Zakład Astrofizyki Relatywistycznej i Kosmologii

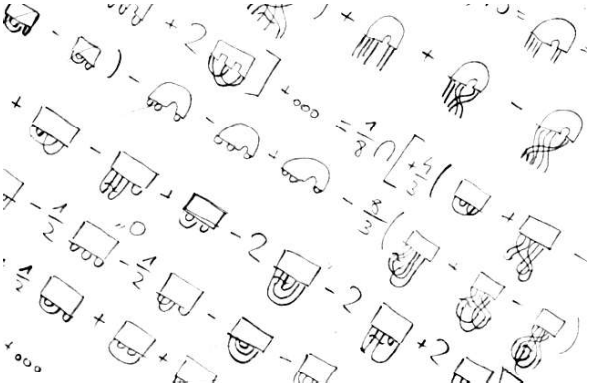
Kierownik: dr hab. Lech Sokołowski

http://www.fais.uj.edu.pl/zark

Realizowane badania

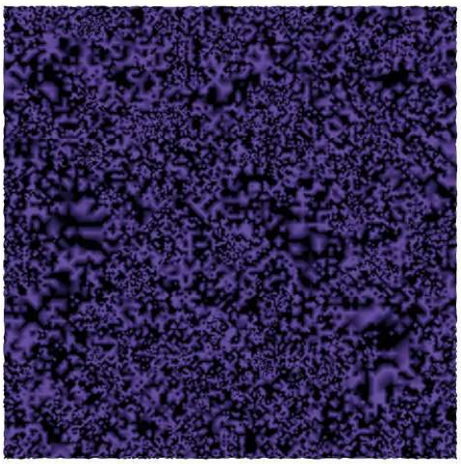
Obecnie istnieje wiele różnych teorii grawitacji i wszystkie wywodzą się z Ogólnej Teorii Względności, której zastosowaniem w kosmologii i astrofizyce się zajmujemy. Badamy poszczególne teorie pod kątem ich wartości i sensowności. W zróżnicowany sposób pracujemy nad zagadnieniem niejednorodności Wszechświata. Rozwijamy teorię zaburzeń modeli kosmologicznych w zależności od rodzaju materii, krzywizny czasoprzestrzeni oraz stałej kosmologicznej. Wśród zaburzeń wyróżniamy fale grawitacyjne. Interesujemy się także niestandardowymi modelami, w których pojawia się chaos deterministyczny. Prowadzimy badania mające na celu odpowiedzieć na pytanie, czy uwzględnienie niejednorodności nie zmusi nas do reinterpretacji obserwacji, które opisywane w modelu standardowym wskazują, że w większości Wszechświat wypełnia tajemnicza ciemna energia. Niejednorodności rozmieszczenia mas wpływają również na bieg światła poprzez soczewkowanie grawitacyjne. Na podstawie obserwowanego biegu światła staramy się odtworzyć statystyczne rozmieszczenie rozmaitych obiektów we Wszechświecie.

problemy matematyczne ogólnej teorii względności porównywanie rozmaitych teorii grawitacji z teorią względności Einsteina kosmologia wczesnego Wszechświata modelowanie dynamiki galaktyk zastosowania metod algebry komputerowej



Najważniejsze osiągnięcia

- Opracowanie kryterium pozwalającego ustalić fizyczną sensowność poszczególnych teorii grawitacji, dzięki któremu można wyeliminować wielką liczbę tych teorii.
- Skonstruowanie uproszczonego modelu kosmologicznego uwzględniającego drobne niejednorodności.
- Pionierska działalność w konstruowaniu i stosowaniu swoistych modeli zjawiska soczewkowania grawitacyjnego.
- Ustalenie zależności prędkości ruchu zaburzeń materii od jej rodzaju, krzywizny czasoprzestrzeni i stałej kosmologicznej.



Zakład Astrofizyki Wysokich Energii

Kierownik: prof. dr hab. Michał Ostrowski

http://www.fais.uj.edu.pl/zawe

Realizowane badania

Projektowanie aparatury do badań planetarnych oraz zagadnienia teoretyczne i obserwacyjne astrofizyki wysokich energii, a także geofizyki (elektryczność atmosfery) i heliofizyki (koronalne wyrzuty materii ze Słońca) są przedmiotem badań realizowanych w Zakładzie.

astronomia gamma
astronomia rentgenowska
aktywne jądra galaktyk
promieniowanie kosmiczne
projekty H.E.S.S. i CTA
badania geofizyczne w zakresie ELF

W ramach prac z zakresu astronomii gamma najwyższych energii, sięgającym setek TeV, uczestniczymy w dwóch światowych projektach badawczych, H.E.S.S. i CTA.

Obserwatorium H.E.S.S., prowadzące w Namibii obserwacje kosmicznych akceleratorów cząstek, jest niekwestionowanym liderem takich badań na świecie dzięki dokonaniu szeregu fundamentalnych pomiarów i odkryć, w tym większości ze znanych obecnie w tym zakresie widma około 150 obiektów. Prowadzone badania obejmują m.in. pozostałości po wybuchach gwiazd supernowych, mgławice pulsarowe, świecące w promieniowaniu gamma układy podwójne gwiazd oraz emisję związaną ze zjawiskami w pobliżu masywnych czarnych dziur w aktywnych galaktykach. W Krakowie zajmujemy się przede wszystkim tym ostatnim zakresem badając procesy akceleracji cząstek i emisji promieniowania z relatywistycznych strug pola magnetycznego i wysokoenergetycznych cząstek. Oczywiście, oprócz dostępnych dla nas unikalnych obserwacji H.E.S.S.'a, wykorzystujemy szeroko dane w innych zakresach widma, od obserwacji radioastronomicznych, przez naziemne obserwacje optyczne, kosmiczne obserwacje w zakresie rentgenowskim (satelity Chandra i Suzaku) i wreszcie obserwacje gamma z satelity Fermi. Wyniki te są często podstawą głębszych prac modelowych i teoretycznych, w ramach których próbujemy zrozumieć procesy fizyczne odpowiedzialne za emisję obserwowanego promieniowania. Niekiedy prowadzi to do fundamentalnych dla astrofizyki wyników, jak w serii prac związanych z modelowaniem procesów akceleracji cząstek w relatywistycznych falach uderzeniowych i warstwach brzegowych dżetów (inaczej strug – skolimowanych strumieni plazmowej materii wyrzucanych z relatywistycznymi prędkościami z biegunów jądra galaktyki lub gwiazdy). Te prace, oprócz naszych wyników obserwacyjnych, są najczęściej cytowane w literaturze światowej. Ważne obecnie prace instrumentalne związane są z budową cyfrowej elektroniki dla nowego światowego obserwatorium astronomii gamma - CTA, które ma zapewnić nam możliwość nowych fascynujących badań w bliskiej przyszłości.

Najważniejsze osiągnięcia

- Udział w odkryciu kilkudziesięciu kosmicznych źródeł promieniowania gamma.
- Udział w opracowaniu teorii akceleracji cząstek promieniowania kosmicznego w relatywistycznych falach uderzeniowych.
- Wkład do teorii dysków akrecyjnych.
- Przeprowadzenie wartościowej serii analiz obiektów kosmicznych z „dżetami" w oparciu o obserwacje na wielu częstościach.
- Opracowanie nowatorskiej metody globalnego modelowania aktywności burzowej i stanu jonosfery w oparciu o pomiary elektromagnetyczne najniższych częstości.
- Udział w opracowaniu kamery cyfrowej dla „małego" teleskopu dla CTA.

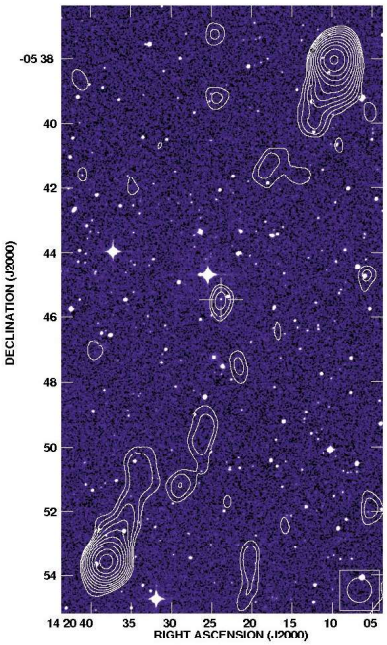
Zakład Astronomii Gwiazdowej i Pozagalaktycznej

Kierownik: prof. dr hab. Stanisław Zoła

http://www.fais.uj.edu.pl/zagp

Realizowane badania

Piękno i różnorodność obiektów i zjawisk – od ciał Układu Słonecznego po największe kosmiczne struktury – zaprasza nas do poznania tajemnicy, jaką skrywa Wszechświat.

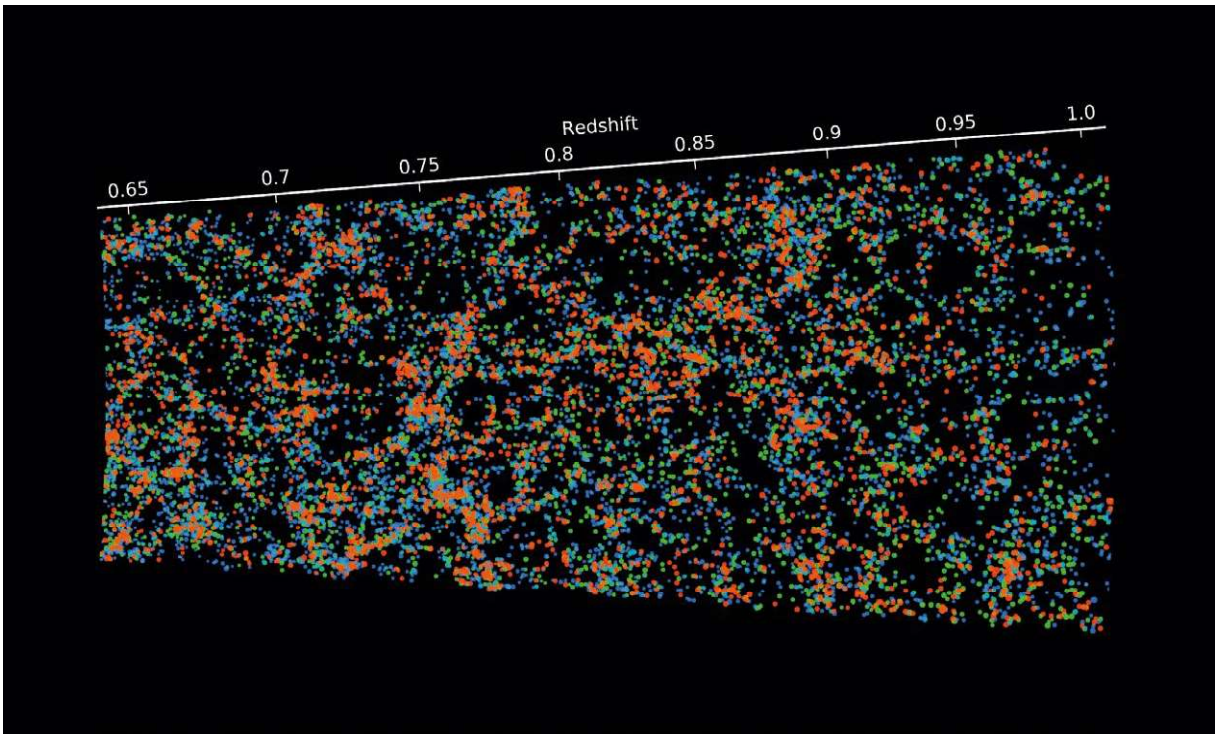


fizyka komet
astrofizyka gwiazdowa
galaktyki
radiogalaktyki
kwazary
kosmologia obserwacyjna

Próbujemy wyjaśnić kiedy, dlaczego i w jakich warunkach niektóre z komet ulegają rozpadowi. Obserwując gwiazdy staramy się zrozumieć ich ewolucję i mechanizmy pulsowania. Badania układów kataklizmicznych pomagają pojąć naturę gwałtownych procesów, gdy jedna gwiazda wchłania materię drugiej.

Kwazary zawierające czarne dziury mogą tworzyć silne strugi materii zasilające rozciągłe struktury radiogalaktyk o rozmiarach nawet kilkunastu milionów lat świetlnych. Próbujemy zrozumieć, dlaczego niektóre są radiowo ciche, a inne głośne. Czy to różne fazy rozwoju, czy odmienne typy obiektów?

Badamy powstawanie i ewolucję galaktyk, przyczyny różnorodności typów, powiązanie rozkładu w przestrzeni – gąbczastej kosmicznej sieci – z rozkładem ciemnej materii, możliwości pomiaru gęstości materii we Wszechświecie i badania ciemnej energii dzięki obserwacjom galaktyk.



Prowadzimy własne obserwacje oraz uczestniczymy w największych światowych projektach, np. badającym gwiazdy zmienne Teleskopie Globalnym, w wielkich optycznych spektroskopowych przeglądach galaktyk VVDS (VIMOS-VLT Deep Survey) i VIPERS (The VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey). W Zakładzie wykorzystywane są dane satelitarne AKARI i WISE.

Najważniejsze osiągnięcia

- Opracowanie modelu komy gazowej komet.
- Ustalenie wpływu plam na zmiany krzywych blasku gwiazd aktywnych magnetycznie.
- Odkrycie planety wokół gwiazdy późnego typu ewolucyjnego.
- Odkrycie brązowego karła wokół układu zaćmieniowego.
- Odkrycie największej radiogalaktyki we Wszechświecie.
- Potwierdzenie korelacji pomiędzy jasnością radiową i H-alfa radiogalaktyk.
- Katalog VIPERS odległego kosmosu: struktura sieci galaktyk.
- Obserwacje blazara OJ287 z układem podwójnym supermasywnych czarnych dziur – sprawdzenie teorii grawitacji.

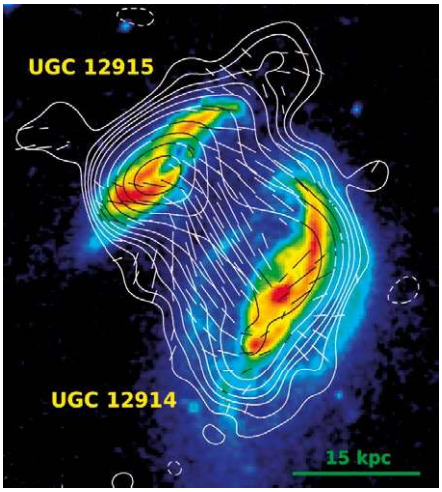
Zakład Radioastronomii i Fizyki Kosmicznej

Kierownik: dr hab. Krzysztof Chyży

http://www.fais.uj.edu.pl/zrfk

Realizowane badania

Pytanie o pochodzenie i własności pól magnetycznych w galaktykach, grupach i gromadach galaktyk jest fundamentem badań prowadzonych przez zespół radioastronomów. Pole magnetyczne we Wszechświecie kontroluje wiele procesów w galaktykach, jak powstawanie gwiazd czy przepływy materii. Szczególnie interesująca jest ewolucja tych pól w nietypowych galaktykach, np. zderzających się lub oddziałujących w gromadach galaktyk.



radioastronomia
fizyka plazmy galaktycznej
kosmiczne pola
magnetyczne ewolucja
galaktyk magnetosfery
planet modelowanie MHD LOFAR

W Zakładzie prowadzimy obserwacje emisji radiowej różnorodnych galaktyk oraz wyznaczamy własności emisji spolaryzowanej. We współpracy z wieloma ośrodkami zagranicznymi wykonujemy obserwacje największymi na świecie interferometrami radiowymi: JVLA (USA), GMRT (Indie), WSRT (Holandia) oraz pojedynczymi antenami, takimi jak 100-metrowy radioteleskop w Effelsbergu (Niemcy). Badania wsparte są obserwacjami również z innych zakresów widma, w szczególności optycznej i rentgenowskiej. Specjalny projekt obserwacyjny ma również na celu dogłębne zbadanie emisji spolaryzowanej Drogi Mlecznej na falach o częstotliwości 4.7 GHz.

Oprócz obserwacji prowadzone są symulacje numeryczne galaktyk przy użyciu zaawansowanych kodów magnetohydrodynamiki (MHD) i superkomputerów. Krakowscy radioastronomowie znakomicie

objaśnili wiele zagadkowych struktur pola magnetycznego w galaktykach spiralnych i mają istotny wkład w opracowanie całkowicie nowych teorii ewolucji tych pól. Modele uwzględniają mechanizm dynamo MHD napędzany przez promienie kosmiczne oraz energię turbulencji dostarczaną w wybuchach gwiazd supernowych. Rozpoczęto również prace nad modelowaniem plazmy w magnetosferach planet.

Prowadzone są prace teoretyczne i numeryczne modelowania przyśpieszania cząstek promieniowania kosmicznego w gromadach galaktyk w celu wyjaśnienia obserwowanych spektakularnych radiowych otoczek i synchrotronowych reliktów wokół gromad galaktyk. Modelowanie obejmuje tworzenie się pierwotnych struktur wszechświata: włókien i supergromad galaktyk.

Ostatnio pracujemy intensywnie nad wybudowaniem w Polsce (m.in. niedaleko Krakowa) wielkiej sieci anten radiowych, które zostaną podłączone do systemu interferometrycznego LOFAR, z centrum w Holandii. LOFAR to unikalny interferometr radiowy, który będzie pracował w zakresie bardzo niskich częstotliwości (10-240 MHz). Instrument ten umożliwi badania obiektów wczesnego Wszechświata (np. świecących radiowo obłoków wodorowych i protogalaktyk), a także studiowanie ewolucji i magnetyzmu galaktyk, radiogalaktyk i kwazarów.

Najważniejsze osiągnięcia

- Odkryto wielkoskalowe pola magnetyczne w galaktykach karłowatych (odkrycie jest wynikiem obserwacji na największych radioteleskopach świata). Pokazano istnienie silnych wypływów namagnetyzowanej plazmy do ośrodka międzygalaktycznego w systemach zderzających się galaktyk i grupach galaktyk.
- Wypracowano realistyczne modele numeryczne galaktyk, które umożliwiły odtworzenie i wyjaśnienie obserwowanych struktur pól magnetycznych w galaktykach.
- Otwarcie w Polsce możliwości precyzyjnych obserwacji kosmosu na bardzo długich falach radiowych (w ramach uczestnictwa w projekcie LOFAR).