



**prof. dr hab. Mariusz P. Dąbrowski**  
**Kierownik - Szczecińska Grupa Kosmologiczna**  
**Instytut Fizyki, Uniwersytet Szczeciński**

ul. Wielkopolska 15, 70-451 Szczecin  
tel. (+48) 91 4441248; fax: (+48) 914441427  
<https://cosmo.usz.edu.pl>  
Mariusz.Dabrowski@usz.edu.pl

Szczecin, 25.04.2025

***Ocena osiągnięcia naukowego pt.***  
***„Symetria Lorentza w grawitacji i jej konsekwencje w problemie ciemnej materii” przedstawionego do postępowania habilitacyjnego oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego dra Thomasa George’a Zlosnika***

**I. Ocena osiągnięcia naukowego, o którym mowa w art. 219 ust. 1, pkt. 2 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 20 lipca 2018.**

Dr Thomas Zlosnik przedstawił jako osiągnięcie naukowe cykl dziewięciu (H1-H9) jednotematycznych publikacji dotyczących teorii grawitacji i kosmologii. Jest to cykl współautorski. Głównym współautorem jest Constantinos Skordis, który obecnie kieruje Środkowoeuropejskim Instytutem Kosmologii a wcześniej zatrudniał dra Zlosnika w prestiżowym grantie ERC. Innym współautorem był m.in. Tomi Koivisto – znany specjalista z zakresu matematycznej grawitacji. Na podstawie przedstawionych oświadczeń można wywnioskować o znaczącym wkładzie habilitanta w ich powstanie. Prace są co najwyżej kilkuautorskie (maks. 4 autorów) niekoniecznie z alfabetycznym układem nazwisk. Uwagę zwraca fakt, iż jest to grono 7 współautorów, co świadczy o dużej otwartości habilitanta na współpracę nad nowymi ideami i chęć nauczenia się innego spojrzenia na różne zagadnienia kosmologii z perspektywy innych badaczy. W całym dorobku obejmującym osiągnięcie oraz inne opublikowane artykuły (w sumie 32 prace po doktoracie i 6 przed) nie zauważyłem jednak pracy samodzielnej, co jeszcze później skomentuję.

Korzystając z przedstawionych w autoreferacie danych (sprawdzonych przeze mnie niezależnie w bazach INSPIRE oraz NASA-ADS) całkowita liczba cytowań przedstawionego cyklu wyniosła 385 cytowań i jest w ponad połowie zdominowana przez artykuł H4 (200 cytowań), który podaje nową relatywistyczną teorię ciemnej materii w rozszerzeniu ujęcia M. Milgroma zwanego MOND (MODified Newtonian Dynamics).

Natomiast patrząc na całkowity dorobek dra Zlosnika wraz ze współautorami oceniany odbiorem środowiska fizyków i astronomów, to osiąga on ponad 2500 cytowań z indeksem Hirscha  $h=17$  (wg bazy INSPIRE na 46 prac w dorobku). Są to bez wątpienia wyniki znacznie przekraczające poziom przeciętnej habilitacji, chociaż na uwagę zasługuje fakt, iż niemal 1800 cytowań z tego

zajmują dwie przeglądowe prace wieloautorskie dotyczące możliwych przewidywań dla fizyki i kosmologii z obserwacji satelity EUCLID ( Living Rev.Rel. 21 (2018) 1; tamże 16 (2013) 6). Tym niemniej te dwie prace są powiązane z tematyką ogólną habilitacji i można ich cytowania w jakimś zakresie zaliczyć do całości. W mojej ocenie cały dorobek można uznać za posiadający minimum 1000 „czystych” cytowań (przez to rozumiem „kilkunastu autorskich”), co i tak jest dużą liczbą dla przeciętnej habilitacji z nauk fizycznych w Polsce.

Współczesna kosmologia ma dwa podstawowe problemy: wyjaśnienie natury ciemnej energii powodującej globalne przyspieszenie ewolucji Wszechświata oraz wyjaśnienie problemu ciemnej materii, której nie obserwujemy pomimo oczywistego jej efektu grawitacyjnego. W ten drugi nurt badań wpisuje się osiągnięcie przedstawione przez dr Thomasa Zlosnika. Jednak nie idzie o ścieżką bardziej standardową w duchu np. astrofizyki cząstek elementarnych, gdzie pojawia się cała plejada realnych kandydatów do tej „niewidzialnej” materii w postaci cząstek lub związanych z nimi pól (np. cząstek supersymetrycznych). W tym podejściu podstawową ideą jest modyfikacja teorii grawitacji (geometrii) raczej niż poszukiwanie pól – kandydatów do ciemnej materii. Jest to ścieżka zastosowana po raz pierwszy przez wspomnianego już wcześniej M. Milgroma i polega na modyfikacji grawitacji newtonowskiej. Zastosowane przez dra Zlosnika rozszerzenie wiąże się z jednym, moim zdaniem, z dwóch najważniejszych rozszerzeń teorii Einsteina w kierunku jej skwantowania jakim jest spontaniczne złamanie symetrii Lorentza prowadzące do wyróżnienia kierunku w przestrzeni (drugim jest uogólnienie zasady nieoznaczoności Heisenberga na oddziaływanie grawitacyjne).

W ramach rozprawy dr Zlosnik zaproponował dwie klasy modeli, które jawnie łamią symetrię lorentzowską – nazwane modelami typu A i modelami typu B. Modele typu A opierają się na modyfikacji geometrii Riemanna poprzez uwzględnienie skręcenia/torsji/spinu (teoria Cartana) z efektywnym skutkiem tej modyfikacji w obrazie teorii Einsteina odgrywającym rolę ciemnej materii. Ciekawostką jest, iż dr Zlosnik pracował nad tym tematem m.in. z jednym z prekursorów teorii ze spinem – Tomem Kibble (teoria ECSK - Einstein-Cartan-Sciama-Kibble). Z kolei modele typu B uzupełniają teorię Einsteina o dwa nowe pola materii – skalarnie i wektorowe (teoria eteru) – to ostatnie powodujące wyróżnienie kierunku w przestrzeni. Ciemna materia jest tutaj następstwem obecności tych dodatkowych pól, co w jakimś stopniu jest podejściem „polowym” do zagadnienia, chociaż wprowadzenie pola wektorowego narzuca określone konsekwencje geometryczne (są one wzajemnie ze sobą ściśle powiązane). Ciekawostką jest, iż modele te nie mają właściwej granicy newtonowskiej.

Największym **osiągnięciem** dr Zlosnika w kontekście modeli typu A, była „dynamizacja” pola Higgsa dla kilku modeli ze spinem, co pozwoliło na jego „uatentycznienie” tzn. na to, aby stało się ono analogiem klasycznego już pola Higgsa łamiącego symetrię w modelach cząstek elementarnych. Tutaj pole Higgsa pełni rolę pola łamiącego początkową symetrię czasoprzestrzeni. Natomiast **osiągnięciem** w kontekście modeli typu B było udowodnienie, iż otrzymana teoria jest teorią typu MOND, w której fale grawitacyjne rozchodzą się z prędkością światła zgodnie z niedawnym wynikiem obserwacyjnym.

Aby nie być gołosłownym, skomentuję zawartość prac H1-H9 przedstawionych jako osiągnięcie.

Jak deklaruje dr Zlosnik, prace H1, H2 i H4 dotyczyły sformułowanych przez Niego rozszerzeń teorii grawitacji Einsteina tak, aby nastąpiło przejście do znalezienia modeli kosmologicznych w tychże rozszerzeniach i sprawdzenie ich konsystencji w pracach H3, H5 i H9 i dalsze uogólnienia oraz wnioski w pracy H6. Prace H7 i H8 miały na celu sformułowanie tych modeli w formalizmie hamiltonowskim i pełniły funkcję pomocniczą z punktu widzenia fizyki zagadnienia.

Chronologicznie patrząc, należy zacząć od pracy H1, w której dr Zlosnik rozważał grupy de Sittera i anty-de Sittera dynamicznie łamane polem wektorowym  $V^A$  do grupy Lorentza w sformułowaniu Einsteina-Cartana. Istotnym wkładem jest tutaj to, iż pole wektorowe  $V^A$  stało się polem dynamicznym (miało dynamiczne stopnie swobody) dzięki czemu Autor mógł znaleźć kilka nowatorskich rozszerzeń teorii grawitacji Einsteina. Na przykład takie, które dopuszczają zmianę sygnatury metryki z euklidesowej na lorentzowską we wczesnym Wszechświecie. Jest to bardzo obszerna praca ze sporą ilością formalizmu matematycznego niezbędnego do wyłuskania interesujących cech tych modeli. W rozdziale 4-tym, tej 47-stronicowej pracy, można znaleźć wyprowadzenia stosownych działań dla grawitacji Cartana z zasad wariacyjnych.

W pracy H2 istotnym krokiem było stwierdzenie, iż można znaleźć rozszerzenie teorii Einsteina z lokalną symetrią cechowania grupy Lorentza nad ciałem liczb zespolonych, co było wcześniej rozważane przez Ashtekara w chiralnym sformułowaniu teorii Einsteina z materią pyłową. Rezultatem było sformułowanie prostego działania dla stosownych pól dającego dynamiczne rozwiązanie.

Praca H4, która została opublikowana w Physical Review Letters, czyli najważniejszym czasopiśmie fizycznym na świecie, doczekała się także największego odbioru wśród fizyków. W niej dr Zlosnik zaprezentował po raz pierwszy relatywistyczną teorię MOND (zwaną dalej RMOND), która jest zgodna z przewidywaniami teorii relatywistycznej TeVeS (Tensor-Vector-Scalar) i jednocześnie spełnia wymagania obserwacyjne w zakresie kosmicznego mikrofalowego promieniowania tła i spektrum mocy zaburzeń (MPS – Matter Power Spectrum) dla materii. Dodatkową jej zaletą jest brak niestabilności związanych z występowaniem pól-duchów.

W pracy H3, dr Zlosnik przedstawił modele TeVeS wykorzystywane też później, w których mod tensorowy, czyli fala grawitacyjna, porusza się z prędkością światła.

Celem pracy H5 było badanie stabilności liniowej (braku niestabilności od pól-duchów) dla modeli znalezionych w H4 z czasopodobnym polem wektorowym  $A_\mu$  zwanym eterem (AeST – Aether-Scalar-Tensor) mogącym pełnić rolę ciemnej materii. Tutaj rolę tensora gra tensor metryczny a skalara – niekanoniczne przesunięte do sektora grawitacyjnego pole skalarne.

W pracy H6, dr Zlosnik pokazał jak modele zaprezentowane w H2 mogą wynikać z procedury cechowania zastosowanej do sparametryzowanych (czyli niegrawitacyjnych ale relatywistycznych) teorii pola.

Praca H9 stosuje znaną w kosmologii i innych dziedzinach fizyki (a także innych nauk – np. chemii i biologii) analizę dynamiczną układów równań różniczkowych w przestrzeni fazowej. Jest to metoda bardzo ogólna, która pozwala na systematyczne badanie całej przestrzeni fazowej i

w tym przypadku poskutkowało znalezieniem nowych modeli, które są zgodne w przewidywaniach z modelem standardowym  $\Lambda$ CDM.

Prace H7 i H8 jak wspominałem powyżej – mają charakter bardziej techniczny.

Reasumując, po dokonaniu powyższej analizy prac H1-H9, a także biorąc pod uwagę oświadczenia zarówno Habilitanta jak i współautorów mogę stwierdzić, że dr T. Złosnik ma wystarczający wkład w przedstawionym do oceny osiągnięciu naukowym i wobec tego spełniony jest warunek formalny autorstwa tego osiągnięcia. Opisane osiągnięcie stanowi znaczący wkład habilitanta w rozwój teorii grawitacji i kosmologii, i bez wątplenia może służyć jako podstawa do nadania stopnia doktora habilitowanego.

## **II. Ocena aktywności naukowej, o której mowa w art. 219 ust. 1, pkt. 2 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 20 lipca 2018.**

Aktywność naukowa dr T. Złosnika odznacza się bardzo dużą wszechstronnością, co robi na mnie bardzo duże wrażenie. Jego prace obejmują bardzo szeroki wachlarz zagadnień - od grawitacji ze skręceniem, do łamania parzystości we Wszechświecie. Ta wszechstronność świadczy także o ciekawości badacza próbującego szukać wyjaśnienia świata bazując na wszystkich dostępnych zasobach – stąd bierze się również niesamowicie duża liczba współpracowników/współautorów prac i najpewniej znakomita z nimi komunikacja. To także dowód na to, iż dr T. Złosnik zadawał wielu już bardziej doświadczonym ekspertom pytania istotne i ważne również dla nich, co pozwoliło na podjęcie współpracy w przeciwieństwie do znanych mi sytuacji młodych badaczy, których pytania nie wzbudziły wielkiego zainteresowania tychże ekspertów i nie podjęli oni współpracy z młodymi adeptami.

Wśród innych tematów wychodzących poza zakres przedstawionego osiągnięcia jakimi zajmował się dr T. Złosnik wymienię kilka, które mi się w jakiś sposób spodobały lub są mi bliskie ze względu na moje przeszłe prace lub zainteresowanie. Jest to na przykład praca O8 dotycząca ograniczeń na łamanie symetrii Lorentza w kosmologii (od wielu lat tematem zajmuje się grupa A. Kosteckiego). Także praca O12, w której Autor rozważa modele kosmologiczne z anizotropią krzywizny w oparciu o pole bezmasowe 2-formy (nie modele anizotropowe w których występuje ścinanie). Na uwagę zasługuje praca O16 dotycząca popularnej w swoim czasie grawitacji konforemnie niezmienniczej. Tematyka łamania parzystości w konsekwencji występowania skręcenia czasoprzestrzeni w modelach Friedmanna jest przedmiotem pracy O18 wspólnej z Joao Magueijo. Z najnowszych prac nie ujętych w autoreferacie, ale ujętych w wykazie osiągnięć naukowych, znajdująca się na pozycji 29 praca na temat poszukiwania nagłych osobliwości w przyszłości w teoriach skalarno-tensorowych eteru oraz praca na pozycji 30 (obie opublikowane w 2024 roku) praca na temat zmodyfikowanej grawitacji ze splątaniem mikrosfer.

W mojej opinii, przedstawione powyżej dowody aktywności naukowej Habilitanta świadczą o nabyciu przez Niego zaawansowanej wiedzy i wyspecjalizowanych umiejętności gwarantujących prowadzenie oryginalnych badań naukowych na wysokim poziomie w zakresie teorii grawitacji i kosmologii.

W tym miejscu chciałbym przedstawić zapowiedzianą już na początku uwagę, która powtarza się w kolejnej pisanej przeze mnie recenzji rozprawy habilitacyjnej. Otóż brakuje mi w niewątpliwie imponującym dorobku, samodzielnej publikacji Habilitanta. Pisząc recenzje rozpraw habilitacyjnych, lub uczestnicząc w komisjach habilitacyjnych, odczuwam spory niedosyt z tego tytułu, bowiem według mojego poglądu definicja „samodzielnego pracownika naukowego” (choć nie usankcjonowana prawnie) powinna obejmować także udowodnienie umiejętności w pełni autonomicznego przygotowania swoich własnych przemyśleń, hipotez, teorii, czy też opracowań.

Inną krytyczną uwagą jest fakt, iż jednak wciąż teorie (R)MOND, TeVeS i teorie Cartana nie są wystarczająco szeroko poddane weryfikacji obserwacyjnej. Patrząc na otrzymane przez Autora rezultaty można mieć wrażenie ich sporej złożoności matematycznej – znacznie większej w porównaniu z modelem standardowym  $\Lambda$ CDM. Można to zapewne sprawdzić stosując porównawcze kryteria statystyczne, czego nie znalazłem w niniejszej rozprawie i co zapewne wymaga uzupełnienia, aby te modele stały się rzeczywistą alternatywą dla innych podejść do problemu ciemnej materii. Także kwestia łamania symetrii Lorentza jest otwarta – liczne obserwacje i eksperymenty dają jedynie ograniczenia na jej łamanie, niż dowodzą z pełnym wsparciem statystycznym, iż to zjawisko występuje. Te punkty powinny być jakoś zarysowane w rozprawie.

Nie komentuję niedociągnięć redakcyjnych dotyczących zaprezentowanego autoreferatu w języku polskim, który przede wszystkim (oprócz oryginalnych 9 prac) czytałem ze względu na wymóg przedstawienia recenzji w tym języku. Szkoda, że Habilitant nie poprosił kogoś z polskojęzycznych kolegów o korektę. Tym niemniej tekst był z niewielkimi wyjątkami dla mnie zrozumiały, chociaż niektóre sformułowania były wręcz zabawne (np. „zdrowie” modeli).

Istotnym elementem aktywności naukowej dra T. Złosnika były też staże naukowe w takich wiodących placówkach jak Instytut Astrofizyki Teoretycznej Uniwersytetu w Oslo (Norwegia), FERMI LAB w Chicago Illinois, a także Perimeter Institute w Waterloo, Kanada. Obecnie dr T. Złosnik realizuje projekt w ramach grantu Marii Skłodowskiej-Curie na Uniwersytecie Gdańskim. Warto też nadmienić, iż był On stypendystą-doktorantem brytyjskiego PPARC (Particle Physics And Astronomy Research Council) w latach 2005-2008. Wykonywał również zadania w kilku innych grantach krajowych lub europejskich w tym w preżsiżowym granicie European Research Council (ERC). Był także aktywny na licznych konferencjach naukowych wraz z referatami zaproszonymi.

### **III. Charakterystyka dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzatorskiego.**

Dr. T. Złosnik w latach 2012-14 zdobył pewne doświadczenie dydaktyczne w Imperial College Londow w Wielkiej Brytanii. Jest to według mnie, znającego brytyjskie wymagania i uwarunkowania, spore osiągnięcie i świadczy o potencjale Habilitanta w tym zakresie. W istocie rzeczy na Uniwersytecie Gdańskim był także promotorem 3 prac licencjackich oraz jak jest napisane współpromotorem (zapewne promotorem pomocniczym) doktoratu. Sądzę zatem, iż łatwo może być po uzyskaniu stopnia, włączony w porces dydaktyczny na tej uczelni.

Dr T. Zlosnik ma już także znaczące doświadczenie w recenzowaniu publikacji dla prestiżowych czasopism z fizyki, astronomii i matematyki, takich jak „Physical Review Letters”, „Physical Review D”, MNRAS, Classical and Quantum Gravity, „Journal of Cosmology and Astroparticle Physics”, „Physics Letters B”, Astronomy and Astrophysics”, „Europhysics Letters”, „Physica Scripta”, „Universe”, „International Journal of Geometrical methods in Modern Physics”, „Astronomische Nachrichten”.

Pan dr T. Zlosnik wykazał się pewną działalnością przy organizacji Praskich Targów Nauki (2016-19), jednocześnie popularyzując wiedzę w zakresie kosmologii tamże oraz w ramach wykładów publicznych w Gdańsku i Gdyni. Na uwagę zasługuje zainteresowanie dziennikarzy czasopism popularnonaukowych „New Scientist”, „The Atlantic” i „Science” dotyczące tematyki modeli A i B będących przedmiotem niniejszej rozprawy. To dodatkowo świadczy na rzecz istotnego wkładu Habilitanta do światowej nauki.

#### IV. Konkluzja

Osiągnięcie naukowe p. dr Thomasa Zlosnika pt. *„Symetria Lorentza w grawitacji i jej konsekwencje w problemie ciemnej materii” stanowi istotny wkład w rozwój zarówno teorii grawitacji jak i kosmologii i wraz z pozostałymi osiągnięciami przedstawionymi do oceny, zostało dobrze zauważone przez środowisko relatywistów i kosmologów.* Stwierdzam, że to osiągnięcie wraz z innymi osiągnięciami naukowymi, w połączeniu z całym dorobkiem dydaktycznym, organizacyjnym i popularyzatorskim spełnia nawet z nadmiarem wymogi ustawowe (art. 219 ust. 1, pkt. 2 i 3 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dn. 20 lipca 2018) stawiane osobom ubiegającym się o stopień naukowy doktora habilitowanego.

Signature Not Verified

Digitally signed by Mariusz

Przemysław Dębowski

Date: 2025.05.04 17:38:08 CEST