



Prof. dr hab. Piotr Salabura
Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego
ul. Prof. Łojasiewicza 11
Uniwersytet Jagielloński
30-348 Kraków

29. 12. 2016
Kraków

**Ocena osiągnięcia naukowego przedstawionego do postępowania habilitacyjnego
oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
dr. Krzysztofa Piaseckiego**

Charakterystyka dorobku naukowego :

Głównym tematem działalności naukowej dr. Piaseckiego jest badania własności materii hadronowej w zderzeniach ciężkich jonów przy energiach wiązek o energiach kinetycznych 1-2 GeV/nukleon poprzez pomiary cząstek zawierających kwarki dziwne. Zderzając ciężkie jony uzyskuje się w czasie zderzenia (rzędu 10-15 fm/c) egzotyczną formę materii hadronowej którą można scharakteryzować 3-5 krotnie zwiększona gęstością oraz temperaturą (określaną poprzez analizę widm emitowanych cząstek i fotonów) rzędu 80-100 MeV. Krotności produkcji cząstek zawierających kwarki dziwne (przy tych energiach głównie mezonów $K^{\pm,0,*}$, ϕ i lekkich hiperonów) okazuje się być czuła na różnicę stanu materii jądrowej w obszarze zwiększonej gęstości a także czuła za zmianę ich masy efektywnej. Ten drugi aspekt ma znaczenie dla zrozumienia roli oddziaływań silnych w procesie generacji masy hadronów. Badania w tym obszarze energii prowadzone są kompleksowo w GSI w Darmstadt od końca lat 90, jedynym ośrodkiem dysponującym szeroką gamą wiązek dostarczanych przez synchrotron SIS18 (od pionów, protonów do ciężkich jonów). Eksperymenty przeprowadzono przy pomocy

dedykowanych spektrometrów magnetycznych KAOS, FOPI, HADES oraz detektora fotonów TAPS a ich kontynuacja jest przewidziana w powstającym ośrodku FAIR.

Dr. Piasecki rozpoczął swoje badania w tej tematyce od pomiaru wysoko-energetycznego promieniowania gamma przy pomocy detektora TAPS (Two Arm Photon Spectrometer) w nisko-energetycznych zderzeniach (40,60 MeV/nukleon). W cyklu prac określono główne źródła promieniowania pochodzące z rozpadów neutralnych pionów oraz z procesów kompresji/dekompresji materii jądrowej. Część wyników została zawarta w pracy doktorskiej oraz w dorobku naukowym zrealizowanym po doktoracie (4 publikacje). Następnie dr. Piasecki skupił się na badaniach produkcji hadronów zawierających kwarki dziwne w reakcjach jądro-jądro przy energiach kinetycznych wiązek 1-2 GeV/nukleon. Przy tak niskich energiach produkcja dziwności odbywa się poniżej progu kinematycznego wymaganego w reakcjach nukleon-nukleon o w.w energii. Okazuje się iż, podobnie jak to miało miejsce we wspomnianej wyżej produkcji pionów, produkcja anty-kaonów, mezonów ϕ oraz innych hadronów przebiega na drodze procesów wielostopniowych z udziałem pośrednich stanów rezonansowych i jest zawężona głównie do fazy kolizji w której powstaje zagęszczona materia hadronowa. Badania zostały przeprowadzone przy pomocy spektrometru FOPI (synonim pełnego pokrycia kąta bryłowego detektora) w ramach zespołu badawczego o tej samej nazwie, działającego od początku istnienia SIS18. W ramach tej współpracy habilitant zrealizował 13 publikacji, z których część jest tematycznie związana z produkcją anty-kaonów i mezonu ϕ , będącą motywem przewodnim cyklu publikacji przedstawionych do habilitacji. Jest to 6 publikacji wieloautorskich w których habilitant występuje na pierwszym miejscu.

Oprócz analizy danych pochodzących z pomiarów niedziałającego już dzisiaj detektora FOPI, habilitant aktywnie uczestniczy we pracach nowego zespołu badawczego CBM (Compressed Baryonic Matter), którego celem jest kontynuacja badań nad własnościami gęstej materii barionowej, w tym produkcji dziwności, przy wyższych energiach wiązek (8-10 GeV/nukleon) w budowanym ośrodku FAIR w Darmstadt. W ramach prac przygotowawczych dr. Piasecki zajmował się projektowaniem detektora mionów (1 publikacja).

W wykazie publikacji można znaleźć także prace dotyczące struktury barier w jądrach atomowych (4 prace), które nie są związane tematycznie z zakresem habilitacji

Habilitant wygłosił 17 referatów konferencjach międzynarodowych, z tego 15 bezpośrednio związanych z tematyką habilitacji, w tym na szeregu uznanych w środowisku konferencjach: Strangeness in Quark Matter (2011), Meson Production, Properties and Interactions (MESON 2016, 2014), International Conference on New Frontiers in Physics (2013), European Nuclear Physics Conference (2012, 2015). Niestety, brak informacji o tym ile było referatów na zaproszenie.

Jest autorem 30 publikacji (wg. Web of Science), sumaryczna ilość cytowań wynosi 290 a indeks Hirscha 11, z tego większość cytowań pochodzi z okresu po doktoracie (po roku 2010 roku). Publikacje dotyczące tematyki habilitacji pochodzą głównie z okresu po zakończeniu pracy detektora FOPI i dotyczą danych zebranych wcześniej. W tym kontekście zidentyfikowanie istotnej i wciąż aktualnej tematyki naukowej nie było z pewnością zadaniem łatwym ale zostało, wg. mojej oceny, zakończone sukcesem. Podsumowując uważam iż dorobek naukowy habilitanta jest w wystarczający.

Ocena osiągnięcia naukowego będącego podstawą postępowania habilitacyjnego

Dr. Piasecki przedstawia cykl 6 publikacji pod wspólnym tytułem „*Emisja cząstek dziwnych z symetrycznych zderzeń jądro-jądro przy energii 2 AGeV jako metoda badania własności gęstej materii hadronowej*”. Jest on poświęcony mechanizmowi produkcji dziwności ze szczególnym uwzględnieniem kaonów, anty kaonów i mezonów ϕ w reakcjach średniej wielkości systemów Al + Al oraz Ni+Ni przy energii wiązki około 1.9 GeV/nukleon. Pomiary zostały przeprowadzone w latach 2005-2008 przy pomocy spektrometru FOPI i opublikowane w pracach oznaczonych [p1-p6], z których cztery zostały zamieszczone w czasopiśmie recenzowanych z bazy Journal Citation Reports (Phys. Rev. C 91, 054904 (2015), Eur. Phys. Jour. A 52 177 (2016), Phys. Rev. C94, 014901(2016), Acta Phys. Pol. B 41, 405 (2010)) oraz dwie w komunikatach konferencyjnych (EPJ Web of Conferences 71, 00109 (2014), Jour. of Phys: Conf. Ser. 312, 022019 (2011)). Prace mają charakter zespołowy, w każdej pracy habilitant występuje jako pierwszy autor oraz podaje znaczny udział własny ($\geq 30\%$). Załączone są także oświadczenia 4 współautorów potwierdzające ich udział w analizie danych zamieszczonych w pracach [p1-p3] oraz określający ich udział który można

uznać za znikomy. Prace [p4-p6] są jedno-autorowymi komunikatami konferencyjnymi ogłoszonymi w imieniu współpracy FOPI. W przewodniku habilitant wskazał na wiele istotnych elementów analizy danych które wykonał w celu otrzymania przedstawionych wyników (rozdział 3 i 4). Należą do nich procedury: identyfikacji cząstek, poprawki na wydajność i akceptancję detektorów oraz proces rekonstrukcji, wyznaczenia krotności zdarzeń oraz centralności, modelowania detektorów w symulacjach (nowy detektor czasu przelotu oparty na technologii RPC (Resistive Plate Chamber). Należą one do reguł sztuki i świadczą o dojrzałym warsztacie habilitanta oraz wiodącym charakterze jego wkładu w analizę. Większość prac została wydana w zeszłym roku, więc nie ma jeszcze cytowań, nie mniej jednak przedstawiają one w spójny sposób ważne, wg. mojej oceny, wyniki których uzasadnienie podaję w podpunktach poniżej.

1) Mechanizm produkcji anty-kaonów (K^-)

Produkcja kaonów (K^+) i anty-kaonów (K^-) jest badana od wielu lat w kontekście ich własności, a w szczególności zmian ich masy, w materii hadronowej. Liczne prace teoretyczne przewidują różną postać potencjału dla kaonów i antykaonów w materii hadronowej. Potencjał oddziaływania prowadzi do odpychania (dla kaonów) i przyciągania (dla antykaonów), zależnego od gęstości oraz pędu mezonów względem ośrodka. Powyższy efekt można interpretować wprowadzając masę efektywną (równoważną energii kaonów dla zerowego pędu) która zachowuje się w sposób odmienny dla obu mezonów (rys. 3 w przewodniku). Ten efekt ma istotne znaczenie dla zrozumienia fundamentalnego mechanizmu powstawania masy efektywnej lekkich kwarków (u,d,s) która, w odróżnieniu od kwarków ciężkich, nie jest zdominowana przez mechanizm Higgsa ale przez naturę samych oddziaływań silnych objawiająca się w spontanicznym łamaniu symetrii chiralnej (symetrii której zachowanie prowadzi do niezmienniczości skrętności bez-masowych kwarków w oddziaływaniach silnych). Kaony oraz piony pełnią tutaj rolę bozonów Goldstonea. Eksperymentalne sygnatury zmiany masy kaonów i antykaonów są badane w sposób pośredni poprzez pomiary ich przekrojów czynnych (lub krotności), rozkładów produkcji w stosunku do płaszczyzny reakcji jądro-jądro (tzw. pływ) a następnie poprzez porównania z obliczeniami modelowymi uwzględniającymi proces przebiegu reakcji, produkcji cząstek i zakładającym pewne modele oddziaływania mezonów z materią (stosując tzw. modele transportu). Jednym z problemów jest modelowanie mechanizmu propagacji kaonów w materii hadronowej, który przy tych energiach prowadzi do silnej absorpcji anty-kaonów i stosunkowo słabego rozpraszania kaonów. Pomimo blisko 15 lat badań nie uzyskano pełnego wytłumaczenia wszystkich obserwowanych efektów które wskazują na duży wpływ materii

hadronowej na ich produkcje. O ile produkcja kaonów wydaje się być jakościowo zgodna z istnieniem dodatniego efektywnego potencjału (patrz np. wyniki dotyczące pływu kaonów zamieszczone w pracy P5) to produkcja anty-kaonów, początkowo interpretowana dość jednoznacznie w zgodności z przewidywaniami ujemnego potencjału, natrafia na szereg problemów. Jednym z nich jest opis samego mechanizmu produkcji który przebiega w większości w procesie wielostopniowym. Szczegółowa natura tych reakcji jest ciągle dyskutowana i w tym kontekście wyniki przedstawione przez habilitanta prowadzą do istotnego zwrotu. Do momentu opublikowania prac wchodzących w zakres habilitacji powszechnie uważano iż dominującą rolę w produkcji K^- odgrywają procesy wielostopniowe typu $NN \rightarrow K^+YN$ (gdzie Y jest hiperonem, głównie Λ, Σ) oraz $\pi Y \rightarrow K^-N$ (tzw. proces wymiany dziwności), gdzie pion jest tworzony w wyniku innej reakcji (rysunek 4 w pracy i rozdział 1.2). Prace P1, P2 (oraz powiązany komunikat P4), omówione w rozdziałach 5.1/5.2, wskazują jednak iż dużą rolę w produkcji kaonów odgrywa mezon ϕ , który ze względu na wysoki próg na produkcję (prawie identyczny z progiem na K^-) był zaniedbywany w obliczeniach modelowych. Jest to wynik zaskakujący ponieważ produkcja mezonu ϕ , zawierającego prawie w zupełności kwarki s anty-s, jest silnie tłumiona w zderzeniach nukleon-nukleon z powodu konieczności uwzględnienia diagramów z przerywanymi liniami kwarkowym i związanych z wymianą 3 gluonów (tzw. reguły OZI). Uwzględnienie zaproponowanego przez habilitanta procesu $\phi \rightarrow K^+K^-$, który okazuje się prowadzić do około 20 % obserwowanych anty-kaonów, pozwala na wytłumaczenie obserwowanych krotności mezonów oraz także wytłumaczenia (w ramach błędów eksperymentalnych) różnych nachyleń widm pędów (lub mass) poprzecznych, potocznie kojarzonych z temperaturą układu w momencie emisji kaonów i anty-kaonów. Wprowadzony przez autora w rozdziale 5.5 model dwóch źródeł pozwala na wyznaczenie nachyleń widma anty-kaonów pochodzących z bezpośredniej produkcji. Jak pokazano w pracy P2 oraz rozdziale 5.4, uwzględnienie w.w procesu w istotny sposób wpływa na interpretację danych w kontekście wartości potencjału oddziaływania dla anty-kaonów i wskazuje w sposób jednoznaczny na konieczność jego uwzględnienia w obliczenia modelowych. Warto nadmienić iż uzyskane przez habilitanta wyniki dla systemów Ni+Ni oraz Al+Al znajdują niezależne potwierdzenie w wynikach eksperymentu HADES dla systemu Ar+KCl oraz ostatnio Au+Au.

2) Produkcja mezonu ϕ poniżej progu

Produkcja mezonu ϕ jest intensywnie badana we wszystkich eksperymentach ciężkojonowych. Wyniki habilitanta są pierwszymi, obok wspomnianych wyników eksperymentu

HADES, w tym obszarze energii. Z jednej strony krotności produkcji mezonu są zaskakująco dobrze opisywane przez model statystycznej hadronizacji (który w przewodniku habilitanta nazywany jest w.g mnie myląc modelem „termalnym” –rozdział 1.3) bez zakładania żadnego dodatkowego tłumienia związanego z produkcją dwóch kwarków dziwnych (praca P5 oraz uaktualniony wynik zamieszczony na rysunku 8 w przewodniku) . Jest to sytuacja zgoła odmienna od tej obserwowanej przy wyższych energiach gdzie produkcja mezonu ϕ jest silnie tłumiona zarówno w reakcjach nukleon-nukleon jak i w średniej wielkości systemach (do których można zaliczyć np. $Al+Al$). Z drugiej strony modele transportu, jak wskazano w rozdziale 1.2, stosują zupełnie odmienne reakcje prowadzące do produkcji mezonu i są także w stanie wyjaśnić obserwowane krotności. W tym kontekście wyniki zamieszczone w pracy P3 oraz rozdziale 5.1 dotyczące zależności produkcji mezonu od ilości partycypujących nukleonów, choć obarczone dużym błędem statystycznym i systematycznym, są pierwszymi opublikowanymi wynikami tego typu wskazując na istotną rolę procesów wielostopniowych.

3) Produkcja cząstek a model statystycznej hadronizacji

Wspomniany wyżej wątek rozprawy związany z opisem krotności cząstek poprzez model statystycznej hadronizacji w obszarze niskich energii oraz stosunkowo małych systemów jest ważnym wynikiem zawartym w pracach habilitanta. Wyniki zawarte w P5 i rozdziale 5.3 są jedynymi dostępnymi (obok eksperymentu HADES) w tym obszarze energii i świadczą o zaskakująco dobrym opisie krotności wielu obserwowanych cząstek. Są one komplementarne do wyników otrzymanych przy znacznie wyższych energiach (SPS, RHIC oraz LHC) i pozwalają stworzyć systematykę ewolucji materii hadronowej w funkcji temperatury oraz potencjału barion-chemicznego. Określają parametry systemu w których ma on ustalony skład „chemiczny”, odpowiadający pewnemu momentowi w ewolucji systemu (tzw. „chemical freeze-out”). W sposób oczywisty sukces modelu statycznej hadronizacji stawia pytania o mechanizm powodujący że system wygląda jak by się znajdował w stanie (lokalnej) równowagi termodynamicznej. W obszarze niskich energii powyższe założenie wydaje się być mało prawdopodobne, co jest także potwierdzone przez wyniki habilitanta (praca P6) na temat rozkładów kinematycznych (pospieszności) emitowanych protonów i deuteronów które wskazują na pewną transparenację zderzających się jąder. Ponadto wyznaczone nachylenia widm kinematycznych obserwowanych cząstek wskazują na większe temperatury niż te które wynikają z analizy krotności cząstek. Jest to wynik sprzeczny z oczekiwanym oraz znanym z analizy danych przy wyższych energiach gdzie obserwuje się odwrotną sekwencję odpowiadającą najpierw wymrozeniu chemicznemu a potem termicznemu (odpowiadającemu momentowi emisji cząstek) o mniejszej temperaturze, choć

należy przyznać iż istnieją także modele które opisują widma kinematyczne cząstek i ich krotności przy pomocy jednej temperatury.

Podsumowując uważam iż wymienione wyżej wyniki są wartościowe i mają dużą szansę aby zostać zauważone w środowisku ze względu na znaczny wzrost zainteresowania obszarem niskich energii, którego badania są konieczne do pełnego zrozumienia diagramu fazowego materii hadronowej. Świadczą o tym nowe programy badawcze celowane w ten obszar jak Beam Energy Scan na RHIC (którego dolna granica jest znacznie powyżej tutaj badanych), NICA w Rosji czy wreszcie wspomnianego już Compressed Baryonic Matter (CBM) na FAIR, w którym habilitant bierze aktywny udział. Uzyskane wyniki stanowią cenną referencje dla w.w badań i są często cytowane na konferencjach.

Działalność dydaktyczna, organizacyjna, popularyzacja nauki oraz współpraca Międzynarodowa

Dr. Piasecki prowadził różnego rodzaju zajęcia z Fizyki oraz Informatyki na Uniwersytecie Warszawskim. Były to głównie ćwiczenie do wykładów (wstępy do Fizyki Ogólnej, Fizyki Jądrowej, Mechaniki i Szczególnej Teorii Względności, Mechaniki Kwantowej, oraz Programowania C++). Prowadził także różnorodne zajęcia na pracowniach Fizycznych Uniwersytetu Warszawskiego (nagroda Dziekana UW za rok 2005/2006) i w Heidelbergu (2008-2010) . Uwagę zwraca także bardzo rozległa aktywność (ponad 20 różnych wykładów) w popularyzacji fizyki wśród młodzieży szkół gimnazjalnych, licealnych w ramach Letnich Szkół Fizyki i Zajęć Otwartych na UW a nawet dla dzieci przedszkolnych. Brał udział w tłumaczeniach klasycznych podręczników z fizyki autorstwa D. Holliday, R. Resnik, J. Walker („Podstawy Fizyki” , 2 wydanie PWN 2015) oraz P.A Tipler, R.A. Llewelyn („Fizyka współczesna, PWN 2011, wydanie 1).

Opiekował się 3 licencjatami, jedną pracą magisterską i jedną pracą doktorską (obie prace w chwili pisania auto-referatu jeszcze nie zostały zakończone) a także stypendystami na Uniwersytetach w Heidelbergu i Warszawie.

Był współorganizatorem znanej konferencji „Mazurian Lakes School of Physics” i głównym organizatorem Warsztatów „The 3’ d Strangeness Workshop-Spring 2016” w Warszawie.

Realizując swoje badania habilitant przebywał na trzech stażach naukowych: jeden po doktoracie (2007-2010 Uniwersytet w Heidelbergu) oraz dwóch przed doktoratem (2001/2002 w KVI Groningen i 2003/2004 na Uniwersytecie w Giessen). Brał aktywny udział w pracach międzynarodowych projektów FOPI oraz TAPS (oba projekty zakończone). Obecnie jest

członkiem współpracy CBM w powstającym ośrodku FAIR, biorąc aktywny udział w pracach projektowych nowego detektora.

Podsumowując, uważam że przedstawione mi do recenzji osiągnięcie naukowe w przewodzie habilitacyjnym dr. Krzysztofa Piaseckiego, którym jest cykl prac pt. *"Emisja cząstek dziwnych z symetrycznych zderzeń jądro-jądro przy energii 2 AGeV jako metoda badania własności gęstej materii hadronowej"*, jest osiągnięciem wartościowym i spełnia ustawowe wymogi osiągnięcia habilitacyjnego zarówno pod względem merytorycznym, jak i formalnym. Fakt ten w połączeniu z dorobkiem naukowym habilitanta oraz aktywnością dydaktyczną, organizacyjną popularyzatorską oraz osiągnięciami na polu współpracy międzynarodowej, w pełni uzasadnia ubieganie się o stopień doktora habilitowanego nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka . Wnioskuje zatem o dopuszczenie dr. Krzysztofa Piaseckiego do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego

Prof. dr hab.

Piotr Salabura

