

## **Wielki Zderzacz Hadronów i ALICE**

Wielki Zderzacz Hadronów (LHC) to największy i najpotężniejszy akcelerator cząstek, jaki kiedykolwiek zbudowała ludzkość. Spośród wielu przełomowych odkryć naukowych, najbardziej znany jest z odkrycia bozonu Higgsa w eksperymentach ATLAS i CMS w 2012 roku. Obserwacja tej od dawna przewidywanej cząstki potwierdziła istnienie kluczowego brakującego elementu Modelu Standardowego Fizyki Cząstek i doprowadziła do przyznania Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki w 2013 roku François Englertowi i Peterowi Higgsowi za ich teoretyczne obliczenia wyjaśniające mechanizm, który nadaje cząstkom elementarnym ich masy. ALICE – Eksperyment Wielkiego Zderzacza Jonów, jeden z czterech głównych eksperymentów w LHC, został zaprojektowany specjalnie do badania zderzeń ciężkich jonów, takich jak ołów (Pb). Zderzenia te tworzą niezwykle gorący i gęsty stan materii, podobny do tego, jaki istniał we wczesnym stanie wszechświata kilka mikrosekund po Wielkim Wybuchu. W tak ekstremalnym środowisku zwykła materia topi się i tworzy stan znany jako plazma kwarkowo-gluonowa (QGP). Jest to gorąca, gęsta, przypominająca zupełną formę materii, w której kwarki i gluony, fundamentalne elementy budulcowe protonów i neutronów (zwane zbiorczo hadronami), nie są już uwięzione wewnątrz cząstek. QGP szybko się rozszerza i stygnie, ostatecznie tworząc hadrony, które następnie oddziałują ze sobą przez pewien czas i kierują się w stronę detektorów. Ze względu na krótki czas życia (około  $10^{-23}$  s) i mikroskopijne rozmiary (rzędu kilku femtometrów, gdzie 1 femtometr =  $10^{-15}$  metra) nie jest możliwe bezpośrednie zbadanie QGP i zmierzenie jego właściwości. Jednakże, badając cząstki, które z niego powstają, i sposób, w jaki oddziałują one na siebie, można poznać jego właściwości i zdobyć wiedzę o tym, jak zachowywała się materia we wczesnym stanie wszechświata, a także w jaki sposób cząstki elementarne oddziałują ze sobą za pośrednictwem silnych oddziaływań (jednej z czterech podstawowych sił w przyrodzie).

### **Cel projektu**

Celem tego projektu jest zbadanie rozmiaru i ewolucji QGP poprzez analizę korelacji pędu cząstek z niej wytworzonych. Badania skupią się na korelacjach między naładowanym pionem a protonem z wykorzystaniem techniki znanej jako femtoskopia, która pozwala na badanie rozmiaru określonego obszaru QGP (w skali femtometrów) emitującego wybrane cząstki. Dzięki tej technice możliwe jest również dowiedzenie się, czy jedna cząstka jest średnio produkowana nieco wcześniej, czy później niż druga, co pomaga zrozumieć ewolucję układu w czasie. Po raz pierwszy możliwe będzie zbadanie korelacji pion-proton w zależności od tego, jak szybko się one poruszają, wykorzystując wysoce precyzyjne dane ze zderzeń dwóch jąder ołowiu przyspieszonych niemal do prędkości światła, zarejestrowanych przez zmodernizowany eksperyment ALICE. Wyniki zostaną uzupełnione szczegółowymi symulacjami komputerowymi w celu bezpośredniego porównania obliczeń teoretycznych z obserwacjami eksperymentalnymi.

### **Oczekiwane wyniki i ich znaczenie**

Oczekuje się, że projekt dostarczy kompleksowego obrazu tego, jak cząstki o różnych masach są produkowane z QGP wraz z jej ekspansją i ewolucją. Dzięki temu badaniu będzie możliwe zbadanie z którego obszaru QGP te cząstki są emitowane i na jakim etapie jej ewolucji następuje emisja. Porównanie oddziaływania cząstki złożonej z pary kwark-antykwar, takiej jak pion, z cząstką złożoną z trzech kwarków, taką jak proton, pozwoli rzucić światło na zależność dynamiki emisji cząstek z QGP od ich struktury kwarkowej. Wyniki zostaną porównane z podobnymi badaniami przeprowadzonymi z parami pion-kaon, a każda zaobserwowana różnica w ogólnym trendzie dostarczy kluczowych wskazówek dotyczących wewnętrznej dynamiki systemu oraz roli ruchu zbiorowego i oddziaływań między cząstkami w kształtowaniu ich emisji w końcowych etapach QGP. Ponadto wyniki, wraz z symulacjami komputerowymi, pozwolą na przetestowanie i udoskonalenie istniejących obliczeń modelu teoretycznego z wykorzystaniem precyzyjnych informacji eksperymentalnych.