

**Recenzja rozprawy habilitacyjnej i dorobku naukowego  
dr Cezarego Migaszewskiego**

**Podstawy prawne**

Recenzję przygotowano w oparciu o przepisy prawne zawarte w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytułach naukowych wraz z późniejszymi zmianami (Dz.U. 2017 poz. 1789) oraz w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września (Dz.U. 2011 poz. 1165). W myśl przepisów właściwych dla postępowania habilitacyjnego dr Cezarego Migaszewskiego celem recenzji jest ocena czy osiągnięcie naukowe wnioskodawcy uzyskane po doktoracie, stanowi znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej astronomia oraz czy wnioskodawca wykazuje istotną aktywność naukową.

**Ocena osiągnięcia naukowego**

Jako osiągnięcie naukowe dr Migaszewski przedstawił spójny tematycznie cykl pięciu prac (oznaczonych jako H1-H5) zatytułowany "Migracja, orbity okresowe i powstawanie rezonansów ruchów średnich w układach dwóch i więcej planet". Prace ukazały się w *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, renomowanym czasopiśmie o zasięgu światowym występującym na liście JCR. Dwie z nich są dwu autorskie, oszacowany wkład Habilitanta wynosi 50% i 75 % odpowiednio, przy czym w drugiej z nich (H5) dr Migaszewski jest pierwszym autorem. W pozostałych publikacjach osiągnięcia habilitacyjnego Habilitant jest jedynym autorem. Wszystkie publikacje ukazały się w latach 2014-2018 (stopień doktora Habilitant uzyskał w roku 2010). Zatem przedstawione osiągnięcie naukowe dr Migaszewskiego spełnia formalne wymogi Ustawowe.

Osiągnięcie naukowe Habilitanta uważam za aktualne i znaczące dla astronomii. Tematyka rozprawy, dotyczy pozasłonecznych układów planetarnych, sposobu ich powstania i przyszłego losu. Obecnie znamy ponad 4000 takich układów, stanowiących bardzo różne światy. Układy te nie mogły powstać w miejscach, w których zostały obecnie zaobserwowane, ich orbity musiały więc doznać znaczących zmian, których istotnym powodem m. in., było zjawisko migracji planetarnej. I właśnie tego zagadnienia dotyczą publikacje przedstawione jako osiągnięcie habilitacyjne.

Dwie z nich (H1 i H5) poza analizą procesu powstawania konfiguracji planetarnych zawierają interpretację danych obserwowanych dwóch układów HR 8799 i Kepler-25. Pozostałe prace (H2, H3, H4) skupiają się na badaniu wybranych mechanizmów ewolucji układów planetarnych.

W pracy H1 - "Multiple mean motion resonances in the HR 8799 planetary system" - dokonano wyznaczenia konfiguracji orbitalnej złożonego systemu HR 8799 składającego się z 5 obiektów. Opisano model układu HR 8799 zgodny (w sensie dopasowania chi-

kwadrat) z obserwacjami astrometrycznymi. To trudne ze względu na jedynie 10 letnie dane astrometryczne oraz cechy dynamiczne tego systemu, rozwiązano za pomocą zaproponowanego nowego algorytmu polegającego na sprawdzaniu zgodności z obserwacjami jedynie tych konfiguracji, o których wcześniej wiadomo, że są stabilne. Pozwoliło to na wyeliminowanie konieczności tradycyjnego sprawdzania horrendalnej liczby symulowanych rozwiązań. Uzyskany w pracy H1 rezultat, zastosowana w niej metodyka zostały z powodzeniem wykorzystane w kolejnej pracy opublikowanej w *Nature*, jednak nie zawartej w cyklu prac stanowiących osiągnięcie habilitacyjne dr Migaszewskiego.

Praca H2 - "On the migration of two planets in the disc and the formation of mean motion resonances" - dotyczy odnotowanej w literaturze rozbieżności pomiędzy rozkładami własności dynamicznych układów par planetarnych syntetycznych i układów par obserwowanych. Dla wyjaśnienia rozbieżności, Habilitant zaproponował model dysku protoplanetarnego, w którym w różnych regionach możliwa jest naprzemienna migracja (zbieżna i rozbieżna) pary planet. W przedziale czasu istnienia dysku badano ewolucję orbitalną szeregu początkowych konfiguracji dwóch planet (3500 symulacji). Przebieg ewolucji okazał się bardzo skomplikowany, obejmował okresy, w których planeta przebywała w regionach migracji zbieżnej, a także okresy gdy planeta przebywała w regionach migracji rozbieżnej. Efekt końcowy zależał od mas planet i ich początkowych orbit. W rezultacie statystyka stosunków okresów orbitalnych badanych par okazała się być bardzo różnorodna nie pozwalając na wyjaśnienie rozbieżności pomiędzy obserwowanym i syntetycznym rozkładem tych stosunków. Uzyskiwano różne konfiguracje o stosunkach okresów  $\sim 1.2$ , o wartościach  $> 2$  a dla systemów hierarchicznych  $\sim 10$ . Ale znaleziono ważną wspólną cechę dla tych układów, niezależną od mas ich członków - niemal wszystkie konfiguracje powstałe na skutek migracji okazały się być konfiguracjami okresowymi.

W pracy H3 - "On the migration of three planets in the protoplanetary disc and the formation of chains of mean motion resonances" - analizowano przebieg migracji par planet występujących w konfiguracjach trój-planetarnych o masach odpowiadających masie superziemi (super Earth). W przeciwieństwie do badań migracji dwóch planet układy z trzema planetami nie były dotąd dostatecznie zbadane. Ale wiadomo było, że zbieżna migracja takich układów doprowadza do powstania łańcuchów rezonansów w ruchu średnim. To z kolei przy odpowiednio powolnej zbieżnej migracji winno doprowadzić do nadwyżki stosunku okresów obiegu bliskich rezonansowi pierwszego i wyższych rzędów, czego nie stwierdzono w układach obserwowanych. Podjęta praca miała na celu wyjaśnienie tej sytuacji. Badano 2700 konfiguracji trój-planetarnych, w wyniku czego okazało się, że dla około jednej trzeciej końcowym etapem ewolucji były układy zwarte (stosunek okresów obiegu  $< 2.2$ ). Stwierdzono także, że w większości tych systemów mogą wystąpić łańcuchy rezonansów w ruchu średnim planet. Ze względu na większą liczbę parametrów ewolucja układów z trzema planetami okazała się bardziej złożona niż w przypadku pracy H2, co podobnie nie doprowadziło do pełnego osiągnięcia założonego celu. Jednak uzyskane wyniki (diagramy) wskazują na kierunek w jakim zależałoby pójść w celu dalszej analizy postawionego problemu.

W pracy H4 - "On the migration-induced formation of the 9:7 mean motion resonance". We wcześniejszych pracach, których współautorem był dr Migaszewski pokazano znaczenie

rezonansu 9:7 dla obserwowanego układu dwóch superziem orbitujących wokół gwiazdy Kepler-29. W pracy H4 pogłębiono tę tematykę, podjęto analizę pozwalającą na zrozumienie, w jaki sposób dochodzi do zaistnienia tego rezonansu? - dlaczego układ może uniknąć rezonansu albo pozostawać w nim związany czasowo a nawet trwale? Dodatkową motywacją był fakt, że zjawiska rezonansu rzędu wyższego niż pierwszy nie były wyczerpująco przebadane w kontekście migracji planet.

W pracy H4 analizowano pełny dynamiczny model układu, użyto również jego uśrednionej wersji co pozwoliło na lepszą ilustrację zachowania układu po wejściu w rezonans. Potwierdzono i wyjaśniono losowy charakter wejścia układu w badany rezonans. Stwierdzono też, że dla trwalszego zaistnienia rezonansu, bezpośrednio po jego zajściu, odległość układu od konfiguracji okresowej nie może być zbyt duża, układ musi wpadać w obszar odpowiadający rezonansowej strefie zbieżności, zależny od mas planet jak i przyjętego modelu migracji. Rezonans 9:7 okazał się mieć charakter dwu-modalny rozdzielony separatryszą. Moda wewnętrzna w centrum zawiera punkt równowagi układu uśrednionego, moda zewnętrzna centrowana jest na gałęzi konfiguracji okresowych. Praca H4 ukazała skomplikowany charakter procesu migracji doprowadzającego do powstania rezonansu 9:7.

Praca H5 - "A periodic configuration of the Kepler-25 planetary system". We wcześniejszych publikacjach (m.in. H2, H3) za pomocą symulacji pokazano, że w przypadku gładkiej migracji, bardzo często mamy do czynienia z konfiguracjami okresowymi badanych układów. W pracy H5 postawiono problem - czy cecha ta jest widoczna w obserwowanych układach pozasłonecznych? Podjęto próbę ustalenia, czy system dwóch planet orbitujący wokół gwiazdy Kepler-25 jest konfiguracją okresową? W rezultacie w pracy H5 stwierdzono, że konfiguracja okresowa dwóch planet, która jest naturalnym rezultatem migracji, może być dobrym modelem rezultatów obserwacji TTV układu planetarnego Kepler-25. Ale nie oznacza to, że jest to jedyny możliwy rezultat. W wyniku dalszych badań w ramach pracy H5 pokazano, że również inne konfiguracje niż okresowe mogą dobrze opisywać dane obserwacyjne.

Przedstawione jako osiągnięcie habilitacyjne publikacje, ukazują bardzo skomplikowany przebieg ewolucji układów pozasłonecznych. Są to solidne prace zawierające wiele szczegółowych wyników, ukazujące wysoki poziom naukowego warsztatu, którym Habilitant się posługuje. Uzyskane wyniki są znaczące o czym m. in. świadczy ranga wydawnictwa w jakim zostały opublikowane. Wszystkie prace ukazały się w *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* z listy JCR. Poza dwiema są to prace jedno autorskie, co obecnie nie jest zbyt często spotykane. Łączny Impact Factor (IF) tych prac wynosi 25,445 średnio na pracę 5,089, co stanowi bardzo dobry rezultat. Nie bez znaczenia jest też drugi wskaźnik ich oceny, wg bazy Web of Sciences (WOS, All Databases) w okresie 2014-2019, na dzień 23.08.2019 ich cytowalność wynosiła 65.

Dlatego uważam, że osiągnięcie naukowe dr Migaszewskiego spełnia kryteria ustawowe wymagane w postępowaniu o stopień doktora habilitowanego.

## Ocena całości dorobku naukowego i innego dorobku Habilitanta

Poza pięcioma publikacjami stanowiącymi osiągnięcie naukowe Habilitanta, na dzień 23.08.2019, w bazie WOS (All Databases) wymieniono 26 dodatkowych pozycji, 9 z nich powstało przed uzyskaniem doktoratu. 22 prace opublikowano w czasopismach z listy JCR, 4 prace wydano w materiałach konferencyjnych. Są to bardzo dobre czasopisma jak wspomniane już *Monthly Notices*, ale są i inne jak *Astronomy and Astrophysics*, *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, i z najwyższej półki *Astrophysical Journal Supplement Series* oraz *Nature*.

Łącznie, wszystkie wymienione w bazie WOS 31 publikacji, cytowano 372 razy (318 razy bez auto cytowań), a ich indeks Hirscha wynosi  $h=11$ . (We wniosku z 15.02.2019, załącznik nr 4, Habilitant podje 344 cytowania,  $h=10$ ). Warto też dodać, że w ostatnich 2 latach roczna liczba cytowań prac Habilitanta w bazie WOS osiągała wartość ok 50-ciu, co pośród badaczy zajmujących się mechaniką nieba jest bardzo przyzwoitym wynikiem.

Określony przez Habilitanta wkład w powstanie 26 publikacji nie stanowiących osiągnięcia naukowego waha się od 1-100%, przy czym wkład w dwie prace opublikowane w wydawnictwach najwyższej rangi, *Astrophysical Journal Supplement Series* oraz *Nature*, wynosi po 20 %.

Do doktoratu tematyka badawcza Habilitanta dotyczyła wiekowej dynamiki układów planetarnych, po doktoracie tematyka została rozszerzona o dynamikę rezonansową, oraz włączenie do analiz np. obserwacji planet uzyskanych w oparciu o pomiary zmienności czasów tranzytów (TTV) w układach pozasłonecznych.

Sumaryczny impact factor publikacji (ponad 165), wysoka liczba cytowań jak i ich indeks Hirscha oraz fakt wielokrotnego nagradzania Habilitanta (6 nagród za działalność naukową) w moim przekonaniu są wystarczające by całościowy dorobek naukowy dr Migaszewskiego uznać za znaczący, czyniący zadość wymaganiom zwyczajowym i ustawowym stawianym w przewodzie habilitacyjnym.

Dr Migaszewski jak dotąd nie był kierownikiem grantu, ale jako wykonawca brał aktywny udział w czterech grantach Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz w jednym grantie finansowanym ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.

Habilitant wygłosił cztery referaty na międzynarodowych i krajowych konferencjach tematycznych, w dwóch z nich był jedynym autorem. Brał także aktywny udział międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych. Był autorem lub współautorem komunikatów przedstawionych podczas dziesięciu takich konferencji.

Podczas konferencji, "Extrasolar planets in multi-body systems: theory and observations", był członkiem lokalnego komitetu organizacyjnego - konferencja z 2008 roku w Toruniu.

Mimo, iż w swoim wniosku (Załącznik nr 4) Habilitant nie podał informacji na ten temat, to jako osoba zatrudniona na etatach asystenta a następnie adiunkta na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika, był zobowiązany do prowadzenia szeregu zajęć dydaktycznych.



Pozwala to na stwierdzenie, że posiada wystarczające doświadczenie dydaktyczne. W załączniku 4, Habilitant wymienia natomiast jedyny w jego historii przypadek opieki naukowej nad studentem piszącym pracę inżynierską na UMK.

Podobnie, w Załączniku nr 4, Habilitant nie wspomina swojej działalności popularyzatorskiej. W szczególności o jego współudziale w 36 odcinku znakomitej serii *Astronarium* emitowanym przez TVP, a także o udzieleniu kilku wywiadów m.in dla Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, zamieszczonego na stronie internetowej "Nauka w Polsce".

W latach 2014-17 Habilitant odbywał staż podoktorski na Wydziale Matematyczno-Fizycznym Uniwersytetu Szczecińskiego.

W okresie od 2009 do 2016 dr Migaszewski recenzował 21 manuskryptów dla renomowanych czasopism astronomicznych: 6 dla *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 5 dla *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*, 5 dla *Astrophysics and Space Science*, 2 dla *Astronomical Journal*, 2 dla *Acta Astronomica*, 1 dla *Research in Astronomy and Astrophysics*. Całkiem niedawno, w roku 2018, dr Migaszewski recenzował projekt badawczy dla węgierskiego "Krajowego Biura Badań, Rozwoju i Innowacji". W tym zakresie działań, aktywność Habilitanta uważam za znaczącą.

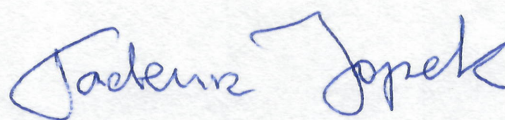
Od roku 2015, dr Migaszewski jest członkiem Międzynarodowej Unii Astronomicznej.

### **Podsumowanie**

Uważam, że dorobek naukowy i pozanaukowy dr Migaszewskiego, spełnia w stopniu wystarczającym wymagania wynikające z Ustawy o stopniach naukowych z dnia 14 marca 2003 r., oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r., stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Mocną stroną wniosku dr Migaszewskiego jest jego część naukowa. Habilitant jest dojrzałym samodzielnym aktywnym badaczem, pozytywnie postrzeganym przez swoje międzynarodowe środowisko naukowe (wysoka liczba cytowań, międzynarodowe współautorstwo prac, recenzowanie prac dla wysokiej rangi czasopism), co z nawiązką rekompensuje słabsze strony wniosku: Habilitant nie kierował projektem badawczym, nie pełnił funkcji promotora pomocniczego w przewodzie doktorskim.

W związku z tym wnoszę o dopuszczenie dr Cezarego Migaszewskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.



prof. dr hab. Tadeusz Jopek  
IOA UAM