

Krajská hvězdárna a planetárium Prešov

R Á D I O A S T R O N Ó M I A

Krajská hvězdárna a planetárium v Prešove vydáva tento metodický materiál pre vedúcich astronomických krúžkov Východoslovenského kraja a záujemcov o astronómiu a cieľom podať v krátkosti a jednoducho informácie o uvedenej téme.

RADIOASTRONÓMIA

Úvod , rozdelenie rádioastronómie.

Rádioastronómia, čiže výskum žiarenia nebeských telies na rádiových vlnách je veľmi mladé a dnes jedné z najbúrli-vejšie sa vyvíjajúcich odvetví astronómie.

Podľa spôsobu výskumu sa delí na pasívnu rádioastronómiu, ktorá iba prijíma rádiové žiarenie z vesmíru a aktívnu rádioastronómiu, ktorá vysiela pomocou radaru rádiové žiarenie, po odraze od nebeských telies ich prijíma, študuje a vyhodnocuje. Zatiaľ čo výskum aktívnej rádioastronómie je obmedzený na pla-nehetárnu sústavu, pasívna rádioastronómia študuje blízky i vzdia-lený vesmír (rádiové žiarenie Mesiaca, planét, Slnka, rádiové hmloviny, rádiové galaxie a iné dosiaľ neidentifikované rádiové zdroje).

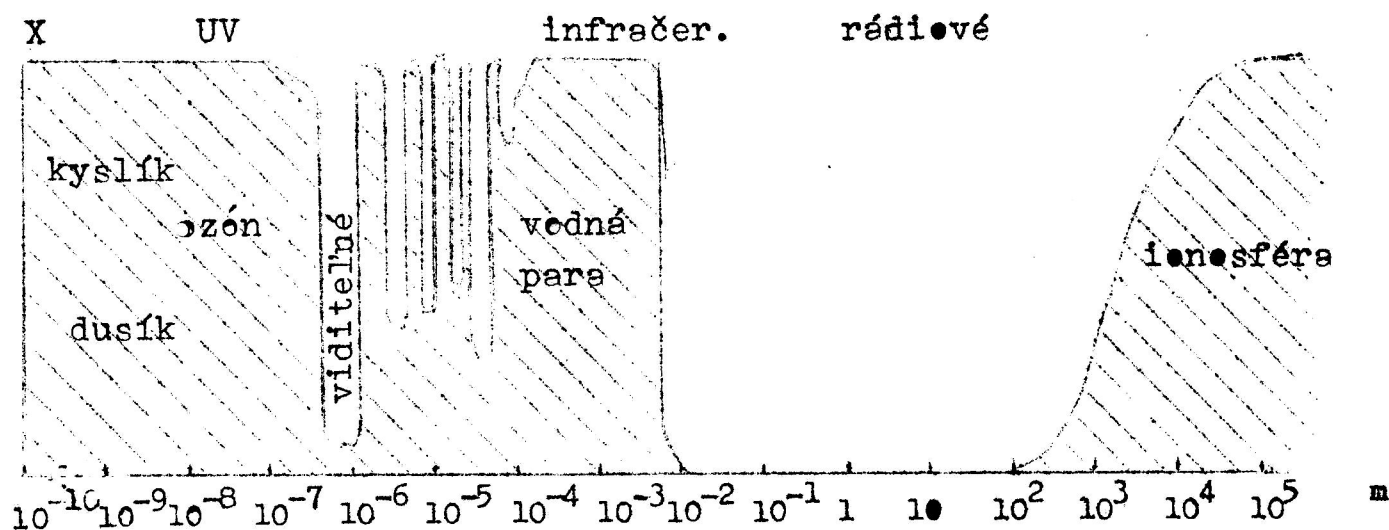
Z histórie rádioastronómie

Domnienka, že kozmické telesá vysielaajú rádiové žiarenie, však nie je také nová a pochádza z posledných rokov minulého storočia. Nedokonalé a hlavne málo citlivé aparáty nemohli však toto žiarenie zachytiť.

Mimozemské rádiové vlny boli po prvýkrát zachytené v ro-ku 1932. Vtedy pracovník Bellových laboratórií Jansky pri skúmaní porúch na krátkych rozhlasových vlnách zistil dovtedy neznáme žiarenie prichádzajúce zvonku do zemskej atmosféry. Záhadným vlnám bola venovaná veľká pozornosť a zistilo sa, že rovnaká intenzita porúch vyvolaných týmto žiarením sa opakuje za 23 hodín 56 minút, čiže vždy po jednom hviezdnom dni, keď sa anténa prijímača otáčaním Zeme okolo osi vráti do rov-nakej polohy voči hviezdám. Pretože zdroj rádiových vln nemenil svoju polohu voči hviezdám, bolo zrejmé, že príčinou porúch nemôže byť Slnko. Žiarenie mu-selo prichádzať z omnoho väčších vzdialeností, z medzihviezdne-ho priestoru.

Neskôr sa zistilo, že tieto signály prichádzajú k nám zo stredu Mliečnej dráhy. Krátke potom sa američanovi Reberovi podarilo zmapovať rádiové žiarenie celej Mliečnej dráhy. Janského objav, že z hĺbín vesmíru prichádzajú k nám rádiové vlny o dĺžke 15 m, bol objavom druhého atmosférického "okna" v spektre žiarenia. Musel preto logicky viesť k vzniku nového odvetvia astronómie, skúmajúceho vesmír v oblasti tak vzdialenej od vlnových dĺžok viditeľného svetla. Ďalšie pokusy s prijímačmi nalaďenými na rôzne frekvencie viedli k vymedzeniu šírky druhého okna, ktoré siaha od niekoľkých milimetrov až približne po 40 m.

Obr. priepustnosť ovzdušia pre rôzne vlnové dĺžky



Postupne boli zhotovované dokonalejšie prijímacie aparetúry s väčšou citlivosťou, ktoré boli už opatrené aj anténnymi reflektormi, umožňujúcimi príjem len z určitého smeru. Tak vznikli prvé "rádiové ďalekohľady"- rádioteleskopy, ktoré umožňovali výskum mimozemského rádiového žiarenia. Výskumy ukázali, že napr. Slnko je veľmi slabým zdrojom rádiového žiarenia a zaznamenávame ho iba pre jeho blízku polohu. Najväčšia časť rádiového žiarenia z kozmu však pochádza od objektov mimo slnečnej sústavy.

Začiatky aktívnej rádioastronómie úzko súvisia so všeobecným rozvojom bezdrôtovej spojovacej techniky, ktorý sa vyžiadaval podrobné preskúmanie podmienok šírenia rádiových vln. Po zistení odrazu krátkych rádiových vln od pevných prekážok sa uskutočnilo aj bezdrôtové spojenie cez Atlantický oceán. Tento výsledok vzbudil veľký rozruch, pretože rádiové vlny sa šíria priamočiaro ako svetlo a ich dráha medzi dvoma miestami zatienenými zakrivením Zeme bola na prvý pohľad nevysvetliteľná. Neskôr sa dokázalo, že zemská atmosféra musí obsahovať elektricky vodivú vrstvu - ionosféru, ktorá rádiové vlny neprepúšťa, ale odráža späť k zemskému povrchu.

Tu však existuje značná závislosť na dĺžke vlny a okamžitom stave vrstvy. Zistilo sa, že k Zemi sa vracajú vždy iba vlny dlhšie od určitej dĺžky a kratšie vlny prenikajú ionizovanou vrstvou von do okolitého priestoru. To isté platí aj pre rádiové žiarenie postupujúce opačným smerom, z mimozemských zdrojov. Medzi vlnovými dĺžkami teda existuje vždy rozhranie, pokiaľ je možný príjem rádiového žiarenia z mimozemských zdrojov a nie je možné spojenie medzi dvoma vzdialenými stanicami a naopak.

Radar, ktorý je hlavným prístrojom aktívnej rádioastronómie, nemal pôvodne s astronómiou nič spoločného. Slúžil ako prístroj na zisťovanie polohy vojenských objektov - lietadiel, lodí.

Snaha astronómov použiť tento prístroj na meranie vzdialenosti nebeských telies bola zúročená v roku 1946, kedy sa po prvýkrát v dejinách ľudstva podarilo zo Zeme vyslať rádiový signál na iné teleso vo vesmíre a po odraze signál opäť na Zemi zachytiť. Týmto telesom bol Mesiac.

Rozdiely medzi optickou a rádiovou astronómiou.

Porovnanie metód rádioastronómie a klasickej (vizuálnej) astronómie.

Rádioastronómia má určité výhody voči optickým pozorovaniam. Predovšetkým je to takmer úplná nezávislosť na oblačnosti a iných meteorologických podmienkach, pretože tieto vlny nerušené prechádzajú oblakmi.

Pri rádiaostronomických výskumoch sa môže rovnako dobre pracovať v noci ako cez deň, stačí len aby pozorovaný objekt bol nad obzorom.

Pretože dĺžka rádiových vln voľne prechádzajúcich zemskou atmosférou sa podstatne líši od vlnovej dĺžky svetla, aj technika pozorovania bude odlišná a zakladá sa na princípe rozhlasového príjmu.

Prijímač rádiového žiarenia, čiže rádioteleskop má dve, základné časti: anténu a vlastný prijímač. Úlohou antény je zachytiť a sústrediť žiarenie z určitého smeru, úlohou prijímača je zosilniť elektrické prúdy, ktoré v ňom pri ožiarení antény vzniknú.

Funkcie sú teda rozdelené podobne ako v optickom ďalekohľade, kde na mieste antény stojí objektív (šošovka alebo zrkadlo), sústreďujúci svetlo do ohniska ďalekohľadu a na mieste prijímača je ľudské oko, pozorujúce obraz v ohnisku cez okulár. Pri optických pozorovaniach hrá hlavnú úlohu priemer objektívu ďalekohľadu. Čím je väčší, tým viac svetla zachytí, tým drobnejšie detaily zachytí. Anténa zastupujúca objektív v rádioteleskope koná rovnakú funkciu. Aby rádioteleskop bol čo najvýkonnejší, musí byť plocha jeho antény čo najväčšia.

Ďalšou dôležitou charakteristikou je citlivosť. Tu treba zdôrazniť, že nejde ani tak o minimálnu intenzitu rádiového žiarenia, ktorý je prijímač schopný zachytiť, ale skôr o jej pomer k poruchám, ktoré vznikajú vo vnútri prístroja.

Nasledujúcou podstatnou vlastnosťou optických i rádiových prístrojov je rozlišovacia schopnosť. Definujeme ju ako najmenšiu uhlovú vzdialenosť dvoch žiariacich bodov, v ktorej nám tieto body ešte nesplývajú. Táto uhlová vzdialenosť je priamo úmerná dĺžke vlny a nepriamo úmerná priemeru objektívu. Ak napríklad sa zväčší priemer objektívu na dvojnásobok, alebo sa použije žiarenie polovičnej vlnovej dĺžky, zmenší sa vzdialenosť dvoch bodov, ktoré ešte možno rozlíšiť, na polovicu a rozlišovacia schopnosť sa tým dvakrát zväčší. Keď si uvedomíme, že vlnová dĺžka svetla je asi miliónkrát menšia ako dĺžka rádiových vln, presná identifikácia rádiových zdrojov oproti optickým bola pomerne obťažná. Optický ďalekohľad má presne ohraničené zorné pole a objekty mimo zorného poľa vôbec nezobrazuje.

Naproti rádiový ďalekohľad prijíma vlny bez rozlíšenia zo všetkých smerov a na smer do ktorého je namierený je iba najcitlivejší. K tomu, aby sa rozlišovacia schopnosť rádioteleskopov vyrovnala optickým prístrojom museli by sa skonštruovať mamutie antény o priemere niekoľkých sto metrov, čo je technicky a hlavne ekonomicky neuskutočniteľné. Veď najväčší, plne pohyblivý rádioteleskop na svete má priemer 100m.

Rádioastronómevia však vyriešili aj tento problém, dokonca tak skvele, že v posledných rokoch prekónali rozlišovaciu schopnosť optických ďalekohľadov. Autor tohto riešenia Martin Ryle obdržal za svoj prínas v r. 1974 Nobelovu cenu. Ryle nahradil jedinou neuskutočniteľnú obriu anténu sústavou vhodne rozmiestnených malých antén, ktoré sú spriahnuté. Prijímané signály z týchto antén vyhodnocuje počítač. Táto rádióastronómická metóda sa nazýva aperturná syntéza.

Pokračujme v porovnávaní optického a rádiového pozorovania. Pri vizuálnom pozorovaní vidíme súčasne žiarenie rôznych vlnových dĺžok. Jednotlivé obrazy sa prekrývajú, dávajúc spoločný obraz v zloženej farbe. Pri rádiovom pozorovaní je situácia odlišná, aparát reaguje iba na frekvenciu, na ktorú je nalaďený a na jej bezprostredné okolie.

Ďalšou výhodou rádióastronomických metód je, že rádiové vlny je možné zachytiť z oveľa väčších vzdialeností ako svetlo.

Pri popise tzv. pasívnej rádióastronómie sme mohli používať rôzne prirovnania z názornejších optických metód. Ako to už z predchádzajúceho textu vyplýva, aktívna rádióastronómia nemá žiadnu obdobu v optickom výskume. Nezaoberá sa totiž vôbec žiarením nebeských telies, ale pre získavanie informácií používa odrazy rádiových signálov vysielaných zo Zeme. Z energie vyžiarenej vysielateľom sa však späť do prijímateľa vracia iba nepatrný zlomok, preto sa aktívna rádióastronómia pri vyhľadávaní objektov musí obmedzovať iba na "blízke" okolie Zeme.

To boli podstatné rozdiely medzi optickým a rádiovým výskumom kozmických telies. Z predchádzajúceho je zrejmé, že rádióastronómia je určitou obdobou optickej astronómie prenesenej do väčších vlnových dĺžok, ale práve inou povahou žiarenia a inými pozorovacími metódami sa od nej odlišuje, niekedy v jej prospech a niekedy zase v jej neprospech.

Nebola by preto namieste voľba, ktorá z týchto metód je výhodnejšia. Rádioastronómia staršiu optickú astronómiu nenahradzuje, ale ju dopĺňa a rozširuje. Rádioastronómia je jednou z metód astronómického výskumu a preto nemôže nahradiť optickú astronómiu.

Činnosť a funkcia základných rádioastronómických prístrojov

K základným prístrojom, ktoré rádioastronómia využíva k výskumom patria: rádioteleskop, rádiový interferometer a radar. Rádioteleskop a rádiový interferometer patria k prístrojom pasívnej rádioastronómie, radar využíva k výskumom aktívna rádioastronómia.

Rádioteleskop

Rádioteleskopy, ktoré pracujú s vlnovými dĺžkami približne rovnakými ako využíva televízia či VKV rozhlasu, majú niektoré konštrukčné prvky rovnaké ako televízne prijímače, zatiaľ čo rádioteleskopy pracujúce na kratších vlnových dĺžkach majú spoločné prvky skôr s telekomunikačnými zariadeniami pre družicové spoje. Rádioteleskopy pre milimetrové a centimetrové vlny sa svojou podobnosťou skôr približujú k optickým ďalekohľadom.

Najjednoduchším prvkom anténneho systému je polovlnový dipól. Samotný dipól má však veľmi nepriaznivú účinnú plochu ako aj smerovú charakteristiku. Účinná plocha antény sa zväčšuje združením antén (dipólov) do sústavy a zväčšením hustoty toku energie v mieste antény. Pre prax sa užíva pravidlo, že zosilnenie sústavy polovlnových dipólov sa približne rovná počtu dipólov n , poprípade $2n$, ak sa použije odrazná plocha. Výhodou dipólovej sústavy tzv. anténnej mreže je jednoduchosť výroby. Hlavnou nevýhodou je, že pracuje uspokojivo iba v úzkom pásme okolo vlnovej dĺžky, na ktorú je naladená. Preladenie na inú vlnovú dĺžku je prakticky nemožné.

Iným prístrojom, u ktorého sa odstraňuje tento nedostatok je rádioteleskop pozostávajúci iba z jedného radu dipólov a odrazná plocha je vyhotovená v tvare valcového paraboloidu.

Dipóly sú uložené svojimi osami v ohniskovej priamke valca. Počet primárnych antén je možné zredukovať na jedinú použitím zrkadla tvaru rotačného paraboloidu. Takýto typ rádioteleskopu je najdokonalejší a v poslednom období aj najviac používaný. Zrkadlo sústreďuje lúče rovnobežné s jeho osou do ohniska, kde je umiestnená primárna anténa.

U rádioteleskopov pre príjem dlhších vln je v primárnom ohnisku umiestnený dipól alebo sústava dipólov. Keď zmena pracovnej vlnovej dĺžky potom stačí vymeniť jediný prvok, čím sa parabolické zrkadlo stáva univerzálnym. Často sa využíva aj riešenie, keď sa vlny odraďujú od vypuklého hyperbolického zrkadla ako je to pri Cassegrainovom systéme optického ďalekohľadu. Prijímač je potom umiestnený v Cassegrainovom ohnisku.

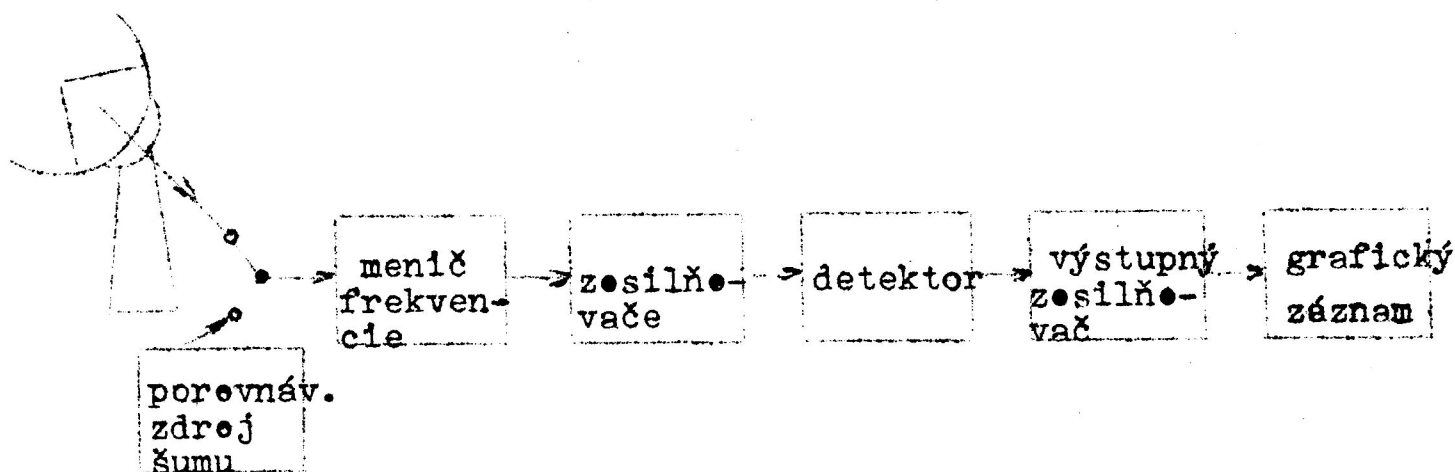
Konštrukcia primárneho zrkadla je veľmi drahá a technicky veľmi náročná. Aby sa celá vlnoplocha po odraze od zrkadla dostala súčasne do ohniska, nesmie sa tvar zrkadla odchyľovať od ideálneho paraboloidu o viac než $1/16$ vlnovej dĺžky prijímaného žiarenia. Ináč by sa signál v dôsledku interferencie zoslabil. Posiahnutie vysokých presností pri takých rozmerných konštrukciách veľmi zvyšuje finančné náklady, preto sa zvyčajne hľadajú iné riešenia /dlhé anténne apertúry/. Obmedzenia nie sú tu dané materiálými alebo technickými okolnosťami, ale hľadiskom ekonomickým. Presnosť tvaru musí zrkadlo zachovávať pri natočení do rôznych smerov, ako aj pri pôsobení vetra, pri zahrievaní Slnkom a pod. Kvalitu reflektora určuje minimálna vlnová dĺžka, pre ktorú je splnená podmienka $\lambda/16$.

Niekedy sa však pripúšťa nepresnosť až $\lambda/10$, i keď za cenu menšieho zosilnenia.

Úlohou rádiového prijímača je zmerať výkon žiarenia prijatého kozmického zdroja. Žiarenie má charakter šumu najrôznejších frekvencií. Pri prechode prijímačom sa prijatý signál mieša s vlastným tepelným žiarením reflektora, antén i so šumom zosilňovača. Hlavný dôraz sa väčšinou kladie i na to, aby zosilnenie prijímača bolo stále a jeho vlastný šum malý. Pretože

kozmičké rádiové zdroje sú pomerne slabé, používajú sa kaskády vysokovýkonných prijímačov. Každý zosilňovač elektrických impulzov pridáva k zosilnenému signálu rušivý šum, ktorý vzniká v jeho súčiastkach. Najväčší podiel na výstupnom šume však majú šumové zložky z prvých stupňov prijímača, pretože sú zosilňované najväčším počtom stupňov. Z hľadiska šumu sú najdôležitejšie vstupné obvody zosilňovača. Preto prvé zosilňovače za anténou sú bezšumové, chladené kvapalným héliom. Aby bolo možné prijímaný signál kalibrovať, na vstup zosilňovačov sa striedavo pripája signál z antény a signál z porovnávacieho zdroja šumu so známym spektróm a výkonom. Ani najkvalitnejšie zosilňovače nie sú schopné pracovať rovnako na všetkých frekvenciách. Zosilňujú len v určitom úzkom frekvenčnom pásme. Šírka pásma pritom určuje koľko informácií možno využiť z prijatého žiarenia. Možnosť identifikácie slabých rádiových zdrojov závisí od šírky zosilňovaného pásma. Ak je totiž signál na hranici citlivosti rádioteleskopu, potom niektoré amplitúdy vln môžu zostať nezaregistrované. Takáto situácia nastáva aj vtedy, keď sa prijímajú súčasne dva dostatočne silné signály s takým rozdielom frekvencií, že sa niektoré amplitúdy interferenciou rušia. Vtedy nastáva okamžitý výpadok príjmu, ktorý čím je dlhší, tým viac sa líši frekvencia dvoch vln, ktorými možno signál nahradiť a tým širšie musí byť prijímané pásmo, aby sa obe vlny zaregistrovali. Po zosilnení sa signál deteguje. Ďalším prvkom prijímača je synchrónne zapojený zosilňovač, v ktorom sa signály od kozmičké a porovnávacieho zdroja oddeľujú a graficky znázorňujú.

obr. Bloková schéma



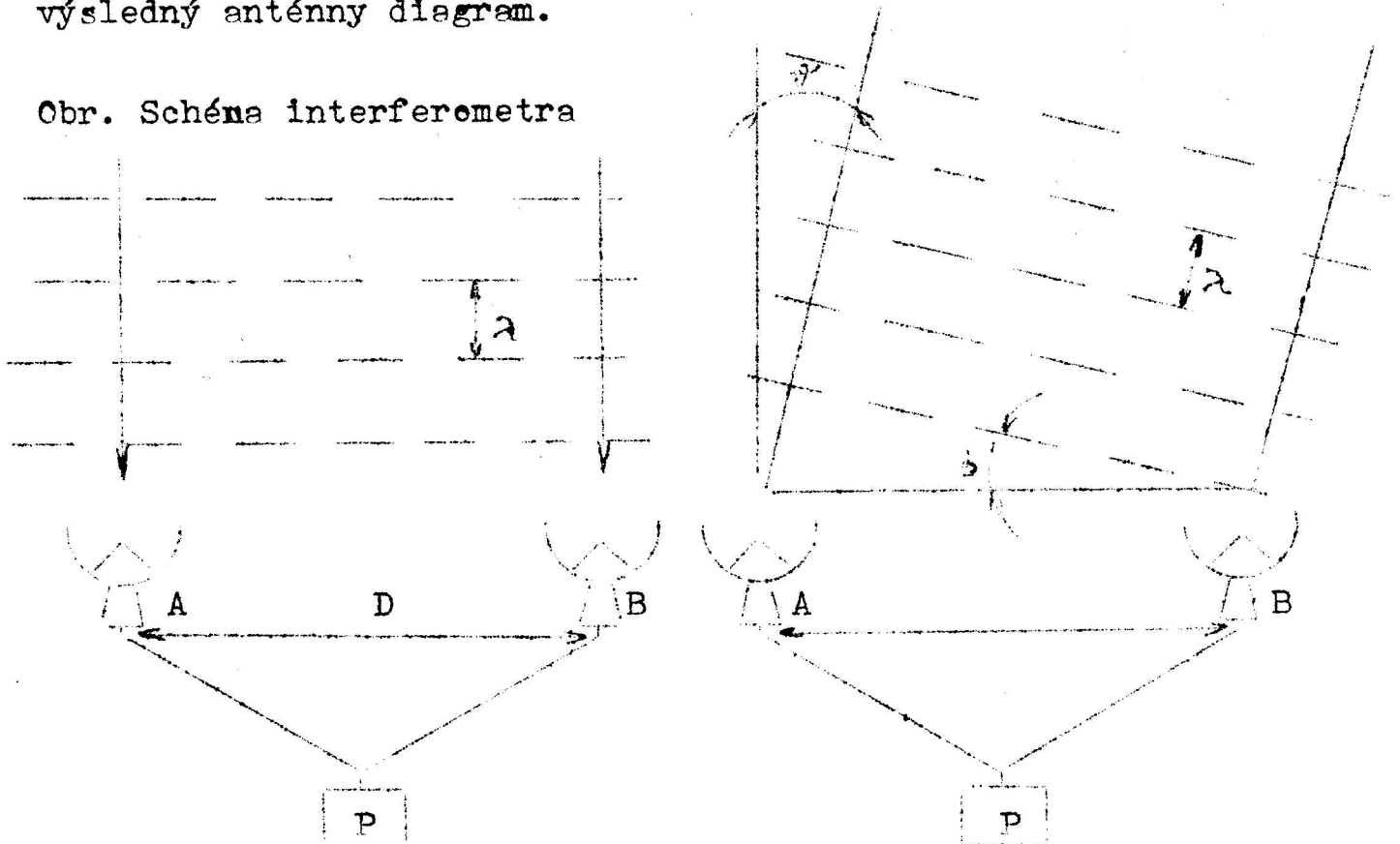
Interferometer

Z predchádzajúceho textu je nám už jasné, že rozlišovacia schopnosť rádiového ďalekohľadu závisí od pomeru dĺžky vlny k rozmerom anténnej sústavy.

Fyzické vlastnosti konštrukčných materiálov by pravdepodobne dovoľovali zostrojiť pohyblivú anténu s priemerom až 1 km.

Stavebné náklady by však boli nesmierne a neúnosné v pomere k dosiahnuteľným výsledkom. Čiastočné východisko z tohoto nepriaznivého stavu sa našlo v rádiových interferometroch, založených na princípe, ktorý sa už dlhší čas používal pre špeciálne optické pozorovania, ako je meranie priemerov hviezd alebo vzdialeností tesných dvojhviezd. Najjednoduchším zariadením tohoto typu je tzv. dvojprvkový interferometer, tvorený dvoma samostatnými anténami vzdialenými navzájom o mnohonásobok vlnovej dĺžky. Takéto prvky sa navzájom prakticky neovplyvňujú. Antény sú pripojené k prijímaču rovnako dlhým vedením. Interferenciou, ktorá vzniká v mieste spojenia privodných káblov od antény A a antény B, je možné získať vysoký smerový výsledný anténny diagram.

Obr. Schéma interferometra



Predstavme si, že rovinná vlna dopadá na dve antény súčasne a zložením sa zesilní. Dej sa opakuje aj pri ďalšej rovinnnej vlnoploche, ktorá je vzdialená od prvej o vlnovú dĺžku λ a dostane sa k oboj anténam za dobu λ/c (c -rýchlosť svetla). Ak dopadajú rovinné vlny na obidve antény pod uhlom ν , vtedy vlna dopadne skôr na anténu B. Na anténu A dopadnú vlny s fázovým oneskorením $\frac{x}{c}$ (dráhové oneskorenie je $D \sin \nu$). D je "základňa interferometra" t.j. vzdialenosť antén. Ak toto oneskorenie bude predstavovať práve polovicu vlnovej dĺžky $x = \frac{\lambda}{2}$, potom pri interferencii dolnej časti vlny prichádzajúcej od antény A s hrebeňom vlny od antény B vznikne na vstupe prijímača nulový signál. Keď sa uhol ν zväčší, pri $x = \lambda$ sa opäť stretne hrebeň s hrebeňom a signál sa interferenciou zesilní. Pri $x = \frac{3}{2} \lambda$ dostaneme opäť nulovú hodnotu signálu.

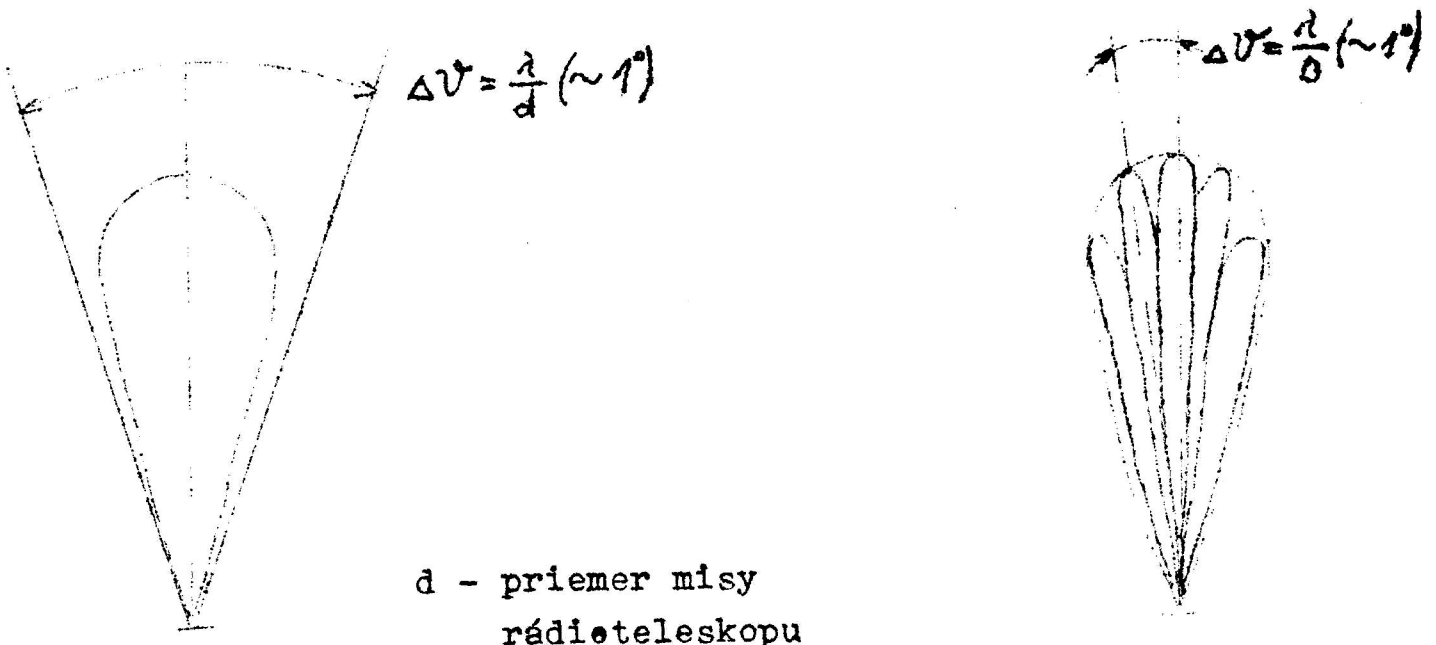
Maximum hodnoty signálu nastáva pri

$$x = n \cdot \lambda \sin \nu = \nu \frac{n \cdot \lambda}{0}$$

Pre minimum platí $x = (n + \frac{1}{2}) \lambda \sin \nu = \nu \frac{(n + \frac{1}{2}) \lambda}{0}$

kde n je prirodzené číslo.

Smerová charakteristika interferometra sa potom líši od smerovej charakteristiky každej zo zložiek tým, že sa člení na veľké množstvo výbežkov. To platí samozrejme len pre rovinu určenú oboma rádioteleskopmi.



Ak by sa takýto interferometer zamieril do určitého smeru na oblohe tak, aby Slnko pri svojom dennom pohybe prechádzalo pred týmto systémom, registračný prístroj by zaznamenal na výstupe prijímača rad vlniek, ktorých maximá i minimá zodpovedajú charakteristike interferometra. To platí pre zdroje malých rozmerov ako je Slnko, kdežto zdroje väčších rozmerov (Mliečna dráha) dávajú konštantný prúd. Aj na základe toho sa dajú oddeliť obidva druhy vln.

V rovine kolmej na rovinu určenú rádioteleskopmi je rozlišovacia schopnosť menšia a je iba taká, ako rozlišovacia schopnosť jednej samotnej antény.

Hlavnou výhodou rádiointerferometrov je dosiahnutie vysokého uhlového rozlíšenia rádiových zdrojov.

Rádiolokátor (radar)

Nasledujúcim prístrojom, ktorého aplikácia má v rádioastro-nómii obrovský význam je rádiolokátor. Prístroj vznikol tesne pred II.svetovou vojnou. Toto zariadenie dnes je všeobecne známe pod názvom radar, čo je skratka anglického názvu Radio detection and ranging system.

Činnosť radaru je veľmi jednoduchá. Prístroj sa skladá z troch základných častí: vysielateľ s anténou, prijímač s anténou a indikátor. Vysielateľ so smerovou anténou vysielá rádiové vlny smerom k zameriavanému telesu. Časť energie dopadajúcej na objekt sa odráža späť ako ozvena. Nepatrný zlomok tejto energie zachytený prijímacou anténou sa spracuje v prijímači a privádza na indikátor. V indikátore sa ozvena hodnotí predovšetkým podľa doby návratu od okamžiku vysielenia signálu, ďalej podľa mohutnosti, zmien atď. Aby sa ozvena mohla rozoznať od signálov práve vysielaných, musí sa voči nim rozlišovať určitou vlastnosťou. Čiže prenášaná vlna sa musí vhodne modulovať. V rádiolokácii sa používajú dva spôsoby modulácie,

U frekvenčne modulovaného signálu sa každý nasledujúci kmit líši svojou frekvenciou od kmitu predchádzajúceho. Pretože frekvencia nemôže ustavične klesať alebo stúpať, využíva sa perió-dická zmena frekvencie.

Nevýhodou prístrojov využívajúcich frekvenčnú moduláciu signálu je nemožnosť tou istou anténou vysielat' aj prijímať, pretože celý vysielaný výkon sa nemôže priviesť na vstup prijímača.

Najdôležitejším a najčastejšie používaným typom radaru je typ s pulzovou moduláciou. Vysielač vysiela kratučké impulzy trvajúce niekoľko mikrosekúnd t.j. milióntin sekundy, idúce rýchlo po sebe v pravidelnom slede. Prestávky medzi impulzami sú dlhšie ako 1 milisekunda. Takáto kratučká doba umožňuje nesmierne preťaženie súčiastok v prijímači a tak získať značné výkony potrebné k spätnému zachyteniu signálu, ktorý, aké už vieme, je iba nepatrným zlomkom energie signálu vysielaného.

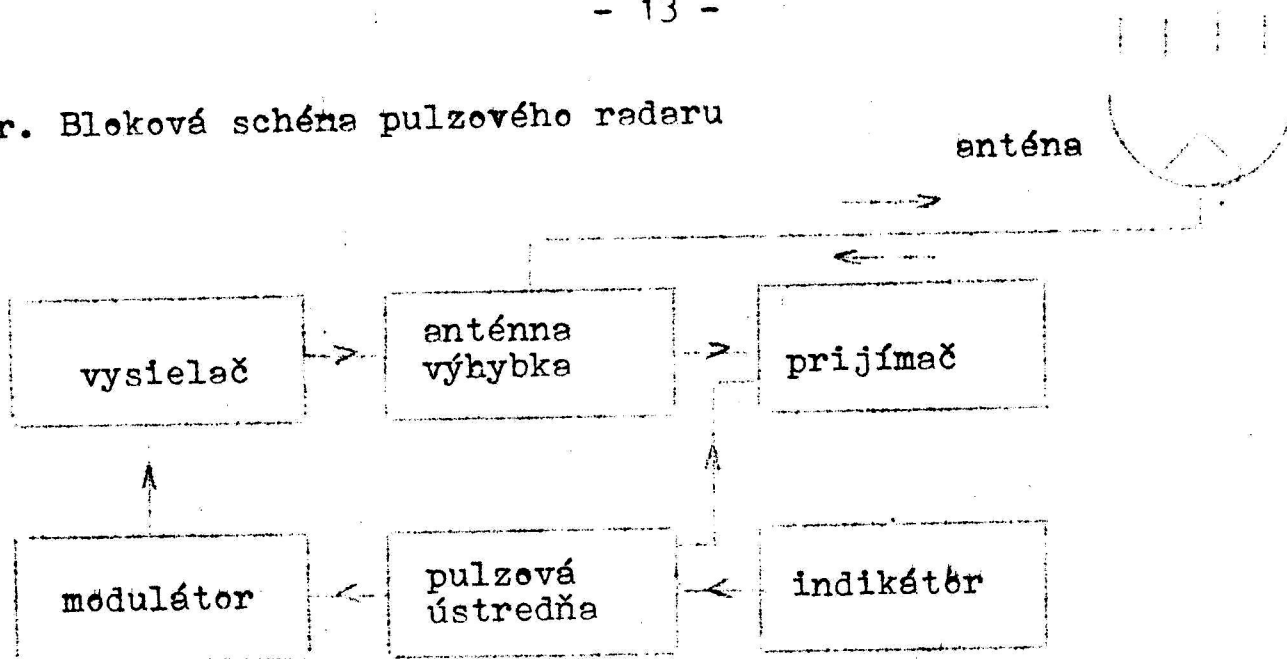
Špičkový výkon býva až niekoľko desiatok MW, pričom trvalé zaťaženie prístroja je sotva tisícinou tohoto výkonu.

Takýto prístroj okrem väčšieho dosahu i merania vzdialenosti oproti predchádzajúcemu typu radaru umožňuje mnohostranné pozorovanie telies, poprípade aj ich konfiguráciu, vzájomné pohyby, meranie rýchlostí atď.

Pre vysielanie a príjem je tu použitá jediná anténa, čo dovoľuje zväčšovať rozmery antény. Ozveny od niekoľkých telies v rôznych vzdialenostiach sa objavujú ako samostatné impulzy, vzdialené od okamžiku vysielania o časy úmerné vzdialenostiam.

Ak sa pri meraniach vzdialeností vyžaduje čo najväčšia presnosť, vysielajú sa impulzy, ktorých hrany sú veľmi strmé, aby začiatok ozveny bol čo najostrejší. Aby sa však impulz ozveny mohol dobre rozoznať od rušivých javov, nesmie byť príliš krátky. Táto požiadavka vyžaduje však rozšíriť šírku prenášaného pásma. Pri rozšírení pásma pre verný prenos hrán sa v pomere zväčší šumový výkon na detektore, alebo sa zhorší výkonový pomer signálu k šumu. Preto sa strmosť hrany robí iba taká, aká je nutná pre splnenie požiadaviek kladených na presnosť. Ak ide napríklad iba o detekciu ozveny, využívajú sa jednoduché, približne trojuholníkové impulzy.

Obr. Bloková schéma pulzového radaru



Základné údaje o rádioastronomických pozorovaniach

V úvode bolo naznačené základné delenie rádioastronomických pozorovaní na pasívne a aktívne. Tieto dve základné skupiny môžeme rozdeliť do ďalších podskupín podľa schémy:

Rádioastronomické pozorovania:

- 1/ Pasívne: a/ priame
b/ nepriame
- 2/ Aktívne: a/ rádiolokačné
b/ pokusy o nadviazanie spojenia s prípadnými mimozemskými civilizáciami

Nasledujúca časť prinesie základný prehľad rádioastronomických pozorovaní podľa delenia do uvedených skupín.

1/ Pasívne rádioastronomické pozorovania.

K pasívnym rádioastronomickým pozorovaniam počítame všetky také, pri ktorých vyhodnocujeme rádiové žiarenie prijaté a zesilnené sústavou anténa - prijímač.

Žiarenie, ktoré anténa zachytí a prijímač zosilní nesie informácie o fyzikálnych procesoch v zdroji žiarenia, ale aj o fyzikálnom stave prostredia, cez ktoré sa žiarenie šírilo.

Pri vyhodnocovaní je preto nutné rozlišovať, ktoré efekty pochádzajú zo zdroja a ktoré sú zapríčinené prechodom žiarenia cez prostredie.

1.a/ Pasívne pozorovania priame

Ak skúmame zdroje rádiového žiarenia, fyzikálny stav a fyzikálne procesy na nich, hovoríme o priamych pozorovaniach. Základy priamych metód dal už vyššie spomínaný Karl G. Jansky, ktorý v roku 1932 pozoroval silný zdroj šumu oblohy na frekvencii 20 MHz.

Úlohou ďalších rádioastrónomických pozorovaní bolo zmapovanie rádiového žiarenia oblohy na rôznych vlnových dĺžkach v intervale od niekoľkých cm do 17 m. Výsledkom týchto meraní boli mapy rozloženia intenzity rádiového žiarenia oblohy. Dôsledkom bol poznatok, že rádiové žiarenie prichádza zo všetkých smerov oblohy, no jeho intenzita je na smere silne závislá. Situáciu najlepšie vystihujú rádiové mapy oblohy, kde izofoty spájajú miesta s rovnakou intenzitou žiarenia pre určitú vlnovú dĺžku.

Prvopočiatky týchto meraní boli spojené s veľkými problémami. Pre väčšie vlnové dĺžky, kde je rádiové žiarenie pomerne intenzívne, boli anténne systavy s dostatočnou rozlišovacou schopnosťou (úzkou smerovou charakteristikou) konštrukčne náročné a rozmerné. Na kratších vlnových dĺžkach, v centimetrovom pásme, už konštrukcia antén nečinila problémy, pozorovania však boli sťažené málo citlivými prijímačmi s pomerne veľkým vlastným šumom. Navyše intenzita žiarenia v tomto pásme je nižšia.

Tieto problémy boli odstránené až neskôr konštrukciou anténnych sústav na princípe interferencie, s veľmi nízkou vyžarovacou charakteristikou a s tým súvisiacim uhlovým rozlíšením. Tiež moderné nízkošumové polovodičové prvky prevádzkované za nízkych teplôt zlepšili šumové vlastnosti a citlivosť prijímačov.

So zväčšovaním rozlišovacej schopnosti bolo objavených stále viac diskretných zdrojov kozmického rádiového žiarenia. Kým v roku 1952 ich bolo známych asi 100, v roku 1957 ich bolo už 1000.

Postupne sa darila aj identifikácia rádiových zdrojov s optickými objektami.

Bolo tiež dokázané, že rádiové žiarenia prichádzajúce z vesmíru možno rozdeliť na dve zložky: - tepelné
- netepelné - synchrotronové
žiarenie elektrónov v magnetickom poli.

Hlavným argumentom v prospech kozmologických modelov vývoja vesmíru s big bangom bol objav reliktového žiarenia s teplotou 2,7 K ako pozostatok éry horúceho vesmíru. Veľkými úspechmi tejto časti rádioastronómie boli objavy kvazarov, pulzarov a tiež objav žiarenia pevej medzihviezdnej molekuly radikálu OH.

Rozlišovacia schopnosť sa stále zlepšovala. Najlepšie uhlové rozlíšenie 0,0001" bolo dosiahnuté rádiointerferometrickými meraniami a najdlhšou základňou medzi stanicami v Green Bangu (USA) a na Kryme (ZSSR). Pomocou takýchto interferometrických meraní na dlhej základni bola dosiahnutá rozlišovacia schopnosť prevyšujúca rozlišovaciu schopnosť v optickom obore.

Neoddeliteľnú a rovnako dôležitú časť priamych rádioastronomických pozorovaní pasívnych tvorí slnečná rádioastronómia.

Základy slnečnej rádioastronómie môžeme datovať do obdobia 2. svetovej vojny, keď anglická protivzdušná obrana zaznamenala neobvyklý šum na vlnovej dĺžke 5 m. Zdroj šumu bol stotožnený so skupinou veľkých škvŕn na Slnku.

Už prvé systematické pozorovania celkovej emisie Slnka ukázali, že nie je stále a charakter jej zmien je rôzny na rôznych frekvenciách. Na metrových vlnách sú zmeny intenzity veľmi rýchle. Na centimetrových vlnách sa intenzita mení len pomaly a pomerne slabô.

Slnečná rádioastronómia rozlišuje preto tri zložky rádiovkej emisie Slnka, ktoré postupne v ďalšom popíšeme:

a/ Rýchla zložka s intervalmi zmien od zlomku sekúnd do niekoľkých dní.

Túto zložku pozorujeme najlepšie v oblasti metrových vln. Intenzita rádiového žiarenia rýchle premennej zložky sa vyznačuje zvýšením až o niekoľko rádov, ktoré však trvajú iba krátku dobu, zriedkovo dlhšie ako jeden deň.

Podľa charakteru týchto zvýšení delí rádicastronómia rýchlu zložku na tri skupiny: - šumové búrky
- vzplanutia
- záblesky

Pozorovania ukázali, že rýchle javy môžu byť komplexne pozorované iba spektrálnymi analyzátormi t.j. prijímačmi prelaďovanými v širokej oblasti frekvencií. Dostávame z nich presný vývoj dejov v závislosti od frekvencie a času. Presné polohy zdrojov žiarenia rýchlej zložky umožňuje merať interferometer s frekvenčným rozmietaním. Zistenie časovej korelácie medzi rádiovým a optickým javom dáva obraz o polohe rádiového zdroja i pri nedostatočnej rozlišovacej schopnosti rádioteleskopu.

Na základe rozboru rady rýchlych javov bolo zistené, že spojitá emisia v pásme metrových vln prichádza priamo z chromosférickej erupcie a monofrekvenčná emisia v pásme metrových vln prichádza z koróny nad chromosférickou erupciou.

b/ Pomalá zložka s intervalmi zmien od niekoľkých dní do niekoľko týždňov.

Môžeme ju sledovať na všetkých vlnových dĺžkach. Najvýraznejšie sa však prejavuje v oblasti vlnových dĺžok okolo 10 cm. V tejto oblasti intenzita žiarenia skoro presne koreluje s plochou škvrn na Slnku. Táto korelácia sa v pásme vlnových dĺžok pod 1 cm zhoršuje. V pásme decimetrových vln je kolísanie intenzity tiež menej výrazné a stráca sa aj korelácia s plochou škvrn.

c/ Zložka kľudného Slnka. Táto zložka zostáva z aktívnej intenzity po odčítaní rýchlej a pomalej zložky. Jej zmeny sú dlhodobé, zvlášť patrná je korelácia s 11 ročným slnečným cyklom.

Ďalšou oblasťou priamych pasívnych metód pozorovaní v rádicastronómii sú merania rádiovej emisie planét a Mesiaca.

Z teoretického hľadiska sú rádiovému pozorovaniu neprístupné iba planéty Neptún a Pluto.

Úspechom rádicastronómie v tejto oblasti bolo zistenie vlastného žiarenia Jupitera v oblasti frekvencií pod 40 MHz a určenie teploty povrchu Venuše (300°C) pozorovaním na vlnovej dĺžke 3 cm.

1.b/ Pasívne pozorovania nepriame

K nepriamym pozorovaniam sa rádioastronómia uchyľuje hlavne v prípadoch potreby zistiť vlastnosti prostredia, cez ktoré sa rádiové žiarenie šíri. Umožňujú tiež pozorovať javy, ktoré same o sebe neemitujú rádiové žiarenie, ovplyvňujú však prostredie, cez ktoré sa šíri iné žiarenie a tým ho ovplyvňujú.

Nepriame pozorovania v rádioastronómii nie sú také rozsiahle ako pozorovania priame. Napriek tomu vhodne doplňajú poznatky priamych pozorovaní.

Uvedieme štyri príklady nepriameho pozorovania v rádioastronómii.

Typickým príkladom je pozorovanie zákrytu diskretného zdroja rádiového žiarenia slnečnou korónou. Slnečná koróna je pre žiarenie, ktoré ňou prechádza, prostredím s premennou hustotou a tým aj premenným indexom lomu. Lúč žiarenia je v takomto prostredí odchyľovaný od priamky. Tým sa poloha zdroja posúva. Z posunu je možné študovať elektrónové hustoty v koronárnych lúčoch.

o. . . Efektívny počet zrážok je možné určiť z útlmu (zoslabenia) žiarenia v koróne. Najvhodnejším zdrojom žiarenia k pozorovaniu zákrytu slnečnou korónou je zdroj Tan A v oblasti Krátkej hmloviny. Prvé merania boli úspešne prevedené už v roku 1952 na frekvenciách 38 MHz a 81,5 MHz, neskôr tiež v rokoch 1954 a 1956 - 1958. Slubné výsledky boli dosiahnuté hlavne interferometrickými meraniami s veľmi úzkou vyžarovacou charakteristikou prijímacích antén.

Nepriame pozorovanie slnečnej aktivity umožňuje fakt, že slnečná činnosť má zásadný vplyv na stav atmosféry našej Zeme, presnejšie má veľký vplyv na stav ionosféry. Stavom ionosféry je ovplyvnené diaľkové šírenie rádiových vln pozemského pôvodu odrazom od ionosféry. Rôzne efekty môžeme sledovať v krátkovlnnej oblasti rádiových vln ako aj v oblasti veľmi dlhých vln. Tieto efekty dali základ rôznym metodikám nepriameho pozorovania slnečnej činnosti a aktivity. V krátkovlnnej oblasti je najznámejší tzv. Dellingero- v jav. Prejavuje sa ako zoslabovanie, prípadne úplné vymiznutie signálov vzdialených krátkovlnných vysielateľov.

Slnecnou činnosťou ovplyvnená ionosféra odráža totiž žiarenie v krátkovlnnej oblasti niekedy viac, inokedy menej, stáva sa tiež, že žiarenie prepustí do prostredia a signál sa neodráža vôbec.

V oblasti veľmi dlhých vln ide o pozorovanie tzv. atmosferik - záznam atmosférických porúch na veľké vzdialenosti. Šírenie týchto porúch umožňuje vrstva D ionosféry, ktorá vzniká preletom kórpuskulárneho, prípadne röntgenového žiarenia prichádzajúceho do ionosféry z erupcií na Slnku. Uvedený jav je možné sledovať na frekvenčnom intervale 5 kHz - 40 kHz. Podľa frekvencie, na ktorej sa efekt prejaví, je možné usúdiť o tvrdomosti röntgenového žiarenia, ktoré bolo z erupcií na Slnku emitované. Podľa mohutnosti javu je možné zase usúdiť o mohutnosti chromosférickej erupcie. Táto metóda vhodne dopĺňa pozorovanie erupcií inými metódami.

Ako posledný príklad nepriamych pozorovaní v rádioastronómii uvedieme pozorovanie meteorov, na princípe odrazu rádiového vysielania v pásme veľmi krátkych vln od ionizovaných stôp meteorov.

2./ Aktívne metódy pozorovania v rádioastronómii

Aktívne metódy pozorovania v rádioastronómii sú všetky také, pri ktorých sú spracovávané signály, ktoré boli predtým vyslané k skúmanému objektu, poprípade signály, ktoré prídu ako odpoveď na náš vyslaný signál.

2.a/ Rádiolokačné metódy pozorovania

Rádiolokácia je známa metóda merania vzdialenosti, poprípade rýchlosti telies odrazom rádiových impulzov vyslaných k neranému objektu.

Z časového rozdielu medzi vyslaným a prijatým impulzom, pri známej rýchlosti šírenia elektromagnetického žiarenia v prostredí, ľahko vypočítame vzdialenosť meraného telesa. Rádiolokácia v astronómii je obmedzená vzdialenosťou a rozmermi meraného telesa. Navyše ak vieme, že sila signálu pri priamych meraniach klesá s druhou mocninou vzdialenosti, u rádiolokácii je pokles úmerný štvrttej mocnine vzdialenosti. Signál musí totiž dráhu prejsť dvakrát-tam aj späť.

Okrem veľkosti telesa závisí úspech merania tiež od vodivosti povrchu, od ktorého sa signál odráža. Takže nádej na pozorovanie máme iba u Slnka, Mesiaca a blízkych poprípade veľkých planét.

Mesiac bol prvým kozmickým telesom pozorovaným pomocou rádiolokátora. Merania boli prevádzané na rôznych vlnových dĺžkach napr. 3 m, 15 m, ale aj v decimetrovom pásme. Najsústavnejšie práce boli prevedené v Jodrell Banku na vlnovej dĺžke 2,5 m. Pri prijímaní odrazeného signálu sa vyskytli dva druhy zeslabenia signálu. Rýchle úniky boli spôsobené libráciou Mesiaca t.j. žiarenie odrážali rôzne časti povrchu Mesiaca. Pomalé zmeny boli zapríčinené prechodom žiarenia cez zemskú atmosféru. Ionosféra totiž stáča polarizáciu signálu.

Z tejto súvislosti bola odvodená metóda merania celkového počtu elektrónov pozdĺž paprsku signálu a ktorá je neočakávaným produktom pokusov o rádiolokáciu Mesiaca.

Presnejšie merania vzdialenosti Mesiaca boli prevádzané v centimetrovom pásme (10 cm) vlnových dĺžok. Použitím týchto vlnových dĺžok sa zmešili aj úniky signálu. Vzdialenosť Mesiaca bola za týchto podmienok určená s presnosťou ± 800 m.

S úspechom boli prevedené pokusy s prenosom rádiového signálu v podobe značiek a hovoreného slova odrazom od Mesiaca. V súčasnosti už túto metódu prenosu signálu na VKV používajú aj vyspelí rádiomateri.

Druhým telesom pozorovaným rádiolokačne bola Venuša. Pri prvých pokusoch bola použitá vlnová dĺžka 68 cm. Výkon vysielateľa bol 265 kW a bolo odhadnuté, že z tohto signálu dostala Venuša asi 0,5 W a výkon odrazeného signálu prijatého prijímačom bol iba asi 10^{-20} W. Pri Venuši je potrebné spomenúť rádiolokačné mapovanie povrchu Venuše z kozmických sond, ktoré nám vlastne ako prvé umožnili nahliadnúť na povrch tejto planéty.

Slnko, aj keď je svojou veľkosťou objekt vhodný k rádiolokačným meraniam, prišlo na rad až po pozorovaní Venuše. Problémy spočívali v tom, že Slnko nemá presne definovaný povrch pre rádiové žiarenie. Je samo zdrojom silného šumu, ktorý ruší samotné meranie. K rádiolokácii Slnka je najvhodnejšia vlnová dĺžka 10 m. Ale ani na nej nie sú pomery veľmi priaznivé, lebo práve na tejto vlnovej dĺžke sa silne uplatňuje galaktický šum.

Prvý úspešný pokus o rádiolokáciu Slnka sa uskutočnil v roku 1959! Bol použitý vysielateľ s výkonom 40 kW, pracujúci na frekvencii 5,6 MHz.

Snáď najvýznamnejšie rádiolokačné merania v rádioastronómii sú radarové pozorovania meteorov, respektive ich stôp. Meteorické teliesko letiace veľkou rýchlosťou v atmosfére je silne brzdené a zahrieva sa na vysokú teplotu. Dochádza k intenzívnemu vyparovaniu a vytváraniu ionizovanej stopy v dráhe meteoru. Od takto ionizovanej stopy sa rádiové žiarenie odráža. Meteorické radary pracujú na vlnových dĺžkach 4 m - 10 m. Pri meraní vzdialenosti pracujú v pulznom režime. Impulzne pracujúce radary vysielajú impulzy so špičkovým výkonom desiatok až stoviek kW.

Iba pri nemalej rýchlosti meteoru sa používa spojitá technika, keď sa do priestoru vysielala stále vysokofrekvenčná nemodulovaná vlna.

Výhodou radarového pozorovania meteorov je najmä to, že umožňuje pozorovať i za nepriaznivého počasia, ba aj cez deň. Umožňuje pozorovať aj meteory, ktorých radiant je blízko pri Slnku, pričom vizuálna jasnosť meteorov pozorovaných radarom je až do 9. - 10. magnitúdy.

Pri radarových pozorovaniach meteorov boli vypracované metódy na meranie vzdialenosti (výšok), rýchlosti, polohy radiantu, dokonca aj metódy na určenie heliocentrickej dráhy meteorov. Popis týchto metód by však presahoval rámec tohto materiálu.

Výsledky radarových pozorovaní umožňujú určiť okrem základných charakteristík samotného meteoru aj základné údaje o vlastnostiach vysokej atmosféry. Ide hlavne o určenie rýchlosti a smeru vetrov vo veľkých výškach medzi 80 - 100 km, určenie tlaku, určenie difúzneho koeficientu a pod.

2.b/ Pokusy o nadviazanie spojenia s prípadnými mimozemskými civilizáciami

Táto časť materiálu oboznamuje s nemnohými pokusmi o nadviazanie spojenia s prípadnými mimozemskými civilizáciami pomocou najväčších rádioteleskopov sveta.

Za všetky je treba spomenúť "kozmickej dopis" vyslaný v roku 1974 z najväčšieho rádioteleskopu v Arecibe smerom ku guľovej hviezdokepe M 13 v Herkulovi. Išlo však iba o prvé pokusy a nemôžeme ich považovať za základ systematickej práce.

Rádiová správa zašifrovaná v "kozmickej dopise" obsahovala v dvojkovom kóde niektoré základné údaje o Zemi a jej obyvateľoch.

Tu je treba si uvedomiť časovú náročnosť týchto pokusov. Veď pri rozmeroch a vzdialenostiach vo vesmíre by prípadný adresát mohol našu správu zachytiť až za niekoľko desiat tisíc rokov aj viac. Pokiaľ by ju spracoval a vyslal by odpoveď, tá by šla k Zemi rovnako dlhú dobu.

Najväčšie rádioteleskopy

A/ Rádioteleskopy s pohyblivou alebo obmedzene pohyblivou anténou plochou.

a/ Špeciálne astronomické observatórium, Zelenčukskaja, Kaukaz ZSSR. Prijímacia plocha rádioteleskopu pomenovaného RATAN 600 je tvorená sústavou 895 pohyblivých zrkadiel rozmeru 2 m x 7,4 m, ktoré sú umiestnené na obvode kruhu s priemerom 578 m. Celková efektívna plocha ďalekohľadu je skoro 10 000 m².

Menší rádioteleskop tohoto typu, u ktorého toto veľmi výhodné riešenie bolo vyskúšané, je na observatóriu v Leningrade.

b/ Národné astronomické a ionosférické centrum Arecibo, Portoriko /USA/. Využíva sa tu prírodná priehlbina v teréne. Priemer rádioteleskopu je 304,8 m. Povrch antény je tvorený sústavou takmer 39 000 hliníkových panelov o rozmeroch 0,9 m x 4,8 m. Odchýlky od ideálneho kruhového tvaru nepresahujú 3,2 mm po celej ploche rádioteleskopu. Hoci je prístroj nepohyblivý, môže prijímať signály z mnohých smerov, využívajúc denný pohyb oblohy ako aj zmenu polohy "ohniska", ktoré je zavesené nad údolím na sústave nosných lán, upevnených na stožiaroch na okraji kotliny.

c/ Národné astronómické observatórium Green Bank, USA. Paraboloid o priemere 92 m. Pohybuje sa iba v poludníku. Najkratšia prijímaná vlnová dĺžka je 6 cm.

B/ Plne pohyblivé rádioteleskopy.

a/ Zatiaľ najväčší pohyblivý rádioteleskop vlastní Planckov ústav pre rádioastronómiu v Bonne. Je sústredený v Effelsbergu a jeho priemer je 100 m. Presnosť povrchu umožňuje príjem až do vlnovej dĺžky 1 cm.

b/ Manchesterská univerzita, Jodrell Bank, Veľká Británia. Od roku 1957 do roku 1972 to bol najväčší rádioteleskop. Jeho priemer je 76 m. Celková hmotnosť pohyblivých častí je 2000 t. V blízkosti tohoto ďalekohľadu sa nachádza menší, ale s presnejšou plochou. Zatiaľ čo veľkou anténou sa dajú prijímať signály s vlnovou dĺžkou nad 10 cm, menší pracuje už od vlnovej dĺžky 3 cm.

c/ Rádioteleskop o priemere 64 m v Parkes (Austrália). Najmenšia vlnová dĺžka prijímaných signálov je 6 cm.

d/ Kalifornská univerzita Goldstone USA. Rádioteleskop má priemer tiež 64 m, ale s presnejším povrchom. Dovoľuje spracovávať signály s vlnovou dĺžkou 2 cm.

e/ Rádioteleskop o priemere 22 m na Kryme, ZSSR. Je to špeciálny prístroj na meranie na veľmi krátkych rádiových vlnách. Najmenšia vlnová dĺžka môže byť až 2 mm.

C/ Rádioteleskopy využívajúce apertúrnu syntézu.

a/ Národné rádioastronomické observatórium, Nové Mexiko, USA. Moderný rádiointerferometrický systém VLA - Very Large Array (rozsiahla anténna sústava). Skladá sa z 27 antén rozmiestnených do tvaru písmena V. Rozloženie antén je možné meniť, posúvaním po koľajniciach. Každé rameno je dlhé 21 km. S VLA je možné pracovať v dvoch režimoch. Zdroj je možné sledovať dlhšiu dobu, ale môžu sa vykonávať aj "okamžité snímky".

- b/ Observatórium vo Westerboku, Holandsko. Sústava sa skladá z 12 parabolických antén, pričom každá má priemer 25 m. Rádioteleskopy sú rozmiestnené v úseku 1 600 m.
- c/ Observatórium Cambridge, Veľká Británia. Sústavu tvorí 8 antén o priemere 13 m. Maximálna vzdialenosť antén je až 4 600m.
- d/ Rádioastronomické centrum, Green Bank, USA. Signály sa prijímajú pomocou 3 antén, ktorých maximálna vzdialenosť môže byť 2 700 m. Priemer antény je 26 m.

K dosiahnutiu maximálnych rozlišovacích schopností sa niekedy spája niekoľko rádioteleskopov, aby sa tak dosiahol kvazi-superpriemer antény. Tak napr. v apríli r. 1984 vznikol, hoci len na tri dni, obrovský združený rádioteleskop, ktorý sa využil na simultánne pozorovanie. Na tomto pozorovaní sa zúčastnilo 18 najväčších rádioteleskopických observatórií a to od Kalifornie až po Krym. Vytvorili tak rádioteleskop s priemerom niekoľko tisíc kilometrov.

Po najväčších pozemských rádioteleskopoch si ešte stručne popíšeme aj prvý kozmický rádioteleskop. S letom orbitálnej stanice Saľut 6 sa spája významný úspech sovietskej kozmickej techniky a rádioelektroniky, akým bolo vypustenie rádioteleskopu KRT 10 na obežnú dráhu. Tento kozmický rádioteleskop s 10 metrovou anténou bol vo forme jednotlivých blokov dopravený na orbitálnu stanicu Saľut 6 dopravnou kozmickou loďou Progress 7. K základným blokom KRT 10 patrí roztvárajúci sa "dáždnik", t.j. parabolická zrkadlová anténa, ktorá zameriava signály na tzv. fókusový kontajner, vnútri ktorého sa nachádza päť vysokocitlivých rádiometrov. Tam sa prijímané signály zosilňujú a detegujú.

Po zostavení celého rádioteleskopu sa urobila justáž antény a bol určený smerový diagram. Celý systém KRT 10 sa riadil z pultu orbitálnej stanice Saľut 6. Pomocou KRT 10 a pozemnej antény rádioteleskopu umiestneného na Kryme sa po prvý raz realizoval anténny systém, ktorého rozmery prevyšujú priemer Zeme.

Vynesením rádioteleskopu za hranice našej Zeme sa umožnil aj detailný výskum rádiosignálov rozličných pásiem našej Zeme. Predovšetkým tu ide o tepelné rádiové žiarenie telies.

Podobné pozorovania Zeme optickými prístrojmi z družíc sa už síce urobili skôr, ale ak si uvedomíme, že zemský povrch zo 70 - 80 % pokrývajú oblaky, má kozmický rádioteleskop veľké výhody oproti optickým pozorovaniam. I keď optické prístroje poskytujú oveľa rozsiahlejšie výsledky, rádioteleskopom sa môže skúmať nepretržite bez obáv z oblakov.

Inštalovanie rádioteleskopov v kozme má veľkú perspektívu. Na Zemi sila tiaže a nárazy vetra sú vážnymi prekážkami v konštrukcii antén.

Aj pokiaľ ide o montáž viacanténnych systémov pre Zem sa už dosiahla maximálna vzdialenosť medzi anténami - priemer Zeme. Kozmický teleskop takéto obmedzenia nemá.

Záver

Nie je to tak dávno, kedy sa po prvýkrát podarilo Janskému zachytiť rádiové signály z centra Galaxie. Aj za toto krátke obdobie rádioastronómia prešla obrovským vývojom. Po počiatočnom štúdiu Slnka sa postupne prechádzalo aj na výskum mimogalaktických rádiových zdrojov. Od konca sedemdesiatych rokov využívajú rádioastronómovia k výskumom podrobné rádiové mapy. Stále a stále vychádzajú nové vedecké práce z tejto oblasti, prinášajúce nové a nové výsledky. Ďalší rozvoj rádioastronómie je spojený s jej vstupom do kozmického priestoru. Už v súčasnosti sa spracovávajú rádiové signály zachytené prístrojmi inštalovanými na družiciach. Takýmto spôsobom je možné zachytiť aj signály vlnových dĺžok, ktoré zemská atmosféra neprepustí. Avšak ani tým možnosť rádioastronomického výskumu nie sú ešte zďaleka vyčerpané. Súdiac však podľa doterajších výsledkov, získaných v krátkej dobe, môžeme v budúcnosti od rádioastronómie ešte mnoho očakávať. Už teraz sú navrhnuté a pripravené smelé projekty pre ďalší rádioastronomický výskum. Ostáva iba dúfať, že k realizácii týchto plánov nebude treba dlho čakať.

LITERATÚRA

1. J. Budějický, Z. Plavcová, M. Plavec:
Rádioastronómia, Nakladatelství ČAV 1962
2. J. Grygar, Z. Horský, P. Mayer:
Vesmír, Mladá fronta Praha, Edice Orbis pictus 1983
3. J. Bouška:
Rádiová astronómie, Naše vojsko, Praha 1953
4. Kozmos, SŮAA a SAS pri SAV ročník XV. č. 2, 1984
5. G. Smit:
Rádioastronómija, Izdatel'stvo inostrannej literaturi
Moskva 1962

Vydala : Krajská hviezdáreň a planetárium Prešov
Zodpovedný : riaditeľ KHAP - Štefánia Lenzová prom.ped.
Náklad : 1000 výtlačkov
Nepredajné !
Len pre vnútornú potrebu !
Autor : Peter Csetáry prom.ped.
Pavel Jurašek prom.fyz.
Odborný posudok : RNDr. J.Zverko,CSc.
Vyšlo v roku 1985
Číslo strán : 301 - 326