

Borse di studio GARR
Orio Carlini

Unparameterized characterization of Big Data samples

Annalisa Feliziani

Tutor: Prof. Nicola Turini

INFN, Sezione di Pisa

Interazioni Fondamentali e SM

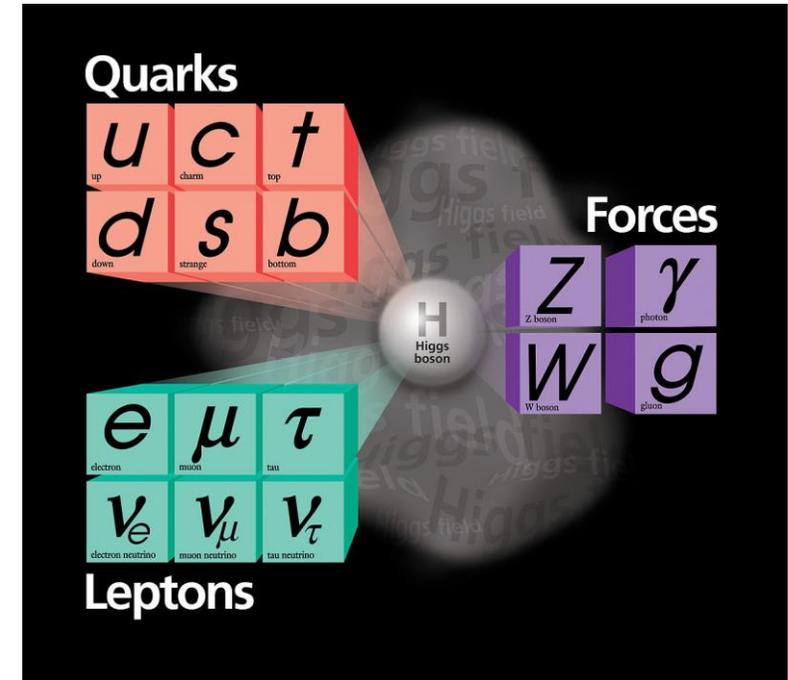
- Fisica delle particelle

- Interazioni fondamentali:

- Gravitazionale
- Forte
- Debole
- Elettromagnetica

Rientrano nello
stesso modello

↓
Modello Standard (SM)

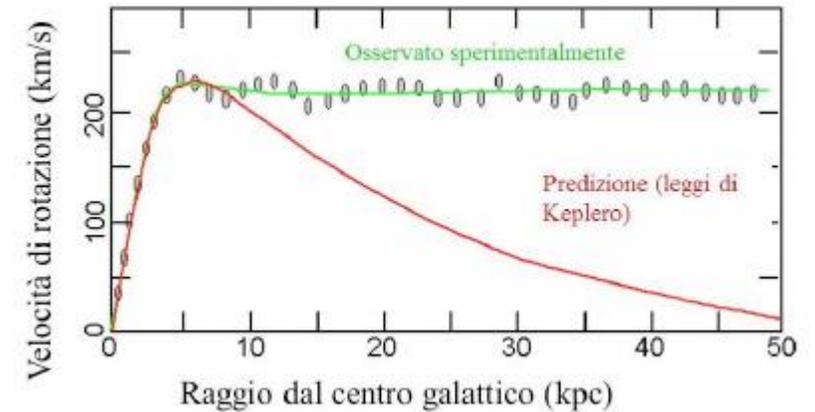
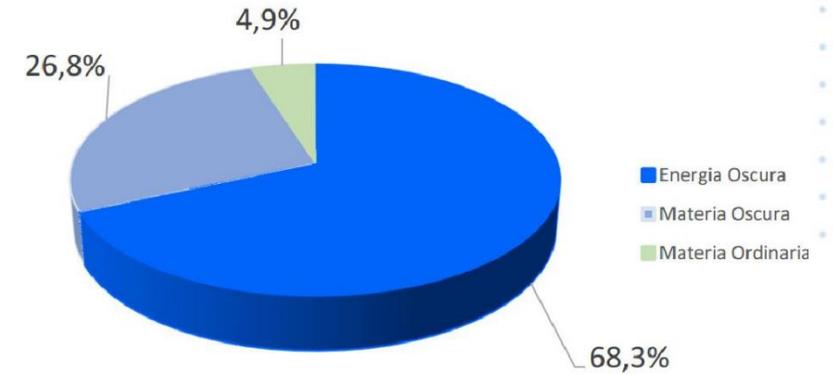


Modello Standard: definitivo?

Alcune tra le questioni irrisolte:

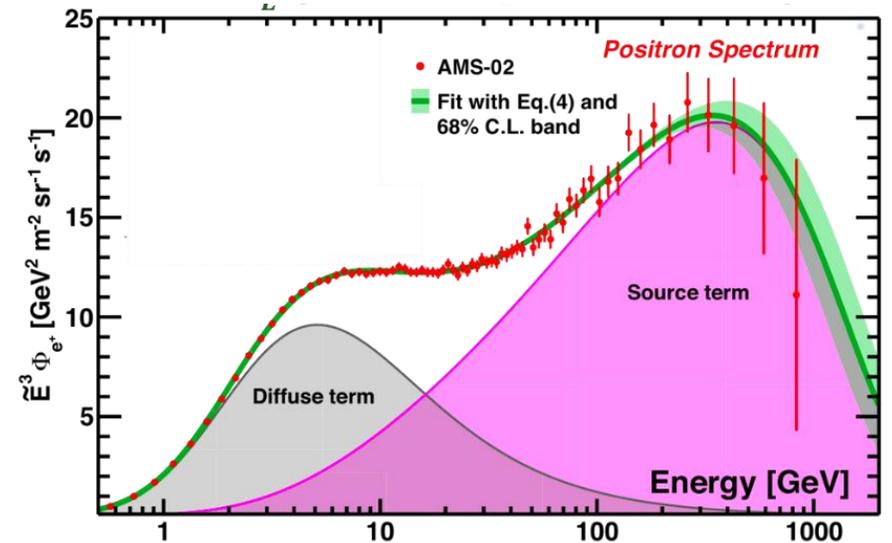
- Mancata violazione della simmetria CP nelle Interazioni Forti
- Dark Matter
- Dark Energy

➔ **BSM (Beyond Standard Model)**



Potremmo avere già delle informazioni senza saperlo?

- Evidenza di un eccesso di positroni ad alte energie (10GeV - 1 TeV)
 - Energie accessibili

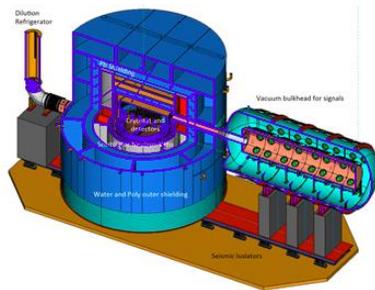


Come è stato trattato il problema finora?

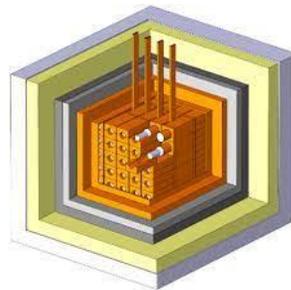
Sono state costruite varie teorie sulla DM, in particolare:

- Axion-Like
- WIMP (weakly-interacting massive particles)

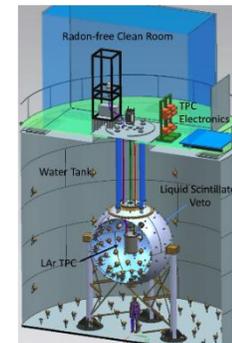
Sono stati creati svariati esperimenti per validare queste teorie.



Cryogenic Dark Matter Search



DAMA



Darkside

E se la risposta fosse già nei dati?

- Al momento le ricerche partono da modelli preesistenti, si cercano solamente candidati che sono già stati teorizzati.
- E se questo tipo di procedura corrompesse il dataset?

Idea alla base del progetto

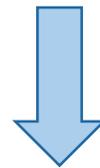


RICERCA NON PARAMETRIZZATA

E se la risposta fosse già nei dati?

- Al momento le ricerche partono da modelli preesistenti, si cercano solamente candidati che sono già stati teorizzati.
- E se questo tipo di procedura corrompesse il dataset?

Idea alla base del progetto



RICERCA NON PARAMETRIZZATA

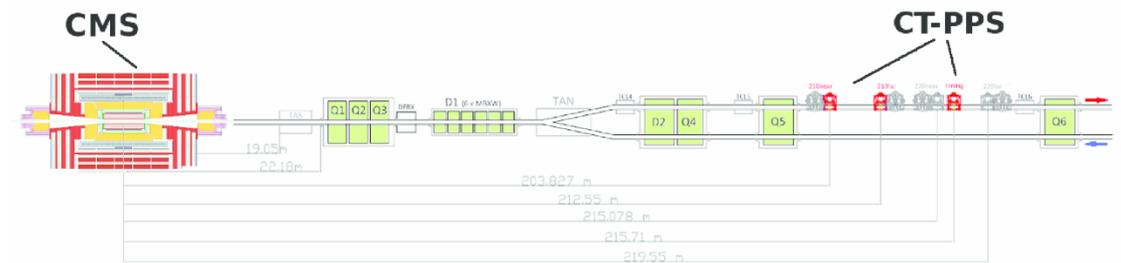
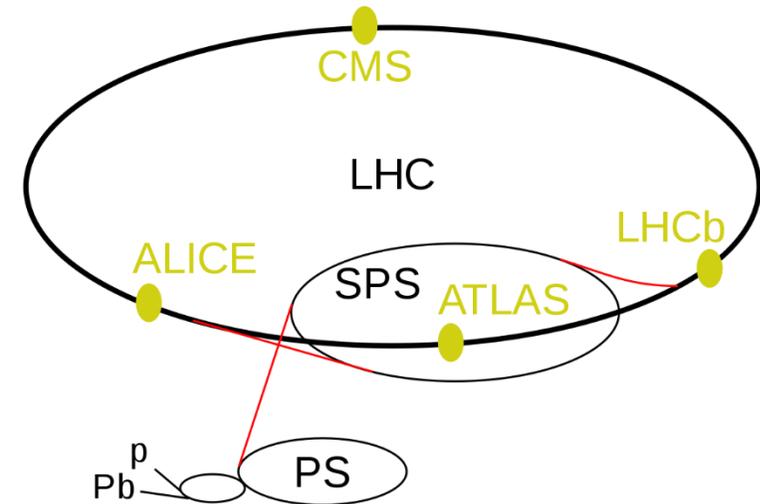


Borse di studio GARR
Orio Carlini

In quale ambiente possiamo sviluppare questo progetto?

LHC: Big Data prodotti da CMS e PPS

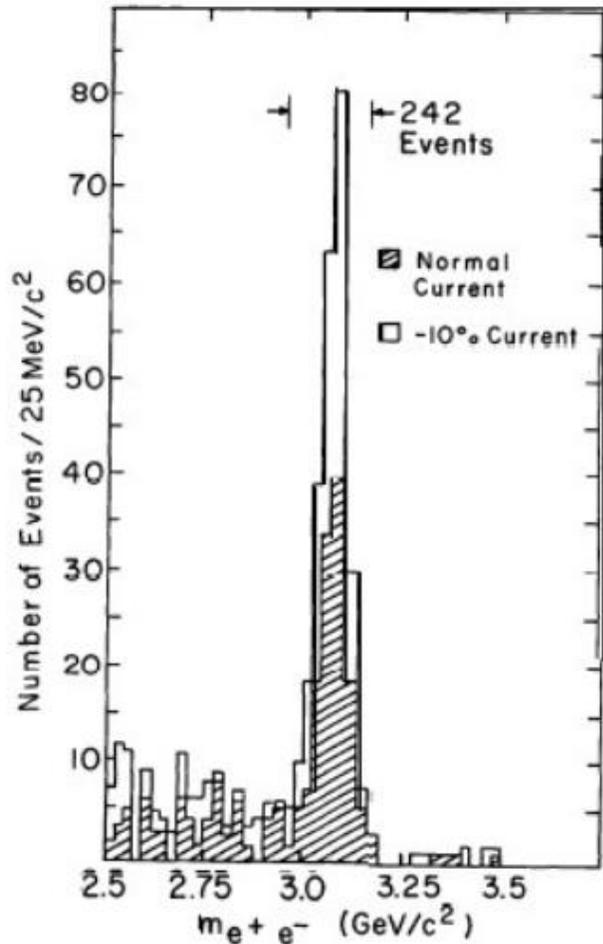
- LHC (Large Hadron Collider)
 - Acceleratore di particelle situato al CERN
 - 27 km di diametro
 - 100 metri di profondità
 - Interaction Point
- CMS (Compact Muon Solenoid), IP5
- PPS (Precision Proton Spectrometer)



Borse di studio GARR
Orio Carlini

Come si osserva una nuova particella?

Come viene tipicamente rilevata una particella?



Tipicamente l'osservabile che viene utilizzato è:

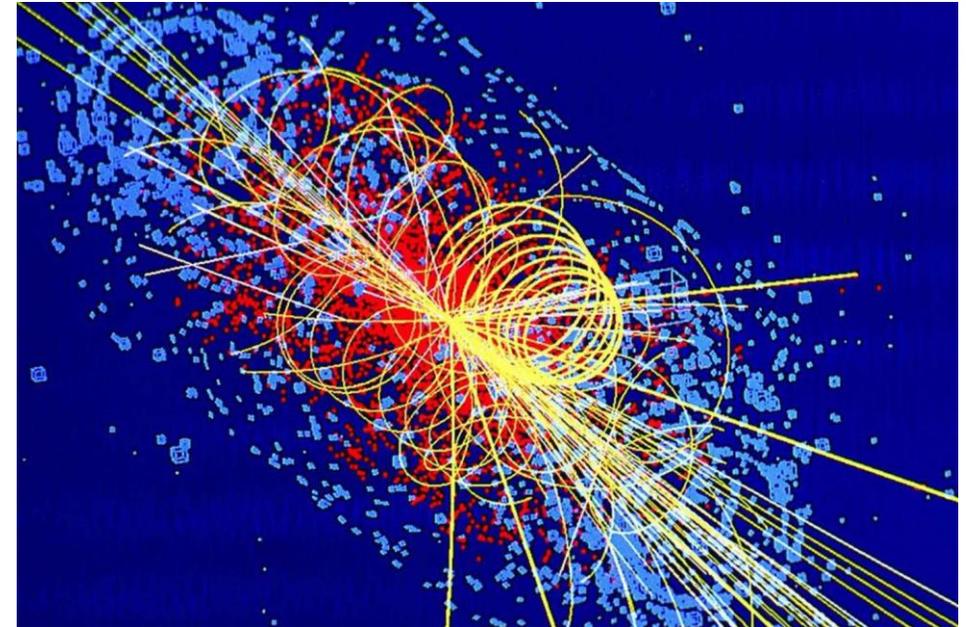
Risonanza

➡ ci permette di avere una massa precisa

Come viene tipicamente rilevata una particella?

Presupposto (*e limite*):

- la particella deve decadere all'interno del rivelatore e i prodotti del decadimento devono essere osservati

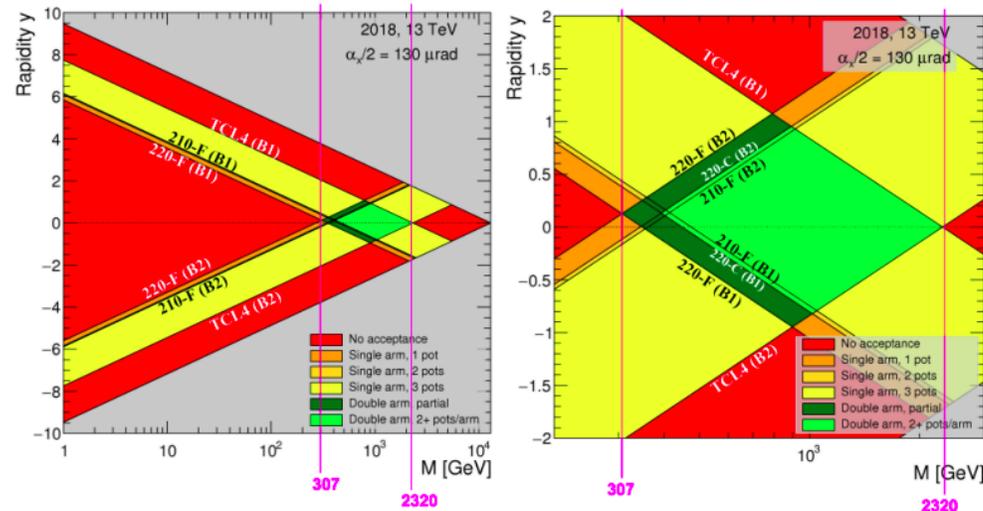


Borse di studio GARR
Orio Carlini

Quali sono i vantaggi del PPS?

Vantaggi del PPS (Precision Proton Spectrometer)

- Progetto nato nel 2016 da una collaborazione tra CMS e TOTEM

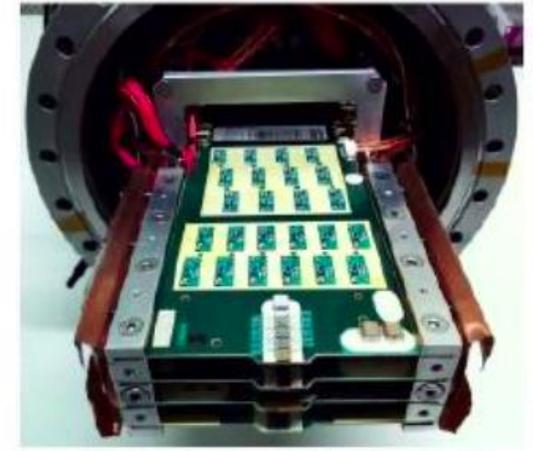
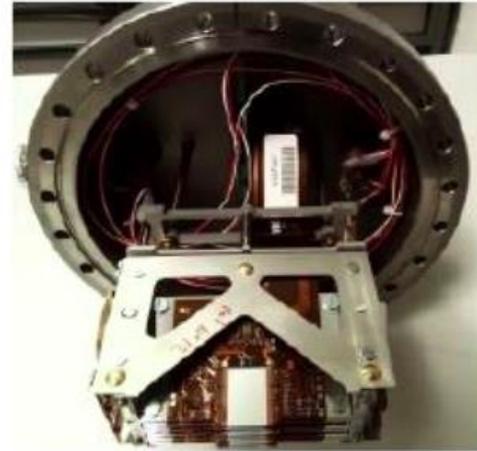


- Potenzialità:
 - Nuova finestra sulla photon fusion
 - Range di accettazione ad *alte masse*

Vantaggi del PPS (Precision Proton Spectrometer)

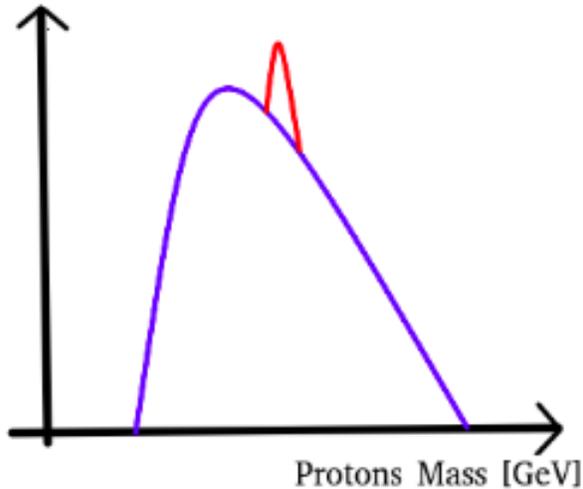
Grazie alle informazioni date dal rivelatore conosciamo la massa prodotta durante l'interazione

- La produzione o il decadimento in particelle invisibili non è più un limite



$$m_s^2 = s \xi_{45} \xi_{56} \quad \xi = \Delta p/p$$

Vantaggi del PPS (Precision Proton Spectrometer)



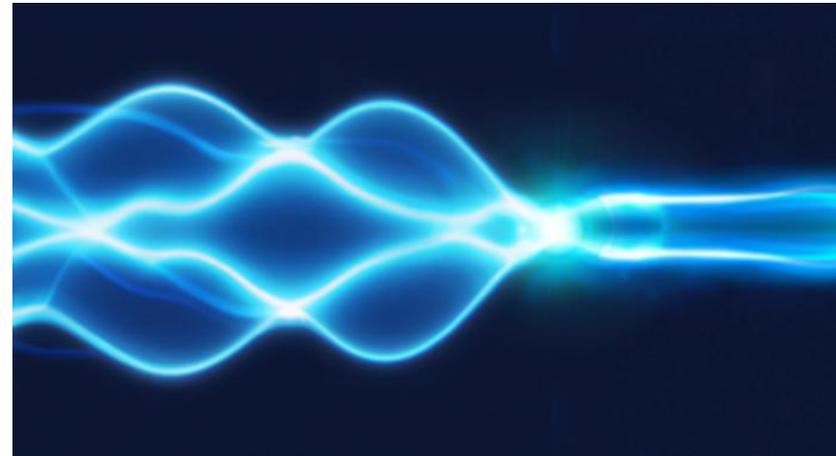
- Può essere generato un grafico chiamato "*proton mass spectrum*", che rappresenta la massa prodotta durante l'interazione
- La presenza di una nuova particella può essere osservata come una *anomalia* sulla shape del proton mass spectrum
- Non sono presenti parametrizzazioni iniziali

Borse di studio GARR
Orio Carlini

Quale forma dovrebbe avere l'anomalia?

Forma dell'anomalia?

- Per poter effettuare questo lavoro è necessaria una simulazione di processi d'interesse per valutare le caratteristiche che potrebbe avere una eventuale *anomalia*
 - Solo assunzioni cinematiche



Considerazioni generali:

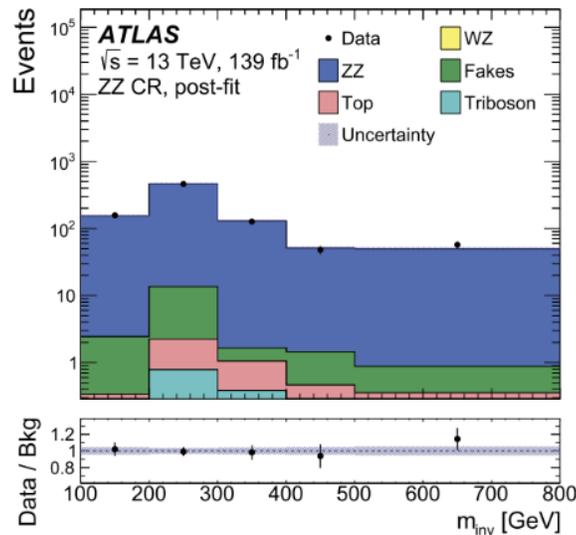
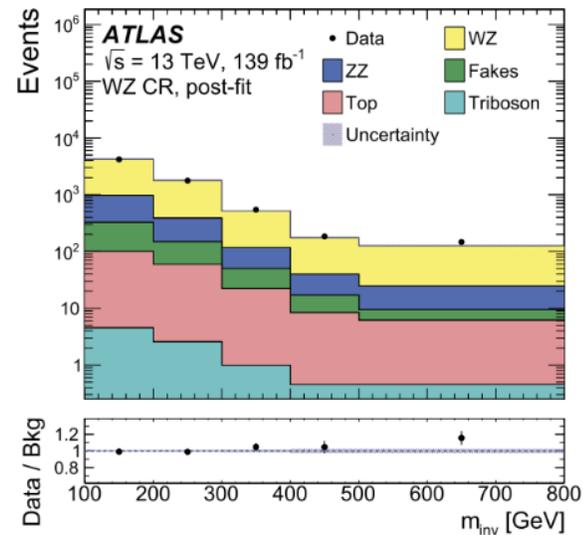
- Questa ricerca, così strutturata, risulterebbe essere troppo ampia
- Per poter ridurre il problema è necessario cercare delle eventuali piccole *anomalie ricorrenti*
- Queste anomalie potrebbero limitare lo spazio delle fasi in cui sviluppare l'analisi



Sono state trovate delle piccole anomalie ricorrenti?

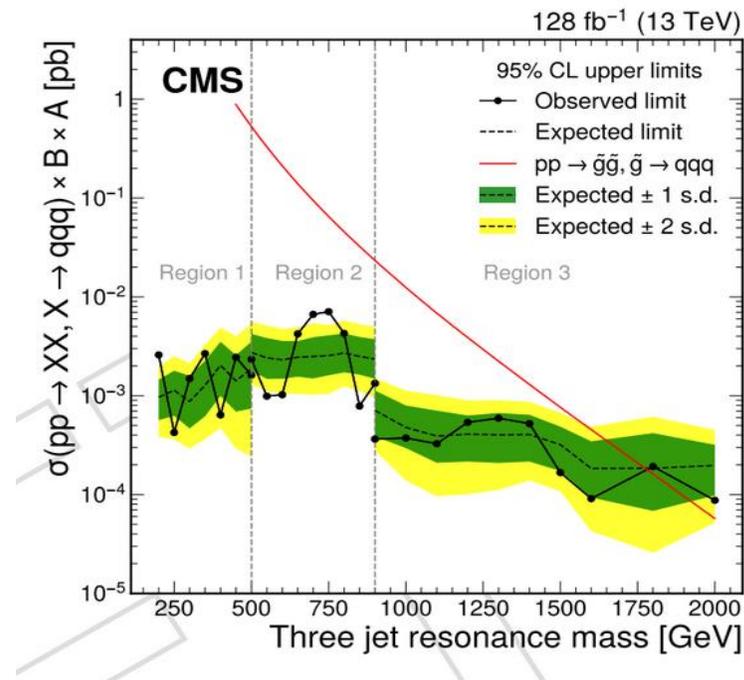
Alcune ricerche degli ultimi anni (1)

- ATLAS: (<https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.00404>)
 - Search for new phenomena in three- or four-lepton events in pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector



Alcune ricerche degli ultimi anni (2)

- CMS: (Draft Paper)
 - Searches for pair-produced multijet resonances using data scouting in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV





Data la presenza di queste piccole anomalie ricorrenti, sviluppiamo il progetto in uno spazio delle fasi circoscritto

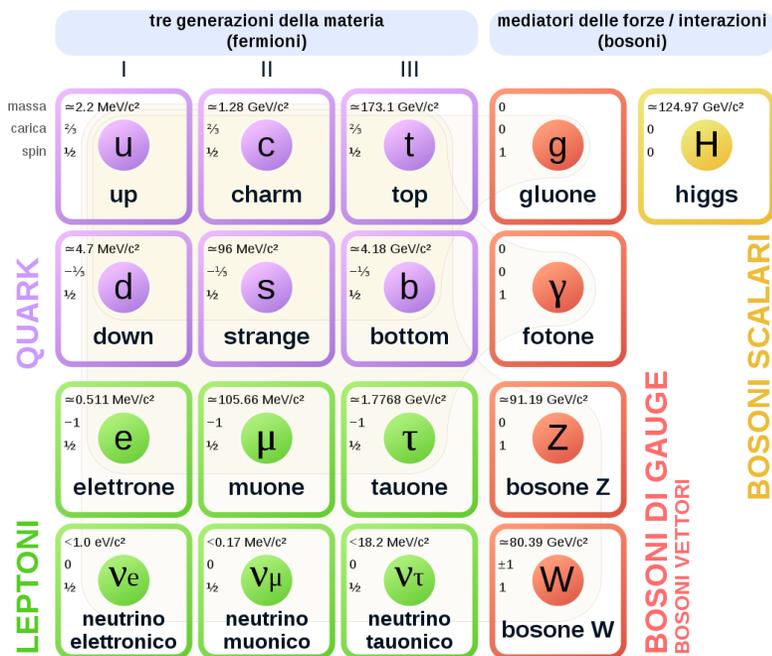
Borse di studio GARR
Orio Carlini

Procedimento

Step by step

Ricerca non parametrizzata: procedimento

Modello Standard delle Particelle Elementari

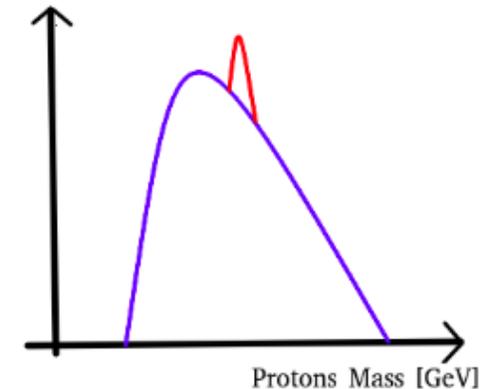


- Introdurre varie configurazioni nello spazio delle fasi
- Simulazione cinematica delle configurazioni scelte
- Analisi dei leptoni (μ, e, τ) e quarks

Ricerca non parametrizzata: procedimento

a) S

- d) Stima del background sia mediante metodi Monte Carlo che mediante dati
- e) Studio della missing energy (invisibile)
- f) Effettuare uno scan sulle variabili cinematiche (come la missing energy) per evidenziare possibili *anomalie*

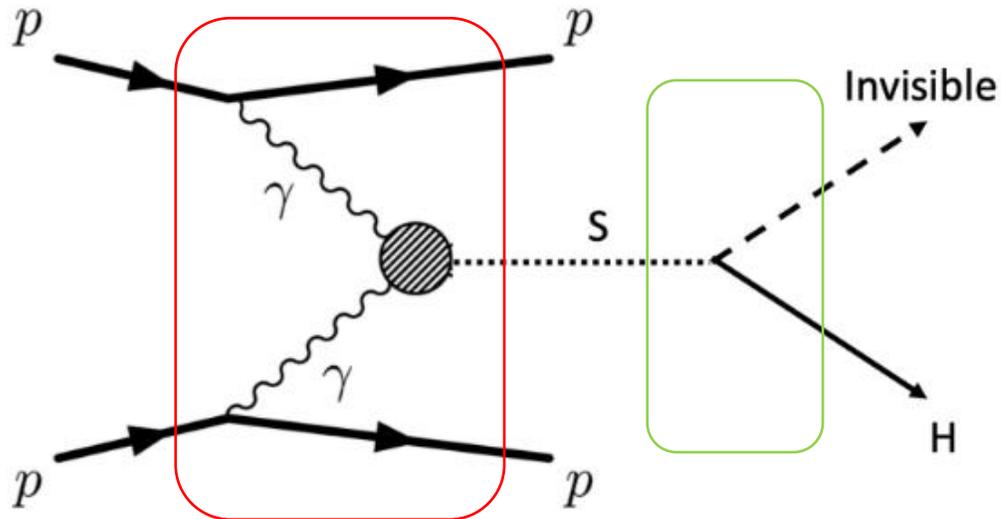


Borse di studio GARR
Orio Carlini

Quali configurazioni possiamo introdurre?

Possibili configurazioni (1)

Vertice di decadimento:
CMS



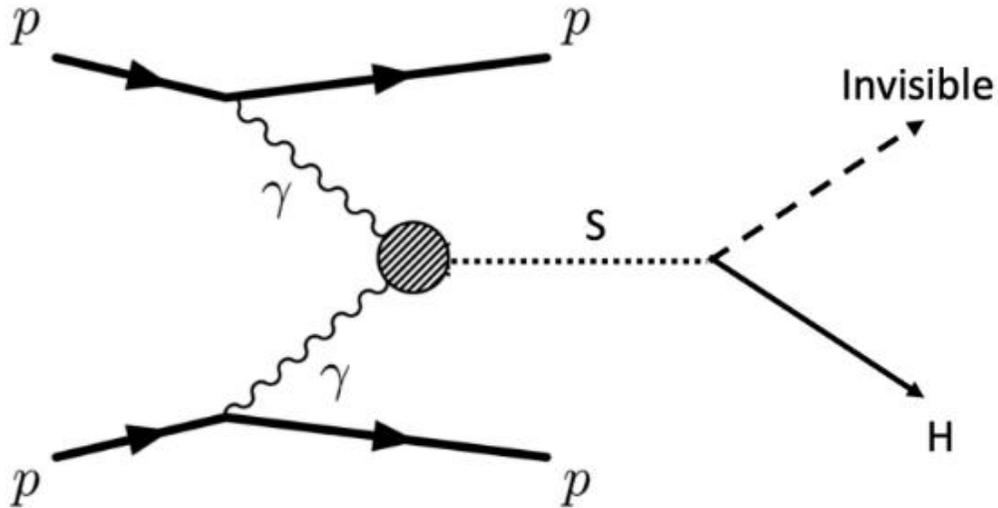
Vertice di interazione:
PPS

- Utilizziamo dati provenienti sia da CMS che da PPS
- La cinematica risulta chiusa negli eventi esclusivi

$$m_s^2 = s \xi_{45} \xi_{56} \quad \xi = \Delta p/p$$

$$m_{miss}^2 = \left[(p_{p1}^{in} + p_{p2}^{in}) - (p_H + p_{p1}^{out} + p_{p2}^{out}) \right]^2 \rightarrow \text{invisibile}$$

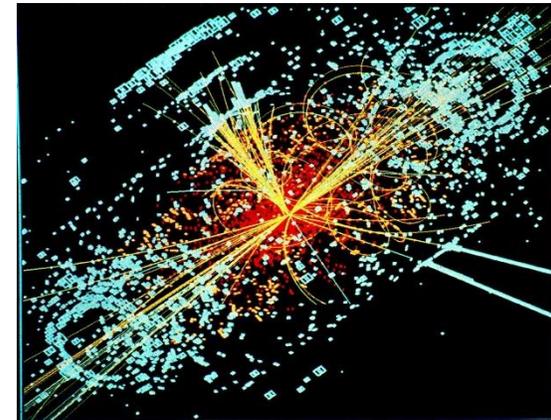
Possibili configurazioni (1)



- Il bosone di Higgs si accoppia principalmente a particelle massive
- Possibile portale tra materia ordinaria e DM massiva

$$m_s^2 = s \xi_{45} \xi_{56} \quad \xi = \Delta p/p$$

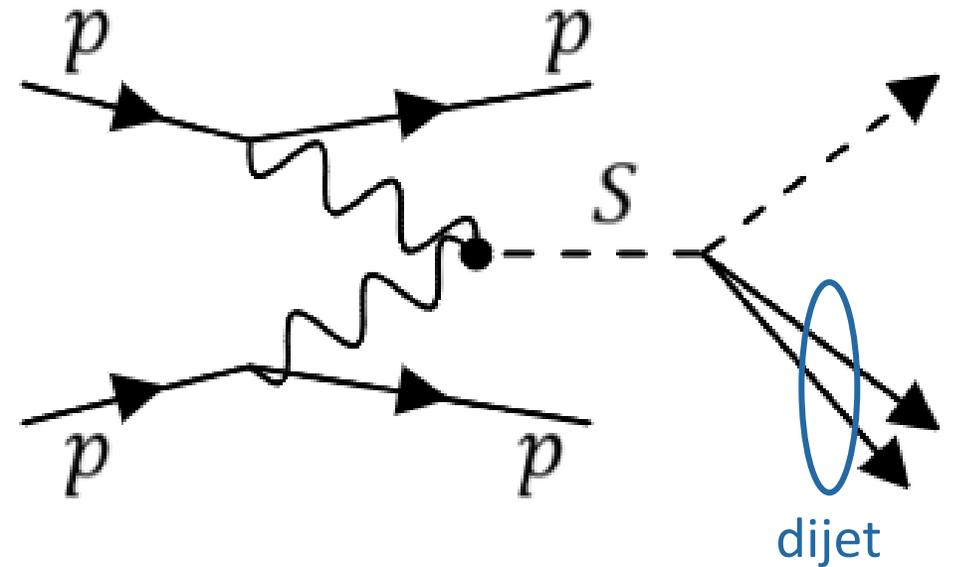
$$m_{miss}^2 = \left[(p_{p1}^{in} + p_{p2}^{in}) - (p_H + p_{p1}^{out} + p_{p2}^{out}) \right]^2 \rightarrow \text{invisibile}$$



Possibili configurazioni (2)

Scegliamo il caso semplice del dijet in quanto il PPS ci permette di ridurre drasticamente il fondo

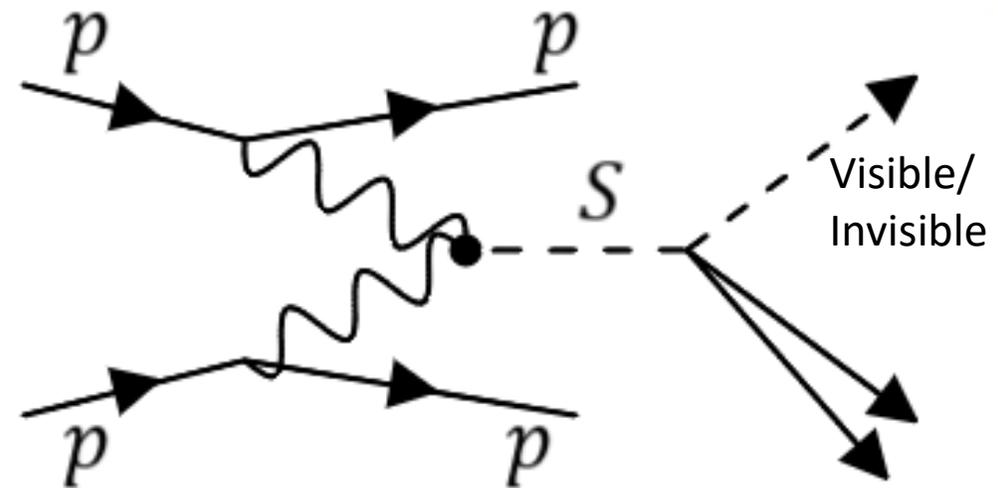
- In particolare il dijet non risulta sommerso da un fondo di QCD



Possibili configurazioni (2)

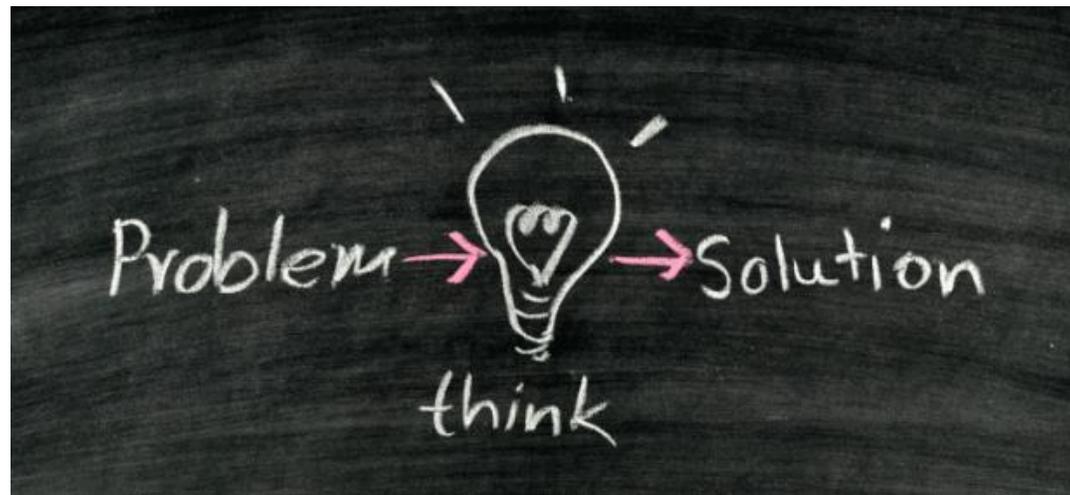
La particella prodotta in associazione con il dijet potrebbe essere una quantità invisibile o visibile

- Nel primo caso può essere studiata con la MET (e possiamo eseguire uno scan su questa variabile)
- Nel secondo caso possiamo studiare i prodotti di decadimento



Conclusioni

Il fine di questo progetto è quello di cercare una metodologia non parametrizzata per l'analisi dei Big Data che possa essere standardizzata.



Borse di studio GARR
Orio Carlini

Grazie per l'attenzione!

Annalisa Feliziani

Fonti per le immagini:

<https://ams02.space/physics/towards-understanding-origin-cosmic-ray-positrons>

https://it.wikipedia.org/wiki/Esperimento_ATLAS

<https://cds.cern.ch/record/2742920/plots>

https://it.wikipedia.org/wiki/Modello_standard

<https://www.symmetrymagazine.org/archive?topic=3362&page=4>

https://it.wikipedia.org/wiki/Bosone_di_Higgs

<https://www.agoravox.it/Tracce-della-particella-J-%CE%A8-gia.html>

<https://it.smiletemplates.com/powerpoint-template-icons/magnifying-glass-icon/102683/>

<https://www.psicologia24.it/2016/10/semplificazione-processo-cognitivo-utile/>

<https://marketing-espresso.com/growth-hacking-innamorati-del-problema/>

<https://www.media.inaf.it/2023/06/22/photon-bunching/>

Borse di studio GARR
Orio Carlini

Back-up

Struttura del Monte Carlo per le configurazioni

- Definire massa e larghezza delle particelle coinvolte
- Energia del fascio e valutazione della distribuzione del p_z dei protoni
- Determinazione delle particelle rilevate dal rivelatore centrale (CMS)
- Studio della cinematica dell'evento (conservazione del quadri momento)
- Determinare il momento perso dai protoni durante l'interazione