

Poszukiwanie niewidzialnych cząstek ciemnej materii w procesach ekskluzywnych na LHC

Piotr Babiaryz

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Akademia Górniczo-Hutnicza

Kraków, 28 lipca 2017

Spis treści

Wstęp

Niewidzialne cząstki

Procesy ekskluzywne na LHC

Generacja sygnału

Generator sygnału

Akceptancja

Generacja tła

Procesy tła

Generator tła

Czułość metody

Podsumowanie

Niewidzialne cząstki

Problemy z obserwowaniem niewidzialnych cząstek:

- ▶ Niewidzialne \iff nieoddziaływujące z dektorem
- ▶ Problem z zarejestrowaniem \Rightarrow niemożliwa bezpośrednia obserwacja

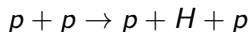
Potrzeba obserwacji pośredniej.



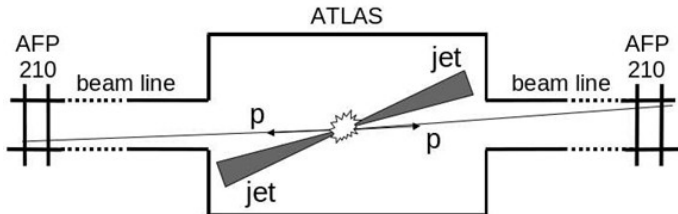
Czy jest to możliwe na LHC?

Procesy ekskluzywne na LHC

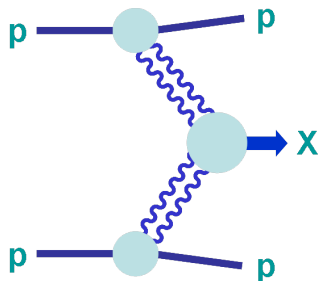
- ▶ W typowych procesach część produkowanych cząstek nie jest obserwowana
- ▶ Proces ekskluzywny – umożliwiający pomiar wszystkich produkowanych cząstek
- ▶ Pomiar ekskluzywny możliwy w procesach typu:



- ▶ Rozproszone protony można zmierzyć w detektorach AFP (ATLAS Forward Proton Detector)



Ekskluzywna produkcja niewidocznych cząstek



- ▶ X – nie obserwowane przez detektor
- ▶ Ekskluzywność + zachowanie energii i pędu \rightarrow masę X można policzyć znając pędy protonów:

$$M_x = \sqrt{s\xi_1\xi_2}$$

gdzie $\xi = 1 - \frac{E}{E_0}$, $\sqrt{s} = 2E_0$

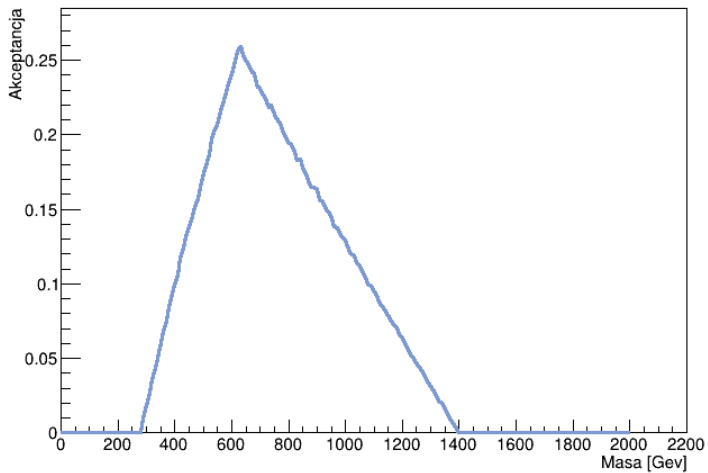
Generator sygnału

- ▶ Detektory AFP nie obserwują wszystkich protonów
- ▶ Akceptancja dla pojedynczego protonu: $0.02 \leq \xi \leq 0.1$
- ▶ Dla danego M_x , jaka jest szansa że oba protony zostaną zaobserwowane ($M_x = \sqrt{s\xi_1\xi_2}$)
- ▶ Napisano prosty generator przypadków sygnału
 - ▶ Dla ustalonego M_x , przypadek = (ξ_1, ξ_2)
 - ▶ Prosty model: ξ_1 losowane z rozkładu $1/\xi_1$
 - ▶ Dla danego M_x , znając ξ_1 można wyznaczyć ξ_2 :

$$f_1(\xi_1) = 1/\xi_1 \quad \rightarrow \quad f_2(\xi_2) = 1/\xi_2$$

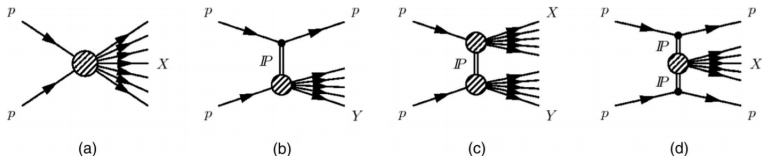
- ▶ Losowanie z rozkładu $1/\xi$ metodą odwrotnej dystrybuanty

Akceptancja



Procesy tła

- ▶ Sygnatura sygnału – dwa protony produkowane w przeciwnych kierunkach
- ▶ Badano produkcję protonów w różnych procesach o dużych przekrojach czynnych
- ▶ Rozważane procesy tła:
 - ▶ Procesy niedyfrakcyjne (nD)
 - ▶ Pojedyncza dyfrakcja (SD)
 - ▶ Podwójna dyfrakcja (DD)
 - ▶ Centralna dyfrakcja (CD)

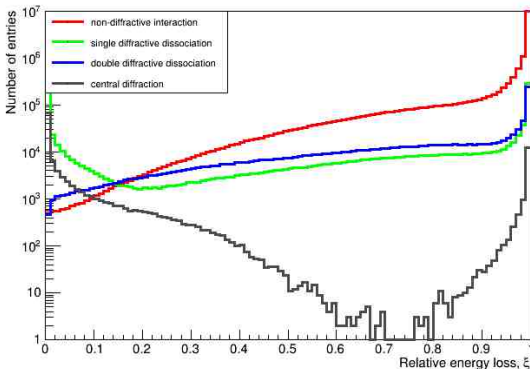


Rysunek: Procesy dyfrakcyjne

Generator procesów tła

PYTHIA – generator procesów oddziaływania cząstek. Ponieważ działa wolno, w celu przyspieszenia pracy, stworzono bazę danych.

- ▶ Proces oddziaływania dwóch protonów o energii $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$
- ▶ Akceptacja po rozproszeniu – tylko protony
- ▶ W bazie zapisywano wartości ξ z rozróżnieniem kierunków ruchu protonów oraz kod procesu (oddziaływanie)



Symulacja tła

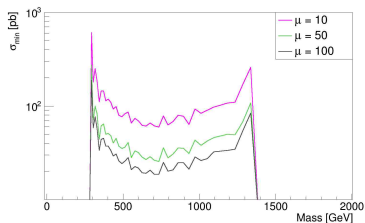
- ▶ Oddziaływanie \neq przypadek
- ▶ Procedura symulacji przypadków
 - ▶ Ilość oddziaływań losowana z rozkładu Poissona z zadaną średnią μ
 - ▶ Dla każdego oddziaływania informacja o protonach pobierana z przygotowanej bazy
- ▶ Rozważane scenariusze:

$t = 1$ rok	$t = 8$ h
$\mu = 10 \quad \mu = 50 \quad \mu = 100$	$\mu = 0.01 \quad \mu = 0.1 \quad \mu = 1.0$
↓	↓
Dużo sygnału i duże tło	Mało sygnału i małe tło

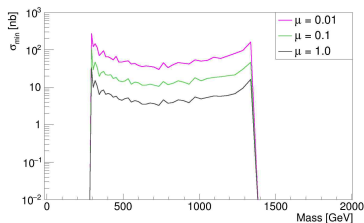
Czułość metody

Aby móc odkryć nowe cząstki, ich sygnał musi spełniać nierówność

$$N_S > 5\sqrt{N_B}$$



(a)



(b)

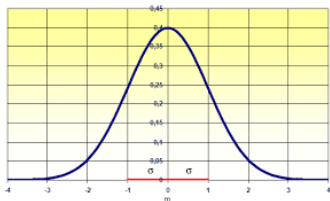
Wnioski:

- ▶ Pomiar lepszy w standardowych warunkach
- ▶ Lepsze wyższe μ

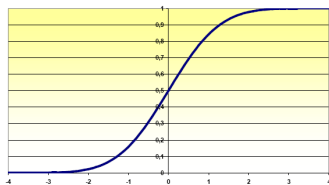
Podsumowanie

- ▶ Przedstawiono problem rejestracji niewidzialnych cząstek oraz własności procesów ekskluzywnych na LHC
- ▶ Stworzono model służący do generacji sygnału oraz wyznaczono akceptancję w zależności od masy niewidocznych cząstek
- ▶ Korzystając z programu PYTHIA opracowano procedurę symulacji tła.
- ▶ Zbadano dla jakiego scenariusza najlepiej szukać nieznanymi jeszcze cząstek na LHC.
- ▶ Perspektywy
 - ▶ Dla małego μ – zbadanie możliwości żądania pustego detektora centralnego.
 - ▶ Zebranie i opracowanie danych pomiarowych z LHC.

Metoda odwrotnej dystrybuanty



(c)



(d)

Rysunek: Rozkład normalny i jego dystrybuanta