

Devetdeset let radijske astronomije

Mirko Kokole

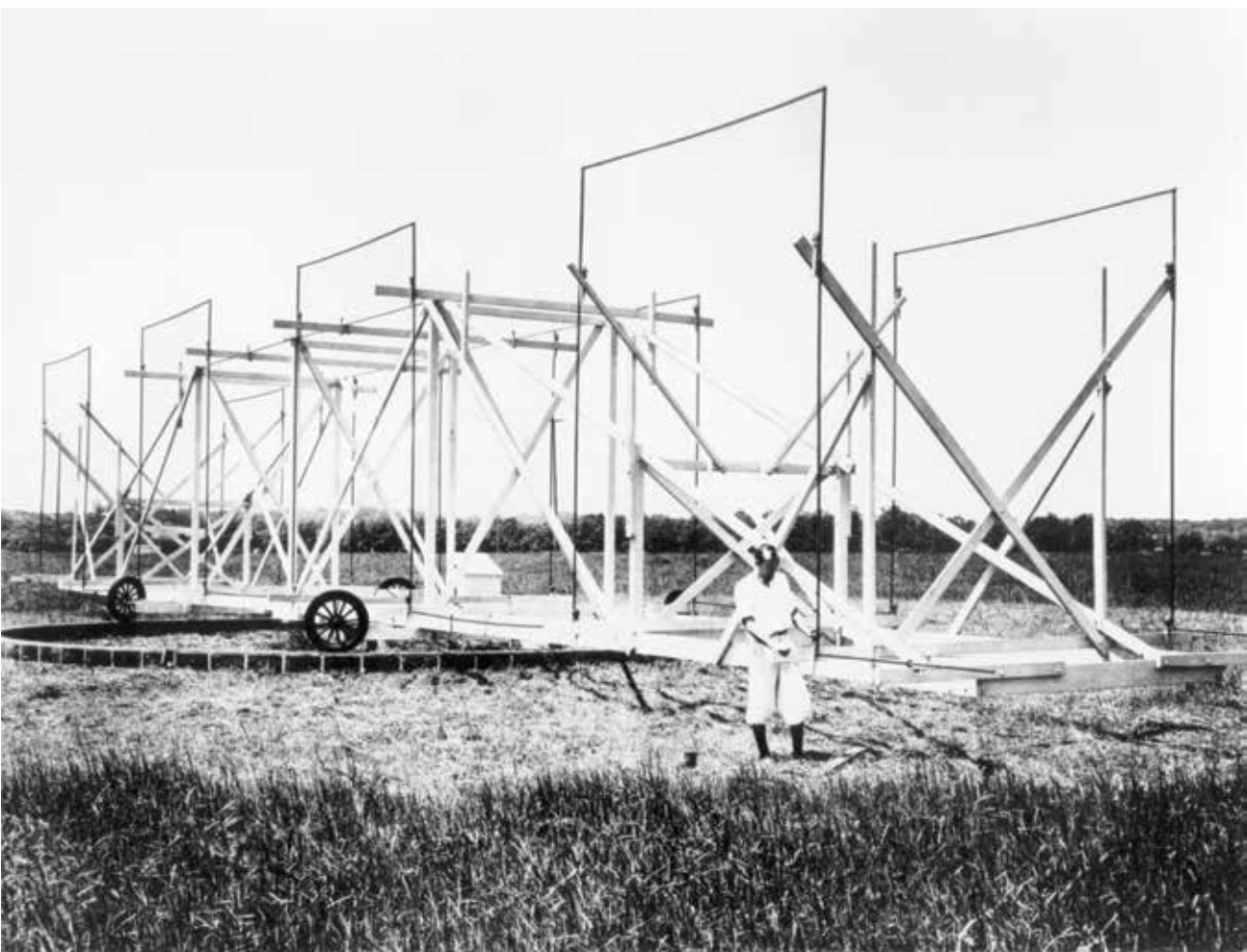
V letu, ko revija *Proteus* praznuje častitljivo obletnico, praznuje enako obletnico tudi veja astronomije, ki ji pravimo radijska astronomija. Radijska astronomija se ukvarja z opazovanjem astronomskih objektov v radijskem delu spektra elektromagnetnega sevanja z valovnimi dolžinami od nekaj milimetrov do sto kilometrov.

Na sevanje astronomskih objektov tudi v radijskem delu elektromagnetnega spektra so astronomi pomislili takoj, ko je leta 1860 James Clerk Maxwell zapisal svoje slavne enačbe, ki opisujejo elektromagnetno polje. Prvi poskusi opazovanja so bili že v letih od 1896 do 1900, a so vsi spodleteli. Leta 1933 pa je Karl Guthe Jansky med preučevanjem radijskega šuma, ki je motil radijske telekomunikacije med Evropo in Ameriko, ugotovil, da ima ta šum periodo približno 24 ur. Najprej je seveda pomislil, da je zaznal radijski signal s Sonca. A je hitro ugotovil, da to ni res. Signal se ni pojavljal s periodo 24 ur, ampak 23 ur in 56 minut. O tem se je pogovoril s svojim prijateljem astrofizikom Albertom Melvinom Skellettom, ki ga je takoj opomnil, da je to natanko perioda siderskega dneva. Siderski dan je čas, ko oddaljeno nebesno telo naredi natanko en navidezni obrat na nebu. Nadaljnja preučevanja so pokazala, da je Jansky zaznal signal, ki se nahaja v ozvezdju Strelca. Prav tam, kjer je Rimska cesta najgostejša. Danes ta radijski izvor imenujemo Sagitarius A* in prihaja iz središča naše galaksije, Rimske ceste. Jansky je svoje odkritje prvič naznanil aprila leta 1933 in oktobra istega leta objavil članek z naslovom *Electrical disturbances apparently of extraterrestrial origin (Električne motnje predvidoma nezemeljskega izvora)*. Z objavo tega članka lahko štejemo, da se je začela nova veja astronomije, radijska astronomija.

Kot smo že povedali, se radijska astronomija ukvarja z opazovanjem nebesnih objektov v radijskem delu elektromagnetnega spektra. Za astronome so najbolj zanimive frekvence valovanja od treh kilohercov do devetsto gigahercov. Zaradi absorpcije Zemeljskega ozračja pa so opazovanja večinoma omejena na valovne dolžine od nekaj centimetrov do nekaj deset metrov oziroma frekvence od približno tristo megahercov do trideset gigahercov. Radijska astronomija je med mlajšimi vejami astronomije in je večinoma ostala v rokah profesionalnih astronomov. Amaterski opazovalci je večinoma niso posvojili. Najbolj verjetno iz dveh razlogov. Prvi je visoka cena radijskih teleskopov. Drugi, verjetno pomembnejši razlog pa je gotovo tehnična zahtevnost opazovanja in obdelave podatkov, ki jih pridobimo z radijskim teleskopom. Za razliko od optičnega teleskopa radijskega teleskopa ne moremo preprosto postaviti in takoj opazovati lepe podobe Jupitra ali pa Sonca in drugih nebesnih objektov. Vse, kar »vidimo« z radijskim teleskopom, je električni šum, ki šele po razmeroma zahtevni obdelavi postane razumljiv. Taka opazovanja seveda niso najbolj zanimiva za amaterskega opazovalca.

Za razliko od optičnih teleskopov, ki so si med seboj po izdelavi zelo podobni, se radijski teleskopi med seboj zelo razlikujejo, kar je odvisno od tega, katere radijske frekvence opazujemo. Prvi radijski teleskop, ki ga je uporabil Jansky, je bil sestavljen iz zaporedja preprostih dipolnih anten.

Teleskop, s katerim so odkril kozmično mikrovalovno ozadje, je imel obliko troblje. Vsem najbolj prepoznavni radijski teleskopi so seveda teleskopi z obliko velikega krožnika. Taki teleskopi so pogosto postavljeni tudi v gručah, kot na primer VLA (Very Large Array, Zelo velika mreža) v Novi



Prvi radijski teleskop, s katerim je leta 1933 Karl Jansky zaznal signal iz središča naše galaksije, Rimske ceste. Danes ta radijski izvor imenujemo Sagitarus A. Povezan je z orjaško črno luknjo v središču galaksije, ki seva tudi radijske valove. Radijski teleskop, ki ga prikazuje fotografija, je sestavljen iz skupine preprostih anten na vrtljivem ogrodju. Z njim je Jansky zaznaval radijske valove s frekvenco 20,5 megaherca oziroma valovno dolžino 14,6 metra. Celotni teleskop je imel premer trideset metrov in je bil visok šest metrov. Postavljen je bil na kolesa, tako da se je lahko vrtel. To je omogočilo, da so dokaj natančno določili smer, iz katere je signal prihajal. Zaradi svoje konstrukcije so teleskop ljubkovalno imenovali Janskyjev vrtljak. Foto: NRAO/AUI.*

Mehiki oziroma novejši teleskop ALMA (Atacama Large Millimeter Array, Atacama velika milimetrska mreža) v Čilu.

Poznamo tudi nepremične teleskope v obliki krožnikov, ki so napeti preko celotnih kotanj. Med najslavnejšimi je teleskop observatorija Arecibo v Portoriku. Na žalost se je ta pred kratkim zaradi nevzdrževanja

porušil. Največji teleskop te vrste je FAST (Five-hundred-meter Aperture Spherical Telescope, Sferični teleskop s premerom petsto metrov), ki se nahaja na jugozahodu Kitajske.

Radijski teleskopi imajo pred optičnimi kar nekaj prednosti. Z njimi lahko vzorčimo vse lastnosti elektromagnetnega sevanja: am-



Skupina anten, ki so del radijskega teleskopa ALMA (Atacama Large Millimeter Array, Velika milimetrska mreža Atacama). Teleskop je sestavljen iz množice manjših teleskopov z obliko krožnika, ki zaznavajo milimetrске radijske valove. Zaznava lahko radijske valove s frekvencami od petintrideset do devetsto petdeset gigahercov. Pri tako visokih frekvencah elektromagnetnega sevanja je absorpcija sevanja v ozračju, predvsem zaradi prisotnosti vodnih molekul, zelo velika. Zato so astronomi izbrali puščavo Atacama v Čilu kot idealni kraj za postavitev tega teleskopa. Puščava Atacama se nahaja na nadmorski višini dva tisoč petsto metrov in velja za najbolj suho območje na Zemlji. Foto: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO).





Antene ACA (Atacama Compact Array, Kompaktna mreža Atacama) imajo premer krožnika sedem metrov in so postavljene tesno skupaj. Z njimi lahko astronomi opazujejo radijske valove z valovnimi dolžinami od tri desetine do tri milimetre. Kompaktna mreža Atacama se nahaja na nadmorski višini pet tisoč metrov in je sestavljena iz dvanajstih krožnikov, ki lahko delujejo samostojno ali skupaj kot interferometer. Foto: ALMA(ESO/NAOJ/NRAO).

plitudo, fazo in polarizacijo. Pri optičnih lahko zaznamo le gostoto pretoka sevanja in polarizacijo. Ker z radijskimi teleskopi opazujemo sevanje z zelo dolgimi valovnimi dolžinami, imajo samostojni radijski teleskopi slabo občutljivost ter izjemno majhno prostorsko ločljivost. Občutljivost teleskopa in prostorska ločljivost sta namreč odvisni od valovne dolžine sevanja, ki ga opazujemo, in od premera teleskopa oziroma površine, s katero ujamemo sevanje. Bolj natančno, ločljivost je odvisna od razmerja med opazovano valovno dolžino in premerom teleskopa. V resnici pa je ta navidezna slabost radijskega teleskopa zaradi sposobnosti zaznavanja faze in amplitude sevanja njegova največja prednost, saj lahko razmeroma preprosto izvedemo interferometrične meritve in aperturno sintezo. Pri interferometričnih meritvah sestavimo oziroma naredimo superpozicijo meritev elektromagnetnega polja iz dveh ali več detektorjev. Ti zaznavajo valovanje z različnim časovnim zamikom,

ki je odvisen od razdalje med detektorji. Aperturna sinteza pa je numerična tehnika, ki nadgradi interferometrične meritve tako, da iz njih virtualno sestavimo večji teleskop. Tak teleskop ima takšno ločljivost, kot bi jo imel realni teleskop, ki bi imel premer enak razdalji med najbolj oddaljenima detektorjema v mreži teleskopov. Drugače povedano, ti dve tehniki nam omogočata, da lahko z opazovanjem z več mest hkrati navidezno sestavimo teleskop, ki ima zelo velik premer. V skrajnem primeru je lahko enak premeru Zemlje. Tak teleskopa lahko doseže ločljivost, ki je veliko večja od ločljivosti najboljših optičnih teleskopov. Tak teleskop je EHT (Event Horizon Telescope, Teleskop za opazovanje dogodkovnega obzorja), ki je pred nedavnim uspešno posnel sliko orjaške črne luknje v središču galaksije M87. Radijska astronomija je v svojih devetdesetih letih astronomom in astrofizikom prinesla pomembna odkritja in spoznanja. Med pomembnejšimi so odkritja pulzarjev, kvazar-



Observatorij Arecibo v Portoriku iz leta 1960. Ta teleskop je eden od najbolj ikoničnih radijskih teleskopov. Do nedavnega je veljal za teleskop z največjim premerom zbiralnega krožnika, ki je bil napet preko celotne doline in je imel v premeru kar tristo pet metrov. Gradnja teleskopa se je začela leta 1960, leta 1963 pa je teleskop začel delovati. Leta 2017 ga je orkan Maria močno poškodoval. Začelo se je obdobje, ko so upravitelji teleskopa začeli razmišljati, da bi teleskop razgradili. Avgusta in novembra leta 2020 sta se strgala dva nosila kabla in 1. decembra leta 2020 se je teleskop sam porušil. Danes je največji radijski teleskop takega tipa FAST (Five-hundred-meter Aperture Spherical Telescope, Sferični teleskop s premerom petsto metrov) na jugozahodu Kitajske. Premer njegovega krožnika je kar petsto metrov. Vendar ta teleskop zaradi svoje konstrukcije ne more uporabiti celotne površine krožnika za zajem signala, ampak le del s premerom tristo metrov, tako da je po občutljivosti primerljiv s teleskopom Arecibo. Observatorij Arecibo je veliko prispeval tudi pri projektu SETI. Leta 1973 so preko njega v vesolje oddali tudi radijsko sporočilo, ki je namenjeno nezemeljski civilizaciji. Sporočilo je sestavil Frank Drake, poznan predvsem po enačbi, ki predvideva, koliko nezemeljskih civilizacij bi lahko obstajalo v naši galaksiji. Foto: University of Central Florida.

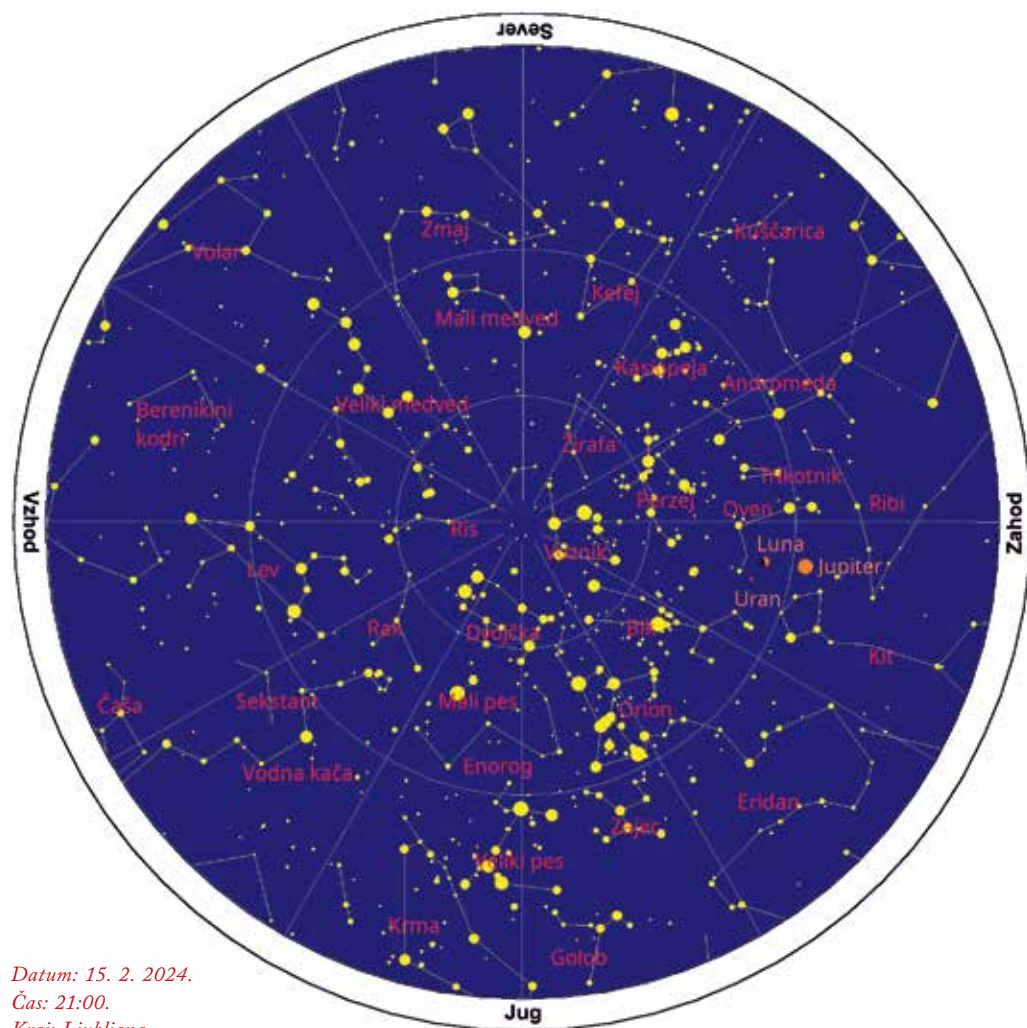
jev in kozmičnega mikrovalovnega ozadja. Prvi pulzar je odkrila astronomka Jocelyn Bell 6. avgusta leta 1967, ko je pregledovala meritve, ki jih je posnel scintilacijski teleskop observatorija MRAO (Mullard Radio Astronomy Observatory, Mullardov observatorij za radijsko astronomijo). (Ta teleskop je bil namenjen meritvam hitrega spreminjanja oziroma bliskov elektromagnetnega valovanja. Temu pojavu pravimo medplanetarna scintilacija in je posledica spreminjanja gostote elektronov in protonov v medplanetarnem prostoru.) Signal pulzarja je pred tem opazil že njen takratni mentor Antony Hewish, a ga je zanemaril kot šum. 28. novembra istega leta sta s skupnimi močmi

potrdila obstoj ponavljajočega signala s periodo 1,3373 sekunde. Na začetku sta imela kar nekaj težav, kako razložiti takšen signal iz vesolja. Kot pri vseh neznanih signalih iz vesolja so pomislili tudi na sporočilo nezemeljske civilizacije. Bolj za šalo kot zares so signal poimenovali LGM-1 (Little Green Men, Mali zeleni možje). Danes vemo, da takšen signal izvira iz izjemno hitro vrteče se nevtronske zvezde, iz katere izhaja ozek snop plazme, ki se giblje s hitrostmi, primerljivimi s hitrostjo svetlobe. Tak snop snovi seva tudi v radijskem spektru elektromagnetnega sevanja. Ime pulzar se je v literaturi prvič pojavilo leta 1968.

Kvazarje so prvič začeli omenjati v petde-

setih letih prejšnjega stoletja kot okrajšavo za kvazizvezdne objekte (QSO, quasi-stellar objects). To so bili izvori izjemno močnega radijskega sevanja, ki so prihajali iz točkovnih nebesnih objektov. Optično so bili ti objekti videti kot zvezde, njihov izsev pa je mnogokrat presegal izsev celo celotne galaksije. Prvič se ime kvazar v članku pojavi leta 1964. Danes vemo, da so kvazarji aktivna galaktična jedra, iz katerih izhaja elektromagnetno sevanje z izjemno veliko močjo. Njihov izsev večtisočkrat presega izsev celotne naše galaksije.

Kozmično mikrovalovno ozadje so prvič napovedali že leta 1948. Prva sta ga po srečnem naključju zaznala 20. maja 1964 Arno Penzias and Robert Woodrow Wilson na observatoriju Crawford Hill v bližini Holmdela v zvezni državi New Jersey v Združenih državah Amerike. Leta 1978 sta za svoje odkritje dobila tudi Nobelovo nagrado. Kozmično mikrovalovno ozadje je termično elektromagnetno sevanje, se pravi, da ima značilni spekter črnega telesa s temperaturo približno 2,7 kelvina. Njegova značilnost je, da prihaja iz vseh smeri ena-



Datum: 15. 2. 2024.

Čas: 21:00.

Kraj: Ljubljana.

komerno, kar pomeni, da se nahajamo znotraj izvora sevanja. Odkritje mikrovalovnega ozadja je eno od najpomembnejših potrditev teorije velikega poka in nastanka vesolja. Opazovanje kozmičnega ozadja nam omogoča tudi vpogled v najzgodnejše obdobje nastanka vesolja.

Pomemben del radijske astronomije je bilo tudi iskanje signalov morebitne nezemeljske civilizacije oziroma SETI (search for extra-terrestrial intelligence, iskanje nezemeljske inteligence). Astronomi so poskušali v arhivu vseh radijskih meritev, predvsem tistih, ki jih je posnel radijski teleskop observatorija Arecibo, poiskati ponavljajoče se signale, ki bi lahko bili nenaravni. Odkrivanje takega signala je bilo neuspešno. Je pa predvsem projekt SETI@Home močno pripomogel pri prepoznavnosti radijske astronomije ter pomembno prispeval k postavitvi računalniške infrastrukture, ki uporablja računsko moč zelo velikega števila osebnih računalnikov. SETI@Home je bil namreč računalniški program in sistem strežnikov, ki sta omogočala, da je uporabnik navadnega domačega osebnega računalnika lahko naložil program, ki je v ozadju preko spleta pridobival podatke in jih nato obdelal ter iskal v njih nenaravne signale. SETI@Home je bil tudi prvi znanstveni projekt, v katerem je sodelovala tudi nestrokovna javnost. Danes infrastrukturo, ki jo je vzpostavil SETI@Home, uporablja vrsta projektov, ki vključujejo biologijo, matematiko, okoljevarstvo, medicino ter druge znanstvene véde.

Radijska astronomija morda v očeh javnosti nikoli ni imela posebnega pomena, a je vendar ena od najpomembnejših vej moderne astronomije. Njen prispevek k današnjemu poznavanju astronomije in astrofizike je izjemen. In čeprav se v medijih novice o radijskih teleskopih in njihovih odkritjih le redko pojavijo, to še ne pomeni, da je radijska astronomija zamrla. Po vsem svetu gradijo nove radijske teleskope, ki predstavljajo skupno željo po znanstvenem napredku in vizijo svobodne človeške civilizacije.