

Krešimir Pavlovski

UDK: UDK 52-05Rakoš, D.  
Pregledni članak  
Rukopis prihvaćen za tisak: 14. 2. 2017.  
DOI: <http://doi.org/10.21857/y26kecv0n9>

## DRAGUTIN RAKOŠ: PREKO ZVIJEZDA DO GALAKSIJA

### Sažetak

Profesor astronomije Sveučilišta u Beču hrvatskog porijekla, Dragutin Rakoš, (Štefanje, 1. studenog 1925. – 31. listopada 2011., Beč) za dopisnog člana Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti izabran je 2000. godine. Bilo je to priznanje ne samo za njegov znanstveni doprinos astronomiji već i za njegov nesebičan i neumoran poticaj i doprinos razvoju astronomije i astrofizike u domovini. Na njegov je prijedlog pokrenuta studijska grupa iz astrofizike, u okviru studija fizike na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Bez njegova predanog zalaganja ne bi došlo do donacije i postavljanja austrijskog 1-m teleskopa na otoku Hvaru. Uvijek je sa zanimanjem i pažnjom pratio razvoj astronomije u domovini, nastojeći pripomoći i usmjeriti je u svjetske tokove.

**Ključne riječi:** astronomija; astrofizika; teleskop; Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu.

### 1. BIOGRAFIJA

Obitelj Rakoševih, zbog prirode očeva posla, često je mijenjala prebivalište. Tako je Dragutin u Križevcima stekao gimnazijsko obrazovanje i maturirao 1945. godine. Zarana iskazuje sklonost prirodnim znanostima, fizici i kemiji, te tehnicima. Knjiga iz astronomije, vrlo vjerojatno Kučerino *Naše nebo*, koju je otkrio na tavanu, odredit će njegov životni poziv astronoma<sup>1</sup>. Na tadašnjem Filozofskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu upisuje se na studij astronomije. Nakon položene tri godine studija matematike i fizike, posljednju godinu studija morao je odslušati u Beogradu. Zvanje diplomiranog astronoma stekao je diplomskim ispitom iz matematike, fizike i astronomije 1949. godine. Kratko je radio kao gimnazijski nastavnik u Krapini, ali ubrzo, zbog političkih uvjerenja, u tajnosti bježi u Austriju.

U Grazu ponovno upisuje studij astronomije, dobiva austrijsko državljanstvo, a 1. prosinca 1954. postavljen je za asistenta u Institutu za astronomiju Sveučilišta u Grazu. Doktorsku disertaciju *Entwicklung und Bau eines lichtelektrischen Sternphoto-*

<sup>1</sup> U Bjelovaru, samo tridesetak kilometara od Križevaca, kao gimnazijski nastavnik radi dr. Slavko Rozgaj (1895. – 1978.), koji je 1919. godine na Karlovu sveučilištu u Pragu stekao doktorat iz astronomije [2]. Nije mi poznato je li mladi Dragutin, kao križevački gimnazijalac, na neki način imao priliku upoznati bjelovarskoga gimnazijskog profesora i tako usmjeriti svoj životni poziv astronoma.

*meters* (*Razvoj i konstrukcija fotoelektričnog zvjezdanog fotometra*) obranio je sredinom 1956. godine, kada je na Sveučilištu u Grazu promoviran u doktora filozofije. Ubrzo slijedi njegov prvi dulji boravak u inozemstvu, na Astronomskom institutu Sveučilišta u Göttingenu, gdje nastavlja istraživački rad u tada novoj astronomskoj opazivačkoj disciplini – fotoelektričnoj fotometriji zvijezda.

U periodu 1960. – 1965. godine tijekom tri dulja boravka radi u Zvezdarnici *Lowell* (*Lowell Observatory*) u Arizoni, u SAD-u. Rezultati njegovih istraživanja vrlo su zapaženi. Na Sveučilištu u Grazu habilitirao je početkom 1967. i stekao pravo držanja predavanja za studente na bilo kojem austrijskom sveučilištu (*venia legendi*). Već sljedeće godine primio je poziv s Bečkog sveučilišta, pa tako krajem 1968. godine prelazi za docenta na Sveučilište u Beču. Ubrzo je unaprijeđen u izvanrednog profesora (1971.), da bi 1974. godine bio imenovan profesorom na Institutu za astronomiju Sveučilišta u Beču.

Na Institutu za astronomiju Sveučilišta u Beču, uz nastavu, razvija znatnu znanstvenu aktivnost. Okuplja nove, mlade suradnike s kojima otvara niz modernih astrofizičkih tematika. Svojom je izvanrednom znanstvenom aktivnošću transformirao bečki astronomski institut u moderno znanstveno središte. Tako će bečki astronomski institut ubrzo postati jedan od vodećih centara istraživanja magnetskih i pekulijarnih zvijezda u svijetu. Profesor Dragutin Rakoš započeo je u bečkom institutu još dva moderna astronomska istraživačka pravca – satelitsku astronomiju te istraživanje galaksija. Danas su to glavne teme astrofizičkih istraživanja u bečkom institutu, koji je, štoviše, nedavno i promijenio naziv u Institut za astrofiziku Sveučilišta u Beču.

Umirovljen je 1991. godine, ali time ne prestaje njegova znanstvena i nastavna djelatnost. Na njegov je prijedlog 1992. godine u studij fizike Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, uvedena studijska grupa astrofizike. Pune četiri godine redovito je dolazio u Zagreb svaki drugi tjedan održati nastavu. Krajem osamdesetih godina, uspjelo mu je nagovoriti dr. Erharda Buseka, tadašnjeg vicekancelara i ministra znanosti Republike Austrije, za donaciju austrijskog 1-metreskopa Republici Hrvatskoj. Teleskop je postavljen na otoku Hvaru 1998. godine. Bio je znanstveno produktivan sve dok ga je služilo zdravlje.

## 2. ZNANSTVENI DOPRINOSI

Period neposredno poslije Drugoga svjetskog rata u astronomiji je obilježen razvojem nove grane astronomskih mjerenja – fotoelektrične fotometrije. Vojne su potrebe znatno unaprijedile razvoj fotomultiplikatora, elektroničkog uređaja koji može pojačati signal više milijuna puta. U astronomiji, gdje su izvori zračenja izuzetno slabi to je od posebne važnosti. Međutim, fotomultiplikator je samo dio uređaja.

Važnu komponentu fotoelektričnog fotometra čini stabilno pojačalo. U svojoj doktorskoj disertaciji koju je pripremao na Sveučilištu u Grazu, Dragutin Rakoš uspješno je razvijao i gradio fotoelektrični fotometar. U to vrijeme tek nekoliko opservatorija u svijetu posjeduje takve, za to vrijeme, vrlo sofisticirane elektroničke uređaje. Njegovo izvanredno poznavanje elektronike omogućilo mu je praćenje najnovijeg razvoja u tom području (on je još kao maturant sklopio svoj prvi radioprijamnik). Tako je početkom 60-ih godina sagradio prvo moderno elektronsko pojačalo za fotoelektrična mjerenja (u to doba operacijska, odnosno računaska pojačala nisu još bila poznata). O kvaliteti njegova uređaja govori podatak da je 40 takvih pojačala sagradio za opservatorije u svijetu.

Zvjezdarnica *Lowell* u Arizoni nalazi se na nadmorskoj visini od 2.200 metara, te prozračnost i neonečišćenost atmosfere omogućuje vrlo precizna fotometrijska mjerenja. Tu će Dragutin Rakoš započeti sustavna mjerenja sjaja magnetskih zvijezda i svojim pionirskim istraživanjima znatno pridonijeti njihovu razumijevanju [3]. Silna magnetska polja otkrivena su spektroskopskim metodama samo dvije godine prije nego što će on otpočeti fotometrijska mjerenja. Rezultati njegovih istraživanja bili su zapaženi te su mu omogućili nastavak tijekom boravka na drugoj američkoj stipendiji.

U Zvjezdarnici *Lowell* razvija novi tip fotoelektričnog uređaja koji će mu omogućiti mjerenja sjaja nebeskih objekata koji su vrlo bliski jedan drugome. U standardnom fotometru sjaj nebeskog objekta mjeri se kroz maleni otvor, dijafragmu, koja projicirana na nebesku sferu obično ima promjer od 10 lučnih sekundi. Zbog nestabilnosti Zemljine atmosfere, tzv. *seeing*, slika je zvijezde u teleskopu razmrljana i u najboljim uvjetima nije manja od 1 lučne sekunde. U dvojnim sustavima zvijezda razmak među zvijezdama manji je od otvora dijafragme te je mjerenje sjaja komponenata nemoguće. U konstrukciji Dragutina Rakoša pukotina se mehaničkim sustavom pravilno i periodično pomiče kroz vidno polje teleskopa, drugim riječima skenira se vidno polje. Otuda i naziv uređaja *area scanner* [4]. Pukotina u Rakoševu skenirajućem fotometru ima širinu svega 0,6 lučnih sekundi, dok joj je duljina 6,5 lučnih sekundi. Dakle, površina je iznosila oko 4 kvadratne lučne sekunde. Kružna dijafragma standardnog fotometra s otvorom od 10 lučnih sekundi ima površinu od 80 kvadratnih lučnih sekundi. Već u prvim mjerenjima Rakoš je uspješno izmjerio sjaj dvojnih zvijezda, koje su međusobno bile razmaknute za samo 3,5 lučne sekunde.

Izvanredna svojstva svog fotometra Rakoš je upotrijebio opažajući ulazak Marsova satelita Fobosa u pomrčinu planeta. Iako je planet oko stotinu tisuća puta sjajnije od svojeg satelita, Rakoš je mogao pratiti postupni ulazak Fobosa u Marsovu sjenu. Sjena Marsa nije oštra jer planet posjeduje atmosferu. Iz mjerenja promjene sjaja Fobosa prilikom ulaska u Marsovu sjenu odredio je gustoću i tlak Marsove atmosfere [5]. Iz njegovih je analiza proizlazilo da tlak iznosi svega 25 mb, čak četiri puta manje nego što su tada tvrdili francuski planetolozi. Njegova su mjerenja

bila izuzetno važna za pripremu budućih letjelica na Mars koje je planirala američka svemirska agencija NASA. Moderna su mjerenja dala još manju vrijednost tlaka Marsove atmosfere, od svega 10 mb, što ne umanjuje njegov doprinos.

Dvojni sustavi zvijezda imaju veliku važnost u astrofizici. Masu zvijezda moguće je direktno odrediti jedino u gravitacijski vezanim sustavima kao što su dvojne zvijezde. S obzirom na to da je masa zvijezde veličina koja određuje njezinu strukturu i razvoj, uloga dvojnih zvijezda u razumijevanju zvjezdane evolucije neupitna je. Dvojne zvijezde nastale su iz istog međuzvjezdanog materijala, imaju istu kemijsku građu, a stupanj razvoja određen je njihovom masom. Zbog toga su idealna proba za teorijske modele zvjezdane strukture i razvoja. Rakošev skenirajući fotometar omogućavao je, osim mjerenja sjaja bliskih komponenata dvojnih zvijezda, i određivanje njihova kutnog razmaka i orijentaciju u projekciji na nebesku sferu. Prof. Rakoš iz tog će razloga pokrenuti opsežni opažački projekt mjerenja bliskih dvojnih sustava, u kojem će okupiti mnoge mlade suradnike, doktorande i postdoktorande. Opažanja su se tijekom više godina prikupljala na vrhunskim astronomskim opservatorijima u svijetu, kao što su *Mauna Kea Observatory* na Havajima i *European Southern Observatory* u pustinji Atakama u Čileu. Rezultati su objavljeni u opsežnom radu [6].

Nekako usporedno s konstrukcijom skenirajućeg fotometra, Rakoša zanima i vrlo zahtjevno mjerenje okultacija zvijezda Mjesecom. Kada tamna strana Mjeseca dotakne i pokrije zvijezdu uzduž Mjesečeve putanje po nebeskom svodu, dolazi do ogiba (difrakcije) svjetlosti. Fresnelova krivulja po kojoj se mijenja tok zračenja zvijezda u trenutku okultacije Mjesecom ovisi o kutnom promjeru zvijezde. Pojava traje svega nekoliko tisućinki sekunde, što je uvjetovano brzinom gibanja Mjeseca na nebeskom svodu. Osim promjera zvijezda, ili prisutnosti pratioca, takva mjerenja omogućuju vrlo precizno određivanje Mjesečeve putanje, daleko pouzdanije nego što je to bilo moguće do tada. Više varijanti uređaja za brzu fotometriju realizirao je uz financijsku pomoć Ured za pomorska istraživanja (*Office of Naval Research*) iz Washingtona. U kontekstu tih istraživanja vrlo je zanimljiv prijedlog izgradnje teleskopa na Mjesecu [7]<sup>2</sup>.

Sredinom osamdesetih godina prof. Rakoš ostavlja istraživanje zvijezda i težište svojeg znanstvenog zanimanja i rada pomiče u područje istraživanja galaksija. Galaksije su veliki ansambli zvijezda, spiralne galaksije poput našeg Mliječnog puta, ili Andromedine, sadrže i više od 200 milijardi zvijezda. Samo tek vrlo mali broj najbližih galaksija možemo današnjim divovskim teleskopima razlučiti u zvijezde. Zbog toga se istraživanje svojstava i razvoja galaksije prvenstveno

---

<sup>2</sup> Kineska nacionalna svemirska agencija realizirala je prvi teleskop na Mjesecu 2013. godine u okviru Change, robotiziranog modula koji se je spustio na Mjesečevo tlo. LUT (Lunar Ultraviolet Telescope) uspješno se koristi za fotometrijska opažanja zvijezda i galaksija u ultraljubičastom dijelu spektra koje je nedostupno za opažanja sa Zemljine površine.

radi proučavanjem integralnih svojstava cijele, ili samo dijela, galaksije. Sintezom cijele populacije zvijezda mogu se izračunati teorijski modeli i pratiti njihov razvoj. Svoje bogato iskustvo u istraživanju razvoja zvijezda, s jedne strane, te ekspertizu u fotometriji zvijezda, s druge, prof. Rakoš objedinio je u novom smjeru svojih istraživanja. Sredinom šezdesetih godina danski astrofizičar Bent Strömgren definirao je srednjopojasni fotometrijski sustav *uvby*, koji je bio optimiziran za određivanje temeljnih svojstava zvijezda. Razvoj galaksija, od njihova nastanka do danas, ponajviše se očituje u promjenama njihovih boja kao posljedici evolucije zvijezda. Zbog konačne brzine svjetlosti, jako udaljene galaksije vidimo u stanju u kojem su bile prije više milijardi godina. Međutim, promjeni njihove boje, uz intrinzične promjene uslijed razvoja zvijezda, također pridonosi i širenje svemira. To iskazuje Hubbleov zakon: što je galaksija udaljenija, to je i crveni pomak  $z$  veći. Tako za galaksije s crvenim pomakom  $z = 1$  faktor promjene valnih duljina iznosi 2. Za isti iznos promijenila se i skala veličine – Svemir je bio upola manji u toj epohi nego što je danas. Prof. Rakoš u mjerenju boja galaksija iskoristio je trik – propusnost Strömgrenovih fotometrijskih pojaseva pomaknuo je za crveni pomak. U modificiranom Rakoševu sustavu *uz,vz,bz,yz* fotometrijska se mjerenja provode u sustavu mirovanja galaksija [8], kao da su u lokalnom prostoru poput Andromedine galaksije. Njegov sustav ima mnoge prednosti pred drugim postupcima. Jedini mu je nedostatak cijena interferencijskih filtara koji moraju biti izrađeni sukladno crvenom pomaku. Kako se galaksije najčešće nalaze u skupovima (jatima) galaksija, to i nije neki veliki tehnički problem. Sa svojim suradnicima istraživao je više jata galaksija, sve do crvenog pomaka  $z = 1$ , što već predstavlja velike kozmološke udaljenosti [9]. Bio je predani opažач i rado je odlazio na teleskop. Njegovi omiljeni opservatoriji bili su *Kitt Peak National Observatory*, *Cerro Tololo Interamerican Observatory*, *Steward Observatory*, *Mauna Kea Observatory*, *Palomar Observatory* i *Lowell Observatory* – sve najkvalitetnija mjesta za astronomska istraživanja sa Zemljine površine.

Rakošev modificirani fotometrijski sustav pokazao se optimalan za razbijanje tzv. degeneracije starosti i metaličnosti galaksija [10]. Metaličnost galaksija raste sa starošću zbog novih generacija zvijezda. U termonuklearnim procesima u središtima zvijezda stvaraju se sve složeniji kemijski elementi, tako da svaka nova generacija sadrži sve veći udio metala (u astrofizici se svi elementi teži od helija kolokvijalno nazivaju metali). Međutim, neki procesi, poput stapanja galaksija i nagle produkcije novih generacija zvijezda (tzv. *starburst* galaksije), ruše direktnu vezu starosti i porasta metaličnosti galaksija. Prof. Rakoš razvio je postupke koji su mu omogućili lomljenje te degenerirane veze upotrebom naprednih statističkih metoda. Njegovu smo metodu upotrijebili u istraživanju 99.000 galaksija opaženih u sklopu projekta *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS), najvećeg digitalnog pregleda

neba. U radu [11] računalno smo simulirali Rakošev modificirani fotometrijski sustav te statističkim postupkom koji je prof. Rakoš razvio pokazali učinkovitost njegovih metoda i postupaka.

Bio je predan znanstvenom radu, kako je sam znao reći „sve dok će ga zdravlje služiti“. Njegova posljednja publikacija objavljena je posthumno [12].

## Izvori

- [1] Pavlovski, K., 2014, Dragutin Rakoš - astronom i domoljub, u zborniku „Ugledni hrvatski znanstvenici u svijetu“, ured. J. Herak, Hrvatsko-američko društvo, Zagreb, str. 41.
- [2] Ivanišević, G., i Hanžek, B., 2009, Slavko Rozgaj, učitelj astronomije i fizike, Prirodoslovlje, 8, 47.
- [3] Rakos, K. D., 1962, Photoelectric investigation of magnetic and spectrum variable stars, Lowell Observatory Bulletin, 5, 227.
- [4] Rakos, K., 1965, Applied Optics, 4, 1453.
- [5] Rakos, K. D., 1965, The atmospheric pressure at the surface of Mars, Lowell Observatory Bulletin, 6, 221.
- [6] Rakos, K. D., Albrecht, R., Jenkner, H., Kreidl, T., Michalke, R., Oberlerchner, D., Santos, E., Schermann, A., Schnell, A., and Weiss, W., 1982, Photometric and astrometric observations of close visual binaries, Astronomy & Astrophysics Supplement Series, 47, 221.
- [7] Rakos, K. D., 1971, Photoelectric observations of the occultations of binaries by the Moon, Astrophysics & Space Science, 11, 171.
- [8] Rakos, K. D., Fiala, N., and Schombert, J. M., 1988, Narrow-band photometry and the evolution of galaxies. II. The results for the fields A115 and A227, Astrophysical Journal, 328, 463.
- [9] Rakos, K., Schombert, J., Maitzen, H. M., Prugovecki, S., Odell, A., 2001, Ages and metallicities of Fornax dwarf elliptical galaxies, Astronomical Journal, 121, 1974.
- [10] Rakos, K., and Schombert, J. M., 1995, Color evolution from  $z=0$  to  $z=1$ , Astrophysical Journal, 439, 47
- [11] Smolčić, V., Ivezić, Ž., Gačša, M., Rakoš, K., Pavlovski, K., Ilijić, S., Obrić, M., Lupton, R. H., Schlegel, D., Kauffmann, G., Tremonti, C., Brinchmann, J., Charlot, S., Heckman, T. M., Knapp, G. R., Gunn, J. E., Brinkmann, J., Csabai, I., Fukugita, M., and Loveday, J., 2006, The rest-frame optical colours of 99 000 Sloan Digital Sky Survey galaxies, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 371, 121.
- [12] Sreedhar, Y. H., Odell, A. P., Rakos, K. D., Hensler, G., and Zeilinger, W. W., 2012, Ages and metallicities of cluster galaxies in A779 using modified Stromgren photometry, Astrophysical Journal, 747, 68.

## **Dragutin Rakoš: Over Stars to Galaxies**

### **Summary**

Dragutin Rakoš (Štefanje, 1<sup>st</sup> November 1925 – Vienna, 31<sup>st</sup> October 2011), professor of astronomy of Croatian origin at the University in Vienna, was appointed corresponding member of the Croatian Academy of Sciences and Arts in 2000. This appointment was the acknowledgement not only of his scientific contribution to astronomy, but also of his selfless and tireless impetus for and contribution to the development of astronomy and astrophysics in his homeland. It was at his proposal that a study group in astrophysics was launched within the study programme of physics at the Faculty of Science of the University of Zagreb. Without his intervention and efforts, Austrian one-meter telescope would not have been donated and installed on the island of Hvar. He followed the development of astronomy in his homeland with interest and care, trying his best to assist in directing it towards the world trends.

**Keywords:** astronomy; astrophysics; telescope; Faculty of Science in Zagreb.

Prof. dr. sc. Krešimir Pavlovski  
Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu – Fizički odsjek  
Bijenička cesta 32, HR – 10000 Zagreb  
pavlovski@phy.hr