

# ÚVOD DO RADIOASTRONOMIE

## Sylabus přednášky

Přednášející: Miroslav Bárta, European ALMA Regional Center – Czech node, Astronomický ústav AVČR Ondřejov

Název: Úvod do radioastronomie

Anotace:

Radioastronomie (v širším smyslu) je soubor metod vzdálené diagnostiky astrofyzikálních objektů s využitím elektromagnetického záření v oblasti vlnových délek od zlomků milimetru po stovky metrů. Jde o poměrně mladý (cca 80 let) obor astronomie, který nyní díky bezprecedentnímu pokroku digitální techniky zažívá bouřlivý rozvoj, jak o tom svědčí nově vybudované (ALMA, LOFAR) nebo plánované (SKA) obří observatoře. Cílem přednášky je seznámit posluchače se základními principy radioastronomických metod a s jejich využitím pro diagnostiku vesmírné látky a procesů v ní probíhajících. S ohledem na posledně jmenovaný účel budou přehledně zmíněny i různé emisní mechanismy radiového záření. V závěru přednášky bude na praktických příkladech demonstrována procedura získávání a vědeckého vytěžení radioastronomických dat z moderních observatoří (zejména ALMA) od podání návrhu na pozorování až po analýzu a interpretaci kalibrovaných snímků.

Sylabus:

Úvod do radioastronomie: Jaký druh informací nám přináší – příklady z různých odvětví astronomie a astrofyziky od asteroidů po aktivní galaxie. Základní radioastronomické veličiny – radiový tok, jas, jasová teplota, polarizace.

Emisní mechanismy: Brehmsstrahlung, gyro-synchrotronové záření, plazmová emise, záření molekul a atomů v radiovém oboru. Stimulovaná emise a masery.

Antény a anténní soustavy. Detektory radiové emise od (sub)mm po metrové vlny.

Neideální efekty v radioastronomických měřeních: Vliv antény, detekční soustavy a atmosféry na měření; rušení signálu. Kalibrace radiových měření – obecný úvod. Signál vs. šum.

Radioastronomické metody: Radiometrie, polarimetrie, zobrazování s jednou anténou, spektroskopie, interferometrie. Metody interferometrických pozorování: Řídké anténní řady a fázovaná pole, aperturní syntéza, VLBI. „Aktivní“ radioastronomie – radarová měření meteorů a asteroidů.

Radiová spektroskopie: Principy, metody a příklady využití. Dynamická spektra radiové emise Slunce – diagnostika rychlých plazmových procesů ve slunečních erupcích. Kalibrace spektroskopických dat.

Moderní radiová interferometrie – aperturní syntéza: Principy a využití. Kalibrace interferometrických měření. Interferometrické zobrazování: surová a vyčištěná radiová mapa, nejmenší a největší

zobrazitelná škála, metody čištění obrazu.

Kombinovaná pozorování s frekvenčním i prostorovým rozlišením (*Frequency-Agile Arrays*) – příklady.

Kalibrace a syntéza multifrekvenčních interferometrických dat – multifrekvenční syntéza (MFS).

Moderní radioastronomické observatoře – stručný přehled kapacit a parametrů: LOFAR, ALMA, MUSER, SKA.

Praktické ukázky I: Jak získat data z moderní radiové observatoře – příklad pro observatoř ALMA. Návrh na pozorování: Fáze I a II. *ALMA Observing Tool* – nástroj na přípravu pozorování. Odhad očekávaných parametrů napozorovaných dat s pomocí simulačních nástrojů v SW balíku CASA. Jak získat podporu pro svůj projekt – systém regionálních center ALMA (ARC) jako podpůrná infrastruktura spojující uživatelskou komunitu s observatoří ALMA.

Praktické ukázky II: Kalibrace, syntéza (zobrazení) a analýza napozorovaných dat: Seznámení se SW balíkem CASA, příklady pro data z observatoře ALMA.

---

Title: Introduction to radioastronomy

Lecturer: Miroslav Bárta, European ALMA Regional Center – Czech node, Astronomical Institute AS CR, CZ-25165 Ondřejov, Czech Republic

Summary:

Radioastronomy (in broader sense) is a bunch of methods of remote diagnostics of astrophysical objects by means of electromagnetic radiation at wavelengths ranging from sub-millimeters to hundreds of meters. It is a relatively young (approx. 80 years) branch of astronomy. Namely thanks to unprecedented headway in digital technology it experiences revolutionary development in recent years as can be witnessed by newly built (LOFAR, ALMA) and planned (SKA) giant observatories. The lecture aims at introducing the audience into basic principles of methods of radioastronomy and their utilisation for diagnostics of the space matter and processes it undergoes. With respect to the latter goal, a brief overview of various radio emission mechanisms will be presented. The end of the lecture will be devoted to practical demonstration of the procedure of data acquisition from modern observatories (namely ALMA) and their scientific exploitation, from preparation of observation proposal up to analysis and interpretation of calibrated images and datacubes.

Outline of the lecture:

Introduction to radioastronomy: What kind of information we can acquire – examples from various branches of astronomy. Basic radioastronomical quantities – radio flux, brightness, brightness temperature, polarisation.

Emission mechanisms: Brehmsstrahlung, gyro-synchrotron emission, plasma emission, molecular and atomic transitions at radio wavelengths. Stimulated emission and masers.

Antennas and antenna arrays. Radio detectors from sub-mm up to metric waves.

Non-ideal effects in radioastronomical observations: Antenna, detector and atmospheric effects to measurements; (man-made) interference of signal. Calibration of radio data – general introduction. Signal vs. noise.

Methods of radioastronomy: Radiometry, polarimetry, single-dish imaging, radio spectroscopy, interferometry. Methods of interferometric observations: Sparse antenna rows and phased arrays, aperture synthesis, VLBI. “Active” radioastronomy – radar observations of meteors and asteroids.

Radio spectroscopy: Principles, methods and examples of utilisation. Dynamic spectra of solar radio emissions – diagnostics of fast plasma processes in solar flares. Calibration of spectroscopic data.

Modern radio interferometry – aperture synthesis: Principles and utilisation. Calibration of interferometric data. Interferometric synthesis/imaging: dirty and clean radio image, smallest and largest recoverable scale in the image, methods of image cleaning.

Combined observation with spectral and spatial resolution – Frequency-Agile Arrays – examples. Calibration and synthesis of multi-frequency interferometric data (multi-frequency synthesis – MFS).

Modern radioastronomical observatories – brief overview of parameters and capabilities: LOFAR, ALMA, MUSER, SKA.

Practical examples I.: How to acquire data from a modern radio observatory – case study for ALMA. Preparing observation proposal: Phase I and II. *ALMA Observing Tool* – your piece of SW for observing proposal preparation. Estimating the parameters of ALMA data by means of CASA simulation toolkit. How to get support from your project – a network of ALMA Regional Centers (ARCs) as an infrastructure connecting the user community and observatory.

Practical examples II: Calibration, imaging and analysis of observed data: Introduction to SW package CASA, case study for ALMA.