

Jednym z głównych celów fizyki jądrowej jest znalezienie sygnatur tworzenia się plazmy gluonowo-kwarkowej (QGP) w reakcjach ciężkich jonów. Przypuszcza się, że taki stan materii istniał we wczesnym Wszechświecie do zaledwie kilku milionowych części sekundy po Wielkim Wybuchu, zanim kwarki i gluony połączyły się na zawsze tworząc hadrony. Dlatego badanie własności przejścia z materii gluonowo-kwarkowej do “zwykłej” materii zbudowanej z silnie oddziałujących hadronów jest istotne dla zrozumienia własności faz ewolucji wczesnego Wszechświata.

Ogromne akceleratory pozwalające na zderzanie przy wysokich energiach ciężkich jąder atomowych, takich jak jądra ołowiu pozwalają na odtworzenie warunków jakie panowały we wczesnym Wszechświecie. W takich zderzeniach setki protonów i neutronów tworzących zderzające się jądra wskutek wzajemnego oddziaływania konwertują swoją energię kinetyczną na gorącą i gęstą materię, której własności są podobne do własności materii tworzącej wczesny Wszechświat. Jeżeli energia zderzenia jąder jest wystarczająca, wytworzona materia może być w formie QGP. Wytworzona w taki sposób materia gluonowo-kwarkowa szybko się wychładza a gluony i kwarki łączą się tworząc hadrony, które są unoszone we wszystkich kierunkach.

Plazma gluonowo-kwarkowa nie może być badana bezpośrednio, gdyż istnieje tylko przez krótki czas po kolizji jąder. Może być jedynie badana poprzez detekcję względnie stabilnych cząstek produkowanych w ostatnim etapie ewolucji powstałego systemu. Fizycy zaproponowali wiele obserwabli konstruowanych przy użyciu produkowanych cząstek, które są czułe na powstawanie QGP. W szczególności cząstki zawierające kwarki cięższe niż “zwykłe” kwarki *górnny* i *dolny*, jak np. kwark powabny, niosą informację o własnościach produkowanej materii i poprzez badanie ich produkcji można otrzymać sygnatury tworzenia się plazmy gluonowo-kwarkowej. Cząstki zawierające kwark powabny nazywane są cząstkami powabnymi. Najlżejszą taką cząstką jest mezon D^0 . Trudność w detekcji cząstek powabnych wynika z tego, że żyją one bardzo krótko i są produkowane w małych ilościach.

Istnieją różne modele teoretyczne, które używane są do opisu wczesnej fazy reakcji ciężkich jonów. Przewidywania tych modeli co do krotności produkowanych mezonów D^0 różnią się aż o czynnik 50. Obecnie produkcja mezonów D^0 nie została jeszcze dobrze zmierzona. Porównanie przewidywań modelowych z pomiarami eksperymentalnymi pozwoliłoby na odrzucenie nieprawidłowych scenariuszy teoretycznych i lepsze zrozumienie mechanizmów produkcji cząstek powabnych. Proponowane przez nas badania mają właśnie na celu pomiar cząstek powabnych produkowanych w reakcjach ciężkich jonów przy energiach dostępnych na akceleratorze SPS w CERN-ie. Przewiduje się, że przy tych właśnie energiach może rozpocząć się zjawisko uwolnienia kwarków i gluonów.

W grudniu 2016 roku nowy detektor zbudowany w oparciu o krzemowe detektory pikselowe zwany Detektorem Wierzchołka został zainstalowany w eksperymencie NA61/SHINE na akceleratorze SPS w CERN-ie. Detektor ten umożliwi pomiar mezonów zawierających kwarki powabne jak D^0 i D^+ oraz ich antycząstki. Podczas pomiarów testowych dla reakcji ołów-ołów, po raz pierwszy przy energiach osiągniętych na akceleratorze SPS, udało się zaobserwować sygnał pochodzący od cząstek D^0 . Jednakże, aby otrzymać pełny obraz procesów mających wpływ na produkcję mezonów powabnych konieczne jest przeprowadzenie bardziej dokładnych pomiarów. W ramach proponowanego projektu zamierzamy przeprowadzić pomiary produkcji cząstek powabnych przy użyciu Detektora Wierzchołka oraz wykonać analizę zebranych danych, aby uzyskać lepsze zrozumienie od dawna podejmowanych już zagadnień dotyczących mechanizmu produkcji cząstek powabnych w reakcjach jądro-jądro przy wysokich energiach.