

Prof. dr hab. **Stanisław Mrówczyński**

4 kwietnia 2024 rok

e-mail: stanislaw.mrowczynski@ncbj.gov.pl

URL: <https://ujk.edu.pl/strony/mrow/>

Ocena osiągnięcia naukowego i dorobku dr Małgorzaty Janik przygotowana na potrzeby postępowania habilitacyjnego

Dr Małgorzata Janik ukończyła studia magisterskie na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej w roku 2011, a cztery lata później została doktorem nauk fizycznych również na Politechnice Warszawskiej, gdzie od tamtego czasu jest zatrudniona na etacie adiunkta.

Osiągnięciem naukowym przedstawionym we wniosku o nadanie stopnia doktora habilitowanego jest cykl publikacji zatytułowany *Badanie produkcji cząstek i interakcji między nimi poprzez analizy korelacyjne*. Zbiór tworzy 11 prac, które wyliczam w kolejności takiej jak w autoreferacie:

- [H1] P. Foka i M. Janik,
An overview of experimental results from ultra-relativistic heavy-ion collisions at the CERN LHC: Bulk properties and dynamical evolution,
Rev. Phys. **1**, 154 (2016);
- [H2] P. Foka i M. Janik,
An overview of experimental results from ultra-relativistic heavy-ion collisions at the CERN LHC: Hard probes,
Rev. Phys. **1**, 172 (2016);
- [H3] ALICE Collaboration,
Two-pion femtoscopy in p–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV,
Phys. Rev. C **91**, 034906 (2015);
- [H4] ALICE Collaboration,
Pion-kaon femtoscopy and the lifetime of the hadronic phase in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV,
Phys. Lett. B **813**, 136030 (2021);
- [H5] ALICE Collaboration,
Kaon-proton strong interaction at low relative momentum via femtoscopy in Pb–Pb collisions at the LHC,
Phys. Lett. B **822**, 136708 (2021);

- [H6] ALICE Collaboration,
Insight into particle production mechanisms via angular correlations of identified particles in pp collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 7$ TeV,
Eur. Phys. J. C **77**, 569 (2017) [Erratum: Eur. Phys. J. C **79**, 998 (2019)];
- [H7] Ł. Graczykowski i M. Janik,
Unfolding the effects of final-state interactions and quantum statistics in two-particle angular correlation,
Phys. Rev. C **104**, 054909 (2021);
- [H8] M. Janik, Ł. Graczykowski i A. Kisiel,
Influence of quantum conservation laws on particle production in hadron collisions,
Nucl. Phys. A **956**, 886 (2016);
- [H9] ALICE Collaboration,
Azimuthal correlations of prompt D mesons with charged particles in p-p and p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV,
Eur. Phys. J. C **80**, 979 (2020);
- [H10] ALICE Collaboration,
Investigating charm production and fragmentation via azimuthal correlations of prompt D mesons with charged particles in pp collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 13$ TeV,
Eur. Phys. J. C **82**, 335 (2022);
- [H11] ALICE Collaboration,
Jet-associated deuteron production in pp collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 13$ TeV,
Phys. Lett. B **819**, 136440 (2021).

Publikacje stanowiące cykle dotyczą eksperymentalnych badań zderzeń jądrowych przy wykorzystaniu Wielkiego Zderzacza Hadronów (Large Hadron Collider), a w ich przygotowaniu dr Janik odegrała różne, lecz w każdym wypadku kluczowe role. Prace tworzą pięć grup i właśnie w owych grupach omawiam je poniżej.

Publikacje H1 i H2 to dwa artykuły autorstwa Panayoty Foki i Małgorzaty Janik, w których dokonano przeglądu wyników doświadczalnych, dotyczących zderzeń relatywistycznych ciężkich jonów uzyskanych przy LHC. W pierwszym artykule prezentowane są ogólne charakterystyki zderzeń, kształtowane przez powszechne oddziaływania miękkie, zachodzące małymi przekazami pędu. W drugim zaś artykule omówiono tzw. twarde sygnały, będące skutkiem stosunkowo rzadkich procesów twardych z dużymi przekazami pędu. W przypadku publikacji takich jak H1 i H2 trudno mówić o oryginalności badań, lecz należy podkreślić, że artykuły przeglądowe odgrywają bardzo ważną rolę w systematyzowaniu i upowszechnieniu wiedzy, są podstawowym źródłem informacji o danej dziedzinie rozproszonych w dużej liczbie oryginalnych publikacji. Autorzy takich artykułów muszą się więc wykazać szeroką orientacją i dobrym rozumieniem problematyki, która zwykle wykracza poza obszar ich badawczej aktywności. Sam zaś fakt opublikowania artykułu przeglądowego w cenionym czasopiśmie – a takim z pewnością jest *Reviews in Physics* wydawane przez Elsevier – jest swoistą nobilitacją autorów.

Artykuły H1 i H2 były cytowane, odpowiednio, 45 i 66 razy¹, co jasno pokazuje, że autorki dobrze wywiązały się z zadania prezentacji najważniejszych wyników doświadczalnych dotyczących zderzeń jąder atomowych w Wielkim Zderzaczu Hadronów.

Publikacje H3, H4 i H5 to trzy oryginalne wieloautorskie prace powstałe w ramach wielkiej międzynarodowej współpracy ALICE, w której dr Janik uczestniczy. Prace dotyczą femtoskopowych korelacji, czyli korelacji cząstek z małymi pędami względnymi. W publikacji H3 analizowane są korelacje identycznych pionów produkowanych w zderzeniach p-Pb, w publikacjach zaś H4 i H5 korelacje pion-kaon i kaon-proton w zderzeniach Pb-Pb.

Femtoskopowe korelacje analizowane są od dawna i metodologia tych badań jest dobrze rozpracowana i ugruntowana, w czym swój znaczący udział ma grupa fizyków z Politechniki Warszawskiej zorganizowana przed laty przez profesora Jana Plutę. Korelacje femtoskopowe są głównym źródłem wiedzy o czasowo-przestrzennej strukturze oddziaływań przy wysokich energiach, a mówiąc prościej, pozwalają określić wielkość i czas życia źródeł produkowanych cząstek. Temu właśnie zagadnieniu poświęcona jest publikacja H3, gdzie przeprowadzono systematyczną analizę wielkości źródła w trzech wymiarach, stosując różne parametryzacje źródła oraz porównując przypadek zderzeń p-Pb ze zderzeniami p-p i Pb-Pb. Pokazano także jak rozmiary źródła cząstek zależą od pędu poprzecznego skorelowanych cząstek i krotności cząstek produkowanych. Wyniki analizy porównano z przewidywaniami modeli teoretycznych.

W przypadku korelacji cząstek nieidentycznych femtoskopowe korelacje pozwalają określić nie tylko rozmiar i czas życia źródła cząstek, lecz również stwierdzić, które z cząstek emitowane są – średnio rzecz biorąc – wcześniej, a które później. To jest właśnie kwestia podjęta w pracy H4, w której pokazano, że piony są emitowane z opóźnieniem w stosunku do kaonów, co zgodne jest z przewidywaniami hydrodynamicznych modeli zderzeń relatywistycznych jonów.

Praca H5 wykorzystuje jeszcze jedną możliwość, jaką stwarza analiza femtoskopowych korelacji. Określenie czasoprzestrzennych rozmiarów źródła wymaga znajomości oddziaływania cząstek, których korelacje są badane. Jeśli oddziaływanie jest zdominowane przez siły coulombowskie, tak jak w przypadku korelacji pion-pion, pion-kaon lub kaon-kaon to wystarczy uwzględnić dobrze znane oddziaływanie elektromagnetyczne. Sprawa się komplikuje, jeśli mamy do czynienia z cząstkami podlegającymi oddziaływaniom silnym. Taki właśnie przypadek korelacji kaon-proton był badany w pracy H5. Wykorzystując informację o wielkości źródeł protonów i kaonów z korelacji, odpowiednio, proton-proton i kaon-kaon, problem niejako odwrócono – femtoskopowe korelacje wykorzystano nie do określenia rozmiaru źródła cząstek, lecz do wyznaczenia parametrów oddziaływania kaon-proton. Uzyskane w ten sposób częściowo rzeczywista i częściowo urojona długości rozpraszania układu kaon-proton okazały się zgodne z przewidywaniami teoretycznymi, a także wynikami eksperymentów dotyczących niskoenergetycznego rozpraszania kaonów na protonach. Ten wynik, choć oczekiwany, jest niezmiernie ważny, gdyż dowodzi poprawności femtoskopowej metody wyznaczenia parametrów oddziaływania cząstek. Uwiarygodnia więc pomiary tych parametrów w przypadku cząstek, takich jak np. układu antyproton i hyperon lambda, kiedy nie możemy wykonać zwykłego eksperymentu rozproszeniowego, a femtoskopia dostarcza jedynej dostępnej metody.

¹ Według bazy inSPIRE z 2 kwietnia 2024 roku.

Publikacje H6, H7 i H8 dotyczą zagadnienia pokrewnego femtoskopii, lecz istotnie odmiennego, a mianowicie korelacji dwucząstkowych mierzonych w przestrzeni kąta azymutalnego i pseudorapidity. Rozumiem, że zagadnienie to jest szczególnie bliskie doktor Janik, gdyż było ono tematem jej rozprawy doktorskiej.

Publikacja H7 to wieloautorska praca powstała w ramach współpracy ALICE. Przedstawia ona korelacje dwóch cząstek produkowanych w zderzeniach p-p przy energii 7 TeV. Co ważne, cząstki są zidentyfikowane, więc badane są pary pionów identycznych i pionów o przeciwnych ładunkach, podobnie analizowane są kaony, protony i hiperony lambda. Dwucząstkowe rozkłady prezentowane są na trójwymiarowym diagramie w funkcji różnicy kąta azymutalnego dwóch cząstek oraz różnicy ich pseudorapidity. Diagramy wykazują bogatą strukturę, która istotnie zależy od rodzaju rozważanych cząstek, szczególnie zaś tego, czy rozważana jest para mezonów czy barionów. Teoretyczne modele typu Monte Carlo dosyć dobrze odtwarzają strukturę korelacji, poza przypadkiem korelacji barion-barion lub antybarion-antybarion. Na tym przypadku autorzy się koncentrują i głównie temu przypadkowi jest poświęcona kolejna praca ocenianego cyklu.

W publikacji H7 autorstwa Łukasza Graczykowskiego i Małgorzaty Janik analizowano jak korelacje femtoskopowe wpływają na korelacje proton-proton mierzone w przestrzeni kąta azymutalnego i pseudorapidity, a przedstawione w pracy H6. W tym celu rozwinięto metodę przeliczania jednych korelacji na drugie. Okazało się, że korelacje femtoskopowe odpowiadają w dużej mierze za zagadkowe struktury zaobserwowane w korelacjach proton-proton mierzonych w przestrzeni kąta azymutalnego i pseudorapidity. Uważam to za cenny i oryginalny wynik.

Podobny charakter do H7 ma krótka publikacja H8 autorstwa Łukasza Graczykowskiego, Małgorzaty Janik i Adama Kisiela, w której analizowano – z pomocą specjalnie sformułowanego modelu – wpływ praw zachowania na dwucząstkowe korelacje mierzone w przestrzeni kąta azymutalnego i pseudorapidity.

Publikacje H9 i H10, powstałe w ramach współpracy ALICE, dotyczą korelacji w kącie azymutalnym mezonów zawierających kwark powabny z innymi hadronami. Pokazano, że – zgodnie z teoretycznymi oczekiwaniami – występuje pozytywna korelacja zarówno wtedy, gdy hadron ma pęd skierowany w tym samym kierunku, co mezon powabny, jak i wtedy gdy pędy są przeciwne. Okazało się przy tym, że korelacje są takie same w przypadku zderzeń p-p i p-Pb. Potwierdza to teoretyczne domniemanie, że produkcja mezonów powabnych następuje we wstępnej fazie zderzenia.

Ostatnia publikacja cyklu, czyli H11, która również powstała w ramach współpracy ALICE, dotyczy produkcji deuteronów stowarzyszonej z dżetem, czyli skolimowanym strumieniem hadronów powstałym w efekcie twardego oddziaływania partonów pochodzących ze zderzających się protonów. Ciekawym, a nieoczekiwanym wynikiem jest większa produkcja deuteronów w środowisku dżetu niż poza nim. Dojście do takiej konkluzji wymagało rozwinięcia metody pozwalającej oddzielić hadrony należące do dżetu od tych nienależących. Dodam, że badania przedstawione w publikacji H11 zostały rozwinięte w kolejnych pracach współpracy ALICE, co było też impulsem do mojej własnej działalności naukowej.

Podsumowanie oceny osiągnięcia

Prace tworzące cykl dotyczą bardzo aktualnych, żywo dyskutowanych kwestii o dużym potencjale poznawczym. Zaprezentowano ważne i ciekawe wyniki fizyczne, w których uzyskanie habilitantka wniosła kluczowy wkład. Przedstawiony do oceny zbiór publikacji, stanowiący osiągnięcie naukowe, oceniam bardzo wysoko.

Godny podkreślenia jest zróżnicowany charakter prac należących do cyklu. Są tutaj dwa artykuły przeglądowe, prace powstałe w ramach wielkiej międzynarodowej współpracy, a także dwa artykuły przygotowane przez dwu- i trzyosobowy zespół. Wskazuje to wszechstronność habilitantki i gotowość do podejmowania różnych zadań.

Wypada mi dodać, że dorobek naukowy dr Małgorzaty Janik jest mi znany nie tylko z materiałów składających się na wniosek habilitacyjny, lecz również z jej wystąpień na rozlicznych konferencjach, w których uczestniczyłem, a także bezpośrednich rozmów. Zawsze wynosiłem bardzo pozytywne wrażenie z tych kontaktów.

Pozostały dorobek naukowy, organizacyjny i dydaktyczny

Dr Małgorzata Janik jest niezwykle aktywnym uczestnikiem współpracy ALICE od 2009 roku, pełniąc różne funkcje i role. Jest również uczestnikiem współpracy AEGIS, której celem jest badanie zachowania materii i antymaterii w polu grawitacyjnym. Dr Janik występowała na wielu konferencjach z zaproszonymi wykładami, kierowała realizacją projektu SONATA finansowanego przez MCN, a również kilkoma projektami finansowanym w ramach Politechniki Warszawskiej. Była wykonawcą wielu różnych projektów. Recenzowała również artykuły przesyłane do różnych czasopism.

Jak wynika z autoreferatu, dr Janik prowadziła rozliczne zajęcia dydaktyczne, najczęściej informatyczne, na Politechnice Warszawskiej. Opiekowała się licznym studentami, przygotowującymi prace inżynierskie i magisterskie, jest promotorem pomocniczym dwóch doktorantów.

Dr Janik zaangażowana była w organizację konferencji, warsztatów, kursów, a także w przedsięwzięcia popularyzujące fizykę.

Podsumowanie

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe jak również pozostały dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny doktor Małgorzaty Janik wypadają bardzo dobrze, spełniając formalne i zwyczajowe wymogi stawiane habilitantom. Wnoszę tedy o nadanie jej stopnia doktora habilitowanego.

