

Autoreferat

Jacek Otwinowski

Lipiec 2018

1 Dane osobowe

Imię i nazwisko: Jacek Otwinowski

Adres: ul. Poznańska 10/69, 30-012 Kraków, Polska

2 Posiadane dyplomy i tytuły naukowe

Dyplom magistra nauk fizycznych

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Wydział Fizyki, 1997

Tytuł pracy magisterskiej: "Detektor kaskadowy dla eksperymentu HADES"

Promotor: Prof. dr hab. Reinhard Kulesa

Dyplom doktora nauk fizycznych

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Wydział Fizyki, 2004

Tytuł rozprawy doktorskiej: "Pomiar widm par e^+e^- wyprodukowanych w zderzeniach $^{12}\text{C}+^{12}\text{C}$ przy energii $E_{\text{kin}} \leq 2$ AGeV przy użyciu spektrometru HADES"

Promotor: Prof. dr hab. Reinhard Kulesa

Recenzenci: Prof. dr hab. Tomasz Matulewicz, dr hab. Jerzy Smyrski

3 Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

2015-obecnie Adiunkt, Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN, Kraków, Polska.

2015 Pracownik naukowy, CERN, Genewa, Szwajcaria

2014-2015 Adiunkt, Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego PAN, Kraków, Polska.

2007-2014 Pracownik naukowy, GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, Darmstadt, Niemcy.

2004-2007 Asystent, Uniwersytet Jagielloński, Instytut Fizyki, Kraków, Polska.

2003-2004 Asystent, Justus-Liebig Universität, Giessen, Niemcy.

1998-2003 Doktorant, Uniwersytet Jagielloński, Instytut Fizyki, Kraków, Polska.

1997-1998 Asystent, Uniwersytet Jagielloński, Instytut Fizyki, Kraków, Polska.

4 Przebieg kariery naukowej i główne osiągnięcia

Po obronie pracy magisterskiej odbyłem roczny staż w Instytucie Fizyki UJ. W tym czasie zaimplementowałem symulacje detektora kaskady elektromagnetycznej PRESHOWER [1] dla spektrometru HADES [2] w laboratorium GSI, w programie GEANT3 służącym do transportu cząstek przez materiał detektora w zadanym polu magnetycznym. Praca ta polegała na zbudowaniu wirtualnego detektora zgodnego z planem konstrukcyjnym i implementacji algorytmu do symulacji sygnałów pozostawionych przez przechodzące cząstki. Praca ta stała się częścią pakietu do symulacji odpowiedzi detektora PRESHOWER eksperymentu HADES.

W trakcie studiów doktoranckich w Instytucie Fizyki UJ kontynuowałem prace w grupie detektora PRESHOWER. W pierwszych latach studiów zajmowałem się budową detektora, pomagając przy montażu komór odczytu, oraz rozwojem algorytmów do rekonstrukcji sygnałów odpowiedzi detektora

na przechodzące cząstki, w celu odróżnienia elektronów od hadronów. Zaimplementowałem również program do szybkich symulacji dla spektrometru HADES wykorzystujący parametryzację odpowiedzi detektora na przechodzące cząstki, w celu szybkiego szacowania liczby interesujących przypadków (par e^+e^- z rozpadów lekkich mezonów wektorowych ρ^0 , ω i ϕ) produkowanych w reakcjach hadronów oraz jąder atomowych. Program ten wykorzystany został do przygotowania szeregu propozycji pomiarów eksperymentu HADES na zderzaczu SIS w laboratorium GSI.

W 2001 roku wziąłem udział w przygotowaniach do pomiarów testowych eksperymentu HADES. W trakcie przygotowań zajmowałem się testami detektora PRESHOWER, wykorzystując promieniowanie kosmiczne. Rozwinąłem i przetestowałem procedury do kalibracji, rekonstrukcji sygnałów oraz kontroli jakości danych. Po zebraniu testowych danych w listopadzie 2001 roku, C+C przy energii 2 AGeV, przeprowadziłem ich analizę, a wyniki opublikowałem w pracy doktorskiej. Była to pierwsza analiza par e^+e^- z pomiarów przy użyciu spektrometru HADES i stała się cennym źródłem informacji dla kolaboracji HADES.

W latach 2003-2004 przebywałem na stażu w Justus-Liebig Universität, Gießen, Niemcy. W tym czasie uczestniczyłem w analizie danych z pomiarów par e^+e^- wyprodukowanych w zderzeniach C+C przy energii 2 AGeV, które odbyły się pod koniec 2002 roku. Wyniki analizy pokazały [3], że występuje nadwyżka produkcji par e^+e^- w obszarze niskiej masy niezmienniczej $0.15 < M_{e^+e^-} < 0.5$ GeV/c w stosunku do par pochodzących ze znanych źródeł produkcji (rozpadów Dalitza mezonów η oraz barionów Δ) w zderzeniach p+p. W trakcie pobytu w Gießen brałem również udział w przygotowaniach spektrometru HADES do pomiarów p+p przy energii 2.2 AGeV (luty 2004) oraz C+C przy energii 1 AGeV (sierpień 2004). Do moich zadań należało przygotowanie oprogramowania do kalibracji i kontroli jakości danych. W tym czasie rozwinąłem pakiet do kontroli jakości danych dla detektora PRESHOWER dodając funkcjonalność pozwalającą na automatyczne ostrzeżenie o problemach w danych.

W latach 2004-2007 pracowałem na stanowisku asystenta w Zakładzie Fizyki Jądrowej w Instytucie Fizyki UJ kontynuując pracę w eksperymencie HADES oraz projektując nowy eksperyment PANDA na zderzaczu p \bar{p} w laboratorium FAIR w Darmstadt. W tym czasie byłem wykonawcą dwóch grantów KBN 1P03B 056 29 (HADES) oraz EU Hadron Physics-I3HP, RII3-

CT-2004-506078 (PANDA).

W ramach pierwszego grantu zrealizowałem cykl pomiarów par e^+e^- w zderzeniach p+p, d+p, oraz Ar+KCl przy energii 1–2 AGeV. Porównując produkcję par e^+e^- w zderzeniach C+C przy energii 1 AGeV [4] do par wyprodukowanych w zderzeniach p+p oraz d+p przy tej samej energii zderzenia, pokazaliśmy [5], że nadwyżka par e^+e^- w obszarze niskiej masy niezmienniczej $0.15 < M_{e^+e^-} < 0.5$ GeV/c, zaobserwowana w zderzeniach C+C, pochodzi od zwiększonej produkcji tych par w reakcjach n+p z bardzo małym wkładem z innych źródeł. W ten sposób wykluczaliśmy modyfikację masy niezmienniczej mezonów wektorowych związaną z odtwarzaniem symetrii chiralnej w materii jądrowej [6] produkowanej w zderzeniach C+C.

W ramach drugiego grantu projektowałem nowatorski system wyzwalań danych dla eksperymentu PANDA, który jest obecnie w fazie budowy. Program eksperymentalny kolaboracji PANDA wymaga systemu wyzwalań danych, który będzie w stanie pracować przy intensywności 10^7 zdarzeń na sekundę, z krótkim czasem odpowiedzi dla różnych topologii zdarzeń w kanale wyjściowym. Do modelowania tego systemu wykorzystałem platformę SystemC, służącą do symulacji zdarzeń dyskretnych (w określonych przedziałach czasowych). Kompletny projekt systemu [7] został zaakceptowany przez kolaborację PANDA do realizacji.

W latach 2007–2014 pracowałem jako pracownik naukowy w laboratorium GSI w Darmstadt w Niemczech, w grupie detektora projekcji czasowej (TPC) eksperymentu ALICE. W latach 2009-2013 brałem aktywny udział we wszystkich pomiarach ALICE w zderzeniach p+p, p+Pb i Pb+Pb na zderzaczu LHC.

Detektor TPC jest największym tego typu detektorem (0.55×10^6 kanałów odczytu, $V \approx 100$ m³) na świecie przeznaczonym do śledzenia trajektorii cząstek naładowanych oraz do ich identyfikacji. Ze względu na konstrukcję (beczka wypełniona gazem) jego parametry pracy zmieniają się w czasie co wymaga odpowiednich procedur kalibracyjnych i kontroli jakości danych. W latach 2008-2010 zaimplementowałem pakiet do kontroli jakości danych z detektora TPC oraz algorytm do kalibracji wzmocnienia ładunkowego komór odczytu przy użyciu radioaktywnego źródła $^{83}\text{Kr}^*$. W tym czasie zautomatyzowałem algorytmy do kalibracji wzmocnienia oraz czasu dryfu, aby możliwa była precyzyjna kalibracja detektora w krótkich odstępach czasowych. Dzięki takiej kalibracji osiągnęliśmy bardzo dobre parametry odpowiedzi detektora (rozdzielczość strat energii $\sigma(dE/dx) \approx 5\%$ dla minimum jonizujących

cząstek, rozdzielczość pędu transversalnego $\sigma(p_T)/p_T \approx 5\%$ dla cząstek o $p_T = 50$ GeV/c [8] zbliżone do optymalnych wartości. W latach 2011–2012 byłem koordynatorem grupy kalibracji i rekonstrukcji detektora TPC, nadzorując działanie procedur kalibracyjnych oraz reprezentując grupę w kolaboracji ALICE.

W trakcie pracy w GSI przeprowadziłem również pierwsze pomiary widm pędu poprzecznego (p_T) w zderzeniach p+p, p+Pb i Pb+Pb przy energii $\sqrt{s_{NN}} = 0.9, 2.76$ i 5.02 TeV dostępnych na LHC [9–15]. Wyniki analizy zderzeń p+p [9, 10] stały się cennym źródłem informacji dla rozwoju modeli zderzeń p+p takich jak PYTHIA czy PHOJET. Ponadto, widma cząstek zmierzone przy wysokich p_T wykorzystane zostały do weryfikacji obliczeń wykorzystujących perturbacyjne metody QCD [10]. Widma p_T zmierzone w zderzeniach p+p zostały również użyte dla pomiarów czynników modyfikacji jądrowej (R_{AA}) dla widm p_T w zderzeniach ciężkich jonów.

Pod koniec 2010 roku kolaboracja ALICE zebrała pierwsze dane ze zderzeń Pb+Pb przy energii $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV. Koordynowałem analizę widm p_T dla naładowanych cząstek zmierzonych w zderzeniach Pb+Pb oraz analizę porównawczą do widm zmierzonych w p+p (czynniki modyfikacji R_{AA}). Była to pierwsza analiza widm Pb+Pb z pomiarów na zderzaczu LHC, która pokazała, że produkcja wysokopędowych cząstek ($p_T > 6$ GeV/c) w zderzeniach Pb+Pb jest silnie tłumiona (czynnik 2–5 dla centralnych zderzeń Pb+Pb) w stosunku do produkcji w zderzeniach p+p przeskalowanych przez średnią liczbę binarnych zderzeń nukleon-nukleon ($\langle N_{coll} \rangle$) dla danej centralności zderzeń Pb+Pb [14, 15]. Analiza widm cząstek naładowanych w zderzeniach p+Pb przy energii $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV [11–13] zebranych w latach 2012–2013 pokazała, że silne tłumienie produkcji cząstek przy dużych p_T w zderzeniach Pb+Pb nie jest spowodowane modyfikacją rozkładu partonów w jądrach atomowych. Był to pierwszy pomiar czynników modyfikacji jądrowej dla zderzeń p+Pb na LHC.

Uczestniczyłem również w analizie widm p_T dla naładowanych pionów, kaonów i protonów przy wysokich pędach w zderzeniach p+p i Pb+Pb [16], oraz w pierwszej analizie widm p_T mezonów D zawierających ciężki kwark c wyprodukowanych w zderzeniach Pb+Pb przy energii $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV [17]. Analizy widm lekkich hadronów i mezonów D pokazały, że ich produkcja przy dużym p_T jest silnie tłumiona w plazmie kwarkowo-gluonowej (czynnik 2–5 dla centralnych zderzeń Pb+Pb), oraz że tłumienie produkcji mezonów D jest porównywalne do tłumienia hadronów zawierających tylko lekkie kwarki (u, d), co wyklucza modele przewidujące silną zależność strat energii partonu

od jego masy i ładunku kolorowego. Należy podkreślić, że był to pierwszy pomiar mezonów D w zderzeniach ciężkich jonów. Ponadto, tłumienie produkcji lekkich hadronów przy dużych pędach ($p_T > 8 \text{ GeV}/c$) jest takie samo dla wszystkich hadronów, wskazując, że funkcja fragmentacji partonów przy dużych pędach nie ulega modyfikacji w zderzeniach ciężkich jonów w porównaniu do tej w zderzeniach protonów.

Doświadczenie w analizie pojedynczych cząstek naładowanych wykorzystałem w analizie widm p_T dżetów cząstek naładowanych w zderzeniach Pb+Pb przy energii $\sqrt{s_{NN}} = 2.76 \text{ TeV}$ [18]. Tak jak w przypadku pojedynczych cząstek, produkcja dżetów jest silnie tłumiona (czynnik około 2) dla pędów dżetów $20 < p_T < 90 \text{ GeV}/c$, a tłumienie słabo zależy od ich funkcji fragmentacji.

W czasie pobytu w GSI, badałem również zależność średniej wartości pędu transwersalnego ($\langle p_T \rangle$) od krotności cząstek naładowanych (N_{ch}) w zderzeniach p+p, p+Pb and Pb+Pb na LHC [19]. Zaobserwowaliśmy, że w zderzeniach p+p i p+Pb, występuje duży wzrost wartości $\langle p_T \rangle$ ze wzrostem N_{ch} , który jest znacznie większy od wzrostu zmierzonego w Pb+Pb. Pokazaliśmy, że w zderzeniach p+p ten wzrost można opisać w modelach w których występuje wielokrotne oddziaływanie partonów oraz mechanizm łączenia strun w procesie hadronizacji. Natomiast wzrostu $\langle p_T \rangle$ w funkcji N_{ch} w zderzeniach p+Pb i Pb+Pb nie można opisać przez superpozycję niezależnych zderzeń nukleon-nukleon; wszystkie rozważane w tym czasie modele produkcji cząstek (EPOS, HIJING, DPMJET, AMPT) nie były w stanie opisać danych eksperymentalnych.

Od 2014-go roku pracuję w IFJ PAN jako adiunkt w Zakładzie Ultrarelatywistycznej Fizyki Jądrowej i Oddziaływań Hadronów. Moja aktywność koncentruje się wokół eksperymentu ALICE. Uczestniczę w projektowaniu systemu do kontroli danych dla eksperymentu ALICE do pomiarów na LHC w latach 2021-2028. Pierwszy prototyp systemu został zaimplementowany [20] i jest obecnie w fazie intensywnych testów. Obecnie koordynuję rozwój narzędzi do badania jakości danych dla całego eksperymentu ALICE.

W 2015 roku pracowałem przez około 4 miesiące w laboratorium CERN jako pracownik naukowy (ang. corresponding associate). W tym czasie przygotowywałem szereg symulacji zderzeń p+p i Pb+Pb przy energii $\sqrt{s_{NN}} = 5.02 \text{ TeV}$ dla eksperymentu ALICE w celu oszacowania liczby interesujących przypadków dla zadanego zakresu pędowego. W tym czasie prowadziłem również analizę widm p_T dla cząstek naładowanych produkowanych w zderze-

niach p+p przy energii $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 13$ TeV, której wyniki opublikowane zostały w [21]. Widma p_{T} zmierzone dla różnych przedziałów krotności cząstek produkowanych w zderzeniach p+p, zostały użyte do weryfikacji generatorów produkcji cząstek PYTHIA i EPOS. Prezentowane modele nie były w stanie opisać kształtu widm p_{T} zmierzonych dla różnych krotności cząstek.

Pod koniec 2015 roku kolaboracja zebrała pierwsze dane ze zderzeń p+p i Pb+Pb przy energii $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$ TeV. Koordynowałem analizę widm p_{T} i czynników modyfikacji R_{AA} dla tych danych, której wyniki opublikowane zostały w [22]. Pokazaliśmy, że produkcja wysokopędowych cząstek naładowanych jest silnie tłumiona, a wielkość tego tłumienia jest zbliżona do tej przy niższej energii $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$ TeV. Z porównania do modleowych obliczeń start energii partonu wynika, że starty energii są większe w plazmie kwarkowo-gluonowej wyprodukowanej w zderzeniach przy wyższej energii. Te dane, pozwoliły również na porównanie produkcji cząstek w zderzeniach p+p, p+Pb i Pb+Pb przy tej samej energii $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$ TeV, po raz pierwszy przy pomocy detektora ALICE na LHC. Wyniki potwierdziły wcześniejsze obserwacje, że silne tłumienie produkcji cząstek przy dużych pędach nie jest związane z rozkładem partonów w stanie początkowym, a jest spowodowane oddziaływaniem z gęstą i gorącą materią jądrową (plazmą kwarkowo-gluonową) produkowaną w zderzeniach Pb+Pb.

Uczestniczyłem również w analizie widm p_{T} i czynników modyfikacji jądrowej dla naładowanych pionów, kaonów i protonów w zderzeniach Pb+Pb przy energii $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$ TeV [23], oraz w zderzeniach p+Pb przy energii $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$ TeV [24]. Wyniki analizy zderzeń Pb+Pb pozwoliły na ilościowe badanie zmiany tłumienia lekkich hadronów w funkcji centralności, co dostarczyło dodatkowych więzów dla obliczeń modelowych strat energii partonu w plazmie kwarkowo-gluonowej. Analiza zderzeń p+Pb potwierdziła, że silne tłumienie wysokoenergetycznych cząstek w zderzeniach ciężkich jonów nie ma związku z modyfikacją rozkładów partonów w stanie początkowym. Podobne wnioski można wyciągnąć z analizy dżetów zrekonstruowanych z naładowanych cząstek w zderzeniach p+Pb przy energii $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$ TeV [25], w której również uczestniczyłem.

5 Plany na przyszłość

Zamierzam kontynuować badania materii jądrowej produkowanej w zderzeniach hadronów i jąder atomowych na zderzaczu LHC. Moje plany obejmują badanie plazmy kwarkowo-gluonowej przy pomocy nisko- i wysokoenergetycznych cząstek oraz dżetów, używając nowych metod analizy danych bazujących na uczeniu maszynowym. Metody uczenia maszynowego będą aplikowane na różnych poziomach przetwarzania danych począwszy od badania jakości danych, poprzez identyfikację cząstek, aż do rozpoznawania topologii przypadków. W tych badaniach wykorzystana zostanie pełna zmierzona informacja o każdym ze zdarzeń. Badania te będą prowadzone wspólnie z naukowcami z innych dziedzin, zajmującymi się uczeniem maszynowym, inteligencją obliczeniową czy analizą dużych zbiorów danych.

Będę również rozwijał system do kontroli jakości danych dla eksperymentu ALICE do pomiarów w latach 2021-2028. Jest to złożony system składający się z wielu komponentów, których zadaniem będzie gromadzenie danych, rozproszona analiza, agregacja przeanalizowanych danych, wykrywanie anomalii i wizualizacja. Te zadania będą wykonywane online w krótkim czasie, co wymaga optymalizacji algorytmów oraz formatu danych. Tak jak w przypadku analizy danych, zadania te wymagają ścisłej współpracy fizyków i informatyków.

Poza tym, chcę się szczerzej włączyć w działalność dydaktyczną. Planuję aktywny udział w letnich praktykach studenckich organizowanych w IFJ PAN, festiwalach nauki, oraz prowadząc wykłady dla magistrantów i doktorantów na wydziałach fizyki i informatyki. Szczególnie zależy mi na dalszym zacieśnianiu współpracy z naukowcami z wydziałów informatyki.

6 Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)

6.1 Tytuł osiągnięcia naukowego

Jacek Otwinowski, "Study of the Quark-Gluon Plasma with Hard Probes at the LHC", Monografia wydana nakładem Instytutu Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk, Kraków 2018, ISBN 978-83-63542-01-6.

Lista publikacji użytych w monografii, wraz z liczbą cytowań według bazy Web Of Science i zaznaczonym wkładem autora:

1. K. Aamodt et al. Transverse momentum spectra of charged particles in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 900$ GeV with ALICE at the LHC, *Phys. Lett.*, B693:53–68, 2010. (118 cytowań)

Przygotowanie symulacji Monte Carlo detektora, wszystkie etapy analizy danych (selekcja zdarzeń i trajektorii cząstek, korekcja efektów detektorowych, estymacja błędów systematycznych), przygotowanie publikacji (wkład około 70%).

2. K. Aamodt et al. Suppression of Charged Particle Production at Large Transverse Momentum in Central Pb-Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV, *Phys. Lett.*, B696:30–39, 2011. (378 cytowań)

Przygotowanie symulacji MC detektora, analiza danych (selekcja zdarzeń i trajektorii cząstek, korekcja efektów detektorowych, estymacja błędów systematycznych) (wkład około 30%).

3. B. Abelev et al. Suppression of high transverse momentum D mesons in central Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV, *JHEP*, 09:112, 2012. (111 cytowań)

Selekcja trajektorii cząstek naładowanych i estymacja błędów systematycznych związanych z rekonstrukcją trajektorii cząstek naładowanych (wkład około 15%).

4. B. Abelev et al. Transverse momentum distribution and nuclear modification factor of charged particles in p -Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV, *Phys. Rev. Lett.*, 110:082302, 2013. (124 cytowania)

Analiza zdarzeń p-Pb (korekcja efektów detektorowych i estymacja błędów systematycznych), przygotowanie publikacji (wkład około 20%).

5. B. Abelev et al. Centrality dependence of charged particle production at large transverse momentum in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV, *Phys. Lett.*, B720:52-62, 2013. (181 cytowań)

Koordynowanie wszystkich etapów analizy danych i przygotowywanie publikacji (wkład około 30%).

6. B. Abelev et al. Energy dependence of the transverse momentum distributions of charged particles in pp collisions measured by ALICE, *Eur. Phys. J.*, C73:2662, 2013. (45 cytowań)

Korekcja efektów detektorowych i estymacja błędów systematycznych, przygotowanie publikacji (wkład około 25%).

7. B. Abelev et al. Measurement of charged jet suppression in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV, *JHEP*, 1403:013, 2014. (112 cytowań)

Selekcja trajektorii cząstek naładowanych (włączenie trajektorii z niepełną informacją z detektorów trakujących), estymacja błędów systematycznych związanych z rekonstrukcją trajektorii cząstek naładowanych, wyznaczenie czynników modyfikacji R_{CP} cząstek naładowanych i porównanie do tych dla dżetów (wkład około 20%).

8. B. Abelev et al. Transverse momentum dependence of inclusive primary charged-particle production in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV, *Eur. J. Phys.*, C74:3054, 2014. (36 cytowań)

Korekcja efektów detektorowych i estymacja błędów systematycznych, przygotowanie publikacji (wkład około 25%).

9. B. B. Abelev et al. Production of charged pions, kaons and protons at large transverse momenta in pp and Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$ TeV, *Phys. Lett.*, B736:196–207, 2014. (103 cytowania)

Analiza widm p_{T} i estymacja błędów systematycznych związanych z rekonstrukcją trajektorii hadronów przy dużych pędach (wkład około 15%).

10. J. Adam et al. Centrality dependence of particle production in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$ TeV, *Phys. Rev.*, C91:064905, 2015. (55 cytowań)

Analiza czynników modyfikacji Q_{pPb} w funkcji p_{T} (wkład około 10%).

11. J. Adam et al. Measurement of charged jet production cross sections and nuclear modification in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$ TeV, *Phys. Lett.*, B749:68–81, 2015. (21 cytowań)

Estymacja błędów systematycznych związanych z rekonstrukcją trajektorii cząstek naładowanych, przygotowanie publikacji (wkład około 15%).

12. J. Adam et al. Centrality dependence of the nuclear modification factor of charged pions, kaons, and protons in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$ TeV, *Phys. Rev.*, C93:034913, 2016. (22 cytowania)

Analiza widm p_{T} i błędów systematycznych przy dużych pędach (wkład około 10%).

13. J. Adam et al. Multiplicity dependence of charged pion, kaon, and (anti)proton production at large transverse momentum in p-Pb Collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$ TeV, *Phys. Lett.*, B760:720–735, 2016. (18 cytowań)

Analiza widm p_{T} i estymacja błędów systematycznych związanych z rekonstrukcją trajektorii hadronów przy dużych pędach, przygotowanie publikacji (wkład około 20%).

14. S. Acharya et al. Transverse momentum spectra and nuclear modification factors of charged particles in pp, p-Pb and Pb-Pb collisions at the LHC, *arXiv:1802.09145*, wysłane do publikacji w JHEP.

Koordinowanie wszystkich etapów analizy danych i przygotowywanie publikacji (wkład około 25%).

6.2 Omówienie celu naukowego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Prace wymienione powyżej dotyczą badań eksperymentalnych w dziedzinie chromodynamiki kwantowej (QCD) przy pomocy detektora ALICE [26] na Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC) [27]. W 1973 roku, Politzer [28], Gross i Wilczek [29] pokazali, że chromodynamika kwantowa ma własności asymptotycznej swobody, tzn. że siła oddziaływania silnego pomiędzy kwarkami i gluonami zmniejsza się ze wzrostem energii oddziaływania. Wynika z tego, że przy małych odległościach kwarki zachowują się jak swobodne cząstki, natomiast oddziałują coraz silniej przy wzroście odległości między nimi. Swoboda asymptotyczna jest prawdopodobnie związana z tzw. uwięzieniem kwarków w hadronach, które jest jednym z najbardziej intrygujących zjawisk w fizyce wysokich energii.

Jedną z konsekwencji asymptotycznej swobody może być to, że przy dostatecznej wysokiej temperaturze czy gęstości materii jądrowej następuje przejście fazowe pomiędzy stanem materii w którym kwarki i gluony są silnie związane w hadronach, a stanem materii w którym kwarki i gluony zachowują się jak swobodne cząstki - plazmą kwarkowo-gluonową (QGP) [30–34]. Przypuszcza się, że materia w stanie plazmy kwarkowo-gluonowej mogła istnieć we wczesnym Wszechświecie, kilka mikrosekund po Wielkim Wybuchu. Taka plazma może również występować we wnętrzu gwiazd neutronowych, najbardziej gęstych obiektów we Wszechświecie.

Zderzenia ciężkich jonów na LHC pozwalają na studiowanie własności gorącej i gęstej materii jądrowej w unikatowym zakresie energii. W takich zderzeniach, początkowa gęstość energii i temperatura są dostatecznie wysokie, aby wyprodukować plazmę kwarkowo-gluonową, jak wynika z numerycznych obliczeń QCD na czterowymiarowej czasowo-przestrzennej siatce [35–38]. Obliczenia te przewidują stopniowe przejście pomiędzy stanem materii hydrodynamowej a plazmą kwarkowo-gluonową (nie jest to przejście fazowe pierwszego czy drugiego rodzaju) w temperaturze $T = 145\text{--}163$ MeV.

Głównym celem moich badań było określenie własności transportu pla-

zmy kwarkowo-gluonowej przy pomocy wysokoenergetycznych cząstek i dżetów cząstek (produktów fragmentacji partonów). Badania te polegają na określeniu zależności pomiędzy stratą energii partonu w plazmie kwarkowo-gluonowej, a jego energią, masą i ładunkiem kolorowym, poprzez precyzyjny pomiar produkcji wysokoenergetycznych pojedynczych cząstek i dżetów cząstek w zderzeniach p+p, p+Pb i Pb+Pb.

Wysokoenergetyczne partony (gluony, lekkie i ciężkie kwarki) produkowane są we wczesnych fazach zderzenia i mogą tracić energię w wyniku oddziaływania z plazmą poprzez procesy elastycznego (zderzeniowe straty energii) [39, 40] i nieelastycznego (radiacyjne straty energii) [41, 42] rozpraszania. Przypuszcza się, że ten mechanizm jest odpowiedzialny za zjawisko tłumienia produkcji wysokoenergetycznych dżetów oraz pojedynczych cząstek w zderzeniach ciężkich jonów [43, 44]. Modele teoretyczne przewidują, że straty energii partonu mogą zależeć od jego własności: energii, masy i ładunku kolorowego. Zakładając, że straty energii wysokoenergetycznych partonów zdominowane są przez emisję gluonów (radiacyjne straty energii) [45, 46], dżety z fragmentacji gluonów będą bardziej tłumione w porównaniu do dżetów z fragmentacji lekkich i ciężkich kwarków, ze względu na większe prawdopodobieństwo emisji gluonów (większy ładunek kolorowy). Jednocześnie, dżety z fragmentacji ciężkich kwarków mogą być mniej tłumione w porównaniu do dżetów z lekkich kwarków lub gluonów, ze względu na efekt *dead-cone* [47, 48], który redukuje emisję gluonów pod małymi kątami, szczególnie gdy pęd poprzeczny kwarku zbliżony jest do jego masy. W związku z powyższym można napisać, że radiacyjne straty energii partonu w plazmie kwarkowo-gluonowej opisuje nierówność $\Delta E_{\text{rad}}^g > \Delta E_{\text{rad}}^q > \Delta E_{\text{rad}}^c > \Delta E_{\text{rad}}^b$. Dla kwarków *c* i *b* produkowanych przy niższych energiach (przedział nie jest dobrze określony) zderzeniowe straty energii mogą również odgrywać istotną rolę [46].

Badalem również wpływ warunków początkowych na produkcję cząstek w zderzeniach ciężkich jonów, wykorzystując dane ze zderzeń p+Pb. Zgodnie z wynikami z głęboko-nieelastycznych zderzeń e+p [49], liczba gluonów w hadronach (przy małych wartościach Bjorken-*x*) gwałtownie rośnie z przekazem czteropędu czy energii zderzeń, co może prowadzić do zjawiska saturacji gluonów i powstania ultragęstego stanu materii tzw. kondensatu kolorowego szkła (ang. color glass condensate) [50, 51]. W tym modelu, wzrost liczby gluonów jest powstrzymywany przez proces ich rekombinacji ($gg \rightarrow g$) prowadzący do saturacji. Saturacja gluonów jest istotna w pomiarach przy małych pędach transwersalnych, ale istnieją również modele [52, 53], które przewidują modyfikację produkcji cząstek przy dużych pędach związaną z

tym zjawiskiem.

Straty energii partonów w plazmie tuż przed hadronizacją mogą wpływać na modyfikację produkcji wysokoenergetycznych cząstek, którą można badać ilościowo poprzez pomiar jądrowych czynników modyfikacji R_{AA} , dzieląc widma p_T dla cząstek wyprodukowanych w zderzeniach Pb+Pb przez widma p_T otrzymane w zderzeniach p+p, przeskalowane przez średnią liczbę zderzeń nukleon-nukleon $\langle N_{coll} \rangle$ dla danej centralności zderzenia Pb+Pb. Średnia wartość $\langle N_{coll} \rangle$ jest wyliczana w oparciu o model geometryczny Glaubera [54]. Przy braku modyfikacji produkcji cząstek w zderzeniach ciężkich jonów w stosunku do przeskalowanej produkcji w zderzeniach p+p, $R_{AA} = 1$.

Dla zderzeń p+Pb (bez selekcji centralności) $\langle N_{coll} \rangle = \sigma_{pA}/\sigma_{pp}$, gdzie σ_{pA} i σ_{pp} oznaczają nieelastyczne przekroje czynne zmierzone dla zderzeń p+Pb i p+p. Natomiast metoda wyznaczania centralności zderzeń p+Pb w oparciu o model Glaubera daje wyniki zależne od estymatora krotności cząstek użytego w tych obliczeniach [13], co może prowadzić do czynników modyfikacji (R_{pPb}) różnych od jedności, nawet w przypadku gdy nie występuje modyfikacja produkcji wysokoenergetycznych cząstek. Dlatego, dla rozróżnienia, czynniki modyfikacji jądrowej dla zderzeń p+Pb wyznaczone w przedziałach centralności oznaczono przez Q_{pPb} .

W latach 2010–2015 przeprowadziłem szereg pomiarów widm p_T i czynników modyfikacji jądrowej dla centralnych przedziałów pospieszności ($|\eta| < 0.9$), w zderzeniach p+p, p+Pb i Pb+Pb przy energii $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ i 5.02 TeV dla:

- cząstek naładowanych (inkluzywne pomiary), $0.15 < p_T < 50$ GeV/ c ,
- lekkich hadronów π^\pm , K^\pm , $p(\bar{p})$, $0.1 < p_T < 20$ GeV/ c ,
- mezonów D^0 (\bar{D}^0), D^\pm , $D^{*\pm}$, $2 < p_T < 16$ GeV/ c ,
- dżetów cząstek naładowanych, pęd dżetu $20 < p_T < 90$ GeV/ c .

Wyniki analiz pokazują, że produkcja wysokoenergetycznych cząstek naładowanych ($p_T > 6$ GeV/ c) jest silnie tłumiona w zderzeniach Pb+Pb, a wielkość tłumienia zależy od centralności zderzeń i p_T . W centralnych (0–5%) zderzeniach tłumienie jest największe, $R_{AA} = 0.13$ dla $p_T \approx 7$ GeV/ c , i stopniowo maleje dla wyższych p_T osiągając stałą wartość $R_{AA} \approx 0.4$ dla $p_T = 30$ – 50 GeV/ c . Wielkość tłumienia stopniowo maleje ze zmniejszaniem centralności zderzeń, osiągając $R_{AA} \approx 1$ dla peryferycznych (70–80%) zderzeń. Wyniki te zostały wykorzystane jako więzy w obliczeniach teoretycz-

nych [55] strat energii partonu w plazmie kwarkowo-gluonowej w celu wyznaczenia współczynnika transportu, $\hat{q} \equiv m_D^2/\lambda$, który definiuje własności rozpraszania tej plazmy, gdzie m_D jest masą Debye'a, a λ oznacza średnią drogę swobodną. Z obliczeń modelowych otrzymano $\hat{q} = 1.9 \pm 0.7 \text{ GeV}^2/\text{fm}$, dla najbardziej ekstremalnych warunków występujących w centralnych zderzeniach Pb+Pb przy temperaturze plazmy $T = 470 \text{ MeV}$ i dla początkowego czasu $\tau_0 = 0.6 \text{ fm}/c$ (uważa się, że jest to czas po którym osiągany jest stan termalizacji w takim układzie).

Podobne wartości R_{AA} w funkcji p_T zostały zmierzone dla cząstek naładowanych przy energii $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ i 5.02 TeV . Biorąc pod uwagę, że widma p_T cząstek naładowanych zmierzone przy $\sqrt{s_{NN}} = 5.02 \text{ TeV}$ są bardziej płaskie w obszarze wykładniczego opadania od tych przy $\sqrt{s_{NN}} = 2.76 \text{ TeV}$, oraz że gęstość energii (materii) jest około 20% wyższa niż ta przy niższej energii [56], można powiedzieć, że straty energii partonu są większe w plazmie produkowanej w zderzeniach Pb+Pb przy wyższej energii.

Tłumienie naładowanych pionów, kaonów i protonów jest takie samo dla $p_T > 8 \text{ GeV}/c$ niezależnie od przedziału centralności zderzeń Pb+Pb i pokrywa się z tym dla cząstek naładowanych. Ponadto, stosunek K/π i p/π zmierzony w funkcji p_T jest taki sam w zderzeniach p+p i Pb+Pb. Wynika z tego, że funkcja fragmentacji przy wysokich pędach nie ulega modyfikacji w materii jądrowej wyprodukowanej w zderzeniach Pb+Pb.

Obserwuje się takie samo tłumienie dla lekkich hadronów i mezonów D dla $p_T > 8 \text{ GeV}/c$. Natomiast, porównanie tłumienia mezonów D z tłumieniem mezonów J/ψ pochodzących z rozpadów mezonów B zawierających kwak b [57, 58] pokazuje, że tłumienie mezonów D jest większe przy dużych pędach ($p_T > 8 \text{ GeV}/c$), co może wskazywać na większe straty energii kwarków c od tych dla kwarków b . Po to aby jednoznacznie stwierdzić czy straty energii partonu w plazmie zależą od jego masy, bardziej precyzyjne pomiary mezonów D i J/ψ (z rozpadów mezonów B) są konieczne.

Przy niższych pędach ($p_T < 8 \text{ GeV}/c$), tłumienie mezonów D jest nieznacznie mniejsze od tego dla pionów. Jednak w tym obszarze pędowym inne efekty związane z pływem i mechanizmami produkcji cząstek przez rekombinację mogą wpływać na produkcję cząstek przy niskich i pośrednich pędach. Wyniki tych pomiarów przyczynią się do rozwoju modeli produkcji cząstek w tym obszarze pędowym.

Pomiary czynników modyfikacji jądrowej dla dżetów naładowanych cząstek w zderzeniach Pb+Pb potwierdzają wyniki otrzymane dla pojedynczych cząstek. Produkcja dżetów jest silnie tłumiona w centralnych (0–10%) zde-

rzeniach Pb+Pb (czynnik około 2) i maleje dla peryferycznych zderzeń. Wielkość tłumienia jest stała w funkcji pędu dżetów w szerokim zakresie pędów $20 < p_T < 90 \text{ GeV}/c$. Tłumienie jest takie samo dla dwóch różnych parametrów rekonstrukcji dżetów ($R = \sqrt{\Delta\eta^2 + \Delta\phi^2}$), $R = 0.2$ i 0.3 , co oznacza, że energia dżetów jest wyemitowana przy większych R . Dodatkowo, zbadaliśmy że tłumienie praktycznie nie zależy od progu na p_T stawianego dla najbardziej energetycznego hadronu w dżecie ($> 5(10) \text{ GeV}/c$), co oznacza że tłumienie produkcji dżetów słabo zależy od ich funkcji fragmentacji.

Wyniki te są zgodne z tłumieniem dżetów zrekonstruowanych z cząstek naładowanych i neutralnych [59–61]. Kolaboracja CMS opublikowała również R_{AA} dla dżetów z fragmentacji kwarków b [62]. Wyniki pokazują, że produkcja tych dżetów dla $80 < p_T < 110 \text{ GeV}/c$ jest tak samo tłumiona jak w przypadku dżetów z fragmentacji lekkich partonów, co wyklucza silną zależność start energii partonu od jego ładunku kolorowego i masy. Pomiar dżetów z fragmentacji kwarków c i bardziej precyzyjny pomiar dżetów z fragmentacji kwarków b są konieczne w znalezieniu przyczyny dlaczego obserwujemy większe tłumienie dla mezonów D niż dla J/ψ (z rozpadów mezonów B), i w jednoznacznym określeniu zależności strat energii partonu od jego masy i ładunku kolorowego.

Pomiary czynników modyfikacji dla pojedynczych cząstek i dżetów w zderzeniach p+Pb pokazują, że nie występuje zmiana w ich produkcji ($R_{pPb} \approx 1$, $Q_{pPb} \approx 1$) przy wysokich pędach $p_T > 8 \text{ GeV}/c$ dla pojedynczych cząstek i dla $20 < p_T < 120 \text{ GeV}/c$ dla dżetów. Oznacza to, że modyfikacja rozkładu partonów w jądrach Pb nie wpływa na produkcję wysokoenergetycznych cząstek, a ich silne tłumienie w zderzeniach Pb+Pb jest związane z oddziaływaniem w plazmą produkowaną w tych zderzeniach.

Prezentowane wyniki stanowią istotny wkład w badaniach plazmy kwarkowo-gluonowej w unikatowym przedziale energii dostępnym na LHC. Obserwuje się silne tłumienie produkcji dżetów i pojedynczych cząstek przy wysokich pędach transversalnych w zderzeniach Pb+Pb w porównaniu do przeskalowanej produkcji w zderzeniach p+p. Z pomiarów zderzeń p+Pb wynika, że to tłumienie nie jest związane ze zmianą rozkładu partonów w stanie początkowym. Precyzja pomiarów osiągnięta dla cząstek naładowanych i lekkich hadronów pozwala na weryfikację modeli teoretycznych opisujących straty energii partonów w plazmie kwarkowo-gluonowej oraz przyczyni się do precyzyjnego wyznaczenia własności transportu plazmy kwarkowo-gluonowej. Wyniki tych pomiarów przyczynią się również do rozwoju modeli produkcji cząstek przy niższych pędach, gdzie efekty związane z pływem i mechanizma-

mi produkcji cząstek przez rekombinację odgrywają istotną rolę.

7 Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-dydaktycznych

7.1 Publikacje

W sumie jestem współautorem następującej liczby prac (według bazy Web of Science):

Liczba wszystkich publikacji: 208

Całkowita liczba cytowań: 9973

Liczba cytowań bez auto-cytowań: 8669

Index Hirsha: 55

Pełna lista publikacji jest załączona w osobnym dokumencie.

7.2 Działalność dydaktyczna

Pracując na Uniwersytecie Jagiellońskim, na Justus-Liebig Universität w Giessen, oraz w laboratorium GSI i IFJ PAN zdobyłem duże doświadczenie dydaktyczne. Prowadziłem zajęcia ze studentami, byłem promotorem prac licencjackich i magisterskich. Pomagałem również w przygotowaniu doktoratu.

Na uniwersytetach prowadziłem m.in.: ćwiczenia rachunkowe z mechaniki, elektryczności i magnetyzmu; pracownię fizyczną z mechaniki, optyki i termodynamiki; pracownią specjalistyczną ze statystycznych metod opracowania danych; pracownię komputerową LabView.

Byłem promotorem następujących prac licencjackich:

- Agnieszka Białek, "Kontrola jakości danych w eksperymencie ALICE", Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, 2015
- Bartosz Kurek, "Pomiar wysokoenergetycznych cząstek naładowanych w eksperymencie ALICE", Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, 2015

- Sebastian Bysiak, "Rozwój algorytmów do identyfikacji dżetów cząstek mierzonych przez eksperyment ALICE na LHC", Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, 2017

Byłem promotorem następujących prac magisterskich:

- Bartosz Kurek, "Rozwój algorytmów do kalibracji odpowiedzi komory projekcji czasowej w eksperymencie ALICE na LHC", AGH Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, 2016
- Patryk Lesiak, "Development of the data quality assurance and visualization system for the Time Projection Chamber in ALICE experiment at the LHC", Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, 2016

Byłem opiekunem pracy doktorskiej:

Michael Knichel, "Transverse momentum distributions of primary charged particles in pp, p-Pb and Pb-Pb collisions measured with ALICE at the LHC", Technische Universität Darmstadt, 2014

Obecnie jestem promotorem pracy magisterskiej:

Sebastian Bysiak, "Rozwój algorytmów do identyfikacji dżetów cząstek w pomiarach zderzeń proton-proton i ołów-ołów przy pomocy ALICE na LHC", Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej.

Seminaria:

- "Study of the quark-gluon plasma with ALICE at the LHC – Present and Future", Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, 7.10.2014
- "Study of the quark-gluon plasma with ALICE at the LHC – Present and Future", Instytut Fizyki Jądrowej PAN, 26.01.2015
- "Study of the quark-gluon plasma with hard probes by ALICE at the LHC", Instytut Fizyki Jądrowej PAN, 16.4.2015
- "ALICE Experiment at the LHC", Instytut Fizyki, Akademia Górniczo-Hutnicza, 4.5.2015

- "New results from ALICE", Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, 8.5.2017
- "Study of the Quark-Gluon Plasma with Hard Probes at the LHC", Instytut Fizyki Jądrowej PAN, 1.3.2018

8 Popularyzowanie nauki

Wykłady popularno-naukowe:

- "Pomiary zderzeń jądrowych przy największych energiach na LHC", Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, 6.05.2014
- "Pomiary zderzeń ciężkich jonów przy największych energiach przy pomocy ALICE na LHC", Politechnika Krakowska, Koło Naukowe Kwant, 27.05.2014
- "Pomiary zderzeń ciężkich jonów przy największych energiach przy pomocy ALICE na LHC", Akademia Górniczo-Hutnicza, Koło Naukowe Bozon, 3.06.2014
- "W świecie uwolnionych kwarków", Akademia Górniczo-Hutnicza, Koło Naukowe Bozon, 23.04.2015
- "W świecie uwolnionych kwarków", Politechnika Krakowska, Koło Naukowe Kwant, 28.04.2015
- "Extreme computing in the ALICE experiment", Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji, 24.04.2017
- "Extreme computing in the ALICE experiment", Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej, 27.04.2017

Aktywnie uczestniczę w letnich praktykach studenckich w IFJ PAN od 2014 roku. W tym czasie sprawowałem opiekę nad pięcioma studentami. Ponadto, regularnie uczestniczę w Małopolskiej Nocy Naukowców w IFJ PAN przeprowadzając videokonferencje z naukowcami z laboratorium CERN/Geneva dla eksperymentu ALICE.

Publikacja popularno-naukowa: "ALICE closes in on parton energy loss", CERN Courier, May 2018

9 Aktywność konferencyjna

9.1 Wystąpienia na konferencjach

Prezentuję swoją aktywność konferencyjną od 2009 roku (początek zbierania danych na LHC).

- "Energy and system dependence of light- and heavy-flavor hadron production in pp, p-Pb, Xe-Xe and Pb-Pb collisions at the LHC" MESON 2018, 7-12 June 2018, Kraków, Poland
- "Unidentified and identified hadron production in Pb-Pb collisions at the LHC with ALICE", EPS-HEP2017, 5-12 July 2017, Venice, Italy
- "Study of Matter at Extreme Conditions with ALICE", "Collider Physics" 2nd Symposium of the Division for Physics of Fundamental Interactions of the Polish Physical Society 13-15 May 2016, Katowice, Poland
- "Transverse momentum spectra of single particles and jets in p-Pb collisions from ALICE at the LHC", EPS-HEP2015, 22-29 July 2015, Vienna, Austria
- "ALICE Overview", 11-th Polish Workshop on Relativistic Heavy-Ion Collisions 17-18 January 2015, Warsaw, Poland
- "Transverse momentum spectra of light-flavor hadrons measured with ALICE in pp, p-Pb and Pb-Pb collisions at the LHC", MPI @ LHC 2014, 3-7 November 2014, Kraków, Poland
- "Transverse momentum distributions of charged particles and identified hadrons in p-Pb collisions at the LHC", PANIC 2014, 25-29 August 2014, Hamburg, Germany
- "Heavy-flavor hadron measurement with ALICE", X Polish Workshop on Relativistic Heavy-Ion Collisions, 13-15 December 2013, Kielce, Poland
- "ALICE results on the production of light-flavor hadrons at the LHC", Hard Probes 2013, 4-8 November 2013, Cape Town, South Africa

- "Study of the Quark-Gluon Plasma at the LHC", Konwersatorium, The Polish Physical Society (PTF), Jagiellonian University, 9 May 2013, Krakow, Poland
- " R_{AA} and R_{pPb} measurements with ALICE", 2nd Workshop on QCD and Diffraction at the LHC, Institute of Nuclear Physics PAN, 26–28 November 2012, Krakow, Poland
- "High- p_T processes measured with ALICE", Xth Quark Confinement and the Hadron Spectrum, 8–12 October 2012, Munich, Germany
- "ALICE Status Report", 108th LHCC Meeting - Open Session, 7 December 2011, CERN, Geneva, Switzerland
- "High- p_T processes measured with ALICE" Strangeness in Quark Matter, 18–24 September 2011, Krakow, Poland
- "Charged Particle Production at Large Transverse Momentum in Pb–Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}}=2.76$ TeV Measured with ALICE at the LHC", Quark Matter, 21–29 May 2011, Annecy, France
- "Suppression of Charged Particle Production at Large Transverse Momentum in Central Pb-Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV", German Physical Society meeting, 21–25 March 2011, Münster, Germany
- "Transverse momentum spectra of charged particles measured with ALICE in pp collisions" XLIIIrd Rencontres de Moriond, 13–20 March 2010, La Thuile, Italy
- "Transverse Momentum Spectra of Charged Particles Measured with ALICE in pp Collisions at $\sqrt{s} = 900$ GeV", German Physical Society meeting, 15–19 March 2010, Bonn, Germany
- "Particle Production and QGP", Symposium on Perspectives in Quark-Gluon Plasma Physics, 29–30 March 2010, Darmstadt, Germany
- "First measurement of p_T spectra at LHC with ALICE", ALICE Club, 21 September 2009, CERN

9.2 Organizacja konferencji i spotkań naukowych

- Epiphany 2016, IFJ PAN, 7-9 January 2016, Kraków, Poland
- Mini workshop on collective effects in p+p, p+A and A+A, IFJ PAN, 18-20 May 2016, Kraków, Poland (wspólnie z Prof. dr hab. Krzysztof Golec-Biernat i dr hab. Krzysztof Kutak z IFJ PAN).

10 Projekty badawcze i stypendia naukowe

- EU Hadron Physics-I3HP, RII3-CT-2004-506078 (PANDA), 2004-2007, wykonawca
- KBN 1P03B 056 29 (HADES), 2005-2008, wykonawca
- NCN HARMONIA, UMO-2013/08/M/ST2/00598 (ALICE), 2013-2016, wykonawca
- NCN HARMONIA, UMO-2016/22/M/ST2/00176 (ALICE), 2017-2020, wykonawca
- NCN GG-008-2016, "Granty na granty: promocja jakości II", 2016, koordynator z IFJ PAN
- Stypendium naukowe z Funduszu Stypendialnego im. Stanisława Estreichera, Uniwersytet Jagielloński, 2001-2002

11 Udział w konsorcjach i sieciach badawczych

- Kolaboracja HADES, GSI
- Kolaboracja PANDA, FAIR
- Kolaboracja ALICE, CERN
- Konsorcjum: Hadron Physics-I3HP (47 europejskich instytucji, eksperyment PANDA)
- Konsorcjum: IFJ PAN Kraków, Politechnika Warszawska, NCBJ Warszawa (eksperyment ALICE)

12 Doświadczenia naukowe zdobyte za granicą

W sumie pracowałem za granicą około 8 lat w laboratoriach GSI i CERN, oraz na Uniwersytecie w Giessen. Poza tym, spędzam około 2 miesiące każdego roku za granicą na krótkich wyjazdach, głównie w laboratoriach CERN i GSI.

- Pracownik naukowy, CERN, Genewa, Szwajcaria (4 miesiące)
- Pracownik naukowy, GSI, Darmstadt, Niemcy (około 6,5 roku)
- Asystent, Uniwersytet w Giessen, Niemcy (12 miesięcy)

13 Współpraca z międzynarodowymi grupami badawczymi

- CERN, Genewa, Szwajcaria
- GSI, Darmstadt, Niemcy
- Uniwersytet Goethego, Frankfurt, Niemcy
- Uniwersytet Heidelberg, Niemcy
- INFN, Padwa, Włochy
- INFN, Turyn, Włochy
- LBNL, Berkeley, USA

Jacek Owinowski

Literatura

- [1] A. Balanda et al. The HADES Pre-Shower detector. *Nucl. Instrum. Meth.*, A531:445–458, 2004.
- [2] G. Agakishiev et al. The High-Acceptance Dielectron Spectrometer HADES. *Eur. Phys. J.*, A41:243–277, 2009.
- [3] G. Agakishiev et al. Dielectron production in C-12+C-12 collisions at 2-AGeV with HADES. *Phys. Rev. Lett.*, 98:052302, 2007.
- [4] G. Agakishiev et al. Study of dielectron production in C+C collisions at 1-A-GeV. *Phys. Lett.*, B663:43–48, 2008.
- [5] G. Agakishiev et al. Origin of the low-mass electron pair excess in light nucleus-nucleus collisions. *Phys. Lett.*, B690:118–122, 2010.
- [6] G. E. Brown and M. Rho. Scaling effective Lagrangians in a dense medium. *Phys. Rev. Lett.*, 66:2720–2723, 1991.
- [7] K. Korcyl, W. Kuehn, P. Salabura, J. T. Otwinowski, and L. Schmitt. Modeling of the architectural studies for the PANDA DAT system. *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, 55:429–434, 2008.
- [8] B. B. Abelev et al. Performance of the ALICE experiment at the CERN LHC. *Int. J. Mod. Phys.*, A29:1430044, 2014.
- [9] K. Aamodt et al. Transverse momentum spectra of charged particles in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 900$ GeV with ALICE at the LHC. *Phys. Lett.*, B693:53–68, 2010.
- [10] B. Abelev et al. Energy dependence of the transverse momentum distributions of charged particles in pp collisions measured by ALICE. *Eur. Phys. J.*, C73:2662, 2013.
- [11] B. Abelev et al. Transverse momentum distribution and nuclear modification factor of charged particles in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$ TeV. *Phys. Rev. Lett.*, 110:082302, 2013.
- [12] B. Abelev et al. Transverse momentum dependence of inclusive primary charged-particle production in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$ TeV. *Eur. J. Phys.*, C74:3054, 2014.

- [13] J. Adam et al. Centrality dependence of particle production in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}}= 5.02$ TeV. *Phys. Rev.*, C91:064905, 2015.
- [14] K. Aamodt et al. Suppression of Charged Particle Production at Large Transverse Momentum in Central Pb-Pb Collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$ TeV. *Phys. Lett.*, B696:30–39, 2011.
- [15] B. Abelev et al. Centrality dependence of charged particle production at large transverse momentum in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$ TeV. *Phys. Lett.*, B720:52–62, 2013.
- [16] B. B. Abelev et al. Production of charged pions, kaons and protons at large transverse momenta in pp and Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$ TeV. *Phys. Lett.*, B736:196–207, 2014.
- [17] B. Abelev et al. Suppression of high transverse momentum D mesons in central Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$ TeV. *JHEP*, 09:112, 2012.
- [18] B. Abelev et al. Measurement of charged jet suppression in Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$ TeV. *JHEP*, 1403:013, 2014.
- [19] B. B. Abelev et al. Multiplicity dependence of the average transverse momentum in pp, p-Pb, and Pb-Pb collisions at the LHC. *Phys. Lett.*, B727:371–380, 2013.
- [20] B. von Haller, P. Lesiak, and J. Otwinowski. Design of the data quality control system for the ALICE O². *J. Phys. Conf. Ser.*, 898:032001, 2017.
- [21] J. Adam et al. Pseudorapidity and transverse-momentum distributions of charged particles in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV. *Phys. Lett.*, B753:319–329, 2016.
- [22] S. Acharya et al. Transverse momentum spectra and nuclear modification factors of charged particles in pp, p-Pb and Pb-Pb collisions at the LHC. *arXiv:1802.09145 [nucl-ex]*, 2018.
- [23] J. Adam et al. Centrality dependence of the nuclear modification factor of charged pions, kaons, and protons in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$ TeV. *Phys. Rev.*, C93:034913, 2016.

- [24] J. Adam et al. Multiplicity dependence of charged pion, kaon, and (anti)proton production at large transverse momentum in p-Pb Collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$ TeV. *Phys. Lett.*, B760:720–735, 2016.
- [25] J. Adam et al. Measurement of charged jet production cross sections and nuclear modification in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 5.02$ TeV. *Phys. Lett.*, B749:68–81, 2015.
- [26] K. Aamodt et al. The ALICE experiment at the CERN LHC. *JINST*, 3:S08002, 2008.
- [27] L. Evans and P. Bryant. LHC Machine. *JINST*, 3:S08001, 2008.
- [28] H. D. Politzer. Reliable Perturbative Results for Strong Interactions? *Phys. Rev. Lett.*, 30:1346–1349, 1973.
- [29] D. J. Gross and F. Wilczek. Ultraviolet Behavior of Non-Abelian Gauge Theories. *Phys. Rev. Lett.*, 30:1343–1346, 1973.
- [30] N. Itoh. Hydrostatic Equilibrium of Hypothetical Quark Stars. *Prog. Theor. Phys.*, 44:291–292, 1970.
- [31] A. Chodos, R. L. Jaffe, K. Johnson, Charles B. Thorn, and V. F. Weisskopf. A New Extended Model of Hadrons. *Phys. Rev.*, D9:3471–3495, 1974.
- [32] N. Cabibbo and G. Parisi. Exponential Hadronic Spectrum and Quark Liberation. *Phys. Lett.*, 59B:67–69, 1975.
- [33] J. C. Collins and M. J. Perry. Superdense Matter: Neutrons or Asymptotically Free Quarks? *Phys. Rev. Lett.*, 34:1353–1356, 1975.
- [34] E. V. Shuryak. Quantum chromodynamics and the theory of superdense matter. *Phys. Rep.*, 61:71–158, 1980.
- [35] S. Borsanyi et al. Is there still any T_c mystery in lattice QCD? Results with physical masses in the continuum limit III. *JHEP*, 09:073, 2010.
- [36] S. Borsanyi et al. Full result for the QCD equation of state with 2+1 flavors. *Phys. Lett.*, B730:99, 2014.

- [37] A. Bazavov et al. The chiral and deconfinement aspects of the QCD transition. *Phys. Rev.*, D85:054503, 2012.
- [38] A. Bazavov et al. The equation of state in (2+1)-flavor QCD. *Phys. Rev.*, D90:094503, 2014.
- [39] J. D. Bjorken. Energy Loss of Energetic Partons in Quark-Gluon Plasma: Possible Extinction of High p_T Jets in Hadron-Hadron Collisions. *FERMILAB-Pub-82/59-THY*, 1982.
- [40] E. Braaten and M. H. Thoma. Energy loss of a heavy quark in the quark-gluon plasma. *Phys. Rev.*, D44:R2625–R2630, 1991.
- [41] M. Gyulassy and M. Plümer. Jet quenching in dense matter. *Phys. Lett.*, B243:432–438, 1990.
- [42] R. Baier, Yu. L. Dokshitzer, A. H. Mueller, S. Peigné, and D. Schiff. Radiative energy loss and p_\perp -broadening of high energy partons in nuclei. *Nucl. Phys.*, B484:265–282, 1997.
- [43] K. Adcox et al. Suppression of hadrons with large transverse momentum in central Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 130$ GeV. *Phys. Rev. Lett.*, 88:022301, 2002.
- [44] C. Adler et al. Disappearance of Back-To-Back High- p_T Hadron Correlations in Central Au+Au $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV. *Phys. Rev. Lett.*, 90:082302, 2003.
- [45] B. G. Zakharov. Radiative energy loss of high energy quarks in finite-size nuclear matter and quark-gluon plasma. *JETP Lett.*, 65:615–620, 1997.
- [46] Ralf Rapp and Hendrik van Hees. Heavy Quarks in the Quark-Gluon Plasma. In *Quark-gluon plasma 4*, pages 111–206, 2010.
- [47] Yu. L. Dokshitzer, V. A. Khoze, and S. I. Troian. On specific QCD properties of heavy quark fragmentation (‘dead cone’). *J. Phys.*, G17:1602, 1991.
- [48] Yu. L. Dokshitzer and D. E. Kharzeev. Heavy-quark colorimetry of QCD matter. *Phys. Lett.*, B519:199–206, 2001.

- [49] S. Chekanov et al. ZEUS next-to-leading-order QCD analysis of data on deep inelastic scattering. *Phys. Rev.*, D67:012007, 2003.
- [50] E. Iancu, A. Leonidov, and L. McLerran. Nonlinear gluon evolution in the color glass condensate. 1. *Nucl. Phys.*, A692:583–645, 2001.
- [51] E. Ferreiro, E. Iancu, A. Leonidov, and L. McLerran. Nonlinear gluon evolution in the color glass condensate. 2. *Nucl. Phys.*, A703:489–538, 2002.
- [52] Z.-B. Kang, I. Vitev, and H. Xing. Nuclear modification of high transverse momentum particle production in p+A collisions at RHIC and LHC. *Phys. Lett.*, B718:482–487, 2012.
- [53] R. Xu, W.-T. Deng, and X.-N. Wang. Nuclear modification of high- p_T hadron spectra in p+A collisions at LHC. *Phys. Rev.*, C86:051901, 2012.
- [54] B. Abelev et al. Centrality determination of Pb–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV with ALICE. *Phys. Rev.*, C88:044909, 2013.
- [55] K. M. Burke et al. Extracting the jet transport coefficient from jet quenching in high-energy heavy-ion collisions. *Phys. Rev. C*, 90:014909, 2014.
- [56] J. Adam et al. Centrality dependence of the charged-particle multiplicity density at midrapidity in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV. *Phys. Rev. Lett.*, 116:222302, 2016.
- [57] S. Chatrchyan et al. Suppression of non-prompt J/ψ , prompt J/ψ , and $Y(1S)$ in PbPb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV. *JHEP*, 05:063, 2012.
- [58] J. Adam et al. Inclusive, prompt and non-prompt J/ψ production at mid-rapidity in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV. *JHEP*, 07:051, 2015.
- [59] J. Adam et al. Measurement of jet suppression in central Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV. *Phys. Lett.*, B746:1–14, 2015.
- [60] G. Aad et al. Measurements of the Nuclear Modification Factor for Jets in Pb+Pb Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV with the ATLAS Detector. *Phys. Rev. Lett.*, 114:072302, 2015.

- [61] V. Khachatryan et al. Measurement of inclusive jet cross sections in pp and PbPb collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$ TeV. *Phys. Rev.*, C96(1):015202, 2017.
- [62] S. Chatrchyan et al. Evidence of b-Jet Quenching in PbPb Collisions at $\sqrt{s_{\text{NN}}} = 2.76$ TeV. *Phys. Rev. Lett.*, 113:132301, 2014. [Erratum: *Phys. Rev. Lett.*115:029903, 2015].