

prof. dr hab. Włodzimierz Bednarek
Uniwersytet Łódzki
Katedra Astrofizyki

Ocena rozprawy habilitacyjnej Pani doktor Agnieszki Kuźmicz pt.:

"Badanie własności gigantycznych radioźródeł oraz ich galaktyk macierzystych"

Dr Agnieszka Kuźmicz odbyła studia doktoranckie w latach 2008-2013 w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego. W 2014 roku obroniła rozprawę doktorską na temat "Optical properties of host galaxies in giant radio sources". Odbyła dość nietypową ścieżkę kariery zawodowej. W autoreferacie brak informacji dotyczącej zatrudnienia dr Kuźmicz w latach 2014-2015. W latach 2016-2019 odbyła staż podoktorski na stanowisku adiunkt w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN (Warszawa). W latach 2019-2022, pracowała na stanowisku adiunkt w Obserwatorium Astronomicznym UJ (OAUJ), a następnie na umowę zlecenie (w latach 2022-2023), a w 2023 roku na stanowisku asystenta też w OAUJ.

Rozprawę habilitacyjną dr Agnieszki Kuźmicz stanowi mono-tematyczny cykl 6 publikacji (oznaczonych jako H1-H6) opublikowanych w latach 2017-2022. Prace te ukazały się w wiodących czasopismach astrofizycznych o dużym czynniku wpływu (Astrophysical Journal Supplement - 3 prace, Astrophysical Journal - 1 praca, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society - 1 praca i Astronomy & Astrophysics - 1 praca). Zostały one wykonane w małych zespołach badawczych (składających się od 2 do 10 autorów), przy czym dr Kuźmicz jest pierwszą autorką wszystkich prac. Z oświadczeń współ-autorów i Habilitantki wynika, że Jej wkład do wszystkich tych prac jest zdecydowanie dominujący (pomiędzy ~35% (H6) a 93% (H2)). Trzy prace, opublikowane przed 2022 rokiem, uzyskały już łącznie około 80 cytowań zewnętrznych. Dwie prace, opublikowane w 2022 roku, też już zostały zauważone (odpowiednio 3 i 13 cytowania). Dorobek naukowy dr Kuźmicz, przedstawiony jako rozprawa habilitacyjna, jest dobrze rozpoznawany w środowisku naukowym.

Zasadniczym celem pracy dr Kuźmicz było opracowanie dużych, jednorodnych katalogów gigantycznych radio-źródeł, tj. aktywnych galaktyk w których rozmiary struktur radiowych są większe niż 0.7 Mpc. Tą cechą posiada jedynie około 6% wszystkich aktywnych galaktyk. Następnie dr Kuźmicz analizuje własności które pozwalają odróżnić gigantyczne radio-źródła od "zwykłych" radio-źródeł o małych rozmiarach. Celem jest odkrycie przyczyn powodujących powstawanie tak rozległych struktur radiowych w aktywnych galaktykach. Uzyskane przez dr Kuźmicz wyniki analizy własności gigantycznych radioźródeł wydają się zrozumiałe w ramach hipotezy zakładającej inicjację aktywności galaktyk w wyniku ich kolizji z innymi galaktykami. Szczegóły badań przedstawionych w rozprawie są przedstawione poniżej.

Praca H1 zawiera katalog 349 gigantycznych radio-źródeł w którym zawarto ich podstawowe parametry radiowe i optyczne centralnych galaktyk (rozmiary struktur i moce w zakresie radiowym oraz jasności optyczne). W porównaniu do poprzednich katalogów, zawiera on znacznie więcej źródeł o dużych rozmiarach (powyżej 2 Mpc) i w dużych odległościach

($z > 1$). Dr Kuźmich przedstawia podstawowe własności gigantycznych radio-źródeł takie jak, ich rozkład w funkcji przesunięcia ku czerwieni, rozkład ich mocy i rozmiarów oraz rozkład na sferze niebieskiej. Ich rozkład na sferze niebieskiej nie odpowiada rozkładowi pustek w wieloskalowej strukturze materii we wszechświecie. Wskazuje to, że rozmiary struktur radiowych nie są zależne od gęstości ośrodka w których propagują się strugi odpowiedzialne za rozmiary obserwowanych struktur radiowych.

W drugiej pracy (H2), dr Kuźmich przedstawia katalog 272 gigantycznych radiowych kwazarów, zawierających 174 nowe źródła zidentyfikowane przez Habilitantkę w wyniku skorelowania przeglądu radiowego NRAO VLA Sky Survey z przedglądem optycznym Sloan Digital Sky Survey, potrącając w ten sposób ilość znanych gigantycznych kwazarów radiowych. Następnie, dr Kuźmich przeanalizowała własności radiowe, optyczne i podczerwone gigantycznych radio-kwazarów i porównała je z podobnymi własnościami kwazarów radiowych o małych rozmiarach struktur radiowych. Nie stwierdzono znaczących różnic we własnościach linii spektralnych pomiędzy tymi dwoma grupami kwazarów. Odkryto natomiast znaczącą korelację pomiędzy jasnością linii emisyjnej [OIII] a jasnością radiową na fali 1.4GHz dla obu typów kwazarów radiowych, co wskazuje na związek pomiędzy mocą emisji radiowej strug a promieniowaniem jonizującym odpowiedzialnym za powstanie wąskich linii widmowych w obłokach NLR. Stwierdzono także istnienie korelacji pomiędzy szerokością połówkową linii $H\beta$ a stosunkiem szerokości równoważnej linii żelaza (4435-4685 Angstroma) oraz linii $H\beta$ w przypadku obu grup kwazarów. Wskazuje to na relatywnie małe tempa akrecji materii na czarne dziury o dużych masach.

Katalog gigantycznych radiowych kwazarów został użyty do uzyskania w pracy H3 optycznych widm kompozytowych poszczególnych typów kwazarów radiowych (gigantycznych czy tych z małymi rozmiarami radiowymi). Dr Kuźmich pokazuje, że widma ciągle gigantycznych kwazarów radiowych są bardziej "czerwone" niż widma ciągle kwazarów z małymi strugami. Jest to prawdopodobnie wynik silniejszej absorpcji promieniowania optycznego przez materię wokół czarnej dziury w przypadku gigantycznych kwazarów których strugi są średnio bardziej nachylone do kierunku obserwacji. Wniosek ten jest zgodny z obserwowanym w tej pracy wzrostem nachylenia widma ciągłego z parametrem określającym stosunek emisji radiowej z jądra galaktyki do emisji radiowej z obłoków radiowych. W pracy tej udało się także opisać widmo w szerokim zakresie energii dla dwóch gigantycznych kwazarów (od ultrafioletu do zakresu radiowego). Uzyskano w ten sposób informację o podstawowych parametrach fizycznych tych obiektów które okazały się zgodne z parametrami uzyskanymi innymi metodami.

W pracy H4, dr Kuźmich przedstawia analizę zawartości populacji gwiazdowych w galaktykach macierzystych gigantycznych radiogalaktyk i galaktyk znajdujących się w ich pobliżu (tj. w odległościach mniejszych niż ~ 1.5 Mpc). Następnie porównuje populacje gwiazdowe w gigantycznych galaktykach z populacjami w galaktykach radiowych z małymi rozmiarami. W tym celu wykorzystuje program STARLIGHT, dopasujący sumaryczne widma gwiazdowe do widm macierzystych galaktyk. Stwierdza, że oba typy galaktyk są zdominowane przez stare populacje gwiazdowe (o wieku powyżej 10 mld lat), ale gigantyczne radiogalaktyki zawierają większe ilości populacji gwiazd o wieku rzędu 1 mld lat. Wskazuje to na nasilenie procesów gwiazdotwórczych w gigantycznych galaktykach macierzystych w tej skali czasowej. Proces ten może być prawdopodobnie spowodowany intensywnym oddziaływaniem pomiędzy galaktykami w takiej skali czasowej lub dopływem "świeżej" materii międzygalaktycznej do

macierzystych galaktyk gigantów radiowych. Podobny efekt jest także obserwowany w galaktykach znajdujących się w otoczeniu gigantycznych radiogalaktyk. Dr Kuźmicz badała także orientację strug radiowych gigantycznych galaktyk w stosunku do rozkładu otaczających ich galaktyk normalnych które przypuszczalnie wskazują na rozkład materii międzygalaktycznej wokół gigantów radiowych. Nie stwierdzono istnienia korelacji pomiędzy kierunkiem strug gigantów radiowych a obszarami o mniejszej gęstości materii międzygalaktycznej co wskazuje, że rozległe struktury radiowe nie są wynikiem nieizotropowego rozkładu materii w dużej skali.

W następnej pracy (H5), dr Kuźmicz analizuje próbkę 70 galaktyk radiowych (w tym 20 gigantycznych galaktyk radiowych) które wykazują powtarzającą się aktywność strug. Porównano własności optyczne, radiowe i podczerwone tych galaktyk i galaktyk nie wykazujących wielokrotnej aktywności radiowej. Stwierdzono, że masy czarnych dziur w obu typach galaktyk są podobne, natomiast galaktyki z powtarzającą się aktywnością strug zawierają większą ilość młodych gwiazd i mają bardziej skomplikowaną morfologię co wskazuje na ich częstsze oddziaływanie (zlewanie się) z innymi galaktykami. Natomiast, analiza emisji podczerwonej tych dwóch typów galaktyk wskazuje, że przeważająca część galaktyk macierzystych radiogalaktyk, z powtarzającą się aktywnością strug, to galaktyki spiralne.

W ostatniej pracy (H6), dr Kuźmicz dokonuje analizy zmienności optycznej galaktyk macierzystych małej próbki radiogalaktyk zawierającej 5 gigantycznych radiokwazarów i 3 radiokwazary o małych strukturach radiowych w okresie 13 lat. Uzyskane systematycznie krzywe zmian blasku tych kwazarów zostały przeanalizowane dwoma niezależnymi metodami statystycznymi (analiza funkcji struktury i analiza Fouriera) w celu określenia charakterystycznych skal zmienności. Obie metody wskazują, że procesem odpowiedzialnym za zmienność optyczną tych galaktyk są niestabilności dysku akrecyjnego wokół supermasywnych czarnych dziur. Natomiast skale czasowe zmienności tych obiektów są znacznie dłuższe niż czas prowadzonych obserwacji.

Podsumowując stwierdzam, że dr Kuźmicz uzyskała szereg interesujących wyników naukowych które stanowią istotny wkład w zrozumienie procesu formowania się gigantycznych radiogalaktyk. Wskazują one, że gigantyczne struktury radiowe są tworzone przez galaktyki które zaznały w okresie skali czasowej rzędu ostatniego 1 mld lat intensywnego oddziaływania z innymi galaktykami w wyniku którego doszło do skierowania znacznej ilości materii w kierunku super-masywnej czarnej dziury oraz uaktywnienia się procesów gwiazdotwórczych w galaktykach macierzystych radiogalaktyk. Ten proces oddziaływania galaktyk mógł nastąpić wielokrotnie w relatywnie krótkiej skali czasowej prowadząc do powstania podwójnych struktur strug w tym samym źródle.

Dr Kuźmicz wymienia 15 prac (w tym 6 po doktoracie) jako pozostały dorobek naukowy opublikowany w czasopiśmie naukowych (w tym 2 ATel-e). Po doktoracie, tylko 3 prace (z 6 prac) opublikowane są w renomowanych czasopiśmie naukowych. Natomiast, tylko w 1 pracy (Wildy i inni 2018) udział dr Kuźmicz wydaje się znaczący. W tych pozostałych pracach, dr Kuźmicz pojawia się na dalszych miejscach listy autorów w kolejności niealfabetycznej. Dlatego, pozostały dorobek naukowy, szczególnie ten po doktoracie, należy uznać za skromny. Prace z udziałem dr Kuźmicz, poza cyklem przedstawionym jako podstawa habilitacji, uzyskały około 200 cytowań a ich index Hirsha wynosi $H=10$. Jednak po unormowaniu do ilości autorów prac te wskaźniki spadają do ~ 57 cytowań, a unormowany index Hirsha wynosi 4. O istotnym wkładzie dr Kuźmicz do badań nad gigantycznymi radio-źródłami

świadczy także pełnienie przez Nią funkcji recenzenta 3 prac w tej tematyce, złożonych do wiodących czasopism naukowych (2 A&A i 1 ApJ).

Dr Kuźmicz wykazała się także dużą aktywnością w zdobywaniu środków na prowadzenie swojej działalności naukowej. Kierowała dwoma grantami finansowanymi ze środków przyznanych przez NCN (w konkursach PRELUDIUM i FUGA) oraz była wykonawcą w 2 grantach przyznanych przez MNiSzW. Wielokrotnie brała udział w występowaniu o czas obserwacyjny na teleskopach SALT, Subaru, 3.5 m Calar Alto, GMRT, VLA, i LOFAR. Uktywność na tych polach należy uznać za w pełni zadowalającą.

Dr Kuźmicz brała aktywny udział w kilkunastu konferencjach krajowych i zagranicznych prezentując wyniki w postaci plakatów a także wystąpień ustnych. Jest współ-organizatorem co-rocnych Częstochowskich Konferencji Naukowych "Astrophisica Nova" a także innych spotkań organizowanych w Obserwatorium Astronomicznym Królowej Jadwigi. Jest współ-redaktorem kilku popularnych opracowań książkowych w tym między innymi wraz z prof. Wszółkiem podręcznika akademickiego "Elementy astronomii dla geografów". Na Uniwersytecie Jagiellońskim prowadziła zajęcia dydaktyczne z "Podstaw astronomii", "Współczesnych metod obserwacji w astrofizyce", wykład specjalizacyjny oraz seminarium na temat aktywnych galaktyk. Działalność popularyzatorska i dydaktyczna dr Kuźmicz zasługuje na wysokie uznanie.

Stwierdzam, że rozprawa habilitacyjna dr Agnieszki Kuźmicz spełnia wymogi ustawowe (Dz.U. z 2016 r. poz. 882) i stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej astronomia. Prowadzenie działalności naukowej w 2 instytucjach naukowych, dorobek organizacyjny i dydaktyczny spełnia także zwyczajowe wymogi stawiane rozprawom habilitacyjnym i zasługuje na ocenę kwalifikującą Ją do uzyskania stopnia doktora habilitowanego. Dlatego wnioskuję o dopuszczenie dr Agnieszki Kuźmicz do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Wł. Bednarek

prof. dr hab. Włodzimierz Bednarek

Łódź, 15 Styczeń 2024 r.