

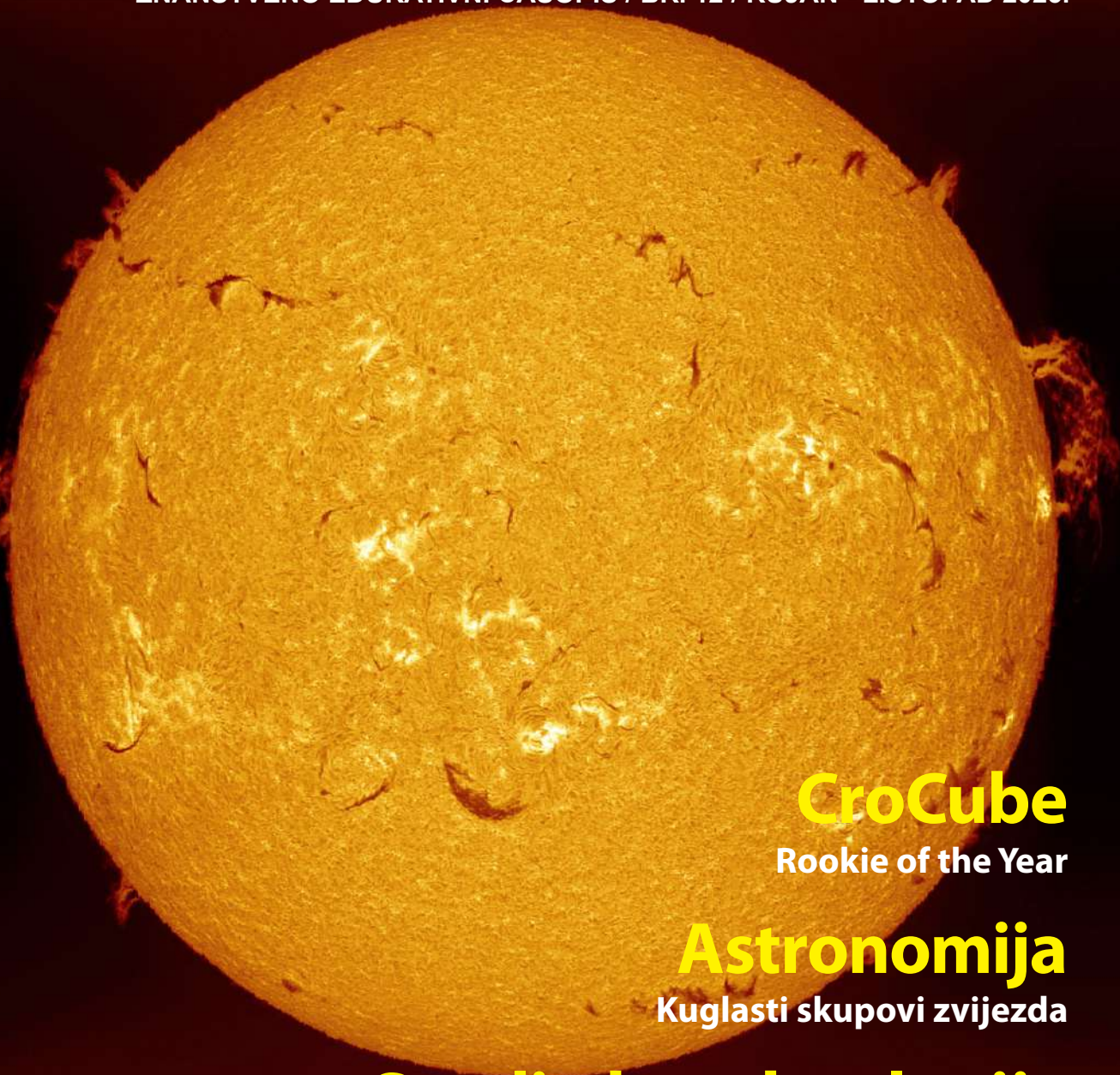
VEGA

ISSN 2991-6178

HORIZONTI



ZNANSTVENO EDUKATIVNI ČASOPIS / BR. 12 / RUJAN - LISTOPAD 2025.



CroCube

Rookie of the Year

Astronomija

Kuglasti skupovi zvijezda

Satelitska tehnologija

Teleskopi koji promatraju Zemlju

Sunce pod povećalom

Mjerenje veličine Sunčevog diska



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:**

Zoran Novak

Sunce snimljeno u H-alfa spektru

GRAFIČKO OBLIKOVANJE**I PRIJELOM:**

Dragutin Kliček, Zoran Novak

LEKTURA:

Valentina Jozić Preksavec, prof.

KONTAKT:

vega-horizonti@advega.hr

ČAKOVEC, RUJAN-LISTOPAD 2025.

Izlazi dvomjesečno od 2023. godine
br. 12

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



Ljeto nam se polako približava svom kraju i većina vas vratila se s godišnjeg odmora, spremna za novi ciklus obaveza i izazova. Iako kalendarsku godinu započinjemo u siječnju, s pravom možemo reći da za većinu nas naš radni i životni ciklus zapravo započinje s početkom školske godine. Rujan je poseban mjesec. On je granica između ležerne bezbrižnosti ljeta i ozbiljnijeg ritma jeseni. To je vrijeme kada se vraćamo svakodnevnim obavezama, ali i vrijeme novih odluka, novih planova i novih početaka. Bilo da se vraćate na svoje radno mjesto, nastavljate školovanje ili kao oni najmlađi, tek ulazite u svijet vrtića i prvih knjiga, jedno je sigurno, pred nama je još jedan novi početak. Taj osjećaj stalnog vraćanja, neprestanog kretanja i započinjanja novih etapa dio je našeg ljudskog iskustva.

No, ciklusi ne prate samo naš život, oni su utkani i u prirodu. Naša zvijezda Sunce prolazi kroz svoj jedanaestogodišnji ciklus aktivnosti i upravo sada nalazi se u njegovu vrhuncu. To znači da je izuzetno aktivno, pa na njegovoj površini možemo vidjeti brojne pjege, prominenције i druge pojave koje svjedoče o dinamici naše zvijezde. Fotografije koje krasi naslovnici i zadnju stranicu ovog broja dojmivo prenose tu aktivnost. Dok priroda oko nas ima svoje mirnije, dugotrajnije cikluse, mi se često vrtimo u užurbanom ritmu. Možda je vrijeme da se i sami malo ugledamo na prirodu, da usporimo, zastanemo i s više pažnje sagledamo ljepotu koja nas okružuje.

Pred nama je novi ciklus koji donosi nove mogućnosti. Za učenike to znači priliku za stjecanje znanja i vještina koje će ih pratiti cijeli život. Za nas odrasle to je prilika da ostvarimo nove uspjehe, da napredujemo, ali i da pronademo inspiraciju u onome što nas okružuje. Posebno nas veseli uspjeh prvog hrvatskog satelita CroCube, koji je osvojio nagradu Rookie of the Year, međunarodno priznanje koje dodjeljuje Američki institut za aeronautiku i astronautiku. Postignuće CroCube-a potvrđuje da mladi stručnjaci mogu značajno doprinijeti globalnom istraživanju svemira, a njihov uspjeh može poslužiti kao inspiracija svima koji se odvažavaju zakoračiti u nepoznato. Nadam se da će i Vega horizonti imati ulogu u poticanju vašeg istraživačkog duha, bilo da se u istraživanje upuštate iz vlastite znatiželje ili da zajedno sa svojom djecom, kroz pokuse koje objavljujemo na našim stranicama, učite i otkrivajte tajne svemira.

KAZALO

CroCube

Rookie of the Year

4 - 5

Međimurska priroda

Svjetski dan rendžera

6 - 7

Astronomska škola u prirodi

Poljski spoj skautskog kampa i znanosti

8 - 9

Satelitska tehnologija

Teleskopi koji promatraju Zemlju

10 - 12

Atmosferska optika

Aerodinamički kondenzacijski tragovi

13

U društvu oblaka

Munje, prirodni visokonaponski eksperimenti

14 - 15

Tajna Sunčeve svjetlosti

Čudesna priča o kvantnom tuneliranju

16 - 17

Sunce pod povećalom

Mjerenje veličine Sunčevog diska

18 - 19

Astronomija

Kuglasti skupovi zvijezda

20 - 23

Promatračka astronomija

Orao na nebeskom svodu

24 - 25

Astronomski kalendar

Karta neba

26 - 27

Maglice u srcu Kočijaša

Na ovoj astrofotografiji prikazan je atraktivan dio zvijezda Kočijaš, snimljen širokokutno objektivom žarišne duljine 135 mm. Ovakav kadar omogućuje da se u jednom pogledu obuhvati veći broj značajnih objekata dubokog svemira, koji u ovom području neba tvore posebno bogat i dojmiv prizor. Među najistaknutijim objektima nalaze se IC 405, poznata i kao Flaming star nebula, te obližnja IC 410, kompleksna maglica koja okružuje mladi

zvjezdani skup NGC 1893. Uz njih se jasno uočava i otvoreni skupa zvijezda iz Messierovog kataloga, M38, koji svojim sjajem upotpunjuje vizualni dojam ovog zvjezdanog područja. Zajednički prikaz ovih objekata lijepo dočarava bogatstvo Mliječnog puta u smjeru Kočijaša. Maglice otkrivaju područja u kojima nastaju nove zvijezde, dok otvoreni skupovi predstavljaju mlade zvjezdane zajednice nastale u nedavnoj prošlosti.

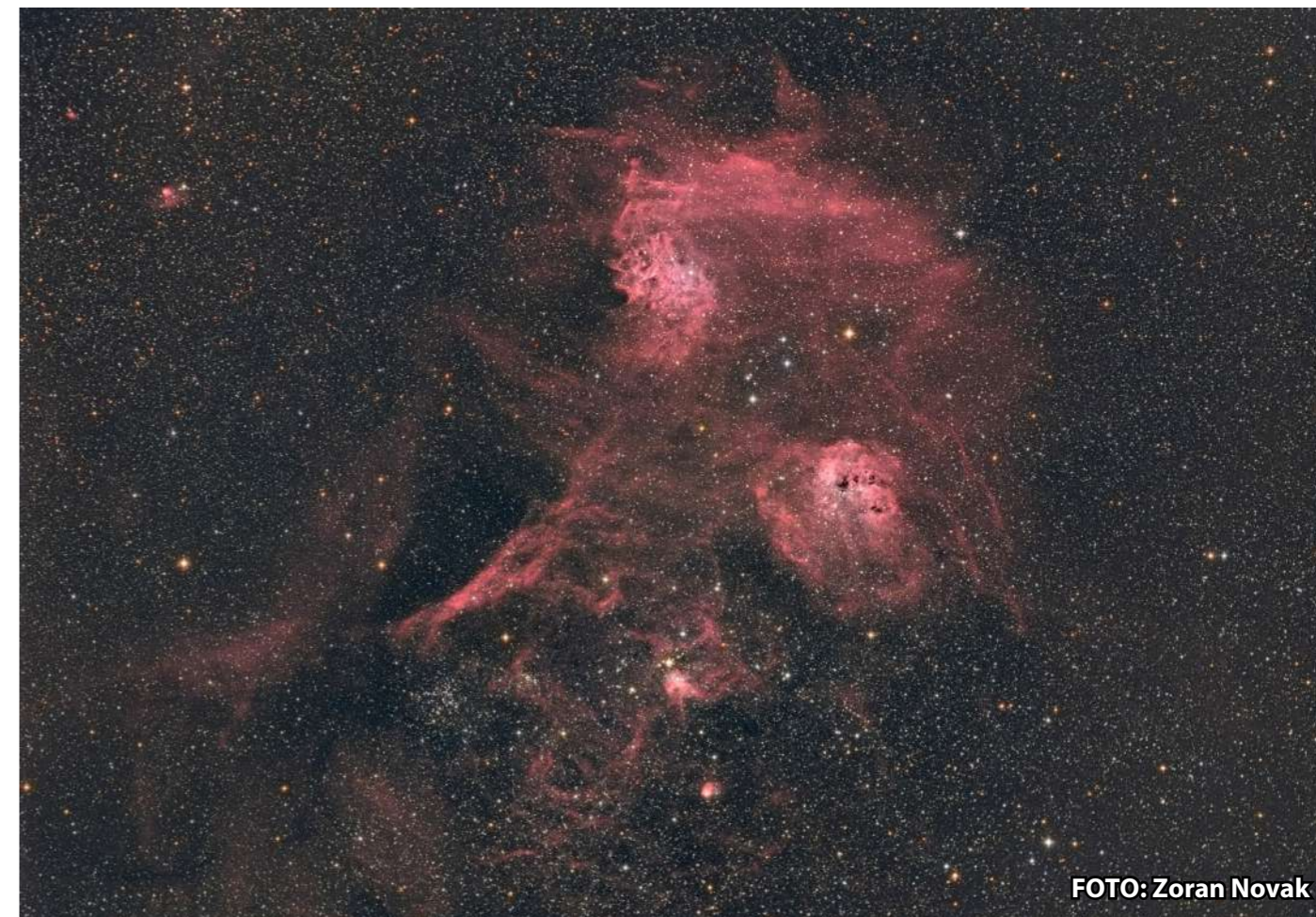
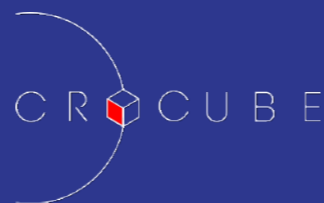


FOTO: Zoran Novak

ROOKIE OF THE YEAR

CroCube primio međunarodno priznanje



Piše:
CroCube tim

Prvi hrvatski satelit **CroCube** osvojio je međunarodnu nagradu *Small Satellites of the Year – Rookie of the Year 2025*, koju dodjeljuje Američki institut za aeronautiku i astronautiku (AIAA) tijekom konferencije Small Satellite Conference u Salt Lake Cityju, jednom od najvažnijih globalnih događaja u području svemirske tehnologije.

AIAA, osnovan 1963. godine i okupljajući više od 30 tisuća članova iz 90 zemalja, predstavlja jednu od najutjecajnijih organizacija u svijetu aeronautike i astronautike. Njihove nagrade, među kojima su *Mission of the Year* i **Rookie of the Year**, smatraju se vrhuncem svjetskog priznanja u malim satelitima. Ovogodišnja glavna nagrada *Mission of the Year* dodijeljena je australskoj misiji Waratah Seed 1, dok je CroCube ponio titulu najbolje debitantske misije na svijetu. Osvajanje Rookie of the Year nagrade posebno je impresivno zbog iznimne konkurencije. CroCube je bio među sedam finalista, zajedno s misijama CatSat sa Sveučilišta Arizona, 3U CubeSat Sveučilišta Maine, senegalskom misijom GAINDESat, studentskom misijom MARIO sa Sveučilišta Michigan, američkom edukacijskom misijom MESAT i još nekoliko međunarodnih projekata.

Rookie nagrada

Rookie nagrada dodjeljuje se misijama koje prvi put nastupaju na svjetskoj sceni, bilo da ih predstavljaju nove organizacije, kompanije, sveučilišta, škole ili države. Nagradu mogu ponijeti misije koje su ostvari-



Voditeljica misije CroCube, Daniela Jović, preuzima nagradu

le barem jedan uplink i jedan downlink iz svemira, imaju masu manju od 150 kilograma i lansirane su nakon 1. siječnja prethodne godine. CroCube se istaknuo upravo u toj kategoriji kao prva hrvatska svemirska misija, ispunivši sve tehničke i proceduralne uvjete za međunarodno priznanje.

Povijesni uspjeh

CroCube je lansiran 21. prosinca 2024. godine raketom Falcon 9 s baze Vandenberg u Kaliforniji, u

sklopu SpaceX-ove misije Bandwagon-2. Time se Hrvatska pridružila skupini od više od 80 država s vlastitim satelitom u orbiti.

Satelit veličine 10 centimetara i mase tek nešto više od kilograma već više od 230 dana kruži oko Zemlje na visini od 510 kilometara. Opremljen je kamerom, radio-primopredajnicima te tehnološkim eksperimentom Astrotron 1000 hrvatske proizvodnje, koji testira otpornost mikroelektronike u uvjetima svemirske radijacije.

U realizaciji projekta CroCube sudjelovale su brojne tvrtke i organizacije koje su svojim znanjem i resursima pridonijele uspjehu misije. Među njima je i riječka tvrtka **Exevio**, koja je izradila potpuno besplatnu mobilnu aplikaciju. Putem aplikacije CroCube javnost može pratiti satelit u orbiti, pregledavati njegove vijesti i primljene slike te na jednostavan način biti dio prve hrvatske svemirske misije.

Volonterski projekt s globalnim sjajem

CroCube je od samih početaka bio zamišljen kao volonterska misija koja spaja entuzijazam i znanje. Projekt je pokazao da se i u uvjetima ograničenih resursa može ostvariti tehnički zahtjevan i međunarodno priznat rezultat. Svaki korak od ideje do lansiranja bio je važan iskorak, a nagrada je potvrda da hrvatsko znanje, upornost i entuzijazam mogu konkurirati najboljima u svijetu.

Posebno se naglašava da se godišnje lansira više od 1500 malih satelita, a upravo je CroCube odabran kao najvrjedniji spomena među njima. Riječ je o priznanju koje ne potvrđuje samo tehnički uspjeh misije, već i simbolički ulazak Hrvatske u svemirsko doba.

Nagradu u Salt Lake Cityju osobno je preuzela **Daniela Jović**, voditeljica misije CroCube. Osim preuzimanja nagrade, na istoj je konferenciji djelovala i kao sudac u sklopu 33. izdanja međunarodnog studentskog natjecanja Frank J. Redd Student Competition, koje okuplja najbo-



Dr. Jordi Puig-Suari i Daniela Jović

lje studentske projekte iz područja svemirske tehnologije.

Posebnu vrijednost projektu dao je i Prof. emeritus Sveučilišta Cal Poly, **Dr. Jordi Puig-Suari** (na slici), jedan od dvojice izumitelja CubeSat standarda (zajedno s Bobom Twiggsom). Njegova podrška i uključenost u CroCube nisu bili samo simbolični, kao jedan od ljudi koji su prije 25

godina pokrenuli cijelu CubeSat revoluciju, svojim iskustvom i riječima ohrabrenja dao je dodatnu težinu i motivaciju timu. Upravo takva povezanost s pionirima svemirskih tehnologija pokazuje da je CroCube prepoznat i unutar globalne zajednice koja je oblikovala današnju eru malih satelita.

Glavni cilj misije CroCube nije bio samo tehnički, već i društveni, potaknuti interes za astronomiju i svemirske projekte, razvijati STEM područja i graditi visokotehnološko poduzetništvo u Hrvatskoj. Misija je u tom smislu nadmašila očekivanja i postala simbol da se predanim radom može dosegnuti svjetska razina.

CroCube je tako, osim što je ispisao povijest kao prvi hrvatski satelit u svemiru, sada i službeno uvršten među najuspješnije male satelitske misije na svijetu, potvrđujući da i male zemlje mogu napraviti velike korake u svemiru.



Replika CroCube satelita pored nagrade Rookie of the Year

SVJETSKI DAN RENDŽERA

Prava čarolija neba nastaje kad se svjetla ugase



Piše:

Sara Srša,
JU Međimurska priroda

Odličan odaziv večeri Tamno nebo nestaje

Više od sedamdeset posjetitelja družilo se na Matulovu gruntu u Franovcu na Svjetski dan rendžera, u četvrtak 31. srpnja. Međimurska priroda – Javna ustanova za zaštitu prirode bila je domaćin atraktivnom programu na otvorenom, nazvanom **Tamno nebo nestaje**.

U fokusu su bili svjetlosno onečišćenje i noćni leptiri uz gostovanje Ivica Pakraca, preparatora iz Gradskog muzeja Varaždin i Zorana Novaka iz Astronomskog društva Vega Čakovec. Novak je održao predavanje Međimursko nebo i svjetlosno onečišćenje kojim je posjetitelje upo-

znao s navedenom problematikom i aktualnim projektom ADRISKY. Potom su posjetitelji uz pomoć teleskopa promatrali noćno nebo na kojem je te večeri najviše bio vidljiv Mjesec. Ivica Pakrac postavio je svjetleće piramide i održao radionicu Lov na noćne leptire. Determinacija je bila



Zoran Novak i Ivica Pakrac dotakli su teme zaštite prirode

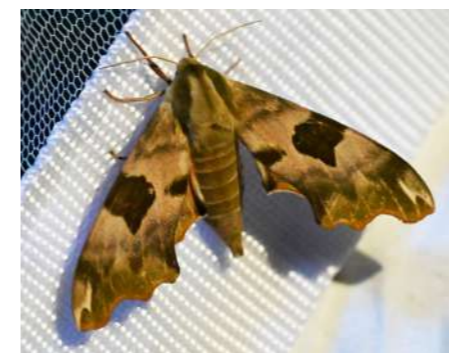


Franko je dobar poznavatelj nebeskog svoda

i više nego uspješna. Zabilježena je danja medonjica. Riječ je o vrsti noćnog leptira koja je aktivna i danju. Za navedene teme zanimanje su iskazale sve generacije. Osobito osmogodišnji Franko Belović koji će ove jeseni krenuti u treći razred OŠ Nedelišće. Kaže kako voli čitati knjige o Svemiru, državama i zanimljivostima iz prirode. Zanimaju ga misteriji, primjerice ima li Svemir kraj ili ne. Bio je oduševljen programom na Matulovu gruntu. Program je organiziran kao dio aktivnosti projekta BEE(A)WARE koji ima za cilj zaštitu i očuvanje divljih oprašivača.

Coprnice, važni oprašivači

Noćni leptiri, ili u starijim Međimuraca poznatiji pod nazivom „coprnice“, bili su jedna od glavnih tema ljetne noći na Matulovu gruntu. Noćni leptiri, baš kao i dnevni leptiri, važni su oprašivači vrtova, cvjetnih traka i usjeva. Noćni leptiri znatno su brojniji nego dnevni leptiri. U Međimurju bilježimo oko 60 do 70 vrsta dnevnih leptira, dok je tijekom istraživanja provedenog 2021. godine zabilježeno preko 600 vrsta noćnih leptira. Svima draži dnevni leptiri smatraju se šarenijima i oku ugodnijima, no zapravo pomnim promatranjem noćnih leptira možemo primijetiti kako su žarkih boja, zanimljivih motiva i šara. Noćni leptiri često su smeđih, crnih i sivih tonova. Danju se kriju na kori drveća, lišajevima, granama i tlu. Veliki broj noćnih leptira uistinu ima jedinstvene zanimljive šare i tonove na svojim krilima. Noćni leptiri važni su oprašivači. Iako se svi noćni leptiri ne hrane u stadiju odrasle jedinke, velik broj hrani se upravo nektarom cvijeća. Pri hranjenju nektarom cvjetni pelud na svojim



Lipin ljiljak najveći leptir viđen te večeri

dlakavim tijelima prenose s jednog na drugi cvijet. Na taj način pomažu u oprašivanju biljaka. Projektom BEE(A)WARE koji provode Međimurska priroda – Javna ustanova za zaštitu prirode i Javna ustanova za razvoj Međimurske županije REDEA cilj je ojačati svijest građana o važnosti divljih oprašivača, a ne samo medonosne pčele. Oni su nedovoljno istraženi, a njihov je trend opadanja ili povećanja nepoznat. Populacije divljih oprašivača ugrožene su i zbog nepravovremene i krive upotrebe pesticida. Ovim događajem barem smo malo približili svijet noćnih leptira i dočarali njihovu raznolikost.

Danja medonjica

Cilj noćnog lova na leptire bio je zabilježiti danju medonjicu (*Euplagia quadripunctaria*). Ciljna vrsta koja se

Interreg



Slovenija – Hrvatska

BEE(A)WARE

nalazi na popisu NATURA 2000 vrsta za Republiku Hrvatsku. Bitan uzrok koji prijeti nestanku danje medonjice je zarašćivanje i sukcesija u rubnim dijelovima šume. To dovodi do nestanka medonosnih biljaka čijim nektarom se hrani imago. Biljke hraniteljice za odrasle jedinke danje medonjice su konopljuša (*Eupatorium cannabinum*) i origano (*Origanum* sp.). Upotreba pesticida ili herbicida i intenzivna košnja rubova šume potencijalno pridonose ugroženosti. Metodologija istraživanja noćnih leptira, pa tako i danje medonjice, bazira se na upotrebi svjetlosnih piramida. Piramide se sastoje od metalnog stalka, UV lampe povezane na 12 V bateriju te tkanine koja odražava svjetlost i povećava površinu svjetlosti kako bi je zamijetilo što više leptira. Piramide se postavljaju u sumrak, od 21 sat do 1 sat ujutro, od sredine srpnja do rujna. Na Matulovu gruntu te je večeri determinirano čak pet jedinki vrste danje medonjice čime se ovo područje prema kategorizaciji ubraja u izvrsno stanište.

Noćni leptiri i svjetlost

Često noćne leptire primjećujemo uz javnu rasvjetu i svjetla na našim terasama. Razlog nije taj što ih privlači svjetlost, već to što izgube kompas. Ta svjetla zapravo ne privlače noćne



Praćenje stanja noćnih leptira prati se pomoću svjetlosnih piramida



Danja medonjica bila je tražena meta

leptire, nego ometaju njihovu navigaciju. Noću se leptiri orijentiraju pomoću ultraljubičaste svjetlosti koja se na nebu zakrivljuje zbog Zemljinog oblika. Prije nego što je postojala struja, leptiri su se u prostoru kretali i orijentali, osim ultraljubičastim svjetlom, i Mjesečevom svjetlošću. Modernizacijom i upotrebom električne energije u gradovima gotovo da i ne postoji prirodna tama. Leptiri se nisu stigli prilagoditi umjetnoj svjetlosti. Svjetlost na leptire ne djeluje samo kao mamac, već i opojno. Samim time leptiri se primire i postaju hrana drugim kukcima, šišmišima i manjim sisavcima. **Smanjivanjem količine umjetne svjetlosti u svojim domovima, gašenjem nepotrebne rasvjete i usmjeravanjem snopa svjetlosti prema dolje, pomažemo zaštititi noćne oprašivače i očuvati prirodni noćni ritam.**

ASTRONOMSKA ŠKOLA U PRIRODI

Poljski spoj skautskog kampa i znanosti

Piše:

dr. sc. Miljenko Čemeljić



Logorska zastava "AlmuKantarata"

Astronomsko društvo "AlmuKantarata" iz Varšave, koje broji 42 godine djelovanja i stotinjak članova, počastilo me ove godine pozivom da održim predavanje o amaterskoj radio astronomiji na njihovom tradicionalnom ljetnom kampu. Službeno sjedište im je u zgradi instituta u kom radim u Varšavi i njihovi članovi, oni stariji, kao bivši direktor instituta, zajedno sa bivšim doktorandima, često su dio znanstvene zajednice s kojom imam stalni dodir, posebno oko svakogodišnjih znanstvenih piknika u Varšavi ili Otvorenih dana instituta, pa sam poziv rado prihvatio. Temu predavanja, amatersku radioastronomiju, sam detaljno obradio u početnim brojevima ovog časopisa, pa ću ovdje iskoristiti priliku da predstavim kako popularizaciju astronomije rade drugi. AD Vega je trenutno

među aktivnijim društvima u Hrvatskoj, ali nikad ne škodi pogledati što rade slična društva u inozemstvu. Astro-kampove dobro poznajemo iz vremena bivše države. Kamp na Prviću je mnogima od mojih kolega sa fakulteta koji su studirali prirodne znanosti bio odskočna daska u amatersku ili čak profesionalnu astronomiju. Vodeći ljudi u AD Varaždin, kojeg sam, uz AD Vega također član, dio su te populacije, uz nemali broj današnjih profesora ili istraživača po institutima u Hrvatskoj i šire.

Organizacija

U Poljskoj verziji, astro-kamp je spojen sa jakom predratnom skautskom tradicijom koja je preživjela vremena Narodne Republike Poljske i ostala važan dio društvenog krajo-

lika, pa mi je utoliko zanimljivije bilo priključiti im se na par završnih dana logorovanja za prvi razred srednjoškola u sezoni 2025. Organizacija posebnog kampa za tu populaciju, uz posebne kampove za osmaše i starije srednjoškolce, je bila odgovor na veliko zanimanje za njihove prethodne edicije logorovanja, kad su rano morali zatvoriti prijave i odbiti desetke zainteresiranih iz te dobne skupine. Da osiguraju visoku kvalitetu, organizirali su kamp oko jezgre pozvanih učesnika sa natjecanja iz prirodnih znanosti. Utoliko je zanimljivije (i izazovnije!) bilo pripremiti predavanja i direktno se uključiti u rad sa njima. Članovi kluba, koji su vodili logorovanje, i sami su nedavno bili učesnici ili pobjednici olimpijada iz matematike, fizike i astronomije. Većina vodećeg kadra, koji



Muzički intermezzo

su redom bili mlađi od 25 godina, su već sada učitelji po gimnazijama ili studenti sveučilišta.

Kamp je vođen po strogim skautskim pravilima, bez alkohola i cigareta za učesnike i osoblje, sa zviždukom za buđenje i noćnom tišinom, (neobaveznom) jutarnjom gimnastikom, strogim rasporedom dana i predavanja, zajedničkim objedima, logorskom vatrom i pjevanjem pjesama ("AlmuKantarata" ima i vlastitu pjesmaricu!). Prošao sam i kroz obred (s klečanjem na jednom koljenu i svečanim usklikom "u slavu Astronomije!") kandidata za veteranskog člana.

Predavanja

Logorovanje je bilo zadnja dva tjedna srpnja, tokom kojih su, uz noćna promatranja kad su to dozvoljavali vremenski uvjeti, bila organizirana tematska predavanja kao moje, zajedno sa radionicama na teme koje se nisu ticale samo astronomije: uz teme kao astrofotografija, astrofizika crnih rupa, osnove opće teorije relativnosti i priprema za natjecanja iz astronomije, fizike i matematike, vidio sam i predavanja iz logike, algebre, financijske matematike, kvantne fizike, psihologije, računalne grafike, muzike...sva održavana od strane aktivnih istraživača ili zaposlenika u odgovarajućoj školi ili industriji. Sve se odvijalo u skautskim uvjetima, na travi poljane u šumi, uz šato-

re logora ili u velikom natkrivenom otvorenom skladištu koje se, uz prijenosni projektor, iz plesnog podija pretvaralo u predavaonicu. Logistički uvjeti su bili vrlo ...prizemni, sa osnovnim sanitarnim čvorom i gotovo poljskom kuhinjom. Organizatori su mi rekli da su prvih par dana uložili poprilično truda u diskusije s osobljem kuhinje da osiguraju zadovoljavajuću ponudu za doručak, ručak i večeru za oko 40 učesnika i 15-estak osoba kadra, s dovoljnim izborom za one s alergijama i suvremenim vegetarijanskim varijantama. Kako to biva u radu s izuzetno nadarenima, dobar dio učesnika su bila djeca sa zahtjevnim psihološkim profilima, ali profesionalizam kadra AlmuKantarata, koji je uključivao psihološku podršku, ostavio me bez riječi. Cijena logorovanja je bila oko 500 EUR po učesniku dvotjednog boravka, što je jeftino u odnosu na sličnu ponudu, koja je poprilično velika u Poljskoj, pa je možda i u tome tajna uspjeha. Naravno, to je moguće ostvariti samo velikim osobnim angažmanom organizatora-svi određeni su volonteri, kao što sam bio i ja.

Praktični dio

Količina entuzijazma koju sam vidio u tih par dana dala mi je nadu u bolje sutra-ima nas još koji smo voljni uložiti vrijeme i trud u nešto općedruštvenog. Da učesnici to i te kako



Izrađene rog antene pripremljene za probu.

cijene najbolje se vidjelo po velikom broju zainteresiranih u praktičnom dijelu nakon predavanja, gdje su se samoorganizirali u dvije grupe i svaka je, prema nacrtu, iskrojila u kartonu svoju verziju male rog antene s reflektirajućom površinom od kuhinjske alu-folije (vidi upute za samogradnju u početnim brojevima časopisa), koje smo odmah testirali na poljani za promatranja. Cilj je bio provjeriti koliko se može smanjiti antene za detekciju signala linije neutralnog vodika iz diska naše galaksije, Mliječnog Puta, valne duljine 21 cm. Sa zadovoljstvom mogu reći da su se oba modela pokazala uspješnim! Od ostataka aluminijske folije smislili su, vrlo prigodno vremenu u kome žive, svoj model aluminijske kape za zaštitu od ...gluposti.

Uz vlastitu internetsku stranicu almuKantarata.pl, klub od 2000-te vodi i vrlo uspješnu popularizatorsku stranicu astroneta.pl, s informacijama na temu astronomije i astronautike. U razgovorima s osobljem vidio sam mnoge paralele s aktivnostima organiziranim u našim Društvima, ali i mjesto za suradnju: možda bi uz regionalnu trebalo organizirati i međunarodnu razmjenu iskustava u Štrigovi.



Praktični dio radioastronomije

SATELITSKA TEHNOLOGIJA

Teleskopi koji promatraju Zemlju

Vrste rezolucija satelitskih sustava i primjene

Piše:

Nikola Strah, dipl. ing. fizike

U prošlom smo članku obradili osnove daljinskog opažanja Zemlje i vidjeli primjer njegove primjene u procjeni zdravlja vegetacije nakon šumskog požara. Podsjetimo, daljinsko opažanje je znanost identifikacije, promatranja i mjerenja objekata bez fizičkog kontakta. Promatramo Zemlju, ali isti princip vrijedi i za astronomiju – opažanje nebeskih tijela. Mjerenja fotona odbijenih ili emitiranih s površine Zemlje otkrivaju sastav i stanje objekata, poput zdravlja vegetacije ili poplavljenih područja.

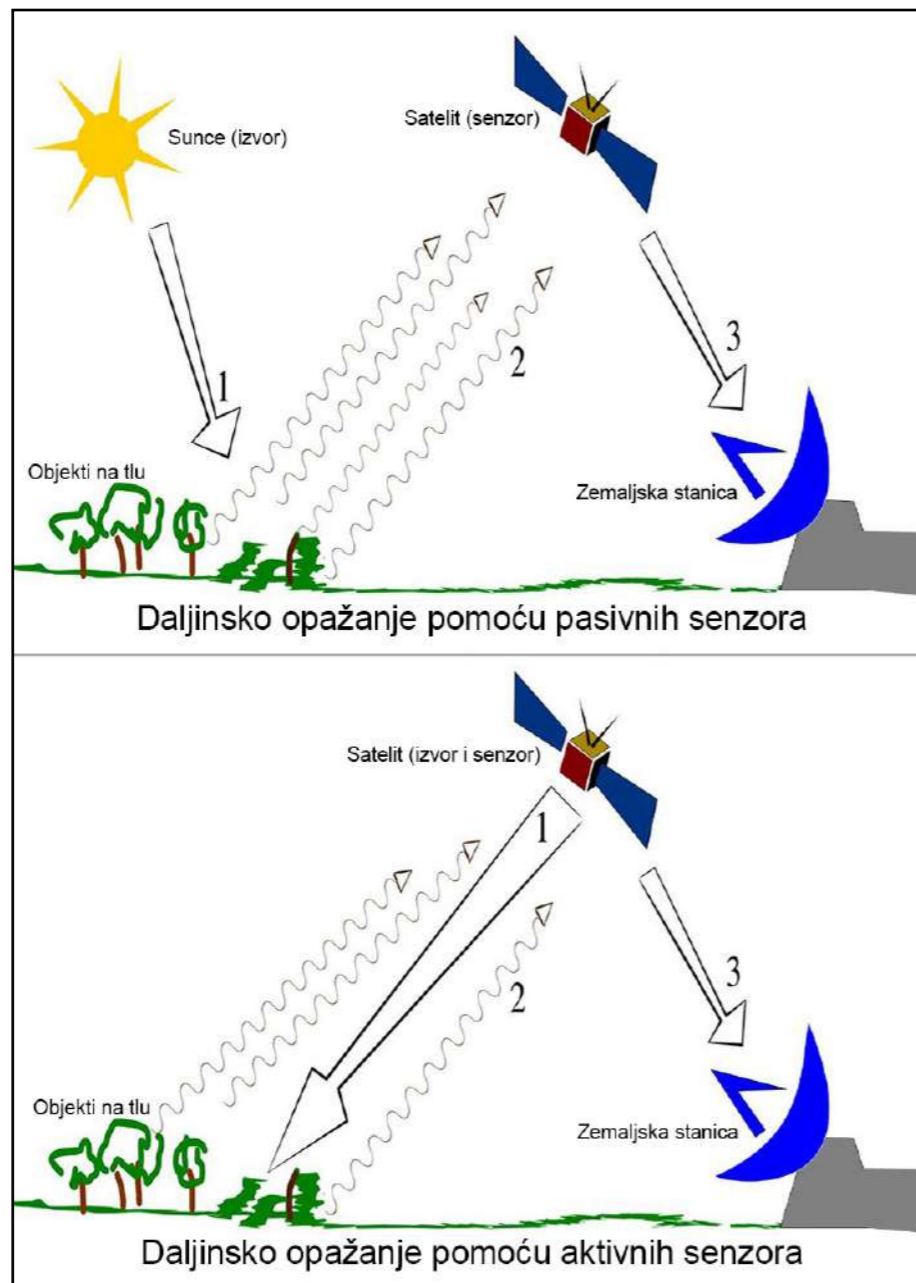
Pasivni i aktivni senzori

Senzore i metode opažanja dijelimo na pasivne i aktivne. Pasivni senzori detektiraju reflektirano ili emitirano zračenje, npr. sunčevu svjetlost reflektiranu od tla ili infracrveno zračenje iz požara. Aktivni senzori sami emitiraju zračenje i mjere njegov odraz; primjeri su radar (radio valovi) i lidar (laserska svjetlost).

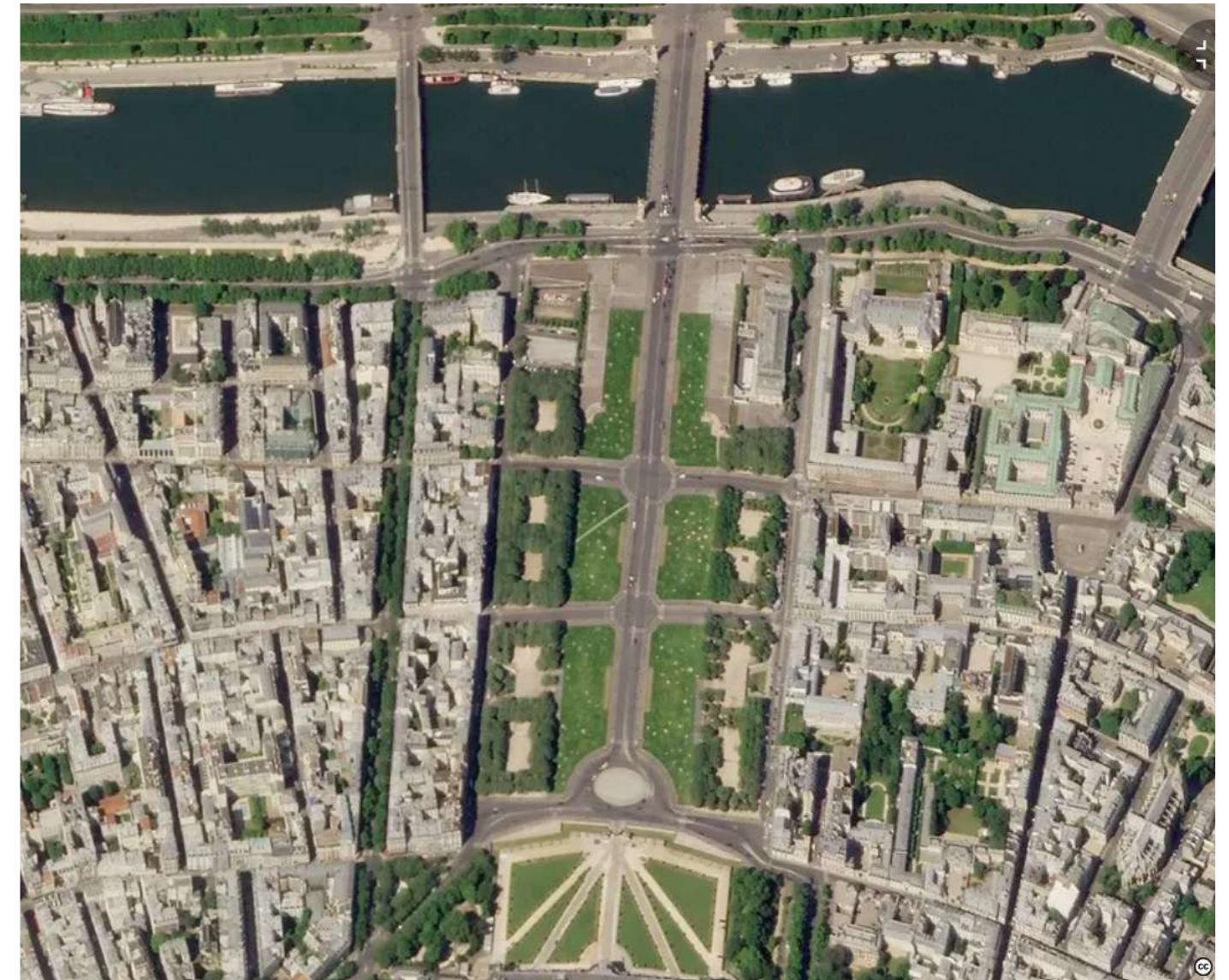
Slika 1 daje nam shematski prikaz funkcioniranja pasivnih i aktivnih senzora, dok na slikama 2 i 3, vidimo usporedbu snimke dobivene pasivnim senzorom (optički senzor) i aktivnim senzorom (radarska snimka).

Spektralna rezolucija

Satelitske senzore razlikujemo po spektralnoj rezoluciji – broju i širini kanala u kojima opažaju. Sentinel-2 (ESA) ima 13 kanala od vidljivog do kratkovalnog infracrvenog područja



Slika 1. Shematski prikaz načina funkcioniranja pasivnih i aktivnih satelitskih senzora. Izvor: Wikipedia

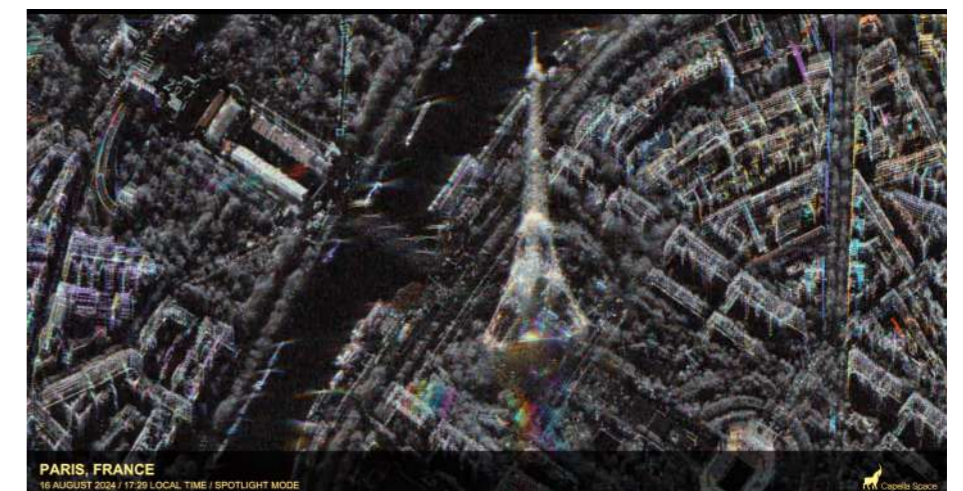


Slika 2: Park ispred Doma invalida u Parizu snimljen satelitima Planet Skysat. Obratite pažnju na ljude koji sjede na travnjaku. Izvor i copyright: Planet Labs

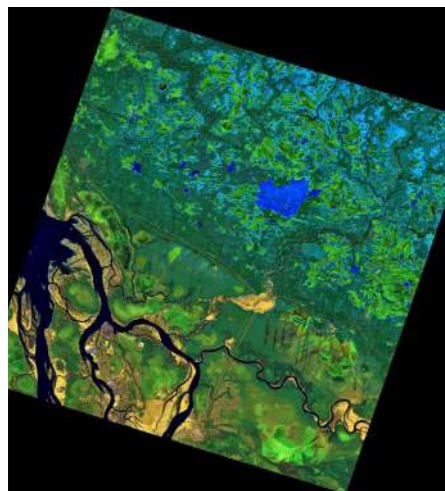
(430–2300 nm). Planet Labs SuperDoves opažaju u 8 kanala vidljivog i bliskog infracrvenog područja (multispektralni sustavi). Hiperspektralni sustavi, poput Hyperfield-1 (160 kanala) ili EnMAP-a (246 kanala), omogućuju finiju analizu (slika 4).

Vremenska rezolucija

Vremenska rezolucija pokazuje koliko često satelit snima isto područje. Landsat ima ciklus od 16 dana, Sentinel-2 od 10 dana (5 dana uz oba satelita). Planet SuperDoves snimaju svakih 1–2 dana, a sustavi poput Skysata ili Maxar Worldview Legion i do 15 puta dnevno. Na slici 6 vidimo primjer satelitskih snimaka snimljenih Maxar Worldview Legion satelitima s vremenskom rezolucijom od nekoliko sati.



Slika 3. - snimka Eiffelovog tornja u Parizu dobivena radarom sa sintetičkom aperturom (SAR) satelitom finske tvrtke ICEYE. Tehnika SAR koristi aktivne senzore koje emitiraju mikrovalno zračenje i mjere njihovu refleksiju od površine. Kombiniranjem signala prikupljenih tijekom kretanja satelita stvara se "virtualna" antena mnogo veća od fizičke, što omogućuje visoku prostornu rezoluciju. Budući da oblaci ne smetaju mikrovalnom zračenju, sateliti sa sar tehnologijom se mogu koristiti neovisno o vremenskim uvjetima ili osvjetljenju. Izvor i copyright: ICEYE



Slika 4. Primjer hiperspektralne snimke, snimljene satelitom EnMAP. Snimka prikazuje jezero Ižmozero, označeno svijetloplavom bojom u gornjem središnjem dijelu slike. Slika je kombinacija triju kanala na valnim duljinama: 1620 nm, 1070 nm i 550 nm. Izvor: <https://www.enmap.org/news/2025-05-27-IOM/>

Prostorna rezolucija

Prostorna rezolucija označava najmanju vidljivu veličinu objekta. Landsat snima s 30 m, Sentinel-2 s 10 m, Planet SuperDoves oko 3 m, Skysat 50 cm, a Maxar Worldview 30 cm. Umjetna inteligencija može slike dodatno izoštriti na 15 cm. No, veća prostorna rezolucija nije uvijek bolja. Sustavi često balansiraju prostornu, spektralnu i vremensku rezoluciju. Skysat primjerice nudi prostornu rezoluciju od 50 cm i 10–15 snimaka dnevno,

ali u samo četiri kanala (crveni, zeleni, plavi i pankromatski – široki kanal koji obuhvaća cijeli vidljivi spektar). Na slici 5 možemo vidjeti koji efekat drukčija prostorna rezolucija ima za vidljivost određenog područja na Zemlji. Svaka kombinacija ima specifične prednosti i primjene.

Analiza

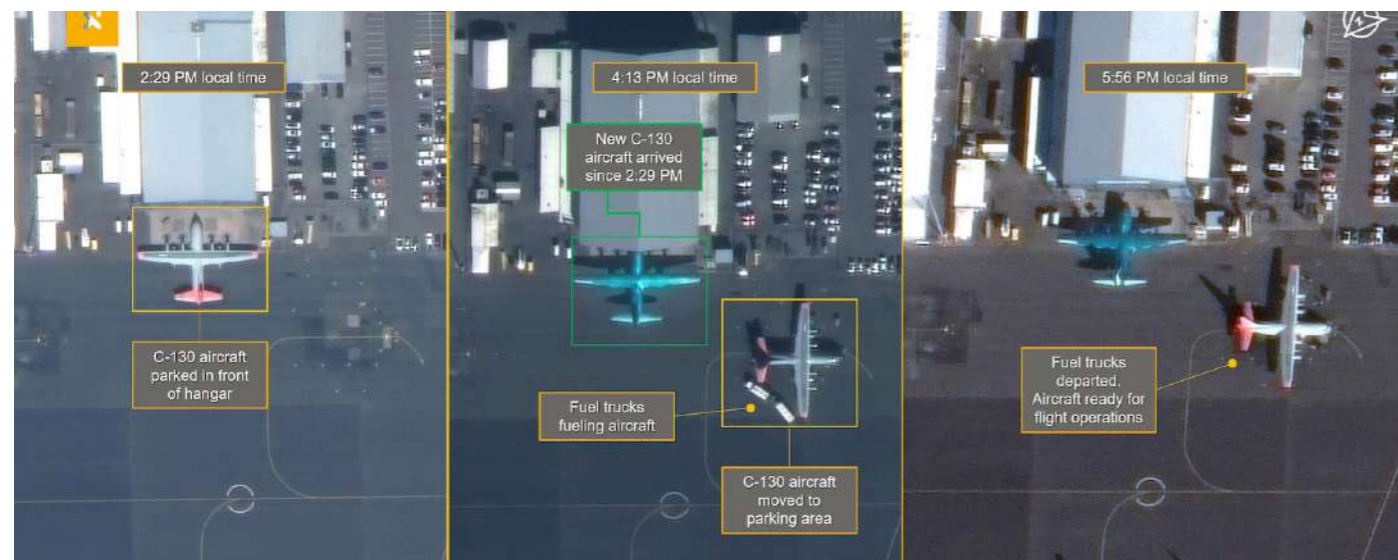
Analiza geoprostornih podataka obuhvaća širok spektar metoda, kako u komercijalnoj tako i u znan-

stvenoj primjeni. Jednostavne analize često se temelje na indeksima, poput NDVI-ja, koji nastaju kombiniranjem vrijednosti piksela iz različitih kanala. Složenije analize koriste strojno učenje i umjetnu inteligenciju, omogućujući prepoznavanje obrazaca i automatsku interpretaciju.

Nakon što smo upoznali temeljne karakteristike satelitskih podataka, u sljedećem članku usredotočiti ćemo se na konkretne primjere njihove analize u praksi.



Slika 5. Usporedba snimaka istog područja snimljenih s različitim prostornih rezolucijama. Izvor: [iptsat.com](https://www.ipsat.com)



Slika 6. Zračna luka u Christchurchu, Novi Zeland, snimljena nekoliko puta u razdoblju od tri sata istim satelitom iz konstelacije Maxar Worldview Legion 7. studenoga 2024., prikazujući kretanje zrakoplova i operacije točenja goriva gotovo u stvarnom vremenu. Izvor i copyright: Maxar Technologies, Inc.

ATMOSFERSKA OPTIKA

Aerodinamički kondenzacijski tragovi

Piše:
Marko Posavec

Bijele trake iza aviona posljednjih su godina na zlu glasu zbog jedne od najuspješnijih teorija zavjera ikada. Ako nismo skloni vjerovati glupostima, razumjet ćemo što su i kako se pojavljuju; temeljna fizika njihovog nastanka nije baš tako komplicirana. Vruć i vlažan zrak naglo je izbačen u okoliš čija je temperatura debelo ispod nule, naglo se kondenzira i smrzava te u principu stvara oblak. Ako je gore suh i relativno topao zrak tragovi se neće vidjeti, ako je hladan i vlažan tragovi će se širiti pa u konačnici prekriti dobar dio neba.

No, postoji još jedna zanimljiva vrsta tragova aviona za koje će vam trebati dalekozor da ih dobro vidite, iako se mogu uočiti i golim okom. Jednom kad ih spazite i naučite prepoznati, češće ćete ih uočavati. To su takozvani aerodinamički kondenzacijski tragovi. Tako su nazvani jer ne nastaju ispuhom iz motora aviona nego padom tlaka zraka oko aviona. Zajedno s tlakom pada i temperatura - molim fizičare da mi oprostite ovo pojednostavljanje - pa se vodena para u zraku kondenzira i naglo smrzava u ledene kristaliće. Tako nastaje bijela ploha iza zrakoplova, široka koliki mu je raspon krila, s "rupom" ili prorezom iza trupa - trup ne stvara ovaj trag pa ostavlja svoju "sjenu" u njemu.

Kako nastaju?

Budući da aerodinamički tragovi nastaju smrzavanjem okolišne vodene pare, a ne one koju izbacuju avionski motori, očito mogu nastati samo u vrlo vlažnom zraku. To je ujedno i razlog zašto ih najčešće vidimo lje-



Iridescentan aerodinamički trag iza Boeinga 777 na više od 10 tisuća metara. Foto: Marko Posavec, teleskopom s tla

ti: topao zrak može sadržavati više vodene pare. Zrak na visini leta zrakoplova mora biti relativno hladan i vlažan. Zrak je obično vlažniji bliže tlu pa aerodinamičke tragove češće vidimo iza većih zrakoplova na manjoj visini leta, negdje od 9 do 10 i pol tisuća metara.

Aerodinamički tragovi imaju i jedan fantastičan vizualni efekt. Kako se sastoje od velikog broja naglo smrznutih kristalića leda, ti su kristalići vrlo jednolike veličine i dovoljno sićušni da se na njima vidi irizacija, pojava duginih boja zbog ogiba svjetlosti na sitnim česticama. Na isti način nastaju i boje u vijencu (koroni) oko Sunca i Mjeseca. Ako je trag pod povoljnim kutom u odnosu na Sunce, vidjet ćemo kako avion ostavlja "dugu" na nebu. Boje su najjače bliže avionu. Dalje u tragu kristalići se sudaraju, rastu, miješaju i više nisu jednolični pa se i boje gube.

Sličan fenomen su i one male vrtložne vrpce ponekad vidljive iza krakova rotora helikoptera ili avionskih propelera, pogotovo za kišnog vremena. Možda ste ih primijetili iza krila zrakoplova u kojem se polijetali ili slijetali, ili ako ste gledali Rafale kako manevriraju na nekom preletu. I ti tragovi nastaju kondenzacijom vodene pare prilikom pada tlaka zraka u vrtložnim brazdamama iza krila zrakoplova.

Kako ih prepoznati?

Aerodinamičke tragove prepoznat ćete po svijetloj vrpici iza zrakoplova, naočigled široj od tragova koje bi ostavili motori. Ponekad se i naglo smrzava iza zrakoplova - u prvi tren se čini kao da ne ostavlja trag, a onda se malo iza njega najednom stvori bijela linija. Uzmite dalekozor i pokušajte vidjeti boje, samo pazite da slučajno ne gledate u Sunce.



Lijepa irizacija na aerodinamičkom tragu Boeinga 777. Foto: Marko Posavec

U DRUŠTVU OBLAKA

Munje, prirodni visokonaponski eksperimenti

Piše:

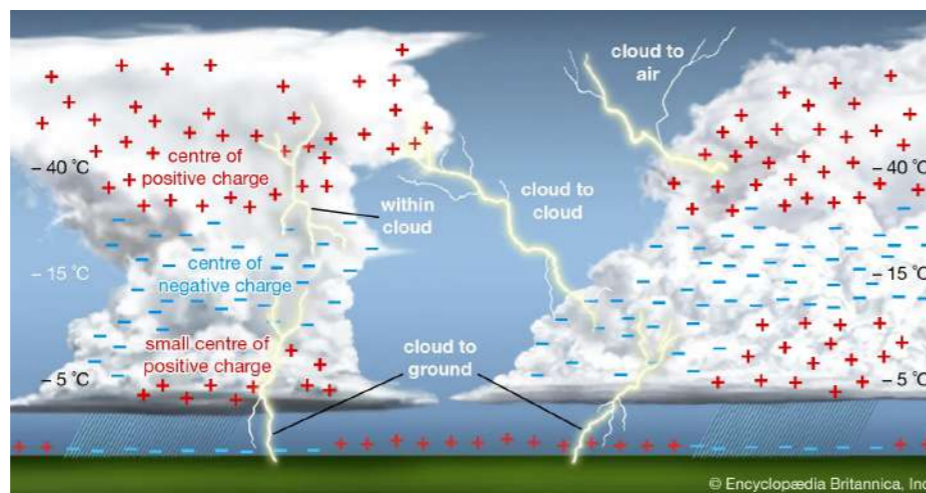
Maja Kraljik

Nastavljajući na prošli članak, u ovom posvećujemo pažnju pojavi koju svi poznaju i za koju su svi čuli, munjama. Osobno sam pogledala brojne dokumentarce i emisije o munjama te njihovoj povezanosti s prirodnim procesima na Zemlji i moram priznati da sam i dandanas fascinirana određenim činjenicama, iako neka znanstvena istraživanja još nisu potpuno zaključena.

Što je zapravo munja?

Moram biti iskrena i reći da se svaki puta naježim kada mi netko kaže da je „vidio grom“ ili da je „grom nekoga udario“. Ispravno je reći: vidio je munju, a čuo grom.

Munja je pojava prirodnog električnog pražnjenja vrlo kratkog trajanja i iznimno visokog napona, između oblaka i tla ili unutar samih oblaka.



Procesi koji dovode do nastanka munje

Ilustracija: @Encyclopedia Britannica

Ovo naglo elektrostatičko pražnjenje stvara snažan bljesak svjetlosti i zvuk grmljavine. **Grom** je zvučni efekt nastao naglim zagrijavanjem zraka prolaskom munje. **Grmljavina**

je prodorna, neprekidna tutnjava uzrokovana nizom takvih udara. Zašto prvo vidimo bljesak, a tek onda čujemo grmljavinu? Zato što se svjetlost širi brzinom od približno 300.000 km/s, dok je brzina zvuka u zraku oko 340 m/s. Svjetlost je dakle neusporedivo brža.

Razvoj munje

Iako znanstvenici još uvijek nemaju potpuno objašnjenje zašto se javlja munja, dobro razumiju kako do nje dolazi. Proces počinje stvaranjem električnog naboja unutar oblaka. Kada je tlo vruće, ono zagrijava zrak iznad sebe. Topli zrak se diže, a oblak se širi i raste. Međutim, temperatura nije ravnomjerno raspoređena unutar oblaka. U gornjim dijelovima oblaka temperature su ispod nule pa se vodena para pretvara u ledene kristale. U središtu oblaka sudaraju se sitni komadići leda, a ti sudari proizvode električni naboj.



Udar munje između oblaka i površine mora. Foto: Maja Kraljik



Udar pozitivne munje. Foto: Maja Kraljik

Pozitivno nabijene čestice skupljaju se u gornjim dijelovima oblaka, a negativno nabijene u donjem sloju. Kada se razlika naboja dovoljno poveća, dolazi do naglog pražnjenja, odnosno munje. Ako se na tlu ispod oblaka stvori nakupina pozitivnog naboja, on privlači negativni naboj iz oblaka, koji se koncentrira oko svega što "strši" u zrak. Zato drveće, tornjevi, pa čak i ljudi postaju jako dobri "gromobrani." Pozitivni naboj iz zemlje povezuje se s negativnim nabojem iz oblaka, stvarajući munje od oblaka do zemlje.

Vrste munja

Unutar oblaka (Intra-cloud): najčešći tip munje koji se događa potpuno unutar oblaka, skačući između različitih regija naboja unutar istog oblaka. **Oblak u oblak (Cloud to cloud):** munja koja se javlja između dva ili više odvojenih oblaka. **Iz oblaka u tlo (Cloud to ground):** udar munje između oblaka i površine Zemlje. **Munja iz „vedra neba“ (Bolt from the blue, positive lightning bolt):** najopasnija, i najcjenjenija među nama koji ih fotografiramo. Pozitivna munja koja nastaje iz nakovnja (updrafta) olujne čelije, putuje vodoravno kilometrima (i desecima kilometara, a ima slučajeva i preko 100 km) te zatim udara o tlo. Stoga može neočekivano udariti negdje dalje od oluje gdje je nebo vedro. **Paukova munja (Anvil crawler):** nastaje kada se vod munje širi u horizontalno opsežnim područjima naboja u zrelih oluja-

ma, obično u stratiformnim regijama mezorazmjernih konvektivnih sustava. Ta pražnjenja obično počinju kao IC (intra cloud) pražnjenja koja potječu iz konvektivnog područja; negativni predvodnički kraj zatim se širi u gore spomenuta područja naboja u stratiformnom području. Ako jedan vod postane predug, može se odvojiti u više dvosmjernih vodova. Kada se to dogodi, pozitivni kraj odvojenog vod može udariti u tlo kao pozitivna CG (cloud to ground) munja ili "puzati" po donjoj strani oblaka, stvarajući spektakularan prikaz munje koja "gmiže" po nebu. **Kuglasta munja (Ball lightning):** oblik je munje dugoga trajanja, atmosferski električni fenomen čija je fizička priroda još uvijek kontroverzna. Izraz se odnosi na izvještaje o sferičnim objektima koji mogu biti od veličine graška do nekoliko metara u promjeru. Pojavljuje se vrlo rijetko kao traka

svijetlećih odsječaka umjesto kontinuiranog kanala. Uzroci nastanka su nepoznati, a predložene su mnoge teorije. Ta se atmosferska pojava javlja u obliku pokretne svijetleće kugle od nekoliko desetaka centimetara u promjeru. Obično se javlja tijekom oluja, i to blizu tla, a može biti crvena, narančasta ili žuta. Često je praćena pištećim zvukom i neobičnim mirisom (goreći sumpor). Traje nekoliko sekundi do nekoliko minuta te iznenada nestaje, ili tiho ili uz eksploziju.

Udar munje

Munja nije samo spektakularna, već je i opasna. Godišnje u svijetu od munje strada oko 2000 ljudi. Stotine ih je preživjelo, ali pate od raznih trajnih simptoma, uključujući gubitak pamćenja, vrtoglavicu, slabost, utrnulost i druge bolesti koje im mijenjaju život. Udar munje može uzrokovati srčani zastoj i teške opekline, no ipak 9 od svakih 10 ljudi preživi. Ekstremna vrućina munje isparit će vodu unutar stabla, stvarajući paru koja može raznijeti stablo. Iako za vrijeme grmljavinskog nevremena nije naj mudrije biti vani, ako se ipak zateknete na otvorenom, a automobili vam je u blizini, iskoristite ga kao sigurno utočište od munje. Kada munja udari u automobil, on se ponaša kao Faradayev kavez, usmjeravajući elektricitet po vanjskoj površini vozila i sigurno ga odvodeći u zemlju. Tako da ste u automobilu poprilično sigurni za vrijeme oluje.

Pratite meteo prognoze, čuvajte se i poštujujte prirodu i njezine pojave.



Udar Paukove munje. Foto: Maja Kraljik

TAJNA SUNČEVE SVJETLOSTI

Čudesna priča o kvantnom tuneliranju

Piše:

Mihael Varga, mag. phys.

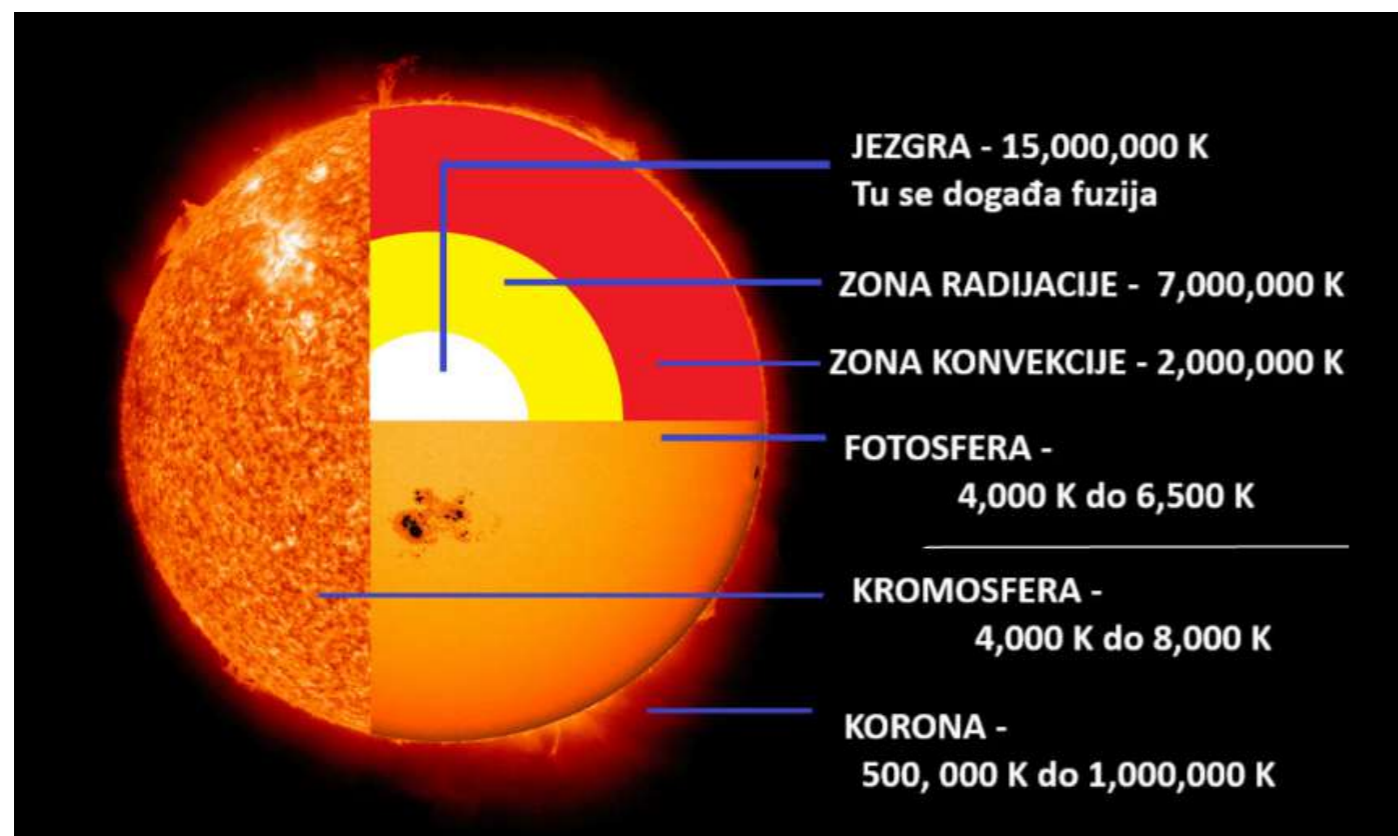
Svaki put kada osjetimo toplinu sunčevih zraka na licu ili vidimo dugu nakon kiše, svjedočimo jednom od najvećih čuda svemira - konstantnom sjaju naše zvijezde. Ono što mnogi ne znaju jest da bez kvantne fizike, te čudne i neobične grane znanosti koja opisuje ponašanje najsitnijih čestica u prirodi, Sunce uopće ne bi moglo sjajiti. Ova priča govori o tome kako kvantni svijet, toliko malen da ga ne možemo zamisliti, omogućuje postojanje života kakvog poznajemo.

Znanstvena zagonetka

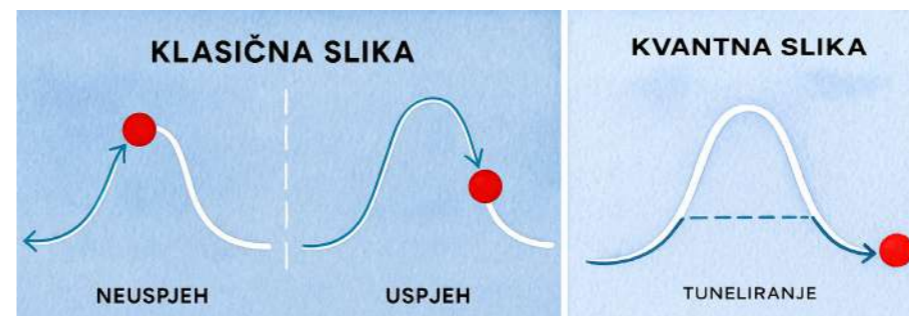
Početkom 20. stoljeća, astronomima je bilo jasno da Sunce već milijardama godina neprestano zrači ogromne količine energije. Izračunali su da se svake sekunde u Sunčevoj jezgri pretvori četiri milijuna tona materije u čistu energiju prema Einsteinovoj formuli $E=mc^2$. No postojao je ogroman problem: klasična fizika pokazivala je da fuzija u Suncu nije moguća. No, što je uopće nuklearna fuzija?

U središtu Sunca, gdje temperatura

iznosi oko 15 milijuna kelvina, materija je u stanju plazme - to je oblik u kojem su atomi potpuno ionizirani, a jezgre i elektroni slobodno se gibaju. Za početak nuklearne fuzije, potrebne su četiri jezgre vodika (protoni) koje se, kroz niz koraka, spajaju u jezgru helija. Taj proces nazivamo nuklearnom fuzijom - u njemu se lake atomske jezgre spajaju u teže, pri čemu se oslobađa ogromna količina energije koja pokreće i održava sjaj Sunca. Masa helija je nešto manja od zbroja masa četiriju protona. Ta



Presjek Sunca s prikazom njegovih slojeva



Razlika između klasičnog i kvantnog pogleda na prelazak energetske barijere

"nestala" masa - oko 0.7% ukupne mase - pretvara se u čistu energiju. To je milijune puta više energije nego što daje bilo koja kemijska reakcija, poput gorenja ugljena ili benzina.

Problem: Protoni se prirodno odbijaju. Protoni imaju pozitivan naboj pa se električki odbijaju, i što su bliži jedan drugome, to se jače odbijaju. Da bi se spojili, protoni se moraju približiti na udaljenost manju od 2-3 femtometra (jedan femtometar je tisuću milijardi puta manji od milimetra, a to je 100.000 puta manje od veličine atoma). To je udaljenost gdje počinje djelovati jaka nuklearna sila između protona koja ih može "uhvatiti" i spojiti jer je oko 100 puta jača od odbojne električne sile.

Da bi se tako približili, moraju svladati to jako odbijanje, takozvanu Coulombovu barijeru (električna sila naziva se još Coulombova sila), a to zahtijeva energiju. To je otprilike kao da postoji električni zid koji sprječava čestice da se spoje.

Znamo da se sve čestice u prirodi gibaju, i to jače što su više zagrijane - zato se tinta recimo brže rasprši u vrućoj vodi nego u hladnoj. Čestice zbog gibanja imaju kinetičku energiju - energiju gibanja - koja je veća što je veća brzina gibanja čestice. Tako se i protoni u Suncu zbog visoke temperature gibaju velikim brzinama i imaju veliku kinetičku energiju. Ta kinetička energija pomaže protonima da se približe jedni drugima usprkos Coulombovom odbijanju. Znamo iz iskustva da za savladavanje veće sile trebamo imati veću energiju - tako recimo kad zabijamo čavao u drvo, moramo čekićem jače zamahnuti da on lakše uđe u drvo (savlada barijeru) jer tad ima veću energiju. Energija potrebna protonu

za savladavanje Coulombove barijere u Suncu je oko 1 MeV (milijun elektronskih volti). Nasuprot tome, tipična kinetička energija čestice u jezgri Sunca iznosi oko 1 keV (tisuću puta manje!). Dakle klasično govoreći u Sunčevoj jezgri čestice nemaju dovoljno energije da se približe na potrebnu udaljenost za početak procesa fuzije. Prema klasičnoj fizici, Sunce bi trebalo biti tiha, beživotna kugla plina - bez sjaja, bez topline.

Pa kako onda Sunce već 4.6 milijardi godina neprestano proizvodi energiju koja nam omogućuje život na Zemlji? Odgovor leži u kvantnoj fizici i jednom od najčudesnijih fenomena prirode...

Ključ fuzije

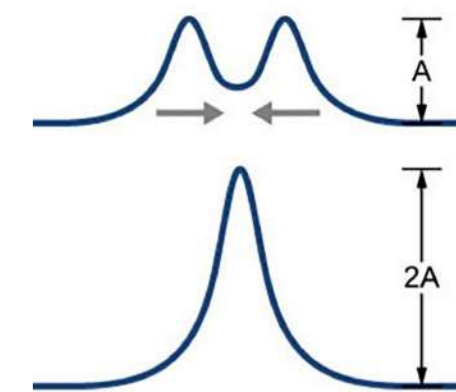
Rješenje ovog paradoksa dolazi iz kvantne mehanike i fenomena zvanog kvantno tuneliranje. U kvantnom svijetu, čestice poput protona ne ponašaju se kao male kuglice s točno određenim položajem i brzinom. Umjesto toga, opisuju se "valnim funkcijama" - matematičkim objektima koji pokazuju vjerojatnost gdje se čestica može pronaći.

Prema Heisenbergovom principu neodređenosti, pozicija i brzina čestice ne mogu se istovremeno točno znati. Proton se zato ne nalazi točno na jednom mjestu, već se prostire kroz prostor poput vala. Ova valna priroda omogućuje mu da "protunelira" kroz barijeru čak i kada nema dovoljno kinetičke energije da je klasično preskoči. Za fuziju, valne funkcije dvaju protona moraju se preklopiti, slično kao dva kamena bačena u vodu čiji se valovi na površini sudaraju i stvaraju nove obrasce. Kad se valovi pojačaju, vjerojatnost fuzije raste jer protoni mogu doći dovoljno blizu

da jaka nuklearna sila djeluje. Vjerojatnost da protoni uspješno tuneliraju i spoje se izuzetno je mala - približno kao da tri puta zaredom dobijete glavni dobitak na lutriji. No, u Sunčevoj jezgri nalazi se toliko protona da se takvi "nemogući" sudari događaju trilijune puta u sekundi.

Neutrino, kvantni glasnik

Dokaz kvantnog tuneliranja u Suncu potvrđuju solarni neutrini: njihova brojnost i energija odgovaraju predviđanjima proton-proton lanca, što znači da je tuneliranje jedini mogući put do fuzije. Proton-proton lanac je niz reakcija spajanja protona u jezgru helija, pri čemu se u prvom koraku jedan proton pretvara u neutron putem slabe nuklearne sile, a tom prilikom nastaje neutrino - gotovo bezmasena čestica koja jedva reagira s drugom tvari. Neutrini slo-



Preklapanje dva brijega kod valova na vodi

obodno napuštaju Sunčevu jezgru i putuju do Zemlje gotovo neometano. Eksperimenti poput Homestake ogledala početkom 1960-ih i kasniji Super-Kamiokande detektori izmjerili su tok neutrina koji u potpunosti odgovara kvantno-tuneliranoj fuziji. Kvantno tuneliranje nije jedinstveno za zvijezde. Ono omogućuje alfa-raspad radioaktivnih elemenata, prolazak elektrona kroz potencijalne barijere u tunelskim diodama te ključno sudjeluje u kemijskim reakcijama na niskim temperaturama, primjerice u enzimskoj katalizi u živim stanicama. Ovaj univerzalni fenomen otvara vrata procesima koje klasična fizika ne može objasniti - od zvjezdanih jezgri do mikroskopske biologije.

SUNCE POD POVEĆALOM

Mjerenje veličine Sunčevog diska

Piše:

Melita Sambolek, prof.

Sunce je naš najbliži zvjezdani susjed i važan izvor energije na Zemlji. Iako se čini kao mala svjetlosna točka na nebu, njegova stvarna veličina je fascinantna. Sunce je zapravo goleme plazmena kugla promjera oko 1,39 milijuna kilometara, a od Zemlje je udaljeno približno 149,6 milijuna kilometara. Upravo zbog te velike udaljenosti, Sunce se na nebu doima kao mali disk promjera oko 0,5 stupnja (ili 32 lučne minute). To je prividna veličina Sunca za promatrača na Zemlji i znači da Sunčev disk zauzima nešto više od pola stupnja na nebu (za usporedbu, cijeli krug jest 360 stupnjeva). Prividna veličina nebeskog tijela ovisi o njegovom stvarnom promjeru i udaljenosti od promatrača.

Koliko je zapravo Sunce veliko može se jasnije uočiti ako se uspoređi sa Zemljom. Promjer Zemljine kugle na ekvatoru približno je 109 puta manji od promjera Sunčeve kugle. To znači da bismo unutar Sunca duž ekvatora mogli složiti jednu do druge 109 manjih kugli veličine Zemlje.

Udaljenost Zemlje od Sunca varira tijekom godine. Početkom siječnja najbliže je Zemlji, u perihelu, na oko 147,1 milijuna kilometara, dok je početkom srpnja, u afelu, na oko 152,1 milijuna km. Ova razlika od oko 5 milijuna kilometara utječe na prividnu veličinu Sunca – ono izgleda nešto veće u siječnju nego u srpnju, no razlika je mala i nije lako primjetna golim okom.

Tipovi zvijezda

Iako se sve zvijezde na nebu čine kao točkice, one se međusobno znatno

razlikuju po veličini, temperaturi, sjaju i životnom vijeku. Astronomi ih klasificiraju prema spektralnom tipu, koji ovisi o površinskoj temperaturi i boji zvijezde, u razrede označene slovima: O, B, A, F, G, K, M, koji se dodatno dijele u podrazrede označene brojevima. Tako su primjerice plave divovske zvijezde iz razreda O i B najveće i najvruće, crveni patuljci iz razreda M pak su manji od Sunca i najbrojniji, a zvijezde iz razreda K i M stotine puta veće od Sunca pri-

padaju divovima i superdivovima. Sunce pripada tipu G2V, što znači da je žuta zvijezda srednje veličine s površinskom temperaturom oko 5778 K, a slovo V označava da je u sredini svog životnog ciklusa (vodik pretvara u helij).

Pokus

U ovom članku pokazat ćemo kako se pomoću jednostavnog kućnog eksperimenta može izmjeriti prividna veličina Sunčevog diska i izraču-



Pribor potreban za izvođenje pokusa



Rupica za projekciju Sunca načinjena iglom



Milimetarski papir kao ekran na koji se projicira slika Sunca



Kutiju pozicionirati tako da je rupica za projekciju usmjerena prema Suncu



Slika Sunčevog diska

nati njegov stvarni promjer. Za izvođenje eksperimenta trebat će vam: kartonska kutija (što veće duljine), komad aluminijske folije, igla ili pribadača, milimetarski papir, ljepljiva traka te ravnalo ili metar.

Kutiju pripremite tako da na jednom kraju s vanjske strane zalijepite komad aluminijske folije. U sredini folije napravite malu rupicu iglom – to će služiti kao rupica za projekciju. Na suprotnom unutarnjem kraju kutije zalijepite milimetarski papir. To će biti ekran na kojem se projicira slika Sunca. Postavite kutiju tako da rupica bude okrenuta prema Suncu. Unutar kutije, na milimetarskom papiru (u sjeni), pojavit će se svijetla točka – projekcija Sunčevog diska. Izmjerite promjer svijetle točke na milimetarskom papiru te udaljenost između rupice i ekrana odnosno duljinu kutije. Kada postavite kutiju okrenutu prema Suncu, ispod nje postavite stalak (mogu poslužiti knjige ili druga kutija i sl.) tako da kutiju ne trebate pridržavati rukom. To će

smanjiti podrhtavanje i omogućiti preciznije mjerenje. Svijetla točka koju ćete dobiti u projekciji je jako mala, svega nekoliko milimetara, stoga ju možete fotografirati mobitelom, zatim povećati sliku i time preciznije odrediti promjer točke na milimetarskom papiru. Što je duljina kutije, tj. udaljenost između rupice i ekrana veća, to će i svijetla točka u projekciji biti veća.

Izračun promjera Sunca

Za računanje promjera Sunčevog diska koristi se princip sličnosti trokuta. Rupica u foliji djeluje kao otvor kamere, a slika Sunca na ekranu proporcionalna je stvarnoj veličini Sunca. Stoga se ove veličine mogu usporediti i zapisati kao slijedeći omjer:

$$\frac{D_s}{R} = \frac{d}{L}$$

gdje je D_s = stvarni promjer Sunca, d = promjer slike Sunca na ekranu, L = udaljenost između rupice i ekrana, a R = udaljenost od Zemlje do Sunca. Iz toga slijedi formula za izračun stvarnog promjera Sunca:

$$D_s = \frac{d R}{L}$$

U pokusu prikazanom na slikama, duljina kutije od rupice do milimetarskog papira iznosila je 31 centimetar, a promjer točke u projekciji 3 milimetra. Sve brojčane vrijednosti potrebno je izraziti u istim mjernim jedinicama prije nego se provede račun. Uvrštavanjem podataka mjerenja u metrima dobiva se:

$$D_s = \frac{0,003 \text{ m} \cdot 149,6 \cdot 10^6 \text{ m}}{0,31 \text{ m}} \\ = 1,45 \cdot 10^9 \text{ m} = 1,45 \cdot 10^6 \text{ km.}$$

Kada se ovaj rezultat od 1,45 milijuna kilometara uspoređi sa stvarnom vrijednošću 1,39 milijuna kilometara, uočava se razlika koja ovisi o preciznosti mjerenja, budući je projekcija Sunca u obliku točke jako mala. Razlika je svega 60 tisuća kilometara što je prilično malo u usporedbi s promjerom u milijunima kilometara, odnosno oko 4,3 %. Podesite li u eksperimentu veću duljinu L , tada će i promjer točke d biti nešto veći i pogodniji za preciznije mjerenje. Uvijek je dobro načiniti više mjerenja i odrediti srednju vrijednost dobivenih vrijednosti. Prividna veličina Sunca za promatrača na Zemlji iznosi približno 32 lučne minute, odnosno oko 0,53 stupnja. Računa se pomoću trigonometrijske formule, no za male kutove može se koristiti formula (aproksimacija):

$$\theta \approx \frac{D_s}{R}$$

Uvrštavanjem podatka za promjer D_s dobivenog mjerenjem dobiva se vrijednost od 33 lučne minute (potrebno je dobiveni broj izražen u radijanima pretvoriti u stupnjeve, odnosno u lučne minute) i vrlo je blizu stvarnoj vrijednosti.

Ovaj je pokus izvrstan način da se kroz praktičan rad upoznamo s osnovnim principima optike i astronomije. Iako ne daje savršeno točne rezultate, omogućuje razumijevanje odnosa između udaljenosti, veličine i projekcije svjetlosti te potiče znatiželju i kritičko razmišljanje, što je temelj svakog znanstvenog pristupa. Ako imate djecu, učenike ili ste jednostavno znatiželjni, svakako isprobajte ovaj pokus – možda vas iznenadi koliko se može naučiti iz jedne obične kutije.

ASTRONOMIJA

Kuglasti skupovi zvijezda

Relikti ranog svemira

Piše:

Pavle Rajković

Malo je objekata koji mame uzdahe amaterskih astronoma kao što to čine kuglasti skupovi. Međutim, taj osjećaj divljenja postaje višestruko veći ako se poznaje priroda i podrijetlo ovih prastarih objekata. Riječ je o jednim od najmisterioznijih objekata dubokog neba, kod kojih je još mnogo toga u domeni teorije. U ovom tekstu pokušat ćemo, uz minimum fizike, približiti ove drevne grupacije zvijezda kako astroamaterima, tako i čitateljima koji žele dublje spoznati složenost svemira.

Priroda i sastav

Kuglasti skupovi su guste grupacije ogromnog broja zvijezda, koje se više od 10 milijardi godina drže zajedno kombiniranom gravitacijom svojih članica. Jedni su od najdrevnijih objekata u svemiru, čija starost

nerijetko doseže i 13 milijardi godina. Uzimajući u obzir da je to vrlo blizu samoj starosti svemira, jasno je da su kuglasti skupovi jedna od njegovih prvih kreacija. Sam broj zvijezda unutar kuglastih skupova je zapanjujući – od nekoliko stotina tisuća do preko milijun. Sve te zvijezde unutar skupa raspoređuju se u obliku sfere, gdje je gustoća zvijezda veća prema središtu. To središte stvara gravitacijsku silu koja veže zvijezde na periferiji. Zvijezde unutar skupa nisu stacionarne, već se sve kreću oko centra mase skupa.

Za razliku od otvorenih skupova koji obitavaju unutar diska galaksija, kuglasti su uglavnom nastanjeni u galaktičkom halou. Oni tu ne miruju, već se kreću oko jezgre galaksije i pri tome periodično prolaze blizu ravnine galaktičkog diska. Ta rotaci-

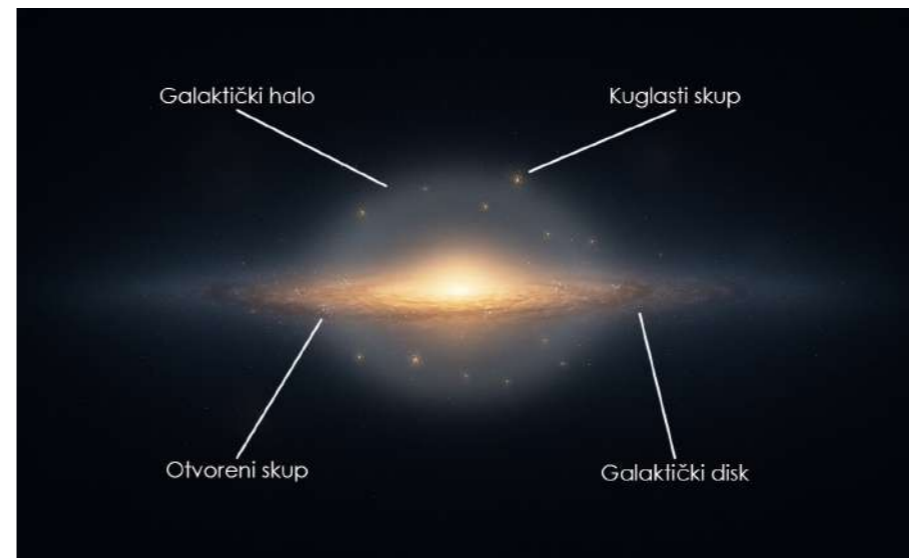
ja je vrlo spora i mjeri se u stotinama milijuna godina, ponekad i milijardama. Stoga je jasno da su udaljenosti kuglastih skupova od Sunca znatno veće nego što je to slučaj s otvorenim skupovima. Uglavnom je riječ o udaljenostima koje se mjere desecima tisuća svjetlosnih godina, a ponekad i stotinama tisuća. Kao primjer možemo navesti kuglasti skup NGC 2419 („Intergalaktička lualica“) u zviježđu Risa. Skup se nalazi izvan Mliječne staze, na granici regije koja se naziva „Intergalaktička praznina“. Od nas je udaljen čitavih 275.000 ly, što je gotovo 10 puta više od udaljenosti svima poznatog skupa M13. Stoga treba imati na umu da svaki put kada promatramo kuglasti skup, mi gledamo 2D sliku, tj. projekciju nebeskih tijela na dvodimenzionalnu ravninu, te da su sve zvijezde u vidnom polju daleko bliže nama od samog skupa.

Koliko god dinamika i životni ciklus kuglastih skupova bili zanimljivi, njihov je sastav poprilično homogen. Naime, zbog svoje ogromne starosti, sve plave zvijezde unutar skupova odavno su nestale ili evoluirale dalje od faze glavnog niza, pa su ostale samo stare crvene zvijezde siromašne metalima. Također, sve maglice su se odavno raspršile, pa nema ni regija formiranja zvijezda koje bi obogatile skup novim zvijezdama. Međutim, da sve ne bude tako monotono, pobrinule su se čudnovate plave zvijezde, poznate kao „blue stragglers“. Ne zna se u potpunosti kako su ovi plavi „uljezi“ uspjeli opstati unutar kuglastih skupova.



Messier 5, u zviježđu Zmije, jedan je od najspektakularnijih skupova na noćnom nebu. Divno je uparen sa zvijezdom 5 Serpentis. Međutim, sve je to „optička varka“, jer je M5 gotovo 300 puta udaljeniji od zvijezde. Mi ih vidimo „zajedno“ zato što se nalaze na istoj liniji pogleda sa Zemlje. Na fotografiji se također vidi kako iz skupa izbija svjetlost prastarih crvenih zvijezda, koje čine veliku većinu populacije kuglastih skupova.

Foto: Tomislav Anić



Kuglasti skupovi obitavaju u halou galaksije, za razliku od otvorenih koji se nalaze u galaktičkom disku. Dok je lokacija otvorenih skupova koje možemo opaziti ograničena na našu i dvije susjedne spiralne ruke, kuglasti skupovi vidljivi teleskopima mogu se nalaziti čak i s druge strane galaktičkog centra, a njihova udaljenost od Zemlje desetima je puta veća od udaljenosti otvorenih skupova. Ilustracija: Jan Novak

Smatra se da je interakcija s ostalim zvijezdama skupa promijenila njihov evolucijski put na način koji još uvijek nije potpuno jasan. Vjeruje se da su te zvijezde nastale prijenosom mase s manje na veću zvijezdu, bilo od manjeg prema većem članu binarnog sustava, bilo spajanjem dviju zvijezda u jednu unutar vrlo gustih populacija zvijezda.

Do sada je u halou Mliječne staze otkriveno nešto više od 160 kuglastih skupova. Smatra se da ih ima i više, ali je njihova detekcija vrlo teška. Već smo spomenuli da se kuglasti skupovi nalaze u halou galaksije te da kruže oko galaktičkog centra. Što je skup dalje od centra, to ga je lakše detektirati. Ako je skup blizu galaktičke ravnine, njegovo uočavanje postaje znatno kompliciranije. Primjerice, gotovo svi skupovi iz Palomarova kataloga otkriveni su tek pregledom fotografskih ploča, jer im je lokacija vrlo nepovoljna za vizualno promatranje. Unutar nekih drugih galaksija broj kuglastih skupova je daleko veći nego kod Mliječne staze i mjeri se u tisućama. Primjerice, superdivovska eliptična galaksija M87 u zviježđu Djevice dom je čitavih 12.000 – 15.000 kuglastih skupova.

Misterij podrijetla

Nastanak kuglastih skupova još je

uvijek pod velom misterija. Postoje samo teorije i matematičko-fizički modeli koji objašnjavaju njihovu prisutnost unutar galaksija. Iako danas gotovo svi kuglasti skupovi nastanjuju haloe galaksija, smatra se da oni najveći nisu nastali u njima, već da su otrgnuti od manjih satelitskih galaksija pri njihovom spajanju s većom. Neki od skupova bili su i jezgre tih manjih galaksija. Kao primjer možemo navesti davno nestalu galaksiju Gaia Enceladus. Riječ je o patuljastoj galaksiji koja je nekada kružila oko Mliječne staze. Naša ju je galaksija zahvatila prije nekih 9 – 11 milijardi godina i smatra se da je pri

tome barem 8 kuglastih skupova koji su bili dio Gaie postalo članovima Mliječne staze. Neki poznati skupovi poput M2, M56 i M75, pa možda čak i M13, nekada su bili dio ove patuljaste galaksije. Dva masivna skupa, NGC 2808 i NGC 1851, kandidati su za samu jezgru Gaia Enceladus. Postoje čak i skupovi koji još uvijek pripadaju satelitskim galaksijama. Takav je sjajni skup M54 u zviježđu Strijelca. Istraživanja čiji su rezultati objavljeni 1994. godine pokazala su da M54 uopće nije član Mliječne staze, već je dio Sagittarius Dwarf Elliptical Galaxy, satelitske patuljaste galaksije Mliječne staze. M54 najvjerojatnije predstavlja jezgru te galaksije, pa je riječ o jednom od rijetkih ekstragalaktičkih kuglastih skupova koje je moguće promatrati amaterskim teleskopima. Stoga, kada gledamo u ovaj skup, mi u stvari promatramo jezgru galaksije koja kruži oko Mliječne staze.

Kolaps jezgre

Pri pregledavanju astrofotografija ili pri pogledu kroz teleskop lako se uočava da neki kuglasti skupovi imaju znatno gušće jezgre od drugih. Poneka jezgra su gusta do te mjere da izgledaju poput bijele bilijarske kugle. Ta pojava nije slučajna, već je rezultat procesa koji se naziva kolaps jezgre. Za razumijevanje ovog procesa držat ćemo se osnovne fizike: što je masa tijela koja se privlače veća, a udaljenost između njih manja,



Messier 15 u zviježđu Pegaza odličan je primjer skupa koji je prošao kroz kolaps jezgre. Skup je velik i sjajan te jedna od omiljenih meta astroamatera. Pri promatranju skupa jasno je vidljivo koliko mu je jezgra kompaktna i potpuno nerazlučiva.

Foto: Stjepan Prugovečki

to je veća i gravitacijska sila među njima. Sve zvijezde unutar jezgre skupa kreću se. Kada neka zvijezda jezgre dostigne dovoljno veliku brzinu, ona se može otrgnuti od jezgre i izdvojiti se iz nje. Pri tome dolazi do gubitka mase jezgre, kao i gubitka njezine ukupne kinetičke energije. Gubitak mase smanjuje njezinu gravitacijsku privlačnost i jezgra reagira tako da se zvijezde malo približe jedna drugoj. Time jezgra zadržava gravitacijsku ravnotežu koja drži sve ostale zvijezde skupa na okupu. Ako već ne može zadržati gravitacijsku silu masom, učinit će to smanjenjem udaljenosti među svojim članicama. Međutim, ne smijemo zaboraviti da se izlaskom zvijezde iz jezgre smanjila i njezina kinetička energija. Taj gubitak jezgra nadoknađuje tako da zvijezde malo ubrzaju. Pri toj povećanoj brzini još zvijezda napušta jezgru, a ona se sve više skuplja. Kada se taj proces ponovi dovoljno puta, dolazi do visoke koncentracije zvijezda unutar jezgre, koja postaje izuzetno zgusnuta. Za takav skup kaže se da je prošao kroz kolaps jezgre, a možda vizualno najpoznatiji takav skup je M15 u zviježđu Pegaza. Smatra se da je svaki peti skup prošao kroz ovaj proces.

Shapley-Sawyer klasifikacija

Već je rečeno da kuglasti skupovi pokazuju različit stupanj koncentracije prema centru – od onih čije su jezgre užarena gusta kugla, do skupova koji su toliko bez ikakve koncentracije da više nalikuju na otvorene skupove nego na kuglaste. 1920-ih godina čuveni astrofizičari Harlow Shapley i Helen Sawyer Hogg sastavili su sustav klasifikacije skupova prema njihovoj koncentriranosti prema centru. Oni su sastavili skalu od I do XII, gdje skupovi klase I imaju visoku koncentraciju prema centru, dok klasa XII uopće nema nikakav oblik centralne koncentracije. Ta skala u astronomiji poznata je kao Shapley-Sawyer klasifikacija i itekako je vidljiva i kroz teleskope i na astrofotografijama. Iako nekako najviše mame uzdahe



Harlow Shapley (1885. – 1972.) dao je ogroman doprinos istraživanju kuglastih skupova. Ne samo da je zajedno s Helen Sawyer Hogg izvršio klasifikaciju kuglastih skupova, već je pomoću njih odredio udaljenost središta Mliječne staze od Sunca, kao i promjer naše galaksije.

srednje zgusnuti skupovi kao što su M13 i M15 (klase V i IV, redom), skupovi bez koncentracije znaju biti fantastični prizori. Primjer je prelijepi skup M71 u zviježđu Strijele, koji izgleda poput gusto razbacanog šećera preko bogatog zvjezdanog polja trake Mliječne staze.



Omega Centauri (NGC 5139), u zviježđu južne hemisfere Centaur, najmasivniji je i najsajjniji kuglasti skup Mliječne staze. Dom je za 10 milijuna zvijezda i toliko je sjajan da se može opaziti golim okom. Smatra se da je nekada bio jezgra satelitske galaksije koju je Mliječna staza apsorbirala. Foto: Henrique Ivanovich

Katalozi

Slično otvorenim skupovima, i kuglasti skupovi katalogizirani su na dva osnovna načina: izravnim vizualnim promatranjem ili pregledom fotografskih ploča. U nastavku ćemo navesti četiri najpoznatija kataloga kuglastih skupova, iako ih postoji nešto više.

Messierov katalog sastavljen je od 110 objekata dubokog svemira. Objavio ga je čuveni francuski lovac na komete Charles Messier 1781. godine, dok je u godinama koje su uslijedile katalog dopunjavao. Katalog sadrži 29 kuglastih skupova, i svi su lako vidljivi amaterskim teleskopima. Najpoznatiji među njima su skupovi M13 u zviježđu Herkula, M15 u zviježđu Pegaza, M5 u zviježđu Zmijete M3 u Lovačkim psima. Svi skupovi unutar Messierova kataloga otkriveni su vizualnim promatranjem.

NGC katalog (*New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars*) objavio je danski astronom John Dreyer 1888., u vrijeme dok je radio kao ravnatelj zvezdarnice Armagh u Sjevernoj Irskoj. Katalog sadrži 87 skupova, a među njima su dva najveća i najbogatija na nebeskom svodu: Omega Centauri (NGC 5139) i 47 Tucanae (NGC 104). Omega Centauri je

najveći, najmasivniji i najsajjniji skup Mliječne staze, a procjenjuje se da sadrži vrtoglavih 10 milijuna zvijezda. Razlog zbog kojeg ovako sjajni skupovi nisu u Messierovu katalogu leži u zviježđima u kojima se nalaze: Omega Centauri i 47 Tucanae obitavaju u zviježđima južne hemisfere, Centauru i Tukanu, pa ih Messier nije mogao promatrati iz Pariza. NGC skupovi vidljivi sa sjeverne hemisfere manji su i bljeđi od većine Messierovih skupova, ali se mnogi od njih itekako mogu vidjeti amaterskim teleskopima, samo s nešto manje detalja. Svi skupovi unutar NGC kataloga također su identificirani vizualnim promatranjem.

Palomar katalog sadrži 15 kuglastih skupova koji su identificirani u godinama nakon znamenite „Palomar Observatory Sky Survey“ (POSS). Riječ je o snimanju (fotografiranju) noćnog neba kakvo do tada nikada nije bilo izvedeno, a koje su provodili najistaknutiji astrofizičari tog vremena, predvođeni Rudolphom Minkowskim i Georgeom Abellom. Sva snimanja obavljena su iz zvezdarnice Palomar (San Diego, Kalifornija), a prvo takvo snimanje izvršeno je 1950-ih godina. Spomenutih 15 kuglastih skupova rezultat su pregleda fotografskih ploča iz baš te prve serije snimanja. Za snimanje je korištena Schmidtova kamera od 48", koja je zabilježila brojne objekte nepoznate ranijim promatračima. Pri pregledu ploča identificirano je 15 kuglastih skupova, od kojih je za 13 utvrđeno da nikada ranije nisu bili otkriveni, dok su dva (Palomar 7 i 9) bila opažena i ranije. U stvaranju Palomarova kataloga sudjelovali su istinske legende astrofizike: Edwin Hubble, Walter Baade, Fritz Zwicky, George Abell, Milton Humason i Halton Arp. Oni su sastavili vrlo „egzotičan“ katalog, koji se sastojao od nekih skupova vidljivih i amaterskim teleskopima, do onih toliko bljedih i udaljenih da ih je mogla „uhvatiti“ samo kamera od 48". Najsajjniji skup u katalogu je Palomar 9 u zviježđu Strijelca, magnitude 8,4, dok najslabiji, Palomar 14, svijetli tek bolnom magnitudom od 14,7. Palomar 9



Palomar 9 najsajjniji je skup iz Palomarova kataloga. Uz Palomar 7, jedini je skup kataloga koji je otkriven i vizualno. Uočio ga je William Herschel 1784. godine. Ovo malo, ali beskrajno simpatično jato, prelijepo izgleda i na fotografijama i pri pogledu kroz teleskop. Tvori blizak par sa zvijezdom 2 Sagitarii. Foto: Tomislav Anić

predivna je meta i za amaterske astronome jer se može uočiti čak i srednjim teleskopima, s nemalom količinom detalja.

Terzanov katalog sastavio je turski astronom armenskog podrijetla Agop Terzan. Katalog sadrži 11 skupova koje je Terzan identificirao pomoću infracrvenih promatranja provedenih tijekom 1960-ih godina u zvezdarnici Lyon u Francuskoj. Terzanovi skupovi su mali i bljediji te se svi nalaze u zviježđima Strijelca i Škorpionu. Vizualno najlakše uočljiv je Terzan 7 magnitude 12, dok su

neki skupovi toliko bljediji da prelaze magnitudu 16.

Nadam se da je ovaj članak ponudio malo drugačiju perspektivu na kuglaste skupove, kao na jedne od najpromatranijih objekata dubokog neba. Kao i u prošlom tekstu o otvorenim skupovima, završio bih konstatacijom da je svijest o onome što promatramo jednako važna kao i samo promatranje. Promatranje kuglastih skupova uvelike dobiva na smislu kad znamo da gledamo u udaljenu i misterioznu, najraniju djecu svemira.



Kuglasti skupovi M 53 i NGC 5053 u zviježđu Coma Berenices nalaze se blizu jedan drugome na noćnom nebu i razdvojeni su samo 1°. Odličan su primjer razlike u izgledu skupova različitih Shapley-Sawyerovih klasa. M53 pripada klasi V i vidljivo je koncentriraniji prema središtu od NGC 5053, koji pripada klasi XI. Foto: Veljko Petrović

PROMATRAČKA ASTRONOMIJA

Orao na nebeskom svodu

Piše:

Vedran Vrhovac



Skica napravljena kroz 300/1500 teleskop pri 143x povećanju i kroz OIII filter na 04.08.2018., SQM 21,10/ Autor: Vedran Vrhovac

Maglica Orao, poznata kao Messier 16 (M16), emisijska je maglica koja se smjestila u zvijezdu Zmija (njenoj repu) na oko 5.500 svjetlosnih godina od nas, u smjeru središta galaksije. U neposrednoj blizini na nebu, kako prividno, tako i stvarno, je druga nebeska ptica, Messier 17, poznata kao Maglica Labud.

Maglica Orao nosi oznaku IC 4703, zvjezdani skup vezan uz maglicu ima oznaku NGC 6611, a oba objekta su objedinjena oznakom Messier 16. Dvostruka oznaka posljedica je toga što se sama maglica teško vidi vizualno. Maglicu je otkrio Charles Messier 1764., kada je zabilježio zvjezdani skup okupan slabijom maglicom. Sam skup (NGC 6611) je 1745. ili

1746. otkrio Philippe Loys de Chéseaux. Zanimljivo je kako William i John Herschel nisu vidjeli maglicu, već samo bogato zvjezdano jato. Drugi astronomi su vidjeli maglicu, poput Williama Henrya Smytha sa 5,6 palčanima teleskop, ali u GC tj. NGC katalog upisan je samo zvjezdani skup. Postojanje maglice je potvrđeno tek 1897. na temelju fotografija Isaaca Robertsa, kada je ona uvrštena u IC katalog s oznakom 4703.

„Stupovi stvaranja“

Maglica Orao je na fotografijama raskošan, okupan u crvenoj boji oblak vodika s mnoštvo detalja, od kojih su najpoznatiji „Stupovi stvaranja“. Svojim oblikom maglica uistinu izgleda

kao orao s raširenim krilima, zbog čega je i dobila svoj nadimak. Kao kod svih emisijskih maglica, u njoj se aktivno odigrava proces nastanka zvijezda. Protozvezde u svim svojim varijantama (Bokove globule, Herbig-Haro objekti) nastaju na temelju lokalnih nestabilnosti koje se propagiraju kroz maglicu. Iz tog razloga zvijezde često nastaju u duguljastima oblacima (stupovima) koji su gusti i neprozirni za vidljivu svjetlost pa čine tamne siluete na svijetloj maglici. Od svih stupova stvaranja u raznim maglicama, oni u M16 su najpoznatiji zbog fotografije teleskopa Hubble iz 1995. koja je očarala javnost. Vizualno, situacija s M16 ne može biti drugačija. Za uočiti maglicu u okularu potrebno je posegnuti za svim trikovima na raspolaganju. Veliki teleskopi, tamno nebo, filteri, vrhunski okulari, sve čini razliku. Čak i kada se uoči, M16 nikada nije raskošna već prigušen, skroman objekt.

Moja osobna iskustva s M16 su slična astronomima 19. stoljeća. Maglicu sam prvi put promatrao u lipnju 2006. s 20 cm teleskopom i vidio sam samo jato zvijezda. Promatranja sam tada vršio iz dvorišta u prigradskom selu, s graničnom magnitudom od oko 5,7 (SQM ~ 20). Tek kada sam nabavio Baader UHC-S filter mogao sam vidjeti tamnu maglicu između zvijezda otvorenog skupa. Morao sam preći na 30 cm teleskop kako bih uspio vidjeti jasno maglicu, posebice kada sam se prebacio s UHC filtera na „jači“ OIII.

M16 u 30 cm teleskopu je relativno svijetla, ali na prvu bez detalja. Tek kada sam stasao s iskustvom i počeo češće promatrati s tamnih lokacija (SQM

> 21), počeo sam iz maglice izvlačiti skromne detalje. Mislim kako je M16 pravi primjer objekta gdje se jasno vidi kako iskustvo nadograđuje pogled i običnu skromnu fleku pretvara u neobičnu skromnu fleku. Najčešće su ti detalji bili u vidu specifičnosti u njenom obliku, ali s vremenom sam počeo uočavati i „V“ regiju u središtu maglice, već spomenute Stupove stvaranja. Iznenađenje je kako se maglica nije puno promijenila u 51 cm teleskopu. Za razliku od Lagune ili Orionove maglice, nije iskočilo more novih detalja, već su postojeći postali lakše vidljivi, a sama tekstura maglice pokazuje više komešanja. Ipak, na Lika Star Partyu 2024. imao sam se prilike uvjeriti kako niti korištenje čiste sile, u vidu velikog teleskopa, nije dovoljno da manje iskusne kolege izvuku detalje iz M16. Davao sam im jasne upute gdje se vidi „V“ regija sa Stupovima stvaranja, ali oni ih ili nisu vidjeli ili nisu vjerovali da su tako nejasni i skromni. Od mnoštva nebeskih objekata koje sam promatrao, oni najpopularniji imaju čast biti više puta skicirani. M16 je među njima. Skicirao sam je s 20 cm teleskopom, dva puta s 30 cm i nedavno, baš za potrebe ovog članka, s 51 cm. Ova zadnja skica je zamišljena da bude standard za budućnost te sam stoga posvetio puno vremena kako



Skica napravljena kroz 300/1500 teleskop pri povećanju od od 143x kroz OIII filter na 21.08.2021., SQM 21,50/ Autor: Vedran Vrhovac

bih zabilježio fine detalje, ali unatoč tom trudu, M16 nije popustila, njena raskoš oku ostaje skrivena. Na skici se jasno vidi specifičan oblik maglice u okularu. Ovaj oblik daleko je od onog na fotografiji jer je ljudsko oko u uvjetima mraka slijepo na spektralnu liniju H-alfa, koja dominira u emisiji maglice. Umjesto toga, oko najbolje lovi spektralnu liniju OIII i H-bete, ali obje te linije su dvostruko,

tj. trostruko manjeg intenziteta nego H-alfa. Iz tog razloga maglica je na prvu neprepoznatljiva u odnosu na fotografije. Ipak, ako se skica pažljivo prouči, moguće je po zvjezdama upariti vizualne detalje s onima s fotografijama. Jasno se vidi regija sa Stupovima stvaranja, malo ispod centra skice kao položena, tamna mrlja u obliku slova „V“. Malo desno ispod nje, gdje maglica ima „tamni zaljev“, na fotografijama je „korijen“ iz kojeg niču Stupovi stvaranja. Na lijevom rubu maglice se ističe „poluotok“ koji predstavlja glavu orla. Skromni su to detalji za jednu tako poznatu maglicu, posebice kada se uspoređi sa susjednom M17.

Preporuka za promatranje

Za promatranje M16 preporučam odlazak u najveći mrak koji vam je u dometu. Idealno je odabrati lokaciju sa što većom nadmorskom visinom kako biste imali najbolju moguću prozirnost. Na taj način ćete dodatno popraviti kontrast maglice u okularu te nježne detalje učiniti lakše vidljivim. Preporučam izlazne pupile između 3 i 4 mm u promjeru, što bi za teleskop od 20 cm u promjera iznosilo 50 do 65x povećanja. Svako upotrijebite filter kako biste maglicu dodatno istaknuli - najboljim će se pokazati UHC ili OIII filter.



Skica napravljena kroz 508/2475 teleskop pri povećanju od 140x kroz OIII filter na 30.07.2025., SQM 21,20/ Autor: Vedran Vrhovac

ASTRONOMSKI KALENDAR

Piše:
Miroslav Smolić

Jesen nam donosi niz zanimljivih astronomskih događaja vidljivih s naših prostora. Većinu možemo promatrati golim okom, a doživljaj će biti još bogatiji uz pomoć dalekozora. Evo što nas očekuje:

Rujan

7. rujna

Totalna pomrčina Mjeseca (pun Mjesec). U Međimurju će Mjesec izaći već djelomično zamračen iznad jugoistočnog horizonta. Maksimum pomrčine bit će u 20:11 h.

8. rujna

Konjunkcija Mjeseca i Saturna. Najbolje vidljivo nakon ponoći. Oba objekta nalaziti će se u zvijezdu Riba, razdvojena manje od 4°.

14. rujna

Mjesec u zadnjoj četvrti.

16. rujna

Konjunkcija Mjeseca i Jupitera. Bliski susret vidljiv na jutarnjem nebu. Jupiter će oko 1 sat nakon ponoći biti najviše na nebu, a Mjesecu će se približiti na nešto više od 4°. Oba objekta nalaziti će se u zvijezdu Blizanaca.

19. rujna

Okultacija Venere Mjesecom. Rijetka pojava, vidljiva iz Hrvatske po danu! Oko 14:20 h Venera nestaje iza Mjeseca, a ponovno se pojavljuje u 15:34 h. Najprije potražite tanki srp Mjeseca, zatim Veneru, a potom pričekajte ulazak i izlazak planeta iza mjesečeva ruba. Potrebni su izvrsni atmosferski uvjeti i izniman oprez. *Nikako ne usmjeravajte dalekozor prema Suncu!*

21. rujna

Mladi Mjesec, Saturn u opoziciji. Saturn u najboljem položaju za promatranje, a najvišu točku na nebu dostiže oko ponoći.

22. rujna

Jesenska ravnodnevica, početak jeseni. Dan i noć traju jednako dugo.

30. rujna

Mjesec u prvoj četvrti.

Listopad

5. listopada

Konjunkcija Mjeseca i Saturna. Vidljivi gotovo cijelu noć, razdvojeni 3,5°. Oba objekta nalaziti će se u zvijezdu Vodenjaka.

6. listopada

Pun Mjesec.

13. listopada

Mjesec u zadnjoj četvrti.

14. listopada

Konjunkcija Mjeseca i Jupitera. Vidljivo nakon ponoći na jutarnjem nebu. Razmak između objekata oko 4°, a nalaziti će se u zvijezdu Blizanaci.

21. listopada

Meteorski roj Orionidi, Mjesec u fazi mladačka. Orionidi su najaktivniji meteorski roj listopada. Iako im je prosječna frekvencija oko 15 meteora na sat, znaju iznenaditi većim brojem. Najbolje ih je promatrati iza ponoći. Matično tijelo roja je poznati Halleyev komet. Aktivnost meteorskog roja možete pratiti i nekoliko dana prije i poslije navedenog datuma.

29. listopada

Mjesec u prvoj četvrti.

Jesenski mjeseci idealni su za promatranje galaksije Andromeda (M31), koja je vidljiva cijelu noć. U listopadu svakako usmjerite dalekozor prema klasicima noćnog neba, otvorenim zvjezdanim skupovima Plejade i Hijade u zvijezdu Bika.

Za početnike: pratite konjunkcije i položaje tijela u određenim zvijezdama. To je najbolji način da upoznate i zavolite zvjezdano nebo.



Plejade (M 45). Foto: Zoran Novak



Galaksija Andromeda (M 31). Foto: Zoran Novak



Izgled neba
1. listopada 2025. u 22 sata

Izvor:
In-the-sky-org

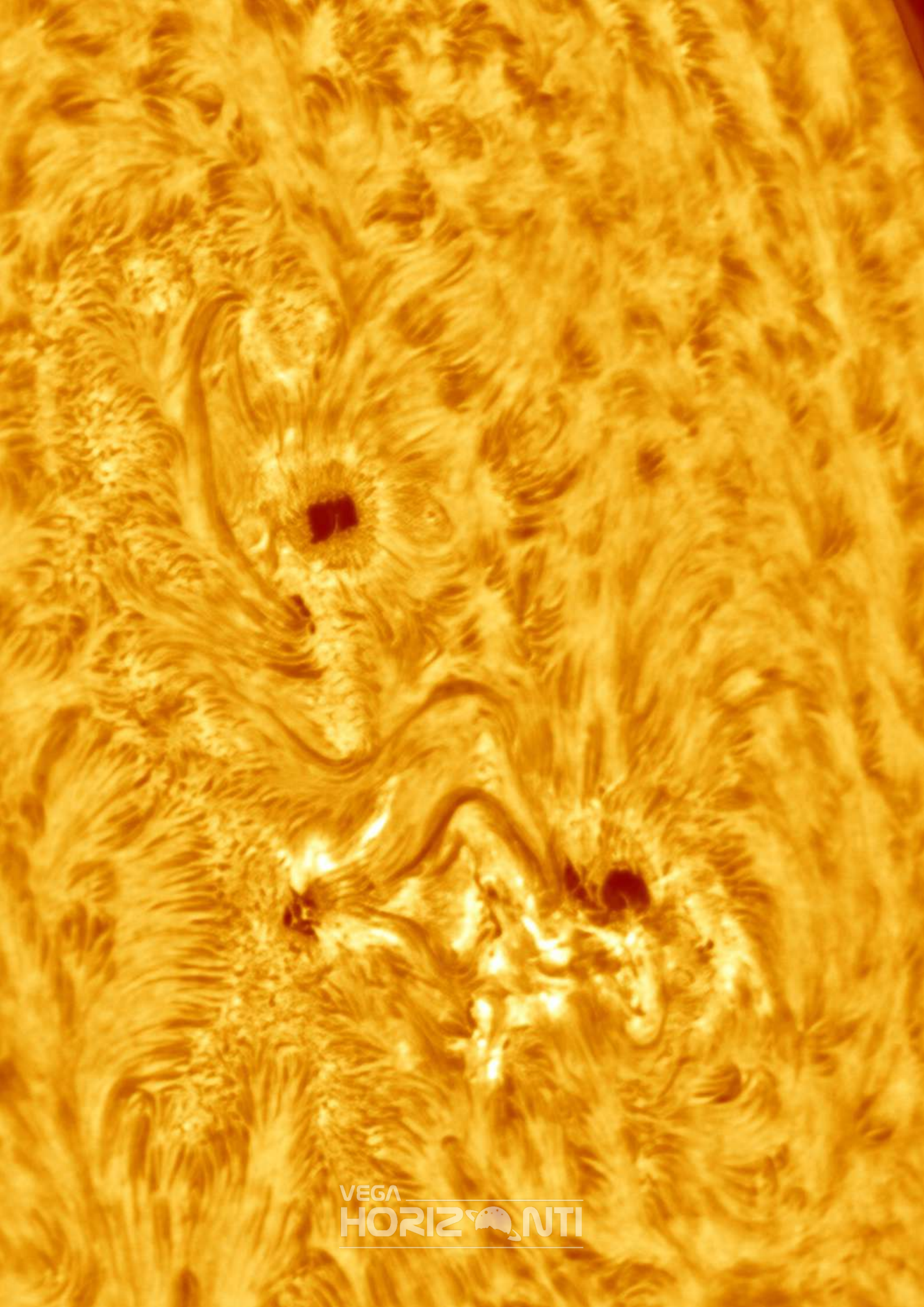
ASTROFOTOGRAFIJA - FOTOGRAFIJA NA POSLJEDNJOJ STRANICI

Površina Sunca u H-alfa spektru

Fotografija prikazuje površinu Sunca snimljenu u uskom H-alfa spektru (656,28 nm), koji je posebno pogodan za promatranje kromosfere, sloja Sunčeve atmosfere koji se nalazi iznad fotosfere. U tom spektralnom području jasno se ističu dinamični detalji Sunčeve aktivnosti, nedostupni u vidljivom dijelu spektra. Na snimci su vidljive tri Sunčeve pjega (aktivno područje AR 4165), koje predstavljaju područja snažnih magnetskih polja i relativno niže temperature u odnosu na okolinu. Između dviju pjega uočava se spektakularan tok plazme, oblikovan i vođen linijama magnetskog polja. Takvi procesi često prethode ili prate manje erupcije i mogu biti povezani s nastankom prominencija i bljeskova. Osim pjega i toka plazme, u H-alfa spektru vidljivi su i fini kromosferski detalji koji se nalaze na granici između mirnijih i aktivnijih područja. Sve ove pojave daju uvid u složenost i stalnu promjenjivost Sunčeve atmosfere, a istovremeno podsjećaju na ulogu magnetskog polja kao ključnog pokretača solarnih procesa.

Teleskop Skywatcher ED80, Daystar Quark chromosphere, kamera ASI290mm

Foto: Zoran Novak



VEGA
HORIZONTI