

# Klasyfikacja przypadków w ND280

Arkadiusz Trawiński

Warszawa, 20 maja 2008

pod opieką:  
prof. Danuta Kielczewska  
prof. Ewa Rondio

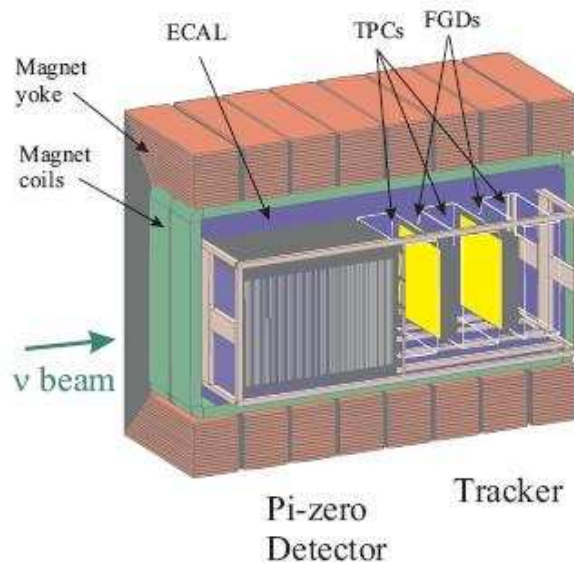
## 1 Abstrakt

Celem analizy symulacji jest bliższe zapoznanie się z możliwymi przypadkami jakie mogą wystąpić w detektorze ND280. Także dzięki odpowiedniej wstępnej klasyfikacji, będziemy w stanie określić częstość występowania nas interesujących zdarzeń. Podział przypadków (ich klasyfikacja) oraz zebrane dane powstały na podstawie analizy 1000 przypadków rozpraszania neutrina mionowego w części detektora zwanej koszem. Jenak metodę postępowania możemy stosować z równym powodzeniem także w innych eksperymentach.

## 2 Wstęp

### 2.1 Budowa detektora

Schemat poniżej przedstawia budowę detektora.



Rysunek 1: Układ detekcyjny

- **Tracker:** Wyszczególniony detektor do mierzenia pędu naładowanych cząstek w szczególności  $\mu^-$  i  $\pi^+$ .

- **P0D**: Detektor wyspecjalizowany w mierzeniu zasięgów produktów rozpadu neutralnej cząstki  $\pi^0$ .
- **SMRD**: Wyłapuje i mierzy zasięg  $\mu^-$  który opuścił wnętrze detektora oraz chroni przed promieniowaniem kosmicznym.

Symulacja na podstawie, której zostały zebrane wyniki nie pokazywała powstałych wierzchołków w TPC, można jednak było ten problem po części wyeliminować.

## 2.2 Legenda i terminologia

**hit** - ślad pozostawiony w detektorze po przejściu cząstki.

Na każdym z rysunków poszczególne tory cząstek są oznaczane:

- $\mu^-$  kolorem zielonym,
- $e^-$  czerwonym (odpowiadające im neutrina tym samym kolorem, ale przerywaną linią),
- $p^+$  niebieskim,
- $\gamma$  przerywaną niebieską linią,
- $n$  różową.

Pierwszy od lewej strony rysunek pokazuje symulacje wynik z detektora, a drugi całą symulowaną sytuację, łącznie zasymulowanymi śladami.

## 3 Klasyfikacja

Wstępna klasyfikacja polega na odpowiedzeniu na najważniejsze pytania:

- **Czy widoczny był  $\mu^-$ ?**

Jest to jedyny sposób na potwierdzenie rozpraszania neutrino mionowego na cząstce.

Odpowiedź pozytywna, jeżeli ślady pozostawione w detektorze po przejściu  $\mu^-$ , są wystarczające, by potwierdzić obecność cząstki w wierzchołku początkowym. Czyli możemy odtworzyć jego początkową trajektorię od wierzchołka do opuszczenia detektora lub do momentu rozpadu. Najczęściej mamy do czynienia z rozpraszaniem quasi elastycznym.

W przeciwnym przypadku odpowiedź negatywna.

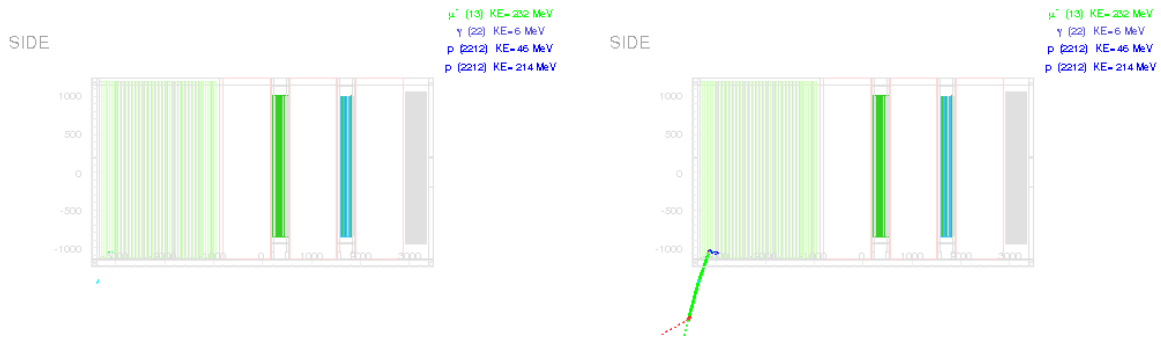
- **Czy  $\mu^-$  był w rzeczywistości?**

Odpowiedź pozytywna, jeżeli w wierzchołku początkowym znajdował się  $\mu^-$  (informacja ta dana jest w symulacji).

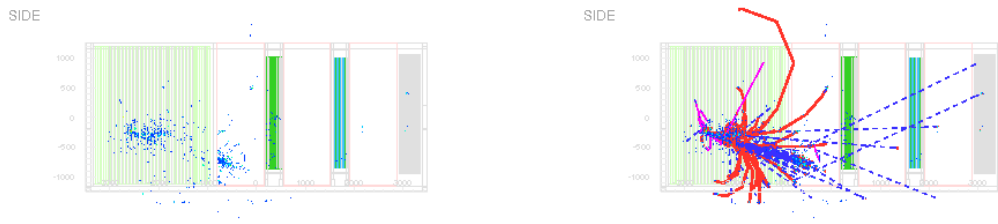
W przeciwnym przypadku odpowiedź negatywna, co oznacza, że mamy do czynienia z rozproszeniem elastycznym.

Przyczyną nie wykrycia  $\mu^-$ , chociaż cząstka była obecna w wierzchołku początkowym mogą być:

1. Ilość hitów pozostawionych w detektorze była zbyt mała i nie jesteśmy w stanie go potwierdzić. Oznacza to zajście przynajmniej jednej z możliwości:
  - $\mu^-$  był o małej energii,
  - $\mu^-$  szybko się rozpadł,
  - $\mu^-$  szybko opuścił część detekcyjną.



Rysunek 2:  $\mu^-$  szybko opuścił detektor



Rysunek 3:  $\mu^-$  w kaskadzie elektromagnetycznej

2. Wokół wierzchołka początkowego było zbyt wiele chaotycznych punktów i nie można wyróżnić trajektorii  $\mu^-$ . Przyczyną może być na przykład kaskada elektromagnetyczna.

Na podstawie dalszych pytań w wstępnej klasyfikacji możemy ustalić z którym przypadkiem mamy do czynienia.

- Jeżeli został zaobserwowany  $\mu^-$  jest sens pytać jaką część toru jesteśmy w stanie zaobserwować do całego (symulowanego) toru  $\mu^-$  (nie tylko w detektorze).

#### **Prawie cały tor był w detektorze?**

Odpowiedź pozytywna, jeżeli znaczna część toru  $\mu^-$  została zaobserwowana, czyli cząstka znajdowała się przez większość czasu w POD, Tracker lub SMRD.



Rysunek 4: Quasi elastyczne rozpraszanie

#### **Półowa toru w detektorze?**

Odpowiedź pozytywna, jeżeli zarejestrowano sporo hitów  $\mu^-$  w detektorze, jednak cały tor nie jest dobrze widoczny. Przyczyną nie zarejestrowania całego toru może być:

- wejście w obszar, w którym trudno odróżnić hit  $\mu^-$  od innych chaotycznych punktów,
- duża energia  $\mu^-$  i wyjście znacząco poza detektor.



Rysunek 5:  $\mu^-$  o dużej energii

Jeżeli na oba powyższe pytania odpowiedź negatywna, a mimo to  $\mu^-$  był dobrze widoczny, to oznacza że musiał szybko opuścić część detekcyjną detektora, ale zdołaliśmy potwierdzić jego obecność.

- **Wyraźnie widoczny proton?**

W rozpraszaniu elastycznym oprócz  $\mu^-$  powstaje  $p^+$ , dlatego zaobserwowanie protonu potwierdza zajście tego oddziaływania. Często jednak zamiast/opócz protonu widzimy dużo innych nukleonów. Spowodowane jest to wybiciem z jądra atomowego substancji detekcyjnej większej ilości cząstek. Prawdopodobieństwo zajścia oddziaływania z nukleonem słabo zależy od położenia tego nukleonu w jądrze atomowym.

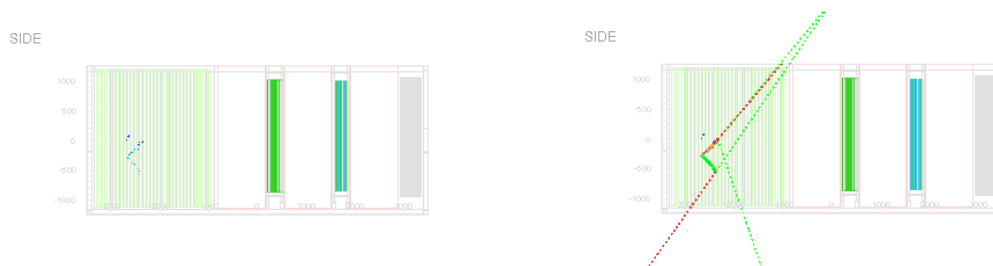


Rysunek 6: Widoczny  $p^+$

- Otrzymujemy kolejne nasuwające się pytanie.

**Czy widoczna jest inna cząstka?**

W tym doświadczeniu są to w przeważającej większości  $\pi$ , bardzo nielicznie  $\eta$ .



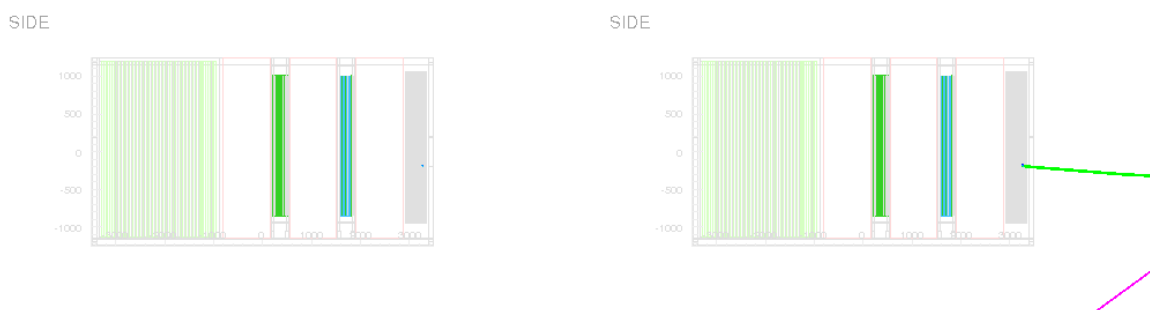
Rysunek 7: Widoczne  $\pi^+$

- Niezmiernie ważne jest położenie wierzchołka początkowego? Dzięki temu możemy między innymi ustalić częstość występowania interesujących nas przypadków w wybranych częściach detektora.

### Czy możemy ustalić położenie wierzchołka początkowego?

Odpowiedź negatywna, jeżeli liczba chaotycznych punktów wokół uniemożliwia określenie lokalizacji. W przypadku elastycznym często rozproszenie nie pozostawia po sobie widocznych hitów w otoczeniu wierzchołka początkowego. Także odpowiedź negatywna, jeżeli na podstawie wyników źle zostanie określone faktyczne położenie. W przeciwnym przypadku odpowiedź pozytywna.

- Niezależnie od tego, czy dokładne położenie wierzchołka możemy określić dla każdego przypadku w symulacji mamy dane jego współrzędne. Poniższe pytania określają jego faktyczne położenie w konkretnej części detektora.
  - **POD**
  - **Tracker**
  - **krawędź**: Odpowiedz pozytywna, jeżeli na dalszy przebieg zderzeń miała wpływ bliska krawędź detektora.



Rysunek 8: Wierzchołek na krawędzi

Jeśli wszystkie odpowiedzi są negatywne, to znaczy, że wierzchołek był poza centralną częścią detektora np. w SMRD.

- **Czy wokół wierzchołka początkowego są chaotyczne punkty?**

Odpowiedź negatywna, jeżeli ilość punktów pozostawionych przez inne cząstki w znacznym stopniu utrudnia zlokalizowanie wierzchołka. Głównie tymi obiektami są neutrony. W bardzo trudnym przypadku trudno określić. W przeciwnym przypadku odpowiedź pozytywna.

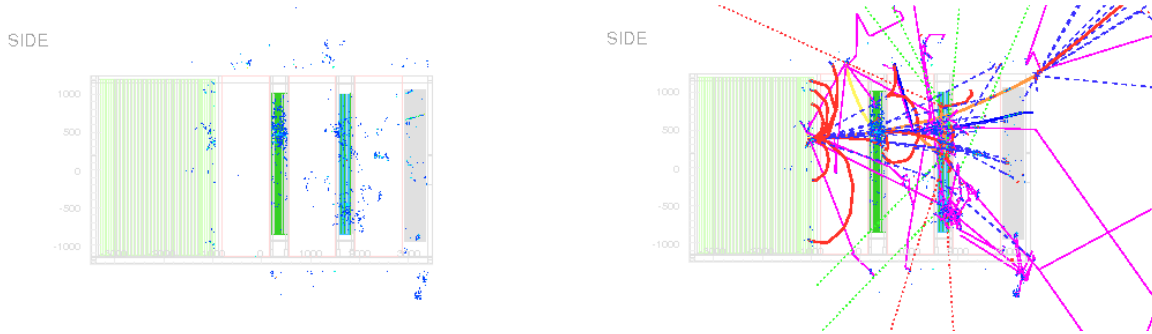


Rysunek 9: Chaotyczne punkty wokół wierzchołka początkowego

- **Trudne w analizie?**

Odpowiedź pozytywna jeżeli:

1. Ilość trajektorii różnych cząstek jest tak duża, że nie jesteśmy w stanie żadnej wyróżnić dokładnie.
2. Zinterpretowane przez nas wyniki, są błędne, tzn. nie odpowiadają faktycznemu ruchowi.
3. Z detektora uciekła nie zauważona cząstka o znaczącej energii.



Rysunek 10: Bardzo trudny przypadek

## 4 Wnioski

### 4.1 Baza danych i statystyka

Po przeanalizowaniu tysiąca przypadków można uzyskać miarodajny materiał, który posłuży do dalszej analizy. Zebrane informacje możemy umieścić w tabeli. Każda kolumna odpowiada omawianym wcześniej zapytaniom, a wiersze pojedynczo analizowanym przypadkom.

ID	⊙⊙	Był $\mu^-$	Zasięg $\mu^-$		Lokalizacja wierzchołka			⊙⊙	⊙⊙	Chaos koło wierz.	⊙⊙	Trudny przyp.
	$\mu^-$		$\mu^-$	$\approx 1$	$\approx \frac{1}{2}$	P0D	Tracker	krawędź	$p^+$		inne	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
776	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0
777	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0
778	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Tabela 1: Fragment otrzymanej bazy danych

Przyjęte oznaczenia:

⊙⊙ - widoczny

1-zachodzi

0-nie zachodzi

Możemy wywnioskować z drugiego wiersza tabeli 2, że 30.2% wszystkich przypadków stanowią rozpraszania elastyczne. Czyli od razu na wstępie tylko ok. 70% przypadków może nadawać się do jakiegokolwiek analizy. Ponieważ obecność  $\mu^-$  wskazuje na quasi elastyczne rozpraszanie, a tylko w tych przypadkach możemy zmierzyć wszystkie potrzebne wielkości wśród produktów rozproszenia.

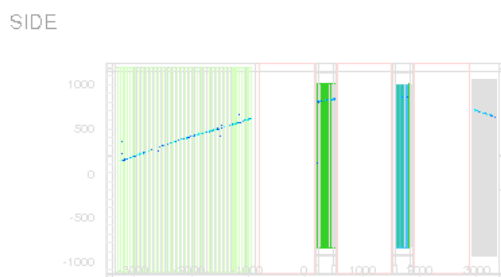
### 4.2 $\mu^-$ o dużej energii $\approx 1\text{GeV}$

Teraz by wyznaczyć inny rodzaj przypadku możemy posłużyć się przeanalizowanymi danymi. Jeżeli chcemy wyznaczyć np. jak często zdarzają się widoczne  $\mu^-$  o dużej energii to wystarczy rozpatrzyć wektor: 110111\_0\_\_\_\_. To znaczy szukamy przypadków, w których

Pytanie	Procentowy udział
Czy $\mu^-$ był widoczny?	47.5%
Czy $\mu^-$ był w rzeczywistości?	69.8%
Prawie cały tor $\mu^-$ był w detektorze?	34.7%
Połowa toru była w detektorze?	19.4%
Dobrze widoczny wierzchołek początkowy ?	62.2%
<i>Położenie wierzchołka początkowego</i>	
- POD?	67.7%
- Tracker?	30.3%
- Krawędź?	34.8%
Widoczny był $p^+$	27.0%
Widoczne były inne cząstki, np. $\pi^+$	12.5%
Wokół wierzchołka były chaotyczne punkty?	48.4%
Przypadek trudny w analizie?	46.8%

Tabela 2: Podsumowanie poszczególnych kolumn bazy danych

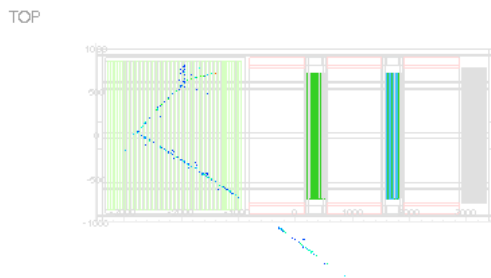
był widoczny  $\mu^-$ , ale tylko w połowie jego tor oraz wierzchołek początkowy był daleko od krawędzi. Okazuje się, że stanowią one 4,1% wszystkich zdarzeń.



Rysunek 11:  $\mu^-$  o dużej energii 4,1% wszystkich zdarzeń

### 4.3 Rozpraszania quasi elastyczne

Innym zastosowaniem zebranych danych jest wyznaczenie jak często będziemy mieli okazje obserwować najprostsze w analizie rozpraszanie quasi elastyczne, w wyniku którego otrzymamy tylko  $\mu^-$  i  $p^+$  oraz ich tory ruchu pozostawiają widoczne i jedyne ślady w detektorze. Taki przypadek reprezentuje wektor: 111....10010 i stanowi 8,2% wszystkich zdarzeń.



Rysunek 12: Quasi elastyczne rozpraszanie 8,2% wszystkich zdarzeń