

Universitatea Politehnica București
Facultatea de Științe Aplicate
Susținerea lucrării de licență
08.07.2015

Studiul producerii bozonului Z^0 in ciocniri proton-proton

Absolvent: Geantă Andrei-Alexandru

Conducători științifici: C.S. I Dr. Călin Alexa
Prof. Dr. Gheorghe Căta-Danil
Îndrumător științific: Dr. Monica Dobre

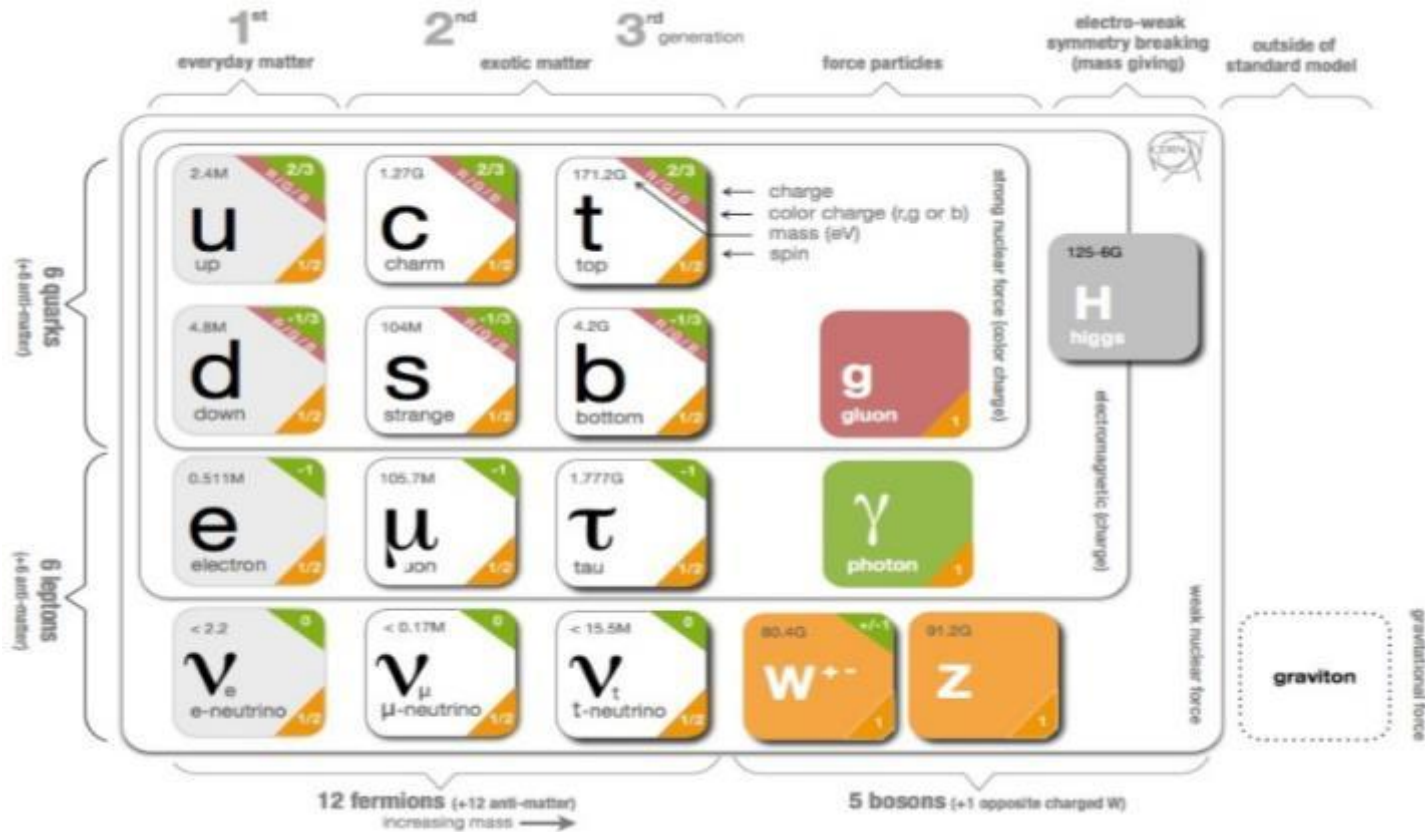
Obiectivul lucrării

Studiul producerii bozonului vectorial Z^0 în ciocniri proton-proton folosind caracteristicile cinematice ale particulelor din starea finală în procesul $Z^0 \rightarrow e^+ e^-$

Cuprins

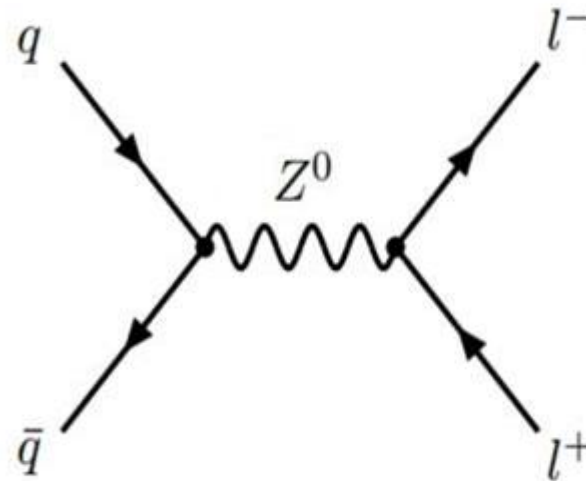
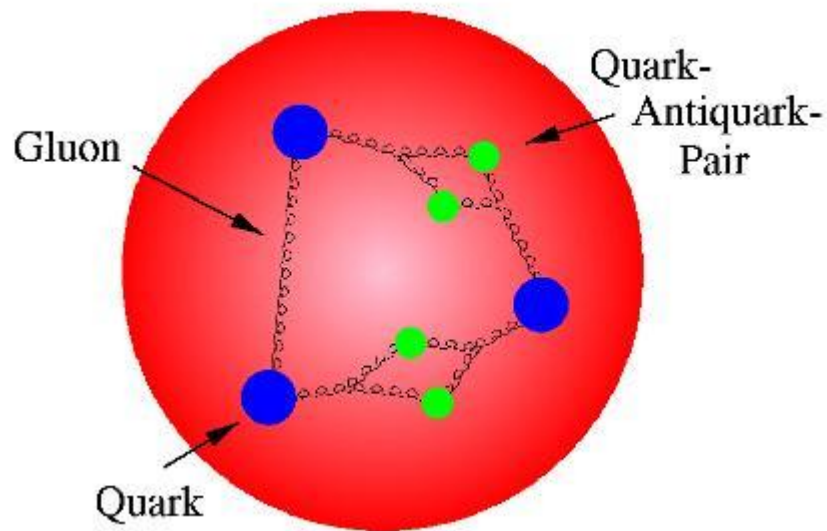
1. Modelul Standard al fizicii particulelor
 - Producerea bozonului Z^0 în ciocniri proton-proton
2. Large Hadron Collider – Detectorul ATLAS
 - Interacția particulelor cu detectorul
3. Instrumente software utilizate în fizica energiilor înalte
 - Simularea ciocnirilor hadron-hadron
 - Simulare vs. Experiment
4. Rezultate
 - Caracteristicile cinematice ale particulelor din starea finală
5. Rezumat și concluzii

Modelul Standard



- Modelul Standard descrie teoretic interacția tare, interacția electromagnetică și interacția slabă.
- Interacția gravitațională nu este inclusă în Modelul Standard.

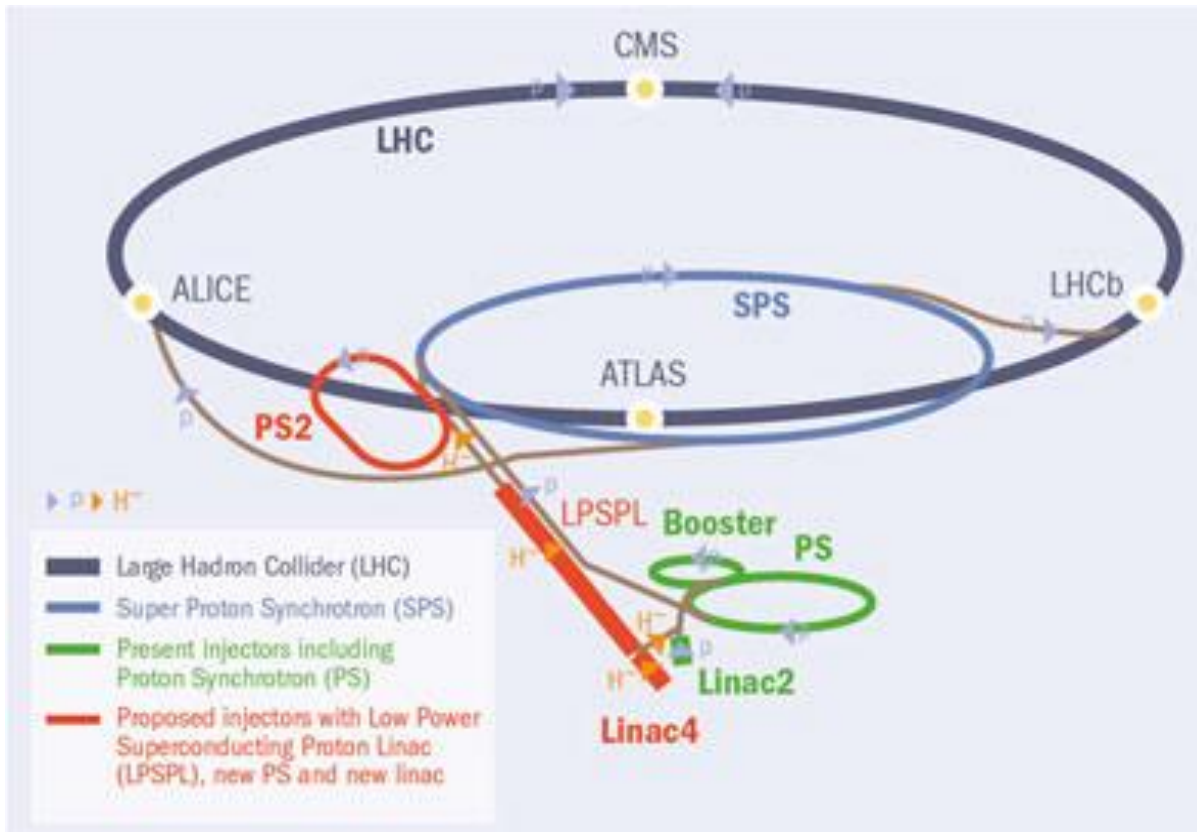
Producerea bozonului Z^0 în ciocniri proton-proton



Protonul este format din 3 cuarci de valență și perechi cuarc-anticuarc virtuale.

Large Hadron Collider

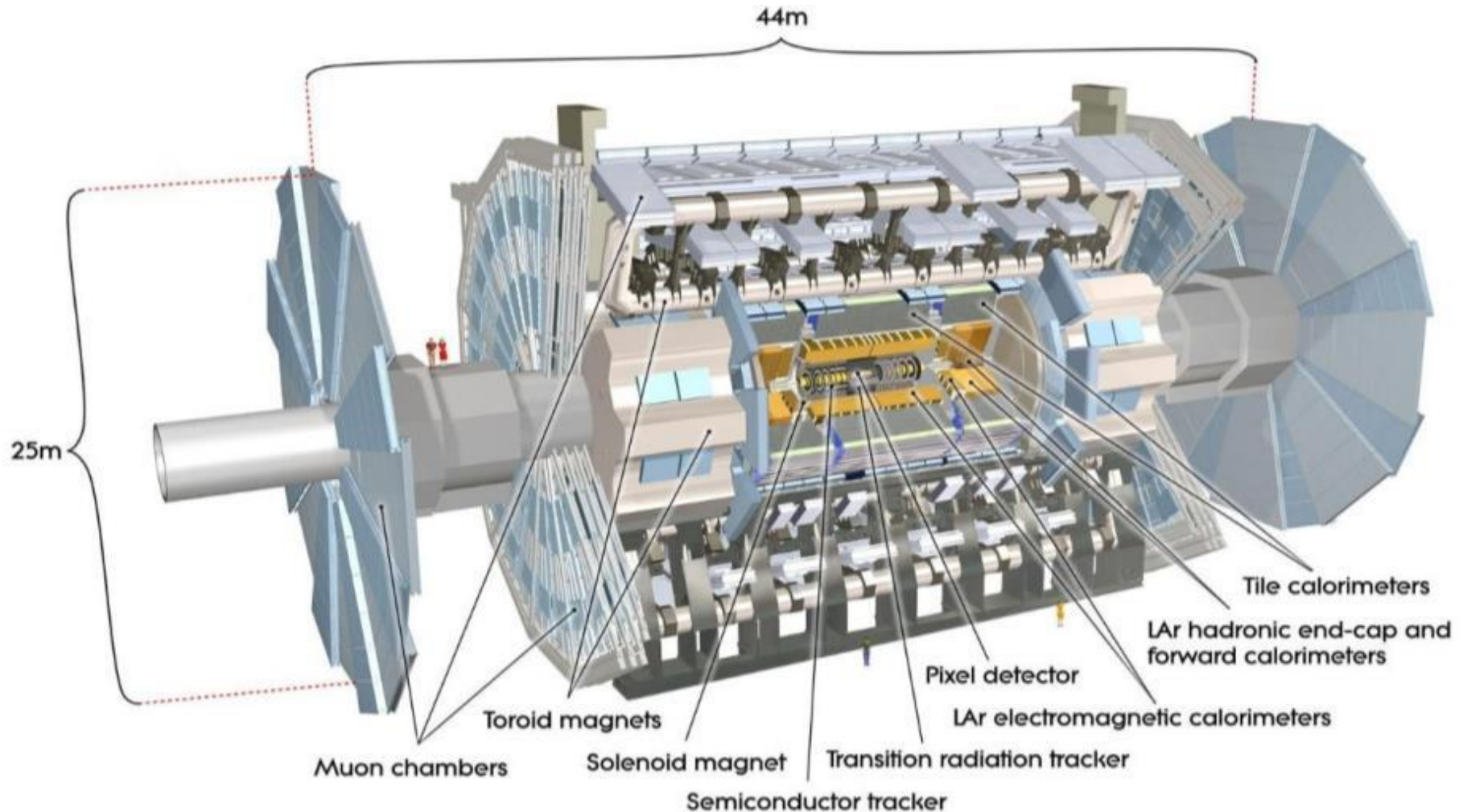
- Cel mai mare accelerator de particule
- Circumferința: 27 km
- Energia în centrul de masă: 13 TeV (2015)



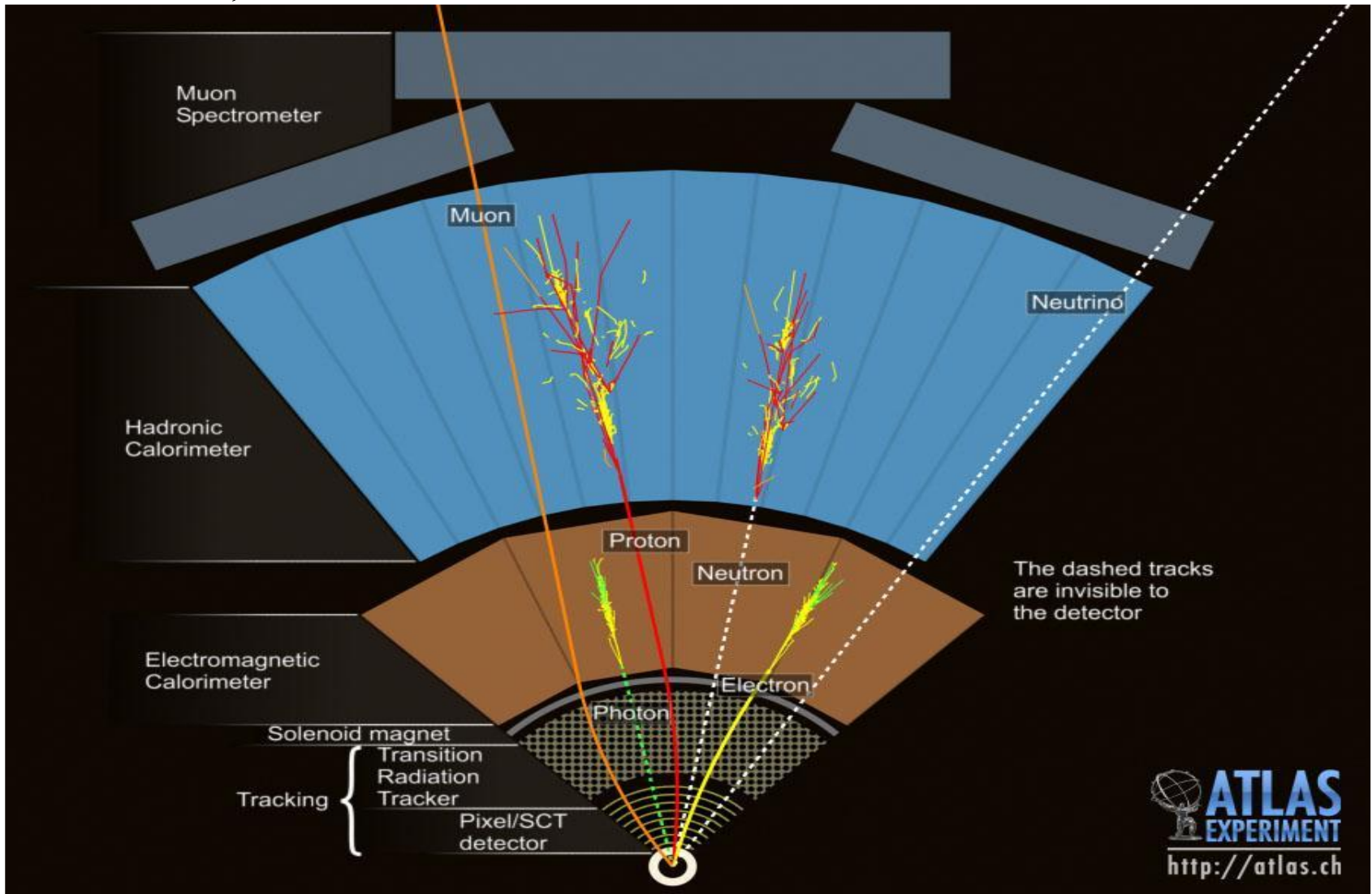
1. LINAC – 50 MeV
2. Booster – 1.4 GeV
3. PS – 25 GeV
4. SPS– 450 GeV
5. Inelul LHC – 13 TeV

Detectorul ATLAS

- Experimentul ATLAS are ca scop studiul fenomenelor fizice care au loc în interacțiile proton-proton.

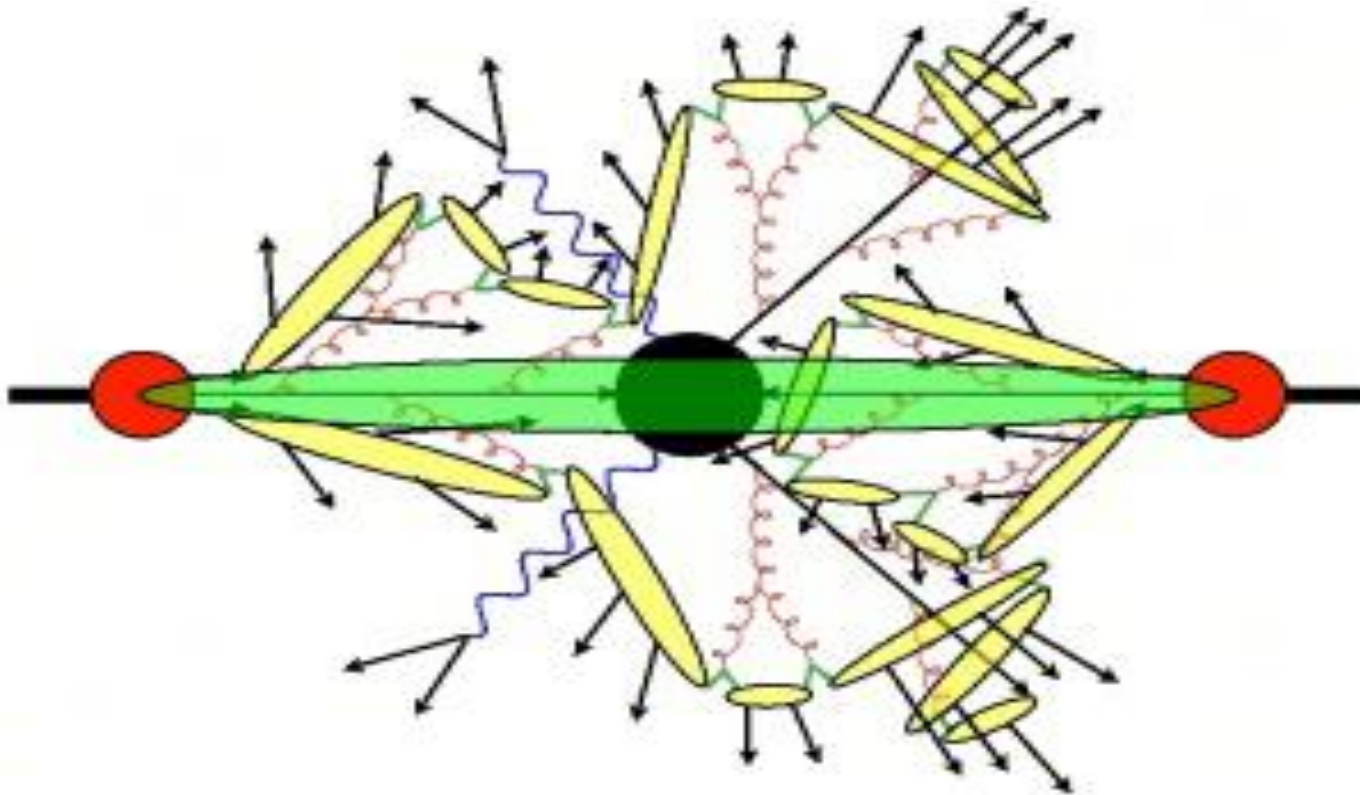


Interacția particulelor cu detectorul



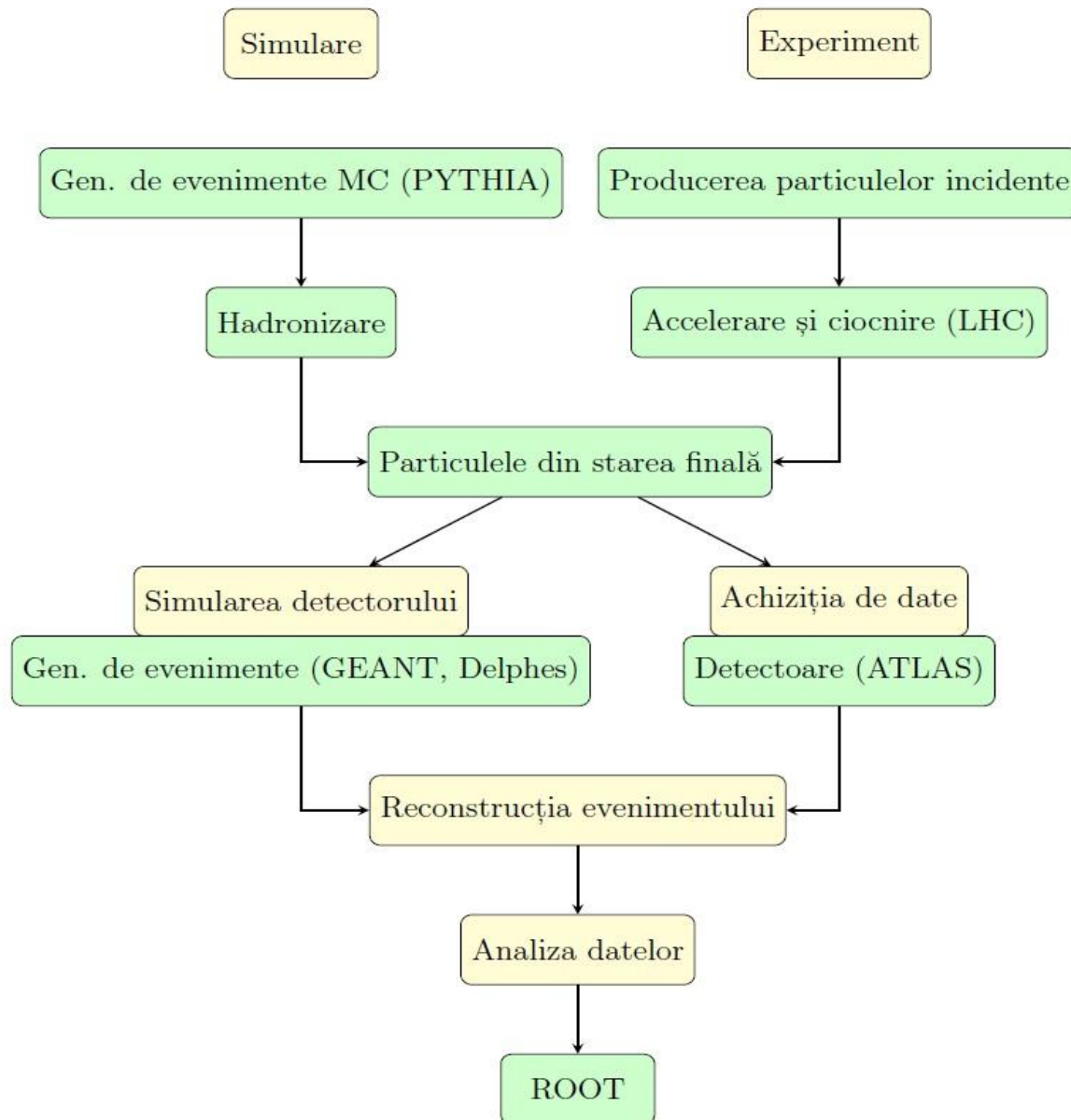
Detecția particulelor în componentele detectorului ATLAS

Simularea ciocnirilor hadron-hadron



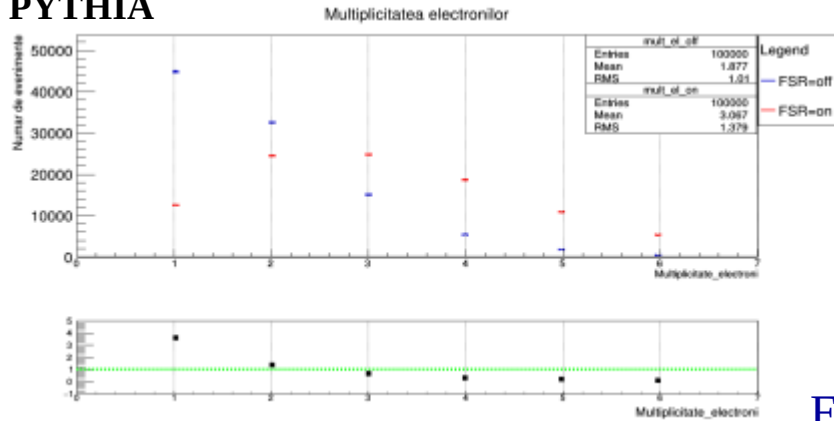
- Protonii incidenți vor interacționa producând particule elementare
- Particulele încărcate nou formate vor emite radiație
- Ultima etapă a simulării este hadronizarea

Simulare vs. Experiment



Rezultate: Multiplicitatea leptonilor

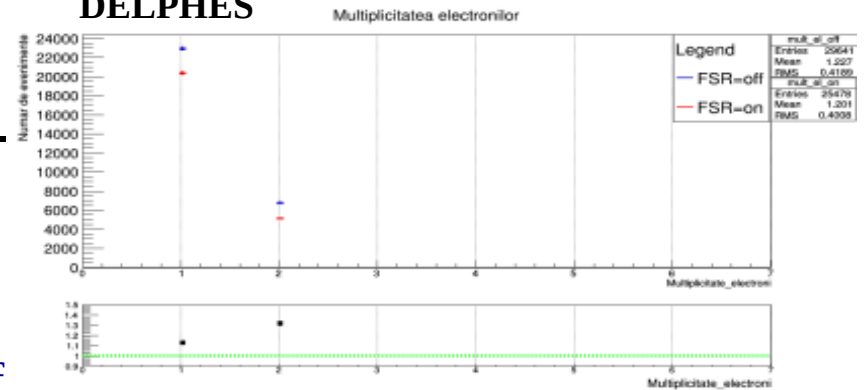
PYTHIA



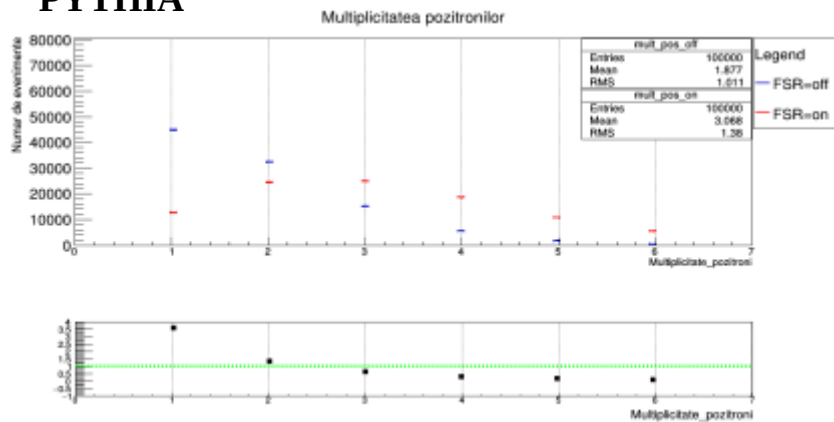
e^-

FSR=off
FSR=on

DELPHES

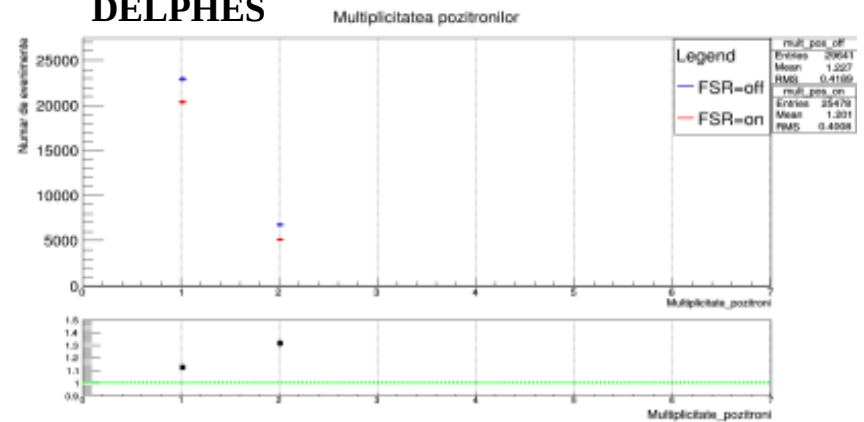


PYTHIA



e^+

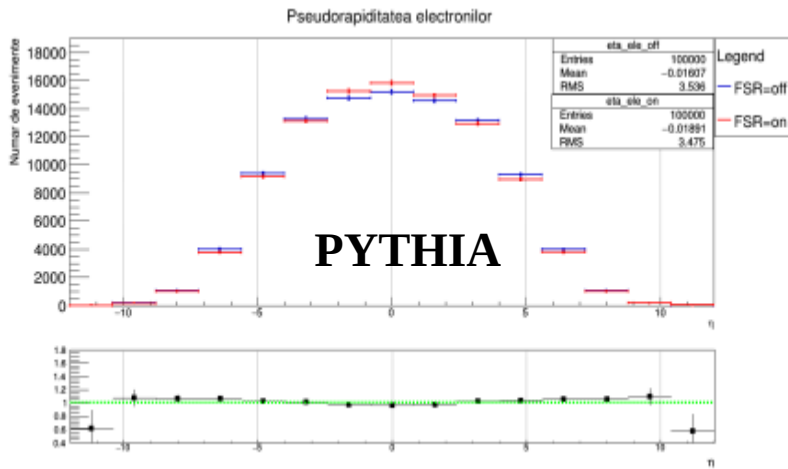
DELPHES



- PYTHIA:
 - O pondere mai mare a evenimentelor cu FSR=off cu număr mic de leptoni
- DELPHES
 - În fiecare eveniment sunt selectați cel mult 2 electroni și cel mult 2 pozitroni

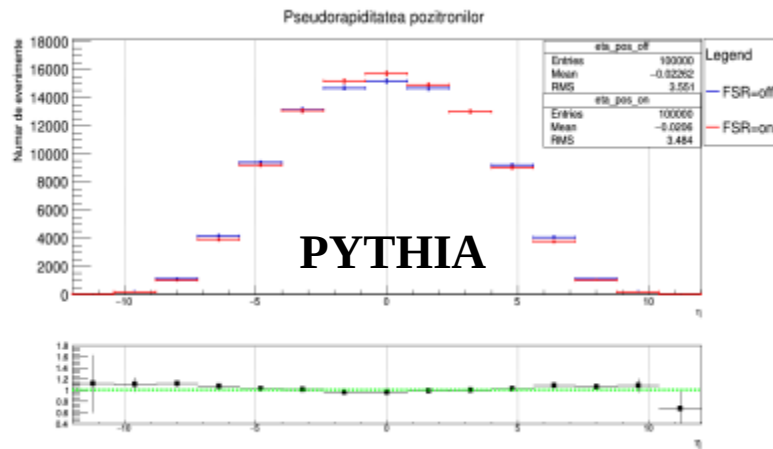
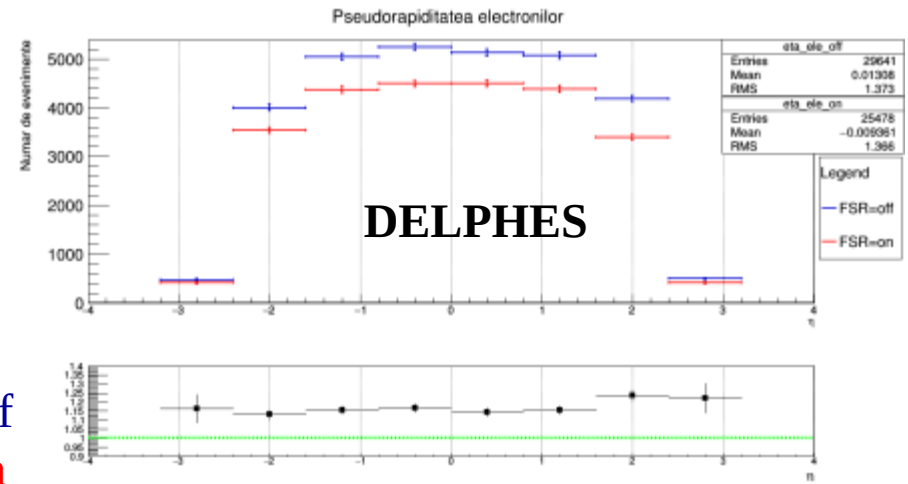
Rezultate: Pseudorapiditatea leptonilor

$$\eta = -\ln\left(\tan\frac{\Theta}{2}\right)$$

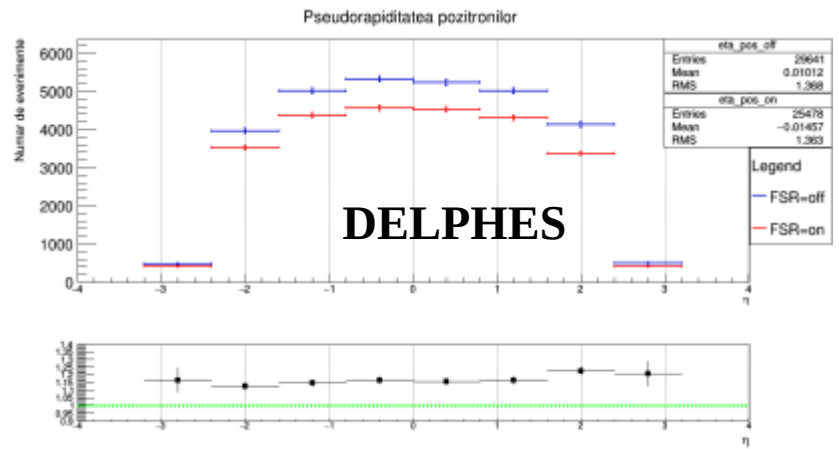


e^-

FSR=off
FSR=on



e^+

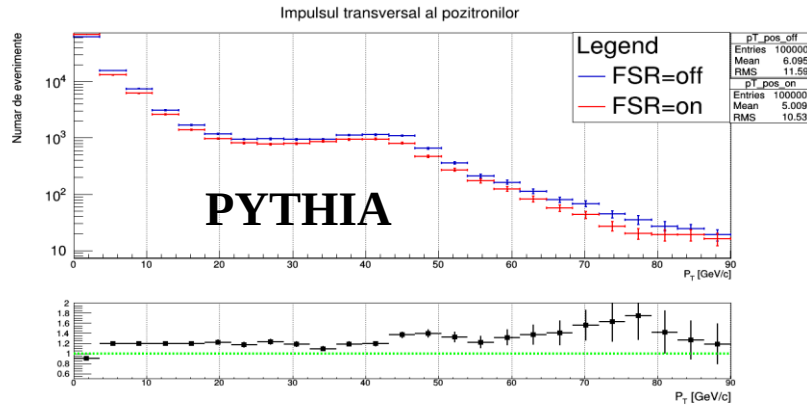


- Se observă o producere abundentă de particule în zona centrală de rapiditate
- DELPHES
 - O pondere mai mare a evenimentelor FSR=off

Rezultate:

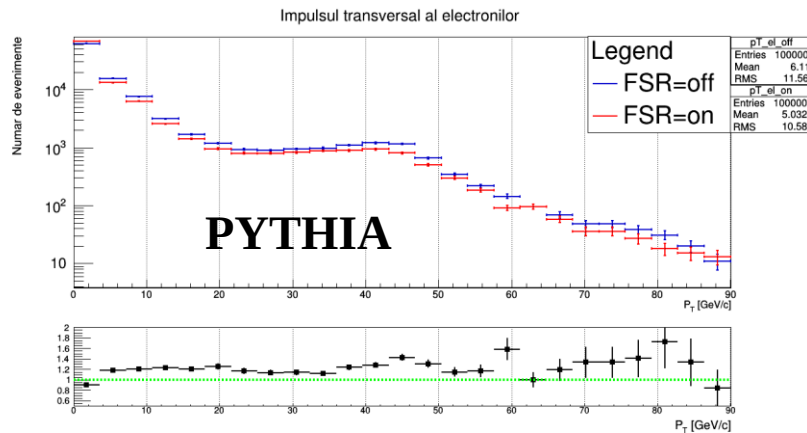
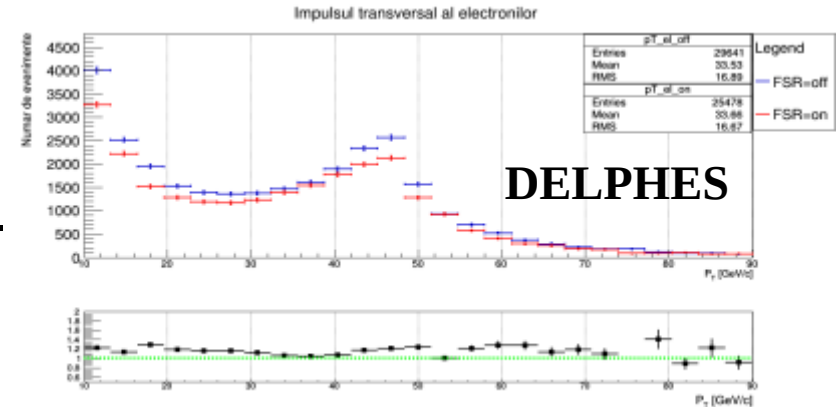
Impulsul transversal al leptonilor

$$p_T = \sqrt{p_x^2 + p_y^2}$$

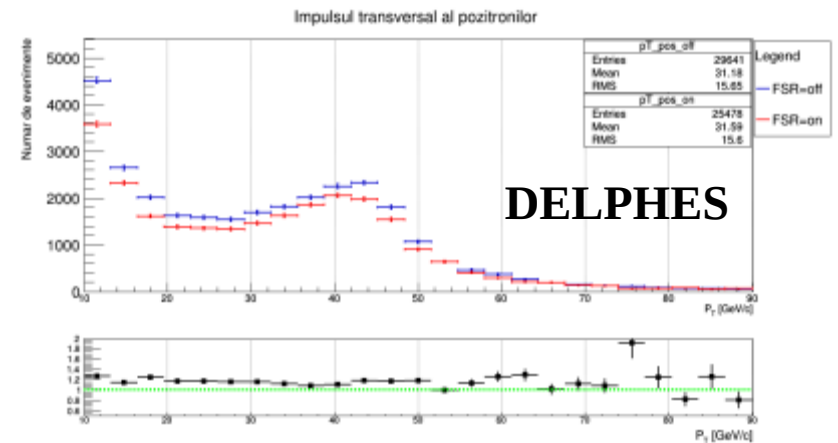


e^-

FSR=off
FSR=on



e^+



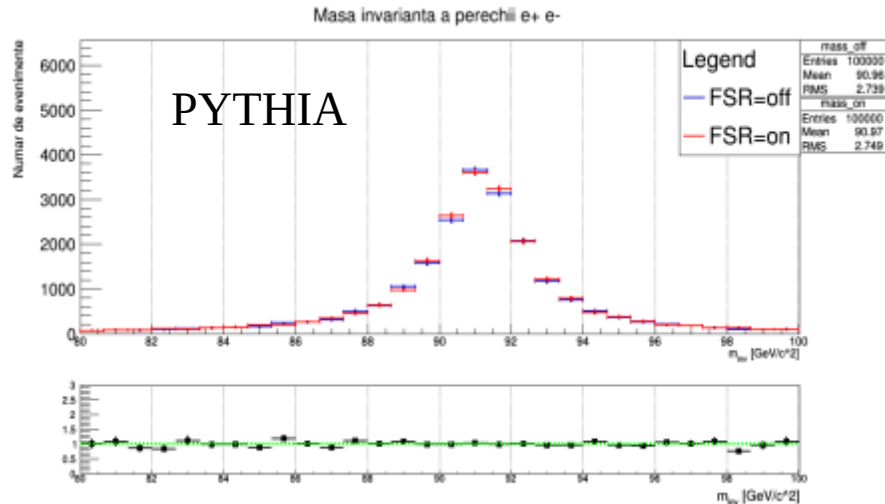
- Cele mai multe evenimente se produc la valori mici ale impulsului transversal
- Se observă o pondere mai mare a evenimentelor cu FSR=off

Rezultate:

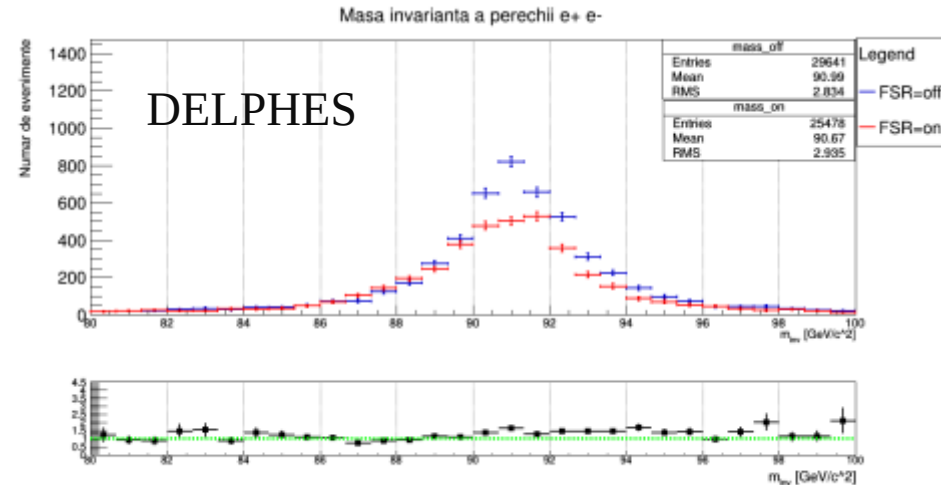
Masa invariantă a perechii $e^+ e^-$

$$m_0^2 = (E_1 + E_2)^2 - (\vec{p}_1 + \vec{p}_2)^2$$

FSR=off
FSR=on



FSR=off
FSR=on

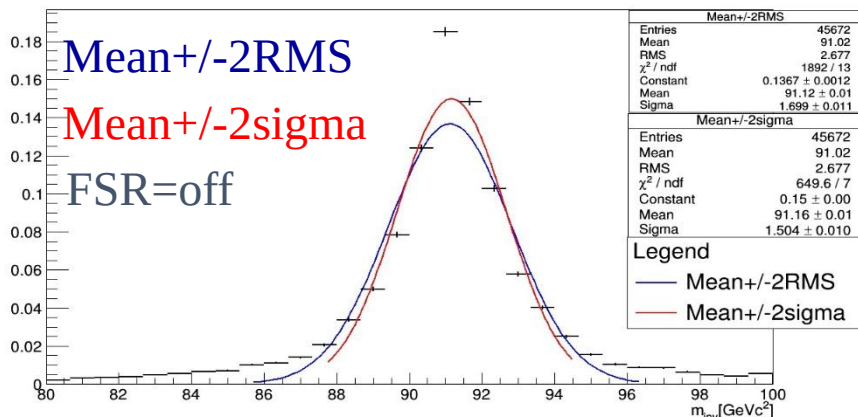


PYTHIA – prezența radiației în starea finală nu modifică forma distribuției de masă invariantă.

DELPHES – prezența radiației în starea finală determină o „aplatizare” a maximului distribuției.

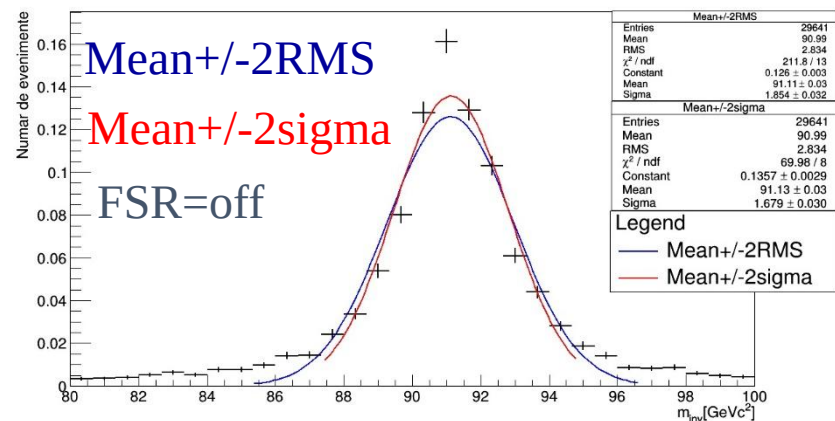
Rezultate: Fitarea distribuției de masă invariantă

Masa invarianta a perechii electron-positron - FSR=off



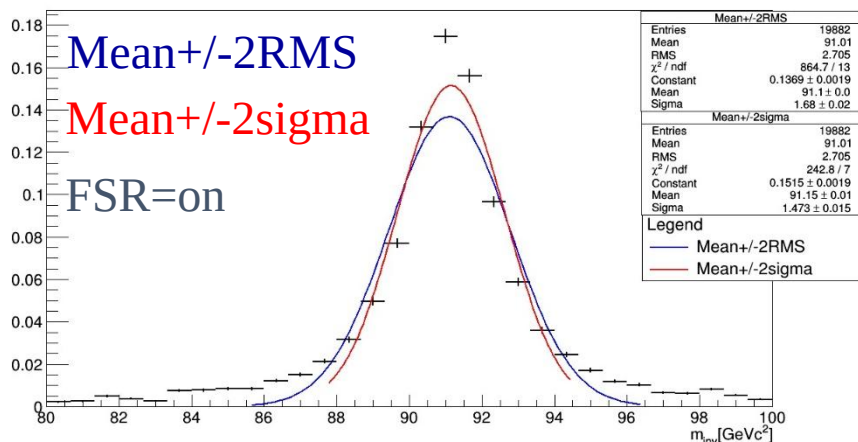
PYTHIA

Masa invarianta a perechii electron-positron - FSR=off

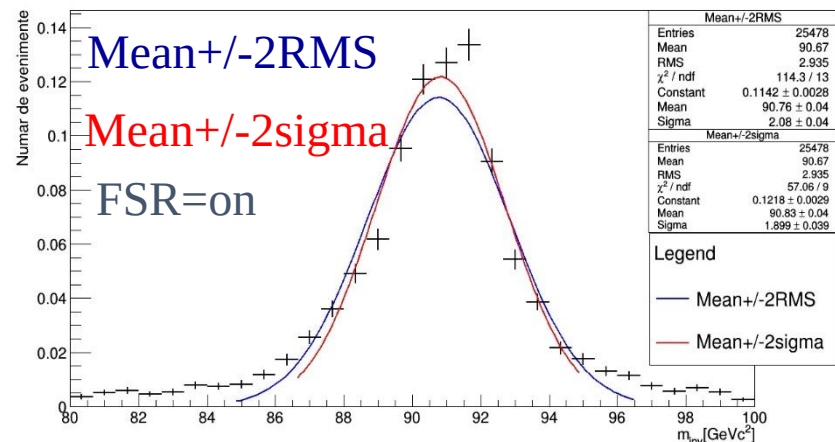


DELPHES

Masa invarianta a perechii electron-positron - FSR=on



Masa invarianta a perechii electron-positron - FSR=on



Rezultate: Parametrii de fit ai distribuției de masă invariantă

	PYTHIA		DELPHES	
	$\langle m_{Z^0} \rangle$ (GeV/c ²)	σ (GeV/c ²)	$\langle m_{Z^0} \rangle$ (GeV/c ²)	σ (GeV/c ²)
	Mean$\pm$2RMS			
FSR=off	91.12 $\pm$ 0.01	1.669 $\pm$ 0.011	91.11 $\pm$ 0.03	1.854 $\pm$ 0.032
FSR=on	91.10 $\pm$ 0.00	1.680 $\pm$ 0.020	90.76 $\pm$ 0.04	2.080 $\pm$ 0.040
	Mean$\pm$2σ			
FSR=off	91.16 $\pm$ 0.01	1.504 $\pm$ 0.010	91.13 $\pm$ 0.03	1.679 $\pm$ 0.030
FSR=on	91.15 $\pm$ 0.01	1.437 $\pm$ 0.015	90.83 $\pm$ 0.04	1.899 $\pm$ 0.039

Deși în PYTHIA nu se observă diferențe semnificative între parametrii de fit pentru distribuțiile de masă invariantă cu FSR = off și FSR = on, pentru distribuțiile din DELPHES se poate observa că semilărgimea (σ) este mai mare în cazul FSR = on.

Valoare PDG:

$$m_{Z^0} = (91.187 \pm 0.002) \text{ GeV}/c^2$$

Concluzii

- Folosind programul PYTHIA am generat 100000 de evenimente cu procesul $Z^0 \rightarrow e^+ e^-$. Simularea detectorului ATLAS a fost realizată cu programul DELPHES.
- Am studiat producerea bozonului vectorial Z^0 în ciocniri proton-proton folosind caracteristicile cinematice ale particulelor din starea finală în procesul $Z^0 \rightarrow e^+ e^-$.
- Reconstruind masa invariantă a perechii $e^+ e^-$ am determinat masa de repaus a bozonului Z^0 . Rezultatele obținute sunt în conformitate cu predicțiile teoretice și cu valorile determinate în experimente.
- S-a observat că radiația din starea finală (FSR) modifică forma distribuțiilor cinematice, în sensul că, de exemplu, distribuțiile masei invariante $e^+ e^-$ sunt caracterizate de o valoare mai mare a semilărgimii (σ).

Vă mulțumesc pentru atenție !