

Zaljubljen u zvijezde



M51 (lijevo) spiralna je galaksija u zviježđu Lovački psi, udaljena oko 37 milijuna svjetlosnih godina. Svojom gravitacijskom silom jako utječe na susjednu galaksiju NGC 5195 (desno).



Skup galaksija u zviježđu Perzej, udaljen oko 300 milijuna svjetlosnih godina. Svaki veliki žuti objekt jedna je galaksija u tome skupu, a mali točkasti objekti većinom su zvijezde u našoj Mliječnoj stazi.

Spiralna galaksija M101 u zviježđu Veliki medvjed, udaljena oko 24 milijuna svjetlosnih godina. Ta je galaksija pretamna da bi bila vidljiva golim okom.

Intervju sa Željkom Ivezicem, astrofizičarom

INTERVJU: Vanja Ratković

Željko Ivezic završio je dodiplomske studije strojarstva (1990.) i fizike (1991.) na zagrebačkom Sveučilištu. Doktorirao je fiziku 1995. godine na Sveučilištu Kentucky u SAD-u. Nakon toga radio je na Sveučilištu Princeton do 2004. godine, a danas je profesor astronomije na Odjelu za astronomiju Sveučilišta Washington. Glavno područje njegova rada i interesa obuhvaća analizu velikih digitalnih pregleda neba. Profesor Ivezic bavio se asteroidima, strukturu Mliječne staze te fizikom zvijezda, kvazara i galaksija. Jedan je od znanstvenika koji su od početka bili uključeni u najveći astrofizičarski projekt na svijetu, Sloanov digitalni pregled neba.

Što je Sloanov digitalni pregled neba?

Sloanov digitalni pregled neba (*Sloan Digital Sky Survey*, SDSS, www.sdss.org) jedan je od najambicioznijih astronomskih projekata. Cilj mu je napraviti mapu neba na kojoj će se zabilježiti više od 100 milijuna objekata. Većina je tih objekata oko milijun puta manje sjajna nego najtamnije zvijezde vidljive golim okom. Uz takvu mapu, SDSS će također izmjeriti udaljenost za milijun galaksija i 100.000 kvazara.

Tijekom prvog dijela projekta, od 1998. do 2005., SDSS je promatrao oko četvrtinu neba i skupio oko 20 terabajta astronomskih podataka (što je količina podataka koja stane na otprilike 20.000 CD-ova ili 4000 DVD-ova). Zvijezde nisu ravnomjerno raspoređene po svemiru nego se nalaze u velikim nakupinama zvanim galaksijama. Tipična galaksija ima oko sto milijardi zvijezda, i vjeruje se da u svemiru postoji oko sto milijardi galaksija. Naša galaksija zove se Mliječna staza (drevni je

hrvatski naziv Kumova slama) i njoj pripadaju sve zvijezde koje se vide golim okom. Druge galaksije i kvazari nazivaju se izvangelastički izvori jer ne pripadaju našoj galaksiji, a nalaze se milijune puta dalje od obližnjih zvijezda.

Glavni su znanstveni zadaci Sloanova digitalnog pregleda neba izvangelastički: mapiranje prostorne raspodjele galaksija te pronalaženje i mjerenje osobina kvazara. Zbog određivanja udaljenosti tih izvangelastičkih objekata, potrebno je obavljati spektroskopska promatranja. Međutim, prijašnji katalozi galaksija i kvazara nisu imali dovoljno točne položaje objekata za takva promatranja jer je SDSS koristio novu tehnologiju pa je bilo potrebno prvo napraviti detaljnu digitalnu mapu promatranog područja.

Zbog tih razloga, SDSS se sastoji od dva glavna dijela: snimanja neba u pet frekventnih pojasa pomoću 120-megapikselsne kamere te spektroskopskih promatranja za posebno odabrane podskupe objekata pomoću spektrografa koji može odjednom snimiti spekture za 640 objekata.

Na koji će način taj projekt proširiti naše znanje o svemiru?

SDSS je uglavnom bio optimiziran za izvangelastičku astronomiju, no zbog visoke kvalitete i raznovrsnosti promatranja također je značajno utjecao na studije Mliječne staze i Sunčeva sustava. Teško je ukratko opisati sve SDSS-ove rezultate jer je dosad izašlo više od 1000 članaka zasnovanih na SDSS-ovim podacima. Zbog tako velikog broja značajnih rezultata, katkad se SDSS naziva znanstvenom tvornicom (eng. *science factory*).

Među najuzbudljivijim su rezultatima svakako otkrića najdaljih poznatih kvazara (čije je svjetlo bilo poslano kada je starost svemira bila samo 5% sadašnje starosti), dokazi kako Mliječna staza još uvijek kanibalizira susjedne manje galaksije te otkrića vrlo hladnih objekata koji se po svojim karakteristikama nalaze između zvijezda i planeta.

Kada promatramo Sunce, zvijezde, kvazare, mi zapravo gledamo u prošlost?

Premda se u svakodnevnom životu prividno čini kako svjetlost trenutno putuje, brzina svjetlosti nije beskrajna. Svjetlost se širi brzinom od 300.000 km u sekundi, i zbog tako velike brzine imamo dojam trenutnog širenja.

Kada svjetlost prevljuje goleme udaljenosti između astronomskih objekata, konačna brzina svjetlosti znači da je potrebno neko vrijeme da se te udaljenosti prijeđu. Na primjer, svjetlosti sa Sunca potrebno je osam minuta da stigne do Zemlje.

Tamna energija

(eng. *dark energy*)

Već je dugo poznato da se svemir širi. Zbog djelovanja gravitacijske sile, vjerovalo se kako se širenje svemira mora usporavati. Potkraj prošlog stoljeća, međutim, mjerenja su pokazala kako se širenje svemira ubrzava! Premda još uvijek nema općeprihvaćenog fizikalnog objašnjenja za to ubrzanje, formalno se može opisati uvođenjem hipotetične tamne energije, koja uzrokuje dodatno ubrzanje.

Tamna tvar

(eng. *dark matter*)

bila je postulirana još u prvoj polovici prošlog stoljeća sa željom da se objasne kretanja galaksija i zvijezda koja su bila prebrza s obzirom na količinu vidljive materije. Još se uvijek ne zna što je točno ta nova vrsta tvari, koja ne proizvodi svjetlo, ali uzrokuje gravitacijsku silu. Poznato je samo da najveći dio tamne tvari ne može biti sačuvan od trenutačno poznatih čestica (poput elektrona i protona) nego od još neotkrivenih egzotičnih čestica.



Kvazari

su iznimno sjajni objekti, i do nekoliko stotina puta sjajniji od tipične galaksije. Izvor sjaja vruća je materija koja pada na crnu rupu u središtu takvog objekta i pri tome se zagrijava. Ime im dolazi od engleske riječi „quasistellar“ (hrv. zvijezdi sličan), jer se prvi otkriveni kvazari nisu mnogo razlikovali od zvijezda. Naknadna su detaljnija mjerena pokazala da su kvazari jako daleki objekti. Zbog toga što su jako sjajni, kvazari se mogu vidjeti s velikih udaljenosti i zbog toga su jako važni za istraživanje dalekog svemira.



Asteroidi „ubojice“ su asteroidi promjera većeg od jednog kilometra, nazvani „ubojice“ (eng. killer asteroids), u sudaru sa Zemljom mogu uništiti modernu civilizaciju. Takvi se sudari događaju u prosjeku svakih 500.000 godina. Danas nekoliko astronomskih projekata ima za zadaću pronaći takve potencijalno opasne objekte.



Kada gledamo u podnevno Sunce, mi gledamo u fotone, čestice svjetlosti, koji su krenuli sa Sunca u 11:52 sata. Svjetlost s obližnjih zvijezda krenula je prije nekoliko godina, a iz obližnjih galaksija prije nekoliko milijuna godina. Svjetlost s najdaljih poznatih kvazara krenula je prije više od deset milijardi godina. Promatranjem dalekih objekata, astronomi pokušavaju dozнати stanje svemira neposredno nakon Velikog praska, koji se dogodio prije oko 14 milijardi godina.

Koliko ste dugo bili uključeni u projekt? Što je bio Vaš zadatak u sklopu projekta?

U SDSS sam se uključio 1997. godine kao postdoktorand. Prvih sam nekoliko godina radio na razvoju softvera za analizu slika kojim se pronalaze objekti i mjere njihove osobine, npr. sjaj, položaj, boja i veličina. Nakon što su 1998. godine počela redovita snimanja i obrada podataka, vodio sam kontrolu kvalitete mjerena te nekoliko znanstvenih projekata. Nedavno sam prekinuo aktivni rad na SDSS-u jer sam postao znanstveni voditelj sličnog projekta iduće generacije. Taj će projekt, nazvan Veliki teleskop za sinoptički pregled neba (Large Synoptic Survey Telescope, LSST, www.lsst.org), biti veliki korak naprijed jer će moći snimiti cijelo nebo za nekoliko dana, umjesto za pet godina, koliko je trebalo SDSS-u.

Nakon deset godina takvog uzastopnog snimanja, LSST će prikupiti oko 60.000.000 GB astronomskih podataka ili oko 3000 puta više od SDSS-a! LSST neće biti bitan samo za astrofiziku nego i za fundamentalnu fiziku zbog očekivanih rezultata u području tamne tvari i tamne energije. LSST će također znatno pridonijeti pronađenju takozvanih asteroida „ubojica“, koji predstavljaju potencijalnu, ali i realnu opasnost za sav život na Zemlji.

Zašto ste se odlučili baš baviti fizikom, odnosno astrofizikom?

Od malena su me privlačile tehnika i popularna znanost. Astrofizika je „pobjedila“ zbog nekoliko sretnih okolnosti. U osnovnoj školi imali smo izvrsnu astronomsku grupu i već tada sam se počeo zaljubljivati u zvijezde. Voditeljica grupe, prof. Ana Kovačićek, upoznala nas je s radom zagrebačke Zvjezdarnice, gdje sam počeo polaziti tečajeve i družiti se s astronomima. Uz iskustva iz Zvjezdarnice, ključnu je ulogu odigrao pokret „Znanost mladima“, koji je bio program popularizacije znanosti svjetske kvalitete.

Praktičnim radom s mentorima i godišnjim susretima na kojima smo izlagali rezultate tih radova izgradilo sam poštovanje i ljubav prema znanosti op-

ćenito, a posebno prema astrofizici. U jednoj rečenici, moj odabir astrofizičke karijere bio je neposredan rezultat nesobičnog, plemenitog rada mnogih astronomskih entuzijasta i profesionalnih astrofizicara.

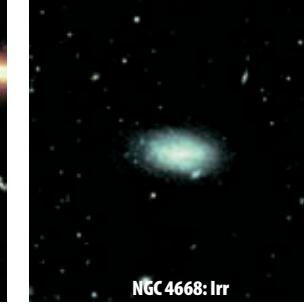
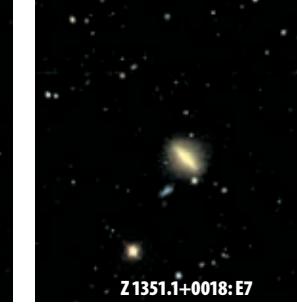
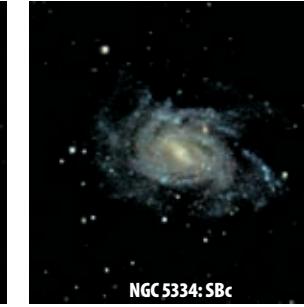
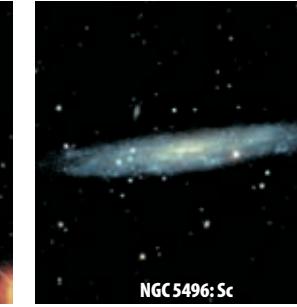
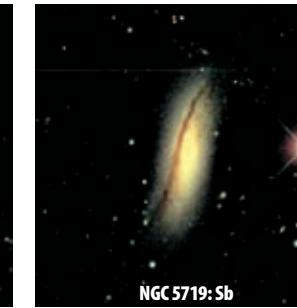
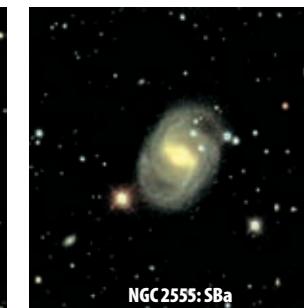
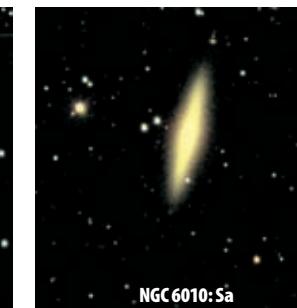
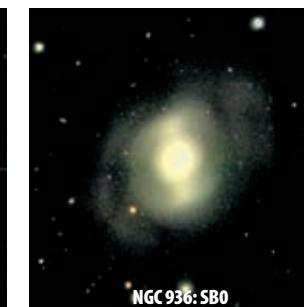
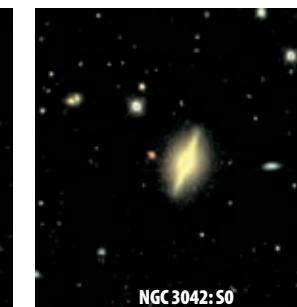
Jedan ste od pokretača postdiplomskog studija astrofizike na Fakultetu prirodoslovno-matematičkih znanosti i odgojnih područja u Splitu (<http://fizika.pmfst.hr/astro/index.html>). Koliko u Hrvatskoj imamo mogućnosti za kvalitetno bavljenje astrofizikom?

U Hrvatskoj je svakako moguće baviti se vrhunskom astrofizikom, što se može jednostavno provjeriti pretraživanjem članaka, npr. Bojana Vršanaka s Opservatorija Hvar ili Krešimira Pavlovskega s Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu. Istina je da hrvatski astronomi nemaju neposredni pristup najvećim svjetskim teleskopima, osim ako blisko ne surađuju s inozemnim kolegama. No, uz bavljenje teorijskim radom, danas je relativno lako moguće doći do astronomskih mjerena putem velike javne baze podataka. Npr. SDSS je već objavio oko 20 TB podataka, s raznim mjerenjima za više od 100 milijuna objekata, koja omogućuju vrhunske rezultate u praktički svakom području astrofizike, od asteroida i zvijezda do galaksija i kvazara. Pristup takvima bazama podataka besplatan je pa su jedina praktična ograničenja mašta i znanje znanstvenika. Moji kolege okupljeni oko Foruma hrvatskih astronomova i ja žarko se nadamo kako će pokretanje novog studija u Splitu pridonijeti daljnjem razvoju hrvatske astrofizike. Pametno je pitati treba li relativno mala zemlja kao što je Hrvatska ulagati u područja koja ne jamče direktni ekonomski boljšak. Postoje barem dva jednostavna i potvrđena odgovora.

Na razini države, baš kao i u osobnom životu, materijalni uspjeh nije dovoljan za potpuno zadovoljstvo. Kultura i znanost također su bitni, čak i kada ne donose novac. Primjerice, odlazak u kino nepovratna je šteta za kućni budžet, ali ljudi ipak gledaju filmove. Ne treba zaboraviti kako je znatiželja odlika većine ljudi, bez obzira na obrazovanje ili materijalno stanje. Uz taj općeniti razlog za ulaganje u znanost, mudro je usporediti se s drugima u području astrofizike. Nakon normalizacije broja stanovnika, Hrvatska bi trebala imati oko 40-50 profesionalnih astrofizicara da bi se mogla uspostaviti sa zapadnom Europom.

Danas u Hrvatskoj imamo oko tri puta manje astrofizičara. Čak i nakon dodatne normalizacije prihoda po glavi stanovnika, mogli bismo – i trebali bismo – imati ih više. □

HUBBLEOVA KLASIFIKACIJA GALAKSIJA



Edwin Hubble, veliki američki astronom, početkom je prošlog stoljeća klasificirao galaksije prema njihovoj morfološkoj. Dvije su glavne vrste galaksija: spiralne i eliptične. Poslije se pokazalo da je ta klasifikacija povezana s bojama galaksija, kako se zorno vidi iz SDSS-ovih slika gore. Ispod slika stoje nazivi galaksija iz raznih kataloga.

Galaktički kanibalizam

Donedavno se vjerovalo kako su sve galaksije nastale u kratkom vremenu neposredno nakon stvaranja svemira. Veliki početni oblak materije saže se zbog djelovanja gravitacijske sile te su fragmentacijom oblaka nastale milijarde zvijezda koje danas tvore jednu galaksiju. Danas se vjeruje da su tako nastale samo manje galaksije, koje su se poslije stapale u veće i tako postupno stvarale galaksije poput naše Mliječne staze. Ustvari, danas znamo za nekoliko manjih galaksija koje je privukla Mliječna staza i koje se deformiraju i stupaju s našom galaksijom. Taj se proces katkad naziva galaktički kanibalizam.

