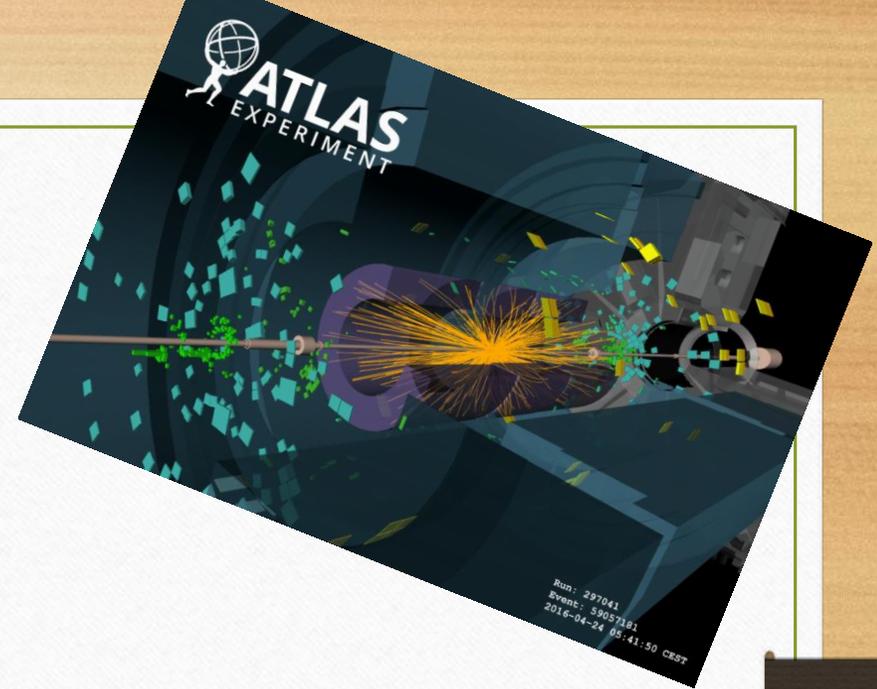
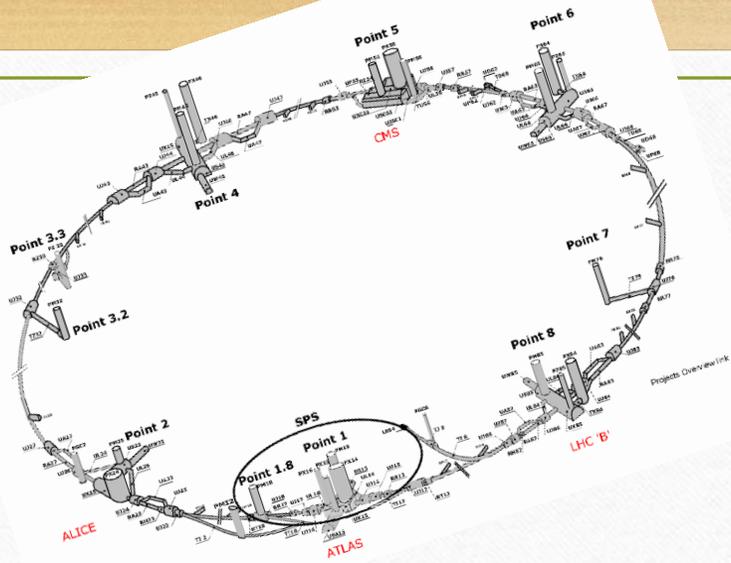


Alternanza Scuola Lavoro  
Estate 2017 INFN

**Analisi dei dati raccolti  
dall' esperimento Atlas  
sul decadimento della  
coppia bosonica**

$$W^{\pm}Z^0$$

**Marco Benfenati & Francesco Innocenti**

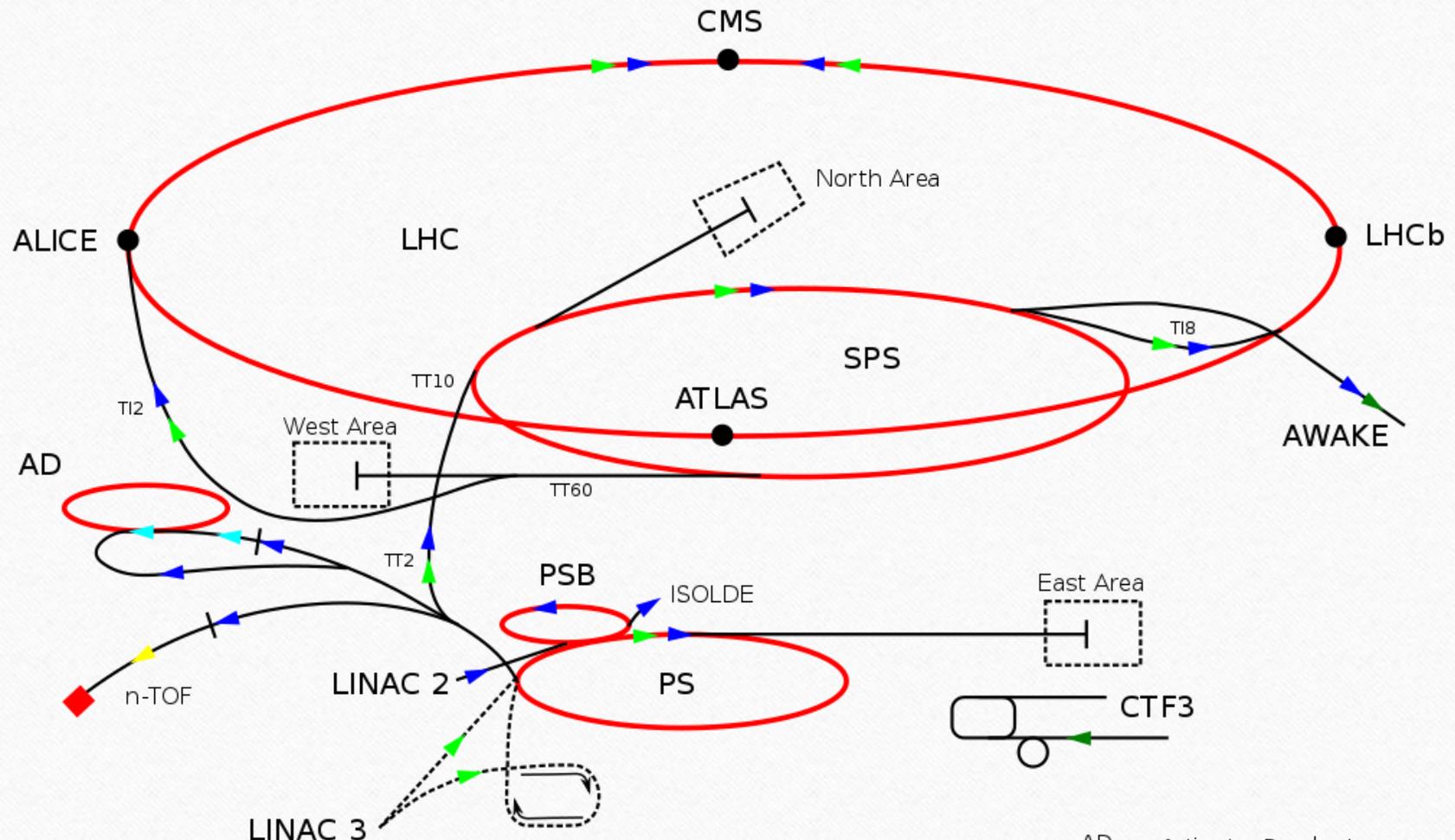


- Nel 1952 dodici Paesi europei riunirono il Consiglio Europeo per la Ricerca Nucleare per fondare un centro europeo all'avanguardia nella ricerca fisica.
- Nel 1954 prende vita il progetto che manterrà l'acronimo CERN come nome e che oggi conta 21 paesi membri.

# Gli Acceleratori

---

- Il complesso degli acceleratori del CERN comprende 7 acceleratori principali, costruiti in vari periodi a partire dalla fondazione dell'istituto.
- Ogni nuova e più potente macchina utilizza le precedenti come «iniettori» al fine di provocare un'accelerazione sempre maggiore che porta gradualmente un fascio di particelle ad energie sempre più elevate.



- ▶ protons
- ▶ antiprotons
- ▶ ions
- ▶ electrons
- ▶ neutrons
- ▶ neutrinos

- PS Proton Synchrotron
- SPS Super Proton Synchrotron
- LHC Large Hadron Collider

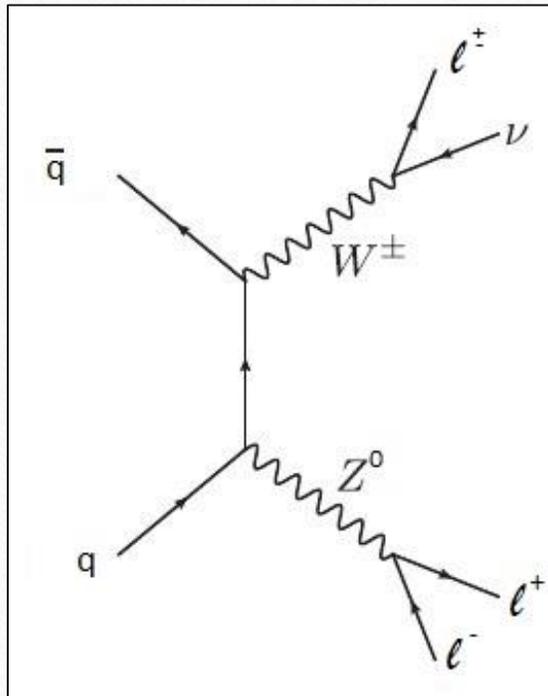
- AD Antiproton Decelerator
- n-TOF Neutron Time Of Flight
- AWAKE Advanced Wakefield Experiment
- CTF3 CLIC Test Facility 3

# COSA ABBIAMMO FATTO ALL' INFN...

---

- Abbiamo analizzato una piccola porzione di dati reali provenienti dall'esperimento Atlas per scoprire tracce di decadimento della coppia bosonica WZ.
- I dati sono stati elaborati da un programma contenuto in una VirtualMachine che permette di fare una selezione delle tracce di maggior interesse.
- Modificando poi i parametri di selezione prestabiliti abbiamo ottenuto istogrammi più chiari e adatti alle nostre esigenze.

# LA COPPIA WZ



Dall'interazione di una coppia di quark/antiquark, entrambi presenti al momento esatto dell'impatto tra protoni, si generano un bosone  $Z^0$  e un bosone  $W^\pm$ .

**Ma come è possibile che all'interno di un protone sia presente un anti-quark?**

## Ecco come...

Tre generazioni della materia (fermioni)

	I	II	III	
massa→	2,4 MeV	1,27 GeV	171,2 GeV	0
carica→	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
spin→	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
nome→	<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b><math>\gamma</math></b> fotone
Quark	4,8 MeV	104 MeV	4,2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b>g</b> gluone
Leptoni	<2,2 eV	<0,17 MeV	<15,5 MeV	91,2 GeV
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b><math>\nu_e</math></b> neutrino elettronico	<b><math>\nu_\mu</math></b> neutrino muonico	<b><math>\nu_\tau</math></b> neutrino tauonico	<b><math>Z^0</math></b> forza debole
	0,511 MeV	105,7 MeV	1,777 GeV	80,4 GeV
	-1	-1	-1	$\pm 1$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	<b>e</b> elettrone	<b><math>\mu</math></b> muone	<b><math>\tau</math></b> tauone	<b><math>W^\pm</math></b> forza debole

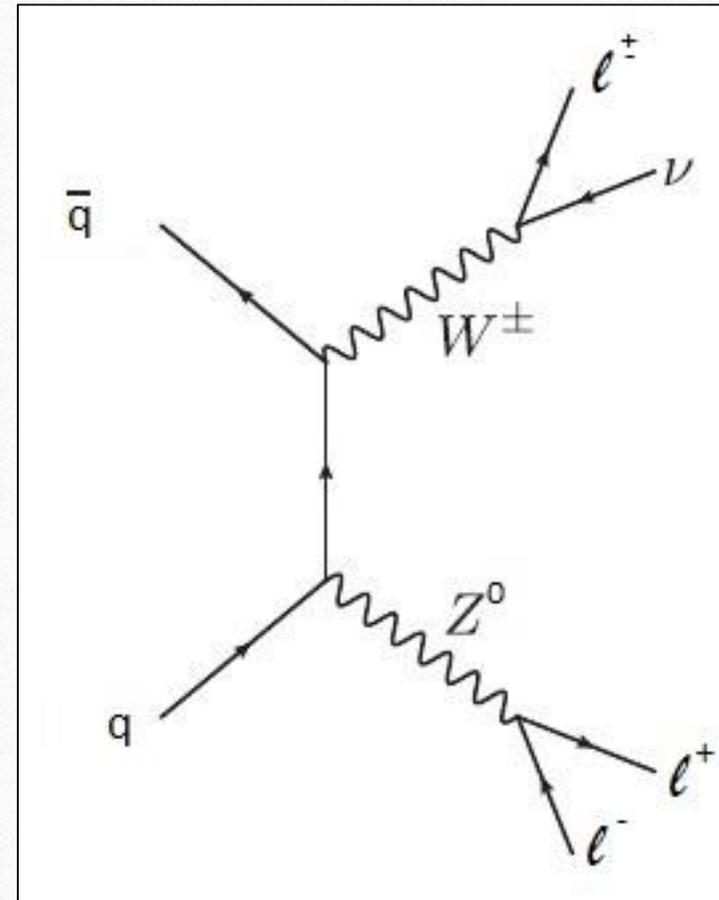
Bosoni di gauge

- All'interno di un protone si formano e annichilano in continuazione coppie particelle-antiparticelle.

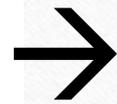
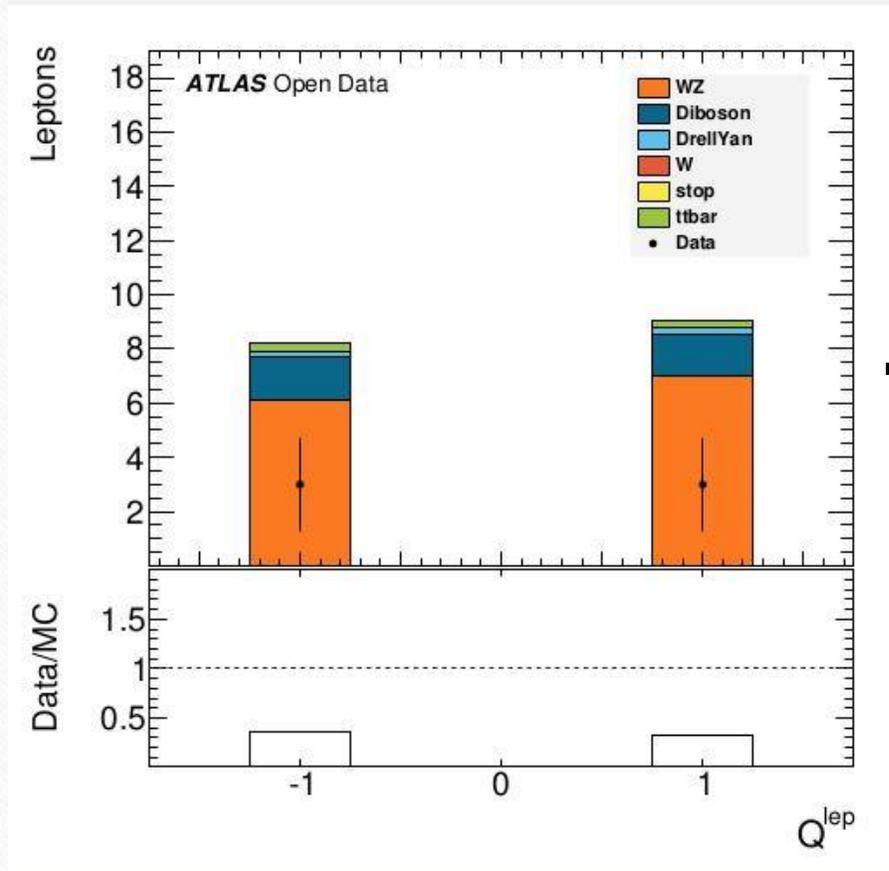
Se durante la formazione di una di queste coppie all'interno di un protone avviene una collisione con un altro protone allora è possibile che un quark e un anti-quark interagiscano tra loro ad alte energie dando luogo per esempio ad un decadimento WZ.

- Infatti W ha un'energia di circa 80 GeV e Z ha un'energia di circa 91 GeV, livelli molto alti se paragonati all'energia di un protone a riposo che ammonta a circa 1 GeV.

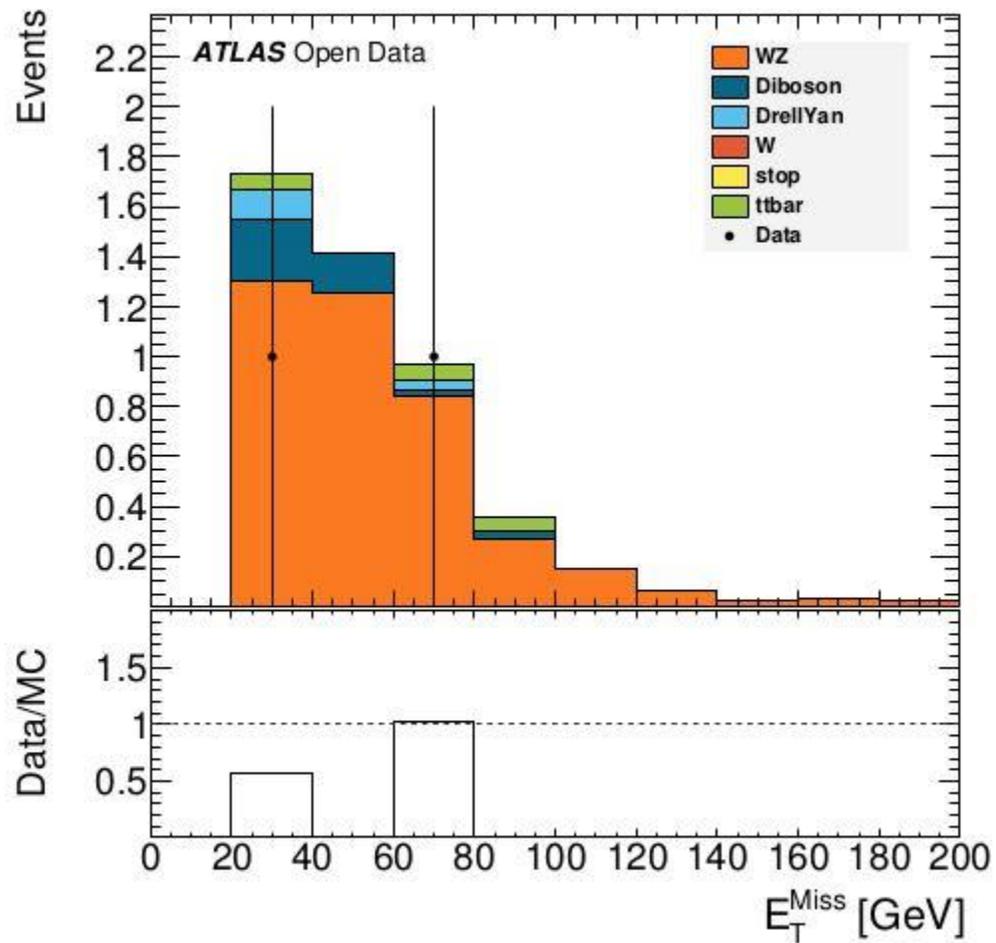
- Come si osserva dal diagramma di Feynman relativo al decadimento della coppia WZ, ci si aspetta la formazione di tre leptoni e un neutrino.
- Dunque nei parametri del programma eseguiamo un taglio che limiti la selezione di dati a **tre** leptoni di carica positiva o negativa e una determinata quantità di energia mancante in quanto il neutrino non è rivelabile.



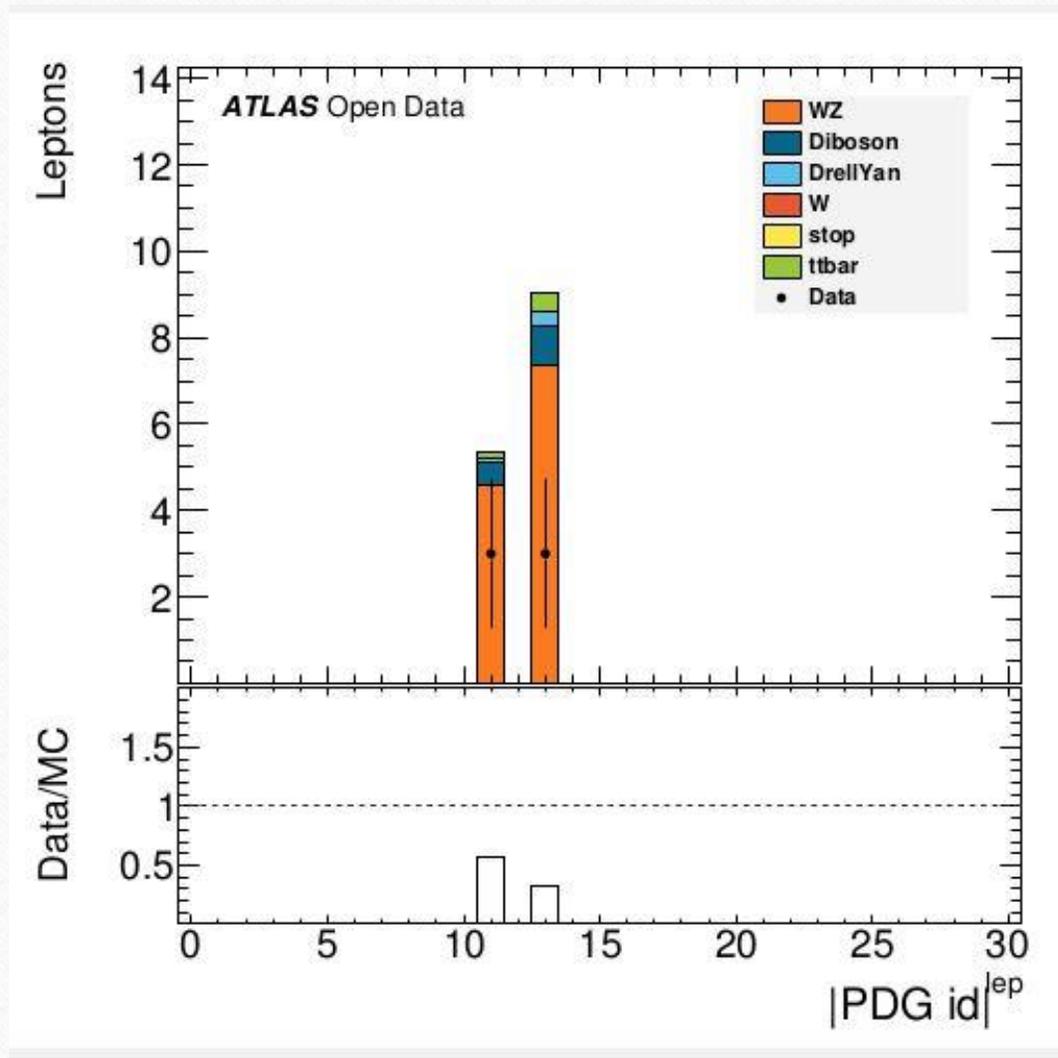
- Dalla nostra prima analisi dati abbiamo ottenuto solamente 2 eventi caratterizzati da una coppia WZ



6 leptoni totali di cui 3 carichi positivamente e 3 negativamente → ne deduciamo che entrambi gli eventi siano stati semileptonici.

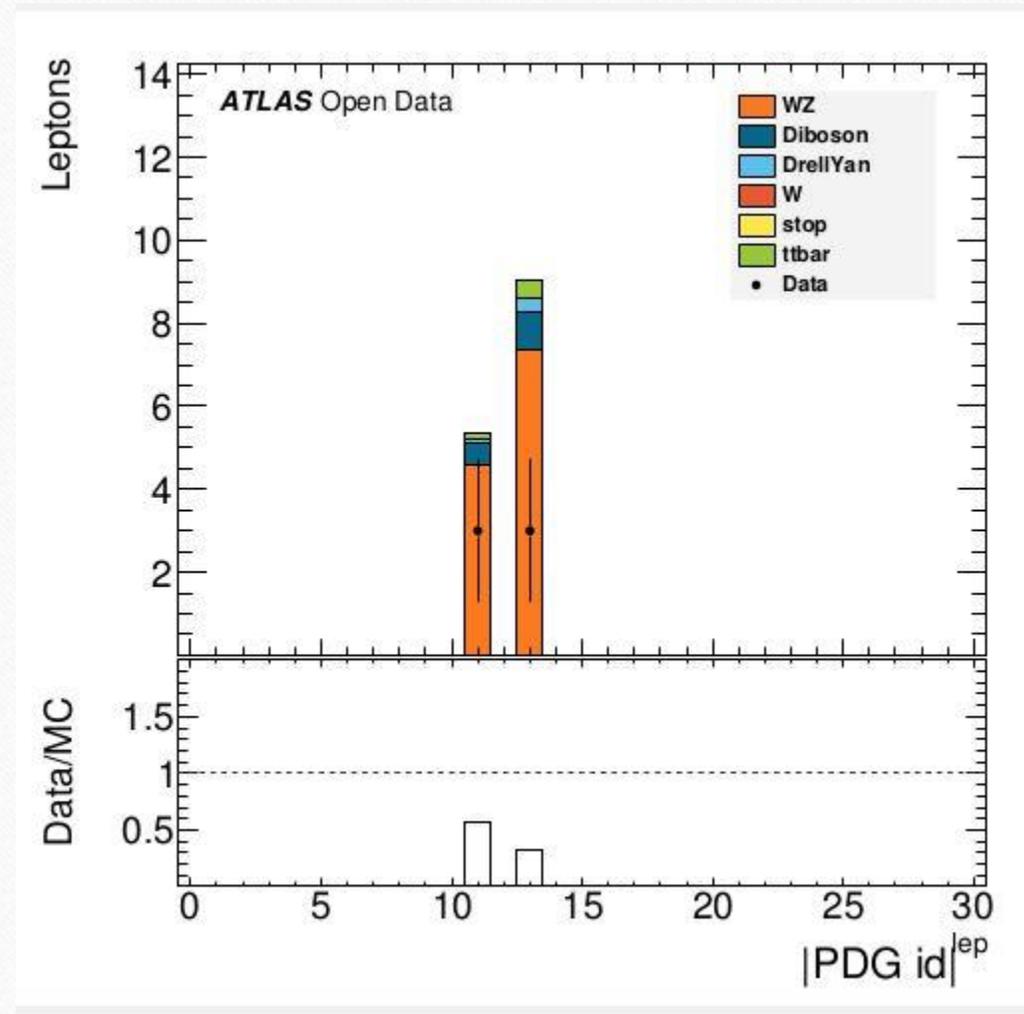


Come ulteriore conferma otteniamo una determinata quantità di energia mancante che, con un grado di approssimazione accettabile, possiamo attribuire alla presenza di neutrini sfuggiti alla rivelazione.



Successivamente abbiamo osservato che i leptoni prodotti dal processo di decadimento erano tutti elettroni (PDG id 11) e muoni (PDG id 13).

Ci siamo domandati se, eliminando il taglio limitante l'analisi di leptoni Tau, avremmo potuto ottenere risultati che comprendessero anche queste particelle (PDG id 15)



Come potete  
chiaramente  
osservare...



...I risultati sono  
stati alquanto  
deludenti

# Bottom line...

---

- La nostra idea di che cos'è e come funziona la fisica delle particelle è molto cambiata dopo questi pochi giorni passati insieme, ciò che non è cambiato è la nostra passione per questo mondo tanto piccolo quanto affascinante.
- Marco è sempre più vicino a diventare servo di «Python» e schiavo della comunità di dottori.
- Francesco invece è sempre più lontano dalla servitù di subordinazione e ligia obbedienza alla grande mamma matematica.

# MA CHI SIAMO NOI?

---

*Siamo due studenti del Liceo Galvani di Bologna, entrambi (chi più chi meno) vicini all'ultimo anno scolastico prima dell'Università.*

*Abbiamo un forte interesse «privato» per la fisica di frontiera, entrambi sogniamo di poter far collimare il Modello Standard e le leggi della Gravità.*

*Nell'attesa di compiere la grande impresa, leggiamo libri di scienziati e divulgatori, da Hawking a Kaku, da deGrasse Tyson a Rovelli.*

*Siamo anche adolescenti più o meno normali che viaggiano e fanno come divertirsi in compagnia dei loro amici.*