

VEGA

ISSN 2991-6178

HORIZONTI



ZNANSTVENO-EDUKATIVNI ČASOPIS / BR. 14 / SIJEČANJ - VELJAČA 2026.

CroCube

Prva obljetnica lansiranja

Astronomija

Svjetlost u prašini

Spektroskopija

Snimanje spektra Vege

Promatračka astronomija

Neobične planetarne maglice



VEGA
astronomsko
društvo

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 Čemeljić

AUTOR FOTOGRAFIJE**NA NASLOVNICI:**

Boris Štromar

Aurora i meteor Geminid snimljeni sa Sljemena

GRAFIČKO OBLIKOVANJE**I PRIJELOM:**

Dragutin Kliček, Zoran Novak

LEKTURA:

Anamarija Puklavec, dipl. uč. hrv. jez.

KONTAKT:

vega-horizonti@advega.hr

ČAKOVEC, SIJEČANJ-VELJAČA 2026.

Izlazi dvomjesečno od 2023. godine
br. 14

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



Dragi čitatelji,

Nova godina oduvijek je za ljude bila više od običnog okretanja kalendarske stranice. U dugim zimskim noćima, uz vatru, svijeće ili zvuk zvona, naši su preci dočekivali trenutak prijelaza u Novu godinu s nadom da će ono što dolazi biti svjetlije, sigurnije i plodnije od onoga što ostaje iza njih. Običaji poput vatrometa, zdravice, okupljanja obitelji i prijatelja oduvijek su bili simboličan pokušaj da se staroj godini zahvali, a novoj poželi dobrodošlica, da se nepoznato umiri i učini barem malo bliskijim. Danas, dok čitate ovaj broj, već smo uplovili u novu, 2026. godinu. Ništa čudesno nije se dogodilo u ponoć. Zemlja se nije zaustavila, Sunce nije promijenilo smjer, a zvijezde su nastavile svoj tihi hod. Ipak, upravo u toj spoznaji krije se istinska čarolija. U trenutku koji nazivamo Novom godinom, naš planet je dovršio još jedan puni krug oko Sunca, putovanje dugačko oko 940 milijuna kilometara. Istodobno, Zemlja se neumorno okreće oko svoje osi, brzinom većom od 1600 kilometara na sat na ekvatoru, noseći nas kroz noć u dan, iz godine u godinu. Možda o tome rijetko razmišljamo, ali svi smo mi putnici. Putujemo kroz vlastite živote, kroz sjećanja, planove i snove, ali u isto vrijeme putujemo i doslovno. Kao posada na velikom, plavom svemirskom brodu zvanom Zemlja. Bez sigurnosnih pojaseva, bez mogućnosti izlaska na sljedećoj postaji, dijelimo isti smjer, istu brzinu i istu sudbinu. Naš "brod" plovi oko jedne prosječne zvijezde na rubu galaksije, dok se sama galaksija kreće kroz svemir, a mi smo tek sićušni, ali svjesni putnici tog veličanstvenog putovanja. U tom svjetlu, stari novogodišnji običaji dobivaju novo značenje. Oni su podsjetnik da je čovjek i prije nego što je razumio rotaciju i revoluciju, osjećao ritam vremena i kretanja. Osjećao je da je dio nečega većeg, da se ciklusi ponavljaju, ali da nijedan krug nije potpuno isti kao prethodni. Ulazak u novu godinu zato nije iluzija, nego svjesni trenutak zastajanja, kratki pogled kroz prozor našeg svemirskog broda. Prilika da se zapitamo kamo putujemo, što ostavljamo iza sebe i kakav trag želimo ostaviti na ovom zajedničkom putovanju. Dok nastavljamo još jedan krug oko Sunca, želimo vam vedro nebo, znatiželjne poglede prema zvijezdama i hrabrost da vlastito putovanje učinite smislenim.

Sretna vam 2026. godina!

KAZALO

CroCube

Prva obljetnica lansiranja

4 - 6

Praktična elektronika

Avantura programiranja 2

7 - 9

Školska astronomija

Stellarium web

10 - 11

Satelitska tehnologija

Teleskopi koji promatraju Zemlju

12 - 13

Spektroskopija

Zvezdana intima kroz dugine boje

14 - 17

Spektroskopija

Mjerenje parametara zvijezde Vega

18 - 20

Atmosferska optika

Pasunca - lažna Sunca

21

U društvu oblaka

Vatreni oblaci - kada požar stvara svoju oluju

22 - 23

Astronomija

Svjetlost u prašini

24 - 27

Promatračka astronomija

Neobične planetarne maglice

28 - 31

Zviježđa i grčki mitovi

Etiopska kraljevska obitelj

32 - 33

Astronomski kalendar

Karta neba

34

Maglica Veil - istočni dio

NGC 6992 je istaknuti dio Veil maglice, velikog ostatka supernove u zviježđu Labuda, udaljenog oko 2400 svjetlosnih godina. Riječ je o ostatku supernove koja je eksplodirala prije otprilike 10000 do 20000 godina. Ovaj objekt predstavlja istočni rub udarnog vala koji se još uvijek širi međuzvjezdanim prostorom. NGC

6992 sastoji se od tankih, vlaknastih struktura ioniziranog plina koje sjaje zbog sudara s okolnim materijalom. Posebno je izražen u linijama ioniziranog kisika, što mu daje karakterističan plavičasto-zeleni sjaj na astrofotografijama. Vidljiv je već manjim teleskopima pod tamnim nebom.

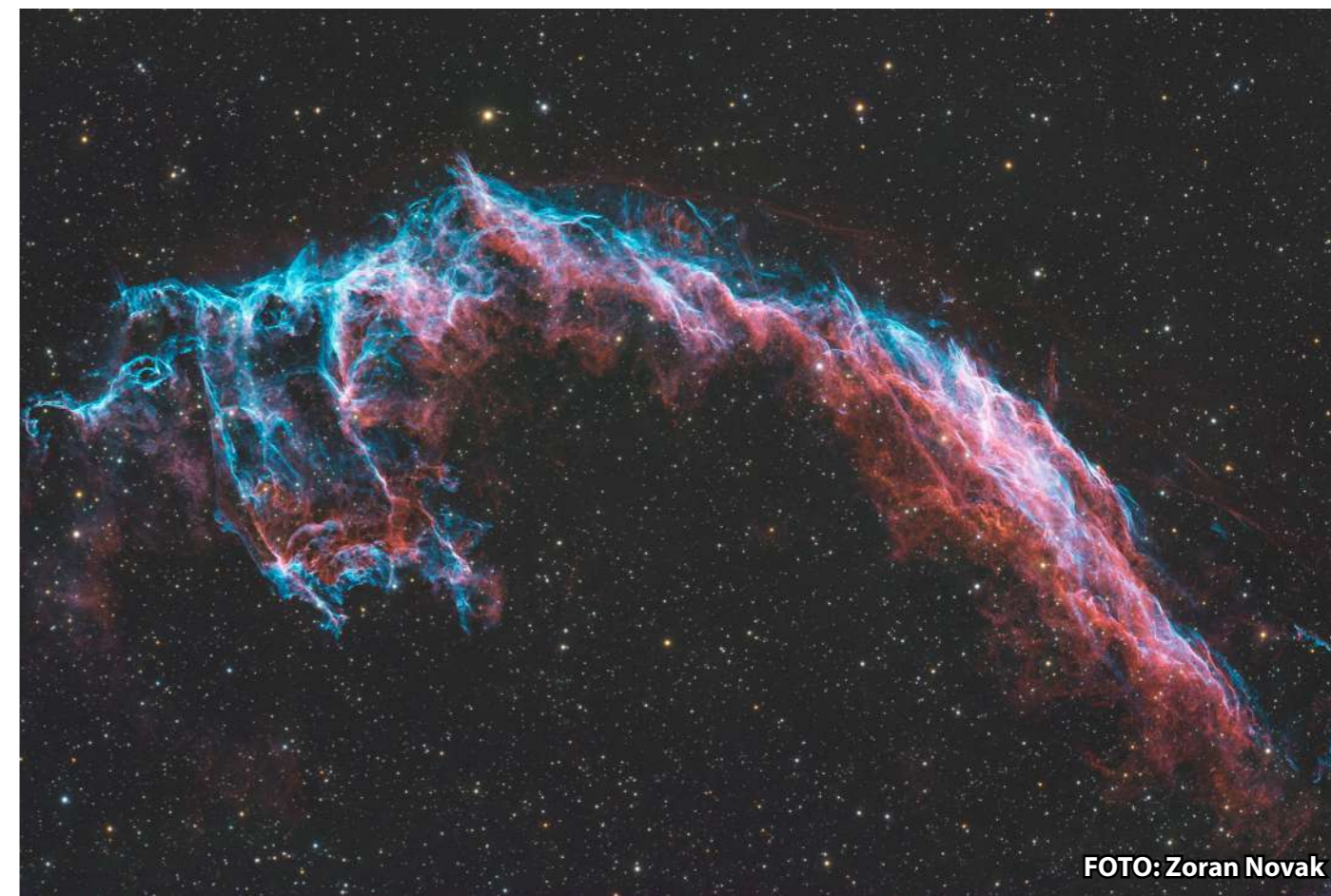
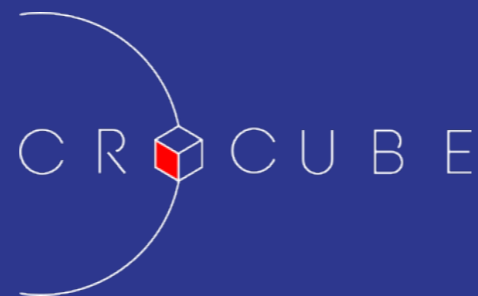


FOTO: Zoran Novak

HRVATSKI SATELIT

CroCube

Prva obljetnica lansiranja



Piše:
CroCube tim

Dana 21. prosinca 2024. godine u orbitu je lansiran CroCube, prvi hrvatski satelit. Lansiran raketom Falcon 9 iz baze Vandenberg u Kaliforniji, CroCube se smjestio u nisku Zemljinu orbitu na visini od približno 510 kilometara, s orbitalnom inklinacijom od oko 45 stupnjeva. Time je Hrvatska po prvi put postala aktivni sudionik svemirskih aktivnosti s vlastitim satelitom u orbiti.

Prva godina rada obilježena je stabilizacijom sustava, redovitim praćenjem stanja satelita i provedbom planiranih aktivnosti, čime je CroCube potvrdio da se ne radi o demonstracijskom projektu ograničenog trajanja, već o funkcionalnoj svemirskoj misiji.

Komunikacija

Operiranje malog satelita zahtijeva stalno prilagođavanje uvjetima u orbiti. Ograničena količina energije, promjenjivi toplinski uvjeti, orijentacija satelita te kratki vremenski prozori preleta iznad zemaljskih stanica izravno utječu na to kada i kako se mogu provoditi pojedine aktivnosti. Budući da CroCube nema vlastitu zemaljsku postaju u Hrvatskoj, misija se oslanja na međunarodnu zemaljsku infrastrukturu i globalne mreže, što dodatno naglašava potrebu za preciznim planiranjem i pouzdanom operativnom koordinacijom.

Komunikacija sa satelitom i praćenje telemetrije ostvaruju se kombinacijom Pizskéstető UHF zemaljske stanice u Mađarskoj i globalne



Kanadski astronaut Chris Hadfield i replika CroCube satelita



Susret s kanadskim astronautom Chrisom Hadfieldom, na slici Matija Makoter, Daniela Jović, astronaut, te Željko Ulip

mreže SATNOGS. Zemaljska stanica Pizskéstető, smještena u sklopu Konkoly opservatorija, omogućuje stabilan prijem telemetrijskih podataka i slanje zapovijedi prema satelitu tijekom dostupnih preleta. Mreža SATNOGS, koja okuplja radioamater-

ske zemaljske postaje diljem svijeta, dodatno povećava dostupnost podataka i osigurava redundanciju komunikacije. Ovakav hibridni pristup omogućuje kontinuirano praćenje zdravlja sustava, uključujući stanje napajanja, temperature i ostalih

ključnih parametara te pouzdanu procjenu dugoročnog ponašanja satelita u orbiti. Posebno se želimo zahvaliti dr. Andrásu Pálu, dizajneru elektronike za male satelite i ugrađenog softvera te voditelju misije GRBAAlpha, te Samuelu Tomanu, elektroinženjeru iz Slovačke, na kontinuiranoj tehničkoj podršci, operativnoj suradnji i doprinosu stabilnom radu CroCube misije.

Kamera

Jedna od vidljivijih komponenti misije CroCube je kamera integrirana u satelit. Tijekom prve godine rada u orbiti CroCube je snimio niz fotografija različitih dijelova Zemlje. Zbog orbite srednje inklinacije, satelit ima mogućnost promatranja širokog pojasa planeta, ali ne i polarnih područja. Unutar tih ograničenja zabilježeni su prizori Sjeverne i Južne Amerike, Madagaskara, Novog Zelanda, Japana, Mediterana, sjeverne Afrike uključujući Libiju, kao i drugih regija koje je orbitalna



Kuba. Foto: CroCube satelit

geometrija omogućila. Snimanje iz orbite s malog CubeSata nosi određena tehnička ograničenja. Fotografije se prenose u manjim podatkovnim segmentima tijekom više preleta, a njihova uspješna rekonstrukcija ponajprije ovisi o dostupnosti komunikacijskih prozora i orijentaciji satelita. Svaka dovršena snimka stoga predstavlja potvrdu ispravnog rada više sustava istovremeno, od stabilnosti napajanja do pouzdanosti komunikacijskog lanca.

Obrazovna platforma

Paralelno s tehničkim aspektom misije, CroCube je razvijen kao snažna obrazovna i javna platforma. Od početka projekta održan je iznimno velik broj predavanja, radionica i javnih predstavljanja u školama, knjižnicama, muzejima i na znanstveno-edukativnim događanjima diljem Hrvatske. Kroz te aktivnosti CroCube je postao jedna od najaktivnijih STEM inicijativa u području svemirskih tehnologija u Hrvatskoj, s kontinuiranom prisutnošću u obrazovnom i javnom prostoru.

U sklopu ovogodišnjeg Svjetskog tjedna svemira učenici su sudjelovali u odabiru poruka koje su potom emitirane putem CroCubea. Emitiranje poruka provedeno je u okviru redovitog komunikacijskog rada satelita. Poruke su bile odaslane prema globalnoj publici te su poticale humane vrijednosti i na kreativan na-



Svjetski tjedan svemira u Zagrebu: djeca i estonski lunarni rover Kuupkulgur

čin predstavljale Hrvatsku, prenoseći poruke iz Hrvatske prema svijetu.

Međunarodno priznanje

CroCube je tijekom prve godine ostvario i značajnu međunarodnu prepoznatljivost. Misija je nagrađena nagradom Small Satellites of the Year – Rookie of the Year, dodijeljenom na konferenciji Small Satellite Conference u Salt Lake Cityju. Ovo priznanje dodjeljuje se debitantskim misijama koje uspješno demonstriraju operativnu stabilnost i jasno definirane ciljeve u konkurentnom globalnom okruženju.

U sklopu međunarodnih aktivnosti, delegacija CroCube misije susrela se

i s kanadskim astronautom Chrisom Hadfieldom. Njegovo zanimanje za projekt i naglasak na edukativni karakter misije dodatno su potvrdili vrijednost CroCubea izvan nacionalnih okvira i važnost javnog uključivanja u suvremene svemirske projekte.

Budućnost CroCube-a

Na temelju dosadašnjih telemetrijskih podataka i analize orbitalnih elemenata, CroCube i dalje pokazuje uredno ponašanje u orbiti. Trenutni orbitalni parametri, s perigejom od približno 464,8 kilometara i apogejom od oko 469,6 kilometara, u skladu su s očekivanim orbitalnim razvojem na toj visini, osobito uz povećanu solarnu aktivnost. U kombinaciji sa stabilnim napajanjem i očuvanim ključnim sustavima, ti pokazatelji omogućuju procjenu da bi CroCube mogao nastaviti s operativnim radom još godinu dana.

Obilježavanje prve obljetnice CroCubea, koje se održala 20. prosinca u Tehničkom muzeju Nikola Tesla u Zagrebu, bila je prilika za osvrt na dosadašnja postignuća misije. CroCube i dalje kruži oko Zemlje kao aktivan satelit koji snima Zemlju i ostaje prisutan u orbiti i u javnom prostoru. Dosadašnji rad pokazao je kako i mali satelitski projekti, kroz operativni rad, obrazovne aktivnosti i međunarodnu suradnju, mogu imati dugoročnu vrijednost i širi društveni učinak.



Svjetski tjedan svemira u Zagrebu: Ante Radonić, Daniela Jović i Željko Ulip

PRAKTIČNA ELEKTRONIKA

Avantura programiranja

Primjena mikrokontrolera 2

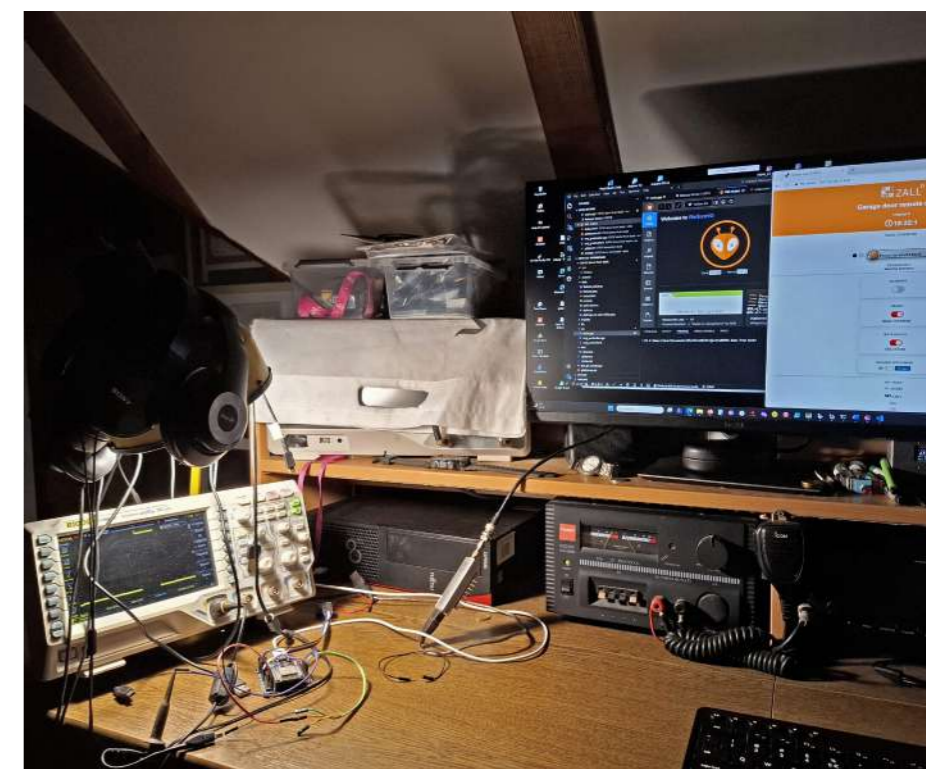
Piše:

Lucijan Franin dipl.ing., 9A1Z

U prvom dijelu opisao sam svoj put od jednostavnih Atmel i Arduino mikrokontrolera do modernih ESP8266 i ESP32 uređaja koji su otvorili svijet IoT-a. Kroz ta iskustva ponovno sam otkrio uzbuđenje programiranja i naučio kako se danas projekti mogu graditi uz pomoć moćnih, ali dostupnih alata. Posebno me privukla mogućnost izrade vlastitog web sučelja i spajanja mikrokontrolera na internet - što je bio početak novog poglavlja mog istraživanja. U nastavku ću pokazati kako sam uz pomoć umjetne inteligencije taj korak dodatno unaprijedio i ušao u novu fazu avanture programiranja.

Stati na ramena drugih

Kako sam osjetio da mi je potrebna dodatna pomoć, krenuo sam u potragu za novim znanjem. Konkretno i čitko znanje potrebno za programiranje mikrokontrolera našao sam u knjigama Rui Santosa i Sare Santos. Taj par entuzijasta svoj su hobi pretvorili u posao i nude na vrlo praktičan način svoje znanje kroz izdane knjige i druge publikacije. Par vodi web stranicu Random Nerd Tutorials¹ koja je odličan izvor znanja, pogotovo za početnika. Tu se nalazi ogroman broj primjera i knjiga koje će vas uvesti u avanturu programiranja. Knjige poput SMART HOME with Raspberry Pi, ESP32, ESP8266 ili Building an ESP32 Web Server: The Complete Guide for Beginners, odlične su kuharice koje će vam dati osnovne upute i recepte te vas ohrabriti da počnete „kuhati“ sami.



Razvojna okolina za programiranje ESP mikrokontrolera

Na njihovim stranicama ima i besplatnih PDF tečajeva s kojima možete početi pa procijeniti zanima li vas to ili ne. Za mene je kupnja nekoliko njihovih knjiga bila jedna od boljih investicija u svoje znanje. Prema njihovim uputama izradio sam svoju razvojnu okolinu oko Arduino IDE platforme i kasnije kroz Visual Studio Code sa dodatkom PlatformIO. Malo pomalo počeo sam se osjećati kao „pravi“ programer. No, ne postaje se programer preko noći. Za pisanje koda iz glave znajući naredbe i sintakse tri programska jezika (C/C++, Java SRIPTA i HTML/CSS coda), potrebno je puno sva-

kodnevnog rada putem kojeg znanje prelazi u vještinu, da ne kažem u mali prst, tj. u deset prstiju. Ako još niste na tom nivou, pomaže copy - paste tehnika, kopiranje, analiza i razumijevanje postojećeg koda te onda i možda hrabra preinaka tuđeg koda. Puno se može napraviti već i samim takvim pristupom. Sam Visual Studio je moćan alat koji, kada pišete linije koda, sugerira sintaksu koda i ispravlja vas. Kada je program gotov, a velika je stvar kada ga uspijete kompajlirati bez greške², možete ga intenzivno testirati i tako ispravljati greške i poboljšati kod. Zbog složenije strukture

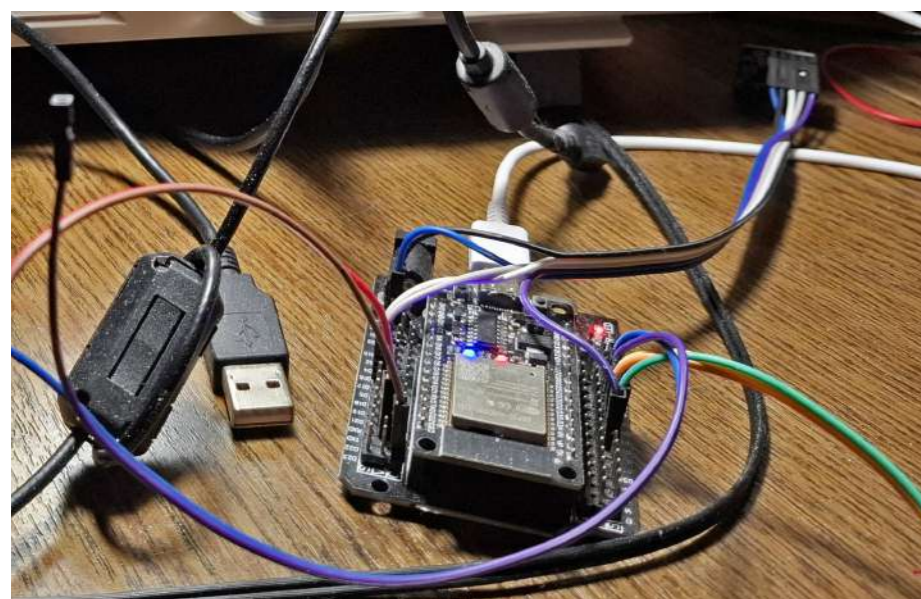
ESP32 projekata, pogotovo onih koji koriste web, program se debugira na tri strane. C/C++ backend strana se debugira putem poruka na serijski port, Java Script i WEB putem Java console loga i Web Developer toolsa u web preglednicima. Svakako treba trenirati sve tri tehnike debugiranja kako bismo se uvjerali u ispravnost funkcioniranja koda. Posebno je zanimljivo pratiti rad web stranice uživo putem Web developer toolsa koji će vam dati uvid u to kako web stranica radi, što je zapravo jako cool³, no i dalje niste programer koji napamet zna sintaksu svih jezika i programira uz otvorene priručnike C++ i JS. Komande i logički izrazi, petlje i interrupti, formati varijabli, matematičke formule i pretvaranja podataka iz formata u format, definicije polja podatka, nizovi i stringovi, logički izrazi, zagrade i zarezi, procedure i algoritmi: sve vam je to negdje u glavi, ali nedostaje točan „notni zapis“ jer računala znaju samo striktno napisanu naredbu kao i svaki drugi stroj. Je li moguće prebroditi taj jaz? Paaa, možda da! Čini se kako je vrijeme da se vratimo na početnu temu članka.

AI asistent

Nekako u vrijeme mojeg ponovnog i intenzivnijeg bavljenja „web“ kontrolerima počelo se sve više govoriti

o umjetnoj inteligenciji ili AI. Danas, dok pišem ovaj članak, postalo je već normalno da svaku činjenicu mogu provjeriti u stalno otvorenom chatu s Chat GPT. Svaki web preglednik ima danas integriran barem jedan agent umjetne inteligencije.

U svakodnevnom poslu postalo je normalno provjeriti svaki zadatak i činjenicu također putem AI-ja. Tako sam i sam počeo koristiti prvo Microsoft Copilot, a kasnije i Chat GPT kod razvoja i programiranja mikrokontrolera. Činjenica je da je pomoć AI-ja postala neizostavna komponenta programiranja i razvoja softvera. Nije u ovom tipu članka moguće navesti sve konkretne primjere upita i odgovora koje sam razmjenjivao s AI-jem ali evo nekih tipičnih primjera, sve iz malog projekta kontrolera za upravljanje garažnim vratima. Osim samog zatvaranja, tu je i dodatna logika zaštite s dodatnim senzorima i detektorom pokreta. Kao prvo, započeo sam projekt upitom prema AI-ju za kreiranje idejnog rješenja: npr. nešto kao „Molim kod za program za cirkularno impulsno upravljanje garažnim vratima.“ (To je način rada garažnih vrata kada za svaki pritisak tipke daljinca elektronika daje komandu vratima u nizu gore-stop-dolje i tako ukrug.) AI je generirao kompletni sketch koji se mogao prepraviti u ispravan kod.

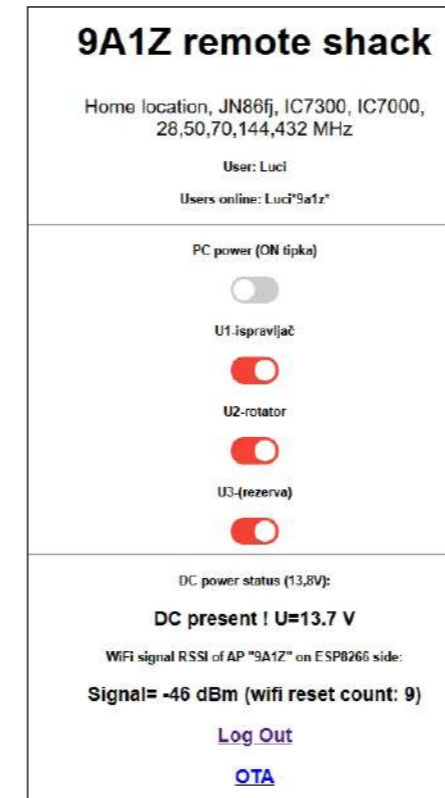


Programiranje kontrolera ESP32



Sučelje kontrolera ESP32 daljinsko upravljanje garažnim vratima

Usput me naučio metodu programiranja kontrolera pomoću tzv. stanja stroja ili machine state-a koju sam primijenio. Često sam koristio AI kako bih mu dodao dijelove koda ili čak cijeli sketch-a na provjeru i optimizaciju. Na taj način „on“ stječe ideju o vašem cijelom projektu i dalje se razgovarate s njim kao da poznaje sve što želite. Odlično optimizira kod i predlaže uvijek nove ideje. Dalje, zamolio sam AI izradu web sučelja (stranice) sa specifičnim komandama (pomična tipka za akciju gore-dolje i prikaz položaja vrata). Odradio je super i generirao kod samo za copy paste u projekt. Ujedno je ponudio da cijeli kod pripremi i za dark mode. Sljedeći primjer koji mogu navesti je dio programa u kojem sam trebao logirati i prikazivati događaje u kontroleru na dodatnoj web stranici na koju se ide s glavne. Generirao je opise, upute i kod za sve komponente programa: C++, JS i html. Rezultat



Sučelje kontrolera ESP8266 daljinsko upravljanje radio stanicom

je bio laka implementacija loga kroz link na glavnoj stranici i uz izradu posebne stranice u kojoj se u tablici vide sva otvaranja i zatvaranja vrata garaže. Predložio je sam da se log piše u file te se svaki puta može pročitati kada se kontroler uključi. Izrada dokumentacije iz koda je nešto što me stvarno oduševilo. Dodajte mu kod, zatražite dokumentaciju ili sažetak i on će napraviti Word ili pdf verziju dokumentacije za cijeli program i to po visokom standardu: s opisima što program radi, raspored i vrsta korištenih pinova, opis svih funkcija programa i drugo. Vrlo, vrlo iskoristivo. Zapravo, možete mu zadavati pisanje dijelova koda prema konkretnim dijelovima i zadacima. Npr. zadao sam logičke uvjete koji se trebaju provjeravati u glavnoj petlji. Rezultat je bio vrlo djelotvoran kod koji se odmah mogao uključiti u projekt.

AI je i velika pomoć za korištenje drugih programa: pitanja o naredbama i izbornicima, how to pitanja i sve što vam padne napamet. Npr. „Molim shortcut za Web developer tool“ daje jednostavno CTRL+Shift+I. To vrijedi i za razvojne platforme u kojima se piše program kao što su Visual Studio

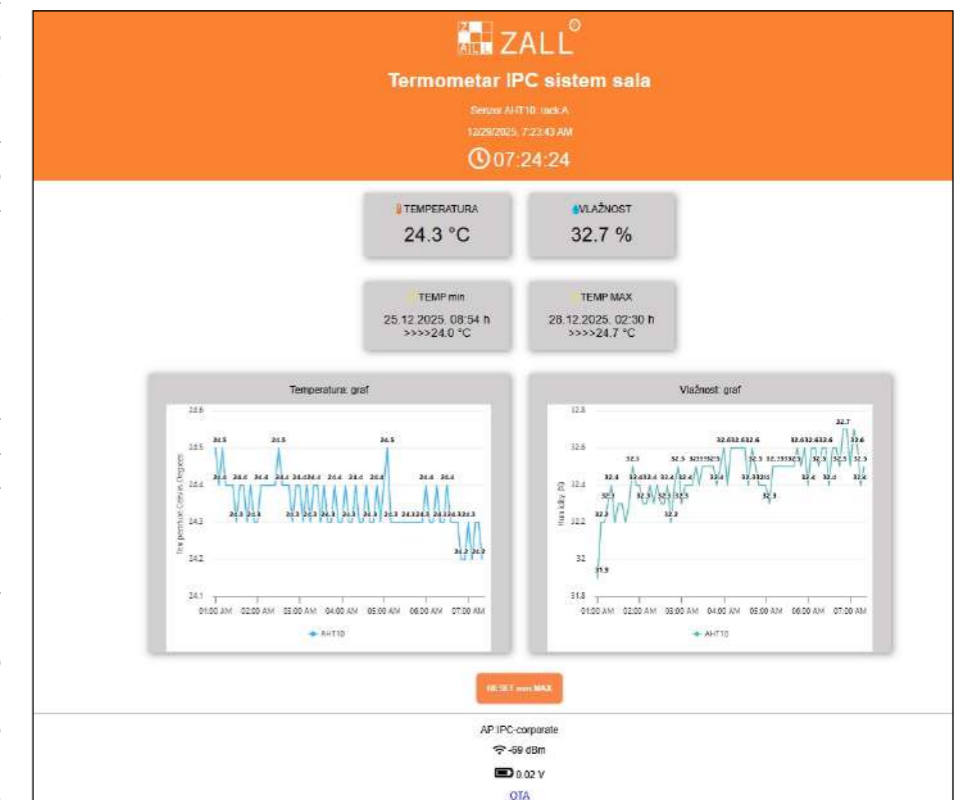
Code ili bilo koji drugi. Opisujem ovdje pomoć AI oko razvoja programa za mikrokontrolera, ali AI vrlo efikasno pomaže i kod pisanja svih drugih vrsta programa. Ako trebate napisati jednostavan program koji radi na Windows računalima, nema jednostavnijeg načina od korištenja MicrosoftPowerShell-a. AI agent će vrlo djelotvorno generirati kod prema zahtjevu. Skriptu onda možete, također po njegovim uputama, pretvoriti u EXE program i time je stvar riješena: imate mali programčić koji pozivate iz ikone. Kao što vidite, granica nema.

Iako je AI sigurno koristan i svugdje drugdje, izgleda da se zbog velikog broja informacija iz područja programiranja (dostupan kod iz open source platformi, uz ostalo) odlično snalazi u temi programiranja i oko nje pa postaje direktna zamjena priručnicima i raznim Language Reference-ima bez kojih donedavno nismo mogli. Bez ustručavanja se može reći da smo dobili odličnog pomoćnika. AI postaje ključan alat za razvoj aplikacija koji već intenzivno koriste profesionalni programeri i hobisti. Sinergijom open source zajednice, dostupnosti mikrokontrolera novije generacije kao ESP32 i AI pomoćnika koji znaju sve,

nastupila je nova era programiranja. Danas se puno jednostavnije uputiti u avanturu programiranja koja više ne mora biti toliko odbojna kao prije. Zapravo zna biti i vrlo zabavna, pogotovo uz „duhovite“ odgovore umjetne inteligencije: „Bravo! Uspio si kompajlirati kod, sada je tvoj projekt već vrlo ozbiljan...“ itd. Sigurno nećete više biti usamljeni u pisanju programa. Ipak, kao i svaka tehnička stvar, tako i korištenje AI-ja treba doći s uputama i upozorenjima za korištenje. Svi odgovori AI-ja nisu točni, svi programi nisu ispravni. Morate imati određeno iskustvo i znanje da AI agenta znate uhvatiti na krivoj nozi i vratiti ga na kolosijek. Budite oprezni i ne zanemarujte zbog AI-ja svoje žive sugovornike.

Zaključak koji nudim

Ovaj članak je pisan od strane programera amatera za programere amatera. Svatko tko je imalo dublje zakoračio u programiranje, zna koliko je tema šira i dublja od ideje ovog članka. Nadam se da sam člankom pokazao kako se danas svatko može upustiti u svoju avanturu programiranja. Je li to samo zbog razumijevanja stvari ili radi konkretnih projekata koji mu trebaju, manje bitno. Dobru zabavu želim!



Sučelje kontrolera ESP_nadzor temperature i vlage

¹ <https://randomnerdtutorials.com>

² Postupak prevođenja jezika u izvršni oblik. Tip programa kompajler. Pri tome često kompajler nailazi na greške koje nisu samo sintaksa jezika.

³ To vam je onaj trenutak kada na portalu omiljenih novina iskoči reklama a vi vidite u glavi kako je to napravljeno

ŠKOLSKA ASTRONOMIJA

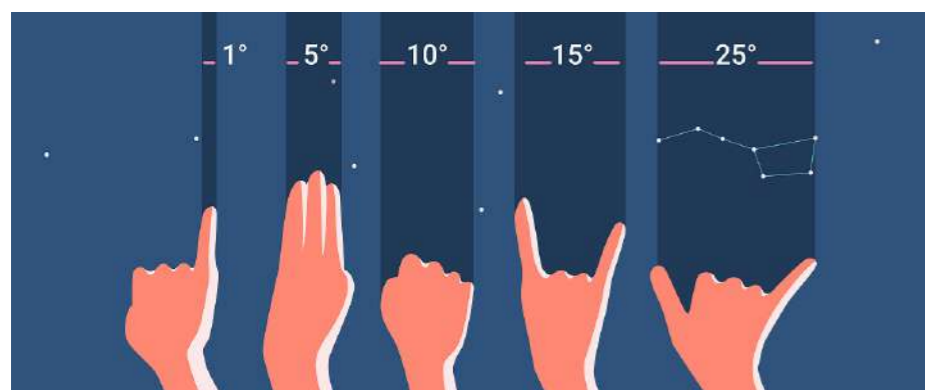
Stellarium web

Pet jednostavnih pokusa za učenike

Piše:

Mihael Varga, mag. phys.

Digitalni planetarij Stellarium Web omogućuje učenicima da iz učionice ili vlastitog dvorišta istražuju gibanja nebeskih tijela i otkrivaju veze između opažanja i fizike. U kombinaciji s procjenom kutnih veličina golim okom, mogu se jednostavno organizirati astronomski pokusi, bilo na satu fizike ili u astronomskoj grupi. Prije izvođenja pokusa učenici trebaju usvojiti dvije koordinate: **Azimut (Az)** - kut uzduž horizonta: od sjevera (0°) preko istoka (90°) do juga i zapada. Govori nam "u kojem smjeru gledati"; **Visina ili Altitude (Alt)** - kut iznad horizonta: od 0° (horizont) do 90° (zenit). Učenici azimut procjenjuju kompasom, a visinu tzv. „metodom šake“: ispružena šaka na duljini ruke je oko 10°, a rašireni dlan (palac-mali prst) oko 20–25° (slika 1). Nakon procjene, u Stellariumu očitaju točne vrijednosti iste zvijezde (slika 2). Usporedbom procjene i točnih podataka razvijaju osjećaj za kutne veličine i pogreške mjerenja.



Slika 1. Mjerenje kutne udaljenosti metodom šake i prstiju. Izvor: timeanddate.com

U nastavku donosimo pet jednostavnih pokusa koji se lako provode u školi.

Ovisi li visina Sjevernjače o lokaciji?

Učenici u Stellariumu odaberu nekoliko gradova (npr. Reykjavik, London, Čakovec, Kairo) i očitaju visinu Sjevernjače. Prikazom podataka u stupčastom grafu (Slika 3, lijevo) jasno se vidi da je visina Sjevernjače gotovo jednaka geografskoj širini promatrača. Desni dio slike 3 shematski pojašnjava zašto je to tako: kut između horizonta i nebeskog pola odgovara kutu za koji smo se pomaknuli od ekvatora. Ovo je izvrsna vježba za povezivanje geografije i astronomije.

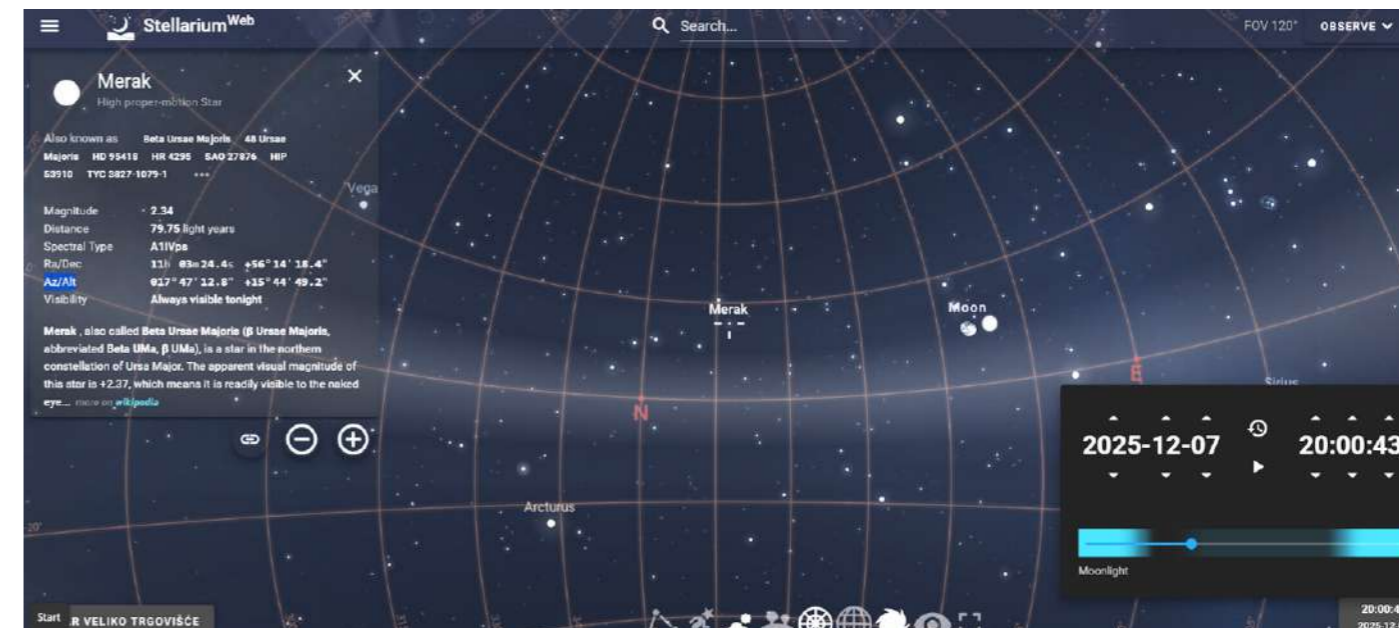
Kako se položaj zvijezde mijenja tijekom godine?

Učenici često misle da su zvijezde u isto vrijeme svake večeri na istom mjestu. Kako bi to provjerili, mogu pratiti koordinate zvijezde Merak (u

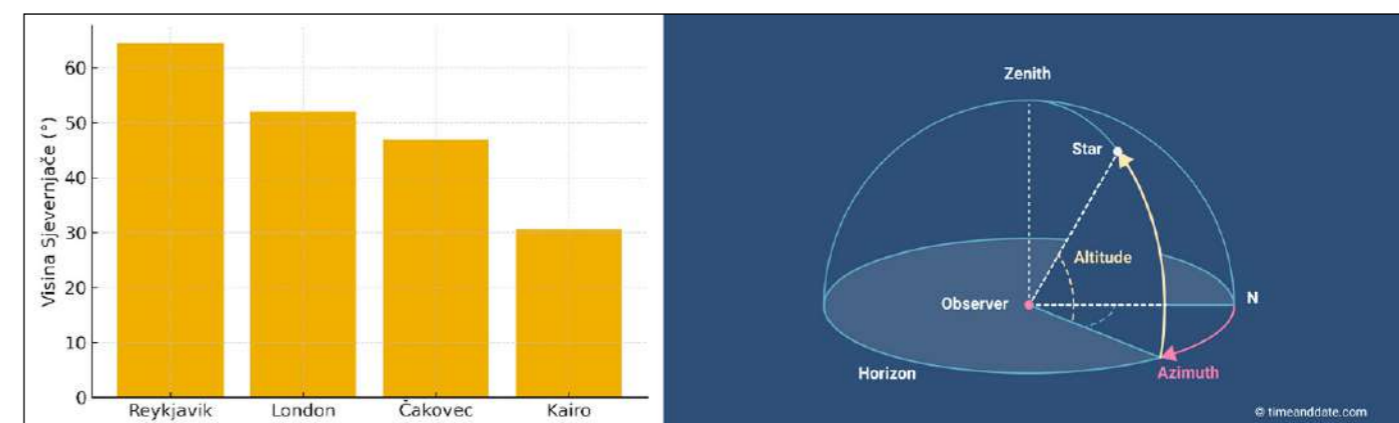
Velikom medvjedu) u fiksno vrijeme (npr. 20:00 sati) kroz duže razdoblje. Unosom podataka od kraja listopada do početka prosinca, uočiti će da se azimut zvijezde mijenja (u našem primjeru pomaknuo se s 5° na 25° prema istoku). Taj pomak dokaz je revolucije Zemlje oko Sunca – kako Zemlja putuje po orbiti, mi svake večeri gledamo u malo drugačijem smjeru u svemir, pa se cijelo nebo prividno "pomiče" u susret Suncu.

Koliko se nebo okrene u jedan sat?

Za razliku od godišnjeg gibanja, dnevna rotacija je puno brža. Učenici prate zvijezdu (npr. Merak ili Dubhe) tijekom jedne večeri, bilježeći azimut svakih 30 minuta (npr. od 20:00 do 23:00). Graf će pokazati stalnu promjenu položaja – u tri sata zvijezda može promijeniti azimut za više od 20°. U konkretnom primjeru s Merakom prosječna promjena azimuta iznosi oko 7° na sat, jer se dio gibanja odvija i u promjeni visine, a ne samo u smjeru duž horizonta. Iako se zvijezde prividno gibaju po kružnicama oko Sjevernjače, u horizontalnom sustavu to vidimo kao složenu promjenu visine i azimuta (slika 4). Učitelj može zatim naglasiti da se cijela nebeska sfera okrene za 360° u približno 24 sata, što daje poznatih 15° na sat kutne brzine rotacije, dok graf sa slike 4 služi kao jednostavna vizualna potvrda da se zvijezde doista pomiču na nebu upravo zbog te rotacije.



Slika 2. Stellarium Web - sučelje s označenim azimutom i visinom (Az/Alt); <https://stellarium-web.org>



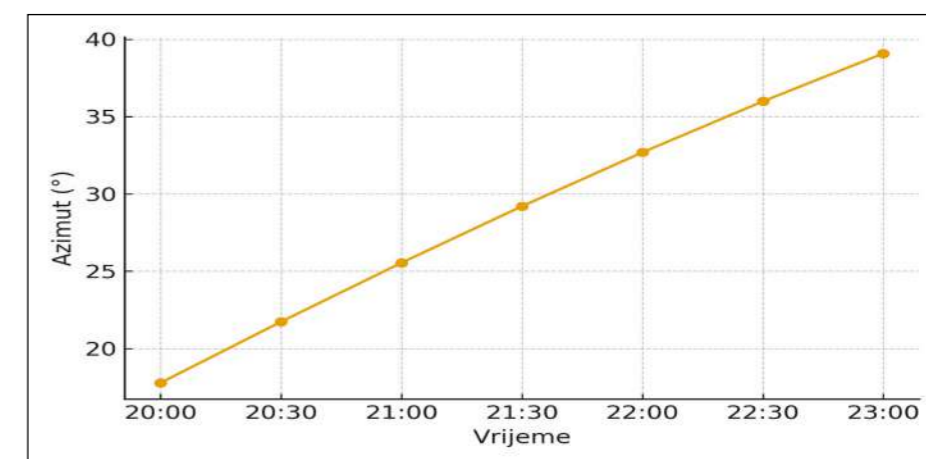
Slika 3. Lijevo – visina Sjevernjače u četiri grada; Desno – dijagram nebeske sfere

Zvijezde u blizini pola

Učenici mogu usporediti gibanje zvijezda koje su različito udaljene od Sjevernjače (npr. Merak, Dubhe, Kochab). Crtanjem njihovih putanja u Stellariumu ili bilježenjem koordinata, uočiti će da zvijezde bliže polu rade manje kružnice i sporije mijenjaju azimut u stupnjevima, iako im je kutna brzina ista (360° u 24h). Ovo vizualizira koncept nebeske sfere koja se vrti oko jedne osi, što je učenicima često apstraktno.

Mjesec i planeti – „lutalice“ na nebu

Odabirom Mjeseca ili Jupitera učenici prate promjenu njihove visine tijekom večeri. Krivulja će biti slična zvjezdanoj, ali ako usporede položaj Mjeseca u isto vrijeme kroz nekoliko dana, uočiti će ogromne pomake (oko 12-13° dnevno prema istoku)



Slika 4. Promjena azimuta zvijezde Merak od 20 do 23 sata (7. 12. 2025.)

zbog njegove revolucije oko Zemlje. Usporedba "mirnih" zvijezda i "brzog" Mjeseca odličan je uvod u razlikovanje objekata Sunčevog sustava od dalekih zvijezda.

Ovi jednostavni pokusi u Stellarium Webu omogućuju učenicima da postanu istraživači. Umjesto pasivnog

slušanja činjenica, oni mjere, crtaju grafove i samostalno izvode zaključke o rotaciji i revoluciji Zemlje. Spoj moderne tehnologije i opažanja "golim okom" (ili prstima) čini astronomiju opipljivom i razumljivom, a ovakvi projekti mogu biti temelj za kvalitetan rad astronomske grupe u školi.

SATELITSKA TEHNOLOGIJA

Teleskopi koji promatraju Zemlju

Trendovi i budućnost

Piše:

Nikola Strah, dipl. ing. fizike

U ovom ćemo se tekstu posvetiti aktualnim trendovima koji to područje ubrzano mijenjaju. Zahvaljujući razvoju naprednih senzora, umjetne inteligencije i računalnih tehnologija, promatranje Zemlje prerasta iz pukog prikupljanja podataka u sveobuhvatan sustav za razumijevanje i upravljanje Zemljinim procesima. Razvoj EO-a (Earth Observation) uvelike pokreću nove senzorske tehnologije. Novi senzori omogućuju povećanu rezoluciju i osjetljivost uz istovremenu minijaturizaciju.

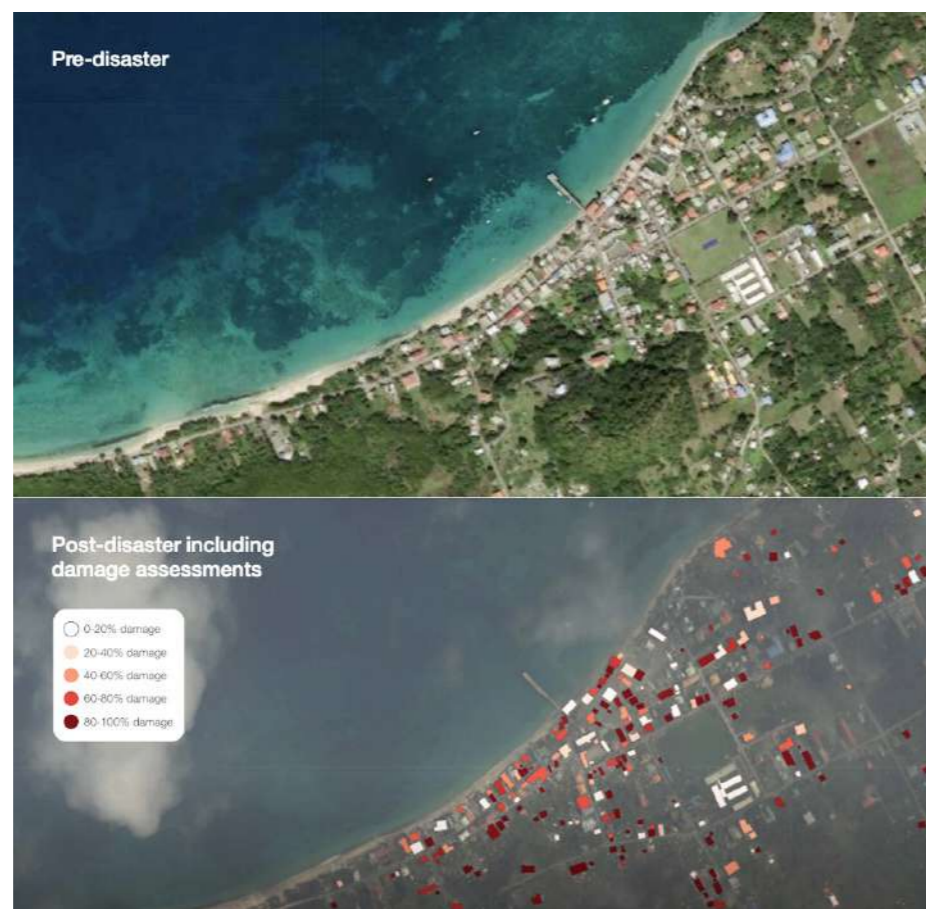
Hiperspektralni senzori omogućuju promatranje Zemlje u stotinama spektralnih kanala, čime se olakšava detekcija minerala, procjena zdravlja vegetacije i praćenje onečišćenja (primjeri: Kuva Space, Pixxel, EnMAP, CHIME).

Radarski (SAR) sustavi mogu snimati neovisno o oblacima i dnevnom svjetlu, što ih čini ključnima u kriznim situacijama (primjeri: ICEYE, Capella, Umbra).

Termalni senzori koriste se za praćenje šumskih požara, toplinskih otoka i energetskih tokova (OroraTech). Novi sateliti istražuju dosad nekorištene valne duljine, primjerice BIOMASS, satelit ESA-e lansiran 2025. godine namijenjen mjerenju količine biomase i pohranjenog ugljika u šumama. Koristi SAR radar u tzv. P-kanalu (frekvencija 225 - 390 MHz, valna duljina 0.7 m - 1.3 m), koji može prodirati

kroz krošnje i omogućuje precizno mapiranje strukture šuma i procjenu njihove mase. Sateliti CO2M planirani za 2027. usmjereni su na praćenje stakleničkih plinova pomoću infracrvenih spektrometara

i polarimetrijskih instrumenata. Posebno važan trend je kombiniranje podataka različitih senzora (data fusion), čime se dobiva cjelovitija i pouzdanija slika promatranih procesa.



Slika 1. Primjer korištenja umjetne inteligencije u upravljanju katastrofama. Gornja slika prikazuje područje na otoku Carriacou, Grenada, prije uragana Beryl, 2024. godine. Donja slika pokazuje procjenu štete nakon prolaska uragana. Bez umjetne inteligencije, ukupno vrijeme za analizu štete na 4 milijuna zgrada bi trajalo više od 16 godina.

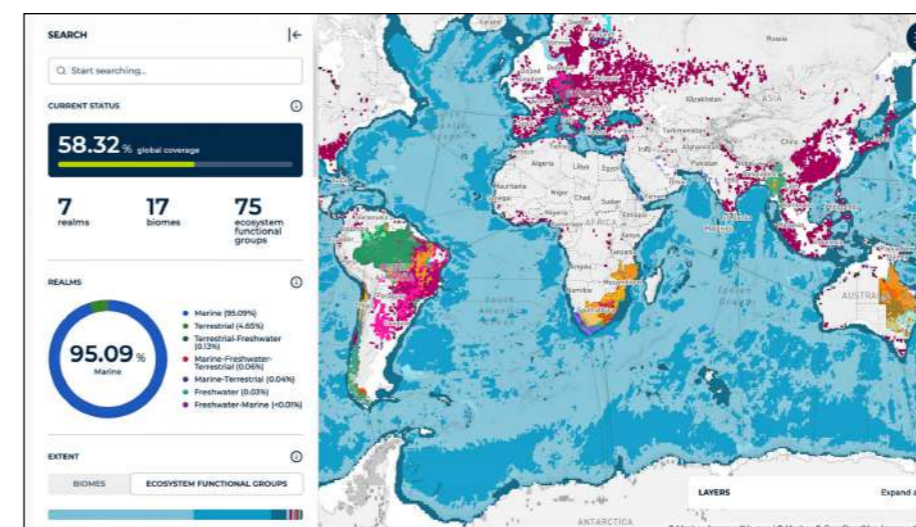
Izvor: Planet Labs, Microsoft AI for good, World Economic Forum: Charting the Future of Earth Observation: Technology Innovation for Climate Intelligence, 2024.

Minijaturizacija

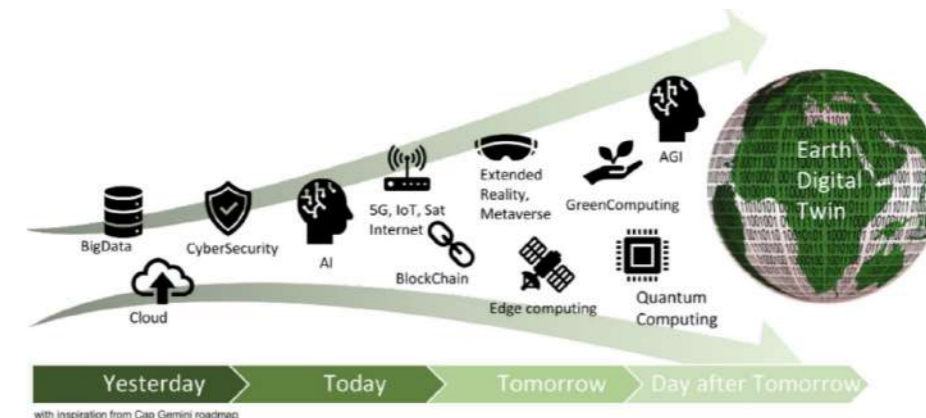
Paralelno s razvojem senzora odvija se i minijaturizacija satelita. CubeSati, standardizirani mali sateliti veličine kocke stranice 10 cm, omogućili su značajno snižavanje troškova i ulaznih barijera. Danas satelitske misije više nisu rezervirane isključivo za velike svemirske agencije - u njima sudjeluju start-upovi, sveučilišta, pa čak i škole. Hrvatska se u tom kontekstu može pohvaliti vlastitim satelitskim projektom, CroCubeom.

Mali sateliti sve se češće organiziraju u konstelacije, što omogućuje gotovo kontinuirano praćenje Zemlje. Time se ubrzava uvođenje novih tehnologija i povećava dostupnost EO podataka.

Povećanje broja satelita donosi izazov svemirskog otpada. Prema podacima ESA-e i NASA-e te analizi tvrtke Akilaris, u orbiti se nalazi oko 13.000 fragmenata većih od 10 cm, dok modeli procjenjuju postojanje više od milijun komada veličine između 1 i 10 cm. Zbog ekstremnih brzina, čak i najmanji fragmenti ozbiljno ugrožavaju aktivne misije, pa su praćenje otpada i izbjegavanje sudara ključni za održivo korištenje svemira. Osim rizika za satelite, otpad predstavlja rastući problem za opažačku astronomiju. S obzirom na siguran porast broja objekata u orbiti, pronalaženje rješenja prihvatljivog za znanstvenu zajednicu postaje imperativ.



Slika 3. Screenshot globalnog atlasa ekosustava, izrađen pomoću Google-ovog temeljnog modela AlphaEarth i može se pogledati na <https://globalecosystemsatlas.org/>.



Slika 2. Iskorištavanje digitalnih inovacija i alata za razvoj digitalnog blizanca Zemlje. Izvor: ESA (2024) Earth Science in Action for Tomorrow's World - Earth Observation Science Strategy, European Space Agency, 2024., <https://doi.org/10.5281/zenodo.13819557>

GeoAI

Umjetna inteligencija postaje ključna za obradu sve veće količine EO podataka jer klasične metode više nisu dovoljne. Implementacija AI-ja izravno na satelitima, tzv. on-board processing, čime se primjerice u Hrvatskoj bavi tvrtka Protostar Labs, omogućuje filtriranje podataka u orbiti i smanjuje komunikacijska kašnjenja.

Poseban značaj ima GeoAI - sinergija umjetne inteligencije, satelitskih snimaka, IoT-a i podataka s tla. Ovaj spoj omogućuje evoluciju od običnog kartiranja prema prediktivnoj analitici i podršci pri odlučivanju. Primjer je hrvatska tvrtka Seacras iz Zagreba koja koristi GeoAI za nadzor prometa i sigurnost mora u gotovo stvarnom vremenu, pokazujući praktičnu vrijednost napredne analitike u

situacijskoj svjesnosti.

Razvijaju se i temeljni AI modeli trenirani na golemim količinama podataka, omogućujući složene analize koje su donedavno bile nezamislive. Google je 2025. predstavio AlphaEarth, model koji djeluje kao virtualni satelit objedinjavanjem podataka u jedinstvenu digitalnu reprezentaciju, tzv. embeddings. To znanstvenicima olakšava praćenje krčenja šuma, sigurnosti hrane i upravljanja resursima.

Digitalni blizanci

Jedan od najambicioznijih trendova su digitalni blizanci Zemlje - računalni modeli koji u stvarnom vremenu simuliraju klimatske i urbane sustave. Takve simulacije omogućuju "što ako" analize, preciznije planiranje infrastrukture i učinkovitije upravljanje rizicima, što je ujedno i jedan od strateških ciljeva europskih znanstvenih institucija. Promatranje Zemlje imat će središnju ulogu u praćenju klimatskih promjena, ciklusa ugljika, verifikaciji okolišnih pokazatelja i sustavima ranog upozoravanja. Dugoročno, EO će postati „nevidljiva“ infrastruktura - krajnje korisnike neće zanimati izvor podataka, već pouzdani i pravovremeni rezultati.

Budućnost EO-a je sustav planetarnog nadzora u stvarnom vremenu, vođen umjetnom inteligencijom, koji podržava otpornost na klimatske promjene, gospodarstvo i globalnu sigurnost.

SPEKTROKOPIJA

Zvezdana intima kroz dugine boje

Piše:

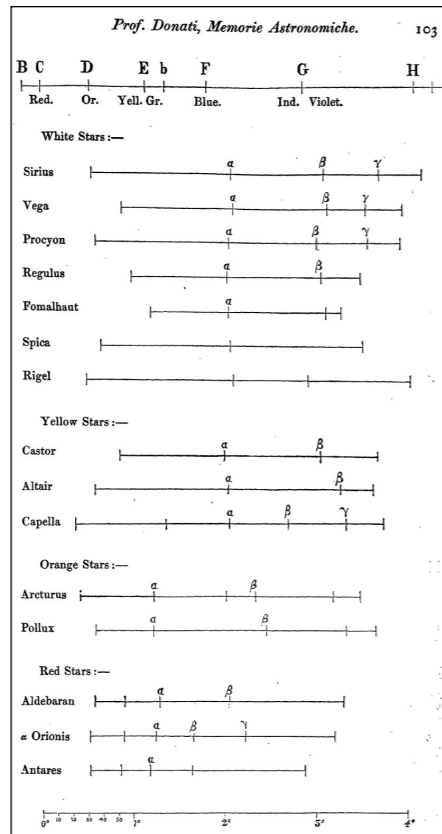
dr.sc. Dejan Vinković, Zoran Novak

Prije 200 godina desio se iskorak u astronomiji kakav do tada nije viđen još otkad je Galileo uperio svoj durbin prema nebu 200 godina prije toga. Ovaj put je Joseph von Fraunhofer, njemački fizičar, optičar i izumitelj, po prvi put 1814. godine uperio svoj durbin u kombinaciji s prizmom prema zvijezdama. U duginim bojama, tj. spektru Siriusa, uočava tri tamne pruge, da bi devet godina kasnije to uočio i u još nekoliko sjajnih zvijezda. Prije toga već je u bojama Sunca uočio postojanje tamnijih linija koje sada po njemu nose naziv Fraunhoferove linije.

Počeci spektroskopije

To je bio početak opažacke metode koju nazivamo spektroskopija, ali tada još nije bilo jasno koliko će ona biti ključna u otkrivanju tajni svemira i razvoju astronomije kao znanosti. Trebala su desetljeća nakon Fraunhofera da se astronomi opsežnije počnu baviti spektrima zvijezda. Tako je 1858. godine Ignazio Porro po prvi puta promatrao spektar komete, a Giovanni Battista Donati je 1860. godine konačno pokrenuo ozbiljan trend korištenja spektroskopije kada je objavio svoja opažanja 15 sjajnih zvijezda, s jasno uočljivim tamnim prugama u većini njih [1].

Usljedio je sve veći interes za promatranjem spektara nebeskih objekata, jer postalo je očito da se zvijezde razlikuju po izgledu svojih duga. Tako je 1867. godine Angelo Secchi objavio vrlo detaljne spektre oko 500 zvijezda, od kojih je oko



Spektri 15 zvijezda koje je Giovanni Battista Donati objavio 1860. godine (preuzeto iz [1]).

400 grupirao u klase koje je predložio temeljem spektralnih sličnosti. Konačno, u kombinaciji s laboratorijskim istraživanjima spektara različitih plinova, uskoro se shvatilo da nam spektri zvijezda otkrivaju fantastičan uvid u tajne svemira. Do tada su astronomi mislili da se o zvijezdama neće moći saznati ništa osim njihovih položaja. Ali zahvaljujući spektroskopiji možemo istraživati kemiju i fiziku zvijezda i planeta, njihov sastav i ponašanje, njihovu unutrašnjost i okolinu, njihovo gibanje, rađanje i umiranje.

Alpy 600

Svjetlo svake zvijezde može se pretvoriti u dugu pomoći prizme ili optičke rešetke. Te duge nazivamo spektar, i kod svake zvijezde spektar ima neke svoje specifičnosti, poput zvezdanog otiska prsta. Instrument kojim stvaramo spektre naziva se spektroskop i AD Vega je u svojem zadnjem procesu modernizacije svoje opreme, zahvaljujući donaciji Grada Čakovca, nabavila i jedan takav vrlo zanimljiv spektroskop Alpy 600 [2]. U njemu se za dobivanje spektra koristi kombinacija prizme i optičke rešetke (tzv. grism, složenića od "grating" i "prism"). Otvor kroz koji se propušta svjetlo može se podešavati na nekoliko različitih širina pukotina, od kojih je najmanja 25 μ m i nju koristimo, pa do toga da se pukotina u potpunosti makne. Uz sam spektroskop uzeli smo i kalibracijski modul koji se postavlja na ulazu u spektroskop. U tom modulu nalazi se lampica koja stvara bijelo svjetlo za flat field korekciju slika, te lampica s plinovima argona i neona. Ta plinska lampica emitira specifične poznate valne dužine svjetla, čime se u kasnijoj obradi spektra može odrediti koji dio zvezdanog spektra odgovara kojoj valnoj dužini. U kombinaciji s kamerom koja snima dobiveni spektar, spektroskop postaje spektrograf – instrument za mjerenje sjaja spektra po različitim valnim dužinama. Takvim mjerenjem se spektar pretvara u krivulju ovisnosti sjaja o valnoj dužini svjetla. Rezolucija spektroskopa izražava se brojem R za koji vrijedi $R = \lambda / \Delta\lambda$, gdje je λ valna dužina na

nekom dijelu spektra, a $\Delta\lambda$ je najmanja razlika valnih dužina za koje se može uočavati promjena sjaja. Pod većom rezolucijom misli se na manji $\Delta\lambda$ što znači i veći R. Naš Alpy 600 ima $R=600$, što daje rezoluciju od oko 1nm za pukotinu od 25 μ m.

Obrada spektra postaje poprilično zahtjevna ako se želi dobiti što kvalitetniji spektar. Stoga je sama procedura zahtjevnija nego kod fotometrije, pa početnicima preporučamo da se prvo dobro upoznaju s fotometrijom zvijezda, pogotovo jer su neki od koraka isti ili vrlo slični. Za prve korake u fotometriji možete koristiti priručnik za početnike koji je AD Vega pripremila za učenike, studente, i nastavnike (vidi [3]).

Za potrebe obrade potrebno je prvo napraviti korekcijske snimke (bias, dark, flat field i kalibracijski spektar pomoću lampice u kalibracijskom modulu). Postupak zatim traži da se naprave prvo fotometrijske korekcije slika, a zatim i korekcije na deformacije spektra koje dolaze od samog spektroskopa. Na sreću, kod Alpy 600 postoji program Demetra [4] koji jako olakša čitav ovaj proces. Uz program dostupan je i priručnik koji vas vodi korak po korak što trebate snimiti i učitati u svakom koraku obrade. Dio koji na kraju ostaje najteži je kalibracija na oblik spektra. Naime, kamera nije jednako osjetljiva na sve valne dužine, što deformira oblik spektra. I to bi bilo još i relativno lako korigirati jednom kada otkrijete osjetljivost kamere, ali ključni problem je i da propusnost atmosfere osjetno deformira spektar. U principu, izbjegavajte snimanje ispod nekih 60 stupnjeva nad horizontom (osim ako se ne radi o iznimno zanimljivom objektu). Međutim, velik problem je stanje same atmosfere: vlažnost i količina prašine i čestica u zraku. Dodatno, to stanje se mijenja tijekom noći. Stoga bi se uz svako snimanje spektra trebalo snimiti i spektar neke tzv. standardne zvijezde koja je locirana blizu na nebu. I onda se krivulja kojom korigiramo standardnu zvijezdu, kojoj je spektar dobro poznat, koristi i za korekciju našeg ciljanog spektra.



Alpy 600 s kompletnom opremom



Usklađivanje vidnog polja spektroskopa s vidnim poljem teleskopa za vođenje.

Vega od AD Vega

U AD Vega smo u procesu učenja kako što kvalitetnije obraditi snimljene spektre. Istražujemo kojim pristupom možemo snimati korisne spektre zvijezde što je moguće veće magnitude, te kako analizirati spektre. Iz toga će izaći neki planirani istraživački ciljevi koji bi trebali balansirati između tehničkih mogućnosti opreme i praktičnih problema izvođenja takvih promatranja.

Naša promatranja odvijaju se sa zvjezdarnice u Savskoj Vesi koja je opremljena teleskopom Askar, pro-

mjera objektivna 130 mm i fokusne dužine 1000 mm. Spektar Vege snimljen je planetarnom monokromatskom kamerom ASI ZWO 178mm.

Jedna od prvih zvijezda u koje smo uperili spektroskop bila je Vega. Osim što je vrlo sjajna, pa time se spektar lako snimi, Vega je jedna od spektralnih standardnih zvijezda za rezoluciju koja je dostupna našom opremom. Više o samoj Vegi možete pronaći u drugom članku na temu spektroskopije u ovom broju časopisa. Mi ovdje opisujemo samo naš trenutni rezultat. Popratni grafikoni

prikazuju spektar koji smo dobili, uz oznake raznih spektralnih linija. Tu smo pomoć potražili u atlasu spektralnih linija Vege [5].

Uz glavne, vrlo jake linije vodika (tzv. Balmerove linije H α , H β , H γ , itd, koje dolaze od prijelaza elektrona s viših energetske nivoa u atomu vodika na nivo 2), uočavaju se i razne slabije linije. U ovakvim analizama treba biti svjestan da se linija može pojaviti zbog apsorpcije u Zemljinoj atmosferi. Recimo, ako se uočava molekularna linija (npr. H $_2$ O, O $_2$) na ovako vrućoj zvijezdi odmah znate

da ne pripada zvijezdi, jer molekula ne može preživjeti takve uvjete. Očekivana stanja su ionizirani atomi, gdje je jedan elektron izbačen iz atoma (npr., Ca II, Si II, Fe II, itd.). Ponešto konfuznija situacija može nastati kod neutralnih atoma, poput linije neutralnog natrija (Na I) koja uistinu postoji kod Vege. Međutim, linija natrija od Vege je široka i vrlo slaba, dok u spektru zapravo dominira kontaminacija natrijem u našoj atmosferi. Ovakve detalje može raspetljati samo detaljno istraživanje.

Iz ovog se vidi kako slabe spektralne linije traže dobro poznavanje teorije spektralnih linija i što bolji omjer signala i šuma. Naša snimanja zvijezda slabog sjaja su stoga puna izazova, ali i vrlo zanimljiva za otkrivanje limita dosega naše opreme.

U nastavku prikazan je spektar Vege snimljen sa zvjezdarnice u Savskoj Vesi. Prvi graf prikazuje cijeli spektar Vege, dok svaki sljedeći prikazuje određeni raspon valnih dužina.

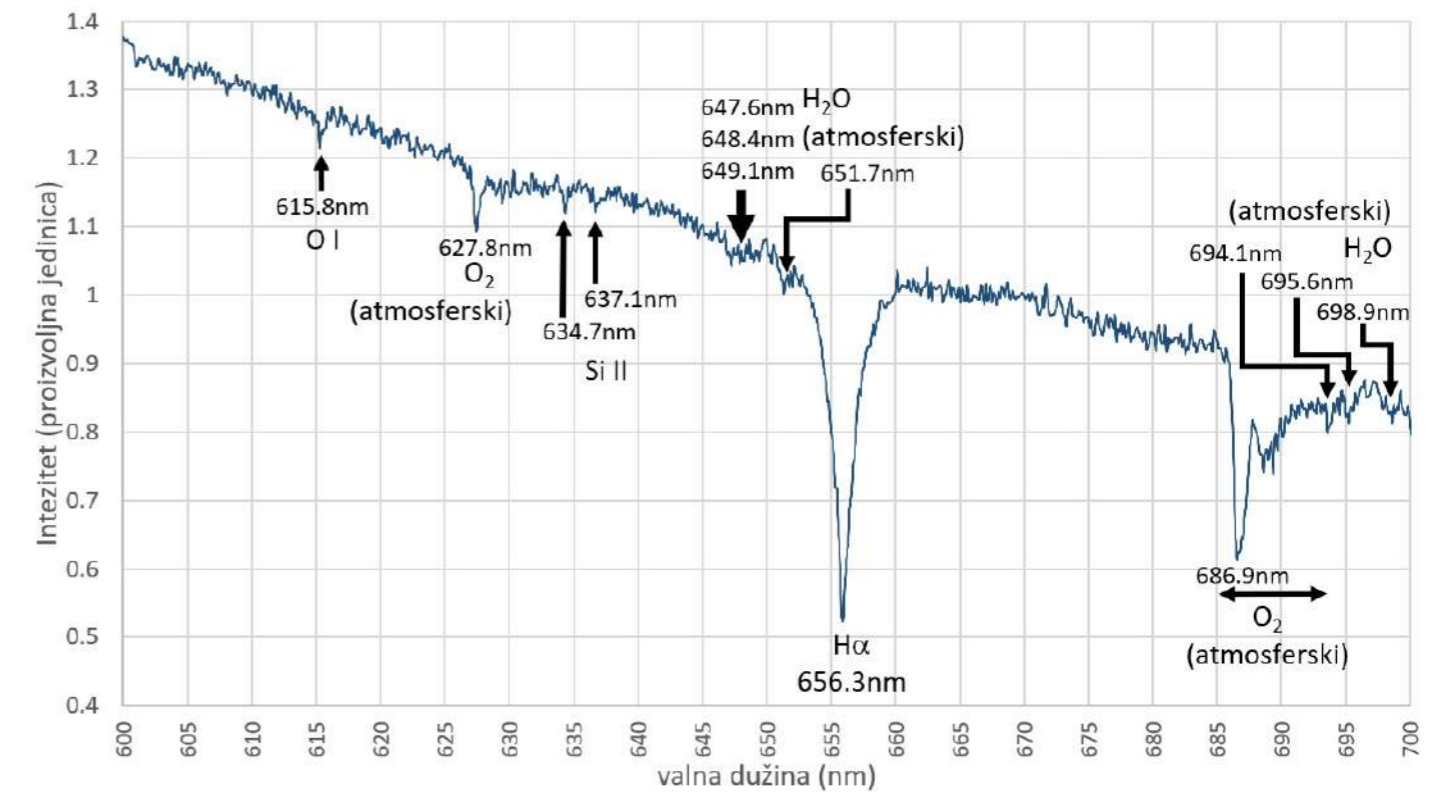
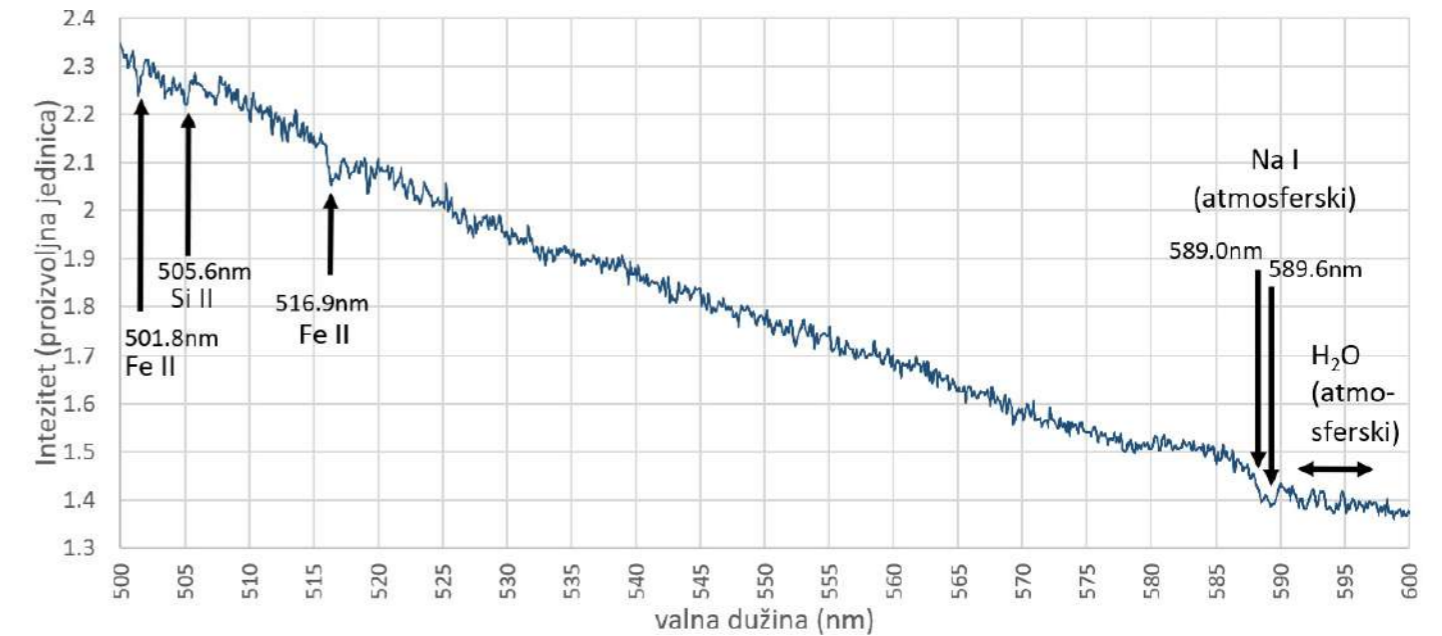
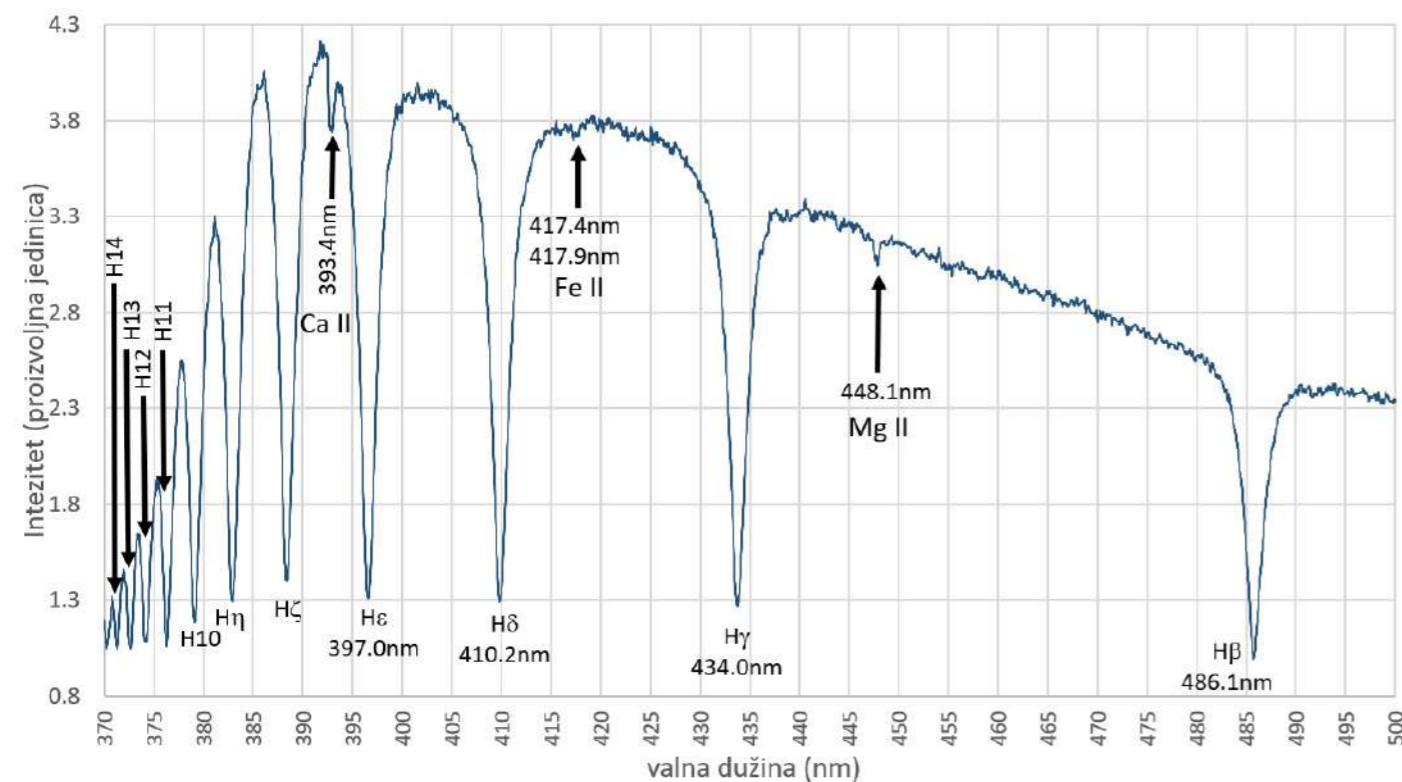
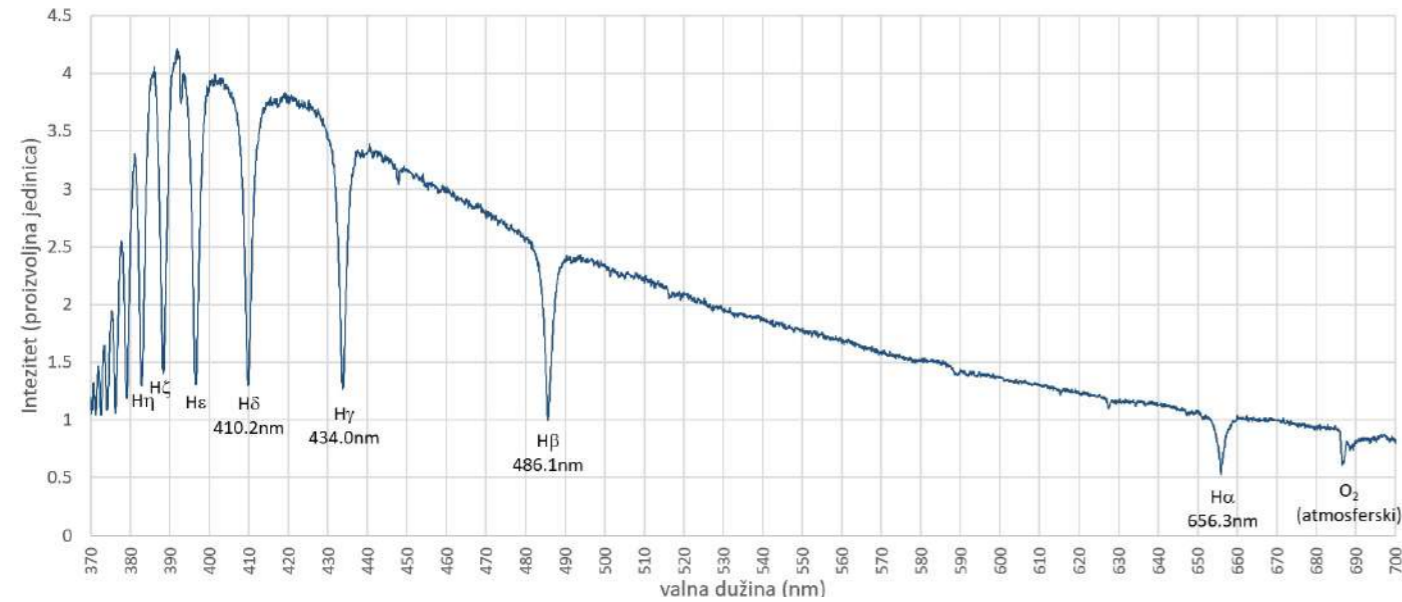
[1] Donati, G.B., *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 23, 100 (1863). <https://academic.oup.com/mnras/article/23/3/100/975107>

[2] <https://www.shelyak.com/produit/spectroscope-alpy-600>

[3] <https://fotometrija.advega.hr>

[4] <https://www.shelyak.com/software/demetra/>

[5] <https://buil.astrosurf.com/us/vatlas/vatlas.htm>



SPEKTROSKOPIJA

Mjerenje parametara
zvijezde Vega

Piše:
Alan Čatović

Spektroskopija je jedan od temeljnih alata za proučavanje objekata koji su nevidljivi ljudskom oku, poput atoma ili molekula, ili pak iznimno udaljeni, poput zvijezda i drugih astronomskih objekata. Riječ je o složenoj znanstvenoj disciplini koja se bavi proučavanjem interakcije elektromagnetskoga zračenja i materije. Zanimljivo je da smo većinu spoznaja o svemiru stekli upravo zahvaljujući spektroskopiji.

Naime, nedavno sam nabavio difrakcijsku rešetku Star Analyser (SA-100) i softver Rspec za spektroskopsku analizu (<https://rspec-astro.com>). Kako bih ispitao mogućnosti ove opreme, snimio sam spektar zvijezde Vege. Uz pomoć navedene difrakcijske rešetke moguće je provoditi razne projekte prikladne za osnovnoškolce i srednjoškolce, ali i za opću interakciju s djecom u cilju popularizacije astronomije, naravno ovisno o kvaliteti CCD kamere, promjeru i optičkoj kvaliteti teleskopa te stabilnosti montaže.

Neki od takvih projekata uključuju: karakterizaciju tipova zvijezda, njihova kemijskog sastava i temperatura; detekciju emisijskih linija u (emisij-skim) maglicama; detekciju Neptunove atmosfere (metan); procjenu kozmološkog crvenog pomaka kvazara (udaljenog oko 2 milijarde svjetlosnih godina); detekciju spektra Wolf-Rayetovih zvijezda; procjenu promjena u varijabilnim LL Lyr zvijezdama; određivanje spektra kometa; detekciju spektra supernova itd.

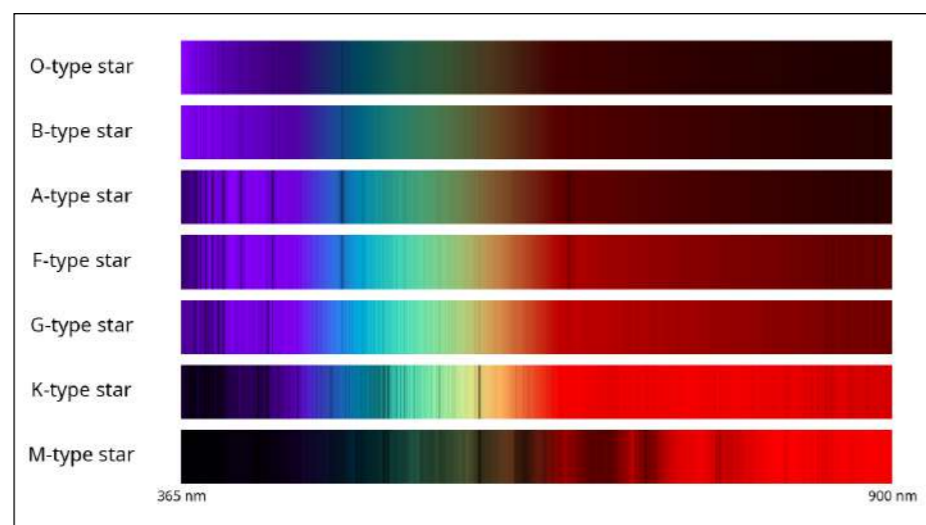
Vega

Vega ili α Lyrae (u zviježđu Lire), često nazivana i „najvažnijom zvijezdom nakon Sunca“, jedna je od najsjajnijih zvijezda na noćnom nebu (peta po sjaju), s prividnom magnitudom +0,03. Nalazi se u zviježđu Lire i lako je prepoznatljiva na sjevernoj hemisferi. Od Zemlje je udaljena svega oko 25 svjetlosnih godina. Apsolutna magnituda Vege iznosi +0,582, a njezin je luminozitet približno 40 puta veći od Sunčeva. Procijenjena starost zvijezde iznosi oko 450 milijuna godina, što znači da je već „proživjela“ otprilike 50 % svoga životnog vijeka.

Nakon napuštanja glavnog niza (na Hertzsprung–Russellovu dijagramu), Vega će postati crveni div spektralnog tipa M, odbaciti velik dio svoje mase te završiti evoluciju

kao bijeli patuljak. Relativno se brzo okreće oko svoje osi (oko 274 km/s na ekvatoru), što uzrokuje znatnu spljoštenost na polovima. Tri sjajne zvijezde: Vega, Arktur i Kapela dijele sjeverni dio neba na tri približno jednaka dijela. Zajedno s Altairom i Denebom, Vega čini Veliki ljetni trokut. Masa joj je oko 2,5 puta veća od Sunčeve, a riječ je o bijeloj, stabilnoj zvijezdi spektralnog tipa A0V (Delta Scuti varijabla s periodom od 0,107 dana), površinske temperature oko 9600 K.

Prije približno 14 000 godina Vega se nalazila na položaju današnje Sjevernjače, a tu će se ponovno naći oko 13 700. godine nove ere. Danas se u njezinoj blizini nalazi točka prema kojoj se kreće Sunčev sustav. Vega nam se približa-



Prikazi spektra nekoliko zvijezda (prema spektralnom tipu), na kojima su vidljive karakteristične apsorpcijske linije. IAU OAE/SDSS/Niall Deacon.

va brzinom od oko 15 km/s. Na geografskim širinama iznad 51° sjeverno, Vega je stalno iznad horizonta (cirkumpolarna zvijezda), dok je na južnoj hemisferi vidljiva samo iznad 51° južno (npr. nije vidljiva iz Čilea).

Vega je karakteristična po vrlo niskom metalitetu (pri čemu se „metali“ odnose na elemente teže od helija): svega oko 32 % u odnosu na Sunce. Za usporedbu, Sirius ima metalitet približno tri puta veći od Sunčeva. Vega sadrži svega oko 0,54 % elemenata težih od helija, zbog čega se ubraja u Lambda Boötis tip zvijezda. Pretpostavlja se da je nastala iz međuzvjezdane tvari neuobičajeno siromašne metalima. Omjer helija i vodika procjenjuje se na oko 0,03 (3 %).

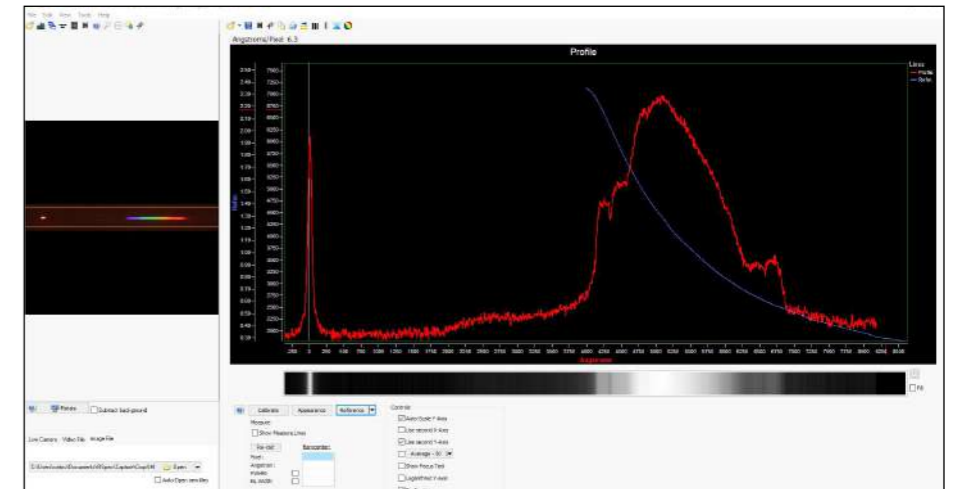
Vega se koristi kao standard za kalibraciju fotometrijskih ljestvica te je bila jedna od zvijezda korištenih za definiranje srednjih vrijednosti UBV fotometrijskog sustava. U mnogim je kulturama dio bogate kulturne baštine (stari Egipat, Indija, Arabija, Engleska, Polinezija, Asirija, Kina, zoroastrijanci i dr.). Posebno mjesto zauzima i u romanu te filmu Contact (Carl Sagan), koji autor ovoga teksta smatra jednim od najboljih znanstvenofantastičnih filmova ikada snimljenih.

Snimanje

Snimanje je izvedeno DSLR fotoaparatom Canon 1100D (astro-modifikacija, povećana osjetljivost u infracrvenom području), teleskopom TS APO 50/330, na montaži EQ3, bez sustava vođenja. Naravno, za ozbiljniji rad preporučljivo je koristiti CCD kameru te stabilniju montažu i teleskop većeg promjera. Spektar Vege snimljen je s ekspozicijom od 4 s, što je bilo sasvim dovoljno s obzirom na visoki sjaj zvijezde, a pritom nije korišten sustav praćenja. Snimano je u RAW formatu, ISO 1600.

Obrada i analiza

Obrada slika i spektroskopska analiza provedene su u programu Rspec. Prvi korak obuhvaća rota-



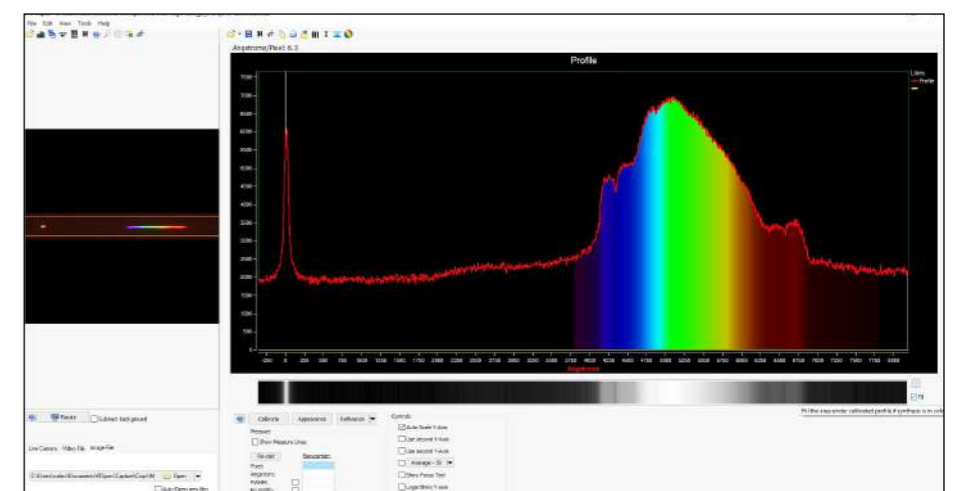
Slika 1. Nekaliibrirana krivulja Vege (crveno) i dio referentne krivulje (plavo)

ciju spektra do horizontalnog položaja te izrezivanje slike zvijezde i njezina spektra. Na desnoj strani programa (slika 1) pojavljuje se nekalibrirani spektar zvijezde (u ovom slučaju Vege). Vega je posebno pogodna za početnu kalibraciju instrumenata zbog jasno izraženih linija Balmerove serije (skup linija vodika u vidljivom dijelu spektra, posebno izražen kod zvijezda tipa A, poput Vege).

Slijedi kalibracija instrumenata, koja se može izvesti linearno s dvije točke ili nelinearno s više točaka (ako se prepoznaje veći broj Balmerovih linija: H α , H β , H γ , H δ itd.). Prva točka obično odgovara samoj zvijezdi (prvi maksimum spektra), dok druga može biti, primjerice, linija H β na 4861 Å (486,1 nm). Kalibracijom se dobiva disperzija instrumenata (Å/piksel), koja je u ovom slučaju iznosila 6,3 Å/piksel. Spektar se može prikazati i u obli-

ku sinteze boja ispod krivulje, što je osobito pogodno za edukativne svrhe i rad s djecom (slika 2).

Sljedeći korak je određivanje tzv. krivulje instrumenta (instrument response), kojom se uzima u obzir nelinearni odziv kamere. Na primjer, mnoge kamere gube osjetljivost ispod 500 nm, što treba korigirati. Krivulja instrumenta dobiva se dijeljenjem dobivene spektralne krivulje s referentnom krivuljom iz literature (u ovom slučaju Vege), koja se aproksimira glatkom krivuljom (spline smoothing). Tako dobivena krivulja instrumenta opisuje ponašanje korištenog sustava. Dijeljenjem početne spektralne krivulje s krivuljom instrumenta dobiva se realna spektroskopska krivulja Vege (slika 3). Provjerom preklapanja apsorpcijskih linija vidi se izvrsno slaganje s Balmerovom serijom, karakterističnom za zvijezde tipa A.



Slika 2. Prikaz spektra sa bojama pogodan je za edukativne svrhe

Na temelju dobivenog spektra moguće je odrediti spektralni tip (slika 4) i približnu temperaturu (slika 5) zvijezde. Usporedbom s referentnim krivuljama u biblioteci softvera utvrđeno je da se spek-

tar najbolje poklapa s tipom A0V, što odgovara poznatim podacima za Vegu. Oblik krivulje pokazuje da maksimum zračenja leži u ultraljubičastom dijelu spektra. Odabirom Planckove aproksima-

cije može se procijeniti i temperatura zvijezde. Najbolje slaganje postiže se u rasponu od 9000 do 10 000 K, što je vrlo dobra procjena s obzirom na nisku spektralnu razlučivost i poznatu temperaturu Vege od oko 9600 K.

Općenito, temperatura zvijezde može se procijeniti na temelju njezina spektra, budući da zvijezde zrače približno poput crnog tijela. Temperatura crnog tijela opisana je Wienovim zakonom:

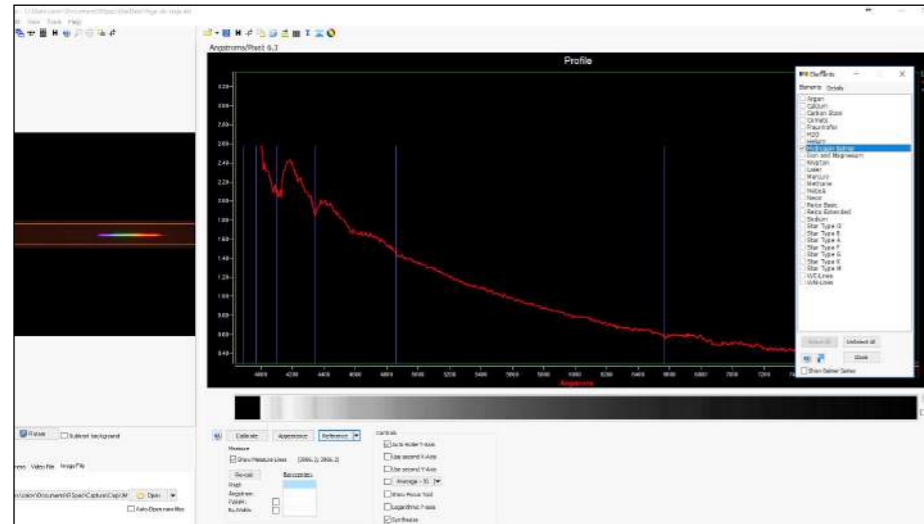
$T = 0,0029 / \lambda_{\max}$, gdje je T temperatura u kelvinima, a λ_{\max} valna duljina maksimuma zračenja u metrima.

Temperatura se može procijeniti i prema boji zvijezde: hladnije zvijezde (npr. Betelgeuse, $T \approx 3500$ K) zrače više u crvenom području, dok vruće zvijezde (npr. Rigel, $T \approx 15 000$ K) dominiraju plavim i UV zračenjem.

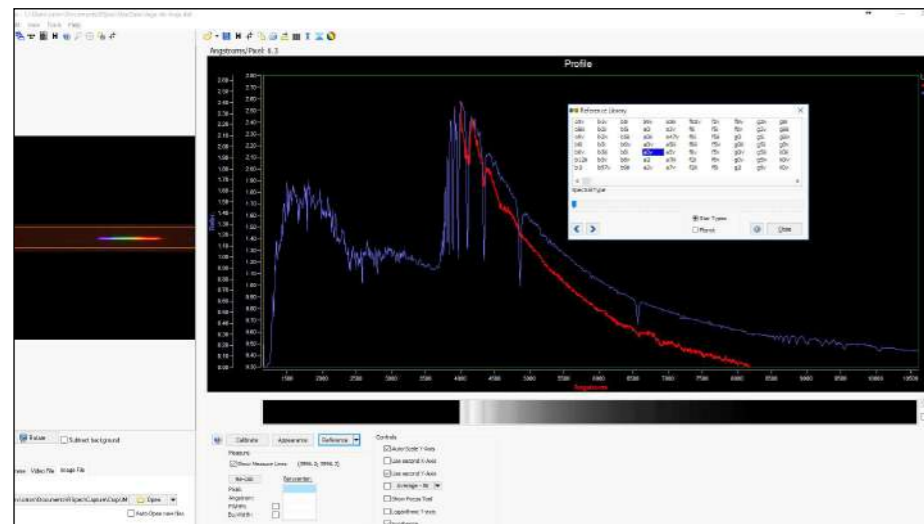
Radi jasnijeg uočavanja apsorpcijskih linija provodi se normalizacija spektra, pri čemu se izvorni spektar dijeli s aproksimacijskom krivuljom. Time apsorpcijske linije kemijskih elemenata postaju znatno izraženije.

Zvijezde tipa A (poznate su po snažnim linijama Balmerove serije) i urednom, estetski privlačnom spektru, zbog čega su iznimno pogodne za didaktički uvod u praktičnu spektroskopiju. Mnoge najsajjnije zvijezde noćnog neba pripadaju ovom tipu (Sirius, Vega, Kastor, Deneb, Denebola, Altair, Ruchbah i većina zvijezda u asterizmu Velikog medvjeda). One obično imaju mase 2–3 mase Sunca, temperature fotosfere 7500–10 000 K, polumjere 1,7–2,7 Sunčeva radijusa i luminozitet 8–55 puta veće od Sunčeva.

Sljedeći put, kada u vedroj ljetnoj noći pogledate prema zvijezdi Lire i ugledate Vegu, vrijedi se prisjetiti da njezina svjetlost u sebi nosi „otisak prsta“ zvijezde – zapis o njezinoj temperaturi, sastavu i evolucijskom stanju, čitljiv svakome tko se odluči zaviriti u njezin spektar.



Slika 3. Realni prikaz spektra nakon kalibracije



Slika 4. Određivanje spektralnog tipa



Slika 5. Izmjerena temperatura Vege bliska je stvarnoj vrijednosti

ATMOSFERSKA OPTIKA

Pasunca - lažna Sunca

Piše:
Marko Posavec

Ne tako rijetko, na nebu možemo zapaziti neobičnu svijetlu mrlju nedaleko od Sunca. Obično je to negdje nisko, već blizu horizonta. Mrlja svjetlosti ponekad ima i boje: crvenu na strani prema Suncu, plavičastu na suprotnoj strani. A mrlje ponekad dolaze i u paru, po jedna sa svake strane Sunca. To su **pasunca ili lažna Sunca**. Uz halo polumjera 22 stupnja, pasunca su najčešća optička pojava iz obitelji ledenih haloa. U prosjeku, na godišnjoj razini, mogu se vidjeti približno jednom ili dvaput tjedno.

Kako nastaju

Pasunca nastaju na isti način kao i 22° halo te druge srodne pojave: refleksijom, refrakcijom i disperzijom Sunčeve svjetlosti u nebrojenim sitnim kristalićima leda visoko u zraku. Ti kristalići, međutim, nisu uvijek isti. Obični 22° halo nastaje prolaskom svjetlosti kroz kristaliće u obliku stupića ili štapića: šesterokutne prizme dugih stranica i manjih baza. Pasunca stvaraju **pločasti** kristalići: širih baza i kraćih stranica. I u tome se krije njihova tajna, zašto su u obliku svijetlih mrlja i baš na tim mjestima.

Dok lebde u zraku ili lagano padaju prema tlu, kristalne pločice aerodinamički se orijentiraju tako da su im baze više-manje paralelne s tlom. Sunčeva svjetlost ulazi kroz jednu od bočnih strana i izlazi kroz drugu, ne susjednu nego onu sljedeću, koja je pod kutem od 60° u odnosu na prvu. Pritom se svaka valna duljina lomi malo drugačije pa crvenu vidimo prema Suncu, plavu prema van. Ključno je to što, zbog horizontalne orijentacije ploči-



Sunce, halo i pasunca lijevo i desno od njega. Foto: Marko Posavec

ca, ne mogu sve zrake tako proći kroz kristal i doći do našeg oka nego **samo one koje dolaze i odlaze horizontalno** - slijeva ili zdesna. Zato su pasunca lijevo i desno od Sunca te na gotovo istoj kutnoj visini kao i Sunce. Gotovo istoj. Kad je Sunce na horizontu, pasunca su jednako visoko. Kako se Sunce uspinje, pasunca se malo izdižu i udaljavaju od kružnice 22° haloa. Zrake svjetlosti tada moraju ulaziti malo nakošeno te se još unutar kristala i odbijati od njegovih baza da bi uspjele doći do našeg oka. Sve manje zraka to uspijeva. Stoga su pasunca, kad je Sunce na većoj kutnoj visini, slabijeg sjaja i više od 22° udaljena od Sunca.

Oblici pasunca

Osim toga, pasunca mogu imati i različite oblike, ovisno o tome koliko su kristalići stabilni. Ako mirno lepršaju u

zraku, svjetlost koja iz njih izlazi gusto je zbijena pa su mala i sjajna. No, ako su kristalići nagnuti amo-tamo zbog vjetrova, zrake svjetlosti i dalje će prolaziti kroz njih i dolaziti do našeg oka, ali ovoga puta iz nešto više smjerova, uvijek na istoj kutnoj udaljenosti od Sunca. Pasunca su tada vertikalno izdužena, u ekstremnim slučajevima u čitave lukove lijevo i desno od Sunca.

Terminologija

I jedna zanimljivost. Riječ **pasunce** neobično nalikuje engleskom nazivu ove pojave - **sundog**, no to u stvarnosti nije njihova poveznica. Pa – je arhaični prefiks koji znači „lažno, patvoreno, imitacija“; pasunce = lažno Sunce. U meteorološkoj terminologiji još se koristi i naziv **parhelij**, istog značenja, a ako se vidi pri Mjesečevoj svjetlosti zove se **paraselena**.

U DRUŠTVU OBLAKA

Vatreni oblaci - kada požar stvara svoju oluju

Piše:

Maja Kraljik

Jedna tema o kojoj se kod nas ne govori često, iako smo zemlja koja (osobito tijekom ljetne turističke sezone) bilježi velik broj požara, jest utjecaj vatre na atmosferu. Posljednjih godina gotovo je cijela Europa gorjela uslijed ekstremnih vremenskih nepogoda: dugotrajnih razdoblja vrlo visokih temperatura bez značajnijih oborina, katkad i mjesecima. Visoke temperature, relativno niska vlažnost zraka i jak vjetar stvaraju gotovo idealne, eksplozivne uvjete za izbijanje i brzo širenje požara. Šumski po-

žari sami su po sebi iznimno opasni, no jeste li znali da vatra može stvoriti vlastitu oluju - i to vrlo opasnu? Kako kaže stara izreka: gdje ima dima, ima i vatre. No u određenim uvjetima vridi i obrnuto - tamo gdje ima vatre, mogu se pojaviti i oblaci.

Pirokumululus

Oblak koji nastaje iznad požara naziva se **pirokumululus** (engl. *pyrocumululus*), a njegov službeni naziv je **flammagenitus**. Nastaje na sličan način kao i obični kumululusi: zbog uzla-

znog gibanja zraka koje je posljedica jačeg zagrijavanja tla u odnosu na okolni zrak. Intenzivna toplina potiče snažnu konvekciju, pri čemu se vodena para kondenzira oko čestica prašine i pepela.

Glavna razlika između pirokumululusa i „običnih“ kumululusa jest brzina njihova nastanka. Zbog ekstremnog zagrijavanja i snažne kondenzacije, pirokumululusi se razvijaju znatno brže. Zrak iznad plamena naglo se uzdiže, dok istodobno zapaljena vegetacija isparava vlagu, dodatno

hraneći oblak. Pregrijani zrak iznad požara uzdiže se u visokom stupu, noseći sa sobom dim i vlagu. Kako se taj vlažni zrak ubrzano probija u više slojeve atmosfere, vodena para kondenzira se u sitne kapljice. Upravo zato pirokumuluse često nazivamo i „vatrenim oblacima“. Vizualno podsjećaju na goleme, prljavo obojene cvjetove cvjetače (obojene pepelom i dimom) koji se uzdižu iznad masivnog dimnog stupa. Vrh tog stupa nerijetko se spljošti i poprimi oblik nakovnja, nalik pravoj grmljavinskoj oluji. Zbog svoje rijetkosti pirokumululusi su iznimno zanimljivi meteorolozima i zaljubljenicima u vremenske pojave. Ne viđaju se često, a kada se pojave, ostavljaju snažan dojam na promatrače. No, postoji i još opasniji oblik oblaka.

Pirokumulonimbus

Kada se pirokumululus razvije iznad intenzivnog požara, meteorolozi s posebnom pažnjom prate mogućnost nastanka njegova „starijeg brata“ - **pirokumulonimbusa** (engl. *pyrocumulonimbus*, odnosno *cumulonimbus flammagenitus*).

NASA je ovog monstruma slikovito opisala kao „zmaja-oblaka koji bljuje vatru“, jer su ti oblaci toliko snažni i vrući da stvaraju vlastite vre-



Pirokumululus iznad velikog požara u jugoistočnom Oregonu, SAD.

Foto: Oregon Dept. of Forestry/141st Air Refueling Wing of Washington Air National Guard

menke uvjete. U najekstremnijim slučajevima vatrogasci su svjedočili nastanku tzv. „vatrenih tornada“, pojavi suhe munje te vrlo opasnih, vrućih udara vjetra ispod oblaka. Pirokumulonimbusi mogu izbaci čestice dima i pepela i do 10000 metara iznad Zemljine površine. Po opasnosti su usporedivi s klasičnim kumulonimbusima: sadrže snažne turbulencije koje se na tlu očituju kao jaki, nagli udari vjetra, dodatno pogoršavajući ionako kritičnu situaciju na požarištu.

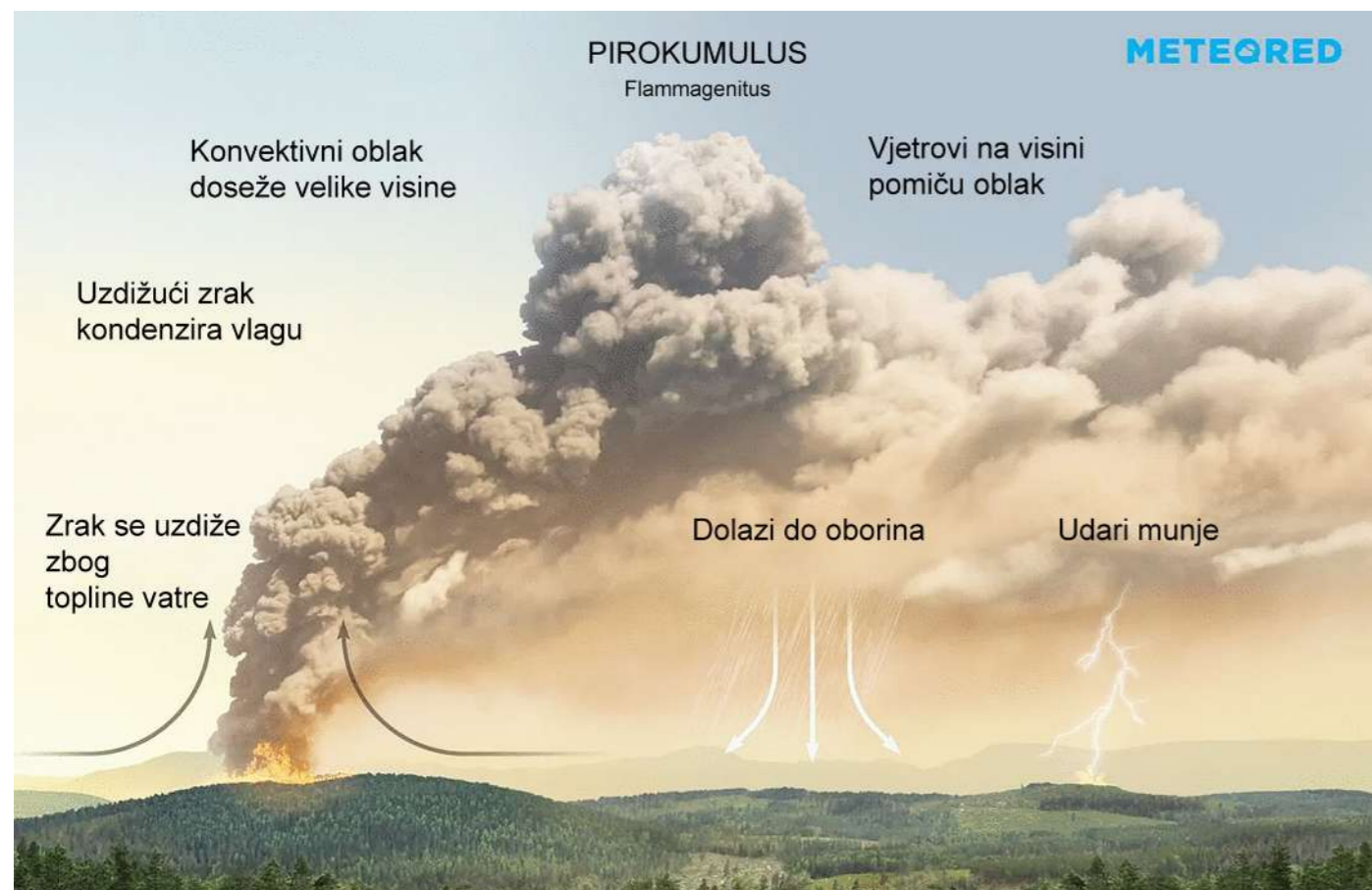
Veliki flammagenitusi, osobito oni povezani s vulkanskim erupcijama, mogu proizvesti i munje. Taj proces

još uvijek nije u potpunosti razjašnjen, no smatra se da je povezan s razdvajanjem električnog naboja uslijed snažne turbulencije, kao i sa specifičnim svojstvima čestica pepela u oblaku. U višim dijelovima oblaka temperature mogu pasti znatno ispod ledišta, a elektrostatska svojstva leda koji se ondje formira također mogu igrati važnu ulogu.

U rijetkim slučajevima pirokumulonimbusi mogu čak pomoći u gašenju požara, ako se u oblaku stvore uvjeti za kondenzaciju i padaline. No češći je suprotan scenarij: zbog velike količine pepela povećava se broj kondenzacijskih jezgri, jačaju oluje s munjama, koje potom mogu izazvati nove požare ili proširiti postojeće. Zbog svega navedenog, pirokumululusi i pirokumulonimbusi predstavljaju posebnu opasnost upravo za vatrogasce koji se nalaze na samim požarištima.

Kod nas zasad nisu službeno zabilježeni „vatreni tornadi“, no pojave pirokumululusa i pirokumulonimbusa jesu. Osobno nikada nisam uspjela fotografirati ovaj fenomen jer su područja na kojima se razvijao bila zatvorena za pristup od strane policije i vatrogasnih službi. Ipak, mnoge od tih pojava bilo je moguće pratiti putem web-kamera u stvarnom vremenu.

Ako se ikada nađete u blizini ovakvih fenomena, imajte na umu samo jedno: **udaljite se iz šireg područja što je prije moguće** - zbog vlastite sigurnosti.



Prikaz nastanka pirokumululusa. Izvor: Meteored



Znanstvenici podatke dobivene iz pirokumululus oblaka koriste kod izrade simulacija ponašanja klime u slučaju nuklearnog rata. Foto: James Haseltine, Oregon Air National Guard F-15C

ASTRONOMIJA

Svjetlost u prašini

Tajna refleksijskih maglica

Piše:

Pavle Rajković

Promatrajući svemir, razlikujemo četiri osnovna tipa maglica: emisijske, refleksijske, tamne i planetarne. Općenito, prve tri skupine imaju sličan kemijski sastav, ali se međusobno znatno razlikuju, ne samo prema izvoru osvijetljenja nego i prema nizu drugih fizikalnih svojstava. Planetarne maglice, s druge strane, predstavljaju zasebnu kategoriju s potpuno drukčijim evolucijskim putem te stoga mogu biti tema zasebne rasprave. Temeljna razlika među maglicama proizlazi iz načina njihove osvijetljenosti. Emisijske maglice same su izvor svjetlosti: mlada i vrlo sjajna zvijezda, nastala unutar maglice, ionizira okolni plin, koji potom emitira svjetlost u obliku fotona nastalih prijelazima elektrona između energetskih razina. Nasuprot tomu, refleksijske maglice vidljive su iz posve drukčijeg razloga. One same ne proizvode svjetlost, već raspršuju, odnosno reflektiraju svjetlost zvijezda koje se nalaze unutar maglice ili u njezinoj neposrednoj blizini.

Ovaj se mehanizam može jednostavno objasniti analogijom iz svakodnevnog iskustva. U prostoriji u kojoj se nalaze žarulja i stolica, stolica nije vidljiva dok je žarulja ugašena. Kada se žarulja uključi, stolica postaje vidljiva, iako sama ne emitira svjetlost. Razlog tome jest refleksija: svjetlost žarulje odbija se od površine stolice, dolazi do oka promatrača i u mozgu stvara sliku objekta. U kozmičkoj analogiji, zvijezda ima ulogu izvora svjetlosti, dok refleksijska maglica odgovara stolici. Na istom principu opažamo

i nebeska tijela koja ne emitiraju vlastitu svjetlost, poput Mjeseca i planeta. Upravo po tom svojstvu refleksije refleksijske maglice nose svoje ime.

Sastav i uzroci sjaja

Refleksijske maglice pretežno su građene od sitnih zrnaca međuzvezdane prašine. Ta se prašina bitno razlikuje od prašine poznate iz svakodnevnog okruženja. U astronomiji se pojmom „prašina“ označava svaka međuzvezdana tvar čije su čestice veće od molekula. Smatra se da je svemirska prašina uglavnom sastav-

ljena od ugljičnih čestica obloženih ledenim omotačem. Njezin glavni izvor su umiruće zvijezde koje tijekom eksplozija supernova izbacuju velike količine materijala u međuzvezdani prostor.

Kada se takva materija akumulira u gušće oblake, stvara se preduvjet za nastanak refleksijske maglice. Međutim, maglica ostaje nevidljiva sve dok se u njezinoj blizini ne pojavi izvor svjetlosti. Zvijezda može osvijetliti maglicu na dva načina: može nastati unutar nje ili se može slučajno naći u njezinoj blizini tijekom vlastitog gibanja kroz svemir.



Van den Bergh 1 refleksijska je maglica u zviježđu Kasiopeja.

Dio je kataloga refleksijskih maglica koji je 1966. godine objavio nizozemski astronom Sidney van den Bergh. Katalog sadrži 158 maglica, od kojih je trećina do tada bila neotkrivena. vdB maglice vrlo su teške za vizualno opažanje jer su slabog sjaja i vrlo male, ali se uz mnogo strpljenja i malo vještine mnoge od njih mogu promatrati većim teleskopima. Unutar vdB 1 uočljive su tri zvijezde, od kojih je jedna i osvijetljujuća. Riječ je o mladoj promjenjivoj zvijezdi V633 Kasiopeje. Foto: Matthew Proulx

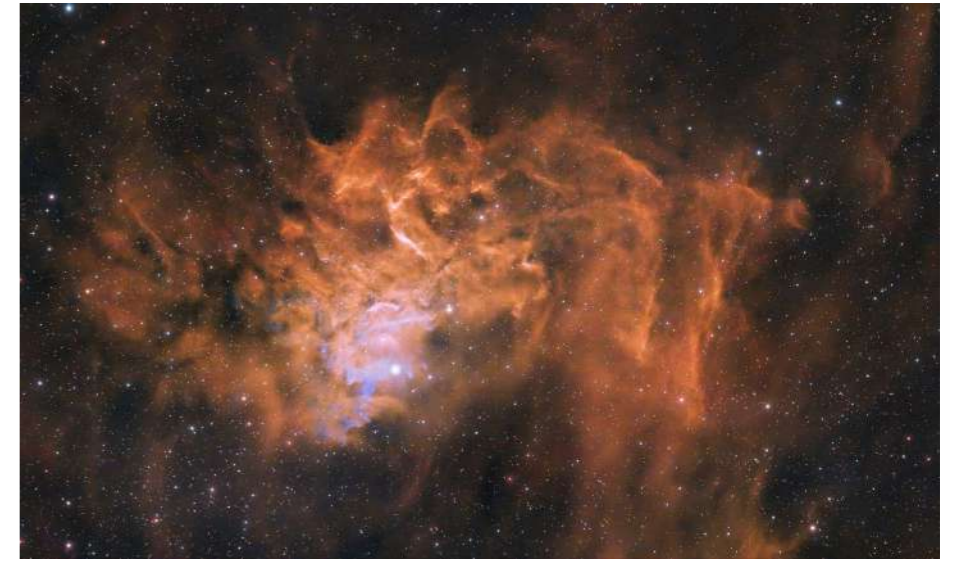
U tom pogledu postoji jasna razlika između emisijskih i refleksijskih maglica. Emisijske maglice u pravilu su vrlo gusti i topli oblaci plina unutar kojih se odvija proces nastanka zvijezda, poznat kao zvezdana formacija (H II regije). Zbog toga većina emisijskih maglica sjaji zahvaljujući zvijezdama koje su u njima nastale. Njihov je vijek trajanja ograničen jer zvjezdani vjetrovi i zračenje mladih zvijezda postupno razgrađuju matični oblak, nakon čega često ostaju samo izolirani otvoreni skupovi.

Refleksijske maglice, naprotiv, često nemaju dovoljnu gustoću ni temperaturu potrebnu za pokretanje zvezdane formacije. One mogu postojati kao difuzni, gotovo neprimjetni oblaci plina i prašine koji slobodno lutaju međuzvezdanim prostorom. Ako se, međutim, takav oblak približi zvijezdi, njezina se svjetlost počinje raspršivati na česticama prašine i maglica postaje vidljiva. Taj je proces privremen: kako se zvijezda udaljava, intenzitet reflektirane svjetlosti opada, a maglica ponovno postaje tamni, neopaženi objekt.

Zbog toga se za refleksijske maglice rijetko navode podaci o magnitudi i starosti. One nemaju vlastitu magnitudu jer nisu izvor svjetlosti, dok pojam starosti nema jasno značenje jer maglica može postojati dugo prije i dugo nakon faze u kojoj je osvijetljena. Razlika je samo u tome možemo li je opaziti.

U nekim slučajevima zvijezde koje osvijetljavaju refleksijsku maglicu doista su nastale unutar nje. To se događa u maglicama koje povremeno dosegnu dovoljnu gustoću za kolaps plina. Posebno zanimljivi su slučajevi u kojima zvezdana formacija nastaje kao posljedica prolaska udarnog vala obližnje supernove, koji komprimira dijelove maglice i potiče gravitacijski kolaps.

Na temelju odnosa između maglice i izvora svjetlosti, nizozemski astronom **Sidney van den Bergh** podijelio je refleksijske maglice na dva tipa: tip I, kod kojega maglica reflektira svjetlost zvijezde smještene unutar nje, i tip II, kod kojega se osvijetljavajuća zvijezda nalazi izvan maglice. Iako je



IC 405 (maglica Plamteća zvijezda) u zviježđu Kočijaš, veliki je emisijsko-refleksijski kompleks osvijetljen energijom odbjegle zvijezde AE Kočijaš. Zvijezda pokazuje iznimno veliko vlastito gibanje i samo je prolaznik kroz ovo područje. Foto: Adam Leaković

ova klasifikacija izvorno primijenjena na maglice iz njegova kataloga, ona se može općenito primijeniti na refleksijske maglice u svemiru.

Zanimljivi primjeri

Uloga slučajno prolazeće zvijezde u osvijetljavanju refleksijske maglice osobito je izražena kod dvaju poznatih objekata: IC 405 i Plejada.

IC 405 (maglica Plamteća zvijezda) velik je kompleks emisijske i refleksijske maglice smješten u zviježđu Kočijaš. Na astrofotografijama pokazuje iznimno bogatu strukturu, a pod povoljnim uvjetima može se uočiti i teleskopom. Posebnost ove maglice leži u prirodi njezina izvora osvijetljenja. Maglicu osvijetljava zvijezda AE Kočijaša, prividne magnitude oko m6, koja se ističe izrazito velikim vlastitim gibanjem. Ta zvijezda nije fizički povezana s maglicom niti je u njoj nastala, već se samo prolazno nalazi u tom području svemira.

Računalni modeli pokazuju da je AE Kočijaša u dalekoj prošlosti bila član zvezdanog skupa unutar Orionove maglice, poznatog kao Trapez. Prije približno tri milijarde godina u tom je području došlo do snažne gravitacijske interakcije koja je rezultirala izbacivanjem zvijezde velikom brzinom prema sjeveru. Danas se AE Kočijaša nalazi u zviježđu Kočijaš i nastavlja se kretati brzinom kojom godišnje prijeđe oko osam

milijardi kilometara, što je usporedivo s prosječnom udaljenošću Plutona od Sunca.

Na svom putu zvijezda je naišla na oblak plina i prašine, pri čemu je nastao složeni objekt IC 405. Emisijski dio maglice pobuđen je ionizacijom plina zračenjem zvijezde AE Kočijaša, dok refleksijski dio postaje vidljiv zahvaljujući raspršenoj svjetlosti iste zvijezde. Prije dolaska AE Kočijaša u to područje maglica nije bila optički uočljiva, a zbog velikog vlastitog gibanja osvijetljavajuće zvijezde, IC 405 predstavlja prolaznu pojavu u astronomskim katalozima. Kada se AE Kočijaša dovoljno udalji, maglica će izgubiti izvor osvijetljenja i ponovno postati nevidljiva, čime će IC 405 s vremenom nestati iz popisa opažljivih emisijsko-refleksijskih maglica.

Plejade (M 45) svoju refleksijsku magličastu strukturu duguju vrlo sličnom procesu. Iako na astrofotografijama maglica oko zvijezda Plejada izgleda savršeno usklađena s članicama skupa, između njih ne postoji nikakva fizička povezanost. Plejade su stare više od 100 milijuna godina i odavno su raspršile svoj matični molekularni oblak. Maglica koju danas opažamo posljedica je slučajnog prolaska zvijezda skupa kroz međuzvezdanu prašinu, iz čega je nastao niz refleksijskih maglica koje na fotografijama vidimo u iznimno lijepom obliku.



Messier 45 (Plejade) čuveni je otvoreni skup čije su zvijezde okupane nizom refleksijskih maglica. Najistaknutije su NGC 1435, koja okružuje zvijezdu Merope, te NGC 1432 oko zvijezde Maya. Iako vizualno djeluje kao da su zvijezde učahurene u matične maglice, ne postoji nikakva veza između zvijezda i maglice. Plejade jednostavno prolaze kroz područje neba bogato prašinom koja reflektira sjaj tih zvijezda. Foto: Saša Nuić

Emisijsko-refleksijski kompleksi

Emisijsko-refleksijskim maglicama nazivaju se kompleksi maglica koji u sebi sadrže oba tipa maglica. Za njihovo postojanje postoje dva osnovna razloga. Prvi je slučaj kada su obje vrste maglica dio istog oblaka, a drugi, znatno neobičniji, kada je riječ o slučajnom poravnanju dvaju nepovezanih objekata na istoj liniji pogleda sa Zemlje.

Prvi je razlog već objašnjen na primjeru maglice IC 405: osvijetljavajuća zvijezda uspijeva ionizirati jedan dio oblaka plina, dok drugi dio (rjeđi i hladniji) ne postiže uvjete za emisiju svjetlosti, već samo reflektira svjetlost zvijezde. Riječ je, dakle, o istom oblaku u kojem jedan dio emitira svjetlost, dok je drugi samo odbija. Međutim, osobito je zanimljiv nastanak emisijsko-refleksijskih kompleksa kao posljedica slučajnog poravnanja više međusobno nepovezanih objekata duž naše linije pogleda. Najpoznatiji primjer takve pojave bez premca je čuvena **maglica Trifid (Messier 20)**. Iako vizualno djeluje kao jedinstven objekt, u fizičkom smislu sastoji se od triju odvojenih cjelina.

U središtu kompleksa nalazi se emisijska maglica osvijetljena zvjezdanom skupom smještenim unutar nje. Iza nje nalaze se tople, plave zvijezde čiji sjaj reflektira oblak prašine

koji nije povezan s emisijskim dijelom i nalazi se iza njega. Na astrofotografijama taj se refleksijski dio nalazi na sjeveru i vidljivo je plaviji od središnjeg, emisijskog dijela. Konačno, ispred emisijske maglice nalazi se tamna maglica B85, koja vizualno izgleda kao da dijeli objekt na tri dijela.

Redoslijed objekata duž linije pogleda je sljedeći: najbliža je tamna maglica B85, iza nje se nalazi emisijska maglica sa zvjezdanom skupom, a najudaljenija je refleksijska maglica. Promatrano sa Zemlje, svi



Messier 20 (maglica Trifid) prekrasna je kombinacija triju vrsta maglica: refleksijskih, emisijskih i tamnih. Iako sve djeluje kao jedna savršeno uklopljena cjelina, riječ je o tri zasebne maglice na istoj liniji pogleda sa Zemlje.

Na fotografijama se jasno razlikuje sjeverni refleksijski dio, koji odaje prepoznatljiva plava boja, u odnosu na crveniji emisijski južni dio. Foto: Milos Deronjić

ti objekti zajedno stvaraju dojam jedinstvenog objekta, M20.

Opažajući izazovi

Na astrofotografijama se refleksijske maglice od emisijskih najlakše razlikuju prema boji. Dok emisijske maglice sjaje pretežno crveno, ponajprije zbog emisijskih linija H α i OIII, refleksijske maglice uglavnom sjaje plavkasto jer se te valne duljine najučinkovitije raspršuju na zrcima prašine.

Budući da su uobičajeni filtri za promatranje maglica (O III i UHC) konstruirani tako da blokiraju upravo te reflektirane valne duljine, jasno je da takvi filtri ne samo da ne pomažu pri opažanju refleksijskih maglica, nego ga često i otežavaju. Stoga se pri vizualnom promatranju promatrač mora osloniti isključivo na vlastite vještine i na što tamnije nebo.

Postoje različite tehnike koje mogu poboljšati opažanje refleksijskih maglica. Jedna od njih jest lagano pomicanje tubusa teleskopa preko vidnog polja i uspoređivanje nijansi tame u okolini maglice s onima unutar same maglice. Ako je promatrač dovoljno strpljiv i sustavan, moguće je uočiti suptilne razlike u osvijetljenosti unutar vidnog polja. Te se razlike dodatno naglašavaju ako se teleskop pomiče kružno ili gore-dolje,

jer ljudsko oko osjetljivije reagira na objekte u pokretu nego na statične. U biti, pomicanjem teleskopa inducira se periferni vid, koji omogućuje drukčiji način percepcije slabih struktura nego izravni pogled. Također, refleksijske maglice često se pojavljuju kao magličasti „jastučići“ oko zvijezda. U takvim je slučajevima potreban poseban oprez jer sličan dojam može biti posljedica refleksija u optici ili zamućenja uzrokovanog vlagom. Tada je potrebno usporediti izgled okolnih zvijezda: ako sve zvijezde u vidnom polju imaju slične „jastučice“, riječ nije o maglici nego o optičkom efektu uslijed zamagljenog okulara.

Na kraju valja istaknuti da, iako filtri uglavnom ne pomažu pri promatranju refleksijskih maglica, neki promatrači koji opažaju pod jakim svjetlosnim onečišćenjem izvještavaju o ograničenoj korisnosti širokopoljnih (broadband) filtara.

Srećom, postoji dovoljno refleksijskih maglica koje se mogu relativno lako uočiti bez primjene posebnih tehnika. Međutim, s usavršavanjem opažajkih metoda svijet refleksijskih maglica otvara se u znatno većoj mjeri.

Uz galaksije, refleksijske maglice postale su prve žrtve sveprisutnog svjetlosnog onečišćenja kojim čovjek narušava svoje prirodno okruženje. Budući da se pri njihovu opažanju ne možemo osloniti na tehnička pomagala poput uskopojasnih filtara, već isključivo na vlastite vještine i kvalitetu noćnog neba, žalosna je činjenica da će se iz godine u godinu pogled na ta nebeska čuda sve više degradirati. Posve je moguće da će budućim generacijama vizualno opažanje tih objekata postati tek urbana legenda. Stoga se danas promatranje refleksijskih maglica može smatrati svojevrsnim luksuzom koji si još uvijek, barem djelomično, možemo priuštiti.

Nadam se da je ovaj članak pridonio potpunijem razumijevanju refleksijskih maglica jer je znanje o onome što promatramo jednako važno kao i samo promatranje.



Messier 78 u zviježdu Orion jedna je od malobrojnih refleksijskih maglica u Messierovu katalogu. Najsajnija je refleksijska maglica na nebu i lako je uočljiva u svim teleskopima. Jedna je od refleksijskih maglica koja je istodobno i regija zvjezdane formacije, te je osvijetljuju zvijezde rođene u njoj. Messier 78 rezultat je kataklizmičkih događaja koji su se prije 6 milijuna godina zbili u ovoj regiji, kada je niz supernova komprimirao plin u ovom dijelu zviježda Orion i izazvao masovnu zvjezdanu formaciju.

Procjenjuje se da je u ovom dijelu zviježda u proteklih 10 do 15 milijuna godina eksplodiralo 10 do 20 supernova. Foto: Matija Cecelja



NGC 7023 (maglica Iris) u zviježdu Kefej jedna je od najpoznatijih maglica iz NGC kataloga. Osvijetljava je zvijezda u samom središtu maglice, koja je toliko mlada da se još uvijek nije stabilizirala u fazi glavnog niza. Maglica je vidljiva amaterskim teleskopima, ali da bi pokazala tamne usjeka i oštre rubove, potrebno je što tamnije nebo, dobri atmosferski uvjeti i nešto iskustva u promatranju refleksijskih maglica.

Foto: Matija Cecelja

PROMATRAČKA ASTRONOMIJA

Neobične planetarne maglice

Piše:

Vedran Vrhovac

Prvu planetarnu maglicu otkrio je Charles Messier, 12. srpnja 1764. Radi se o 27. objektu njegova kataloga, kojeg danas znamo pod mnogim nazivima, od M27 do „Dumbella“ (ili ti „bučice“). Messier nije prepoznao pravu prirodu objekta, već ja maglicu opisao kao ovalni oblak bez zvijezda. Gotovo 15 godina kasnije, 31. siječnja 1779., Messier je otkrio 57. objekt svog kataloga u Liri, između zvijezda Bete i Game. Objekt je opisao kao magličastu grupaciju koja se vjerojatno sastoji od zvijezda. Samo dva tjedna kasnije maglicu je proma-

trao Messierov sunarodnjak Antoine Darquier de Pellepoix. On je maglicu opisao riječima: „Velika kao Jupiter i liči na izbljedjeli planet“. De Pellepoix je bio prvi koji je upario riječ „planet“ u opisu maglice, što je kasnije rezultiralo nazivom „planetarne maglice“. Danas ovaj objekt znamo kao M57 ili Maglicu Prsten.

Porijeklo naziva

William Herschel otkrio je NGC 7009, maglicu „Saturn“ u Vodenjaku. Maglica ga je ispočetka ostavila bez riječi pa ju je opisao kao „zanimljiv objekt,

ne znam kako bih ga drugačije opisao“. Tri godine kasnije, u pismu za Jeromea Lalande, Herschel je opisao kako je otkrio niz objekata, 15 do 30 lučnih sekundi u promjeru. Izgledaju kao disk, s jednolikim površinskim sjajem, kao planeti kada se gledaju u manjem teleskopu. Herschel je na kraju otkrio 78 takvih objekata i prozvao ih „planetarne maglice“. Pritom treba uzeti u obzir kako je Herschel vjerojatno bio pod dojmom otkrića Urana, koji u teleskopu izgleda kao maleni, mutan disk, tirkizne boje – slično kao i planetarne maglice. Na kraju su naziv „planetarne maglice“ zadržao, iako sami objekte nemaju direktne veze s planetima.

Godine 1864. izvršena su prva spektroskopska promatranja jedne planetarne maglice – NGC 6543 (Maglica Mačje oko). Pritom su uočene spektralne linije na oko 501 nm valne duljine, koje nisu odgovarale niti jednom poznatom plinu. William Huggins, koji je izvršio navedena promatranja, prozvao je taj plin nebularium. Znanstvenicima nikako nije uspjelo sintetizirati navedeni plin na Zemlji, kao što su recimo uspjeli s helijem, nakon što je 1868. otkriven u spektru Sunca. Tek se početkom 20. stoljeća rodila ideja da je nebularium poznati plin u neobičnim uvjetima. Potrajalo je još 20 godina dok fizičari nisu otkrili kako kod veoma rijetkih plinova elektroni mogu biti u inače nestabilnim energetski razinama. Pokazalo se kako tranzicije elektrona iz tih nestabilnih energetskih razina u atomima kisika i dušika dovodi do emisije svjetla na 500,7, tj. 500,5 nm.

Ove spektralne linije su prozване zabranjene, ali su istovremeno bile dokaz kako se planetarne maglice sastoje od veoma rijetkog plina. Iako nam u teleskopu neke od tih maglica izgledaju guste kao dim ili oblak, one se gustoće tek malo više od okolnog vakuuma Svemira.

Planetarne maglice, poput ostataka supernove, se šire i s vremenom blijede. Zbog male gustoće i velike brzine širenja, one traju tek par tisuća godina, zbog čega danas u Mliječnom putu znamo za tek 3.000 planetarnih maglica, iako bi ih u naravi trebalo biti mnogo više. Jednostavno zvijezde koje mogu kreirati planetarnu maglicu ne umiru sve u isto vrijeme.

Promatranje planetarnih maglica

Planetarne maglice su jedne od najlakših objekata dubokog Svemira za uočiti. Zbog svojeg kratkog trajanja, od samo 10 do 20 tisuća godina, one su najčešće maleni, kompaktni objekti visokog površinskog sjaja. Rijetke su planetarne maglice koje svojim prividnim dimenzijama premašuju više od 5 lučnih minuta (1/6 prividnog promjera Mjeseca) te ih je većina manja od 1 lučne minute. Unatoč malenim dimenzijama su lake za uočavanje zbog već spomenutog visokog površinskog sjaja, zbog čega u teleskopima mogu izgledati kao disk sitnog planeta, poput Urana i Neputna.

Sastav planetarnih maglica, koji uključuje nusprodukte fuzije kao što su plinovi dušik i kisik, je takav da one intenzivno svijetle u zeleno-plavom dijelu spektra. Zgodna je podudarnost što se taj dio spektra dobrim dijelom preklapa s područjem najveće osjetljivosti oka u mraku. Iz tog razloga ih je lakše detektirati nego maglice u kojima su dominantni izvori svjetla oblaci pobuđenog vodika. Kao pomoć pri uočavanju planetarnih maglica, iznimno je koristan OIII filter. On propušta dvije spektralne linije dvostruko ioniziranog kisika na 500,7 i 496 nm valne duljine. Već u teleskopu od 100 mm promjera filter će prikazati svoju punu korisnost. Zbog malenih dimenzija i visokog

površinskog sjaja ne trebamo biti konzervativni s povećanjem kod planetarnih maglica. Većina objekata dubokog svemira najbolje se vidi na povećanju dvostruko manjem od promjera objektiva (npr. 100x kod teleskopa promjera 200 mm), ali sitne planetarne maglice mogu podnijeti povećanje dvostruko veće od promjera objektiva (npr. 400x kod 200 mm teleskopa). Tek pri velikim povećanjima otkrit će svoju punu raskoš detalja koji kod nekih maglica mogu biti spektakularni (npr. NGC 7009).

Prividno najveća planetarna maglica na nebu je NGC 7293 u Vodenjaku, poznata još kao i „Helix“, koja je na nebu tek nešto manja od Mjeseca. Svojim izgledom i dimenzijama, Helix je gotovo identičan maglici „Prsten“, tj. M57 u Liri. Razlika je samo u tome što je Helix gotovo četiri puta bliži pa tako i prividno veći. Kao što je već vidljivo iz nadimaka, planetarne maglice dolaze u obliku prstena, što je logično jer ipak se radi o plinu koji je izbacila središnja zvijezda pri kraju svog života. Većina tog plina bit će izbačena iz ravnine ekvatora, što rezultira prstenastvom pojavom. NGC 7293 i M57 izgledaju prstenasto jer ih gledamo „odozgora“ tj. prema polovima. Ako bi takve maglice gledali iz profila, tj. ravnine ekvatora, maglice bi izgledale više kao pravokutna pruga svjetla. Ovo je jasno vidljivo na primjeru M27, već spomenuti „Bučice“ i recimo M76.

Planetarne maglice neobičnog oblika

Dok je uobičajena planetarna maglica maleni, okrugli disk, neke su neobičnih oblika i karakteristika. Najčešći uzrok neobičnog oblika je dvostruki zvjezdani sustav, gdje manja pratilja, koja nije evoluirala, remeti ispuštanje atmosfere zvijezde u okolni prostor i uzrokuje kompleksne oblike. S druge strane, pojedine faze zvjezdane evolucije mogu same uzrokovati neobičan oblik maglica, zbog interakcija magnetnog polja s okolišem ili samih procesa unutar zvijezda. Ovakve faze mogu trajati veoma kratko za astronomske pojmove, tek nekoliko stotina godina, tako da kada uočimo neobičnu maglicu, možemo biti zahvalni što smo se našli u pravo vrijeme na pravom mjestu. Na kasnojesenskom nebu imamo na raspolaganju mnoštvo planetarnih maglica, ali izdvojio bih tri zanimljive, neobičnije od prosjeka u svom izgledu, a opet lako dostupne promatračima.

NGC 2371/2372

Ova maglica nalazi se usred zvijezda Blizanci, tek malo desno ispod Kastora. Sama maglica je vizualno neobična po tome što se u teleskopu čini kao dvojni objekt. Otud i dvije oznake u NGC katalogu, iako je u naravi jedan objekt. Maglica je nazivno 13. prividne magnitude, ali ova brojka zavarava. Zapravo su mnoga



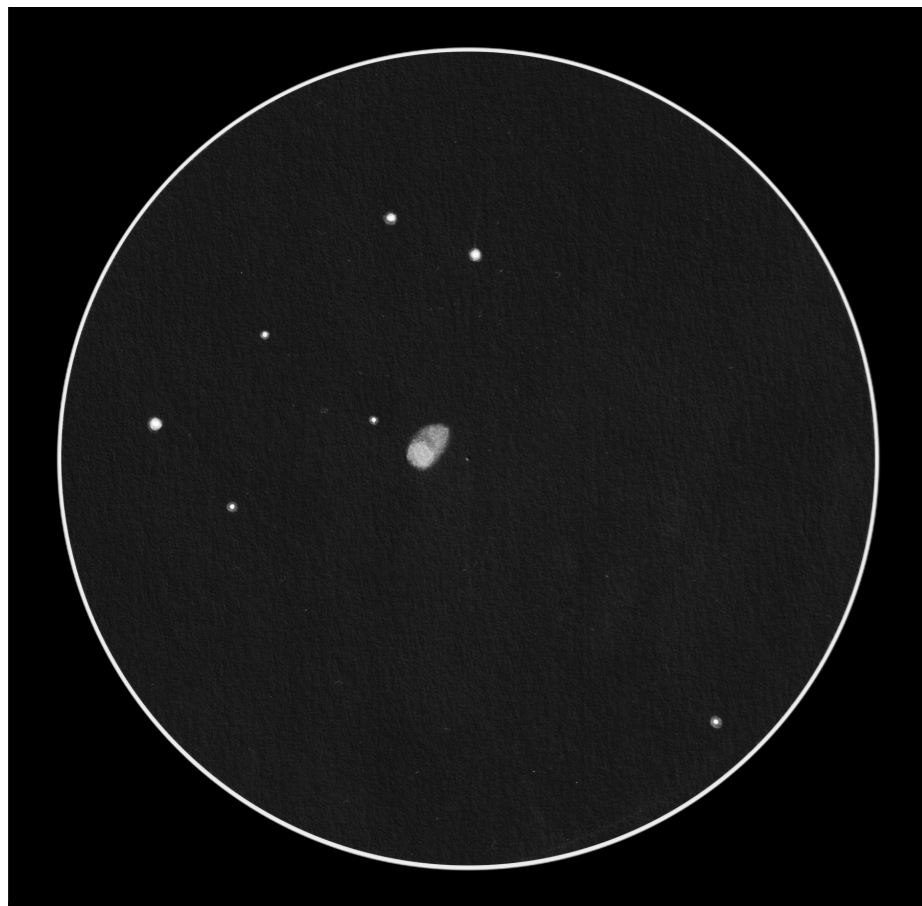
Skica NGC 2371/2372, promatrano 300 mm teleskopom pri povećanju 214x.

Autor: Vedran Vrhovac



NGC 2371/2372 snimljena kamerom ZWO ASI2600MC kroz teleskop Orion 8" RC

Foto: Tom Wildoner, The Dark Side Observatory



Skica NGC 7027, promatrano 508 mm teleskopom pri povećanju 670x.

Autor: Vedran Vrhovac

mjerenja prividnog sjaja maglica nepouzdana i jedini način da se uvjerite kakva je njena vidljivost, jest da usmjerite teleskop i potražite istu. U ovom slučaju NGC 2371/2372 se može uočiti već u 100 mm teleskopu pod odličnim nebom. Za pouzdanije uočavanje pod prosječnim nebom potreban je teleskop promjera 130 ili čak 150 mm. U 200 mm teleskopu iz svjetlosno zagađenih lokacija

uočit ćete dva diska koja se diraju. Od velike pomoći je UHC filter koji će istaknuti sjaj maglice u odnosu na pozadinu neba. U većim teleskopima, od 300 mm promjera, maglica postaje kompleksan objekt. Dvije okrugle kvрге sada jasnije pokazuju svoj trokutasti ili trapezasti oblik, a moguće je uočiti i središnju zvijezdu koja sjaji oko 14. magnitude. Za pouzdano uočavanje maglice potrebno

je barem 100x povećanja, a pomaže UHC filter ili još bolje, OIII filter.

Udaljenost maglice se procjenjuje na oko 4.400 svjetlosnih godina, iako su nova mjerenja satelitom Gaia smjestila središnju zvijezdu na 5.500 svjetlosnih godina.

NGC 7027

NGC 7027 je malena planetarna maglica koja se smjestila blizu zvijezde Deneb i u neposrednoj blizini Sjeverne Amerike (NGC 7000). Radi se o uistinu vizualno neobičnom objektu. Prividni sjaj maglice je 9. magnitude, ali je ona malenih dimenzija, tek 16 x 12 lučnih sekundi. Ovo je manje od prividne veličine diska Saturna (bez prstenova) u opoziciji. Njen prividni sjaj tako je raspoređen na malenu površinu zbog čega je u okularu ovaj objekt nevjerojatno sjajan. Moj dojam je da je ovo objekt s najvećim površinskim sjajem koji sam promatrao. Račun kaže kako je površinski sjaj ove maglice nevjerojatnih 5,8 magnituda po kvadratnoj lučnoj minuti. Za usporedbu, poznata i lako uočljiva M57 ima površinski sjaj od 9,3 magnituda, tj. 25x manji!

Zbog svojih malenih dimenzija NGC 7027 ne želi otkriti detalje. Olakotna okolnost je što zbog visokog sjaja možemo koristiti velika povećanja kako bismo iz nje izmikalili pokoji detalj. Već u teleskopu od 140 mm pokazuje pravokutnu formu, sjajnu kvrgicu u jednom vrhu i skrenutim pogledom se može nazrijeti pukotina koja je dijeli na dva dijela. Zanimljivo je kako mi se u 200 mm teleskopu maglica učinila blijedoplavom, iz svjetlosno zagađenog dvorišta. U 300 mm teleskopu učinila mi se zelenkastom, a u 508 mm opet plavičasta. Boja je svakako prisutna. Detalji u maglici se najčešće očitavaju kao varijacije u površinskom sjaju, od čega valjda istaknuti tamnu prugu koja dijeli maglicu na pola. U većem teleskopu, zbog visokog sjaja maglice, ta tamna pruga se ne vidi u cijelosti već kao tamni zaljev u maglici. Maglica se može uočiti u 100 mm teleskopu, ali za razaznati je od zvijezda potrebno je koristiti adekvatno povećanje, 100x ili više. NGC 7027 smjestila se

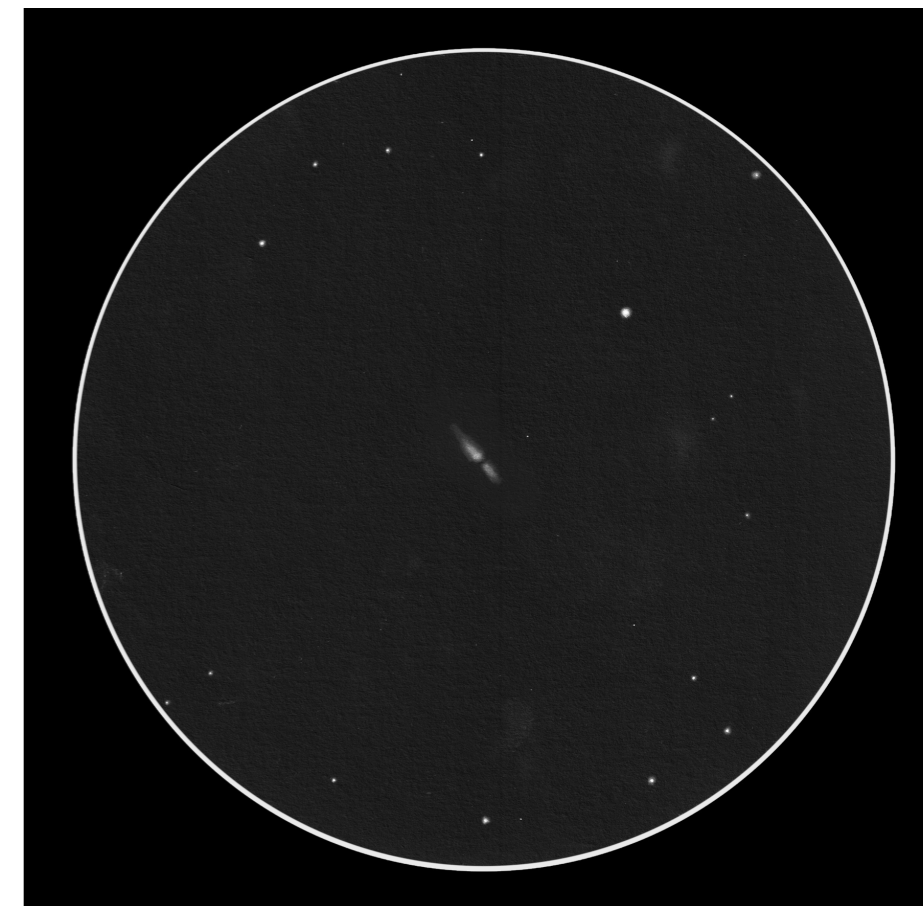
na 3.000 svjetlosnih godina od nas. Malene dimenzije i visok sjaj govore nam kako se radi o mladom objektu. Na temelju brzine širenja maglice, od 17 km/s, zaključilo se kako je maglica nastala prije otprilike 600 godina! Središnja zvijezda je bijeli patuljak koji se tek otkrio pa je nevjerojatno vruć i sjajan.

Zanimljivo je kako je maglicu, unatoč visokom sjaju, otkrio Edouard Stephan (isti onaj koji je otkrio Stephanov kvintet) tek 1878. godine s 800 mm reflektorom na Zvezdarnici Marseille. Ako pretpostavimo kako se nije mijenjala brzina širenje maglice, onda je maglica prije gotovo 150 godina bila za ¼ manja, tj. dimenzija 12 x 9 lučnih sekundi. Tako malen objekt uočio bi se tek pažljivim promatranjem na većem povećanju.

PK 080-06.1

Ovo je još jedna planetarna maglica u Labudu, a nije čak niti daleko 7027. Maglica se smjestila malo zapadnije od dvojne zvijezde 61 Labuda, tj. oko 10° od Deneba u smjeru Zete Labuda. Koliko je neobična ova planetarna maglica govori činjenica da je po otkriću klasificirana kao par neobičnih galaksija. Maglicu je otkrio Fritz Zwicky koji je na fotografskim pločama uočio dvije mrljice, jednu do druge. Tek su naknadna snimanja u infracrvenom dijelu spektra otkrila kako se radi o planetarnoj maglici.

PK 080-06.1 je još poznata kao Maglica Jaje (Egg Nebula). Neka vas ne plaši izostanak NGC/IC oznake, ova maglica je poprilično svjetla. Kao i kod NGC 7027, potrebno je pažljivo gledati i koristiti veće povećanje, barem 150x, kako bi se uočila. Zbog malenih dimenzija visokog je sjaja pa se može relativno lako uočiti u manjem teleskopu, meni je pošlo za rukom to učiniti sa 140 mm promjera na nebu gdje je SQM mjerio 20,7. Možda je njena magličasta priroda uočljivija u manjem teleskopu jer u teleskopima velikog promjera, kvрге u njoj izgledaju kao niz od tri zbijene zvijezde. Ako te tri zbijene zvijezde ne pogledate većim povećanjem, nećete otkriti kako se u stvari radi o maglici. Kada se ko-



Skica CRL2688 (PK 080-06.1), promatrano 508 mm teleskopom pri povećanju 707x.

Autor: Vedran Vrhovac

riste velika povećanja, 250x ili veća, moguće je uočiti kako se radi o prugi svjetla podijeljena popola na dva segmenta. Podjelu u maglici je moguće uočiti sa skrenutim pogledom već u 140 mm teleskopu pri 280x povećanju. PK 080-06.1 je mlada planetarna maglica koja se smjestila na 3.000 svjetlosnih godina od nas. Njene prividne dimenzije veće su od NGC 7027 te iznose 30" x 15", a prividni sjaj se pro-

cjenjuje na 14. magnitudu. Na temelju brzine širenja maglice, njena starost se procjenjuje na oko 10.000 godina. Za njen neobičan izgled kriv je disk prašine oko centralne zvijezde koji upija svjetlo i u vidljivom dijelu spektra dijeli maglicu na dva dijela. Kao i uvijek, za svako promatranje potrebno se naoružati strpljenjem, mračnim nebom, a u ovo doba godine i toplom obucom i odjećom.



NGC 7027 snimljena kamerom Omegon veTEC 533c kroz teleskop Meade LX 16"

Foto: Tomislav Anić



PK 080-06.1 snimljena kamerom Omegon veTEC 533c kroz 200 mm teleskop

Foto: Tomislav Anić

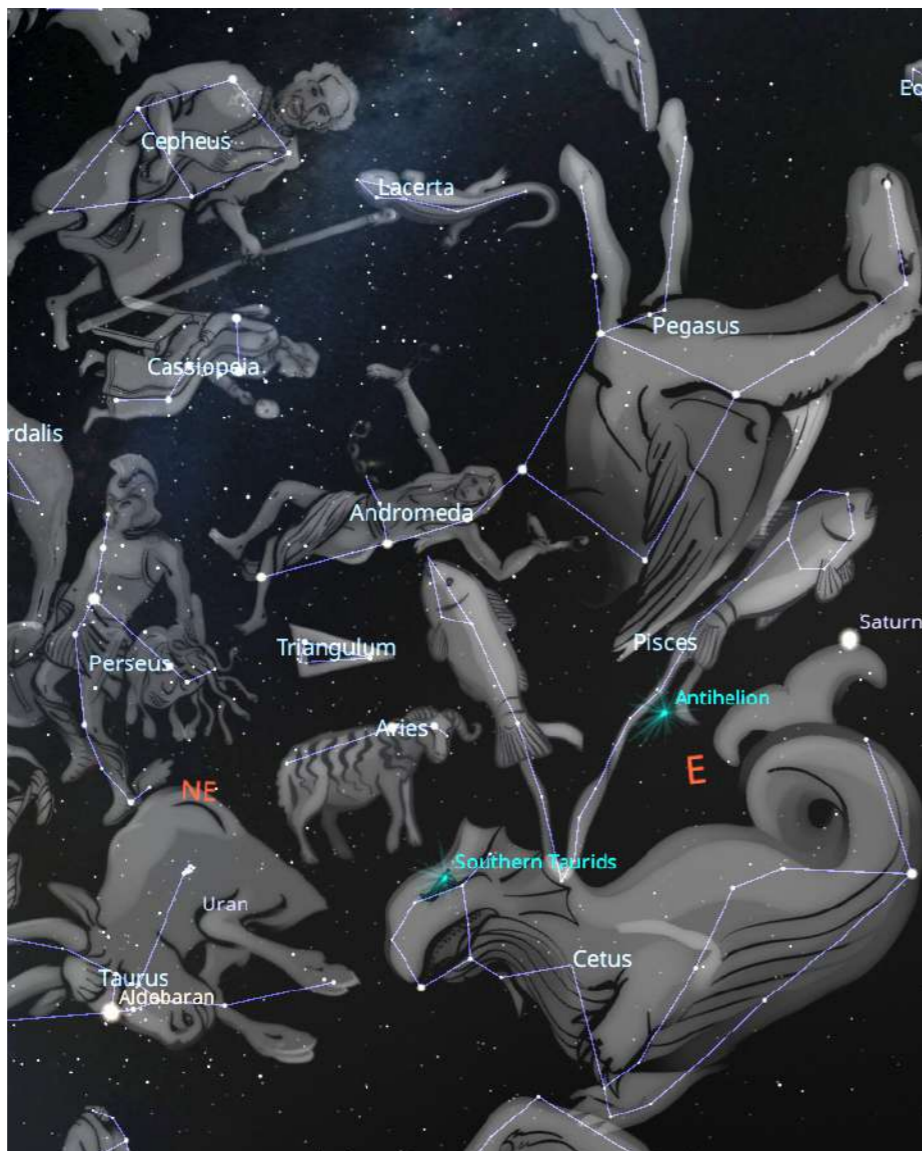
ZVIJEŽDA I GRČKI MITOVI

Etiopska kraljevska obitelj

Piše:

Darija Dunjko Manhard, mag. archeol

Antički Grci promatrali su nebo samo kao prostor iznad zemlje, već i kao prostor u kojem prebivaju junaci, kraljevi i mnoga mitološka bića. Neki su među zvijezde dospjeli kao nagrada za život koji su vodili, dok su drugi tamo postavljeni kao trajna opomena i kazna. Na taj je način nebo postalo svojevrsna knjiga mitova ispisana zvijezdima koja se mogu vidjeti gotovo svake noći. U prethodnom broju govorili smo o zvijezdu Velikog (*Ursa Major*) i Malog medvjeda (*Ursa Minor*). Ovaj put tema su susjedna im zvijezda: Cefej (*Cepheus*), Kasiopeja (*Cassiopeia*), Andromeda (*Andromeda*), Perzej (*Perseus*), Pegaz (*Pegasus*) i Kit (*Cetus*). Uz vrlo prepoznatljiva zvijezda Velikog i Malog medvjeda, lako prepoznamo i Kasiopeju. Na nebu oblikuje slovo „W“ ili „M“, ovisno o godišnjem dobu i položaju promatrača. Odmah pokraj nje nalazi se Cefej, nešto manje uočljivo zvijezde. Ipak, u antičko doba bilo je značajno jer zauzima položaj u blizini sjevernog pola pa je tako bio važan mornarima i onima koji su se orijentirali prema zvijezdama. Još jedno susjedno zvijezde, Andromeda, poznato je i po spiralnoj galaksiji istog imena, koja je ujedno i najudaljeniji objekt koji se može vidjeti golim okom. U njenoj pak blizini nalazimo zvijezda Perzeja, Pegaza i Kita. Ta skupina zvijezda povezana je s jednom poznatom mitološkom pričom – onoj o etiopskoj kraljevskoj obitelji. Ovaj je mit bio nadahnuće mnogim pripovjedačima i pjesnicima, pa ga tako možemo pronaći u Ovidijevim *Metamorfoza-*



Zvijezda Cefej, Kasiopeja, Andromeda, Perzej, Pegaz i Kit prikazani u aplikaciji Stellarium

ma te u Pseudo-Apolodorovoj Knjizi grčke mitologije (*Bibliothēke*).

Mit o etiopskoj kraljevskoj obitelji

Prema mitu, etiopski¹ kralj Cefej i njegova supruga Kasiopeja vlada-

li su bogatim kraljevstvom koje se prostiralo sve do obala mora. No, nisu postali poznati zbog moći i bogatstva, već zbog Kasiopejine oholosti. U jednoj verziji mita, Kasiopeja se hvalila da je ljepša od Nereida, morskih Nimfa. U drugoj verziji

Kasiopeja i Andromeda („De astronomica“ – Erhard Ratdolt, Venecija, 1492.), preuzeto iz *Mythological origin of constellations and their description: Aratus, Pseudo-Eratosthenes, Hyginus – Milan S. Dimitrijević i Aleksandra Bajić*

mita, Kasiopeja je tvrdila da je njihova kći Andromeda ljepša od njih. Nereide, kćeri morskog boga Nereja i oceanide Doride, bile su nimfe i same božice mora te su uživale posebno štovanje. Uvrijeđene Kasiopejinim riječima, požalile su se Posejdonu. Bog mora odlučio je kazniti kraljevstvo – poslao je poplave te strašnu morską neman koja je pustošila obalu i ugrožavala stanovništvo. Očajni kralj potražio je savjet proročišta čiji je odgovor bio neumoljiv – čudovište će se smiriti ako mu se žrtvuje Andromeda. Iako slomljen, Cefej je uslijed pritiska naroda pristao. Andromeda je okovana za stijene uz more kao žrtva morskome čudovištu. U tom se trenutku pojavio junak Perzej koji se vraćao sa zadatka na kojem je ubio Meduzu, najpoznatiju od Gorgona. Sa sobom je nosio njezinu odsječenu glavu, strašno oružje koje je svakoga tko pogleda u njene oči

moglo pretvoriti u kamen. Ugledavši Andromedu prikovanu za stijenu, Perzej se odmah zaljubio. Obećao je da će je osloboditi, ali pod uvjetom da mu postane žena. Cefej i Kasiopeja pristali su, a Perzej se upustio u borbu s čudovištem. U nekim verzijama mita Perzej morską neman ubija mačem ili ko pljem, dok ga je u drugima skamenio Meduzinom glavom. Kako god bilo, iz borbe izlazi kao pobjednik i Andromeda biva spašena. No priča tu ne staje pa tako upoznajemo Fineja, Cefejevog brata koji je bio Andromedin prvotni zaručnik. Finej se pobunio protiv Perzeja, no ovaj je iskoristio Meduzinu glavu kako bi skamenio Fineja i njegove saveznike čime su se junak i njegova supruga oslobodili prijetnje.

Uzdizanje na nebo

Nakon smrti Perzeja i Andromeda uzdignuti su na nebo, a uz njih i nje-

zini roditelji. Tako je njihova obiteljska drama ostala zauvijek zapisana na nebeskom svodu. Kasiopeja je prikazana kako sjedi na prijestolju. Njezina je kazna u tome što tijekom godine dio vremena visi naglavačke – antički Grci tako su objašnjavali izmjenu izgleda zvijezda, koje dio vremena tvori oblik slova „W“, a dio vremena „M“. Cefej je prikazan kao kralj, no uvijek u sjeni žene i kćeri. Andromeda svijetli u blizini Perzeja i Kita, a nedaleko njih nalazi se Pegaz, krilati konj koji je iskočio iz Meduze kada joj je Perzej odrubio glavu. Andromeda je postavljena na nebo u položaju u kojem je trebala biti žrtvovana – prikovana za stijenu. Na taj je način cijela priča, od oholosti i kazne, preko iskušenja i spasenja pa sve do trijumfa i vječnosti, prenesena na nebeski svod. Za Grke, zvijezda nisu bila samo orijentiri na noćnom nebu, nego i trajni podsjetnik na snagu priče.

¹ Važno je napomenuti da se današnja država Etiopija ne poklapa s kraljevstvom Etiopije iz vremena priča starih Grka – u antičko vrijeme to se kraljevstvo prostiralo južno od Egipta, pretpostavlja se da se misli na područja današnjeg Sudana pa sve do Etiopije.

Apolodor, Knjiga grčke mitologije, Zagreb 2004 (prijevod Igor Brajković)
P. Ovidije Nazon, *Metamorfoze*, Zagreb 2008 (prijevod Tomo Maretić)

ASTRONOMSKI KALENDAR

Piše:
Miroslav Smolić

U proteklom razdoblju, zbog oblačnog i maglovitog vremena, nismo imali prilike uživati u pogledu na zvjezdano nebo. Nadamo se da će nam početak nove godine donijeti povoljnije vremenske prilike. U nastavku donosimo kratki pregled astronomskih pojava koje možete pratiti iz naših krajeva prostim okom ili malim dvogledom..

Siječanj

3. siječnja

Pun Mjesec.

3./4. siječnja

Meteorski roj Kvadrantidi. Kratak i snažan maksimum (ZHR \approx 120), no ove godine vidljivost umanjuje puni Mjesec. Najbolje promatrati u jutarnjim satima; radijant je u području nekadašnjeg zvijezda Quadrans Muralis (oko Volara).

3. siječnja

Zemlja u perihelu. Udaljenost je oko 5,0 milijuna kilometara manja nego u afelu, odnosno približno 3,3 % bliže Suncu. Zemlja tada putuje najvećom brzinom na orbiti (\sim 30,3 km/s).

3. siječnja

Konjunkcija Mjeseca i Jupitera. Razmak oko 3 – 4°, u Blizancima; vidljivo tijekom cijele noći.

10. siječnja

Mjesec u zadnjoj četvrti.

10. siječnja

Jupiter u opoziciji. Vidljiv cijelu noć; izlazi na istoku pri zalasku Sunca, a zalazi pri svitanju. Nalazi se u Blizancima, vrlo je sjajan i izvrstan za promatranje dalekozorom, u kojem su vidljivi i tzv. Galilejevi mjeseci.

18. siječnja

Mladi Mjesec.

23. siječnja

Bliski susret Mjeseca, Saturna i (teleskopski) Neptuna. Skupina je nisko na jugozapadu u sumrak; Mjesec i Saturn unutar su \sim 5 – 7° u Ribama, dok se Neptun nalazi blizu

ekliptike (vidljiv teleskopom).

26. siječnja

Mjesec u prvoj četvrti.

30./31. siječnja

Konjunkcija Mjeseca i Jupitera. Razmak oko 4°, u Blizancima; lako vidljivo golim okom.

Veljača

1. veljače

Pun Mjesec.

9./10. veljače

Mjesec u zadnjoj četvrti.

17. veljače

Mladi Mjesec.

19. – 21. veljače

Merkur, najveća istočna elongacija 19. 2. Vrlo nisko na zapadu u suton; kratak prozor promatranja, 30 – 45 minuta nakon zalaska Sunca.

20. veljače

Bliski susret Mjeseca i Saturna. U Ribama, nisko na jugozapadu odmah nakon sumraka; razmak \approx 4 – 6°, najbolje vidljivo u prvih 30 – 60 minuta nakon zalaska Sunca.

24. veljače

Mjesec u prvoj četvrti.

27. veljače

Konjunkcija Mjeseca i Jupitera. Razmak \sim 3 – 4°, u Blizancima; upadljivo na večernjem nebu.

PLANETI

Jupiter dominira razdobljem (opozicija 10. 1.). Vidljiv je cijelu noć u Blizancima, vrlo sjajan i pogodan za promatranje dalekozorom (Galilejevi sateliti). Saturn je rano navečer nisko prema jugozapadu u Ribama, pri čemu je potreban čist horizont. Merkur je najpovoljniji za promatranje u veljači (oko 19. 2.), vrlo nisko iznad zapadnog horizonta u suton i vidljiv kratko. Venera je početkom siječnja blizu Sunca (gornja konjunkcija), a tijekom veljače pojavljuje se u suton nisko na zapadu. Uran je dostupan dalekozoru oko ponoći, visoko na južnom dijelu neba, dok je Neptun preslabog sjaja za dalekozor 10x50 i zahtijeva teleskop.

DEEP-SKY (dalekozor)

M42 Orionova maglica (Orion; „mač“ ispod pojasa, vrlo sjajna), M45 Plejade i Hijade (Bik; Plejade su vidljive i golim okom), M31 Andromeda (u siječnju još dovoljno visoko na zapadu u večernjim satima), M35 (Blizanci; iznad „stopala“ Orion) te M44 Presepe (Rak; u veljači visoko, najbolje oko ponoći i poslije). Za ambicioznije promatrače: trojac M36–M37–M38 u Kočijašu (tri otvorena skupa koja stanu u široko vidno polje dalekozora).



IC 434 Horsehead nebula. Foto: Zoran Novak



Izgled neba

1. veljače 2026. u 21 sat

Izvor:
In-the-sky-org

ASTROFOTOGRAFIJA - FOTOGRAFIJA NA POSLJEDNJOJ STRANICI

Zvijezda WR 134 i okolne maglice

WR 134 je masivna Wolf-Rayetova zvijezda u zvijezdu Labud, udaljena oko 6 000 svjetlosnih godina. Na fotografiji se, uz samu zvijezdu, ističu plavičasti dijelovi refleksne maglice, nastali djelovanjem snažnih zvjezdanih vjetrova koji raznose i oblikuju okolnu međuzvjezdano prašinu, a svjetlo WR 134 potom se raspršuje na tim česticama. U pozadini je vidljiva i okolna emisijska maglica u kojoj dominira sjaj ioniziranog vodika. WR 134 pripada spektralnoj podklasi WN6 i nalazi se u kasnoj fazi evolucije, tijekom koje iznimno snažan vjetar, brzina i do nekoliko tisuća kilometara u sekundi, neprestano odnosi materijal u okolni prostor. Taj proces, osim što oblikuje strukturu maglice, obogaćuje međuzvjezdani prostor teškim elementima. Promjenjivost sjaja i spektralnih linija WR 134 upućuje na složenu strukturu vjetra, a možda i na postojanje pratioca. Prikazani prizor lijepo ilustrira dinamičnu povezanost masivne zvijezde i njezina kozmičkog okruženja koje je istodobno svjedok prošlih i najava budućih događaja u životu ove zvijezde. WR 134 smatra se kandidatom za buduću supernovu, a moguće i za kolaps u crnu rupu, iako se takav događaj očekuje tek za nekoliko stotina tisuća godina.

Foto: Zoran Novak



VEGA
HORIZONTI