



CMS Masterclass 2025

Exercise Results

Sabrina Giorgetti

26 Marzo 2025

Università degli Studi di Padova

INFN Sezione di Padova



INFN STEAM Summer Camp 2025 - 13-17 luglio 2025

13-17 Jul 2025
Centro Universitario di Bertinoro (Ce.U.B.)
Europe/Rome timezone

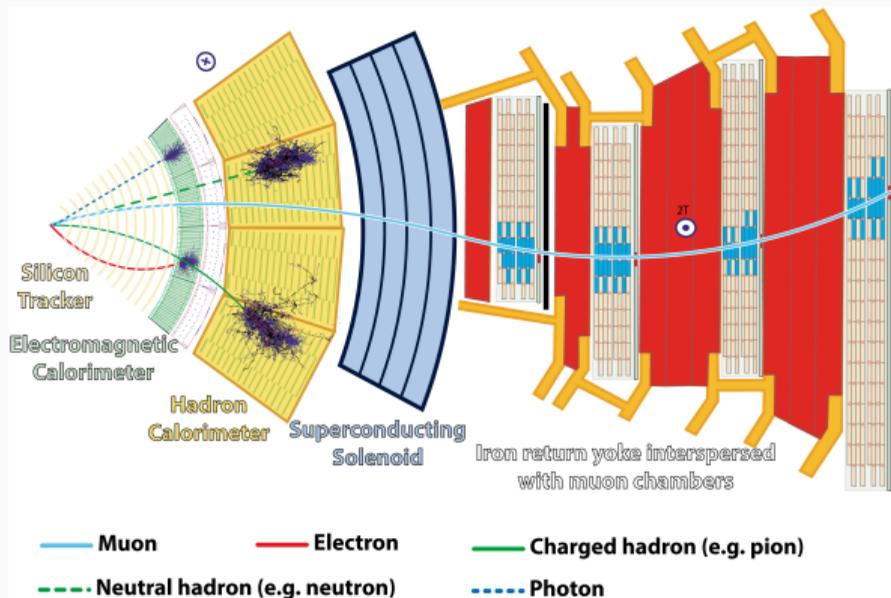
Enter your search term

- STEAM SUMMER CAMP agenda
- Calendario quiz online

Riepilogo

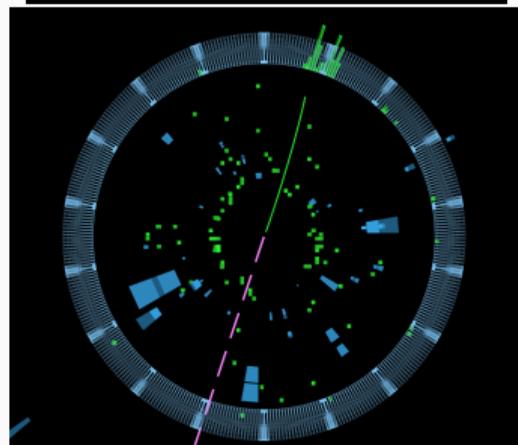
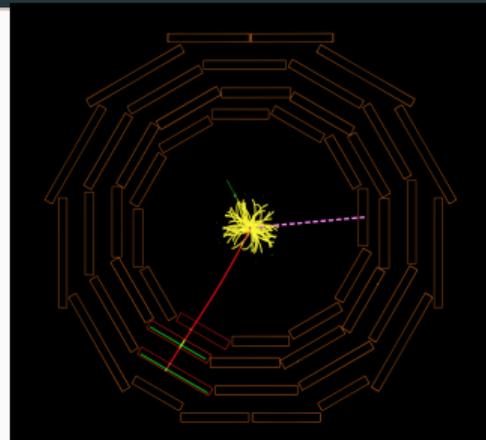
Questions:

- Which detectors did you look for identify muons?
- Which detectors did you look for identify electrons?
- How did you measure the particle charge?



BOSONI W^+ E W^-

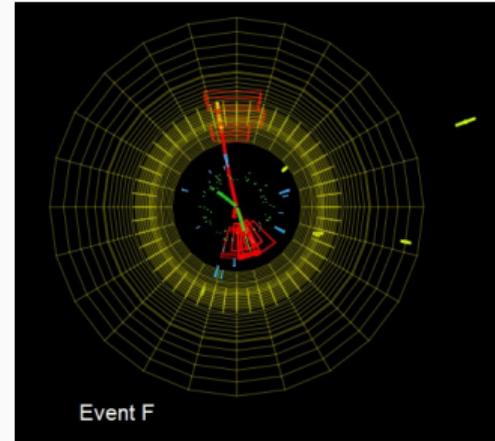
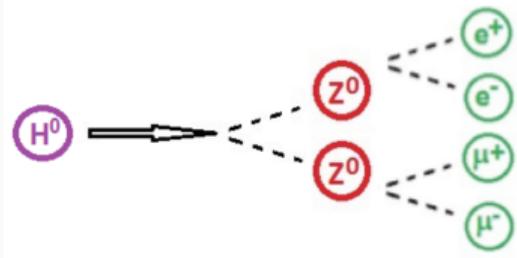
- Il bosone W è mediato dall'interazione debole
- Decadono in muoni o elettroni singoli ed un neutrino ad alta energia non rivelabile (\rightarrow energia mancante E_{miss})
 - $W^+ \rightarrow \mu^+ \nu \rightarrow \mu^+ + E_{\text{miss}}$
 - $W^+ \rightarrow e^+ \nu \rightarrow e^+ + E_{\text{miss}}$
 - $W^- \rightarrow \mu^- \bar{\nu} \rightarrow \mu^- + E_{\text{miss}}$
 - $W^- \rightarrow e^- \bar{\nu} \rightarrow e^- + E_{\text{miss}}$



BOSONI DI HIGGS

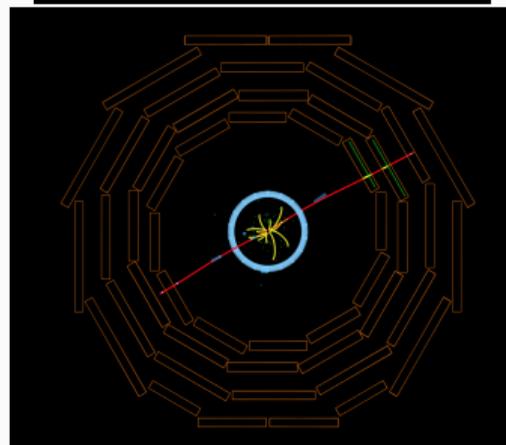
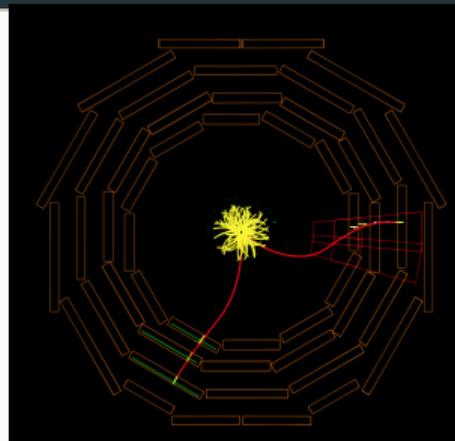
L'Higgs può decadere in svariati modi, noi ci occuperemo di 2 casi:

1. $H \rightarrow Z^0 Z^0$: i bosoni Z^0 poi decadono in coppie di muoni o di elettroni per un totale di 4 tracce



PARTICELLE NEUTRE

- Nel decadimento di particelle neutre, la carica totale **si conserva**, quindi la somma delle cariche dei prodotti di decadimento sarà zero.
- In questi processi non vengono prodotti neutrini, quindi **non ci aspettiamo energia mancante**
- **Decadono in coppie di muoni o elettroni**
 - $NP \rightarrow \mu^+ \mu^-$ ($Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$)
 - $NP \rightarrow e^+ e^-$ ($Z \rightarrow e^+ e^-$)
- I prodotti hanno **carica opposta**, quindi una curvatura con opposto segno di rotazione
- Nel caso di Z^0 le tracce sono molto energetiche e quindi quasi dritte



Discussione risultati

Alla fine dell'esercizio vogliamo misurare:

- il rapporto W^+ / W^-
- il rapporto e / μ
- la massa del bosone Z e di eventuali altre particelle con decadimenti simili presenti nel grafico della massa invariante

Durante la videoconferenza questi vostri risultati verranno combinati con quelli degli altri istituti, che partecipano alla Masterclass. In particolare:

- Ogni istituto presenterà *rapidamente* i propri risultati
- I moderatori combineranno i dati di tutti gli istituti e vi mostreranno l'istogramma di massa della combinazione
- Ci sarà uno spazio dedicato a domande e risposte

Expected results: W^+ / W^- and e / μ ratios

Questions:

- What do you expect the ratio of electron events to muon events to be?
- Is your result consistent with this?
- Why is W^+ more frequent than W^- ?
- What does this ratio tell us about protons?

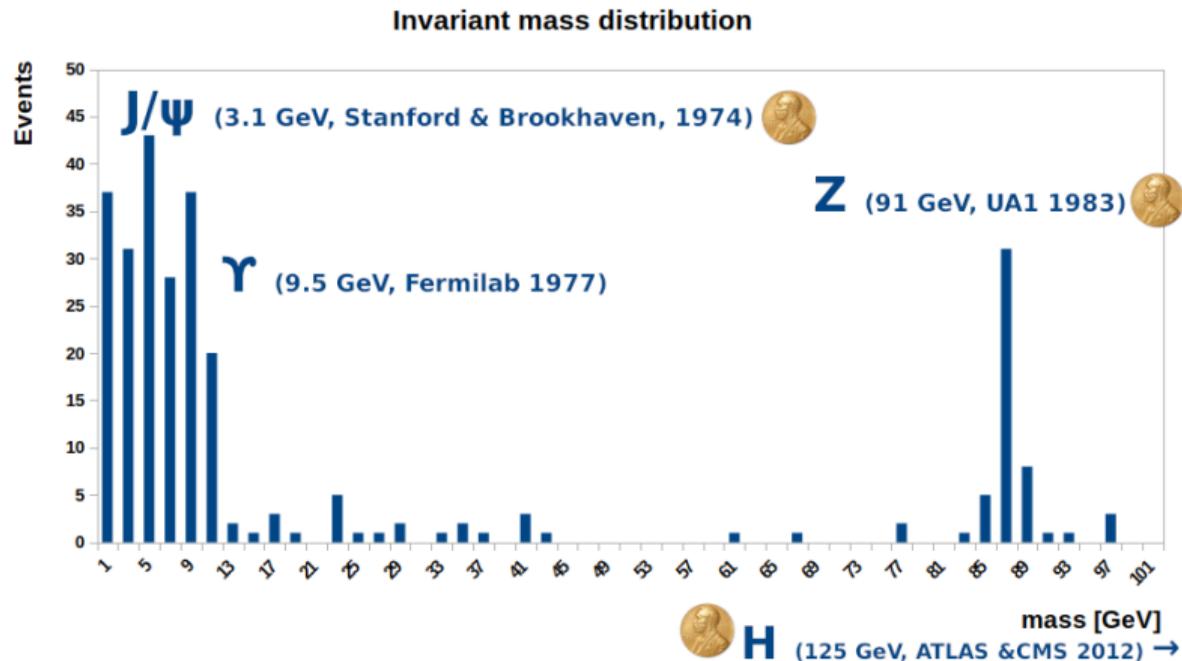
Expected value [ratio e / μ] = 1
Expected value [ratio W^+ / W^-] = 1.4

Muon	Electron	W	W^+	W^-	NP	Zoo
2309	2269	484	1250	967	657	536

Measure [ratio e/μ] = 0.98 ± 0.03

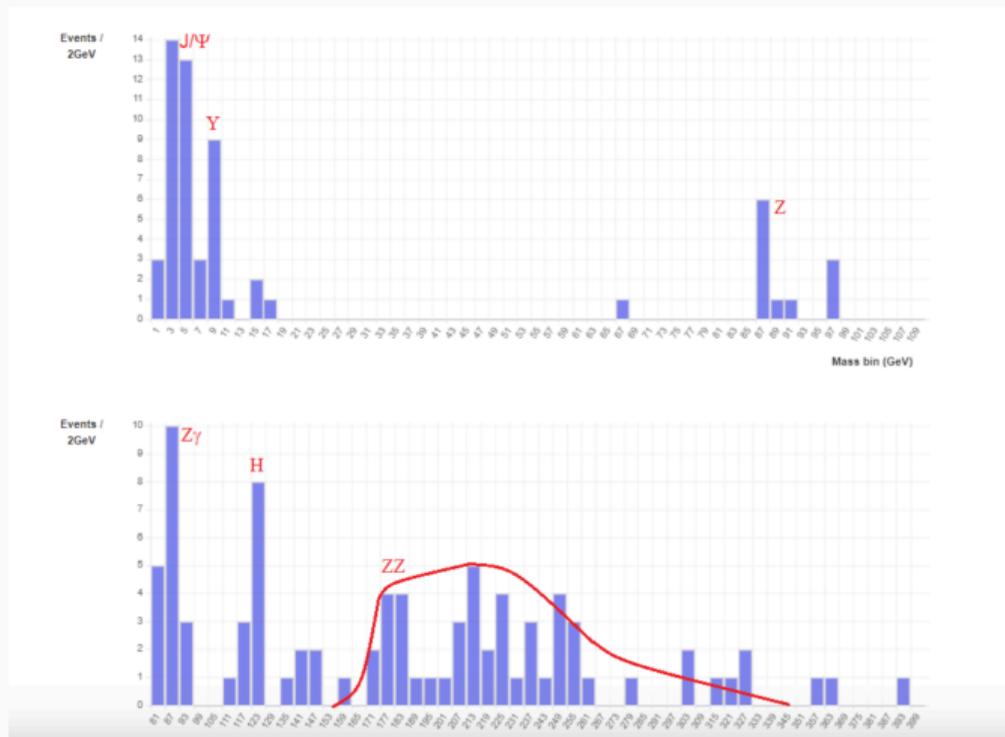
Measure [ratio W^+/W^-] = 1.29 ± 0.06

Invariant mass distribution



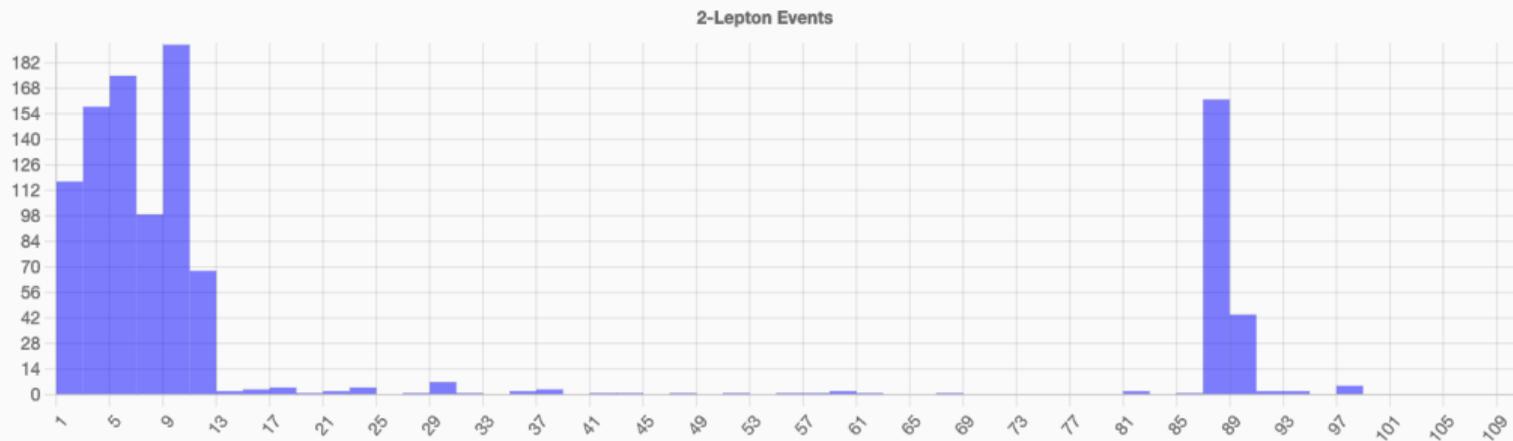
The power of LHC and CMS: 50 years of particle physics and several Nobel prizes in a couple of hours

Invariant mass distribution example

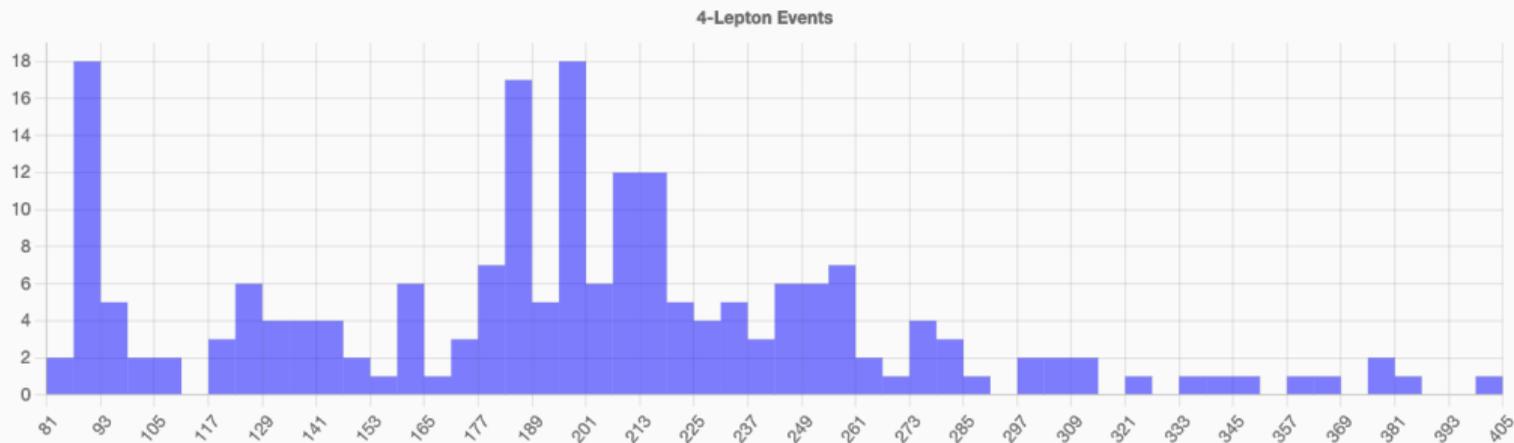


- **Questions:** How many peaks are there in the mass plot? What do the peaks mean?

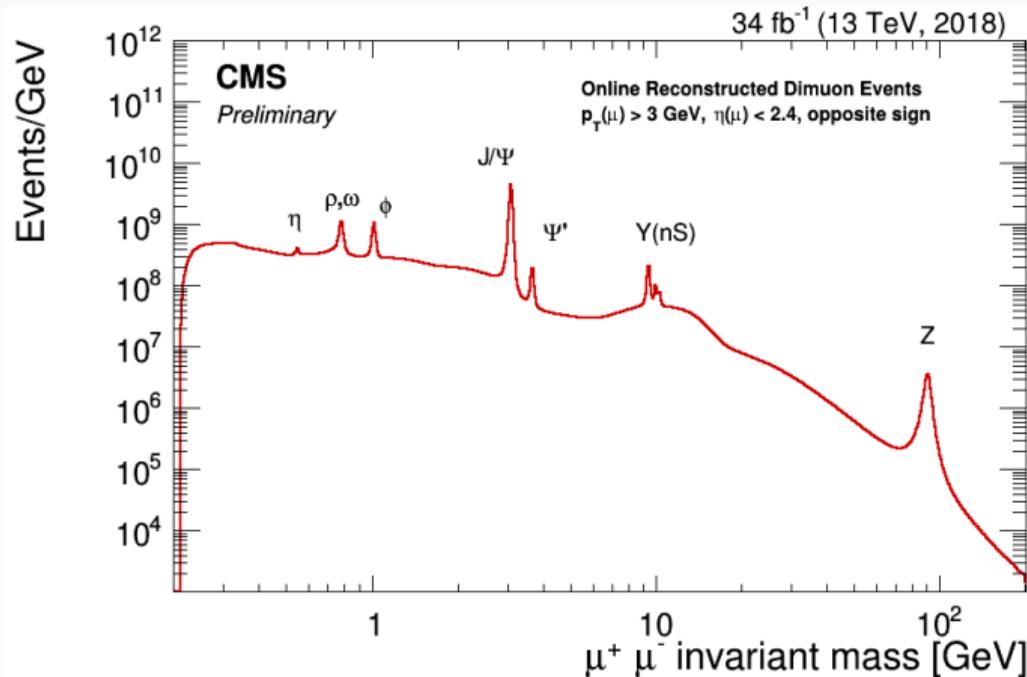
Results from Padova: invariant mass 2-leptons events



Results from Padova: invariant mass 4-lepton events

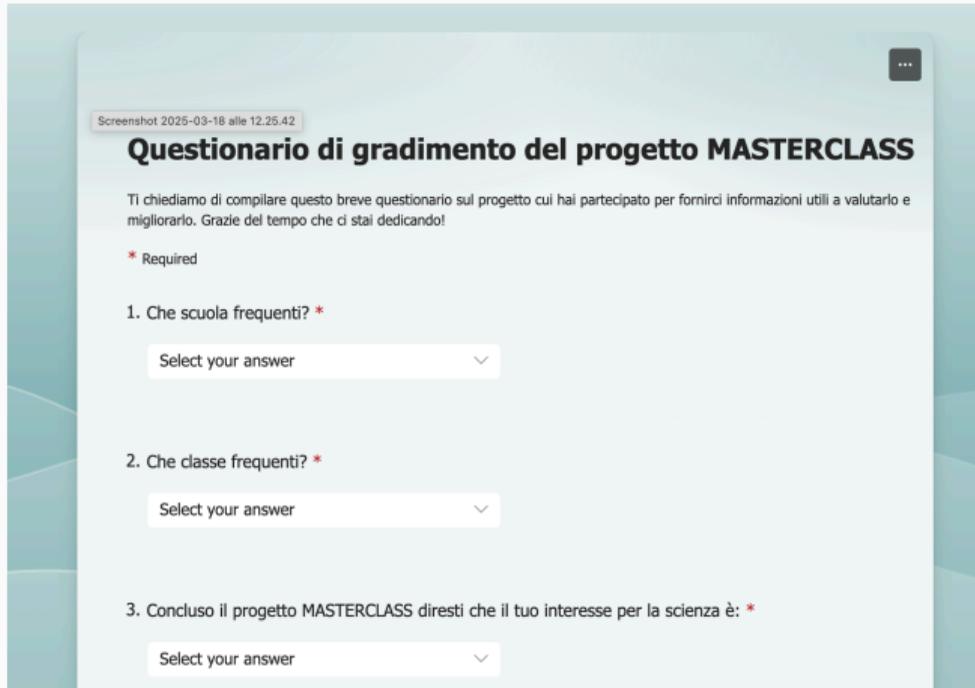


Dimuon invariant mass from CMS



Same idea, more data

Questionario di gradimento



Screenshot 2025-03-18 alle 12.25.42

Questionario di gradimento del progetto MASTERCLASS

Ti chiediamo di compilare questo breve questionario sul progetto cui hai partecipato per fornirci informazioni utili a valutarlo e migliorarlo. Grazie del tempo che ci stai dedicando!

* Required

1. Che scuola frequenti? *
2. Che classe frequenti? *
3. Concluso il progetto MASTERCLASS diresti che il tuo interesse per la scienza è: *

Non dimenticare di compilare il questionario!

INSTITUTIONS

Padova (Italy)

Vilnius (Lithuania)

Kaunas (Lithuania)

Helsinki (Finland)

Split (Croatia)

Possible questions to be asked:

- Life at CERN
- Motivation to do physics
- Life as a scientist