

Kraków, 26.08.2021

Recenzja osiągnięcia naukowego oraz dorobku dr Tomasza Denkiewicza, w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Dr Tomasz Denkiewicz uzyskał stopień doktora nauk fizycznych w grudniu 2007 roku. Stopień został nadany przez Uniwersytet w Rostocku, Niemcy. Nostryfikacja stopnia została przeprowadzona w maju 2008 roku na Uniwersytecie Wrocławskim.

Obecnie, od maja 2014 roku, dr Denkiewicz zatrudniony jest na stanowisku adiunkta w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Szczecińskiego, gdzie pełni również funkcję Zastępcy Dyrektora Instytutu Fizyki (od września 2016 roku). W latach 2008-2014, dr Denkiewicz był zatrudniony jako adiunkt w katedrze Edukacji Technicznej i Informatycznej Uniwersytetu Szczecińskiego.

Recenzja osiągnięcia naukowego

W skład osiągnięcia naukowego dr Tomasza Denkiewicza pt. *Scenariusze z egzotycznymi osobowościami jako modele Wszechświata z dynamiczną ciemną energią* wchodzi 9 oryginalnych prac naukowych, opublikowanych w takich czasopismach jak Physical Review D, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics oraz Physics of the Dark Universe. Dwie spośród nich ([H4] i [H8]) to prace jednoautorskie. Pozostałe publikacje są pracami wieloautorskimi. Na szczególną uwagę zasługuje praca [H1] która, według bazy INSPIRE-HEP, jest cytowana 83 razy.

Tematyka osiągnięcia habilitacyjnego należy do bardzo aktualnej domeny badawczej, związanej z poszukiwaniem zrozumienia natury tak zwanej ciemnej energii, na której obecność we Wszechświecie wskazują obserwacje kosmologiczne. Najprostszym modelem ciemnej energii jest stała kosmologiczna. Jednakże, problem stanowi jej specyficzna wartość, która powoduje, że wpływ stałej kosmologicznej ujawnia się dopiero w późniejszej (obecnej) fazie ewolucji Wszechświata. Jest to tak zwany problem koincydencji, którego obecność jest jedną z motywacji skłaniających do poszukiwania alternatywnych modeli ciemnej energii. W szczególności, problem koincydencji może znaleźć rozwiązanie w przypadku w którym gęstość ciemnej energii nie jest stała w czasie lecz podlega ewolucji. Ponadto, interesującym przypadkiem jest zachowanie w którym dynamika kosmologiczna prowadzi do atraktora w którym gęstości ciemnej energii staje się porównywalna z gęstością ciemnej materii, co stanowi możliwe wyjaśnienie dla problemu koincydencji. Stąd też, rozważanie dynamicznych modeli ciemnej energii, takich jak te dyskutowane w osiągnięciu habilitacyjnym, jest kierunkiem uzasadnionym naukowo.

Należy mieć jednak świadomość, że dostępne jest całe bogactwo modeli dynamicznej ciemnej materii i wiele z nich może dostarczać równie dobrego wyjaśnienia dostępnych wyników obserwacji kosmologicznych. Dlatego też, ważne jest, aby podejmowane próby wyjaśnienia natury ciemnej energii charakteryzowały się maksymalną oszczędnością wykorzystanych

środków teoretycznych. Równocześnie, mając na uwadze fakt, że ciemna energia może być przejawem nowego fenomenu, należy dopuścić rozwiązania wychodzące poza te dostępne w ramach ugruntowanych teorii fizycznych. W przypadku rozważań fenomenologicznych, do których zaliczają się badania stanowiące tematykę osiągnięcia habilitacyjnego, skutkować to będzie zaakceptowaniem zależności wynikających z założeń, które mogą nie znajdować wsparcia w naszym aktualnym stanie wiedzy co do zjawisk mikroskopowych. Jednak, to dzięki dopuszczeniu takich możliwości, otwieramy drogę do zrozumienia fenomenologicznego danego fenomenu, za którym może pójść dalsze zrozumienie mikroskopowe. Znanym przykładem takiego procesu poznawczego jest historia rozkładu natężenia promieniowania ciała doskonale czarnego, który nie znajdował wyjaśnienia w dziewiętnastowiecznej fizyce klasycznej. Dopiero śmiało i wydawałoby się wówczas irracjonalne założenie Maxa Plancka o skwantowaniu energii doprowadziło do właściwej funkcyjnej postaci rozkładu promieniowania, rozwiązując tym samym problem tzw. katastrofy w nadfiolecie. Było to wciąż zrozumienie fenomenologiczne, oparte na fundamentalnie niezrozumiałych założeniach, opisujące jednak poprawnie dane zjawisko. To zrozumienie fenomenologiczne dało jednak impuls do poszukiwania zrozumienia mikroskopowego, doprowadzając finalnie do odkrycia mechaniki kwantowej.

W prezentowanych badaniach, dr Denkiwicz, poszukując fenomenologicznego zrozumienia fenomenu ciemnej energii również poczynił pewne jakościowo nowe założenia. Mianowicie, co jest koncepcyjnie odważnym krokiem, za przewodnią ideę swojego podejścia obrał On występowanie niestandardowego typu osobliwości. Zaliczyć można do nich tzw. Nagłe Osobliwości w Przyszłości (ang. Sudden Future Singularity - SFS), Osobliwości Skończonego Czynnika Skali (ang. Finite Scale Factor Singularity - FSFS) oraz, tzw. *w*-osobliwości.

W fizyce, osobliwości zazwyczaj wskazują na załamanie się stosowanego opisu teoretycznego. W szczególności, w kosmologii, tak zwana osobliwość Wielkiego Wybuchu, sugeruje niekompletność opisu dostarczanego przez Ogólną Teorię Względności (OTW), w rozumieniu zjawisk grawitacyjnych w reżimie wysoko-krzywiznowym. Istnieje powszechne przekonanie, że osobliwość ta wskazuje na konieczność wyjścia poza ramy OTW, prawdopodobnie do obszaru kwantowej teorii grawitacji lub innej, adekwatnej w tym reżimie, teorii.

Osobliwości wprowadzone i badane przez dr Denkiwicza, występują nie we wczesnym Wszechświecie lecz w późniejszej jego fazie, związanej z dominacją ciemnej energii. Modele posiadające tego typu osobliwości, z jednej strony, dostarczają fenomenologicznego zrozumienia ewolucji ciemnej energii. Z drugiej strony jednak, fakt obecności osobliwości, wskazuje na pewną fundamentalną niekompletność modeli, co może być oczekiwane w przypadku kiedy staramy się opisać zjawisko nowe. Tak więc, występowanie osobliwości może sygnalizować to, że nawet poprawny opis efektywny ma swoje granice, co jest skutkiem braku pełnego uwzględnienia mikroskopowej natury danego zjawiska. W mojej ocenie, jest to bardzo ciekawe podejście do problemu. Chociaż, należy stwierdzić, że zarówno w omówieniu osiągnięcia naukowego, jak i w samych pracach naukowych, zabrakło głębszej refleksji nad przyjętymi założeniami oraz ich osadzeniem w kontekście metodologii badań naukowych oraz dostępnych rozszerzeń OTW.

W pracy [H1], wprowadzony został nowy typ osobliwości nazwany w -osobliwością. w jest efektywnym dynamicznym współczynnikiem baratoropowym w równaniu stanu $p(t) = w(t)\rho(t)$, wiążącym ciśnienie całkowite (p) i całkowitą gęstość energii (ρ). Otrzymany model kosmologiczny można zaliczyć do szerszej klasy modeli, posiadających osobliwość typu FSFS. Praca [H1] wzbudziła spore zainteresowanie w środowisku kosmologicznym, o czym może świadczyć jej liczba cytowań równa 83, według bazy INSPIRE-HEP. Zastanawiające jest jednak to, że dr Denkwicz nie poddaje bardziej szczegółowej analizie tego typu osobliwości w dalszych artykułach, wchodzących do osiągnięcia habilitacyjnego. Niewątpliwie, wartościowe byłoby uzupełnieniem prezentowanych rozważań, w szczególności od strony zarówno fizycznego zrozumienia natury w -osobliwości, jak i empirycznej weryfikacji modeli kosmologicznych z tego typu osobliwością, co jest w dalszej części dyskutowane dla osobliwości typu SFS i FSFS.

Wybrane przypadki modeli charakteryzowane przez nagłą skończoną osobliwość (SFS) poddane zostały konfrontacji z danymi kosmologicznymi w pracy [H2]. W przeprowadzonej analizie, wykorzystano szeroki zakres mierzonych parametrów kosmologicznych, jak również przeprowadzono systematyczną analizę statystyczną wyników, z wykorzystaniem Bayesowskiego porównania hipotez. Badania zainicjowane w pracy [H2] znalazły swoją kontynuację w artykule [H3]. Natomiast, w pracy [H4] przeprowadzona została konfrontacja empiryczna modeli kosmologicznych z osobliwością typu FSFS. Jak pokazano, w świetle dostępnych danych obserwacyjnych, dopuszczalne jest wystąpienie tego typu osobliwości za około 2 miliardy lat w przyszłości. Ponadto, w pracy przeprowadzono analizę stabilności rozpatrywanego modelu na zaburzenia skalarne, wskazująca na niestabilność zaburzeń w punkcie osobliwym. Ta interesująca kwestia, nie jest jednak poddana dalszej, bardziej wnikliwej, analizie dotyczącej znaczenia fizycznego tego zachowania.

Przeprowadzone w artykułach [H2-H4] ograniczenia obserwacyjne, oparte zostały na tak zwanych danych geometrycznych, w których ujęty jest całkowity wpływ ewolucji wszechświata na propagację fotonów. W takim przypadku, wyznaczona obserwacyjnie wielkość (np. wiek Wszechświata) jest wynikiem zintegrowania po danym zakresie czynnika skali funkcji charakteryzujących ewolucję kosmologiczną (np. parametru Hubble'a). Obserwable tego typu nie są jednak w stanie uchwycić wielu aspektów dynamiki kosmologicznej. Integracja prowadzi do, posługując się żargonem, zdegenerowania modeli kosmologicznych, z punktu widzenia finalnej wartości danej obserwabli. Przynajmniej częściowe usunięcie tej degeneracji, możliwe jest poprzez rozpatrywanie obserwabli dynamicznych, wyznaczonych empirycznie dla różnych wartości przesunięcia ku czerwieni.

W pracy [H5], dr Denkwicz wykorzystuje jedną z takich możliwości, opartą na tak zwanym kontraście zaburzeń f , wyznaczonym dla pięciu wartości przesunięcia ku czerwieni. Rozwiązując równanie różniczkowe opisujące ewolucję kontrastu gęstości f , możliwe jest określenie jego wartości dla punktów obserwacyjnych, przy założeniu danego modelu kosmologicznego. Pokazano, że łącząc wyniki dla obserwabli dynamicznej f oraz obserwabli geometrycznej, w świetle dostępnych danych, nie jest możliwe rozróżnienie pomiędzy modelem z FSFS a modelem Λ CDM.

Kolejne dane obserwacyjne, które habilitant postanowił wykorzystać w celu próby rozszerzenia degeneracji modeli SFS, FSFS oraz Λ CDM, dotyczą tak zwanego dryfu przesunięcia ku czerwieni. W tym przypadku, dokonywane jest porównanie obserwabli geometrycznych w pewnym odstępie czasu pomiędzy obserwacjami prowadzonymi na Ziemi, co w rezultacie daje obserwabłą dynamiczną. W pracy [H6], teoretycznie zbadano możliwość wykorzystania pomiarów dryfu przesunięcia ku czerwieni w kontekście rozważanej klasy modeli z osobliwością. Jednakże, z uwagi na dopiero planowane, w momencie powstawania publikacji [H6], eksperymenty mające dokonywać pomiarów kosmicznego dryfu, nie dokonano faktycznych ograniczeń na rozpatrywane modele. Wykazano jednak, że przeprowadzone na przestrzeni około 20 lat obserwacje dryfu przesunięcia ku czerwieni mogą pozwolić na rozróżnienie pomiędzy pewnymi modelami z egzotycznymi osobliwościami.

W rozważaniach przeprowadzonych w pracach [H1-H6], rozpatrywane modele z egzotycznymi osobliwościami opierały się na ansatz'u zadającym relację $a(t)$. Na tej podstawie, wyliczane były ewolucje czasowe wielkości fizycznych takich jak ciśnienie czy gęstość energii. Natomiast, rozważania te nie poruszały kwestii lagrangianu pól materii, które mogą do takiej ewolucji prowadzić. W pracy [H7], podjęto się rekonstrukcji lagranżjanu możliwej teorii efektywnej, w ramach której otrzymywane są osobliwości typu SFS i FSFS. Przeprowadzono to dla teorii pola skalarnego, sprzężonej nietrywialnie z polem elektromagnetycznym. Dodatkowo, w konsekwencji tego sprzężenia, stała struktury subtelnej α staje się zmienną dynamiczną. Fakt ten wykorzystano do próby skonfrontowania rozpatrywanych modeli z dostępnymi ograniczeniami na zmienność α .

Powyżej dyskutowane wyniki, wyjąwszy uproszczoną (nie uwzględniającą zależności przestrzennej) analizę kontrastu gęstości (przeprowadzoną w [H5]) dotyczą przypadku wszechświata jednorodnego. Jednakże, współcześnie, to obserwacje niejednorodności kosmologicznych, poprzez zarówno analizę mikrofalowego promieniowania tła jak i struktur wielkoskalowych, stanowią dominujące źródło informacji o ewolucji Wszechświata. Mając to na uwadze, w pracy [H8], dr Denkwicz podjął się analizy zaburzeń skalarnych we wszechświecie z rozważanymi osobliwościami typu SFS i FSFS. Należy mieć na uwadze, że wyniki zaprezentowane w [H8] dostarczają podstawowej teoretycznej analizy zaburzeń w rozpatrywanym kontekście. Wykorzystanie tych wyników do ograniczania modeli z egzotycznymi osobliwościami wymaga dalszych badań. W szczególności, ich kontynuacja może doprowadzić do wypracowania możliwości ograniczania rozpatrywanych modeli z wykorzystaniem obserwacji fluktuacji temperatury i polaryzacji mikrofalowego promieniowania tła.

Finalnie, odciągająca od tematyki egzotycznych osobliwości kosmologicznych praca [H9], dyskutuje wykorzystanie ewolucji niejednorodności kosmologicznych do ograniczania modelu Λ CDM. W pracy tej rozwinięto metodologię, która w sposób naturalny może znaleźć zastosowania w kolejnych badaniach nad ograniczaniem modeli z osobliwościami typu SFS i FSFS. Stąd też, o ile zamyka ona cykl publikacji wchodzących do osiągnięcia habilitacyjnego, to równocześnie otwiera ona nowy możliwy rozdział, w badaniach nad fizycznym znaczeniem egzotycznych osobliwości.

Podsumowując, przedstawione osiągnięcie naukowe, stanowi spójny ciąg badań nad próbą

empirycznego zweryfikowania postawionej przez habilitanta hipotezy badawczej. Można mieć oczywiście wątpliwości, czy przesłanki za postawioną hipotezą dotyczącą obecności egzotycznych osobliwości są wystarczająco mocne. Jednakże, jak na to już wskazałem wcześniej, w przypadku zrozumienia tak egzotycznego i nieuchwytnego fenomenu jakim jest ciemna energia, uzasadnione jest rozpatrywanie egzotycznych rozwiązań. Bez takich prób, czasem celnych a czasem nie, nauka nie byłaby w stanie dokonywać postępu.

Otrzymane rezultaty stanowią widoczny wkład w rozwój badań nad modelami ciemnej energii, w szczególności dla przypadku z egzotycznymi osobliwościami. Na podkreślenie zasługuje umiejętne łączenie przez dr Denkwicza, w diskutowanym osiągnięciu naukowym, zagadnień teoretycznych z obserwacjami kosmologicznym.

Inne osiągnięcia naukowe i organizacyjne

Poza wchodzącym w skład osiągnięcia habilitacyjnego cyklem dziewięciu publikacji, dr Denkwicz jest autorem i współautorem ośmiu publikacji, dotyczących zarówno kosmologii teoretycznej, jak również energetyki jądrowej. Analizując aktywność naukową dr Denkwicza, w bazie INSPIRE-HEP, adekwatnej dla kosmologii teoretycznej, można znaleźć 20 publikacji i preprintów, cytowanych łącznie 311 razy. Indeks Hirsha habilitanta wynosi 10.

Na podstawie dostępnych danych, stwierdzić można, że habilitant kontynuuje swoją aktywność badawczą, jednakże z częstotliwością publikacji niewykraczającą w ostatnich latach powyżej jednej rocznie. Wedle przyjętych standardów, można to uznać za wartość poniżej oczekiwanej na tym etapie kariery naukowej.

Stan ten może być związany ze sprawowanymi obowiązkami administracyjnymi (w szczególności, jako Zastępca Dyrektora Instytutu Fizyki na Uniwersytecie Szczecińskim) oraz bogatą aktywnością dydaktyczną. Tę stronę aktywności akademickiej, udokumentowaną szeroko w dorobku habilitanta, oceniam bardzo pozytywnie. Jednakże nie powinna ona zdominować pracy badawczej.

Za słabą stronę wniosku można uznać brak odbytego stażu podoktorskiego w obszarze tematycznym osiągnięcia habilitacyjnego. Wykazane staże (4 miesiące, 3 miesiące i 8 tygodni) dotyczą energetyki jądrowej. Odbyte zostały one w ośrodkach francuskiego komitetu do spraw energii atomowej CEA. W konsekwencji tych wizyt, powstał program studiów podyplomowych *Fizyka i inżynieria jądrowa* oraz specjalność *fizyka jądrowa* na Uniwersytecie Szczecińskim. To zaangażowania habilitanta, na styku nauki, techniki i gospodarki, jest zdecydowanie warte podkreślenia.

Z przedstawionych dokumentów wynika, że habilitant był kierownikiem jednego grantu badawczego (Iuventus Plus) oraz wykonawcą w trzech innych grantach. dr Denkwicz był promotorem dwóch prac dyplomowych, w obszarze energetyki jądrowej. Pełnił również funkcję promotora pomocniczego doktorantki w tematyce kosmologii teoretycznej. Można jednak odczuć niedosyt związany zarówno z brakiem opieki nad pracami dyplomowymi w obszarze prezentowanej tematyki badawczej, jak i promotorstwa nad pracami magisterskimi.

Habilitant prezentował wyniki swoich badań na międzynarodowych konferencjach, jed-

nakże, w ostatnich latach, aktywność ta uległa osłabieniu.

Na uznanie zasługuje szeroka działalność organizacyjna, oraz ta związana z popularyzacją nauki. Dotyczy to zarówno tematyki kosmologicznej, jak i energetyki jądrowej. W szczególności, warte jest podkreślenia zaangażowanie habilitanta w organizację serii znakomitych międzynarodowych konferencji, dotyczących tematyki kosmologicznej i grawitacyjnej, które odbyły się w Szczecinie.

Podsumowanie

Podsumowując, przedstawione osiągnięcie naukowe prezentuje wysoki poziom naukowy dr Denkiewicza i stanowi silną stronę wniosku habilitacyjnego. Znaczący wkład dr Denkiewicza w przedstawione osiągnięcie naukowe, w tym dwie prace jednoautorskie, wskazują na jego naukową samodzielność. Mocną stroną wniosku jest również dorobek organizacyjny habilitanta. Za słabszą stronę dorobku uznać trzeba niesatysfakcjonujące międzynarodowe zaangażowanie habilitanta w obszarze tematycznym osiągnięcia naukowego, stosunkowo niską produktywność naukową oraz sporadyczny udział w sprawowaniu opieki nad studentami.

Pomimo wspomnianych braków, w mojej ocenie, doktor Tomasz Denkiewicz spełnia ustawowe i zwyczajowe warunki stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych. Wnoszę o przejście do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Z poważaniem,

dr hab. Jakub Mielczarek
Instytut Fizyki Teoretycznej
Uniwersytet Jagielloński