

**Prof. dr hab. Wojciech Broniowski**

Kraków, 5.04.2019

Instytut Fizyki  
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach  
ul. Świętokrzyska 15  
25-406 Kielce

oraz

Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego PAN  
ul. Radzikowskiego 152  
31-343 Kraków

**Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym dr inż. Hanny Zbroszczyk**

**Ocena monografii pt. „Eksperymentalne aspekty badania korelacji femtoskopowych w zderzeniach relatywistycznych ciężkich jonów”**

Pani dr inż. Hanna Zbroszczyk jako swoje główne osiągnięcie naukowe w postępowaniu habilitacyjnym przedstawia monografię pt. „Eksperymentalne aspekty badania korelacji femtoskopowych w zderzeniach relatywistycznych ciężkich jonów”, wydaną przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej w 2018 r. Jak podaje autorka, monografia powstała na bazie 16. publikacji wymienionych w spisie osiągnięć w pkt. II A. Lista zawiera zarówno prace kolaboracji STAR (2-4) z istotnym wkładem habilitantki, jak też prace wykonane w kilkusobowych zespołach (1, 5-7, 15), w większości konferencyjne, oraz pisemne wersje referatów wygłoszonych przez habilitantkę z ramienia kolaboracji STAR (8-14). Są to bardzo dobre publikacje (w szczególności jeden artykuł kolaboracyjny ukazał się w Nature i jeden w Physical Review Letters), stanowiące bardzo solidną podstawę monografii habilitacyjnej poświęconej zagadnieniu femtoskopii. Materiał ten jest użyty w najważniejszych częściach monografii.

Moje omówienie zacznę od rozdz. 3, ponieważ część zaczynająca się tutaj stanowi rdzeń monografii, podczas gdy rozdz. 1 i 2 mają charakter wstępny i przeglądowy. Autorka postawiła sobie zadanie kompletnego przedstawienia tematyki, stąd rozdz. 3.1 - 3.3 zawierają rys historyczny rozwoju femtoskopii, z ukazaniem drogi począwszy od wczesnej pracy Kopyłowa i Podgoreckiego do teorii Lednickiego i Luyboshitza. Wyniki pierwszych doświadczeń femtoskopowych przypomniane są w rozdz. 3.4, natomiast rozdz. 3.5 przedstawia nowsze idee, m.in. rolę korelacji przestrzenno-pędowych na tzw. rozmiar jednorodności (length of homogeneity), dyskusję „RHIC HBT puzzle”, korelacje barionów, również nieidentycznych, czy badanie oddziaływań silnych np. dla układu Lambda-Lambda. Rys. 3.36 byłby pełniejszy z danymi LHC, które są zresztą dyskutowane dalej

w podrozdz. 3.6.2

Ukazane i dyskutowane wyniki kolaboracji ALICE dla promieni femtoskopowych w zderzeniach p-Pb są bardzo istotne w kontekście tzw. małych systemów i ich zrozumienia w oparciu o kolektywną dynamikę. Rozdz. 3.7 opisuje szczegółowo program skanu energii i mas zderzanych jąder (BES) na akceleratorze RHIC oraz korelacje cząstek nieidentycznych. NB ta tematyka jest od wielu lat specjalnością grupy HIRG na Politechnice Warszawskiej, której ważnym członkiem jest habilitantka.

Dalej omawiane są szczegóły przyszłego programu eksperymentów na stałej tarczy w BES, pozwalających na zderzenia przy jeszcze niższych energiach w środku masy. Omawiane są także perspektywy przyszłych eksperymentów NICA/MPD i FAIR/CBM.

Rozdz. 4 wprowadza formalizm opisu korelacji femtoskopowych, z konkretnymi wyprowadzeniami podstawowych wzorów używanych w analizach. Jest to z praktycznego punktu widzenia użyteczne kompendium, mogące np. być użyte przez studentów (wg mnie podrozdz. 4.1.7 jest nieco techniczny i mógłby ew. stanowić dodatek, natomiast nie zauważyłem tutaj podania definicji wag Lednickiego). Następnie podane są w precyzyjny sposób parametryzacje kartezjańska i sferyczna dla funkcji korelacji. Przedyskutowane są też popularne w analizach femtoskopowych układy odniesienia LCMS i PRF.

Rozdz. 5 zawiera opis rozmaitych eksperymentów od strony detektorowej. Opis ten jest bardzo ogólny i dość standardowy. Szczegóły analizy danych zawarte są w rozdz. 6. W szczególności podrozdz. 6.4 dyskutuje inne źródła korelacji między hadronami, jak prawa zachowania, rozpady rezonansów, oddziaływania kulombowskie ze spektatorami, dżety przy wyższych pędach, czy też korelacje resztkowe z rozpadu hiperonów. Materiał tego rozdziału jest od praktycznej i technicznej strony (oszacowanie niepewności systematycznych) bardzo istotny.

Rozdz. 7 opisuje modele teoretyczne stosowane w analizach femtoskopowych. Następnie przedstawione są przewidywania dla programu BES z uzyskane z modeli EPOS, THERMINATOR i UrQMD.

**W mojej opinii materiał wyżej omówionych rozdziałów, a zwłaszcza rozdz. 4 i 7, stanowi cenne i praktyczne źródło informacji o technikach badań femtoskopowych w relatywistycznych zderzeniach jądrowych, mogące być przydatną lekturą dla studentów rozpoczynających pracę naukową w tej tematyce. Materiał nawiązuje też do wyników publikacji, na których jest oparta monografia. Są to bezsprzecznie wyniki oryginalne i bardzo ciekawe z fizycznego punktu widzenia.**



Jeśli chodzi o część wprowadzającą składającą się z rozdz. 1 i 2, to w mojej opinii jest ona znacznie słabsza. Brak tam też odnośników do literatury. W części tej znalazłem wiele mniej lub bardziej nieściślych sformułowań, które wymieniam poniżej jedynie w celu, aby nie były niepotrzebnie propagowane dalej np. w przypadku dalszego elektronicznego rozpowszechniania monografii, gdzie mogłyby być w należyty sposób poprawione.

Najpierw uwaga historyczna: autorka wspomina 3 dekady fizyki ciężkich jonów, podczas gdy od lat 60, działał Alternating Gradient Synchrotron (AGS), a od 1971 Bevalac. Jest więc to raczej 5 dekad, chyba że chodzi tu o wyższe energie, co należałoby doprecyzować.

str. 11: Literówka „Ptolomeusza” → Ptolemeusza.

str. 13: „bozon Higgsa H, odpowiedzialny za nadawanie cząstkom fundamentalnym masy” → ściśle rzecz biorąc, masa nadawana jest tylko kwarkom i naładowanym leptonom, ponieważ lewoskrętne neutrino nie sprzęga się do Higgsa.

str. 17: „oraz jeden singlet gluonu nieprzenoszącego koloru” → nie ma żadnych przesłanek doświadczalnych na istnienie gluonu singletowego, musiałby mieć ogromną masę aby go nie było widać; ta zgoła hipotetyczna cząstka nie wchodzi do Modelu Standardowego, zawierającego jedynie oktety gluonów.

Równ. (2.1) jest fenomenologicznie słuszne tylko dla ciężkich kwarków.

str. 17: „Przy próbie zwiększenia odległości między kwarkami, struna je łącząca staje się coraz bardziej napięta” → to stwierdzenie jest niesłuszne, bo napięcie struny QCD jest stałe, niezależne od jej długości, a przy rozciąganiu rośnie energia potencjalna struny, proporcjonalnie do jej długości.

str. 18: „Dokładniejsza parametryzacja” → Mamy tu do czynienia z zupełnie inną sytuacją: równ. (2.2) dotyczy oddziaływań ciężkich kwarków w niezerowej temperaturze, a autorka przedstawia tutaj fenomenologiczny model Karscha, Mehra i Satza.

str. 18: Debaya → Debye'a

str. 18: Rozdzielenie pQCD od efektów nieperturbacyjnych następuje przy skali ok. 1GeV, a nie przy  $\Lambda_{\text{QCD}}$  (gdzie stała sprzężenia staje się formalnie nieskończona) – jest to z resztą poprawnie zaznaczone na początku rozdz. 7.

s. 19: „potrzebna jest znajomość potencjału kwarkowego” → Stwierdzenie jest niesłuszne, bo w QCD na siatkach oddziaływanie zachodzi poprzez gluony obecne na linkach sieci; bynajmniej nie jest zakładana postać potencjału kwark-kwark. Dla ciężkich kwarków potencjał ten wynika z rachunków na siatkach, a nie odwrotnie.

Rachunki na siatkach „pozwalają na opis silnie oddziałującej materii jądrowej” → To twierdzenie nie jest słuszne, albowiem od lat QCD na siatkach boryka się z tzw. problemem znaku dla symulacji w niezerowej gęstości barionowej i nie są możliwe ściśle przewidywania dla niezerowej gęstości barionowej.

Zdanie „weryfikują, czy teoria pozwala na formowanie danych stanów z efektywnie wolnymi kwarkami i gluonami” jest niezrozumiałe

Dyskusja Lambda\_QCD jest zbyt uproszczona. Wartość tej stałej, efektywnie zastępującej stałą sprzężenia oddziaływań silnych, zależy liczby aktywnych zapachów i od schematu renormalizacji

str. 26: „Przy założeniu fizycznych mas kwarków u, d, s, parametry punktu krytycznego są dane:  $(T, \mu) = (162 \pm 2, 360 \pm 40)\text{MeV}$ ” → Wartości te znane są tylko z rachunków modelowych i stanowią w najlepszym wypadku dość luźne oszacowania, które w zależności od modelu dają bardzo różne przewidywania.

str. 26: Literówka: „lorenzowsko” → „lorentzowsko”

str. 28: „Wyznaczenie wartości parametru zderzenia w przypadkach eksperymentalnych jest zagadnieniem nietrywialnym, pozwala to wyznaczyć optyczny model Glaubera” → Wyznaczenie parametru zderzenia jest zgoła niepotrzebne jeśli porównania są czynione z symulacjami Monte Carlo, natomiast model optyczny Glaubera nie opisuje dobrze fenomenologii i nie należy go stosować w dokładniejszym opisie.

str. 31: „Drugim, możliwym scenariuszem czasowo-przestrzennej ewolucji jest taki, w którym nie występuje faza QGP, ani faza mieszana” → Nie jest dla mnie jasne, jaki scenariusz autorka ma tutaj na myśli.

Poniżej równania (4.17) literówki: ff → f

„Spotkania naukowe w Budapeszcie” wspomniane w rozdz. 3.8 noszą nazwę „Zimanyi School, Winter Workshop on Heavy Ion Physics”. Rozdział ten zawiera wiele reprodukcji plakatów i książek konferencyjnych; nie bardzo widzę sens umieszczania takich „wspominkowych” materiałów w monografii naukowej. Materiał taki wg mnie niepotrzebnie wydłuża monografię.

Zdanie na str. 207: „często zderzenia A +A traktowane są jako superpozycja (złożenie) oddziaływań N+N” jest niesłuszne. Całe bowiem doświadczenie ciężkojonowych programów na RHIC i LHC ukazuje, że tak właśnie nie jest!

### **Ocena dorobku naukowego habilitantki**

Pani dr Hanna Zbrozczyk uzyskała stopień naukowy doktora nauk fizycznych w 2008 r., nadany wspólnie przez Radę Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej oraz jury Université de Nantes. Rozprawa doktorska „Studies of baryon-baryon correlations in relativistic nuclear collisions registered at the STAR experiment” (promotorzy: prof. dr hab. Jan Pluta, prof. dr hab. Barbara Erasmus) dotyczyła tematyki korelacji femtoskopowych.

Niżej podpisany zna dobrze habilitantkę i jej wysokie kompetencje w dziedzinie femtoskopii z kilku dyskusji naukowych przy okazji spotkań na konferencjach. Miał też



kilkukrotnie okazję wysłuchać jej prezentacji, będących zawsze na profesjonalnym poziomie.

Oprócz prac, na których bazuje monografia, autoreferat wymienia w pkt. II A aż 366 publikacji filadelfijskich, w zdecydowanej większości składających się z artykułów opublikowanych przez kolaboracje STAR oraz ALICE, których habilitantka jest aktywnym członkiem, oraz z materiałów pokonferencyjnych autorstwa lub współautorstwa habilitantki. W tym obszernym zbiorze należy wyróżnić kilka pozycji. Praca [16] powstała poza kolaboracjami i jest pisemną wersją referatu magistrantki, p. Marii Stefaniak. Pozakolaboracyjna jest też pokonferencyjna praca [59], poświęcona programowi THERMINATOR w zastosowaniu do projektu BES na RHIC, oraz praca [119], omawiająca korelacje barion-antybarion. Publikacja [167] jest oryginalnym artykułem w Phys. Rev. C, dotyczącym tego zagadnienia. Podobnie, prace [341] i [346] są materiałami pokonferencyjnymi powstałymi poza kolaboracjami.

Poz. [318] spisu literatury jest niekompletna.

Autoreferat wymienia 30 wystąpień konferencyjnych po doktoracie, w tym 6 referatów proszonych i 11 referatów wygłoszonych w imieniu kolaboracji STAR oraz 24 wystąpienia konferencyjne przed doktoratem, w tym 2 referaty prozione i 11 referatów wygłoszonych w imieniu kolaboracji STAR. **Dowodzi to istotnej i docenianej roli habilitantki w przedsięwzięciach naukowych kolaboracji.**

Wg autoreferatu wskaźniki naukometryczne dr inż. Hanny Zbrozczyk są następujące (na dzień złożenia dokumentacji):

Sumaryczny Impact Factor według listy Journal Citation Reports (JCR): 56

Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS): 22 515

Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS): 78

Są to typowe (wysokie) wskaźniki członków aktywnych kolaboracji fizyki wysokich energii.

Wg autoreferatu dr inż. Hanna Zbrozczyk była kierownikiem jednego projektu (grant NCN „Utworzenie Centrum Femtoskopii na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej” w latach 2013-2018). Brała też udział w licznych projektach jako wykonawca.

**Bardzo obficie przedstawia się opieka naukowa nad studentami.** Liczba doktorantów pod opieką to 8 (w tym 3 role promotora pomocniczego). Liczba wypromowanych studentów studiów 1 stopnia wynosi 14, a studiów drugiego stopnia 11.

Habilitantka miała skromny udział w popularyzacji nauki, wymieniając Międzynarodowe warsztaty „Master Class” organizowane przez CERN i wygłoszony tam wykład dla uczniów szkół średnich pt. „Dziwność – sygnatura plazmy kwarkowo-gluonowej”

Pani dr inż. Hanna Zbroszczyk odbyła następujące staże naukowe, wśród których jest jeden długi (czteroletni):

1. Laboratorium SUBATECH, Nantes, Francja, lipiec-sierpień 2003, staż studencki
2. Laboratorium Brookhaven National Laboratory, styczeń – marzec 2004, staż studencki
3. Laboratorium Brookhaven National Laboratory, styczeń – luty 2005, staż doktorski
4. Ohio State University, luty 2015, staż doktorski
5. Laboratorium SUBATECH, Universite de Nantes, październik 2004- czerwiec 2008 – doktorantka w systemie współopieki
6. W latach 2008-2018 – liczne, krótsze wyjazdy realizowane w ramach współpracy z ośrodkami BNL oraz SUBATECH.

Ponadto 7 razy brała udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych, a także brała udział w konsorcjach GDRE (Groupement de Recherche Européen) i PL-STAR. Trzy razy udział w komitetach redakcyjnych materiałów pokonferencyjnych. Recenzowała artykuły naukowe w czasopiśmie Nukleonika (5 publikacji) oraz w Acta Physica Polonica B Proc. Suppl. (4 publikacje).

Dokumentacja przedstawiona przez habilitantkę jest staranna i wyczerpująca.

### **Podsumowanie i rekomendacja**

Podsumowując stwierdzam, że przedstawione mi do recenzji osiągnięcie naukowe w postaci monografii w przewodzie habilitacyjnym dr inż. Hanny Zbroszczyk spełnia stawiane ustawowo wymogi, a osiągnięty przez habilitantkę dorobek naukowy uzasadnia ubieganie się przez nią o stopień doktora habilitowanego nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka. Moje liczne korekty, poczynione z recenzenckiego obowiązku, dotyczą głównie rozdziałów wstępnych, które są mniej istotne, albowiem walory monografii zawarte są w dalszych jej częściach dot. femtoskopii, gdzie habilitantka jest doświadczoną ekspertką. Wnoszę zatem o dopuszczenie dr inż. Hanny Zbroszczyk do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.



Prof. dr hab. Wojciech Broniowski