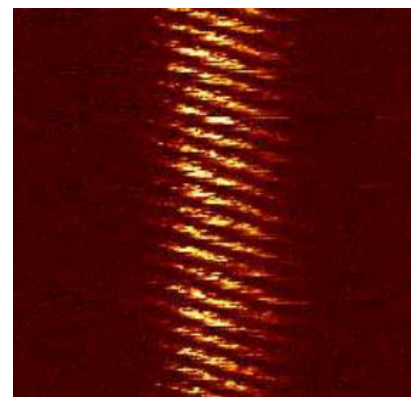
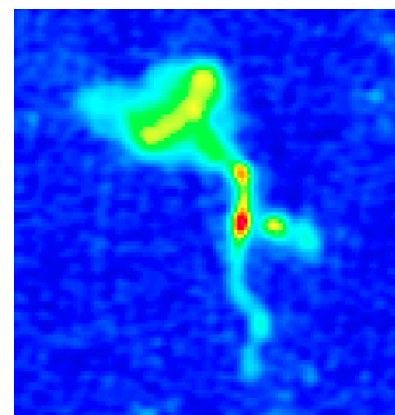
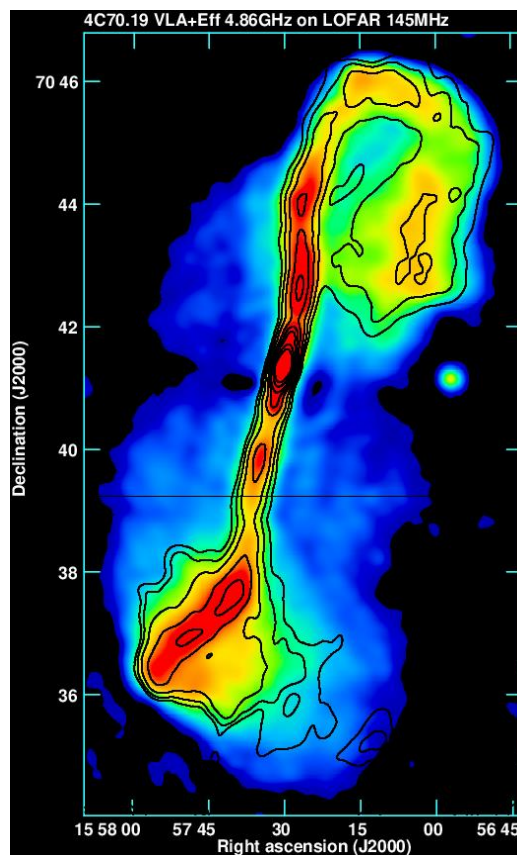




UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

# Zakład Radioastronomii i Fizyki Kosmicznej 2024



Źródło: LOFAR



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

[oa.uj.edu.pl/zrfk](http://oa.uj.edu.pl/zrfk)

## Kim jesteśmy i nad czym pracujemy

### 1. Bliskie galaktyki i pulsary:

prof. Krzysztof Chyży (kierownik Zakładu)  
dr hab. prof. UJ Marian Soida  
dr Marek Weźgowiec  
mgr Julia Piotrowska (doktorantka)  
mgr Przemysław Szczepanik (doktorant)

### 2. Morfologia galaktyk aktywnych:

dr hab. Agnieszka Kuźmicz  
dr Urszula Pajdosz-Śmierciak

### 3. Badania zmienności obiektów aktywnych

dr hab. Arti Goyal  
mgr Subhrata Dey (doktorantka)

### 4. Opieka nad radioteleskopami RT15/16 RT3 i pracownią elektroniczną, opieka nad stacją LOFAR i oprogramowaniem:

dr Stanisław Ryś  
dr Aleksander Kurek  
mgr Jacek Knapik  
Bartosz Śmierciak  
mgr Tomasz Kundera



UNIwersytet  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE



## Początek – lata 50te XX wieku

Pierwszy radioteleskop w Polsce powstał w Krakowie, umieszczono go na Forcie Skała; czasza miała średnicę 7m (fot. z lewej).



RT15. Źródło: OAUJ/ M.Soida

## RT-15

Niewielką antenę już w 1964 roku zastąpiono znacznie większym instrumentem – piętnastometrowym radioteleskopem, który jest używany do zajęć dydaktycznych.

## RT-16

Trwają prace nad następcą RT-15, szesnastometrową anteną do celów dydaktycznych oraz naukowych. Wysoka dokładność wykonania czaszy w połączeniu z "satelitarnym" systemem napędowym (duża prędkość w obu osiach) pozwoli na prowadzenie badań na częstotliwościach do 8 GHz z możliwością szybkiej zmiany celu obserwacji.

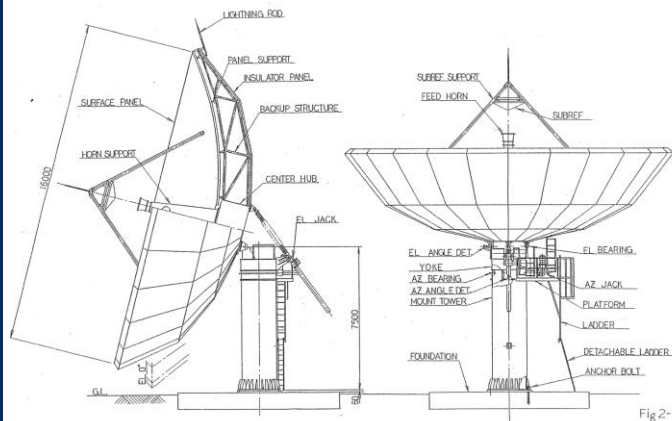


Fig.2-1

16M AZ-EL ANTENNA

Źródło: OAUJ

## RT-3

Najmniejsza z anten to element projektu RADIO-HOU, pozwalająca na obserwacje rozkładu wodoru neutralnego w Drodze Mlecznej. Trwa unowocześnienie sterowania..



Źródło: OAUJ

# Radioastronomia w Krakowie – dziś i jutro

Anteny LOFAR-a w Łazach. Źródło: OAUJ

## LOFAR (2.0)

Uniwersytet Jagielloński to jedna z trzech polskich instytucji zarządzających własnymi stacjami (polami anten) ogólnoeuropejskiej, niskoczęstotliwościowej sieci interferometrycznej LOFAR. Ten wciąż rozwijany instrument jest najdoskonalszym radioteleskopem niskoczęstotliwościowym na Ziemi.

*(a może i w całym Wszechświecie)*



Anteny JVLA (USA) Źródło: NRAO

## Świetne instrumenty, nowe odbiorniki

Wykorzystujemy nie tylko własne instrumenty, ale też światowej klasy urządzenia znajdujące się w różnych krajach. Interferometry WSRT (NL), JVLA (USA) oraz GMRT (IN), czy stumetrowy radioteleskop w pobliżu Effelsbergu (DE) – wszystkie te teleskopy zostały niedawno zmodernizowane, co pozwala na prowadzenie jeszcze dokładniejszych badań radioastronomicznych.

## SKA

The Square Kilometre Array – radiointerferometr o ogromnej powierzchni efektywnej jednego kilometra kwadratowego – to instrument przyszłości, który wkrótce powstanie w Afryce i w Australii.

## How will SKA1 be better than today's best radio telescopes?

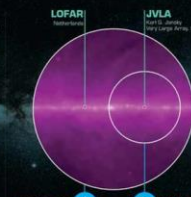
Astronomers assess a telescope's performance by looking at three factors: **resolution**, **sensitivity**, and **survey speed**. With its sheer size and large number of antennas, the SKA will provide a giant leap in all three compared to existing radio telescopes, enabling it to revolutionize our understanding of the Universe.



SKA1 LOW x1.2

SKA1 MID x4

RESOLUTION



SKA1 LOW x135

SKA1 MID x60

SURVEY SPEED



SKA1 LOW x8

SKA1 MID x5

SENSITIVITY

Źródło: SKA



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

prof. Krzysztof Chyży  
dr hab. Marian Soida  
dr Marek Weżgowiec  
mgr Julia Piotrowska  
mgr Przemysław Szczepanik

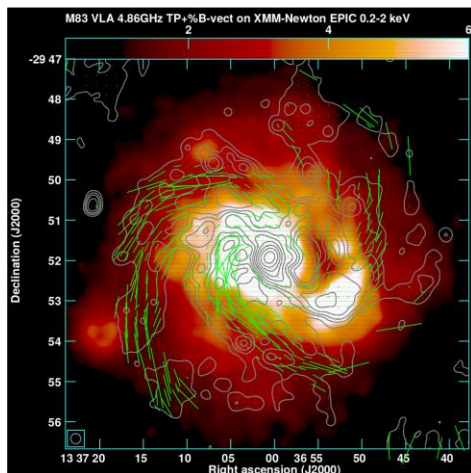
Współpraca z kilkudziesięcioma naukowcami w Europie i na świecie.

Uczestnictwo w projektach kluczowych LOFAR-a: "Surveys" i "Cosmic Magnetism".

Modelowanie galaktyk: Bernd Vollmer

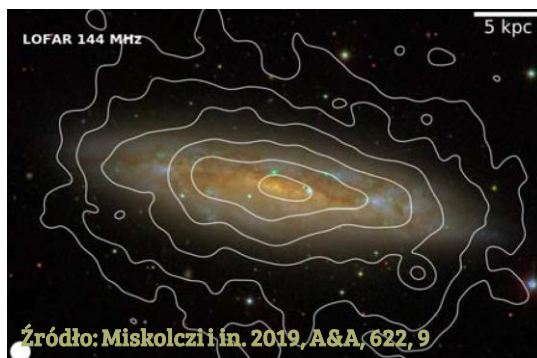
[oa.uj.edu.pl/zrfk](http://oa.uj.edu.pl/zrfk)

Źródło: Weżgowiec i in. 2020, A&A, 640, 109



### ...ich modele oraz związek z emisją rentgenowską

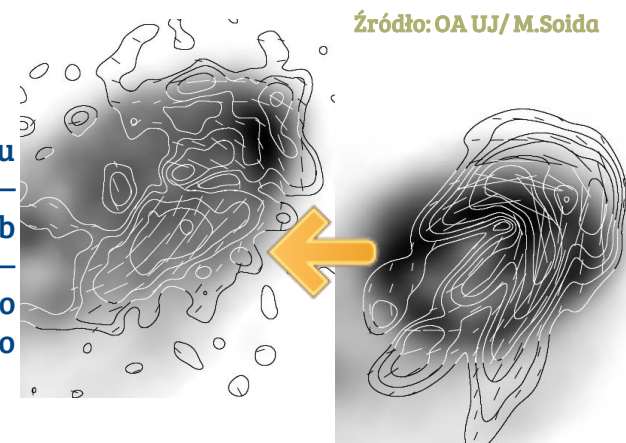
Analiza pola magnetycznego pozwala na budowę modelu oraz odkrycie, w jaki sposób dana galaktyka ewoluowała – szczególnie w przypadku obiektów w jakikolwiek sposób zaburzonych. Obraz ten uzupełniają dane rentgenowskie – wzrost temperatury gorącego gazu sugeruje zjawisko kompresji lub ścinania pól magnetycznych; brak takiego wzrostu – oddziaływania pływowe.



## Bliskie galaktyki radiowo i rentgenowsko

### Pola magnetyczne w galaktykach...

W galaktykach spiralnych i nieregularnych możliwe jest wzmacnianie i regularyzacja pola magnetycznego poprzez mechanizm dynama MHD, być może również w wyniku oddziaływań z otaczającą plazmą. Takie pola wypełniają przestrzeń międzygwiazdową, odgrywając ważną rolę w ewolucji galaktyk; na ilustracji widać galaktykę M83, zaobserwowaną przy pomocy interferometru VLA (kontury) oraz teleskopu kosmicznego XMM-Newton (tło).



### Niskie częstotliwości radiowe

LOFAR sięga tam, gdzie jeszcze niedawno nie prowadzono obserwacji. Mamy tylko przypuszczenia, czego możemy się spodziewać – a osiągnane wyniki często wykraczają poza nasze najśmielsze oczekiwania. Przykładem jest widoczna po lewej galaktyka NGC 3556, której rozległą otoczkę radiową dobrze widać w danych z przeglądu LoTSS.

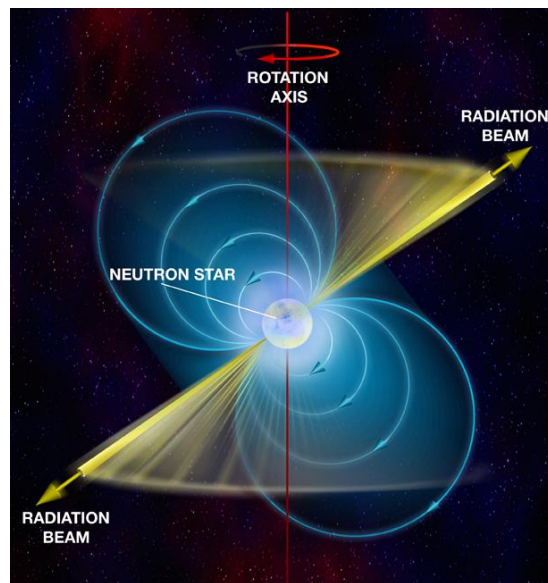


UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

prof. Krzysztof Chyży  
dr hab. Marian Soida  
Bartosz Śmierciak  
Iga Drogosz

Współpraca z Uniw.  
Zielonogórskim  
i partnerami LOFAR-a

oa.uj.edu.pl/zrfk



## Badania pulsarów

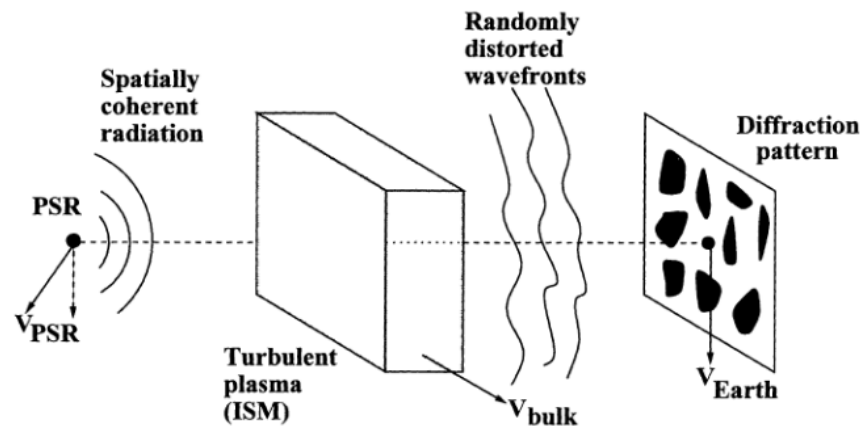
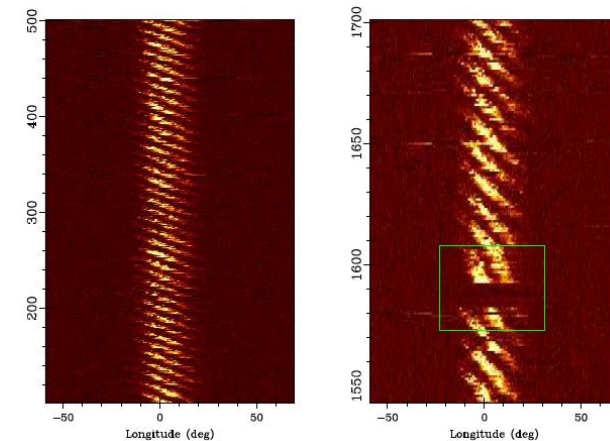
### Pulsary

Te odkryte przez radioastronomów obiekty to gwiazdy neutronowe, powstałe po wybuchu gwiazd supernowych. Świecą one jak latarnia, omiatając wiązką promieniowania przestrzeń wokół siebie.

### Stacja LOFAR widzi nawet dryfy i nule

Stacja w Łazach umożliwia obserwacje wielu pulsarów. Widoczne są w nich dryfy pulsów (ukośne linie obok) i chwilowe wstrzymanie emisji ("nule" w zielonej ramce).

Mamy stację do własnych badań (szczególnie w najbliższym okresie podczas przejścia do LOFAR 2.0



Źródło: Cordes(2002)

### Zaburzenia sygnału narzędziem diagnostycznym

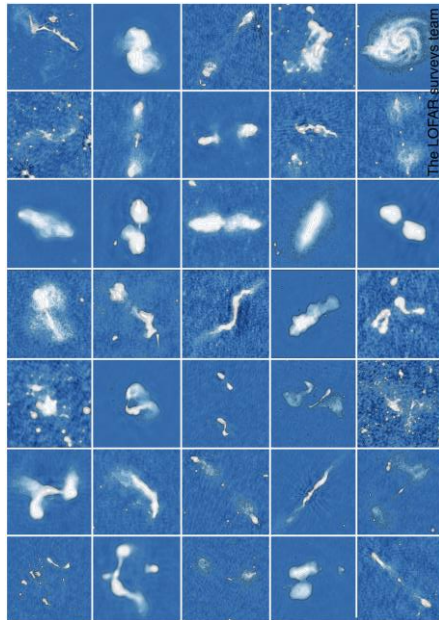
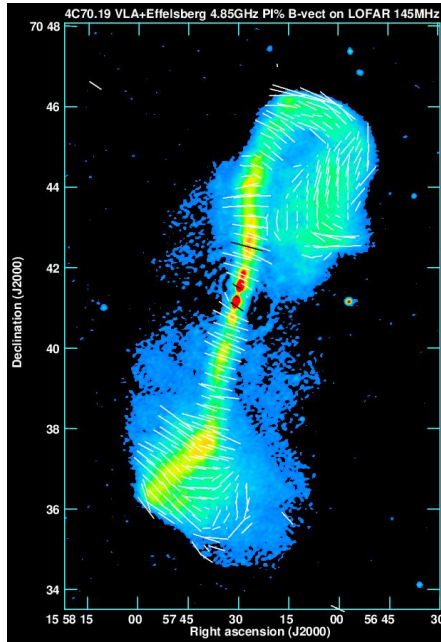
Fale radiowe od pulsara zanim dotrą do Ziemi przedzierają się przez niejednorodny ośrodek międzygwiazdowy, powodując zjawiska dyspersji, scyntytacji i rozpraszania. Badając te efekty możemy modelować ośrodek międzygwiazdowy jego gęstość, kłaczkowatość, zmienność. Pulsary stanowią zatem jedne z ważniejszych "urządzeń diagnostycznych" dla naszej Galaktyki (praca mag. Igi Drogosz, w przyg.)

Źródło: Weźgowiec i in. w przyg.



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

dr Urszula Pajdosz-Śmierciak  
dr hab. Agnieszka Kuźmicz  
dr Marek Weźgowiec  
prof. Krzysztof Chyży



Współpraca m. in. z:  
LOFAR Nearby AGN  
working group  
LOFAR Surveys Team  
dr hab. Marek Jamroz

oa.uj.edu.pl/zrfk

## Galaktyki aktywne

### Wokół supermasywnej czarnej dziury...

...czyli AGN-a, aktywnego jądra galaktyki. Radioastronomia pozwala nam spojrzeć na najaktywniejsze we Wszechświecie obiekty z zupełnie innej perspektywy. W radiowym ZOO znajdziemy między innymi radiogalaktyki FRI, FRII, WAT/NAT, w kształcie X oraz radiowe giganty (GRG). Jeszcze inną klasą AGN-ów są blazary, których skolimowane strugi promieniowania skierowane są bezpośrednio w naszym kierunku.

### Gigantyczne radioźródła o burzliwej przeszłości...

Dzięki obserwacjom radiowym możemy odkrywać intrygujące struktury naokoło wcześniej już zaobserwowanych obiektów. Widoczny po prawej blazar posiada radiową otoczkę rozciągającą się na więcej niż 1Mpc od centralnego obiektu! Czarna dziura w centrum miała bardzo burzliwą przeszłość, a dżet zmienił kierunek swojej propagacji, prawdopodobnie poprzez mechanizm wleczenia układów Lense'a-Thirringa. Nie jest to jednak największe znane ludzkości radioźródło – profesor J. Machalski (OA UJ) jest odkrywcą jednej z największych radiogalaktyk, J1420-0545, mierzącej

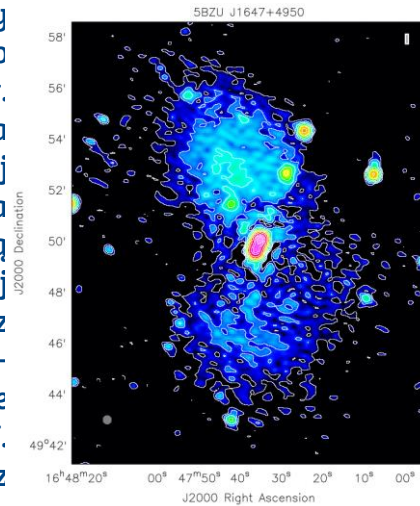
5 Mpc!



Źródło:  
Tim Shimwell  
& LOFAR  
Surveys Team

### LOFAR-LoTSS

LoTSS, przegląd nieba na falach o długości dwóch metrów to projekt, którego celem jest wykonanie mapy całego północnego nieba na częstotliwości ok. 150 MHz z niespotykaną dotychczas zdolnością rozdzielczą oraz czułością. W ramach pierwszego etapu – analizy danych zebranych z zaledwie ułamka całego nieba – odkryto kilkaset tysięcy nieznanych dotychczas radiogalaktyk; nowe odkrycia są już w drodze!



Źródło: OA UJ/  
U. Pajdosz-Śmierciak



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

dr hab. Arti Goyal  
mgr Subhrata Dey

## HST image of M87



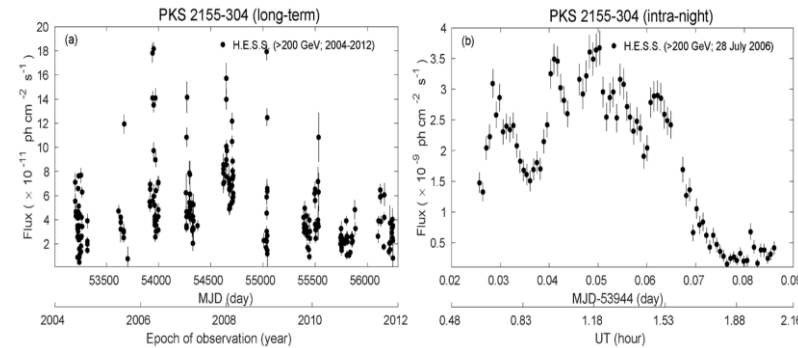
### Blazar flux variability - an example

The decade long (left) and intranight (right) light curves at TeV energies of the blazar PKS 2155+304 (Goyal, A, 2019).. Our results based on power spectral density analysis of the multiwavelength (radio to gamma-ray) light curves do not fit within the predictions of widely used single emission-zone model for blazar sources.

## Variability of blazars, spectra of U/LIRGs

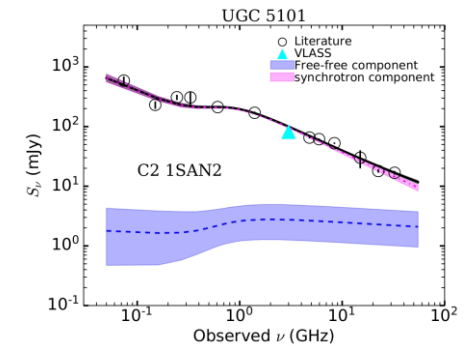
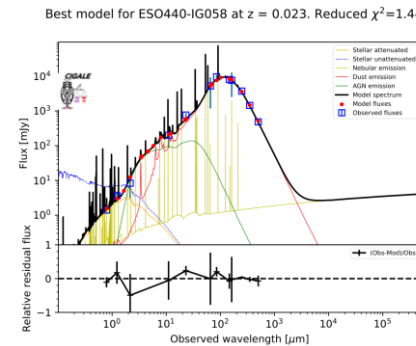
### Why AGN/blazars are variable?

Extremely efficient energy dissipation processes (e.g., shocks, magnetic reconnection) accelerates the plasma particles (electrons, protons) in the relativistic jets. The accelerated particles interact with the magnetic field and radiation field (synchrotron and IC processes) the broadband emission is produced. Flux variability on timescales of minutes to decades is observed at all wavebands.



Goyal, A., 2019, Galaxies, 7,3

### Panchromatic SED modeling of U/LIRGs



### Study of multiphase environment of galaxies

Excellent laboratories to study star formation and AGN activity and testing platforms for hierarchical transformation of starforming galaxies to elliptical galaxies. High IR luminosity associated with interactions and mergers between gas-rich galaxies which effectively distort their morphologies. We utilize state-of-the-art SED modeling tools involving Bayesian inference techniques, such as CIGALE and UltraNEST, to accurately estimate their physical properties (Dey et al., 2022; Dey et al., 2024)

Współpraca z Katarzyną  
Małek, NCBJ



# Kariera w naszym Zakładzie



UNIwersytet  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

## Prace magisterskie

**prof. dr hab. Krzysztof Chyży**  
Nowy Budynek 8, [krzysztof.chyzy@uj.edu.pl](mailto:krzysztof.chyzy@uj.edu.pl)

1. Radiowe widma galaktyk, pola magnetyczne i promieniowanie kosmiczne galaktyk na podstawie przeglądu nieba wykonanego instrumentem LOFAR.
1. Ewolucja kosmologiczna pól magnetycznych i relacji radio-podczerwień w różnych galaktykach w oparciu o analizę przeglądów dalekiego Wszechświata typu GOODS-North wykonanych interferometrem LOFAR i JVLA.

**dr hab. Marian Soida, prof. UJ**  
Rotunda 1, [soida@oa.uj.edu.pl](mailto:soida@oa.uj.edu.pl)

1. Testowanie/rozwój kodu numerycznego całkującego równania MHD w warunkach środowiska międzygwiazdowego.
1. Poszukiwanie emisji radiowej w karłowatych galaktykach pływowych.

**dr hab Arti Goyal**  
Rotunda 6a, [arti.goyal@uj.edu.pl](mailto:arti.goyal@uj.edu.pl)

1. Zooming-in on the inner- most regions of blazar jets through optical variability monitoring analysis.
1. Searching for LOFAR and VLASS counterparts of radio-sources hosting one-sided in AGNs in the ROGUE I catalog.

**dr Marek Weźgowiec**  
Nowy Budynek 12a, [marek.wezgowiec@uj.edu.pl](mailto:marek.wezgowiec@uj.edu.pl)

1. Pola magnetyczne i gorący gaz w galaktykach spiralnych - diagnostyka ich oddziaływań i zaburzeń
1. Interakcja pól magnetycznych oraz ośrodka międzygwiazdowego
1. Rentgenowskie obserwacje radiogalaktyk

**dr hab. Agnieszka Kuźmicz**  
Stary Budynek 10, [agn.kuzmicz@uj.edu.pl](mailto:agn.kuzmicz@uj.edu.pl)

1. Wielozakresowe badania galaktyk aktywnych
1. Badanie własności gigantycznych radioźródeł

**dr Urszula Pajdosz-Śmierciak**  
Nowy Budynek 7, [urszula.pajdosz@uj.edu.pl](mailto:urszula.pajdosz@uj.edu.pl)

1. Niskoczęstotliwościowe badania galaktyk aktywnych pod kątem klasyfikacji radiowej
1. Blazary w niskoczęstotliwościowym przeglądzie nieba LOFAR - historia emisji rozciągłej



UNIWERSYTET  
JAGIELLOŃSKI  
W KRAKOWIE

## Kariera w naszym Zakładzie

---

### Prace doktorskie

**prof. dr hab. Krzysztof Chyży**  
Nowy Budynek 8, [krzysztof.chyzy@uj.edu.pl](mailto:krzysztof.chyzy@uj.edu.pl)

Ewolucja galaktyk i propagacja promieniowania kosmicznego w różnych galaktykach, statystyczne i modelowe badania galaktyk oparte na najnowszych przeglądach nieba wykonanych instrumentem LOFAR

**dr hab. Marian Soida, prof. UJ**  
Rotunda 1, [soida@oa.uj.edu.pl](mailto:soida@oa.uj.edu.pl)

Modelowanie numeryczne środowiska międzygwiazdowego.

**dr hab Arti Goyal**  
Rotunda 6a, [arti.goyal@uj.edu.pl](mailto:arti.goyal@uj.edu.pl)

Investigation of AGN variability on very long to very short timescales

## Zapraszamy do współpracy!



Observatorium Astronomiczne UJ  
[oa.uj.edu.pl](http://oa.uj.edu.pl)  
Zakład Radioastronomii i Fizyki  
Kosmicznej  
[oa.uj.edu.pl/zrfk](http://oa.uj.edu.pl/zrfk)