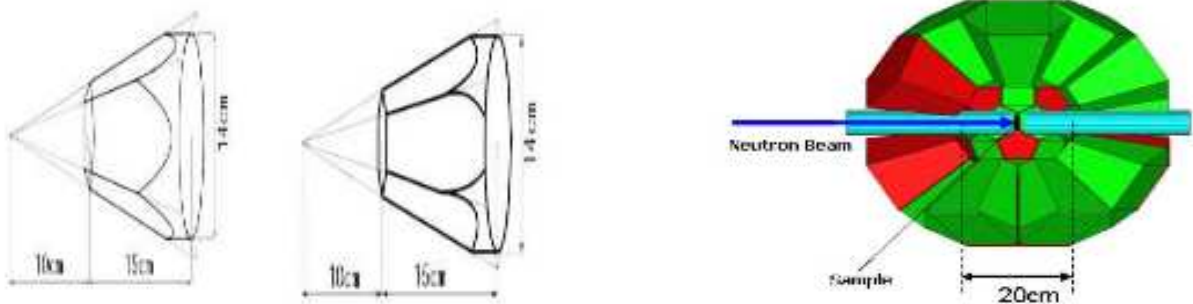


# Środowisko programistyczne Geant4: Projekt 5A, 5B, 5C

- **Temat: Detektor scyntylacyjny (kryształowa kula).**

- **Specyfikacja:**

Projekt polega na symulacji działania detektora scyntylacyjnego służącego do pomiaru przekroju czynnego na radiacyjny wychwyt neutronu ( $n, \gamma$ ) przez szereg izotopów promieniotwórczych. Reakcja ta ma istotne znaczenie dla zrozumienia procesów zachodzących w masywnych gwiazdach oraz podczas wybuchu supernowych. Fotony z wychwytu neutronu produkują w scyntylatorze rozbłyski światła rejestrowane przez fotopowielacz. Detektor tworzy pełną powłokę sferyczną podzieloną na 42 elementy o identycznym kącie bryłowym. Dwanaście elementów ma przekrój pięciokąta a trzydzieści sześciokąta jak przedstawiono na rysunku poniżej. Każdy kryształ, wykonany ze scyntylatora  $BaF_2$ , został wycięty z walca o średnicy 14 cm i długości 15 cm. Całość tworzy powłokę sferyczną jak na rysunku. Każdy element wyposażony jest od strony zewnętrznej we własny fotopowielacz. Badany izotop znajduje się w środku sfery i jest dyskiem o średnicy 1 cm zawierającym 1 mg badanego materiału (np.  $^{151}Sm$ ). Neutrony doprowadzone są aluminiową rurą o grubości powłoki 1 mm i średnicy wewnętrznej 1 cm. Po wychwycie neutronu, jądro emituje od jednego do kilku fotonów o sumarycznej energii charakterystycznej dla danego izotopu co jest podstawą pomiaru tego procesu. Z poziomu interfejsu użytkownika należy zagwarantować wybór energii wiązki neutronowej (fotonowej).



- **Projekt 5A**

W projekcie 5A należy wyznaczyć wydajność oraz rozdzielczość pomiaru energii fotonów w pojedynczym scyntylatorze. Sygnał z fotopowielacza jest proporcjonalny do ilości wybitych z fotokatody fotoelektronów. Ilość wybitych fotoelektronów powinna być proporcjonalna do ilości fotonów padających na fotopowielacz a ta powinna być proporcjonalna do ilości wszystkich fotonów optycznych wyprodukowanych w scyntylatorze. Ilość fotonów optycznych z kolei powinna być proporcjonalna do energii zdeponowanej w scyntylatorze a ta proporcjonalna do energii pierwotnych fotonów. Projekt ma na celu sprawdzenie liniowości oraz energetycznej zdolności rozdzielczej odpowiedzi detektora na przejście pojedynczych fotonów. Parametry te należy wyznaczyć dla każdego etapu symulacji (depozyt energii w scyntylatorze  $\rightarrow$  fotony optyczne  $\rightarrow$  fotoelektrony). W kryształach  $BaF_2$  powstają dwie składowe fotonów optycznych: szybka i powolna. W pomiarze można ograniczyć się tylko do składowej szybkiej co znacznie skraca długość trwania okienka czasowego w którym całkujemy sygnał z fotopowielacza. Krótkie okienko czasowe oznacza małe prawdopodobieństwo rejestracji przypadkowego tła.

– Etapy wykonania projektu:

1. Implementacja geometrii pojedynczego elementu detektora i interfejsu użytkownika zgodnie ze specyfikacją. Czyli wiązka fotonów pada centralnie na środek scyntylatora.
2. Dla wiązki fotonów o energii 4 MeV padających centralnie wzdłuż osi scyntylatora należy wyznaczyć
  - \* rozkład energii zdeponowanej w scyntylatorze,
  - \* rozkład liczby fotonów optycznych wyprodukowanych w scyntylatorze,
  - \* rozkład liczby fotonów optycznych padających na fotopowielacz,
  - \* rozkład liczby fotoelektronów wybijanych z fotokatody, zakładając, że wydajność fotokatody wynosi 75%,
  - \* rozkład czasowy fotoelektronów wybijanych z fotokatody,
  - \* rozkład liczby szybkich fotoelektronów wybijanych z fotokatody.
3. Na podstawie wyników poprzedniego punktu należy wyznaczyć dla każdego etapu symulacji względną zdolność rozdzielczą czyli stosunek dyspersji otrzymanego rozkładu do wartości średniej.
4. Dla wiązki fotonów o energiach: 1,2,4,6 i 8 MeV padających centralnie wzdłuż osi scyntylatora należy wyznaczyć: rozkłady liczby fotoelektronów oraz ilości szybkich fotoelektronów.
5. Czy wartości średnie rozkładów z poprzedniego punktu zależą liniowo od energii padających fotonów ?

● Projekt 5B

W projekcie 5B zakładamy, że mierzony sygnał jest proporcjonalny do energii zdeponowanej w scyntylatorze (nie musimy symulować produkcji fotonów optycznych). Mierzony sygnał może pochodzić od fotonów powstałych w wyniku wychwytu neutronu w badanej próbce albo od fotonów powstałych w scyntylatorze w wyniku wychwytu neutronu rozproszonego na badanej próbce.

– Etapy wykonania projektu:

1. Implementacja geometrii całego detektora i interfejsu użytkownika zgodnie ze specyfikacją. Czyli wiązka neutronów pada centralnie na środek badanej próbki izotopu. Dwa scyntylatory należy usunąć aby w ich miejscu umieścić rurę z neutronami.
2. Dla wiązki neutronów o energiach: 10 i 1000 eV należy wyznaczyć osobno dla przypadków wychwytu neutronów w próbce badanego izotopu oraz wychwytu rozproszonych neutronów w scyntylatorze:
  - \* rozkład sumarycznej energii zdeponowanej w scyntylatorach,
  - \* rozkład liczby pojedynczych scyntylatorów, w których deponowana jest energia,
3. Na podstawie wyników poprzedniego punktu należy wyznaczyć dla obu energii wiązek neutronów optymalne warunki selekcji sygnału od tła, czyli rozproszonych neutronów.

● Projekt 5C

Kolejnym źródłem tła dla badanego procesu mogą być naturalne rozpady badanej próbki izotopu. Liczba takich rozpadów podlega rozkładowi Poissona i zależy od czasu trwania całkowania sygnału z fotopowielacza. Czas trwania całkowania sygnału z fotopowielacza zależy od tego czy chcemy zebrać całość fotonów optycznych wyprodukowanych w scyntylatorze czy

też ograniczymy się jedynie do ich szybkiej komponenty. W pierwszym przypadku czas trwania całkowania sygnału wynosi  $2 \mu s$  a w drugim 150 ns. W tym projekcie źródłem cząstek pierwotnych będą rozpady samoistne badanego izotopu.

– Etapy wykonania projektu:

1. Implementacja geometrii całego detektora i interfejsu użytkownika zgodnie ze specyfikacją. Czyli źródłem cząstek pierwotnych będą rozpady naturalne badanego izotopu dla dwóch przedziałów czasowych ich wystąpienia. Dwa scyntylatory należy usunąć aby w ich miejscu umieścić rurę z neutronami.
2. Dla dwóch przedziałów czasowych całkowania sygnału należy wyznaczyć:
  - \* rozkład sumarycznej energii zdeponowanej w scyntylatorach,
  - \* rozkład liczby pojedynczych scyntylatorów w których deponowana jest energia.
3. Na podstawie wyników poprzedniego punktu (oraz wyników analizy zespołu 5B) należy wyznaczyć dla obu czasów całkowania sygnału optymalne warunki selekcji sygnału od tła.