

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 (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 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	<u>1,2840</u>	<u>1,2840</u>	<u>1,2808</u>	-	<u>1,2830</u>
0950+08	<u>0,2485</u>	<u>0,2477</u>	<u>0,2477</u>	-	<u>0,2480</u>
0329+54	<u>0,4114</u>	<u>0,4115</u>	<u>0,4115</u>	<u>0,4105</u>	<u>0,4127</u>

měřítka: 1 s odpovídá 32,4 mm

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

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

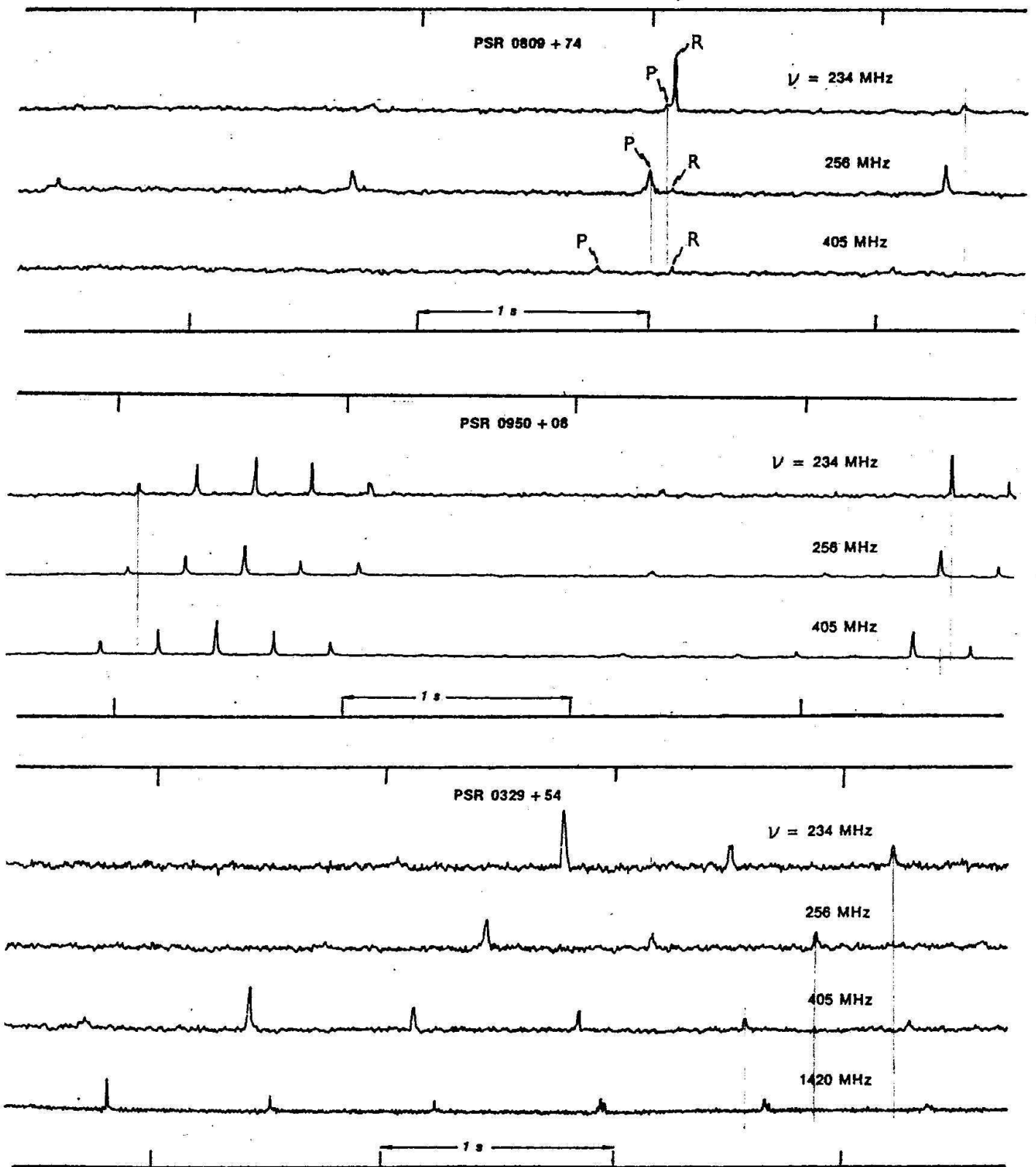
kde n je střední koncentrace elektronů podél trajektorie paprsku (m^{-3}), r je vzdálenost pulsaru (pc). Součin $n \cdot r$ se nazývá disperzní míra.

Na obr. 1 změřte zpoždění Δt 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 Δt a míra disperze $n \cdot r$ pro pulsary					
ν_1	ν_2	0809+74		0950+08		0329+54	
		Δt	$n \cdot r$	Δt	$n \cdot r$	Δt	$n \cdot r$
234	256	<u>0,04109</u>	<u>$5,694 \cdot 10^6$</u>	<u>0,05277</u>	<u>$4,209 \cdot 10^6$</u>	<u>0,33333</u>	<u>$2,674 \cdot 10^5$</u>
234	405	<u>0,29321</u>	<u>$5,807 \cdot 10^6$</u>	<u>0,15741</u>	<u>$3,118 \cdot 10^6$</u>	<u>0,63819</u>	<u>$1,265 \cdot 10^5$</u>
234	1420	-	-	-	-	<u>1,26235</u>	<u>$1,712 \cdot 10^5$</u>
256	405	<u>0,21472</u>	<u>$5,647 \cdot 10^6$</u>	<u>0,11728</u>	<u>$3,034 \cdot 10^6$</u>	<u>0,32864</u>	<u>$8,117 \cdot 10^6$</u>
256	1420	-	-	-	-	<u>0,93210</u>	<u>$1,521 \cdot 10^5$</u>
405	1420	-	-	-	-	<u>0,62963</u>	<u>$2,709 \cdot 10^5$</u>
průměry:			<u>$5,716 \cdot 10^6$</u>		<u>$3,470 \cdot 10^6$</u>		<u>$1,782 \cdot 10^5$</u>



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.

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.

Pulsar	Vzdálenost r (pc)
0809+74	191 pc
0950+08	216 pc
0329+54	594 pc

Diskuse výsledků:

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	_____
0950+08	_____
0329+54	_____

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.