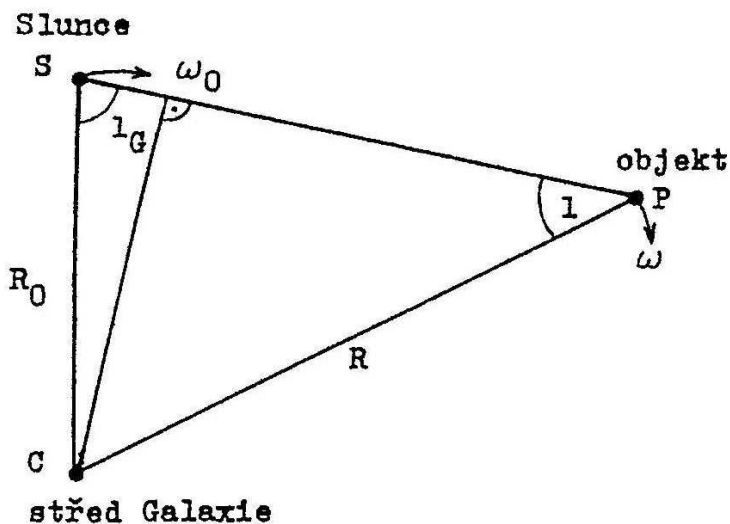


Spirální struktura Galaxie

Budeme zjišťovat spirální strukturu Galaxie. Oblaka neutrálního vodíku, která se nejvíce zdržují v oblasti spirálních ramen, září na vlnové délce 0,21 m. Na základě rychlostí přibližování či vzdalování jednotlivých oblak, pozorovaných v různých směrech, zjistíme, jak vypadají spirální ramena alespoň v nejbližším okolí Slunce. Galaxie totiž nerotuje jako tuhé těleso (velikost úhlové rychlosti rotace se mění se vzdáleností od středu Galaxie) a proto se i vodíková oblaka vůči Slunci pohybují.

Odvoďme, na čem závisí radiální rychlost oblaků. Pripusťme, že objekty v Galaxii obíhají kolem středu po kruhových trajektoriích o poloměru R . Jejich úhlová rychlost ω klesá směrem od středu; konkrétní průběh této závislosti je na obr. 3. Nyní ke vztahu mezi vzdáleností objektu P a jeho radiální rychlostí v_r vůči Slunci S : pro složku rychlosti do směru SP platí (obr. 1):



Obr. 1.

$$v_r = R \omega \sin l - R_0 \omega_0 \sin l_G \quad (1)$$

(l_G je galaktická délka objektu).
V trojúhelníku SCP však platí sinová věta

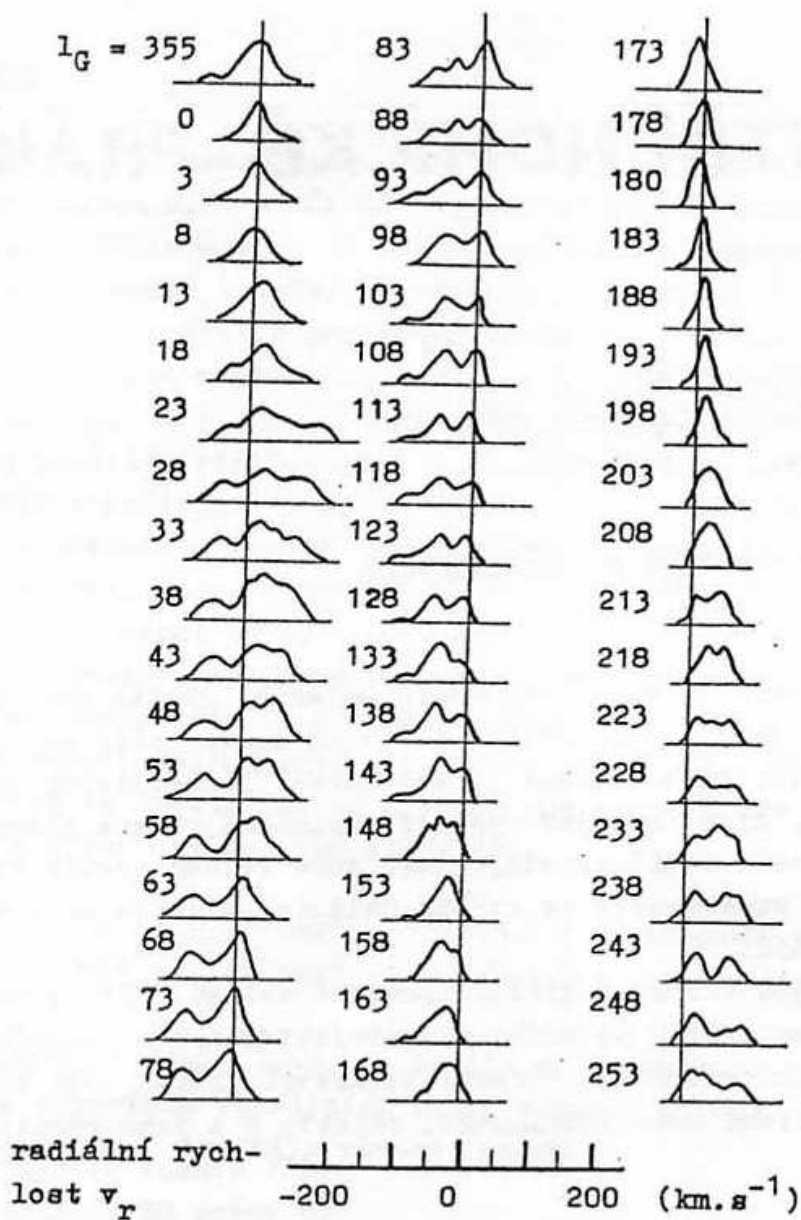
$$R \sin l = R_0 \sin l_G \quad (2)$$

Po dosazení do rovnice (1) dostáváme

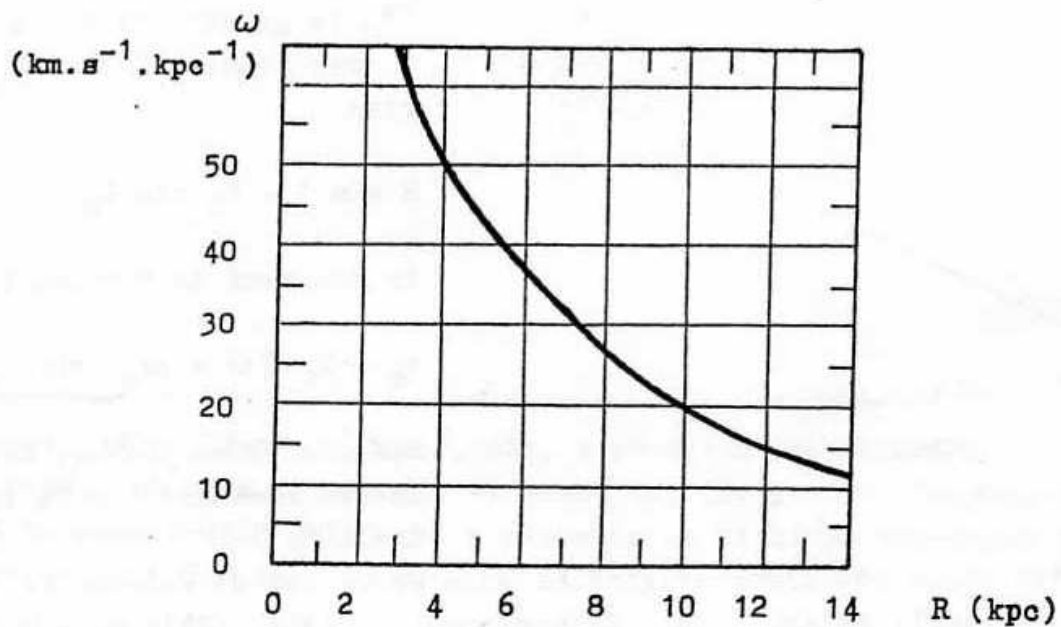
$$v_r = R_0 (\omega - \omega_0) \sin l_G \quad (3)$$

Nezapomínejme přitom, že velikost úhlové rychlosti ω je funkcí vzdálenosti R .

V této úloze použijeme originální data H. C. Van de Hulsta, C. A. Mullera a J. H. Oorta (Bull. Astron. Inst. Netherlands 12, 1954, 125): $R_0 = 8,2 \text{ kpc}$,
 $\omega_0 = 26,4 \text{ km.s}^{-1}.\text{kpc}^{-1}$.



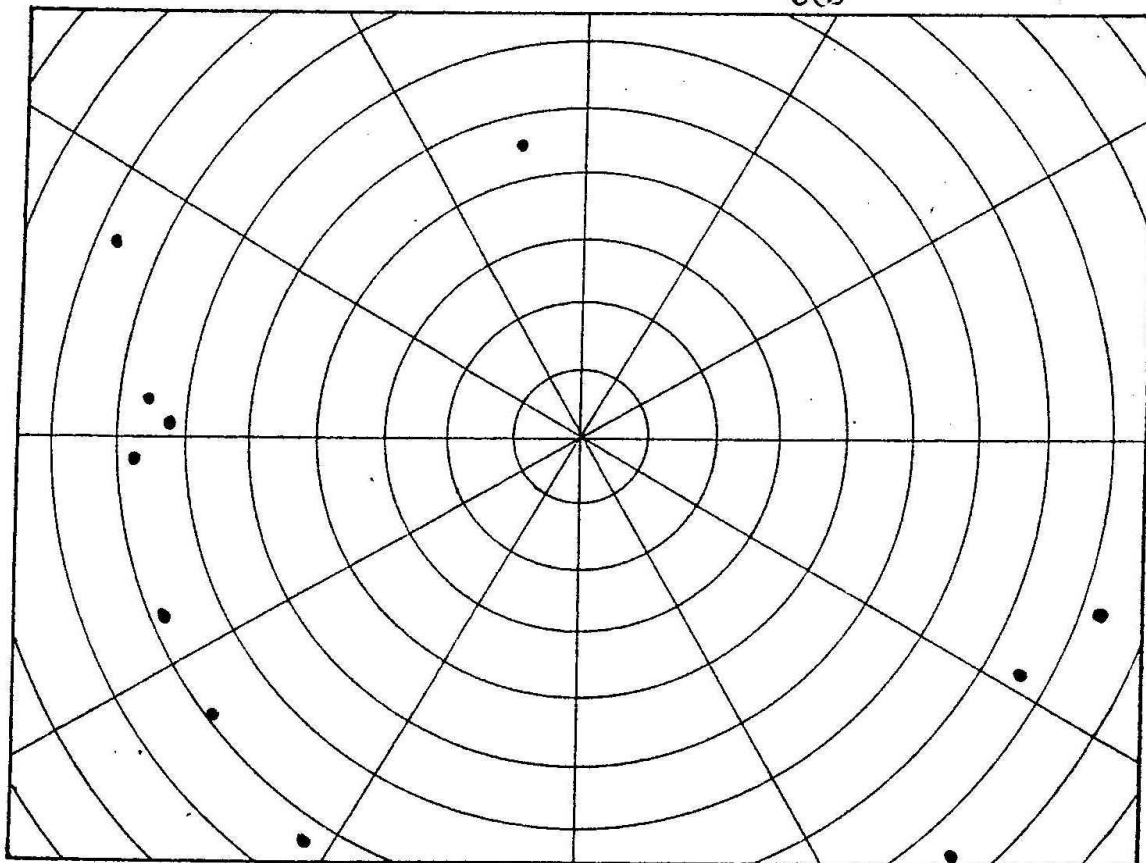
Obr. 2.



Obr. 3.

Tabulka 1.

l_G	v_r (km.s ⁻¹)	$\sin l_G$	$R_0 \sin l_G$	$\omega - \omega_0$	ω	R (kpc)
68	-71,0	0,977	7,601	-9,341	17,059	11,0
78	-36,2	0,469	3,846	-9,472	16,988	11,5
83	-42,0	0,993	8,143	-8,158	21,242	9,3
88	-34,5	0,999	8,192	-4,211	22,189	9,0
93	-42,0	0,999	7,798	-5,127	21,273	9,7
108	-43,5	0,951	6,880	-5,578	20,822	9,8
123	-42,5	0,834	4,936	-6,323	20,077	10,0
143	-33,3	0,602	3,075	-6,746	19,654	10,3
158	-27,8	0,378	1,000	-8,943	17,487	10,8
173	-11,6	0,122	-1,845	-11,600	14,800	12,3
193	13,04	-0,228	-3,266	-7,068	19,332	10,5
223	24,63	-0,391	-5,592	-7,682	18,718	10,3
223	62,3	-0,682	-7,803	-11,141	15,599	12,2
243	68,1	-0,841	-7,834	-9,321	17,049	11,0
253	85,5	-0,956	-8,192	-10,907	15,193	11,7
13	159	0,228	1,845	8,146 618	35,018	6,5



Obr. 4.

Pracovní postup:

① Na obr. 2 jsou zakresleny profily vodíkové emisní čáry, zářící v rádiovém oboru na vlnové délce 0,21 m. Číslo uvedené vlevo od každého profilu udává galaktickou délku l_G . Maximum čáry (a v mnoha případech pozorujeme i několik maxim) je dopplerovsky posunuté k vyšším či nižším frekvencím; z tohoto posuvu určíte radiální rychlost v_r (měřítko pro přímý odečet v_r je dole na obr. 2).

Vyberte první levé maximum profilu pro $l_G = 68^\circ$; změřte v_r a vypočítejte postupně $R_0 \sin l_G$, $\omega - \omega_0$, ω (výsledky zapisujte do tabulky 1). Z obr. 3 pro získané ω odečtěte vzdálenost R a poznamenejte do tabulky.

② Do grafu s polárními souřadnicemi (obr. 4) vynesete R a l_G . Slunce umístěte do počátku souřadnic a zvolte vhodné měřítko (doporučené: 10 kpc ve skutečnosti = 50 mm na grafu). Zakreslete střed Galaxie a uvažte, jak se počítá délka l_G . Pozor: R značí vzdálenost objektu od středu Galaxie, nikoliv od Slunce!

③ Opakujte postup pro sousední l_G a pokračujte tak dlouho, pokud lze maximum sledovat. Zopakujte vše i pro další maxima. Je však třeba vzít v úvahu, že pro $R < R_0$ je řešení nejednoznačné (v daném směru mají dva body tutéž vzdálenost od středu). Proto se omezte jen na případy vně trajektorie Slunce. To znamená, že budete vybírat jen maxima, pro něž platí:

$$\begin{array}{ll} 0^\circ < l_G < 180^\circ & \Delta\lambda < 0 \text{ (záporná } v_r), \\ 180^\circ < l_G < 360^\circ & \Delta\lambda > 0 \text{ (kladná } v_r). \end{array}$$

④ V polárním diagramu (obr. 4) spojte vynesené body plynulou čarou. Zjistíte tak hrubou strukturu spirálních ramen v okolí Slunce - Orionovo rameno, kde se nalézá i Slunce, a 2 kpc dále rameno Persea.

Diskuse výsledků: