

**VEGA**

ISSN 2991-6178

# HORIZONTI

— ZNANSTVENO-EDUKATIVNI ČASOPIS / BR. 18 / RUJAN - LISTOPAD 2026.

## Intervju

dr. sc. Ivica Puljak

## Pomrčina Sunca

Španjolski vatreni prsten

## Astronomija

Mira - čudesna zvijezda

## Promatračka astronomija

Namibija - astroputopis

**ZA IZDAVAČA:**

Astronomsko društvo VEGA  
Ivana pl. Zajca 39, Čakovec  
OIB: 47022126293  
ISSN 2991-6178

**GLAVNI UREDNIK:**

Zoran Novak

**ZAMJENIK GLAVNOG UREDNIKA:**

Dragutin Kliček

**UREDNIŠTVO:**

dr. sc. Dejan Vinković  
Miroslav Smolić  
dr. sc. Igor Gašparić  
Melita Sambolek, prof.  
Karmen Buza Habijan, prof. mentor  
dr. sc. Miljenko Čemeljčić

**AUTOR FOTOGRAFIJE****NA NASLOVNICI:**

Vid Nikolić  
Pomrčina Sunca - Castillo Gormaz, Španjolska

**GRAFIČKO OBLIKOVANJE****I PRIJELOM:**

Dragutin Kliček, Zoran Novak

**LEKTURA:**

Anamarija Puklavec, dipl. uč. hrv. jez.

**KONTAKT:**

vega-horizonti@advega.hr

**ČAKOVEC, RUJAN - LISTOPAD 2026.**

Izlazi dvomjesečno od 2023. godine  
br. 18

Digitalno izdanje  
www.advega.hr

*Suglasni smo da uz navođenje izvora  
i autora kopirate, umnažate i citirate  
sve tekstove objavljene u časopisu.*

# RIJEČ UREDNIKA

## Zoran Novak

Astronomsko društvo Vega



Proteklih nekoliko tjedana ponovno nas je podsjetilo koliko može biti snažan čovjekov interes za nebo. Pomrčina Sunca 12. kolovoza okupila je astronome i zaljubljenike u astronomiju na brojnim lokacijama.

Neki od naših kolega astronoma uputili su se u Španjolsku, tražeći najbolje mjesto za promatranje potpune pomrčine Sunca. Stanovnici Hrvatske također su imali priliku promatrati pomrčinu, doduše kao djelomičnu. Na atraktivnim lokacijama okupio se velik broj ljudi. Jedni su jednostavno željeli doživjeti spektakularan prizor, dok su drugi fotoaparatima pokušavali zauvijek sačuvati trenutak u kojem se Mjesec našao ispred Sunčeva diska. Takvi događaji uvijek iznova pokazuju koliko nas astronomija može povezati. Ljudi različitih generacija, zanimanja i pogleda na svijet okupljali su se oko istog cilja – kako bi promatrali, istraživali i pokušali razumjeti svijet koji ih okružuje. U astronomiji nema mjesta za granice koje smo sami postavili; nebo pripada svima.

Upravo zato posebno teško odjekuje priča koja posljednjih mjeseci dolazi iz Gospića. Dok jedni putuju stotinama ili tisućama kilometara kako bi zajedno promatrali prirodni fenomen, drugi su zbog pohlepe za novcem ostavili iza sebe tisuće tona ilegalno odloženog otpada. Posljedice nisu samo estetske. Stručna vještačenja potvrdila su onečišćenje tla, vegetacije i staništa, kao i prisutnost opasnih kemikalija u podzemnim vodama.

Kontrast je gotovo nevjerovatan. Neki svojim djelovanjem nastoje sačuvati i razumjeti svijet koji smo dobili, dok ga neodgovorni pojedinci zbog kratkoročnog profita ugrožavaju. Upravo u tom trenutku, dok se još bavimo posljedicama ljudske neodgovornosti na vlastitom planetu, čovječanstvo ponovno čini golem korak prema razumijevanju svemira. Iz Floride je prije nekoliko dana uspješno lansiran NASA-in Nancy Grace Roman Space Telescope. Ovaj novi svemirski opservatorij, nazvan po jednoj od pionirki američke svemirske astronomije, krenuo je na put prema svojoj budućoj orbiti oko druge Lagrangeove točke sustava Sunce–Zemlja. Roman će velikim vidnim poljem i infracrvenim instrumentima istraživati tamnu tvar, tamnu energiju, galaksije i egzoplanete te otvoriti prostor za čitav niz novih otkrića. Mogućnost novih otkrića vjerojatno je najljepša strana astronomije. Dok svjedočimo ljudskoj pohlepi i neodgovornosti, postoje ljudi koji zajedničkim snagama grade instrumente pomoću kojih možemo zaviriti milijardama godina u prošlost. Jedni ostavljaju otpad, drugi ostavljaju znanje. Jedni uništavaju bogatstvo koje imamo, drugi pokušavaju otkriti tajne koje još ne znamo.

Na nama je da odlučimo kojem ćemo svijetu pripadati.

## KAZALO

### Zviježđa i grčki mitovi

Labud - Zeusova nebeska maska

4 - 5

### Intervju

dr. sc. Ivica Puljak

6 - 9

### Arheoastronomija

Zagonetka nebeskog diska iz Nebre

10 - 12

### Nebeska mehanika

Rotacije u Sunčevom sustavu

13 - 15

### Astronomija u školama

Kako temperatura određuje boju zvijezda

16 - 18

### Astronomija u školama

Svjetski tjedan svemira

19 - 21

### Atmosferska optika

Gegenschein ili protusjaj

22

### Pomrčina Sunca

Španjolski vatreni prsten

23 - 25

### Izvještaj s manifestacije

Treći „Astro vikend“ u Mostaru

26 - 27

### Izvještaj s manifestacije

Dani meteorita Križevci

28 - 29

### U društvu oblaka

Pijavice i tornada

30 - 31

### Astronomija

Patuljaste galaksije

32 - 33

### Astronomija

Mira - čudesna zvijezda

34 - 37

### Promatračka astronomija

Namibija - astroputopis

38 - 41

### Astronomski kalendar

Karta neba

42 - 43

## Messier 13

Messier 13, poznat i kao Veliki kuglasti skup u Herkulu, jedan je od najpoznatijih kuglastih skupova na sjevernom nebu. Udaljen je oko 22 000 svjetlosnih godina i sadrži nekoliko stotina tisuća zvijezda zbijenih u prostoru promjera oko 145 svjetlosnih godina. Star je približno 12 milijardi godina pa njegove zvijezde pripadaju među najstarije u našoj galaksiji. M13 je pod

tamnim nebom moguće uočiti i prostim okom kao vrlo slabu mrljicu, no tek pogled kroz teleskop otkriva raskoš ovog golemog zvjezdanog skupa. Godine 1974. prema njemu je usmjerena i slavna Arecibova radijska poruka namijenjena mogućim izvanzemaljskim civilizacijama.



Foto: Zoran Novak

## ZVIJEŽDA I GRČKI MITOVI

## Labud - Zeusova nebeska maska

Piše:

Darija Dunjko Manhard, mag. archeol.

U prethodnom broju časopisa upoznali smo zvijezda Vodenjaka (*Aquarius*) i Orla (*Aquila*) čije su priče povezane s Ganimedom, Zeusom i njegovim svetim orlom. Ovoga puta ostajemo u njihovu nebeskom susjedstvu i pogled usmjeravamo prema jednom od najprepoznatljivijih ljetnih zvijezda - Labudu (*Cygnus*). Njih povezuje više od samog položaja na noćnom nebu. Priča o Labudu na određeni način isprepliće s pričom o Orlu pa se ova dva zvijezda ponovno susreću i u grčkoj mitologiji. Zvijezde Labud je lako pre-

poznati po karakterističnom obliku koji podsjeća na pticu raširenih krila u letu, no iza njegova imena ne krije se samo jedna priča. Antički su autori bilježili različite predaje o tome zašto se Labud našao među zvijezdama. Zanimljivo je da sve verzije priča povezuje isti motiv - Zeusov preobražaj u labuda.

**Zeus, Nemezida i nebeska potjera**

Prema jednoj od predaja koju donosi Pseudo-Higin, Zeus se zaljubio u Nemezidu, božicu božanske odmazde,

no ona mu nije uzvraćala naklonost i pokušavala mu je pobjeći. Zeus je zato osmislio lukavstvo. Naredio je Afroditi da se pretvori u orla i počne ga progoniti, dok se on sam pretvorio u labuda. Pretvarajući se da bježi pred orlom, Zeus je pronašao utočište kod Nemezide. Ona ga je prihvatila u svoje krilo, a kada je zaspala, Zeus joj se približio. Nakon toga odletio je visoko na nebo. Ljudi koji su promatrali prizor, vidjeli su labuda kako leti nebom, pa je Zeus, prema ovoj predaji, upravo zbog toga postavio Labuda među zvijezde. Kako

bi priča ostala zauvijek zapisana na nebu, uz njega je postavio i Orla (*Aquila*) koji je prema tom mitu predstavljao Afroditu u obliku te ptice. No, priča tu ne završava. Nemezida je nakon susreta sa Zeusom snijela jaje. Hermes ga je pronašao, odnio u Spartu i položio u Ledino krilo. Iz jajeta se rodila Helena, djevojka čija će ljepota kasnije postati jedan od uzroka Trojanskoga rata. Leda ju je prihvatila i odgojila kao vlastitu kćer. U nekim predajama upravo se zato Nemezida smatra Heleninom pravom majkom, dok je Leda žena koja ju je podigla.

**Leda i labud**

Priča o labudu i Ledi daleko je poznatija priča, često ovjekovječena u likovnoj umjetnosti. Leda je bila lijepa kći etolskog kralja Testija te žena spartanskog kralja Tindareja. Prema priči koju bilježe različiti antički autori, zaljubljeni Zeus joj se približio u obliku labuda. No, osim sa Zeusom, Leda je iste večeri spavala i sa svojim suprugom Tinderejom. Ni u ovoj verziji mita ne postoji samo jedna verzija priče. Antički izvori različito govore o tome tko su bila Ledina djeca i kojem su ocu pripadala. Prema jednoj predaji, Leda je snijela jaje iz kojega su se izlegli blizanci nazvani Kastor i Polideuk, poznati kao Dioskuri, i obojica su bili Zeusovi sinovi. Prema drugoj verziji priče, postojala su dva jaja. Iz jednoga su izašli Polideuk i Kastor, a iz drugoga Helena i Klitemnestra. U toj su verziji Polideuk i Helena bili Zeusova djeca, dok su Kastor i Klitemnestra pripadali Tindareju.

No, postoji i treća verzija mita koja povezuje prethodna dva. Prema toj priči, Zeus je bio s Nemezidom koja je, bježeći od njega, uzela oblik guske. Zeus se tada pretvorio u labuda. Nemezida je nakon njihovog susreta snijela jaje koje je zatim doneseno Ledi. Iz njega se rodila Helena, a Leda ju je odgojila kao svoju kćer. Zbog svega toga teško je govoriti o jednoj, točnoj verziji mita. Za antičku



Zvijezde Cygnus sa susjednim zvijezdama s vidljivim tzv. „Ljetnim trokutom“ koji tvore zvijezde Deneb, Vega i Altair

mitologiju bilo je sasvim uobičajeno da ista priča postoji u više oblika, ovisno o autoru, vremenu i mjestu na kojem je bila pripovijedana. Ledina djeca zauzimaju važno mjesto u grčkoj mitologiji – Helena je postala možda i najpoznatija žena antičkog svijeta. Prema pričama, njena otmica bila je povod Trojanskog rata, a Klitemnestra je postala supruga mikenskog kralja Agamemnona i jedna od važnijih osoba u pričama o povratku Grka iz Troje. A Dioskuri, braća Kastor i Polideuk? Njihovu ćete priču saznati u sljedećem broju časopisa.

**Zvijezde Labuda na nebu**

Zvijezde Labuda (*Cygnus*) jedno je od onih rijetkih zvijezda čiji oblik podsjeća na ono što predstavlja. Uz malo mašte u njegovu se rasporedu sjajnih zvijezda može prepoznati labuda raširenih krila u letu i dugoga vrata ispruženoga prema naprijed. Zbog karakterističnog oblika Labud je jedno od lakše prepoznatljivih

zvijezda ljetnoga neba, a nalazi se u području kroz koje prolazi Mliječna staza. Najsajnija zvijezda zvijezda je Deneb, koja se nalazi na repu zamišljenoga labuda. Ime joj dolazi od arapske riječi koja označava rep, što odgovara njezinu položaju unutar zvijezda. Unatoč golemoj udaljenosti, vidimo je kao vrlo sjajnu zvijezdu jer je riječ o iznimno sjajnom superdivu. Deneb je ujedno jedna od triju zvijezda koje čine poznati Ljetni trokut. Uz njega se nalaze Vega u zvijezdu Lire (*Lyra*) i Altair u zvijezdu Orla (*Aquila*). Ljetni trokut nije zasebno zvijezde, već velika i lako uočljiva skupina zvijezda koja tijekom ljetnih mjeseci predstavlja jedan od najjednostavnijih načina za snalaženje na noćnom nebu. Kada pronađemo Deneb, nije teško uočiti ni samog Labuda, a tada se lako prisjetiti i njegova mitološkoga značenja. Bilo da u njemu vidimo Zeusa koji je preuzeo lik labuda ili se prisjetimo drugih antičkih predaja koje su ovom nebeskom liku dale njegovo mjesto među zvijezdama.



Leda i labud na apulijskom crvenofiguralnom loutrophorosu, 4. st. pr. n. e., The J. Paul Getty Museum, Malibu

Apolodor, *Knjiga grčke mitologije*, Zagreb 2004. (prijevod Igor Brajković)

P. Ovidije Nazon, *Metamorfoze*, Zagreb 2008. (prijevod Tomo Maretić)

Robin Kerrod, *Tales of the Night Sky*, New York 2020.

Ian Ridpath, *Astronomy: A Visual Guide*, New York 2018.

Robert Scott Smith i Stephen M. Trzaskoma, *Apollodorus' Library and Hyginus' Fabulae: Two Handbooks of Greek Mythology*, Indianapolis 2007.

## INTERVJU

## dr. sc. Ivica Puljak

## Moderna znanost danas je fantastičnija od znanstvene fantastike

Piše:

Dragutin Kliček

Dr. sc. Ivica Puljak hrvatski je fizičar, sveučilišni profesor te dugogodišnji znanstvenik koji već desetljećima sudjeluje u znanstvenim istraživanjima u CERN-u, najvećem svjetskom laboratoriju za fiziku čestica. Bio je dio međunarodne znanstvene zajednice koja je sudjelovala u otkriću Higgsova bozona, jednom od najvažnijih znanstvenih dostignuća 21. stoljeća. Široj javnosti poznat je i po svom političkom angažmanu te obnašanju dužnosti gradonačelnika Splita. No, kada ga pitate kako bi se sam predstavio, njegov je odgovor vrlo jednostavan. Prije svega, on je znanstvenik i profesor na fakultetu, a tek na kraju – političar. Prilikom njegovog boravka u Čakovcu, iskoristili smo priliku za intervju u kojem smo doznali više o CERNU, ali i o politici te teorijama zavjere.

“Politika radi s ljudima, a ljudi su nepredvidivi, ne daju se izračunati”, istaknuo je naš sugovornik na samom početku razgovora. Prvo pitanje pak se nekako nametnulo samo, a vezano je uz CERN. Veliki hadronski sudarač (LHC) je eksperiment koji traje od 2010. godine, dakle već 25 godina i prolazi kroz goleme promjene, a naš sugovornik je “do grla” u tome.

**Za početak, CERN.****Što se događa tamo?**

Kad smo utemeljili CMS detektor, koji smo 30 godina razvijali, znali



dr. sc. Ivica Puljak drži predavanje u TICM-u, Čakovec

smo da će jedan dio tehnologije biti uništen zbog velike količine zračenja koja se događa u detektoru. Kad se protoni sudaraju na ogromnim energijama, oni proizvode zračenje u jednom dijelu prostora, a znamo da detektori ne mogu to izdržati. To se i dogodilo, nisu više mogli izdržati te ih moramo zamijeniti novom generacijom boljih, bržih i preciznijih detektora. Sada ćemo jedan dio koji košta 500 milijuna eura zamijeniti novom generacijom detektora koja stoji oko 100 milijuna eura. To je nova generacija visokogranularnih detektora koji imaju 6 milijuna elektroničkih kanala te uzimaju podatke brzinom 40 milijuna puta u sekundi. Da vam to

pobliže dočaram, količina podataka koja cirkulira našim detektorom jednaka je preuzimanju cijelog Netflixovog kataloga filmova u samo jednoj sekundi. Druga stvar je da smo pronašli Higgsov bozon, odnosno jednu specijalnu česticu koja dosad nije pronađena. Riječ je o takozvanoj skalarnoj čestici. Kako je specijalna i zaista ima veliki potencijal, sada je vrlo precizno proučavamo. Pred nama je potraga za događajem u kojem nastaju dva Higgsova bozona istovremeno i to je ono na čemu trenutno radim.

**Isplati li se ulagati toliko novca u jedan znanstveni projekt?**

To su cifre teško zamislive za jed-

nog prosječnog čovjeka, ali svaki euro uložen u znanost vraća se deseterostruko. Velik broj patenata kreiran je zahvaljujući CERN-u i ne samo da će čovječanstvo od toga imati korist u budućnosti, već je ima i sada. Jedan od načina na koji se razvijaju nove tehnologije jest da kroz fundamentalnu znanost, koja širi granice našeg znanja, morate konstruirati instrumente koji još ne postoje, čime inovirate i stvarate nove stvari.

**Gdje je u tome Hrvatska?**

Naši znanstvenici sudjeluju ravnopravno u eksperimentima jer je Hrvatska pridružena članica CERN-a. Zeljeli bismo da Hrvatska postane punopravna članica CERN-a, što bi nam otvorilo još više mogućnosti. Sljedeći korak bi bilo punopravno članstvo Hrvatske u CERN-u, jer su, recimo, Srbija i Slovenija punopravne članice, dok Hrvatska još nije i nadamo se da će naš sljedeći korak ići u tom smjeru.

**Koliko od toga realno mi možemo iskoristiti? Ima li dovoljno zainteresiranih tvrtki u Hrvatskoj te prostora za razvoj?**

Ima, ali pogledajte što nam se dogodilo. CERN ima filozofiju prema kojoj zemlje plaćaju članarinu koja je proporcionalna njihovom bogatstvu. Hrvatska tako plati

milijun eura. CERN kao organizacija mora kupovati od najjednostavnijih predmeta do vrlo kompleksnih stvari. Rade se javne nabave na koje se prijavljuju tvrtke, a CERN vodi računa o tome da zemlje dobiju nazad otprilike toliko koliko su platile. Nema smisla da jedna zemlja plati puno, a dobije malo. Naše se tvrtke ne mogu više javljati na natječaje jer smo iscrpili milijun eura. Kad bi Hrvatska davala više, to bi otvorilo još više prostora našim tvrtkama da sudjeluju. Ima tvrtki koje bi mogle sudjelovati u istraživanju i razvoju kako bi poboljšale svoje procese, a samim time bi sutra poboljšale neke od svojih proizvoda koji bi se prodavali na međunarodnim tržištima

**Kako gledate na znanost danas?**

Živimo u jednom jako uzbudljivom dobu gdje grabimo prema naprijed. Stvari će se i dalje ubrzavati te će biti sve zanimljivije i zanimljivije. Naravno da one nose izazove, od izazova našeg individualnog svakodnevnog života do izazova s kojima se suočavaju društva u cjelini. Mislim da nas u sljedećih 10 - 30 godina čekaju izvanredne stvari. Društva koja su spremna učiti, brzo se mijenjati, inovirati, bolje će proći u tom vremenu, ali tako je uvijek i bilo. Čeka nas dosta izazova na polju

zapošljavanja jer će umjetna inteligencija zasigurno omogućiti da se određeni poslovi zamijene drugima. Na nama je da se dovoljno brzo prilagodimo i da kao pojedinci uložimo u znanje i tehnologiju, kako bismo mogli biti konkurentni na tržištu rada i brže se mijenjati. S druge strane, oni koji vode društvo morali bi ga organizirati tako da ljudima omoguće brže pronalaženje drugih poslova i mogućnost transformacije vlastitih poslova. Ako se to dogodi, ova će tehnološka revolucija biti uspješna. Što će se dogoditi dugoročno, zanimljiva je tema za raspravu, no prilično je spekulativna. Gotovo sam siguran da će na kratki rok to biti poprilično pozitivno, naročito za one koji se brzo adaptiraju.

**Koja bi trebala biti uloga politike?**

Politička je odgovornost važna. Što se tiče naše politike, nisam baš previše optimističan jer se mi konstantno bojimo promjena koje bi naše društvo učinile boljim društvom, kojima bi, recimo, meritokracija bila glavni mehanizam za promjene. Nažalost, nismo uspostavili meritokraciju, nego vladu klijentelizam kao glavni model oblikovanja društva. Važnije je biti član neke stranke nego nešto znati. Dugoročno, to sigurno nije dobro i moramo težiti promjenama da bismo bili bolji.

**Živimo u okruženju teorija zavjere. Budući da za svaki događaj postoji neka alternativa, teorije zavjere niču na sve strane. Zašto je tome tako?**

Postoje višestruke odgovornosti. Jedna od njih je odgovornost politike da ne daje previše prostora tome, tamo gdje može. Naravno, mi živimo u slobodnom društvu i na društvenim mrežama ljudi mogu svoje ideje širiti koliko i kako žele. No, društvo bi trebalo biti odgovornije. Recimo, jedan dobar primjer je HTV-ova emisija “Na rubu znanosti”, emisija koja ne bi trebala imati prostora u jav-



dr. sc. Ivica Puljak u posjeti zvjezdarnici u Savskoj Vesi.

nom servisu. Ona može biti prikazivana na privatnim televizijama, ali ne na javnoj televiziji. Mislim da to zaista pokazuje koliko loše radimo neke stvari. Naravno, ima i pozitivnih primjera te emisija koje šire dobre ideje, ali to je do odgovornosti politike i ljudi koji upravljaju društvom.

### Postoji i odgovornost znanstvenika.

Mi bismo morali biti puno, puno odgovorniji prema širenju ideja te biti prisutniji u javnosti, premda je to neugodno i nije lako. Prvo, morate odvojiti jedan dio svog vremena, a često se dogodi da znanstvenici nemaju vremena. Ako želite biti kompetitivni na svjetskoj razini, morate jako puno raditi i onda je teško pronaći vremena za javnost, ali moramo to napraviti. Drugo, to nije uvijek ugodno jer ćete se ponekad morati suočiti s neugodnim situacijama u životu. Ne smijemo uvijek težiti ugodi. Naprijed nas neće voditi ugoda, već širenje ideja. Ako u jednom društvu i u društvenom prostoru prevladavaju loše ideje, šarlatanstvo, populizam, pseudoznanost, teorije zavjere, naravno da će ljudi te ideje shvaćati ozbiljno i počet će im vjerovati. Moramo se truditi da u javnom prostoru ima dobrih ideja, znanstvenih teorija i eksperimenata te pravog znanja koje se širi, kako bi ljudi mogli to

usvojiti. Uvijek apeliram na svoje kolege da iskorače u javni prostor, da šire ideje. Nije dovoljno samo staviti ideje na raspolaganje, treba ih javno implementirati u društvo. Velika je razlika kada kažeš: "Mislim da to treba napraviti", očekujući da će to netko drugi napraviti u odnosu na: "Mislim da to treba napraviti i dat ću svoj doprinos da se to i ostvari." Drago mi je što su Vega Horizonti jedan od tih mostova. Mislim da nam još nedostaje onaj segment TikToka, Instagrama, Facebooka, pogotovo prema mlađim generacijama. Doduše, imamo Mišaka na HRT-u, i to je odraz prividne, ali pogrešne demokratičnosti.

### Mora li onda demokracija u jednom trenu prestati biti demokratska kako bi zaštitila neke svoje vrijednosti?

Ne mislim da je to demokracija. Demokracija ne znači da svatko ima istu mogućnost i isti prostor za širenje svih mogućih ideja. To nije demokracija, već anarhija. Demokracija znači da se neće nikome ništa dogoditi ako u javnom prostoru kaže da je Zemlja ravna te da zbog toga nitko neće završiti u zatvoru. Međutim, ako vam netko daje prostor da vi tu ideju širite te ljudi imaju osjećaj da je to otprilike slična ideja kao ona da je Zemlja okrugla, to nije dobro. Javni servisi ne bi trebali davati prostor

pseudoznanosti jer je to štetno za društvo. To dobro primjenjujemo u širenju pseudozdravstvenih ideja koje su vezane za medicinu. Nećete vidjeti na HTV-u da netko priča o liječenju raka viskom ili magijom. Neće se vidjeti reklame za pseudolijekove jer znamo da je to štetno za zdravlje. S druge strane, puštamo ljude da šire besmislene ideje. Time neće proizročiti neku katastrofu, ali to nije dobro zato što time obeshrabrujete ozbiljne ljude da sudjeluju u širenju dobrih ideja. Često sam bio pozvan da dođem diskutirati s nekim tko širi pseudoznanstvene ideje. Naravno, tada sam bio u dilemi bih li trebao u tome sudjelovati. Međutim, tu ima argumenata "za" i "protiv". Ako sudjelujete u diskusiji s nekim pseudoznanstvenikom, onda izgleda kao da ste vi na istoj razini s njim. Vi koji ste 30 godina radili mukotrpno, razvijali svoje ideje, testirali ih i nasuprot vama neko tko onako izvadi "iz prsta" neku ideju i kaže: "Ja mislim da je to tako." Nije to ekvivalentno. S druge strane, ako odbijete kontinuirano sudjelovati u takvim stvarima, onda su samo njihove ideje u javnom prostoru. Zato treba biti pažljiv i odvažniji. Ali da se vratim na ono početno pitanje, ja ne mislim kako demokracija podrazumijeva da svatko može raditi apsolutno šta ga je volja. Slobodno društvo znači da se neće nikom ništa dogoditi ako kaže nešto što nekome drugom nije po volji, osim ako širi mržnju i poziva na nasilje. To ne znači da je sve dopušteno jer postoji opasnost od anarhije.

### Kad smo kod teorija zavjera, imali smo situaciju kad je Artemis lansiran, puno je ljudi reklo da ne vjeruje u to. Što se promijenilo u razmišljanju ljudi tijekom 50 - 60 godina, od zadnjeg lansiranja, od misije Apolla do Artemisa?

Danas u svijetu uglavnom prevladavaju negativne vijesti. To je zbog toga što se mediji mora-

ju boriti za pažnju ljudi, a zna se da je najlakše privući pozornost negativnim stvarima. Uzrok je u tome što smo mi evolucijski naviknuti bojati se svega. Taj strah nam čini da se koncentriramo na ono što ugrožava naš život i što je negativno. Poznato je da za jednu negativnu vijest treba pet pozitivnih vijesti da je anulira. I danas u svijetu prevladavaju negativne vijesti, dok su 60-ih godina prošlog stoljeća prevladavale pozitivne vijesti. Treba napomenuti da se u svijetu danas, u ovom trenutku, događa puno više pozitivnih stvari nego negativnih. Jedan dio ljudi vjerojatno je zbog toga uvijek podozriv, a s druge strane možda krivi nekoga imaginarnog za probleme u svom životu. Takvi

su pojedinci nezadovoljni i nalaze utjehu u raznim teorijama zavjere koje su jednostavnije za percipirati. Teže je razumjeti koja je fizika i tehnologija odlaska na Mjesec. Iako, treba napomenuti da puno više ljudi to prati s pozitivne strane nego s negativne, samo što su ovi s negativne strane dosta glasni pa nam se čini kao da ih ima puno više. Ima i ljudi koji su ravnopozemljaši, s njima ne možete diskutirati jer im se način razmišljanja bitno razlikuje od našega. Tu je i popriličan broj onih koji su zbunjeni, koji ne znaju je li nešto točno ili nije. Radi njih je uvijek dobro objašnjavati.

### Znanost kao znanstvena fantastika. Spomenuli ste dobre vi-

**jesti, ajmo se okrenuti prema njima. Ima ih puno, pogotovo u znanosti i astronomiji.**

Moderna znanost je danas fantastičnija od znanstvene fantastike. Prije 50 godina zamišljali smo svašta, a ovo što se danas događa u svijetu, fantastičnije je od toga. Moderna znanost napreduje brzo i otvorila je toliko puno različitih horizonata, od ispitivanja ekstremnih uvjeta na početku svemira do ispitivanja onoga što se događa u našoj galaksiji, u našem Sunčevom sustavu, između galaksija u cijelom svemiru... A što se tek događa u biologiji, kemiji, kvantnoj fizici, energetici... Svi ti današnji eksperimenti koji se najavljuju ili već provode, nisu više znanstvena fantastika, to je budućnost. James Webb teleskop, instrumenti za gravitacijske valove, LIGO detektor koji imamo, detektori crne tamne materije, detektori neutrina... To što se danas događa u modernoj znanosti je znanstvena fantastika, a ono što se najavljuje za sljedećih nekoliko godina i do nekoliko desetljeća, a što će se sigurno dogoditi jer se događa sukcesivno, isto je tako apsolutna znanstvena fantastika. Ljudima uvijek govorim neka se pretplate na New Scientist ili neka čitaju Vega Horizonte umjesto da gube svoje vrijeme i živce na pseudoteorije, pseudoznanost. Tamo nema loših vijesti, sve što se može pročitati, provjereno je i točno. Katkad se može pojaviti i pokoja spekulacija, no to je "pametna" spekulacija. Naravno, znanstvenici također spekuliraju o stvarima koje još treba otkrivati, ali to su pametne spekulacije bazirane na znanju, a ne na šarlatanstvu. Budući da svi mi imamo ograničeno vrijeme, trebali bismo birati edukativno-znanstvene časopise, pratiti neke od ozbiljnijih kanala na društvenim mrežama, slušati ljude koji su posvećeni znanosti. Izaberemo li znanost, živjet ćemo u svijetu koji nije lažan, koji je stvaran, optimističan te iznimno zanimljiv.



dr. sc. Ivica Puljak u posjeti zvjezdarnici u Savskoj Vesi.



dr. sc. Ivica Puljak s primjerkom časopisa Vega horizonti br. 16 u kojem se nalazi njegov tekst o CERN-u.

## ARHEOASTRONOMIJA

## Zagonetka nebeskog diska iz Nebre

Piše:

Nikola Strah, dipl. ing. fizike

Zamislamo na trenutak krajolik u središnjoj Njemačkoj prije 3 600 godina. Večer je, Sunce tone prema horizontu, a nad obližnjom rijekom spušta se magla. Na brdu gori vatra. Oko nje stoje ljudi; jedan nosi mač, drugi dragocjen brončani predmet. Možda dovode životinju, možda odjekuje glazba, a netko izgovara riječi koje više nikada neće moći čuti. Tada se događa nešto neobično. Predmet čija je izrada možda trajala tjednima, od metala dopremljenog preko velikih udaljenosti, polaže se u zemlju. Možda je pret hodno namjerno oštećen, možda polaganje prate molitve ili obredne riječi izgubljene u vremenu. Ljudi potom odlaze, a predmet ostaje. Je li to bio dar božanstvu, obred kojim se obilježavao kraj rata ili počast precima? Time završava jedno poglavlje priče stare tisuće godina. No, sama priča nije završena.

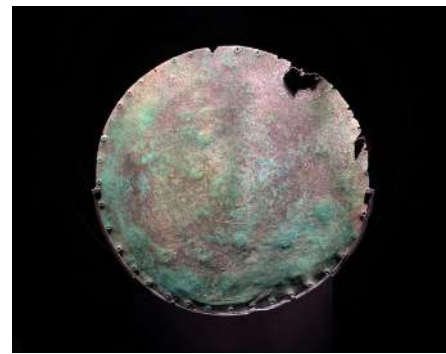
## Povratak u brončano doba

Preskočimo gotovo 3 600 godina. Dana 4. srpnja 1999., u njemačkoj saveznoj pokrajini Saskoj-Anhaltu, nedaleko od gradića Nebre, šezdesetak kilometara zapadno od Leipziga, ljeto je sparno i teško. U šumi na brdu Mittelbergu gotovo da nema vjetra. Temperatura se penje prema trideset stupnjeva, a vlažan zrak najavljuje pljusak. Toga dana dvojica ilegalnih tragača metalnim detektorom nailaze na predmet koji isprva smatraju dijelom staro-



Slika 1

Slika 1. Prednja strana nebeskog diska iz Nebre, izloženog u Zemaljskom muzeju za prapovijest u Halleu u Njemačkoj; Slika 2. Stražnja strana nebeskog diska iz Nebre. Fotografija: autor



Slika 2

ga štita. Osim tajanstvenog diska, dvojica pljačkaša otkrivaju i dva brončana mača, dvije sjekire, dljeto i ulomke spiralnih narukvica. Već sljedećeg dana cijeli nalaz prodaju trgovcu iz Kölna, a predmeti ubrzo završavaju kod para koji se bavio preprodajom ukradene robe. Uslijedila je policijska akcija u kojoj je važnu ulogu imao zemaljski arheolog Harald Meller - ime koje ćemo još susresti. Preprodavači su namamljeni na sastanak na kojem se Meller predstavio kao zainteresirani kupac. Čim je potvrdio da je disk autentičan, policija ih je uhitila i osigurala ostale predmete iz istog arheološkog nalaza.

## Predmet koji je preživio četiri tisućljeća

Kakav je to predmet koji otad ne prestaje fascinirati arheologe, astronome i javnost, osobito posjetitelje Zemaljskog muzeja za prapovijest u Halleu, gdje je danas

izložen? Kao što vidimo na slikama 1. i 2., riječ je o gotovo kružnom brončanom disku promjera oko 32 cm i mase oko 2 kilograma. U sredini je deo 4,5 mm, a prema rubu se stanjuje na približno 1,7 mm. Prekriven je karakterističnom zelenkastom patinom i brojnim zlatnim aplikacijama. Na njemu je vidljivo i oštećenje koje su prilikom nestručnog iskopavanja sjekrom prouzročili sami pljačkaši. Za astronomiju je posebno važna činjenica da se najvjerojatnije radi o najstarijem poznatom konkretnom prikazu astronomskih pojava. Sam metal nije moguće datirati metodom radiokarbonskog datiranja, ali na jednom od mačeva iz istog nalaza sačuvani su ostaci brezove kore. Njihovo datiranje, zajedno s analizom ostalih predmeta, pokazuje da je cijeli nalaz zakopan oko 1600. godine pr. Kr. Disk je, međutim, nastao ranije i tijekom uporabe više je puta mijenjan dodavanjem no-



Slika 3. Prikaz različitih faza diska iz Nebre u kojima su dodavane razne aplikacije na disk (Izvor: Meller, str. 151, u Meller (izd.): Time is Power. Who makes time?)

vih zlatnih elemenata. To pokazuje da je desetljećima, možda i stoljećima, imao važnu astronomsku ili ritualnu ulogu, a možda, što je vrlo moguće, obje funkcije. Njegova se izrada najčešće smješta u 18. ili 17. stoljeće pr. Kr. Na temelju mjesta nalaska te geografske i vremenske povezanosti s drugim važnim nalazima, disk se pripisuje tzv. unjatičkoj kulturi, nazvanoj po češkom mjestu Únětice. Ta se kultura ranog brončanog doba prostirala područjem današnje istočne i središ-

nje Njemačke, Poljske i Češke. Od lipnja 2013. Nebeski disk iz Nebre nalazi se na UNESCO-vom popisu Pamćenje svijeta.

O disku iz Nebre napisani su brojni članci i knjige, no pogledajmo njegovu astronomsku stranu. Gotovo je sigurno da prikazuje nebeske objekte. Mnogo je teže odgovoriti što ti prikazi znače i čemu je disk služio. Je li bio kalendar, ritualni predmet, pomagalo za pamćenje ili tek simboličan prikaz neba?

Njegovim značenjem posebno su

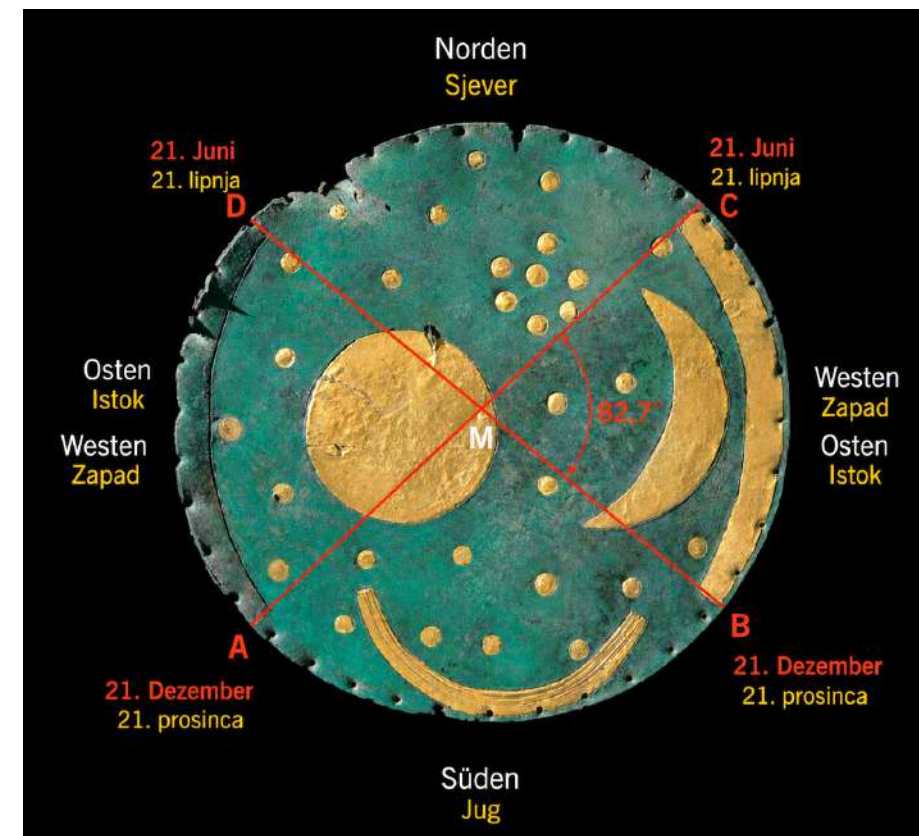
se bavili arheolog Harald Meller i arheoastronom Wolfhard Schlosser. Njihova je interpretacija široko prihvaćena, premda rasprava nipošto nije završena.

## Sunce, Mjesec i Plejade

Na disku se nalazi veliki zlatni krug koji bi mogao predstavljati Sunce ili puni Mjesec, možda i oboje, te veliki zlatni srp koji se najčešće tumači kao Mjesec. Tu su i 32 zlatne točke, vjerojatno zvijezde, među kojima se ističe skupina od sedam točaka. Prema najraširenijoj interpretaciji, riječ je o Plejadama (slika 3).

Problem je što je disk iz Nebre jedinstven predmet: ne postoji drugi dovoljno sličan nalaz za izravnu usporedbu. Moguće je stoga predložiti više uvjerljivih tumačenja, ali ih je teško dokazati. Disk možemo promatrati u kontekstu unjatičke i drugih brončanodobnih kultura, no konačni zaključci ostaju hipoteze. Tijekom uporabe disk je više puta mijenjan. U jednoj su fazi na lijevom i desnom rubu dodana dva zlatna luka od zlata drukčijeg podrijetla od onoga korištenog u početnoj fazi. Pritom je jedna zlatna točka premještena, dvije su prekrivene, a jedan je luk poslije, možda namjerno, uklonjen.

Ta se dva luka najčešće tumače kao prikazi horizonta, odnosno raspona položaja izlaska i zalaska Sunca između zimskog i ljetnog solsticija na geografskim širinama središnje Njemačke. Gledano iz središta diska, zatvaraju kut od približno 82 stupnja. Ako je to tumačenje točno,

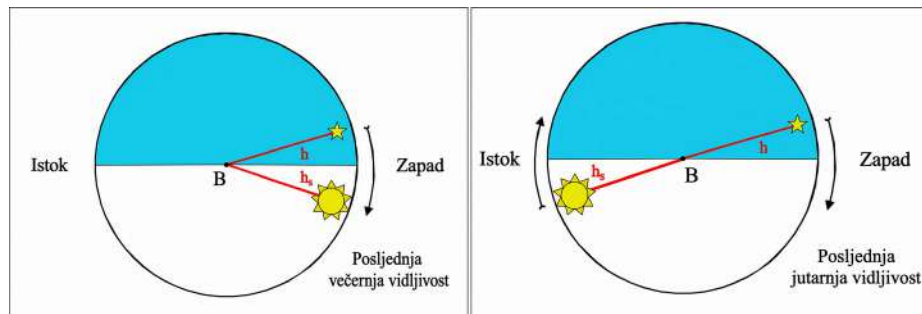


Slika 4. Bočni lukovi označuju dijelove obzora na kojima između solsticija dolazi do izlaska i zalaska Sunca (Izvor: Meller, str. 153, u Meller (izd.): Time is Power. Who makes time? Hrvatski prijevod autor uz pomoć ChatGPT)

disk je vjerojatnije bio pomagalo za pamćenje astronomskog znanja nego precizan mjerni instrument ili kalendar (slika 4.) Na donjem dijelu poslije je dodan još jedan zlatni luk. Zbog drukčijeg izgleda, urezanih žljebova i drukčijeg zlata, najčešće se tumači kao Sunčeva barka koja simbolično putuje sa zapada prema istoku. Slični motivi poznati su iz bronzanodobnih kultura Sredozemlja i Skandinavije, iako je prikaz na disku iz Nebre jedinstven. Postoje i druga tumačenja, primjerice da prikazuje srp ili neki drugi predmet. U posljednjoj fazi uz rub diska izbušeno je 39 rupa promjera oko tri milimetra. Vjerojatno je disk tada bio pričvršćen na podlogu i korišten kao ritualni predmet.

### Kalendar, obred ili prikaz neba?

Što, dakle, znače svi ti prikazi? Ako sedam grupiranih točaka prihvatimo kao Plejade, Meller i Schlosser su pokazali da se posljednji vidljivi zalazak Plejada na zapadu, prije nego što nestanu u Sunčevoj svjetlosti, vidi sredinom ožujka, a granično vidljivi jutarnji zalazak Plejada na zapadu, u vrijeme početka zore, krajem sredinom listopada. Ti su datumi mogli označavati važne trenutke poljoprivredne godine – početak proljetnih radova i završetak jesenske žetve (slika 5.). No, tu počinju problemi. Zašto bi sedam točaka predstavljalo Plejade kada se golim okom obično jasno vidi šest zvijezda? U grčkoj

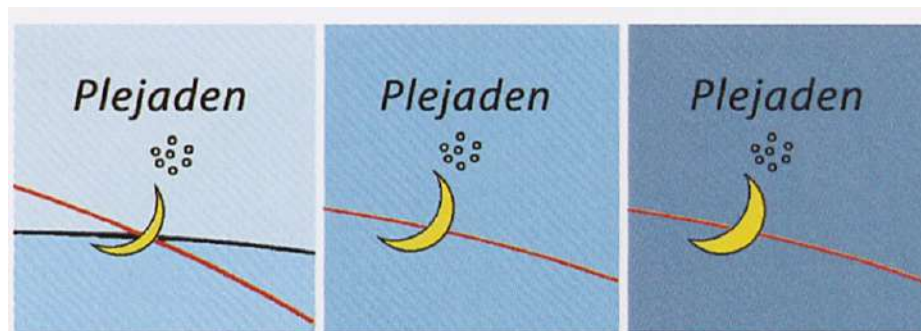


Slika 5. Posljednja večernja vidljivost Plejada sredinom ožujka, i posljednja jutarnja vidljivost sredinom listopada. Izvor: Steinrücken, B., mrežno izdanje, pristupljeno 18. 8. 2026. [https://www.liesbethbisterbosch.org/paps/docs/350\\_Burkhard-Steinrucken\\_6849.pdf](https://www.liesbethbisterbosch.org/paps/docs/350_Burkhard-Steinrucken_6849.pdf)

i babilonskoj tradiciji Plejade su povezivane sa sedam zvijezda i nazivane „sedmozviježdem“, ali takvi su nazivi pouzdano potvrđeni tek mnogo kasnije od nastanka diska. Astronom Ralf Hansen predložio je drukčije tumačenje. Prema njemu, disk je mogao biti podsjetnik za usklađivanje Sunčeve i Mjesecove godine u lunisolarom kalendaru. Položaji Mjeseca navodno bi upućivali na pravilo za povremeno dodavanje prijestupnog mjeseca, dok bi zlatni srp predstavljao Mjesec star približno tri dana (slika 6.) Zanimljiva paralela postoji u babilonskom astronomskom tekstu MUL.APIN, zapisanom stoljećima nakon nastanka diska. U njemu se položaj Mjeseca u odnosu na Plejade početkom godine koristi pri određivanju treba li dodati još jedan mjesec. Iako je sačuvani tekst mnogo mlađi, neki njegovi astronomski podaci odgovaraju nebu drugog tisućljeća prije Krista. Iako je moguće pretpostaviti postupni prijenos astronomskog znanja iz

Mezopotamije u srednju Europu, za takvu poveznicu ne postoje izravni dokazi. Sam disk gotovo je sigurno pripadao osobi visokog društvenog položaja. Astronomsko znanje moglo je vlasniku davati poseban autoritet, a podrijetlo metala svjedoči o dalekosežnim trgovačkim vezama. Bakar je dolazio iz alpskog prostora, dok su pojedini metali i zlato povezani s Transilvanijom i Cornwallom. Europa bronzanog doba očito je bila snažno umrežena, možda i posredno s područjima Sredozemlja i Bliskog istoka. U široj okolini Nebre pronađeni su veliki grobni humci povezani s društvenom elitom, kao i mnogo stariji kružni zemljani i drveni kompleksi ritualne, a vjerojatno i astronomske funkcije. Oni pokazuju da promatranje neba u tom dijelu Europe ima mnogo dublje korijene od samog diska.

Astronomija je vjerojatno jedna od najstarijih ljudskih znanosti. Disk iz Nebre pokazuje koliko su promatranje neba, praktično znanje, religija i društvena moć u prapovijesti mogli biti povezani. Njegova priča još nije završena: njime se i dalje bave arheolozi, arheoastronomi, metalurzi i drugi stručnjaci. Ipak, znanstvene rasprave teško mogu zamijeniti osjećaj susreta sa samim predmetom. Pred nama je objekt star gotovo četiri tisućljeća na kojem je netko pokušao sačuvati znanje o nebu. Možda nije bio opservatorij ni precizan astronomski instrument, ali je gotovo sigurno bio materijalni izraz ljudske potrebe da promatra, razumije i pamti nebo.



Slika 6. Prikaz konjunkcije Mjeseca i Plejada. Ako se prvoga dana proljetnog mjeseca mladi Mjesecov srp nalazi uz Plejade, riječ je o običnoj godini. Sljedeće godine Mjesec do Plejada stiže drugoga, a treće godine tek trećega dana, kada je srp već vidljivo deblji. Tada je potrebno umetnuti prijestupni mjesec. Srp na disku iz Nebre označava trenutak za tu korekciju kalendara, prema Hansenu. Izvor: Hansen, R.; Rink, C. (2008). *Acta Praehistorica et Archaeologica* 40, 93 – 126.

## NEBESKA MEHANIKA

# Rotacije u Sunčevom sustavu

## Zašto se planeti i Sunce vrte te kako je njihova rotacija oblikovala svijet koji danas vidimo?

Piše:

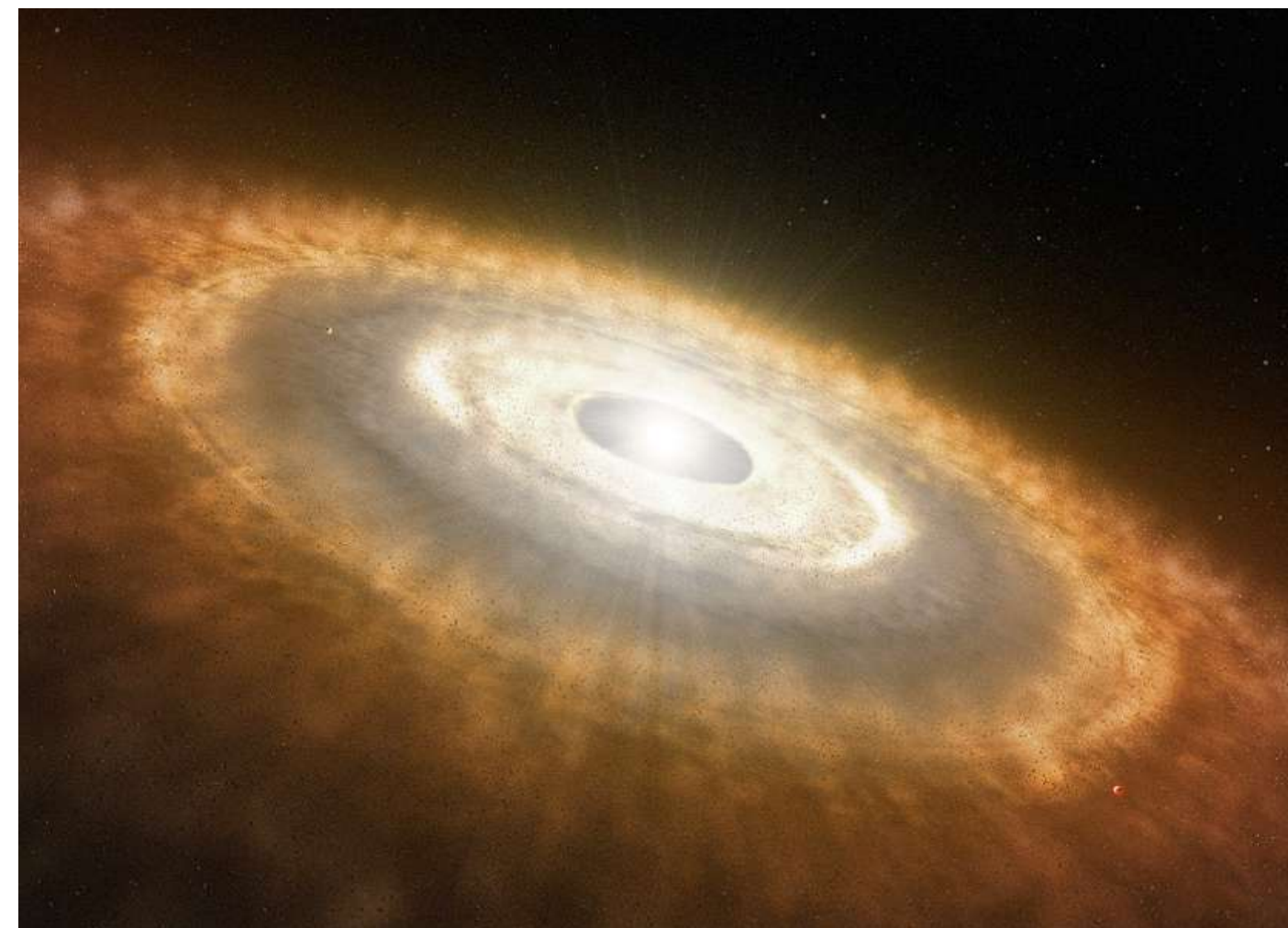
Mihael Varga, mag. phys.

Kada pogledamo Sunčev sustav, na prvi pogled možemo pomisliti da je riječ o gotovo savršeno uređenom sustavu: planeti kruže oko Sunca, Mjesec oko Zemlje, a sve se čini kao da slijedi precizno određene putanje. No, postoji još jedno gibanje koje je gotovo posvuda prisutno – rotacija. Zemlja

se okreće oko svoje osi baš kao i ostali planeti, Sunce se okreće oko svoje osi, čak i cijeli Sunčev sustav sudjeluje u mnogo većem kozmičkom gibanju oko središta naše Galaksije. Ali zašto se uopće sve vrti? I zašto se neki planeti okreću za samo nekoliko sati, dok drugima trebaju mjeseci?

### Sve je počelo rotacijom

Odgovor na pitanje zašto se planeti vrte vodi nas gotovo 4,6 milijardi godina u prošlost. Sunčev sustav nastao je iz golemog oblaka plina i prašine koji se počeo urušavati pod djelovanjem vlastite gravitacije. Taj oblak nije bio potpuno nepomičan – imao je određenu količinu giba-



Protoplanetarni disk: Rotacija je ključni razlog zašto se sav materijal nije urušio u središte, već se raširio u disk iz kojeg su rođeni planeti.

nja i vrlo malu početnu rotaciju. Kako se oblak skupljao, njegov se promjer smanjivao, a rotacija ubrzavala. Riječ je o posljedici očuvanja kutne količine gibanja, istog fizikalnog principa zbog kojeg se klizač na ledu počne brže vrtjeti kada privuče ruke uz tijelo. Istodobno se materijal zbog rotacije i sudara počeo organizirati u široki, spljošteni protoplanetarni disk. U njegovu središtu nastalo je Sunce, dok su se od preostalog materijala postupno oblikovali planeti. Rotacija planeta je uglavnom nasljeđe njihova nastanka, premda su kasniji sudari i gravitacijske interakcije njihovu rotaciju znatno mijenjali.

### Rotacija Sunca: Uvijena plazma

U samom središtu tog diska rođeno je Sunce koje sadrži više od 99% mase cijelog sustava. Iako je

nevjerojatno masivno, i ono se vrti. Međutim, Sunce nije kruto tijelo poput stjenovitih planeta, već ogromna kugla usijane plazme. Zbog toga ne rotira jednoliko, već pokazuje takozvanu diferencijalnu rotaciju. Ekvatorijalni dio Sunca napravi puni krug za otprilike 25 zemaljskih dana, dok polarne regije rotiraju znatno sporije – potrebno im je i do 35 dana za isti okretaj. Ovo neusklađeno kretanje rasteže i zapliće Sunčevo magnetsko polje, što povremeno dovodi do pucanja magnetskih linija i stvaranja snažnih solarnih baklji i pjega.

### Jedan Sunčev sustav, vrlo različite rotacije

Od ostataka materijala u disku formirali su se planeti, a njihova konačna rotacija ovisila je o početnoj kutnoj količini gibanja, načinu akrecije

i nizu sudara koji su obilježili rani Sunčev sustav. Rani Sunčev sustav bio je iznimno kaotično mjesto, a sudari s ogromnim protoplanetima trajno su promijenili sudbine mnogih svjetova. Usporedba rotacija unutar Sunčevog sustava otkriva fascinantne ekstreme:

**Apsolutni rekorderi:** Jupiter i Saturn, zbog svoje goleme mase i plinovitog sastava, vrte se nevjerojatno brzo. Jupiteru je potrebno oko 10 sati da se jednom okrene oko svoje osi.

**Ekstremni nagibi:** Većina planeta rotira gotovo u odnosu na svoju putanju. No, Uran je iznimka. Smatra se da je Uranov neobičan nagib vjerojatno posljedica velikog sudara u ranoj povijesti Sunčeva sustava. Uran se uspravno doslovno "kotrlja" po svojoj orbiti poput bačve.

**Spori i naopaki svijet:** Venera je potpuna suprotnost. Rotira u suprotnom smjeru od većine planeta

(retrogradno) i to ekstremno sporo. Jedan Venerin dan traje nevjerojatno 243 zemaljska dana, što znači da joj dan traje duže od njene godine (oko 225 dana).

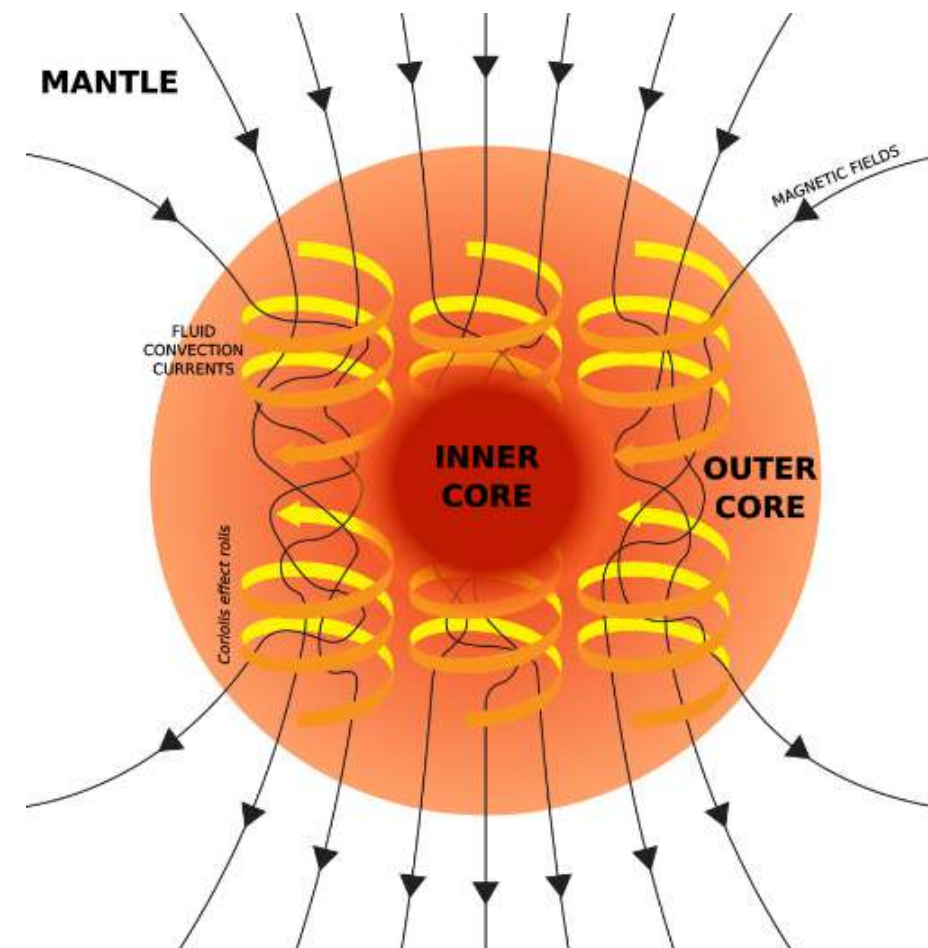
### Spljošteni svjetovi: Oblik koji stvara vrtnja

Brzina rotacije snažno utječe na oblik planeta. Zbog rotacije tijelo poprima oblik u kojem je njegova površina dalje od osi rotacije na ekvatoru nego na polovima. U rotirajućem sustavu taj učinak opisujemo centrifugalnim učinkom. Rezultat je oblik koji nazivamo spljošteni sferoid – planet je ravan na polovima, a "trbušast" na središtu. Ova je pojava najistaknutija kod plinovitih divova. Jupiter je toliko izbočen da mu je promjer na ekvatoru gotovo 10 000 kilometara veći od onog preko polova. S druge strane, spororotirajuća Venera i Merkur imaju vrlo malo rotacijsko spljoštenje pa su mnogo bliži kuglastom obliku. Zemlja se nalazi u zlatnoj sredini; naša rotacija (oko 1670 km/h na ekvatoru) stvara izbočenje zbog kojeg je naš ekvatorijalni promjer oko 43 kilometra veći od polarnog.

### Dinamo efekt: Rotacija kao štit života

Duboko ispod Zemljine površine nalazi se vanjska jezgra sastavljena uglavnom od tekućeg željeza i nikla. Zbog rotacije se gibanje te tekućine zakrivljuje i organizira – taj učinak nazivamo Coriolisovim učinkom. Zajedno s konvekcijom električki vodljivog materijala, on ima važnu ulogu u djelovanju Zemljina dinama, procesa kojim nastaje naše globalno magnetsko polje. Ono stvara magnetosferu koja štiti Zemlju od velikog dijela nabijenih čestica Sunčeva vjetera. Mars je nekada također imao globalno magnetsko polje, ali je njegov unutarnji dinamo tijekom geološke prošlosti prestao djelovati.

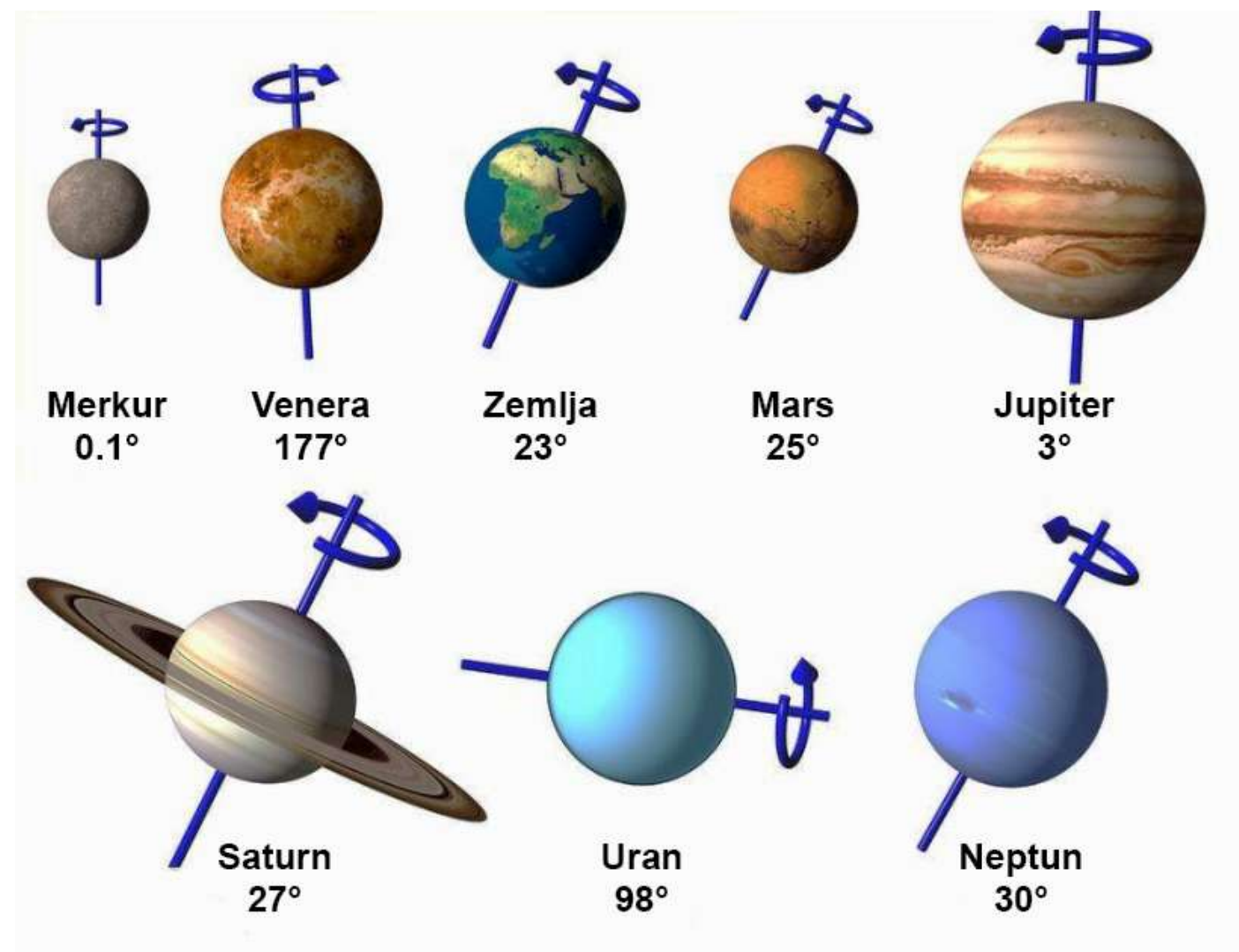
**Vremenski stroj: Kako se mijenja ritam Zemlje**  
Iako nam se čini da dani uvijek tra-



Shematski prikaz Zemljina dinamo efekta. Konvekcijsko gibanje električki vodljivog materijala u vanjskoj jezgri, organizirano pod utjecajem Coriolisova učinka, stvara električne struje koje održavaju Zemljino magnetsko polje.

ju jednako dugo, Zemljina brzina rotacije zapravo nije konstantna. Na dugim vremenskim skalama njezin je najvažniji regulator naš Mjesec. Mjesečeva gravitacija privlači Zemljine oceane, stvarajući plimu i oseku. Zanimljivo je da su i Mjesečeve mijene povezane s ovom pričom. Najveće plime, takozvane sizigijske plime, javljaju se približno za mlađaka i uštapa, kada se Sunce, Zemlja i Mjesec približno nalaze na istoj liniji. Tada se Sunčevo i Mjesečevo plimno djelovanje nadopunjuju. Kretanje ogromnih vodenih masa stvara trenje o morsko dno, pojavu poznatu kao plimno kočenje. Upravo plimne sile povezuju rotaciju Zemlje s orbitalnim gibanjem Mjeseca. Zemljina rotacija postupno se usporava, dok Mjesec dobiva orbitalnu energiju i polako se udaljava od Zemlje, trenutačno oko 3,8 cm godišnje. Dugoročno se Zemljina rotacija zbog plimnog

djelovanja Mjeseca usporava, a prosječna duljina dana povećava se za nekoliko milisekundi po stoljeću. Zavirimo li u povijest, ritam našeg planeta bio je znatno brži. Geološki zapisi pokazuju da je Zemljin dan u dalekoj prošlosti bio znatno kraći nego danas; neke rekonstrukcije upućuju na dan od približno 18 sati prije oko 1,4 milijarde godina. U vrijeme dinosaura dan je trajao nešto kraće nego danas, vjerojatno oko 23 – 23,5 sata, iako se vrijednosti razlikuju ovisno o geološkom razdoblju. Zanimljivo je da se brzina Zemljine rotacije kratkoročno može znatno mijenjati. Snažni vjetrovi, oceanske struje i promjene u raspodjeli mase na Zemlji, primjerice zbog topljenja polarnog leda, mogu malo ubrzati ili usporiti njezinu rotaciju. Zbog toga se duljina dana neznatno mijenja, a precizno mjereno vrijeme povremeno se mora uskladiti s rotacijom Zemlje.



Usporedba nagiba osi i smjera rotacije planeta.

## ASTRONOMIJA U ŠKOLAMA

# Kako temperatura određuje boju zvijezda

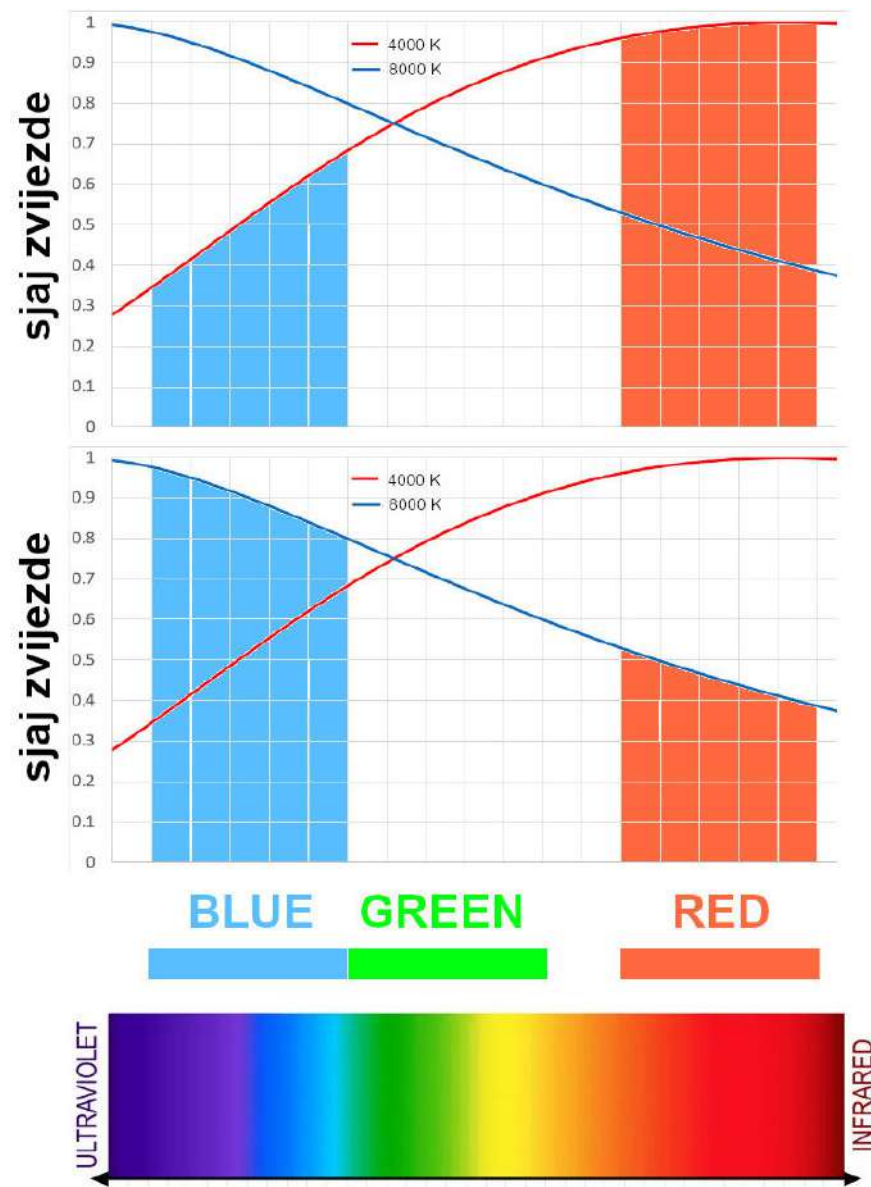
## Prvi koraci u znanost pomoću fotometrijskog priručnika AD Vege

Piše:

dr. sc. Dejan Vinković

Vrlo česta zablude učenika i nastavnika oko prvih koraka u astronomiju je da treba osigurati teleskop i zahtjevnu opremu. Međutim, vrlo ozbiljne, zahtjevne i zanimljive teme mogu se početi raditi s običnim fotoaparatom, bez teleskopa i bez praćenja vrtnje neba. Primjer takvog projekta bila je i radnja učenika Jakova Levačića iz OŠ Domašinec pod vodstvom mentorice Renate Martinec, a uz podršku Astronomskog društva Vega. Cilj radnje bio je istražiti povezanost sjaja zvijezda u RGB kanalima digitalne fotografije zvijezda i njihove temperature.

Fotoaparati u sebi imaju senzor koji se sastoji od piksela – sitnih detektora svjetla. Ovisno o modelu, broj piksela se razlikuje, ali u današnjim kamerama govorimo o milijunima piksela u senzoru. Budući da se od fotoaparata traži da reproduciraju boje koje vidimo, u digitalnim kamerama koristi se trik kroz korištenje triju tipova piksela, osjetljivih na trima područjima spektra. Uobičajeno ih je nazvati RGB (crveni, zeleni, plavi) kanali, iako im je osjetljivost kompliciranija od tih uskih definicija boja. No, za konceptualno shvaćanje ovog zadatka možemo zamisliti da senzor kamere ima piksele osjetljive na te tri boje jer se kod reprodukcije



Slika 1: Prikaz spektara dviju zvijezda: toplije (8000 K) i hladnije (4000 K). Zamislimo da su RGB pikseli kamere osjetljivi samo u područjima označenim s blue (B), green (G) i red (R). Iz ove skice vidi se kako hladnija zvijezda ima veći sjaj u R nego u B, dok toplija obrnuto – više u B nego u R. Osjetljivost piksela u stvarnosti je nešto kompliciranija od ovog, ali koncept ostaje isti

slike na monitorima koriste upravo te tri boje za stvaranje iluzije da gledamo bilo koju drugu boju. (Više o tome kako fotoaparat „vidi“ boje pročitajte u broju 8. Vega horizonta.)

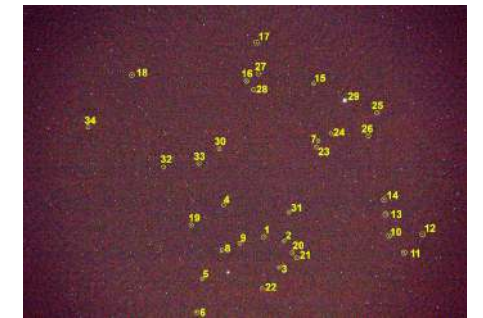
### Fotometrijom do dokaza

Na slici 1 prikazano je objašnjenje zašto bi temperatura zvijezde trebala biti povezana s različitim bojama na fotografiji. Kako se mijenja temperatura, tako se i relativni odnos količine svjetla koje pada na RGB piksele mijenja na predvidljiv način. Konkretno, zvijezde više temperature trebale bi stvoriti jači signal u plavom pikselu negoli u crvenom, za razliku od nižih temperatura gdje će crveni pikseli biti sjajniji nego plavi. Stoga možemo postaviti hipotezu da postoji direktna veza između omjera vrijednosti plavog i crvenog piksela s temperaturom zvijezde. Dokazivanje ove hipoteze kroz fotometriju idealna je tema već za osnovnoškolce. Pritom su nam potrebne dvije stvari – fotoaparat i priručnik „Astronomska fotometrija za početnike“ (<https://fotometrija.advega.hr>) AD Vege.

Za snimanje je dovoljno odabrati lijepu noć, po mogućnosti bez mjesečine, usmjeriti fotoaparat u neki dio neba i napraviti fotografiju. Priručnik vam može biti

vodilja kako se radi takva astronomska fotografija. Ekspozicija će biti samo od nekoliko sekundi, unutar kojih vrtnja neba neće bitno deformirati zvijezde jer nemate praćenje, a na fotografiji će svejedno biti mnoštvo zvijezda. Obratite pažnju koji dio neba ste snimali jer ćete kasnije trebati prepoznati o kojim se zvijezdama radi u programu Stellarium. Zatim će vam priručnik pomoći i oko prebacivanja fotografije iz sirovog formata u astronomski FITS format.

I sada slijedi najzahtjevniji dio. U programu Stellarium morate pronalaziti zvijezde s vaše fotografije koje bi bile dobar kandidat za fotometriju. Kada kliknete na zvijezdu, ispiše vam se mnoštvo informacija. Obratite pozornost na vrijednost „Spectral Type“ – spektralni tip. Radi se o zapisu poput A8V, gdje A8 označava spektralni tip, a V označava lumniozitetni razred (od rimskog broja I – superdivovi, do V – glavni niz). Probajte pronaći dovoljno kandidata da pokrijete raspon od tipa B do što hladnijih, recimo tipa K. Zatim za te tipove morate pronaći kojim temperaturama zvijezde odgovaraju. Uz nekoliko klikova u internet tražilici ili uz pomoć AI-a, pronaći ćete tablice u kojima su ispisane te vrijednosti (npr: <http://www.isthe.com/>



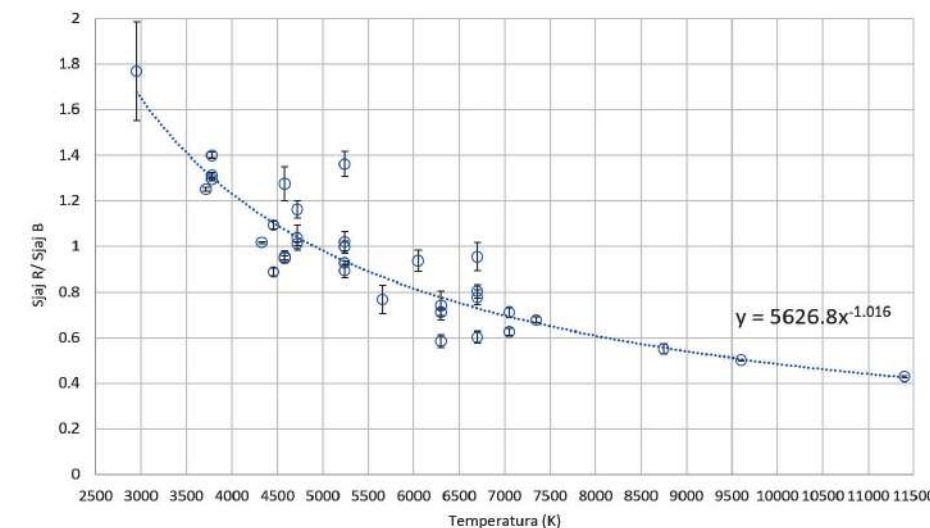
Slika 2: Slika neba na kojem je rađena fotometrija (autor: Jakov Levačić). Brojevi označuju odabrane zvijezde za fotometriju.

chongo/tech/astro/HR-temp-mass-table-byhrclass.html). Slijedi fotometrija odabranih zvijezda. Pratite upute iz priručnika, ali morate donijeti odluku kako odraditi izračun pogreške budući da je za to potreban kvadratni korijen. Srednjoškolci mogu pratiti formulu i upute iz priručnika. (Obratite pažnju i na poglavlje o indeksu boje i poglavlje o posrednim mjerenjima, tj. propagaciji pogreške kada se koristi omjer dviju vrijednosti.) Ako radite s osnovnoškolcima koji još nisu radili korijen iz matematike, onda je bolje pogrešku odrediti ponavljanjem mjerenja:

1. Učenik treba početi mjeriti zvijezde iznova, nakon što ih je već sve izmjerio, bez da gleda koji je bio prethodni rezultat. To treba ponoviti barem tri puta. (Ne uzastopno tri puta istu zvijezdu jer bi tada znao što je maloprije dobio kao rezultat.)

2. Ako radite s više učenika, neka mjere bez međusobnog komuniciranja. Neka se tek na kraju usporede njihovi rezultati. Kao pogrešku uzmete maksimalnu razliku između višestrukih mjerenja.

Budući da slika ima tri kanala – RGB, fotometrija daje rezultat za sjaj zvijezde u R, G i B. Možemo kombinirati omjere bilo kojeg od dvaju kanala, ali očekujemo najjači efekt ako uzmemo omjer R i B kanala. Slika 3 pokazuje dobiveni rezultat. Primijetite vrlo lijepu ovisnost omjera i temperature, kao što smo i predvidjeli. Zanimljivo da je krivulja koja naj-



Slika 3: Rezultat fotometrije u R i B kanalu, kroz njihov omjer sjaja. Pogreška prikazana kao stupci pogreške uz točke izračunati kroz formulu iz priručnika. Linija je dobivena pomoću fit opcije u Excelu.

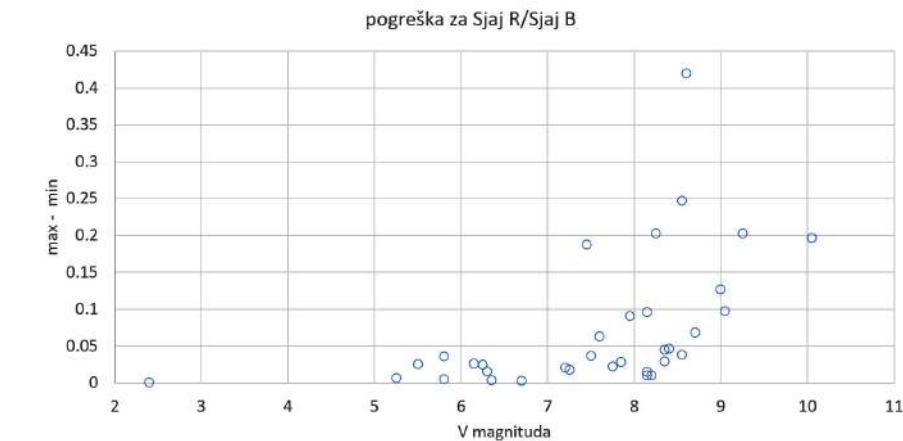
bolje opisuje dobivenu ovisnost inverzna proporcionalnost između omjera sjaja R/B i temperature.

### Pogreška mjerenja otkriva neočekivani detalj

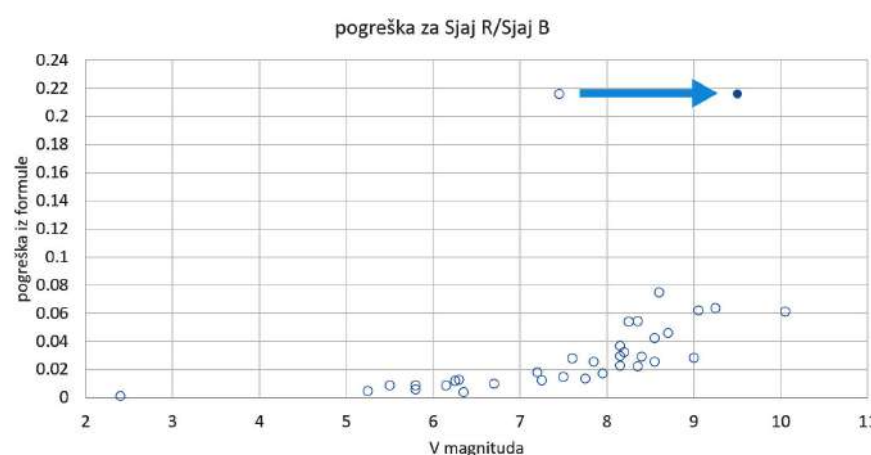
Pogreška mjerenja također priča zanimljivu priču. Jakov je imao situaciju gdje je mogao usporediti svoja mjerenja s onima svoje mentorice te člana AD Vege koji je pomagao savjetima. Sve troje radilo je mjerenja neovisno jedni od drugih. Slika 4 pokazuje kako najveća razlika između mjerenja ovisi o magnitudi zvijezde (preuzeta iz Stellariuma i predstavlja tzv. V magnitudu). Što je magnituda veća, to je sjaj zvijezde na nebu manji, a time raste i procjena pogreške. Razlog leži u tome što pozadinski šum na slici ima puno veći utjecaj na mjerenja sjaja zvijezde kada je taj sjaj malen. Ako je zvijezda jako sjajna, onda su i vrijednosti piksela takve zvijezde jako velike te pogreške u određivanju pozadinskog sjaja ne igraju veliku ulogu. Ali ako je sjaj malen, razlike u procjeni sjaja pozadine bitno utječu na konačni rezultat.

Istu ovisnost očekujemo i ako koristimo formulu za izračun pogreške iz priručnika o fotometriji. Slika 5 pokazuje da i tako izračunata pogreška slijedi isti obrazac ponašanja. Međutim, jedna točka odstupa osjetno od tog trenda, stoga je potrebno istražiti što se tu desilo. Prva pomisao je da se radi o krivom očitavanju neke vrijednosti kod fotometrije. Međutim, pokazalo se da je tu sve u redu. No, pogled na podatke koje ispisuje Stellarium otkrio je vrlo zanimljiv detalj.

Radi se o zvijezdi Z Ursae Majoris (Z UMa) koja spada u pulsirajuće crvene divove. To su zvijezde slične Suncu, ali koje su krenule putem svojeg umiranja. U toj fazi jezgra se steže te joj time raste temperatura i kreće izgaranje helija, ali zato oslobađa više energije čime dolazi do napuhavanja vanjskih slojeva



Slika 4: Pogreška mjerenja dobivena usporedbom triju neovisnih mjerenja u ovisnosti o magnitudi zvijezde.



Slika 5: Pogreška mjerenja dobivena formulom iz priručnika u ovisnosti o magnitudi zvijezde. Strela pokazuje korekciju kod promjenjive zvijezde Z UMa koja je u trenutku snimanja bila u svojem minimumu sjaja od 9.5mag.

zvijezde. Time radijus zvijezde raste dramatično, a pritom opada površinska temperatura. Z UMa, iako prepoznata kako promjenjiva zvijezda pred više od 100 godina, i dalje je velikim dijelom nepoznanica. Stoga okvirno znamo da se radi o zvijezdi od oko 1-2 mase Sunca, radijusa od 150 - 250 Sunčevih, a površinska temperatura je oko 3000K. Pritom je u fazi pulsiranja, gdje joj se sjaj mijenja od oko 6.2 mag u najsjanijoj fazi do oko 9.4 mag u minimalnom sjaju. Zanimljivo je što se čini da ima dva perioda pulsiranja – jedan od 195.5 dana, a drugi od 205 dana. Kombinacija tih dvaju perioda stvara odstupanja od jednostavnog obrasca pravilnog predviđljivog pulsiranja, stoga je Z UMa i zanimljiva znanstvenicima.

Potragom za krivuljom sjaja na stranicama AAVSO organizacije (<https://www.aavso.org/LCGv2>) koja prikuplja mjerenja promjenjivih zvijezda, otkrivamo što se desilo - Jakov je snimao nebo baš u danima kada je Z UMa dosegla minimum od 9.5mag. Stoga je potrebno tu točku pomaknuti na pravilno mjesto u grafikonu, što je prikazano strelicom i punom točkom na Slici 5. Sada i ta točka upada u trend vidljiv i kod ostalih mjerenja – veliko raspršenje pogrešaka kod zvijezda slabog sjaja. Ovime se ujedno otvara i zanimljiva nova tema za mlade istraživače – tema promjenjivih zvijezda. Radi se o opširnoj, ali jako zanimljivoj temi za istraživanje kroz fotometriju jer promjenjive zvijezde kriju mnoge tajne u svojim promjenama sjaja.

## ASTRONOMIJA U ŠKOLAMA

# World Space Week

*Uključimo svemir u naše učionice, pridružimo se Svjetskom tjednu svemira*

Piše:

Renata Martinec, uč.Tehničke kulture i Fizike

Zvezdano nebo potiče nas na istraživanje i otkrivanje novih svjetova. Svemir nije samo prostor udaljenih planeta i zvijezda, već i velika učionica koja nam pruža priliku za učenje, stvaranje i povezivanje znanja iz različitih područja. Jedna od prilika za povezivanje učenja i istraživanja svemira je Svjetski tjedan svemira (World Space Week – WSW), najveći međunarodni događaj posvećen svemiru, znanosti i tehnologiji. Svake godine od 4. do 10. listopada škole, učitelji, učenici, znanstvene ustanove i ljubitelji astronomije diljem svijeta organiziraju različite aktivnosti kojima približavaju svemir široj javnosti. Ovaj je datum odabran kako bi se obilježila dva važna događaja

u povijesti istraživanja svemira: lansiranje Sputnika 14. listopada 1957. godine, prvog umjetnog satelita koji je otvorio put daljnjim svemirskim istraživanjima, te potpisivanje Ugovora o načelima djelovanja država u istraživanju i mirnom korištenju svemira 10. listopada 1967. godine, kojim su postavljeni temelji međunarodne suradnje u istraživanju svemira. Tijekom tog tjedna škole, muzeji, udruge i ljubitelji astronomije diljem svijeta organiziraju radionice, predavanja, izložbe i različite edukativne aktivnosti. Cilj Svjetskog tjedna svemira je približiti ljudima dobrobiti svemirskih istraživanja, potaknuti zanimanje za STEM te nadahnuti nove generacije istraživača.

### Kako se uključiti u Svjetski tjedan svemira?

Sudjelovanje u Svjetskom tjednu svemira jednostavnije je nego što se možda čini. Svaka škola može planirati aktivnost koja odgovara njezinim mogućnostima, od kreativne radionice u učionici do većeg školskog projekta. Kako bi obilježavanje Svjetskog tjedna svemira postalo dio školskog rada, preporučuje se aktivnosti planirati te ih uvrstiti u godišnji plan i program rada škole, a prema mogućnostima povezati ih i sa školskim kurikulumom.

Tako svemirske teme mogu postati dio međupredmetnog učenja koje povezuje različita područja znanja i potiče razvoj STEM kompetencija.



Najava Svjetskog tjedna svemira u školi - izradite pano s učenicima

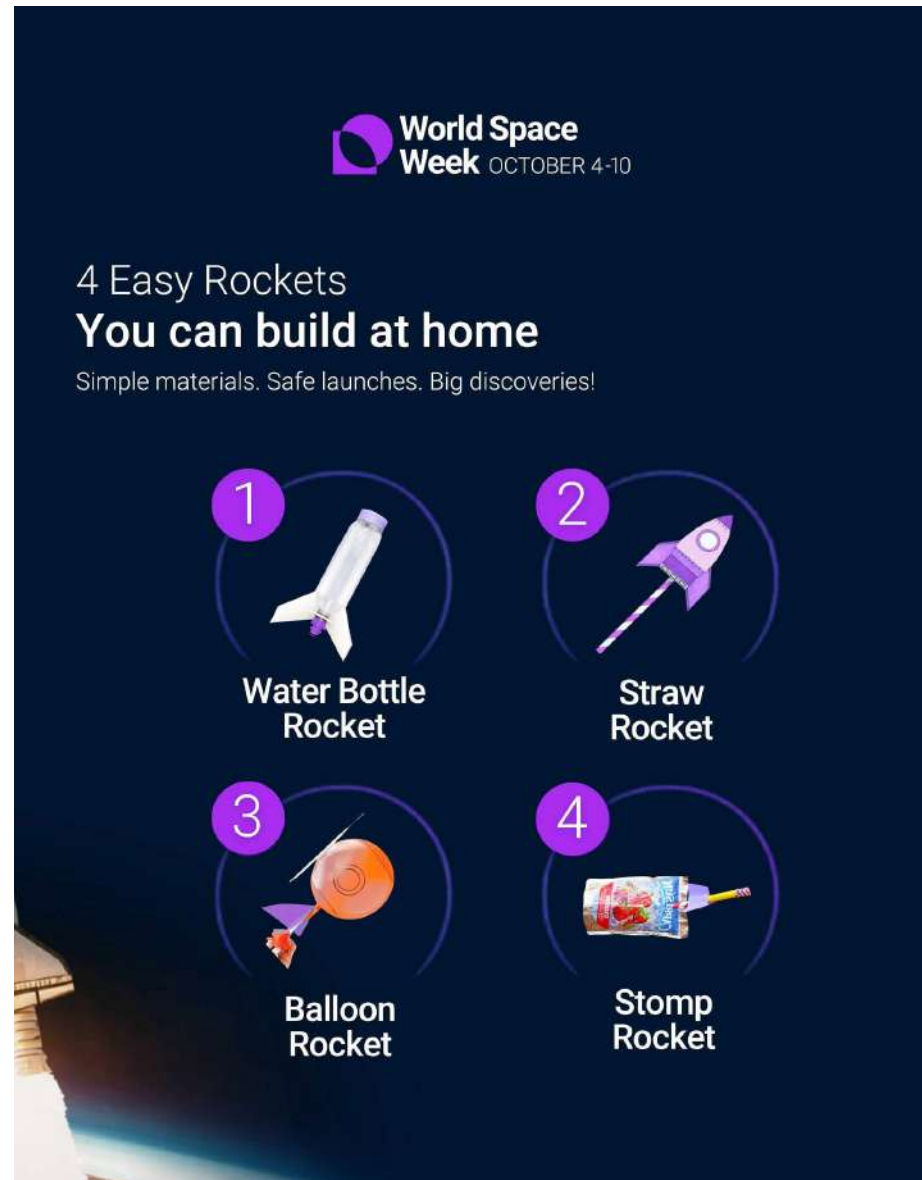
Aktivnosti se mogu provoditi kao projekt na razini škole, ali i kao zajednički projekt više škola, primjerice na razini županije, čime se dodatno potiče suradnja, razmjena ideja i zajedničko istraživanje svemira, kao tematski dan u školi ili kratkim aktivnostima na satovima razrednog odjela.

### Tema za 2026. Rocket Revolution

Tema Svjetskog tjedna svemira za 2026. godinu je „Rocket Revolution“ koja ističe velike promjene u području svemirskih lansiranja, razvoj novih tehnologija, primjenu raketa za višekratnu uporabu te sve veću dostupnost svemira za znanstvena istraživanja i nove svemirske misije. No, aktivnosti u okviru Svjetskog tjedna svemira ne moraju biti ograničene samo na ovu temu. Učenici mogu osmisliti različite kreativne, istraživačke i edukativne radove povezane sa svemirom, astronomijom i svemirskim tehnologijama te ih prijaviti kao dio službenog obilježavanja World Space Weeka. Svaka ideja koja potiče znatiželju, istraživanje i ljubav prema svemiru može postati dio ove velike međunarodne svemirske priče.

Ako želite da vaša aktivnost postane dio službenog obilježavanja Svjetskog tjedna svemira, događaj možete prijaviti putem mrežne stranice: <https://www.worldspaceweek.org/> Nakon prijave vaš događaj postaje dio globalnog kalendara aktivnosti te se pridružuje brojnim radionicama, projektima i događanjima koja se u istom razdoblju održavaju diljem svijeta. Na službenim stranicama mogu se pronaći brojne inspirativne ideje i zanimljivi učenički radovi koji pokazuju koliko kreativnosti, mašte i znatiželje učenici mogu izraziti kroz istraživanje svemira. Nakon provedene aktivnosti podijelite i vi fotografije, učeničke radove i rezultate projekta te tako predstavite doprinos svoje škole.

Za više ideja učitelji se mogu uključiti i u World Space Week Educators Network, međunarodnu mrežu edukatora koji žele približiti svemir svojim učenicima. Ova prijava je



Četiri jednostavne rakete koje možete izgraditi sa svojim učenicima

dostupna na: <https://www.worldspaceweek.org/hold-event/educators-network>. Članovi mreže dobivaju pristup informacijama i novostima o Svjetskom tjednu svemira, obrazovnim materijalima, idejama za aktivnosti te mogućnostima povezivanja s drugim učiteljima i ljubiteljima svemira diljem svijeta.

U Svjetski tjedan svemira moguće je uključiti se i putem društvenih mreža. Praćenjem službenih stranica Svjetskog tjedna svemira Hrvatska (World Space Week Croatia) možete pronaći aktualne informacije, najave događanja, zanimljive svemirske sadržaje i ideje za obilježavanje ovog međunarodnog događaja. Ako se škola ili pojedinci ne odluče na službenu prijavu aktivnosti, svoje svemirske projekte, učeničke ra-

dove, fotografije i dojmove također mogu podijeliti putem društvenih mreža te tako sudjelovati u obilježavanju Svjetskog tjedna svemira na kreativan način.

### Prijedlozi aktivnosti za učenike

**Radionica Rocket Revolution** (Individualni rad, rad u paru ili grupi) Zadatak: Zamisli da sudjeluješ u timu koji izrađuje novu raketu za buduće svemirske misije. Tvoj zadatak je osmisliti naziv rakete, nacrtati je ili izraditi model od papira, kartona ili recikliranih materijala, odabrati njezinu misiju (Mjesec, Mars, svemirsku postaju ili neki novi svijet), opisati tehnologiju koju koristi, objasniti kako će pomoći ljudima i znanstvenicima.

### Prezentacija rada drugim učenicima

**Organizacija školske izložbe „Naše rakete budućnosti“** na kojoj će učenici predstaviti svoje ideje.

**Posjet zvjezdarnici – terenska nastava.** Jedna od vrlo vrijednih aktivnosti tijekom Svjetskog tjedna svemira može biti i posjet zvjezdarnici. Za učenike iz Međimurske županije zanimljiva mogućnost je suradnja s Astronomskim društvom Vega iz Čakovca koje svojim radom približava astronomiju učenicima i široj javnosti. Posjet zvjezdarnici u Savskoj Vesi može biti prilika za upoznavanje s teleskopom, promatranje noćnog neba, razgovor o svemirskim istraživanjima i razvijanje ljubavi prema astronomiji.

### Svemirski kviz na razini škole

Zanimljiva aktivnost kojom škola može obilježiti Svjetski tjedan svemira je organizacija svemirskog kviza. Kviz se može provesti na razini razreda ili cijele škole, a pitanja mogu obuhvatiti teme poput Sunčevog sustava, planeta, zvijezda, svemirskih misija, astronauta i tehnologija povezanih sa svemirom. Učenici se mogu natjecati u timovima, istraživati zanimljivosti o svemiru i kroz igru proširivati svoje znanje. Aktivnost je jednostavna za organizaciju, potiče suradnju i može biti odličan način za uključivanje cijele škole u obilježavanje Svjetskog tjedna svemira. Pobjedničkom timu osigurajte diplome ili neke druge nagrade.

### Svaka ideja može postati dio svemirske priče

Nije važno je li aktivnost mala ili velika. Svaka radionica, projekt, crtež, model ili istraživanje može biti doprinos velikoj međunarodnoj priči o svemiru i svakako je prijavite na službenim stranicama organizatora ili na društvenim mrežama. Svemirska istraživanja možda se odvijaju u velikim opservatorijima i istraživačkim centrima, ali zanimanje za svemir nastaje mnogo ranije, u učionicama, kroz dječju maštu, pitanja i prve pokušaje otkrivanja tajni svemira.



Obilježavanje WSW s učenicima prvog razreda

## ATMOSFERSKA OPTIKA

## Gegenschein ili protusjaj

Piše:

Marko Posavec

Neke su stvari na nebu vrlo očite, poput zvijezda i planeta, Sunca i Mjeseca, sjajnih kometa i meteora. Neke su manje sjajne, no i dalje spektakularne, poput polarne svjetlosti. A neke su izuzetno blijede, toliko da se u astronomskoj zajednici pothvatom smatra uopće vidjeti ih sa sigurnošću. Jedna od tih pojava nosi njemačko ime **gegenschein**, na hrvatski prevedeno kao **protusjaj**.

## Zodijačka svjetlost

Gegenschein je usko vezan uz zodijačku svjetlost, fenomen koji nam je poznat iz proljetnih sumraka i jesenskih zora. Zodijačka svjetlost ili "lažna zora" velik je, ali slabašan sjaj koji se u trokutastom obliku uzdiže od horizonta duž ekliptike, uži što je više na nebu. Najbolje ga vidimo u proljeće nakon Sunčeva zalaska ili u jesen prije njegova izlaska. Nekada vrlo poznat, danas je teže vidljiv i sve opskurniji zbog nenormalno raširenog svjetlosnog onečišćenja.

Zodijačka svjetlost zapravo je Sunčeva svjetlost raspršena na prašini rasutoj ravninom ekliptike u unutarnjem Sunčevom sustavu. Oko Sunca, između planeta, nalazi se tanak i rijedak disk prašine. Većina te prašine vjerojatno potječe od kometa, iako neka novija istraživanja ukazuju na to da bi dio nje mogao stizati s Marsa. Budući da s vremenom pada u Sunce zbog Poynting-Robertsonovog učinka (duga priča, za drugi put), nešto ju mora stalno obnavljati. To su kometi, Mars ili oboje. Premda je taj disk prašine vrlo tanak, Sunčeva se svjetlost na njemu dovoljno raspršuje da bismo

mogli vidjeti zodijačku svjetlost – u povoljnim uvjetima na tamnom nebu. Oni sretnici koji uživaju u *stvarno* tamnom nebu na nekoj čileanskoj visoravni ili u namibijskoj pustinji, mogu vidjeti cijeli taj disk prašine kako se proteže preko neba, koji se naziva *zodijački pojas*. Ali nešto se posebno događa u točki na nebu nasuprot Suncu, takozvanoj antisolarnoj točki. Tamo zodijački pojas postaje sjajniji te ako smo pod jako tamnim nebom, možemo zamijetiti mrljicu blijede svjetlosti promjera nekih 8 do 10 stupnjeva. Toliko je blijeda da ćemo ju teško vidjeti ako gledamo izravno u nju; trebamo se poslužiti tehnikom skrenutog vida, dobro poznatom vizualnim astronomima. Izuzetno blijede stvari na nebu najbolje vidimo ako ne gledamo izravno u njih nego malo sa strane, za što je zaslužna građa ljudskog oka. Ta blijeda mrljica u antisolarnoj točki je famozni gegenschein ili protusjaj. Zašto baš tamo? Zašto je gegenschein, u točki nasuprot Suncu, sjajniji od ostatka zodijačkog pojasa na kojemu se također raspršuje svjetlost? Tu se radi o Miejevu raspršenju koje opisuje ponašanje svjetlosti na česticama koje su veće od valnih duljina svjetlosti. Najviše svjetlosti raspršuje se unaprijed, u smjeru širenja svjetlosti. Zato su primjerice repovi kometa sjajniji kad ih gledamo vrlo blizu Suncu. Drugo najjače raspršenje je *unatrag*, tek nešto malo svjetlosti raspršuje se u stranu. To raspršenje unatrag daje nam gegenschein. Iz tog je razloga zodijački pojas najsjajniji u antisolarnoj točki.

## Kako vidjeti protusjaj?

Teško. Potrebni su nam zaista dobri uvjeti, a to su izuzetno transparentno i tamno nebo. Ne samo da je potrebno udaljiti se od neposrednih izvora svjetlosti, već će nam zasmetati i veći gradovi na horizontu. Osim toga, po astronomskom običaju, važno je i doba godine. Gegenschein je najbolje potražiti upravo u jesenskim mjesecima koji slijede. Najviše je na nebu oko zimskog solsticija, u prosincu i siječnju, ali tada je na pozadini Mliječne staze koja ga lako prikrije. Rujan, listopad i studeni dobri su mjeseci. U rujnu je između Vodenjaka i Riba, u listopadu posred Riba, a u studenom između Riba i Bika. U prosincu i siječnju preklapa se s Mliječnom stazom, dok se tijekom veljače i ožujka nalazi u zvijezdu Lava. Kada ste na odgovarajućem mjestu, a uvjeti su dobri, potražite ga! Pružit će vam, ako ništa drugo, zadovoljstvo da ste uspjeli opaziti nešto što mnogima nije pošlo za rukom.



Gegenschein snimljen u rujnu 2025. Fotografija je rezultat spajanja 28 ekspozicija po 5 sekundi na 40 mm, blenda 1.4, ISO 3200. U sredini kadra je Saturn.

## POMRČINA SUNCA

## Španjolski vatreni prsten

Pišu:

Andrej Dundović i Marko Posavec

O pomrčini Sunca koja je 12. kolovoza 2026. prošla sjevernom Španjolskom svjedoče dvojica astronoma – jedan iz Astronomskog društva Perzeidi iz Križevaca, a drugi iz Astronomskog društva Koprivnica. Njihove smo zapise spojili u jednu priču, od putovanja i potrage za idealnim mjestom promatranja do 95 sekundi provedenih u Mjesečevoj sjeni.

## Put prema Mjesečevoj sjeni

Totalna pomrčina Sunca 12. kolovoza ove godine bila je prvi takav događaj vidljiv iz Europe nakon 27 godina. Posljednji put pojas totaliteta prolazio je središnjom Europom 1999. godine, kada su mnogi iz Hrvatske putovali u susjednu Mađarsku. Ove godine put do Mjesečeve sjene vodio je znatno dalje – prema sje-



Provjeravanje postavljene opreme. Foto AD Perzeidi

vernoj Španjolskoj, gdje se okupilo nekoliko tisuća promatrača iz cijele Europe i svijeta. Za Astronomsko društvo Perzeidi iz Križevaca to je bio dovoljan razlog za organizaciju ekspedicije.



U hladovini se čeka početak pomrčine. Foto: AD Perzeidi

Autobus s opremom i putnicima krenuo je 9. kolovoza iz Križevaca, a nakon zaustavljanja u Zagrebu ekspedicija je nastavila prema Španjolskoj. Nakon više od dvije tisuće kilometara putovanja, posljednja odluka bila je ona najvažnija – gdje dočekati pomrčinu.

Izbor mjesta za promatranje nije bio jednostavan. Trebalo je pronaći lokaciju što bliže središtu pojasa totaliteta, s otvorenim horizontom i dovoljno prostora za teleskope i velik broj ljudi, ali istodobno uzeti u obzir promet i mogućnost naoblake. Izbor je pao na Riazu, malo mjesto sjeverno od Madrida, na oko 1200 metara nadmorske visine.

Službeno mjesto za promatranje bio je lokalni nogometni stadion, no po dolasku se pokazalo da visoko drveće oko njega ozbiljno zaklanja horizont. Budući da je



Počinje totalna pomrčina Sunca. Foto AD Perzeidi

Sunce tijekom totaliteta bilo svega nekoliko stupnjeva iznad zapadnog horizonta, takva lokacija nije dolazila u obzir. U potrazi za boljim mjestom članovi ekspedicije pronašli su obližnju livadu, predviđenu za parkiranje autobusa. Pokazalo se da je upravo ona bila gotovo idealna: otvoren pogled

prema zapadu, dovoljno prostora za opremu i, što je bilo posebno važno zbog španjolske ljetne vrućine, rub šumarka koji je pružao hlad. Teleskopi i fotoaparati bili su postavljeni, uloge podijeljene i preostalo je samo čekati. Kako se približavalo vrijeme pomrčine, na livadu je pristizalo sve

više ljudi. Članovi Perzeida ubrzo su počeli pomagati okupljenima i pokazivati im Sunce kroz teleskope pa su se ispred instrumenata stvorili dugi redovi. Većina posjetitelja bili su Španjolci, a među njima i novinari koji su se zanimali za neobične goste pristigle čak iz Hrvatske.

### 95 sekundi totaliteta

Prvi kontakt nastupio je u 19:35. Mjesec je počeo polako prekrivati Sunčev disk, a njegov se napredak mogao pratiti teleskopima, fotoaparatom, ali i jednostavnim promatranjem kroz zaštitne naočale. Istodobno se počelo događati nešto što se nije moglo zabilježiti samo fotografijom. Sunčeve je svjetlosti bilo sve manje, temperatura je počela padati, a poznata ljetna večer postupno je dobivala neobičnu, sivkastu boju. Kako se Mjesec sve više približavao potpunom prekrivanju Sunca, promjena je postajala dramatična. Oko 20 sati ambijent je već bio vidljivo mračniji, a nekoliko minuta prije totaliteta nastupio je gotovo pravi sumrak. Na nebu se osjećalo iščekivanje. Ljudi su spontano počeli klicati i pljeskati, a onda je nastupila Mjesečeva sjena.

U 20:30 posljednja je zraka izrav-

ne Sunčeve svjetlosti nestala iza Mjesečevog diska. Najprije se pojavio dijamantni prsten, a zatim se pred okupljenima otvorio prizor zbog kojeg je cijelo putovanje odjednom dobilo smisao.

Crni Mjesečev disk visio je nisko nad zapadnim horizontom, obrubljen nježnim, ali jasno vidljivim sjajem Sunčeve korone. Zbog niskog položaja Sunca korona je imala žučkastu, mjestimice blago narančastu boju. Na jednom rubu Sunčeva diska isticala se velika ružičasto-crvena prominencija,

dok je iznad pomračenog Sunca zasjala Venera.

Mjesec je svojom sjenom prekrivio velik dio neba. Tamni se klin širio iz smjera pomračenog Sunca preko krajolika, stvarajući prizor koji je teško usporediti s bilo kojim drugim prirodnim fenomenom. Temperatura je osjetno pala, ptice su se uznemirile i poletjele, a nekoliko tisuća ljudi na trenutak je gotovo zanijemjelo.

Totalitet je na odabranoj lokaciji trajao samo minutu i 35 sekundi, odnosno 95 sekundi. Iako je sva-

ki trenutak bio pažljivo iščekivan, vrijeme je prošlo gotovo nestvarno brzo. Zasljepljujuća Sunčeva svjetlost počela je ponovno prodirati kroz doline između Mjesečevih planina. Dijamantni se prsten ponovno pojavio, tama je počela uzmicati prema istoku, a Sunce se vratilo na nebo. Nakon toga pomrčina se nastavila još neko vrijeme kao djelomična, dok je Sunce polako tonulo prema horizontu. No, za većinu promatrača glavni je događaj već bio završen.

### Prizor koji se ne zaboravlja

Za one koji su došli iz Hrvatske, tih 95 sekundi bilo je vrhunac višednevnog putovanja. Iako je pomrčina 1999. godine u Mađarskoj trajala dulje i činila se tamnijom, ovogodišnji je prizor imao svoju posebnost. Nisko Sunce, otvoreni horizont, jasno vidljiva korona i dramatičan prodor Mjesečeve sjene preko krajolika stvorili su prizor koji se teško zaboravlja. Povratak prema Madridu otkrio je koliko je ljudi toga dana krenulo za Mjesečevom sjenom. Ceste su bile zakrčene, a prema procjenama španjolske direkcije za promet, na cestama je bilo oko 1,5 milijuna vozila više nego što je uobičajeno. No, nakon svega viđenog, gužva je bila tek mala cijena za ono zbog čega su svi došli. Potpuna pomrčina Sunca jedan je od rijetkih prirodnih fenomena koji istodobno fascinira i astronome i slučajne promatrače. Za njezino promatranje nisu nužni veliki teleskopi ni složena oprema. Potrebni su dobar položaj, vedro nebo i spremnost da se zbog nekoliko minuta putuje tisućama kilometara. Kada Mjesečeva sjena napokon prijeđe preko vas, postaje jasno zašto ljudi iznova kreću na takva putovanja.

Već nakon povratka iz Španjolske među članovima ekspedicije počela se spominjati nova pomrčina, jer nakon što jednom doživite totalitet, teško je stati na samo jednom takvom događaju.

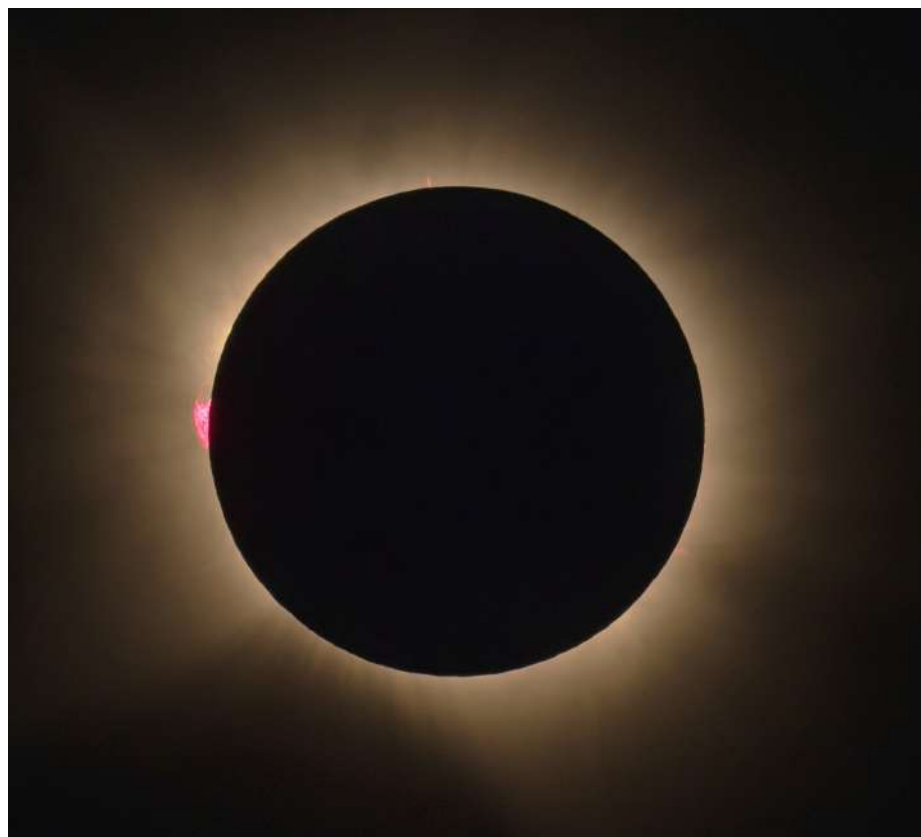


Foto: Marko Posavec



Foto: Boris Štromar

## IZVJEŠTAJ S MANIFESTACIJE

# Treći „Astro vikend“ u Mostaru

## Spoj astrofotografije, znanosti i zaštite tamnog neba

Piše:  
Marijo Maduna

Mostar je od 12. do 14. lipnja 2026. godine ponovno postao mjesto okupljanja ljubitelja astronomije, astrofotografije i prirodnih ljepota noćnog neba. U organizaciji Fotokluba Mostar održano je treće izdanje manifestacije „Astro vikend“ koja je tijekom protekle tri godine izrasla u jedno od najznačajnijih regionalnih događanja posvećenih popularizaciji astronomije, astrofotografije i zaštiti od svjetlosnog onečišćenja. Ovogodišnji program uspješno je spojio umjetnički, edukativni i znanstveni pristup te još jednom pokazao koliko su fotografija i astronomija snažni alati za približavanje svemira široj javnosti.

Manifestaciju je pokrenuo gosp. Marijo Maduna, predsjednik Fotokluba Mostar, s idejom povezivanja fotografije, astronomije i ekologije u jedinstveni događaj koji će oku-

pljati stručnjake, amatere i građane. Tijekom tri godine „Astro vikend“ prerastao je lokalne okvire te danas okuplja predavače, astrofotografe i zaljubljenike u astronomiju iz više država regije.

### Pogled prema svemiru kroz objektiv

Program je otvoren u Galeriji kraljice Katarine Kosača izložbom „Nevidljivi horizonti“ hrvatskog astrofotografa Stjepana Lešića. Posjetitelji su imali priliku razgledati fotografije maglica, galaksija, zvjezdanih skupova i drugih objekata dubokog svemira snimljenih suvremenom digitalnom opremom. Izložba je pokazala kako astrofotografija nije samo umjetnički izričaj, već i način približavanja svemira javnosti, otkrivajući detalje koji ljudskom oku ostaju nevidljivi.

Edukativni dio programa održan je



Katalog izložbe.

u prostorijama Intera Code Huba Mostar. Stjepan Lešić održao je predavanje posvećeno obradi astrofotografija, tijekom kojeg je predstavio cjelokupan postupak nastanka jedne fotografije dubokog svemira – od kalibracije snimaka, slaganja velikog broja ekspozicija i uklanjanja šuma pa do završne obrade kojom se iz sirovih podataka izdvajaju najslabiji detalji maglica i galaksija. Predavanje je pokazalo da kvalitetna astrofotografija nastaje jednako na terenu kao i za računalom, gdje se pažljivom obradom otkriva puni potencijal prikupljenih podataka. Veliku pozornost privuklo je predavanje prof. Nedima Mujića s Prirodno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Sarajevu, koji je predstavio astronomiju kao područje koje povezuje fiziku, matematiku, računalne znanosti i suvremenu tehnologiju. Poseban naglasak stavio je na praktičnu astronomiju, upoznavanje nebeske sfere i mogućnosti koje danas postoje za uključivanje amatera u ozbiljna znanstvena istraživanja. Sudionicima su predstavljena i dva projekta građanske znanosti. Prvi

je Okultacijska grupa, projekt kojim se promatranjem okultacija zvijezda asteroidima prikupljaju iznimno precizni astrometrijski podaci. Takva mjerenja omogućuju određivanje oblika i dimenzija asteroida te se koriste i u profesionalnim istraživanjima. Drugi projekt je Bosanskohercegovačka meteorska mreža (BHMN), koja pomoću specijaliziranih kamera automatski bilježi meteore, računa njihove putanje i određuje orbite prije ulaska u Zemljinu atmosferu. Mreža je dio međunarodnog sustava Global Meteor Network, čime i promatrači iz Bosne i Hercegovine aktivno doprinose svjetskim znanstvenim istraživanjima.

### Tamno nebo - neprocjenjiv prirodni resurs

Praktični dio manifestacije održan je na lokaciji Ovčiji Brod kod Nevesinja, odabranoj zbog iznimno očuvanog tamnog neba. Program je bio usklađen s razdobljem mladog Mjeseca kako bi uvjeti za promatranje i astrofotografiju bili što kvalitetniji. Nakon početka astronomske noći izmjerena je vrijednost 21,44 mag/arcsec<sup>2</sup> pomoću uređaja Sky Quality Meter (SQM), što predstavlja vrlo tamno nebo s minimalnim utjecajem umjetne rasvjete. Takvi su uvjeti danas rijetkost u većem dijelu Europe, gdje svjetlosno onečišćenje sve više narušava kvalitetu noćnog neba.



Predavanje prof. Nedima Mujića o bh meteorskoj mreži.

Pod hercegovačkim nebom sudionici su mogli promatrati izrazito sjajnu Mliječnu stazu te brojne objekte dubokog svemira, dok su astrofotografi iskoristili izvrsne uvjete za prikupljanje kvalitetnih snimaka s vrlo malo šuma. Upravo ovakve lokacije predstavljaju neprocjenjivu prirodnu vrijednost i važan su resurs za razvoj astronomije, astrofotografije i astroturizma.

### Znanost koja povezuje profesionalce i amatere

Manifestacija je završena javnim promatranjem Sunca ispred Hrvat-

skog doma Herceg Stjepan Kosača, gdje su građani kroz specijalizirane solarne teleskope mogli promatrati Sunčeve pjege i druge detalje Sunčeve aktivnosti. Time je još jednom potvrđena važnost približavanja astronomije široj javnosti kroz praktična promatranja.

Osim popularizacije astronomije, organizatori su tijekom cijelog programa isticali važnost STEM obrazovanja i zaštite tamnog neba. U aktivnosti su bili uključeni učenici mostarskih srednjih škola, kojima je omogućeno upoznavanje suvremene astronomske opreme, znanstvenih metoda i mogućnosti sudjelovanja u međunarodnim projektima građanske znanosti. Istodobno je naglašena potreba za smanjenjem svjetlosnog onečišćenja kako bi se sačuvala prirodna kvaliteta noćnog neba, ali i omogućio daljnji razvoj astroturizma i astronomskih istraživanja.

Treće izdanje „Astro vikenda“ pokazalo je da je riječ o manifestaciji koja uspješno povezuje astrofotografiju, zvjezdaznanstvo, obrazovanje i zaštitu okoliša. Kroz izložbe, stručna predavanja, terenska promatranja i javne aktivnosti Mostar se još jednom potvrdio kao jedno od važnijih regionalnih središta popularizacije astronomije i očuvanja tamnog neba.



Promatranjem Sunca završen je treći „Astro vikend“.



Otvorenje izložbe astrofotografija Stjepana Lešića.

## IZVJEŠTAJ S MANIFESTACIJE

## Dani meteorita Križevci

Piše:  
Ratko Matić

Kamere Hrvatske meteorske mreže snimile su 5. veljače 2011. pad meteorita na području Križevaca. Astronomsko društvo Perzeidi, tada tek osnovano, organiziralo je potragu pod vodstvom Korada Korlevića, na koju se odazvalo nekoliko desetaka astronoma amatera iz cijele Hrvatske. Jedan je fragment pronađen 20. veljače 2011. te poslan na analizu na Sveučilište u Manchesteru. Nakon provedenih laboratorijskih ispitivanja meteorit je 26. lipnja 2014. uvršten u međunarodni katalog priznatih meteorita.

### Križevački meteorit

Od tada Astronomsko društvo Perzeidi svake godine organizira Dane meteorita Križevci, simbolično oko 26. lipnja, datuma službenog priznanja meteorita. U isto se



*O izgradnji i počecima rada opservatorija Vera C. Rubin govori njen voditelj prof. Željko Ivezić*

vrijeme obilježava i Međunarodni dan asteroida, 30. lipnja. Manifestacija uključuje predavanja, ra-

dionice i promatranja neba, s naglaskom na meteorite i mala tijela Sunčeva sustava.

Meteoriti i mala tijela Sunčeva sustava nisu samo atrakcija. Ona bi u budućnosti mogla predstavljati važan resurs za svemirsku tehnologiju i ekonomiju, ali istodobno predstavljaju i potencijalnu opasnost za život na Zemlji.

### Pogled u svemir

Na to koliko takvih svemirskih tijela ima oko nas podsjetio nas je prof. dr. sc. Željko Ivezić sa Sveučilišta Washington u Seattleu, jedan od vodećih znanstvenika uključenih u rad Opservatorija Vera C. Rubin u Čileu. U predavanju „Zvezdarnica Vera Rubin: Počinjemo snimanje najvećeg filma noćnog neba“ upoznao nas je

s izgradnjom i prvim danima rada zvezdarnice čiji je cilj tijekom sljedećih deset godina prikupiti golemu količinu podataka o svemiru i donijeti nova saznanja kakva do sad nismo mogli ni zamisliti. Koliko će nova zvezdarnica promijeniti naše razumijevanje svemira možda najbolje pokazuje podatak da su već na prvoj snimljenoj fotografiji neba identificirane tisuće asteroida za koje prije nismo znali. Prof. Ivezić održao je predavanje 23. lipnja, upravo na dan kada smo ga podsjetili da se godinu dana ranije, 23. lipnja 2025., zvezdarnica Vera Rubin predstavila svijetu svojim prvim fotografijama neba. Bio je to posebno dirljiv trenutak. Profesor se toga sam nije sjetio, pa smo zajedno, gotovo spontano, obilježili prvu godišnjicu rada zvezdarnice kojoj je na čelu. O obrani od udara opasnih asteroida trebao je 25. lipnja govoriti Korado Korlević sa Zvezdarnice Višnjana, u predavanju „Projekt Svemirska straža - obrana od udara asteroida“. Nažalost, zbog ozljede nekoliko dana prije predavanja njegov je dolazak morao biti odgođen do oporavka.

Na Danima meteorita Križevci prvi je put nastupio i Zoran Novak iz Astronomskog društva Vega Čakovec, stručnjak za svjetlosno onečišćenje, koje nas ne ometa samo u promatranju neba i



*Dr. sc. Zoran Ereš u formi napetog krimića otkriva tajnu izumiranja dinosaura*

praćenju opasnih asteroida, nego remeti i prirodni ritam živoga svijeta te može negativno utjecati na naše zdravlje. U predavanju „Noć nije neprijatelj, ali svjetlosno onečišćenje jest“ ponudio je i konkretno, kompromisno (mogli bismo ga nazvati i ekološkim) rješenje „sukoba“ između svjetlosnog onečišćenja i potrebe za noćnim osvjetljavanjem.

### Kad asteroid udari

Manifestaciju je 17. srpnja zaključio dr. sc. Zoran Ereš s Instituta Ruđer Bošković u Zagrebu predavanjem „Asteroid koji je uništio dinosaure“. U njemu je prikazao kako je prije 66 milijuna godina

udar velikog asteroida izbrisao većinu tadašnjeg živog svijeta, dok je od dinosaura preživjela samo jedna njihova evolucijska grana - ona iz koje su se tijekom milijuna godina razvile današnje ptice.

Prije četiri godine dr. Ereš pričao nam je o tome kako je mogao nastati život na Zemlji, a sada o tome kako je mogao nestati. A koliko je granica između postojanja i nestanka ponekad tanka, pokazuje i jednostavna pomisao: da je križevački meteorit bio razmjera onoga koji je prije 66 milijuna godina pogodio Zemlju, danas o njemu ne bi imao tko govoriti.

Srećom, križevački meteorit nije prouzročio nikakvu štetu. Ostao je u dobrom sjećanju Križevčana, ali i brojnih astronoma amatera koji su sudjelovali u njegovoj potrazi i pronalasku. Zato se svake godine krajem lipnja i početkom srpnja, kroz Dane meteorita Križevci, prisjećamo tog nesvakidašnjeg događaja koji je obilježio i samo Astronomsko društvo Perzeidi.

Naime, društvo je već mjesec dana nakon osnutka bilo mobilizirano na svoju prvu veliku aktivnost - potragu za meteoritom. Više od petnaest godina poslije, upravo je taj događaj i dalje jedan od temelja manifestacije koja svake godine ponovno okuplja astronome, znanstvenike i zaljubljenike u svemir.



*Zoran Novak govori o problemu svjetlosnog onečišćenja i njegovim posljedicama.*



*Dani meteorita Križevci imaju svoju brojnu stalnu publiku*

## U DRUŠTVU OBLAKA

# Pijavice i tornada - kada vrtlog postane razorna sila

Piše:

Maja Kraljik

Među svim pojavama koje nastaju u snažnim grmljavinskim olujama malo ih je toliko vizualno upečatljivo kao pijavica ili tornado. Uski stup zraka koji se iz baze oblaka spušta prema tlu ili vodenoj/morskoj površini jedan je od najprepoznatljivijih prizora nevremena. Ipak, iza sličnog izgleda kriju se vrlo različiti procesi. Nije svaka pijavica tornado, kao što ni svaki tornado ne nastaje na isti način. Ta je razlika osobito važna kada se govori o njihovoj snazi, jer između kratkotrajne, slabije pijavice nastale iz obične konvekcije i snažnog tornada povezanog sa superćelijom, može postajati ogroman nesrazmjer. U svakodnevnom govoru na Jadranu sama riječ „pijavica“ najčešće označava vrtlog koji se pojavljuje iznad mora, dok se za sličnu pojavu nad kopnom koristi naziv „tornado.“ Meteorološki gledano, granica nije

tako jednostavna. Pijavica, odnosno waterspout, zapravo je atmosferski vrtlog koji se proteže između baze oblaka i vodene površine. Ako je povezan s mezociklonom superćelije, riječ je o tornadičnoj pijavici – pojavi koja može biti vrlo snažna i destruktivna. Drugim riječima, presudno nije samo nalazi li se vrtlog iznad mora ili kopna, nego kakav je proces doveo do njegova nastanka.

Najčešće pijavice na Jadranu ne nastaju iz superćelija, nego unutar snažnih, ali relativno običnih konvektivnih oblaka. U atmosferi mora istodobno postojati dovoljno vlage i nestabilnosti, a važnu ulogu imaju i lokalne razlike u temperaturi te smjeru i brzini vjetra. Iznad zagrija ne morske površine topao i vlažan zrak počinje se dizati, stvarajući uzlazna strujanja. Ako u nižim slojevima atmosfere već postoji odre-

đena horizontalna rotacija zraka, snažno uzlazno strujanje može je rastegnuti i koncentrirati.

Tako nastaje vrtlog koji se počinje ubrzavati. Kako se zrak približava središtu vrtloga, tlak pada, a brzina kruženja raste. U dovoljno povoljnim uvjetima kondenzacija postaje vidljiva kao lijevak – takozvani funnel cloud. Kada se taj vrtlog protegne sve do morske površine i postane dovoljno organiziran, dobijemo pijavicu. Kod takozvanih „fair-weather waterspoutova“, odnosno pijavica koje nisu povezane sa superćelijom, proces se često razvija upravo od površine prema gore. Zato se ponekad govori o „bottom-up“ mehanizmu. One mogu nastati ispod relativno mladih konvektivnih oblaka i često su manjeg promjera i kraćeg trajanja. Unatoč tome, nikako ih ne treba smatrati bezopasnim. Jače pijavice mogu prevrnuti manje brodove, oštetiti krovove i objekte na obali te predstavljati ozbiljnu opasnost za ljude na moru.

Najveća razlika pojavljuje se kada se vrtlog razvije unutar superćelijske oluje. Tada govorimo o tornadičnoj superćeliji, a tornado nastaje povezivanjem s mezociklonom – velikim rotirajućim uzlaznim strujanjem unutar oluje, o kojem sam pisala u prošlom broju. Zato je proces znatno složeniji. Dakle, izraženo smicanje vjetra s visinom stvara horizontalnu rotaciju u atmosferi, a snažan uzlazni stup superćelije tu rotaciju uspravlja, čime nastaje mezociklon. Unutar njega, u blizini tla, pod vrlo povoljnim uvjetima može se razviti još

uža i mnogo snažnija rotacija. Kada se ta rotacija dovoljno koncentrira i protegne prema površini, nastane tornado. Za razliku od klasične pijavice, ovdje se ne radi samo o lokalnom vrtlogu ispod oblaka. Tornado je dio mnogo većeg, organiziranog sustava. Njegov nastanak povezan je s dinamikom cijele superćelije pa su zato tornada nastala na ovaj način snažnija i dugotrajnija.

## Kako ih razlikovati pogledom?

Na prvi pogled razlika nije uvijek očita. I pijavica i tornado mogu izgledati kao uski stup koji se spušta iz baze oblaka. Međutim, njihovo okruženje otkriva važne tragove. Pijavice nad Jadranom mogu se pojaviti ispod relativno niskih i mladih konvektivnih oblaka, ponekad uz vidljiv, uzak lijevak i vrlo jasno definiran vrtlog. Često se oko njih može uočiti prskanje vode na površini mora. Mogu nastati u skupinama pa se u kratkom vremenu iz istog olujnog sustava može razviti više pijavica. Kod tornadične superćelije struktura oblaka je mnogo impresivnija. Često se vidi golema, organizirana baza, wall cloud, odnosno spuštenu bazu oblaka, snažan uzlazni stup, izražena rotacija i područje bez oborina ispod glavnog uzlaznog strujanja. Tornado se najčešće razvija upravo u području gdje se te strukture međusobno povezuju. Važno je pritom razumjeti da vidljivi lijevak nije isto što i cijeli tornado. Tornado je rotirajući stup zraka, a kondenzacijski lijevak samo je njegov vidljivi dio. Ako lijevak ne doseže tlo, to ne znači automatski da pri tlu nema snažnog vrtloženja. Obrnuto, snažna rotacija pri tlu može postojati i prije nego što se cijeli lijevak jasno kondenzira. Snaga ovih pojava može se dramatično razlikovati. Slabije pijavice i tornada mogu trajati svega nekoliko minuta i ostaviti relativno ograničenu štetu. S druge strane, snažna tornada iz superćelija mogu trajati desetke minuta, prelaziti velike udaljenosti i uništavati građevine, vozila, vegetaciju i infrastrukturu. Za procjenu njihove jačine koristi se Enhanced

Fujita (EF) ljestvica, koja ide od EF0 do EF5. Ona ne mjeri izravno brzinu vjetra instrumentom u samom vrtlogu, nego se jačina procjenjuje prvenstveno prema nastaloj šteti i karakteristikama oštećenih objekata. Najjača tornada, kategorije EF4 i EF5, iznimno su rijetka, ali mogu proizvesti katastrofalna razaranja. Pritom je važno ne upasti u zamku da se svaka pijavica smatra slabom. Tornadična pijavica iz superćelije može biti vrlo ozbiljna prijetnja, osobito ako se približi obali. Kada superćelija prijeđe preko mora ili se njezin mezociklon proširi iznad morske površine, tornado može izgledati poput klasične jadranske pijavice, ali njegova struktura i potencijal mogu biti potpuno drugačiji. Postoji i posebna skupina tornada koja nastaju bez mezociklona. Među njima su „landspoutovi“ koji se razvijaju ispod snažnih konvektivnih oblaka, kada se postojeća rotacija pri tlu rastegne snažnim uzlaznim strujanjem. Mogu izgledati vrlo slično klasičnom tornadu, ali obično nastaju drugačijim mehanizmom.

## Jadran – prirodno područje za pijavice

Jadransko more posebno je zanimljivo zbog svojih geografskih i meteoroloških karakteristika. Relativno toplo more, velika količina vlage i česti prodori hladnijeg zraka iznad njega mogu stvoriti vrlo nestabilne uvjete. Kada se takva atmosfera po-

klopi s razvojem snažne konvekcije, mogućnost nastanka pijavica raste. Zbog toga se pijavice na Jadranu pojavljuju gotovo svake godine, osobito tijekom razdoblja izražene konvekcije. Neke ostaju iznad otvorenog mora i brzo se raspadnu, druge prijeđu nekoliko stotina metara ili kilometara, a rijetke mogu dosegnuti obalu i ondje izazvati štetu. Upravo je zato pogrešno promatrati pijavice samo kao atraktivnu pojavu za fotografiranje. Njihov izgled može biti fascinant, ali ono što se događa unutar vrtloga posljedica je ogromne količine energije koncentrirane na vrlo malom prostoru.

Iako dijele istu osnovnu ideju – snažno rotirajuće strujanje zraka koje povezuje atmosferu s površinom – pijavica i tornado mogu nastati na potpuno različite načine. Od kratkotrajnog vrtloga nastalog običnom konvekcijom pa sve do tornada iz snažne superćelije, postoji čitav spektar atmosferskih procesa i različitih razina opasnosti.

Svjedočila sam mnogim pijavicama te nekolicini tornadičnih pijavica. U svakoj od situacija osjetila sam veliko strahopoštovanje prema tim pojavama. Zanimljive su za fotografiranje, no zahtijevaju izniman oprez, osobito ako se radi o osobama bez iskustva koje su se našle u blizini pijavica. Upravo zato uvijek volim naglasiti – prirodne je pojave sigurnije i bolje promatrati te im se diviti iz daljine.



Foto: Maja Kraljik



Foto: Maja Kraljik

## ASTRONOMIJA

## Patuljaste galaksije

Piše:

Tomislav Anić

Kao što im samo ime sugerira, patuljaste galaksije malene su galaksije koje mogu sadržavati od svega nekoliko tisuća pa do nekoliko milijardi zvijezda. Za usporedbu, naša Mliječna staza sadrži između 100 i 400 milijardi zvijezda. Osim relativno malog broja zvijezda, patuljaste galaksije karakteriziraju i mala masa te vrlo mala površinska svjetlina. Upravo ih to čini prilično zahtjevnim objektima za promatranje.

**Mali graditelji galaksija**

Nastanak i razvoj patuljastih galaksija još uvijek nisu u potpunosti razjašnjeni. Zbog njihove male mase i relativno malog broja zvijezda pretpostavlja se da velik dio njihove mase čini tamna materija koja ih okružuje. Zbog toga su patuljaste galaksije i jedan od važnijih objekata za proučavanje tamne materije. Jedna od mogućnosti jest da su nastale unutar haloa tamne materije,

gdje su fluktuacije gustoće dovele do gravitacijskog kolapsa i stvaranja prvih zvijezda. Kasnijim međusobnim spajanjima i asimilacijom u veće sustave mogle su sudjelovati u nastanku i evoluciji velikih galaksija. U tom smislu možemo ih promatrati kao svojevrsne gradivne elemente većih galaktičkih sustava.

Postoji i zanimljiva pretpostavka da su neki kuglasti skupovi koje danas nalazimo u velikim galaksijama zapravo jezgre patuljastih galaksija koje su u davnoj prošlosti postupno asimilirane u veću galaksiju. Sve to čini patuljaste galaksije iznimno vrijednim objektima za proučavanje ranog svemira, evolucije galaksija, ali i prirode tamne materije.

Patuljaste galaksije najčešće se nalaze u blizini velikih galaksija oko kojih kruže. Tako Mliječna staza ima dvadesetak poznatih patuljastih galaksija, dok ih u našoj Lokalnoj grupi ima više od 70. Kao i njihova velika braća, i patuljaste galaksije prolaze kroz različite faze evolucije. Gravitacijski utjecaj drugih galaksija pri tom može značajno promijeniti njihov oblik, strukturu i druga fizikalna svojstva.

**Raznoliki svjetovi**

Prema morfologiji i nekim fizikalnim svojstvima patuljaste galaksije možemo podijeliti na nekoliko skupina:

**Eliptične** patuljaste galaksije izgledom podsjećaju na velike

eliptične galaksije. Sadrže vrlo malo plina i uglavnom nemaju značajniju aktivnost stvaranja novih zvijezda.

**Sferoidalne** patuljaste galaksije još su manje te imaju znatno manju masu od eliptičnih. Također sadrže vrlo malo plina i gotovo uopće ne stvaraju nove zvijezde. Velik dio njihove mase pripisuje se tamnoj materiji, čiji je udio u ukupnoj masi kod nekih od njih iznimno velik.

**Iregularne** patuljaste galaksije njihova su prava suprotnost. Sadrže velike količine plina i često intenzivno stvaraju nove zvijezde. Najpoznatiji primjeri takvih galaksija su Veliki i Mali Magellanov oblak.

**Plave kompaktne** patuljaste galaksije karakterizira intenzivno i lokalizirano stvaranje novih zvijezda. Upravo zbog velikog broja mladih i vrućih zvijezda, one imaju izraženu plavu boju. Kemijski su relativno primitivne, s malim udjelom težih elemenata, pa predstavljaju svojevrsan prozor u uvjete koji su vladali u ranom svemiru.

**Ultra-kompaktne** patuljaste galaksije posebna su i relativno nedavno prepoznata skupina objekata. Obično imaju promjer od svega nekoliko stotina svjetlosnih godina ili manje te su po nekim svojstvima slične kuglastim skupovima. Ipak, njihova



Leo I, patuljasta sferična galaksija. Na udaljenosti od 820 000 god. svj. jedna je od najudaljenijih satelitskih galaksija Mliječnog puta. Udaljena je samo 12 lučnih minuta od vrlo svijetle zvijezde Regulus pa ju to čini još zanimljivijim, ali i još težim objektom za opažanje. Foto: Tomislav Anić

priroda i nastanak još su predmet istraživanja.

**Ultra-difuzne** galaksije karakterizira vrlo mala površinska svjetlina unatoč relativno velikim dimenzijama. Izgledom mogu podsjećati na velike, vrlo rijetke kuglaste skupove, ali za razliku od njih mogu sadržavati značajne količine tamne materije.

**Galaktički susjedi**

Najsajnije patuljaste galaksije u našoj blizini svakako su Veliki i Mali Magellanov oblak. Oba su dovoljno sjajna da ih je moguće

vidjeti i bez optičkog pomagala, ali samo s južne hemisfere. Jedna od nama najbližih poznatih patuljastih galaksija je Sagittarius Dwarf Spheroidal Galaxy, udaljena oko 70 000 svjetlosnih godina. Za usporedbu, promjer Mliječne staze iznosi oko 150 000 svjetlosnih godina.

Na sjevernoj hemisferi jedna od poznatijih, ali nipošto lakih patuljastih galaksija za opažanje je Barnardova galaksija (NGC 6822). Iako je relativno blizu i velika, njezina je površinska svjetlina vrlo mala, zbog čega je za njezino opažanje potrebno tamno nebo i odgovarajući teleskop.

**Mali objekti, velika pitanja**

Sve navedeno čini patuljaste galaksije iznimno vrijednim objektima za različita astronomska istraživanja. Upravo u tim malim i naizgled neupadljivim galaksijama možda se kriju odgovori na pitanja o nastanku i evoluciji najvećih galaktičkih sustava. One nam također mogu pomoći u razumijevanju prirode tamne materije, a možda će upravo proučavanje tih malih galaksija jednog dana dati neke od odgovora na velika pitanja o prošlosti, ali i budućnosti cijelog svemira.



NGC 6822, Barnardova galaksija. Najbliža nam je nesatelitska galaksija, udaljena oko 1.6 milijuna svj. god. S prividnom magnitudom od 9.3 moguće ju je i vizualno promatrati, ali pod tamnim nebom. Ona, kao i sve ostale, ima nisku površinsku osvijetljenost. Foto: Tomislav Anić



PGC 143 (Wolf-Lundmark-Melotte). Iregularna patuljasta galaksija. Udaljena je oko 3 milijuna god. svj. Izdvojena je iz Lokalne grupe galaksija te je zadržala plin i formaciju zvijezda. Foto: Tomislav Anić

## ASTRONOMIJA

## Mira - čudesna zvijezda

## Saga o legendarnoj „skrivalici“

Piše:

Pavle Rajković

Vrijeme izlaska novog broja časopisa idealan je trenutak da se osvrnemo, a samim time i nešto kažemo o najlegendarnijoj varijabilnoj zvijezdi noćnog neba. Suhoparna i neslikovita Bayerova oznaka Omicron (o) Ceti iza sebe krije zvijezdu koja već stoljećima inspirira astronome, među kojima je mnogo poznatija po svom poetskom imenu – Mira (Čudesna). Smještena u vratu morskog čudovišta predstavljenog zvijezdom Kit (lat. Cetus), Mira već stoljećima s nama igra igru „Sad me vidiš, sad me ne vidiš“. U ovom tekstu objasniti ćemo zašto se ta nebeska „skrivalica“ igra skrivača s nama, ali ćemo se dotaknuti i općenite prirode varijabilnih zvijezda i njihovog ponašanja.

**Općenito o varijabilnim zvijezdama**

U svemiru postoje zvijezde koje svoj sjaj mijenjaju tijekom određenog vremenskog intervala i kao takve nazivaju se varijabilnim zvijezdama. Te promjene u sjaju mogu biti male (desetine jedne magnitude), a mogu biti i ogromne (nekoliko cijelih magnituda). Period od najmanje do najveće magnitude može se mjeriti u godinama, a ponekad i u samo nekoliko dana. Razlozi varijabilnosti sjaja mogu biti razni, a ja ću navesti samo nekoliko njih:

**Pulsacija zvijezde**

Zvijezde koje pulsiraju još uvijek nisu pronašle ravnotežu između sile samogravitacije koja teži urušiti zvijezdu samu u sebe uslijed vlastite težine i sile koju proizvodi

nuklearna fuzija u jezgri, koja teži zvjezdani materijal izbaciti prema van. U tom procesu uravnoteženja zvijezda se periodično skuplja i širi, što rezultira smanjenjem i povećanjem njezine površine, a samim time i promjenom sjaja. Postoje dvije vrste pulsacija. Pulsirati može cijela zvijezda ili samo njezin dio. Pulsirajućoj skupini varijabilnih zvijezda pripada i naša današnja tema – zvijezda Mira. Neki drugi poznati primjeri takvih varijabilnih zvijezda su Delta Cephei u zvijezdu Cepheus i Delta Scuti u zvijezdu Scutum.

**Eklipsni binarni sustavi**

Ako je zvijezda binarni sustav u kojem je orbita primarne zvijezde i pratioca takva da, gledano iz našeg smjera, sekundarna zvijezda periodično zaklanja dio primarne jer prolazi točno ispred nje, to izaziva periodičnu promjenu sjaja primarne zvijezde. Svaki put kada sekundarna zvijezda prolazi ispred primarne, veća zvijezda gubi sjaj, a kada pratilac više ne zaklanja glavnu zvijezdu, sjaj se vraća na staru vrijednost. Bez premca najpoznatija zvijezda takvog tipa je „Dmonska zvijezda“ Algol – sjajna zvijezda u zvijezdu Perzej. Zanimljivo je da se isti princip primjenjuje i za pronalaženje egzoplaneta. Traže se mala odstupanja u sjaju zvijezde kada planet prolazi ispred nje.

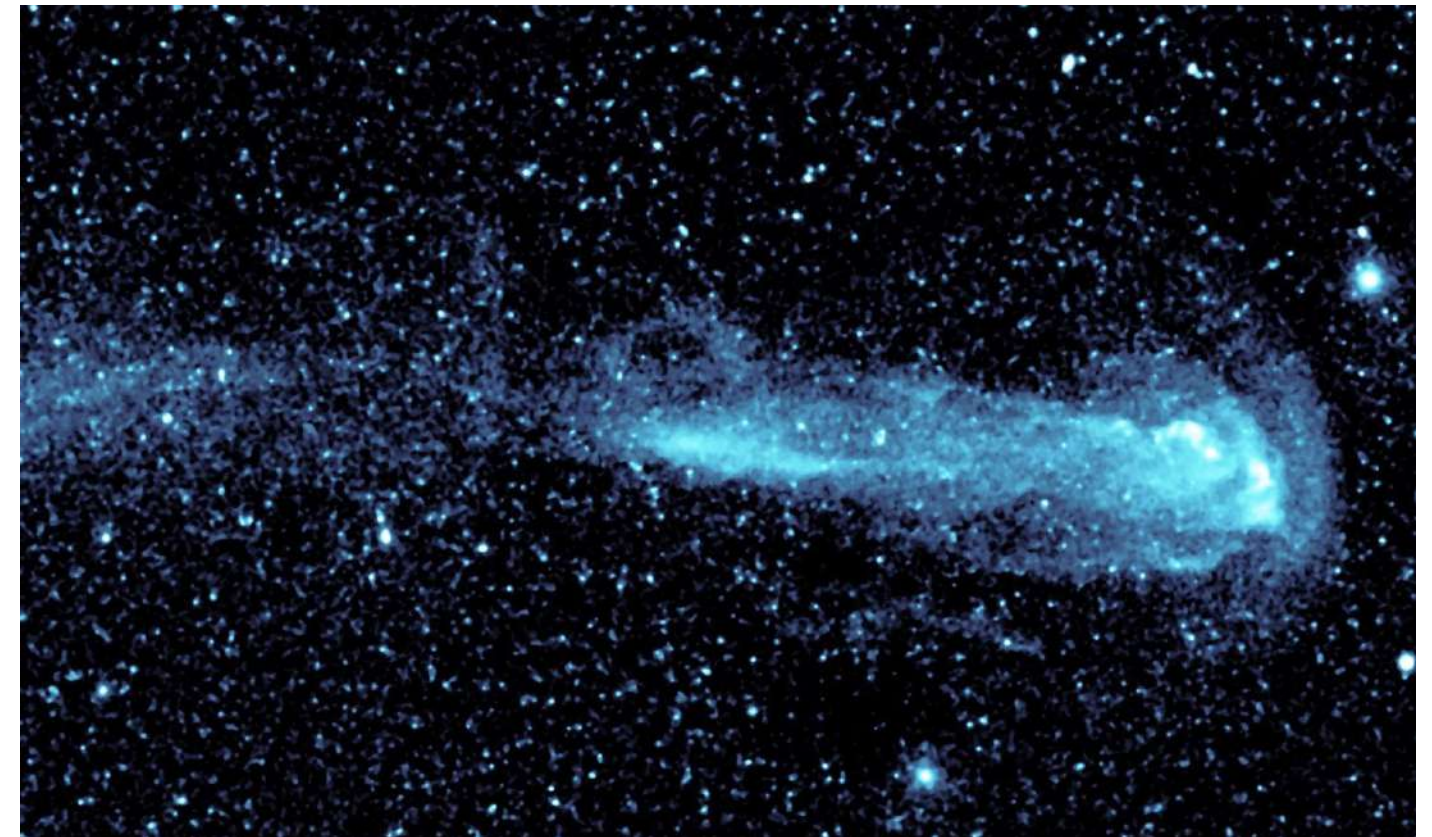
**Zvezdane pjege** (možda najegzotičniji razlog varijabilnosti zvijezda) Postoje zvijezde koje imaju gigantske, neravnomjerno raspoređene pjege. Kako zvijezda rotira oko svoje osi, njezin sjaj se sma-



*Johannes Hevelius (1611. – 1687.) čuveni je poljski astronom iz Gdanjska. Rad ovog ranog astronoma duboko je utkan i u modernu astronomiju jer su mnoga zvijezda koja je Hevelius uveo u upotrebu i danas priznata među 88 službenih zvijezda. Hevelius je taj koji je Miru ovjekovječio možda najljepšim imenom koje može nositi jedan nebeski objekt. On se vrlo intenzivno bavio tom zvijezdom, napisavši 1662. godine čitav rad o njoj – „Historiola Mirae Stellae“.*

njuje kada je prema nama okrenuta strana zvijezde s više pjega, a povećava se kada gledamo stranu zvijezde s manje pjega. Najpoznatija zvijezda takvog tipa je Cor Caroli – najsajnija zvijezda proljetnog zvijezda Lovački psi.

Za svaki od navedenih tipova varijabilnosti postoji zvijezda kod koje je takvo ponašanje prvo uočeno. Takva zvijezda naziva se prototipom varijabilne zvijezde i sve ostale zvijezde nazivaju se po njoj. Recimo, Delta Scuti je prototip



Godine 2007. NASA-in Galaxy Evolution Explorer Telescope snimio je ovu impozantnu fotografiju Mire u ultraljubičastom spektru. Na njoj se vide dvije jedinstvene karakteristike Mire – udarni val (desno), stvoren uslijed velike brzine kretanja, i rep izbačenog materijala (lijevo) koji zvijezda ostavlja iza sebe. Sama Mira se ne vidi, već se nalazi skrivena iza grude plina koji je okružuje.

zvijezda koje varijabilnost duguju određenoj vrsti pulsacija i sve takve zvijezde nazivaju se Delta Scuti varijabilnim zvijezdama.

**Mira – prva, najekstremnija i najčudesnija**

Mira je jedna od najpoznatijih zvijezda na noćnom nebu i sigurno jedna od najčudnovatijih. Njezino periodično pojavljivanje i nestajanje na nebu već stoljećima zbunjuje i zadivljuje astronome pa je njezina ljepota ovjekovječena i u njezinu imenu – „Čudesna“. Svatko tko je promatrao zvijezde Kit, čak i ako nije upoznat s prirodom zvijezde, primijetio je da tijekom sezone vrat morskog čudovišta mijenja oblik. Naime, u njemu se nalazi zvijezda Mira koja je jedne sezone lako vidljiva golim okom, da bi drugo bila jedva vidljiva čak i u tražilu. To značajno mijenja vizualnu percepciju zvijezda jer se Mira nalazi točno u vratu Kita, dijelu zvijezda koji spaja tijelo i glavu stvorenja. Stoga zvijezde katkad izgleda potpuno podijeljeno na dvije nespo-

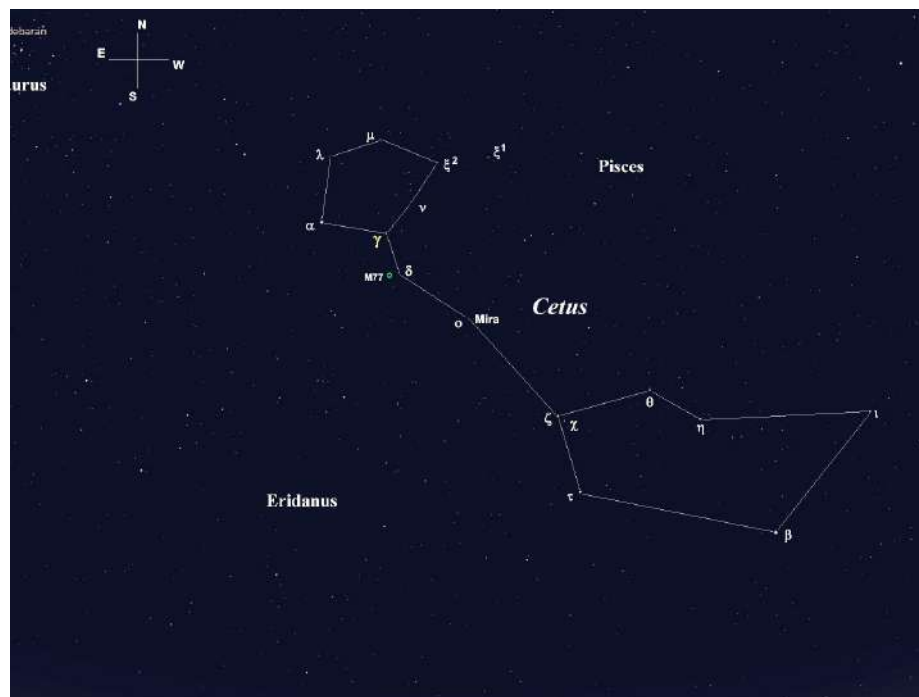
jive cjeline (glavu i tijelo), dok se ponekad javlja predivan, tanki vrat koji povezuje dijelove u jednu sliku i upotpunjuje oblik mitskog stvorenja. Koji je razlog tako ekstremnog ponašanja jedne zvijezde? Kako je moguće da jedne zvijezde „čas ima – čas nema“? Razlozi za Mirino ponašanje leže u njezinoj ekstremnoj varijabilnosti. Mira je prototip Mira varijabilnih zvijezda – pulsirajućih crvenih divova koji prolaze kroz ekstremne periode dobika i gubitka sjaja. Pulsirajuće zvijezde još uvijek nisu pronašle gravitacijsku ravnotežu između sila nuklearne fuzije koje teže zvijezdu raspršiti u svemir i sile samogravitacije koja teži zvijezdu urušiti samu u sebe. Stoga se te zvijezde periodično šire i skupljaju, što dovodi do povećanja i smanjenja njihova sjaja.

Na nebu ima puno tipova pulsirajućih varijabilnih zvijezda, ali nijedan tip nije tako ekstreman kao Mira varijabilne zvijezde. One prolaze kroz ekstremne varijacije u sjaju koje se mogu mjeriti čak do 10 magnituda! Uglavnom su u pitanju crveni divo-

vi relativno malih masa čiji se vanjski slojevi periodično polagano šire i skupljaju u periodu od 80 do 1 000 dana, što je veoma dug period u odnosu na sve ostale tipove varijabilnih zvijezda. Pri tome zvijezde vizualno mijenjaju i boju, a najcrvenije su u trenucima minimalnog sjaja. Uglavnom su u pitanju veoma stare zvijezde pri kraju svog života. Mnoge od njih oko sebe imaju ljušku izbačenog materijala, a upravo je Mira i po tome najekstremnija, ali o tome malo kasnije.

Mira je bila prva varijabilna zvijezda ikada otkrivena, a varijaciju u njezinu sjaju tijekom oko 11 mjeseci otkrio je Johannes Holwarda 1638. godine. To što je Mira prva otkrivena varijabilna zvijezda i ne čudi mnogo jer već stoljećima promatrači neba uočavaju da se ta zvijezda sa sezonama periodično pojavljuje i nestaje na svojoj poziciji. Naime, Mira mijenja svoj sjaj u rasponu od 3 do 10 magnituda! To je ekstrem koji je lako vidljiv golim okom. Pri magnitudnom maksimumu zvijezda je lako uočljiva

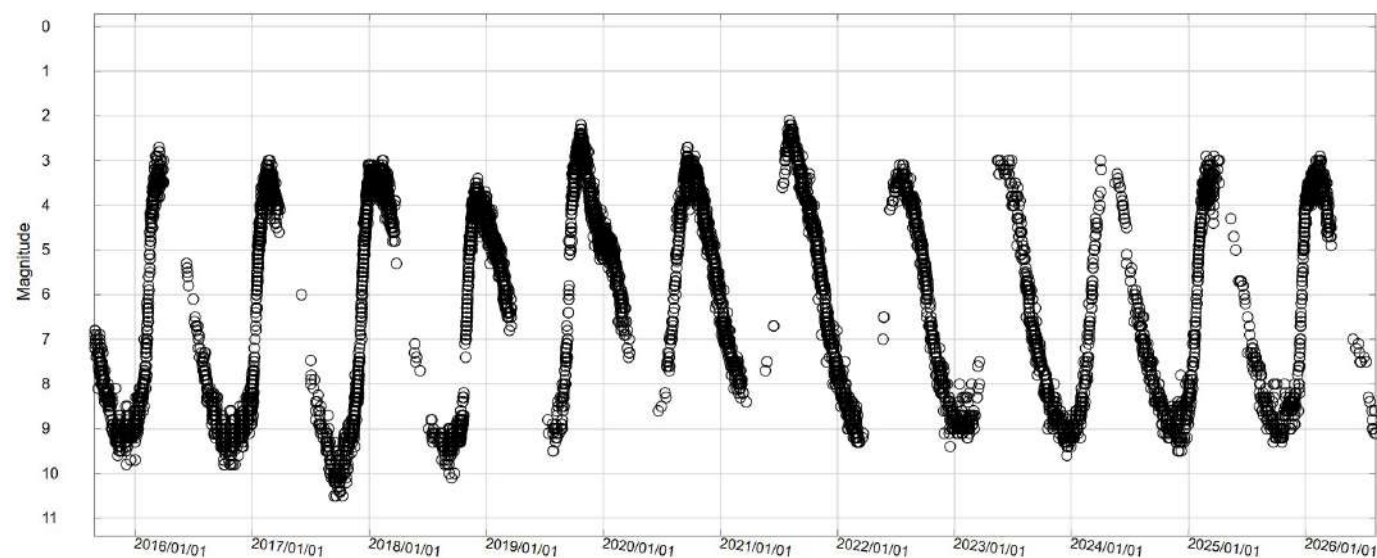
golim okom, dok se pri minimumu uglavnom ne može vidjeti ni kroz tražilo. Treba reći da zvijezda rijetko doseže magnitudne ekstreme i da se uglavnom kreće između tih graničnih vrijednosti. Period varijabilnosti zvijezde prilično je dug i iznosi 332 dana. Stoga, promjenu sjaja nije lako uočiti tijekom dana ili tjedana kao kod nekih drugih varijabilnih zvijezda, već se promatranja moraju vršiti tijekom mjeseci i sezona. Iako prvi „službeni“ podaci o ekstremnoj varijabilnosti Mire datiraju od prije nešto više od 400 godina, smatra se da je zvijezda zakupljala maštu astronoma još od davnih vremena. Možemo samo zamisliti koliko je drevnim astronomima, bez znanja dobrog dijela današnje fizike, izgledalo neobično uvijek iznova pojavljivanje, a potom nestajanje zvijezde na nebu. Prvi pisani podaci o ponašanju Mire dolaze od njemačkog svećenika Davida Fabriciusa. On je 1596. godine, dok je mjerio položaj Jupitera, primijetio da je zvijezda magnitude 3 nestala s neba. U mjesecima koji su slijedili, Fabricius je promatrao isti dio neba i bio svjedok ponovnom pojavljivanju i nestajanju zvijezde. O svojim je promatranjima napisao nekoliko traktata koje je sve poslao čuvenom danskom astro-



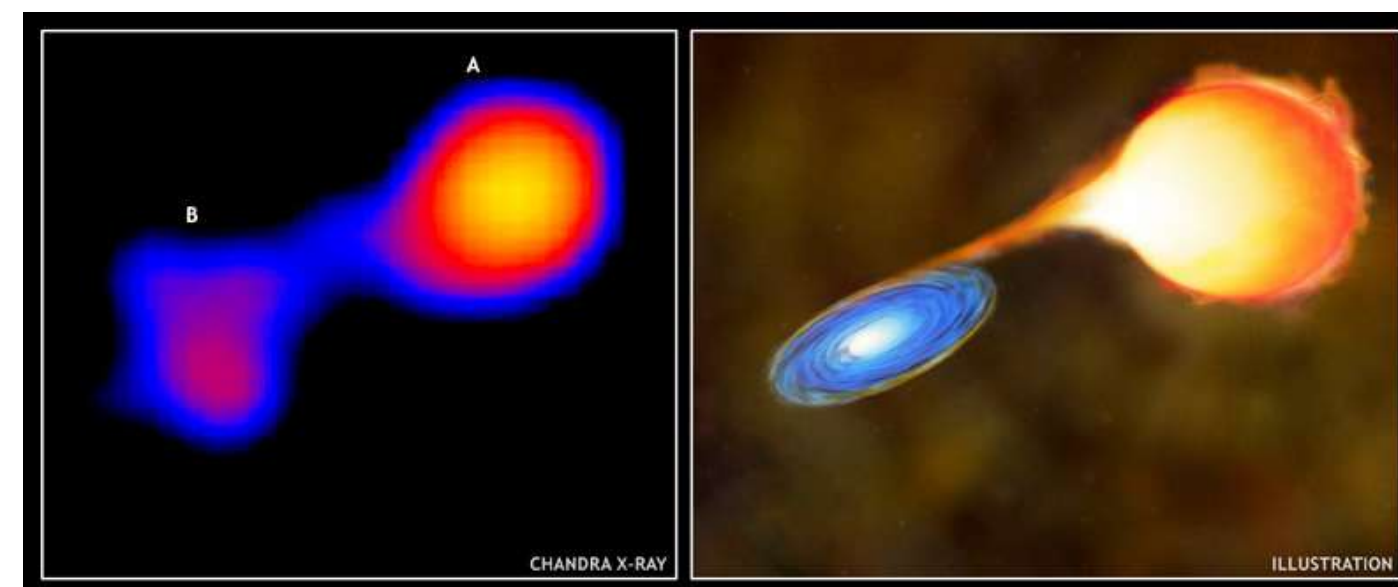
Zviježđe Kit (lat. Cetus) predstavlja mitsko morsko čudovište koje je bog Posejdon poslao da proždere princezu Andromedu, prikovanu za stijenu. Zviježđe se sastoji od dvije distinktivne cjeline: glave i tijela. Te dvije cjeline povezane su tankim vratom stvorenja i upravo se u njemu nalazi ekstremno varijabilna zvijezda Mira. Stoga se pri promatranju golim okom vrat Kita iz sezone u sezonu pojavljuje i nestaje iz pogleda.

nomu Tycho Braheu. Upravo su ti traktati prvi pisani trag o vizualnoj detekciji bilo koje varijabilne zvijezde. Johannes Holwarda je 1638. utvrdio period varijacije zvijezde. Međutim, najveći trag u proučavanju zvijezde ostavio je poznati poljski astronom Johannes Hevelius koji je zvijezdi i dao ime Mira – Čudesna, izve-

deno iz latinske riječi „mirabilis“ (čudesna). On je 1662. godine objavio čitav rad o Miri pod nazivom „Historiola Mirae Stellae“, u kojem je detaljno opisao ekstremnu varijabilnost zvijezde. Ta studija bila je prva u kojoj se zvijezda spominjala pod tim imenom i kao takva poznata je i do današnjeg dana.



Svjetlosna krivulja Mire iscrtana je pomoću podataka unesenih na AAVSO-ovu stranicu. Na X-osi nanoseno je vrijeme promatranja, dok se na Y-osi mogu očitati magnituda. Veliku većinu mjerenja izvršili su amaterski astronomi. Formiranje svjetlosnih krivulja varijabilnih zvijezda uvelike je u rukama nas amaterskih astronoma, čime vrlo aktivno sudjelujemo u otkrivanju astrofizičkih svojstava ovih objekata.



Godine 1997. objavljeni su rezultati koji su pokazali da je Mira zapravo binarni sustav. Na udaljenosti od 70 AJ od primarne zvijezde kruži mali pratilac, bijeli patuljak, koji oko sebe ima akrecijski disk materijala što ga je vjerojatno otrgnuo od mnogo veće primarne zvijezde. Na lijevoj slici prikazana je fotografija koju je snimio teleskop Chandra, dok je na desnoj slici prikazana umjetnička impresija vjerojatnog izgleda ovog binarnog sustava.

## Čudesna slika zvijezde kometnog oblika

Kao i sve Mira varijabilne zvijezde, i ona je prastara i ogromna. Starost joj se procjenjuje na 6 milijardi godina, a s radijusom 367 puta većim od Sunčevog jedna je od najstarijih i najvećih zvijezda vidljivih golim okom. Zvijezda se ubrzano približava kraju svog života i izbacuje materijal oko sebe u kolosalnim količinama. Toliko kolosalnim da na fotografijama napravljenim svemirskim teleskopom više izgleda kao komet nego kao zvijezda. Naime, ne samo da je cijela zvijezda usađena u ogromnu količinu plina koji je izbacila, već za sobom vuče vodikov „rep“ dug čak 13 svjetlosnih godina. To ekstremno ponašanje zvijezde rezultat je njezine velike brzine kojom se kreće prema jugu. Uslijed tolike brzine zvijezda stvara udarni val usmjeren u smjeru kretanja (prema jugu), a za sobom ostavlja dugačak rep izbačenog materijala u suprotnom smjeru (prema sjeveru). Kada bi se rep mogao vizualno opaziti, bio bi dug čak 2°. Kretanje i udarni valovi Mire intenzivno su proučavani i čak se došlo do zaključka kako će izgledati planetarna maglica koju će Mira jednoga dana stvoriti – nešto slično maglici Simeis 22 u zviježđu Kasiopeja.

## Značaj amaterske astronomije u proučavanju varijabilnih zvijezda

Promjena sjaja varijabilnih zvijezda tijekom vremena predstavlja se nečim što se naziva svjetlosna krivulja. Svjetlosne krivulje svake zvijezde dobivaju se unošenjem podataka o trenutnoj magnitudi zvijezde, pri čemu se tijekom razdoblja koje se mjeri u godinama dobiva grafikon koji prikazuje ne samo period promjene sjaja, već se iz njega mogu izvući i mnogi dodatni zaključci o ponašanju zvijezde. E, baš tu je profesionalnoj astronomiji neophodna pomoć amatera. Ne postoji grana astronomije u kojoj je uloga amatera toliko dominantna kao kod formiranja svjetlosnih krivulja varijabilnih zvijezda. Naime, na svijetu postoji ograničen broj zemaljskih profesionalnih teleskopa, a još manji broj svemirskih teleskopa. Svi oni uključeni su u promatranja koja objašnjavaju fundamentalne koncepte svemira i baš nijedan od njih nema taj luksuz da odvoji vrijeme za promatranje sjaja neke varijabilne zvijezde. I zaista, jako je teško zamisliti da, recimo, Hubble Space Telescope troši svoje vrijeme godinama skačući sa zvijezde na zvijezdu ne bi li iznova mjerio njezin sjaj.

Tu prazninu popunjavaju amaterski astronomi svojim promatranjima. Veoma precizno definiranim tehnikama, amaterskim teleskopima moguće je prilično točno izmjeriti sjaj svake varijabilne zvijezde u danom trenutku. Sva ta mjerenja diljem svijeta nanose se na jedan grafikon kojim se formira svjetlosna krivulja za svaku zvijezdu. Dva najpoznatija mjesta za unošenje naših mjerenja su stranice AAVSO i BAA (British Astronomical Association). Ovdje je potrebno naglasiti da svjetlosna krivulja nije samo neki suhoparni grafikon izmjerenih podataka. U rukama profesionalaca, svjetlosna krivulja govori mnogo više od magnituda i perioda. Ona daje odgovore na dublje karakteristike varijabilnih zvijezda i otkriva dugoročne astrofizičke procese u njima, a upravo kod varijabilnih zvijezda profesionalci se uvelike oslanjaju na promatranja amatera i njihov doprinos astrofizici. Jesenska sezona je pred vratima, zviježđe Kit je tijekom rujna u idealnom položaju za promatranje, pa osim radi naslađivanja njegovim galaksijama i predivnom planetarnom maglicom, usmjerimo teleskope prema „Čudesnoj“, ispoštujmo ovu svemirsku legendu i doprinesimo astrofizici svojim radom.

## PROMATRAČKA ASTRONOMIJA

## Namibija - astroputopis

## Prvi dio

Piše:

Vedran Vrhovac

Ovog srpnja imao sam priliku ispuniti svoj dugogodišnji san o odlasku na lokaciju s netaknutim, tamnim nebom. Odabrao sam lokaciju s koje se vidi južno nebo, nama nedostupno iz Hrvatske. U sljedećim izdanjima časopisa Horizonti opisat ću svoja iskustva s puta. Ona ne moraju biti univerzalna i ako se odlučite za putovanje, vaša iskustva će se sigurno razlikovati od mojih. Za lokaciju sam odabrao Namibiju nakon što sam pročitao iskustva kolege astronoma amatera iz Belgije. Namibija nudi više pogodnosti: relativno je dostupna iz Europe, nema jet-lega za promjene vremenske zone, nebo je tamno i vrijeme stabilno. Iako Afrika zvuči egzotično,

Namibija je jedna od uređenijih zemalja na kontinentu, relativno sigurna i engleski jezik je službeni.

**Kako doći do Namibije?**

Do Namibije možete doći jedino zrakoplovom. Na svu sreću, jak turistički sektor u zemlji rezultira redovitim letovima te nije potrebno previše „kemijati“ prilikom planiranja puta. Najpraktičniji, a nakon puta mogu reći i vjerojatno najkomotniji, je let Lufthansom iz Frankfurta ili Münchena, koji će vas odvesti direktno do Windhoek (izgovara se „Vintuk“), glavnog grada Namibije. Radi se o letu u trajanju 10 h pa budite spremni na dugotrajno sjedenje. Nedo-statak Lufthanse je što nudi samo 23

kg u check-in prtljazi i 8 kg u kabin-skoj. Ako mislite nositi vlastitu opremu, ovo je bitna informacija.

Druga opcija je Turkish Airlines koji nudi let preko partnera, od Istanbula do Windhoek. Taj let ne preporučam jer vas očekuje puno presjedanja, najčešće dva, a i dalje možete ponijeti prtljage kao u Lufthansi. Ja sam na kraju odabrao let Qatarom u tri dionice. Ostvario sam najpovoljniju cijenu, dva puta sam presjedao (Doha i Johannesburg) i cijeli put je trajao 23 h u jednom smjeru, ali sam mogao ponijeti 2 x 23 kg u check-in prtljazi. Idealno za moj slučaj jer sam nosio hrpu okulara, fotoopreme i Star Adventurer montažu.



Krajoblik na putu od Windhoek do Hakosa je kao iz nekog westerna. Autor: Vedran Vrhovac



Pogled na Hakos astrofarmu sa susjednog brda. Na lijevo su vidljive zvjezdarnice i automatske zvjezdarnice, a desno je sam centralni objekt sa smještajem. Autor: Vedran Vrhovac

**Namibija**

Za obilazak Namibije najbolje je unajmiti automobil. Ako se mislite držati glavnih cesta, dovoljno je 2x2 vozilo, za sve ostalo je 4x4 obvezno. Ceste su 90% dobro održavane, široki makadam na kojem se bez problema može voziti 80 - 100 km/h. Za Europljane koji po makadamu voze polagano, scena u kojoj vas na makadamu sa 110 km/h pretječe autobus najveći je kulturološki šok koji ćete doživjeti. Također, uzmite u obzir da ćete morati voziti lijevom stranom ceste, a rent-a-car kuće će naći razlog da vam naplate i najmanju štetu. Mojem osiguranju su naplatili udarac kamenčića u vjetrobransko staklo, što je po meni bezobrazno u zemlji gdje 90% prometnica čini makadam! Iz tog razloga preporučujem uzeti osiguranje da ne biste imali briga prilikom primopredaje automobila. Kako sam od 10 dana boravka u Namibiji njih 9 proveo na Hakosu, ne mogu komentirati sigurnost. Proveo sam jedan puni dan u Windhoeku i pratio uobičajene mjere opreza: nisam ostavljao torbe u autu na vid-

ljivom mjestu niti šetao po gradu s obješenim (skupim) fotoaparatom oko vrata. Zapravo, u Windhoeku se i nema baš nešto za vidjeti. Grad je osnovan prije 130 godina, ima desetak zgrada iz kolonijalnog doba, a ostalo su moderne građevine. To nije negativan aspekt putovanja jer u Namibiju dolazite zbog prostranstva, prirode i krajolika, a ne zbog urbanih središta.

Na Hakosu (i bilo gdje drugdje u Namibiji) se plaća u namibijskim dolarima. U vrijeme mog putovanja jedan euro je iznosio 18,5 NAD-a. Što se tiče cijena po dućanima, usporedive su s onima u Hrvatskoj. U ugostiteljskim objektima ćete proći nešto povoljnije nego u turističkim mjestima u Hrvatskoj. Za usporedbu, veliku kavu, štrudlu od jabuke i bocu gaziranog pića sam u turističkom mjestu Solitaire platio 180,00 NAD-a (9,7 €). S obzirom na lokaciju, a radi se o „gradiću“ usred pustinje, rekao bih da je to više nego povoljan iznos. Za plaćanje preporučam koristiti kartice, ja sam zamijenio konkretni iznos eura u gotovinu pa na kraju

nisam znao kud s njim. Dovoljno je razmijeniti 20 - 30 € za napojnice, i zlu ne trebalo, ostalo se može riješiti „peglanjem“. Što se tiče kartica, negdje će vam naplatiti proviziju za plaćanje u iznosu od 3%. U Windhoeku se možete opskrbiti u dobro opremljenim dućanima. Ima europskih lanaca, poput Spara, tako da artikli na policama neće biti u potpunosti nepoznati. Preporuka je da dolaskom u Windhoek nakupujete sve što bi vam moglo trebati na putu jer nakon izlaska iz grada do sljedećeg dućana ima 150 km. Ja sam unajmio automobil i sa sobom ponio 10 litara vode te hrane za jedan dan (keksi, krekeri) ako nešto krene po zlu.

**Hakos**

Za smještaj sam odabrao astrofarmu Hakos. Farma se smjestila na zapadu provincije Khomas, oko 130 km zračne udaljenosti od Windhoek, gdje dolazi do prekida visoravni koja čini središnju Namibiju i započinje njeno obrušavanje prema oceanu. Klima oko farme je polupustinjska, s kišnom sezonom koja traje tijekom juž-

nog proljeća i ljeta, od listopada do svibnja. Tijekom južne jeseni i zime, vrijeme je stabilno, sušno i vedro. U 10 dana boravka u Namibiji vidio sam oblake samo jednom, prvog dana kada sam dolazio. Prilikom planiranja puta nemojte doživjeti Afriku kao topli kontinent. Hakos je na 1 800 m visine, 23° južne širine, na rubu tropskog pojasa, ali unatoč tome, temperature noću padaju ispod 10°C, a u prodorima hladnoće ispod ništice! Preko dana su temperature ugodne, od 19 do 22°C. Kako je klima polupustinjska, relativna vlažnost zraka je niska, preko dana

padne na oko 15%, a noću se kreće oko 30%. Iz tog razloga je potrebno predvidjeti kreme za njegu tijela jer će vam usne i ruke ispucati od suhog zraka. Osim toga, tijekom dana i nakon ponoći prisutan je vjetar tako da treba svakako ponijeti kapu ili jaknu s kapuljačom.

Domaćini s Hakosa vam nude sve (za cijenu). Moguće je ugovoriti puni pansion, teleskope, okulare, filtere, montažu, kamere, izlete pa čak i preuzimanje na aerodromu. Ako ste voljni platiti za nešto, domaćini će pronaći način da vam to ponude. Sam smještaj nije luksuzan, već

je više u smjeru utilitarističkog. Dočekat će vas soba, dvostruki krevet, kupaonica, polica, radni stol. Sve je pristojno, a više vam i ne treba, ovo je ipak astronomski turizam, a ne glamping. Ja sam za svoj boravak uzeo puni pansion pa sam ujutro imao obilan doručak, popodne lagani ručak i onda bi navečer slijedila obilna večera. Hrana je u pravilu domaća, uzgojena ili ulovljena na farmi, tako da nema sumnje u njenu kvalitetu. Ovisno o vašem apetitu, moguće je preskočiti ručak jer su doručci i večere izdašni.

Popodne, oko 15 h, poslužuju se kava i kolači koji nisu dio punog pansiona, ali je doplata za njih simbolična. Upravo je ta kava, uz večeru, odlična prilika za druženje s kolegama astronomima amaterima na Hakosu. Svi objekti su pokriveni WiFi-jima i pristojnom Internet konekcijom. Ne morate se brinuti o adapterima za struju jer su se domaćini radi potreba gostiju prebacili na schuko („naše“) utičnice na 220 V. Inače, ostatak Namibije je šarolik i nemojte se iznenaditi ako vas u hotelu dočeka utičnica tipa D, M ili N.

### Astronomija na Hakosu

Za promatranje sam unajmio SkyWatcher 400/1800 GoTo Dobson. Ima manjih i većih teleskopa za unajmljivanje, raspon im se kreće od 100 mm refraktora do 610 mm Dobsona. Za 400 mm teleskop sam se odlučio kao najbolji kompromis između promjera, praktičnosti, praćenja i cijene. Cijena najma 30-ak eura dnevno, što je u kontekstu cijelog putovanja minoran iznos. Moguće je unajmiti okulare i filtere za sličan iznos, tako da uopće ne morate riskirati vlastitu opremu.

Kada sam došao na Hakos, dočekao me spreman teleskop, produžni kabel, pokrivalo za teleskop i stol za opremu. Sve što mi treba. Druge noći mi je domaćin ustupio na korištenje astronomsku stolicu. Dosad sam se snalazio sa stolcem za glačanje, ali pravi astronomski stolac... pa to je pravo čudo! Lako se u trenu prilagodi bilo kojoj visini, od objekata uz horizont pa sve do zenita.

Što se tiče samog promatranja, na farmi se slijede stroga pravila za rasvjetu. U 20 h (početak noći oko 19:30) se gasila rasvjeta ili su se spuštali gusti zastori na prozorima osvijetljenih prostorija. Ako je i bilo kakve rasvjetu, ona je bila crvena. Po stepenicama i rukohvatima su postavljene reflektirajuće oznake tako da u mraku zapravo možete hodati bez korištenja ikakvog svjetla. Svjetlost Venere i Mliječnog puta je dovoljna da taman osvijetli okoliš za snalaženje. Nađete li se na površini koja je jednolika i svijetlih tonova, shvatit ćete kako vidite slabašnu sjenku koju baca već spomenuti Mliječni put u zenitu.

Imao sam situaciju da je kraj mog teleskopa, na dijelu farme za vizualce, netko svijetlio s ekranom fotoaparata. Domaćini su se brzo pobrinuli da taj astrofograf završi na dijelu farme gdje su astrofografi. Lijepo je znati da se cijeni što je netko prešao 7 500 km kako bi uživao u mraku, bez ometajućeg svjetla s ekrana.

### Što se vidi na nebu?

Za mene osobno je najdojmljivije bilo vidjeti Mliječni put, jasno definiran od horizonta do horizonta. Pod kutom od otprilike 60° na njega se naslanjao zodijački pojas koji se

prema horizontu širio u zodijačku svjetlost. Venera, koja je dominirala zapadnim nebom, jasno je osvijetljavala krajolik i davala dojam kao da vas obasjava 3 - 4 dana stari Mjesec, a ne planet. Ovo mi je samo potvrda kako smo mi u Hrvatskoj, a i Europi, izgubili pravi mrak. Nisam očekivao kako je nebo puno takvih sveprisutnih, ali pritajenih pojava i da ih je tako lako uočiti.

Slijedeće što me se dojmilo jest nebo koje je tamno u svim smjerovima. Postoji manja svjetlosna kupola na sjeveroistoku, široka ~10° i visoka 5°, od 130 km udaljenog Windhoek, ali osim toga, u svim ostalim smjerovima je mrak. Eventualno se može uz horizonte pojaviti blago svjetliji pojas nebeskog žara koji će smanjiti vidljivost objekata 5 - 10° nad horizontom. Osjećao sam se kao da varam, kao da imam supermoć. S uobičajenih lokacija na kojima promatram uvijek je prisutan neki kompromis, svjetlosna kupola Zagreba na sjeveru, Siska, Karlovca, Gline... Ovdje toga nema, a čak i ova kupola od Windhoek je sakrivena objektima na farmi pa sam je postao svjestan tek kada sam bio u zvjezdarnici s 81 cm teleskopom.

Mageljanovi oblaci su nešto što me najviše privlačilo na jug. Početkom

ljeta se bolje vidi Mali Mageljanov oblak, dok Veliki gmiže uz horizont sve do pred zoru. Mali oblak bih najlakše opisao kao „super Andromede“, dvostruko je veći od Andromede, širi i zbog većih dimenzija znatno lakše uočljiv. Veliki oblak sam vidio konkretno samo jednu noć, kada sam ostao budan do jutra. Bio je lako uočljiv, upečatljiv, kao da je netko sjajni komad Mliječnog puta u zviježđu Labud izrezao i bacio na pusti komad neba.

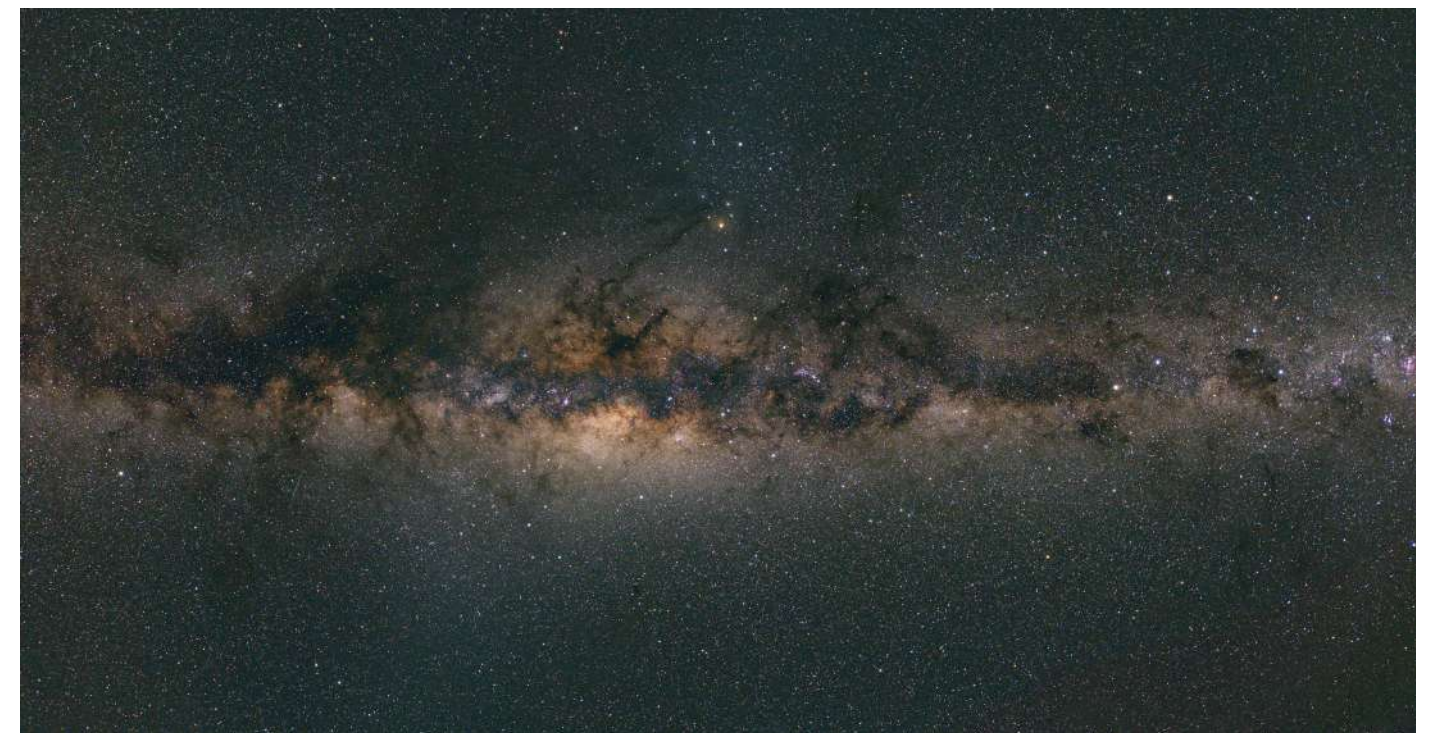
Središte Mliječnog puta je nestvarno vidjeti u zenitu. Oblak ispod jata zvijezda M6 i M7 je nestvarno sjajan, imam osjećaj kako bih ga vidio i da mi netko svijetli u oči. Središnje zaobljanje Mliječnog puta je puno tamnih rijeka, potoka i oblaka. Uspio sam uočiti „Tamnog konja“, splet tamnih maglica između Škorpiona i Strijelca. Jedne noći, kada sam bio naviknut na mrak, uspio sam vidjeti skrenutim pogledom tamne vrpce koje se uz zvijezdu Ro Zmijonsca pružaju prema Antaresu.

Od objekata vidljivih golim okom istaknuo bih M22 koji se lagano vidi te M6 i M7 koji su dosadno svijetli.

Što se teleskopom vidi na namibijskom nebu i o završnim dojmovima pročitajte u sljedećem broju.



Zodijska svjetlost i Venera nakon zalaska Sunca. Snimak s 15mm fisheye objektivom na f5.6, 30s ekspozicije, ISO400. Autor: Vedran Vrhovac



Fisheye snimak Mliječne staze u zenitu. 200x30s, f5.6 ISO 400, praćenje - Skywatcher Star Adventurer. Autor: Vedran Vrhovac

# ASTRONOMSKI KALENDAR ZA RUJAN I LISTOPAD 2026.

Piše:  
Miroslav Smolić

Jesensko nebo donosi nam nekoliko zanimljivih konjunkcija, okultacija Venere, opoziciju Saturna, prolazak Marsa kroz Jaslice i maksimum Orionida. Većina pojava može se pratiti golim okom ili dalekozorom 10×50.

## Rujan

**6. rujna:** pred zoru Mjesec i Mars nalazit će se u zviježđu Blizanaca, međusobno udaljeni oko 9°.

**8. rujna:** u jutarnjim satima između 4:30 i 5:30 Mjesec će se nalaziti pokraj otvorenog skupa Jaslice (M44) u zviježđu Raka. Oko 5 sati razmak će biti približno 1°, dovoljno malen da oba objekta stanu u vidno polje dalekozora.

**11. rujna:** mladi Mjesec

**14. rujna:** okultacija Venere (promatranje po danu!) Mjesec će tijekom dana zakloniti Veneru. Oba tijela nalazit će se u zviježđu Djevice, a njihov razmak neposredno prije okultacije bit će manji od pola stupnja. Iz Međimurja događaj se očekuje približno između 11:30 i 12:40. Pri uporabi dalekozora Sunce mora biti potpuno zaklonjeno.

**22. rujna:** Venera na vrhuncu sjajnog ciklusa. Venera doseže približno -4,6 magnitude i nalazi se u zviježđu Djevice. Vidljiva je vrlo nisko nad jugozapadnim horizontom neposredno nakon zalaska Sunca.

**23. rujna:** jesenska ravnodnevica. Astronomska jesen počinje oko 2:06 po lokalnom vremenu. Dan i noć ipak nisu potpuno jednaki: u Međimurju 23. rujna dan traje još oko 12 sati i 8 minuta. Gotovo jednako trajanje dana i noći nastupa tek oko 25. rujna, kada dan traje približno 12 sati i jednu minutu.

**26. rujna:** rujanski puni, odnosno Žetveni Mjesec

**27. rujna:** tijekom večeri Mjesec će biti u Ribama, a Saturn u susjednom Kitu. Iz Međimurja će njihov večernji

razmak biti oko 9°.

**30. rujna:** Mjesec i Plejade (M45) nalazit će se u zviježđu Bika. Najmanji razmak bit će približno 1°06'.

## Listopad

**4. listopada:** Saturn je u opoziciji u zviježđu Kita i sjaji oko +0,3 magnitude. Izlazi oko zalaska Sunca i vidljiv je gotovo cijelu noć. Dalekozor 10×50 pokazuje planet kao vrlo malen disk, ali za jasno razlučivanje prstenova potreban je teleskop.

**5. listopada:** Pred zoru Mjesec i Mars nalazit će se u zviježđu Raka, udaljeni približno 1,4°.

**6. listopada:** Pred zoru Mjesec i Jupiter nalazit će se u zviježđu Lava, međusobno udaljeni oko 3,5°.

**10. listopada:** Mladi Mjesec

**11. listopada:** Mars prolazi kroz Jaslice u zviježđu Raka. Oko 5 sati ujutro bit će svega oko 15' od središta skupa, dakle unutar M44.

**21./22. listopada:** Maksimum Orionida nastupa u noći s 21. na 22. listopada. Radijant roja nalazi se u području zviježđa Orion, a najbolje vrijeme za promatranje bit će nakon ponoći i pred zoru. Mjesečina će 2026. smanjiti broj vidljivih slabijih meteora.

**24. listopada:** Mjesec će biti u Ribama, a Saturn u Kitu. Međusobna udaljenost tijekom večeri bit će približno 6 – 7°.

**26. listopada:** Listopadski Lovački Mjesec pun je rano ujutro.

**28. listopada:** Mjesec prolazi uz Plejade u zviježđu Bika. Oko 2:30 ujutro razmak između središta Mjeseca i skupa bit će manji od 1°, a Mjesec će pritom zaklanjati pojedine zvijezde Plejada. Dalekozor 10×50 najkorisniji je za praćenje ovog događaja.

## Planeti

**Merkur:** vrlo nisko na večernjem nebu; teško uočljiv.

**Venera:** u rujnu vidljiva nisko na zapadnom i jugozapadnom nebu, neposredno nakon zalaska Sunca. Početkom listopada još je kratko vidljiva u večernjem sumraku, zatim se gubi u Sunčevu sjaju. krajem listopada prelazi na jutarnje nebo.

**Mars:** vidljiv u drugoj polovici noći i pred zoru; tijekom listopada sve povoljniji za promatranje.

**Jupiter:** u rujnu izlazi pred jutro, a tijekom listopada sve ranije. Kroz 10×50 vide se njegova četiri najveća satelita.

**Saturn:** vidljiv gotovo cijelu noć; 4. listopada je u opoziciji.

## Deep-sky za početnike (dalekozor 10×50)

**M31:** Andromedina galaksija na tamnom nebu vidljiva je golim okom kao blijeda izdužena mrljica, a kroz 10×50 znatno je uočljivija. Rujan i listopad među najboljim su mjesecima za njezino večernje promatranje.

NGC 869 i NGC 884: dvostruki skup u Perzeju. Dva otvorena zvjezdana skupa u zviježđu Perzeja, između Perzeja i Kasiopeje. Pod tamnim nebom mogu se nazrijeti golim okom, dok ih 10×50 jasno pokazuje kao dva odvojena skupa. Posebno su dobro položeni tijekom jesenskih večeri.

**M45:** Plejade su otvoreni skup u zviježđu Bika. Lako je vidljiv golim okom, a dalekozor 10×50 otkriva nekoliko desetaka zvijezda.

**M13:** kuglasti skup nalazi se u zviježđu Herkula. Kroz dalekozor se vidi kao mala, okrugla i magličasta mrlja.



Izgled neba  
1. listopada 2026. u 21 sat

Izvor:  
In-the-sky-org

## ASTROFOTOGRAFIJA - FOTOGRAFIJA NA POSLJEDNJOJ STRANICI

### Pomrčina Sunca nad Primoštenom

Pomrčina Sunca nastaje kada se Mjesec tijekom svog gibanja oko Zemlje nađe između Zemlje i Sunca te svojim diskom zakloni Sunce, potpuno ili djelomično. Riječ je o pojavi koja je moguća samo za vrijeme mladaka, kada se Sunce, Mjesec i Zemlja nađu u istom smjeru. Ovisno o međusobnom položaju i prividnim veličinama Sunca i Mjeseca, pomrčina može biti potpuna, djelomična ili prstenasta.

Fotografija na stražnjoj stranici snimljena je 12. kolovoza 2026., tijekom djelomične pomrčine pri zalasku Sunca. Mjesečev disk prekriva dio Sunčeva diska, stvarajući karakterističan srpast oblik Sunca. Vizura Primoštena odlično je poslužila da se ovaj prolazni astronomski događaj trajno zamrzne u vremenu.

Velika razlika u svjetlini između Sunca i krajolika predstavljala je poseban izazov pri fotografiranju. Kako bi se istodobno zabilježili detalji pomračenog Sunčevog diska i dovoljno informacija u tamnijim dijelovima prizora, korišten je HDR postupak. Fotoaparat je snimio tri uzastopne fotografije s različitim ekspozicijama i spojio ih u jednu JPEG fotografiju. Snimano je iz ruke, u manualnom načinu rada, fotoaparatom Canon EOS R50 i objektivom Canon RF 100–400 mm f/5.6–8 IS USM.

Foto: Irena Parat

