

## **Cel projektu:**

Celem projektu jest pomiar wpływu siły grawitacji na atom pozytonium (Ps), najlżejszy układ materia-antymateria, złożony z elektronu i jego antycząstki, pozytonu. Czas życia Ps w stanie podstawowym jest bardzo krótki (142 ns). Dla przeprowadzenia pomiarów wpływu grawitacji na ten układ należy wydłużyć jego czas życia przynajmniej do mikrosekundy. Jest to możliwe przez wzbudzenie laserem Ps do stanów metastabilnych (na przykład, poziomów z wysoką główną liczbą kwantową, poziomów Rydberga). Dostępność atomów Ps z dłuższym czasem życia pozwoli badać ich spadek w grawitacyjnym polu Ziemi. W ramach realizacji tego projektu zostanie skonstruowany system detekcyjny z plastikowych scyntylatorów, który będzie wykorzystywany do badań w laboratorium AML w Trento (Włochy), które posiada duże doświadczenie w produkcji wiązek pozytonium i manipulowania czasem życia pozytonium przy pomocy laserów.

## **Motywacja dla proponowanego projektu badawczego:**

Badania proponowane w tym projekcie dotyczą najprostszego, lecz ciągle otwartego przez prawie stulecie od czasu przewidzenia przez P. Diraca w 1928 r. istnienia antymaterii, pytania: „Czy antymateria zachowuje się podobnie do materii pod wpływem siły grawitacji?”. Odpowiedź na to pytanie mogłaby wyjaśnić tajemnicę braku obserwowanej antymaterii w porównaniu z materią we Wszechświecie, a stąd symetrii materia-antymateria. Przez wiele dziesięcioleci, główną trudnością w rozwiązaniu tego problemu był brak dostępnych do badań obiektów/układów zawierających antymaterię. W ostatnich dekadach, dzięki dostępności wiązek anty-protonu, kilka grup (ALPHA, AEGIS, GBAR) w laboratorium CERN rozpoczęło prace nad jednym z najważniejszych problemów, badając zachowanie antymaterii w obecności pola grawitacyjnego. Ps stanowi obiecującą alternatywę do anty-wodoru oferując zaletę łatwiejszej produkcji i manipulacji w laboratorium. Jednakże, dla pomiaru grawitacyjnego efektu, czas życia Ps musi być zwiększony do zakresu mikrosekund, co może być wykonane przez użycie laserów do wzbudzania Ps do stanu metastabilnego.

## **Opis badań:**

Aby osiągnąć ten ambitny cel, badania składają się z dwóch etapów. W pierwszym etapie, atomy Ps będą tworzone we wiązce pozytonów PsICO (Ps Interferometry and Correlation Observation) w AML i wzbudzane przy pomocy laserów do stanu metastabilnego, o czasie życia dłuższym o rząd wielkości niż czas życia stanu podstawowego. Laserowe techniki chłodzenia będą również zastosowane dla kolimacji wiązki Ps. Układ deflektometr / interferometr zostanie użyty do pomiaru masy bezwładnej atomów Ps. System składa się z trzech równomiernie rozmieszczonych kratownic oraz płyty stopującej. Pierwsze dwie siatki, które mogą być siatkami materiałowymi lub siatkami lekkimi o ustalonej okresowości, dają wzór prążków w płaszczyźnie trzeciej siatki materiałowej, której pionowe przemieszczenie zależy od przyspieszenia doświadczanego przez Ps. W odległości 1-2 cm od trzeciej kratownicy stoper przechwyci Ps przechodzący przez kratkę materiałową. Skanowanie prążków będzie możliwe poprzez wykonanie serii pomiarów poprzez przesunięcie trzeciej siatki wzdłuż kierunku działania siły (prostopadle do kierunku wiązki Ps) z przemieszczeniem w zakresie dokładności subnm gwarantowanej przez komercyjny jednoosiowy piezoelektryczny system nanopozycjonowania. Na koniec, aby wyznaczyć siłę oddziaływania grawitacyjnego, porównywane będzie prawdopodobieństwo anihilacji atomów Ps z trzecią kratownicą oraz płytą stopującą dla każdej mierzonej pozycji kratownicy. Druga podstawowa faza wymaga zastosowania systemu detekcji dla rekonstrukcji wierzchołków atomów Ps, które oddziałują i anihilują na trzeciej, materiałnej, kratownicy lub na płycie stopującej, która przecina kratownicę. W tym celu zbudujemy 4 modułowe jednostki detekcyjne w oparciu o metody opracowane na Uniwersytecie Jagiellońskim przez grupę J-PET. Każda jednostka detekcyjna będzie składać się z wielu plastikowych scyntylatorów. Sygnały z każdego scyntylatora będą odczytywane przez krzemowe fotopowielacze (SiPMs) na obu końcach. Digitalizacja i akwizycja sygnałów będzie całkowicie oparta na FPGA (z ang. Field Programmable Gate Arrays), które potrafią pracować przy dużym obciążeniu. Dwie jednostki detekcyjne będą umieszczone z obu stron, skupiając pole widzenia na trzeciej kratownicy i na płycie stopującej, oddzielnie rejestrując fotony anihilacji pochodzące z kratownicy i ze stopera.

## **Oczekiwane wyniki:**

Wynikiem projektu będzie bezpośredni test wpływu grawitacji na pozytonium, neutralny układ materia-antymateria. Ten interdyscyplinarny projekt zawiera kilka interesujących aspektów, włączając w to produkcję atomów pozytonium, wzbudzanie ich długo-żyjących stanów przy pomocy laserów, zastosowanie dedykowanego deflektometru/interferometru, konstrukcję modułów detekcyjnych opartych na plastikowych scyntylatorach oraz analizę cyfrową sygnałów przy zastosowaniu FPGA. Będzie to unikalna aparatura dla przeprowadzenia pierwszego bezpośredniego testu dla pomiaru wpływu siły grawitacji na Ps – neutralny układ materia-antymateria składający się wyłącznie z leptów.