

**Nr projektu:** 2023/51/B/ST2/02507

**Tytuł:** Tłumienie dżetów zainicjowanych przez ciężkie kwarki w zderzeniach jonów w eksperymencie ATLAS przy akceleratorze LHC.

**Opis projektu:**

Jednym z najważniejszych zagadnień we współczesnej fizyce jest zrozumienie procesu powstania i ewolucji Wszechświata. Powszechnie uważa się, że zaraz po Wielkim Wybuchu cały Wszechświat był wypełniony gorącą i gęstą materią składająca się z cząstek elementarnych, kwarków i gluonów, których oddziaływania są opisywane przez Chromodynamikę Kwantową (ang. Quantum Chromo-dynamics, QCD). Zgodnie z tą teorią kwarki i gluony są zazwyczaj uwięzione w stanach związanych, jednak w warunkach ekstremalnie wysokich gęstości materii stany związane kwarków rozpadają się i powstaje nowa faza materii – plazma kwarkowo-gluonowa. Takie ekstremalne warunki mogą być wytworzone w zderzeniach ciężkich jonów w największych akceleratorach, co pozwala na wytworzenie niewielkich objętości plazmy kwarkowo-gluonowej w kontrolowanych warunkach. Dotychczas ultra-relatywistyczne jądra złota, ołowiu i innych atomów były zderzane w akceleratorze RHIC (ang. Relativistic Heavy Ion Collider), działającym od 2000 r. w Brookhaven National Laboratory w USA oraz w akceleratorze LHC (ang. Large Hadron Collider), uruchomionym w 2010 r. w laboratorium CERN w Szwajcarii.

W akceleratorze LHC energie zderzeń są o rząd wielkości większe niż w akceleratorze RHIC, co pozwala badać plazmę kwarkowo-gluonową o większej gęstości i wyższej temperaturze. Dzięki pomiarom dokonywanym w eksperymentach działających przy RHIC i LHC odkryto występowanie tego stanu materii i wykazano, że charakteryzuje się on niezwyklejmi własnościami. W szczególności stwierdzono, że wytworzona plazma zachowuje się jak prawie idealna ciecz o bardzo małej lepkości.

W badaniach zderzeń ciężkich jonów mierzonych przy energiach LHC jednym z najważniejszych zadań jest pomiar własności dżetów, tj. grup cząstek o dużym pędzie poprzecznym powstających w wyniku "twardych" oddziaływań kwarków lub gluonów. Rozproszone wysokoenergetyczne partony (kwarki lub gluony) przechodzą przez gęstą plazmę kwarkowo-gluonową a następnie podlegają fragmentacji na skolimowaną wiązkę cząstek nazywaną dżetem. Podczas przechodzenia przez "nieprzezroczystą" plazmę partony tracą energię, np. przez wypromieniowywanie gluonów, co prowadzi do tłumienia produkcji dżetów. Stopień utraty energii przez partony zależy od długości ich drogi w plazmie kwarkowo-gluonowej, co pozwala na uzyskanie informacji o własnościach obszaru, w którym wytworzona została plazma kwarkowo-gluonowa. Po raz pierwszy tłumienie produkcji dżetów zaobserwowano w eksperymencie ATLAS w najbardziej centralnych zderzeniach jąder ołowiu podczas pierwszych zderzeń ciężkich jonów w LHC w 2010. Efekt ten jest w dalszym ciągu intensywnie badany w oparciu o dużą ilość danych dostarczonych przez LHC od tego czasu.

Celem tego projektu jest zmierzenie tłumienia dżetów pochodzących od kwarków pięknych produkowanych w zderzeniach jąder ołowiu mierzonych przez eksperyment ATLAS.

Projekt będzie realizowany przez pracowników Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie. Detektor ATLAS jest uniwersalnym systemem dostarczającym danych o zderzeniach proton-proton, ołów-ołów i proton-ołów, które w tym projekcie będą wykorzystywane przez badaczy do pogłębionej analizy własności plazmy kwarkowo-gluonowej. Oczekuje się, że straty energii partonu podczas poruszania się w plazmie będą się

różnić w zależności od tego czy jest to kwark czy gluon. Jednakże rozróżnienie między dżetami pochodzącymi od lekkich kwarków i od gluonów jest w praktyce bardzo trudne. Natomiast dżety pochodzące od kwarków o większych masach (powabnego kwarku c i pięknego kwarku b) zawierają cząstki o dłuższym czasie życia, których rozpady tworzą charakterystycznie przesunięte wierzchołki ułatwiające identyfikację typu partonu. Ta ich cecha czyni je przydatnymi do głębszego poznawania oddziaływań w plazmie kwarkowo-gluonowej. Wyniki pomiarów dżetów i ich tłumienia w zależności o typu kwarku od którego pochodzą zostaną porównane z przewidywaniami modeli teoretycznych szczegółowo opisujących procesy fizyczne związane z ich produkcją w ultra-relatywistycznych zderzeniach ciężkich jonów, co poszerzy wiedzę o własnościach plazmy kwarkowo-gluonowej.