

Prof. dr hab. Krzysztof Kutak
Instytut Fizyki Jądrowej Polaskiej Akademii Nauk

31-342 Kraków, ul Radzikowskiego 152

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr. Michała Barejaa
pod tytułem

“Exploration of Baryon Number Factorial Cumulants in the Context of the Quantum Chromodynamics Phase Diagram”

Rozprawa doktorska mgr. Michała Bareja została przygotowana pod kierunkiem prof. dr hab. Adama Bzdaka na Wydziale Fizyki i Informatyki Akademii im. Górniczo-Hutniczej. Dotyczy teoretycznych i fenomenologicznych badań procesów hadronowych w wysokoenergetycznych zderzeniach hadronów. Celem przedstawionej rozprawy było uzyskanie informacji na temat diagramu fazowego QCD w obszarze punktu krytycznego znajdującego się pomiędzy gazem hadronowym a plazmą kwarkowo – gluonową poprzez wyliczenie kumulant oraz kumulant faktorialnych które są użyteczne przy analizie korelacji wielocząstkowych. Użycie kumulant faktorialnych jest nowatorskim elementem. Analiza przy użyciu kumulant faktorialnych pozwala na uzyskanie informacji na temat korelacji wielocząstkowych w formie łatwiejszej do interpretacji.

Rozprawa podzielona jest na cztery rozdziały, bibliografię, dodatek oraz kopię opublikowanych artykułów. Praca doktorska oparta jest o cztery artykuły opublikowane w czasopiśmie Phys. Rev. C wraz z promotorem przedstawionej pracy prof. Adamem Bzdakiem. Artykuł pierwszy dotyczy otrzymania kumulantów faktorialnych dla mieszanego układu protonów – antyprotonów. Artykuł drugi dotyczy otrzymania kumulantów faktorialnych przy założeniu zachowania całkowitej liczby barionowej oraz korelacji krótkozasięgowych. Artykuł trzeci jest bezpośrednią kontynuacją artykułu drugiego. Celem było tutaj uzyskanie bardziej precyzyjnych wyników i rozważenie przypadku małych układów. Artykuł czwarty przedstawia otrzymanie kumulantów oraz kumulantów faktorialnych przy założeniu zachodzenia fluktuacji gęstości rozkładu protonów w rapidity. W tym artykule znajduje się tabela pokazująca mierzone stosunki kumulant faktorialnych w centralnym obszarze rapidity. Liczby te wykazują zgodność z tymi które można odczytać z wykresów otrzymanych na podstawie obliczeń teoretycznych wykonanych przez mgr. Bareja.

Praca doktorska mgr. Bareja została napisana po angielsku liczy 77 stron. Na końcu pracy znajdują się kopie czterech artykułów które zostały dołączone do pracy. Praca doktorska zawiera liczne wykresy, ilustracje oraz spis literatury zawierający 96 pozycji.

W rozdziale pierwszym doktorant zwięźle przedstawia na jednej stronie strukturę pracy doktorskiej. Opisuje też cel pracy doktorskiej. Wymienione są artykuły które stanowią prace doktorska.

Rozdział drugi jest wstępem teoretycznym do pracy doktorskiej omówiony jest diagram fazowy QCD i znaczenie punktu krytycznego jako miejsca w którym przejście fazowe pierwszego stopnia przechodzi w cross-over. Omówiony jest również model Isinga jako elementarny układ zawierający przejście

fazowe oraz punkt krytyczny. Podrozdział 2.2 omawia znaczenie fluktuacji oraz korelacji w przypadku zbliżania się do punktu krytycznego oraz narzędzia matematyczne które są używane czyli kumulanty oraz kumulanty faktorialne. Kolejny podrozdział omawia eksperymentalne sygnatury punktu krytycznego oraz przejścia fazowego jako odstępstwo od rozkładu Poissona. Przedstawione i omówione są tutaj również wyniki eksperymentów NA61/SHINE oraz STAR, HADES, ALICE które dokonują pomiarów kumulantów. Rozdział trzeci jest szczegółowym podsumowaniem każdego z czterech artykułów. Doktorant w ramach podsumowania używa kluczowych równań oraz wykresów dobrze ilustrujących omawiany temat. Rozdział kończy się konkluzją istotną dla eksperymentu STAR taką że fluktuacje szerokości rozkładu dystrybucji mogą być mierzalne. Rozdział czwarty zawiera podsumowanie. W rozprawie pojawia się informacja ze wszystkie obliczenia do artykułów które stanowią o dorobku były zaplanowane i wykonane przez mgr. Bareja. Świadczy to o samodzielności i profesjonalizmie doktoranta. Obliczenia wykonano przy użyciu programu Mathematica oraz użyto również Pythona wraz z pakietami aby wykonać wykresy. Rozprawa przedstawia nowe oraz interesujące dla fizyki rezultaty. Otrzymane wyniki oparte o kumulanty faktorialne, otwierają nowe pole do badania fluktuacji cząstek w procesach hadronowych. Praca jest napisana jasno i starannie. Procedury teoretyczne i analizę wyników przedstawiono szczegółowo. Autor rozprawy jest czytany w literaturze dotyczącej tematu rozprawy. Podsumowując, uważam że rozprawa doktorska mgr. Michała Bareja zawiera oryginalne i ciekawe wyniki poszerzające naszą wiedzę na temat użyteczności kumulantów faktorialnych.. Praca również sugeruje możliwość wykonania nowych pomiarów które pozwolą lepiej zrozumieć diagram fazowy QCD. Rozprawa spełnia wszelkie formalne wymogi stawiane pracom doktorskim wnosząc o dopuszczenie do jej publicznej obrony.

Krzysztof Kutak

