

**Ocena dorobku naukowego dr Marcina Kuźniaka
i recenzja jego osiągnięć badawczych przedstawionych w postaci cyklu powiązanych
tematycznie artykułów naukowych
w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych
w dyscyplinie nauk fizycznych**

Informacje podstawowe

Dr Marcin Kuźniak ukończył studia magisterskie na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego w roku 2004. W roku 2007 uzyskał również stopień magistra kulturoznawstwa na Wydziale Studiów Międzynarodowych i Politycznych Uniwersytetu Jagiellońskiego. Po zakończeniu studiów magisterskich, w roku 2004 podjął studia doktoranckie, również na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego oraz w Paul Scherrer Institut w Villingen w Szwajcarii. Stopień doktora nauk fizycznych uzyskał w listopadzie 2008 r., na podstawie rozprawy pod tytułem: „The Neutron Electric Dipole Moment Experiment: Research and Development for the New Spectrometer”. Już w czasie studiów wykazywał się aktywnością naukową i przebywał jako praktykant, a później asystent naukowy w Paul Scherrer Institut. W tej samej instytucji prowadził również badania związane ze swoim doktoratem. Po uzyskaniu stopnia doktora odbył czteroletni staż naukowy typu post-doc w Queen’s University w Kingston w Kanadzie, gdzie kontynuował pracę na stanowisku Research Associate do roku 2016. Następnie do roku 2019 był zatrudniony w Carleton University w Ottawie w Kanadzie najpierw na stanowisku Research Associate, a następnie Research Scientist. Od lipca 2019 r. jest kierownikiem grupy „Systemy fotopowielaczy krzemowych dla astrofizyki cząstek i fizyki medycznej” w AstroCENT w Centrum Astronomicznym im. M. Kopernika PAN.

Działalność naukowa dr. Kuźniaka związana jest z ogólnie pojętą tematyką poszukiwania fizyki poza Modelem Standardowym. Jego badania koncentrują się na specjalistycznych technikach detekcji i analizy danych związanych z eksperymentami, gdzie kluczowa jest minimalizacja sygnałów niepożądanych, w tym tła oraz precyzyjna analiza tych sygnałów. Jest to tematyka aktualna i istotna, rozwijana przez znaczące międzynarodowe grupy badawcze realizujące wieloletnie eksperymenty naukowe. Cykl artykułów zaprezentowanych przez dr Kuźniaka dotyczy w szczególności między innymi eksperymentu DEAP-3600, w którym pełni istotne funkcje. Jego ekspertyzy okazały się istotne także dla innych eksperymentów z dziedziny, takich jak CRESST-II oraz DarkSide-20k, a także związane są z istotnymi nowymi koncepcjami badawczo rozwojowymi dla przyszłych detektorów.

Charakterystyka dorobku naukowego

Działalność naukową dr Marcina Kuźniak rozpoczął w trakcie studiów magisterskich oraz doktoranckich, w czasie których uczestniczył w badaniach dotyczących łamania symetrii

fundamentalnych (CP i T). Uczestniczył w eksperymencie nTRV, który mierzył korelacje kątowe w rozpadzie wolnych zimnych neutronów, oraz w eksperymencie nEDM, który badał elektryczny moment dipolowy neutronu. W tym czasie dr Kuźniak opanował ważne elementy warsztatu badawczego, które z powodzeniem wykorzystuje do dziś. Poznał pakiet oprogramowania Geant4, służący do symulacji oddziaływania promieniowania z materią, będący de-facto standardem w procesie projektowania oraz eksploatacji zaawansowanych detektorów w szeroko pojętej dziedzinie fizyki cząstek. Jego zastosowanie jest niezbędne do zrozumienia i precyzyjnego wyznaczenia charakterystyk procesów detekcji sygnałów oraz tła, a więc własności kluczowych w pomiarach procesów rzadkich. Zapoznał się także z procesami technologicznymi z pogranicza fizyki ciała stałego oraz chemii służącymi do produkcji cienkich warstw oraz do ich analizy i charakteryzacji. Okazały się one przydatne w jego dalszej karierze.

Po doktoracie dr Kuźniak dołączył do grupy prof. Marka Boulay na Queen's University w Kingston (Kanada), lidera eksperymentu DEAP. Tym samym zaangażował się w badania ciemnej materii, jednego z najbardziej istotnych i aktualnych problemów w fizyce. Wiodącą hipotezą tłumaczącą naturę tej materii jest teoria przewidująca, że składa się ona z masywnych, słabo oddziałujących cząstek (Weakly Interacting Massive Particles – WIMP). Ich oddziaływanie ze zwykłą materią ma charakterystyki sprawiające, że ich wykrycie jest dużym wyzwaniem – akty oddziaływania WIMP z jądrami atomów są bardzo rzadkie a przekrój czynny ma maksimum przy relatywnie niskich energiach, rzędu 1-100 keV. Praca dr Kuźniaka koncentruje się na rejestracji odrzutu tych jąder poprzez pomiar scyntylacji w precyzyjnie dobranych materiałach. Są to skroplone gazy szlachetne, a w szczególności argon. Fotony scyntylacyjne w tym materiale wymagają zastosowania materiałów przesuwających widmo (Wave Length Shifters – WLS), które pochłaniają fotony UV, a emitują światło niebieskie, odpowiadające maksimum czułości powszechnie stosowanych fotopowielaczy. W eksperymencie DEAP i innych, w które zaangażowany jest dr Kuźniak materiały te stosowane są w postaci cienkich warstw otaczających masę materiału scyntylacyjnego. Dlatego doświadczenie dr Kuźniaka w produkcji i charakteryzacji takich warstw jest kluczowe w precyzyjnym wyznaczeniu czułości eksperymentu. Dodatkowo istotne procesy generujące tło promieniotwórcze zachodzą właśnie w samych warstwach i na ich granicach, a ich mierzalne efekty zależą od mikroskopowych własności materiałów i mechanicznych parametrów warstw.

Działalności dr Kuźniaka jest związana z badaniami z dziedziny fizyki ciała stałego, fizyki materiałów, w tym własności cienkich warstw, promieniotwórczości, fizyki detektorów promieniowania, fizyki cząstek oraz poszukiwań nowej fizyki. Jest to wyjątkowe połączenie, które dr Kuźniak w kreatywny sposób wykorzystuje do tworzenia nowych narzędzi i technik badawczych. Jego działalność jest stricte eksperymentalna, jednak ma kluczowe znaczenie dla badań na granicach naszego poznania.

Dorobek naukowy dr Marcina Kuźniaka udokumentowany jest współautorskimi publikacjami w czasopiśmie objętym systemem JCR, których liczba wynosi 44, wszystkie w języku angielskim. Z tego 20 to prace opublikowane po obronie doktoratu. Większość z nich jest opublikowana w prestiżowych periodykach, takich jak Physics Review D, Physical Review Letters, Astroparticle Physics, czy Nuclear Instruments and Methods. Oprócz tego jest on autorem bądź współautorem opublikowanych w ramach raportów pokonferencyjnych 7 prac recenzowanych i 11 innych oraz 2 artykułów popularyzatorskich.

Sumaryczna liczba cytowań na dzień 12 sierpnia 2021 r. to 1135 (w.g. bazy ISI Web of Science),

zaś indeks Hirscha $h=21$. Są to wartości znaczące, charakterystyczne dla dziedziny eksperymentalnych poszukiwań sygnatur ciemnej materii, w której prace wykonuje się zazwyczaj w ramach dużych grup międzynarodowych. Istotny jest też fakt, że dr Kuźniak wygłosił ponad 25 referatów i wykładów zaproszonych na międzynarodowych konferencjach naukowych, w tym na konferencjach Identification of Dark Matter, czy Light Detection in Noble Elements. W wystąpieniach prezentował często wyniki w imieniu kolaboracji DEAP-3600, co stanowi wyraźny dowód na to, że jego wkład do prac dużych zespołów jest istotny i doceniany.

Podsumowując, pozytywnie oceniam cały dorobek naukowy dr Marcina Kuźniaka, który jednoznacznie ukazuje niezwykle solidne i kompetentne ukierunkowanie podejmowanej tematyki, a także samodzielność i specjalizację w trudnych badaniach interdyscyplinarnych. Dorobek naukowy dr Kuźniaka jest owocem jego indywidualnej działalności naukowej w ramach dużej współpracy międzynarodowej, jest udokumentowany licznymi publikacjami. Jest on też dobrze oceniany w środowisku międzynarodowym.

Ocena zbioru prac przedstawionych do habilitacji

Z zestawu opublikowanych przez siebie prac dr Kuźniak wybrał 5 związanych tematycznie artykułów i przedstawił je jako osiągnięcie naukowe będące podstawą do wystąpienia z wnioskiem habilitacyjnym. Do zestawu dołączone zostało zbiorcze omówienie wyników jako część autoreferatu. Wszystkie przedstawione prace są wieloautorskie. Dr Kuźniak jest podany jako pierwszy autor (ze złamaniem porządku alfabetycznego) i jednocześnie jako autor korespondencyjny w dwóch pracach kilkoautorskich (odpowiednio 3- i 4-autorskich). W jednej pracy podany jest jako drugi autor (znów ze złamaniem porządku alfabetycznego). Czwarta praca jest wieloautorska, a dr Kuźniak wymieniony jest na dalszym miejscu, natomiast ostatnia praca to publikacja wyników kolaboracji DEAP-3600, w której przyjęto zwyczajową kolejność alfabetyczną. Wszystkie prace napisane są w języku angielskim i opublikowane w znaczących czasopiśmie międzynarodowych. Jedną z prac opublikowano w czasopiśmie Physical Review Letters, jedną w Astroparticle Physics, jedną w European Physical Journal C, dwie w Journal of Instrumentation. Analizując załączone oświadczenia habilitanta oraz jego współautorów należy ocenić, iż wkład dr. Kuźniaka był wiodący i kluczowy w trzech publikacjach ([A1], [A2], [A5]) oraz znaczący w publikacji [A3]. Ocena wkładu poszczególnych autorów do publikacji kolaboracyjnej DEAP-3600 nie może zostać przeprowadzona jedynie na podstawie listy autorów i oświadczeń. Wymaga ona także analizy na podstawie dodatkowych kryteriów, takich jak wystąpienia konferencyjne w imieniu kolaboracji oraz funkcje pełnione w jej ramach. Biorąc je wszystkie pod uwagę należy ocenić, że wkład dr Kuźniaka w działania kolaboracji, których ukoronowaniem jest publikacja [A5] jest znaczący. Podsumowując, przedstawiony zbiór prac spełnia wymogi formalne stawiane osiągnięciu naukowemu, które może być podstawą do wystąpienia z wnioskiem o habilitację w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne, zarówno pod względem zgodności z tematyką, zawartości merytorycznej jak i objętości materiału.

W załączonym zbiorze dominują prace związane z wybranymi aspektami produkcji i charakteryzacji materiałów używanych w detektorach z ciekłym argonem, a w szczególności cienkich warstw polimerów, które pełnią rolę WLS. Na podkreślenie zasługuje specjalistyczna i dogłębna wiedza habilitanta o tych materiałach, nie tylko w z punktu widzenia fizyki ciała stałego, ale również potencjalnych zanieczyszczeń promieniotwórczych i innych procesów będących potencjalnymi źródłami tła. W pracy [A1] wiedza ta została użyta w twórczy sposób do otrzymania

ważnych wyników. Dotyczy ona danych eksperymentu CRESST-II, w którym habilitant bezpośrednio nie uczestniczył. Kolaboracja CRESST-II opublikowała prace wskazujące na zaobserwowanie nadmiarowych zdarzeń w kluczowym obszarze energii, zgodnych z potencjalną obserwacją WIMP o stosunkowo niskiej masie. W pracy [A1], wykonanej pod kierownictwem dr Kuźniaka, wykazano, że tło w zakresie, w którym zaobserwowano nadmiarowe zliczenia mogło zostać niedoszacowane w wyniku użycia wyidealizowanej idealnie gładkiej powierzchni uchwytów detektora. Symulacje grupy dr Kuźniaka, korzystające z bardziej zaawansowanego pakietu Geant4, który potrafi symulować nierówności powierzchni rzędu mikrometrów okazały się tu niezbędne. Praca [A1] miała istotny wpływ na dalsze badania – detektor CRESST-III został przeprojektowany w taki sposób, aby wyeliminować potencjalne efekty systematyczne związane z metalowymi uchwytami.

W pracy [A2] przeprowadzona została analiza własności scyntylacyjnych materiału TPB, stosowanego w eksperymencie DEAP. Istotne było przeprowadzenie tych badań w kriostacie, co pozwoliło na zbadanie własności także w temperaturze zbliżonej do temperatury roboczej ciekłego argonu. Wykazano, że uzysk światła nie zmienia się znacząco w tych warunkach, a jego znaczny spadek występuje przy temperaturach jeszcze niższych. Zbadano też zachowanie scyntylacji z różnymi stałymi czasowymi. Jest to istotne, ze względu na to, że szczegóły przebiegów czasowych sygnału stanowią jedną z sygnatur pozwalających na separację sygnałów tła w detektorze. Wyniki te w bezpośredni sposób odnoszą się do kluczowych parametrów fizycznych detektora i pozwalają na opracowanie efektywnych procedur identyfikacji i eliminacji tła powierzchniowego.

W pracy [A3] opisano procedurę naparowania warstwy TPB na wewnętrzną powierzchnię detektora DEAP-3600. Procedura ta była niezwykle zaawansowana technologicznie i była wynikiem wieloletnich prac B+R prowadzonych pod kierownictwem habilitanta. Podkreślić należy jej kluczowe znaczenie dla powodzenia eksperymentu, a także fakt, że jej przeprowadzenie możliwe było dzięki wyjątkowym umiejętnościom habilitanta. Wyniki zebrane w trakcie rutynowego działania eksperymentu potwierdzają, że procedura została zaprojektowana i przeprowadzona poprawnie.

Praca [A4] jest opracowaniem wyników z analizy danych z eksperymentu DEAP-3600 z około 4 dni zbierania danych. Zwyczajowo takie prace opatrzone są pełną listą autorów całej kolaboracji. Biorąc pod uwagę bardzo istotny wkład dr Kuźniaka w tworzenie i symulację aparatury badawczej oraz przewodniczenie grupie roboczej odpowiedzialnej za analizę danych i symulacje, zamieszczenie pracy [A4] w wykazie osiągnięć jest uzasadnione. Praca pokazuje przede wszystkim poprawne i zgodne z założeniami działanie samego detektora, w tym skuteczne na poziomie 1.2×10^{-7} odfiltrowanie przypadków tła. Pozwoliło to na nałożenie odgórnego ograniczenia na przekrój czynny oddziaływania WIMP-argon na poziomie $1.2 \times 10^{-44} \text{ cm}^2$. Artykuł ten jest zwieńczeniem wieloletniej pracy habilitanta na rzecz eksperymentu DEAP-3600.

W pracy [A5] dr. Kuźniak pokazuje, że nie ogranicza się jedynie do prac nad aktualnie uruchomionymi detektorami. Jego umiejętności i zdobyta wiedza pozwoliły mu zaproponować nowe materiały typu WLS, których nie dotyczą ograniczenia materiałów dotychczas stosowanych. W szczególności zwiększenie czułości detekcji oddziaływania cząstek ciemnej materii wymaga znaczącego (nawet dwa rzędy wielkości) zwiększenia masy ciekłego argonu. To niesie ze sobą konieczność znacznego zwiększenia powierzchni, które muszą zostać pokryte cienkimi warstwami materiałów WLS. Dr Kuźniak w pracy [A5] zaprezentował wstępne badania charakterystyk nowego polimeru PEN, który może temu wyzwaniu sprostać. Otrzymane wyniki były na tyle obiecujące, że

zachęciły inne grupy do badań i wykazały też konieczność dalszego udoskonalania tego materiału. Jest on realnie rozważany jako możliwe rozwiązanie w detektorze ProtoDUNE-DP oraz DarkSide-20k. W tym drugim eksperymencie doktor Kuźniak bezpośrednio uczestniczy i prace B+R prowadzone są pod jego kierownictwem.

Poszukiwania cząstek ciemnej materii i szerzej fizyki poza Modelem Standardowym są istotnym i aktualnym problemem w fizyce, aktywnie badanym w wielu eksperymentach. W badaniach tych szczególnie istotne jest maksymalne wykorzystanie czułości układów detekcyjnych połączone ze znaczącą redukcją przypadków tła, wszelkimi dostępnymi metodami. Dr Kuźniak dodaje do arsenału dostępnych do tego środków dogłębną wiedzę na temat cienkich warstw WLS oraz doświadczenie w ich wytwarzaniu, eksploatacji i analizie wyników przy ich pomocy uzyskanych. Dzięki temu pełni kluczowe, często kierownicze role w dużych międzynarodowych przedsięwzięciach badawczych, w których uzyskuje unikatowe na skalę światową wyniki. Jest to dowód na to, że tematyka wybrana przez dr Kuźniaka w jego przewodzie habilitacyjnym jest właściwa.

Charakterystyka dorobku dydaktycznego i organizacyjnego.

Działalność dydaktyczna dr. Kuźniaka jest dosyć skromna, co może wynikać z tego, iż dotychczas był zatrudniony na stanowiskach nie związanych z dydaktyką, najpierw w Queen's College w Kingston, następnie w Carleton University w Ottawie i ostatnio w Centrum AstroCENT. Prowadził wykłady dla studentów socjologii i zajęcia ćwiczeniowe jeszcze jako doktorant na Uniwersytecie Jagiellońskim. Nie jest to dorobek znaczący w porównaniu do osób na podobnym etapie kariery naukowej na stanowiskach naukowo-dydaktycznych. Za najważniejszą w jego dorobku dydaktycznym należy uznać opiekę nad stażystami, magistrantami i doktorantami. Jest to aspekt działalności, który dr Kuźniak powinien zdecydowanie rozwinąć na kolejnych etapach kariery. Istotne jest, aby potrafił przekazać swoje umiejętności i doświadczenie następnym pokoleniom badaczy.

Działalność organizacyjna dr Kuźniaka przejawia się w kilku kategoriach aktywności. Po pierwsze pełni on ważne role w dużych międzynarodowych współpracach eksperymentalnych. W eksperymencie DEAP-3600 był między innymi Koordynatorem Analizy Danych i Symulacji, przewodniczącym Rady Naukowej, przewodniczącym Komitetu Publikacji oraz menadżerem szeregu grup roboczych. Działalność organizacyjną kontynuuje też w grupach roboczych eksperymentu DarkSide-20k. Kierowanie dużymi, interdyscyplinarnymi i międzynarodowymi grupami naukowców jest dowodem na posiadanie przez dr Kuźniaka znaczących umiejętności współpracy i organizacji. Oprócz tego dr Kuźniak był członkiem międzynarodowego komitetu naukowego konferencji LIDINE (dwie edycje). Z powodzeniem uzyskiwał też finansowanie swoich badań, zarówno podczas swojej pracy w Kanadzie jak i po powrocie do Polski w Centrum Astronomicznym PAN. Nie ma więc wątpliwości, że dr Kuźniak jest w stanie uzyskać finansowanie swoich badań w przyszłości, co jest pośrednio dowodem na ich znaczenie oraz rozpoznawalność habilitanta w środowisku naukowym.

Podsumowując działalność dydaktyczna dr Kuźniaka spełnia minimalne wymagania, natomiast jego działalność organizacyjna jest na zadowalającym poziomie, odpowiadającym zaawansowaniu jego kariery naukowej oraz dającym przekonanie, że jest on gotowy na pracę jako samodzielny pracownik naukowy.

Podsumowanie

Po szczegółowym zapoznaniu się z przedstawioną do habilitacji przez dr Marcina Kuźniaka dokumentacją, pozytywnie oceniam jego dorobek naukowy, współpracę międzynarodową oraz dorobek dydaktyczny i organizacyjny. Także osiągnięcie naukowe w postaci cyklu pięciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych wysokiej jakości opublikowanych w renomowanych czasopismach naukowych uważam za oryginalne, zgodne z tematyką dyscypliny nauk fizycznych, wartościowe i wnoszące znaczący wkład w badania nad fizyką poza Modelem Standardowym, a w szczególności w opracowanie, budowę i eksploatację unikatowych i wymagających układów detekcyjnych do pomiaru procesów rzadkich. Stawiam wniosek o dopuszczenie dr Marcina Kuźniaka do dalszych procedur związanych z nadaniem mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne.

Adam Kisiel