



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Kraków, 03.11.2023

Wydział

Fizyki

Astronomii

i Informatyki

Stosowanej

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Tomasza Pietrzaka
zatytułowanej
„Phase transition signatures in nuclear multifragmentation:
Fluctuations of the largest fragment size”**

Przedstawioną mi do recenzji prace doktorską pana mgr. Tomasza Pietrzaka przestudiowałem z przyjemnością i zainteresowaniem.

Dysertacja doktorska pana mgr. Tomasza Pietrzaka zastała przygotowana pod opieką prof. dr. hab. Janusza Brzychczyka.

Badania opisane w pracy doktorskiej doktoranta Tomasza Pietrzaka dotyczą przejść fazowych w materii jądrowej. W pracy doktorant wykorzystał dane doświadczalne z reakcji wiązek jąder ^{197}Au , ^{124}Sn , ^{107}Sn , ^{124}La z jądrami tarcz Cu, In oraz Au. Eksperymenty zostały wykonane w Laboratorium Ciężkich Jonów (GSI) w Darmstadzie w Niemczech. Jądra ^{197}Au były przyspieszane w synchrotronie SIS do energii 600, 800 oraz 1000 MeV na nukleon, natomiast jądra ^{124}Sn , ^{107}Sn , ^{124}La do energii 600 MeV na nukleon. Pomiary fragmentów reakcji wykonane zostały systemem detekcyjnym ALADIN. Doktorant skupił się na badaniach multifragmentacji „spektatorów” powstających w peryferyjnych reakcjach jąder wiązki z jądrami tarczy. Przejawów przejścia fazowego ciec-zgaz w materii jądrowej „spektatora” mgr Tomasz Pietrzak poszukiwał w kształtach rozkład rozmiaru i rozkładu ładunku największego fragmentu z rozpadu „spektatora”. W analizie danych doświadczalnych jako miarę rozmiaru fragmentu jądrowego przyjęto liczbę atomową fragmentu.

W oparciu o wnioski z przewidywań fenomenologicznego modelu perkolacji wiązań, badanymi sygnaturami przejścia fazowego były

Prof. dr hab. Paweł Moskal

Kierownik Zespołu Zakładów
Fizyki Jądrowej

Kierownik Zakładu Fizyki Cząstek
i jej Zastosowań

Uniwersytet Jagielloński

tel. +48 12 664-45-58

e-mail: p.moskal@uj.edu.pl

ul. prof. Stanisława

Łojasiewicza 11

PL 30-348 Kraków

tel. +48(12) 664-48-90

fax +48(12) 664-49-05

e-mail:

wydzial.fais@uj.edu.pl

skośność i kurtoza rozkładów największego produktu powstającego w multifragmentacji jąder spektatora. Sygnał od przejść fazowych został zaobserwowany w rozkładach skośności i kurtozy wyznaczonych w funkcji sumy ładunków produktów reakcji z ładunkiem większym niż 1. Interpretację wyników doktorant przeprowadził porównując uzyskane rozkłady doświadczalne z przewidywaniami modelu perkolacji oraz przewidywaniami Kanonicznego Modelu Termodynamicznego oraz Statycznego Modelu Multifragmentacji. Wyniki uzyskane przez doktoranta pokazały, że sygnatura dla przejścia fazowego perkolacji wiązań jest jednocześnie sygnaturą przejścia fazowego ciec-z-gaz materii jądrowej objawiającego się przez maksimum ciepła właściwego.

W recenzowanej pracy doktorant bardzo szczegółowo opisał stosowanego do wnioskowania model perkolacji wiązań jak również model statystyczny i termodynamiczny.

Recenzowana rozprawa składa się ze streszczenia, wstępu, pięciu rozdziałów i podsumowania. We wstępie Autor zwięźle opisał motywację i cel prowadzonych badań, wyjaśnił powód badania skośności i kurtozy rozkładów rozmiaru największego produktu fragmentacji oraz nakreślił strukturę dysertacji.

W drugim rozdziale Autor rozprawy odwołując się do literatury opisał podstawowe pojęcia dotyczące diagramu fazowego materii jądrowej oraz badań przejścia fazowego ciec-z-gaz w reakcjach ciężkich jonów. W szczególności autor skupił się na opisie procesów multifragmentacji jądrowej, które umożliwiają badanie materii jądrowej w niskich temperaturach i dla gęstości znacznie mniejszej niż gęstość materii jądrowej w jądrach atomowych.

W trzecim rozdziale doktorant opisał dotychczasowe doświadczalne badania procesów multifragmentacji jądrowej poczynając od eksperymentów wykonanych w 1980 roku, w których zaobserwowano sygnały wskazujące na przejścia fazowe ciec-z-gaz. W tym rozdziale doktorant omówił także trzy podstawowe rodzaje procesów prowadzących do multifragmentacji jądrowej. Ten rozdział, a w szczególności rysunek 3.1 bardzo były pomocne w zrozumieniu dalszej części elaboratu.

Rozdział czwarty szczegółowo opisuje modele fenomenologiczne wykorzystane do interpretacji wyników. W szczególności, w tym rozdziale jasno wytłumaczone jest dlaczego warto zajmować się największym fragmentem z multifragmentacji. Największy fragment jest dobrze opisywany w przybliżeniu cieczy jądrowej i rozkład jego rozmiaru powinien dobrze uwypuklać przejście ciecz-gaz. Rozdział ten bardzo szczegółowo przedstawia także przewidywania rozkładu gęstości prawdopodobieństwa rozmiaru największego fragmentu reakcji w oparciu o model perkolacji oraz jedno i dwu-składnikowe kanoniczne modele termodynamiczne. Opisany jest także pokrótce statystyczny model multifragmentacji i przedstawione są przewidywania na nim oparte.

Piąty rozdział pokazuje schemat systemu detekcyjnego ALADIN, którym wykonano doświadczenia wykorzystane w pracy doktoranta, oraz przedstawia wyniki przeprowadzonej przez doktoranta analizy danych. Eksperymenty przeprowadzono z użyciem wiązek jonów przyspieszonych w synchrotronie ciężkich jonów (SIS) w Laboratorium Ciężkich Jonów (GSI) w Darmstadzie. W pomiarach spektrometrem ALADIN krotności fragmentów w funkcji Z_{bound} są niezależne od energii wiązki i od rodzaju tarczy, gdzie Z_{bound} oznacza sumę liczb atomowych wszystkich fragmentów z $Z \geq 2$. Dlatego dla badanych reakcji skośność i kurtoza rozkładów rozmiarów największych fragmentów zostały wyznaczone w funkcji Z_{bound} . W szóstym rozdziale przedstawiona jest analiza danych, która wykazuje, że reakcja multifragmentacji nie zależy od izospinu.

Praca napisana jest bardzo jasno. Opisy są bardzo szczegółowe i świadczą o głębokim zrozumieniu przez Autora przedmiotu rozprawy. Nie mam znaczących uwag krytycznych do przedstawionej mi do recenzji pracy. Brakowało mi tylko opisu działania systemu detekcyjnego ALADIN oraz zastosowanych metod rejestrowania i identyfikowania produktów badanych reakcji. Dlatego chciałbym aby doktorant przedstawił zasadę pomiaru w trakcie obrony.

Znalazłem tylko kilka niedociągnięć nie mających wpływu na moja bardzo wysoką ocenę recenzowanego elaboratu, takich na przykład jak porównywanie rozkładów teoretycznych i z rozkładami modelowymi

na różnych obrazkach, lub porównywania używające innych normalizacji dla danych doświadczalnych niż dla przewidywań tak np. jak na Rys. 5.7.

Rozprawa potwierdza, że jej Autor zdobył umiejętności pozwalające na zaawansowaną wielopoziomową analizę danych wymagającą stosowania metod programistycznych, znajomości funkcjonowania detektorów promieniowania jak również wykazał się głębokim zrozumieniem zjawiska multifragmentacji jąder.

Praca doktorska mgr. Tomasza Pietrzaka jest bardzo starannie i estetycznie zredagowana. Wykresy i ilustracje przygotowane przez autora są bardzo przejrzyste.

Uważam, że przedstawiony mi do recenzji elaborat opisuje wartościową i oryginalną analizę i interpretację danych eksperymentalnych. Otrzymane rezultaty z pewnością mogą być opublikowane w renomowanym czasopiśmie naukowym.

[Prof. dr hab. Paweł Moskal](#)

Reasumując, sądzę, że przedstawiona mi do recenzji dysertacja doktorska mgr. Tomasza Pietrzaka stanowi oryginalny i istotny wkład do bardzo interesujących badań w dziedzinie zderzeń ciężkich jonów. Uważam, że spełnia ona warunki stawiane dysertacjom na stopień doktora nauk fizycznych i dlatego wnoszę o dopuszczenie doktoranta Tomasza Pietrzaka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

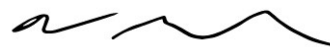
[Kierownik Zespołu Zakładów
Fizyki Jądrowej](#)

[Kierownik Zakładu Fizyki Cząstek
i jej Zastosowań](#)

[Uniwersytet Jagielloński](#)

[tel. +48 12 664-45-58](#)

[e-mail: p.moskal@uj.edu.pl](mailto:p.moskal@uj.edu.pl)



Prof. dr hab. Paweł Moskal
Uniwersytet Jagielloński