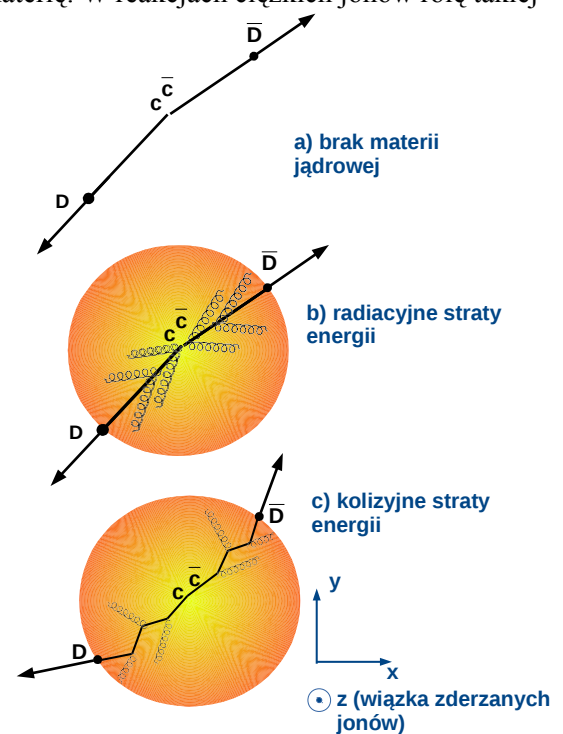


Eksperymenty z dziedziny fizyki jądrowej wysokich energii, w tym relatywistyczne zderzenia ciężkich jonów, stanowią wyjątkową okazję do badania oddziaływań silnych. Oddziaływania silne, których nośnikami są gluony, są odpowiedzialne za połączenie kwarków, uważanych obecnie za cząstki elementarne, w protony i neutrony. Te z kolei są podstawowymi składnikami jąder atomowych. Masy kwarków dają zaledwie  $\approx 1-2\%$  masy nukleonów, za pozostałe 98% odpowiedzialne są oddziaływania silne. Są one zatem źródłem znacznej większości masy materii widocznej we wszechświecie. Jednym z podstawowych zadań fizyki jądrowej wysokich energii jest zrozumienie dynamiki kwarków i gluonów oraz sposobu, w jaki nukleony powstają w wyniku tych interakcji.

Zderzenia ciężkich jonów przy dużych energiach pozwalają na badanie oddziaływań silnych między kwarkami i gluonami w unikatowych warunkach, ponieważ w takich reakcjach powstaje system o ogromnej gęstości energii. Jeśli jest ona wystarczająco wysoka, to jest możliwe przejście od „normalnej” materii jądrowej (w której kwarki i gluony uwięzione są w hadronach) do nowego stanu o kwarkowych i gluonowych stopniach swobody. Taką materię nazywamy plazmą kwarkowo-gluonową (ang. Quark-Gluon Plasma, QGP) i wypełniała one wszechświat na wczesnym etapie jego ewolucji, kilka milionowych sekundy po Wielkim Wybuchu. Wyniki uzyskane przez eksperymenty przy zderzaczu Relativistic Heavy Ion Collider, znajdującym się w Brookhaven National Laboratory oraz Large Hadron Collider w CERN, dostarczają silnych przesłanek, że w obserwowanych tam reakcjach powstaje materia o partonowych stopniach swobody w stanie lokalnej równowagi termodynamicznej, tj. plazma kwarkowo-gluonowa. Do badania plazmy kwarkowo-gluonowej można stosować technikę podobną do tomografii komputerowej. W tym celu wykorzystywana jest zewnętrzna „sonda”, której właściwości są dobrze znane, a cechy ośrodka wyznacza się na podstawie strat energii „sondy” podczas przejścia przez tę materię. W reakcjach ciężkich jonów rolę takiej sondy mogą pełnić ciężkie kwarki (kwarki powabne  $c$  i piękne  $b$ ). Ponieważ mają stosunkowo dużą masę ( $m_c \approx 1.3 \text{ GeV}/c^2$ ,  $m_b \approx 4.2 \text{ GeV}/c^2$ ), to są produkowane we wczesnej fazie reakcji (w oddziaływaniach z dużym przekazem pędu), przed powstaniem stanu plazmy kwarkowo-gluonowej. Kwark powabny (lub piękny) poruszający się z dużą prędkością w QGP traci energię w wyniku oddziaływania ze składnikami tego ośrodka. Porównanie danych eksperymentalnych na temat strat energii kwarków  $c$  i  $b$  z przewidywaniami teoretycznymi pozwala wyznaczyć parametry charakteryzujące QGP, np. współczynnik dyfuzji.

Wyniki eksperymentalne pokazują, że kwarki powabne tracą znaczne ilości energii poruszając się w plazmie kwarkowo-gluonowej oraz wykazują zachowania kolektywne. Nie są jednak dobrze zrozumiane mechanizmy do tego prowadzące. W modelowaniu rozważane są dwa główne mechanizmy strat energii. Pierwszy z nich to radiacyjne straty energii (w wyniku emisji gluonów), drugi to kolizyjne straty energii z powodu zderzeń z kwarkami i gluonami w QGP. Ich względna intensywność jest nieznana i często w modelach określana przez parametr, którego wartość jest wyznaczana na podstawie porównania z danymi eksperymentalnymi, co jest obecnie obarczone znaczną niepewnością. Pomiary korelacji kątowych między cząstkami zawierającymi kwarki i antykwarki powabne (np. mezonem  $D^0$ , złożonym z kwarków  $c\bar{u}$ , i jego antycząstką), wykonane w płaszczyźnie prostopadłej do osi zderzanych jonów, pomogą wyjaśnić, który mechanizm dominuje. W przypadku radiacyjnych strat energii kierunki mezonów  $D$  i  $\bar{D}$  odpowiadają w dużym stopniu początkowym kierunkom kwarków  $c$  i  $\bar{c}$  (Rys. 1), korelacje kątowe będą więc znaczne. W przypadku strat kolizyjnych kwarki  $c$  i  $\bar{c}$  ulegają rozproszeniu w QGP, korelacje kątowe między  $D$  i  $\bar{D}$  są więc tłumione.



Rys. 1: Ilustracja wpływu strat energii na korelacje kątowe mezonów  $D$ , zawierających kwarki powabne.

**W tym projekcie wykonamy pomiary korelacji cząstek zawierających ciężkie kwarki w zderzeniach ciężkich jonów w eksperymencie STAR przy zderzaczu RHIC. Takie dane mogą rzucić nowe światło na oddziaływanie ciężkich kwarków z plazmą kwarkowo-gluonową oraz pozwolić na bardziej precyzyjne wyznaczenia parametrów materii jądrowej o kwarkowych i gluonowych stopniach swobody.**