



Polish Academy of Sciences
NICOLAUS COPERNICUS ASTRONOMICAL CENTER

Bartycka 18, 00-716 Warsaw, Poland
tel: +(4822) 841 00 41, +(4822) 3296 100
fax: +(4822) 841 00 46
email: camk@camk.edu.pl
http://www.camk.edu.pl

Warszawa, 22.01.2023 r.

dr hab. Marcin Kuźniak, prof. CAMK PAN

Ocena osiągnięcia i dorobku naukowego dr. Andrzeja Hryczuka w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego

1. Informacje wstępne

Dr Andrzej Hryczuk ukończył studia magisterskie z fizyki teoretycznej w roku 2007 na Uniwersytecie Warszawskim, gdzie następnie rozpoczął studia doktoranckie i prowadził zajęcia dydaktyczne. Po roku przeniósł się do Włoch aby kontynuować naukę w prestiżowej Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA), pod kierunkiem prof. Piero Ullio, przy jednoczesnym zatrudnieniu w Istituto Nazionale di Fisica Nucleare w Trieście jako asystent w ramach europejskiego projektu Marie Curie Research Training Network "UniverseNet". W 2012 roku obronił na SISSA pracę doktorską pt. "Loop and non-perturbative effects in the dark matter phenomenology".

Po uzyskaniu stopnia doktora w zakresie fizyki cząstek elementarnych odbył staże podoktorskie: w Uniwersytecie Technicznym w Monachium (2012-2015), kolejny (parumiesięczny) w Narodowym Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) w Warszawie (2015), wreszcie na Uniwersytecie w Oslo (2015-2018). Od powrotu do kraju w 2018 r. jest zatrudniony jako adiunkt w NCBJ.

Dr Hryczuk od początku swej kariery naukowej wykazywał się inicjatywą, o czym świadczą: 3 miesięczny okres pracy w CERN-ie przy eksperymencie OSQAR już w czasie studiów magisterskich, późniejsze bogate doświadczenia zagraniczne, liczne publikacje i wystąpienia konferencyjne, opieka nad studentami, działania popularyzatorskie oraz dwa uzyskane granty Narodowego Centrum Nauki.

Zainteresowania naukowe dr. Hryczuka obejmują doskonalenie i rozwój nowych modeli teoretycznych cząsteczkowej ciemnej materii i ewolucji ciemnego sektora, oraz ich fenomenologiczną analizę.

2. Ocena osiągnięcia naukowego będącego podstawą postępowania habilitacyjnego

Praca badawcza habilitanta koncentruje się na teoretycznych aspektach ciemnej materii. Istnienie ciemnej materii z dużą dozą pewności wynika z szeregu obserwacji astronomicznych i astrofizycznych, pozwalających obecnie na wyznaczenie jej gęstości reliktovej z błędem poniżej procenta. Pytanie o to czym jest ciemna materia, pozostaje jedną z najważniejszych zagadek współczesnej fizyki; choć nowy rodzaj cząstek spoza Modelu Standardowego jest najlepiej umotywowanym scenariuszem, badanym również przez dr. Hryczuka.

W sytuacji (jak dotąd) braku sygnału z eksperymentów próbujących bezpośrednio zarejestrować cząstki ciemnej materii, a jednocześnie rosnącej precyzji obserwacji kosmologicznych, coraz istotniejsza staje się poprawa stopnia szczegółowości i dokładności modeli teoretycznych – tak, aby ich przewidywania mogłyby być konfrontowane z obserwacjami.

Publikacje zaprezentowane w ramach cyklu koncentrują się na uwzględnieniu efektów termicznych i nierównowagowych w modelach ciemnej materii, rozbudowie narzędzi do opisu owych efektów, oraz analizie ich wpływu na przewidywaną gęstość reliktovej ciemnej materii.

Z oświadczeń habilitanta i współautorów jasno wynika, że był on jednym z głównych pomysłodawców i liderów zaprezentowanych prac, w szczególności tych ich aspektów, które wiązały się z wyznaczaniem gęstości reliktovej, a w przypadku [H5-H7] był faktycznym liderem, z czego, w przypadku [H6] i [H7], również autorem i kierownikiem grantu.

W publikacji [H1], cytowanej 24 razy, autorzy wychodzą poza najniższy rząd rachunku zaburzeń i przybliżenie Borna, wyprowadzając z termicznej teorii pola wszystkie poprawki wynikające z efektów termicznych dla next-to-leading order (NLO). Tylko niektóre z tego rodzaju poprawek były wcześniej wyliczone przez innych autorów, w dodatku dla szczególnych sytuacji (z produkcją ciemnej materii przy bardzo wysokich energiach). Dlatego, pracę [H1] można uznać za oryginalną i nowatorską, co znalazło odzwierciedlenie w ilości cytowań.

Praca [H2], cytowana 7 razy, jest uzupełnieniem i rozwinięciem poprzedniej, gdzie przy pomocy niezależnej metody *operator product expansion* (OPE), wyniki [H1] zostały potwierdzone w prostszy i elegancki sposób.

Artykuł [H3], cytowany 95 razy, był pionierską i zauważoną na świecie pracą, zwracającą uwagę na konsekwencje dokładnego momentu (w trakcie ewolucji Wszechświata) kinetycznego "odprężnienia" cząstek ciemnej materii od plazmy cząstek Modelu Standardowego, jego implikacje dla założenia o równowadze termicznej obu sektorów, i ostatecznie dla gęstości reliktovej – wskazując na możliwe różnice nawet o rząd wielkości. Dr Hryczuk był jednym z dwóch pomysłodawców, wykonał dużą część obliczeń (wszystkie dot. sprzężonych równań Boltzmanna), i miał znaczący wkład w napisanie publikacji. Zainteresowanie wzbudzone wynikami pozwoliło na nawiązanie współpracy z kolejnymi badaczami.

W ramach prac nad [H3], kontynuowanych później w [H4] (26 cytowań) i [H5] (23 cytowania) – gdzie wkład habilitanta był jeszcze większy – powstał kod numeryczny do rozwiązywania pełnego równania Boltzmana i analiza jego wyników dla reprezentatywnych modeli ciemnej materii, takich jak: singlet skalarny Silviera-Zee [H3], singlet skalarny z symetrią Z_3 [H4], wreszcie uogólnione 3 klasy modeli: ogólny rezonans wektorowy, wzmocnienie Sommerfelda i model podprogowy [H5].

Praca [H4] zawiera analizę fenomenologiczną porównującą czułość obecnych i planowanych detektorów ciemnej materii na parametry wymrażania (*freeze-out*) – gdzie moim jedynym zastrzeżeniem jest uwzględnienie wyłącznie detektorów opartych na ciekłym ksenonie, z pominięciem komplementarnych detektorów opartych na ciekłym argonie.

Natomiast dodatkową wartością pracy [H5] jest publiczne udostępnienie pakietu procedur i narzędzi w języku Wolfram, umożliwiającego dokonanie obliczeń gęstości reliktovej przy pomocy metod opisanych w artykułach. Jest to narzędzie przydatne dla społeczności naukowej i z racji swojej modułowości dostępne do dalszej rozbudowy.

W chronologicznie najnowszych pracach [H6] (9 cytowań) i [H7] (2 cytowania), habilitant wraz ze swoim postdokiem (w ramach grantu NCN SONATA) kontynuują rozpoczęty wcześniejszymi artykułami program badawczy, przedstawiając obliczenia gęstości reliktovej z uwzględnieniem, dodatkowo, ewolucji temperatury dla zaproponowanego nowego mechanizmu produkcji ciemnej materii opartego o wmrażanie [H6], jak i wpływ samorozpraszania na gęstość reliktową [H7].

Podsumowując ocenę całego cyklu publikacji, jest on zapisem konsekwentnie realizowanego i rozwijanego i programu badawczego, będącego istotnym wkładem w rozwój dziedziny, w którym rola habilitanta jest niezaprzeczalna i wiodąca, i który wraz z pozostałymi powiązаныmi artykułami spoza cyklu świadczy o niezależności i dojrzałości naukowej, oraz produktywności habilitanta.

3. Ocena aktywności naukowej

Dr Hryczuk jest autorem lub współautorem 18 recenzowanych publikacji, z czego znaczna większość (16) powstała po doktoracie. Wśród publikacji po doktoracie: w przypadku sześciu habilitant jest pierwszym (lub jedynym) autorem, a tylko jedna z nich powstała z udziałem promotora doktoratu, profesora Ullio. Publikacje po doktoracie ukazywały się w wysoko cenionych w dziedzinie czasopismach: *Journal of High Energy Physics*, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* lub *Physical Review D*; jest też kilka (7) doniesień konferencyjnych. Według bazy inSPIRE, artykuły były cytowane 767 razy, z osiągniętym indeksem Hirscha 15 – co jest solidnym wynikiem.

Dorobek ten jasno świadczy o niezależności naukowej habilitanta, oraz dynamicznym i przemyślanym rozwoju jego kariery. Współautorzy publikacji z przedstawionego jednotematycznego cyklu, jak i pozostałych, w naturalny sposób pochodzą głównie z instytucji na których habilitant odbył staże doktorskie (Monachium, Oslo, Warszawa). Ale nie tylko, w szczególności również z Amsterdamu, Getyngi, Madrytu, Marsylii czy Talina. Wskazuje to na kontynuowaną owocną współpracę z naukowcami poznanymi w czasie staży podoktorskich, jak i na poszerzaną wciąż sieć kontaktów i współpracowników – co bardzo dobrze rokuje dalszemu rozwojowi badań planowanych przez kandydata.

Dr Hryczuk wygłosił po doktoracie 26 referatów i seminariów, z czego 11 było na zaproszenie, a jeden wskazany jest jako plenarny (Recontres du Vietnam, 2020). Jego dorobek budzi zatem zainteresowanie w społeczności naukowej, jest zauważany i doceniany – co znajduje dodatkowe potwierdzenie w ilości recenzji (31) przygotowanych przez dr. Hryczuka dla bardzo dobrych lub dobrych czasopism naukowych: Physical Review Letters, Physical Review D, Physics Letters B, JCAP, European Physical Journal C, Europhysics Letters.

Dr Hryczuk jest członkiem Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

Habilitant pełnił role wykonawcze w projekcie WELCOME Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej, w Strategic Dark Matter Initiative i w europejskim projekcie UniverseNet, a po powrocie do Polski otrzymał dwa granty Narodowego Centrum Nauki: SONATA (2018) i SONATA BIS (2021), co zasługuje na duże uznanie i wskazuje na rosnące zdolności kierownicze i organizacyjne. Niestety brak w dokumentacji bardziej szczegółowych informacji nt. rozmiaru i charakterystyki zespołów, którymi kierował/kieruje on w ramach wspomnianych wyżej projektów.

4. Ocena aktywności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzatorskiej

Habilitant prowadził ćwiczenia na Uniwersytecie Warszawskim jako asystent na początku studiów doktoranckich, co jest dość standardową praktyką. Późniejsze staże podoktorskie odbywał głównie za granicą, co z reguły nie wiąże się z obowiązkami dydaktycznymi. Podobnie z obowiązkami dydaktycznymi nie musi wiązać się samofinansowana z grantów NCN pozycja adiunkta w NCBJ. Tym bardziej zasługuje na uznanie fakt, że bez widocznej ujemy w dorobku naukowym i z własnej inicjatywy pokonał, istniejące zwykle – jak sądzę – w takich przypadkach, formalne i praktyczne przeszkody, i podjął się nauczania: roli master tutor do ćwiczeń z fizyki statystycznej i termodynamiki (Uniwersytet Techniczny w Monachium, 2013/2014), otwartego kursu wykładów *Selected Topics in Dark Matter* (Uniwersytet Oslo, 2018), oraz ćwiczeń do kursu *Mechanika klasyczna i szczególna teoria względności* (Uniwersytet Warszawski, 2019). Ponadto, co jest już typową dla pełnionych przez niego ról praktyką, pełnił rolę opiekuna trójki magistrantów i, nieformalnie, jednej doktorantki.

O ile doświadczenie dydaktyczne habilitanta jest typowe, a nawet nieco wykracza ponad standard oczekiwany od naukowca na podobnym etapie kariery, jego osiągnięcia i zaangażowanie popularyzatorskie zasługują już na szczególne uznanie i wyróżnienie. Talent popularyzatorski widoczny już w czasie studiów (3 artykuły popularnonaukowe, udział w międzynarodowym turnieju/seminarium nauczania fizyki), po doktoracie był systematycznie i regularnie rozwijany, przynosząc siedem inicjatyw, m.in.: wykłady w ramach Letnich Spotkań z Nauką, Festiwalu Nauki i wywiadu radiowego. W szczególności dr Hryczuk był pomysłodawcą i głównym organizatorem spotkania popularnonaukowego online polskiej edycji *Dark Matter Day* w 2021 r.

Oprócz powyższego, do osiągnięć organizacyjnych dr. Hryczuka można zaliczyć współorganizację i funkcję sekretarza naukowego konferencji *Particle Astrophysics in Poland* (2019) oraz współorganizację cyklu seminariów HECA prowadzonych przez NCBJ oraz Wydział Fizyki UW (2019 – 2022). O ile nie są to osiągnięcia wybitne, zasługują na odnotowanie; jednocześnie, w mojej ocenie, pewien względny niedobór w tym zakresie jest z nawiązką kompensowany aktywnością popularyzatorską.

Oprócz działań popularyzatorskich, w wykazie nie ma przykładów współpracy z otoczeniem społeczno-gospodarczym – co nie dziwi, biorąc pod uwagę specyfikę specjalizacji habilitanta.

5. Podsumowanie

Stwierdzam, że zarówno sam cykl prac przedstawiony jako osiągnięcie naukowe, jak i całokształt działalności dr. Andrzeja Hryczuka: jego dorobek naukowy, współpraca międzynarodowa oraz dorobek dydaktyczny, organizacyjny, a w stopniu wyróżniającym również dorobek popularyzatorski, spełniają ustawowe wymagania. Zaprezentowany cykl artykułów, dotyczący precyzyjnego wyznaczania gęstości reliktovej ciemnej materii, oceniam pozytywnie jako istotny wkładem w rozwój dziedziny, w którym rola habilitanta jest niezaprzeczalna i wiodąca. Wnioskuje o dopuszczenie dr. Andrzeja Hryczuka do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne.



Marcin Kuźniak