

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Petr Kulháněk

V Číně budují největší radioteleskop světa

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 55 (2010), No. 3, 177--183

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/141958>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2010

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

V Číně budují největší radioteleskop světa

Petr Kulháněk, Praha

Abstrakt. Dosud největším nepohyblivým radioteleskopem světa je přístroj Arecibo na ostrově Portoriko. Jeho mísa o průměru 304 metrů byla zprovozněna v roce 1963 a kvalita dalekohledu nebyla dosud překonána. Nepodařilo se to ani Sovětům, kteří v roce 1974 postavili radioteleskop RATAN 600 o průměru 576 metrů, nicméně přístroj má odraznou plochu jen podél obvodu, a tak je jen třetinová v porovnání s Arecibem. V Číně nyní intenzivně staví radioteleskop FAST (zkratka z anglického *Five-hundred-meter Aperture Spherical Telescope*) o průměru 500 metrů, jehož sběrná plocha velikostí odpovídá třiceti fotbalovým hřištím a měla by více než dvojnásobně předčít Arecibo. Dokončení stavby se předpokládá v roce 2013, a pokud vše půjde podle plánu, lidstvo dostane přesně půl století po zprovoznění Areciba k dispozici nový kvalitní radioteleskop s vynikajícími parametry.

Radioastronomie

Naše atmosféra relativně dobře propouští světlo, na něž si vytvořila při biologickém vývoji receptory většina živočišných druhů včetně člověka. Jediným dalším „oknem do vesmíru“ je radiová oblast vlnových délek od několika centimetrů až do přibližně deseti metrů. Není proto divu, že radioastronomie vznikla jako první neoptické odvětví pozorovací astronomie již v roce 1932, kdy Karl Jansky, inženýr Bellových telefonních laboratoří, našel při řešení problémů transatlantické telefonie radiový signál z centra naší Galaxie.

Následoval bouřlivý rozvoj radioastronomie, stavby obřích pohyblivých i nepohyblivých antén a samozřejmě významné objevy. Ukázalo se, že zdrojem radiového signálu je také naše Slunce, Jupiter, Saturn i další planety Sluneční soustavy, hvězdy, mlhoviny a celé galaxie. Radiové signály jsou zdrojem mimořádně cenných informací o důležitých procesech ve vesmíru. Připomeňme jen některé nejvýznamnější objevy radioastronomie: kvasary, pulzary, reliktní záření, spektrální čáry složitých organických molekul v mezihvězdném prostředí nebo nepřímý objev existence gravitačních vln u podvojného pulzaru PSR 1913+16.

Radioteleskopy se nevyužívají jen k pasivnímu sledování oblohy, ale slouží i jako aktivní radary při sledování nebeských těles, včetně družic a sond. Již ve 40. letech byl v projektu Diana uskutečněn první radiový odraz od Měsíce, v 60. letech byly z odrazu změřeny vzdálenosti Venuše a Marsu. Lovellův teleskop v Jodrell Bank

Prof. RNDr. PETR KULHÁNEK, CSc., katedra fyziky, Fakulta elektrotechnická ČVUT, Technická 2, 166 27 Praha 6, e-mail: kulhanek@aldebaran.cz

Článek je rozšířenou verzí internetového bulletinu [8].

sledoval v roce 1957 pohyb nosné rakety s prvním Sputnikem a známé mise Apollo by se neuskutečnily bez přenosu informací za pomoci australského radioteleskopu Parkes. Podrobněji se čtenář může s historií radioastronomie a jejími významnými objevy seznámit v přehledovém článku [7] nebo v publikacích [1], [2], [3].

Nepohybliví předchůdci

V roce 1963 vznikl na ostrově Portoriko v blízkosti Areciba unikátní přístroj stejného jména. Radioteleskop provozovaný Cornellovou univerzitou a americkou nadací NSF (*National Science Foundation*) vyplňuje celé údolí. Skládá se z 40 000 hliníkových segmentů, jejichž poloha se od ideálního tvaru (kulové plochy s poloměrem křivosti 265 m) odchyľuje nejvýše o 2,2 mm. Průměr antény radioteleskopu je 304 m, frekvenční rozsah 0,3 až 12 GHz, tomu odpovídá rozsah vlnových délek 2,5 cm až 1 m. Radioteleskop prodělal v roce 1997 kompletní rekonstrukci a dodnes je nejvýkonnějším samostatným přístrojem světa. K největším úspěchům patří změření rotace Merkuru, objev podvojného pulzaru PSR 1913+16, první přímé zobrazení planety, nalezení první exoplanety u pulzaru a objev negravitační dynamiky planetek.

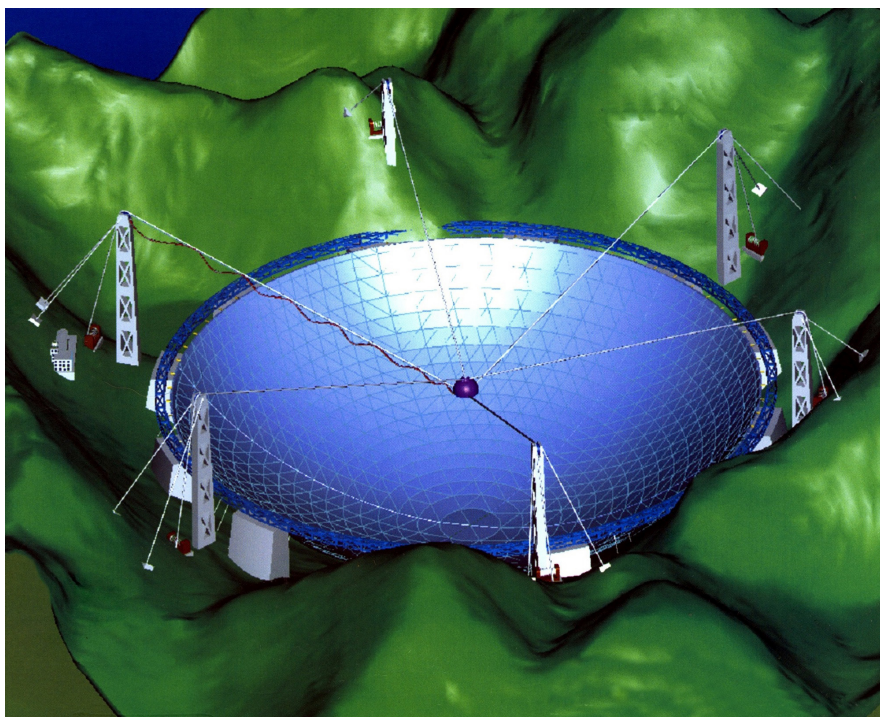
V době studené války se pokusili Sověti vybudovat větší přístroj, který dostal název RATAN 600. Průměr radioteleskopu, který vyrostl v roce 1974 v blízkosti vesnice Zelenčukskaja na Kavkaze, je 576 metrů. Na průměr jde skutečně o největší radioteleskop světa. Odrazné segmenty (895 desek o rozměrech 2×7,4 metru) jsou ale rozmístěny jen po obvodu přístroje a celková odrazná plocha je 20 000 m², tedy necelá třetina plochy Areciba, které tak zůstalo nejvýkonnějším radioteleskopem světa po celé půlstoletí.

Počátky radioteleskopu FAST

Myšlenka na postavení obřího radioteleskopu vznikla v Číně již v roce 1994 [4], [5], [6], [8]. Čínští inženýři vytypovali řadu lokalit, ve kterých by stavba přicházela v úvahu. Zohledněny byly: tvar terénu, elektromagnetické znečištění z okolí, dostupnost lokality, kvalita podloží a další parametry. Konečné rozhodnutí padlo na krasovou proláklinu Dawodang o průměru 800 metrů, jež se nachází v provincii Guizhou v blízkosti města Duyun (100 000 obyvatel) v jihozápadní části Číny. Lokalita je vzdálená 170 km od Guiyangu – hlavního města provincie. Tvar prolákliny téměř přesně odpovídá kulové ploše radioteleskopické mísy, a tak je zapotřebí minimálních terénních úprav. V údolí původně stálo dvanáct obydlí. Celkem 61 farmářů bude do roku 2013 postupně přestěhováno do nově vzniklého městečka Kedu ve vzdálenosti 60 kilometrů od radioteleskopu. Okolní kopce dobře stíní rušivý elektromagnetický signál z pozemských zdrojů. Přitom jde o radiově velmi klidnou oblast.

V červenci 2007 rozhodla vládní organizace NFRC (*National Development and Reform Commission*) o financování velkolepého projektu a uvolnila první prostředky ve výši 675 milionů jüanů, což jsou přibližně dvě miliardy korun. Radioteleskopu FAST

již nic nestálo v cestě. Dne 26. prosince 2008 byl položen základní kámen observatoře. Dokončení stavby, která má vysokou prioritu, se plánuje na rok 2013. Provozovatelem radioteleskopu bude Čínská národní observatoř Čínské akademie věd.



Obr. 1. Počítačová studie radioteleskopu v krajině. Patrná je ohnisková kabina zavěšená na šesti polohovacích lanech a optické vlákno vedené podél jednoho z nich.

Jak bude radioteleskop FAST fungovat?

Podloží pod radioteleskopem je složeno převážně z vápence a dolomitu. Mísa radioteleskopu bude mít sférický tvar a její celková plocha činí $270\,000\text{ m}^2$. Odrazná plocha se bude skládat z 4 600 trojúhelníkových segmentů (jde o výseče kulové plochy), které budou nesené sítí složenou z přibližně 7 000 ocelových lan. Tato lana se stýkají v cca 2 400 uzlech. Z každého uzlu vede *kotvící lana* k motorovému navijáku upevněnému v podloží pod radioteleskopem. Pomocí napínání kotvících lan bude možné formovat tvar odrazné mísy od základní kulové plochy s poloměrem křivosti 300 m až po parabolickou. Správný tvar odrazné plochy se vyhodnocuje pomocí zaměřovacího systému a následné fotogrammetrie.

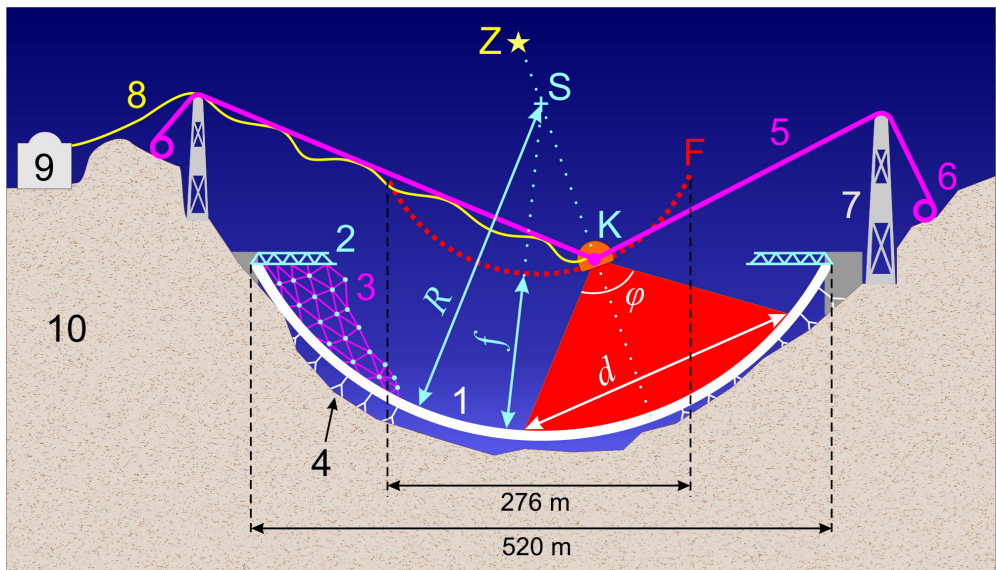
Nad mísou teleskopu se bude na šesti *polohovacích lanech* vznášet pohyblivá kabina s detektorem (přijímačem), jímž bude možné pohybovat v ohniskové ploše – ohnisková

vzdálenost činí $0,4655$ poloměru křivosti odrazné plochy. Polohovací lana kabiny budou připevněna k šesti věžím na obvodu radioteleskopu. Díky pohybu detektoru bude radioteleskop sledovat objekty z různých míst oblohy (až 40° od zenitu). Kabinu s detektorem bude možné zastavit s přesností několika milimetrů. Obdobný systém je pro detektor využíván i u radioteleskopu v Arecibu, tam je ale maximální odklon od zenitu jen 20° . Plánovaná přesnost zaměření objektu na obloze je $8''$, úhlové rozlišení v pásmu L (1 až 2 GHz) by mělo být $3'$.

V první fázi se počítá s využíváním devíti detektorů v různých frekvenčních pásmech. Pro frekvence vyšší než 0,5 GHz jsou tyto detektory chlazené. Signál z detektoru bude veden optickým vláknem podél jednoho z polohovacích lan do budovy observatoře, kde dojde ke zpracování signálu a bude zde výpočetní centrum, řídicí středisko a středisko pro krizové situace.

Plány

V první fázi bude radioteleskop FAST citlivý jen v oblasti nízkých frekvencí od 70 MHz do 3 GHz (vlnové délky od 10 cm do 4 m). To postačí pro sledování důležité čáry neutrálního vodíku na vlnové délce 21 cm, která odpovídá překlopení spinu



Obr. 2. Schéma radioteleskopu se všemi základními prvky: Z – zdroj signálu, S – střed křivosti, K – kabina s detektorem, F – ohnisková plocha, 1 – mísa radioteleskopu, 2 – obvodová nosná konstrukce, 3 – nosná lanová síť, 4 – kotvicí lana, 5 – polohovací lana, 6 – ukotvený naviják, 7 – věž, 8 – optické vlákno, 9 – observatoř, 10 – podloží. Poloměr křivosti odrazné plochy $R = 300$ m, ohnisková vzdálenost $f = 0,4655 R$, průměr sběrné plochy $d \approx 300$ m, vrcholový úhel $\varphi \approx 60^\circ$.



Obr. 3. Snímek krasové prolákliny, ve které bude radioteleskop postaven, pořízený širokoúhlým objektivem – tzv. rybím okem.

elektronu v atomárním obalu. Na této čáře bude možno sledovat celou řadu hvězdných i mlhovinných objektů s desetkrát vyšší citlivostí, než má Arecibo. Tento rozsah ovšem neumožní sledovat důležité molekulární přechody, které prozatím zůstanou doménou Areciba – to má horní hranici frekvencí 10 GHz (tomu odpovídá vlnová délka 3 cm). Se zlepšením rozsahu radioteleskopu FAST se počítá v druhé fázi, jejíž termín závisí na úspěšnosti fáze první. Měřená frekvence by se měla posunout na 5,1 GHz (6 cm), což umožní sledovat důležité molekulární čáry HC_5N , CH, CH_4 a H_2CO s vysokou citlivostí. Vše záleží na dosažené přesnosti odrazné plochy. Čím menší je maximální odchylka od ideální plochy, tím vyšší frekvence je možné pozorovat.

Pokud vše půjde podle plánu, lze očekávat, že nový přístroj umožní objev více než 7 000 slabých pulzarů ročně. Pulzary (zejména podvojně) jsou vynikajícími relativistickými laboratořemi a umožňují testovat obecnou relativitu. Dosud nebyl nalezen žádný pulzar za hranicemi Galaxie, radioteleskop FAST bude mít dostatečnou citlivost pro překonání této bariéry. Počítá se i s využitím radioteleskopu jakožto aktivního radaru pro sledování družic a jejich zbytků rozesetých na různých oběžných drahách v rámci čínského vesmírného programu. K rutinnímu vědeckému programu bude samozřejmě patřit studium hvězd, mlhovin a raného vesmíru na vlně 21 cm a radiová spektroskopie molekulárních přechodů v mezihvězdném prostředí. Radioteleskop pravděpodobně nemine ani velice módní hledání mimozemských civilizací.

Důležitým krokem bude propojení radioteleskopu s ostatními velkými přístroji světa. Vznikne tak celosvětová radiointerferometrická síť zpracovávající naměřená data na základě metody VLBI (*Very Long Baseline Interferometry*). Metoda spočívá v měření časových korelací zaznamenaných šumových signálů třemi a více radioteleskopy, umístěnými na zemském povrchu ve velké vzdálenosti od sebe. Dosud nejcitlivější síti

Tab. 1. Parametry tří největších nepohyblivých radioteleskopů

	Arecibo	RATAN 600	FAST
poloha	18° 20' 39" N, 66° 45' 10" W	43° 38' 48.57" N, 41° 26' 25.61" E	25° 38' 50" N, 106° 51' 21" E
první signál	1963	1974	~ 2013
průměr (apertura)	304 m	576 m	500 m
odrazná plocha	70 000 m ²	20 000 m ²	270 000 m ²
poloměr křivosti	265 m	—	300 m
počet segmentů	40 000	895	4 600
vlnový rozsah	2,5 cm až 1 m	~ 10 cm až 50 cm	10 cm až 4 m (fáze I) 6 cm až 4 m (fáze II)
pokrytí oblohy	20° od zenitu	není uváděno	40° od zenitu



Obr. 4. Položení základního kamene radioteleskopu FAST dne 26. prosince 2008.

je evropská EVN (*European VLBI Network*) a nejnámější je americká VLBA (*Very Long Baseline Array*), která spojuje 10 radioteleskopů, z nichž nejvzdálenější tvoří základnu o velikosti 8 600 km. Rekonstrukce obrazu z radiové interferometrie se provádí pomocí inverzní Fourierovy transformace, za kterou dostal Nobelovu cenu za fyziku Martin Ryle v roce 1974.

Závěr

Při stavbě nebylo nic ponecháno náhodě. Čínští odborníci v letech 2004 až 2006 zkonstruovali funkční model radioteleskopu v měřítku 1:10, tj. s průměrem mísy 50 metrů. Všechny systémy pracovaly podle předpokladů a úspěšně byla detekována čára neutrálního galaktického vodíku s vlnovou délkou 21 cm.

Po půl století od otevření legendárního radioteleskopu Arecibo se lidstvo dočká přístroje, který by měl být o řád citlivější. Očekává se, že do provozu dalekohledu se zapojí mnoho významných světových univerzit a ten se stane doménou světové radioastronomie. U přístroje tohoto typu lze očekávat výrazný posun našich znalostí a zejména různé nečekané objevy.

L i t e r a t u r a

- [1] HEY, J.: *The Radio Universe*. Pergamon Press, New York, 1975.
- [2] REBER, G.: *A Dictionary of Astronomy*. Oxford University Press, 1997.
- [3] BURKE, B., GRAHAM-SMITH, F.: *An Introduction to Radio Astronomy*. Cambridge University Press, Melbourne, 1997.
- [4] HARRIS, M.: *China builds super-sized radio telescope*. Physics World, Jan 27, 2009, online: <http://physicsworld.com/cws/article/news/37483>.
- [5] Space Daily (Xinhua News Agency): *China Starts Work On Largest Radio Telescope Ever Built*. Dec 29, 2008, online: <http://current.com/199ni4c>.
- [6] *Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope*. Chinese Academy of Sciences leaflet, 2009.
- [7] KULHÁNEK, P.: *Radioastronomie*. Astropis 17 (2010), Speciál.
- [8] KULHÁNEK, P.: *FAST – čínský pokus o překonání Areciba*. Aldebaran Bulletin 25/2010, 16. 7. 2010, online: http://www.aldebaran.cz/bulletin/2010_25_fas.php.