

Prof. dr hab. Ludwik Turko
Instytut Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Wrocławskiego
pl. Maksa Borna 9
50-204 Wrocław

Wrocław, 20 stycznia 2016

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Katarzyny Deji
Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Świerk

Pani mgr Katarzyna Deja przedstawia jako podstawę do uzyskania stopnia naukowego doktora nauk fizycznych dysertację w języku angielskim "Parton's energy loss in unstable quark-gluon plasma" napisaną pod kierunkiem prof. dr hab. Stanisława Mrówczyńskiego.

Przedstawiona praca jest oparta na trzech współautorskich publikacjach

- I M. E. Carrington, K. Deja and S. Mrowczynski, "*Plasmons in Anisotropic Quark-Gluon Plasma*," Phys. Rev. C **90** (2014) 3, 034913
- II K. Deja and S. Mrówczyński, "*Complete plasmon spectrum of two-stream system*," Acta Phys. Polon. B **46** (2015) 12, 2485
- III M. E. Carrington, K. Deja and S. Mrowczynski, "*Energy Loss in Unstable Quark-Gluon Plasma*," Phys. Rev. C **92** (2015) 4, 044914

Ponadto w skład dorobku publikacyjnego mgr Katarzyny Deji wchodzi siedem współautorskich publikacji konferencyjnych z lat 2011 - 2014 powstałych na podstawie referatów wygłaszanych na międzynarodowych konferencjach. Na czterech z nich mgr Deja była osobą referującą wyniki zespołu.

Fizycznym punktem wyjścia do tego zagadnienia jest zjawisko tłumienia dżetów (jet quenching) w plaźmie kwarkowo-gluonowej. Dżety takie powstają przy indywidualnych zderzeniach parton-parton, opisywanych przez chromodynamikę kwantową (QCD). Natomiast efekt tłumienia owych dżetów jest związany z własnościami ośrodka w którym owe dżety się rozchodzą - w przypadku wysokoenergetycznych zderzeń ciężkich jonów jest to plazma kwarkowo-gluonowa (QGP) bądź gęsta materia jądrowa. Tak więc doświadczalne badanie rozchodzenia się dżetów jest ważnym narzędziem badającym własności plazmy QGP.

Zgodnie z wymogiem ustawy o stopniach naukowych i tytułach naukowych oraz o stopniach i tytułach w zakresie sztuki Art. 13:

1. *Rozprawa doktorska, przygotowywana pod opieką promotora, powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub artystycznego oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej lub artystycznej, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.*

2. (...)

3. *Rozprawę doktorską może także stanowić samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej, jeżeli wykazuje ona indywidualny wkład kandydata, odpowiadający warunkom określonym w ust. 1.”*

W przedstawionej pracy doktorantka bada rozchodzenie się wysokoenergetycznego partonu w środowisku QGP przy różnych założeniach dotyczących struktury pędowej plazmy i jej stanu termodynamicznego. W formalizmie teorii pola w skończonych temperaturach ta charakterystyka plazmy odpowiada badaniu różnych modów kolektywnych.

Dysertacja jest w swej istocie prezentacją trzech wyżej wzmiankowanych prac, oznaczonych dalej odpowiednio jako I,II,III. Dysertacja rozpoczyna się od trzynastostronicowego wstępu gdzie w bardzo skrótowej formie przedstawione są definicyjne informacje na temat plazmy kwarkowo-gluonowej, chromodynamiki kwantowej oraz eksperymentów w zakresie zderzeń ciężkich jonów, wybranych wyników doświadczalnych związanych z rozprawą - takich jak prądy kolektywne, tłumienie dżetów i ewolucja plazmy kwarkowo-gluonowej.

Głównym zagadnieniem pracy doktorskiej mgr Deji jest zbadanie wpływu krótkotrwałego okresu niestabilności plazmy, związanego z jej anizotropowym rozkładem pędu, na ogólny bilans energetyczny wysokoenergetycznego gluonu przechodzącego przez plazmę kwarkowo-gluonową. Punktem startowym tych badań jest rozwijany przez promotora pracy, prof. Stanisława Mrówczyńskiego formalizm w ramach którego można sprowadzić resumacyjne techniki twardego pętlowe (hard loops) chromodynamiki kwantowej do badania klasycznej plazmy elektromagnetycznej w ramach równań kinetycznych.

Tak postawione zagadnienie jest teoretycznym wyzwaniem z uwagi na stopień komplikacji procesów oddziaływań, które należy tu wziąć pod uwagę. Podstawowa treść dysertacji zawarta jest w rozdziałach 2 i 3 - "Collective modes" oraz "Energy loss" uzupełnionych czterema dodatkami. Rozdział "Collective modes" wraz dodatkami A.1 i A.2 odpowiada dokładnie co do swej treści, a w znacznej mierze i co do formy, pracom I i II. Natomiast rozdział "Energy loss" wraz dodatkami A.3 i A.4 odpowiada pracy III.

Przyjęta postać rozprawy utrudnia w znacznym stopniu ocenę na jej podstawie indywidualnego wkładu kandydatki, o którym mowa w przywołanym powyżej Art. 13 ust. 3 ustawy. W swej obecnej postaci rozprawa nie ma również charakteru publikacji mogącej być materiałem szkoleniowym dla młodszych adeptów tej tematyki, gdyż w gruncie rzeczy niewiele się różni od zszywkii trzech prac uzupełnionych krótkim i dość banalnym wstępem, niewiele mającym wspólnego ze złożonym aparatem pojęciowym i formalnym użytym w pracach.

Tym niemniej, znając osobiście zarówno prof. Mrówczyńskiego jak i prof. Carrington, oraz mając kilkakrotnie możliwość słuchania referatów konferencyjnych mgr Katarzyny Deji, mogę z pełnym przekonaniem stwierdzić, że jej wkład do tych prac był z pewnością istotny i niebanalny.

Wyznaczanie bilansu energetycznego partonu w plazmie kwarkowo-gluonowej zasada się tu na wykorzystaniu funkcjonalnej równoważności teorio-polowego przybliżenia twardego pętli w zlinearyzowanej QCD z klasycznymi równaniami kinetycznymi Taylora-Wonga. Przybliżeniu twardego pętli jest w swej istocie równoważne klasycznemu równaniu cieczy o nieskończonej lepkości. Wynikiem prac składających się na dysertację było otrzymanie analitycznych lub numerycznych rozwiązań tych równań. Wstępnym i niezbędnym etapem było wyznaczenie widma plazmonów, czyli kolektywnych modów gluonu poruszającego się

w plazmie QCD. Dzieje się tak, ponieważ plazmon wiąże się tensorem polaryzacji występującym w mianowniku propagatora gluonowego, a ten z kolei jest obecny w kinetycznych równaniach Taylora-Wonga. Dla zwiększenia ogólności wyników niezbędnym jest uwzględnienie anizotropii pędowej ewoluującej plazmy - najpierw wydłużonej w kierunku padającej wiązki, a potem spłaszczającej się tworząc docelowo homogeniczny system izotropowy.

W wyniku tych prac okazało się, że niejednorodności ośrodka mają kluczowe znaczenie dla zaistnienia niestabilnych modów, co powoduje znaczne przyspieszenie osiągnięcia stanu równowagi przez plazmę. Wyniki te zostały w ramach użytego formalizmu otrzymane w sposób bardzo rzetelny, z wielką dbałością o kompletność wyników i rzetelną ich prezentację. Są to wyniki nowe, dotąd nieznanne.

Trzeba jednak dodać, że mimo otrzymania wielu ilościowych wykresów uzyskane wyniki mają charakter wyłącznie jakościowy i nie nadają się do konfrontacji z wynikami doświadczalnymi - z czego zresztą autorzy zdają sobie sprawę. W ramach wykorzystywanego tu modelu niesposób bowiem wziąć pod uwagę ani procesów radiacyjnych ani zderzeń zachodzących z większym przekazem pędu, ani też specyfiki kwantowej. Tym niemniej otrzymane wyniki są istotnym elementem naszego zrozumienia procesów zachodzących w plazmie kwarkowo-gluonowej powstającej w trakcie wysokoenergetycznych zderzeń ciężkich jonów.

Przedstawiona praca jest opracowana redakcyjnie bardzo starannie, napisana dobrym językiem. Mimo uważnej lektury dopatrzyłem się tylko trzech drobnych uchybień - referencja do pracy I jest błędna, zaś referencje do prac [52,68] w spisie literatury są niepełne. Biorąc wszystko powyższe pod uwagę uważam, że mgr Katarzyna Deja wypełniła ustawowe oczekiwania wobec pracy doktorskiej i wnioskuję dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Prof. dr hab. Ludwik Turko