

Fenomenologia zimnej oraz gęstej materii oddziałującej silnie

Michał Marczenko

Okolo $10 \mu s$ po Wielkim Wybuchu, w stygnącym Wszechświecie, doszło do przejścia fazowego, tak zwanego *spontanicznego uwięzienia koloru*. W jego wyniku, praktycznie bezmasowe cząstki elementarne–kwarki i gluony–utraciły asymptotyczną swobodę, tworząc masywne cząstki–hadrony–z których składa się większość materii w obserwowalnym Wszechświecie. Ten fakt rodzi bardzo interesujące pytania. Dlaczego hadrony są masywne, skoro osobno ich składowe są bezmasowe, a także dlaczego w warunkach ziemskich obserwuje się wyłącznie hadrony, a nie udało się jak do tej pory zaobserwować swobodnych kwarków. Oddziaływaniami, które stoi u podstaw tych, na pierwszy rzut oka paradoksalnych, zjawisk jest *oddziaływanie silne*, a teorią je opisującą *chromodynamika kwantowa* (z ang. QCD). Zrozumienie natury QCD jest jednym z największych wyzwań współczesnej fizyki cząstek elementarnych. Niestety, ze względu na swoją złożoność, teorii nie udało się do tej pory w całości rozwiązać, w związku istnieje potrzeba użycia innych, pośrednich, metod. W skończonej temperaturze obliczenia ab-initio QCD na sieci dostarczyły odpowiedzi na temat natury hadronowo-kwarkowego przejścia oraz struktury fazowej materii oddziałującej silnie. Niestety, pomimo wielu prób, rozszerzenie do wysokich gęstości pozostaje nadal poza zasięgiem tych metod. Większość wiedzy na temat tego obszaru musi zatem pochodzić z efektywnych modeli fenomenologicznych. Głównym celem niniejszego projektu jest zbadanie i lepsze zrozumienie znaczących aspektów termodynamiki układów uddziałujących silnie, w szczególności zrozumieniu jak przejście od hadronów do ich składowych–kwarków i gluonów–jest powiązane z leżącą u podstaw dynamiką chiralną oraz dynamiką spontanicznego uwolnienia koloru. Zagadnienie to jest bardzo ważne w eksperymentach zderzeń ciężkich jonów, a także zastosowaniach astrofizycznych, np. w badaniu zwartych obiektów gwiazdnych, takich jak gwiazdy neutronowe. Największy nacisk w projekcie będzie położony na badanie obszaru energetycznego niedostępnego w obliczeniach ab-initio oraz poza zasięgiem doświadczalnym. Projekt skupi się na rozszerzeniu i dogłębnej analizie fenomenologicznego hadronowo-kwarkowego modelu hybrydowego, stworzonego w celu badania przejść fazowych QCD. Zbadany zostanie szereg aplikacji oraz różnych wielkości termodynamicznych, takich jak równanie stanu oraz fluktuacje ładunków zachownych, jako możliwych wskaźników oczekiwanych przejść fazowych. Badania pomogą w lepszym zrozumieniu przejść fazowych materii oddziałującej silnie oraz dynamiki leżącej u ich podstaw. Dostarczy również nowych możliwych scenariuszów oraz rzuci światło na jeszcze niepełny opis, w szczególności, zimnej oraz gęstej materii.