

## 1 Cel projektu

Motywacja do trwających badań w dziedzinie teoretycznej i eksperymentalnej fizyki cząstek elementarnych jest poszukiwanie niewyjaśnionych pytań dotyczących wszechświata. Jednym z nich jest poszukiwanie pochodzenia asymetrii między materią a antymaterią we wszechświecie. Gdyby taka sama ilość materii i antymaterii istniała i wchodziłaby w kontakt, to dochodziłoby do anihilacji i całkowitego zniknięcia w postaci energii. Ale dlaczego we wszechświecie jest więcej materii niż antymaterii? Rosyjski fizyk zaproponował, że aby rozwiązać tę zagadkę, należy naruszyć podstawową symetrię Natury. Stwierdzono, że w pewnych symetriach uważanych za prawdziwe w fizyce, obserwowano niewielkie naruszenia przy niektórych interakcjach. Trwają badania w poszukiwaniu łamania symetrii między cząstką elementarną i jej antycząstką, które to są budulcem materii i antymaterii we wszechświecie. Jednym z obiektów pozwalających na badanie symetrii materia-antymateria w Naturze jest pozytonium, które złożone jest z cząstki  $e^-$  i jej antycząstki  $e^+$ . Celem projektu jest poszukiwanie łamania symetrii w rozpadach pozytonium, które jest czystym układem leptonowym, poddany połączonej transformacji ładunku i parzystości (CP) oraz transformacji ładunku, parzystości i czasu (CPT). Można to zrobić, mierząc operatory korelacji kątowej antysymetryczne względem transformacji CP i CPT.

## 2 Opis badań

Proponowany test zostanie przeprowadzony przy użyciu detektora fotonów, pierwotnie stworzonego jako prototyp pierwszego medycznego skanera Pozytonowej Tomografii Emisyjnej do obrazowania medycznego o nazwie J-PET skonstruowanego na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie i opartego o plastikowe scyntylatory. Detektor ten pozwala wykryć fotony anihilacyjne z rozpadów pozytonium i przeprowadzić test symetrii w układzie składającym się z cząstki i antycząstki. Dalsze badania zostaną przeprowadzone przez pomiar operatora korelacji kątowej, który jest nieparzysty zarówno w przypadku transformacji symetrii CP, jak i CPT. Ze względu na tę właściwość, jeśli anihilacje pozytonium są symetryczne względem CP i CPT, to średnia wartość takiej korelacji kątowej musiałaby być równa zeru. Dlatego obserwacja jakiegokolwiek niezerowej średniej korelacji stanowiłaby dowód naruszenia symetrii. W badaniach zostanie wykorzystany rozkład kątowy między spinem pozytonium a pędem fotonów anihilacyjnych.

## 3 Przyczyny podjęcia określonego tematu badawczego

Proponowany test jest pierwszym w historii pomiarem operatora wrażliwego na łamanie CP i CPT w rozpadach pozytonium. Inne korelacje kątowe były mierzone wcześniej, ale nigdy takiej, która byłaby wrażliwa na naruszenia zarówno CP, jak i CPT w tym samym czasie. Pomiar tej korelacji jest trudny ze względu na jej czułość na różne warunki eksperymentalne. Jednak dotychczasowe symulacje i eksperymenty przeprowadzone z pozytonium dla detektora J-PET pozwoliły na zrozumienie wszystkich czynników eksperymentalnych wpływających na taki pomiar z dużą dokładnością, pozwalając nie tylko zmierzyć ten operator korelacji kątowej po raz pierwszy, ale także poprawić dokładność poprzednich pomiarów, przeprowadzonych dla innych korelacji kątowych w rozpadach pozytonium.

## 4 Oczekiwane znaczące wyniki

Wspomniana korelacja kątowa miałaby być mierzona po raz pierwszy, co skutkowałoby albo określeniem poziomów łamania symetrii, albo ustaleniem granic statystycznych dla efektów naruszających CP i CPT w przypadku braku zaobserwowanego łamania. Co więcej, oczekuje się, że czułość proponowanego pomiaru przekroczy dokładności eksperymentalne opublikowanych pomiarów innych operatorów korelacji kątowej w rozpadach pozytonium o więcej niż współczynnik 10.