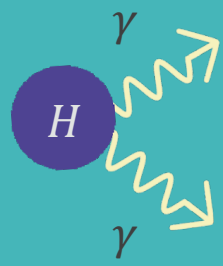


Bosone di Higgs

- Bosone di Higgs
- Scoperto nel 2012 da CMS ed Atlas
- Responsabile del meccanismo di acquisizione della massa da parte di tutte le particelle note
- Higgs ha due decadimenti in cui è abbastanza facile da ricostruire (*golden channels*)
  1. $H \to ZZ \to 4\ell$
  2. $H \to \gamma\gamma$ → nessun leptone!

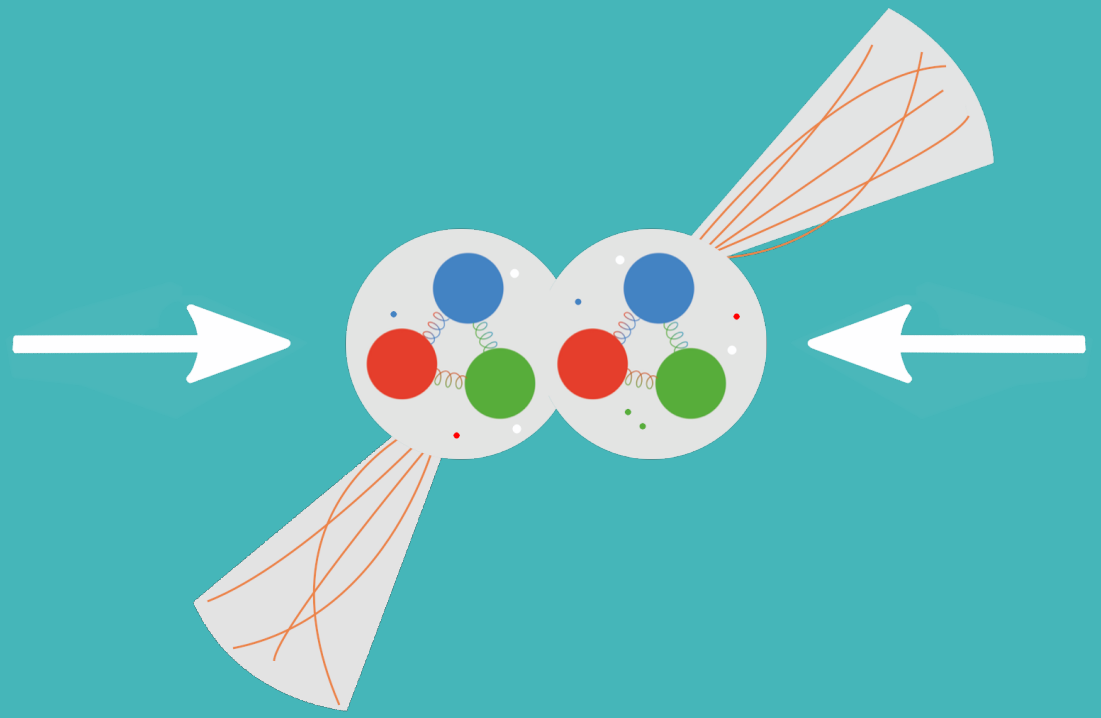






Zoo: background

- Background: prodotti della collisione che non ci interessano direttamente
- Maggiore fonte ad LHC: scattering dei quark nelle collisioni p-p
- I quark non possono esistere da soli → la loro energia si trasforma in getti (jet) di nuove particelle
- Zoo (per oggi): tutto ciò che non è W, Z o H

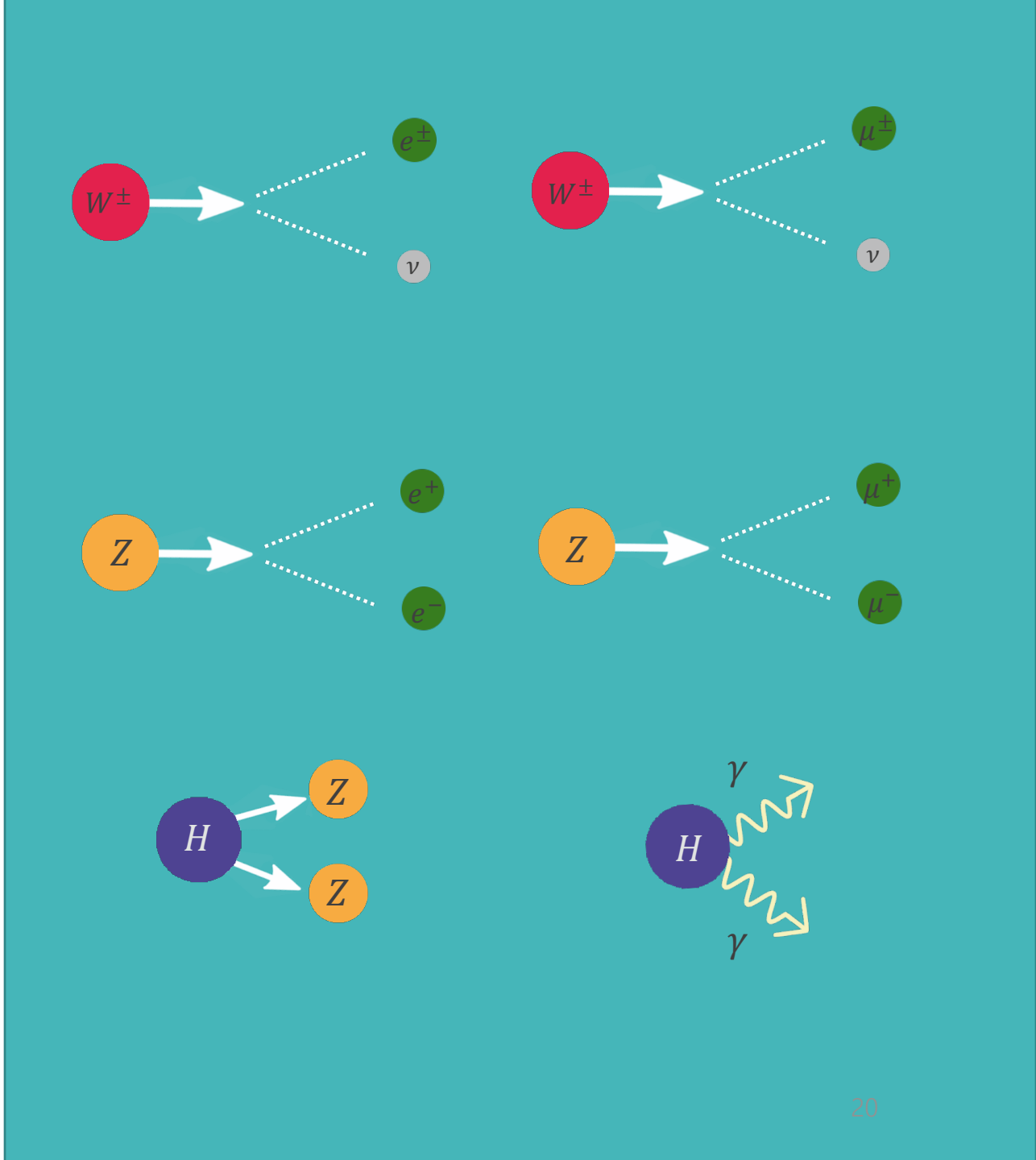


Recap

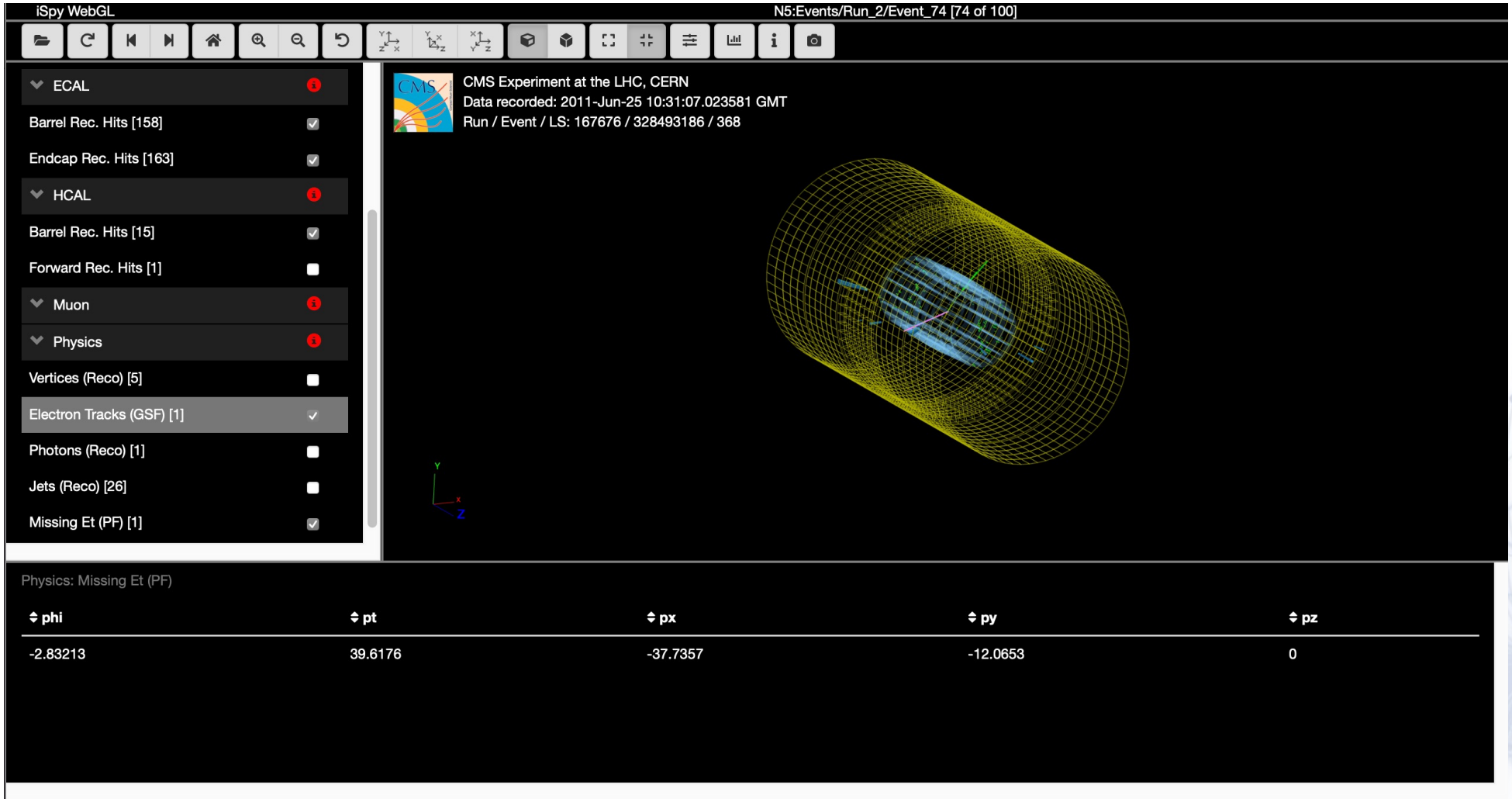
- Le **particelle pesanti decadono in particelle più leggere**, spesso troppo presto per essere ricostruite direttamente
- CMS ricostruisce con alta efficienza:

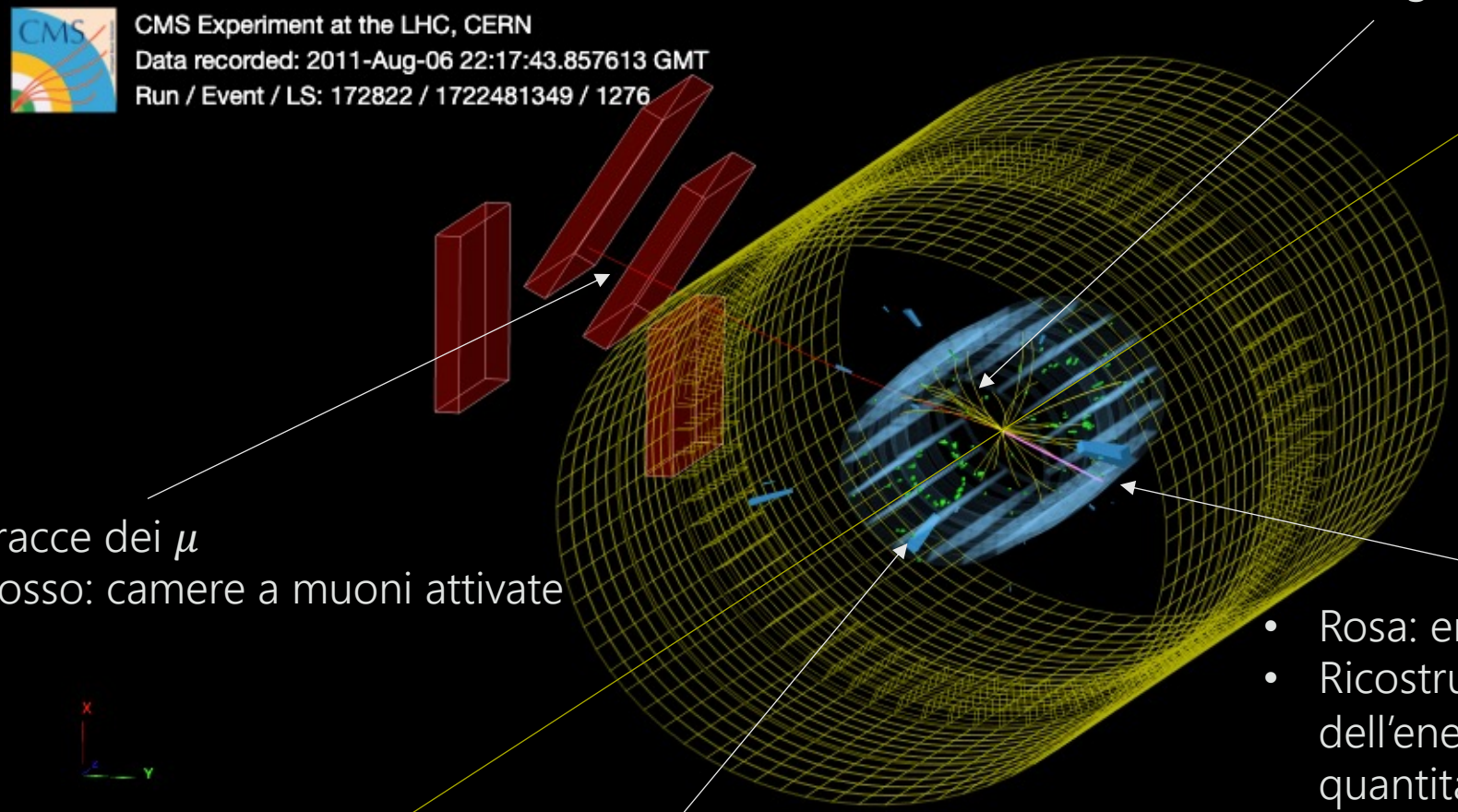
$$e, \mu, \gamma$$

- I **neutrini** interagiscono raramente con la materia→ non riusciamo a ricostruirli direttamente → ne deduciamo la presenza **dall'energia mancante**



Visualizzare eventi in CMS: l'event display ed ispy





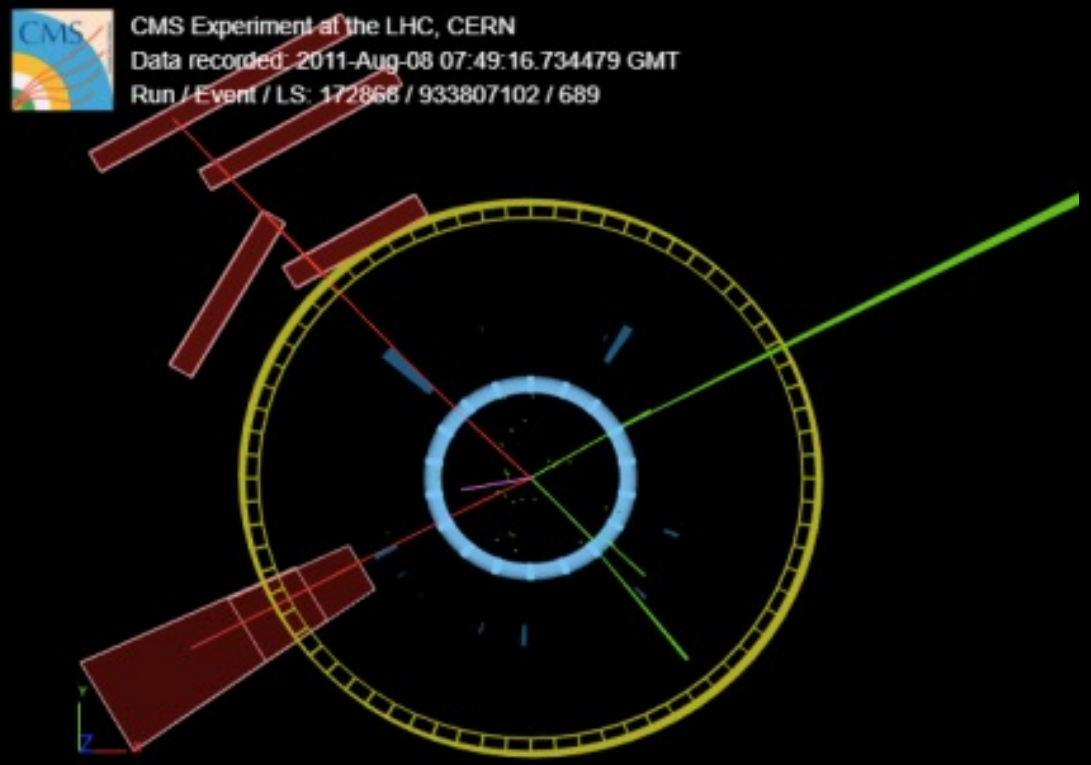
- Tracciatore interno
- Tracce in giallo

Asse del fascio di particelle

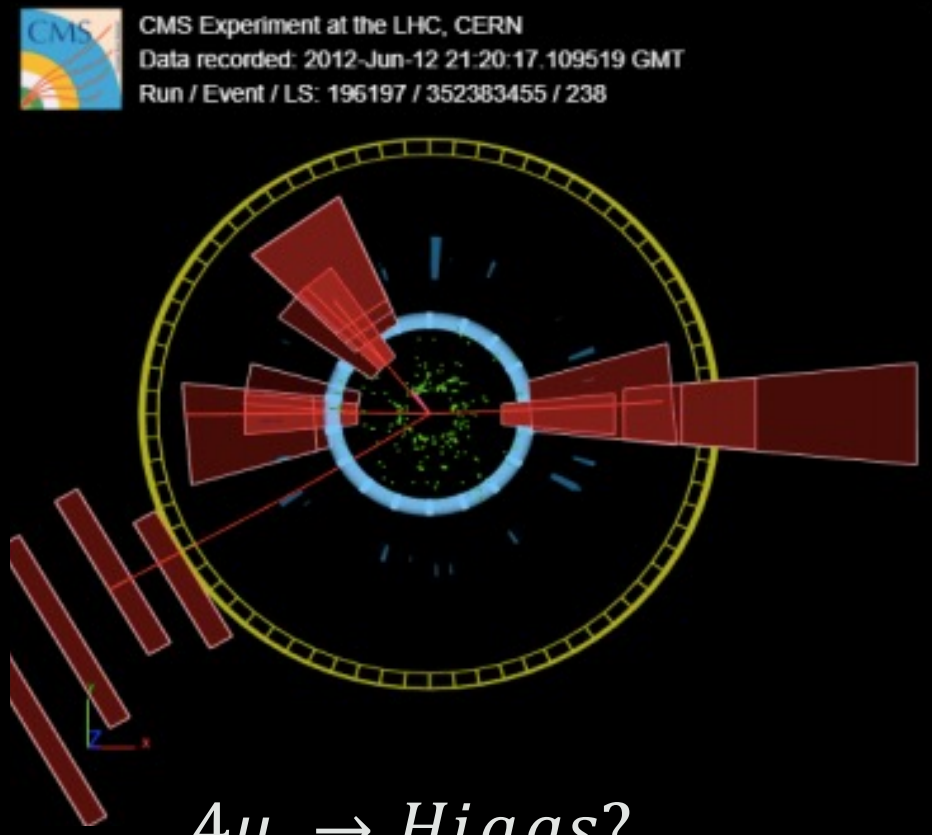
- Tracce dei μ
- Rosso: camere a muoni attivate

- Rosa: energia mancante (neutrini)
- Ricostruita grazie a conservazione dell'energia + conservazione della quantità di moto

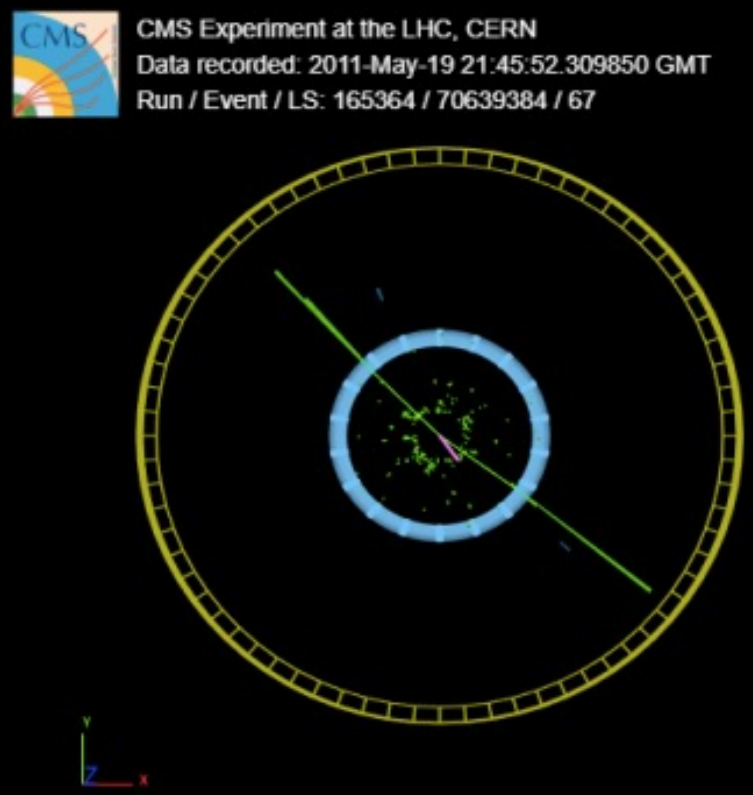
- Blu: calorimetro elettromagnetico
- Depositi di energia: torri verdi/blu



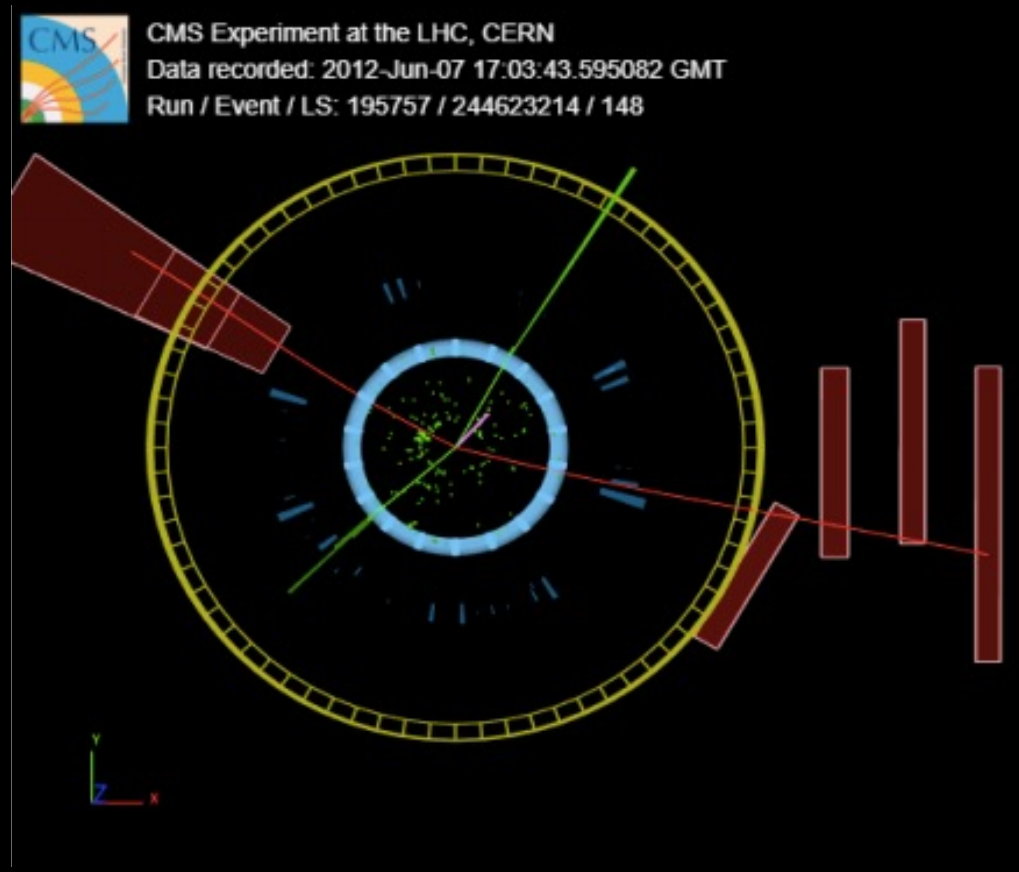
$$2e + 2\mu \rightarrow Higgs?$$



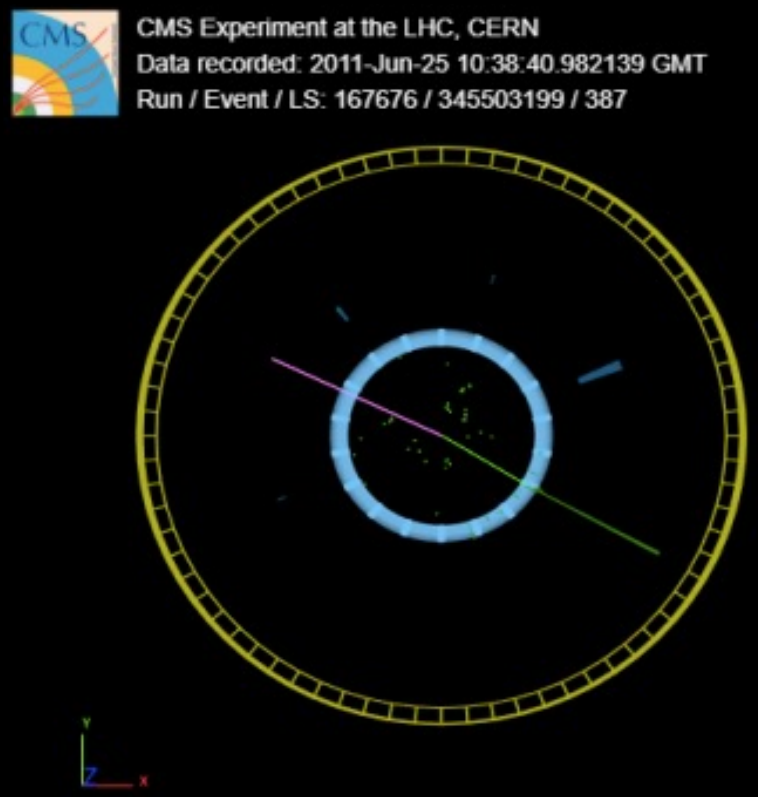
$4\mu \rightarrow Higgs?$



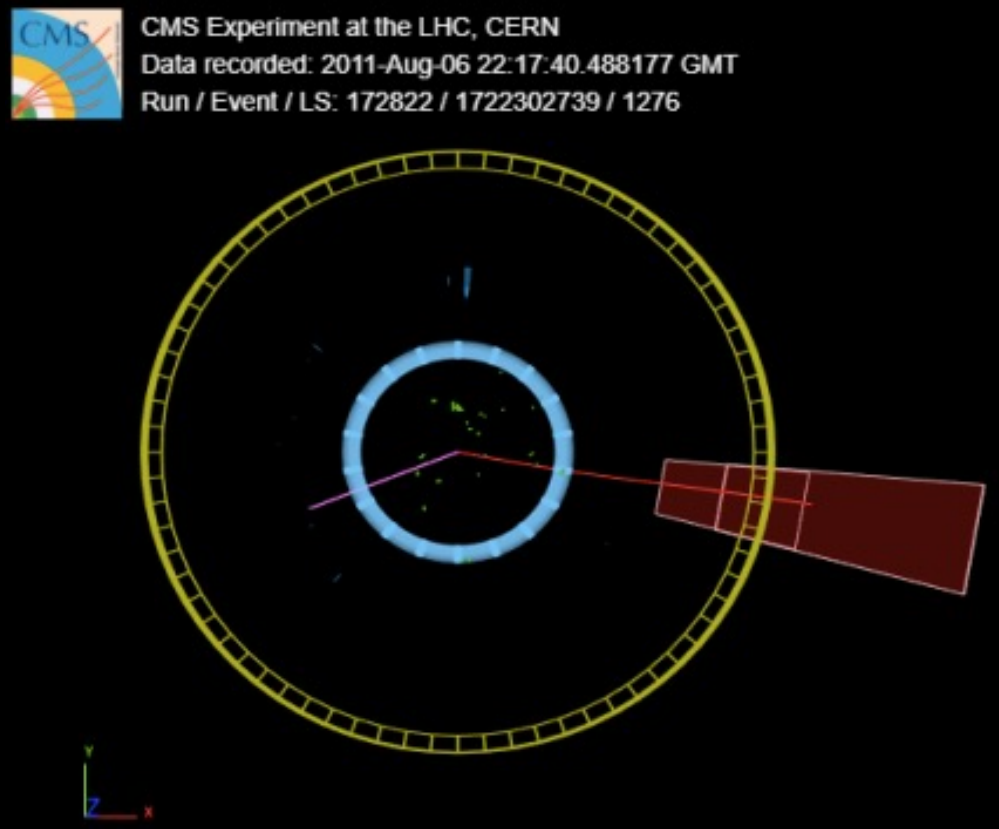
$2e \rightarrow \mathrm{Z}?$



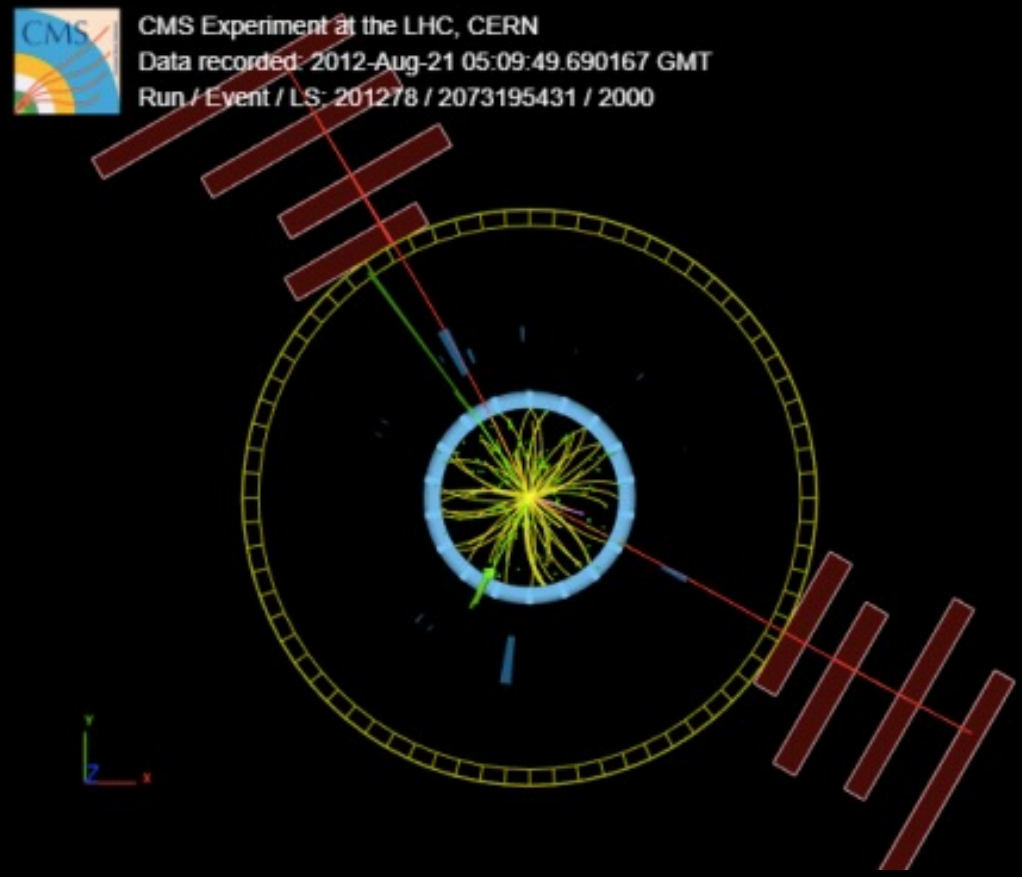
$$2e + 2\mu \rightarrow Higgs?$$



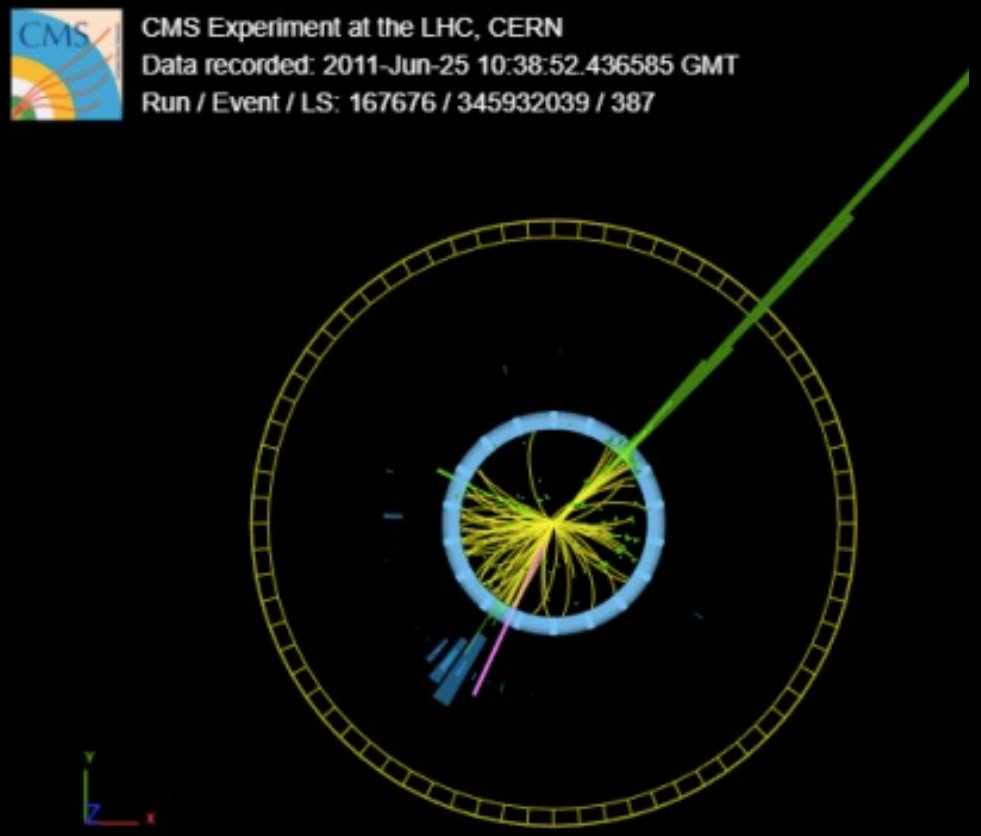
$$e + energia\ mancante \rightarrow W?$$



$$\mu + energia\ mancante \rightarrow W?$$

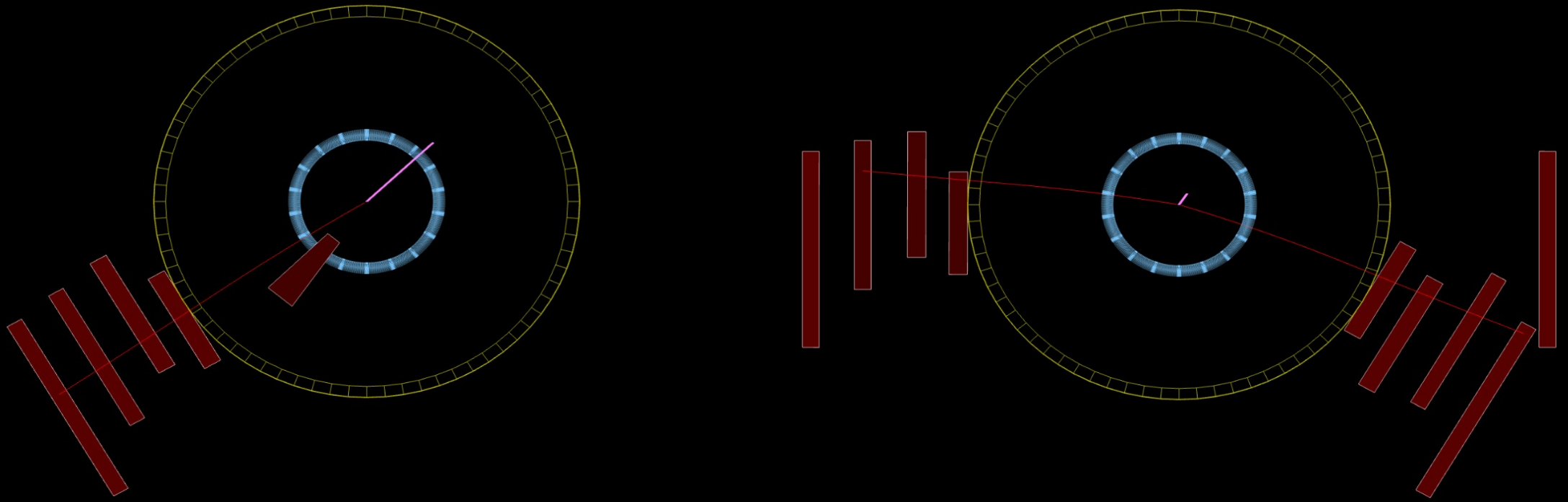


$$2e + 2\mu \rightarrow Higgs?$$

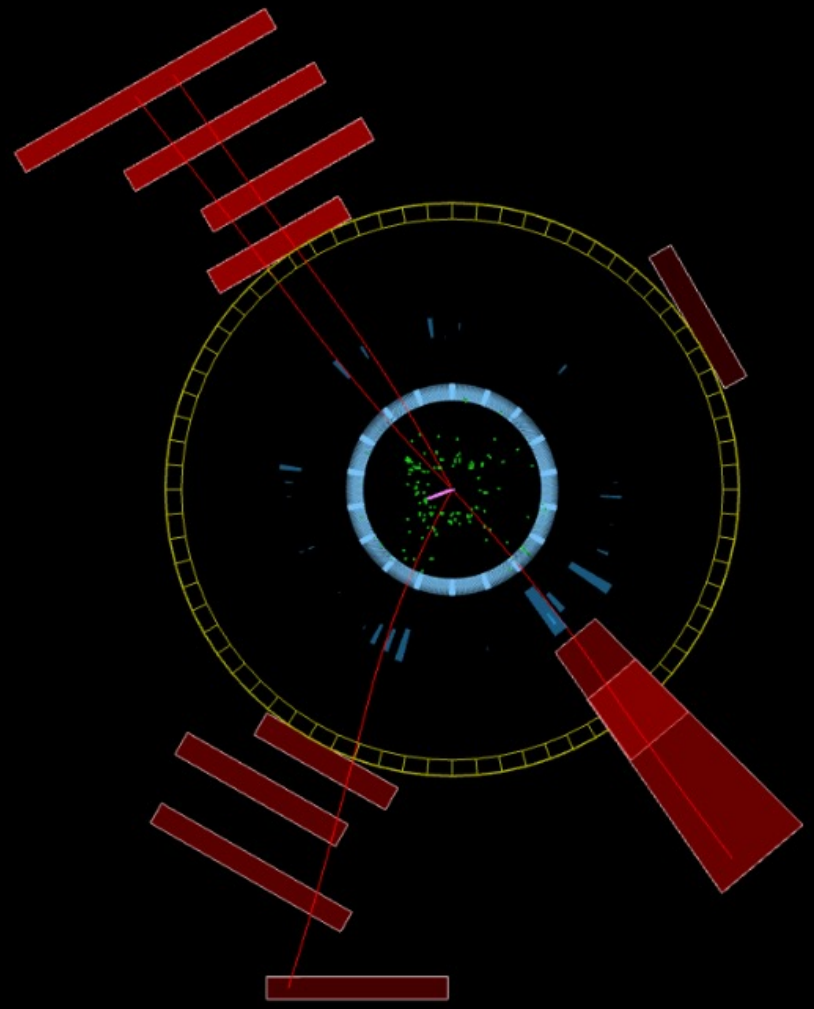


$$2e + energia\ mancante \rightarrow Zoo?\ W + elettroni?$$

Distinguete un W da uno Z?



Riconoscere il bosone di Higgs

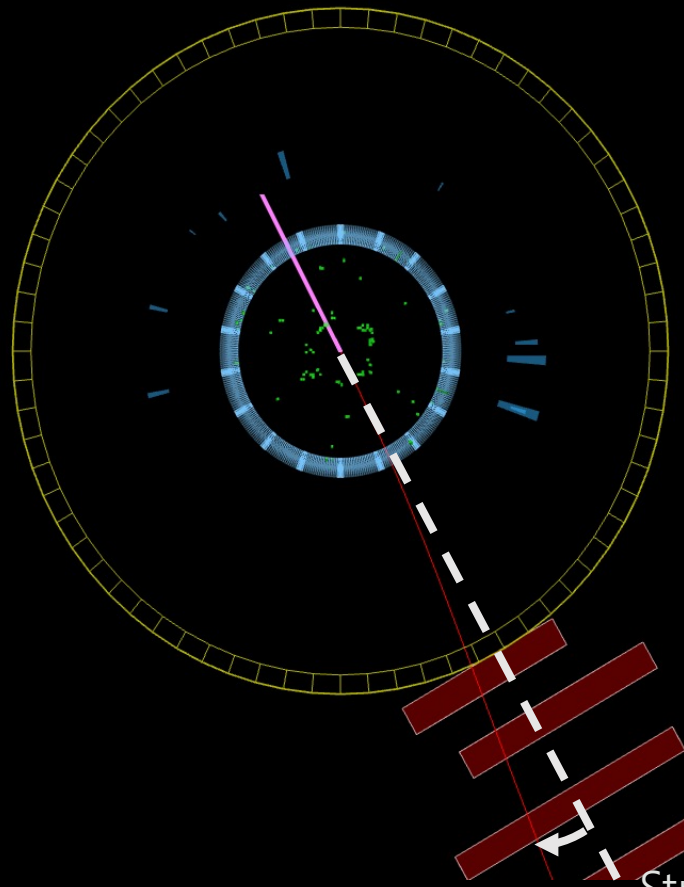


- $H \rightarrow ZZ$
  - $Z \rightarrow e^{\pm}e^{\mp}$
  - $Z \rightarrow \mu^{\pm}\mu^{\mp}$

Riconoscere il bosone di Higgs

- $H \rightarrow \gamma\gamma$
- I fotoni non lasciano segnale nel tracciatore, perché?

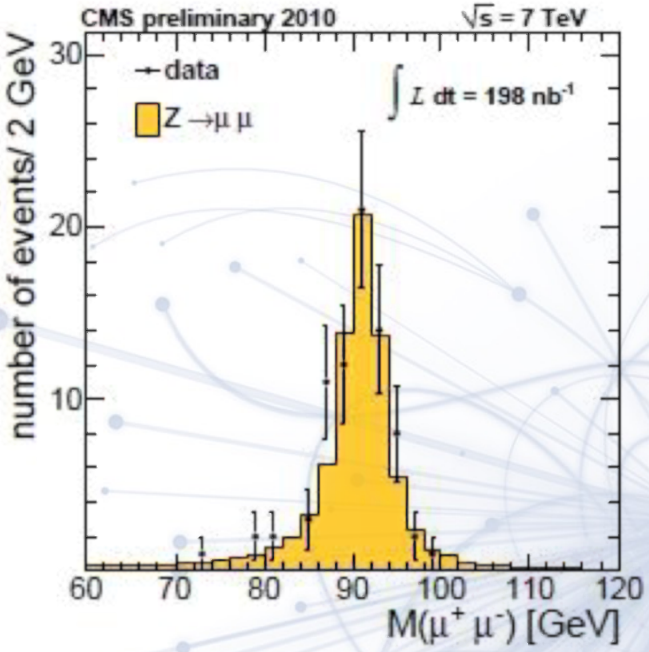
Distinguere la carica delle particelle



- Campo magnetico
- Forza di Lorentz: $\vec{F} = q\vec{v}\times\vec{B}$
- Le particelle cariche curvano
- Regola della mano destra!
- Senso orario: carica positiva

Cose interessanti da calcolare

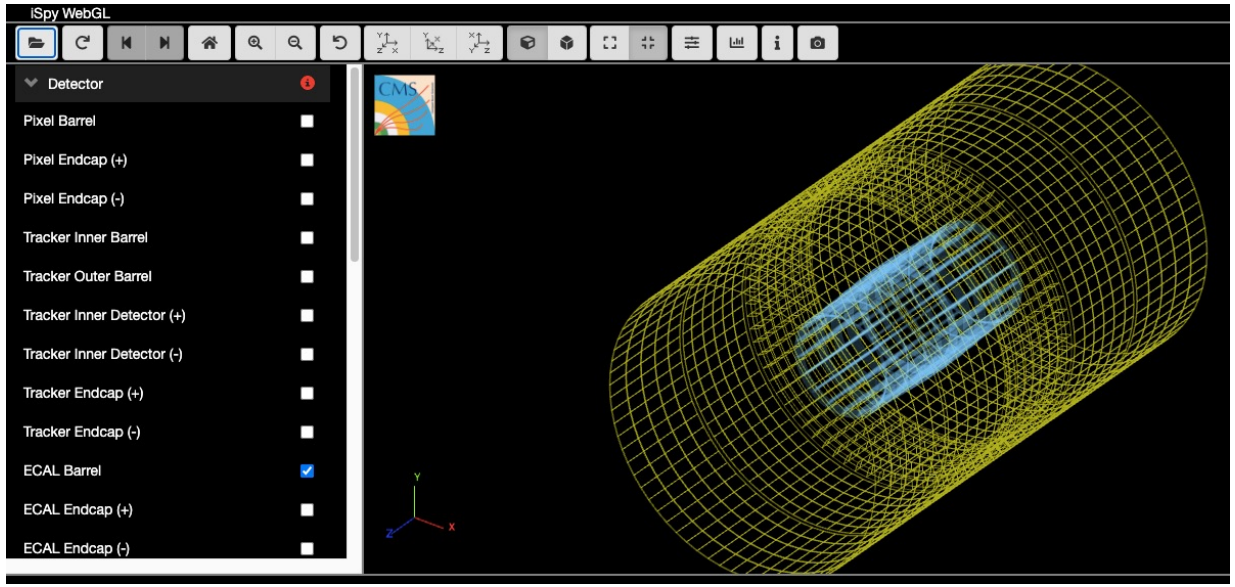
- **Rapporto elettroni/muoni**: idee? Uguali? Uno il doppio dell'altro? Il triplo?
- **Rapporto W+/W-**: idee? Una volta e mezzo l'altro? Cinque volte? Nessun cambiamento?
- **Massa invariante dello Z e dell'Higgs**



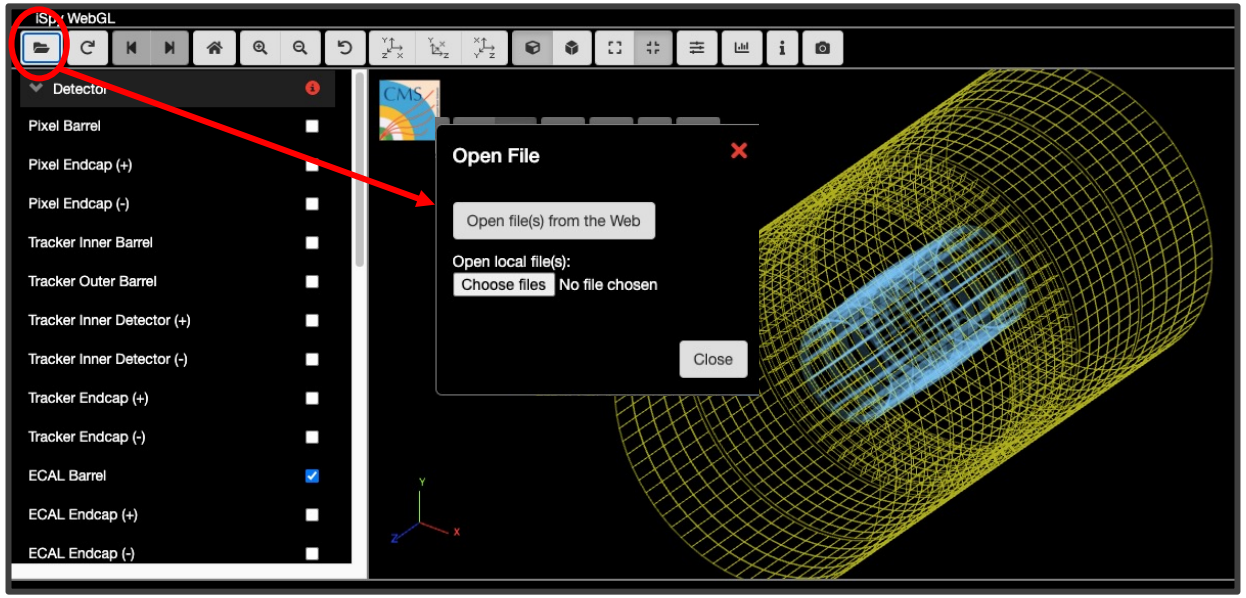
Info pratiche - Link

- CIMA : https://www.i2u2.org/elab/cms/cima-wzh/index.php
  - CERN-01Mar2022 → Perugia2022 → dataset
- Event display: http://go.web.cern.ch/go/tfS9
- CMS masterclass: https://quarknet.org/content/cms-masterclass-documentation

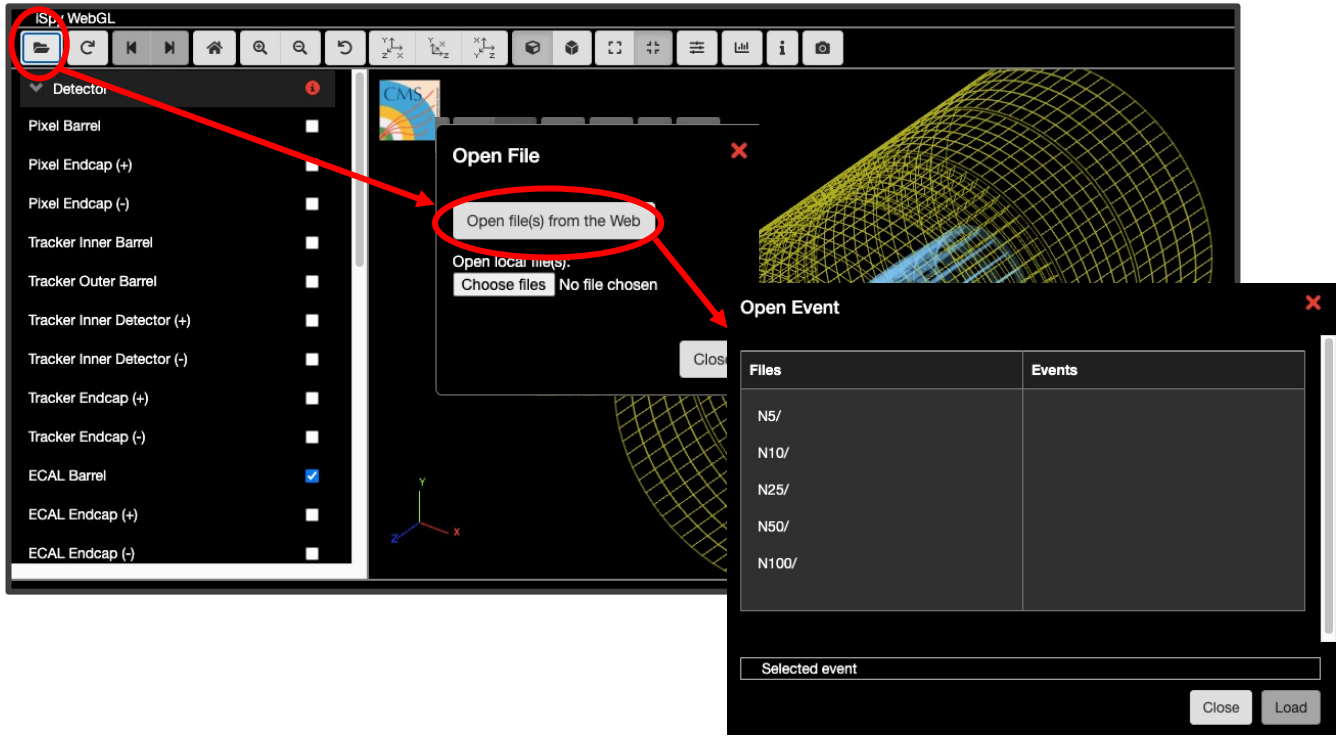
Info pratiche: event display



Info pratiche: event display

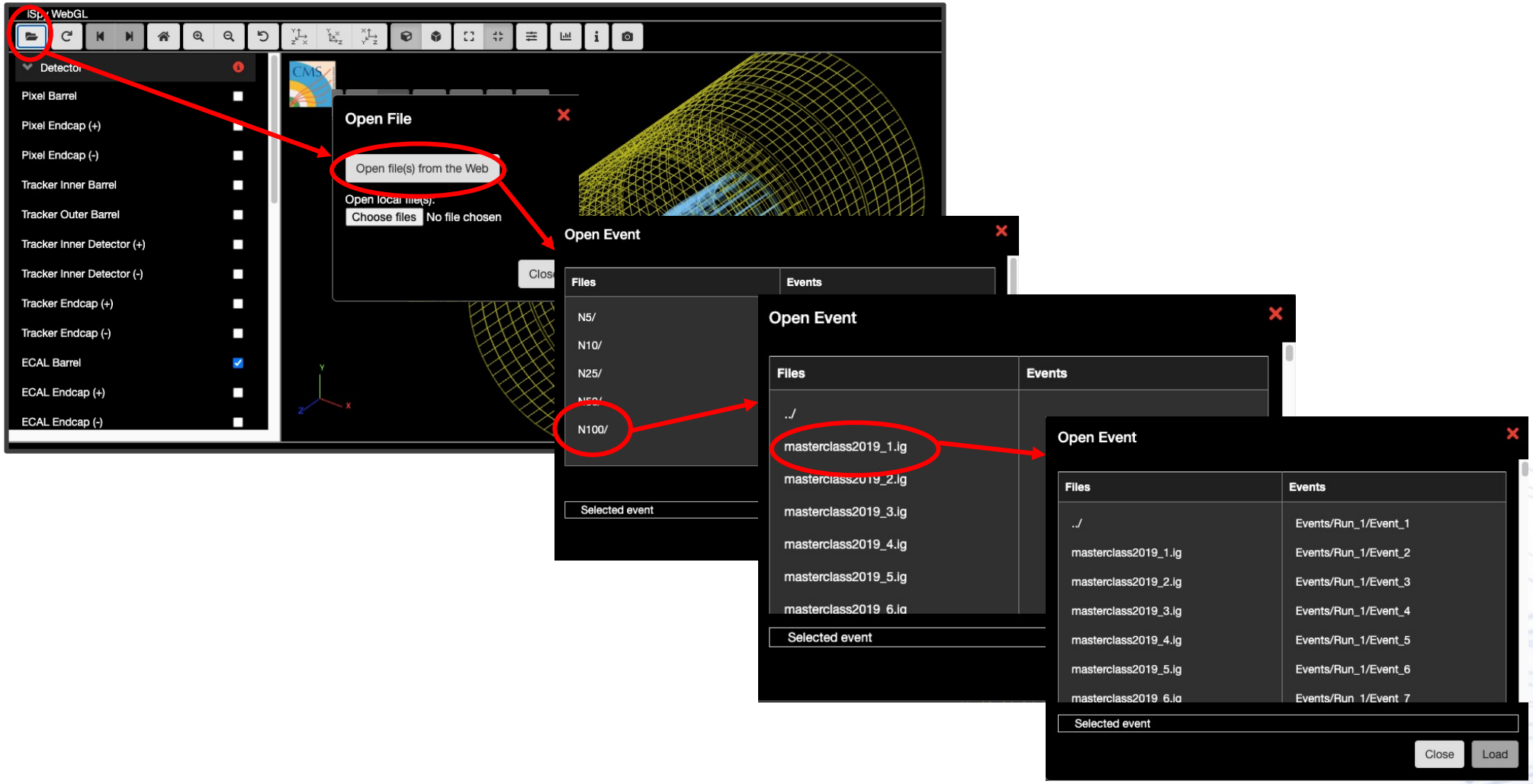


Info pratiche: event display

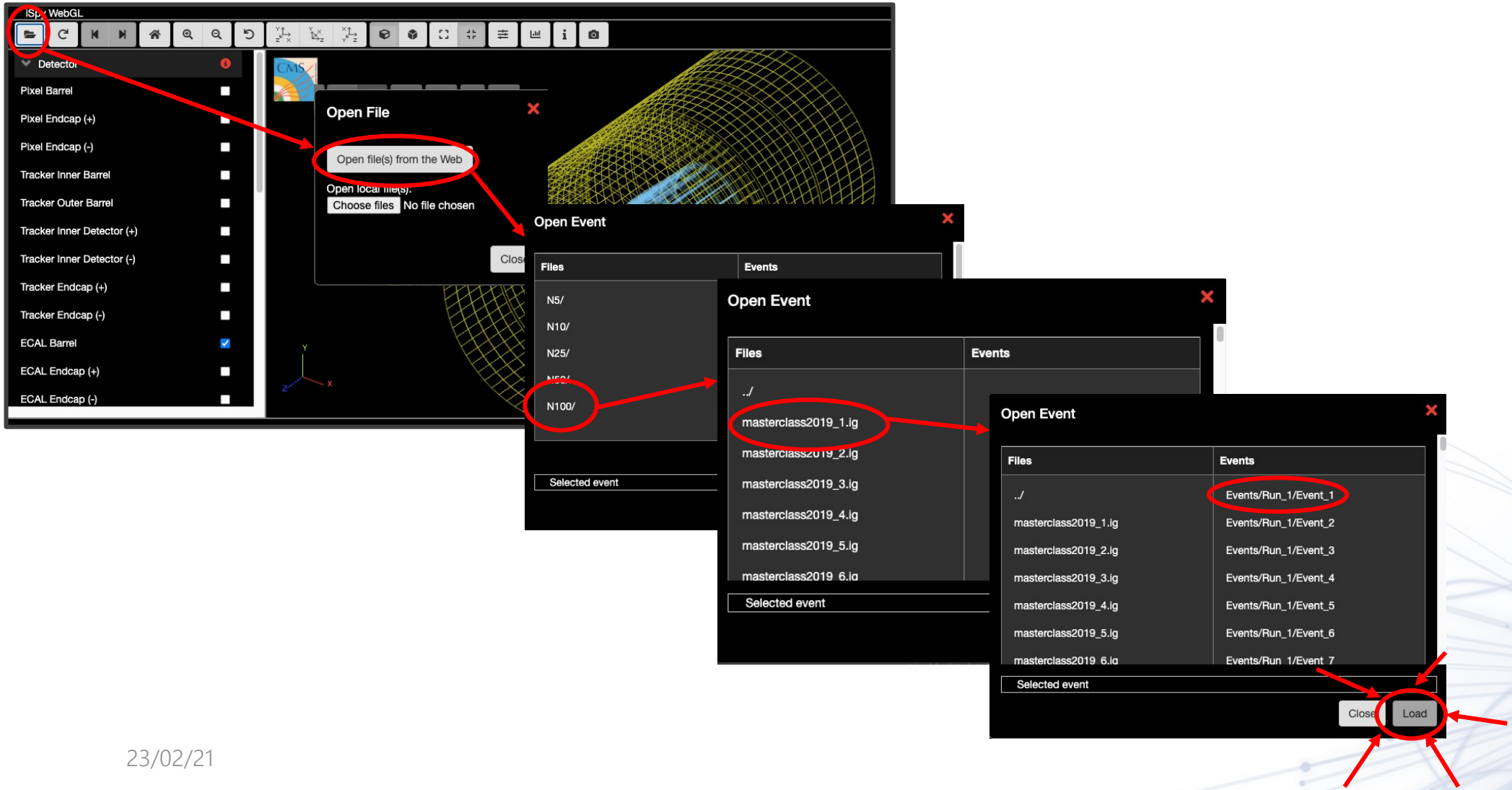


Info pratiche: event display

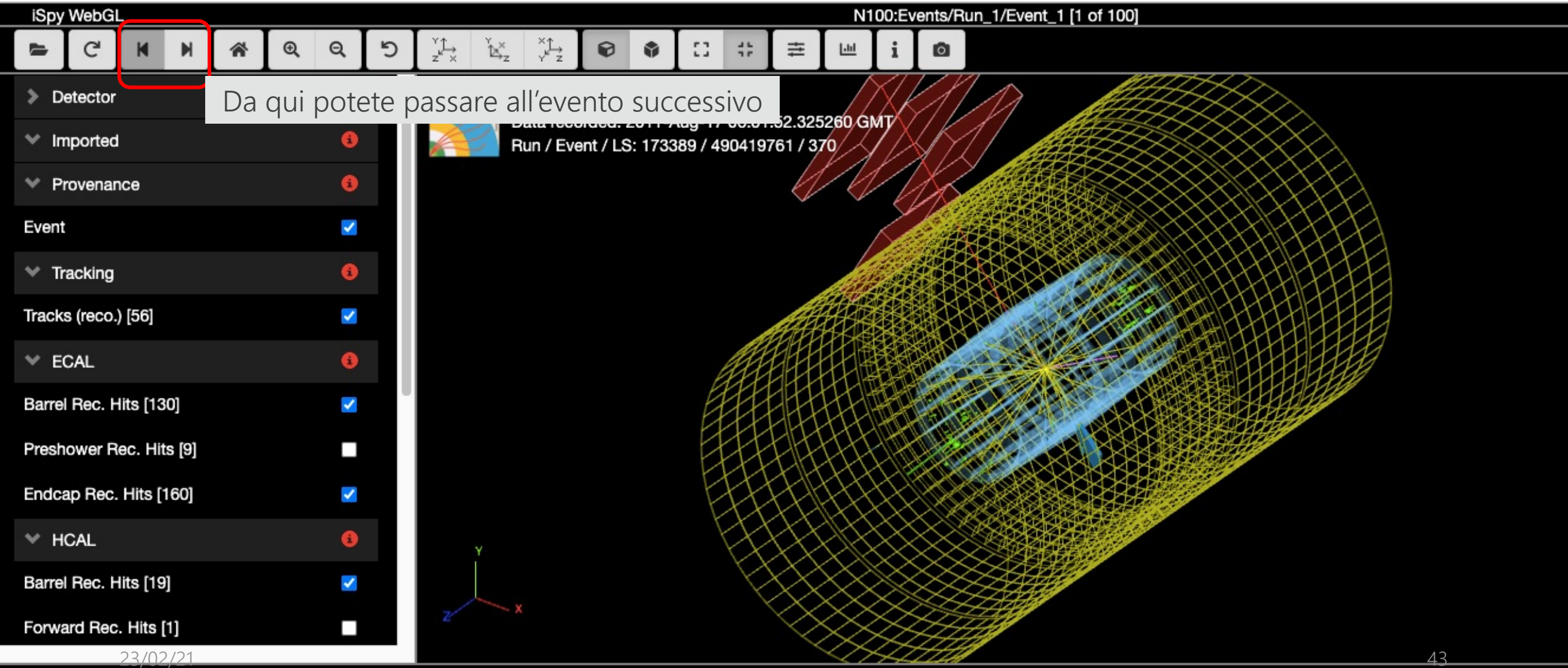
Info pratiche: event display



Info pratiche: event display



Info pratiche: event display



Info pratiche: CIMA

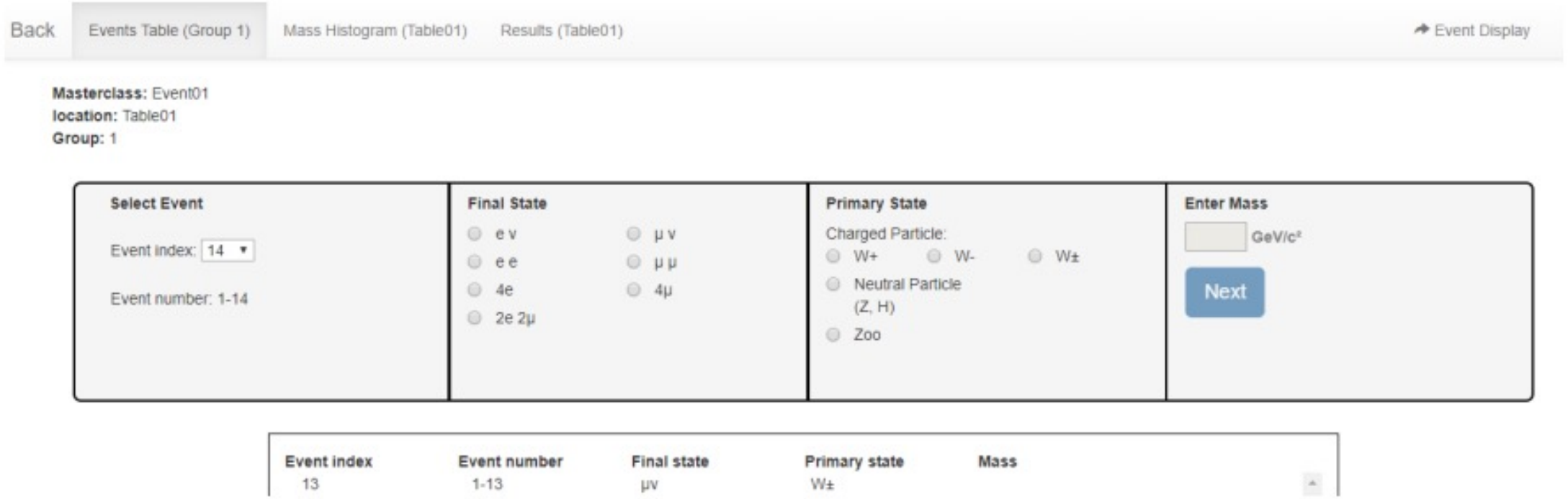
CIMA

CMS Instrument for Masterclass Analysis

Choose your Masterclass	Choose your location	Choose your data file
SampleTables-Jan2021	Trieste2022A	50.1
Kharkov-CMLTP-10Jun2021	Perugia2022	50.11
Medford-15Jun2021	IstanbulOzyegin2022A	50.12
Hammond-24Jun2021	Dimitrovgrad2022	50.13
NotreDame-09July2021	Colmar2022	50.14
CERN-28Jul2021		50.15
CERN-09Jul2021		50.16
VCONF-Stavanger-03Aug2021		50.17
Seattle-10Sep2021		50.18
CERN-Fermilab-HCP-04Sep2021		50.19
Oviedo-12Oct2021		50.2
Test-14Sep2021		50.21
CIEMAT-02Nov2021		50.22
Vilnius-03Dec2021		50.23
CERN-03Dec2021		50.24
Sofia-03Jan2022		50.25
Cantabria_2-5May2022		50.26
Viterbo-16Feb2022		50.27
IDWGS-11Feb2022		50.28
CERN-01Mar2022		50.29
CERN-05Mar2022		50.3
CERN-04Mar2022		50.31
CERN-07Mar2022		50.32
		50.33

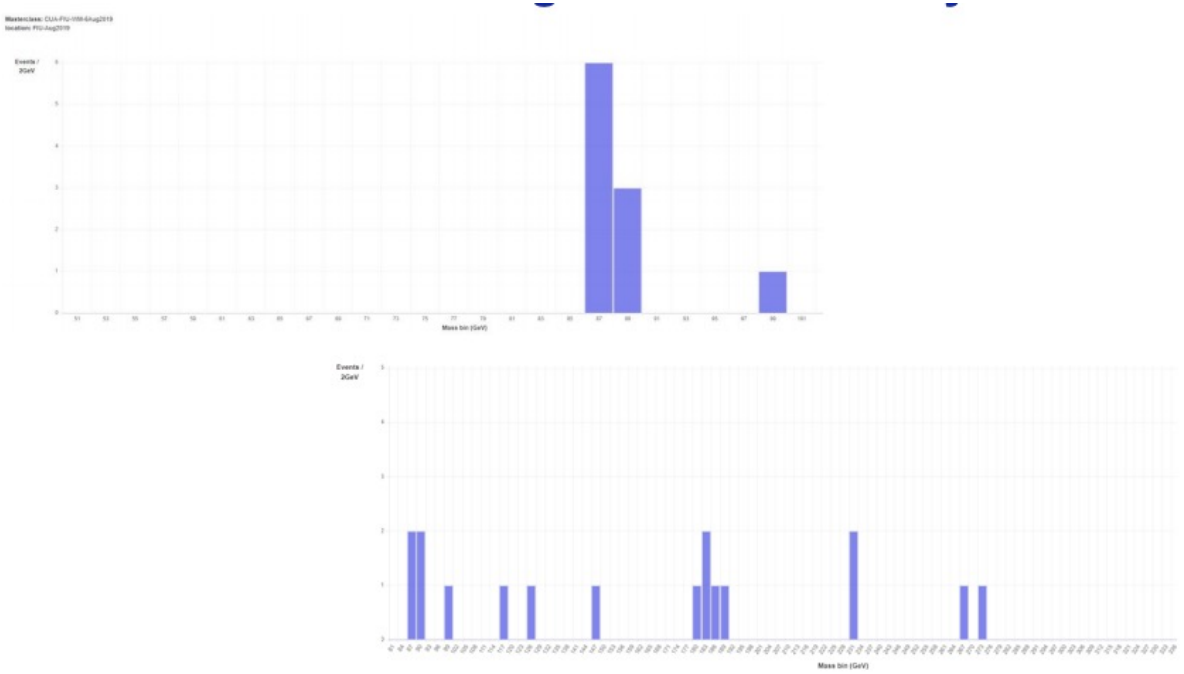
Info pratiche: CIMA

Inserite i dati per ogni evento



Info pratiche: CIMA

CIMA costruisce automaticamente l'istogramma delle masse



e la tabella con i rapporti chiave (e/μ, W^+/W^-)

Back | Events Table (Group 21) | Mass Histogram (FIU-Aug2019) | Results (FIU-Aug2019)

Masterclass: CUA-FIU-WM-6Aug2019
location: FIU-Aug2019

Group	e	μ	W+	W-	W±	Neutral	Zoo	Total
21	26	32	21	21	0	13	0	55
22	41	46	24	38	1	16	1	80
23	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0
25	10	12	10	5	0	5	1	21

Total:

Group	e	μ	W+	W-	W±	Neutral	Zoo	Total
All	77	90	55	64	1	34	2	156

Ratios:

e/μ	W+/W-
0.92	0.86

Esercizi

- Siete in pochi! Un dataset ognuno! Trovate i dataset che abbiamo assegnato in questo foglio Google: http://cern.ch/go/8btt
- Confrontatevi, scambiatevi idee e familiarizzate con l'esercizio
- Nel caso aveste domande non fatevi problemi a scriverci via email:

Matteo Magherini (matteo.magherini@cern.ch),
Valentina Mariani (vmariani@cern.ch),
Matteo Presilla(matteo.presilla@cern.ch)

- Noi ci rivediamo il 1 Marzo alle 14:30!