



praktikum

Pulsary

Pulsary jsou kosmické objekty, jež se projevují krátkými rádiovými záblesky (impulsy) s periodou 0,001 s až 4 s. Jak známo, byly objeveny v roce 1967 na radioastronomické observatoři univerzity v Cambridge (Velká Británie).

Perioda pulsarů se udržuje konstantní s přesností, kterou dosahují naše nejlepší atomové hodiny. Pulsary jsou rychle rotující neutronové hvězdy se silným magnetickým polem. V okolí magnetických pólů, které nesouhlasí s rotačními, jsou urychlovány nabitě částice do vysokých energií – vzniká zde kužel záření namířený do prostoru. Zasáhne-li nás během otáčení pulsaru svazek tohoto záření, zaznamenáme impuls.

Pro toto praktikum použijeme záznamy registrací záření tří pulsarů na několika frekvencích (obr. 1).

Úloha A – periody pulsarů

Z modelu rotující neutronové hvězdy plyne, že perioda pulsaru *nezávisí* na frekvenci. Proto periodu určíme ze záznamů na všech frekvencích a výsledek zprůměrujeme. Na obr. 1 pomocí milimetrového měřítka určete vzdálenost mezi impulsy, kterou převedte z délkové do časové škály (měřítko je dole i nahoře u každého záznamu a je pro všechny tři pulsary stejné. Přitom:

- měřte s přesností na desetiny milimetru a výsledek uveďte s přesností nejvýše na 3 až 4 platná místa;
- pokud možno *neměřte* sousední impulsy, ale impulsy od sebe vzdálenější (měřenou vzdálenost dělte počtem period mezi impulsy);
- u pulsaru PSR 0809+74 odlišujte pravé impulsy (označené na obr. 1 písmenem P) od pozemního rušení (I – *Interference*).

Výsledky měření zapisujte do tabulky 1.

Úloha B – disperze impulsů

Na obr. 1 vidíme, že impulsy se sice *opakuji* se stejnou periodou na různých frekvencích, ale přicházejí k nám se zpožděním závislejícím na frekvenci (pro nižší frekvence je zpoždění větší). Příčinou zpoždění je

6. Ze života hvězd

skutečnost, že rádiové vlny se v prostředí s nabitými částicemi pohybují pomaleji než světlo ve vakuu. Rozdíl rychlostí závisí na koncentraci volných elektronů i na frekvenci¹⁾.

Zpoždění Δt (s) mezi dvěma frekvencemi ν_1, ν_2 (MHz) je dáno vztahem

$$(1) \quad \Delta t = 4,15 \cdot 10^9 n r (1/\nu_1^2 - 1/\nu_2^2),$$

kde n je střední koncentrace elektronů podél trajektorie paprsku (m^{-3}), r je vzdálenost pulsaru (pc). Součin nr se nazývá **disperzní míra**.

Na obr. 1 změřte zpoždění Δt v milimetrech, převed'te na sekundy a pomocí vztahu (1) vypočítejte disperzní míru nr ; výsledky zapisujte do tabulky 2.

Upozornění: disperzní míra pro daný pulsar by měla být pro všechny kombinace frekvencí stejná (až na chyby měření, ovšemže). Proto dávejte pozor, abyste u pulsaru PSR 0329+54 vybrali ke třem impulsům na prvních třech frekvencích odpovídající čtvrtý na frekvenci 1420 MHz. Není to určitě „ten první vlevo“ – zde asi budete muset postupovat metodou „zkoušek a omylů“ a počítat součin nr pro různý výběr impulsů na frekvenci 1420 MHz..

Úloha C – vzdálenosti pulsarů

Známe-li disperzní míru nr , můžeme za předpokladu, že průměrná koncentrace elektronů v mezihvězdném prostředí činí $3 \cdot 10^{-8} \text{ m}^{-3}$ určit vzdálenost r pulsaru. Na druhé straně, určíme-li vzdálenost r jinou metodou, můžeme z disperzní míry zjistit elektronovou hustotu v mezihvězdném prostoru. Vypočítejte vzdálenosti všech tří pulsarů za našeho předpokladu a uvažte, zda jsou získané výsledky věrohodné. Výsledky zapište do tabulky 3.

Vzhledem k tomu, že v označení pulsaru je zakódována jeho přibližná poloha na hvězdné obloze, můžete pomocí mapy hvězdné oblohy zjistit souhvězdí a případně výraznější hvězdu, poblíž které se pulsar nachází (po zkratce PSR následuje rektascenze vyjádřená v hodinách a minutách, dále pak deklinace objektu ve stupních). Výsledky poznačte do tabulky 4.

Praktikum bylo připraveno s použitím článku K. J. Gordona: *Laboratory Exercises in Astronomy – Pulsars* (Sky and Telescope 53, 1977, č. 3, 178-180).

Vstupní data, výsledky:

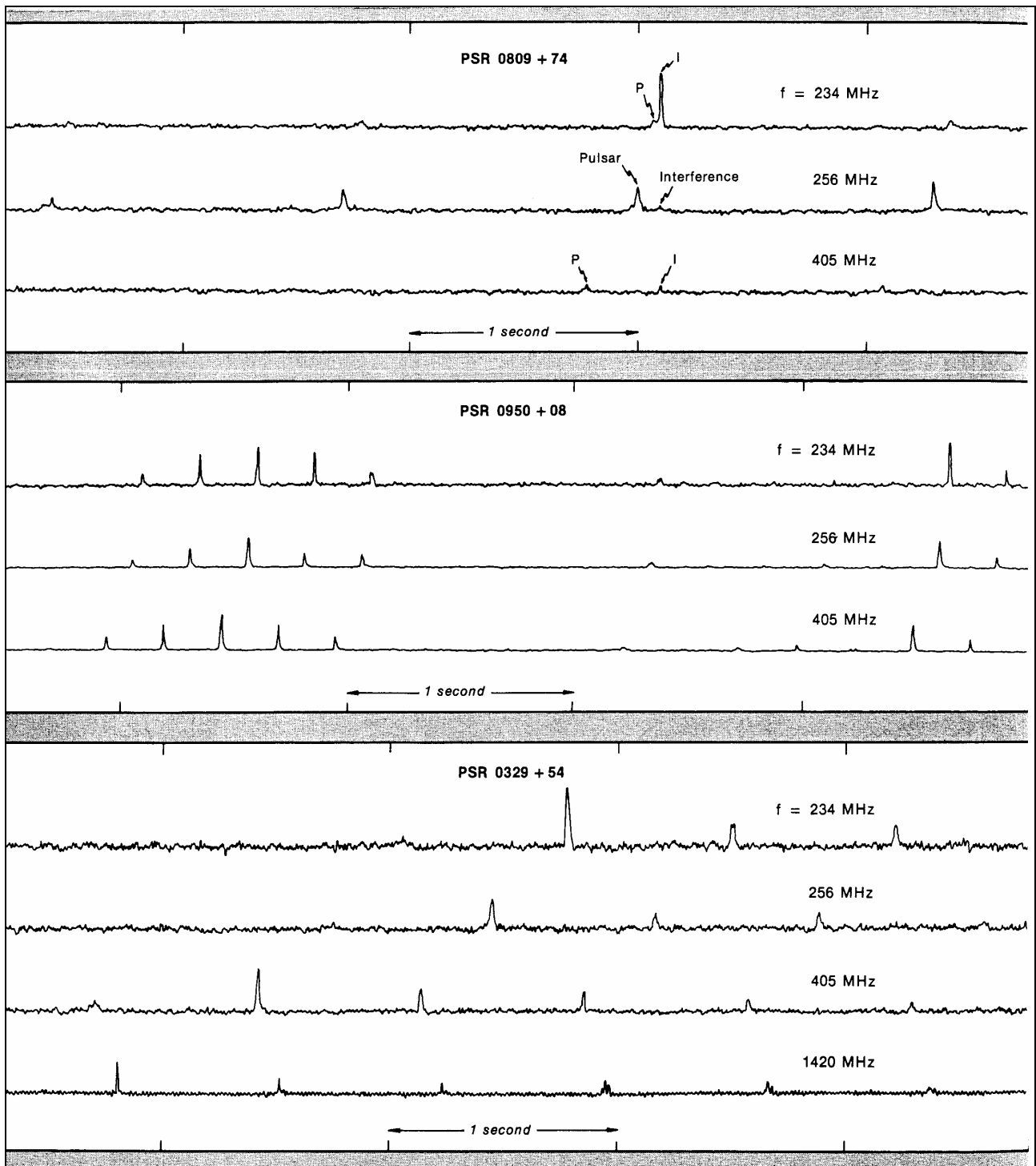
Tabulka 1

Pulsar	Perioda pro frekvenci				Perioda (průměr ze všech frekvencí)
	234 MHz	256 MHz	405 MHz	1420 MHz	
0809+74				–	
0950+08				–	
0329+54					

Měřítko: 1 s odpovídá ____ mm.

¹⁾ Disperze signálů z pulsaru nám umožňuje snadno odlišit impulsy pulsaru od pozemního rušení, které samozřejmě žádné zpoždění nevykazuje.

6. Ze života hvězd



Obr. 1. Registrace záření tří pulsarů (National Radio Astronomy Observatory, Green Bank, USA).

6. Ze života hvězd

Tabulka 2

Frekvence (MHz)		Zpoždění Δt a míra disperze nr pro pulsary					
		0809+74		0950+08		0329+54	
ν_1	ν_2	Δt	nr	Δt	nr	Δt	nr
234	256						
234	405						
234	1420	–	–	–	–		
256	405						
256	1420	–	–	–	–		
405	1420	–	–	–	–		
průměry:		–		–		–	

Tabulka 3

Pulsar	Vzdálenost r (pc)
0809+74	
0950+08	
0329+54	

Tabulka 4

Pulsar	Přibližná poloha na hvězdné obloze
0809+74	
0950+08	
0329+54	