

Katowice, 1 lipca 2022

Ocena dorobku oraz osiągnięcia naukowego "Eksperymentalne sygnatury kosmologicznych przemian fazowych" dr Marka Lewickiego w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Ocenę rozpocznę od opisu dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego, po czym przejdę do głównej części rozprawy habilitacyjnej czyli analizy osiągnięcia naukowego.

Dorobek naukowy

Dr Marek Lewicki napisał pracę magisterską oraz doktorską pod kierunkiem profesora Zygmunta Lalaka. Tematem pracy magisterskiej było badanie kosmologicznych aspektów modelu SSM w niskich energiach, praca doktorska (obroniona w 2016 roku) dotyczyła łamania elektroslabej symetrii na podstawie danych LHC.

W latach 2016-2017 odbył staż podoktorski w University of Adelaide, w latach 2017-2020 w King's College w Londynie. Od 2020 roku pracuje jako adiunkt naukowy na Uniwersytecie Warszawskim.

Habilitant wykazał poza publikacjami, które są tematem habilitacji, 33 opublikowanych prac naukowych w regularnych, indeksowanych czasopismach takich jak PRD, JHEP, JCAP, PRL (załącznik 3, [O1]-[O33]). Wszystkie prace cytowane są łącznie 1163 razy (stan na dzień 1 lipca 2022), indeks Hirscha = 19 (dane według bazy Scopus).

Wiele prac napisanych jest we współpracy z maksymalnie jednym, dwoma autorami, dotyczy to także cyklu siedmiu publikacji wchodzących w skład opisywanego osiągnięcia naukowego pt. "Eksperymentalne sygnatury kosmologicznych przemian fazowych", załącznik 3 dokumentacji, prace [H1]-[H7].

W większości publikacji współautorami dr Lewickiego są obcokrajowcy z zagranicznych instytutów naukowych.

Dorobek organizacyjny

Od 2018 roku dr Lewicki jest członkiem kolaboracji LISA i bierze aktywny udział w pracach grupy dotyczącej fal grawitacyjnych, koordynuje prace na temat przejść fazowych i strun kosmicznych w przygotowywanej przeglądowej pracy kolaboracji. Poza tym dr Lewicki współpracuje z kolaboracją AION oraz AEDGE (eksperymenty kosmologiczne z użyciem interferometrów atomowych i satelit). Eksperyment AION jest w

fazie początkowej działania (prototyp), AEDGE przygotowuje schemat możliwego planu działania.

Dr Lewicki kieruje dużym grantem NAWA Polskie Powroty (2020-2024, ponad 2 mln PLN), jest w trakcie realizacji grantu NCN Sonanta, poprzednie granty to Iuventus Plus, Etiuda, Preludium.

Habilitant jest członkiem Rady Naukowej dyscypliny fizyka na Wydziale Fizyki UW, organizował lokalne seminaria oraz współorganizował konferencję kosmologiczną w 2021 roku (online, <https://indico.cern.ch/event/1044754/>).

W dokumentacji nie doszukałem się aktywności Habilitanta na polu popularyzacji nauki.

Dorobek dydaktyczny

Dr Lewicki wypromował od momentu zatrudnienia na UW w 2020 roku (adiunkt badawczy) jednego magistra (2021). Podczas doktoratu prowadził ćwiczenia z mechaniki klasycznej oraz analizy matematycznej (lata 2012-2014).

Analiza osiągnięcia naukowego

W cyklu siedmiu prac [H1]-[H7] Habilitant dyskutuje mechanizm przejść fazowych dla pól skalarnych we wczesnym stadium rozwoju kosmosu w którym ze względu na jego rozszerzanie i ochładzanie, powstają globalne minima potencjału. Przy malejącej barierze potencjału pola te mogą tunelować i tworzyć bąble próżni, które oddziałują do momentu gdy kosmos osiągnie globalne minimum. W czasie tego procesu mogą powstawać fale grawitacyjne i badanie ich własności oraz możliwość detekcji jest tematem osiągnięcia naukowego.

Wszystkie wyniki oparte są na założeniu iż przemiana fazowa jest pierwszego rodzaju, założenie to nie jest dyskutowane. Jednakże, przyjmując ten scenariusz za poprawny, możliwe jest badanie mechanizmu wytwarzania fal grawitacyjnych w silnych przemianach fazowych i badanie fenomenologicznych aspektów obserwacji stochastycznej tła fal grawitacyjnych, co czynią autorzy publikacji [H1]-[H7].

Habilitant omawia trzy główne mechanizmy tego typu tworzenia fal grawitacyjnych we wczesnych etapach rozwoju kosmosu. I tak, mechanizmy oraz modele kolizji bąbli są omawiane w pracach [H2], [H4], [H7], [H6] natomiast analiza fal akustycznych i turbulencji w plazmie są omawiane w [H6] i [H7]. Z kolei w pracach [H1], [H3], [H5] analizowane jest spektrum fal grawitacyjnych, które może być generowane we wczesnym stadium rozwoju kosmosu.

Powyższe tematy znalazły się w głównej części opisu cyklu prac i osiągnięcia naukowego, dodatkowe informacje na temat fenomenologii kosmologicznych przemian fazowych oraz strun kosmicznych i defektów topologicznych można znaleźć przy okazji informacji o międzynarodowej aktywności naukowej Habilitanta (rozdział 5 autoreferatu). Wyniki te są interesujące (szczególnie prace [O1], [O12], [O14]), wskazujące na możliwość w przyszłości

odkrycia stochastycznego tła fal grawitacyjnych.

Wracając jednak do opisu osiągnięcia naukowego, do najważniejszych wyników zaliczyć należy moim zdaniem obliczenia pokazujące efektywność produkcji fal grawitacyjnych pochodzących ze zderzeń bąbli w silnej przechłodzonej przemianie fazowej. Pokazano iż w przestrzeni parametrów rozpatrywanych modeli potencjałów wielomianowych z efektami kwantowymi typu logarytmicznego produkcja fal grawitacyjnych może odbywać się poprzez zderzenia bąbli a nie poprzez efekty związane z oddziaływaniem z plazmą.

W pracach wykonano obliczenia i szacowanie energii widm, aby przewidzieć, które mechanizmy zderzeń mogą stanowić dominujące źródła fal grawitacyjnych w danym modelu. W przypadku bardzo silnych przejść fazowych otrzymano pierwsze oszacowania udziału zderzeń ścian bąbli w wyzwalanej energii. Niektóre oszacowania mocno różnią się od poprzednich wyników i są cytowane i wykorzystywane w literaturze fachowej.

W pracach zidentyfikowano również możliwość istnienia nowego efektu gdzie bardzo powolny zanik pola (model z dodatkową grupą $U(1)_{B-L}$) po zakończeniu przemiany fazowej może prowadzić do krótkiego okresu przypominającego dominację materii. W tym przypadku gęstość energii jest zdominowana przez pole oscylujące wokół globalnego minimum potencjału. Mechanizm ten wytwarza specyficzne spektrum stochastycznego tła fal grawitacyjnych z białym szumem o liniowym nachyleniu widma f^1 w przypadku niskich częstotliwości, co może być źródłem porównawczych analiz doświadczalnych (modele przewidują również zależność f^3).

Innym ciekawym wynikiem jest wykazanie iż źródło fal grawitacyjnych jakim są fale akustyczne w plazmie generowane przez przemianę fazową nie jest aktywne przez pełny czas Hubble'a, co za tym idzie generacja fal jest słabsza, typowo o rząd wielkości w stosunku do wcześniejszych oszacowań. Wynik jest ważny ponieważ fale akustyczne są odpowiedzialne za produkcję maksimum widma, co ma wpływ na możliwe analizy doświadczalne sygnałów fal grawitacyjnych.

Jeśli chodzi o modelowanie kształtu widm fal grawitacyjnych, w omawianych pracach zastosowano alternatywne podejście do obliczeń sieciowych, z przybliżonym modelowaniem ewolucji bąbli próżniowych. Wykorzystano uproszczone symulacje par bąbli z symetrią cylindryczną ścian i modelowaniem zachowania pól także po zderzeniu, co wpływa na widmo generowanych fal grawitacyjnych. Ostatnim ważnym elementem analiz numerycznych przeprowadzonych w omawianych pracach było uwzględnienie pułapkowania próżni po zderzeniu w zależności od rozpatrywanych potencjałów. Ewentualny efekt pułapkowania pól po zderzeniu w początkowej próżni wpływa bowiem na profil widma generowanych pól grawitacyjnych.

Podsumowując, Habilitant przedstawił cykl prac, które poświęcone jest badaniu możliwości wykrycia fal grawitacyjnych pochodzących ze wczesnych okresów ewolucji wszechświata. Szereg omówionych wyników i zastosowanych metod, modelowanie i analiza, głównie numeryczna, pozwalają na określenie możliwości detekcji i testów odpowiednich modeli. Zidentyfikowano dominujące mechanizmy produkcji takich fal, korygując dotychczasowe przewidywania na przykład dotyczące energii i kształtu widm fal grawitacyjnych. Wszystkie wyniki oparte są na założeniu, że przejścia fazowe, które przyczyniają się do generacji fal grawitacyjnych są pierwszego rodzaju.

Ponieważ na świecie (tzn. na Ziemi oraz przy udziale dedykowanych satelitów) planowanych jest szereg eksperymentów dotyczących badań fal grawitacyjnych, zaprezentowane badania teoretyczne będą mogły ukierunkować przygotowanie odpowiednich doświadczeń w celu wydobycia informacji o wczesnym wszechświecie z sygnałów w postaci fal grawitacyjnych, co ze względu na stochastyczny charakter tych efektów wydaje się być bardzo ambitnym i trudnym zadaniem.

Jeśli chodzi o formę Autoreferatu, opis osiągnięć w języku polskim nie jest niestety staranny, zawiera wiele błędów językowych. Jeden przykład: tytuł pracy magisterskiej w załączniku 3 brzmi "Niskoenergetyczne implikacje wysokich energii granicznych warunki w SSM", w wersji angielskiej "Low energy implications of high energy boundary conditions in SSM". Tezę o tym iż "LHC osiągnął już zaplanowaną maksymalną energię, i z każdym nowym przeanalizowanym zbiorem danych staje się coraz mniej prawdopodobne, że LHC po prostu wskaże nam jasny kierunek poprzez bezpośrednie odkrycie cząstek spoza SM." należałoby udowodnić lub przynajmniej uzasadnić. Moim zdaniem nie jest to stwierdzenie naukowe i jest to jednostronna teza, nie biorąca pod uwagę nowych możliwości, które zaoferuje nowa wersja LHC oraz HL-LHC. Nie tylko energia, świetlność też się liczy, co za tym idzie większa precyzja pomiarów i przewidywań teoretycznych. Tak więc możliwość badań nowej fizyki ulegnie w LHC poszerzeniu.

Podsumowanie

Dr Marek Lewicki współpracuje z wieloma naukowcami w kraju i na świecie, włącza się aktywnie w prace kolaboracji doświadczalnych, ma doświadczenie w prowadzeniu zespołu badawczego w ramach realizowanych własnych projektów grantowych. Nie mam więc wątpliwości iż jest on przygotowany do prowadzenia na wysokim poziomie samodzielnych i aktualnych, na poziomie światowym badań naukowych.

Stwierdzam, że wykaz osiągnięć naukowych dr Lewickiego opisanych w autoreferacie stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny fizyki spełniając formalne wymagania stawiane kandydatom w przewodach habilitacyjnych. Pozostała działalność zawodowa dr Lewickiego (dydaktyczna i popularyzacyjna, organizacyjna) jest moim zdaniem wystarczająca aby uznać, że Habilitant spełnia wszystkie formalne wymogi do otrzymania stopnia doktora habilitowanego.

Popieram wniosek o nadanie dr Markowi Lewickiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne.



prof. dr hab. Janusz Gluza