

Ocena osiągnięcia naukowego i dorobku dr Chihiro Sasaki przygotowana dla potrzeb postępowania habilitacyjnego

Osiągnięciem naukowym przedstawionym do oceny jest cykl publikacji zatytułowanych łącznie *Fluktuacje i korelacje jako wskaźniki przejścia fazowego w QCD*. Na cykl ten składa się 12 prac, które wyliczam w kolejności takiej jak w autoreferacie:

- 1) M. Harada and C. Sasaki,
Thermal dilepton production from dropping rho based on the vector manifestation,
Phys. Rev. D **74**, 114006 (2006),
- 2) C. Sasaki, B. Friman and K. Redlich,
Quark number fluctuations in a chiral model at finite baryon chemical potential,
Phys. Rev. D **75**, 054026 (2007),
- 3) C. Sasaki, B. Friman and K. Redlich,
Susceptibilities and the phase structure of a chiral model with Polyakov loops,
Phys. Rev. D **75**, 074013 (2007),
- 4) C. Sasaki, B. Friman and K. Redlich,
Density fluctuations in the presence of spinodal instabilities,
Phys. Rev. Lett. **99**, 232301 (2007),
- 5) C. Sasaki, B. Friman and K. Redlich,
Chiral phase transition in the presence of spinodal decomposition,
Phys. Rev. D **77**, 034024 (2008),
- 6) C. Sasaki and K. Redlich,
Bulk viscosity in quasi particle models,
Phys. Rev. C **79**, 055207 (2009),
- 7) C. Sasaki and K. Redlich,
Transport coefficients near chiral phase transition,
Nucl. Phys. A **832**, 62 (2010),
- 8) M. Harada and C. Sasaki,
A novel spectral broadening from vector-axial-vector mixing in dense matter,
Phys. Rev. C **80**, 054912 (2009),
- 9) M. Harada, C. Sasaki and S. Takemoto,
Enhancement of quark number susceptibility with an alternative pattern of chiral symmetry breaking in dense matter,
Phys. Rev. D **81**, 016009 (2010),
- 10) C. Sasaki and I. Mishustin,
Thermodynamics of dense hadronic matter in a parity doublet model,
Phys. Rev. C **82**, 035204 (2010),

- 11) C. Sasaki,
Fate of charmed mesons near chiral symmetry restoration in hot matter,
Phys. Rev. D **90**, 114007 (2014),
- 12) C. Sasaki and K. Redlich,
Correlations between light and heavy flavors near the chiral crossover,
Phys. Rev. D **91**, 074021 (2015).

Prace stanowiące cykl dotyczą teoretycznego opisu plazmy-kwarkowo-gluonej – stanu materii, który występował we wczesnym Wszechświecie, a obecnie jest wytwarzany w warunkach laboratoryjnych poprzez zderzenie jąder atomowych przyspieszanych do odpowiednio wysokich energii. Badania plazmy kwarkowo-gluonowej prowadzone są w wielu ośrodkach i stanowią ważną część fizyki wysokich energii. Poszukiwania te mają dużą wartość poznawczą, a ze względu na szeroki program badań doświadczalnych, wyniki teoretyczne są konfrontowane z danymi eksperymentalnymi.

Problematyka podjęta w cyklu publikacji przedstawionym do oceny i trafnie określona jako *Fluktuacje i korelacje jako wskaźniki przejścia fazowego w QCD* może być rozdzielona, tak jak to zrobiono również w autoreferacie, na cztery zagadnienia:

- 1) fluktuacje liczby barionowej i korelacje zapachowe – prace 2, 3, 11, 12,
- 2) współczynniki transportu – prace 6, 7,
- 3) fizyka dużych gęstości barionowych – prace 4, 5, 9, 10,
- 4) widma hadronowe w gęstych ośrodkach – prace 1, 8.

Poniżej omawiam tworzące cykl publikacje pogrupowane wokół owych czterech zagadnień.

Fluktuacje liczby barionowej i korelacje zapachowe

W pracach 2, 3, 11, 12 rozważano różne modele, które ze względu na narzucone symetrie imitują, przynajmniej w pewnym zakresie, chromodynamikę kwantową (QCD) – nieabelową teorię kwarków i gluonów. Modele te, w odróżnieniu od QCD, pozwalają na teoretyczną analizę zachowania silnie oddziaływującej materii w obszarze przejścia fazowego uwolnienia, kiedy ujawniają się kolorowe stopnie swobody, lub chiralnego przejścia, w którym ulega zmianie symetria chiralna układu. W pracy 3 stosując model Nambu-Jona-Lasinio (NJL) wyliczono podatność kwarkową i pokazano, że uzyskane przewidywania modelu zgadzają się jakościowo z wynikami otrzymanymi poprzez symulacje Monte Carlo QCD na sieci. Zgodność ta jest nader istotna, gdyż uprawomocnia stosowanie modelu NJL do opisu plazmy kwarkowo-gluonowej powstałej w zderzeniach relatywistycznych jonów.

W pracy 3 rozważano rozszerzenie modelu NJL, polegające na włączeniu tzw. pętli Polyakova, które umożliwiają uwzględnienie kolorowych stopni swobody, nieobecnych w modelu NJL. Szczegółowo przebadano model PNJL, wyznaczono diagram fazowy oraz wyliczono kwarkowe podatności w obszarze przejścia fazowego. Zwrócono uwagę na pewne niefizyczne cechy modelu, pokazując drogę ich wyeliminowania.

Prace 2 i 3 odnoszą się jedynie do zachowania lekkich kwarków, natomiast w pracach 11 i 12 badano zachowanie ciężkich kwarków, czy raczej hadronów zawierających ciężkie kwarki, w obszarze chiralnego przejścia fazowego. Pokazano, że takie hadrony niosą dostępną doświadczalnie informację o charakterze tego przejścia. Szczególnie ciekawe w tym kontekście jest zachowanie mezonów powabnych zawierających kwark dziwny, które jest istotnie różne od sytuacji, gdy mezon powabny kwarka dziwnego nie zawiera.

Współczynniki transportu

Celem prac 6 i 7 było wyliczenie współczynników transportu – lepkości ścinania i lepkości objętościowej – silnie oddziaływującej materii w obszarze chiralnego przejścia fazowego. Stosując równanie kinetyczne w przybliżeniu czasu relaksacji pokazano, że współczynniki transportu wbrew oczekiwaniom nie wykazują silnej zmienności w obszarze przejścia fazowego. Wynik ten jednak może istotnie zależeć od wybranego modelu przejścia fazowego.

Fizyka dużych gęstości barionowych

W pracy 4 badano fluktuacje gęstości liczby barionowej w obszarze występowania niestabilności spinodalnej, gdy ciśnienie nie spada ze wzrostem objętości układu, lecz wzrasta. Niestabilność taka – charakterystyczna dla przejść fazowych pierwszego rodzaju – towarzyszy przypuszczalnie przejściu chiralnemu przy znaczących gęstościach barionowych. Stosując model Nambu-Jona-Lasinio pokazano, że niestabilność spinodalna powoduje nieskończony wzrost fluktuacji gęstości liczby barionowej. Obserwacja ta może mieć istotne znaczenie dla eksperymentalnych poszukiwań sygnatur zachodzenia przejścia fazowego silnie oddziaływującej materii, powstającej w zderzeniach relatywistycznych jonów. Praca 5 stanowi istotne rozszerzenie i uzupełnienie analizy przedstawionej w pracy 4. Ważną konkluzją jest stwierdzenie, że pomimo stosowania modelu NJL wyniki zachować swoją jakościową ważność dla szerokiej klasy modeli w przybliżeniu pola średniego.

Praca 9 jest poświęcona badaniu własności pewnej hipotetycznej fazy silnie oddziaływującej materii, w której naruszona jest symetria chiralna przy zachowaniu symetrii, odpowiadającej centrum grupy transformacji chiralnych. Wspomniana faza może występować przy pewnych pośrednich wartościach gęstości barionowej. W pracy 9 przebadano, w szczególności, zachowanie podatności kwarkowej przy zmianie fazy.

Układ hadronów z inną jeszcze wersją symetrii chiralnej jest badany w pracy 10. W fazie symetrycznej nukleony występują tutaj w postaci masywnych dubletów o przeciwnych parzystościach, a naruszenie symetrii skutkuje pojawieniem się znacznej różnicy mas partnerów należących do dublety. W pracy 3 pokazano, że w takim modelu materia jądrowa występuje w trzech stanach: w fazie gazowej przy najniższych gęstościach barionowych, w fazie ciekłej przy wyższych – w obu tych fazach symetria chiralna jest naruszona – a przy jeszcze wyższych gęstościach pojawia się faza chiralnie symetryczna z dubletami nukleonów o przeciwnych parzystościach.

Widma hadronowe w gęstych ośrodkach

Zagadnienie zamiany własności hadronów na skutek oddziaływania z ośrodkiem, w którym te hadrony występują, jest tematem prac 1 i 8. W pracy 1 badano zachowanie mezonu ρ w gazie hadronowym, w którym następuje przywrócenie symetrii chiralnej przy dostatecznie wysokiej gęstości lub temperaturze. Pokazano, że istotnej zmianie podlega relacja dyspersyjna rezonansu ρ . Przeanalizowano następnie jak ta zmiana relacji dyspersyjnej wpływa na produkcję par leptonów w gazie hadronowym. Praca 8 koncentruje się na problemie mieszania się mezonów wektorowych i pseudowektorowych, szczególnie ρ i a_1 , w gazie hadronowym. Pokazano, że efekt mieszania istotnie zmienia relacje dyspersyjne mezonów, na następnie, podobnie jak w pracy 1, przebadano wpływ tego efektu na produkcję par dileptonów w gazie hadronowym. Wpływ ten jest na tyle znaczący, że stwarza nadzieję na doświadczalną obserwację zjawiska mieszania mezonów wektorowych i pseudo-wektorowych.

Podsumowanie oceny osiągnięcia

Wszystkie prace cyklu dotyczą bardzo aktualnych żywo dyskutowanych kwestii o dużym potencjale poznawczym. Prace charakteryzuje wysoki poziom naukowy, zaawansowane metody fizyki teoretycznej i wnikliwość analizy. Uzyskano wiele ważnych i nowych wyników, w niektórych przypadkach dosyć zaskakujących. Co niezmiernie też ważne, większość wyników jest ciekawa w kontekście badań eksperymentalnych. Nic więc dziwnego, że prace miały znaczący rezonans w środowisku naukowym mierzony dużymi liczbami cytowań. Choć oceniane publikacje pochodzą z lat 2006-2015 zdołały już one zebrać, zgodnie z danymi przedstawionymi w autoreferacie, aż 619 cytowań.

Jedenaście z dwunastu prac ocenianego cyklu powstało w dwu- lub trzyosobowych zespołach autorskich. Dr Sasaki jest jedynym autorem jedynie artykułu 11, lecz jej wiodący wkład do omawianych publikacji i samodzielność naukowa nie budzą wątpliwości. Mówią o tym oświadczenia współautorów, a także sam się mogłem przekonać o samodzielności dr Sasaki, słuchając kilkakrotnie jej referatów i dyskutując z nią interesujące mnie kwestie.

Podsumowując, przedstawiony do oceny cykl publikacji stanowiący osiągnięcie naukowe wypada ocenić bardzo wysoko.

Pozostały dorobek naukowy i dydaktyczny

Poza 12 publikacjami ocenianego cyklu dr Sasaki jest autorką 27 pracy oryginalnych z czego 19 powstało od czasu uzyskania doktoratu. Uwzględniając publikacje konferencyjne łącznie ich liczba przekracza sto. Prace te są często cytowane, liczba cytowań po wykluczeniu autocytowań wynosi 1 172, a indeks Hirscha 17, wg. bazy inSPIRE z 29 grudnia 2016 roku. Dr Sasaki wygłosiła łącznie od 2003 roku 65 referatów na konferencjach naukowych, wizytowała liczne ośrodki naukowe. Przytoczone dane scjentometryczne wskazują na dużą aktywność i wysoki poziom naukowy oraz na znaczący oddźwięk działalności badawczej dr Sasaki.

Na dorobek dydaktyczny dr Sasaki składa się kilka wykładów kursowych, promotorstwo pomocnicze dwóch doktorantów i opieka nad magistrantem.

Podsumowanie

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe jak również pozostały dorobek naukowy i dydaktyczny doktor Chihiro Sasaki wypadają znakomicie, wyraźnie przekraczając formalne i zwyczajowe wymogi stawiane habilitantom. Wnoszę tedy o nadanie jej stopnia doktora habilitowanego.

