

A rádiócsillagászat a Földön kívüli térből érkező, természetes eredetű rádiósugárzásokkal foglalkozik. A rádiótartomány az elektromágneses spektrum legnagyobb hullámhosszú és legkisebb energiájú része. A légkörön túlról érkező rádióhullámok hullámhossza $3 \cdot 10^5$ cm-ig terjed (a 3 km-esnél nagyobb hullámhosszú rádióhullámok már elnyelődnek a csillagközi anyagban). Alsó határa a távoli infravörös tartomány széléig, azaz 15 mikrométerig tart.

A Föld felszínéről az 1 mm-től 15–30 m-ig terjedő hullámhossztartományban végezhető megfigyelések, mert a légkör ebben a sávban engedi át a rádióhullámokat (rádióablak). 30 méteres hullámhossz felett az ionoszféra veri vissza a sugárzást, 1 mm alatt pedig csak részlegesen jön át a légköri vízpárán és szén-dioxidon. A milliméternél rövidebb hullámhosszú tartomány a mikrohullámú sáv, (15 mikrométer és 1 mm között) gyakorlatilag átmenetet képez az infravörös- és a rádiótartomány között. Ez a tartomány csak ballonokról, repülőgépekről vagy műholdakról vizsgálható hatékonyan.

A rádiócsillagászat három nagy kutatási területe a Nap (illetve Naprendszer), a Tejútrendszer, illetve az extragalaxisok megfigyelése. A csillagászat ezen ága 1931-ben indult fejlődésnek, ekkor észleltek először Földön kívüli eredetű rádióhullámokat a 15 m-es hullámhosszon. Az azóta is rohamosan fejlődő rádiócsillagászat főbb felfedezései: a Nap rádiósugárzásának felfedezése (1942); a csillagközi semleges hidrogén 21 cm-es hullámhosszúságú (1420,4 MHz) sugárzásának felfedezése (1951); kvazárok felfedezése (1963); a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás felfedezése (1965); pulzárok felfedezése (1967). 1968-tól megindult a csillagközi anyag-molekulák színképvonalainak feltérképezése, a 70-es évektől munkába állított nagy teljesítményű teleszkópok pedig az extragalaktikus rádiócsillagászat gyors fejlődését tették lehetővé.

A Naprendszerben a Nap a legerősebb rádióforrás. Sugárzásának állandó rádiókomponense (termikus sugárzás) a napkoronából érkezik, s a napkorona szerkezetéről árulkodik. A változó (sokkal erősebb) komponens intenzitása a naptevékenységtől függ (akár milliószorosa is lehet az állandó komponensnek). A bolygók és holdak termikus rádiósugárzásának vizsgálatából azok felszíni hőmérsékletére következtethetünk.

A Tejútrendszer rádiósugárzása is két összetevőből áll. Az egyik a csillagközi semleges hidrogén 21 cm-es hullámhosszúságú sugárzása, amelynek segítségével nem világító anyagfelhőket térképezhettük fel. Ezek a galaxisunk karjaiban található sötét hidrogénfelhők fontos információkat szolgáltatnak a Tejútrendszer szerkezetéről. A csillagközi anyagban lévő molekulák is rádiósugárzást bocsátanak ki (cm-es tartomány). Napjainkra mintegy félszáz képviselőjük, köztük bonyolult szerves molekulákat is sikerült azonosítani. A molekulák vonalas rádiószínképe mellett folytonos rádiósugárzás is érkezik a Tejútrendszerből, melynek intenzitása a Tejútrendszer magjának irányában a legerősebb. Ez egyrészt az ionizált gázfelhők termikus sugárzásával azonosítható, másrészt pedig erős mágneses terekben mozgó nagysebességű elektronok hozzák létre.

A galaktikus rádiócsillagok közül a legfontosabbak a pulzárok (gyorsan forgó neutroncsillagok) és a kataklizmikus változócsillagok (a Napnál jóval nagyobb kitöréseket produkáló flercsillagok, valamint a nógák és a szupernógák).

Napjaink rádiócsillagászatának legizgalmasabb célpontjai az extragalaktikus rádióforrások. Ide soroljuk a klasszikus rádiógalaxisokat (az átlagosnál sokkal intenzívebb rádiósugárzással, pl. Cygnus A), de az aktív galaxisok legaktívabb csoportját, a kvazárokat is. Mindkét csoportról feltételezhető, hogy középpontjukban nagy tömegű fekete lyukat tartalmaznak. Valószínűsíthető, hogy ezen aktív galaxisok anyagkilövelléseiben (jetekben) nagy sebességgel kifelé haladó elektronok bocsátják ki a rádiósugárzást.

A rádiótávcső (rádióteleszkóp) három fő részből áll, ezek az antenna, a rádióvevő és az adatrögzítő. A legerjedtebb antennatípus a parabolikus antenna. A paraboloid felületre érkező párhuzamos rádióhullámok a fókuszpontban elhelyezett kisméretű antennára esnek, s innét jutnak a vevőkészülékbe. A rádiótávcsövek felbontóképessége a parabola átmérőjével egyenesen, az alkalmazott hullámhosszal pedig fordítottan arányos. Az alkalmazható legkisebb hullámhossz a paraboloid felület pontosságától függ. Egy-egy elszigetelt rádiótávcsővel nem lehet igazán jó felbontást elérni, s ezért kifejlesztették a rádióinterferométereket. Az alaptípus két, egymástól meghatározott távolságban elhelyezett antennából áll, amelyek közös vevőkészülékhez csatlakoznak. Ebben a két antenna által azonos időben, azonos objektumról fogott jelek interferenciáját hozzák létre. Az adatokból matematikai módszerekkel a fényképhez hasonló rádióképet állítanak elő. A felbontóképesség az antennák távolságával (bázisvonal) arányos. Ilyen rendszerek működnek pl. Cambridge-ben (Anglia, 5 km-es bázisvonal) vagy Green Bank-ben (USA, 3,2 km-es bázisvonal). A legnagyobb rádiótávcső hálózatot Új-Mexikóban (USA) állították rendszerbe. Az Y alakban elrendezett 27 darab, egyenként 25 méter átmérőjű tányérból álló sorozatot – amelyet legtöbbször a Kapcsolat c. filmben láthattak – VLA néven ismerjük (Very Large Array, azaz Nagyon Nagy Antennasorozat). Felbontóképessége 6 cm-es hullámhosszon 0,6 ívmásodperc, a bázisvonalak hosszúsága az Y szárai mentén 21–21–19 km.

A bázisvonal növelésével a felbontóképesség elvileg tetszés szerint fokozható. E célból került kifejlesztésre a VLBI technika (Very Long Baseline Interferometry, azaz „Nagyon Hosszú Bázisvonalú Interferometria”). Lényege, hogy a Föld különböző pontjain lévő teleszkópok között több száz, illetve több ezer km-es távolság van. A beérkező jelek nem közös vevőkészülékbe jutnak, hanem külön-külön, mágnesszalagokon rögzítik őket. Később a szalagokat az ún. korrelátoron összejátsszák, s előállítják az interferenciát. Az egymástól független jelsorozatok időbeli szinkronizálását atomórákkal biztosítják. A felbontóképesség növelésének csak a Föld átmérője szabhatott határt; az ezt megközelítő bázishosszakon ezred ívmásodperc körüli felbontóképességet értek el. A VLBI nagyon alkalmas kis szögátmérőjű rádióforrások (pl. bolygók, rádiócsillagok, kvazárok) vizsgálatára. A távoli kvazárokat stabil vonatkoztatási pontként használva és a bázisvonal hosszának igen pontos ismeretében a VLBI technika geodéziai és geofizikai mérésekre (pl. a kőzetlemezek mozgási sebességének meghatározására) is alkalmas.

A bázisvonal további növelésének egyetlen lehetséges módja, hogy az egyik rádióteleszkópot a földfelszínen kívül helyezzük el. Az űr-VLBI rendszer első elemét Japán helyezte üzembe 1997. februárjában (VSOP – VLBI Space Observatory Programme). A HALCA (Highly Advanced Laboratory for Communications and Astronomy) nevű, Föld körül keringő műholdon egy 8 méter átmérőjű, kinyitható antennát helyeztek el. A földtávpont 21 400 km-es távolságban van, a maximális bázisvonal hossza 27 000 km. A műhold és a vele együtt dolgozó mintegy 40 földi teleszkóp által elért felbontás az ívmásodperc néhány százszázad része (a mm-es hullámhosszakon)! Ez még a távoli rádiógalaxisok és kvazárok esetében is mindössze 1 parszek (3,26 fényév) átmérőnek felel meg. Ezzel a felbontással részletesen feltérképezhetjük a különleges objektumok szerkezetét. Az űr-VLBI programban magyar kutatók is részt vesznek.

Rádiócsillagászat a hálózaton

<http://www.stsci.edu/astroweb/cat-radio.html> – Radio Telescope Resources

http://www.cv.nrao.edu/fits/www/yp_radio.html – Radio Astronomy. A rádióteleszkópok, hálózatok és intézmények teljes listái a világhálón, közvetlen csatlakozási lehetőséggel. A címek alatt rövid leírást olvashatunk az egyes szervezetek tevékenységéről. Ezek a címek önmagukban is elégségesek hivatkozásgyűjtemény gyanánt, így a következőkben csak néhányat emelünk ki belőlük.

<http://www.nrao.edu/> – National Radio Astronomy Observatory. Az USA rádiócsillagászatát irányító intézmény honlapja szintén jó kiindulási pont lehet, mivel többek között a VLA, VLBA (Very Long Baseline Array) és az űr-VLBI oldalaira kapcsolódhatunk.

<http://www.naic.edu/> – Arecibo Observatory. A legnagyobb, 305 méter átmérőjű tányér látványa szintén a Kapcsolat c. filmből lehet ismerős. A földbe ágyazott antenna nem mozgatható, és állandóan a zenit környékét figyeli.

<http://zia.aoc.nrao.edu/doc/vlba/html/VLBA.html> – A VLBI-technikával működő hálózat egy 10 teleszkópból álló hálózat az USA területén, Hawaii-tól a Virgin-szigetekig. Az ezred ívmásodperces felbontást produkáló rendszerrel főleg galaxisokat, kvazárokat és gravitációs lencsákat figyelnek meg.

<http://www.nrao.edu/doc/vla/html/VLAhome.shtml> – VLA (Very Large Array). Bővebben lásd a bevezető szövegben.

<http://www.vsop.isas.ac.jp/> – VSOP (VLBI Space Observatory Programme). Általános és friss információk, fontos tudnivalók az űr-VLBI program első működő rendszeréről. Mindenképpen érdemes benézni az egyre gyarapodó képtárba.

<http://www.sgo.fomi.hu/vlbi/vlbih.htm> – FÖMI Kozmikus Geodéziai Obszervatórium – űr-VLBI Projekt. A Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) Geodéziai Obszervatóriuma részt vesz az űr-VLBI munkájában. Honlapjukon magyar (és angol) nyelvű információkat, valamint a VLBI-vel és az űr-VLBI-vel kapcsolatos hivatkozásgyűjteményt találhatunk.

<http://www.supernova.ahg.hu/hirek/archive/szeptem/index.html#svlbi> – A Földnél nagyobb rádióteleszkóp első képein ősi kvazárok képei tűnnek fel. A VSOP első megfigyeléseinek rövid összefoglalója magyar nyelven.

<http://sma2.harvard.edu/index.html> – The Submillimeter Array. A Mauna Kea csúcsára telepített 8 db 6 méteres antenna a csillagászok által „Terra Incognitának”, vagyis „ismeretlen földnek” nevezett tartományban észlel majd, a távoli infravörös és a milliméteres hullámhossz közötti tartományban. A földfelszínről eddig alig elérhető sávban a maximális szögfelbontás 0,1 és 0,4 ívmásodperc között lesz.

<http://www.seti.org> – SETI (Search for Extra Terrestrial Intelligence). Nem is lehetne teljes a főbb rádiócsillagászati címek áttekintése, ha hiányozna a Földön kívüli intelligenciák után kutató program elérhetősége. Bár egyre kevesebb teleszkóp áll a kutatók rendelkezésére, a rengeteg adat feldolgozása még így is nehézségekbe ütközik. Éppen ezért hozták létre a SETI at Home („SETI otthon”) nevű programot, amelynek keretében PC-ken futtatható programok segítségével kereshetjük az idegenek jelzéseit. Az arecibói rádiótávcső által gyűjtött adatokat a gép a képernyőkímélő üzemmódban dolgozza fel, vagyis automatikusan elindítja a programot, ha nem fut más alkalmazás. Amennyiben szeretnél részt venni a kutatásban, látogass el a következő honlapra: <http://setiathome.ssl.berkeley.edu/>

<http://deepspace.jpl.nasa.gov/dsn/index.html> – The NASA Deep Space Network (DSN). A rádióteleszkópok egy másfajta alkalmazása. A DSN három nagy parabolaantenna hálózata, amelynek egyik fő célja a bolygókutató űrszondákkal való kapcsolattartás (parancsok felküldése, illetve adatok vétele). (A hálózat egyik tagját 1995-ben a Nemzetközi Fizikai Diákolimpia magyar résztvevői „testközelből” is megsejlelhetették az ausztráliai Tidbinbillában.) Az antennák elhelyezése (kb. 120 fokos szöget bezáró irányokban) biztosítja, hogy legalább egyikükkel mindig elérhető egy adott űreszköz.

Simon Tamás