

VEGA

ISSN 2991-6178

HORIZONTI



ZNANSTVENO-EDUKATIVNI ČASOPIS / BR. 16 / SVIBANJ - LIPANJ 2026.



Intervju

Svijet Daniele Jović

U društvu oblaka

Superćelija - kraljica oluja

Astronomija

Hickson galaktičke grupe

Veliki sudarač hadrona

Fizika čestica



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:**

NASA

Zemlja i Mjesec, snimljeno iz kapsule Artemis II

GRAFIČKO OBLIKOVANJE**I PRIJELOM:**

Dragutin Kliček, Zoran Novak

LEKTURA:

Anamarija Puklavec, dipl. uč. hrv. jez.

KONTAKT:

vega-horizonti@advega.hr

ČAKOVEC, SVIBANJ - LIPANJ 2026.

Izlazi dvomjesečno od 2023. godine
br. 16

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



Prošlo je gotovo desetljeće od prvih koraka programa Artemis, a danas već možemo govoriti o njegovim konkretnim rezultatima. Od prošlog broja, kada smo se posljednji put osvrnuli na ovaj program, misija Artemis II uspješno je okončana, a let s posadom oko Mjeseca potvrdio je spremnost ključnih sustava i dodatno utabao put prema sljedećem velikom koraku. Povratak ljudi na Mjesec tako više nije samo plan na papiru. Tom smo trenutku sve bliže. Pa ipak, zanimljivo (ili možda zabrinjavajuće) jest da ni ovaj put nisu izostale sumnje. Unatoč napretku tehnologije, dostupnosti informacija i mogućnosti praćenja misija u stvarnom vremenu, i dalje postoje oni koji vjeruju kako se ništa od toga zapravo nije dogodilo ili da se neće dogoditi. Teorije zavjere nisu nestale s razvojem društva; naprotiv, čini se da su pronašle novo plodno tlo.

Zašto ljudi vjeruju u takve ideje? Psiholozi i sociolozi već godinama proučavaju taj fenomen. Istraživanja pokazuju kako sklonost teorijama zavjere često proizlazi iz potrebe za jednostavnim objašnjenjima složenih događaja, ali i iz nepovjerenja prema institucijama. U svijetu preplavljenom informacijama, paradoksalno, sve je teže razlučiti što je vjerodostojno. Kada se tome pridoda osjećaj nesigurnosti ili isključenosti, teorije zavjere mogu pružiti iluziju kontrole i "skrivenog znanja". No, znanost nije stvar vjerovanja. Ona počiva na dokazima, provjerljivosti i ponovljivosti. Kao i u slučaju Apolla, i današnje misije ostavljaju mjerljive rezultate: od testiranja sustava u stvarnim uvjetima do neovisnih opažanja i potvrda drugih svemirskih agencija. Svaki novi korak, pa tako i nedavni let oko Mjeseca, dodatno učvršćuje ono što već znamo, a to je spoznaja kako je ljudska znatiželja snažnija od sumnje i da se povratak na Mjesec ne događa preko noći, već kao rezultat dugotrajnog i sustavnog rada.

Možda se upravo u tome krije najvažnija poruka. Bez obzira na glasne manjine koje osporavaju postignuća, napredak se ne zaustavlja. On se prenosi na nove generacije koje dolaze, na one koji će svjedočiti sljedećem slijetanju ljudi na Mjesec, a potom i gledati prema Marsu. Ne kao nedostižnom cilju, već kao sljedećoj postaji.

Zato na kraju vrijedi istaknuti ono što često zaboravljamo: budućnost znanosti ne leži samo u velikim programima i milijardama dolara, već u mladim ljudima koji tek otkrivaju svemir. Vodeći se tom idejom, Astronomsko društvo Vega pokrenulo je novi krug priprema učenika za natjecanje iz astronomije jer možda su baš među mladim zaljubljenicima u astronomiju i oni koji će jednog dana pisati nova poglavlja ove priče. Poglavlja u kojima više neće biti upitno jesmo li negdje bili, već kamo idemo dalje.

KAZALO

Zviježđa i grčki mitovi

Pegaz - krilati konj među zvijezdama

4 - 5

Veliki sudarač hadrona

Fizika čestica

6 - 9

Od atoma do ruba opažljivog svemira

Veličine, udaljenosti i granice našeg "vida"

10 - 12

Astrofotografija

Protoplanetarne maglice

13

Intervju

Svijet Daniele Jović

14 - 17

U društvu oblaka

Superćelija - kraljica oluja

18 - 19

Atmosferska optika

Cirkumzenitni luk

20

Najava manifestacije

Hrašćinski astro

21

AD Beskraj

Petrova gora star party

22 - 23

Astronomija

Hickson galaktičke grupe

24 - 27

Promatračka astronomija

Škorpion - skriveni kralj ljetnog neba

28 - 30

Astronomija u školama

AD Vega i natjecanje iz astronomije

31

Pioneer 10 i 11

Tihi pioniri dubokog svemira

32 - 33

Astronomski kalendar

Karta neba

34 - 35

Galaksije u Velikom medvjedu

Par galaksija M81 i M82 u zviježđu Velikog medvjeda, udaljen oko 11,8 milijuna svjetlosnih godina od Zemlje. Messier 81, poznata i kao Bodeova galaksija, jedan je od najboljih primjera spiralne galaksije. Od M 81, na udaljenosti od približno 300 000 svjetlosnih godina nalazi se M82, poznata kao galaksija Cigara, nepravilna galak-

sija čiji je oblik posljedica bliskog gravitacijskog susreta s M81 prije oko 100 milijuna godina. Tada su plimne sile masivnije galaksije M81 izazvale urušavanje oblaka plina i prašine u M82, što je pokrenulo intenzivno stvaranje novih zvijezda. Taj proces i danas traje, a u budućnosti se očekuje povećan broj eksplozija supernova.



Foto: Matija Pozojević

ZVIJEŽDA I GRČKI MITOVI

Pegaz - krilati konj među zvijezdama

Piše:

Darija Dunjko Manhard, mag. archeol.

U prethodnim brojevima časopisa pratili smo priču o Perzeju i Andromedi te smo upoznali jednu od najpoznatijih skupina mitoloških zvijezda. Perzejev pothvat u kojem je ubio Meduzu i spasio Andromedu nije ostavio trag samo u sudbini junaka i etiopske kraljevske obitelji, već je prema mitu doveo i do rođenja jednog od najpoznatijih mitoloških bića antičkoga svijeta - Pegaza, krilatog konja. Time se priča započeta Perzejevim junaštvom nastavlja i na nebeskom svodu gdje se Pegaz nalazi u blizini Androme-

de i Perzeja, tvoreći prepoznatljivu mitološku cjelinu.

Od Meduze do Olimpa

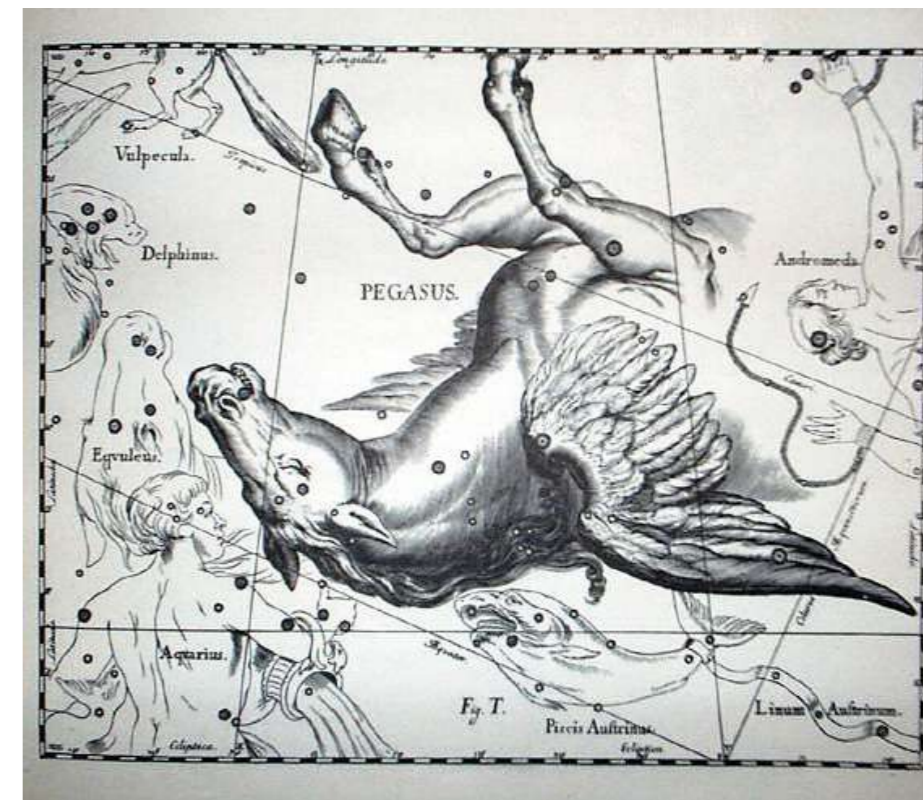
Motiv krilatog konja bio je poznat i prije grčke mitologije te ga tako pronalazimo i u umjetnosti starog Bliskog istoka i to već u 2. tisućljeću prije nove ere. Taj je motiv u grčkoj mitologiji dobio svoje najpoznatije utjelovljenje koje znamo pod imenom Pegaz. Naravno, radi se o krilatom konju kojeg su prema predaji među zvijezde postavili sami bogovi. No, tome su pretho-

dili brojni događaji. Pegaz je rođen u dramatičnom trenutku Perzejeva sukoba s Meduzom kada joj je ovaj odsjekao glavu, a Pegaz i njegov brat Hrisaor su izniknuli iz njezina tijela. Kao i kod mnogih mitoloških priča, postoji nekoliko verzija ovog događaja, no najraširenija govori o tome da se Pegaza smatra sinom boga mora Posejdona i Meduze što dodatno naglašava njegovu božansku prirodu. Nakon rođenja, Pegaz je raširio svoja krila i uzletio prema nebu gdje se povezao s muzama, Zeusovim kćerima koje su

bile zaštitnice umjetnosti i znanja. Prema antičkim pričama, Pegaz je udarcem kopita u stijenu na gori Helikon stvorio izvor Hipokrene koji se smatra svetim mjestom muza. U to se vrijeme taj izvor smatrao izvorom pjesničkog nadahnuća te zbog toga Pegaz postupno postaje simbol inspiracije i stvaralaštva, povezuje se s muzama te se dodatno naglašava njegova uloga kao bića koje povezuje svijet ljudi i bogova. Pegazova priča, međutim, ne završava ovdje već se nastavlja u mitu o junaku Belerofontu. Prema predaji, Belerofont je nakon brojnih neuspjelih pokušaja hvatanja Pegaza potražio savjet proroka koji mu je preporučio da prenoći u Ateninu hramu. Božica mu se potom ukazala u snu, darovala zlatnu uzdu i uputila ga da prinese žrtvu Posejdonu, nakon čega je Belerofont uspio ukrotiti Pegaza na izvoru Pirene. U nekim verzijama mita, međutim, Atena sama ukroćuje Pegaza i predaje ga Belerofontu, dok prema drugima junak krilatog konja dobiva izravno od svog božanskog oca Posejdona. Uz pomoć Pegaza, Belerofont je krenuo u borbu protiv Himere - strašnog čudovišta s lavljom glavom, tijelom kože i zmajevim repom koje bljuje vatru. Zahvaljujući Pegazovoj pomoći, Belerofont uspije ubiti Himeru te ostvaruje niz drugih pobjeda. Ponesen uspjehom Belerofont pokušava uzletjeti na Olimp i pridružiti se bogovima, no Pegaz ga tada zbacuje sa svojih leđa, a junak pada natrag na Zemlju. Pegaz nastavlja svoj let prema Olimpu gdje je prema kasnijim predajama služio Zeusu noseći njegove munje. Time je Pegaz zaslužio uzdizanje među zvijezde gdje je dobio trajno mjesto na noćnom nebu.

Zvijezde Pegaza na nebeskom svodu

Zvijezde Pegaza (*Pegasus*) jedno je od većih i lako prepoznatljivih



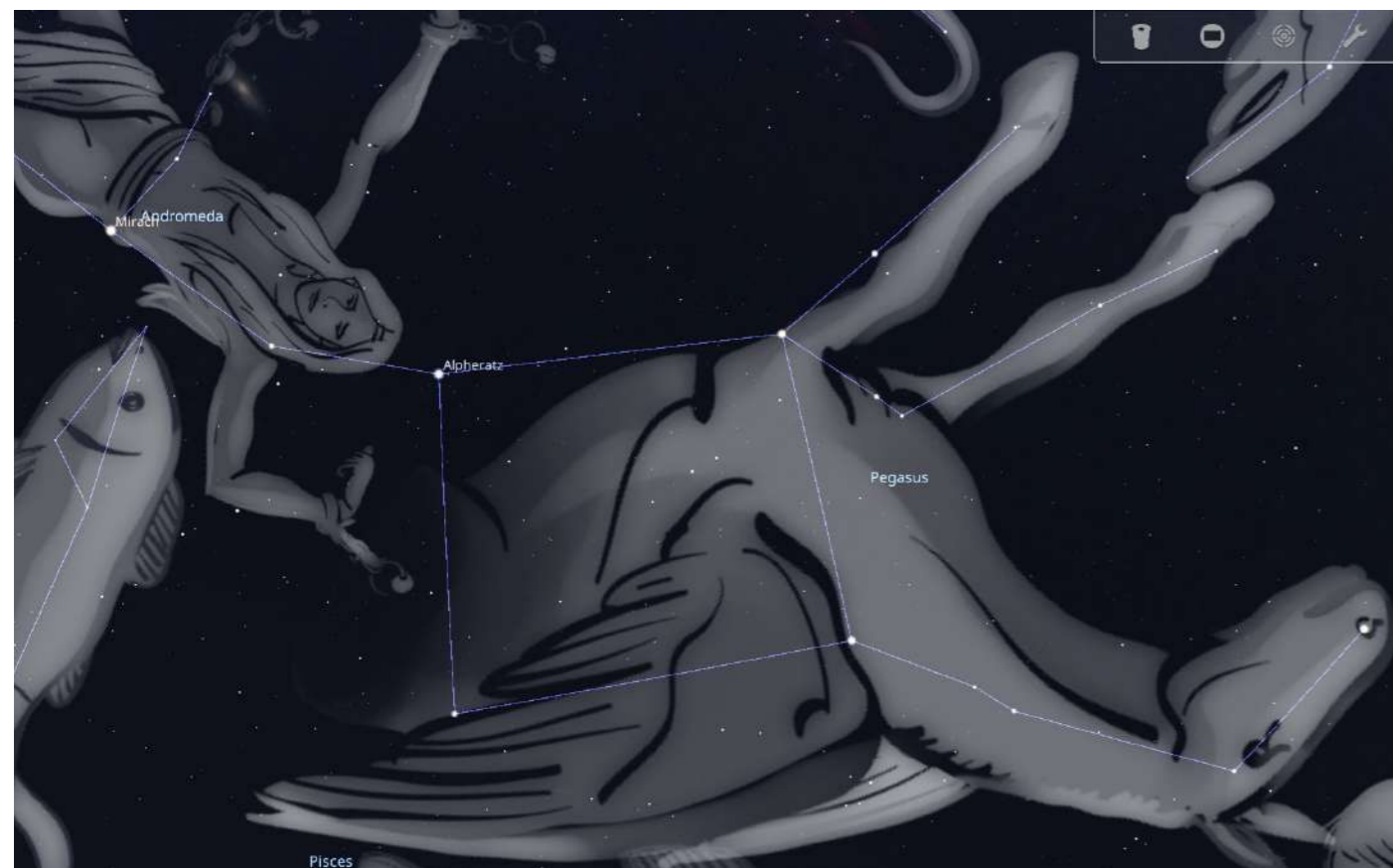
Zvijezde Pegaz s istaknutim zvijezdama Enib kod nosa te Markab, Scheat, Algenib i Alferac koju dijeli sa zvijezdom Andromeda (Tavola T - Pegasus - Johannes Hevelius, Firmamentum Sobiescianum, sive uranographia - Prodrumus Astronomiae, 1690.)

zvijezda sjevernog neba, osobito tijekom jesenskih mjeseci. Najprepoznatljiviji dio zvijezda čini gotovo pravilni četverokut poznat kao Veliki kvadrat Pegaza. Ovaj upečatljiv oblik čine četiri sjajne zvijezde približno jednake sjajnosti koje se jasno ističu na dijelu neba s manjim brojem sjajnih zvijezda. Zanimljivo je da tri od tih četiriju zvijezda Velikog kvadrata pripadaju zvijezdu Pegaza, dok četvrta pripada susjednom zvijezdu Andromede. Tako i astronomski raspored zvijezda odražava mitološku povezanost tih likova. Tri zvijezde koje pripadaju zvijezdu Pegaz su *Markab*, *Scheat* i *Algenib*, dok četvrtu zvijezdu, *Alferac*, dijele Pegaz i Andromeda. Najsajjnija zvijezda zvijezda Pegaz je *Enif* čije ime potječe iz arapskog jezika i znači nos. Smještena je na dijelu zvijezda koji predstavlja konjsku glavu. Promatrači noćnog neba mogu uočiti razlike u boji pojedinih zvijezda Ve-

likog kvadrata koje su crvenkastih (*Scheat*), plavo-bijelih (*Algenib*) i bijelih (*Markab*) tonova što dodatno doprinosi zanimljivosti promatranja ovog zvijezda golim okom.

Mit i nebo

Priča o Pegazu nastavlja mitološki niz započet Perzejem i Andromedom. Rođen iz Meduzine krvi, Pegaz povezuje Perzejevu i Andromedinu priču s novim mitovima, posebice onim o Belerofontu i Himeri. Njegov pak položaj na nebu, u neposrednoj blizini Perzeja i Andromede, dodatno naglašava ovu povezanost. Kao simbol uzleta, inspiracije i božanske moći, Pegaz je s vremenom postao jedno od najprepoznatljivijih mitoloških bića. Istovremeno, njegovo mjesto na nebeskom svodu podsjećá nas na to da su antički promatrači noćnog neba u zvijezdama vidjeli ne samo orijentire, nego i priče koje su povezivale bogove, junake i čudovišta u pripovijesti.



Zvijezde Pegaz i susjedna mu zvijezda prikazani u aplikaciji Stellarium

Johannes Hevelius, Firmamentum Sobiescianum, sive uranographia - Prodrumus Astronomiae, Danzica 1690.

Ian Ridpath, Astronomy - A visual guide, New York 2018.

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

Pseudo-Apolodor, Knjiga grčke mitologije, Zagreb 2004 (prijevod Igor Brajković)

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

VELIKI SUDARAČ HADRONA

Gdje fizika čestica, astrofizika i kozmologija postaju jedno

Piše:

dr.sc. Ivica Puljak, Sveučilište u Splitu – FESB i CMS kolaboracija

Zamislite da možete premotati vrpce vremena unazad – ne nekoliko tisuća godina, ne milijun, nego gotovo 14 milijardi godina – sve do trenutka nastanka svemira. Što biste vidjeli? Prema svemu što znamo, svemir je tada bio mjesto nevjerovatno visoke temperature i gustoće, ispunjeno ne atomima, ne molekulama, nego nečim puno egzotičnijim: slobodnim kvarkovima i gluonima koji su lebdjeli u vrućoj kaši, nevezani ni u kakve čestice kakve poznajemo danas.

Stroj koji oponaša Veliki prašak

Upravo to stanje materije pokušavaju reproducirati fizičari u CERN-u, svjetskom laboratoriju za istraživanje fizike elementarnih čestica, smještenom blizu Ženeve. Njihov glavni alat zove se Veliki sudarač hadrona – ili, kako ga svi zovu, LHC (od engleskog Large Hadron Collider). To je kružni tunel dugačak 27 kilometara, ukopan do 175 metara ispod granice Francuske i Švicarske, u kojemu se čestice ubrzavaju gotovo do brzine svjetlosti, a potom se namjerno sudaraju. U trenutku sudara oslobađa se toliko energije da se temperatura u toj točki penje na vrijednosti sto tisuća puta veće od temperature u središtu Sunca. Gustoća energije koja se proizvede u sudarima protona odgovara trenutku kad je svemir bio star milijuntni dio jednog milijuntnog dijela jedne sekunde nakon Velikog praska.



CERN-ov kampus prikazan iz zraka, s ucrtanim opsegom 27-kilometarskog tunela LHC-a ispod površine. Na slici se vidi dio Ženevskog jezera, a u daljini se naziru Alpe. (Izvor slike: CERN)

LHC nije samo stroj za fiziku čestica. On je ujedno i teleskop koji gleda unatrag u kozmičko vrijeme i laboratorij koji istražuje pitanja koja muče astronome i kozmologe: Što je tamna tvar? Zašto je svemir pun materije, a ne antimaterije? Kako je nastala masa svega što postoji? Ova tri naizgled odvojena polja – fizika čestica, astrofizika i kozmologija – u CERN-u se stapaju u jednu veliku potragu za razumijevanjem temeljnih zakona prirode.

Standardni model: nevjerojatno uspješna, ali nepotpuna priča

Da bismo razumjeli što LHC istražuje, moramo poznavati tzv. Standardni model fizike čestica. To je teorija koja opisuje sve poznate temeljne čestice i sile (osim gravitacije) i koja

je do sada bila nevjerovatno precizna – poput recepta koji uvijek daje savršen kolač, ali kojemu nedostaju neki važni sastojci.

Standardni model otkriva nam da se sve tvari u svemiru sastoje od dviju vrsta čestica: kvarkova (koji grade protone, neutrone i razne egzotičnije čestice) i leptona (poput elektrona i neutrina). Sile između čestica prenose posebne "čestice glasnici": fotoni prenose elektromagnetsku silu, gluoni jaku nuklearnu silu, a W i Z bozoni slabu nuklearnu silu. Sve to funkcionira savršeno, no model ima i jasne rupe, to jest stvari koje još nismo u potpunosti razumjeli. Na primjer, ne objašnjava što je tamna tvar. Ne otkriva nam zašto ima više materije nego antimaterije u svemiru. Ne uključuje gravitaciju. I ono što zbunjuje fizičare teoretičare, ne

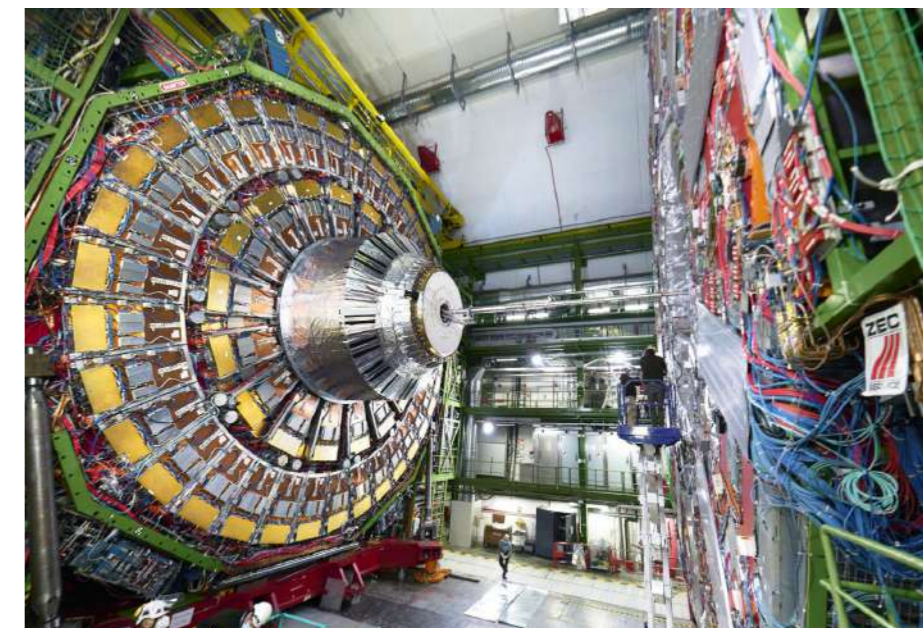
objašnjava zašto je Higgsov bozon toliko lagan koliko jest.

Higgsov bozon: čestica koja daje masu svemu

Jedno od najvećih otkrića u povijesti fizike dogodilo se na LHC-u 4. srpnja 2012. godine. Eksperimenti ATLAS i CMS istovremeno su objavili otkriće Higgsovog bozona – čestice čije je postojanje predviđeno još 1960-ih godina, a koja je sve dotle izmicala eksperimentatorima.

Zašto je Higgsov bozon toliko važan? Zamislite da je cijeli svemir ispunjen nevidljivim poljem – Higgsovim poljem. Čestice koje jako "osjećaju" to polje, dobivaju veliku masu (poput nekog tijela koje se kreće kroz gustu tekućinu), a čestice koje ga ne osjećaju, kao što su fotoni (čestice svjetlosti), ostaju bez mase i mogu se kretati brzinom svjetlosti. Higgsov bozon je čestica koja "izvire" iz tog polja kada mu damo dovoljno energije – što je upravo ono što LHC radi. Otkriće Higgsovog bozona potvrdilo je ključni dio standardnog modela. No, ono je otvorilo i nova pitanja: Postoji li samo jedan Higgsov bozon ili ih ima više? Je li ta čestica doista elementarna ili je građena od nečeg još manjeg? I ono najvažnije za kozmologiju, oblik "Higgsovog potencijala" (matematička krivulja koja opisuje kako to polje djeluje) izravno je vezan uz pitanje zašto svemir uopće postoji u ovom obliku, a ne u nekom drugom.

U sljedećoj fazi rada LHC-a, tzv. Visokoluminoznom LHC-u (HL-LHC) koji se planira pokrenuti oko 2030. godine, Higgsov bozon mjerit će se s puno većom preciznošću. Bit će moguće istražiti i tzv. samosparivanje Higgsovog bozona – proces u kojemu se dva Higgsova bozona stvaraju istovremeno i koji izravno govori o obliku Higgsovog potencijala. Taj eksperiment trebao bi odgovoriti na pitanje je li naš svemir u stabilnom stanju ili u nekoj vrsti nestabilne ravnoteže iz koje bi mogao "iskočiti" u neko sasvim drugačije stanje materije. Bio bi to vrlo brzi kraj svemira, za koji se nadamo da se neće dogoditi.



Fotografija unutrašnjosti CMS (Compact Muon Solenoid) detektora – jednog od najkompleksnijih znanstvenih instrumenata u povijesti, na kojemu rade i znanstvenici iz Hrvatske. (Izvor slike: CMS kolaboracija)

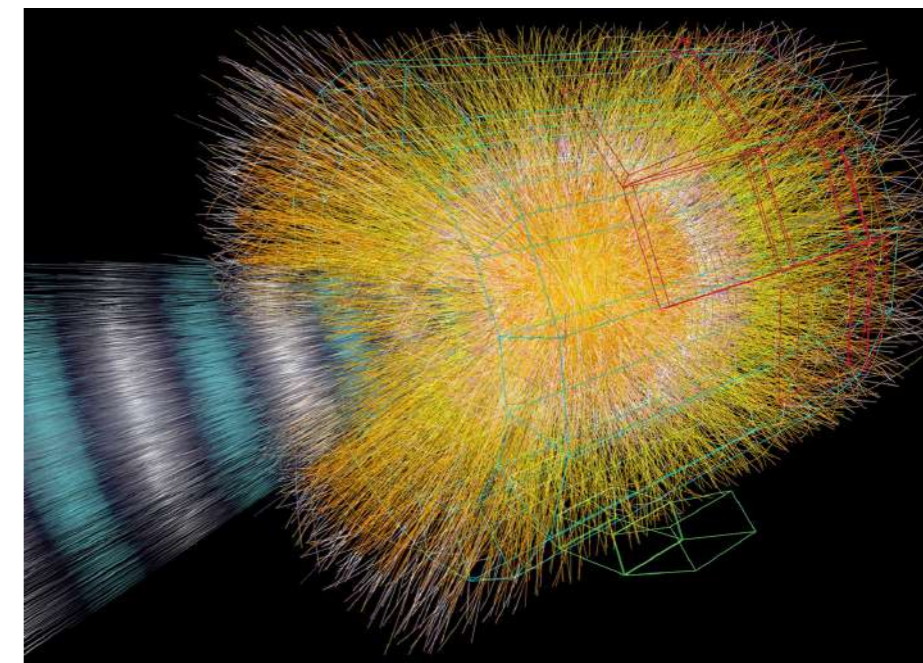
Kvark-gluonska plazma: putovanje u prve trenutke svemira

Ako sudari protona daju uvid u fiziku čestica, sudar atomskih jezgri olova daje nešto puno dramatičnije: kratkotrajan pogled u stanje svemira kakvo je vladalo tek mikrosekundu nakon Velikog praska.

Kada LHC sukobi dvije jezgre olova pri enormnim energijama, protoni i neutroni unutar tih jezgri doslovno

se "tale". Kvarkovi i gluoni, koji su inače zarobljeni unutar hadrona poput protona, postaju slobodni i tvore vrelu "juhu" zvanu kvark-gluonska plazma (QGP). Temperatura te plazme doseže vrijednost od oko bilijun stupnjeva Celzijevih – što je oko 150 000 puta više od temperature u središtu Sunca.

Ovo istraživanje provodi uglavnom eksperiment ALICE (A Large Ion Collider Experiment), jedan od četiri glav-



Simulirani sudar teških iona u ALICE detektoru – tisuće tragova čestica "eksplodiraju" iz točke sudara poput kozmičkog vatrometa. Na ALICE detektoru također rade znanstvenici iz Hrvatske. (Izvor slike: ALICE kolaboracija)

na detektora na LHC-u. Kvar-k-gluonska plazma se pokazala kao gotovo savršena tekućina – ima iznimno malu “viskoznost”, odnosno unutar-nje trenje. To znači da se kvarkovi i gluoni unutar nje kreću kolektivno, poput oceana, a ne kaotično poput plina. Fizičari su šokirani: teorija je predviđala da bi QGP trebala biti više nalik plinu pod visokim tlakom, a ona se ponaša poput idealnog fluida. Nedavno su eksperimenti ATLAS i CMS na LHC-u ostvarili još jedan iskorak: po prvi put detaljno su promatrani “top kvarkovi” (najteže poznate elementarne čestice) koji nastaju u sudarima olova i olova. Budući da top kvark propada brže nego što se QGP uopće stigne formirati, on predstavlja neku vrstu “vremenskog markera” koji bi mogao pomoći u proučavanju dinamike plazme u prvom, iznimno kratkim, trenucima njenog postojanja. Ova istraživanja direktno se nadovezuju na astrofiziku: razumijevanje kvark-gluonske plazme ključno je za modele nastanka prve materije u svemiru, ali i za razumijevanje unutrašnjosti neutronske zvijezde gdje gustoće materije dostižu vrijednosti slične onima u QGP.

Tamna tvar: najveći misterij svemira

Oko 85% sveukupne materije u svemiru je nevidljivo. Ne emitira svjetlost, ne apsorbira je, ne odaje se elektromagnetskim valovima. Ipak, astronomi znaju da postoji jer gravitacijski utječe na sve ostalo: galaksije se okreću drukčije nego što bi se trebale bez tog nevidljivog materijala; svemirske strukture se grupiraju na način koji matematički zahtijeva prisustvo neke nevidljive mase. Ta “tamna tvar” jedna je od najvećih nepoznanica moderne fizike i jedna od ključnih tema istraživanja na LHC-u. Fizičari traže čestice tamne tvari na nekoliko načina: direktno, pokušavajući ih stvoriti u sudarima pri visokim energijama, i indirektno, promatranjem mjerenja koja bi bila drugačija kada bi te čestice postojale. Najtraženiji kandidati za čestice tamne tvari su tzv. WIMP-ovi (Weakly Interacting Massive Particles – jako masivne čestice koje slabo reagiraju s ostalim česticama) i aksioni (iznimno lagane čestice). Do sada LHC nije pronašao izravni dokaz ni za jednu od njih. To nije razlog za pesimizam: svaki negativni rezultat precizno definira u kojim područjima ta-

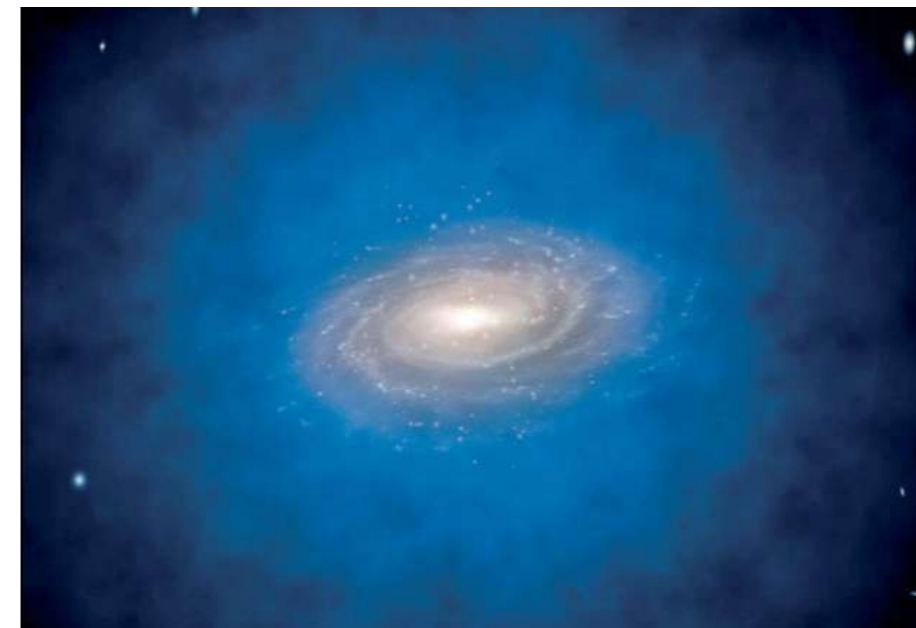
mna tvar “ne smije biti”, što je i samo po sebi dragocjena informacija. Posebno su zanimljive tzv. “dugoživuće čestice” (long-lived particles) koje bi mogle biti produkt procesa koji uključuju tamnu tvar. Novi detektori na LHC-u, poput FASER-a i SND@LHC, posebno su dizajnirani za ovakve tragove.

Misterij materije i antimaterije: zašto smo mi tu?

Kada govorimo o kozmološkim misterijima koje LHC pokušava razriješiti, jedan od najdubljih je tzv. bariogeneza: zašto je svemir pun materije, a ne antimaterije? Teorija Velikog praska predviđa da su materija i antimaterija nastale u jednakim količinama. No, kada bi se susrele, potpuno bi se uništile i svemir bi bio ispunjen samo energijom – ne bi bilo ni atoma, ni zvijezda, ni planeta Zemlje, ni nas. Ipak, svemir postoji. Nešto je uzrokovalo minimalnu neravnotežu u korist materije – na milijardu čestica antimaterije nastala je milijardu i jedna čestica materije. Tih “jedan viška” je svuda oko nas. Ova neravnoteža zahtijeva posebnu vrstu fizike koja krši simetriju između materije i antimaterije, tzv. CP-simetriju. LHCb eksperiment specijaliziran je upravo za istraživanje ove asimetrije. Studiranjem raspada teških mezona LHCb je pronašao brojne dokaze o CP-narušenju, ali za sada u mjeri koja je predviđena Standardnim modelom. Otvoreno je pitanje postoji li negdje “novo” CP-narušenje, izvan Standardnog modela, koje bi moglo objasniti prevlast materije u svemiru.

Egzotične čestice: novi oblici materije

Osim izravne potrage za novim fundamentalnim česticama, LHC je u posljednjih desetak godina otkrio cijeli zoo egzotičnih hadrona – čestica koje su predviđane teorijom, ali nika da do sada viđene u prirodi. LHCb eksperiment otkrio je 2015. godine tzv. pentakvarkove – čestice koje se sastoje od pet kvarkova, dok se “obični” protoni i neutroni grade



Umjetnički prikaz naše galaksije, Mliječnog puta, uronjene u sferni halo tamne tvari, prikazane plavom bojom. (Izvor slike: ESO/L. Calçada.)

od tri. Otkrio je i tzv. tetrakvarkove – čestice od četiri kvarka. Nedavno, u prosincu 2025. godine, LHCb je identificirao novu česticu sastavljenu od dva “strana” i jednog “donjeg” kvarka – čime se broj do sada potvrđenih hadrona i dalje povećava. Posebno zanimljiv je X(3872), čestica čija je unutarnja struktura i dalje tajna: je li to “molekula” dvaju mezona koji kruže jedan oko drugoga ili kompaktna čestica od četiri kvarka? Ovo pitanje govori o tome kako jaka nuklearna sila veže čestice na načine koje tek počinjemo razumijevati.

Neutrini: glasnici kozmičkih daljina

Neutrini su gotovo nevidljive čestice bez električnog naboja i s iznimno malom masom. Svake sekunde prolazi oko 60 milijardi neutrina koji dolaze direktno iz Sunca i uopće ih ne primjećujemo. No, oni nose važne informacije o svemirskim procesima: o eksplozijama supernova, o aktivnim galaktičkim jezgrama, čak i o ranom svemiru.

Na LHC-u su 2023. godine proradila dva potpuno nova eksperimenta – FASER i SND@LHC koji su po prvi put detektirali neutrine nastale u sudarima na akceleratoru čestica.

Neutrini koji nastaju na LHC-u imaju energije usporedive s kozmičkim neutrinima koje detektiraju veliki astrofizikalni opservatoriji kao što je IceCube na Južnom polu. Mjerenjem LHC-ovih neutrina možemo bolje razumjeti kako se kvarkovi i gluoni ponašaju pri visokim energijama, što je ključno za interpretaciju kozmičkih mjerenja. Fizika neutrina postaje sve važnija spona između fizike čestica i kozmologije. Neutrinske oscilacije – fenomen kojim se neutrini jedne vrste pretvaraju u druge – imaju potencijalnu CP-asimetriju i mnogi fizičari smatraju da bi baš ova asimetrija mogla biti ključ za razumijevanje zašto svemir ima više materije nego antimaterije.

Povezanost: zašto LHC ne može raditi bez astrofizike i kozmologije, i obratno

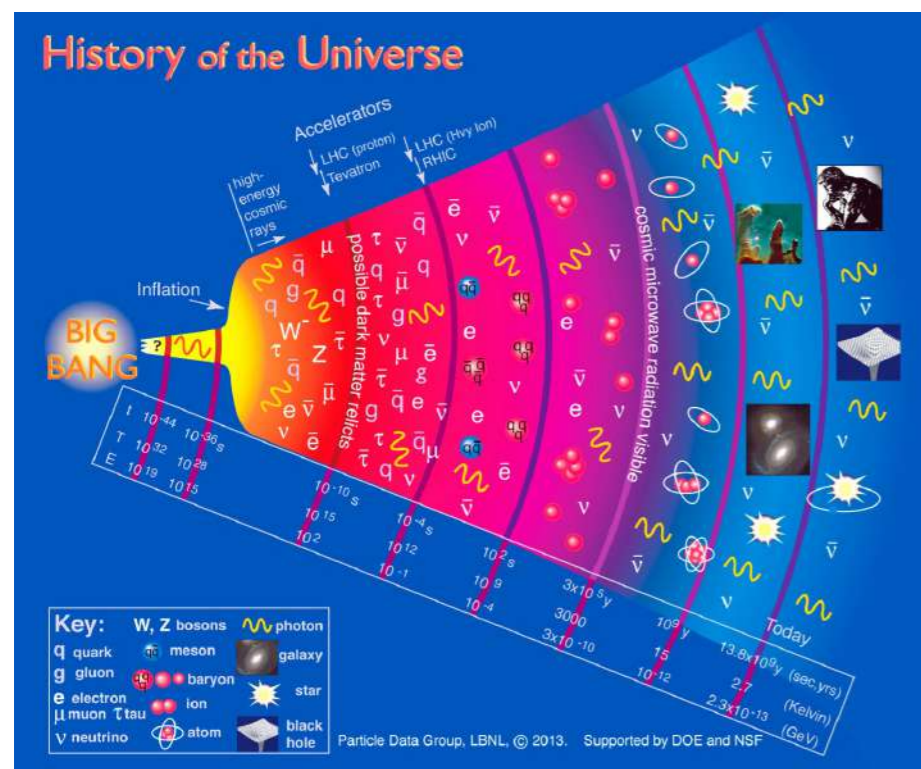
Veza između LHC-a i astronomije je dvosmjerna. S jedne strane, LHC proučava procese koji su se odvijali u ranom svemiru i koji su oblikovali svemir kakav vidimo danas. S druge strane, astronomska promatranja daju fizičarima čestica ograničenja i smjernice za ono što traže.

Na primjer, kozmička opažanja ta-

mne tvari – rotacijske krivulje galaksija, zakrivljenje svjetlosti uzrokovano gravitacijskim lećama, raspored galaksija u velikom mjerilu – daju fizičarima čestica precizne podatke o tome kolika bi masa čestice tamne tvari trebala biti. Slično, mjerenja kozmičkog mikrovalnog pozadinskog zračenja (ostataka svjetla iz ranog svemira) govore nam koliko je bariogeneza morala biti “jaka” da bi se dobila sadašnja prevlast materije. A kvark-gluonska plazma istražena na LHC-u? Ta znanja izravno se primjenjuju na modele unutrašnjosti neutronske zvijezde – ultragustih ostataka supernova u kojima materija može biti toliko komprimirana da ostaju samo slobodni kvarkovi i gluoni, baš kao u ranom svemiru.

Budućnost: HL-LHC i dalje

LHC trenutno radi u svom trećem operativnom periodu (Run 3) koji je počeo 2022. godine s rekordnom energijom sudara od 13,6 bilijuna elektrona-volta. Godina 2025. bila je najproduktivnija u povijesti LHC-a – eksperimenti ATLAS i CMS primili su 125.4 inverznih femtobarnih podataka, što je više nego ikad prije. Oko 2030. godine planira se nadogradnja na Visokoluminozni LHC (HL-LHC) koji će producirati deset puta više sudara nego dosad. To će fizičarima dati statistiku koja je potrebna za mjerenje rijetkih procesa: samosparivanja Higgsovog bozona, izrazito rijetkih raspada B mezona, i potencijalno, otkrivanje čestice koje su dosad bile prerijetke da bi se pojavile u dovoljnom broju. Dugoročno, rasprava je usmjerena prema potencijalnom nasljedniku LHC-a – tzv. budućem kružnom sudarivaču (FCC) koji bi imao opseg od 91 kilometra i energije daleko veće od LHC-a. Za sada, LHC nastavlja biti najsofisticiraniji instrument koji je čovječanstvo ikada izgradilo za istraživanje temeljnih pitanja: od čega smo napravljeni, zašto postoji-mo i kakav je bio svemir na samom svom početku.



Usporedna vremenska os od nastanka svemira do danas, s naznačenim mjestom gdje LHC reproducira različita stanja. (Izvor slike: Particle Data Group, LBNL)

OD ATOMA DO RUBA OPAŽLJIVOG SVEMIRA

Veličine, udaljenosti i granice našeg "vida"

Piše:

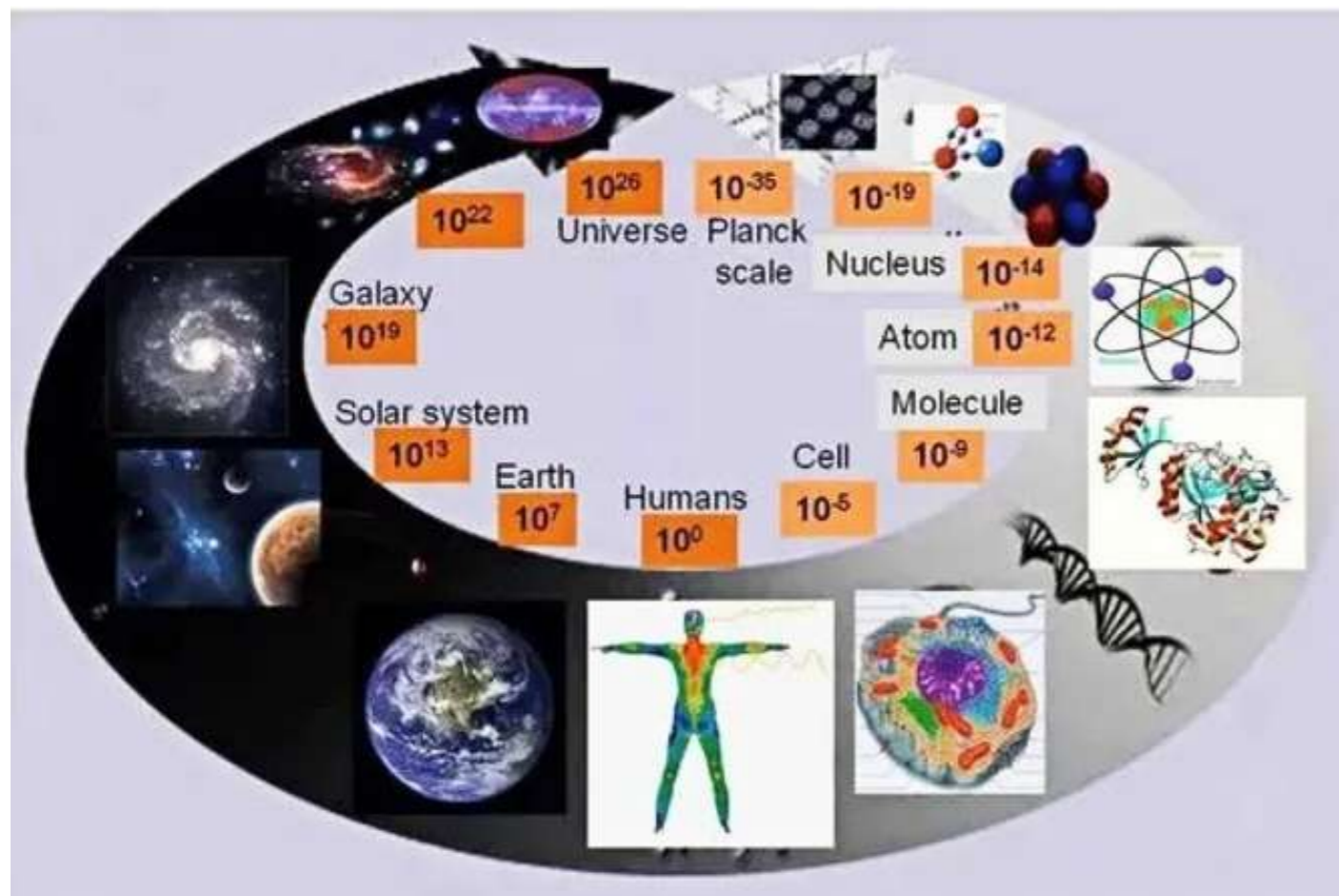
Mihael Varga, mag. phys.

Između atoma i ruba opažljivog svemira prostire se raspon veličina koji nadilazi svakodnevno iskustvo. Ovaj članak istražuje granice našeg "vida" i objašnjava kako znanost mjeri najmanje i najveće što možemo spoznati – od mikrosvijeta do kozmosa.

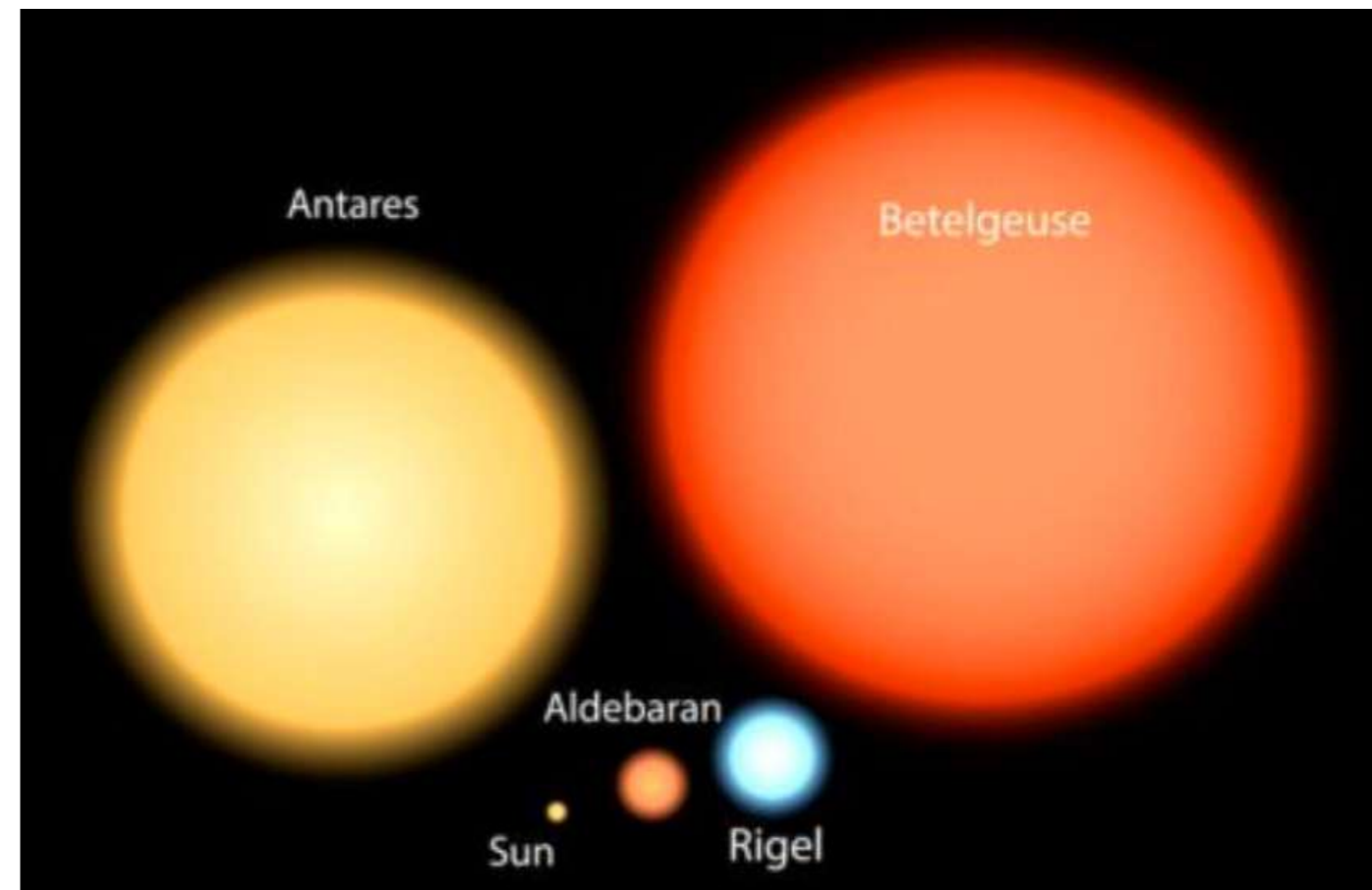
Kako se mjeri "najmanje" i "najveće" što možemo vidjeti?

Kad govorimo o vidljivosti, uvijek nas ograničavaju dvije stvari: svjetlina (koliko je objekt sjajan) i razlučivost (možemo li razlikovati detalje). Tipična razlučivost golim okom iznosi oko jedne lučne minute. U praksi to znači da na udaljenosti čitanja razlučujemo detalje reda desetinke milimetra (oko 0,1 mm) – primjerice rub papira, tanku vlas ili sitnu točkicu tinte. "Naj-

veće" na nebu po prividnoj veličini su Sunce i Mjesec (svaki oko 0,5°), a na tamnom nebu najupečatljivija "velika struktura" je pojas Mliječne staze. Među najudaljenijim objektima vidljivima bez optike često se navodi Andromeda, kao slaba magličasta mrlja, ali samo pod vrlo dobrim uvjetima (tamno nebo, dobra prozirnost). Teleskop skuplja više svjetla (vidi slabije objekte) i može



Ljestvica skala i granice opažanja. Prikaz pokazuje gdje se nalazi "ljudska" skala u odnosu na mikrosvijet i svemir.



Usporedba promjera zvijezda: Sunce u odnosu na divove i superdivove (Aldebaran, Rigel, Antares, Betelgeuse). Prikaz je ilustrativan i uspoređuje veličine (promjere), a ne udaljenosti ili sjaj.

poboljšati razlučivost, no u praksi ga često ograničava atmosfera ("seeing") pa zvijezde ostaju "točkice", dok se na Mjesecu i planetima mogu vidjeti detalji.

S druge strane skale, optički mikroskop ima fizikalnu granicu zbog valne duljine vidljive svjetlosti: tipično razlučuje do oko 0,2 μm (200 nm). To je dovoljno za stanice (10 – 100 μm) i mnoge bakterije (~1 μm), ali većina virusa (deseci do stotine nanometara) je premala da bi se jasno vidjela školskim optičkim mikroskopom. Još manje molekule, atome i subatomske čestice ne može se vidjeti ni optičkim mikroskopom pa za taj svijet trebamo druge metode: elektronske mikroskope (za viruse i nanostrukture) te eksperimente i detektore iz fizike čestica (za strukturu atoma i jezgre).

Najmanje i mikroskale

Na samom dnu ljestvice nalaze se subatomske čestice. Ispod atoma dolazimo do atomske jezgre tipične veličine reda 10^{-15} m te do elektrona i

kvarkova koje današnja fizika opisuje kao elementarne ili barem bez uočljive unutarnje strukture. Još dublje prema "dolje" vodi Planckova duljina od približno 10^{-35} m. To nije izmjerena "ciglica" prostora, nego skala koju fizičari često uzimaju kao teorijsku granicu na kojoj naši sadašnji opisi prostora, vremena i gravitacije više nisu dovoljni.

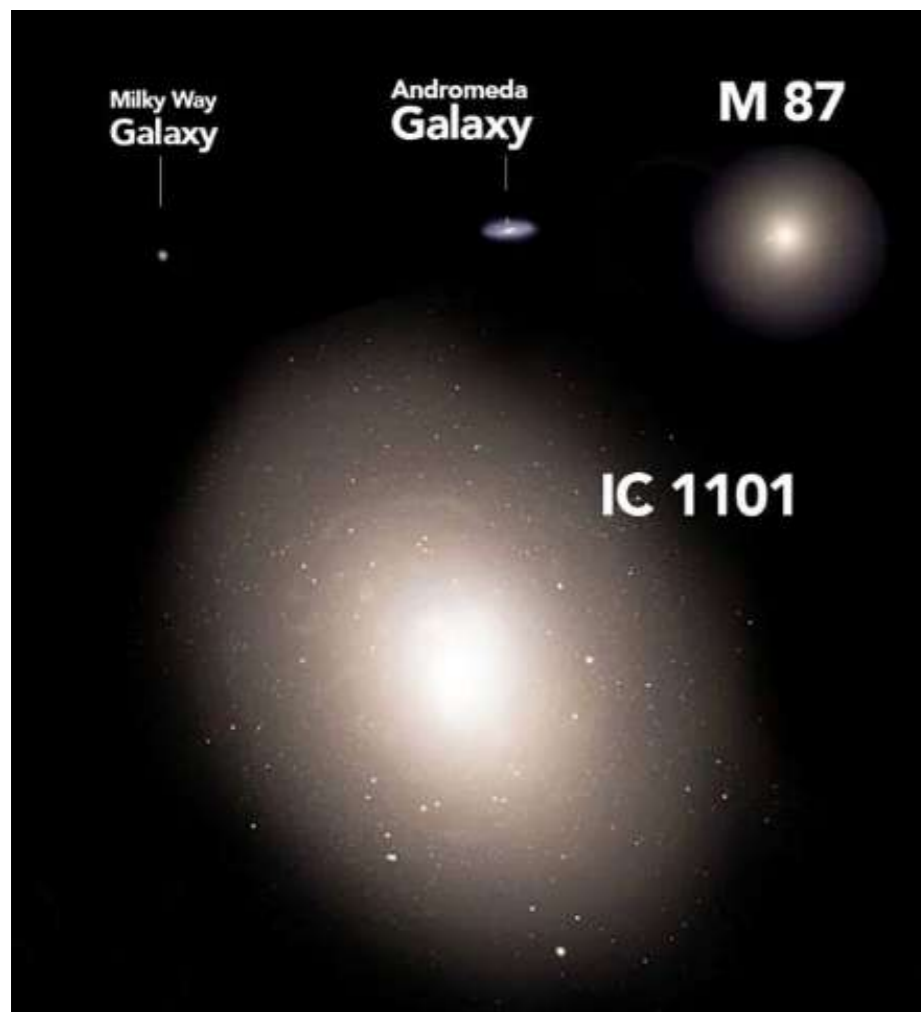
Tipičan atom velik je reda 10^{-10} m; molekule i mnoge biološki važne strukture pripadaju nanometarskoj skali. Korisna sidra su: virus oko 20 – 400 nm, bakterija oko 0,5 – 5 μm , a tipična životinjska stanica oko 10 – 20 μm . Jedna usporedba dobro "sjedne". Ako je stanica veličine zrnca pijeska od oko 1 mm, čovjek bi u istoj razmjeri bio visok oko 100 metara, dakle poput veće zgrade.

Od čovjeka do Sunčeva sustava

Na razini svakodnevne veličine procjenjujemo smisleno: čovjek je visok tek metar ili dva, zgrade narastu na desetke metara, a gradovi se šire ki-

lometrima. No, čim pogled usmjerimo prema svemiru, razmjeri postaju zapanjujući. Zemlja ima promjer 12756 km, dok Sunce doseže oko 1,4 milijuna km pa je promjerom oko 100 puta veće od Zemlje. Da bismo dobili osjećaj brzine svjetlosti na "ljudskoj" skali, dovoljno je da osvijestimo jednu činjenicu. Svjetlost u jednoj sekundi obiđe Zemlju oko 7,5 puta, a do Mjeseca joj treba oko 1,3 sekunde. To su brojke koje zvuče "trenutačno", sve dok ne shvatimo da svjetlosti do Sunca treba oko 8 minuta. Za udaljenosti unutar Sunčeva sustava koristimo astronomsku jedinicu (AU), prosječnu udaljenost Zemlje od Sunca: oko 150 milijuna kilometara. Na toj skali Jupiter je oko 5 AU, Saturn oko 9 – 10 AU, a Neptun oko 30 AU.

Zanimljiv "mjerac razmjera" su sonde Voyager 1 i 2. Voyager 1 je 1990. snimio poznatu fotografiju Pale Blue Dot s oko 6 milijardi kilometara udaljenosti (oko 40 AU), a 2012. je prešao granicu heliopauze i ušao u međuzvjezdani prostor u smislu prestan-



Usporedba promjera galaksija.

Mliječna staza i Andromeda u odnosu na divovske eliptične galaksije M87 i IC 1101

ka dominacije Sunčeva vjetra. Ipak, u širem smislu "napuštanja Sunčeva sustava" priča je još duža: proći kroz Oortov oblak i stvarno izaći iz njegovih najširih područja znači vremensku skalu od desetak tisuća godina.

Svjetlosna godina, parsek i galaksije

Kad izađemo iz Sunčeva sustava, AU postaje premala pa prelazimo na svjetlosnu godinu — udaljenost koju svjetlost prijeđe u jednoj godini, oko 9,46 bilijuna kilometara. Tu dolazi do izražaja rečenica koja sažima astronomiju. Što dalje gledamo, to dalje gledamo u prošlost jer svjetlosti treba vrijeme da stigne do nas. Najbliža zvijezda nakon Sunca je na oko 4,2 svjetlosne godine – već to pokazuje koliko su zvijezde "udaljene susjede". Astronomi često vole i parsek (pc) – mjeru koja se prirodno veže uz metodu mjerenja udaljenosti paralaksom. (1 pc \approx 3,26 svjetlosnih godina.) Za

galaksije i skupove galaksija koriste se kpc i Mpc. Na toj skali naša Mliječna staza ima promjer od oko 100 000 svjetlosnih godina, a Andromeda, jedna od rijetkih galaksija vidljivih golim okom, udaljena je oko 2,48 milijuna svjetlosnih godina. Vidimo je kao slabu mrlju, ali zapravo gledamo cijeli otočni svemir zvijezda.

Opažljivi svemir i prazan prostor

Najveća cjelina o kojoj možemo govoriti na temelju opažanja jest opažljivi svemir – dio svemira iz kojeg je svjetlost stigla do nas od početka kozmološke povijesti. Njegov promjer iznosi oko 93 milijarde svjetlosnih godina. Taj broj dobivamo kombiniranjem mjerenja starosti svemira (oko 13,8 milijardi godina) i modela širenja prostora potvrđenih opažanjima (npr. kozmičkom mikrovalnom pozadinom i raspodjelom galaksija). Važno je da opažljivi

svemir nije "rub svega", nego horizont opažanja: granica do koje informacije uopće mogu doći do nas. Mikrosvijet i kozmos imaju još jednu zajedničku osobinu: oba su, na svoj način, uglavnom prazan prostor. U atomu je jezgra slična u odnosu na cijeli atom pa većina volumena otpada na prostor između jezgre i "elektronskog oblaka". Plastična slika koja pomaže intuiciji, glasi: kad bi jezgra vodikova atoma bila veličine košarkaške lopte u središtu stadiona, elektron bi bio poput "komarca" negdje pri rubu tribina, a sve između bila bi (u geometrijskom smislu) praznina. Sličan osjećaj praznine dobiva se i u svemiru: u međuzvjezdanom prostoru prosječno je manje od jednog atoma po kubnom centimetru, a između galaksija tek oko jednog atoma po kubnom metru. "Prazno" ne znači potpuno prazno, ali znači da je tvar rijetka, raspršena i nevjerojatno razmaknuta.

Samostalno virtualno istraživanje

Interaktivni alat „Scale of the Universe“ omogućuje zumiranje od mikroskale do kozmosa i usporedbu veličina te udaljenosti na jednoj logaritamskoj ljestvici. Skeniranjem QR koda na kraju članka otvara se web-stranica na kojoj se može istraživati raspon od najsitnijih struktura do najvećih kozmičkih razmjera. Alat je zbog svoje preglednosti i brzine vrlo praktičan te može poslužiti i kao nastavno pomagalo.



QR kod za otvaranje aplikacije Scale of the Universe

ASTROFOTOGRAFIJA

Protoplanetarne maglice

Piše:
Tomislav Anić

U prethodnom broju bilo je riječi o planetarnim maglicama – nebeskim objektima koji unatoč svom nazivu nemaju nikakve veze s planetima. Riječ je o završnoj evolucijskoj fazi zvijezda srednje mase, poput našeg Sunca. No, prije nego što nastane planetarna maglica, postoji kratka, prijelazna faza – faza protoplanetarne maglice.

Kako bismo razumjeli taj proces, potrebno je pratiti životni put jedne zvijezde. Tijekom najvećeg dijela svog života zvijezda se nalazi na glavnom nizu Hertzsprung–Russellova dijagrama gdje u svojoj jezgri nuklearnom fuzijom pretvara vodik u helij. Kada se zalihe vodika iscrpe, jezgra se počinje kontrahirati i zagrijavati, dok se vanjski slojevi šire i hlade. Zvijezda tada prelazi u fazu crvenog diva, pri čemu njezin promjer može narasti i do veličine jed-

ne astronomske jedinice – dovoljno da, u slučaju našeg Sunca, obuhvati orbitu Zemlje.

Daljnijim porastom temperature u jezgri započinje fuzija helija. Nakon što se i helij potroši, zvijezda ulazi u još jednu fazu kontrakcije jezgre i širenja vanjskih slojeva, uz dodatno povećanje sjaja. Time započinje faza poznata kao AGB (Asymptotic Giant Branch). U toj fazi jezgra se sastoji pretežno od ugljika i kisika, dok se u tankim slojevima oko nje odvija fuzija helija i vodika. Proces postaje dinamičan i nestabilan: javljaju se termalne pulzacije koje uzrokuju miješanje materijala i izbacivanje dijelova zvijezde u okolni prostor. Zvijezda pritom gubi masu putem snažnih zvjezdanih vjetrova i to brzinom od čak 10^{-7} do 10^{-4} Sunčevih masa godišnje.

Ako je gubitak mase ravnomjeran,

oko zvijezde se može formirati približno sferična ovojnica – no takvi su slučajevi rjeđi. Češće dolazi do pojačanog izbacivanja materijala u ekvatorijalnoj ravnini gdje nastaje gusti torus plina i prašine. Okomito na njega razvijaju se dva rjeđa, ali optički uočljiva lobusa, stvarajući karakterističan bipolarni izgled sustava. U tom trenutku zvijezda ulazi u fazu protoplanetarne maglice. Riječ je o iznimno kratkotrajnoj fazi koja traje tek nekoliko stotina do tisuću godina. Upravo zbog te prolaznosti u našoj galaksiji poznajemo tek stotinjak takvih objekata.

U ovoj fazi temperatura jezgre iznosi oko 5000 K, što nije dovoljno za ionizaciju izbačenog materijala. Zbog toga protoplanetarne maglice ne sjaje vlastitim ioniziranim plinom, već reflektiraju svjetlost svoje središnje zvijezde – ponašaju se poput refleksijskih maglica. To je važna činjenica i za astrofotografu: za razliku od planetarnih maglica koje se često snimaju uskopojasnim filtrima, protoplanetarne maglice zahtijevaju snimanje u širokom spektru. Kako proces odbacivanja materijala napreduje, jezgra se postupno zagrijava. Kada njezina temperatura dosegne približno 30 000 K, započinje ionizacija okolnog plina – i tada protoplanetarne maglice prelazi u svoju sljedeću, poznatiju fazu: planetarnu maglicu.

Zbog svoje kratkotrajnosti i relativno malih dimenzija, protoplanetarne maglice predstavljaju pravi izazov za promatranje. Teško ih je uočiti vizualno, a još teže kvalitetno snimiti amaterskom opremom.



HD 44179



IRAS 09371



Minkowski 2-9



RAFGL 2688

Neke od poznatijih protoplanetarne maglice. Foto: Tomislav Anić

INTERVJU

Od svemira do realnosti: svijet Daniele Jović

Piše:

Dragutin Kliček

Dobro došli u moj svijet. Multiverzum svega geeky i zabavnog. Mjesto gdje se svemirska industrija susreće s "nerd" svakodnevicom. Gdje rakete i dinosauri vladaju nad dosadnim mainstream temama. Gdje inspiracija dolazi iz svega što je vezano uz svemir. "Sjedni (po mogućnosti kraj prozora) i pridruži se vožnji..." - stoji nedavno kao status na Facebook profilu Daniele Jović i teško da je mogla bolje opisati svoj pristup poslu i energiju koju donosi u svijet svemirske industrije – spoj znatiželje, stručnosti i opuštene, gotovo zarazne ljubavi prema svemu "neistraženom". O njenom radu mogli ste čitati u Vega Horizontima prateći misiju prvog hrvatskog satelita CroCube kojemu je Daniela idejna začetnica i voditeljica.

Možeš li nam malo približiti čime se točno baviš i kako izgleda tvoj rad?

Orbitalyx je moj obrt, odnosno mikropoduzeće, i to sam zapravo ja, sa vještinama koje sam tijekom godina stekla kako bih pomagala tvrtkama i startupovima u svemirskoj industriji. Jako često ljudi imaju dobre inženjere, imaju zanimljiv proizvod, ali ne znaju kako ući na tržište, kako ga prodati i objasniti te kako se uopće postaviti prema industriji tako da ih netko ozbiljno shvati. U Hylmpulseu, primjerice, tražim klijente koji svoj satelit žele poslati u svemir na novoj raketi koju oni grade u Njemačkoj. Slično, lansi-



Daniela na jednoj od mnogobrojnih konferencija

ranjem satelita bavi se i Impulso. Space, no ondje je moj dio više usmjeren na marketing i PR. Uz to sam mentor za razne akceleratora poput ESA BIC-a i Cassini Business Acceleratora te speaker na konferencijama. Sve to radim s idejom kako bih educirala ljude da nauče funkcionirati i preživjeti u svemirskoj industriji, pogotovo ako nemaju velik budžet. Ukazujem im na to gdje su prilike, kako i gdje se pokazati, kako ne trošiti energiju i novac na pogrešne stvari. Radim i na konferencijama te pokušavam objasniti što zapravo zanima ljude koji dolaze na takve evente, što im daje osjećaj da je vrijedilo dati novac za izlaganje, prisustvo ili partnerstvo. Nije dovoljno samo staviti štand i logo. Ljudi žele vrijednost,

novi kontakte, konkretne uvide i osjećaj da su dobili nešto korisno. Kako svime time upravljam, iskreno, ni sama ne znam. Mislim da su moj život i posao zapravo jedno. Nemam tu neku strogu granicu koju ljudi vole zamišljati kad pričaju o work-life balanceu, ali imam jako dobar sistem za upravljanje. Radim u odvojenim blokovima, dosta sam disciplinirana po pitanju fokusa i stalno sam u potrazi za inspiracijom i nečim što daje pogon toj mojoj strasti. To su najčešće inspirativni ljudi, zanimljive teme i osjećaj da ono što radim ima smisla.

Nedavno si se našla na listi TOP 100 Aerospace & Aviation: Women in Aerospace and Aviation, prije toga je CroCube

dobio nagradu Rookie of the Year, a uvrštena si i na Top 50 "Celebrating Women in Satellite". Također si bila nominirana za T-portalovu nagradu Visionary of the Year... i vjerojatno tu ne staje popis. Što za tebe znače sva ta priznanja?

Te liste su fora, no ne znače sad nešto puno u smislu da će ti same po sebi riješiti život ili posao. Ali ono što znače, jest da daju određeni autoritet i neki ekstra kredibilitet kada pokušavaš iznijeti svoju poruku među ljude. Jer te liste ipak na neki način dokazuju da nisi baš beznačajan te netko vidi ono što radiš. Bitno je samo da taj glas i PR iskoristiš u pametne svrhe. Ja nisam za neku praznu promociju sebe. Nije mi cilj biti prisutna samo zato da budem prisutna. Više me zanima ima li to neki smisao, neku korist, mogu li to pretvoriti u nešto što će pomoći nekome, otvoriti prostor nekoj temi ili možda dati dodatnu vidljivost stvarima koje to zaslužuju. U svakom slučaju, osobno mi takva priznanja pomažu i na jednoj drugoj razini. Pomažu mi u smislu da si na neki način svaki dan iznova objasnim kako nisam uljez u ovoj priči, nego da stvarno dajem nešto zajednici i da posao koji obavim, ima težinu.

Možeš li usporediti hrvatsko okruženje s tvojim inozemnim iskustvima? Na čemu bi Hrvatska trebala više raditi kako bi ojačala svoju „svemirsku“ poziciju? Gdje smo po pitanju suradnje s Europskom svemirskom agencijom, surađuješ li ti s njima?

Hrvatska svemirska industrija je još u pelenama. Izuzev nekoliko kompanija, mi smo zaista na početku i trebamo graditi kadar, kretati od manje zahtjevnih projekata, tražiti inozemne partnere, stvarati novi IP, učiti o novim mogućnostima i graditi kreativne ideje. Često čujem, a možda je to i dominantna struja razmišljanja unutar naših institucija, da se trebamo okrenuti prema opažanju Zemlje (Earth observation), odnosno korištenju podataka i fotografija iz postojeće infrastrukture ili da se trebamo baviti softwareom za detektiranje svemirskih kolizija, otpada i sličnih tema. I dok to na prvu zvuči pametno jer ima nisku ulaznu barijeru, problem je što to zvuči pametno svima. Onda se dogodi da imaš ogromnu količinu tvrtki koje su imale baš tu istu ideju i na kraju se vrlo teško rodi nešto inovativno i unikatno što

tržište stvarno želi kupiti. Dakle, po meni, ti savjeti nisu dobri. Na prvu zvuče logično, ali realno, vrlo često nema tko to kupiti i nakon par godina, nakon fazonne validacije koncepta, tvrtka bude osuđena na propast. Mislim da je sto puta bolje osmisliti neki sitan hardware, nešto što možda na prvu ne izgleda veliko, ali ima moguće aplikacije i rješava stvaran, postojeći problem na tržištu. Što se tiče članstva u ESA-i, mi smo sada u grupi zemalja koje surađuju bez punog članstva i to je po meni dobro. Da smo u nekoj naprednijoj kategoriji, pisali bismo projekte u konkurenciji puno razvijenijih država i tako vjerojatno ne bismo ni mogli doći do novaca jer bi se oni raspodijelili projektima koji su puno jači, iskusniji i zreliji. Ovako još imamo prostor za organski razvoj.

Kako danas vidiš astronomsku zajednicu u Hrvatskoj?

Astronomska zajednica, kao i druge institucije u Hrvatskoj, ima jedan izazov, a to je suradnja. Postoji masa odvojenih manifestacija, inicijativa i društava, ali mi nekako još uvijek ne znamo surađivati tako da bi iz toga nastalo nešto veće i trajnije. Mislim da nam nedostaje jedinstvo i neka zajednička točka koja bi nas okupila kako bismo napravili veće, zajedničke projekte. To nije kritika pojedincima, jer se stvarno radi puno dobrih stvari, ali nedostaje malo više povezivanja i zajedničkog cilja. Načelno mi se sviđa rad pojedinih društava, raznih inicijativa i slično. Pratim i podržavam sve što donosi pametan sadržaj za mlade, a ujedno ne diskriminira druge skupine građanstva, nego daje mogućnost da ljudi nešto nauče i pametno potroše svoje slobodno vrijeme.

Kako gledaš na inkluziju, kao znanstvenica i liderica u industriji?



Daniela intervjuira švedskog astronauta Marcusa Wandta

Ne bih se nazvala znanstvenicom. Moj fokus je uvijek bio na industriji i komercijalizaciji proizvoda i usluga za svemirsku industriju jer vjerujem da je upravo komercijalni sektor taj koji može donijeti kapital koji se kasnije, kroz poreze prelijeva u državni proračun, a onda i u znanost i obrazovanje. Stoga, ako imamo jaku ekonomiju, to je bolje i za naše znanstvenike. Inkluzija je danas riječ koja se puno koristi, ali često na krivi način. Po meni je inkluzija ispravna jedino onda kada se događa prirodno, bez prisile, kada se zaista odaberu pravi stručnjaci, bez predrasuda. U praksi često vidimo da stariji profesor s puno iskustva nije ni približno toliko relevantan kao mlada djevojka koja je tek ušla u temu, ali je popratila trendove, razumije novu tehnologiju i zna što se događa sada, a ne prije dvadeset godina. Pada mi na pamet puno primjera iz prakse. Također, isto vrijedi i za percepciju da je stručnjak iz SAD-a automatski bolji od nekoga iz manje ze-

mlje. To je također vrsta predrasude. Mislim da bi inkluzija bila manje prisutna tema kada bismo živjeli bez unaprijed stvorenih pretpostavki o tome tko vrijedi više, a tko manje.

Misliš li da je ženama i mladima teže doći u svijet astronomije i svemirske industrije?

Astronomija kao hobi jedan je od lijepih primjera gdje, po meni, nema nekih ozbiljnih barijera. Po pitanju znanosti, rekla bih da se stvari također sve više izjednačavaju i ljudi imaju priliku baviti se onime čime se žele. Ono što je i dalje problem, jest komercijalna industrija, odnosno baš svemir kao posao. Tu i dalje, zbog naših vlastitih predrasuda i nedostatka dobrih uzora poput astronautkinja, znanstvenica i poduzetnica, mladim ženama ova niša možda još uvijek nije toliko napeta i ne doživljavaju je kao prostor u kojem i same mogu biti dio priče. Zato smatram da i ja, koja stvarno ne volim taj PR samopromidžbe,

ipak moram prihvatiti da je i to dio posla. Ako ja mogu inspirirati barem neku ženu ili djevojku, onda to itekako vrijedi.

Kako se onda može sustavno osnažiti žene u tehničkim i inženjerskim zanimanjima?

Mislim da je bitno da se žene uključuje prirodno, a ne samo zato što nam nedostaje netko četvrti za panel diskusiju. Poanta je da osvijestimo kako te stručnjakinje postoje i da ih prestanemo tretirati kao iznimku. Ja bih ovdje u Hrvatskoj svakako istaknula Veresu Smolčić i Lanu Ceraj, koje su definitivno žene zmajevi. Nažalost, kultura današnjice preferira one koje poziraju u kupaćim kostimima pokraj bazena, a mislim da za to ni ja, ni prije spomenute znanstvenice nemamo ni volje ni želje. Društvo ima jako kratak raspon pažnje i zato je bitno da se mi sami, koji radimo neki pametan sadržaj i želimo prenijeti vrijednu poruku, prilagodimo vremenu i pristupimo publici na način na koji je ona spremna konzumirati taj sadržaj. Tu je novinarstvo isto bitno. Kad sam nekoliko puta pristupala medijima s pričom, znali su me odbiti uz obrazloženje da priča nije dovoljno "clickbait" i da ljudi to jednostavno neće čitati ili gledati. Dakle, donekle smo si i sami krivi jer smo i sami gospodari svog feeda na društvenim mrežama te nam se na kraju prikazuje ono na što smo spremni potrošiti vrijeme. A što napraviti po tom pitanju? Mislim da je potrebno što više aktivnog, hands-on rada s ljudima. Priče često uđu na jedno uho i izađu na drugo. Biti prisutan, pokazati ljudima svoje vještine, svoj rad i svoje rezultate, to je nešto što bi po meni moglo imati pravi učinak.

Što bi voljela da se dogodi nakon CroCube misije i kako "kockica" može dugoročno inspirirati mlade te otvoriti nova vrata Hrvatskoj u svemirskoj industriji?



Željko Ulip, Davor Sevšek, Daniela Jović, Ivana Ljevak, Darko Lukša – dio CroCube tima

Voljela bih da CroCube ne ostane samo simpatična priča o prvom hrvatskom satelitu, nego da bude početak nečega što će trajati i što će se granati u više smjerova. Već sada se pišu diplomski radovi, a mislim da su se neki ljudi, možda i malo iz inata, pokrenuli i odlučili krenuti u svoje nove pothvate kad su vidjeli da se to zaista može. Nekad je najvažnije upravo to da netko svojim primjerom probije psihološku barijeru i pokaže da nešto nije rezervirano samo za velike države, velike budžete i velike sustave. Vidi se da postoje nove inicijative, da se stvara više interesa i da se polako formira jedan zdraviji osjećaj da i Hrvatska može biti dio ove priče. Primjerice, Ministarstvo znanosti i obrazovanja s ESA-om provodi program Pozdravi svemir. To su mali, ali bitni koraci. Naše manifestacije se također redovito organiziraju, poput Yuri's Nighta i Svjetskog tjedna svemira, a ove godine bit ćemo prisutni i na puno astronomskih događaja, poput 10 Dana Astronomije u Daruvaru, Hrašćinskog Astra, Astrofesta u Višnjanu i sličnih događanja.

Daniela Jović 2036. – gdje bi se voljela vidjeti?

Voljela bih i dalje raditi na zanimljivim projektima, gledati lansiranja raketa, družiti se s još puno zanimljivijih ljudi i napraviti konkretan doprinos za što više svemirskih misija. Možda to zvuči dosadno jer nije neki glamurozan odgovor, ali mene to stvarno veseli. Ja nisam osoba koja sanja neku apstraktnu titulu, nego više konkretne situacije, konkretne projekte i osjećaj da sam nečemu stvarno pridonijela. A od nekih lokalnih snova, voljela bih na neki način nastaviti rad Ante Radonića, našeg najomiljenijeg popularizatora znanosti koji mi je veliki uzor i motivacija. To mi je možda čak i jedna od dražih misli za budućnost, da uz sve ovo poslovno i industrijsko ostane i taj dio prenošenja znanja, entuzijazma



Daniela s Rachel Jewett urednicom časopisa Via Satellite

i ljubavi prema svemiru ljudima koji možda inače s tom temom nikad ne bi došli u kontakt.

Za kraj, Vega Horizonti su nedavno završili s tobom i u Washingtonu...Hvala ti što promoviraš Vega Horizonte te što te možemo smatrati našom ambasadoricom!

Definitivno! Posebna mi je čast što sam uvrštena među top 50 žena u satelitskoj industriji "Celebrating Women in Satellite", tim više što je povodom toga izašao i članak u časopisu Via Satellite, u jednom od najpoznatijih medija u svemirskoj industriji. Prošlog mjeseca u Washingtonu fotografirala sam se i za Vega Horizonte, uz primjerak Via Satellite-a, s Rachel Jewett, urednicom časopisa i kreatoricom tog lista, hrvatskog podrijetla.

O CroCubeu smo puno pisali, ali moramo ga barem malo spomenuti. Kako danas izgleda radni dan prvog hrvatskog satelita?

Općenito gledano, satelit je dobro. To mi je možda i najdraža rečenica koju mogu reći jer iza nje stoji puno rada, volontiranja, rizika i upornosti. U trenutku dok izlazi ovaj članak, očekujemo proglašenje nagrade SozialMarie. Riječ je o jednoj od najpoznatijih nagrada za društvenu inovaciju u srednjoj i istočnoj Europi koja već od 2005. prepoznaje projekte s novim, održivim i stvarno provedenim odgovorima na društvene izazove. CroCube je ove godine među nominiranim projektima, što pokazuje da ova misija nije samo tehnički pothvat, nego i platforma koja ima društveni i edukativni učinak.

U DRUŠTVU OBLAKA

Superćelija – kraljica oluja

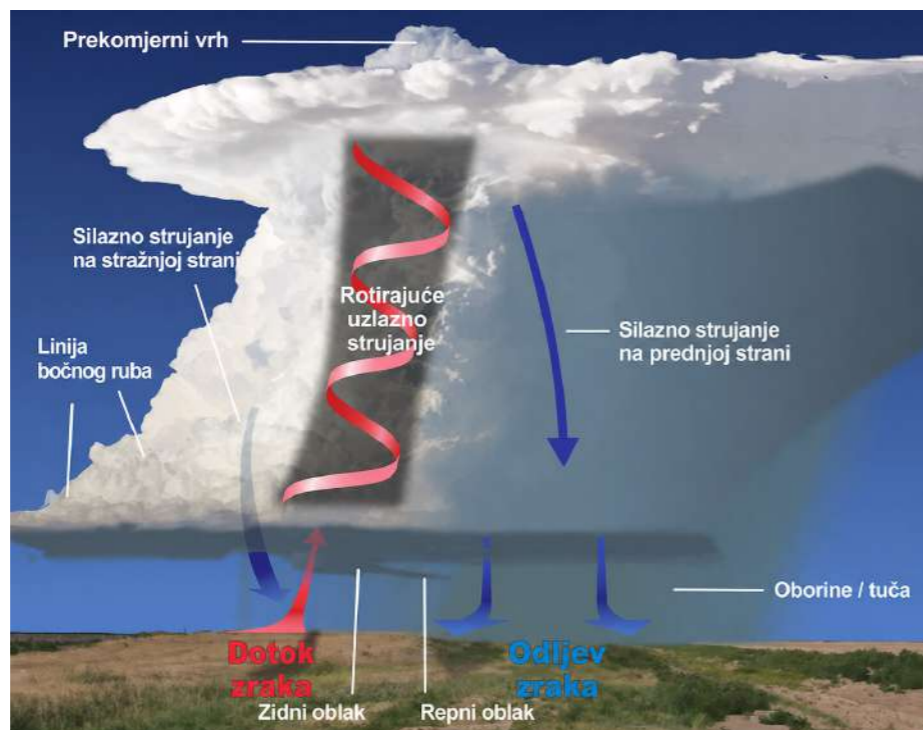
Piše:

Maja Kraljik

U prethodnom broju pisala sam o impresivnom "kralju oluja" – shelf cloudu, odnosno oblaku polici. Bio je to tek uvod u priču o fenomenu koji s punim pravom nosi titulu kraljice oluja. Za meteorologe i ozbiljne lovce na oluje ona je najveći izazov, a i najuzbudljiviji prizor na nebu. Svatko tko razumije anatomiju konvektivnih sustava, zna onaj osjećaj kada se na horizontu pojavi superćelija: uzbuđenje i nelagoda stapaju se u jedno, a srce počinje ubrzano kucati. Prepoznavanje klasičnih superćelija ostavit ću za neki od sljedećih brojeva. Ovdje ćemo se usredotočiti na uvjete njezina nastanka i razmjere opasnosti koje nosi. Superćelijske oluje oduvijek su izazivale strahopoštovanje. Riječ je o najorganiziranijem i najopasnijem obliku grmljavinskih sustava, prepoznatljivom po dugotrajnosti, izraženoj rotaciji i sposobnosti stvaranja ekstremnih vremenskih pojava. Iako se najčešće povezuju s američkim područjem poznatim kao "Tornado Alley", posljednjih godina sve su prisutnije i u Europi, pa tako i u našim krajevima, gdje njihova pojava više nije rijetkost, nego ozbiljno upozorenje.

Rađanje oluje

Razumijevanje superćelija počinje u složenim odnosima unutar atmosfere. Njihov razvoj zahtijeva znatno više od uobičajenih uvjeta za nastanak oluje. Sve započinje u sloju toplog i vlažnog zraka pri tlu iznad kojeg se nalazi hladniji i suši zrak. Takva raspodjela stvara izraženu nestabilnost – stanje u kojem zrak ima



Idealizirani presjek potpuno razvijene superćelijske oluje prikazuje njezine ključne značajke i obrasce strujanja zraka. Izuzev rotirajućeg uzlaznog strujanja (koje definira superćeliju), ostali elementi ne moraju biti prisutni niti jasno uočljivi u svakoj pojedinoj oluji. (Image credit: NOAA's NWS Stormspotter Guide)

snažnu tendenciju uzdizanja. Kada se to dogodi, razvija se snažno uzlazno strujanje (updraft), svojevrsni motor oluje. Za razliku od običnih grmljavinskih oblaka, uzlazna strujanja u superćelijama često su nagnuta i izrazito snažna. Već izdaleka mogu podsjećati na ogromnu, kipuću "cvjetaču" koja prijete eksplozijom, a u zreloj fazi često su okrunjena mammatus oblacima.

Srce rotacije

Ključna razlika, međutim, leži u smicanju vjetra – promjeni brzine i smjera vjetra s visinom. Dok pri tlu vjetar

može biti slab i ujednačen, na većim visinama postaje snažniji i mijenja smjer. Ova razlika stvara horizontalnu rotaciju zraka, svojevrsni valjak u atmosferi. Kada ga snažno uzlazno strujanje "uspravi", nastaje vertikalna rotacija – mezociklona, srce svake superćelije. Formiranjem mezociklona oluja ulazi u novu, organiziranu fazu razvoja. Upravo ta rotacija omogućuje dugovječnost sustava: uzlazne i silazne struje ostaju razdvojene. Dok topli zrak kontinuirano hrani oluju, hladniji zrak i oborine spuštaju se kroz odvojene silazne struje (downdraft). Time se sprječava



Superćelija iznad Ajdovščine, Slovenija. Foto: Gregor Vojščak

samouništenje oluje – čest ishod kod slabijih sustava. Unutar takve strukture nastaju i najopasniji fenomeni.

Razorna snaga

Tuča se formira kada snažno uzlazno strujanje podiže kapljice vode u hladnije slojeve gdje se smrzavaju i ponovno padaju – često više puta kružeći kroz oluju. Svaki ciklus dodaje novi sloj leda pa zrna mogu doseći iznimne dimenzije. Istodobno, silazni prodori hladnog zraka mogu uzrokovati razorne udare vjetra, dok rotacija mezociklona u određenim uvjetima dovodi do stvaranja pijavica i tornada. Za nastanak superćelije potrebna je izuzetno precizna kombinacija uvjeta: visoka vlažnost,

izražena nestabilnost, snažno smicanje vjetra i okidač koji pokreće uzdizanje zraka – poput fronte, orografskog uzdizanja ili intenzivnog zagrijavanja tla. Upravo zbog te složenosti svaka je superćelija jedinstvena, a njezin razvoj ovisi o suptilnim nijansama u atmosferi. Posljedice ovakvih oluja mogu biti ozbiljne. Velika tuča u svega nekoliko minuta može uništiti usjeve, oštetiti vozila i infrastrukturu te ugroziti ljudske živote. Obilne oborine često uzrokuju bujične poplave, dok snažni udari vjetra dodatno povećavaju štetu. Iako su tornada u Europi rijetka nego u Sjedinjenim Američkim Državama, nisu nepoznata pojava, a upravo su superćelije njihovi najčešći

uzrok. Posljednjih godina i susjedna Italija bilježi sve češće pojave spektakularnih "mothership" superćelija, zbog čega se sve češće spominje kao europski pandan "Tornado Alleyju".

Budućnost

U kontekstu klimatskih promjena, znanstvenici upozoravaju na porast intenziteta i učestalost snažnih oluja. Topliji zrak može zadržati više vlage, čime raste količina energije dostupne za razvoj oluja, dok promjene u strujanjima dodatno pogoduju smicanju vjetra. Takvi uvjeti povećavaju vjerojatnost pojave superćelija i u područjima gdje su nekoć bile rijetke. Unatoč napretku tehnologije i sve preciznijim prognozama, superćelije i dalje ostaju izazov za meteorologe. Njihova složena dinamika i sposobnost brzih promjena otežavaju točno predviđanje, zato je ključno pravodobno pratiti upozorenja i reagirati na vrijeme – potražiti zaklon, zaštititi imovinu i izbjegavati izlaganje riziku.

Superćelije su snažan podsjetnik na moć i kompleksnost atmosferskih procesa. Ne možemo ih spriječiti, ali ih možemo bolje razumjeti. Upravo to razumijevanje, uz oprez i informiranost, ostaje najučinkovitija zaštita od posljedica koje ove veličanstvene i opasne oluje ostavljaju iza sebe.



Superćelija iznad Cittadelle, Italija. Foto: Gregor Vojščak

ATMOSFERSKA OPTIKA

Cirkumzenitni luk

Piše:

Marko Posavec

Optičke nebeske pojave iz obitelji haloa brojne su i raznovrsne. Neke se vide samo ljeti, poput cirkumhorizontskog luka o kojemu je već bilo riječi u Vega horizontima i čija je ovogodišnja sezona upravo počela. Neke su blijeđe i nećemo ih zapaziti ako ne znamo točno što tražimo. No, cirkumzenitni luk nije među njima. Kad je vidljiv, visoko je na nebu. Boje su mu čiste, gotovo ljepše od duginih, a u svom najboljem izdanju može biti vrlo sjajan.

Cirkumzenitni luk naziva se još "obnutom dugom" ili "smiješkom na nebu". U obliku je manje-više polukružnog luka, opisan oko zenita – odatle mu i ime. Nalazi se iznad Sunca, dvostruko dalje od običnog haloa polumjera 22 stupnja. Ako vidite halo i pogotovo ako vidite pasunca, podignite pogled i potražite ovaj luk. Sredinom je uvijek okrenut prema Suncu, crven na donjem (vanjskom) rubu, plavičast na gornjem (odnosno unutarnjem). S donje strane može

ga doticati tzv. supralateralni luk ili, rijetko, halo polumjera 46 stupnjeva. Taj je halo jako rijedak, pogotovo u našim predjelima, i redovito se brka s puno češćim supralateralnim lukom.

Kako nastaje

Ovaj luk stvaraju isti kristalići leda zaslužni za pasunca: manje ili više horizontalno orijentirane šesterokutne ledene pločice. Sunčeva svjetlost ulazi u gornju bazu, lomi se i izlazi kroz jednu od vertikalnih stranica gdje se ponovno lomi. Takva refrakcija u dvjema stranicama koje su međusobno pod 90 stupnjeva daje čiste i vrlo jasne boje. Stručnjak za atmosfersku optiku Les Cowley upravo cirkumzenitni luk smatra najljepšim od svih haloa i srodnih pojava.

Poput većine optičkih fenomena iz obitelji ledenih haloa, izgled cirkumzenitnog luka ovisi o kutnoj visini Sunca iznad horizonta. Prije svega, vidi se samo ako je Sunce niže od otprilike 32 stupnja, a tu kod te gornje



Gdje se nalazi cirkumzenitni luk u odnosu na druge pojave iz obitelji haloa.

Foto: Marko Posavec

granice ionako je blijed i mutan, vrlo blizu zenitu. Niže od toga luk je sjajnije, duži i uži. Najljepši je kad je Sunce na kutnoj visini od oko 22 stupnja, dakle kad onaj "obični" halo donjim rubom dotiče horizont.

Cirkumzenitni luk često se vidi u takozvanim "kompleksnim" predstavama kada se više pojava iz obitelji haloa ukazuje istovremeno. To su najčešće halo polumjera 22 stupnja, pasunca, parhelijska kružnica, gornji tangentni i supralateralni luk, kao i spomenuti cirkumzenitni. No, posebnu čar ima kad se pojavljuje samostalno, kada se druge pojave ne vide. Na nebu se tada ocrta sjajan, vrlo uočljiv luk žarkih boja, i možda ponekad uistinu podsjeća na smiješak bez očiju, poput onoga Češirske mačke.



Cirkumzenitni luk. Dolje se nazire i supralateralni koji ga dotiče. Foto: Marko Posavec

NAJAVA MANIFESTACIJE

Hrašćinski astro

Piše:

Jasna Kranjec, predsjednica Kluba ljubitelja zavičajne baštine Hrašćina

Hrašćina je mala općina na krajnjem istoku Krapinsko-zagorske županije, a graniči s Varaždinskom i Zagrebačkom županijom. 26. 5. 1751. godine u njeno malo selo Domovec pao je meteorit čiji je pad prvi put u povijesti zabilježen i dokumentiran, a kasnija istraživanja na samom meteoritu dokazala su postojanje svemirske materije te je hrašćinski meteorit stekao svjetsku slavu i utvrdio put razvoju astronomije i meteoritike kao znanosti.

Spomenuti meteorit pripada skupini rijetkih željeznih meteorita kemijske skupine IID u kojoj je dosad samo 21 meteorit, a hrašćinski je najstariji.

Hrašćinski meteorit ima svoje spomen-obilježje na mjestu pada, monografiju u tiskanom izdanju i poštansku marku, a Klub ljubitelja zavičajne baštine Hrašćina u njegovu čast organizira „Hrašćinski astro“, trodnevnu manifestaciju koja okuplja astronome, znanstvenike, laike te umjetnike iz šireg područja Lijepe Naše. U sklopu znanstvenih i popularnih predavanja nađe se i kulturnih sadržaja, organiziraju se noćna i dnevna promatranja neba i Sunca teleskopima te ima ponešto sadržaja zabavnog karaktera.

„Hrašćinski astro“ održava se uvijek trećeg vikenda u svibnju, u poslijepodnevnom i večernjim satima, a ove će to godine biti 15., 16. i 17. svibnja. Gostovat će **gitaristički Trio Evocacion Koncertom do zvijezda**, **Teatar Boom pred-**



Replika hrašćinskog meteorita.

Original se čuva u Povijesnom i prirodoslovnom muzeju u Beču.

stavom Dohvati svemir, Danijela Jović, Zoran Ereš, Zoran Novak, AD Meteor, AD Vega i AD Beskraj, a ovogodišnjom manifestacijom se obilježava 275. godišnjica pada meteorita.

Zanimljiva je činjenica da CroCube u svemiru nosi česticu hrašćinskog meteorita.

ASTRONOMSKO DRUŠTVO BESKRAJ

Petrova gora star party

Piše:
Boris Štromar

Petrova gora je dugo bila važno okupljalište za astronome amatere, ponajprije za nas iz Zagreba i okolice. Astronomsko društvo Beskraj organiziralo je velike godišnje "star partye" gdje su se jednom godišnje okupljali astronomi iz cijele Hrvatske. Osim tamnog neba, za ovakve je događaje vrlo važan jednostavan pristup automobilom i dovoljno mjesta za puno sudionika. Sve to je omogućeno upravo na Petrovoj gori gdje se u podnožju spomenika ustanku naroda Banije i Korduna, vrhunskog, ali nažalost devastira-

nog arhitektonskog djela Vojina Bakića, nalazi prostran plato gdje se mogu smjestiti deseci automobila uz puno prostora za teleskope.

Lokacija

Važna je i blizina lokacije. Okupljalište se nalazi na samo malo više od 1h vožnje automobilom od Zagreba, što je dovoljno blizu, ali i dovoljno daleko od svjetlosnog onečišćenja glavnog grada. Zbog svega toga, Petrova gora je brzo postala vrlo popularna destinacija za ljubitelje tamnog neba. Zahvaljujući

trudu članova AD Beskraj, od sredine 2019. godine značajni krajobraz Petrova gora - Biljeg dobio je status međunarodnog parka tamnog neba po kriterijima Dark Sky International, međunarodne udruge za zaštitu tamnog neba.

Nažalost, jednako kako je nemaran odnos prema apstraktnoj arhitekturi iz prošle države, tako se nastavlja i prema očuvanju okoliša, u ovom slučaju prvog međunarodnog parka tamnog neba u Hrvatskoj. Niti godinu dana nakon proglašenja, tik do parkinga postavljen je ogroman

komunikacijski toranj s vrlo snažnim crvenim signalnim svjetlima. Iako je cijelo područje u mraku, ova svjetla su toliko snažna da onemogućuju posjetiteljima prilagodbu očiju na mrak. Budući da je cijelo područje značajnog krajobraza prekriveno šumom, alternativne lokacije nažalost nije bilo. Godišnji star party preselio se u Liku, a mi pojedinci astronomi raštrkali smo se po okolnim šumama poput partizana.

Ipak, prije nešto više od godinu dana čuli smo glasine da signalna svjetla nisu više upaljena. Tijekom prošle godine smo iz AD Beskraj nekoliko puta posjećivali spomenik i zaista, svjetla nisu radila! Razlog nam za sada nije poznat pa smo za ovu godinu odlučili organizirati javni star party. Održali smo ga u

subotu, 18. travnja, povodom Međunarodnog tjedna tamnog neba (International Dark Sky Week).

Posjećenost

Usprkos kratkoj najavi od otprilike tjedan dana unaprijed, star party je bio jako dobro posjećen te je nama iz AD Beskraj ponovo počeo tinjati plamen u srcu. Vedran Vrhovac, predsjednik AD Beskraj, na početku je održao odlično predavanje iz astrognozije, pokazujući zvijezda i nebeske zanimljivosti zelenim laserom. Iako su malo smetali tanki oblaci, ipak je nebo bilo dovoljno vidljivo za otprilike dvadesetak okupljenih znatiželjnika. Vedran je nakon toga oduševio sve prisutne pogledom kroz svoj ogromni dobson promjera zrcala 500 mm. Naš novoizabrani do-

predsjednik Filip Matoić zadovoljio je gurmansko-astronomske zahtjeve fantastičnom noćnom roštiljadom (na plin, radi očuvanja noćnog vida). Tijekom noći u pogonu je bilo barem 6 - 7 teleskopa, ne računajući ekipu koja se bavila astrofotografijom. Nažalost, društvo se ubrzo nakon ponoći prorijedilo, baš kad se nebo potpuno razvedrilo. SQM mjerenja pred jutro su pokazivala izuzetnih 21.58!

Događaj je bio više nego uspješan što se moglo zaključiti prilikom pričavanja dojmova koje se među članovima AD Beskraj nastavilo idućih nekoliko dana. Nadamo se da je ovo bio tek mali uvod u mnoge buduće star partye u revitaliziranom međunarodnom parku tamnog neba Petrova gora - Biljeg.



Vedran Vrhovac okupljenima je pokazao kako se snalaziti na noćnom nebu.



Iz Javne ustanove Sisačko-moslavačke županije stigla je ekipa izviđača.



Filip Matoić sa suprugom je pripremio nezaboravni roštilj.



Posjećenost je bila iznad očekivanja.



ASTRONOMIJA

Hickson galaktičke grupe

Galaktičke kolizije zamrznute u vremenu

Piše:

Pavle Rajković

U vrijeme izlaza ovog broja časopisa nalazimo se u sredini "sezone galaksija" pa mi je veliko zadovoljstvo predstaviti možda i najatraktivnije galaktičke poglede na noćnom nebu - Hickson galaktičke grupe. Hickson grupe atraktivne su i vizualnim astronomima i astrofotografima, ali se mi u ovom tekstu nećemo baviti samim tehnikama opažanja, već prirodom tih grupacija, kao i razlozima zbog kojih su ovi skupovi galaksija toliko prijemčivi za promatranje i fotografiranje.

Galaktičke grupe

Najprije definirajmo što su to galaktičke grupe, kakve vrste istih poznamo i po čemu se razlikuju od galaktičkih jata. I grupe i jata su skupovi gravitacijski povezanih galaksija koje se zajedno kreću kroz svemir. Dok se jata mogu sastojati od tisuća galaksija raštrkanih na ogromnim udaljenostima koja se mjere u milijunima svjetlosnih godina, galaktičke grupe su manji skupovi od maksimalno 50 galaksija čija maksimalna udaljenost iznosi do milijun svjetlosnih godina, ali u velikoj većini slučajeva iznosi mnogo manje. To znači da se unutar jednog galaktičkog jata može nalaziti nekoliko galaktičkih grupa. Same galaktičke grupe dijele se u dvije vrste: rasute i kompaktne. U rasutim grupama rastojanja između samih članica grupe su višestruko veća od samih promjera galaksija. Nasuprot njima stoje mnogo atraktivnije kompaktne grupe gdje rastojanja između galaksija ne prelaze veličine samih objekata.



Paul Hickson, 2014. godina

Paul Hickson

Upravo tim kompaktnim grupama bavio se znanstvenik Paul Hickson, čijem radu ćemo posvetiti ostatak teksta. Paul Hickson kanadski je astronom rođen 1950. godine. Doktorirao je astrofiziku na California Institute of Technology 1976. godine, a od 1980. godine radi na University of British Columbia u Vancouveru gdje stiče do zvanja redovitog profesora. I dan danas predaje na Odjelu za fiziku i astronomiju. Profesor se istaknuo u razvoju novih vrsta opažanja svemira, kao što su teleskopi s tekućim ogledalima, robotske opservacije, lasersko-adaptivna optika te instrumenti koji udaljeno mjere atmosferske turbulencije. Međutim, široj astronomskoj zajednici profesor Hickson je prije svega poznat po svom katalogu kompaktnih galaktičkih grupa (HCG) koji je objavio 1982. godine. Katalog je tijekom

1990-ih dopunjen i danas sadrži 100 kompaktnih grupa. Hickson je grupe identificirao proučavajući printove crveno-senzitivnih fotografskih ploča iz znamenite Palomar Observatory, San Diego, California. Razlog zbog kojih se Hickson grupe smatraju jednim od najatraktivnijih galaktičkih pogleda nalazi se ponajprije u kriterijima koje je profesor primjenjivao pri identificiranju grupa koje bi se mogle podvesti pod naziv "HCG". Kriteriji su bili veoma strogi i ovo su najvažniji:

Prvi i najbitniji kriterij bio je da svaka grupa mora biti kompaktna. To znači da sve galaksije u grupi moraju biti na maloj udaljenosti jedna od druge, ne većoj od veličine samih galaksija. **Drugi**, ne manje bitan je i magnitudni kriterij kojim se Hickson vodio. Naime, razlika u sjaju između svih galaksija u grupi ne smije preći preko 3 magnitude. **Treći** kriterij bila je izoliranost grupe pa su sve Hickson grupe izolirane od ostalih galaksija. **Četvrti** kriterij bila je površinska gustoća galaksija. Sve galaksije u HCG imaju visoku površinsku gustoću, a malu brzinu, što odgovara fizičkim modelima gravitacijski povezanih galaksija u fazi spajanja. Bilo je još nekih kriterija, ali su za amaterske astronome ovo 4 najbitnija. Ti kriteriji doveli su do katalogiranja tijesno spakiranih grupa od najviše 7 galaksija, mada ih je najčešće po 4 u grupi, ne s prevelikom razlikom u sjaju između najsvjetlije i najbljeđe galaksije. Rezultat toga je da one Hickson grupe koje se mogu promatrati amaterskim teleskopi-

ma izgledaju veoma atraktivno i kompaktno. Međutim, Hickson grupe su prije svega astrofotografski veoma zanimljive mete jer je samo nekoliko njih u dometu teleskopa srednjih aparatura. Ono što Hickson grupe čini posebno atraktivnim jest činjenica da zbog blizine galaksija često dolazi do morfoloških izobličenja galaksija uslijed međusobnih interakcija, a neke od njih pokazuju i znakove galaktičkih kolizija. Također, Hicksonov katalog se sastoji od 100 nama najbližih kompaktnih grupa, što ih čini jednim od najsvjetlijih predstavnika svoje vrste.

Gotovo sve galaksije u HCG nalaze se u fazi kolizije i gledajući u njih mi vidimo jedan trenutak prividno zamrznut u vremenu, star desetine milijuna godina, u kojem se galaksije nalaze veoma blizu jedna drugoj u fazi procesa spajanja u jednu eliptičnu galaksiju. Između mnogih galaksija vidljiva je jaka plimna interakcija pa nije rijedak slučaj vidjeti izobličene galaksije oblika bumeranga, toliko dragocjen pogled i na astrofotografijama i u teleskopima. Također, gravitacijska vuča prouzrokuje jaku zvjezdanu formaciju unutar članica grupe. Hickson grupe nalaze se u različitim stadijima spajanja, od onih u ranom procesu kolizije do pojedinih u kojima se već vrši razmjena zvijezda pojedinačnih galaksija. Te faze jasno su



Hickson 44 (Leo Quartet) jedna je od najpoznatijih HCG jer je podjednako prijemčiva i promatračkim astronomima i astrofotografima. Nalazi se u sazviježđu Lav, na udaljenosti od oko 80 milijuna svjetlosnih godina od Zemlje. Grupom dominiraju dvije najsvjetlije galaksije: spiralna NGC 3190 (u sredini) i eliptična NGC 3193 (lijevo od nje). Međutim, bisernu grupu je prelijepa NGC 3187 u obliku slova "S", teško izobličena gravitacijskim utjecajem NGC 3190. Foto: Adam Leaković

vidljive na astrofotografijama gdje se prva grupa vidi kao rasuta grupiranost galaksija, do prelijepih snimaka spajajućih galaksija, najbolje predstavljenih u Hickson 97 grupi (Seyfert's Sextet).

Misterij održivosti kompaktnih grupa

Pojava Hickson kataloga i broj od čitavih 100 kompaktnih grupa u njemu otvorilo je pitanje u astrofizici na koje još uvijek ne postoji konačan odgovor. Naime, zakoni fizike koje trenutno poznamo ne predviđaju postojanje tolikog broja kompaktnih grupa. Tu treba dodati da je Hickson identificirao samo 100 najbližih grupa, dok je njihov broj daleko veći u čitavom svemiru. Brzine galaksija unutar kompaktnih grupa su veoma male, što bi upareno s njihovom blizinom trebalo dovesti do mnogo brže kolizije između njih nego što se to u stvarnosti događa. Naprosto, broj identificiranih grupa je daleko veći nego što bi trebao biti. Prema poznatim fizičkim modelima, broj kompaktnih grupa bi trebao biti veoma mali, a većina galaksija u njima bi se trebala mnogo brže spojiti u jednu galaksiju. Predložena su dva rješenja ovoga problema i oba su još



Hickson 61 (The Box) nalazi se u sazviježđu Coma Berenices. Veoma je atraktivna astrofotografska grupa jer se galaksije grupe javljaju u skoro savršenoj simetriji, formirajući oblik trapeza. Najsvjetlija galaksija grupe sja magnitudom 13.2, dok je najbljeđa magnitude 14.4. Stoga je ova grupa klasičan primjer Hicksonovog kriterija kako razlika sjaja između najsvjetlije i najbljeđe galaksije grupe ne smije prelaziti preko 3. Foto: Bret Stott



Hickson 68 jedna je od vizualno najosmotrivijih HCG. Dvije galaksije u procesu kolizije (NGC 5353 i NGC 5354) dominiraju pogledom i prelijepo izgledaju u okularu. Sve galaksije sistema dovoljno su svijetle da se mogu vidjeti amaterskim teleskopima, počevši od otvora 300 mm. Foto: Riedl Rudolf

uvijek samo u domeni teorije. Prva je teorija veoma smjela, riječ je o tome da je trenutni broj kompaktnih grupa i konačan. Prema toj teoriji, postoji neposredna proporcionalnost između spajanja galaksije grupe u jednu galaksiju i pojave nove kompaktne grupe, što bi značilo da je jednoj grupi potrebno jednako vremena da nestane koliko i drugoj da se formira. Drugo objašnjenje jest da je održivost kompaktnih grupa u formi separatnih, pojedinačnih galaksija mnogo duža nego što se ranije mislilo, a da su galaksije u njima mnogo stabilnije nego što to zakoni fizike predviđaju. To se pripisuje postojanju velikog hala tamne materije koji okružuje galaksije grupe i koji smanjuje gravitacijsku vuču samih galaksija jednih prema drugima. Sam profesor Hickson je u svom opisu kompaktnih grupa naveo da njima dinamički dominira tamna materija, što znači da je njen utjecaj na kretanje samih galaksija osjetan. Pojednostavljeno rečeno, tamna materija okružuje galaksije i svojom gravitacijom vuče galaksije prema

van. Time se izravno suprotstavlja privlačnoj sili između samih galaksija unutar grupe i usporava konačno spajanje galaksija u jednu.

Najpoznatiji predstavnici HCG

Koliko god da su atraktivne, rijetke su Hickson galaktičke grupe koje se mogu lagano promatrati amaterskim teleskopima malih i srednjih aparatura. Među 100 predstavnika ovih grupacija ističu se samo dvije za koje se može reći da su promatračke mete koliko su i astrofotografske. To su Hickson 44 i Hickson 68.

Hickson 44 (Leo Quartet) sigurno je jedna od najpoznatijih Hickson grupa. Nalazi se u sazviježđu Lav i jedna je od najposjećenijih astrofotografskih meta. Magnitude galaksija su dovoljno svijetle da se bar dvije mogu vidjeti i manjim teleskopima, a s instrumentima većih aparatura dostižne su sve 4 galaksije. Najsvjetlija galaksija grupe je eliptična galaksija NGC 3193 (mag. 10.9), potom slijede spiralne galaksije NGC 3190 (mag. 11.2), NGC 3185 (mag. 12.2) i

NGC 3187 (mag. 13.4). Upravo je posljednja, najbljeđa galaksija, razlog slave ove grupe. Naime, NGC 3187 je toliko izobličena interakcijom sa susjednim galaksijama da je potpuno izgubila svoju spiralnu strukturu i preuzela oblik koji se u astronomiji često naziva "bumerang" (oblik slova "S"). Također, sve 4 galaksije pokazuju veliku različitost forme koja uparena s malim rastojanjem između objekata stvara jedan od najatraktivnijih pogleda na noćnom nebu.

Hickson 68 u sazviježđu Lovački psi moj je osobni izbor jer me ova meta kao promatračkog astronoma uvijek ostavlja bez daha. Grupa se sastoji od 5 galaksija, od kojih je najsvjetlija NGC 5353 magnitude 11.1. Ostale galaksije neću navoditi da ne bih učinio tekst suhoparnim. Ova grupa je atraktivna jer se dvije najsajnije galaksije (mag. 11.1 i 11.4) nalaze razdvojene samo 1', gdje par pokazuje jasnu razliku u obliku (izražito izduženi i skoro kružni).

Sve ostale Hickson grupe više su astrofotografske mete, kao i objekti za promatranje minimalnim otvori-

ma teleskopa od 300 mm:

Hickson 92 (Stephan's Quintet) sigurno je jedna od najpoznatijih kompaktnih grupa. Ovu grupaciju otkrio je francuski astronom Édouard Stephan 1877. godine, dok je mnogo kasnije Paul Hickson utvrdio da se radi o 4 gravitacijski povezana objekta koji ispunjavaju sve kriterije za katalogiranje pod kompaktnu galaktičku grupu. Iako se grupa sastoji od 5 veoma bliskih galaksija, jedna od njih nije gravitacijski povezana s ostale 4 i samo je slučajna projekcija na istoj liniji pogleda. U pitanju je najsajjnija članica kvinteta, NGC 7320 magnitude 12.5.

Hickson 79 (Seyfert's Sextet) leži u sazviježđu Sextans i vjerojatno je najatraktivniji predstavnik HCG. Grupa se sastoji od 6 galaksija, od kojih su 4 gravitacijski povezane. Sistem se nalazi na ogromnoj udaljenosti od nas, čitavih 190 milijuna svjetlosnih godina. Najsajjnija galaksija sistema je magnitude 14.7 pa je jasno da je grupa skoro isključivo astrofotografska poslastica. Na astrofotografijama se vidi tijesna grupiranost u već poodmakloj fazi kolizije, puna plimnih repova koji se pružaju iz galaksija, nastalih uslijed gravitacijskog plesa 4 galaksije.



Hickson 79 (Seyfert's Sextet) jedna je od najatraktivnijih HCG. Međutim, zbog svoje izrazito blijede magnitude i velike udaljenosti, ova grupa je izuzetno teška astrofotografska meta, a vizualno je dostupna samo velikim amaterskim teleskopima. Grupa pokazuje galaksije u završnoj fazi galaktičkih kolizija u kojima neke galaksije vuku izražene repove zvijezda, otrgnute iz matične galaksije gravitacijskom interakcijom s ostalim objektima grupe. Foto: Riedl Rudolf



Hickson 92 grupa (lijevo) mnogo je poznatija pod imenom Stephan's Quintet. Jedna je od najpoznatijih HCG i sastavni je dio promatranja vizualno impozantne galaksije NGC 7731 (desno). Foto: Matija Pozojević

PROMATRAČKA ASTRONOMIJA

Škorpion

Skriveni kralj ljetnog neba

Piše:

Vedran Vrhovac

Jednom prilikom veliki lovac Orion hvalio se Artemidi kako mu niti jedna životinja ne može ubiti. Artemidina majka Leta, čuvši to hvalisanje, poslala je divovskog škorpiona kako bi ga ubila. Borba na život i smrt između Oriona i škorpiona zaokupila je pažnju Zeusa koji ih je razdvojio i postavio na nasuprotne dijelove neba kao upozorenje smrtnicima kako im valja suspregnuti hvalisavost. Grčki mit o Orionu i škorpionu ima više varijanti, a u većini varijanti ova dva zvijezda su posljedica namjernog razdvajanja jednog od drugog.

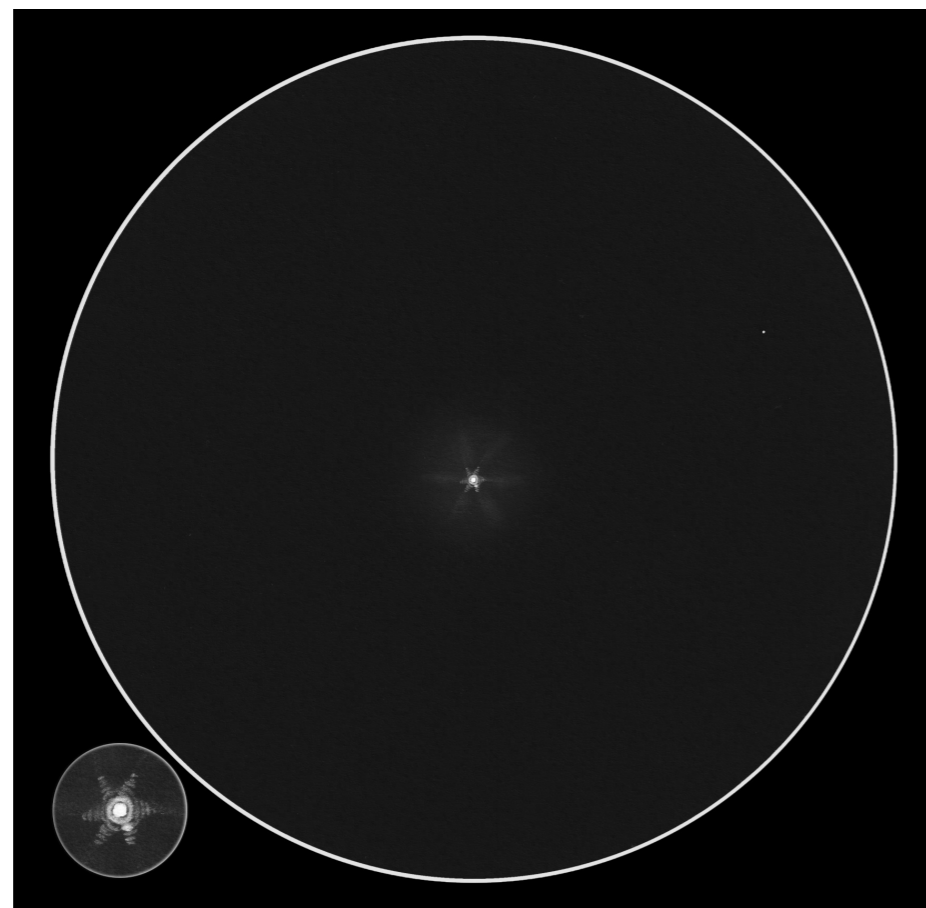
Shvaćam zašto su Grci tu razdvojenost objasnili mitom. Ako danas pitate većinu ljudi koje zvijezde im je najljepše ili koje zvijezde najlakše prepoznaju, većina će odgovoriti da su to Veliki Medvjed ili Orion. Orion je uistinu jedno od najljepših i najspektakularnijih zvijezda, toliko da ga je Camille Flammarion nazvao „Kalifornijom na nebu“. Usudio bih se reći kako je ovo „kovanje Oriona u zvijezde“ posljedica naše sjevernjačke perspektive. Orion se smjestio na nebeskom ekvatoru i kao takav, lako je vidljiv s gotovo cijelog planeta. U našim krajevima diže se 45° iznad horizonta, što ga smješta iznad magli, smoga i atmosferskog utruća (ekstinkcije). Škorpion je s druge strane zvijezde koje se smjestilo u potpunosti na južnoj nebeskoj polutci, između deklinacije -9 i -45°. Iz Hrvatske ovo zvijezde je u cijelosti samo teoretski vidljivo s lokacija gdje je čist horizont, kao npr. pučinski otoci Jadrana. Grcima

je ovo zvijezde bilo dostupnije zato što je prije 2 500 godina bilo oko 8° sjevernije na nebu zbog precesije, a i Grčka je dodatnih 8° južnije od Hrvatske, tako da je zvijezde bilo 16° više na nebu nego kod nas i puno dostupnije.

Najljepše zvijezde

Po mom mišljenju, ne morate se sa mnom složiti, Škorpion je najljepše zvijezde na nebu. Svojom figurom uistinu liči na golemog škorpiona na nebu, kojem crvenkasti Antares

predstavlja srce, zvijezde Akrab i Fang štivaljke, a Šaula vrh otrovne bodlje na repu. Nažalost, sjaj svih tih zvijezda za nas iz Hrvatske prigušen je za otprilike 0,5 ili više prividnih magnituda zbog atmosferskog utruća. Zanimljivo je kako se Orion sastoji od 8 zvijezda sjajnijih od 3. prividne magnitude, dok Škorpion ima čak 13, što ga čini rekorderom. Najsajjnija zvijezda u Škorpionu je već spomenuti Antares, crveni velediv 1. prividne magnitude. Zvijezda je ime dobila iz klasičnog grčkog,



Skica Antares, promatrano kroz 140mm refraktor pri povećanju od 306x

kao spoj riječi *anti* (takmac) i *Ares* (ime grčkog božanstva rata). Kako se zvijezda nalazi blizu ekliptike, povremeno se u njevoj prividnoj blizini može pronaći crvenkasti planet Mars (Ares). Uistinu, tko god je taj prizor uspio vidjeti svojim očima, svjestan je otkud Antaresu ime. Kada je Mars u Škorpionu, njegov prividni sjaj je oko $m=1$, otprilike kao i Antaresa te ta dva objekta na nebu izgledaju slično.

Zvijezde se smjestilo na rubu središnjeg zadebljanja naše Galaksije. Njegove štivaljke su prividno van galaktičkog diska, dok je zvijezda Šaula duboko u Mliječnom putu, blizu galaktičkog središta. Iz tog razloga u zvijezdu pronalazimo mnoštvo različitih objekata, od kuglastih jata do emisijskih maglica. Pojedini objekti su manje, a neki više poznati, barem za nas iz srednjih sjevernih geografskih širina.

Messier 4

Ispod Antaresa smjestilo se kuglasto jato Messier 4 (M4). Zbog svojeg visokog sjaja od $m=5.6$, može se vidjeti golim okom s najtamnijih lokacija gdje je zvijezde Škorpiona visoko iznad horizonta. Kako nam je M4 najbliže kuglasto jato zvijezda, udaljeno oko 6 000 svjetlosnih godina, na nebu je prividno poprilično veliko te se na fotografijama proteže oko 26 lučnih minuta, usporedivo s prividnim promjerom Mjeseca. Vizualno je jato znatno manje te se proteže oko 10 lučnih minuta.

Promatranje M4 za mene je osobna priča rasta i razvoja promatračkih vještina. U početku je ovo kuglasto jato za mene bilo test sposobnosti jer sam ga uočavao kao ekstremno tamnu, zrnatu mrlju ispod Antaresa u 76 mm teleskopu. Kasnije sam u 200 mm teleskopu polagano tu mrlju razlučivao. Prvo mi se ukazala njegova karakteristična centralna prečka koja lagano podsjeća na slovo „S“. Kasnije sam počeo uočavati pojedine zvijezde u jatu, tek njih nekoliko. Tek sam s 300 mm teleskopom uspio vidjeti desetke, ako ne i stotinu pojedinih zvijezda u jatu, a u 500 mm teleskopu



Skica M4, promatrano kroz 305mm teleskop pri povećanju do 125x

jato je toliko razlučeno da više ne ostavlja dojam kuglastog jata, već gustog otvorenog jata, kao M 11 ili NGC 2158. Zanimljivo je bilo kada sam nakon 20 godina iskustva opet pogledao M4 kroz manji teleskop, 140 mm, jato je bilo prekrasno razlučeno u 50-ak sitnih zvjezdica na prašinstoj podlozi. Bio je to zorni prikaz kako nam vježbanje oka i uma omogućava da vidimo više nego prije. Za uočavanje M4 preporučam odlazak na tamnu lokaciju. Objekt se može uočiti već u 8x45 dvogledu, a teleskop od 100 mm u promjeru ili više otkrit će pojedine zvijezde.

Messier 80

Blizu štivaljki Škorpiona smjestilo se kuglasto jato Messier 80 (M80). Koliko je M4 blizu i raspršen, toliko je M80 čista suprotnost, udaljen i gust. Jato se smjestilo na oko 32 000 svjetlosnih godina od nas, s udaljene strane nam galaktičkog središta. Prividni promjer jata je oko 10 lučnih minuta na fotografijama, iako je vizualno znatno manji, s tek

3 lučne minute u promjeru. Vizualno se radi o idealnom kuglastom jatu koje od ruba postaje sve gušće i gušće dok ne završi u veoma svijetloj, mliječno bijeloj, nerazlučenoj jezgri. Središnja mliječnost zauzima trećinu promjera jata. U manjim teleskopima od 200 mm, jato je tek zrnati oblak kada ga se gleda skrenutim pogledom. Tek se u 300 mm teleskopu jasno uočavaju pojedine zvijezdice, a u 500 mm rubovi jata su jasno razlučeni. U središnjoj mliječnosti otkriva se kompaktna i još svjetlija jezgrica. Za uočavanje jata prividnog sjaja $m=7.5$, dovoljan je već 8x45 dvogled, kada se pažljivim gledanjem može uočiti mutna zvijezda. Iz prethodnih je opisa jasno kako tek u teleskopima iznad 100 mm promjera možemo otkriti pravu prirodu ovoga objekta.

Messier 7

Lijevo od repa Škorpiona smjestilo se otvoreno jato zvijezda Messier 7 (M7). S deklinacijom od 35°, ovo je najjužniji objekt u Messierovom katalogu i pravo je čudo kako su

ga uspjeli uočiti iz Pariza gdje M7 kulminira tek 7° stupnjeva iznad horizonta. M7 je zbog svog visokog prividnog sjaja od $m=3.3$ i velikih dimenzija, promjera je 1.3°, poznat od davnina. Prvi ga je opisao Ptolomej, grčko-rimski astronom iz 2. stoljeća nove ere, zbog čega i nosi nadimak „Ptolomejevo jato“. U naravi se radi o jatu od oko 1 000 zvijezda koje je udaljeno oko 950 svjetlosnih godina od nas. U teleskopu vidimo 80-ak zvijezda, a to su one koje su evoluirale iz glavnog niza u divove ili poddivove pa su neproporcionalno sjajne. Najsajnije zvijezde u jatu su oko $m=5.7$, ali nisam pronašao informaciju kako ih je moguće razlučiti golim okom. Kako je M7 nisko na nebu kada se gleda iz Hrvatske, a radi se o velikom i sjajnom objektu, preporuka je koristiti dvogled ili manji teleskop za promatranje jata. Osobno sam u 8x45 dvogledu uspio razlučiti jato u 20-ak pojedinih zvijezda te u istom vidnom polju uočiti nešto manje spektakularno, ali dalje lijepo otvoreno jato M6. Kod većih

teleskopa, zbog efekta atmosferske disperzije, refrakcije, loše stabilnosti slike i veličine objekta, dojam koji M7 ostavlja na promatrača je prigušen. Kao kod Plejada, ovo je klasičan primjer kada manji instrument može pokazati više.

Dvojne zvijezde

Škorpion na nudi više dvojnih zvijezda koje predstavljaju atraktivan pogled u amaterskom teleskopu. Nisam ih još sve pregledao, ali od onih koje jesam, izdvojio bih sljedeće:

Beta Škorpiona (Akrab)

Ovo je lijepa dvojna zvijezda koja nudi kombinaciju blijedožute primarne zvijezde i blijedoplavog pratioca. Kako su zvijezde razdvojene oko 13 luč. sekundi, nije potrebno veliko povećanje kako bi ih se razlučilo, već će 70x biti dovoljno. Veći izazov je razlika u sjaju od gotovo 2 magnitute između komponenti pa treba biti pažljiv kod promatranja.

Ni Škorpiona (Jabbah)

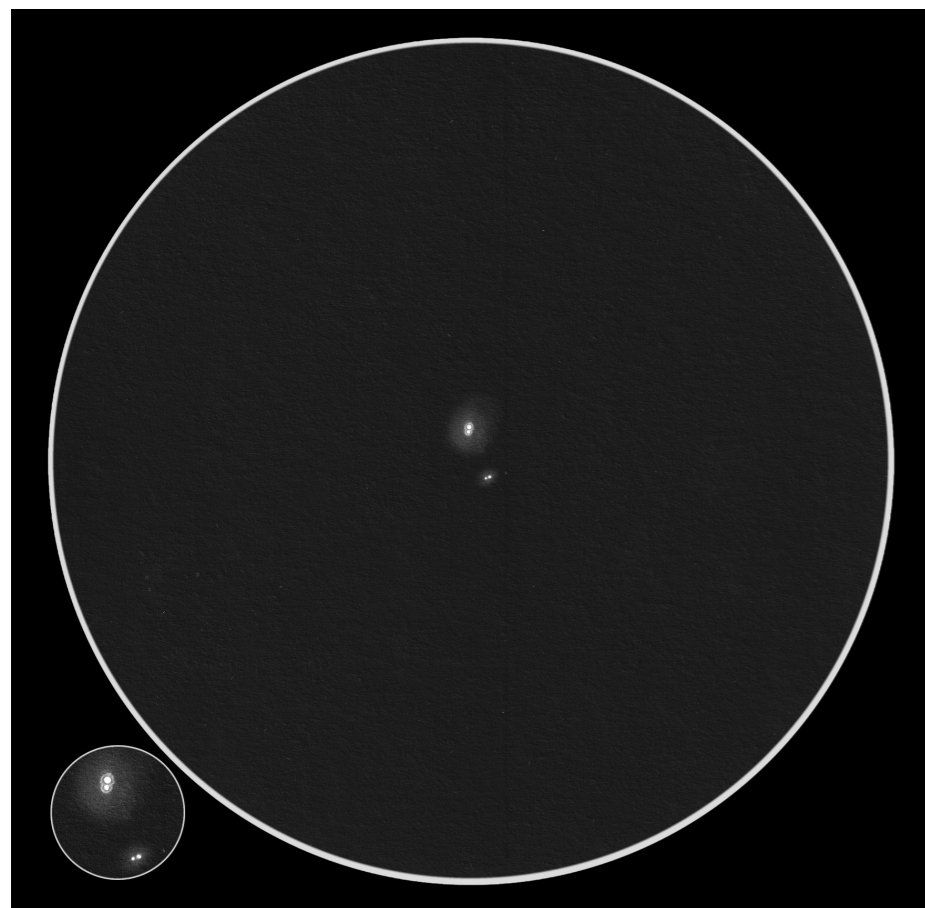
Ako imate želju vidjeti višestruku zvijezdu, onda je Jabbah pravi pri-

mjer za promatranje. Radi se o četverostrukoj zvijezdi, tj. o dva para dvojnih zvijezda, a taj par sam čini dvojni zvijezdu. Razmak između dva para je znatan, oko 41 lučne sekunde, pa njihovo razlučivanje ne predstavlja problem. Dovoljno je već povećanje od 20x kako bi se jasno vidjela dvojna narav zvijezde. Pravi spektakl kreće ako zvijezde pogledate na povećanju od otprilike 150x. Tada ćete uočiti da je svaka od zvijezda u paru i sama dvojna. Pritom je sjajnija zvijezda (primarna) teža za razlučivanje jer je razmak između njenih komponenti samo 1.4 luč. sekunde. Kako biste ove zvijezde jasno razdvojili, možda ni 150x povećanje neće biti dovoljno, već ćete trebati koristiti 200 ili čak 250x, ovisno koliko stabilnost atmosfere dopusti. Pratilja je nešto lakša za razlučivanje s razmakom od 2.4" luč. sekunde među komponentama. Sve zvijezde u sustavu su blijedih boja, od bijele do blijedožute.

Alfa Škorpiona (Antares)

I sam Antares je dvojna zvijezda. Ovaj crveni velediv ima plavičastu pratilju na nešto manje od 3 luč. sekunde udaljenosti. U teoriji bi povećanje od 120x trebalo biti više nego dovoljno za razlučivanje zvijezda, ali u praksi je situacija znatno kompliciranija. Pratilja je čak 4.5 magnitute (60x!) tamnija od primara. U kombinaciji s uvijek nestabilnom atmosferom uz horizont, atmosferskim disperzijama, internim refleksijama i raspršenjima svjetla u teleskopu, izazov je vidjeti tako slabašnu zvijezdu kraj sjajnog primara. Uspjelo mi je to samo jednom, a i tada je promatranje bilo marginalno. Pratilja je bila tek jedna malo „upornija kvržica“ u raspršenju svjetla oko Antaresa. Tko želi testirati svoje strpljenje, Antares je pravi poligon za to.

Za kraj možemo zaključiti kako je Škorpion dostojan pandan Orionu na ljetnom nebu. Nadam se kako ću ga jednom moći promatrati u zenitu kako bih vam u nekom od budućih brojeva Horizonta mogao prenijeti potpuni doživljaj zviježđa.



Skica Ni Škorpiona, promatrano kroz 140mm refraktor pri povećanju od 306x

ASTRONOMIJA U ŠKOLAMA

AD Vega pomaže u pisanju učeničkih radnji iz astronomije

Piše:

dr.sc. Dejan Vinković

Astronomsko društvo Vega i ove se godine uključilo u projekt suradnje s mentorima radnji za natjecanja iz astronomije. Budući da se u Međimurju pojačao interes škola i nastavnika za astronomiju, ovaj je put fokus na radnjama međimurskih učenika. Do natjecateljske razine izrade radnji za državno natjecanje u 2026. godini plasirala su se dvojica međimurskih srednjoškolca i jedan osnovnoškolac.

Iz OŠ Domašinec se je pod mentorstvom učiteljice Renate Martinec na državnu razinu plasirao učenik Jakov Levačić. Tema radnje mu je „Mjerenje sjaja zvijezda u različitim bojama pomoću RGB kanala digitalne fotografije“. Uz pomoć AD Vega odrađen je kratki tečaj snimanja neba fotoaparatom te edukacija o prvim koracima u astronomskoj fotometriji. Kao temelj korišten je naš priručnik „Astronomska fotometrija za početnike“ koji je besplatno dostupan na <https://fotometrija.advega.hr>. Cilj je istražiti kako omjeri sjaja zvijezda u crvenom, zelenom i plavom kanalu slika ovise o temperaturi zvijezda.

U kategoriji srednjih škola plasirali su se Marcel Tkalec i Noa Gerenčer, učenici 3. razreda Gimnazije Josipa Slavenskog Čakovec pod mentorstvom profesorice Melite Sambolek. Njihove radnje koriste opremu Zvezdarnice Čakovec u Savskoj Vesi gdje AD Vega ima teleskop ASKAR 130PHQ na koji je bio in-

staliran spektrometar Alpy 600. Pomoću te opreme učenici su snimali spektre zvijezda te ih potom obrađivali i analizirali. Osim s opremom, članovi AD Vega pomogli su i s tečajem korištenja opreme te obrade spektra. Jedna radnja bavi se pitanjem kako atmosfera mijenja oblik spektra zvijezde u ovisnosti o zenitnom kutu. Budući da razni atmosferski efekti bitno utječu na

spektre, radi se o vrlo zanimljivom i kompleksnom problemu. Druga radnja istražuje kako dubina apsorpcijske H_β linije vodika ovisi o spektralnom tipu, a time i o temperaturi zvijezde. To je jedan od temeljnih fenomena u spektrima zvijezda pa je ovo ujedno i zanimljiv test kvalitete spektara koji se mogu dobiti s te lokacije, s opremom koju imamo.



PIONEER 10 | 11

Tihi pioniri dubokog svemira

Piše:

Miroslav Smolić

U prošlom broju pratili smo sonde programa Voyager i njihove povijesne prelete pokraj Jupitera, Saturna i dalje prema rubovima Sunčeva sustava. No prije Voyagera postojao je jedan tiši, skromniji, ali presudan korak: Pioneer 10 i Pioneer 11. Upravo su te letjelice prve otvorile put prema vanjskim planetima i pokazale da se duboki svemir može istraživati ne raskošnom tehnologijom, nego promišljenim i racionalnim inženjeringom. Lansirani početkom 1970-ih, Pioneeri su bili relativno male letjelice mase oko 258 kilograma, čijim je izgledom dominirala parabolična antena promjera 2,74 metra. Iako danas djeluju gotovo skromno, u svoje su vrijeme predstavljali vrhunac tehnološke racionalnosti: svaki gram mase, svaki vat energije i svaki podsustav bili su pažljivo odmjereni i optimizirani.

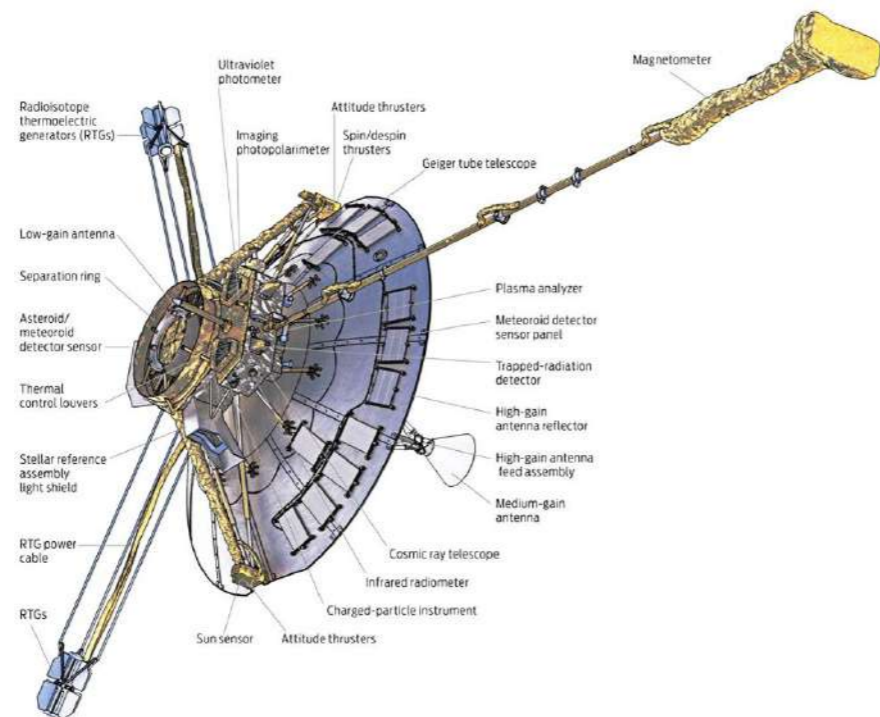
Stabilizacija i orijentacija

Jedna od ključnih tehničkih odluka bila je uporaba spin-stabilizacije. Umjesto složenog upravljanja u tri osi, letjelica se vrtjela oko vlastite uzdužne osi, poput zvrka, pri čemu je ta os bila poravnata s antenom. Na taj je način Pioneer neprekidno „gledao“ prema Zemlji, dok se stabilizirao vlastitom rotacijom. Pioneer 10 rotirao se brzinom od približno 4,8 okretaja u minuti, dok je Pioneer 11 postizao oko 7,8 okretaja u minuti. Takav pristup omogućio je iznimno malu potrošnju goriva, smanjio broj pokretnih dijelova i

osigurao prirodnu stabilnost bez potrebe za stalnim korekcijama. U vremenu prije snažnih računala to nije bio kompromis, nego optimalno rješenje. Orijentacija letjelice oslanjala se na kombinaciju jednostavnih, ali pouzdanih metoda. Sunčevi senzori određivali su položaj prema Suncu, dok je sustav za praćenje zvijezda bio usmjeren prema zvijezdi Canopus, jednoj od najsajnijih i najstabilnijih referenci na nebu. Uz mali broj potisnika za korekcije, takav sustav oslanjao se ponajprije na fiziku i geometriju. Iako bi danas mogao djelovati ograničeno, njegova je snaga bila u predvidljivosti i pouzdanosti.

Energija

Kako su se letjelice udaljavale od Sunca, solarni paneli više nisu bili praktična opcija, pa su Pioneeri koristili radioizotopne termoelektrične generatore tipa SNAP-19. Ti su izvori energije, temeljeni na toplini raspada radioaktivnog materijala, pri lansiranju davali oko 155 do 160 vata snage, a kod Jupitera približno 140 vata, uz učinkovitost od svega nekoliko posto. Generatori su bili postavljeni na izdužene nosače kako bi se smanjio njihov toplinski i radijacijski utjecaj na instrumente. Premda se takva snaga danas čini skromnom, bila je sasvim dovoljna za dugotrajan rad jer

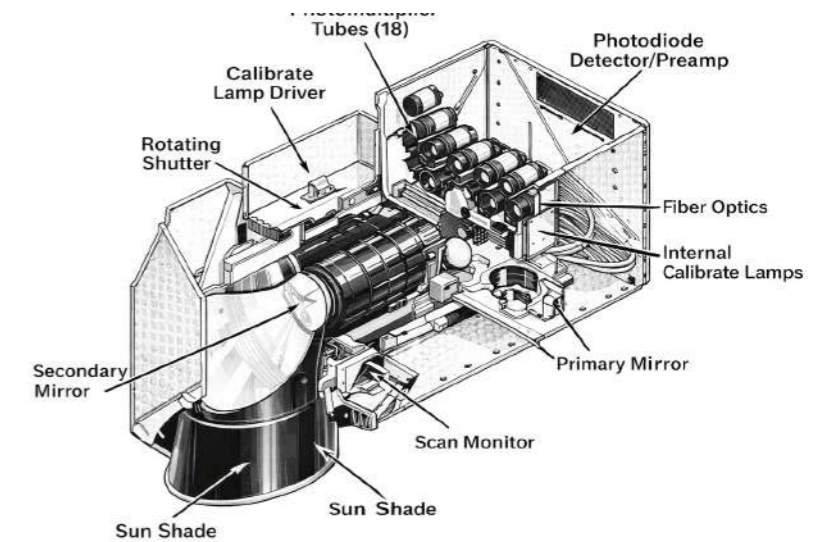


Instrumenti na letjelicama Pioneer 10 i 11. Autor: NASA/JPL

je cijeli sustav bio projektiran za maksimalnu štedljivost.

Instrumenti

Unatoč ograničenim resursima, znanstveni teret bio je iznimno vrijedan. Pioneer 10 nosio je jedanaest instrumenata, a Pioneer 11 jedan više, uz ukupnu masu od svega tridesetak kilograma i potrošnju usporedivu s današnjom kućnom žaruljom. Među njima se isticao magnetometar smješten na kraku duljine oko 6.6 metara, detektori plazme i kozmičkog zračenja te optički instrument poznat kao Imaging Photopolarimeter (IPP). Taj je uređaj radio na principu linijskog skeniranja: uski optički prorez, u kombinaciji s rotacijom letjelice, omogućavao je postupno „crtanje“ slike planeta uz istodobno mjerenje polarizacije svjetlosti. Dobiveni podaci bili su znanstveno iznimno bogati, iako vizualno nenametljivi. Posebno fascinira računalni sustav koji je upravljao letjelicom. S memorijom od svega 6144 bajta i mogućnošću pohrane tek nekoliko naredbi istodobno, Pioneer je bio daleko od današnjih pojmoveva „pametnih“ sustava. No upravo u toj jednostavnosti ležala je njegova snaga: bio je robusan,



IPP - glavni optički instrument na letjelicama Pioneer 10 i 11. Autor: NASA/JPL

predvidljiv i u potpunosti podređen zapovijedima sa Zemlje.

Komunikacija

Komunikacija s letjelicom odvijala se putem dvaju odašiljača male snage, u frekvencijskom području S-pojasa, uz brzine prijenosa podataka koje su danas gotovo nezamislivo male (16 – 2048 bit/s). Ipak, taj je tihi signal uspijevao prijeći milijarde kilometara i donijeti prve neposredne podatke iz područja dubokog svemira. Pioneer 10 i 11 nisu bile najmoćnije niti tehnološki najimpresivnije letjelice svojega vremena. Njihova

je vrijednost ležala u nečemu trajnijem: u jednostavnosti, robusnosti, racionalnom korištenju resursa i iznimnoj pouzdanosti. Umjesto borbe protiv fizikalnih ograničenja, njihovi su ih konstruktori prihvatili i iskoristili. Umjesto složenosti, odabrali su stabilnost; umjesto kratkoročnih performansi, dugovječnost. U svijetu u kojem svaka komponenta mora preživjeti desetljeća bez mogućnosti popravka, takav pristup nije bio samo razuman – bio je nužan. I upravo zato Pioneeri i danas ostaju uzor elegantnog inženjeringa.



Jupiter snimljen letjelicom Pioneer pomoću uređaja IPP. Autor: NASA/JPL

ASTRONOMSKI KALENDAR ZA SVIBANJ I LIPANJ 2026.

Piše:
Miroslav Smolić

Približava nam se početak ljeta, a s njim i sve kraće noći, no i dalje ima dovoljno vremena za promatranje najzanimljivijih astronomskih pojava. Donosimo kratak pregled događaja vidljivih iz naših krajeva, uglavnom golim okom ili uz pomoć dvogleda 10x50.

Svibanj

1. svibnja

Pun Mjesec. Mjesec je sjajan cijelu noć i značajno smanjuje vidljivost slabijih objekata dubokog svemira.

9. svibnja

Mjesec u zadnjoj četvrti.

13. svibnja

Konjunkcija Mjeseca i Saturna. Vidljivo pred zoru, nisko na istoku i jugoistoku. Razmak između objekata je oko 5 – 6°, a nalazit će se u zvijezdu Riba. Za promatranje je potreban čist i slobodan horizont.

14. svibnja

Konjunkcija Mjeseca i Marsa. Bliiski susret vidljiv ujutro prije svitanja. Razmak je nekoliko stupnjeva, a nalazit će se u zvijezdu Lava. Mars se prepoznaje po crvenkastoj boji.

16. svibnja

Mladi Mjesec. Najbolje noći u mjesecu za promatranje slabijih objekata, osobito nekoliko dana nakon mlađaka.

18. svibnja

Konjunkcija Mjeseca i Venere. Tanki mjesečeva srp i vrlo sjajna Venera vidljivi su u sumrak nisko na zapadu. Razmak između objekata je oko 3°, a nalazit će se u zvijezdu Bika. Prizor je atraktivan i promatran golim okom.

20. svibnja

Konjunkcija Mjeseca i Jupitera. Vidljivo u večernjim satima. Razmak između objekata oko 3°, a nalazit će se u zvijezdu Blizanaca.

Dvogledom se mogu uočiti i tzv. Galilejevi mjeseci.

23. svibnja

Mjesec u prvoj četvrti.

31. svibnja

Pun Mjesec. Drugi pun Mjesec u istom mjesecu (tzv. „plavi Mjesec“).

Lipanj

8. lipnja

Mjesec u zadnjoj četvrti.

9. lipnja

Konjunkcija Venere i Jupitera. Jedan od najupadljivijih planetarnih susreta godine. Razmak između planeta je oko 1,5°, a nalazit će se u zvijezdu Raka. Prizor je vidljiv vrlo nisko nad zapadnim horizontom u večernjem sumraku pa je važan čist horizont.

10. lipnja

Konjunkcija Mjeseca i Saturna. Vidljivo u zoru, nisko na istoku i jugoistoku. Razmak je oko 6°, a nalazit će se u zvijezdu Riba. Kao i u svibnju, važan je slobodan pogled prema horizontu.

15. lipnja

Mladi Mjesec. Vrlo dobre noći za promatranje slabijih objekata i Mliječne staze.

17. lipnja

Konjunkcija Mjeseca, Venere i Jupitera. Vrlo blizak susret vidljiv u sumrak na zapadu. Vrlo fotogeničan prizor. Mjesec prolazi blizu Venere i Jupitera pa će izgledati kao mini „planetarni trio“.

21. lipnja

Ljetni solsticij. Početak astronomskog ljeta i najduži dan u godini.

21. lipnja

Mjesec u prvoj četvrti.

30. lipnja

Pun Mjesec.

PLANETI

Jupiter je i dalje dominantan na večernjem nebu u svibnju i početkom lipnja, a uz dvogled su vidljivi Galilejevi sateliti kao sitne točkice s obje strane planeta. Prema kraju lipnja Jupiter je sve niže i zalazi sve ranije.

Venera je vrlo sjajna u večernjem sumraku, nisko nad zapadnim horizontom. Posebno je atraktivna 18. svibnja uz tanki srp Mjeseca te 9. lipnja u bliskom susretu s Jupiterom. Saturn se promatra u zoru, nisko nad istočnim horizontom, i traži dobar pogled bez prepreka. Merkur je u ovom razdoblju uglavnom težak za uočavanje.

DEEP-SKY (dalekozor)

U svibnju i lipnju sve bolje se vidi ljetni dio Mliječne staze, osobito izvan gradskih svjetala. Za promatranje dvogledom vrlo su zahvalni kuglasti skupovi M13 i M92 u Herkulu te M5 u Zmiji, a vide se kao magličaste „kuglice“. U drugoj polovici lipnja, iz tamnijih lokacija, može se pokušati pronaći i maglica Laguna (M8) nisko prema jugu, u Strijelcu.



M8, Maglica Lagoon.
Foto: Michael Hoppe



Izgled neba
1. lipnja 2026. u 22 sat

Izvor:
In-the-sky-org

ASTROFOTOGRAFIJA - FOTOGRAFIJA NA POSLJEDNJOJ STRANICI

NGC 4725 i LoTr5

NGC 4725 je prečkasta i spiralna galaksija smještena u zvijezdu Berenikine kose, udaljena oko 40 milijuna svjetlosnih godina od Mliječne staze. Nalazi se u gravitacijskoj interakciji s galaksijom NGC 4747 koja je od nje udaljena približno 300 000 svjetlosnih godina i vidljiva je u sredini fotografije. Ova međusobna interakcija utječe na strukturu i razvoj obiju galaksija.

Planetarna maglica LoTr 5 (Longmore–Tritton 5) otkrivena je 2018. godine analizom snimaka s fotografskih ploča UK Schmidt teleskopa. Udaljena je oko 1 650 svjetlosnih godina i nalazi se svega 1,5 stupnjeva od galaktičkog pola, što je čini najviše pozicioniranom među poznatim planetarnim maglicama. Sastoji se pretežno od ioniziranog kisika, uz prisutnost vodika vidljiva na snimkama. U njezinu središtu nalazi se binarni sustav koji čine jedan div i bijeli patuljak. Smatra se da upravo ta binarna priroda uzrokuje njezin bipolarni, a ne sferni oblik. Fotografija je nastala kao projekt trojice astrofotografa, a snimljena je u periodu 17. - 25. travnja, s 5 teleskopa. Ukupno vrijeme snimanja iznosilo je 42 sata.

Foto: Mate Romac, Mladen Galin i Stjepan Prugovečki



VEGA
HORIZONTI