

Prof. Dr hab. Andrzej Kus
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
w Toruniu

Ocena osiągnięcia naukowego „Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych” oraz dorobku naukowego stanowiących podstawę do wniosku o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego przez dra Rahul’a Basu.

1 Informacje wstępne - ogólne

Dr Rahul Basu, urodzony w 1984 roku, jest od lutego 2022 roku pracownikiem naukowo-dydaktycznym w Instytucie Astronomii im. Janusza Gila Uniwersytetu Żelaznogórskiego na etacie adiunkta. Stopień magistra (Master of Science) z fizyki uzyskał w Indian Institute of Technology Kanpur, India w roku 2008, doktorat z astronomii „Unravelling Off-pulse emission in Luther magnetosphere of Pulsars” obronił w roku 2014 w Tata Institute of Fundamental Research, Pune, India. Dyplom doktorski został formalnie uznany za równoważny polskiemu na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Astronomii 12 czerwca 2023r.

Swoje doświadczenie i wysokie kwalifikacje pozyskał pracując w National Centre for Radio Astrophysics, Tata Institute of Fundamental Research w Pune, India (2008-2014) oraz w Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics w Pune, India (2017-2021). W latach 2014-2017 przebywał na stażu podoktorskim w IA UZ. Od tego czasu rozwinęła się jego intensywna współpraca naukowa z IA UZ. Zaowocowała ona realizacją wielu projektów dotyczących badań pulsarów z wykorzystaniem unikatowego radioteleskopu GMRT i znaczącym wzrostem liczby wartościowych publikacji naukowych.

Przedmiotem jego aktualnych prac naukowych są radiowe pulsary, odkryte w 1967 roku i zinterpretowane jako silnie namagnetyzowane, szybko rotujące, gwiazdy neutronowe (Bell, Hewish). Pulsary były i są nadal w centrum zainteresowania wielu wybitnych astrofizyków i fizyków i służą jako kompleksowe laboratorium dla poznania właściwości materii znajdującej się w stanie ekstremalnej gęstości ($10^{14} - 10^{15} \text{ g/cm}^3$) i w ekstremalnie silnym polu magnetycznym ($\sim 10^{14} \text{ Gs}$). Radiowe badania dostarczyły jak dotąd najwięcej informacji, ale obserwacje w zakresach wysoko energetycznego promieniowania X i gamma znacząco uzupełniły naszą widzę o tych intrygujących obiektach.

2 Rozprawa habilitacyjna (osiągnięcie naukowe)

Na osiągnięcie naukowe dra Basu składa się cykl dziesięciu oryginalnych artykułów opublikowanych w latach 2017-2023 w naukowych czasopismach astronomicznych o zasięgu światowym: sześć z nich w *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, cztery w *The Astrophysical Journal*. Prace są współautorskie: trzy dwu autorskie, sześć ma trzech autorów, jedna czterech autorów. We wszystkich tych publikacjach dr Rahul Basu jest pierwszym autorem. Współautorzy dostarczyli wymagane oświadczenia, z których jednoznacznie wynika, że wkład doktora Basu w tych publikacjach był od 60% do 75%, czyli znaczący lub wręcz dominujący. Na uwagę zasługuje aktualnie wysoki poziom indeksu ich cytowania, pomimo tego, że artykuły te były publikowane w latach 2017 – 2023, a więc niedawno. Dla zestawu prac

stanowiących osiągnięcie naukowe CI=255 łącznie (wg. ADS JPL/NASA, na dzień 20.01.2024). To jest niewątpliwie znakomite potwierdzenie aktualności tematyki i rekomendacja wartości naukowej przedłożonego wniosku habilitacyjnego.

Tematyka rozprawy, podobnie jak większości publikacji dra R. Basu, dotyczy badań okresowych modulacji emisji radiowej pulsarów. W szczególności modulacji pojedynczych impulsów. Kształt impulsu silnie zależy od geometrycznych uwarunkowań: położenie osi rotacji gwiazdy, odchylenie osi magnetycznej i kierunek linii widzenia do obserwatora. Koherentna emisja radiowa powstająca w magnetosferze daleko od pulsara (kilkadziesiąt promieni gwiazdy, ok. 500km) ma kształt wąskiego stożka, w którym dokładnie wzdłuż osi magnetycznej powstaje główny prążek impulsu, dalej są koncentryczne pierścienie kolejnych stożków odpowiedzialnych za „boczny” kształt impulsu obserwowanego profilu średniego. Takie modele zaproponowano już dawno (Rankin 1968, J.M.Rankin, review @ Goddard Pulsar Workshop, PPT dokument, June 2016) i obecnie wydają się być powszechnie zaakceptowane.

Emisja promieniowania jest wynikiem zachodzących procesów w rejonie czap polarnych: elektrony i pozytony, przyspieszane przez gwałtowne wysokoenergetyczne procesy wyrzucane zostają wzdłuż osi magnetycznej wewnątrz pola magnetycznego o otwartych liniach są źródłem promieniowania krzywiznowego. Promieniowanie to jest rozpraszane i różnicowo ($\sim \lambda^2$) opóźniane przez zjonizowany niejednorodny ośrodek międzygwiazdowy (ISM) w drodze do obserwatora.

Habilitant skoncentrował się na badaniu zmienności profilu pulsu pod kątem szczegółowego wyjaśnienia trzech głównych przejawów zmienności - zjawiska dryfu subpulsów, zaników emisji (nulling) głównego pulsu oraz zmiany modów (trybu) emisji.

W tym celu, wraz z zespołem, przygotował wiele projektów obserwacyjnych, które skutecznie realizował na najlepszym do tego typu badań systemie anten tworzących radioteleskop GMRT. Sieć trzydziestu 45m anten parabolicznych ustawionych w konfiguracji Y na powierzchni 1 km² (core - 14 anten) plus oddalone anteny (16) do maksymalnej bazy 25km tworzy unikatowy radioteleskop do syntezy apertury. Instrument ten wyposażony jest w czułe odbiorniki pokrywające pasma od 150 MHz do 1,4 GHz oraz w zaawansowany system sterowania i przetwarzania danych w trybie czasie rzeczywistym. W tej chwili Jest to najczulszy radioteleskop przeznaczony do pracy w zakresie fal metrowych.

W bardzo wymagającym konkursie zespół dra Rahul’a Basu otrzymał ponad 500 godzin czasu obserwacyjnego, realizowanego w kilku cyklach pomiarowych. Obserwacje wykonano głównie przy pomocy radioteleskopu GMRT wykorzystując 20 anten (sumaryczna powierzchnia jest równoważna pojedynczej antenie o średnicy 200m), w pasmach 325 MHz i 610 MHz, na dwu ortogonalnych polaryzacjach kołowych.

Pozyskane dane poddano wstępnej obróbce: redukcji zakłóceń RFI, dedispersji, kalibracji strumienia i sumowaniu w całym dostępnym paśmie 16,67 i 33,33 MHz.

Dla uzyskania maksymalnej czułości zintegrowano sygnał z całego dostępnego pasma, nie prowadzono więc porównawczych analiz w węższych podpasmach w celu poszukiwania ewentualnych zależności badanych zjawisk od częstotliwości odbieranych fal. Naturalne dążenie do uzyskania wysokiej czułości poprzez kumulację danych z możliwie szerokiego pasma prowadzić może jednak do rozmycia efektów zależnych od długości fali.

Z dołączonego dokument „Autoreferat” nie wynika czy obserwacje wykonane w 610MHz były równorzędnie używane, a jeśli tak, to w jaki sposób. Widma energii radiowych pulsów powodują, że pojedyncze impulsy statystycznie będą znacząco słabsze na 600 MHz (~2x) niż na 300MHz, ale za to przez porównanie z pasmem 300MHz mogą ujawnić różnice w charakterystyce obszarów emitujących promieniowanie krzywiznowe, a pośrednio uzupełniać informacje o procesach zachodzących w obszarach czapy polarnej. Pewne, raczej oszczędne, informacje na ten temat znaleźć można w opracowaniu „Autoreferat” na stronie 7.

Obserwacje na 1,4 GHz teleskopem 100m w Effelsberg (**H8**) pokazały potencjał pomiarów w pasmach radiowych L. Warto takie obserwacje kontynuować, ale niewątpliwie najlepsze i najciekawsze byłyby równoczesne pomiary tego samego obiektu w kilku pasmach częstotliwości znacząco od siebie oddalonych.

Główny materiał obserwacyjny obejmujący nowe unikatowe dane dla ponad 200 pulsarów uzupełniono o archiwalne obserwacje dla prawie 80 pulsarów.

Ciekawi mnie także czy, i ewentualnie w jaki sposób, wykorzystano dane z 610MHz, czy były one zbierane w tym samym czasie równoległe na 325 MHz, oraz czy z nowym szerokopasmowym systemem odbiorczym uGMRT wykonano obserwacje i ich analizę w pasmach szerszych niż 50 MHz. Nie znalazłem niestety informacji o wykorzystaniu własności polaryzacyjnych promieniowania, a przecież GMRT mierzy wszystkie parametry Stokesa. Planowane przyszłe obserwacje powinny być wykonywane równocześnie na kilku różnych podpasmach i być uzupełnione o informację polaryzacyjną.

Wstępna analiza danych, użyte narzędzia obliczeniowe i pozyskane wyniki dla całej serii pomiarów przedstawiono kolejno w pracach **H1, H2, H3, H4, H5, H6, H8**.

Przeanalizowano jeden z największych zbiorów danych dotyczących obserwacji pojedynczych impulsów, pozwoliły one znacząco poprawić statystykę występowania i cech dryfu subpulsów, nullingu i zmian modu emisji. Nowe obserwacje dla ponad 200 pulsarów pozwoliły po raz pierwszy scharakteryzować zmienność pojedynczych impulsów dla 80% obiektów. Okresowy charakter zjawisk znaleziono dla 57 pulsarów, z czego dla 22 zmiany zostały zaobserwowane po raz pierwszy. Zaniki emisji głównego pulsu odkryto dla 20 pulsarów, co o 20% powiększyło liczbę pulsarów tego typu. Odkryto także zmianę modów (trybu) dla 5 nowych obiektów, a to powiększyło to liczbę pulsarów charakteryzujących się taką cechą do 35. Udało się odkryć i udokumentować, że cechy zmian pojedynczych pulsów są skorelowane z tempem utraty energii rotacyjnej pulsara. Pulsary z dużymi wartościami dE/dt nie doświadczają żadnej zmienności amplitudy pulsu, te o wartościach średnich mają okresową zmienność, natomiast te o małych wartościach tempa utraty energii stanowią głównie grupę obiektów o dryfie modelowanym fazowo. Ciekawe jest, że okresowe zmiany amplitudy mają charakter szerokopasmowy i w podobny sposób widać je w widmach fluktuacji danych zebranych na 325 MHz i 610 MHz. Jest to mocnym dowodem hipotezy, że źródłem niestabilności amplitudy są procesy zachodzące w obszarze akceleracji cząstek IAR.

Ciekawym wynikiem badań jest także zależność występowania (widzialności) dryfu subpulsów od geometrii: kąta pomiędzy linią widzenia a osią magnetyczną. Dryf nie występuje dla pulsów widzianych przy bardzo małych kątach, czyli dla pulsarów z dominującą cechą składnika osiowego.

Publikacje **H7, H9, H10** wyjaśniają naturę subpulsów w oparciu o autorski model ewolucji iskiek w wewnętrznym regionie akceleracji cząstek IAR (Inner Acceleration Region).

Zrozumienie natury fizycznej wewnętrznego obszaru akceleracji przyspieszania plazmy IAR i procesów ewolucji wyładowań iskrowych miało podstawowe znaczenie przy tworzeniu odpowiedniego modelu teoretycznego opisującego zachodzące tam zjawiska. Habilitant opracował oryginalny model ewolucji iskrowych wyładowań zachodzących w częściowo ekranowanym obszarze PSG (Partially Screened Gap) akceleracji cząstek IAR i z sukcesem zastosował go do odtworzenia obserwowanych cech zmienności pulsu. Dopasowanie parametrów modelu pozwoliły oszacować natężenie i orientację niedipolowego pola magnetycznego w IAR, różnicę potencjałów elektrycznych a także rozmiar i położenie iskier. Zebrane dane obserwacyjne dotyczące dryfu subpulsów dostarczyły silnych argumentów na istnienie ekranowania PSG w wewnętrznym obszarze akceleracji plazmy zasilającej znacznie oddalony rejon obserwowanej emisji radiowej pulsara w jego magnetosferze.

Przeprowadzone symulacje dryfu subpulsów pozwoliły, w oparciu o model PSG i założenie istnienia dwu źródeł pola magnetycznego: dużego ogólnego pola gwiazdy neutronowej i małego pola dipolowego zakotwiczonego w pobliżu przerwy polarnej, wykazać, że różne klasy dryfu subpulsów mogą być związane z różnymi orientacjami i różnym natężeniem pola magnetycznego oraz z cechami dryfu iskier w IAR w całym obszarze czapy polarnej.

Wyniki przedstawione w publikacjach wchodzących w skład zaprezentowanego **osiągnięcia naukowego (H1-H10)** stanowią wartościowy wkład do astrofizyki gwiazd neutronowych, znacząco poszerzają naszą wiedzę o procesach fizycznych zachodzących w pulsarach i ich najbliższym otoczeniu.

Szczególna ich wartość polega także na wskazaniu nowych przyszłych kierunków badań.

Godnym podkreślenia jest też wysoka skuteczność autorów projektu w pozyskaniu cennego czasu obserwacyjnego na dużych instrumentach.

3 Dorobek naukowy i dydaktyczny

Według danych z załączonej dokumentacji (Wykaz osiągnięć naukowych, art.219 ust.1. pkt 2 Ustawy) wynika, że całkowity dorobek naukowy dra Rahula Basu obejmuje 35 prac opublikowanych w najlepszych recenzowanych astronomicznych czasopismach.

Po doktoracie jest 30 publikacji (z tego 10, to przedmiot prezentowanego osiągnięcia naukowego), przed doktoratem było 8 publikacji, w tym 3 publikacje konferencyjne. Prace te były dotąd cytowane – 558 razy wg. WoS, a wg. bazy ADS - 646 razy, H=17. Moje zapytanie do serwisu ADS pokazuje aktualnie 42 recenzowane publikacje oraz CI=657 i H=18 .

Dr Basu przebywał na krótkich wizytach w ośrodkach europejskich we Francji, Holandii i w Niemczech. Przy tych okazjach wygłaszał referaty z prac własnych.

Brał udział w kilku międzynarodowych konferencjach. Wielokrotnie wygłaszał też referaty na seminariach w Polsce.

Uczestniczył - lub nadal uczestniczy jako wykonawca w realizacji 2 dużych projektów badawczych (grantów NCN): „Widma typu GPS w magnetarach i pulsarach – wpływ własności ośrodka międzygwiazdowego na promieniowanie radiowe” oraz „Modelowanie emisji radiowej o wysokiej jasności i pogody pulsarowej” dotyczących badań pulsarów radiowych.

Dr Basu ma swój udział w dydaktyce. Prowadzi w IA UZ wykłady dla studentów pierwszego stopnia - licencjatów oraz specjalistyczne wykłady pt. „Zaawansowane technologie we współczesnej radioastronomii”, dla doktorantów IA UZ.

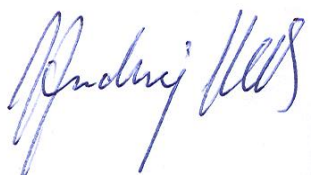
Był promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim dr Karoliny Rożko (obrona w 2018).

W latach 2010-2014 miał znaczący udział w dydaktyce realizowanej w Narodowym Centrum Astrofizyki Radiowej w Indiach.

4. Podsumowanie

W podsumowaniu stwierdzam, że dr Rahul Basu jest dojrzałym astrofizykiem o znaczącym dorobku naukowym. Jego rozprawa habilitacyjna – cykl publikacji, oraz pozostały dorobek spełniają ustawowe i zwyczajowe wymagania stawiane wobec kandydatów do stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie astronomia.

W związku z powyższym wnoszę o dopuszczenie dra Rahul’a Basu do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.



Toruń, 23 stycznia 2024

Prof. Dr hab. Andrzej Kus