

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

Fizyka zderzeń ciężkich jonów przy pośrednich i wysokich energiach jest dziedziną nauki rozwijającą się na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat. W szczególności zagadnienia związane z badaniem równania stanu materii jądrowej są od kilkunastu lat elementem intensywnych badań, tak eksperymentalnych, jak i teoretycznych. Jednym z szeroko rozważanych tematów w ramach tej tematyki jest badanie procesów multifragmentacji i jego związku z przejściem fazowym ciecz – gaz. Badania skupiają się na poszukiwaniu różnego rodzaju wielkości fizycznych mogących bezpośrednio wskazywać na to przejście fazowe. W przedstawionej do recenzji pracy właśnie tego typu problematyka została poruszona. Rozważane są porównania modeli teoretycznych Canonical Thermodynamic Model (CTM) i Statistical Multifragmentation Model (SMM) z danymi eksperymentalnymi zebranymi przez współpracę ALADIN. Studiowane są miary rozkładu największego produkowanego fragmentu (skośność i kurtoza) jako sygnatury przejścia fazowego. Przeprowadzona została także szeroko zakrojona analiza porównawcza wyników modelu perkolacyjnego w odtwarzaniu rozkładów różnych zmiennych mierzonych w procesach fragmentacji.

Rozprawa doktorska Pana mgr Tomasza Pietrzaka składa się z siedmiu rozdziałów wliczając wstęp i podsumowanie.

We wstępie do pracy autor zawarł podstawowe informacje jej dotyczące, znajdziemy tu krótko opisaną zawartość, ogólne informacje dotyczące rozważanych w pracy obserwacji,

Dr hab. Seweryn Kowalski
Instytut Fizyki
Uniwersytet Śląski w Katowicach

na podstawie których powstały główne tezy rozprawy. Ponadto we wstępie autor zaznacza osobisty wkład w zagadnienia opisane w pracy. W rozdziale drugim znajdziemy ogólny opis procesu multifragmentacji jak i wstęp do rozważań dotyczących przejścia fazowego w reakcjach oddziaływań ciężkich jonów. Rozdział trzeci to krótki opis dotychczasowych pomiarów procesów multifragmentacji – autor także w sposób ogólny prezentuje przedstawione eksperymenty, których celem było badanie przejścia fazowego. Rozdział czwarty poświęcony jest na opis rozważań modelowych głównie związanych z podejściem statystycznym. Znajdujemy tutaj także dość szczegółowy opis modelu perkolacyjnego i definicje podstawowych wielkości wykorzystywanych w kolejnych rozdziałach do analizy danych jak i wyciągnięcia głównych tez pracy. Rozdział piąty zawiera opis układu detekcyjnego ALADIN. W rozdziale tym znajduje się także porównanie zmierzonych danych eksperymentalnych z przewidywaniami modelu perkolacyjnego, porównania głównie związane są z rozkładami fragmentów o największym ładunku. W rozdziale tym są także zamieszczone rozważania dotycząc wpływu tzw. efektów wtórnych na własności miar (kumulatów) oraz test tych wielkości jako wskaźników przejścia fazowego. W rozdziale szóstym znajdziemy analizę miar w zastosowaniu do rozkładów fragmentów o największych ładunkach z wykorzystaniem danych zebranych w eksperymencie ALADIN S254. Rozważane są tutaj reakcje z wykorzystaniem wiązek ^{124}Sn , ^{107}Sn , ^{124}La przy energii 600 AMeV z cyną naturalną. Znajdują się tutaj także porównania danych w eksperymentach z modelem SMM jak i badania zależności izotopowej wyznaczonej temperatury przejścia. Ostatni rozdział zawiera podsumowanie i główne wnioski pracy.

Praca w dużych międzynarodowych projektach naukowych zawsze niesie ze sobą pytanie o wkład autora w opracowanie danych eksperymentalnych oraz przeprowadzone symulacje modelowe. Stąd bardzo ważne jego podkreślenie rzeczywistego udziału autora w przedstawionej analizie. Autor tej pracy wniósł znaczący wkład w analizę i przeprowadzenie symulacji modelowych, które obejmowały wykorzystanie modelu Canonical Thermodynamic Model oraz modelu SMM. Ponadto, autor aktywnie uczestniczył w analizie danych w ramach współpracy z zespołem ALADIN oraz miał kluczowy udział w przygotowaniu i realizacji obliczeń z użyciem modelu perkolacyjnego. Wyniki tych prac zostały zawarte i opublikowane w trzech

Dr hab. Seweryn Kowalski
Instytut Fizyki
Uniwersytet Śląski w Katowicach

naukowych publikacjach, w tym dwóch artykułach naukowych i jednym materiale konferencyjnym, w gdzie we wszystkich przypadkach mgr Tomasz Pietrzak jest współautorem.

W przedstawionej do recenzji pracy, jak wspomniałem wcześniej, autor głównie zajmował się analizą wielkości największego (o największym ładunku) fragmentu jako parametru opisującego proces multifragmentacji. Ponadto porównania danych eksperymentalnych z modelem perkolacyjnym wskazują, że takie miary jak skośność K_3 i kurtoza K_4 w zastosowaniu do rozkładów największego fragmentu mogą być dobrym wskaźnikiem przejścia fazowego. Analiza wskazuje, że punkt przejścia może być charakteryzowany przez wartość $K_3=0$ i minimalną wartość K_4 . Ponadto porównanie modelu CTM i perkolacyjnego w analizowanych reakcjach wskazują na nieco inne zachowanie systemu, koegzystencję faz w przypadku modelu CTM i jej brak w przypadku modelu perkolacyjnego. Z przedstawionej analizy wynika także, że obie miary nie są szczególnie wrażliwe na wpływ rozpadów wtórnych, które czasami dość silnie zaburzają otrzymane wielkości charakteryzujące przejście fazowe. Z analizy wynika także, że model perkolacyjny zadawalająco opisuje dane eksperymentalne, a punkt krytyczny znajduje się w okolicy $Z_{\text{bound}} = 36$, energii wzbudzenia 10 AMeV i temperaturze między 6, a 7 MeV. W pracy wskazano także, że wartość $K_3=0$ i minimalna wartość K_4 nie tylko dobrze sprawdzają się w przypadku modelu perkolacyjnego do opisu przejścia fazowego ale także znajdują zastosowanie w modelach CTM i SMM. Interesujące byłoby rozwinięcie tego typu analizy nie tylko na modele statystyczne ale także dynamiczne.

W moim przekonaniu praca stanowi zwięzły opis procesu multifragmentacji w szczególności z uwzględnieniem modeli statystycznych. Uzyskane wyniki sugerują, że miary takie jak skośność czy kurtoza mogą pełnić rolę wskaźników przejścia fazowego w silnie oddziałującej materii. Jednak warto zaznaczyć, że czasami struktura pracy mogła stanowić wyzwanie dla czytelnika, wymagając od niego znacznej uwagi i skupienia w celu pełnego zrozumienia jej treści.

Rozprawa doktorska Pana mgr. Tomasza Pietrzaka jest napisana w języku angielskim. Choć nie mam żadnych uwag co do jakości samego języka użytego w pracy, to jednak jednocześnie czuję, że nie posiadam pełnej kompetencji do dokładnej oceny tekstu pod tym względem. Warto jednak podkreślić, że tłumaczenie wstępu na język polski wydaje się być wykonane z wyraźnym użyciem komputerowego narzędzia do tłumaczenia.

Chorzów, 09.10.2023

Dr hab. Seweryn Kowalski
Instytut Fizyki
Uniwersytet Śląski w Katowicach

Podsumowując, praca przedstawiona do recenzji dotyczy istotnych tematów w kontekście fizyki zderzeń ciężkich jonów. Jak już wspomniałem na początku recenzji, ta tematyka doskonale wpisuje się w długotrwały trend badań eksperymentalnych i teoretycznych w dziedzinie fizyki reakcji jądrowych.

Autor wykazał, że w dobrym stopniu opanował zaawansowane metody analizy danych. Przedstawiona do recenzji praca świadczy także o orientacji autora w zakresie teoretycznego opisu reakcji ciężko jonowych w szczególności zagadnień dotyczących przejścia fazowego w procesach multifragmentacji.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr Tomasza Pietrzaka pt. „Phase transition signatures in nuclear multifragmentation: Fluctuations of the largest fragment size” spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie doktoranta do dalszych etapów postępowania awansowego.

Dr hab. Seweryn Kowalski