

Badanie detektora scyntylacyjnego pod kątem wykorzystania w Compton-PET.

Praca magisterska: Fizyka Medyczna

Scyntylatory to zaawansowane materiały produkujące światło pod wpływem oddziaływania z nimi cząstek naładowanych. Cechą stałych scyntylatorów plastikowych jest krótki czas wyświecania, który pozwala na ich zastosowanie do precyzyjnych pomiarów czasu z dokładnością do dziesiątych nanosekundy.

Cząstki elektrycznie obojętne mogą być również pośrednio rejestrowane w scyntylatorach, jeśli wybija cząstki naładowane. W odróżnieniu od kryształów nieorganicznych scyntylatory plastikowe są bardzo rzadko wykorzystywane do rejestracji fotonów z uwagi na ich małe Z , a co za tym idzie niską wydajność, a w szczególności zanedbywalny przekrój czynny na efekt fotoelektryczny. Praktycznie wykluczało to ich zastosowanie w metodzie PET, gdzie rejestrowane są fotony o energii 511 keV. Ostatnio jednak, m.in. w związku z rozwojem metod TOF PET i Compton PET, wzrosło zainteresowanie zastosowaniem scyntylatorów plastikowych w diagnostyce z uwagi na ich wyjątkowe własności czasowe i umiarkowaną cenę.

Wydajne rejestrowanie cząstek neutralnych wymaga jednak zastosowania dużego detektora (scyntylatora), a wtedy problemem jest określenie miejsca oddziaływania. Typowy sposób to zastosowanie dużej liczby fotopowielaczy (PMT). Alternatywnie, można to rozwiązać poprzez zastosowanie długiej "belki" ze scyntylatora odczytywanej z dwu końców przez dwa fotopowielacze (PMT). Światło w drodze do PMT jest częściowo pochłaniane. W zależności od miejsca oddziaływania będziemy obserwować różnicę amplitud sygnałów rejestrowanych w dwóch PMT. Oprócz tego zmierzmy różnicę czasu rejestracji związaną z drogą światła i skończoną prędkością jego rozchodzenia się w scyntylatorze.

Zanim wykorzystamy detektor do pomiaru cząstek neutralnych, musimy sprawdzić te zależności z wykorzystaniem cząstek naładowanych, o których wiemy, w jakim punkcie oddziaływały. W laboratorium mamy dwie możliwości:

- Zastosowanie źródła ^{90}Sr – emitera promieniowania beta o stosunkowo dużej energii, które penetruje do około 1 cm w głąb scyntylatora.
- Pomiar mionów kosmicznych, które z łatwością przenikają przez cały scyntylator o przekroju około 10 x 10 cm, ale potrzebny jest dodatkowy detektor (lub detektory) pozwalający określić miejsce przejścia mionu, czyli zapewniający tzw. aktywną kolimację.

Zadania do wykonania w ramach pracy to:

- Pomiary laboratoryjne z wykorzystaniem źródła. Przed pomiarem zależności pozycja-czas wymagana jest optymalizacja ustawień specjalnych modułów tzw. dyskryminatorów stałofrakcyjnych (CFD) w celu najbardziej precyzyjnego pomiaru czasu.
- Pomiary z wykorzystaniem mionów kosmicznych. Na wstępie niezbędne będzie przygotowanie dodatkowego niewielkiego detektora do kolimacji elektronicznej i określenie jego najlepszego ustawienia.
- Porównanie wyników uzyskanych w obu wypadkach i określenie pozycyjnej zdolności rozdzielczej układu.
- Rejestracja skolimowanych kwantów z kilku źródeł o różnych energiach i aktywnościach.
- Wykorzystanie liniowego modelu PET (istniejący układ dwu detektorów NaJ) do rejestracji pary fotonów anihilacyjnych ze źródła ^{22}Na w koincydencji z detekcją fotonu w scyntylatorze testowym.

Osoby zainteresowane programowaniem mogą połączyć te zadania z symulacjami, ale nie jest to element niezbędny do realizacji pracy.

Wymagania wstępne: umiejętności na poziomie Laboratorium fizyki na I stopniu studiów.

Badanie laboratoryjne odpowiedzi detektora scyntylacyjnego.

Praca licencjacka: Fizyka.

Scyntylatory to zaawansowane materiały produkujące światło pod wpływem oddziaływania z nimi cząstek naładowanych. Cechą stałych scyntylatorów nieorganicznych (plastikowych) jest krótki czas wyświecania, który pozwala na ich zastosowanie do precyzyjnych pomiarów czasu z dokładnością do dziesiątych części nanosekundy.

Neutrony jako cząstki elektrycznie obojętne mogą być również pośrednio rejestrowane w scyntylatorach, jeśli wybiją z cząsteczek scyntylatora jakieś cząstki naładowane, np. protony. Wydajne rejestrowanie neutronów wymaga jednak zastosowania dużego detektora (scyntylatora), a wtedy problemem jest określenie miejsca oddziaływania neutronu. Można to rozwiązać poprzez zastosowanie długiej "belki" ze scyntylatora odczytywanej z dwu końców przez dwa fotopowielacze (PMT). Światło w drodze do PMT jest częściowo pochłaniane. W zależności od miejsca oddziaływania będziemy obserwować różnicę amplitud sygnałów rejestrowanych w dwóch PMT. Oprócz tego zmierzmy różnicę czasu rejestracji związaną z drogą światła i skończoną prędkością jego rozchodzenia się w scyntylatorze.

Zanim wykorzystamy detektor do pomiaru neutronów, musimy sprawdzić te zależności z wykorzystaniem cząstek naładowanych, o których wiemy, w jakim punkcie oddziaływały. W laboratorium możemy do tego celu wykorzystać miony kosmiczne, które z łatwością przenikają przez cały scyntylator o przekroju około $10 \times 10 \text{ cm}^2$, ale potrzebny jest dodatkowy detektor (lub detektory) pozwalający określić miejsce przejścia mionu, czyli zapewniający tzw. aktywną kolimację.

Zadania do wykonania w ramach pracy to:

- Pomiar z wykorzystaniem mionów kosmicznych. Na wstępie niezbędne będzie przygotowanie detektora do kolimacji elektronicznej. Następnie wymagana jest optymalizacja ustawień specjalnych modułów dyskryminatorów stałofrakcyjnych (CFD) w celu najbardziej precyzyjnego pomiaru czasu. Do porównania są dwa typy takich urządzeń.
- Analiza danych. Porównanie wyników uzyskanych na podstawie różnicy czasu rejestracji i różnicy wysokości impulsu. Określenie pozycyjnej zdolności rozdzielczej układu.
- Symulacje depozycji energii przez miony kosmiczne w detektorze – porównanie z wynikami testów laboratoryjnych.

Kalibracja energetyczna detektora Ball w eksperymencie BINA@CCB.

Praca licencjacka: Fizyka lub
inżynierska: Fizyka Medyczna

BINA to układ wielodetektorowy wykorzystywany do badania oddziaływań jądrowych. Pierwotnie był wykorzystywany w ośrodku KVI w Groningen (Holandia), a obecnie jest stosowany w eksperymentach w Centrum Cyklotronowym Bronowice IFJ PAN w Krakowie. Składa się z dwu części: Wall i Ball. Część Ball składa się ze 149 detektorów - scyntylatorów plastikowych. Podczas pomiarów rejestrowane było m.in. rozpraszanie sprężyste protonów (z wiązki) na deuteronach (z ciekłej tarczy). Deuterony rejestrowane były w części przedniej, Wall, która pozwalała na precyzyjne określenie ich kątów wylotu i energii. Na tej podstawie dokładnie możemy określić kierunek wylotu i energię protonu, który powinien być trafić w określony element Ball. Stanowi to podstawę do kalibracji energetycznej poszczególnych elementów detektora Ball.

Zadania do wykonania w ramach pracy to:

1. Analiza danych zebranych dla trzech energii wiązki – wybór interesujących zdarzeń: deutron w Wall i proton w Ball.
2. Identyfikacja i rekonstrukcja zdarzeń typu klaster w Ball: światło produkowane przez cząstkę w danym elemencie detektora Ball przenika częściowo do elementów sąsiednich i trzeba zrekonstruować całkowitą sumę światła.
3. Wyznaczenie kalibracji energetycznej dla kilku wybranych elementów o różnej geometrii i przygotowanie półautomatycznej procedury analizy dla całości układu.

Wymagana podstawowa znajomość c++

Wyznaczenie wydajności materiału scyntylacyjnego na detekcję neutronów na podstawie danych z eksperymentu BINA@CCB.

Praca magisterska: Fizyka lub Mikro- i Nanotechnologia

Scyntylatory to zaawansowane materiały produkujące światło pod wpływem oddziaływania z nimi cząstek naładowanych. Zestaw scyntylatorów plastikowych jest wykorzystany m.in. w układzie wielodetektorowym BINA, stosowanym do badań oddziaływań jądrowych w Centrum Cyklotronowym Bronowice IFJ PAN w Krakowie. BINA składa się z dwu części: Wall i Ball. Część Ball tworzy 149 scyntylatorów plastikowych. Podczas pomiarów w roku 2019 rejestrowane było m.in. rozpraszanie sprężyste protonów (z wiązki) na deuteronach (z ciekłej tarczy). Deuterony rejestrowane były w części przedniej, Wall, która pozwalała na precyzyjne określenie ich kątów wylotu i energii. Na tej podstawie dokładnie możemy określić kierunek wylotu i energię protonu, który powinien był trafić w określony element Ball. Stanowi to podstawę do określenia wydajności poszczególnych elementów detektora Ball dla protonów.

Bardzo interesującym zagadnieniem jest wydajność materiału scyntylacyjnego na detekcję neutronów, które jako cząstki neutralne mogą oddziaływać pośrednio - aby zostały zarejestrowane muszą wybić cząstkę naładowaną. Obecne modele oddziaływania neutronów wykazują pewne niedoskonałości. Jednocześnie wiele eksperymentów wymaga poprawnej symulacji oddziaływania. Zebrane dane pozwolą zweryfikować aktualnie stosowane symulacje. Do tego celu trzeba zidentyfikować specjalne zdarzenia, kiedy w części Wall zarejestrowano dwa protony. Wiadomo wtedy, że w określonym elemencie części Ball musiał pojawić się neutron.

Zadania do wykonania w ramach pracy to:

1. Wybór wśród zebranych danych interesujących zdarzeń: deutron w Wall oraz dwa protony w Wall (analiza z wykorzystaniem pakietu root i programów w C++)
2. Wykonanie symulacji takich zdarzeń z wykorzystaniem pakietu GEANT4 <https://geant4.web.cern.ch>
3. Przygotowanie procedury określenia elementu Ball, który powinien zarejestrować proton lub, odpowiednio, neutron - analiza geometryczna i symulacje.
4. Analiza wydajnościowa - weryfikacja, czy określony element zarejestrował cząstkę.
5. Wyznaczenie wydajności na detekcję neutronów w funkcji ich energii, porównanie z symulacjami.

Symulacje dla projektu MAGIX@MESA.

Praca licencjacka: Fizyka

Zaawansowane symulacje dla projektu MAGIX@MESA.

Praca magisterska: Mikro- i Nanotechnologia

Instytut Fizyki Jądrowej JGU (Moguncja, Niemcy) jest znanym na całym świecie ośrodkiem akceleratorowym wiązek elektronowych. Obecnie w budowie jest nowy akcelerator elektronów, MESA <https://www.mesa.uni-mainz.de/eng/>, który pozwoli osiągnąć niedostępne nigdzie indziej intensywności (prądy) wiązki elektronowej o niskiej energii (100-150 MeV). Dzięki temu możliwy będzie pomiar wielkości ważnych z punktu widzenia elementarnych oddziaływań, a także prowadzenie badań ciemnej materii. Nowoczesne spektrometry magnetyczne MAGIX <https://magix.uni-mainz.de/spectrometer.php> będą wykorzystane m.in. do rejestracji elektronów rozproszonych na lekkich jądrach atomowych. Badanie takich reakcji otwiera możliwości testowania oddziaływań jądrowych i prądów elektromagnetycznych, opisywanych obecnie w sposób spójny w ramach Chiralnej Efektywnej Teorii Pola. Przyszłe pomiary wymagają optymalizacji detektora protonów i deuteronów wybitych z tarczy.

Praca licencjacka: Głównym celem pracy będzie przeprowadzenie symulacji z wykorzystaniem pakietu GEANT4 <https://geant4.web.cern.ch> , które pozwolą na optymalne wykorzystanie do takich pomiarów krzemowych detektorów paskowych.

Praca magisterska: Głównym celem pracy będzie przeprowadzenie symulacji z wykorzystaniem pakietu GEANT4 <https://geant4.web.cern.ch> , które pozwolą na optymalne wykorzystanie do takich pomiarów krzemowych detektorów paskowych. Badane będzie także oddziaływanie elektronów z różnymi materiałami spektrometru MAGIX.