

**Ocena osiągnięcia naukowego oraz ocena istotnej działalności zawodowej
dr Pawła Kankiewicza
w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego**

1. Formalne ujęcie osiągnięcia naukowego

W skład osiągnięcia naukowego zatytułowanego *Dynamika małych ciał na orbitach wstecznych* wchodzi pięć artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach o zasięgu światowym, w tym po jednym z nich w *Astronomy & Astrophysics* [praca H5] oraz *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* [H2], o jednych z wyższych indeksów cytowań (IF). Kolejne dwa artykuły zostały opublikowane w *Planetary and Space Science* [H3, H4] oraz *Acta Astronomica* [H1]. Wszystkie wymienione czasopisma to dobrze punktowane czasopisma znajdujące się w *Wykazie czasopism naukowych i materiałów z konferencji międzynarodowych* zawartym w ostatnim komunikacie Ministra Edukacji i Nauki z 1 grudnia 2021, znajdowały się także w wykazach czasopism z lat poprzednich. Według bazy JCR, najnowsze wartości indeksów cytowań tych czasopism to odpowiednio 5.803 (A&A), 5.287 (MNRAS), 2.477 (Acta) i 2.030 (PSS).

Dr Paweł Kankiewicz jest pierwszym autorem wszystkich pięciu powyższych publikacji, w tym jednej z nich – jedynym [H4]. Cztery pozostałe to prace dwuautorskie wykonane wraz z dr. Ireneuszem Włodarczykiem. Z oświadczeń autorów oraz z treści publikacji wyciągam wnioski, że we wszystkich czterech badaniach (publikacje [H1], [H2], [H3], oraz [H5]) dr Włodarczyk w pewnym stopniu współtworzył metodykę badań, w szczególności modelowanie efektów Jarkowskiego w badanych obiektach, a także, był odpowiedzialny za dane startowe do badań, czyli otrzymanie orbit oskulacyjnych badanych planetoid i komet w oparciu o obserwacje pozycyjne (te ostatnie dostępne z bazy IAU Minor Planet Center). Zgodnie z oświadczeniami, w jednej z tych prac [H2], wykonał także rachunki numeryczne ewolucji dynamicznej w długich skalach czasowych.

Opublikowana w 2017 roku praca [H2] była dotąd najwięcej cytowana spośród omawianych prac – 10/12 razy według baz Web of Science oraz Astrophysics Data System (ADS, bardziej reprezentatywny dla astronomii). Statystyka pozostałych publikacji: [H3] – 7/8 (opublikowana w 2018), [H1,H4] – po jednym cytowaniu, zaś praca [H5] została opublikowana w zeszłym roku i nie znalazłam cytowań.

Uważam, że publikacje wchodzące w skład rozprawy habilitacyjnej tworzą poprawnie skonstruowany ciąg badań, który także w sposób naturalny odzwierciedla nadal niepełną naszą wiedzę na temat pochodzenia orbit wstecznych w populacji planetoid w Układzie Słonecznym oraz skuteczności mechanizmów do tego prowadzących. Dr Kankiewicz do tego intrygującego problemu podchodzi od strony badania statystycznych cech stabilności orbit wstecznych znanych dziś planetoid o takim charakterze ruchu, w tym także szukaniu związku orbit wstecznych z działaniem różnego typu rezonansów. Ważną i wyróżniającą cechą osiągnięcia stanowi badanie, jak efekty niegrawitacyjne (NG) typu Jarkowskiego wpływają na stabilność orbit badanych planetoid.

2. Merytoryczne znaczenie osiągnięcia naukowego

Przedstawione do oceny osiągnięcie jest nowym wątkiem badań dynamiki planetoid rozpoczętym przez

dr. Pawła Kankiewicza po doktoracie. Koncentruje się na badaniu małych ciał Układu Słonecznego poruszających się po orbitach wstecznych, w stosunku do planet i znakomitej większości populacji planetoid znajdujących się w wewnętrznym obszarze Układu Słonecznego.

Dziś powszechność orbit wstecznych w populacji komet bliskoparabolicznych (około połowy w w tej grupie), które tworzą składową niemal sferycznie symetryczną wokół Słońca, łączymy z mechanizmami prowadzącymi do utworzenia się Obłoku Oorta. Tę wiedzę czerpiemy z symulacji numerycznych, jednakże obserwacyjne dowody na istnienie Obłoku Oorta zgodnego z różnymi scenariuszami przewidywanymi przez te symulacje, mamy nikłe. Zjawisko ruchu wstecznego wśród komet typu Halleya (HTCs) też nie jest rzadkością (rzędu 30%). Tu też tego przyczynę można wiązać (choć częściowo) z alternatywnymi hipotezami pochodzenia tych obiektów.

Toteż, dr Kankiewicz koncentruje się na badaniu planetoid tworzących populacje o geometrii mniej lub bardziej skupionej wokół płaszczyzny ekliptyki (tzw. składowe płaskie), gdyż w tych populacjach jest to zjawisko niezmiernie rzadkie i – jako słabo nadal poznane – rodzi zagadki. Zgodnie z JPL Small-Body Database, dziś (25 stycznia 2022) znamy 143 takie obiekty. Jest to zaledwie 0,01% wszystkich obecnie znanych planetoid (tych mamy dziś ok. 1,2 mln). Są to w większości Centaury (67 obiektów zgodnie z klasyfikacją używaną w JPL) oraz obiekty transneptunowe (TNOs, 61 obiektów). Zaś w Pasie Głównym tworzącym populację obiektów, które wydają się znajdować w wewnętrznym obszarze Układu Słonecznego od początku jego powstania, znamy dziś jeden taki obiekt. Przedstawiony, mocno uogólniony, obraz tak zasadniczego niedoboru obiektów na orbitach wstecznych w tych rejonach jest zgodny z powszechnie przyjętym scenariuszem powstawania Układu Słonecznego. A przyczyn istnienia obiektów poruszających się po orbitach wstecznych trzeba szukać badając zjawiska mocno nietypowe. W tym kontekście badania prowadzone przez dr. Kankiewicza są niezmiernie interesujące, a dziś, gdy od kilku lat odkrywamy takich obiektów kilka/kilkanaście rocznie¹ wzbudzają coraz większe zainteresowanie.

W sekwencji tych pięciu publikacji można dostrzec rozwój stosowanych metod w miarę postępu badań. Podam jeden przykład, najbardziej mi bliski. W trzech pierwszych, wyznaczanie orbit grawitacyjnych oparte było na ogólnodostępnym pakiecie ORBFIT (Milani i inni, 1997). Następnie orbita była klonowana tak, by oddawać niepewności jej elementów orbitalnych. Do tego początkowo stosowano metodę Milaniego i innych (2005) losowania planetoid wirtualnych (klonów) wzdłuż LOV (ang. line of variation) zawartą także w pakiecie ORBFIT. W pracy jednoautorskiej, [H4], Kankiewicz korzysta już z ogólnodostępnych orbit w JPL, za to losowanie (klonowanie orbit) przeprowadza sam zgodnie z macierzą kowariancji podaną w JPL, co znacznie lepiej pokrywa 6D obszar niepewności elementów orbitalnych. W pracy [H5] zastosowano porównawczo dwie metody klonowania orbit. Zaś złożoną analizę stabilności orbit badanych obiektów, która stanowiła zasadniczy cel tych badań i jest jądrem osiągnięcia naukowego, opracował, rozwijał i przeprowadzał dr Kankiewicz, wykorzystując do tego celu także własne oprogramowanie dostosowane do tych badań. I tu także widać, że w kolejnych publikacjach metodologia w tym zakresie była rozwijana i wzbogacana o nowe elementy. Według mnie najpełniejsza dyskusja używanych metod jest zawarta w pracy [H5].

W publikacji [H1] autorzy badają dynamikę ponad 4 000 planetoid poruszających się po orbitach „przecinających” orbitę Marsa. Z nich wybierają te najbardziej interesujące z punktu widzenia możliwości głębokich zbliżeń do planety, by zbadać stabilność ich orbit. Podejmują próbę opisu korelacji pomiędzy częstością zbliżeń do Marsa a czasami Lapunowa (LT). Nie są to obiekty poruszające się po orbitach wstecznych, bo i dziś chyba

¹W swoim autoreferacie dr Kankiewicz wspomina o ponad 120 obiektach, dziś jest ich ponad 140.

nie znamy jeszcze żadnego obiektu z tej grupy o takiej orbicie. Autor włączył tę publikację do osiągnięcia, gdyż opisuje (bardzo skrótowo) metodologię podejścia do numerycznego badania długookresowej ewolucji orbit planetoid oraz oceny ich stabilności.

Dwie kolejne publikacje [H2, H3] badają dynamikę 25 planetoid (Centaury + TNOs + 1 NEA) na orbitach wstecznych (możliwie dokładnie wyznaczonych) w okresie ± 100 mln lat o najlepiej wyznaczonych orbitach spośród prawie 100 wówczas znanych. W pracy [H2] uzyskują stabilność orbit rzędu „zaledwie” milionów lat w oparciu o czasy dynamiczne dla większości przypadków. Są to czasy znacznie krótsze od tych charakteryzujących dynamikę populacji planetoid na orbitach prostych. To współgra z rzadkością występowania obiektów na orbitach wstecznych. Tylko w trzech przypadkach te czasy okazują się znacznie dłuższe, rzędu dziesiątków mln lat. W obu pracach otrzymują widoczny wpływ efektów NG na zmianę średniego czasu życia. W ewolucji przeszłej proporcja pomiędzy wydłużaniem a skracaniem tego czasu w modelu NG w stosunku do modelu GR jest w przypadku ewolucji przeszłej jak 11:14, zaś ewolucji przyszłej – jak 13:12 (Rys.2 w [3]), czyli nie widać tu systematycznych tendencji do wydłużania/skracania czasów dynamicznych. W pracy [3], Autorzy liczą LT i przeprowadzają analizę porównawczą. Zgodnie z Rys. 4 z pracy [3] zawsze LT są krótsze od czasów dynamicznych, i z wyjątkiem jednego przypadku, rzędu 10^5 lat. Autorzy jednak podkreślają, że napotkali kłopoty w estymacji LP, co jest zrozumiałe, bo ocena LT jest bardzo trudna (w literaturze przedmiotu problemy tego typu są szeroko dyskutowane). Autorzy wskazują też na niesymetryczny przebieg ewolucji 'wstecz' i 'w przód' wskutek uwzględnienia efektu Jarkowskiego. To jest ciekawy wynik, ale mam wrażenie, że wymaga głębszego dalszego zbadania.

W pracy [H4] testowany jest scenariusz powstawania orbit wstecznych wskutek zjawiska odwracania kierunku obiegu wokół Słońca (ang. flipping). Badania polegały nie tylko na wychwytywaniu samego zjawiska przejścia z nachyleniem do płaszczyzny ekliptyki wokół 90° , ale badaniu także dynamiki doprowadzającej do tego zjawiska. W oparciu o badanie dynamiki 39 planetoid o ruchu wstecznym, otrzymano wnioski, że głównie za zjawisko odwracania orbit wydają się być odpowiedzialne zbliżenia do planet i rezonanse wsteczne. Jednakże samo zjawisko odwracania orbit planetoid w Układzie Słonecznym okazuje się procesem niewystarczająco wydajnym do wyjaśnienia istnienia dziś znanych planetoid na orbitach wstecznych.

Praca [H5] jest głównie skupiona na badaniu wpływu efektów NG na dynamikę obiektów w szerszym niż w pracach [H2] i [H3] zakresie. Ponadto, badana jest dynamika dwóch komet, dla których autorzy wyznaczają kometarne efekty NG w standardowym modelu marsdenowskim. Głównym wynikiem pracy jest stwierdzenie, że kierunek rotacji obiektu (czy wsteczny czy prosty) różnie, ale w obu przypadkach znacząco, wpływa na zmianę LT (planetoidy, efekt Jarkowskiego). Autorzy uzyskują też ogólny wniosek, że efekty NG istotnie zmieniają dynamikę komet 333P i 161P (też o ruchu wstecznym) w skali rzędu setek czy tysięcy lat. Włączenie tych obiektów do pracy [H5] postrzegam jako wskazanie, że metody rozwinięte dla planetoid można także zastosować do komet.

W podsumowaniu tej części oceny chciałabym stwierdzić, że cztery z artykułów przedstawionych jako osiągnięcie, [H2]–[H5], stanowią dobrze skonstruowany, monotematyczny cykl badań o tematyce zgodnej z tytułem, zaś artykuł [H1] został przez dra Kankiewicza włączony do cyklu, by raczej wskazać na wcześniejsze przetestowanie różnych ogólnodostępnych pakietów do wyznaczania orbit z obserwacji i ich numerycznego całkowania oraz tworzenie własnych narzędzi badawczych, potem odpowiednio zaimplementowanych także w badaniach dynamiki planetoid na orbitach wstecznych. Wszystkie badania zostały opublikowane w dobrych i

wiodących czasopismach astronomicznych z listy JCR. Studia przedstawione w pracach [H2]–[H5] ogniskują się na intrygującym a słabo poznanym zjawisku istnienia planetoid poruszających się po orbitach wstecznych w Układzie Słonecznym. Skupiają się na badaniu długookresowej ewolucji dynamicznej kilkudziesięciu takich obiektów, głównie Centaurów i obiektów transneptunowych. Uzyskane wyniki wskazują na statystycznie wyraźną tendencję do znacznie krótszych czasów życia obiektów na orbitach wstecznych niż na orbitach prostych. Pokazano także, że zjawisko odwracania orbit nie jest wystarczająco wydajnym procesem, by wyjaśnić istnienie ponad setki tych obiektów. Za istotny wynik badań należy też uznać wskazanie na istotność efektów NG w badaniu dynamiki tych obiektów. Dziś, modelowanie efektów NG w obserwowanych planetoidach nadal można uznać za wyzwanie, gdyż własności fizyczne badanych planetoid są ciągle znane w sposób mocno niedoskonały. Toteż w takich badaniach trzeba się opierać dziś na wielu niepewnych założeniach. Autorzy wykazują tu rozwagę w formułowaniu szczegółowych wniosków dotyczące wpływu efektów NG na wyniki. Wyrażają także nadzieję na znaczny postęp w tym zakresie w przyszłości w oparciu o bardziej kompletne poznanie własności fizycznych badanych planetoid.

3. Działalność naukowo-badawcza i współpraca naukowa

Pozostałe zainteresowania naukowe dr. Pawła Kankiewicza koncentrują się głównie wokół zagadnień związanych z dynamiką małych ciał Układu Słonecznego. W ramach tych zainteresowań jest obecnie wykonawcą projektu NCN SONATA pt *Planetoidy typu V z wewnętrznego Pasa Głównego jako pozostałości zróżnicowanych planetozymali* (kierownik: dr Dagmara Oszkiewicz z Instytutu Obserwatorium Astronomiczne (IOA) UAM, numer projektu: 2017/26/D/ST9/00240, realizacja: 2018–2023). W ramach tego projektu dr Kankiewicz zajmuje się między innymi długookresowym modelowaniem dynamiki planetoid z rodziny Westy z uwzględnieniem efektu Jarkowskiego. Zgodnie z bazą danych NCN, dotąd opublikowano w ramach tego projektu trzy prace, w tym dwie z udziałem dra Kankiewicza (2019, 2020); patrz https://projekty.ncn.gov.pl/index.php?projekt_id=384381. W autoreferacie, dr Kankiewicz zwraca też uwagę na prace wcześniejsze ze swoim udziałem dotyczące tego wątku badań (Oszkiewicz et al., 2015, 2017) i zapowiada kolejne publikacje w najbliższym czasie.

Również w realizacji drugiego projektu pt. *Service for Archival NEO Orbital and Rotational Data Analysis* (SONORDA) współpracował z IOA UAM, a także z firmą ITTI z Poznania. W ramach tego projektu zajmował się tworzeniem oprogramowania do analizy danych obserwacyjnych. Nie udało mi się znaleźć okresu realizacji ani tego projektu ani następnego.

Współpracował także z IOA UAM w ramach projektu *Polish Component to SSA: ESA Space Surveillance & Tracking, NEA and Space Weather* w zakresie przygotowania ekspertyzy dotyczącej obserwacji satelitarnych oraz możliwości wykonywania masowej (automatycznej) astrometrii CCD sztucznych satelitów Ziemi.

O wszechstronnym zainteresowaniu dra Pawła Kankiewicza świadczy także jego współudział w konsorcjum NICA PL, związany z detektorami promieniowania kosmicznego. Jest współautorem prac dotyczących detekcji mionów w eksperymencie *A Large Ion Collider Experiment* (ALICE), w których brał udział w analizie kierunkowości mionów kosmicznych i rozkładu ich źródeł.

Dr Paweł Kankiewicz jest współautorem 23. publikacji recenzowanych (stan z 27.01.2022), które ukazały się w czasopismach z listy filadelfijskiej, zaś po uzyskaniu stopnia doktora nauk fizycznych – 22. To bardzo dobry wynik. Łącznie cytowane są 175 razy. Wśród nich najbardziej cytowana jest praca z *A & A* opublikowana w 2013 i poświęcona badaniu fizycznych modeli planetoid (55 razy według ADS, Hanuš et al., 120 autorów).

Drugą z najlepiej cytowanych jest publikacja z 2018, też z A&A, zawierająca wyznaczenie ustawień osi rotacji planetoid na podstawie przebiegu krzywych zmian blasku (19 razy wg. ADS, Marciniak et al., 169 autorów). Prace [H2] i [H3] zajmują odpowiednio 6 i 7 pozycję na tej liście.

Wszystkie publikacje dr Kankiewicza (80) są cytowane 194 razy według bazy ADS (stan z 27.01.2022), a indeks Hirscha według tej samej bazy osiągnął wartość 8. Baza Web of Science zawiera jedynie 13 prac zgodnych z imieniem i nazwiskiem, zaś z nazwiskiem Kankiewicz jest 50 publikacji, ale trzeba by wyeliminować inne osoby o tym nazwisku. Najskuteczniejsze efekty daje wyszukiwanie w Web of Science po numerze ORCID, wówczas dostaje się 30 publikacji cytowanych 152 razy (bez autocytowań: 125), a indeks Hirscha – 7.

W grudniu 2017 roku dr Paweł Kankiewicz otrzymał Nagrodę Indywidualną III stopnia Rektora UJK za wyróżniające się osiągnięcia naukowe.

Od początku swego zatrudnienia na UJK dr Kankiewicz czynnie zajął się rozwojem lokalnego programu obserwacyjnego w Obserwatorium Astronomicznym UJK. Doprowadził do zarejestrowania teleskopu w międzynarodowych bazach danych. Przykładowo, Obserwatorium w Kielcach jest zarejestrowane w bazie IAU Minor Planet Center i posiada swój własny „kod” (B02). Obserwacje: astrometryczne planetoid i komet, fotometryczne planetoid i różnych typów gwiazd zmiennych zostały włączone do 11 artykułów naukowych (czasopisma recenzowane), których dr. Kankiewicz był współautorem. Do prowadzenia obserwacji i ich publikowania wprowadzał także studentów. Obserwacje z udziałem dra Kankiewicza były raportowane w 30 cyrkularzach IAU Minor Planet Center. Dokonał także rejestracji SALT (*Southern African Large Telescope*) w IAU MPC (kod: B31).

Dr Paweł Kankiewicz był także współorganizatorem kilku konferencji, które odbyły się w Instytucie Fizyki UJK, 33 Zjazdu PTA w Kielcach (2007), międzynarodowej Szkoły Kosmologicznej (Cosmology School Kielce, 2015), dwóch konferencji *Wykorzystanie Małych Teleskopów* (2005, 2016). W latach 2010, 2012 opiekował się grupami studentów w ramach uczestnictwa w projekcie *PROGRES - program rozwoju: Gospodarka – Edukacja – Sukces*, podczas ich wyjazdów na konferencje i spotkania naukowe.

W latach 2013–2019 był członkiem Rady Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego UJK, a od 2013 jest członkiem Rady Naukowej Instytutu Fizyki.

Reasumując należy stwierdzić, że dr Paweł Kankiewicz jest osobą aktywnie uczestniczącą w życiu naukowym swej uczelni i współpracuje intensywnie z IOA UAM w Poznaniu, czyli spełnia wymóg formalny zawarty w Ustawie z 20 lipca 2018 (*Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*, Art. 219 punkt 3).

4. Działalność dydaktyczna i popularyzatorska

Dr. Paweł Kankiewicz rozpoczął działalność dydaktyczną jeszcze będąc na studiach doktoranckich w IAO UAM w Poznaniu. Potem, po przeniesieniu się na UJK w Kielcach, bardzo skutecznie włączył się w dydaktykę na tej uczelni prowadząc dotąd, między innymi, 8 wykładów kursowych, 4 konwersatoria, i 9 ćwiczeń przedmiotowych w Instytucie Fizyki UJK, w ogólności w zakresie astronomii oraz informatyki i metod obliczeniowych. Był także opiekunem 8 prac magisterskich i jednej licencjackiej. W ramach zajęć prowadził ze studentami obserwacje astronomiczne, które były publikowane w Cyrkularzach IAU Minor planet Center (patrz wyżej).

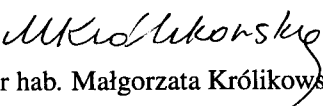
Prowadzi także w Kielcach ożywioną i wielowątkową działalność popularyzatorską w postaci odczytów i pokazów, w tym także w ramach festiwalu nauki, dni otwartych, czy różnych okazji astronomicznych (ciekawych zjawisk na niebie, Roku Astronomii 2009). Miał także zajęcia i otwarte wykłady na Świetokrzyskim Uniwer-

sytecie Trzeciego Wieku. Od 16 lat prowadzi seanse w Planetarium UJK. Wielokrotnie występował w różnego typu mediach lokalnych. W 2004 roku otrzymał Zespołową Nagrodę Rektora. W latach 2009–2012 brał także udział (zajęcia i pokazy laboratoryjne) w projekcie edukacyjnym FENIKS realizowanym w UJK i obejmującym współpracę w ramach konsorcjum trzech uniwersytetów (Jagiellońskiego, Rzeszowskiego i JK), którym zostało objętych kilka tysięcy uczniów z obszaru trzech województw.

Biorąc to wszystko pod uwagę, uważam, że dr Paweł Kankiewicz ma tym zakresie bogate, wielopoziomowe doświadczenie, w pełni kwalifikujące Go do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

5. Podsumowanie oceny osiągnięcia naukowego i całego dorobku naukowego

Biorąc pod uwagę solidny poziom aktywności naukowej pana dr. Pawła Kankiewicza, w pełni spełniającego wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku (*Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*), wnoszę o dopuszczenie dr. Pawła Kankiewicza do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.


dr hab. Małgorzata Królikowska-Sołtan