

PETNICA SCIENCE CENTER

Department of Astronomy

Overview of educational cycles, activities,
and student research.



XXI Serbian Astronomical Conference
Belgrade, 5-8 Oct 2026

Katarina Baucalo, kataarina981@gmail.com
Vesna Milošević, Teodora Srećković, Damijan Milić

Petnica Science Center



- Established in 1982, **independent nonprofit organization** dedicated to advancing extracurricular science education for highly **motivated** youth across Southeastern Europe.
- **Campus Location:** Situated in a dedicated campus environment near Valjevo (approximately 100km from Belgrade)





Laboratory building

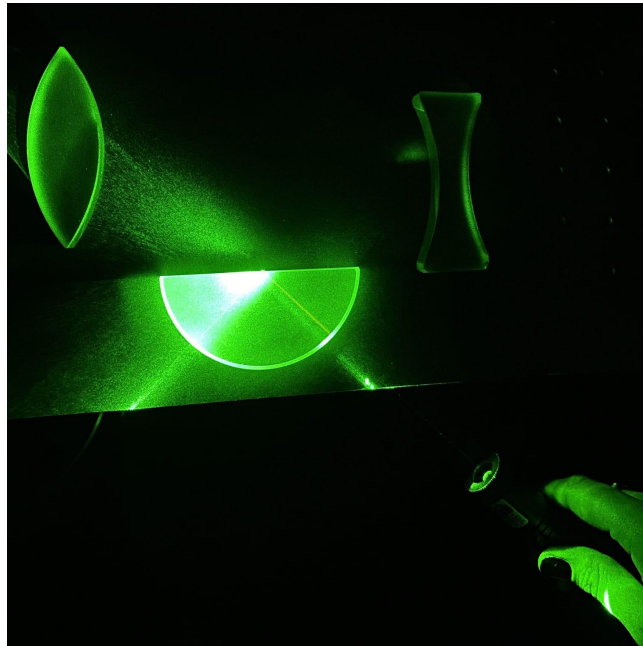
Hotel

Library

Lecture building

Canteen





Petnica Science Center



- Established in 1982, **independent nonprofit organization** dedicated to advancing extracurricular science education for highly **motivated** youth across Southeastern Europe.
- **Campus Location:** Situated in a dedicated campus environment near Valjevo (approximately 100km from Belgrade)
- Programs for:
 - **High school students** (core focus / vast majority of activities)
 - **University students** ([Web3](#), [Computational finance](#), [Petnica Summer Institute](#))
 - **Primary school students**
 - **International seminars for primary and high school students** ([Summer Science School](#), [Petnica International](#))

The Core Philosophy

Peer-to-peer education model.



Core Pedagogical Principles:

- ***Learning through Research***: Moving beyond traditional classroom learning, students are encouraged to design and execute their own hands-on scientific projects.
- ***Peer-to-Peer Education***: A unique, collaborative model where former participants and older students actively mentor and teach younger generations.



Programs for high school students

Petnica Science Center programs are organized into four distinct disciplinary groups.



A **Social Sciences & Humanities**
Linguistics, Psychology, History and Archeology.

B **Natural Sciences**
Biology, Biomedicine, Chemistry, Geography and Geology.

C **Mathematical & Technical**
Astronomy, Physics, Electronics, Mathematics and Computer science.

D **Design**
Visual arts, applied design, and creative problem solving.

Petnica Science Center

The Application Process



- **Annual Admission Cycle:** Conducted once a year, receiving approximately **1,300 applications** from high schoolers.
- **Comprehensive Approach:** Students apply to the Petnica Science Center as a whole, rather than enrolling in a specific department.
- **Interest-Based Selection:** The application process focuses on students detailing their broader scientific passions and personal fields of interest.
- **Astronomy Demand:** Each year, around **100 applicants** explicitly express a strong, primary interest in astronomy.

Seminar of Astronomy

Overview



1

First Year

- ✓ Research principles and methodology.
- ✓ Measurement data processing and results analysis



2

Second Year

- ↗ 1-on-1 mentorship.
- ↗ Independent work on a chosen research topic.

Seminar of Astronomy

First year



 ~ 35 students per year

 3 seminars per year (~20 days)



Winter School

- ✓ Introductory lectures
- ✓ Calculus and mechanics
- ✓ Astronomy and astrophysics
- ✓ Optics and basic programming



Summer School

- ✓ Observation techniques
- ✓ Data analysis & error calculation
- ✓ Advanced programming
- ✓ Simulation workshops



Autumn School

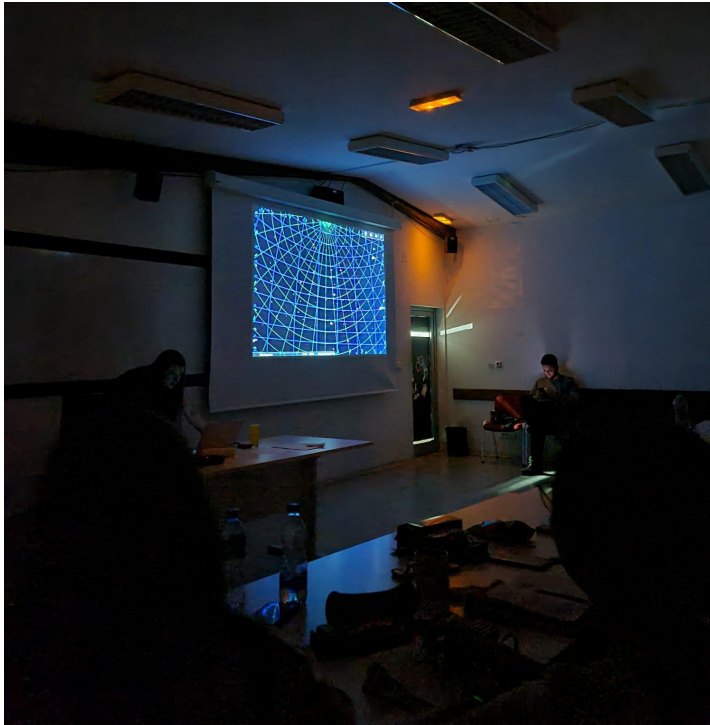
- ✓ 4-day practical astronomy project
- ✓ Project completion and presentation
- ✓ Writing a research proposal
- ✓ Preparation for second-year research

Seminar of Astronomy

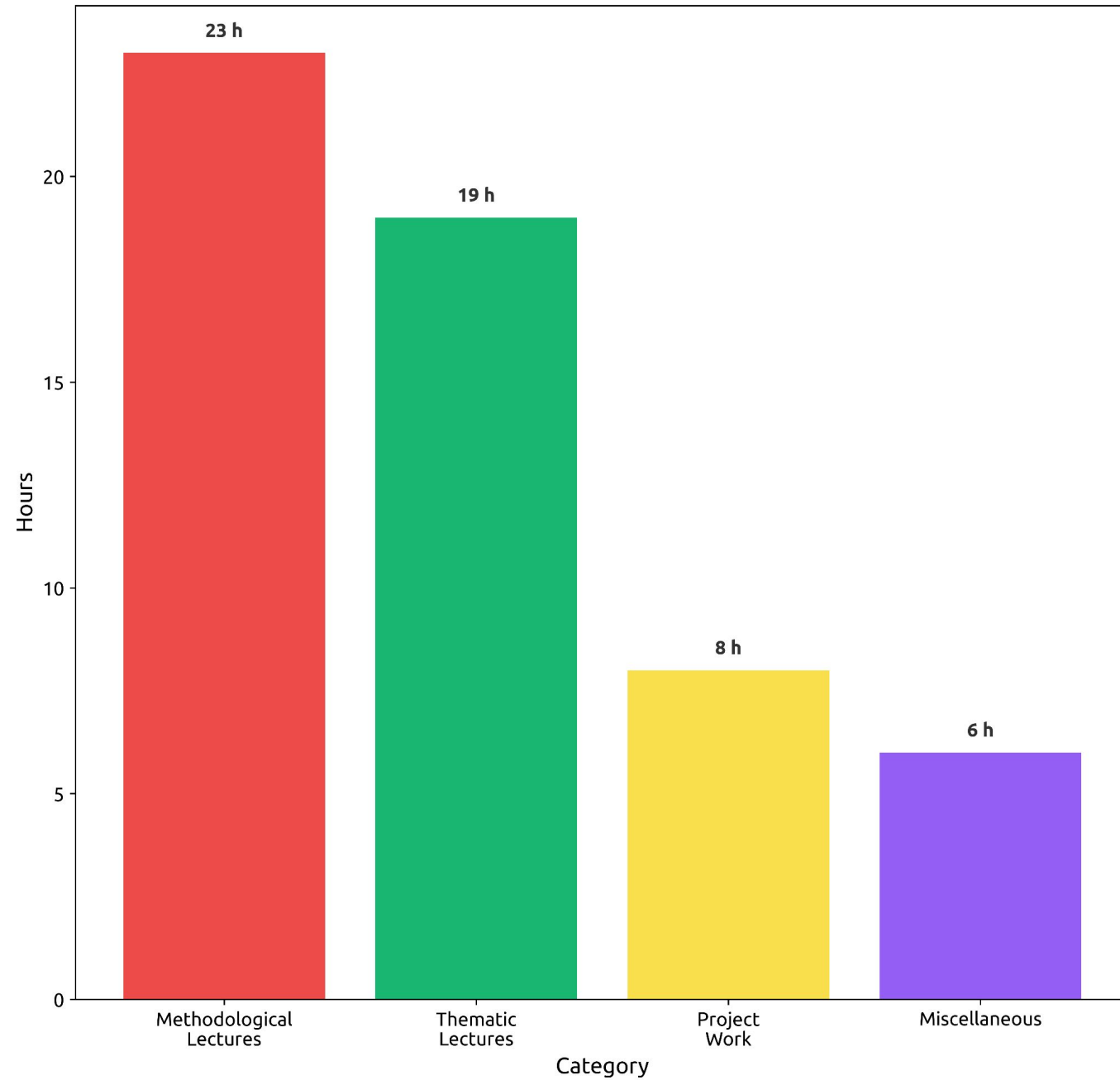
First year: Winter school



- **Introduction lectures** in calculus, mechanics, astronomy, astrophysics, optics...



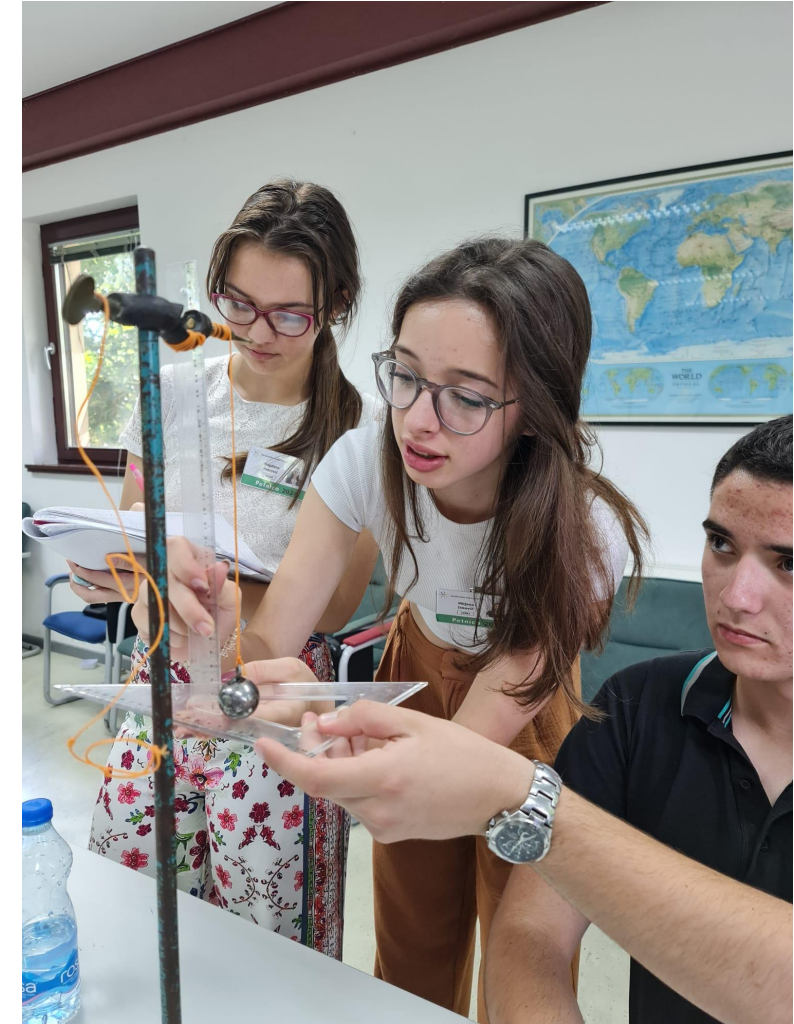
Activity Duration by Category



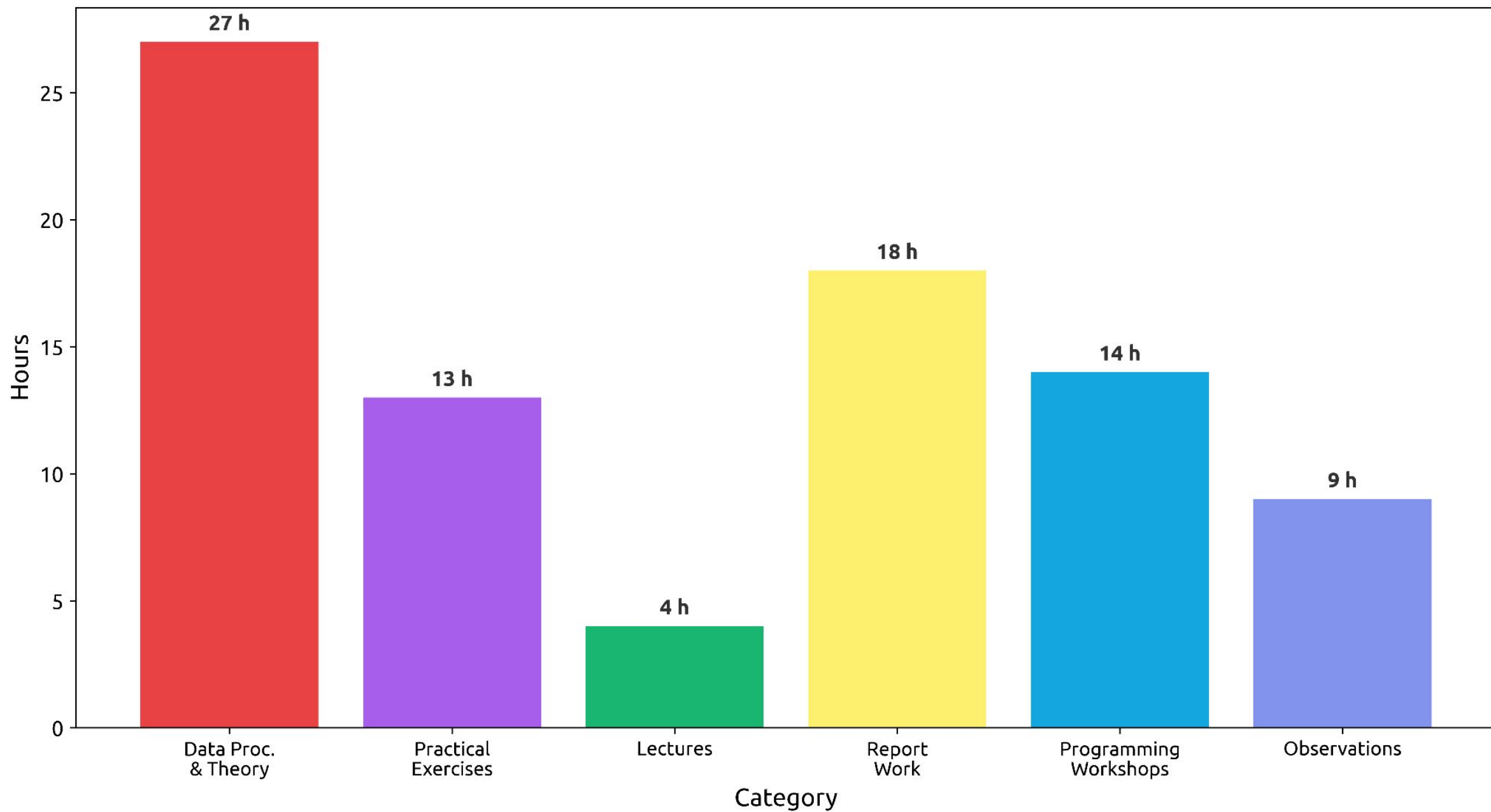
Seminar of Astronomy

First year: Summer school

- Statistics, measurement, data analysis, error calculation, observation, techniques, more advance programming, RK4, and simulation workshops
- **Practical exercises**



Activity Duration by Category

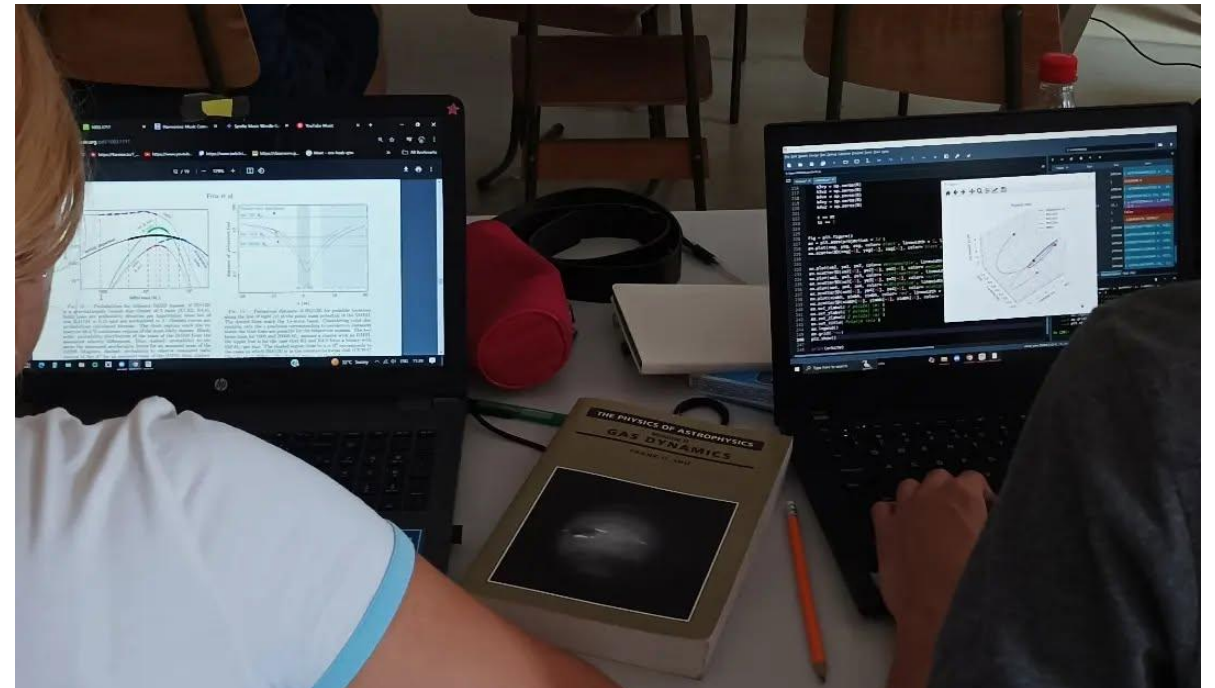
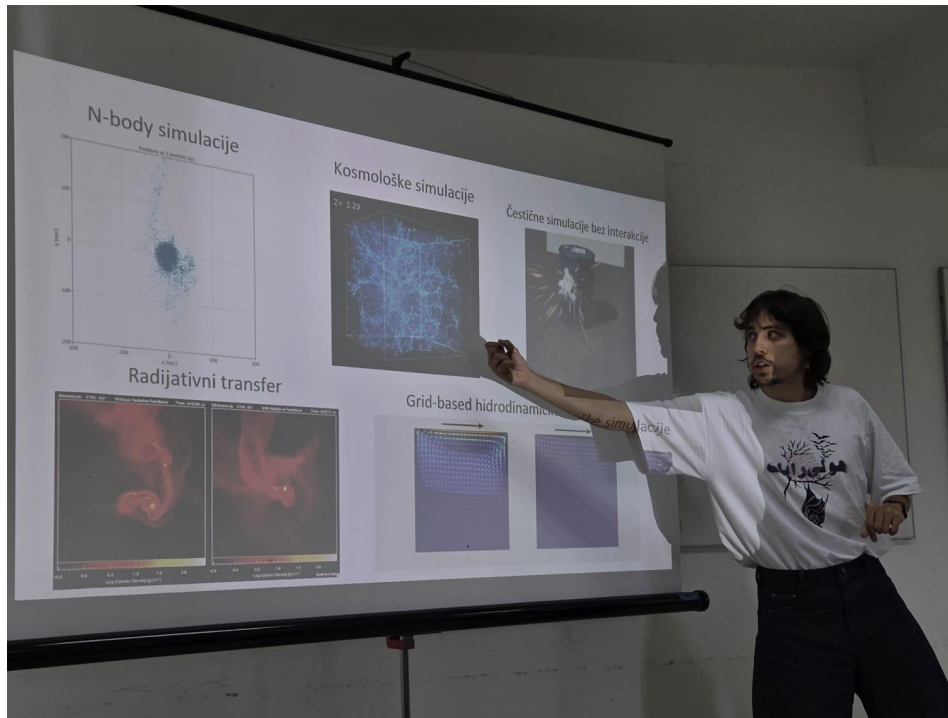


Seminar of Astronomy

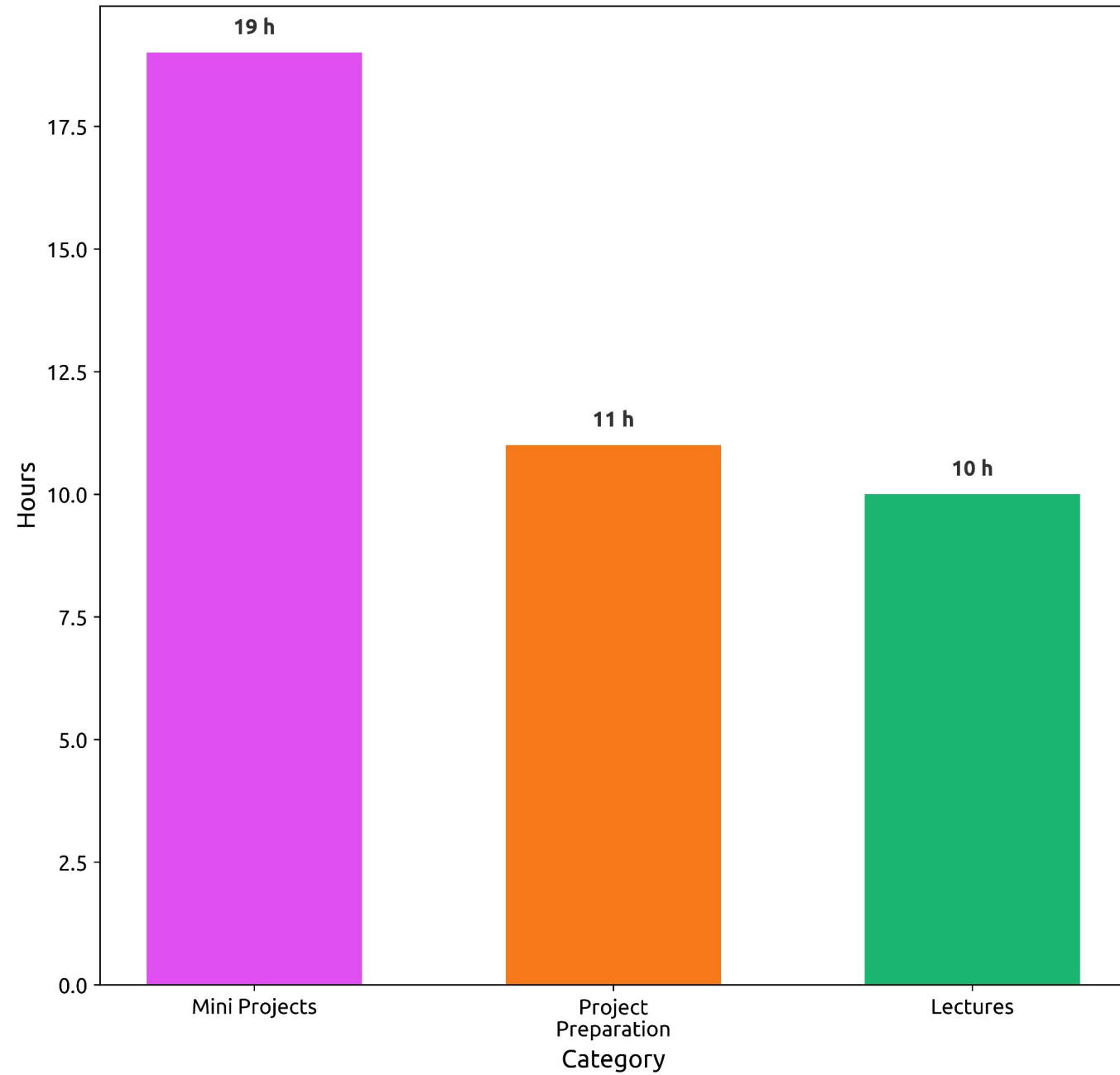
First year: Autumn school



- completion of a 4-day astronomy project and writing of a research proposal for the next year's project



Activity Duration by Category



Seminar of Astronomy

Second year



👥 ~ 20 students per year

📅 4 seminars per year (~30 days)



7 DAYS

Winter School

- ✓ Definition of the project topic
- ✓ Initial mentor consultations



3 DAYS

Spring School

- ✓ Data mining and collection
- ✓ Literature review and processing



14 DAYS

Summer School

- ✓ Intensive core research phase
- ✓ Observations & simulations
- ✓ Programming and calculus



5 DAYS

Autumn School

- ✓ Poster session preparation
- ✓ Presentation skills workshop



3 DAYS

Conference

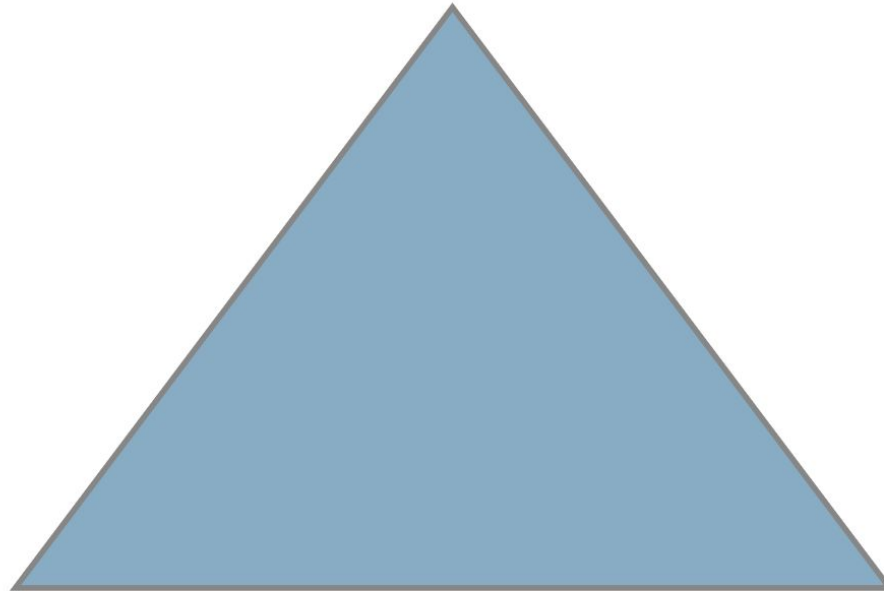
- ✓ Final presentation of finished research
- ✓ Peer and mentor review

Seminar of Astronomy

Second year



Student



Junior Associate

Senior Associate

Seminar of Astronomy

Senior Associates



universität
wien



Modelovanje površinskog sjaja galaksije NGC 941

Autor : Nikola Bećagović (2006), IV razred, Zubotehnička škola Beograd
Mentori/ke : Katarina Baucalo, Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu
Daminjan Milić, Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu
Jasmina Horvat, Matematičkom fakultetu Univerziteta u Beogradu
dr Ana Lalić, Astronomska opservatorija u Beogradu



Uvod i cilj

Površinski sjaj galaksije predstavlja diferencijalnu meru sjaja i zavisi od morfološkog tipa te galaksije. Površinski sjaj je magnituda po jedinici lučne površine neba. Modelovanje distribucije površinskog sjaja galaksije od velikog je značaja za istraživanje morfoloških podstrukture u galaksiji. One nastaju interakcijom sa drugim galaksijama, a njihovo identifikovanje pomaže pri klasifikaciji galaksija po njihovim morfološkim karakteristikama.

Galaksija NGC 941 (Slika 1) je spiralna galaksija prelaznog tipa koja se nalazi u sazevdju Cetus, a udaljena je od Mećnog puta 17 hiljada parseka.



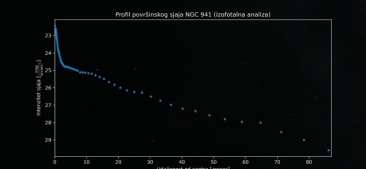
Slika 1: Galaksija NGC 941 (ESA/Hubble & NASA, C. Kilpatrick).

Kompozitni model je spoj više analitičkih funkcija koje opisuju sjaj na različitim delovima radijusa galaksije. Profil površinskog sjaja galaksija najčešće čini više morfoloških struktura, zato je spoj više funkcija neophodan za njegovo opisanje.

Cilj projekta je određivanje kompozitnog modela koji će opisati sjaj galaksije NGC 941, kao i identifikovanja galaktičkih struktura koje nisu bile opisane analitičkim funkcijama kompozitnog modela. Strukture koje nisu opisane modelom, poput spiralnih grana, prečaga i slično, mogu biti od koristi prilikom preciznog određivanja morfološkog tipa galaksije NGC 941.

Metod

Za izofotolnu analizu digitalne fotografije NGC 941 u R filteru korišćen je Photutils paket iz Astropy-a. Oduzimanjem maske koja isključuje okoline objekte prilikom te analize, dobijen je profil površinskog sjaja galaksije NGC 941 (Slika 2). Podaci za galaksiju su preuzeti sa SDSS Data release 18.



Slika 2: Profil površinskog sjaja NGC 941. Intenzitet (sjaj u y-osi) po velikoj polusi (x-osa) galaksije.

Primenjeno je da površinski sjaj galaksije drugacije opada u dva regiona koja se mogu opisati zasebnim funkcijama. Pad sjaja u centralnom regionu najbolje opisuje **Moffat distribuciju** (Formula 1), a **point spread function** (PSF) koji se koristi za opisivanje takvih izvora površinskog sjaja. Pad sjaja diska galaksije odgovara **Serizikovoj distribuciji** površinskog sjaja (Formula 2) Serizikovega indeksa $n = 1$.

Diskove spiralnih galaksija najbolje opisuju eksponencijalne funkcije koja se u slučaju Formule 1 dobija za Serizikov indeks vrednosti $n = 1$, dok se za opisanje spiralnih grana koristi indeks $n < 1$:

$$I(r) = I_0 \left[1 + \left(\frac{r}{a} \right)^\beta \right]^{-\beta}$$

Formula 1: Moffat distribucija sjaja. I_0 predstavlja intenzitet sjaja u centru objekta, a i β su parametri koji određuju oblik funkcije, a r je poluprečnik ili deo poluprečnika galaksije.

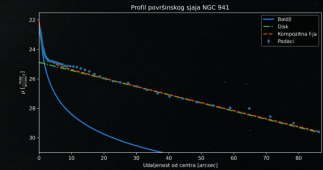
$$I(R) = I_s \exp \left\{ -b_s \left[\left(\frac{R}{R_s} \right)^{1/n} - 1 \right] \right\}$$

Formula 2: Serizikova distribucija sjaja. Parametar R_s predstavlja efektivni radijus, na kom je intenzitet sjaja I_s . Zakrivljenost funkcije određuje Serizikov indeks n , od kojeg zavisi vrednost b_s .

Parametri fita kompozitne funkcije koriste se pri konstrukciji modela površinskog sjaja u CALFIT softveru. Oduzimanjem modela od digitalne fotografije galaksije dobija se **rezidual**.

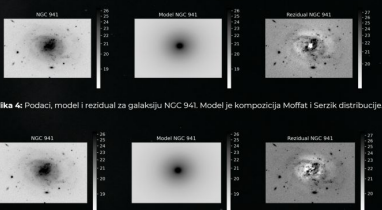
Rezultati i diskusija

Analizom fita kompozitne funkcije (Slika 3) utvrđeno je malo odstupanje od podataka dobijenih izofotolnom analizom: $\chi^2 = 0.053$.

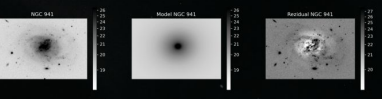


Slika 3: Fit Moffat, Serzik i kompozitne funkcije.

Priobitran model površinskog sjaja sastojao se iz Serzik i Moffat distribucije (Slika 4), a naknadno je zbog primećenog *overfita* u centru konstruisan drugi model u kojem je Moffat funkcija zamenja PSF-om (Slika 5).



Slika 4: Podaci, model i reziduali za galaksiju NGC 941. Model je kompozicija Moffat i Serzik distribucije.



Slika 5: Podaci, model i reziduali za galaksiju NGC 941. Model je kompozicija PSF i Serzik distribucije.

Fit galaktičkog diska (Slika 3) odstupa od podataka na radijusima od 15 *arcsec* i od 65 *arcsec* - izofotolnom analizom galaksije utvrđeno je da ti radijusi odgovaraju poziciji *dveju spiralnih grana*, koje se takođe mogu primetiti i na CALFIT rezidualima sa Slike 4 i Slike 5. Galaksija NGC 941 je klasifikovana kao spiralna galaksija prelaznog stadijuma sa prečagom (SAB). Ipak, na dobijenim rezidualima (Slike 4 i 5) **prečaga nije primećena**.

Uticao migracije planete na formiranje praznina u disku TWHya

Autori: Vasilisa Antić (2007), III razred, Gimnazija Leskovic
Tara Jovanović (2007), III razred, Valjevka Gimnazija

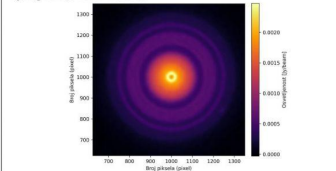
Mentori: Debora Pavela, Matematički fakultet, Beograd
Danilo Ristić, Elektrotehnički fakultet, Beograd



Uvod i cilj

Protoplanetarni disk je disk prašine i gasa koji kruti oko novonastale zvezde. U njemu se formiraju strukture poput praznina, prstenova, ali i planeta. Praznine (engl. gap) stvaraju se dinamičkim trenjem između planete i gasa u disku tako što protoplanete migriraju kroz isti.

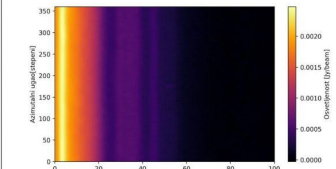
Cilj ovog projekta je određivanje parametara planete, njene mase i velike poluse, u protoplanetarnom disku TWHya (slika 1), koja je odgovorna za nastanak jedne od posmatranih praznina kao i praćenje njenog razvoja tokom vremena.



Slika 1: ALMA snimak protoplanetarnog diska TWHya.

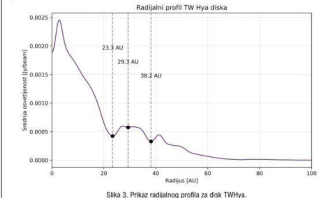
Metod

FITS slika protoplanetarnog diska, snimljenog ALMA teleskopom, je konvertovana u polarni prikaz (slika 2) radi jasnijeg uočavanja struktura u disku. Za svaki radijus izračunat je prosečan intenzitet, čime je dobijen radijalni profil (slika 3). Analiza profila pokazuje da se praznina nalazi na oko 23 AU od centra diska.



Slika 2: Prikaz polarnog intenziteta diska.

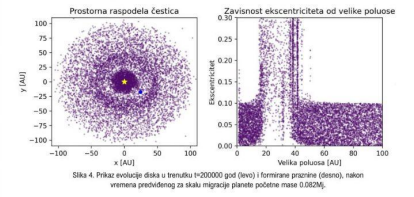
Radijalni profil pokazuje jasan pad intenziteta oko 23 AU, što ukazuje na prisustvo prve praznine u disku. Profil je dobijen analizu raspodele zračenja po radijusu, čime se lako uočavaju oblasti smanjene gustine prašine.



Slika 3: Prikaz radijalnog profila za disk TWHya.

Da bi se odredila pozicija formirajuće praznine, izvršene su numeričke simulacije protoplanetarnog diska. Simulacije su rađene pomoću softvera za integraciju N-tela **REBOUND**, koji omogućava uključivanje dodatnih sila pored gravitacije. Disk prašine je predstavljen sa 10 000 bezmasenih čestica, koje međusobno ne interaguju. Planeta je modelovana kao zasebna čestica na koju deluju gravitaciona i migraciona sile, što omogućava praćenje njenog kretanja i uticaja na strukturu diska (slika 4). Migraciona sila je fizička posledica interakcije planete sa gasnim diskom, pri kojoj gas preko otpora i gravitacionih talasa menja ugaoni moment planete i pomera je na drugu orbitu.

Masa planete je varirana u opsegu 0.072 M_J do 0.132 M_J, sa korakom 0.01 M_J. Njena velika polusa je varirana u opsegu od 20 AU do 25 AU, sa korakom od 0.5AU. Simulacije su puštane na 20000 godina, što predstavlja najvišu vremensku granicu migracije koja je posmatrana. Stanja sistema su beležena u razmacima od 10 000 godina. Ukupno je realizovano 385 simulacija.

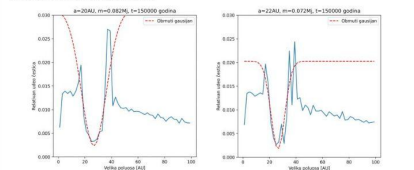


Slika 4: Prikaz evolucije diska u trenutku t=20000 god (ovo) i formirane praznine (desno), nakon vremena prebivanja na skali migracije planete početne mase 0.092M_J.

Rezultati i diskusija

Iz 385 simulacija izdvojeno je 8 poklapanja različitih konfiguracija planete, pri čemu su 3 od njih potencijalne i zahtevaju dodatno ispitivanje zbog prevelike širine praznine. Primeri konfiguracije prikazani su na slikama 5 i 6.

Dobijen radijalni profil gustine fikcije je Gausovom funkcijom kako bi se precizno opisao oblik praznine. Minimum fikcione krive određuje položaj praznine, dok širina Gausove funkcije pokazuje koliko je praznina široka.



Slika 5 i 6: Primeri fikcije praznine obratnim gausijom.

Dobijeni rezultati pokazuju da su praznine u disku prolazne strukture. Zbog toga što migraciona sila u simulaciji deluje duže nego što bi migracija realno trajala, praznine mogu izgledati kratkotrajno usled produženog kretanja planete. Ukoliko bi stvarna skala migracije bila manja, očekivalo bi se formiranje stabilnijih, trajnijih praznina.

Masa planete [M _J]	Inicijalna velika polusa planete [AU]	Širina praznine [AU]	Vreme trajanja migracije [god]
0.072	20	19.26	1.6*10 ⁶
0.082	20	22.03	1.5*10 ⁶
0.072	20.5	18.17	1.8*10 ⁶
0.082	21	21.28	1.8*10 ⁶
0.072	21.5	12.97	1.7*10 ⁶
0.072	22	12.26	1.5*10 ⁶
0.072	22.5	12.87	1.7*10 ⁶
0.092	23.5	14.16	2*10 ⁶

Tabela 1: Parametri planete koji stvaraju tražene praznine zajedno sa vremenskom skalom formiranja.

Formiranje zakrivljenja u galaktičkom disku pri sudaru s patuljastom galaksijom

Autor: Bogdana Petrović (2007), Srednja škola „Branislav Nušić“, Sokobanja, III razred

Mentori: Katarina Vrhovac, student Matematičkog fakulteta Univerziteta u Beogradu

David Živković, student Matematičkog fakulteta Univerziteta u Beogradu



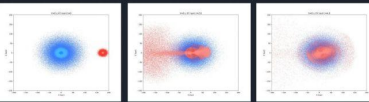
Uvod

Galaktički disk predstavlja deo galaksije u kome se nalaze zvezde, gas i prašina. Prilikom ispitivanja strukture spiralnih galaksija, utvrđeno je da veliki broj njih beleži zakrivljenje S-oblika u svom disku. Jedna od pretpostavki je da ovakvo zakrivljenje u disku spiralne galaksije nastaje kao posledica njenog sudara sa patuljastom galaksijom.

Cilj rada bio je da, u opštem slučaju, **simulira različite scenarije sudara i odredi pri kojim dinamičkim uslovima sudara se javlja S-zakrivljenje**, kao i pri kojim uslovima se ono održava, odnosno pri kojim uslovima nestaje.

Metod

Galaksije su modelovane kao sistemi N-čestica. Rastojanje između njih iznosilo je 175 kpc. Spiralna galaksija postavljena je u centar koordinatnog sistema. Posmatrani su sudari pri kojima se patuljasta galaksija u početnom trenutku nalazila pod uglovima od 0°, 30°, 45°, 60° i 90° u odnosu na spiralnu galaksiju. Za svaki ugao ispitani su sudari sa početnim brzinama patuljaste galaksije $v_x = 0$ km/s, 50 km/s, 100 km/s, 150 km/s, kao i $V_y = 50$ km/s. Ispitan je i poseban slučaj bliskog prolaza. Evolucija sistema praćena je tokom **deset milijardi godina**.

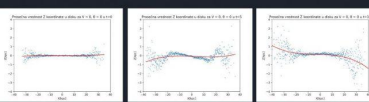


Slika 1: Sudar spirale (plava boja) i patuljaste galaksije (crvena boja) pod uglom od 0° prikazan u XY ravni (ravni diska).

Rezultati

Održanje zakrivljenja diska zavisi od **početne brzine patuljaste galaksije** pri sudaru.

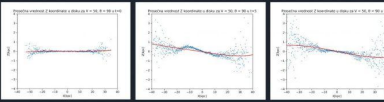
• **Sudar $V_x = 0$ km/s, $\theta = 0^\circ$**
Zakrivljenje unutar diska je vidljivo i posle deset milijardi godina.



Slika 2: Srednja vrednost z-koordinate (plave tačke) za $V = 0$ km/s, $\theta = 0^\circ$ u vremenskom intervalu od deset milijardi godina. Crvenom linijom je prikazan polinomijalni fit tačaka.

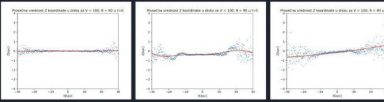
XXIV Konferencija „Korak u nauku“ 5-7.12.2025
Istraživačka stanica Petnica

• **Sudar $V_x = 50$ km/s, $\theta = 90^\circ$**
Zakrivljenje unutar diska u proseku nestaje posle devet milijardi godina.



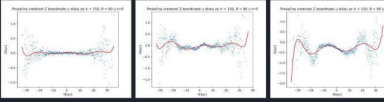
Slika 3: Srednja vrednost z-koordinate (plave tačke) za $V = 50$ km/s, $\theta = 90^\circ$ u vremenskom intervalu od deset milijardi godina. Crvenom linijom je prikazan polinomijalni fit tačaka.

• **Sudar $V_x = 100$ km/s, $\theta = 90^\circ$**
Zakrivljenje koje se formira unutar diska je slabo izraženo.



Slika 4: Srednja vrednost z-koordinate (plave tačke) za $V = 100$ km/s, $\theta = 90^\circ$ u vremenskom intervalu od deset milijardi godina. Crvenom linijom je prikazan polinomijalni fit tačaka.

• **Bliski prolaz $V_x = 150$ km/s, $\theta = 90^\circ$**
Najizraženije zakrivljenje dobijeno je u slučaju bliskog prolaza. Amplitude zakrivljenja su se povećavale tokom trajanja simulacije.



Slika 5: Srednja vrednost z-koordinate (plave tačke) za $V = 150$ km/s, $\theta = 90^\circ$ u vremenskom intervalu od deset milijardi godina. Crvenom linijom je prikazan polinomijalni fit tačaka.

Zaključak

Za različite početne parametre sudara, razlikujemo sledeće slučajeve:

- Uglovi 0°, 30° i 60°: disk se nakon sudara sa većom početnom brzinom patuljaste galaksije brže stabilizuje i približno vrati u svoj prvobitni oblik.
- Ugao 90°: $V = 100$ km/s: slučaj sudara nakon koga se zakrivljenje ne formira tokom deset milijardi godina.
- Ugao 90°: $V_x = 150$ km/s: bliski prolaz, tokom koga se amplitude zakrivljenja povećavaju tokom trajanja simulacije.
- Slučajevi sudara sa brzinom $V_x = 50$ km/s: brzina sudara se povećavala s povećanjem ugla, pa tako najveću stabilizaciju diska pri ovoj brzini primećujemo nakon sudara pod uglom od 90°.
- Najbolje poklapanje sa literaturom dobijeno je za sudar u ravni bez početne brzine, gde je zakrivljenje na 16 kpc radijalne udaljenosti iznosilo 314 pc.
- Pri sudarima sa velikim početnim brzinama, disk teži potpunom gubitku zakrivljenja. To nas dovodi do zaključka da zakrivljenje galaktičkog diska nije održivo, odnosno da nestaje nakon što se galaksija stabilizuje.

Gravitacioni atomi

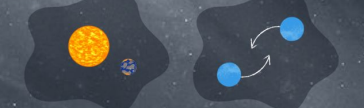
Autori: Lenka Lastić (2007), 2.razred, Gimnazija "Jovan Jovanović Zmaj", Novi Sad
Ivan Žvič (2005), 4.razred, Tehnička škola Smederevo

Mentori: Stefan Katić - Fizički fakultet Univerziteta u Beogradu
Janko Đurić - Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu
Nikola Savić - Institut de Physique Théorique, Saclay



Uvod

Čiji ovog projekta jeste ispitati kako efekat gravitacionog atoma utiče na dinamiku binarnih sistema. Binarni sistemi koji su ispitani su sistem Sunce-Merkur, kao i Hulse-Taylor pulsar. Gravitacioni atom predstavlja sistem nekog astronomskeg objekta (planete, zvezde, pulsara ili crne rupe) i tamne materije koja je rasprostranjena oko njega. Ime dobija po činjenici da se talasna funkcija koja opisuje čestice tamne materije u ovom sistemu, poklapa se talasnom funkcijom koja opisuje elektron u vodonikovom atomu.



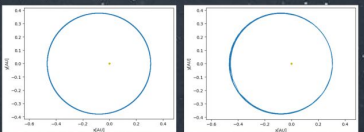
Tamna materija čiji je uticaj ispitivan u ovom radu sačinjena je od lakih skalarnih čestica. Za masu čestice uzeta je vrednost od 10^{-14} eV, dok je za gustinu uzeta vrednost od $9.3 \cdot 10^{-15}$ kg/m³. Takođe, smatrano je da se halo potpuno formirao pre posmatranja ovih pojava.

Uticaj gravitacionog atoma ispitivan je pomoću dve pojave. Posmatranje je precesija perihela orbite kao i dinamičko trenje koje utiče na kretanje tela uzrokovano tamnom materijom. Simulacije ovog kretanja rađene su u REBOUND programskom paketu.

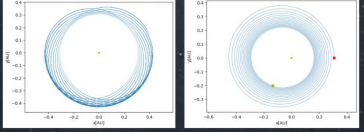
Sunce-Merkur

Sistem Sunce-Merkur posmatran je u dva slučaja - kada je gustina tamne materije konstantna i kada ona opada sa udaljenošću. Sistem je simuliran za više vremenskih intervala, koji se kreću od 5 do 50 Merkuriovih orbita.

Prvo je ispitivan slučaj pri konstantnoj gustini tamne materije. Na grafiku za gustinu od $9.3 \cdot 10^{-15}$ kg/m³, ne primećujemo promenu u Merkuriovoj orbiti. Kada povećamo gustinu tamne materije, jasno se vide uticaji oba efekta. Zatim su ispitani isti efekti za promenljivu gustinu tamne materije. U ovom slučaju takođe ne primećujemo uticaj tamne materije.



Grafik 3: Merkuriova orbita pri gustini tamne materije od $9.3 \cdot 10^{-15}$ kg/m³

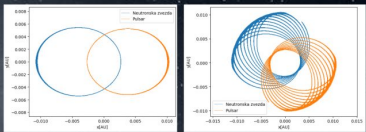


Grafik 4: Merkuriova orbita pri gustini tamne materije od $9.3 \cdot 10^{-14}$ kg/m³ pri 10 orbita

Konferencija "Korak u nauku", 12. 15. 12. 2024.
Istraživačka stanica Petnica

Hulse-Taylor pulsar

Kako bi bilo moguće ispitati uticaj tamne materije na većem broju orbita, razmatran je Hulse-Taylor pulsar. Njegov orbitalni period je približno 7.75 sati, što nam omogućava simulaciju za veći broj orbita. Sistem je ispitivan pri konstantnoj gustini tamne materije. Kao i u prethodnom sistemu, sa grafikama ne primećujemo uticaj tamne materije. Kada povećamo gustinu tamne materije, jasno se vide uticaji oba efekta.



Grafik 5: Orbits Hulse-Taylor pulsara pri gustini tamne materije od $9.3 \cdot 10^{-15}$ kg/m³

Grafik 6: Orbits Hulse-Taylor pulsara pri gustini tamne materije od $9.3 \cdot 10^{-14}$ kg/m³

Rezultati i diskusija

Precesija perihela Merkura merena je na 10 Merkuriovih orbita, pri gustini tamne materije od $9.3 \cdot 10^{-15}$ kg/m³. Srednja vrednost precesije iznosi 10.35 lučnih sekunda po veku. U poređenju sa precesijom koja je predviđena teorijom relativnosti i koja iznosi 42.98 lučnih sekunda po veku, precesija izazvana tamnom materijom je manja.

Objekat koji se kreće kroz gravitacioni atom tokom vremena će odavati energiju kako bi savladao dinamičko trenje. Jedna od posledica jeste promena orbitalnog perioda objekta. Izmerene vrednosti su upoređene sa vrednostima promene orbitalnog perioda po orbiti i snage predate usled radijacije gravitacionih talasa. Ove promene merene su na 500 orbita.

Srednja vrednost relativne promene orbitalnog perioda po orbiti iznosi $3.58 \cdot 10^{-15}$. Promena nastala usled zračenja gravitacionih talasa iznosi $\sim 2.40 \cdot 10^{-12}$. Ova vrednost je tri reda veličine veća od promene nastale zbog uticaja tamne materije.

Srednja vrednost snage utrošene na dinamičko trenje iznosi $4.27 \cdot 10^{21}$ W. Snaga odata pri radijaciji gravitacionih talasa iznosi $5.51 \cdot 10^{27}$ W. Kada poredimo ove dve snage vidimo da je snaga gravitacionih talasa znatno veća.

Kako bi tamna materija imala maksimalan uticaj na telo koje se kreće u njoj, njegova orbita se mora potpuno nalaziti u halou. Iz ovog uslova može se dobiti maksimalna masa čestice tamne materije za određeni sistem. U sistemu Sunce-Merkur ona iznosi $1.95 \cdot 10^{-14}$ eV. Za Hulse-Taylor pulsar ova masa iznosi $7.44 \cdot 10^{-14}$ eV.

Masa ultralakog skalarnog bozona u sistemu Sunce-Merkur nalazi se u opsegu od 10^{-14} eV do $2 \cdot 10^{-13}$ eV. Kada bi masa bila veća, radijus haloa bi bio manji od radijusa Sunca. U ovom radu dobijen je raspon mase koji ulazi u ovaj opseg.



Migracija planetezimala u protoplanetarnom disku HD-163296

autor: Uroš Zrilić, učenik 2. razreda Gimnazije, Banjaluka

mentori: Danilo Ristić, Elektrotehnički fakultet, Beograd

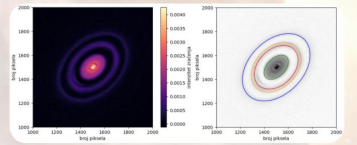
i Debora Pavela, Matematički fakultet, Beograd

stručni mentor: Vladimir Došović, katedra za astronomiju, Matematički fakultet, Beograd

Uvod i cilj

Protoplanetarni disk predstavlja disk gasa i prašine koji orbitira oko novonastale zvezde i svojim delovanjem stvara strukture poput planeta, prstenova, i praznina (engl.GAP). Smatra se da ove praznine nastaju "migracijom" mladih protoplaneta jovijanskih masa koja nastaju usled dinamičkog trenja planete sa gasom u disku. Svojm kretanjem ka unutrašnjosti diska, čestice prašine se nakupljaju u L4 i L5 tačkama planete što dovodi do njihovog izbacivanja iz prvobitnih položaja.

Cilj ovog projekta je određivanje vrijednosti mase, velike poluose i ekscentriciteta planete u protoplanetarnom disku HD-163296, koja dovodi do stvaranja jedne od posmatranih praznina i praćenje njene evolucije kroz vrijeme. Pozicija i širina ove praznine dobijena je obradom fits fajla snimljenog od strane opservatorije ALMA. Dobijena pozicija praznine je na 98 AU od centra, a njena širina iznosi 28 AU.

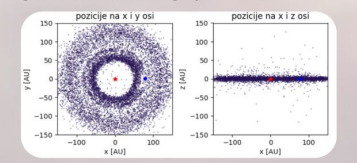


Slika 1: Dobijena pozicija i širina praznina u disku iz fits fajla ALMA opservatorije

Metoda

Da bi se odredile vrijednosti za poziciju i širinu praznine u nastajanju, sistem je simuliran numerički. Simulacije ovog sistema su napravljene pomoću programskog softvera za integrisanje sistema **N-tijela**, **Rebound** koja ima mogućnost za dodavanje drugih sila, pored gravitacione, koje djeluju na čestice u simulaciji. Disk prašine je u ovoj simulaciji simuliran pomoću 10000 čestica zanemarljive mase. Planeta je simulirana kao čestica na koju pored gravitacione, djeluju i dodatne sile koje opisuju migraciju u izotermalnom disku, čiji je oblik dobijen iz literature.

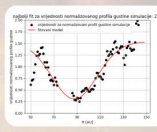
Ovom metodom je urađeno 350 simulacija tokom kojih je varirana masa planete u opsegu $66 M_{\oplus}$ do $166 M_{\oplus}$, sa korakom od $17 M_{\oplus}$. Njena polуса je varirana u opsegu od 90 AU do 112.5 AU sa korakom od 3.5 AU, dok je njen ekscentricitet variran u opsegu od 0 do 0.1 sa korakom 0.025. Simulacije su puštane na 200000 godina, što predstavlja gornju granicu za vremensku skalu migracije.



Slika 2: Prikaz evolucije sistema nakon vremena predviđenog jednačinom za skalu migracije

Rezultati i diskusija

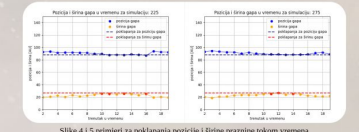
Iz dobijenih profila gustine za procenjenu vremensku skalu migracije dobijeni su parametri za normalizovane profile gustine u izvršenim simulacijama. Normalizovani profil gustine dobijen je deljenjem vrijednosti profila gustine za dati trenutak u simulaciji sa profilom gustine u početnom trenutku. Ove vrijednosti su potom fitovane pomoću gausove distribucije i parametri praznina su dobijeni iz fita.



Slika 3: Primer fitovanja gausijana na normalizovani profil gustine

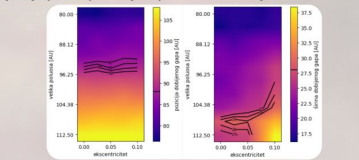
Na ovaj način dobijena su 4 poklapanja sa izmjerenom pozicijom i širinom praznine.

Pošto se smatra da su ove praznine prolazni fenomen, potrebno je posmatrati i njihovu strukturu tokom vremena. Normalizacijom osamlj profila gustine u simulacijama i njihovim fitovanjem dobijena je struktura praznine kroz vrijeme za svaku od izvršenih simulacija.



Slika 4: 5 primjeri za poklapanja pozicije i širine praznine tokom vremena

Ovim postupkom je u 350 izvršenih simulacija pronađeno 15 trenutaka u vremenu za 7 različitih konfiguracija planete u kojima je došlo do poklapanja sa izmjerenom pozicijom i širinom nastale praznine.



Slika 6: 7 prikaz zavisnosti pozicije i širine dobijene praznine od velike poluose i ekscentriciteta za masu planete 150 $M_{\oplus}$

Masa planete u $M_{\oplus}$	Pozicija praznine u AU	Širina praznine u AU
87.07	97.5	0
104.6	97.5	0
122.1	97.5	0
139.6	94	0
157.1	94	0
174.6	97.5	0
192.1	97.5	0.1

Tabela 1: Parametri planete koja stvara tražene govore

Određivanje parametara egzoplanete pomoću metode tranzita simultanim fitovanjem u više filtera

Autor: Kosta Belonić (2005), IV razred, Srednja škola Kladovo

Mentori: Dušan Vukadinović, Maks Plank Institut za istraživanje Sunčevog sistema
Filip Mitić, Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu
Vesna Milošević, Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu



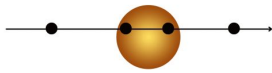
Uvod

Egzoplanete su planete koje se nalaze izvan Sunčevog sistema. Detekcija egzoplaneta se vrši indirektno, posmatranjem promene sjaja njene matične zvezde tokom tranzita.

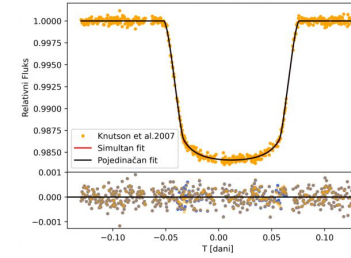
Tranzit je fenomen koji se dešava kada manje telo (planeta) u toku svog kretanja prividno pređe preko većeg tela (zvezde) i u tom trenutku zakloni deo svetlosti koja dolazi do posmatrača. Promena sjaja zvezde praćena u nekom vremenskom periodu predstavlja **krivu sjaja** (Slika 1). Oblik krive sjaja određuju orbitalni parametri sistema (velika polуса a , inklinacija i i radijus egzoplanete r_p) kao i koeficijenti potamnjenja ka rubu.

Potamnjavanje ka rubu je fenomen koji predstavlja pad sjaja zvezde od njenog centra ka obodu.

Cilj projekta: Određivanje orbitalnih parametara sistema zvezde i egzoplanete kao i koeficijenta potamnjenja ka rubu. Poređenje orbitalnih parametara dobijenih simultanim i zasebnim fitovanjem kao i promena parametara potamnjavanja ka rubu u različitim filterima.



Slika 1: Skica tranzita egzoplanete



Slika 2: Kriva sjaja egzoplanete HD209458b posmatrana na talasnoj dužini od 873 nm.

Metod rada

Za određivanje parametara korišćen je programski jezik **python** i biblioteka **batman**.

Korišćena je kvadratna funkcija zavisnosti intenziteta zračenja zvezde od parametra μ , koji predstavlja kosinus ugla θ između linije posmatranja i normale na tačku na površini zvezde i koja je data izrazom (1):

$$I(\mu) = I_0[1 - c_1(1 - \mu) - c_2(1 - \mu)^2] \quad (1)$$

Parametri su prvo, fitovanjem, traženi u svakom filteru zasebno a zatim simultano. Fitovanje krive sjaja je proces traženja parametara funkcije koji najbolje opisuju podatke.

- Simultan fit:** parametri koji se menjaju promenom filtera određeni su zasebno za svaki filter (radijus i koeficijenti potamnjavanja ka rubu). Velika polуса orbite i inklinacija određeni su jedinstveno za sve filtere.
- Pojedinačan fit:** Parametri su određeni zasebno u svakom filteru.

Algoritam koji je korišćen za fitovanje jeste Markov Chain Monte Carlo.

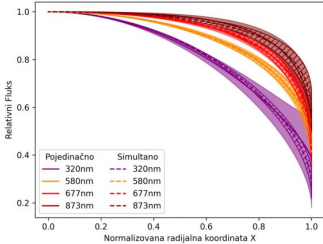
Rezultati

Tabela 1: Orbitalni parametri dobijeni zasebnim fitovanjem u svakom filteru upoređeni sa radom iz literature. R_p , predstavlja radijus zvezde.

	a/R_*	i [°]	r_p/R_* [10 ⁻³]
320 nm	8,75±0,12	86,51±0,20	1253±16
580 nm	8,75±0,03	86,63±0,06	1223±3
677 nm	8,60±0,03	86,34±0,05	1219±2
873 nm	8,75±0,05	86,64±0,09	1211±3
Knutson et al. 2007	8,76±0,04	86,92±0,01	1208±1

Tabela 2: Orbitalni parametri dobijeni simultanim fitovanjem.

a/R_*	i [°]	r_p/R_* [10 ⁻³] (320 nm)	r_p/R_* [10 ⁻³] (580 nm)	r_p/R_* [10 ⁻³] (677 nm)	r_p/R_* [10 ⁻³] (873 nm)
8,68±0,02	86,49±0,03	1240±3	1229±2	1212±2	1217±2



Slika 3: Repodesta intenziteta zračenja zvezde I po normalizovanoj radijalnoj koordinati X . Normalizovana radijalna koordinata predstavlja sinus ugla θ . Na slici 3 su upoređeni koeficijenti ka rubu dobijeni pojedinačnim (puna linija) i simultanim (isprekidana linija) fitom u svakom filteru. Svaka od četiri krive predstavlja jednu talasnu dužinu, dok osenčeni deo oko njih predstavlja njihove neodređenosti.

Diskusija i zaključak

- Dobijeni orbitalni parametri se poklapaju sa parametrima iz rada Knutson et al. 2007.

- Na osnovu dobijenih orbitalnih parametara (tabela 1 i 2) ne uočava se značajna razlika u radijusima planeta u različitim filterima kao ni razlika između simultano i pojedinačno fitovanih radijusa u istim filterima.

- Sa slike 2 se primećuje poklapanje simultanog i pojedinačnog fita.

Na osnovu svega toga se zaključuje da ne postoji značajno poboljšanje u rezultatima pri simultanom fitovanju u odnosu na pojedinačno fitovanje.

Literatura: Knutson et al. (2007), "Using Stellar Limb-Darkening to Refine the Properties of HD 209458b"
Kreidberg (2015), "batman: Basic Transit Model Calculation in Python"



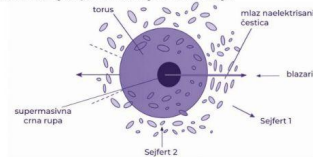
Istraživanje prisustva aktivnih galaktičkih jezgara u patuljastim galaksijama

Autor: Tijana Savić (2007), III razred, Gimnazija Kraljevo

Mentori: Katarina Baucalo, Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu
dr Marko Mičić, Univerzitet u Oklahomi

Uvod

Aktivno galaktičko jezgro (AGN) je kompaktan i izuzetno svetao region u središtu galaksije čiji je primarni izvor energije akrecija materije u prisustvu supermasivne crne rupe. Model AGN-a (Slika 1) podrazumeva prisustvo supermasivne crne rupe u centru galaksije, akrecioni disk i torus od gasa i prašine. Ugao pod kojim se torus posmatra određuje tip AGN-a koji se detektuje.



Slika 1. Model aktivnog galaktičkog jezgra (Atanacković 2010).

Patuljaste galaksije su sistemi male mase i siromašni teškim hemijskim elementima. Zbog svoje mase i ograničene količine gasa, pojava AGN-a u ovim sistemima je redak fenomen. Međutim, interakcije sa okruženjem mogu stvoriti uslove koji omogućavaju pojavu AGN-a u patuljastim galaksijama.

Cilj projekta: Istražiti mogućnost prisustva AGN-a u patuljastim galaksijama korišćenjem spektroskopske integralnog polja i utvrditi ulogu njihovog okruženja kao indikatora potencijalne AGN aktivnosti.

Metod

Uzorak: Korišćeni su podaci iz projekta *MaNGA* iz poslednjeg javnog izdanja *SDSS Data release 17* i uključuje uzorke patuljastih galaksija (*MaNDala* i *MDS+*) sa ukupno 2406 galaksija.

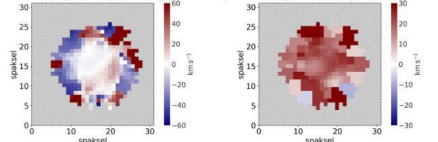
Spektralna analiza i dijagrami: Za identifikaciju AGN-a korišćene su emisione linije: H α , H β , [O III], [N II] i [Fe X]. Dijagrami zasnovani na odnosima ovih emisijonih linija:

- BPT ([N II], [S II] u odnosu na [O III]/H β) i
- WHAN (WHA u odnosu na [N II]/H α).

omogućavaju klasifikaciju galaksija prema izvoru jonizacije, razdvajajući ih na zvezdorođne, kompozitne, AGN, Sejfert, LINER, penzionisane i pasivne galaksije.

Spektroskopska integralnog polja: Ovaj pristup daje trodimenzionalne dotocube podatke, gde dve dimenzije označavaju prostornu poziciju, a treća talasnu dužinu. Svaka tačka, odnosno piksel, sadrži spektar - što omogućava detaljno mapiranje jonizacionih regiona unutar pojedinačne galaksije.

Mape brzina: Da bi se bolje sagledala dinamika patuljastih galaksija i uticaj AGN-a na njih, generisane su mape brzina gasa i zvezda (Slika 2), što omogućava uočavanje lokalnih poremećaja u kretanju materije.



Slika 2. Mapa gasne (levo) i zvezdane (desno) komponente brzine.

Zračenje u X-domenu: Nastaje u blizini supermasivne crne rupe i može proći kroz prašinu i gas, što omogućava detekciju i zaklonjenih AGN-ova. Ako luminioznost u X-domenu prelazi graničnu vrednost koju mogu da proizvedu zvezdane populacije (računatu po Mičić et al. (2024)), to je jasan znak prisustva AGN-a.

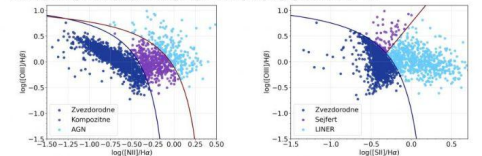
Okruženje: Za procenu gustine lokalnog okruženja galaksija koristi se parametar:

$$\eta_k = \log \left(\frac{k-1}{\text{Vol}(d_k)} \right) = \log \left(\frac{3(k-1)}{4\pi d_k^3} \right) \quad (1)$$

gde je k redni broj najbližeg suseda, $\text{Vol}(d_k)$ zapremina kugle poluprečnika d_k a d_k je projektovana fizička udaljenost do k -tog najbližeg suseda.

Rezultati i diskusija

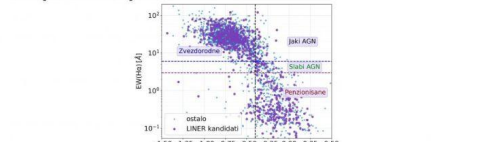
Analiza jonizacije počinje primenom BPT([NII]) dijagrama (Slika 3), kako bi se identifikovali kandidati za AGN galaksije. Da bi se preciznije razvili LINER-i od Sejfert galaksija, primenjen je i BPT([S II]) dijagram (Slika 4).



Slika 3. BPT([N II]) dijagram.

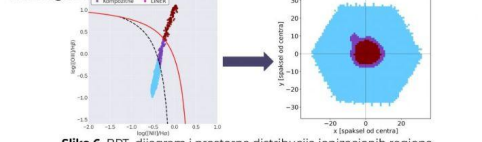
Slika 4. BPT([S II]) dijagram.

Pošto BPT dijagrami ne mogu da razlikuju LINER emisiju izazvanu AGN-ovima od one koju proizvode stare zvezdane populacije, dodatno je korišćen i WHAN dijagram (Slika 5). Ovo omogućava preciznije određivanje prirode LINER emisije i identifikaciju slabih AGN-ova.



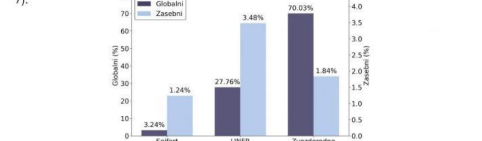
Slika 5. WHAN dijagram.

Korišćenjem spektroskopske integralnog polja generisani su zasebni BPT dijagrami (Slika 6). Na osnovu ovih dijagrama napravljene su mape prostorne distribucije jonizacionih regiona (Slika 6), koje omogućavaju da se jasno prate AGN region.



Slika 6. BPT dijagram i prostorna distribucija jonizacionih regiona.

Kombinovanjem globalnih i zasebnih BPT dijagrama, moguće je eliminisati lažno detektovane AGN-ove, ali još važnije, otkriti „skriven“ AGN-ove u galaksijama koje su na globalnom nivou klasifikovane kao zvezdorođne (Slika 7).



Slika 7. Klasifikacija galaksija na osnovu globalnih i zasebnih BPT dijagrama. Mape brzina pokazuju da sve galaksije sa AGN-om odstupaju od regularne dinamike. Za devet galaksija sa potencijalnim AGN-om postoje posmatranja u X domenu, i sve imaju luminioznosti iznad granica koje proizvode zvezdane populacije, što dodatno potvrđuje prisustvo AGN-a. Galaksije sa AGN-om nalaze u gušćim sredinama ($\eta_k = 0.82 \pm 0.05$) u odnosu na one bez AGN-a ($\eta_k = 0.62 \pm 0.02$).

Tabela 1. Broj galaksija sa AGN-om na globalnom i zasebnom nivou.

Ukupno	Globalno - AGN	Zasebno - AGN
2406 (100%)	877 36.45%	357 14.84%

- Metod uspešno identifikuje „skriven“ AGN-ove.
- Mape brzina pokazuju da AGN galaksije odstupaju od regularne dinamike, što ukazuje da AGN utiče na kretanje gasa i zvezda unutar galaksije.
- Za galaksije sa posmatranjima u X-domenu, poreklo zračenja je AGN.
- Galaksije sa AGN-om se nalaze u gušćim sredinama u odnosu na galaksije bez AGN-a.

Prsten zarobljenih čestica prašine kao indikator postojanja protoplanete u protoplanetarnom disku Elias 2-24

autor: Uroš Zrilić, učenik 3. razreda Gimnazije, Banjaluka
mentori: Danilo Ristić, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu
Debora Pavela, Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu
Vladimir Došović, Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu

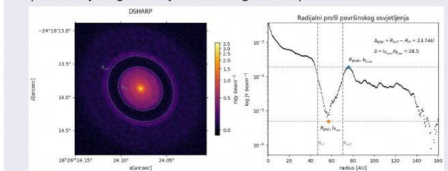


Uvod i cilj

Protoplanetarni disk predstavlja disk gasa i prašine koji orbitira oko novonastale zvezde. Iz sudara ovih čestica vremenom nastaju planete koje svojom gravitacijom oblikuju disk i stvaraju strukture koje možemo da posmatramo. Cilj ovog projekta bilo je simuliranje djelovanja planetarne gravitacije na protoplanetarni disk i njegovu evoluciju tokom vremena. Iz ovih simulacija su napravljena vještačka posmatranja simuliranog sistema u svrhu poredenja modela sa stvarnim protoplanetarnim diskom.

Elias 2-24

- Sistem zvezde K tipa, starosti $\approx 400,000\text{god}$
- Protoplanetarni disk koji se prostire od 1AU do 130AU od centra sistema.
- Sistem poseduje prsten i prazninu za koje se smatra da su nastali pod uticajem gravitacije masivne gasovite planete.



Slika 1: Lijevo: Sistem Elias 2-24, desno: radijalni profil površinskog osvetljenja korišten u svrhu određivanja parametara praznine

Hidrodinamičke simulacije sistema

- Kako planeta svojom gravitacijom utiče na formiranje struktura u sistemu?
- Površinska gustina gasa:

$$\Sigma_g = \Sigma_{g0} \left(\frac{R}{R_c} \right)^{-\gamma} \exp \left(- \left(\frac{R}{R_c} \right)^{2-\gamma} \right)$$

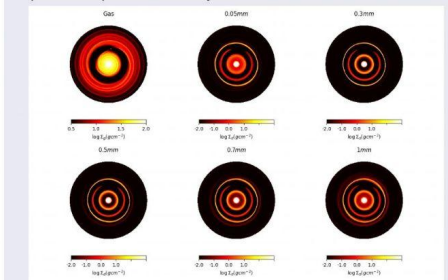
- Normalizovana visina:

$$h = h_c \left(\frac{R}{R_c} \right)^{\nu}$$

- Brzina zvuka (prostiranja longitudinalnih talasa):

$$c_s = \Omega_k h$$

- Sistem simuliran u 2D u FARGO3D softveru sa jednom planetom na 57AU od centra (udaljenost od zvezde do centra praznine).
- Posmatramo evoluciju gasa i pet populacija čestica prašine sa različitim poluprečnicima ($0.05\text{mm} - 1\text{mm}$) tokom 1000 orbita planete od početka simulacije.



Slika 2: Površinska gustina gasa i čestica prašine u sistemu nakon 200 orbita planete od početka simulacije ($\approx 80,000\text{god}$).

- Parametri nastalih struktura su analizirani pomoću normalizovanog radijalnog profila gustine, gdje je širina pronađena kao razlika između vanjske i unutrašnje granice praznine R_{out} i R_{in} , respektivno, koje predstavljaju udaljenosti od centralne zvezde na kojima je površinska gustina smanjena na polovinu vrijednosti na početku simulacije.

Simulacije radijativnog transfera

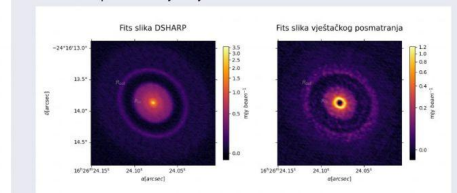
- Kako se prostire zračenje kroz simulirani disk?
- 2D gustina iz simulacija proširena prema jednačini za visinsku gustinu:

$$\rho_g = \frac{\Sigma_g}{\sqrt{2\pi}h} \exp \left(- \frac{z^2}{2h^2} \right)$$

- Korišten DIANA model hemijske strukture čestica prašine (kombinacija silikata, amornog ugljenika i vodenog leda).
- Simulacije radijativnog transfera izvršene u RADMC3D softveru.

Vještačka posmatranja sistema

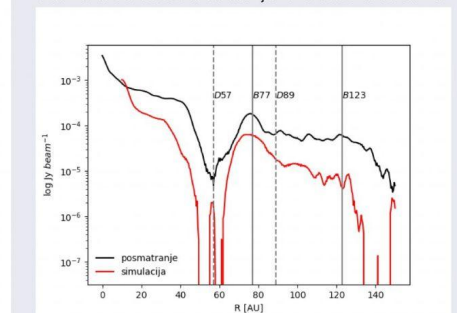
- Kako bi izgledao simulirani disk da ga posmatra radio teleskop ALMA?
- Za pravljenje vještačkih posmatranja korišten programski paket SIMIO u okviru softvera CASA.
- Program koristi *tlean* algoritam za dekonvoluciju slike i podatke o stvarnom posmatranju koje želimo da rekonstruiramo



Slika 3: Lijevo: Snimak stvarnog sistema, desno: vještačko posmatranje simuliranog sistema.

Rezultati i diskusija

- Planeta uspijeva da stvori prazninu i vanjski prsten
- Najbolje poklapanje sa stvarnim sistemom pronađeno nakon 200 orbita planete ($\approx 80,000\text{god}$).
- Procjenjena masa planete $\approx 0.94 M_{Jup}$.
- Simulirani disk je tamniji nego stvarni - potencijalno treba razmotriti drugačiji hemijski sastav u daljem radu.
- U daljem radu je potrebno sagledati 3D hidrodinamičke simulacije sistema kako bi se dobila realističnija visinska struktura sistema.



Slika 4: Poređenje radijalnog profila površinskog osvetljenja stvarnog sistema (crna linija) i vještačkog posmatranja simuliranog sistema (crvena linija).



Seminar of Astronomy

This year overview



Galactic Astronomy & Dynamics

- Dark matter halos and galactic disk warping.
- Galaxy collisions and rotation curves.
- AGN and galactic bar.



Theoretical Physics

- Gravitational wave dynamics in triple black hole systems.
- Cosmology
- Supernova remnant age determination.

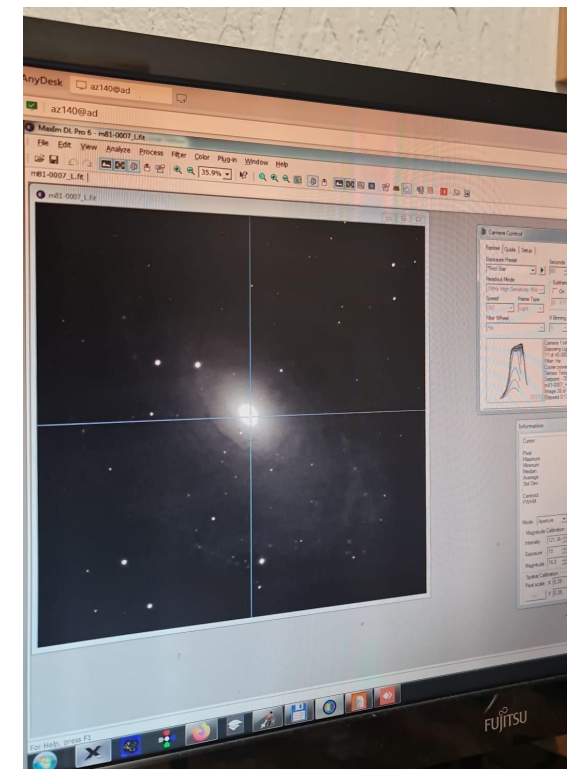


Stellar Physics & Exoplanets

- Transit timing variations in exoplanets.
- Habitable zones in binary star systems.
- Solar magnetic fields and active regions.

Seminar of Astronomy

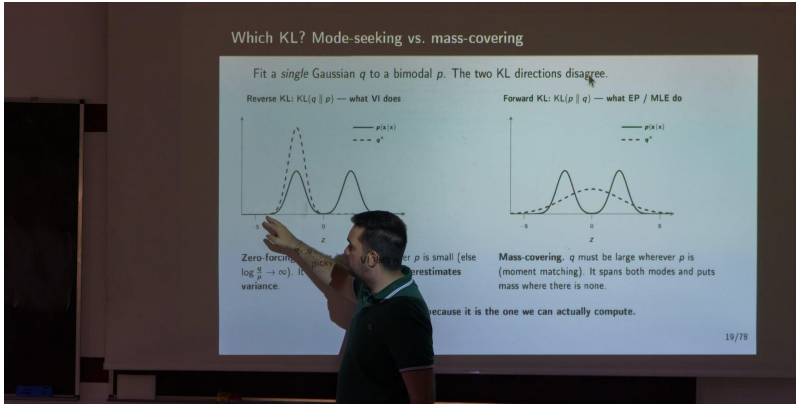
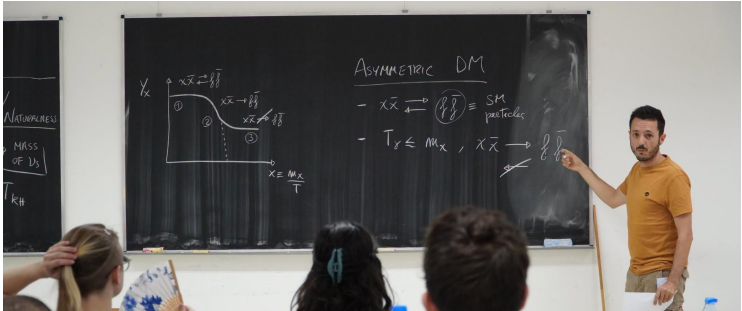
Astronomical Station Vidojevica



Seminar of Astronomy



Petnica Summer Institute



Petnica Summer Institute



Petnica Science Center

That's not all...





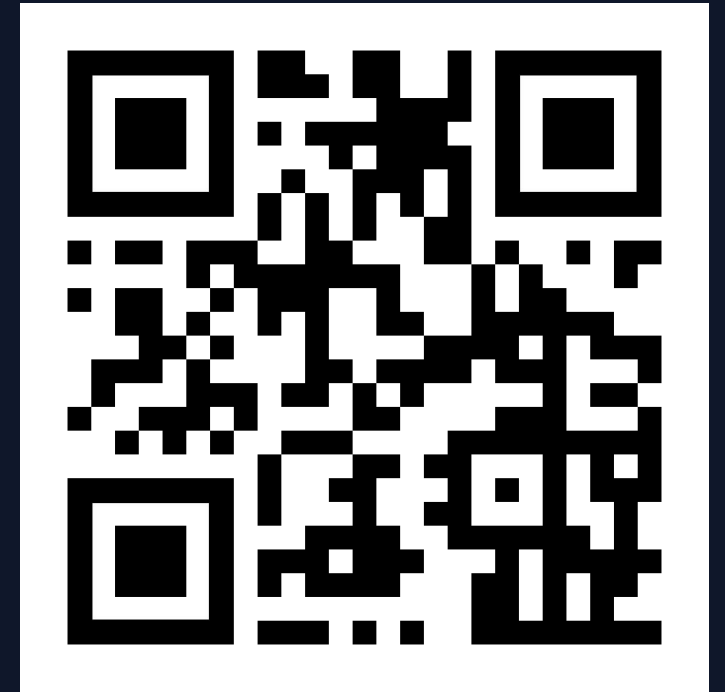
Thank you for attention!



Instagram



Esveske



sajt

Backup slides



Time	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6
08:45 – 10:00		Morning Meeting & Breakfast				
10:00 – 12:00		Elementary Math II	Astronomical Photometry	Newtonian Mechanics	Stellar Structure	Presentations
12:00 – 14:00	Reception (13:00)	Geometrical & Wave Optics	Astronomical Spectroscopy	Newtonian Gravity	Stellar Evolution	
14:00 – 15:00	Lunch					
15:00 – 16:00	Intro & Tour	Discussion A	Discussion C	Newtonian Gravity	The Sun	(Extra)galactic Astronomy
16:00 – 18:00	Elementary Math	Math. Analysis	Telescopes & Detectors	Solar System	Independent Work on Theoretical Concepts	
18:00 – 20:00			Workshop	Gravitational Waves		Intro to Cosmology
20:00 – 21:00	Dinner					
21:00 – 22:00	Hitchhiker's Guide to the Galaxy	Sky Walk & Coordinates	Indep. Work on Theoretical Concepts & Optic Lab	Independent Work on Theoretical Concepts	Beyond the Visible Spectrum	Early Universe
22:00 – 23:00						Final Meeting

Time	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7	Day 8	Day 9
08:45 – 10:00		Morning Meeting & Breakfast							
10:00 – 11:00		Data Proc: Errors	Lecture 1	Detectors	Disc: Coord	Pract III: Thermal Noise	Numerical Math	Distance Ladder	DIY: CCD Image Proc
11:00 – 12:00				Time systems					
12:00 – 13:00	Reception (13:00)	Data Proc: Prob.	Data Proc: Fitting	TP: Coord & Time	Pract II: Gnomon	Work on Reports	Work on Reports	TP: Distances	Num. Simulations
13:00 – 14:00									
14:00 – 15:00	Lunch								
15:00 – 16:00	Intro Meeting	Data Proc: Prob.	Software Tools	Excursion/Pool	Work on Reports	DIY: Python	Spec Lines	Celestial Mechanics	DIY: Diff. Equations
16:00 – 17:00	Math Analysis Review	Data Proc: Stats	Pract I: Pendulum				TP: Lines		
17:00 – 18:00	Math Workshop	Discusion		Work on Reports	Lecture 2		TP: Telescopes		
18:00 – 19:00								DIY: Spectral Lines	DIY: Mars Orbit
19:00 – 20:00									
20:00 – 21:00	Dinner								
21:00 – 22:00	Disc: Math	How to Report?	Report	Report	Summer Games	Report	Report	Report	Final Meeting
22:00 – 23:00									
23:00 – 00:00	Social Block Observation								

Time	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4
09:00 – 10:00	Morning Meeting & Breakfast			
10:00 – 11:00		Work on Mini Projects		
11:00 – 12:00		Work on Mini Projects		
12:00 – 13:00		Astrophysical Observations		
13:00 – 14:00	Reception / Meeting	Spectroskopy		
14:00 – 15:00	Lunch			
15:00 – 16:00	Meeting & Mini Projects	Work on Mini Projects	Numerical astrophysics	Work on Mini Projects
16:00 – 17:00	Discussion of all MSZ		Mini-Project Presentation	
17:00 – 18:00	Work on Mini Projects			Discussion
18:00 – 20:00		Numerical astrophysics	Discussion on Project Proposals by Groups	
20:00 – 21:00				
20:00 – 21:00	Dinner			
21:00 – 23:00	Work on Mini Projects	Work on Mini Projects	Lecture / Panel on Project Proposals	Final Meeting

AST1

2026-2027

March '26

S	M	T	W	T	F	S
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

April '26

S	M	T	W	T	F	S
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		

May '26

S	M	T	W	T	F	S
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

June '26

S	M	T	W	T	F	S
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

July '26

S	M	T	W	T	F	S
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

August '26

S	M	T	W	T	F	S
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

September '26

S	M	T	W	T	F	S
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

October '26

S	M	T	W	T	F	S
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

November '26

S	M	T	W	T	F	S
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

December '26

S	M	T	W	T	F	S
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Poz

Legenda

Seminar

Pregledanje

I MSZ - esej

II MSZ - klatno

III MSZ - python

IV MSZ - udaljenosti

V MSZ - čestica

VI - sveske