

Diskuse výsledků:Úloha C - vzdálenosti pulsarů

Známe-li disperzní míru n.r., 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 a uvažte, zda jsou získané výsledky věrohodné.

Tabulka 3.Diskuse výsledků:

Pulsar	Vzdálenost $r$ (pc)
0809+74	19,9
0950+08	11,6
0329+54	53,6

X chybně

Poznámka: v označení pulsaru je zakódována jeho přibližná poloha na hvězdné obloze. Pomocí mapy hvězdné oblohy zjistěte souhvězdí a případně výraznější hvězdu, poblíž které se pulsar nachází.

Tabulka 4.

Pulsar	Přibližná poloha na hvězdné obloze
0809+74	V souhvězdí <i>Virgo</i>
0950+08	— II — <i>Lyra</i>
0329+54	— II — <i>Pegasus</i>

Úlohu připravil RNDr. Zdeněk Pokorný, CSc. s použitím článku K. J. Gordona: Laboratory exercises in astronomy - pulsars (Sky and Telescope 53, 1977, č. 3, 178-180). Pro vnitřní potřebu vydala Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka v Brně. K tisku připraveno v červenci 1988.



## ASTRONOMICKÉ PRAKTIKUM

## Pulsary

Pulsary jsou kosmické objekty, jež se projevují krátkými rádiovými záblesky (impulsy) s periodou 0,001 až 4 s. 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 naši úlohu použijeme záznamu 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, výsledek zprůměrujeme. Pomocí milimetrového měřítka určete vzdálenost mezi impulzy, kterou převedete z délkové do časové škály (měřítka 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 impulzy (změřenou vzdálenost dělte počtem period mezi impulzy);
- u pulsaru PSR 0809+74 odlišujte pravé impulzy (označené na obr. 1 písmenem P) od pozemního rušení (R).

Výsledky zapisujte do tabulky 1.

Diskuse výsledků:



Tabulka 1.

Pulsar	Perioda pro frekvenci				Perioda (průměr ze všech frekvencí)
	234 MHz	256 MHz	405 MHz	1420 MHz	
0809+74	1,302 s	1,302 s	1,302 s	-	1,302 s
0950+08	3,081 s	3,071 s	3,071 s	-	3,074 s
0329+54	0,728 s	0,726 s	0,725 s	0,721 s	0,725 s

měřítko: 1 s odpovídá 32 mm

## Úloha B - disperze impulsů

Na obr. 1 vidíme, že impulsy se sice opakují se stejnou periodou na různých frekvencích, ale přicházejí k nám se zpožděním závislejícím na frekvenci (pro nižší frekvence je zpoždění větší). Příčinou zpoždění je 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 frekvenci. (Pozn.: disperze signálů z pulsaru nám umožňuje snadno odlišit impulsy pulsaru od pozemního rušení, které žádné zpoždění nevykazuje.)

Zpoždění  $\Delta t$  (s) mezi dvěma frekvencemi  $\nu_1, \nu_2$  (MHz) je dáno vztahem

$$(1) \quad \Delta t = 4,15 \cdot 10^9 \cdot n \cdot r \left( \frac{1}{\nu_1^2} - \frac{1}{\nu_2^2} \right),$$

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

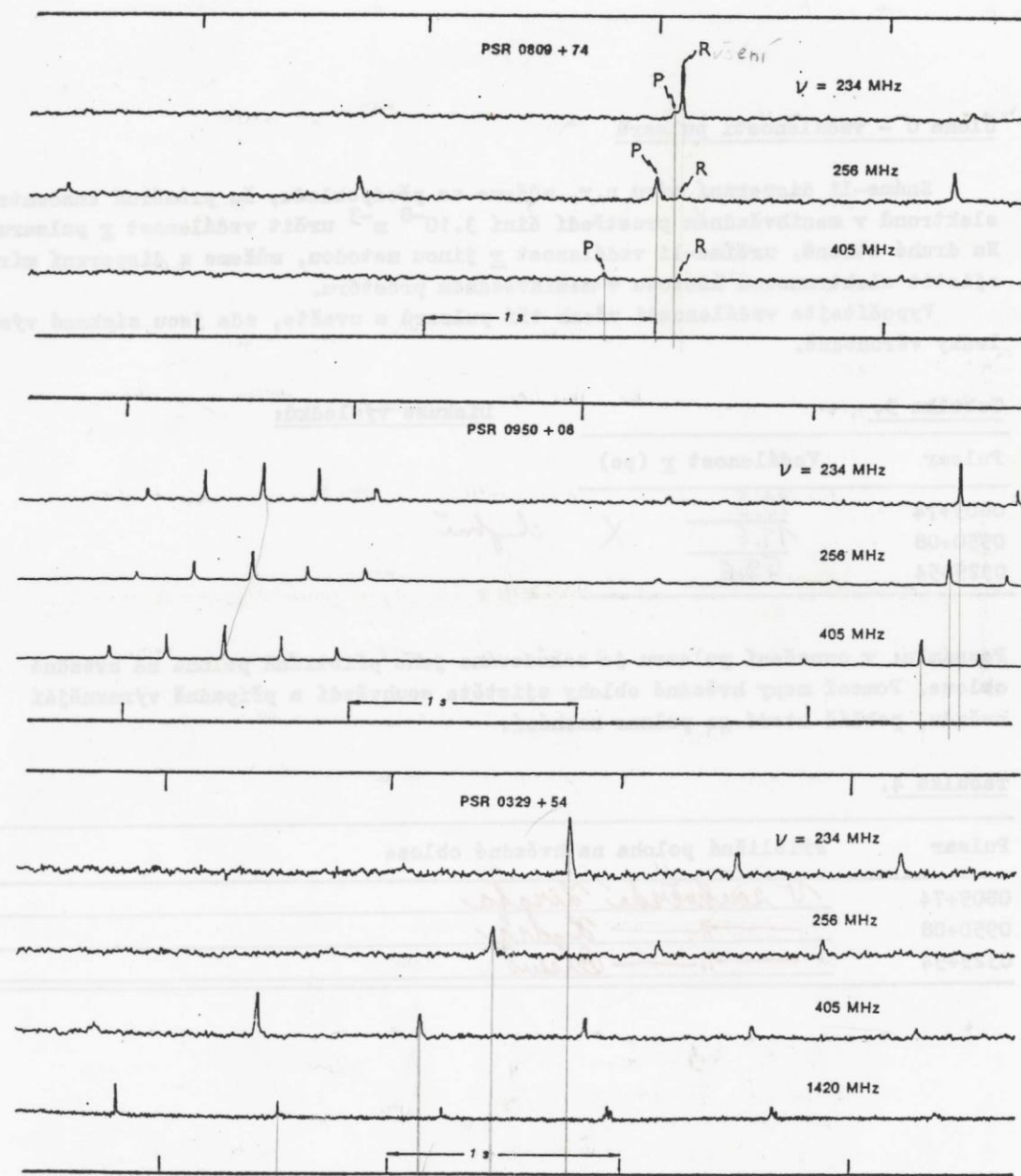
Na obr. 1 změřte zpoždění  $\Delta t$  v milimetrech, převedte na sekundy a pomocí vztahu (1) vypočítejte disperzní míru  $n \cdot r$ ; výsledky zapisujte do tabulky 2.

(→ strana 4)

Tabulka 2.

Frekvence (MHz)		Zpoždění $\Delta t$ a míra disperze $n \cdot r$ pro pulsary					
		0809+74		0950+08		0329+54	
$\nu_1$	$\nu_2$	$\Delta t$	$n \cdot r$	$\Delta t$	$n \cdot r$	$\Delta t$	$n \cdot r$
234	256	0,08125 s	0,00000659	0,046875 s	0,00000376	0,33125 s	0,00002657
234	405	0,278125 s	0,00000557	0,175 s	0,00000346	0,65625 s	0,0000013
234	1420	-	-	-	-	1,278125 s	0,000001733
256	405	0,225 s	0,00000537	0,125 s	0,00000328	0,3125 s	0,00000821
256	1420	-	-	-	-	0,9375 s	0,00000153
405	1420	-	-	-	-	0,625 s	0,000002688
průměry:		0,00000597		0,0000035		0,000001788	

Kontrola výšky!



Obr. 1. Registrace záření tří pulsarů (National Radio Astronomy Observatory, Green Bank, USA). Poznámka k označení pulsarů: po zkratce PSR následuje rektascenze vyjádřená v hodinách a minutách, dále pak deklinace objektu ve stupních.