

Wyjątkowo interesującą hipotezą jest przypuszczenie, że materia obecnego Wszechświata musiała być w stanie plazmy kwarkowo-gluonowej (Quark Gluon Plasma, QGP). Według modelu Wielkiego Wybuchu, około 10 μ sec. po wybuchu cały Wszechświat był wypełniony gorącą i gęstą zupą złożoną z różnego typu cząstek, w tym kwarków i gluonów, podstawowych składników protonów, neutronów, a także innych elementarnych hadronów. Zgodnie z tą hipotezą kwarki i gluony, które nie są obserwowane w postaci pojedynczych cząstek, w pierwszych chwilach Wszechświata, mogły swobodnie poruszać się tworząc plazmę QGP.

Przy obecnym szybkim postępie w eksperymentalnej fizyce wysokich energii, naukowcy mogą "odtworzyć" w laboratorium warunki występujące we wczesnym Wszechświecie produkując QGP w obszarze o małych rozmiarach. W tym celu, doprowadza się do czołowych zderzeń ciężkich jąder atomowych przy najwyższych dostępnych energiach. Obecnie, ultra-relatywistyczne jądra atomów złota i ołowiu są zderzane, odpowiednio, w Relatywistycznym Zderzaczu Ciężkich Jonów (z ang. Relativistic Heavy Ion Collider, RHIC działający od 2000 r.) w Stanach Zjednoczonych oraz na Wielkim Zderzaczu Hadronów (z ang. Large Hadron Collider, LHC działający od 2010 r.) w Szwajcarii. W wyniku tych zderzeń tworzy się "mała kropelka" gorącej i gęstej materii, w której kwarki nie są już uwięzione w poszczególnych nukleonach, ale mogą się swobodnie poruszać. „Kropelka” błyskawicznie się ochładza, a kwarki i gluony ulegają rekombinacji, tworząc tysiące cząstek materii hadronowej (tj. piony, kaony, protony i ich antycząstki), rejestrowanych w detektorach, w których kwarki i gluony znów pozostają uwięzione. Wyniki doświadczeń uzyskane przez eksperymenty na akceleratorach RHIC i LHC jasno wskazują na występowanie QGP, a także pozwalają na stwierdzenie jej interesujących właściwości. Pierwszym niezwykle interesującym rezultatem z eksperymentów RHIC było stwierdzenie, że QGP zachowuje się jak idealna ciecz o bardzo małej lepkości. Występowanie QGP zostały potwierdzone na LHC przy znacznie większych energiach zderzeń ciężkich jonów, co pozwala na bardziej szczegółowe badanie jej własności.

Jednym z najważniejszych pomiarów potwierdzającym to, że QGP zachowuje się jak idealna ciecz jest pomiar asymetrii w rozkładach kątów azymutalnych wyprodukowanych cząstek w stanie końcowym. Zgodnie z oczekiwaniami, azymutalna anizotropia wynika z występowania dużych gradientów ciśnień w QGP, które są rezultatem początkowej, przestrzennej asymetrii obszaru oddziaływania dwóch zderzających się jąder atomowych, który zwykle ma kształt eliptyczny. Gradienty ciśnień, podczas ekspansji układu, przekształcają pierwotną przestrzenną asymetrię w anizotropowy rozkład pędów wyprodukowanych cząstek. Pomiar dużej anizotropii azymutalnej, jest zgodne z przewidywaniami modeli, w których do opisu zderzeń ciężkich jonów wykorzystuje się idealną ciecz o bardzo małej lepkości. Chociaż inne wyjaśnienia są również rozważane, to traktowanie QGP jako idealną ciecz, jest powszechnie przyjęte.

W ramach tego projektu fizycy z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN z Krakowa wykonują pomiar anizotropii azymutalnych wykorzystując dane eksperymentalne dla zderzeń ciężkich jonów zarejestrowane w eksperymencie ATLAS. ATLAS jest detektorem ogólnego przeznaczenia pracującym przy akceleratorze LHC, który zarejestrował znaczne ilości danych dla zderzeń ołów-ołów i proton-ołów, które są wykorzystywane przez wykonawców tego projektu do badań efektów kolektywnych. Pomiary azymutalnej anizotropii są kluczowe dla poznania długo-zasięgowych własności QGP i są niezbędne dla zrozumienia ewolucji czasoprzestrzennej gorącej i gęstej materii, jak również poznania jej właściwości, tj. lepkości. Uzyskane wyniki doświadczeń i przewidywania modeli teoretycznych mogą doprowadzić do lepszego zrozumienia najważniejszych problemów w chromodynamice kwantowej, teorii silnych oddziaływań, np. zrozumienia, dlaczego kwarki są uwięzione w protonach i neutronach.