

UDALJENOST GALAKTIKE M100 ODREĐENA PROMJENJIVIM ZVJEZDAMA CEFEIDAMA

Jedan od zadataka kojih smo se prihvatile u sklopu naše grupe astrofizički praktikum bila je praktična astronomska vježba iz Bolidi 92-93 kojom se određuje udaljenost galaktike M100 određena promjenjivim zvijezdama cefeidama. Prihvaćanje tog zadatka zahtijevalo je poznavanje osnova kozmologije, Hubbleovog zakona širenja svemira te već prije stečeno znanje o promjenjivim zvijezdama cefeidama. No, uz svo prijašnje znanje, trebalo je steći uvid u razumijevanje relativnog sjaja i promjenjivosti zvijezda, u čemu su nam uvelike pomogli rad i otkrića Henriette Leavitt. Dakle, prije prelaska na obradu podataka rezultata, objasnimo gore navedeno.

Spiralna galaktika M100, čiju smo udaljenost u vježbi određivali, nalazi se na proljetnom nebu u smjeru zvijezda Berenikine kose. To je ujedno jedna od galaktika koje promatra Hubbleov svemirski teleskop kako bi pronašao cefeide s ciljem što točnijeg određivanja Hubbleove konstante, a ujedno i starosti svemira.

Cefeide su vrlo sjajne zvijezde čiji se sjaj mijenja u vrlo pravilnim razmacima. Nazvane su po zvijezdi δ Cefeja, prvoj poznatoj zvijezdi te vrste. Opažanjem perioda cefeida možemo izračunati njihov sjaj, a opažanjem prividnog sjaja izračunati udaljenost te zvijezde. Ta će nam udaljenost te brzina udaljavanja koristiti da izračunamo Hubbleovu konstantu iz koje saznajemo brzinu širenja svemira te njegovu starost. Sam Hubbleov zakon glasi:

$$v = H_0 \cdot D$$

v označava brzinu međusobnog udaljavanja galaktika u svemiru, a D je udaljenost među njima. S tim saznanjima određivali smo krivulje sjaja 12 cefeida koje je opažao Hubbleov teleskop.

Praktični dio

Prvi korak pri izračunavanju bilo je određivanje promjene perioda sjaja 12 cefeida mjerenjem udaljenosti između minimuma. Iz dobivenih perioda izračunali smo srednju apsolutnu magnitudu $\langle M \rangle$ pomoću formule:

$$\langle M \rangle = -2.78 \log P - 1.35$$

Zatim smo iz krivulja određivali srednju prividnu magnitudu očitavajući najmanju i najveću vrijednost te računajući njihovu aritmetičku sredinu. Potom smo dobivene podatke uvrstili u jednadžbu udaljenosti, koja uspostavlja vezu između prividne i apsolutne magnitude, kako bismo izračunali udaljenost cefeida. Jednadžba udaljenosti glasi:

$$m = M + 5 \log D - 5$$

Mjereni podaci i obrađene vrijednosti su prikazane u sljedećoj tablici.

Broj Cefeide	Period / dan	$\langle M \rangle$	$\langle m \rangle$	Udaljenost / kpc
1.	53	-6.143	24.95	16542.46
2.	48	-6.024	25.35	18827.82
3.	43	-5.801	25.75	20426.78
4.	39	-5.773	25.5	17972.15
5.	39	-5.571	26.45	25362.96
6.	33	-5.415	26.45	23604.78
7.	29	-5.456	26.5	24615.01
8.	30	-5.329	25.7	16062.01
9.	27	-5.329	26.45	22688.20
10.	25	-5.236	25.55	14361.51
11.	24	-5.187	26.3	19833.53
12.	20	-4.967	26.35	18340.03

Sljedeći korak bilo je izračunavanje srednje vrijednosti dobivenih udaljenosti, a također smo izračunali odstupanja od srednje vrijednosti, tj. standardnu devijaciju čija formula glasi:

$$m_d = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (\bar{d} - d_i)^2}$$

Pomoću dobivene srednje vrijednosti te najvećeg odstupanja, rezultat smo uobličili zaokruživanjem:

$$d = \bar{d} \pm m_d = (20000 \pm 1000) \text{ kpc}$$

Srednju vrijednost udaljenosti pretvorili smo iz kiloparseka u kilometre te uvrstili u Hubbleov zakon kako bismo izračunali Hubbleovu konstantu uz pomoć već poznate brzine udaljavanja galaktika ($v = 1400 \text{ km/s}$).

$$\bar{d} = 20000 \text{ kpc} = 6,169 \cdot 10^{20} \text{ km}$$

Dobiveni H_0 iznosi:

$$2,269 \cdot 10^{-18} \text{ s}^{-1}.$$

Zaključak

Mjerenjem i izračunavanjem, iz dobivenih podataka, zaključile smo da je ova metoda dovoljno precizna čak uz prisutne slučajne i sistematske pogreške pošto se sav proces mjerenja i izračunavanja izvodio ručno. No prisutnost relativne pogreške od 5% ne samo da je ohrabrujuća, nego svjedoči o korisnosti ovakve metode mjerenja udaljenosti za slučajeve kada metoda paralakse počinje uvelike gubiti na preciznosti i mogućnosti izvedbe. Metoda mjerenja udaljenosti preko cefeida je jedan od glavnih alata prilikom mjerenja udaljenosti galaksija, pogotovo bližih galaksija, pošto je mogućnost izvedbe i točnost tada mnogo veća, kao što je u spomenutom slučaju.