



Warszawa, 17.06.2019

dr hab. Agnieszka Pollo

## **Ocena osiągnięcia naukowego przedstawionego do postępowania habilitacyjnego oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dr. Wojciecha Hellwinga**

### **Podstawowe informacje o kandydacie**

Dr Wojciech Hellwing ukończył studia magisterskie na Wydziale Fizyki i Astronomii Uniwersytetu Zielonogórskiego w 2005 roku. W latach 2005-2010 był słuchaczem studiów doktoranckich w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika PAN, gdzie w roku 2010 otrzymał (z wyróżnieniem) stopień naukowy doktora nauk fizycznych w zakresie astronomii na podstawie rozprawy "Kosmologia ciemnej materii z oddziaływaniem skalarnym" napisanej pod kierunkiem prof. Romana Juszkiewicza. Po uzyskaniu stopnia doktora dr Hellwing odbył dwa staże podoktorskie w Wielkiej Brytanii: na Uniwersytecie w Durham i na Uniwersytecie w Portsmouth, pracując pod kierunkiem światowych sław w dziedzinie kosmologii obliczeniowej: prof. Carlosa Frenka i prof. Kazuyi Koyamy. W roku 2017 został laureatem prestiżowego stypendium europejskiego - programu Marii Skłodowskiej Curie, które realizuje w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN w Warszawie.

### **Charakterystyka dorobku naukowego kandydata**

Przeważająca część dotychczasowej pracy naukowej dr. Hellwinga związana jest z problematyką wykorzystania nowoczesnych symulacji kosmologicznych do celów badania alternatywnych teorii grawitacji, także i pod kątem ich potencjalnych testów obserwacyjnych. Zajmował się w szczególności projektowaniem, tworzeniem i wykorzystaniem symulacji w celu analizy modeli, należących m.in. do grupy  $f(R)$  i modeli galileonowych i ich potencjalnego wpływu na statystykę struktury wielkoskalowej, która mogłaby pomóc w odróżnieniu tych modeli od przewidywań OTW. Stworzył również autorskie wysokorozdzielcze symulacje kosmologiczne Copernicus Complexio, które posłużyły jako baza dla szeregu publikacji, m.in. badających konsekwencje wprowadzenia ciepłej ciemnej materii dla rozwoju struktury wielkoskalowej w małych skalach. W opinii recenzenta zróżnicowany i bogaty dorobek habilitanta daje cenny wkład do naszego zrozumienia fizyki w największych kosmicznych skalach – zarówno w ramach „standardowego” modelu  $\Lambda$ CDM, jak i jego możliwych uogólnień. Proponowane w publikacjach obserwable mają szansę już w niedalekiej przyszłości stać się podstawą realistycznych testów obserwacyjnych opartych na danych z nadchodzących wielkich przeglądów nieba: LSST, DESI czy Euclid.

Prowadzone przez dr. Hellwinga badania zaowocowały 37 publikacjami wymienionymi w autoreferacie (baza NASA ADS podaje obecnie wartość 38), z czego trzy artykuły zostały opublikowane przed obroną doktoratu. Aktualny indeks Hirsha dr. Hellwinga wynosi 19.

Większość publikacji to prace opublikowane z niewielkimi zespołami współautorów, ze znaczącym wkładem ze strony habilitanta. Sumaryczny impact factor wszystkich publikacji po 2008 roku wynosi 183,533, a łączna liczba cytowań prac Autora - 869. Spośród tych wszystkich publikacji 10 weszło w skład osiągnięcia habilitacyjnego.

Dr Hellwing wymienia w autoreferacie ponad 50 wygłoszonych przez siebie wystąpień na konferencjach i warsztatach, w tym 18 referatów zaproszonych. Był w komitetach organizacyjnych ośmiu konferencji, w szczególności był pomysłodawcą i głównym organizatorem prestiżowych sympozjów kosmologicznych, poświęconych pamięci prof. Romana Juszkiewicza.

Dr Hellwing w trakcie swojej kariery naukowej był wykonawcą szeregu grantów krajowych i europejskich. Ma też duże doświadczenie w roli kierownika grantów: już jako doktorant zdobył tzw. grant promotorski, w latach 2011-2014 prowadził grant NCN Sonata, obecnie jest kierownikiem grantu NCN Sonata Bis i laureatem wspomnianego wyżej programu europejskiego im. Marii Skłodowskiej-Curie. Na uznanie zasługuje też duże powodzenie w zdobywaniu i realizacji grantów obliczeniowych.

O aktywności naukowej dr. Hellwinga i szerokim spojrzeniu naukowym, wykraczającym poza samo tworzenie symulacji, ale i obejmującym zastosowaniem wyników analiz numerycznych do projektowania realnych testów obserwacyjnych świadczy udział nie tylko w trzech konsorcjach związanych z projektami obliczeniowymi (VIRGO, POWIEW, OCEAN), ale też przynależność do konsorcjum Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI), a od niedawna również Large Synoptic Survey Telescope (LSST).

W trakcie swojej kariery dr Hellwing uczestniczył w opiece nad czterema doktorantami – dwoma w Durham i dwoma w Warszawie. Udaną współpracę dokumentują wspólne publikacje.

**Powyższe podsumowanie pozwala ocenić dorobek doktora Hellwinga jako znaczny, wielostronny, doceniany w środowisku międzynarodowym i w pełni uzasadniający wniosek o rozpoczęcie postępowania habilitacyjnego.**

**Ocena osiągnięcia naukowego „Testy teorii grawitacji na kosmologicznych i międzygalaktycznych skalach”, będącego podstawą postępowania habilitacyjnego**

Dr Wojciech Hellwing jako swoje osiągnięcie w postępowaniu habilitacyjnym przedstawił monotematyczny cykl 10 publikacji, poświęconych - pisząc w dużym uproszczeniu - badaniu różnic pomiędzy statystycznymi własnościami struktury wielkoskalowej Wszechświata przewidywanej w modelu standardowym, opartym na Ogólnej Teorii Względności (OTW), a przewidywanymi przez różne wersje modeli zmodyfikowanej grawitacji.

Osiągnięcie opisane jest w obszernym autoreferacie, napisanym zarówno w języku polskim, jak i angielskim, którego pierwsza część z powodzeniem mogłaby stanowić załączek podręcznika. Autor mógł być tu zapewne poczynić założenie, że recenzenci dysponują podstawową wiedzą na temat ogólnej teorii względności i opisać swoje dokonania bardziej syntetycznie.

W przypadku trzech spośród 10 wchodzących w skład cyklu tych publikacji (H3, H6, H9) habilitant jest pierwszym autorem z niewielką liczbą współautorów, a jego wkład oceniono na

co najmniej 70%. Publikacje te są obszerne i zawierają na tyle ważne wyniki, że w opinii recenzenta nawet i one same wystarczyłyby jako podstawa wystąpienia o habilitację. W przypadku czwartej publikacji (H7) habilitant jest drugim autorem, przy czym pierwszym autorem jest pracujący pod opieką student. W przypadku pozostałych prac udział habilitanta również był znaczący, a jego indywidualny wkład został w wykazie osiągnięć szczegółowo opisany. Nie ma zatem wątpliwości, że dr Hellwing odegrał istotną rolę w powstaniu tych wszystkich publikacji, w wielu aspektach wiodącą, a jego indywidualny wkład daje się dobrze wyodrębnić.

Większość z zawartych w cyklu prac oparta jest na symulacjach N-ciałowych, przeprowadzonych przy pomocy kodu ECOSMOG albo jego macierzystego kodu RAMSES. Praca H1 poświęcona jest badaniu struktury wielkoskalowej - pól gęstości i prędkości własnych - w małych (nieliniowych) skalach dla modeli Wszechświata z rodziny  $f(R)$ . Pokazano, że w nieliniowych skalach przewidywane w tym wypadku widma mocy różnią w stosunku do modeli opartych na ogólnej teorii względności, a efekt jest szczególnie widoczny w przypadku pola prędkości własnych, który to temat eksplorowany jest następnie w kolejnych pracach cyklu. W szczególności praca H3 poświęcona jest analizie wyższych momentów rozkładu pola gęstości i prędkości w kosmologii  $f(R)$ . Jej ciekawym wynikiem jest pokazanie zachowania hierarchiczności skalowania w tym wypadku; różnice rozkładów w małych skalach mogłyby stać się kanwą przyszłych testów obserwacyjnych, aczkolwiek można się obawiać, że będą one trudne do przeprowadzenia i jednoznacznej interpretacji. W pracy H7 wykazano, że wystarczająco dokładne wyniki daje badanie modeli  $f(R)$  w przybliżeniu kwazistatycznym.

Praca H2 poświęcona jest statystyce struktury wielkoskalowej w model galileonowym trzeciego stopnia. Ten model okazał się przewidywać zbyt silne różnice w stosunku do modelu opartego na OTW i nie wygląda na to, że można go obserwacyjnie wykluczyć - nie oznacza to jednak, że nie da się znaleźć modelu galileonowego o lepszych parametrach. Modelom galileonowym poświęcona jest również praca H5, w której autorzy wprowadzają formalizm SETHA-TORMENA w celu przewidzenia rozkładu halo w takich modelach. Co więcej, podejmują próbę przeprowadzenia testu obserwacyjnego poprzez porównanie przewidywań z rozkładem jasnych czerwonych galaktyk z przeglądu SDSS (które, jak się spodziewamy, dobrze śledzą rozkład największych halo ciemnej materii). Mimo mierzalnych różnic okazuje się, że można tak dobrać parametry modeli, żeby wyniki były zgodne z obserwacjami; w szczególności model 3G okazał się niemal nieodróżnialny od modelu opartego na OTW.

W pracy H4 autorzy analizują konsekwencje wprowadzenia modelu nielokalnego, dochodząc do wniosku, że będzie on bardzo trudny do różnicowania z modelami opartymi na OTW.

W pracy H6 analizowane są łączne modele  $f(R)$  i modele galileonowe pod kątem testu obserwacyjnego, nakierowanego na wspomniane wyżej pola prędkości, które potencjalnie zawiera mocniejszy od pola gęstości sygnał zmodyfikowanej grawitacji - a konkretnie na badania prędkości w parach galaktyk. Mimo niewątpliwych trudności obserwacyjnych w przeprowadzeniu takiego testu, temat wydaje się wart rozwinięcia i podjęcia prób zastosowania w praktyce.

Praca H9 stanowi pewnego rodzaju rozszerzenie pracy H3 na modele OTW i modele brany nDGP. Wykazano w niej obiecujące z punktu widzenia testów własności wyższych momentów rozkładu, w szczególności kurtozy.

Naturalną kontynuację zainteresowania polami prędkości stanowią prace H8 i H10, w których autorzy analizują konsekwencje pomiarów statystyki struktury wielkoskalowej, a w szczególności odkształceń funkcji korelacji w przestrzeni przesunięć ku czerwieni (które zaliczają się ostatnio jednym z wiodących testów kosmologicznych poprzez pomiar tempa wzrostu struktury) dla testów modeli innych niż oparte na OTW. Wykazują znany, ale często w praktyce obserwacyjnej "zamiatany pod dywan" fakt, że do przeprowadzenia prawidłowych testów należy także dokonywać pomiarów w oparciu o testowany model kosmologiczny. W epoce "kosmologii precyzyjnej" jest to wynik ważny i istotny.

W opinii recenzenta prace, wchodzące w skład zaprezentowanej serii habilitacyjnej, zaliczają się do „pierwszej ligi” w dziedzinie wykorzystywania symulacji kosmologicznych do projektowania testów obserwacyjnych alternatywnych teorii grawitacji. Niewątpliwie jest w tym też zasługa współautorów, zaliczających się do najbardziej znanych specjalistów w tej dziedzinie, ale wybór takich współautorów (i bycie wybranych przez nich) dowodzi też klasy habilitanta. Zprojektowanie realistycznych testów w oparciu o proponowane metody będzie nadal zadaniem trudnym i skomplikowanym, ale dużą (a nie zawsze u autorów symulacji numerycznych spotykaną) zaletą publikacji i autoreferatu jest realistyczne, pozbawione przesadnego optymizmu podejście do potencjalnych problemów na polu porównań z obserwacjami. Można liczyć, że w kolejnych pracach habilitanta tematyka ta zostanie jeszcze bardziej rozwinięta.

**W mojej ocenie przedstawiony przed dr. Wojciecha Hellwinga monotematyczny cykl publikacji w zupełności spełnia wymogi ustawowe, stawiane osiągnięciu habilitacyjnemu.**

#### **Pozostałe prace habilitanta**

Dr Hellwing jest także autorem i współautorem szeregu prac, nie wchodzących w skład osiągnięcia habilitacyjnego. W pewnym uproszczeniu seria habilitacyjna jest głównie efektem pracy (i współpracy) prowadzonej w ramach dwóch staży podoktorskich w Wielkiej Brytanii i zostały wybrane zapewne z myślą o skomponowaniu możliwie jednolitego tematycznie cyklu. Tymczasem wśród pozostałych prac również znajdują się ważne publikacje, w których wkład habilitanta był znaczący (70% i więcej), jak np. prace 1, 5 8, 11, 21, 23. Na szczególną uwagę zasługują w mojej opinii prace, oparte na zaplanowanych i przeprowadzonych przez dr. Hellwinga symulacjach Copernicus Complexio (6, 11, 12 i in.). Można odnieść wrażenie, że z pozostałych publikacji bez trudu dało by się skomponować drugi cykl habilitacyjny, być może nawet lepiej niż przedstawiony świadczący o dojrzałości naukowej habilitanta.

Warto tu jeszcze raz podkreślić, że dr Hellwing bardzo dobrze łączy zrozumienie problematyki modeli numerycznych i kosmologii obserwacyjnej. W opinii recenzenta stanowi to doskonały prognostyk dla przyszłej pracy w epoce wielkich kosmologicznych przeglądów nieba.

#### **Charakterystyka dorobku dydaktycznego i organizacyjnego kandydata oraz zaangażowania we współpracę międzynarodową**

Habilitant jako post-doc nie miał okazji do prowadzenia regularnych zajęć dydaktycznych. Tym niemniej sprawował nieformalną opiekę nad czterema doktorantami - w Polsce i Wielkiej Brytanii. Współpraca ta owocowała wspólnymi publikacjami, co dowodzi doświadczenia i sukcesów na polu dydaktycznym. Jako wykładowca na Szkołach Kosmologicznych dr Hellwing również wykazał się talentem dydaktycznym.

Praktycznie przez cały okres swojej kariery dr Hellwing działa na arenie międzynarodowej, współpracując z najwybitniejszymi specjalistami w swojej dziedzinie. Należy obecnie do dwóch wielkich międzynarodowych konsorcjów w zakresie kosmologii obserwacyjnej: DESI i LSST. Jest również autorem licznych publikacji popularnonaukowych, występów radiowych, wygłaszał wykłady popularyzujące astronomię. Od 2018 roku koordynuje stoisko naukowe Polskiego Towarzystwa Astronomicznego na Pikniku Naukowym w Warszawie. Należy też obecnie do zarządu PTA. Kierowanie własnymi grantami, szeroka współpraca naukowa świadczą o talentach organizatorskich.

**Podsumowując, należy stwierdzić, że dr Hellwing ma już obecnie znaczny i o wiele przewyższający standardowe oczekiwania stawiane kandydatom na doktora habilitowanego dorobek w zakresie organizacji nauki i popularyzacji.**

### Podsumowanie

Uważam, że przedstawione mi do recenzji osiągnięcie naukowe w przewodzie habilitacyjnym dr. Wojciecha Hellwina – monotematyczny cykl publikacji „**Testy teorii grawitacji na kosmologicznych i międzygalaktycznych skalach**” stanowi znaczący wkład w rozwój metod testowania obserwacyjnego alternatywnych teorii grawitacji oraz spełnia ustawowe i zwyczajowe wymogi, stawiane osiągnięciu habilitacyjnemu, zarówno pod względem merytorycznym, jak i formalnym. W zestawieniu z całym dorobkiem naukowym habilitanta, jego szeroko zakrojoną współpracą międzynarodową, działalnością dydaktyczną, organizacyjną i popularyzatorską, wg mnie w pełni uzasadnia ubieganie się przez dr. Wojciecha Hellwina o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie astronomii. Wnioskuje o dopuszczenie dr. Wojciecha Hellwina do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Z poważaniem,

dr hab. Agnieszka Pollo



