Alan Ćatović

NAŠ SVEMIR

Alan Ćatović
NAŠ SVEMIR
Zapanjujuće činjenice o svemiru u kojem živimo

Izdavač
TDP Sarajevo

Za izdavača
Narcis Pozderac

Tehničko uređenje, prijelom i štampa
TDP Sarajevo

Drugo izdanje

Sarajevo, 2017.

© Alan Ćatović

Sva prava zadržana. Ni jedan dio ove knjige ne može biti objavljen ili preštampan bez prethodne saglasnosti izdavača i vlasnika autorskih prava.

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Nacionalna i univerzitetska biblioteka Bosne i Hercegovine, Sarajevo

52

ĆATOVIĆ, Alan
Naš svemir : zapanjujuće činjenice o svemiru u kojem živimo / Alan Ćatović. - 2. izd. - Sarajevo : TDP, 2017. - 274 str. : ilustr. ; 20 cm
Ukratko o autoru: str. [275]. - Bibliografija: str. 272-274.

ISBN 978-9958-553-40-0

COBISS.BH-ID 24344326

Alan Ćatović

NAŠ SVEMIR

Zapanjujuće činjenice o svemiru u kojem živimo

II izdanje

TDP Sarajevo
Sarajevo, 2017.

Slika na naslovnoj strani: "*Perzeidi, stećci, Mliječni put, Plejade, Andromeda i još ponešto*" (copyright Alan Ćatović)

Kadar obuhvata stećke na prečanskom polju kod Dejčića, meteorski pljusak Perzeide kojima je radijant u Perzeju (centar kadra), Mliječni put u centralnom dijelu slike, otvoreni zvjezdani skup Plejade – M45 (iznad desnog stećka), galaksiju Andromeda – M31 (desni dio slike, iznad najsjajnijeg meteora) i naravno, mnoštvo zvijezda (najsjajnija zvijezda na slici je Capella). Sarajevska svjetla vidljiva su u lijevom ćošku slike.

Od oko 200 uspješnih snimaka, odabrano je desetak snimaka sa sjajnijim Perzeidima. Kako bi se poništila rotacija Zemlje i postavili meteori u ispravnu perspektivu (kao da dolaze prema nama), korištena je layer compositing tehnika – odabrana je glavna slika, određen centar rotacije na snimku (Polaris) i svaka slijedeća slika je rotirana za određeni ugao. Nakon toga su iz svih slojeva odabrani samo meteori sa datih slika i spojeni u konačnu sliku.

Slika na zadnoj strani: "*Mliječni put iznad Bjelašnice i Treskavice*" (copyright Alan Ćatović)

U kadru se vide Saturn blizu centra galaksije, galaktički disk, međuzvjezdana materija i tamniji molekularni oblaci prašine, različite magline i porodilišta zvijezda (Laguna, Trifid, Orao, Omega...). U prednjem dijelu kadra vide se dijelovi Bjelašnice i Treskavice. Ukupno vrijeme ekspozicije bilo je 25 minuta.

"Vidite, stvar je u tome što ja mogu živjeti sa sumnjom, s nesigurnošću, i s tim što ne znam. Mislim da je puno zanimljivije živjeti neznajući, nego imati odgovore koji su možda krivi. Ja imam približne odgovore i moguća uvjerenja i različite razine sigurnosti o različitim stvarima. Ni u šta nisam potpuno siguran, a o mnogo stvari nemam pojma — kao na primjer, ima li smisla pitati "zašto smo ovdje", što bi takvo pitanje značilo. Možda ću malo razmišljati o tome; ako ne uspijem ništa pametno smisliti, preći ću na nešto drugo. Ali ne moram znati odgovor. Ne osjećam strah zbog toga što ne znam stvari, što sam izgubljen u tajnovitom svemiru bez da imam ikakvu svrhu – što je izgleda slučaj, koliko ja vidim. To me ne plaši."

Richard Feynman

Sadržaj

Sadržaj 7
Predgovor 9
Čovjek i univerzum 13
Zemlja 52
Solarni sistem 73
Naša galaksija 128
Zvijezde 137
Magline 162
Galaksije 187
Daleki svemir 205
Literatura 306
Ukratko o autoru 309

Predgovor

"Treba vam više mašte da razumijete elektromagnetno polje nego nevidljive anđele." (Richard Feynman)

Kad sam bio mali, često sam išao u posjetu nani i dedi na selo. Kao gradsko dijete, nisam imao predstave šta je Mliječni put, nisam nikada iz Sarajeva vidio mnogo zvijezda, niti mi je neko dotad pokazao planete na nebu. Jedne noći sam se kasno vraćao sa ocem, majkom i sestrom iz posjete rođacima koji žive u Prijepolju, i budući da smo se nekih 20-tak minuta penjali uz brdo po mraku idući prema naninoj kući, oči su nam se postepeno adaptirale na tamu. U tim trenucima, pogledavši gore, nebo je odjednom postalo prepuno zvijezda, a prvi put sam postao svjestan i Mliječnog puta iznad nas. Taj prizor neću nikada zaboraviti (moment koji mijenja život), i on je posebno upečatljiv nama koji cijeli svoj život provodimo u velikom gradu.

Naime, gradska djeca nikada kako treba i ne vide zvjezdano nebo iznad nas, osim ako ne odu izvan grada tamo gdje nema puno svjetlosnog zagađenja. To je velika šteta, jer nema fascinantnije stvari od posmatranja fotona starih milijarde godina kako kroz svemir putuju prema nama iz galaksija, zvjezdanih skupova i maglina udaljenih hiljadama, milionima svjetlosnih godina. Gledanjem u nebo mi ustvari gledamo u prošlost (zbog velikih udaljenosti tijela i konačne brzine svjetlosti).

Povod za pisanje ove knjige je rana fascinacija svemirom i stvarima koje se dešavaju u njemu, i pokušaj da to prenesem na druge. U našoj zemlji ne izučava se astronomija, čak ni na fakultetima, a to je jedna od fundamentalnih nauka zahvaljujući kojoj danas znamo naše mje-

sto u univerzumu. A put nije bio lagan, trebalo nam je više od 4,5 milijarde godina da dođemo do njega i poneki hrabar naučnik.

Možda je to najbolje opisao slavni Carl Sagan rekavši: "Danas posjedujemo snažno i elegantno sredstvo za razumijevanje svemira, metodu koja se zove nauka; ona nam je otkrila jedan drevan i ogroman svemir, da u usporedbi s njim sve ljudske djelatnosti na prvi pogled izgledaju beznačajne. Ali udaljili smo se od svemira. Čini nam se dalekim i bez uticaja na našu svakidašnjicu. No nauka je ustanovila ne samo da je svemir zapanjujuće, ushićavajuće veličanstven, ne samo da je dostupan čovjekovom poimanju, već i to da smo mi, u jednom doista stvarnom i dubokom smislu, dio tog svemira, rođeni iz njega, te da je naša sudbina duboko vezan za njega."

U toku svog školovanja imao sam tek nekoliko dobrih profesora koji su se, nešto više nego ostali, trudili da nam kvalitetno prenesu znanje i tako zavolimo prirodni svijet oko nas. Zahvalan sam im zbog toga. Takvi ljudi čine čovječanstvo boljim, a često ih zaboravljamo.

Naravno, ne treba zaboraviti ni naše roditelje, naše prve i najbolje učitelje. Mene su roditelji često vodili u biblioteke, kupovali mi knjige i, pored rata iz 1992-1995, omogućili uglavnom kvalitetno školovanje. Mnogi nisu imali tu sreću.

Sa ocem sam često šetao po šumama i on mi je, kao biolog, objašnjavao vrste biljki i životinja i tako usadio raodznalost prema živom svijetu. Sjećam se, takođe, kako sam kao mali školarac, sa uzbuđenjem čitao enciklopedije u trenucima kad sam bio bolestan i ostajao kući sa majkom. Znao sam glavne gradove svih država, sve zastave svijeta, koje jezero je najdublje, koja rijeka najduža. Planeta Zemlja me je neopisivo fascinirala. A onda, pročitavši u sedmom razredu osnovne škole knjigu Kosmos (C. Sagan), znao sam da više nema nazad. Svemir me zauvijek osvojio.

Astronomija je, može se reći, ultimativni ubica ljudskog ega, ali u isto vrijeme čini nas sretnim jer smo ipak tu, na Zemlji punoj života, postojimo, makar i na kratko u vremenskim skalama svemira. U stanju smo da shvatimo univerzum i dokučimo neke njegove tajne,

zahvaljujući tome što stojimo na plećima divova, genijalnih naučnika iz naše prošlosti, zahvaljujući kojima više nismo u mraku.

Ovo nije knjiga o osnovama astronomije kao nauke. Takvih knjiga ima puno na tržištu. Ideja ove knjige je bila da opišem neke facsinantne i možda manje poznate pojave i procese u svemiru. Svrha knjige je da čitaoca zainteresuje za astronomiju i da ga natjera da proširi svoje znanje ozbiljnijim knjigama iz ove oblasti.

Tekstovi su nastajali tokom nekoliko godina kada sam na svom blogu (i stranici astronomske grupe Sarajevo) sakupljao i pisao tekstove o zanimljivim procesima u svemiru. Tekstovi su odabrani iz mnoštva informacija koje su dostupne svima, i zajedno pokrivaju dosta široku naučnu oblast. Čitalac kojeg zanima više o pojedinim fenomenima se upućuje na literaturu prikazanu na kraju knjige.

Uz tekstove je dato mnoštvo mojih astrofotografija koju su nastale u periodu između 2015 i 2017. godine.

Nijedna knjiga nije bez greške, pa tako vjerovatno ni ova. Nastojao sam provjeriti podatke iz više izvora, ali greške se neminovno javljaju jer je materija koju sam obradio opširna. Zbog toga bih volio, ukoliko imate neke sugestije ili prijedloge za korekciju, da mi ih pošaljete na elektronsku adresu (acatovic@gmail.com), kako bi slijedeće izdanje bilo još kvalitetnije.

Sarajevo, 2017. godine
Alan Ćatović

Čovjek i univerzum

"Vjerojatno sva organska bića koja su ikad živjela na ovoj Zemlji vuku porijeklo od nekog prvobitnog oblika u kojeg je prvo bio udahnut život. Ima nečeg veličanstvenog u takvom poimanju života... da su se, dok je ovaj planet putovao kružeći u skladu s neumoljivim zakonom gravitacije, iz jednog tako jednostavnog početka razvili i još se razvijaju bezbrojni najljepši i najčudesniji oblici." (Charles Darwin)

1. Postoji samo jedan original

Nekad davno mogli smo na TV prijemnicima vidjeti reklamu za Levi's farmerice: "Postoji samo jedan original – Ti!" I stvarno, vjerovatnoća da ćeš se baš ti pojaviti na Zemlji i u ovom univerzumu je praktično nula. Sigurno se pitaš kako? Prije svega, mnogo atoma i molekula je moralo da se skupi na kompleksan način da bi ti bio stvoren. Tokom određenog vremenskog perioda molekuli i atomi unutar tebe će vršiti velike napore kako bi ti ostao zdrav i postojao. Jedino po čemu su atomi (C, H, N, O) koji nas čine posebni je to da čine upravo nas.

Inače, prosječan odnos ovih elemenata u našim tijelima je sličan kao odnos ovih elemenata u cijelom univerzumu. Slično kao što je prosječna gustina čovjeka nešto malo iznad gustine vode. Dalje, da bi ti bio tu gdje jesi, morala ti se osmjehnuti sreća ravna čudu. Naravno, začeće nije čudo već samo statistika. Opstanak je vrlo nezgodna stvar. Od svih živih bića koja su postojala, preko 99,99 % više nije tu.

Život na Zemlji je kratkotrajan, i prilično beznačajan sa svemirskih skala. Zemlja dobro promoviše život, ali ga još bolje gasi.

2. Rođenje kao lutrija

Rođenje je svojevrsna kozmička lutrija. Bill Bryson to lijepo opisuje u svoj knjizi *Kratka povijest gotovo svega*. Na Zemlji, da bi opstala – živa bića moraju da budu spremna da mijenjaju sve na sebi – oblik, veličinu, boju, pripadnost vrsti, i da to rade iznova i iznova. Neki to zovu adaptacijom. Cijeli taj proces traje milionima godina, pa je možda zato nekima teško prihvatiti činjenicu da ljudi i majmuni imaju zajedničkog predaka, iako i prvi pogled na majmune otklanja svaku sumnju kod normalnog čovjeka.

Drugim riječima, da bi od praiskonske atomske kuglice postali svjesno, uspravno, moderno biće, moramo veoma dugo mutirati nove osobine iznova i iznova, precizno i blagovremeno. Mutacije su osnova evolucije.

Tako smo se u prošlih 3,8 milijardi godina grozili kisikom, da bismo zatim poludili za njim, nicala su nam peraja, udovi i krijeste, polagali smo jaja, bili glatki, krznati, živjeli pod zemljom, živjeli na drveću, bili krupni kao žirafa i sitni kao miš.

Svako od nas kao osoba ne samo da je favorizovan u evolucionoj liniji, već je imao i veliku sreću što se tiče ličnih predaka.

Nijedan naš direktni predak nije bio zgnječen, pojeden, udavljen, ili umro od gladi, prerano bio povređen ili na drugi način bio spriječen da ispuni svoj životni clij – isporuka male količine genetskog materijala odgovarajućem partneru u pravom trenutku kako bi spajanjem i kombinacijom DNK mogao nastati – novi život.

Slijedeći put kad se zapitate – imate li sreće u životu – sjetite se da ste i vi jedan od dobitnika kozmičke životne lutrije. Mnogi nisu imali tu sreću. Ali, na kraju krajeva šta je sreća osim statistika uzeta previše k srcu.

3. Šta je nama svemir?

Naša krv je crvena zbog hemoglobina, a glavni sastojak hemoglobina je željezo. To željezo nastalo je u utrobi Supernove. Supernova je katastrofalna eksplozija zvijezde pri kojoj se oslobađa dovoljno ener-

gije da supernova svojim sjajem zasjeni ostatak galaksije. Supernova se događa kada masivna zvijezda potroši svoje nuklearno gorivo, pri čemu jezgra postaje nestabilna, pa kolapsira. Supernove u prosjeku kreiraju toliko željeza da bi se moglo napraviti preko 5000 Zemalja samo od željeza.

Kalcijum u našim kostima je najvjerovatnije nastao u supernovoj tipa I. Tipična supernova tipa I proizvede toliko kalcijuma da se može napraviti preko $25 \cdot 10^{29}$ litara mlijeka. Zlato u prstenu? Supernova. Olovo na ribarskoj udici? Supernova. Aluminium u kuhinjskoj foliji. Supernova (uz malu pomoć zvjezdanih vjetrova sa crvenih divova).

Supernova može uzrokovati nezamislivu destrukciju, ali bez njih ne bi bilo života u svemiru. Mi dugujemo naše postojanje davnoj supernovoj, masivnoj zvijezdi koja je "umrla" mnogo prije nego što je naše Sunce nastalo. Mi smo uistinu djeca zvijezda.

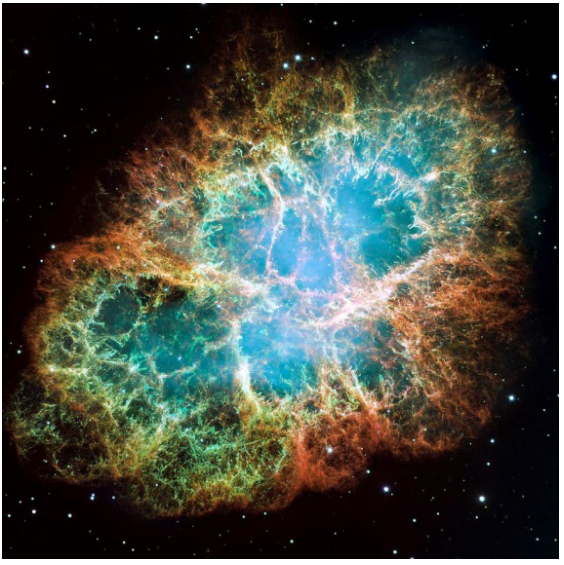
4. Da li je svemir opasan po čovjeka?

Svemir pokušava da nas ubije. Nije to ništa lično. Svemir se ne brine da li ćemo živjeti ili umrijeti. Ako bi se čovjek nekako teleportirao bilo gdje u svemir, unutar nekoliko sekundi bi umro. I to bi se desilo u 99,99% slučajeva, u najboljem scenariju. Svemir ne mora ni mnogo da se trudi jer je nevjerovatno negostoljubivo mjesto za život. Skoro cijeli svemir je vakuum. Na mjestima gdje nije vakuum, temperature su prevelike i molekule se ne mogu spajati. Na mjestima gdje nije prevruće, temperature su preniske i hemijske reakcije se odvijaju presporo.

A na mjestima, gdje nije ni vakuum, ni prevruće, ni pretoplo (kao što je npr. Zemlja) – vrebaju svakojake opasnosti. Vulkani izbacuju tone i tone otrovnih gasova i pepeo, lava teče svuda naokolo. Nastaju zemljotresi. Cunamiji udaraju u obale. Ledena doba dolaze i odlaze. Planine rastu i mijenjaju globalni klimatološki sistem. Kontinenti se sudaraju.

Dodajte svemu ovome asteroide, komete, kozmičke zrake (radijacija), solarne baklje i vjetar, eksplozije gigantskih zvijezda koje nam se mogu približiti zahvaljujući kretanju galaksija, uništenje Sunca i nje-

govu transformaciju u bijelog patuljka, izbačaje gama zračenja, sudare galaksija, crne rupe, budućnost svemira kao potpunog uništavila i dobit ćete kompletniju sliku našeg univerzuma.



Maglina Rak – ostaci Supernove (ekplozije gigantske zvijezde)

Smrt je, bukvalno, na svakom koraku. Jedina olakšavajuća okolnost za nas su velike vremenske skale i velike udaljenosti između objekata u svemiru.

5. Čovjek kao ekosistem

Čovjek je kompleksan organizam. U nama se nalaze mnogobrojni mikroorganizmi (bakterije, virusi, gljivice). Prema nekim podacima broj bakterija u našem tijelu premašuje broj naših ćelija u omjeri 10:1.

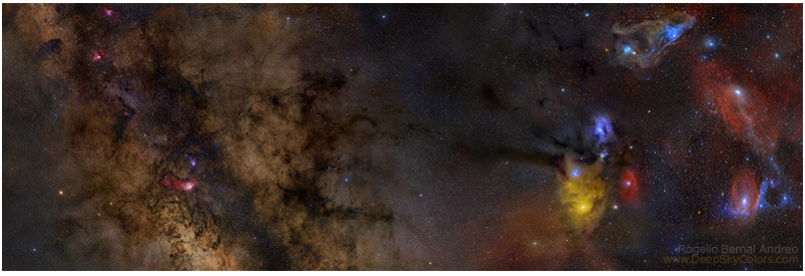
Nema tkiva u našem tijelu koje je sasvim sterilno. Procjenjuje se da čovjek od 100kg ima u sebi 1 do 3 kg mikroba. Većina ovih organizama nalazi se u gastrointestinalnom traktu, ali dosta ih ima i u dišnim organima i koži.

Zanimljiva je i brzina kretanja bakterija. Naime, najbrže bakterije pređu debljinu ljudske kose svake sekunde. Impresivno? Pa... to recimo znači da je bakterija prešla 100 puta svoje dužine za jednu sekundu. Neke pređu i 200 puta svoje dužine u sekundi. U odnosu na svoju dužinu, kreću se brže 20 puta od riba. To je ekvivalentno kada bi sprinter bio brži od zvuka.

Nadalje, čak i do 80 posto naše DNK ne smatra se uopšte ljudskom. Dakle, mi nismo diskretna individualna živa bića već kompleksni živi ekosistem, mikrobiom.

6. Da li su boje na astronomskim slikama stvarne i da li tako nešto možemo vidjeti kroz teleskop?

Zašto golim okom ne vidimo manje svijetla nebeska tijela (galaksije, magline)? U našim očima nalaze se dva tipa receptora svjetla – štapići i čunjići. Postoji otprilike 120 miliona štapića i tek oko 7 miliona čunjića. Štapići su dosta osjetljiviji na svjetlo, ali samo čunjići detektuju boju i njima treba više svjetla da se aktiviraju nego štapićima. Zato u tamnim prostorijama objekti izgledaju bezbojno. Naime, bez dovoljno svjetla, čunjići u našem oku ne mogu adekvatno funkcionisati.



Snimak "Colors of creation" (copyright: Rogelio Bernal Andreo)

Astronomski teleskopi, s druge strane, imaju dvije funkcije: da pomognu u razdvajanju dva jako udaljena objekta i da sakupe dovoljno svjetla. Funkcija teleskopa, dakle, nije da učini objekte bližim nego svjetlijim. Teleskopi su, prije svega, pojačivači svjetlosti. I najveći tele-

skopi vide samo 0.1% zvijezda oko nas. Teleskop u La Palmi (Kanarska ostrva, smještena zapadno od Maroka) ima prečnik oko 10,4m i sa njim se mogu vidjeti farovi na autu koji se nalazi u Australiji. Međutim, kada pogledamo kroz veliki teleskop, galaksije i magline izgledaju zelenkasto-sive (čunjići su najosjetljiviji na zelenu komponentu boje). To je zbog toga što veliki teleskopi obično imaju veliko uvećanje, i kako se povećava uvećanje, luminozitet objekta koji se posmatra se smanjuje. U tom slučaju mogu se vidjeti određene strukture na objektima, ali skoro bez ikakve bez boje.

7. Kolika je ekspozicija ljudskog oka?

Naše oči imaju sposobost ekspozicije (u fotografskom žargonu ekspozicijom se najčešće naziva trajanje otvora blende, tj. trajanje izlaganja fotografskog senzora svjetlosti) tek reda 1/16s. Nakon tog perioda, signal se šalje mozgu i tamo se vrši procesiranje informacija i dobija se percepcija vida.

Vremenski period ekspozicije oka od 1/16s je beznačajan (to je poznato astrofotografima) sa stajališta otkrivanja nebeskih struktura i nije ni čudo da našim očima nismo u stanju vidjeti mnogo toga u svemiru (evolucijski to nije ni bilo potrebno). Digitalne kamere mogu snimati sa velikim ekspozicijama, i upravo zbog toga se na slikama snimljenim ovim kamerama mogu vidjeti boje nebeskih objekata i njihovi detalji.

Smatra se da naše oči imaju rezoluciju od oko 600 megapiksela.

8. Zašto vidimo samo uski dio elektromagnetnog spektra?

Zašto vidimo samo tzv. vidljivu svjetlost, a ne recimo radio talase ili gama zračenje? Toje zato što Sunce ima maksimalni intenzitet zračenja upravo u tom (“vidljivom”) dijelu spektra, i naše oči su evoluirale tako da maksimalno iskoriste sunčevu svjetlost. Površinska temperatura Sunca T = 5770K odgovara piku zračenja pri 5500 Å (550 nm). Dijelovi elektromagnetnog spektra koje ne vidimo (rendgenski zraci, gama zračenje, UV talasi, radio talasi) su sakriveni od nas jer osciluju

prevelikim ili premalim brzinama da bi ih naši receptori u oku mogli detektovati. Postavlja se pitanje – zašto oči nisu evoluirale tako da možemo gledati i u IC dijelu spektra – što bi nam pomoglo da uveče npr. špijuniramo komšinice na balkonu (i lovimo druge životinje po noći). Pretpostavlja se da bi tada oči imale manju rezoluciju, bilo bi više šuma u signalu, i veća energetska potrošnja očiju koje i sada crpe dobar dio ukupnih energetskih resursa čovjeka. Na kraju se sve svodi na evoluciju – da su nam takve oči stvarno trebale, vjerovatno bi ih evolucijskim tokovima i dobili.

9. Šta bi vidjeli kada bi imali oči osjetljive na druge dijelove elektromagnetnog spektra?

Pomislite samo koliko bi nam svijet izgledao bogatiji ili koliko bismo ranije otkrili temeljnu prirodu svemira da imamo visoko precizne, frekventno podesive očne jabučice. Prebacite se na radiovalni dio spektra i dan se istog trena pretvara u noć, osim u nekim pravcima. Središte naše Galaksije, na primjer, postaje jedno od najblistavijih mjesta na nebu, žarko sjajeći iza glavnih zvijezda u sazviježđu Strijelac. Prebacite se na mikrovalno područje i cijeli svemir sjaji tinjajućim ostacima iz najranijeg vremena; odjednom se nalazite suočeni sa zidom zračenja koje je krenulo na putovanje samo 380 000 godina poslije Velikog praska. Prebacite se na rendgensko područje i odmah ćete uočiti mjesta gdje se nalaze crne jame u koje materija spiralno upada. Prebacite se na područje gama zračenja i uživajte u prizoru divovskih eksplozija koje se javljaju na raznim mjestima u svemiru približno jednom dnevno. Promatrajte utjecaj ovih eksplozija na okolnu međuzvjezdanu materiju koja se zagrijava i emitira rendgensku, infracrvenu i vidljivu svjetlost.

Da u mrežnjači imamo spektroskop, uopće se ne bismo pitali od čega se sastoji atmosfera. Bilo bi dovoljno baciti pogled i odrediti sadrži li dovoljno kisika za opstanak životinja. Na isti način, okom bismo otkrili još prije mnogo hiljada godina da se zvijezde i magline u našoj Galaksiji sastoje od istih hemijskih elemenata kao i Zemlja.

A da smo rođeni s velikim, osjetljivim očima u koje su ugrađeni detektori Dopplerovog efekta, primjetili bismo, još dok smo bili troglodi-ti, da se cijeli svemir širi – da se sve galaksije udaljuju od nas.

Da naše oči raspolažu razlučnom moći dobrih mikroskopa, niko nikada ne bi pojavu kuge i drugih zaraza pripisivao srdžbi bogova.

Bakterije i virusi zbog kojih se razbolijevate ne bi bili skriveni vašem pogledu dok gmižu po hrani koju jedete ili ulaze u vaš organizam kroz otvorene rane. Poduzevši jednostavne eksperimente, lako biste mogli ustanoviti koje su od tih klica opasne, a koje nisu. A problemi postoperativnih infekcija bili bi objašnjeni i riješeni prije puno stotina godina.

Kad bismo mogli otkriti visokoenergetske čestice, uočili bismo radioaktivnu tvar već na velikoj udaljenosti. Ne bi nam bio potreban Geigerov brojač. Mogli biste čak vidjeti kako plin dolazi iz podruma kroz jame u podu.

10. Ko su astronauti i čime se bave?

Izraz astronaut je izveden iz grčkog jezika i doslovno znači zvjezdani moreplovac. Astronautima se smatraju ljudi koji lete na visini iznad 80km ili 100km. Do novembra 2016. godine 552 ljudi je letjelo iznad te visine, iz ukupno 36 zemalja. Ali do lunarne orbite letjelo je tek 24 ljudi. Od toga, 12 ljudi se spustilo na površinu Mjeseca, a prvi od njih je bio Neil Armstrong, 1969. godine.

Putovanje u svemir je izrazito opasno (dekompresija, barotrauma, imunodeficijencija, gubitak koštane mase i mišića, gubitak vida, gubitak čula okusa, poremećaj spavanja, radijacija, stres, redistribucija tjelesnih tekućina, muka), pa postoje mnogo testova kojima se filtriraju kandidati za putovanje u svemir. Dosada je 18 astronauta izgubilo život, 13 Amerikanaca, 4 Rusa i jedan Izraelac. Samo tri čovjeka su umrla u svemiru (ekipa Soyuz 11 letjelice), a ostalih 15 su umrli tokom poletanja ili tokom spuštanja na Zemlju. Prvi je umro Rus Vladimir Komarov, tokom spuštanja na Zemlju u Soyuzu I. Došlo je do

niza mehaničkih kvarova na letjelici i američke kolege u Turskoj koje su slušale njegove posljednje riječi izvjestile su o ljutni i psovkama na račun ruskih zvaničnika koji su ga poslali u svemir u nedovoljno testiranoj letjelici.



Šetnja svemirom (copyright: NASA)

Astronauti prilikom poletanja doživljavaju ubrzanje od oko 3g (3 puta veće ubrzanje nego ubrzanje zemljine teže) – što znači da im je tijelo tri puta teže nego normalno, i tipična akceleracija (u žargonu ljubitelja automobila) iznosi oko 1,75 sekundi za brzinu od 0 do 100 km/s.

Ukupno su dosada astronauti proveli u svemiru više od 115 godine u svemiru. Najviše vremena je u svemiru proveo Gennady Padalka, i to 879 dana. Prvi u svemiru je bio ruski astronaut (Rusi kažu kozmonaut) Jurij Gagarin, 1961. godine. Prva žena u svemiru bila je Valentina Tereškova, 1963. godine. Londonski muzej nauka ima, između ostalog, i sekciju posvećenu astronautima u kojoj se mogu naći i neke osobne stvari Gagarina i Tereškove.

Zanimljivo je da su rani ruski kozmonauti uvijek nosili sa sobom pištolj i municiju jer su redovno slijetali u šumska područja gdje je bilo medvjeda o vukova.

Na međunarodnoj svemirskoj stanici (ISS) postoji telefon. Britanski astronaut Tim Peake koristio ga je ali je pozvao pogrešan broj. Kada je pitao „Halo, da li je to planet Zemlja?“, žena sa druge strane telefona mu je spustila slušalicu misleći da je neka zezancija.

Italijanski astronaut Luca Parmitano skoro se utopio tokom svemirske šetnje 2013. godine. Osjetio je hladnu vodu unutar odijela, i ona je uskoro počela puniti kacigu. Parmitano nije paničario i sigurno se vratio na stanicu u posljednji čas.

Uprkos hladnoći svemira i toploti solarne radijacije, temperatura u kabini svemirske stanice se održava na oko 20ºC. Kada je stanica okupana Suncem, kabina se mora hladiti, a po noći su potrebni grijači.

Astronauti, suprotno popularnom mišljenju, nisu značajno bliže zvijezdama od ljudi na Zemlji jer su udaljeni od površine Zemlje tek nekoliko stotina kilometara, a zvijezde su udaljene milijardama kilometara od nas.

U svemiru nema zraka, stoga nema ni zvuka. Astronauti mogu komunicirati samo preko komunikacijskih naprava jer su u odijelima punjenim zrakom. Naučno-fantastični filmovi bi bili mnogo nezanimljiviji kada bi preciznije opisivali svemirske borbe laserima i eksplozije bez zvuka.

Niži astronauti se preferiraju u odnosu na visočije jer zauzimaju manje prostora, konzumiraju manje hrane i izbacuju manje otpada.

Svemirski toalet je posebna priča i nije za one sa slabim srcem. Dovoljno je reći da su asronauti u više misija misija morali vršiti veliku nuždu u vreće koje su kasnije ljepili trakom jer toalet nije funkcionirao.

Astronauti nose „svemirske pelene“ radi kašnjenja u lansiranju, ali i kada vrše „svemirske šetnje“ oko stanice. Ove nevjerovatne pelene mogu upiti i do 2 litra tekućine.

Ako izložite ljudski otpad svemirskom vakuumu, sve bakterije umiru, zajedno sa lošim mirisom. Na ISS-u, urin se prečišćava i reciklira u svježu i čistu vodu za piće.

Ljudi su u svemiru ostavili preko 500 000 raznih predmeta – izbačeni otpad, dijelovi raketa, polomljeni ili beskorisni sateliti. Naučnici istražuju načine kako da jakim laserima unište ovaj otpad u svemiru (zbog opasnosti od udara ovih krhotina velike brzine u svemirske stanice), ili ga barem gurnu nazad prema Zemlji gdje će izgoriti u atmosferi.

Naveče možete i vidjeti nekoliko satelita i ISS na nebu. Kineski Tiangong-I liči na zvijezdu srednjeg sjaja, ali ISS je svjetao skoro kao planet Venera. Najsvjetliji ljudski objekti koji se mogu vidjeti na nebu su iridijum sateliti. Oni imaju reflektivne panele, i kada svjetlost udari u njih, sateliti nakratko jako zabljeište.

Seksualne aktivnosti u svemiru su praktično nemoguće radi beztežinskog stanja. Dolazi do svemirske anemije (srce u beztežinskom stanju pumpa sporije i stvara umor), partner ne bi mogao da se zadrži kod vas jer nema gravitacije (morali bi se zavezati nekako), a i erekcije su zbog drugačijeg rasporeda krvi u tijelu otežane.

Kupanje u svemiru se vrši vlažnim spužvama i suhim šamponom. To može biti vrlo nezgodan način održavanja higijene na putovanju koje traje nekoliko stotina dana.

U svemiru astronauta često imaju začepljen nos jer se tjelesni fluidi (npr u sinusima) u beztežinskom stanju drugačije raspoređuju. Začepljeni sinusi takođe hranu čine neukusnom. Najbolji lijek je za to: ljuti sos. Astronauti koriste dosta ljutog sosa i nikad ga ne manjka na svemirskim stanicama.

Kad se dva čista metala dodirnu u svemirskom vakuumu, oni se često priljepe jedan za drugi. Astronauti zato moraju paziti da se ovo „hladno zavarivanje“ ne desi dok se nalaze izvan stanice. U protivnom, može doći do zaglavljivanja alata dok su u šetnji svemirom.

Boravak u svemiru učini vas visočijim. Kad se astronauti vrate na Zemlju iz dužih posjeta svemiru, porastu i do 3% u odnosu na visinu sa Zemlje. Scott Kelly je proveo više od godinu dana u svemiru. Kada se vratio kući, Scott je bio visočiji 5 cm nego kad je krenuo u svemir.

Mikrogravitacija u svemiru je pogubna i za mišićnu masu čovjeka. Astronauti moraju vježbati 2-3h dnevno kako ne bi bili potpuno onesposobljeni za kretanje kad se vrate na Zemlju. Uprkos redovnom vježbanju na svemirskoj stanici, astronauti najčešće ne mogu stajati na nogama kad se vrate kući.

11. Šta bi se desilo da se nađete u svemiru bez zaštitnog odijela?

Na Zemlji smo zaštićeni sa svih strana našom atmosferom. Ona nas štiti od štetnih sunčevih UV zraka, reguliše temperaturu, a takođe i održava atmosferski pritisak. Svemir je, sa druge strane, mnogo opasniji po nas. Da ne postoji naša atmosfera nijedno živo biće na planeti ne bi moglo opstati.

Opasnosti u svemiru uključuju ebulizam, hipoksiju, hipokapniju, dekompresijsku bolest, ekstremne temperaturne varijacije, te staničnu mutaciju i razaranje ćelija od strane visoko-energetskih fotona i subatomskih čestica.

Dekompresija nosi veliki smrtni rizik jer može prouzročiti ebulizam, hipoksiju, hipokapniju i dekompresijsku bolest. Nekoliko ljudi je iskusilo ova četiri stanja. Jedini ljudi koji su umrli od izloženosti svemiru su trojica članova posade letjelice Soyuz 11: Vladislav Volkov, Georgi Dobrovolski i Viktor Patsayev. Tokom ponovnog ulaska u Zemljinu atmosferu 30. juna 1971., gubitak pritiska u letjelici je doveo do smrti cijele ove posade. Dvije druge osobe slučajno su doživjele dekompresiju tokom programa obuke na svemirskim misijama, ali oba su događaja trajala manje od 5 minuta, i osobe su preživjele.

Ebulizam, stvaranje mjehurića u tjelesnim tekućinama uslijed smanjenog pritiska okoline, najčešća je posljedica boravka u svemiru. Tehnički, smatra se da ebulizam počinje na visini od oko 19 kilometara ili pritiscima manjim od 6,3 kPa, granici poznatoj kao Armstrongova granica. Eksperimenti sa životinjama otkrili su niz simptoma koji se također mogu primjeniti na ljude. Najmanje opasna od njih

je zamrzavanje tjelesnih tekućina i izlučevina zbog hlađenja isparavanjem. Ozbiljni simptomi, kao što su gubitak kisika u tkivu, nakon čega slijedi cirkulatorno zatajenje i paraliza, pojavit će se za oko 30 sekundi. Pluća se također raspadaju u tom procesu, ali će nastaviti ispuštati vodenu paru koja dovodi do hlađenja i stvaranja leda u dišnim putevima. Gruba procjena je da će ljudi imati oko 90 sekundi da se ponovo „rekompresuju", nakon čega je smrt neizbježna.

Godine 1960. Joseph Kittinger doživio je lokalizirani ebulizam tokom uspona od 31 km u gondoli na helijum. Njegova desna rukavica nije bila pod pritiskom i ruka mu se proširila na otprilike dvostruko veći volumen, što je bilo popraćeno onesposobljavajućom boli. Ruci je trebalo oko 3 sata da se vrati u normalno stanje nakon povratka u zemlju.

Nesvijest će se vjerojatno pojaviti u roku od 15 sekundi, prvenstveno zbog hipoksije; naime, mnogo niži pritisak izvan tijela uzrokuje brzu deoksigenizaciju krvi. Ako je osoba sporije izložena niskim pritiscima, hipoksija uzrokuje postepeni gubitak kognitivnih funkcija počevši od ekvivalenta od oko 3 kilometra nadmorske visine.

Manje ozbiljni učinci uključuju formiranje gasnih mjehurića nitrogena i posljedične smetnje u funkciji organa (dekompresijska bolest), što je manje ozbiljno u svemiru nego pri ronjenju. U međuvremenu, smanjenje razine ugljičnog dioksida u krvi (hipokapnija) može promijeniti pH vrijednost krvi i indirektno doprinijeti smetnjama nervnog sistema i ostalih organa. Ako osoba pokuša zadržati dah tokom dekompresije, u unutrašnjosti može doći do pucanja pluća.

Astronauti na međunarodnoj svemirskoj stanici i u Space Shuttle-u redovno rade „svemirske šetnje" u odijelima koji su pod pritiskom na manje od 30% nego što iznosi pritisak u svemirskim letjelicama - kako bi se olakšala mobilnost, a da ne bi doživjeli značajniju dekompresijsku bolest. Međutim, ova odijela su pod pritiskom čistog kisika kako bi održali ekvivalent parcijalnog pritiska kisika u atmosferi ISS-a u kojoj dominira nitrogen (pri pritisku od 1 atm). Nakon šetnje svemirom, potrebno je brže disati, kao i dekompresijske procedure, kako bi se izbjegla dekompresijska bolest.

Pored svega pomenutog, tu je i opasno sunčevo UV zračenje koje bi izazvalo opekotine. Tu su i drugi vidovi zračenja (rendgenski zraci i gama radijacija) koji bi trajno oštetili DNK, što bi dovelo do mutacija koje bi izazvale kancer ukoliko bi nekako preživjeli sve nabrojane stvari. Zna se da je svemir veoma hladan, ali se ne bi smrzli u trenutku, jer bi se vakuum pobrinuo da se polako hladimo.

Ako bi se nalazili u niskoj orbiti kada se ovaj nesretni događaj desi, vjerovatno bi pali nazad na Zemlju. Trenje koje bi se stvorilo prilikom ulaska u atmosferu Zemlje bi najvjerovatnije zapalilo vaše tijelo prije nego bi stigli do Zemlje. A i kada bi sve ovo preživjeli, pad sa tolike visine svakako ne bi se mogao preživjeti.

12. Da li su osim ljudi i životinje bile u svemiru?

Razne vrste su lansirane u svemir zbog bioastronautičkih pokusa, primarno testiranja izdržljivosti svemirskih letjelica i istraživanja nezemaljskih utjecaja poput mikrogravitacije na žive organizme. Slanja sisavaca u svemir prethodila su lansiranjima astronauta. Uspješne programe lansiranja životinja dosad je provelo šest zemalja: SAD, Sovjetski Savez, Francuska, Kina, Japan i Iran.

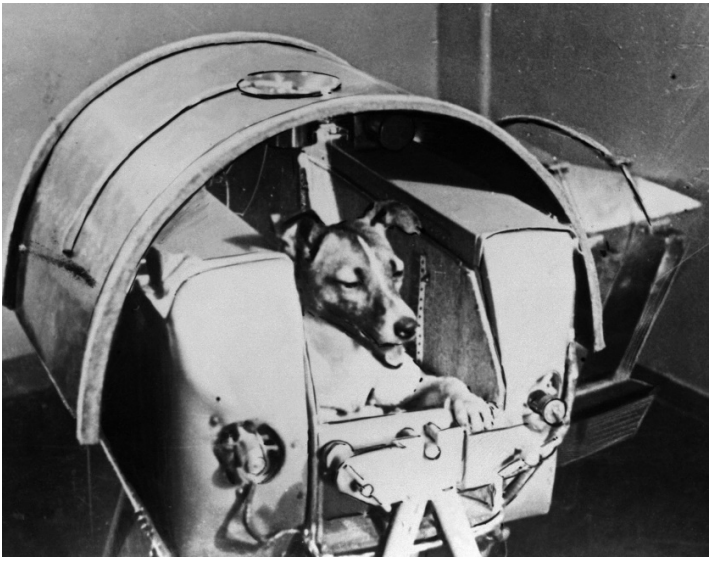
Od životinja su lansirane: vinske mušice (Drosophila melanogaster), rezus makaki (Macaca mulatta), pas (C. lupus familiaris), majmun-vjeverica (Saimiri), miš (Mus), ruska kornjača (Agrionemys horsfieldii), crvenotrbušasti vodenjak (Taricha rivularis), itd.

Prvi pokušaj slanja sisavaca u svemir bio je slanje rezus makakija sa V-2 raketom do visine od 63km (SAD, 1948). Životinja nije preživjela. Prvi uspješni let sa psom bio je 1951. (SSSR), kada su poslana dva psa na P-1B raketi do visine od 101km.

Sovjeti su preferirali da šalju ženke u svemir radi njihove mogućnosti da uriniraju u bilo kojem položaju.

Jedan od poznatijih pasa koji je poslan u svemir bila je Lajka, prva životinja u Zemljinoj orbiti. Kujicu Lajku, psa lutalicu su pronašli na ulicama Moskve, i isprva nazvali Kudravka (ruski Кудрявка). Ona je

prošla obuku s dvoje drugih pasa, i na kraju odabrana kao najbolja, za prvu misiju. Lajka je lansirana iz Bajkonura u Sputniku 2, 3. novembra 1957. Uginula je samo nekoliko sati nakon lansiranja od posljedica stresa i toplotnog udara, koji je izgleda bio uzrokovan zbog kvara u sistemu za regulaciju topline. Pravi uzrok i vrijeme njene smrti nije se znao sve do 2002. jer su sovjetski mediji lansirali priču da je uginula zbog nedostatka kisika šesti dan leta. Iako Lajka nije preživela putovanje, eksperiment u kom je ona sudjelovala, dokazao je da sisavci mogu preživjeti lansiranje u orbitu i podnijeti beztežinsko stanje. Tako je, smatra se, Lajka prokrčila i ljudima let u svemir.

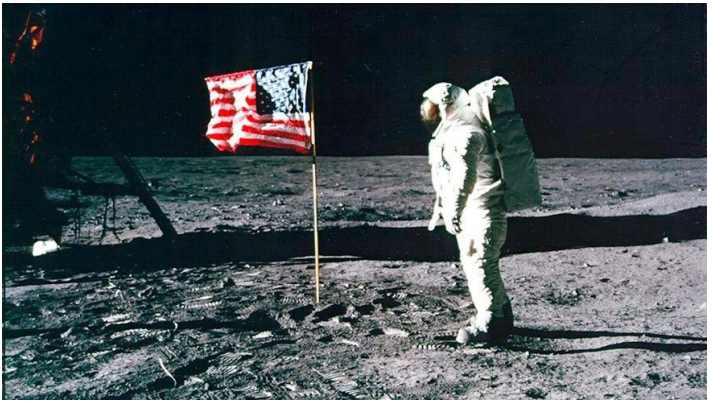


Laika, pas kosmonaut (izvor: Wikipedia)

Međutim, Oleg Gazenko, jedan od naučnika koji su poslali Lajku u svemir izražio je žaljenje za tim, nazvavši je "bebom koja nije mogla govoriti" i rekavši da "nismo dovoljno naučili u toj misiji da bi opravdali njenu smrt." U vrijeme kad je lansirana, gotovo sve tadašnje socijalističke zemlje izdale su prigodne marke sa njenim likom.

13. Da li još postoje tragovi astronauta na Mjesecu?

Da, tragovi astronauta koji su hodali po Mjesecu (Apollo misija) su još tamo i nadživjeće ljudsku rasu. Američke zastave koje su njihovi astronauti postavili na Mjesec su vjerovatno potpuno izbjelile nakon 40 godina sunčevog UV zračenja. Tijekom misija programa Apollo astronauti na mjesečevoj površini postavili i reflektirajuće ploče koje služe za izračunavanje udaljenosti između Zemlje i Mjeseca.



Američka zastava na Mjesecu (copyright: NASA)

14. Koliko bi trajao put kroz centar Zemlje na drugu stranu?

Ako bi, hipotetički, čovjek mogao skočiti i proći kroz centar Zemlje tunelom na drugu stranu, put od 12700 km bi trajao oko 42 minuta, pri čemu bi čovjek dostigao brzinu od 28440 km/h. Većina Amerikanaca bi ovim putem izašla na indijski okean, Čileanci bi završili na večeri sa Kinezima, a Kiwi narod sa Novog Zelanda bi došli do Španije.

Naravno, bio bi to težak put. Prvi bi morali proći kroz 35-70 km kontinentalne kore, nakon čega bi trebali proći kroz 2900 km Zemljinog omotača – debele ljuske, sastavljene od gustih stijena, koja okružuje vanjsku tekuću jezgru, a nalazi se direktno ispod relativno tanke kontinentalne kore i zauzima 70% Zemljinoga volumena. Granica između kore i plašta naziva se Mohorovičićev diskontinuitet, skraćeno

Moho. Nakon toga, dolazi vanjska kora tečnog željeza veličine Marsa, temperature kao na površini sunca (5500° C), a potom i čvrsta unutrašnja kora veličine Mjeseca. Neki smatraju da se u samom centru Zemlje nalazi tečna jezgra.

Kada bi ste došli na drugu stranu, vratili bi se nazad (harmonijsko kretanje, kao klatno ili opruga), ako vas ne bi s druge strane neko uhvatio.

15. Kakva je korist od astronomije?

Evo kako je Charles A. Young (1834-1908), poznati astronom i autor prepoznatljivih knjiga *A Textbook of General Astronomy* (1888) i *Elements of Astronomy* (1889) još u 19. stoljeću opisao astronomiju: "Astronomija je nauka koja tretira nebeska tela. Ona istražuje (a) njihova kretanja i zakone koji upravljaju kretanjem; (b) njihovu prirodu, dimenzije i karakteristike; (c) uticaj koji vrše jedan na drugog, bilo svojom privlačnošću, radijacijom ili na bilo koji drugi način. Astronomija je najstarija od prirodnih nauka: gotovo najstariji zapis koji nalazimo u analima stare Kine i na ispisanim "bibliotekarskim ciglama" Asirije i Babilona odnosi se na astronomske teme, kao što su pomračenja Sunca i položaji planeta. Očigledno je da su izlazak i zalazak Sunca, napredovanje godišnjih doba i faze mjeseca morali privući pažnju čak i najnezainteresovanijih ljudi u ranim fazama razvoja ljudske civilizacije. Budući da je astronomija najstarija od svih nauka, tako je i jedna od najsavršenijih, a u nekim aspektima i najplemenitija, jer je "najnesebičnija" od svih njih. Astronomija je veoma korisna u svakodnevnom životu, uprkos možda drugačijem mišljenju dijela javnosti. Pomoću astronomije se npr. utvrđuju geografska širina i dužina nekog mjesta na površini zemlje, a samim tim moguća je npr. plovidba brodova na moru. Ako možemo zamisliti da se ljudi probude i zaborave na znanja koja im je pružila astronomija, pri čemu bi bili uništeni svi almanasi i astronomske tablice, uništeni sekstanti i hronometri, trgovina bi tada praktički stala; a što se tiče navigacije, svijet bi se vratio na dane prije Kolumba. Štoviše, sve operacije mjerenja u velikoj mjeri, poput određivanja granica zemalja, više ili manje

ovise o astronomskim posmatranjima. Isto vrijedi i za sve druge operacije koje, poput željezničke službe, zahtjevaju poznavanje i poštivanje tačnog vremena; jer temeljni čuvar vremena je ustvari dnevna revolucija neba, a što precizno određuju astronomski instrumenti. U davna vremena vjerovalo se da su ljudski poslovi svake vrste, dobrobit naroda i životna historija pojedinaca podjednako kontrolirani, ili barem predodređeni, pokretima zvijezda i planeta; tako da bi iz proučavanja nebesa trebalo biti moguće predvidjeti budućnost. Pseudo-nauka astrologije koja se temelji upravo na ovom uvjerenju doista je dala motive koji su doveli do većine astronomskog opažanja u starim vremenima. I baš kao što je savremena hemija potekla iz alkemije, tako je astrologija bila preteča astronomije. Osim korisnosti astronomije u uobičajenom smislu riječi, proučavanje astronomije je od velike vrijednosti u smislu intelektualnog treninga i uzdizanja. Ni jedna druga nauka ne djeluje tako da nam s jedne strane omogućava pravilno gledište o našoj stvarnoj beznačajnosti u prostoru i vremenu, ili nas uči, s druge strane, o dostojanstvu ljudskog intelekta – sposobnog da u neku ruku "razumije" svemir i prepoznaje njegov plan i značenje. Proučavanje ove nauke njeguje i razvija gotovo svaki dio ljudskog uma; sjećanje, snaga premišljanja i mašta. Preciznim i matematičkim karakterom mnogih svojih rasprava potiče tačnost misli i izraza, te ispravlja onu neodređenost koja je bila rezultat čistog književnog treninga. S druge strane, ljepotom i raskošom predmeta koje predstavlja, astronomija potiče maštu i zadovoljava pjesnički osjećaj. Na svaki način astronomija zaslužuje mjesto koje joj je davno dodijeljeno u obrazovanju."

Kroz historiju ljudi su gledali u nebo kako bi, kao što je rečeno, navigirali ogromnim okeanima, da bi odlučili kada saditi svoje usjeve i odgovarati na pitanja odakle smo došli i kako smo stigli do ovde. Astronomija je naučna disciplina koja nam otvara oči, daje kontekst našem mjestu u univerzumu i koja može preoblikovati naš pogled na svijet. Kada je Kopernik tvrdio da Zemlja nije centar univerzuma, to je izazvalo revoluciju. Revolucija kroz koju su religija, nauka i društvo morale da se prilagode ovom novom pogledu na svijet.

Astronomija je, naravno, oduvijek imala značajan uticaj na naš svijet. Rane kulture su identifikovale nebeska tijela sa bogovima i uzimala njihova (planetska) kretanja preko neba kao proročanstva onoga što će doći. Sada bi ovo nazvali astrologijom, daleko od utvrđenih činjenica i skupih instrumenata današnje astronomije, ali i dalje postoje nagovještaji ove historije u savremenoj astronomiji. Uzmimo, na primjer, imena sazviježđa: Andromeda, okovana grčka mitologija, ili Perzej, polu-bog koji je spasio. Zanimljivo je da dosta zvijezda nosi arapska imena jer su arapski astronomi na neki način sačuvali drevna saznanja grka (i drugih naroda) iz astronomije i prenijeli ih Evropu.



Cyg X, region formiranja zvijezda, prašina i gasovi u pravcu sazviježđa Labud (copyright: Judy Schmidt/The Cygnus-X Spitzer Legacy Survey/ WISE Image Service)

Sada, kako naše razumijevanje univerzuma napreduje, shvatamo da smo još više povezani sa zvijezdama nego što smo ranije mislili. Otkriće da su osnovni elementi koje nalazimo u zvijezdama, i plin i pra-

šina oko njih, isti elementi koji čine naše tijelo dodatno je produbilo vezu između nas i kosmosa. Ili otkriće da je većina vode na Zemlji došla sa kometa i asteroida koji su davno u prošlosti udarali u Zemlju. Ta povezanost dotiče naše živote, a strahopoštovanje koje nadahnjuje možda je razlog zbog kojeg su astronomske slike tako popularne u današnjoj kulturi.

Najljepše bajke koje pričamo našoj djeci trebaju biti one koje govore da je svaki dio našeg tijela nekada lebdio kao prašina u svemirskim prostranstvima. Mi smo ustvari zvjezdani prah. Zvijezde su naše drevne majke, očevi, braća i sestre.

Nismo odvojeni od ostatka univerzuma, nalazimo se usred njega. Ni kosmos nije toliko daleko koliko se može činiti. On počinje već 100km iznad naših glava, dakle manje od sat vremena vožnje autom (kada bi mogli auto voziti uvis). Mi smo samo dio nezamislivo velikog svemira. I sve što se u njemu dešava pogađa i nas ljude, u našem svakodnevnom konkretnom životu.

Ne Zemlji nema mjesta bez astronomije. Nigdje. Univerzum nije nešto što postoji negdje napolju, u dubini svemira; on je tu iz ugla, neposredno pred našim očima.

Astronomija nam je otkrila da je svemir imao početak (tzv. Big Bang), da se svemir širi velikom brzinom, da postoje na stotine milijardi zvijezda u svakoj galaksiji, i da ima na stotine milijardi galaksija, da prostor i vrijeme nisu apsolutni, da postoje crne rupe, kvazari, pulsari. Otkrila je da se oko većine zvijezda kreću planete (možda na nekima ima i inteligentnog života), slično kao i u Sunčevom sistemu, i da svaka zvijezda ima vlastiti „karakter“, tj. da nijedna nije ista i da zvijezde „umiru“ i „rađaju se“. Iz njihove smrti (npr. Supernova) stvaraju se teži hemijski elementi koji se raspršuju u svemir i onda ponovo spajaju u nekoj novoj zvijezdi i planetama koje se stvaraju oko nje. Sve u svemiru je povezano. Mi smo djeca univerzuma.

Uzmimo npr samo kretanje Zemlje i nas na njoj. Dok ovo čitate, neki od vas možda misle da mirujemo u svemiru jer ne osjećamo nikakvo kretanje, ali Zemlja (i mi na njoj) i cijeli solarni sistem vrše složeno

kretanje. Ako razmotrimo brzine u jedinicama koje su nam poznate (km/h), evo kako to izgleda. Čovjek koji leži i odmara na ekvatoru rotira brzinom od 1700 km/h (rotacija Zemlje oko vlastite ose). Uz to Zemlja vrši precesiju tako da se mijenja položaj sjevernog nebeskog pola pa će recimo 14000. godine "sjevernjača" biti zvijezda Vega. Zemlja se kreće oko sunca brzinom od oko 107000 km/h. Sunce i planeti se kreću zajedno otprilike u pravcu zvijezda Vega (sazviježđe Lira) brzinom oko 70000 km/h. Cijeli solarni sistem se ustvari kreće oko centra galaksije brzinom od oko 870000 km/h. Kolike su to udaljenosti govori podatak da Suncu treba oko 225 miliona godina da obiđe jedan krug oko centra Mliječnog puta. Smatra se da se Mliječni put kreće kroz svemir brzinom od minimalno 6 miliona km/h. Od začetka ljudske kulture, otprilike nekih 50000 godina, sa Suncem zajedno smo kroz svemir prešli preko 42000 svjetlosnih godina. To je otprilike udaljenost do zvijezde Capella (sazviježđe Kočijaš).

Živimo na gigantskoj lopti sačinjenoj od metala i stijena, na lopti koja se stalno okreće oko sebe. Ovo okretanje direktna je posljedica onoga što se dešavalo kada je oblikovan Sunčev sistem (rotacija protozvijezde i protoplaneta u ranoj fazi formiranja Sunčevog sistema). Danas ono određuje ponašanje vjetra i vremena. Vjetar koji nam, dok stojimo na trotoaru, snažno duva u lice posljedica je nastanka naše planete prije 4,5 milijarde godina.

Zbog gravitacionog uticaja Mjeseca imamo plime i oseke na Zemlji (uslijed plimnog trenja Zemlja usporava svoju rotaciju tokom vremena). Proračuni pokazuju da bi, da nema Mjeseca, oscilacije Zemljine ose bile velike i da bi se to odrazilo na klimu, koja bi bila haotičnija. Mnoge morske životinje ritam svog života usklađuju sa plimom i osekom, pa tako Mjesec indirektno utiče na njih.

Satelitske antene koje svakodnevno koristimo uperene u određenu tačku na nebu ne bi mogle raditi bez geostacionarnih satelita (gledano sa Zemlje ovi sateliti se nalaze uvijek na istom položaju) koje smo izbacili u orbitu iznad Zemlje na visinu od 35786 km. Ovo ne bi bilo moguće bez revolucionarnih ideja iz astronomije (Keppler, Newton).



Zemlja iz svemira (copyright: NASA - Deep Space Climate Observatory)

Računanje vremena i pravljenje kalendara koji su u našem društvu od prvorazrednog značaja vrši se u odnosu na nebeska tijela (Sunce, ali i ostale zvijezde) i kretanje Zemlje. Sve ovo dugujemo astronomima.

Zlato koje ljudi nose kao nakit relativno je blizu Zemljine kore (iako ne bi trebalo biti tu jer se prilikom nastanka planete teži elementi spuštaju u jezgro planete) zbog udara manjih tijela u Zemlju. Naime, gigantski sudari između nebeskih tijela doveli su do toga da se planete rastope i da svo zlato potone u njihovo jezgro. Ali su kasniji manji sudari doprinjeli da se manje količine ovog plemenitog materijala nađu bliže površini Zemlje. Vrlo je vjerovatno da se zlato koje stoji ispred

nas u izlogu juvelirske radnje u pradavna vremena nalazilo u jezgru drugih planeta; da je bilo u planeti koja se prije više od milijardu godina sudarila sa Zemljom i koja je prilikom tog sudara bilo potpuno uništena. Kada znamo ovu historiju, plemeniti metal za kojim ljudi toliko žude djeluje još fascinantnije.

Sudaranje Zemlje sa drugim tijelima direktno je uticalo i na razvoj ljudske civilizacije. Naime, da udar asteroida prečnika oko 10km nije "izbrisao" dinosaure sa lica Zemlje, veliko je pitanje da li bi se sisari, kojima i mi pripadamo, mogli razviti. Jedini potomci dinosaura koji su preživjeli su danas ptice.



Ilustracija potencijalnog udara asteroida u Zemlju
(copyright: David A. Hardy)

Prašina ispod naših nogu nije samo prljavština. Jedan njen dio dolazi direktno iz svemira. Na Zemlju svakog dana padne između 300 i 400 tona kosmičke prašine (u odnosu na masu Zemlje ovo je zanemariva količina čak i za svih ovih 4,5 milijarde godine koliko Zemlja postoji). Sićušni komadići davno nestalih zvijezda, i posljednji ostaci doba koje je prohujalo prije više od milijardu godina, i dalje iz dana u dan padaju na Zemlju. Prašnjava staza u parku direktna je veza sa

najdaljom prošlošću univerzuma, vremenom koje je postojalo prije nastanka Sunčevog sistema.

Godišnja doba koja se neprestano smjenjuju posljedica su nagiba Zemljine ose u odnosu na ravan kretanja oko Sunca. Sva sreća pa se nagib ove ose ne mijenja, inače bi promjena godišnjih doba bila nepravilna a klima haotična; pitanje je da li bi se život mogao razviti pod tako nestabilnim uslovima. Smatra se da je ovaj nagib Zemljine ose posljedica udara tijela (nazvanog Theia) otprilike veličine Marsa u davnoj prošlosti u ranu Zemlju (nazvanu Gaia), nakon čega je od krhotina nastao Mjesec.

Dužina dana i noći tokom godine takođe različita je zbog nagiba Zemljine ose. Kada je sjeverni dio Zemlje naget prema Suncu dani traju duže na većim geografskim širinama, pa tako dan na sjevernom polu (tačnije svuda iznad linije sjevernog polarnog kruga) traje pola godina. Obrnuta je situacija zimi.

Zemljina atmosfera stvara "efekat staklene bašte", zahvaljujući kome Zemlja nije zaleđena lopta, već planeta sa prijatnom temperaturom i obiljem života. Da nije nje, prosječna temperatura na Zemlji bi iznosila -18°C umjesto sadašnjih ugodnih 15°C. Astronomija nam je pomogla da bolje shvatimo ove procese. Još uvijek nam pomaže, ukazujući na globalno zagrijavanje i opasnost koja nam prijeti od toga. Venera je recimo primjer globalnog zagrijavanja koje je uništilo planet.

Naša supa, komad hljeba, piće – sve je to Sunčeva energija u oblicima koje naše tijelo može da iskoristi. Biljke jedino mogu direktno iskoristiti Sunčevu svjetlost u procesu fotosinteze, pri čemu nastaje kiseonik i grožđani šećer. Energija koja je bila u svjetlosti Sunca sada se nalazi u šećeru. Ljudi to ne mogu uraditi (uzimati energiju iz Sunca kao hranu) i prinuđeni su da jedu biljke ili životinje koje se hrane biljkama. Zato kada uživamo u zasluženom objedu i sakupljamo novu snagu, treba zahvaliti Sunčevoj energiji koju smo unijeli u sebe.

Dok gledamo TV ekran bez slike mi ustvari vidimo svjetlost prvobitnog praska (kosmičko mikrotalasno pozadinsko zračenje – kratkota-

lasno zračenje zaostalo iz vremena od nekoliko stotina hiljada godina nakon Velikog praska), a to je, priznaćete, ipak mnogo impresivnije od bilo koje fudbalske utakmice.

Da bi GPS sistem (sateliti izbačeni na visinu orbite od oko 20 000 km) bio precizan moraju se u obzir uzeti efekti teorije relativiteta. Efekti teorije relativiteta posljednjih decenija našli su potvrdu u brojnim eksperimentima. Satelit koji GPS taksija snadbijeva podacima o našem položaju i sam se nalazi u kretanju. On oko Zemlje leti brzinom od oko 3,9 km/s. Sa našeg stanovišta, njemu vrijeme prolazi sporije nego nama; čak i kada je efekat izuzetno mali, ne smijemo ga zanemariti. Vrijeme prispjeća signala mora biti određeno u nanosekundama ako hoćemo da dovoljno egzaktno odredimo svoj položaj. Ako koristimo uređaj za usmjeravanje vožnje, moramo u vidu imati ovaj efekat teorije relativiteta. To što neupadljiva kutija na komandnoj tabli taksija funkcioniše i tačno ukazuje na naš položaj treba pripisati jednom konkretnom razlogu: vrijeme i prostor nisu apsolutni. Za satelite koji šalju signale GPS-u vrijeme prolazi sporije nego nama koji se u automobilu krećemo niz ulicu. To može djelovati nevjerovatno, ali je stvarnost upravo tako uređena. Uređaj za usmjeravanje vožnje to nedvosmisleno dokazuje. Zapanjuje šta sve u sebi krije tako mali i neugledan uređaj kao što je GPS u taksiju. On nam ne pokazuje samo pravi put kroz grad već pokazuje da prostor i vrijeme nisu apsolutne veličine i da, osim toga, utiču jedno na drugo. GPS nam pokazuje da vrijeme ne prolazi za sve podjednako, već da zavisi od brzine kojom se nešto kreće. Konačno, na njegovom primjeru postaje jasna fundamentalna struktura prostora i vremena – kao i način na koji zakrivljenost prostor-vremena utiče na kretanje svih objekata u univerzumu. Priznaćete, to je mnogo za nešto za šta se mora platiti jedva sto eura.

U astronomiji još uvijek ima mnogo neodgovorenih pitanja. Trenutna istraživanja nastoje da dovedu do boljeg razumijevanja pitanja poput: "Koliko smo stari", "Kakva je sudbina svemira?", a možda i najzanimljivijeg od ostalih: "Koliko jedinstven je svemir, i da li bi malo drugačiji svemir mogao podržavati život". Astronomija, takođe, svakodnevno postiže nove rekorde, npr. koriguje najudaljenije uda-

ljenosti, otkriva masivne objekte, najviše i najniže temperature i najsnažnije eksplozije.



GPS se postavljaju u precizne, kružne orbite iznad Zemlje
(copyright: National Air and Space Museum, Smithsonian Institution)

Potraga za ovim pitanjima temeljni je dio onoga što nas čini ljudima, ali u današnjem svijetu postaje sve važnije da se potraga za odgovorima može (ekonomski) opravdati. Mora li se, u konačnici, astronomija uopšte opravdavati ekonomskim računicama? Zar na kraju krajeva nije dovoljna „samo“ spoznaja u kakvom univerzumu živimo? Da li bi radije da živite u srednjem vijeku i još uvijek mislite da su planete

na nebu bogovi, ili da živite u današnjem vremenu kada znamo šta su stvarno planete i kako funkcioniše svemir? Postoji razlog što se srednji vijek zvao mračno doba.

Teškoće u opisivanju važnosti astronomije i fundamentalnih istraživanja općenito dobro su sažete u sljedećim citatima:

"Čuvanje znanja je jednostavno. Prijenos znanja je također jednostavan. Ali, stvaranje novih znanja nije ni lako ni isplativo u kratkom vremenskom roku. Fundamentalna istraživanja, međutim, dokazuju da su dugoročno profitabilni i, što je još važnije, to je sila koja obogaćuje kulturu bilo kojeg društva razumom i temeljnom istinom." (A. Zewali, dobitnik Nobelove nagrade iz hemije, 1999).

"Iako živimo u svijetu suočenom s mnogim neposrednim problemima – glad, siromaštvo, energetske krize i globalno zatopljenje, tvrdimo da astronomija ima dugoročne koristi koje su jednako važne civiliziranom društvu. Nekoliko studija nam je pokazalo da ulaganje u naučnu edukaciju, istraživanje i tehnologiju pruža veliki povratak – ne samo ekonomski nego kulturni i indirektno za stanovništvo općenito – i da pomože zemljama da se suoče sa krizama i da ih nadvladaju. Naučni i tehnološki razvoj zemlje ili regije usko je povezan s njegovim indeksom ljudskog razvoja – statističkim pokazateljem mjere dužine očekivanog života, obrazovanja i dohotka" (H. Truman, 1949).

Postoje i drugi radovi koji su pridonijeli odgovoru na pitanje "Zašto je astronomija važna?" Dr. Robert Aitken, direktor Lick opservatorija, pokazuje nam u svom radu "Korisnost astronomije" da je još 1933. godine postojala potreba za opravdavanjem astronomije. Posljednja rečenica najbolje sažima njegovo mišljenje: "Dati čovjeku sve više znanja o svemiru i pomoći mu da nauči biti ponizan i da upozna uzvišenost, to je misija astronomije." Nedavno je C. Renée James napisao članak koji opisuje noviji tehnološki napredak koji možemo zahvaliti astronomiji, kao što su GPS, medicinsko snimanje, bežični internet (R. James, 2012). U misiji odbrane radioastronomije, Dave Finley (Finley 2013) navodi: "Sve u svemu, astronomija je kamen temeljac tehnološkog napretka kroz historiju, ima još puno toga da

doprinese u budućnosti i nudi svim ljudima fundamentalni smisao našeg mjesta u nezamislivo velikom i uzbudljivom svemiru."

Astronomija i srodna naučna područja su na čelu nauke i tehnologije; odgovarajući na fundamentalna pitanja i poticanjem inovacija. Zbog toga strateški plan Međunarodnog astronomskog saveza (IAU) za razdoblje 2010.-2020. ima tri glavna područja: tehnologija i vještine; znanost i istraživanje; kultura i društvo.

Iako astronomska istraživanja rijetko donose "opipljivu korist" u kratkom vremenskom razdoblju, potraga za znanjem kroz ova istraživanja zahtjeva najsuvremenije tehnologije i metode koje mogu na duža vremenska razdoblja, kroz njihovu širu primjenu napraviti veliku razliku.

Veliki broj primjera – od kojih su mnogi navedeni u nastavku – pokazuju kako astronomija pridonosi razvoju tehnologije, ekonomije i društva stalnom potragom za novim instrumentima, izumima, procesima i softverima koji su izvan naših trenutačnih mogućnosti.

Plodovi znanstvenog i tehnološkog razvoja astronomije, posebno u područjima kao što su optika i elektronika, postali su neophodni za naš svakodnevni život, s primjenama kao što su personalni računari, komunikacijski sateliti, mobilni telefoni, sistemi globalnog pozicioniranja (GPS), solarni paneli i medicinski skeneri (MRI).

Iako je astronomija dala obilje opipljivih, monetarnih i tehnoloških dobitaka, možda najvažniji aspekt astronomije nije njena ekonomska opravdanost. U prošlosti se astronomija koristila za mjerenje vremena, obilježavanje godišnjih doba i kretanje golemim okeanima. Kao jedna od najstarijih nauka astronomija je dio historije i korijena svake kulture. Inspirira nas prekrasnim slikama svemira i obećava odgovore na velika pitanja. Djeluje kao prozor u golemu veličinu i složenost prostora, stavljajući Zemlju u perspektivu i promicanjem globalnog građanstva i ponosa na našu planetu.

Nekoliko izvješća u SAD-u (National Research Council, 2010) i Europi (Bode et al., 2008) ukazuju da glavni doprinosi astronomije nisu samo tehnološke i medicinske primjene već jedinstvena perspektiva

koja proširuje naše horizonte i pomaže nam otkriti veličinu Svemira i naše mjesto u njemu. Što je još važnije, astronomija nam pomaže proučiti kako produžiti opstanak naše vrste. Na primjer, ključno je proučiti uticaj Sunca na klimu na Zemlji (naravno i ostale uticaje na promjenu klime) i kako će to uticati na vremenske prilike, nivo vode itd. Samo istraživanje Sunca i drugih zvijezda može nam pomoći da razumijemo ove procese u cijelini. Osim toga, preslikavanje kretanja svih objekata u našem Sunčevom sistemu omogućuje nam predviđanje potencijalnih prijetnji našem planetu iz svemira. Takvi događaji mogli bi uzrokovati velike promjene (da ne kažem probleme) u našem svijetu, što je jasno pokazao meteorit u Čeljabinsku (Rusija) 2013. godine.

Na osobnoj razini, poučavanje astronomije u našoj mladost također je od velike važnosti. Dokazano je da učenici koji se bave obrazovnim aktivnostima vezanim za astronomiju u osnovnoj ili srednjoj školi imaju veću vjerovatnost da će nastaviti karijeru u nauci i tehnologiji, te da će biti u toku sa naučnim otkrićima (National Research Council, 1991). Ovo ne vrijedi samo za područje astronomije, već se proteže i na druge naučne discipline.

Astronomija je jedna od rijetkih naučnih disciplina koja izravno komunicira s društvom. Ne samo da nadilazi granice, već i aktivno promiče saradnju širom svijeta.

16. Koje nam je tehnologije astronomija donijela?

a. Od astronomije do industrije

Neki od najkorisnijih primjera prijenosa tehnologije između astronomije i industrije uključuju napredak u snimanju i komunikaciji. Na primjer, film nazvan Kodak Technical Pan koristi se velikim dijelom u medicinskoj i industrijskoj spektroskopiji, kod industrijskih fotografa, i umjetnika, a izvorno je stvoren da bi solarni astronomi mogli snimiti promjene u površinskoj strukturi Sunca. Osim toga, razvoj Kodakovog "tehnološkog plana", vođen zahtjevima astronoma, bio je korišten nekoliko desetljeća za otkrivanje zaraženih usjeva i šuma, u stomatologiji i medicinskoj dijagnostici, te za ispitivanje slojeva

umjetničkih slika kako bi se otkrile krivotvorine (National Research Council, 1991).

Godine 2009. Willard S. Boyle i George E. Smith dobili su Nobelovu nagradu za fiziku za razvoj uređaja koji će se kasnije široko koristiti u industriji. Senzori za snimanje slika razvijeni za astronomske slike, poznati pod nazivom Charge Coupled Devices (CCD), prvi put su se koristili u astronomiji 1976. godine. U samo nekoliko godina zamijenili su film ne samo na teleskopima već i u osobnim fotoaparatima, web kamerama i mobilnih telefona. Poboljšanje i popularnost CCD-a pripisuje se NASA-inoj odluci o upotrebi superosjetljive CCD tehnologije na Hubbleovom svemirskom teleskopu (Kiger & English, 2011).

U području komunikacije, radio astronomija je pružila mnogo korisnih alata, uređaja i metoda obrade podataka. Mnoge uspješne komunikacijske kompanije izvorno su osnovale radio astronomi. Programski jezik FORTH npr. izvorno je napravljen da ga koristi teleskop Kitt Peak i bio je temelj za profitabilno preduzeće (Forth Inc.). FedEx ga sada recimo koristi za svoje usluge praćenja pošiljki. FORTH se koristi i u Open Loader programu, u aplikacijama za svemirska istraživanja kao što je bilo npr. kod Philae svemirske letjelice i drugih sistema koji uključuju interakciju s hardverom. Bestseler DOS igra Starflight od Electronic Arts iz 1986. godine napisana je, također, u ovom programu.

Neki drugi primjeri prijenosa tehnologije između astronomije i industrije navedeni su u nastavku (National Research Council, 2010):

- Kompanija General Motors koristi (astronomski) programski jezik Interactive Data Language (IDL) za analizu podataka iz prometnih nesreća.
- Prve patente za tehniku otkrivanja gravitacijskog zračenja (proizvedenog prilikom ubrzavanja masivnih tijela) preuzela je jedna kompanija kako bi joj pomogli odrediti gravitacijsku stabilnost podzemnih rezervoara nafte.
- Telekomunikacijska tvrtka AT&T koristi program Image Reduction and Analysis Facility (IRAF) – zbirku softvera koji je napisan

u National Optical Astronomy Observatory – za analizu računarskih sistema i grafike u fizici čvrstih stanja.
- Larry Altschuler, astronom, odgovoran je u najvećoj mjeri za razvoj tomografije – proces snimanja u slojevima pomoću prodornog talasa – svojim radom na rekonstrukciji Sunčeve korone. (Schuler, M.D. 1979).

b. Od astronomije do avio sektora

Avio sektor dijeli najveći dio svoje tehnologije s astronomijom – posebno sa hardverom teleskopa i instrumenata, snimanjem i tehnikama obrade slika.

Sve od razvoja svemirskih teleskopa, prikupljanje informacija za odbranu zemalja pomjerilo se od korištenja informacija sa tla na prikupljanje informacija u vazduhu (vazdušnih tehnikama). Odbrambeni sateliti su ustvari teleskopi usmjereni prema Zemlji i zahtjevaju identičnu tehnologiju i hardver kao teleskopi koji se koriste u astronomiji. Osim toga, za obradu satelitskih slika koristi se isti softver i procesi kao i kod astronomskih slika.

Navešće se specifični primjeri iz razvoja astronomije koji se koriste u odbrani (National Research Council, 2010):

- Posmatranja zvijezda i modela zvjezdane atmosfere koriste se za razlikovanje između dima koji ispušta raketa (rocket plumes) i kosmičkih objekata. Ista metoda se sada koristi (SAD) u sistemima ranog upozoravanja od vojnih napada.
- Posmatranja distribucije zvjezda na nebu koja se koriste za usmjeravanje i kalibriranje teleskopa, također se koriste u aeronautici.
- Astronomi su razvili fotonski brojač neosjetljiv na Sunce (solar-blind photon counter) – uređaj koji može mjeriti čestice svjetlosti iz izvora tokom dana, a da ih ne zasićuju čestice koje dolaze sa Sunca. Ovaj brojač se sada koristi za otkrivanje ultraljubičastih (UV) fotona koji dolaze iz ispušnih sistema raketa, što omogućuje inovativni sistem upozorenja (UV missile warning system). Ista tehnologija se također može koristiti za otkrivanje toksičnih plinova.

- Satelitski sistemi globalnog pozicioniranja (GPS) oslanjaju se na astronomske objekte, kao što su kvazari i udaljene galaksije, kako bi se tačnije odredili položaji objekata na Zemlji.

c. Od Astronomije do energetskog sektora

Astronomske metode mogu se koristiti za pronalaženje novih fosilnih goriva, kao i za procjenu mogućnosti novih obnovljivih izvora energije (National Research Council, 2010):

- Dvije naftne tvrtke, Texaco i BP, koriste ranije spomenuti IDL kako bi analizirale uzorke oko naftnih polja, ali i generalno za istraživanje nafte.
- Australska tvrtka, pod nazivom Ingenero, stvorila je solarne kolektore kako bi iskoristila snagu Sunca za energiju na Zemlji. Oni su stvorili kolektore do 16 metara prečnika, što je moguće samo uz korištenje grafitnog kompozitnog materijala razvijenog za orbitirajuće teleskope.
- Tehnologija dizajnirana za snimanje rendgenskih zraka u rendgenskim teleskopima (koji se moraju dizajnirati drugačije od teleskopa za vidljivi dio spektra) sada se koristi za praćenje fuzije plazme. Ako je fuziju (gdje se dvije lake atomske jezgre spajaju kako bi se formirala teža jezgra) postalo moguće kontrolisati, to bi mogao biti odgovor za sigurnu i čistu energiju.

d. Astronomija i medicina

Astronomi se stalno bore da vide objekte na nebu koji su sve slabijeg sjaja i sve dalje od nas. Medicina se bori sa sličnim problemima: da vidi stvari koje su skrivene u ljudskom tijelu. Obje naučne discipline zahtjevaju visoke razlučivosti, tačne, precizne i detaljne slike. Možda je najznačajniji primjer prijenosa znanja između ove dvije nauke tzv. tehnika sinteze otvora (technique of aperture synthesis), koju su razvili radio astronomer i laureat Nobelove nagrade Martin Ryle (Royal Swedish Academy of Sciences, 1974). Ta se tehnologija koristi u kompjuteriziranoj tomografiji (CT ili CAT skeneri), magnetskoj rezonanciji (MRI), pozitronskoj emisijskoj tomografiji (PET) i mnogim drugim medicinskim alatima za snimanje.

Uz ove tehnike snimanja, astronomija je razvila mnoge programske jezike koji znatno olakšavaju obradu slike, osobito IDL i IRAF. Ovi jezici se široko koriste za medicinske primjene (Shasharina, 2005).

Još jedan važan primjer kako astronomska istraživanja doprinose medicinskom svijetu je u razvoju čistih radnih područja. Proizvodnja svemirskih teleskopa zahtjeva iznimno čistu okolinu kako bi se spriječile prašina ili čestice koje mogu prekriti ili ometati rad ogledala ili instrumenata na teleskopima (kao što je to slučaj u NASA-inoj misiji STEREO, Gruman, 2011). Protokoli čistih prostorija, filteri za zrak i "zečija odijela" razvijeni su upravo kako bi se to postiglo, i oni se sada također koriste u bolnicama i farmaceutskim laboratorijima (Clark, 2012).

Navešće se i neke izravnije primjene astronomskih "alata" u medicini:

- Saradnja između kompanije za lijekove i Cambridge Automatic Plate Measuring Facility omogućava bržu analizu uzoraka krvi od pacijenata s leukemijom i time osigurava preciznije promjene u lijekovima (National Research Council, 1991).
- Radio astronomi su razvili metodu koja se sada koristi kao neinvazivni način otkrivanja tumora. Kombinirajući to s drugim tradicionalnim metodama, brzina pozitivne detekcije raka dojke je sada povećana na 96%. (Barret i sur., 1978).
- Mali toplinski senzori, koji su u početku razvijeni za kontrolu temperature teleskopa, sada se koriste za kontrolu grijanja u neonatološkim jedinicama – jedinicama za njegu novorođenčadi (National Research Council, 1991).
- Skener sa rendgenskim zrakama niske energije koji je razvio NASA tim trenutačno se koristi za ambulantnu kirurgiju, sportske povrede i klinike u zemljama trećeg svijeta. Također ga je koristila američka Uprava za hranu i lijekove (FDA) kako bi proučili da li su neke pilule bile kontaminirane (National Research Council, 1991).
- Softver za obradu satelitskih snimaka snimljenih iz svemira sada pomaže medicinskim istraživačima da uspostave jednostavnu metodu za provođenje testiranja za Alzheimerovu bolest (ESA, 2013).

- Gledanje kroz fluidom ispunjeno, konstantno pokretljivo oko žive osobe nije toliko drukčije od pokušaja posmatranja astronomskih objekata kroz turbulentnu atmosferu, a isti temeljni pristup čini se da djeluje za oboje. Naime, adaptivna optika koja se koristi u astronomiji može se koristiti za snimanje mrežnice kod bolesnika za proučavanje bolesti kao što su makularna degeneracija i retinitis pigmentosa u ranoj fazi. (Boston Micromachines Corporation 2010).

e. Astronomija i korist u svakodnevnom životu

Postoje mnoge stvari koje ljudi svakodnevno susreću a koje su napravljene pomoću astronomskih tehnologija. Možda je najčešće korišten izum iz astronomije bežična lokalna mreža (WLAN). Godine 1977. John O'Sullivan razvio je metodu za izoštravanje slika s radio teleskopa. Isti postupak je primjenjen na radio-signale općenito, posebno za one koji su korišteni za jačanje računarskih mreža, što je sada sastavni dio svih implementacija WLAN-a (Hamaker et al., 1977).

U nastavku su navedene druge tehnologije važne za svakodnevni život koje su izvorno razvijene za astronomiju (National Research Council, 2010):

- Tehnologija koje se koristi za rengendske teleskope također se koristi u skenerima prtljaga na aerodromima.
- U aerodromima gasni kromatograf – za odvajanje i analizu spojeva – dizajniran za misiju Marsa, koristi se za pregledavanje da li prtljaga sadrži drogu ili eksplozive.
- Policija koristi ručne fotometre (Chemical Oxygen Demand photometers) – instrumente razvijene od strane astronoma za mjerenje intenziteta svjetlosti – kako bi provjerili transparentnost prozora automobila, onako kako je određeno zakonom.
- Spektrometar gama zračenja koji je izvorno korišten za analizu Mjesečevog tla sada se koristi kao neinvazivni način ispitivanja strukturalnog slabljenja historijskih građevina ili gledanja iza lomljivih mozaika, kao što je onaj u bazilici sv. Marka u Veneciji.

Nešto suptilniji od ovih doprinosa tehnologiji je doprinos koji je astronomija učinila našem pogledu na vrijeme. Prvi kalendari bili su

utemeljeni na kretanju Mjeseca, pa čak i način na koji definiramo sekundu je zbog astronomije. Atomski sat, razvijen 1955. godine, kalibriran je korištenjem astronomskog efemeridnog vremena – bivšeg standardnog astronomskog vremenskog okvira kojeg je 1952. godine usvojio IAU. To je dovelo do međunarodne dogovorene re-definicije sekunde (Markowitz i sur., 1958).

Ovo su sve vrlo opipljivi primjeri učinka koji astronomija ima na naš svakodnevni život, ali astronomija također igra važnu ulogu i u našoj kulturi. Postoje mnoge knjige i časopisi o astronomiji za ne-astronome. Kratka povijest vremena (Stephen Hawking) je bestseller i prodan je u više od deset miliona primjeraka (Paris, 2007), a televizijsku seriju Carla Sagana – Cosmos: Personal Voyage, u preko 60 zemalja gledalo je više od 500 miliona ljudi (NASA, 2009). Tu su još Neil de-Grasse Tyson, Kip Thorne, Lawrence Krauss, Phil Plait, James Kaler, Bob Berman, i veliki popularizatori astronomije danas.

Mnogi su ne-astronomi također angažirani u astronomiji tijekom Međunarodne godine astronomije 2009. (IYA2009), možda i najvećeg javnog događanja u nauci. IYA2009 je dosegnuo do više od osam stotina miliona ljudi, kroz hiljade aktivnosti, u više od 148 zemalja (IAU, 2010).

f. Astronomija i međunarodna suradnja

Naučna i tehnološka postignuća daju veliku konkurentsku prednost bilo kojoj zemlji. Nacije se raduju što imaju najučinkovitije nove tehnologije i što se utrkuju za postizanje novih naučnih otkrića. No, možda je još važnije način na koji nauka može povezati narode zajedno, potičući saradnju i stvaranje konstantnog protoka dok istraživači putuju diljem svijeta zbog rada u međunarodnim ustanovama.

Astronomija je posebno pogodna za međunarodnu suradnju zbog potrebe za teleskopima na različitim mjestima širom svijeta, kako bi vidjeli cijelo nebo. Još 1887. – kada su astronomi iz cijelog svijeta udružili svoje teleskopske slike i napravili prvu kartu cijelog neba – bilo je međunarodnih saradnji u astronomiji, a 1920. godine Me-

đunarodna astronomska unija (IAU) postala je prva međunarodna naučna zajednica.

Osim što je potrebno vidjeti nebo iz različitih vidljivih tačaka na Zemlji, izgradnja astronomskih opservatorija na tlu i prostoru je izuzetno skupa. Zato je većina sadašnjih i planiranih opservatorija u vlasništvu nekoliko država. Sve ove saradnje su do sada bile mirne i uspješne. Neki od najznačajnijih su:

- Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), međunarodno partnerstvo Europe, Sjeverne Amerike i Istočne Azije u suradnji s Republikom Čileom, najveći je astronomski projekt koji postoji.
- Europski južni opservatorij (ESO) koji uključuje 14 europskih zemalja i Brazil, a nalazi se u Čileu.
- Saradnja na glavnim opservatorijima kao što su NASA/ESA Hubble svemirski teleskop između SAD-a i Europe

17. Gubimo li vezu sa svemirom?

Može se reći da polako gubimo vezu sa svemirom praveći sve veće gradove i uvodeći sve više osvjetljenja. Pogled na noćno nebo iz većeg grada donosi nam prilično razočaranje. Mada je nebo vedro, nismo u stanju da vidimo zvijezde jer je suviše svjetlo. Uličnе svjetiljke, osvjetljeni izlozi, veliki reflektori koji osvjetljavaju znamenita zdanja čine nebo toliko svjetlim da je gotovo nemoguće da se na njemu bilo šta razazna.

Ranije su noći izgledale drukčije, nije bilo električne struje i uličnog osvjetljenja i većina ljudi je sa prvim mrakom odlazila u krevet, i ustajala u zoru. Tada je noću bilo tamno. Stvarno tamno. Tamno kao u grobu. Jedina svjetlost dolazila je od Mjeseca i zvijezda. Pogled na noćno nebo prepuno zvijezda, pogled na bijelu traku Mliječnog puta koji se proteže preko neba za ljude je bilo nešto normalno; a danas ga većina nikada nije ni vidjela. Tama je nestala iz civilizovanog svijeta, pa su astronomi morali da se povuku u udaljene pustinje i na usamljene planinske vrhove.



Stećci i noćno nebo iznad Bjelašnice i Treskavice (copyright: Alan Ćatović)

Ali nestanak tame nije problem samo za astronome. Mnoge noćne životinje stradaju zbog toga. Vještačko osvetljenje je poremetilo njihovu sposobnost za orijentaciju. Svi oni insekti koji noću lete oko uličnih svjetiljki ne lete to zato što im njihova svjetlost prija, već zato što nisu sigurni kuda treba da lete. Jedna jedina ulična sijalica u stanju je da tokom noći ubije i do 150 insekata. Na taj način samo u Njemačkoj svake noći ugine po nekoliko milijardi insekata. Budući da oni sačinjavaju važan dio ekosistema, to ostavlja trajne posljedice. I ptice selice vještačko osvetljenje može da poremeti isto kao i mnoge životinje koje se, kao na primjer morska kornjača, orijentišu pomoću noćnog neba. I nama ljudima smeta nedostatak tame. Za pravilno funkcionisanje ljudskog tijela potreban je, između ostalog, i hormon „melatonin". A on se stvara samo kada je tama. Ako su noći svjetle, smanjuje se proizvodnja ovog hormona, pa smo podložniji stresu i nesanici. To slabi naš imuni sistem i šteti našem zdravlju. Postoje medicinske studije koje pokazuju da melatonin sprečava i usporava pojavu i rast tumora. Poremećaj u stvaranju melatonina pogoduje obo-

ljevanju od raka. Izraelski ljekari su utvrdili da žene koje su izložene jakom osvjetljenju prije oboljevaju od raka dojke.

Osim zdravstvenih posljedica, odsustvo tame predstavlja i kulturni gubitak. Čovjek koji je imao sreću da provede noć u istinski tamnom predjelu nije mogao a da ne bude zasjenjen ljepotom noćnog neba. Tamo gdje se iz osvjetljenih gradova vidi samo nekoliko zvijezda, moglo se vidjeti na hiljade ovih nebeskih tijela, i to golim okom. Kada je stvarno tamno, može se vidjeti i Mliječni put. On se, nalik na mliječno-bijelu traku, proteže preko neba i spada u jedan od najljepših prizora koji nam noć može pružiti. U stvarnosti, on se sastoji od stotine milijardi zvezda. Sunce nije usamljeno u svemiru, već zajedno sa nekoliko stotina milijardi drugih zvijezda obrazuje ogroman sistem, našu galaksiju. Na južnoj polulopti možemo videti Veliki i Mali Magelanov oblak. To su, zapravo, dvije patuljaste galaksije, koje se kao sateliti kreću oko Mliječnog puta. Sa sjeverne polulopte vidi se galaksija Andromeda, koja djeluje kao mrlja na nebu. Ova galaksija je malo veća od našeg Mliječnog puta, a od nas je udaljena nezamislivih 2,5 miliona svjetlosnih godina. Svjetlost koja sa ove galaksije dopire do nas na svoj put krenula je prije 2,5 miliona godina. Pogled na Andromedu zapravo je pogled u drevnu prošlost; ali pretjerano osvjetljenje naših gradova većini ljudi ne dozvoljava da zavire u tu prošlost.

Kada je noć dovoljno tamna, zvijezde nisu samo bijele svjetle tačke na nebeskom svodu. Možemo da vidimo i njihove boje. Neke su zvijezde crvene, neke žute, bijele ili plave. Mi ne opažamo samo one najsvjetlije medu njima; vidimo i one čija je svjetlost slaba. Vidimo svjetlucav i šaren prizor sastavljen od svjetlosti i tame. Za ljude prohujalih vijekova, ovo fantastično noćno nebo bilo je nešto normalno, pa nije ni čudo što su zvijezde hiljadama godina nadahnjivale mitologiju, religiju, umjetnost i filozofiju. Danas je većini ljudi ovo nadahnuće nepristupačno jer žive u osvjetljenim gradovima i nikada u životu nisu vidjeli pravo noćno nebo.

To je već sasvim dovoljan razlog da ozbiljno razmotrimo problem pretjeranog osvjetljavanja, odnosno neba „uprljanog svjetlošću". Po-

stoji i čitav niz jakih finansijskih razloga koji govore protiv trajnog noćnog osvjetljavanja. Veliki dio noćnog osvjetljenja predstavlja čisto rasipništvo. Mi nismo zaintereso vani da osvjetljavamo nebo; mi želimo da naše ulice budu svjetle, da sobe u našem domu budu osvjetljene jer, za razliku od naših predaka, mi ne odlazimo u krevet sa prvim mrakom. Mnoge sijalice koje svjetle u našim gradovima nisu upaljene u skladu sa nekim planom ili ciljem. Ulične svetiljke svoju svjetlost rasipaju u svim pravcima a ne tamo gdje je to potrebno. Znamenita zdanja osvjetljavaju se svake noći nezavisno od toga da li ima ljudi koji žele da ih vide. Reflektori postavljeni na zemlju svoju svjetlost rasipaju po nebeskom prostranstvu i skoro uopšte ne doprinose osvjetljavanju ulica. Ulice u kojima gotovo da nema saobraćaja i prolaznika ipak su osvjetljene tokom čitave noći. To ne predstavlja samo prekomjerno osvjetljavanje koje nam zaklanja poglede na noćno nebo; to je rasipanje električne energije i, naravno, uludo trošenje novca. U svakom slučaju, ne možemo se vratiti u predindustrijsko doba. Tehnička dostignuća prošlih vijekova imaju veliki značaj za čovječanstvo. Ali možemo pokušati da ih pametno iskoristimo. Danas postoji dosta mogućnosti da se gradovi osvjetle a da pritom nepotrebno i prekomjerno osvjetljavanje ne sakrije noćno nebo od ljudskih pogleda. Umjesto postojećih, mogu se postaviti ulične sijalice koje će osvjetljavati samo ulice i kod kojih neće dolaziti do rasipanja svjetlosti. Mogu se napraviti takvi sistemi osvjetljavanja koji će se na pustim ulicama paliti samo onda kad neko tuda prolazi. Takve investicije, naravno, traže novac. Ali one i donose novac. Augsburg, u Njemačkoj, važi za grad koji ima uzorno osvjetljenje. Mjere koje su tamo preduzete protiv prekomjernog osvjetljavanja smanjile su potrošnju struje za 20% i gradu svake godine donose uštedu od četvrt miliona eura.

Prema tome, uklanjanje prekomjernog osvjetljavanja je nešto što se isplati. I to ne samo finansijski. Tamne noći su dobre za životinje, za okolinu i za naše zdravlje. Osim toga, s tamnim noćima dobićemo i ono što smo odavno izgubili: pogled na univerzum.

Zemlja

"Dostojanstvo moram tražiti ne u svemiru, već ovladavanjem vlastitih misli. Neću imati ništa od toga ako posjedujem svjetove. U svemiru me beskraj okružuje i progutan sam poput atoma: u mislima, međutim, shvaćam svijet."
(Blaise Pascal)

1. Kako je nastao život na zemlji?

Abiogeneza ili biopoeza je prirodni proces nastanka prvog života iz nežive materije kao što su jednostavni organski spojevi. Vjeruje se da se desila prije 3,8 do 4,1 milijardi godina, a istraživana je u kombinaciji laboratorijskih eksperimenata i genetičkih informacija organizama. Tako je bilo moguće doći do razumnih pretpostavki o tome koji su hemijski procesi doveli do nastanka živih sistema. Abiogeneza se proučava sa tri glavna aspekta: geofizički, hemijski i biološki, a eksperimenti se danas sve češće temelje na pokušaju sinteze sva tri područja.

Većina paleobiologa uvjerena je da se život morao pojaviti na Zemlji prije najmanje 3 milijarde godina, a vjerojatno i prije 4 milijarde godina. Njihov zaključak temelji se na osnovanim pretpostavkama o primitivnim organizmima. Prije nešto manje od 3 milijarde godina značajne količine kisika počele su se pojavljivati u Zemljinoj atmosferi. To je poznato na temelju geoloških rezultata neovisnih od bilo kakvih fosilnih ostataka: kisik, naime, izaziva laganu pojavu hrđe na stijenama bogatim željezom, koja stvara crvenu boju, poput onih u stijenama Velikog Kanjona u Arizoni. Stijene iz razdoblja prije kisika nisu takve boje niti pokazuju druge znakove postojanja ovog elementa. Pojava kisika u Zemljinoj atmosferi značila je da se svi oblici života moraju ili prilagoditi novim uvjetima ili izumrijeti.

Kako to da je Zemljina atmosfera postala relativno bogata kisikom? Većina kisika došla je iz sićušnih organizama koji su plutali morem, ispuštajući ovaj plin kao dio procesa fotosinteze. Nešto kisika pojavilo bi se i bez postojanja tih organizama, budući da je ultraljubičasta svjetlost sa Sunca razlagala nešto molekula H2O na površini okeana, oslobađajući atome vodika i kisika u zrak. Kad god se na nekom planetu nalaze značajne količine tekuće vode izložene svjetlosti, njegova atmosfera obogaćuje se kisikom, lagano ali postojano, tokom stotina miliona ili milijardi godina. Ovo svojstvo kisika ne vrijedi za nas, ali on je neosporno poguban za život diljem svemira. Život mora početi rano u historiji planeta, a ako do toga ne dođe, gomilanje kisika u atmosferi vjerovatno će onemogućit njegovu pojavu.

Kakvog je uticaja bombardiranje nebeskim tijelima iz svemira imalo na nastanak života? Prema mišljenju biologa, ono je poticalo i pojavu ali i nestanak života na Zemlji, ne samo jednom nego više puta. Veći dio materijala koji je stizao na Zemlju tada otpadao je na komete koji su velike snježne grude (smrznuta voda i smrznuti ugljikov dioksida - suhi led) sa komadima stijena i prljavštine. Osim snijega, kamenja i gromada bogatih mineralima i metalima, kometi koji su bombardirali Zemlju tokom njenih prvih nekoliko stotina miliona godina sadržavali su i različite vrste molekula, kao što su metan, amonijak, metil-alkohol, vodikov cijanid i formaldehid. Ove molekule, udružene s vodom, ugljikovim monoksidom i ugljikovim dioksidom, su praktično sirovine života (polazne sirovine za izgradnju složenih molekula).

Bez obzira na to da li je život stigao ili ne s kometama, najveća svemirska tijela koja su padala po Zemlji u to vrijeme bombardiranja mogla su potpuno uništiti život koji se možda već bio začeo na našem planetu. Život je mogao početi, barem u najjednostavnijim oblicima, više puta, pri čemu bi svaki novi skup organizama opstao stotinama hiljada, pa čak i milionima godina, sve dok ga udar nekog izrazito krupnog tijela ne bi zbrisao; zatim bi se opet pojavio, da bi još jednom bio uništen.

Zamisao o višekratnom nastajanju života na Zemlji podupiru dvije utvrđene činjenice. Prva - život se pojavio rano, tokom prve treći-

ne Zemljinog životnog vijeka. Ako je mogao nastati tokom milijardu godina, to se moglo dogoditi i u znatno kraćem razdoblju. Druga - poznato je da su sudari velikih tijela sa Zemljom, u razmacima koji se mjere desecima miliona godina, uništavali glavninu živih vrsta na našem planetu. Najpoznatija ovakva katastrofa, izumiranje koje se zbilo na između razdoblja krede i tercijara prije 65 miliona godina, ubilo je dinosaure koji nisu letjeli, kao i ogroman broj drugih vrsta. Ali čak i ovaj masovni nestanak zaostaje za najvećim izumiranjem - na granici perma i trijasa, prije oko 250 miliona godina, kada je stradalo gotovo 90 posto morskih vrsta i 70 posto vrsta kopnenih kičmenjaka. Tada su gljive ostale kao prevladavajući oblik života na kopnu.

Na temelju sadašnjih znanja is astronomije, biologije, hemije i geologije može se zaključiti da, dok je rana Zemlja bila spremna poroditi život, svemirska sredina u kojoj se ona nalazila bila je spremna uništavati ga. Sasvim je vjerojatno da silovito bombardiranje svemirskim materijalom, koji je dio procesa nastanka zvijezda i planeta, upravo sada isto tako uništava život na mnogim mladim svjetovima.

Prije više od 4 milijarde godina, glavnina ostataka iz procesa nastanka Sunčevoga sustava već se sudarila s nekim planetom ili se premjestila na staze gdje do sudara nije moglo doći. Kao rezultat toga, naša svemirska okolina postupno se pretvorila iz područja neprekidnog bombardiranja u spokojno područje kakvo je danas. Ovaj mir doduše narušavaju, u razmacima koji se mjere milionima godina, sudari s tijelima koja su dovoljno velika da zaprijete životu na Zemlji.

Nije poznato da li je život već postojao prije 4 milijarde godina, preživjevši prethodno bombardiranje, ili je nastao kad je otpočelo

razmjerno mirno razdoblje. Ovim alternativama obuhvaćena je i mogućnost da su tijela koja su došla iz svemira posijala život na našem planetu tokom bombardiranja ili neposredno nakon njegovog završetka. Ako je život učestalo nastajao i nestajao dok se s neba obrušavao haos na Zemlju, onda je proces njegovog začetka grub, te se može očekivati da će se zbivati i na drugim planetama sličnim našoj Zemlji. Ako se, međutim, život javio na Zemlji samo jednom, kao izvorna

pojava (ili došavši iz svemira), njegov nastanak ovdje možda je samo sretni slučaj.

Naučnici pokušavaju zaroniti dublje, obavljajući laboratorijske pokuse i proučavajući fosilne ostatke; svrha ovih nastojanja je ustanoviti koliko je visoka prepreka koja razdvaja neživo od živoga i kako je priroda ipak uspjela preći.

Prema naučnim objašnjenjima, život je nastao međudjelovanjem jednostavnih molekula u vodenim sredinama, poput onih zaostalih nakon plime, od kojih su se gradile složenije molekule.

Godine 1953., pokušavajući provjeriti zamisao o početku života u barama zaostalim za plimom, Stanley Miller, koji je tada pripremao doktorat kod nobelovca Harolda Ureya, izveo je slavni eksperiment u okviru kojega su simulirani uvjeti u hipotetičkoj bari zaostaloj za plimom iz doba rane Zemlje. Miller i Urey djelomično su ispunili laboratorijsku posudicu vodom, dok je iznad nje bila plinovita mješavina vodene pare, vodika, amonijaka i metana. Odozdo su zagrijavali posudu, što je dovelo do isparavanja dijela sadržaja koji je cjevčicom doveden do druge posude gdje je električno pražnjenje oponašalo sijevanje munja. Odavde je mješavina vraćena u prvu posudu, čime je zatvoren krug koji se ponavljao nekoliko dana (umjesto nekoliko hiljada godina). Nakon ovog skromnog razdoblja, Miller i Urey su ustanovili da je voda u nižoj posudi postala bogata "organskom juhom", smjesom složenih molekula, uključujući i razne vrste šećera, te dvije jednostavne aminokiseline: alanin i guanin. Kako se molekule proteina sastoje od dvadeset vrsta aminokiselina različito spojenih u cjelinu, eksperiment Millera i Ureya prevalio je za izuzetno kratko vrijeme značajan dio puta od najjednostavnijih molekula do molekula aminokiselina koji predstavljaju građevne cigle živih organizama. U ovom pokusu nastali su i relativno složene molekule koje se nazivaju nukleotidi i koje su ključni sastavni elementi DNK, divovske molekule koje sadrži upute za stvaranje novih jedinki danog organizma.

Aminokiseline su pronađene i u nekim od najstarijih meteorita za koje se vjeruje da su ostali nepromijenjeni od nastanka u najranijoj fazi

Sunčevog sistema. Ali i dalje ostaje pitanje: kako nakupina molekula, čak i onih od ključnog značaja za pojavu života, uspijeva stvoriti život?

Budući da je rana Zemlja imala na raspolaganju milione godina za rađanje života, rezultati pokusa Millera i Ureya idu u prilog početku života u barama zaostalim nakon plime.

Prema modernim istraživanjima stabla života, život je možda počeo sa ekstremofilima (organizmi koji žive u uvjetima koje danas opisujemo kao ekstremne: na temperaturama blizu ili iznad točke ključanja vode, u visoko kiseloj sredini i drugim okruženjima koja bi bila pogubna za ostale oblike života), da bi se tek kasnije razvili oblici života koji uspijevaju u uvjetima kakve mi nazivamo normalnima. Posljednjih nekoliko desetljeća okeanografi su, naime, otkrili mjesta i neobične oblike ekstremofilnog života. Godine 1977. dvojica okeanografa su podmornicom otkrila prve podmorske izvore na dubini od oko 2 kilometra ispod površine Tihog oceana kraj Galapagosa. Kod ovih izvora, Zemljina kora lokalno se ponaša kao ekspres-lonac u kojem se voda zagrijava iznad tačke ključanja, ali se samo ključanje ne dopušta. Kada ipak dođe do djelomičnog podizanja poklopca, superzagrijana voda pod pritiskom prokulja iz Zemljine kore u hladne okeanske vode. Superzagrijana morska voda koja ovdje navire sadrži rastopljene minerale koji se brzo kondenzuju i pretvaraju u čvrsta tijela, stvarajući oko izvora divovske, porozne, kamene dimnjake, toplije u središnjem dijelu, a hladnije na rubovima gdje se dodiruju s morskom vodom. U ovom okruženju žive brojni oblici života koji nikada ne vide Sunce niti mare za njegovu toplinu, premda im je potreban kisik rastopljen u morskoj vodi, koji potiče od života na Sunčev pogon (blizu površine okeana). Ova otporna stvorenja žive od geotermalne energije koja potiče od topline zaostale iz doba stvaranja Zemlje plus one koju neprekidno proizvode radioaktivna raspadanja nestabilnih izotopa kao što su aluminij-26, koji traje milionima, i kalij-40, koji traje milijardama godina.

Blizu ovih izvora, znatno dublje nego što Sunčeva svjetlost može prodrijeti, okeanografi su pronašli valjkaste crve koji žive među veli-

kim kolonijama bakterija i drugih sitnih stvorenja. Umjesto da crpe energiju iz Sunčeve svjetlosti kao sav normalan svijet, kao što to čine (fotosintezne) biljke, život blizu dubokih morskih izvora oslanja se na "hemosintezu", stvaranje energije putem hemijskih reakcija, koja ovisi o geotermalnom zagrijavanju.

Hemijske reakcije koje se zbivaju blizu podmorskih izvora nisu ograničene samo na proizvodnju molekula ugljikohidrata. Atomi željeza i sumpora, koji ne ulaze u sastav molekula ugljikohidrata, povezuju se i stvaraju svoje spojeve, a ponajprije željezni sulfid, pirit.

Koji je osnovni model o nastanku života vjerovatnije tačan – bare na obali okeana ili supertopli izvori na okeanskom dnu? U ovom trenutku izgleda za oba su približno podjednake.

Na rješenje ovog problema ne potiče nas samo naša radoznalost da saznamo vlastiti nastanak. Različiti nastanci života podrazumijevaju različite mogućnosti njegove pojave, razvoja i opstanka, kako ovdje tako i drugdje u svemiru. Npr. dno zemaljskih oceana vjerojatno je najpostojaniji ekosistem na planeti. Ako bi neki divovski asteroid udario u Zemlju i potpuno uništio život na površini, okeanski ekstremofili bi vjerovatno nastavili svoje bezbrižno postojanje. Čak i kada bi Sunce tajanstveno nestalo iz središta našeg sistema, a Zemlja samostalno plovila svemirom, ovaj događaj teško bi uopće zavrijedio pažnju medija ekstremofila, jer bi se život blizu podmorskih izvora nastavio bez ikakvog poremećaja. No, za 5 milijardi godina naša zvijezda postat će crveni div, proširivši se do ruba unutrašnjeg Sunčevog sistema. Prvo će zemaljski okeani proključati, pa će čak i sama Zemlja djelomično ispariti. A to će biti loša vijest za sve oblike života na našem planetu.

Široka rasprostranjenost ekstremofila na Zemlji otvara jedno duboko pitanje: može li život postojati u njedrima mnogih planeta i „planeta skitnica", izbačenih iz Sunčevog sistema tokom njegovog stvaranja? Njihovi geotermalni rezervoari mogli bi trajati milijardama godina. Šta je s bezbroj planeta koji su silom poslani u progonstvo iz drugih zvjezdanih sistema diljem svemira? Je li moguće da međuzvjezdani

prostor vrvi od života – koji je nastao i razvio se duboko u unutrašnjosti planeta bez matičnih zvijezda? Prije nego što su astrofizičari shvatili značaj ekstremofila, zamišljali su "zonu pogodnu za život" koja okružuje svaku zvijezdu i u kojoj voda ili neki drugi medij može ostati u tekućem stanju, što bi omogućilo molekulama da se kreću, stupaju u međudjelovanje i stvaraju još složenije molekule. Danas moramo promjeniti ovu zamisao. Zona pogodna za život nipošto više nije ograničena samo na malo područje oko zvijezda koje dobiva odgovarajuću količinu svjetlosti, već može biti bilo gdje, pri čemu je održava ne samo toplina koja joj stiže sa zvijezde nego i lokalni izvori koji se uglavnom napajaju energijom radioaktivnih stijena.

2. Kako nastaju godišnja doba na Zemlji?

Naša planeta ima godišnja doba jer njena osa ne stoji uspravno, tj. okomito na ravan kretanja oko Sunca. Naime, zamišljena osa koja prolazi kroz Sjeverni i Južni pol je malo nagnuta (trenutno 23,4°). Kako se Zemlja okreće oko Sunca, njena nagnuta osa je uvijek usmjerena u istom pravcu. Tokom cijele godine različiti dijelovi zemlje dobijaju direktne sunčeve zrake. Ponekad je Sjeverni pol više okrenut prema Suncu (oko juna), a ponekad je u toj poziciji Južni pol (oko decembra). Za sjevernu hemisferu, to je ljeto u junu jer je taj dio Zemlje izloženiji Suncu, a zima u decembru. U južnoj hemisferi situacija je obrnuta.

Ukratko, čitava zbrka oko zime i ljeta svodi se na razliku upadnog ugla Sunca. Tako je npr. 21.06.2016. godine ugao elevacije Sunca za Sarajevo iznosio 67,5°, a taj ugao je iznosio 22,5° na dan 21.12.2016.

Tu postoji i faktor udaljenosti Zemlje od Sunca, ali ne onako kako ga zamišljamo. Na našu sreću, Sunce nam je bliže zimi nego ljeti. To čini zime na sjevernoj polulopti nešto blaže, a ljeta nešto hladnija. Prije npr. 13000 godina bilo je upravo suprotno, a tako će biti ponovo u budućnosti kada se nagib ose naše planete pomjeri. Suprotno se događa na južnoj polulopti gdje su zime hladnije, a ljeta toplija nego prije 13000 godina. Na sreću po stanovnike južne polulopte, ova hemisfera ima mnogo više morske površine nego sjeverna. Tendencija

vode da malo sporije grije i hladi zemlju čini klimu u tom području umjerenijom, što znači da su trenutno klime usporedive i na južnoj i sjevernoj hemisferi.

3. Šta je elektromagnetno zračenje?

Elektromagnetno zračenje je, generalno, kombinacija oscilujućeg električnog i magnetnog polja koja zajedno putuju kroz prostor u obliku međusobno okomitih talasa. Čestice koje kvantifikuju elektromagnetno zračenje su fotoni.

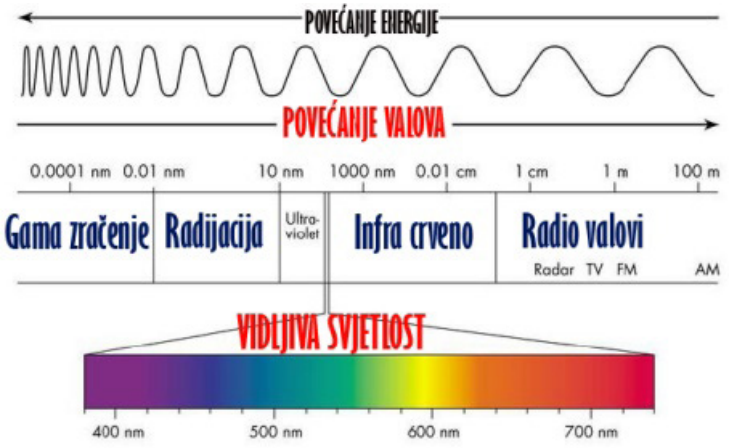
Fotoni su čestice koje se mogu opisati kao elektromagnetni energetski paketi određene frekvencije. Fotoni imaju osobine zbog kojih se ova čestica smatra dijelom kao čestica, ali i kao talas, u nauci poznato kao dualitet čestice-talasa. Osobine zbog kojih se foton ponaša kao čestica su primjetljive u fotoelektričnom efektu, dok su osobine zbog kojih se smatra kao talas primjetne kroz difrakciju i interferenciju svjetla kroz otvor ili rupu.

Energija fotona E je proporcionalna frekvenciji: $E = h\nu$, gdje je h – Plankova (Max Planck) konstanta, a ν – frekvencija talasa.

Osobine elektromagnetnog zračenja zavise od njegove talasne dužine. Cijeli opseg talasnih dužina elektromagnetnog zračenja naziva se elektromagnetni spektar. On obuhvata gama zračenje, rendgensko zračenje (X zrake), ultraljubičasto zračenje (UV), vidljivu svjetlost (tradicionalna eng. skraćenica "ROY G. BIV" – Red, Orange, Yellow, Green, Blue, Indigo, Violet), infracrveno zračenje (IR), mikrovalno zračenje i radiovalove.

Elektromagnetni talasi posjeduju određenu visinu (amplituda), sa određenim brojem (talasa) u vremenskoj jedinici (frekvencija) i sa karakterističnom brzinom (brzina talasa). Udaljenost između talasa je talasna dužina.

Talasi niske energije imaju veće talasne dužine (npr. radio talasi), i obrnuto (gama zračenje, UV zračenje). Talasi većih energija su opasni za čovjeka (npr. gama talasi mogu oštetiti DNK ljudske ćelije zbog visoke energije koju imaju).



Elektromagnetski spektar (izvor: wikipedia)

Brzina elektromagnetnog talasa je jednostavno brzina svjetlosti (299 792 km/s), i različite talasne dužine svjetlosti manifestuju se kao različite boje. Energija elektromagnetnog talasa je obrnuto proporcionalna njegovoj talasnoj dužini (slika dole). U vakuumu se elektromagnetni talasi prostiru brzinom svjetlosti.

Na sreću, atmosfera Zemlje blokira većinu štetnog zračenja za ljude (npr. UV i gama zračenje), a djelimično propušta IC zračenje. Potpuno je transparentna za vidljivi dio spektra i veliki dio radio spektra.

Sunčev spektar pri nivou mora je značajno smanjen (u odnosu na onaj na vrhu atmosfere) zbog apsorpcije atmosfere, najviše zbog vode, kiseonika i ozona. Na mjestima gdje je značajnija apsorpcija zračenja od strane vode (U IC dijelu spektra) nalaze se "prozori" kroz koje je moguće promatrati svemir u IC dijelu spektra, sa Zemlje. Ta područja se zovu J, H i K područja.

4. Šta čini snježne pahulje?

Patogene klice (bakterije, virusi, gljivice i drugi mikroorganizmi) su najčešći zametak oko kojeg se formiraju sniježne pahulje. One čine preko

85% svih zametaka pahulja. Slijedeći put kad negdje vidite idilični snijeg kako pada, obavijestite vašeg najboljeg hipohondričnog prijatelja da se unutar većine tih milijardi pahulja nalaze uglavnom žive bakterije.



Macro snimak snježne pahulje (copyright: Alan Ćatović)

Sniježna pahulja sadrži 10^{18} vodenih molekula. To je deset miliona milijardi. Deset sniježnih pahulja – koje mogu stati na vrh vašeg prsta – imaju isti broj molekula kao što je broj zrna pjeska na Zemlji. Ili zvijezda u vidljivom univerzumu.

5. Da li zemlja može postati crna rupa?

Zemlja bi mogla postala crna rupa ako bi se na neki način smanjila na veličinu klikera, što je, naravno, nemoguće. Generalno, sve što treba da neka zvijezda (ili bilo šta drugo) postane crna rupa je dovoljna kompaktnost (pri velikoj gravitaciji) kako svjetlost ne bi mogla "pobjeći" sa nje. Mount Everest bi npr. postao crna rupa ako bi se smanjio na veličinu atomskog jezgra.

Zabluda je da su crne rupe opasne za potencijalne interstelarne putnike. Možete se približiti i do 4000 km crnoj rupi mase 10 puta veće od mase Sunca bez ikakvih posljedica. Ako bi naše Sunce hipotetički

postalo crna rupa (nemoguće, jer nije dovoljno masivno), ostali bi u orbiti kao i ranije jer bi ukupna gravitacija ostala ista. Crna rupa Cygnus X-1 locirana je u sazviježđu Labud tako što je pronađena zvijezda (HDE226868) koja se mahnito vrti oko nepoznatog, vrlo malog, ali masivnog tijela.



Umjetnički dojam pojave crne rupe u blizini Zemlje
(copyright: Alan Ćatović)

Bilo šta što se spiralno kreće prema crnoj rupi vjerovatno se obrće tolikim brzinama da pri tome nastaje rendgensko zračenje. I zaista, skoro da možete vidjeti kosti na svojoj ruci kada podignete ruku u pravcu Cygnus X-1.

6. Šta je to "Earthshine" ili pepeljasta svjetlost?

"Earthshine" (pepeljasta svjetlost) je slaba svjetlost koja dolazi sa onih dijelova Mjeseca koji nisu obasjani sunčevom svjetlosti već zracima reflektovanim sa Zemlje. Earthshine je, na neki način, svjetlost koja je prešla trostruki put. Kada je ugledate na Mjesecu, vi ustvari gledate

Sunčevu svjetlost koja je prvo došla do Zemlje, pa onda do Mjeseca, pa se zatim odbila ponovo do vaših očiju. Zbog ovog dodatnog vremena, earthshine je "starija" svjetlost nego svjetlo na osvjetljenoj strani Mjeseca koje se nalazi do nje.

Ako bi hipotetički Sunce iznenada eksplodiralo i nastupila tama, najprije bi nestala svjetlost sa mlade faze Mjeseca pa tek onda nakon par sekundi i Earthshine svjetlost.



Earthshine na djelu (copyright: Terence Dickinson)

7. Kako precesija Zemlje utiče na zvijezdu sjevernjaču?

Precesija Zemlje uzrokuje kretanje ose Zemlje za ugao od oko 47 stepeni (zbog čega se mjenjaju "sjevernjače" tokom različitih vremenskih perioda) pri čemu jedan (precesioni) obrtaj Zemlje traje 25780 godina. Od svih zvijezda koje leže unutar tog kruga (koji opisuje osa Zemlje), Polaris je najsvjetlija. To znači da tokom precesije Zemlje (u periodu od 26 milenija) ne možemo imati svjetlije niti preciznije sjeverne zvijezde nego one koju sada imamo!

Udaljenost od Polarisa do Vege može se iskoristiti kao prikaz precesionog kruga koji pravi osa Zemlje tokom 26 milenija. Inače, šanse da ovako relativno sjajna zvijezda (Polaris) bude sjevernjača su dosta male (1/1000). Polaris rotira oko stvarnog sjevernog nebeskog pola opisujući krug ugaone širine oko 1,5 stepeni gledano sa Zemlje.

U doba Mojsija i piramida, zvijezda Thuban je bila sjevernjača. Sedam hiljada godina prije izgradnje piramida, Vega i Deneb su se mijenjale u ulozi sjevernjače, i ponovo će za nekih 12 hiljada godina. Uživajte u Polarisu dok je tu.

8. Po čemu je duga neobična?

Ne obraćamo često pažnju na dugu koja ima neka vrlo zanimljiva svojstva. Duga, budući da nije realan 3D objekt, nema refleksiju niti sjenu. Ako uzmete ogledalo i posmatrate dugu preko njega – to će biti slika drugačije duge. Kada niko ne gleda – duga nije tu jer su za dugu potrebni Sunce, kapljice vode i vaše oči (ili kamera).



Snimak primarne i sekundarne duge (copyright: Alan Ćatović)

Centar duge nalazi se tamo gdje vaša glava pravi sjenu na tlu. Što je niže Sunce, to je grandioznija duga. Nebo iznad duge uvijek je tamnije nego nebo unutar duge. Najveća elevacija duge je 42° iznad tla. Često se pored primarne duge nalazi i sekundarna duga, 9° od glavnog luka, i redovito je blijeđa i njene boje su obrnute. To se događa zbog sekundarne refleksije unutar kapljica vode. Prostor između primarne i sekundarne duge je uvijek tamniji od ostatka neba. Svaka osoba vidi drugačiju dugu.

9. Kako ne izgoriti na Suncu?

Voda upija UV zračenje kad je mirna dok valovita voda reflektuje većinu UV zračenja. To znači da piknik pored jezera ili mora kada je vjetrovit dan nosi više rizika za opekotine od Sunca nego kad nema vjetra. S druge strane, biljke upijaju skoro svo UV zračenje koje stiže sa Sunca. Obožavaju ga. Većina vegetacije upija preko 90% UV zračenja. Dakle, okolina dosta utiče na to hoćete li izgoriti na Suncu ili ne. Dok pjesak i snijeg reflektuju velike količine UV zračenja prema vama, trava to ne radi. Ako ste osoba sa svijetlim tenom, planirajte svoj izlet u parku, ne pored jezera.

10. Zašto je trava zelena?

Gledajući prirodu uglavnom pomislimo da svijet biljaka najviše voli zelenu komponentu Sunčeve svjetlosti. Ali lišće, biljke, trava ustvari ne vole nimalo "zeleni" dio spektra. Oni se hrane uglavnom plavim i crvenim dijelom Sunčeve svjetlosti. Trava reflektuje nazad zeleni dio Sunčeve svjetlosti, i upravo to je razlog što travu vidimo kao zelenu.

Suprotno intuiciji, jedina stvar koju vidimo kada posmatramo nešto su sunčeve "neželjene" talasne dužine.

11. Zašto je nebo plavo?

Sunce nam možda izgleda žuto, ali je svjetlost koja sa njega dolazi bijela, to jest sklop svih boja, kako je to otkrio još Isaac Newton kad je

kroz prizmu propustio Sunčevu svjetlost i ugledao dugu. Ali, plinovi i prašina u zraku raspršuju svjetlosne talase tako da nebo nije bijelo nego (uglavnom) plavkasto. To je zato što se kratki talasi plave svjetlosti, s fotonima visoke energije, razlijeću na sve strane, zahvaljujući takozvanom Rayleighovom raspršenju (nazvanom prema engleskom fizičaru koji ga je otkrio). Sjvetlost manje talasne dužine rasipa se višestruko intenzivnije od svjetlosti veće talasne dužine. Najveću talasnu dužinu ima crvena svjetlost (oko 700 nm) a najmanju plava (oko 400 nm) što znači da će se plava svjetlost rasipati mnogo intenzivnije. Svjetlost koja do nas stiže osiromašena je, dakle, za tu komponentu plave boje, i ta svjetlost prestaje da se kreće od Sunca ka nama već se prostire u svim pravcima i obasjava nebo i boji ga u plavo.

Kad je Sunce visoko na nebu, nebo je plavo. Ali kada Sunce počne tonuti za horizont, počinju se pojavljivati duge talasne dužine, boje na crvenom kraju spektra. Naime, kad se Sunce nađe na obzoru, njegova se svjetlost mora mnogo više probijati kroz atmosferu te zbog toga i kroz deblje slojeve prašine, prije nego što stigne do nas. Sada se svjetlo ne samo raspršuje nego i rasipa u svemir, dok se crvenilo probija ravno kroz atmosfersku prljavštinu. Što je više prašine, veća je i vjerojatnost da će Sunce potonuti u većem rumenilu. Baš se zato najljepši zalasci i dešavaju kad je prašina najgušća – npr. poslije vulkanskih erupcija.

Kad smo već ovdje spomenimo i ovo. U atmosferi se odigravaju još neki interesantni procesi. Nekada se nakupi mnogo vodene pare i čestica prašine u zraku. Kada u vazduhu ima mnogo vodene pare onda vidimo oblake. Neki oblaci su bijeli. Oni su izgrađeni od čestica koje su mnogo krupnije od molekula i te krupnije čestice na sličan način rasijavaju svjetlost svih talasnih dužina. Rasijana svetlost je ponovo bijela, a i oblaci su bijele boje. Ako su oblaci relativno gusti, tada malo svjetlosti stiže do nas – nebo i oblaci su tada sivi i tmurni.

Daleko u svemiru, daleko od Zemlje i njene atmosfere, Sunce je bijelo a nebo je crno. Tamo nema rasijanja i svjetlost putuje pravolinijski.

12. Logorska vatra i Sunce

Većina goriva koje koristimo posjeduju energiju zahvaljujući "zarobljenim" sunčevim zracima. Na kraju krajeva, sav život postoji zahvaljujući Suncu koje hrani biljke, njima se hrane životinje, a onda dolazimo mi, na vrhu hranidbenog lanca.

Pri fotosintezi, sunčeva svjetlost i toplota kreiraju hemijsku energiju koja se skladišti npr. u obliku fosilnog goriva. Vatra koristi hemijsku energiju da proizvede toplotu i svjetlo.

To praktično znači da logorska vatra predstavlja drvo koje se kreće vremenski unazad.

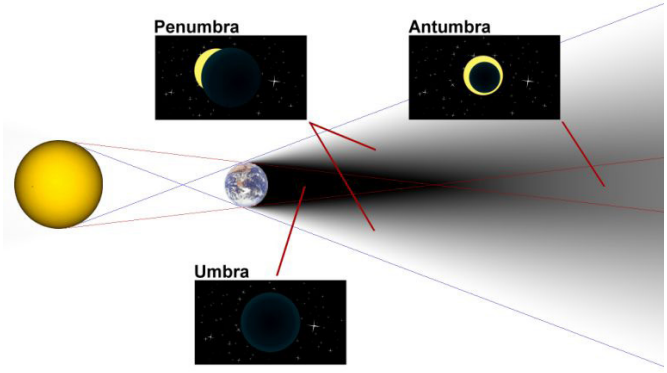
13. Šta je sjena?

Kao što je poznato, mi vidimo svijet sakupljajući svjetlo koje nam dolazi do očiju. To znači da ako nam u oči ne uđe svjetlo iz određenog smjera mi taj pravac smatramo tamnim. Šta to znači? Npr. u učionici, kada se upale svjetla obično ne postoji nijedan dio učionice koji je taman jer je soba ispunjena reflektirajućim objektima (zidovi, plafon i ostali objekti) – tako da svjetlo dolazi do naših očiju iz svih smjerova.

U praznini svemira, svjetlo (od Sunca) može biti prisutno, ali odsustvom reflektirajućih objekata koji svjetlo usmjeravaju prema nama, mi vidimo samo tamu. Jedan od zanimljivijih fenomena koji prikazuje različite nijanse te tame su svakako sjene. Ko od nas se kao mali nije zapitao šta su to zapravo sjene?!

Sjena je posljedica jednostavne, ali važne činjenice da se svjetlosne zrake prostiru u pravcima. Izgled sjene zavisi od veličine izvora svjetlosti, udaljenosti tog izvora do cilja, ugla upada svjetlosnih zraka, materijala na koji pada svjetlo, itd. Generalno, sjena (lat. Umbra) u užem smislu se može definisati kao površina na koju ne padaju svjetlosne zrake, i nastaje kada je izvor svjetlosti tačkast. Međutim, kada je izvor svjetlosti veći (veći prečnik) tada se javlja i polusjena (lat. Penumbra) kao djelimično osvijetljeni rub sjene. Da se stvari još više zakomplikuju, postoji i tzv. Antumbra (npr. u slučaju pomračenja

Mjeseca). Dakle, umbra, penumbra i antumbra su tri različita dijela sjene, koja nastaju kada svjetlosne zrake nailaze na neprozirni objekat (objekti koji ili reflektuju, ili apsorbiraju ili raspršuju svjetlost).



Umbra, penumbra i antumbra, u slučaju pomračenja Mjeseca
(izvor: wikipedia)

Ovi nazivi (umbra, penumbra i antumbra) koriste se često za opisivanje sjene kod nebeskih tijela, a ponekad i za definisanje nivoa zatamnjenja (npr. kod Sunčevih pjega). Umbra je, dakle, unutrašnji, najtamniji dio sjene, gdje je izvor svjetlosti potpuno blokiran neprozirnim tijelom koji ne propušta svjetlosne zrake. Posmatrač unutar umbre doživljava potpuno pomračenje. Umbra okruglog tijela za kružni izvor svjetlosti formira konusnu površinu. Penumbra (lat. paene – skoro, blizu) je region unutar kojeg je samo dio svjetlosnih zraka onemogućen neprozirnim tijelom, tj. rub sjene je djelimično osvjetljen. Posmatrač unutar penumbre doživljava parcijalno (djelimično) pomračenje. Antumbra (lat. ante – prije) je region unutar kojeg se čini da se neprozirno tijelo nalazi potpuno unutar diska izvora svjetlosti. Posmatrač unutar antumbre doživljava tzv. prstenasto pomračenje u kojem se vidi svjetli prsten oko tijela koje uzrokuje pomračenje.

Kada svjetlost pada na prozirne materije (npr. staklo, voda), tada zrake svjetlosti prolaze kroz date materijale i i ne stvaraju sjenu. Drugi

materijali (npr. drvo, metal, cigle, beton) ne propuštaju svjetlosne zrake i na taj način prave sjene.

Jedna od zanimljivosti vezana za staklo kao prozirni materijal je njegova atomska strukura. Frekvencija vidljive svjetlosti iznosi 430–770 THz, što je veoma blisko prirodnim oscilacijama elektrona u prozorskom staklu. Ovi elektroni se zato lako stimuliraju vidljivom svjetlosti – svaki put kada se elektroni "pogode" fotonom, proizvede se identičan foton koji "leti" do slijedećeg atoma, pa onda slijedećeg, u neprekidnom lancu, sve dok konačno potpuno novi foton ne izađe iz stakla. To je ono što čini staklo prozirnim. Dakle, foton koji udari u staklo se kontinualno reproducira sve dok iza stakla ne izađe njegova savršena kopija. To znači da svjetlo koje dođe do vaših očiju, ako se nalazite iza stakla, nije isto kao svjetlo koje je došlo do tog stakla.

Dužina sjene zavisi od ugla pod kojim svjetlost pada na predmet. Za vrijeme sunčanog dana sjene imaju različitu dužinu u raznim trenucima dana zbog promjene položaja Sunca. Uslijed kretanja Sunca mijenja se i pravac sunčevih zraka. Kako dan protiče sjene se stvaraju u različitim pravcima. Ta promjena pravca sjena upotrijebljava se u sunčanom satu, te se na taj način može izmjeriti vrijeme.

Poprečni presjek sjene je 2D struktura (silueta), ili obrnuta projekcija objekta koji blokira svjetlost. Magla, oblak prašine ili dim mogu prikazati 3D oblik sjene u određenim slučajevima. Tokom dana, sjena koju baca neprozirni objekat osvjetljen sunčevom svjetlosti ima plavkastu nijansu. Ovo se događa zbog tzv. Rayleighovog raspršenja, istog fenomena koji uzrokuje plavu boju neba.

Neprozirno tijelo može, naime, blokirati sunčevu svjetlost, ali ne i ambijentalnu svjetlost neba koje je plavo jer atmosferske molekule efikasnije raspršuju plavi dio svjetlosti. Kao rezultat toga, dnevne sjene postaju plavkaste.

Sjena je, također, važan faktor za biljni i životinjski svijet u tropskim zonama (a i drugdje) jer obezbjeđuje hlad. Zanimljivo je da se u odsustvu difuznih atmosferskih efekata u vakuumu svemira proizvode sjene koje su veoma oštre i jasno definisane.

Takođe, tokom pomračenja Sunca javljaju se veoma oštre sjene na Zemlji (i zanimljive varijacije boja) jer je sada Sunce praktično tačkasti izvor svjetlosti. Ukratko, tokom totalnog pomračenja Sunca sve na Zemlji izgleda veoma čudno.

Nevjerovatno iskustvo, prema riječima ljudi koji su doživjeli totalno pomračenje Sunca. Dosta ljudi potroši životne uštađevine da bi išli na mjesta gdje će se na Zemlji pojaviti totalno pomračenje Sunca. Pomračenje Sunca ne može trajati vše od 8 minuta. S druge strane, pomračenje Mjeseca može trajati 1h i 40 min.

Još jedna zanimljivost je da je moguće tokom npr. pomračenja Sunca, uslijed zakona difrakcije, projektovati hiljade "slika" polumjeseca Sunca (koje nastaje tokom pomračenja Sunca) na Zemlji jer sunčeva svjetlost prolazi kroz lišće i granje na drveću, stvarajući tada, uslijed difrakcije, na Zemlji vlastiti psihodelični šou. To su, u biti, male tzv. pinhole kamere koje nam priroda svakodnevno poklanja.

14. Koliko taman može biti objekat a da još uvijek stvara sjenu na Zemlji?

Već je poznato da Sunce i Mjesec bacaju sjene. Manje je poznato da i Venera baca sjenu, ali pokazano je i da Jupiter može bacati sjenu (koja se doduše mora snimiti digitalnim kamerama sa dužim ekspozicijama). Kad je Mjesec pun moguće je čitati novine napolju. Prividna magnituda Sunca je -26,7, a Mjeseca kada je pun -12,7. To znači da je svjetlost koja dolazi direktno sa Sunca oko 400 000 puta sjajnija nego svjetlost koja dopire sa Mjeseca. A takođe je poznato da je Mjesec veoma taman objekat, mnogo tamniji od Zemlje.

Još jedna zanimljivost je da zvijezde ne mogu proizvesti sjenu, iako je moguće vidjeti refleksiju nekih sjajnijih zvijezda u jezerima. Iako je dosta manja nego u slučaju Mjeseca, moguće je vidjeti sjenu Venere ako je nebo čisto i nalazite se izvan grada i svjetlosnog onečišćenja. Ukoliko se nalazite na snijegu ili plaži, posao je olakšan. Zanimjivo je da su sjene od Venere dosta oštre jer se Venera može smatrati tačkastim izvorom svjetlosti, za razliku od Sunca ili Mjeseca koji se

smatraju diskovima (nisu tačkasti izvori svjetlosti). Što je veći disk, naime, mutnija je sjena, što sjene od Sunca i Mjeseca često ne čini naročito atraktivnim.

Jedna od zanimljivosti je i da su sjene od Sunca i Mjeseca na snježnom pokrivaču skoro identične radi iste ugaone širine spomenutih objekata na nebu. To, također, znači da će sjene na Plutonu biti izrazito oštre jer je Sunce skoro pa tačkast izvor svjetla na toj udaljenosti, dok će sjene na Merkuru biti dosta mutne jer je Sunce veoma blizu Merkura. Sunce se veoma sporo kreće na obzoru Merkura i treba mu 88 dana da obiđe od horizonta do horizonta, a čini se 3,3 puta veće nego na Zemlji, što proizvodi veoma nejasne (mutne) sjene.

Isto važi i za "zemaljska" osvjetljenja. Halogena sijalica koja je dosta mala daje oštre sjene. Obična sijalica (oblika kruške) daje mutnije sjene dok neonske sijalice zbog svoje veličine skoro da i ne bacaju sjenu. Smatra se da tijela sa prividnom magnitudom manjom od -4 ne mogu bacati sjene na Zemlji, međutim kanadski amater astronom Laurent V. Joli-Coeur uspio je snimiti sjenu koju baca Jupiter. Ubacio je kameru untar Sunčevog sata, i snimio je tri slike koje demonstriraju sjenu od Jupitera na Zemlji.

Nadalje, slijedeće pitanje je mogu li neka druga nebeska tijela proizvesti sjenu? Moguće je npr. da bolid (meteor velikog sjaja) proizvede kratkotrajnu sjenu. Naravno, tu su i sjajniji kometi kao što je slučaj Velikog kometa iz 1910. godine. Još jedan mogući izvor sjena su i bliže (nadamo se ne preblizu) Supernove.

Supernova iz 1604. godine bila je svjetla gotovo kao jupiter, a bila je udaljena "svega" 6000 svjetlosnih godina. A šta je sa sjenom same Zemlje? Svake večeri u sumrak jasno definisana plavo-siva horizontalna traka pojavljuje se iznad istočnog horizonta i tu se zadržava oko 15 minuta nakon zalaska Sunca. Nije posebno suptilna niti relativno rijetka. Ovaj fenomen pojavljuje se,naime, svake vedre večeri. Nazvana "Klin sumraka" to nije ništa drugo nego sjena naše Zemlje, tj. sjena koju Zemlja baca u svemir! Zanimljivo je da Zemljina sjena nije tamna. Naš planet baca dosta šarenu sjenu u svemir jer se izlasci i za-

lasci Sunca na Zemlji kombinuju u nevjerovatan prsten koji okružuje unutrašnji dio sjene. Tako npr. kod pomračenja Mjeseca (Zemljom) boje mogu varirati, od crne do bijele (između ostalih sive, smeđe, crvene, bakrene, narandžaste, žuto-bijele), zavisno od atmosferskog praha, oblaka, vlage, zagađenja. Može se reći da pomračenje Mjeseca pokazuje stanje naše atmosfere u datom trenutku.

Solarni sistem

"Poznato je konačno, nepoznato je beskonačno: u intelektualnom pogledu, nalazimo se na otočiću usred beskrajnog oceana neobjašnjivosti. Dužnost svake generacije je da moru otme još pokoji komadić kopna." (T. H. Huxley)

1. Da li se krećemo dok sjedimo mirno na stolici?

Dok ovo čitate, Zemlja (i cijeli solarni sistem) vrše zanimljivo složeno kretanje. Ako razmotrimo brzine u jedinicama koje su nam poznate (km/h), evo kako to izgleda. Čovjek koji npr. leži i odmara na ekvatoru rotira brzinom od 1700 km/h (rotacija Zemlje oko vlastite ose). Zanimljivo je ovu brzinu uporediti sa brzinom rotacije Venere od 6,5 km/h – to znači da bi osoba koja džogira na ekvatoru Venere mogla da "spriječi" zalazak Sunca.

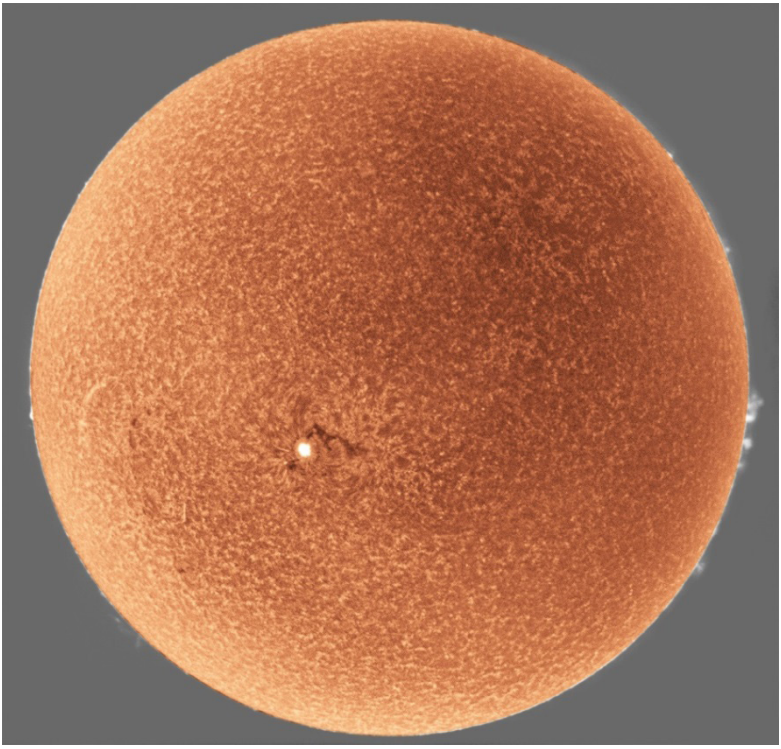
Uz to Zemlja vrši precesiju tako da se mijenja položaj sjevernog nebeskog pola pa će recimo 14000. godine "sjevernjača" biti zvijezda Vega. Zemlja se kreće (tzv. obodna brzina) oko sunca brzinom od oko 107000 km/h (kretanje poznato kao revolucija). Sunce i planeti se kreću zajedno otprilike u pravcu zvijezda Vega (sazviježđe Lira) brzinom oko 70000 km/h. Cijeli solarni sistem se ustvari kreće oko centra galaksije brzinom od oko 870000 km/h.

Kolike su to udaljenosti govori podatak da Suncu treba oko 225 miliona godina da obiđe jedan krug oko centra Mliječnog puta.

Smatra se da se Mliječni put kreće kroz svemir brzinom od minimalno 6 miliona km/h. Od začetka ljudske kulture, otprilike nekih 50000 godina, sa Suncem zajedno smo kroz svemir prešli preko 42000 svjetlosnih godina. To je otprilike udaljenost do zvijezde Capella (sazviježđe Kočijaš).

2. Naše Sunce

Sunce je izvor energije koja život znači. U historiji obožavano od mnogih naroda, Sunce je zvijezda od koje zavisi sav život na Zemlji.



Sunce snimljeno solarnim teleskopom. Prominencije (mlazovi usijanog plina) su vidljive po obodu Sunca, a granule unutar njega. U centralnom dijelu vidi se Sunčeva pjega. (copyright: Alan Ćatović)

Umjesto opisa Sunca koji može zvučati suhoparno, navešću radije neke zanimljivosti vezane za našu zvijezdu:

– Sunčevo jezgro slobađa svake sekunde energiju jednaku energiji koju ukupno oslobađa 100 milijardi nuklearnih bombi.

– Ako bi ste 145km od sebe stavili "komad" Sunca veličine vrha igle, ne bi preživjeli.

– Radijus Sunca je 110 puta veći od radijusa Zemlje.

– Masa Sunca je oko 333 000 puta veća od mase Zemlje.

– Sunce je 400 puta veće od Mjeseca, ali je isto toliko udaljenije što omogućava da na nebu imaju istu ugaonu širinu (i pomračenje Sunca).

– Sunce obiđe našu galaksiju otprilike svakih 225 miliona godina.

– Sunce čini 99,86% mase cijelog solarnog sistema.

– Unutar Sunca može se smjestiti 1,3 miliona Zemlji.

– Po ukupnoj enegiji, sunčevu svjetlost čini oko 50% vidljiva svjetlost, 40% infracrvena svjetlost, a 10% ultraljubičasta svjetlost.

– Temperatura u jezgru Sunca prelazi 15 miliona stepeni C. Zrno pjeska ove temperature bi ubilo čovjeka koji stoji 150 km udaljen od njega.

– Kada je nastajao život na Zemlji, Zemlja je rotirala dosta brže nego sada, te je i Sunce prelazilo preko nebo puno brže nego sada. Dan je npr. trajao 5h, a percepcije sjene bile su nešto kao sada timelapse fotografija. Također, u tom periodu Sunce je bilo i 30% blijeđe.

– Plimni uticaj Mjeseca konstantno usporava Zemlju pa se Sunce kreće sve sporije i sporije preko neba. U dalekoj budućnosti dan na Zemlji će zbog toga trajati kao današnjih 40 dana.

– Pažljiva analiza pokazuje da je 1820. godine dan trajao tačno 86400 sekundi. Prije toga bio je kraći, a nakon toga sve duži i duži.

– Sunce je blijedo i nisko na nebu tokom zime, a živahno i visoko na nebu ljeti. Od važnosti je i odnos dužina dana i noći tokom ovih perioda.

– Na sjevernoj hemisferi Sunce se kreće nadesno, a na južnoj nalijevo.

– Stanovnici ekvatorijalnog područja Zemlje vide Sunce kako izlazi ravno prema gore sve dok se u podne ne nađe tačno iznad njiho-

vih glava. Tokom poslijepodneva Sunce u ovim područjima pada kao olovna kugla ravno dole. Zbog ovoga su ovdje vrlo kratki zalasci Sunca. Nema puno romantičnih pjesama o zalascima Sunca u ovom području.

– Tokom godine dužine dana i noći nisu izbalansirane. Zahvaljujući atmosferi koja refraktuje (lomi) svjetlost, Sunce se čini kao da je na horizontu kada je zapravo zašlo. Tada vidimo tzv. solarni fantom, lažno Sunce. Ovaj trik atmosfere omogućava dodatnih 7 minuta Sunca dnevno. To je 40 dodatnih sati Sunca godišnje.

– Prelazeći nebo Sunce pređe vlastiti prečnik za tačno 2 minute.

– Kretanje Sunce je analogno kretanju minutne kazaljke na kuhinjskom satu kada se posmatra sa jednog metra udaljenosti.

– U zenitu Sunce ima iradijanciju (radiometrijska fizikalna veličina koja opisuje koliko je neka površina ozračena elektromagnetskim zračenjem) od preko 1 kW/m^2 na nivou mora. Od ove energije, 527W je infracrveno zračenje, 445W vidljiva svjetlost, a 32W je ultra-ljubičasto zračenje.

– Dok ovo pročitate (5 sekundi) Sunce će nuklearnom fuzijom u jezgru pretvoriti 3000 miliona tona hidrogena u 2980 miliona tona helijuma.

– Tokom totalnog pomračenja Sunca svjetlije zvijezde se vide i, što je zanimljivo, one su obratne! Ako je ljeto, vide se zimska sazviježđa i suprotno.

– Sav ugalj, nafta, gas i drvo na Zemlji mogli bi "pokretati" Sunce tek nekoliko dana.

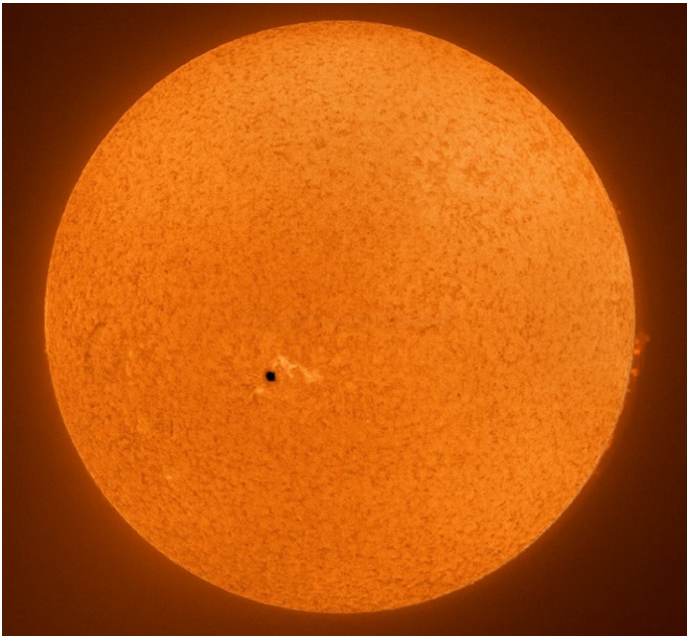
– Sunce svake sekunde gubi preko milion tona uslijed solarnih vjetrova.

3. Šta se nalazi u Suncu?

Prividnu površinu Sunca nazivamo fotosferom. Ovdje se temperature kreću oko 5800 K. Vrući plin izvire iz unutrašnjosti na površinu, zbog čega nam se čini da površina ima granulastu (zrnatu) strukturu.

Granule su prečnika oko 1000 km, u stalnom su pokretu (poput vrenja vode), a vrijeme trajanja im je nekoliko minuta. Ponekad nastaju takozvane supergranule prečnika 30000km koje traju i do 24 sata.

U fotosferi se nalaze Sunčeve pjege (makule), Sunčeva baklja (fakule), granule i supergranule. Sunčeve pjege, tamnija, i do 1500 K hladnija područja fotosfere, posljedica su kvaziperiodične evolucije Sunčevog magnetskog polja. Ono je proizvedeno strujanjima Sunčeve plazme ispod fotosfere, pretežno u konvektivnoj zoni, te na granici radijativne i konvektivne zone, a nastaje takozvanim dinamo mehanizmom, podržavanim konvekcijom i rotacijom. Polje se stalno razvija i mijenja oblike. Na početku Sunčevog ciklusa aktivnost polja je slaba i ima oblik dipola. Zbog diferencijalne rotacije polje se deformira i silnice se u blizini ekvatora izdužuju; polje se razvija u niz petlji. Na prodoru petlji iz fotosfere javljaju se skupine pjega.



Sunce snimljeno sa H-alfa filterom
(copyright: Alan Ćatović, Džan Jašarević)

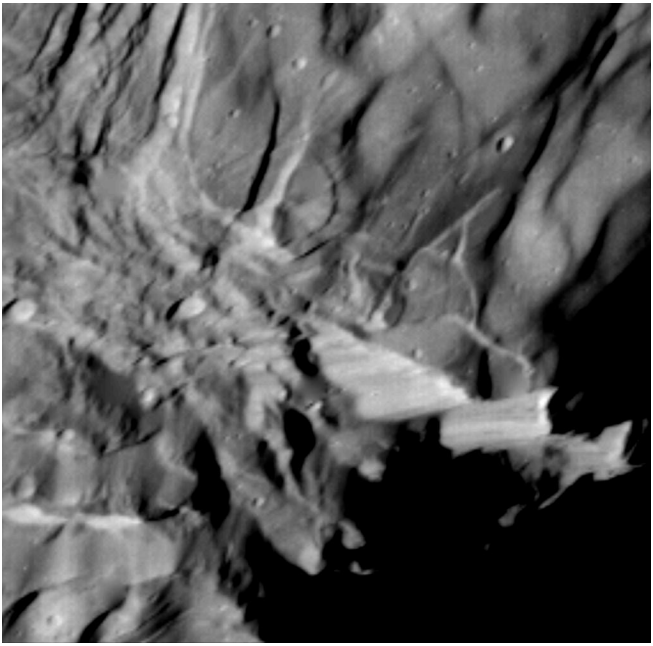
Kromosfera je niži sloj Sunčeve atmosfere: proteže se iznad fotosfere do visine oko 2000 km, i niže je temperature od fotosfere. Znatno je rjeđa od fotosfere i nepravilnog je oblika. Sa Zemlje se može vidjeti samo za vrijeme potpune pomrčine Sunca.

U kromosferi se događaju izboji plina stvarajući učinke koje nazivamo prominencije i Sunčeve baklje. Prominencije (protuberance) su oblaci ili mlazovi usijanog plina izbačenog u vis. Mogu se uzdići do visine 150000 km iznad fotosfere, kroz kromosferu i koronu. Gušće su od okolne tvari i dostižu temperaturu oko 20000 K. Njihov jonizirani plin podržavan je tlakom magnetskoga polja. Mirne prominencije preživljavaju i više mjeseci.

Na sličan način dolazi do pojave baklji, mlazova plina koji se brzo podižu unutar kromosfere i padaju nazad. Vrijeme trajanja jedne baklje je oko 10 minuta. Iz nje se podižu i bodlje (spikule), mali izbačaji plina koji se dižu do visine od 7000 do 9000 km. Spikule nisu razmještene po cijelom Suncu, već su stiješnjene na rubovima supergranula.

4. Da li biste preživjeli skok sa najveće litice u solarnom sistemu?

Vrlo moguće. Verona Rupes litica na Uranovom satelitu Mirandi je duboka oko 20km – a to je 10 puta veća dubina nego naš Grand Canyon. Zbog niske gravitacije na Mirandi, trebalo bi vam 12 minuta padanja od vrha do dna litice, pri čemu bi dosegli maksimalnu (terminalnu) brzinu oko 200 km/h. Čak i pri toj brzini, pad bi se mogao preživjeti sa odgovarajuće dizajniranim airbag sistemom.



Verona Rupes, tačno u centralnom dijelu ovog snimka koji je snimio Voyager 2 1986. Godine (izvor: NASA)

5. Šta su to planete?

Planeta (gr. planetes – lutalica) je nebesko tijelo značajne mase koje orbitira oko zvijezde i ne proizvodi nikakvu energiju tokom nuklearne fuzije. Sve do 1990-ih samo je devet planeta bilo poznato (sve u našem solarnom sistemu), dok ih je do augusta 2009. godine otkriveno 373, a koje su uključivale i novootkrivene planete izvan Sunčevog sistema poznate kao ekstrasolarne planete.

Smatra se da planete nastaju iz kolabirajuće magline koja formira zvijezdu planetarnog sistema – sabijanjem gasova i prašine koji orbitiraju oko protozvijezde u gustom protostelarnom disku prije nego što se užari jezgro zvijezde i njen solarni vjetar otpuhne preostalu materiju.

Osim Zemlje (koju drevni ljudi nisu smatrali planetom), sve ostale poznate planete u Sunčevom sistemu su dobile naziv prema grčkim i rimskim mitskim božanstvima (neki neevropski jezici, poput kineskog koriste drugačije nazive). Sateliti su također dobili nazive prema božanstvima i likovima iz drevne mitologije ili prema Shakespeare-ovim dramama. Asteroidi su dobijali nazive prema nahođenju onih koji su ih otkrivali, po bilo kome ili bilo čemu (ali pod uslovom da se usaglasi sa komisijom Internacionalne Astronomske Unije za nomenklaturu). Čin imenovanja planeta i njihovih karakteristika je poznat kao planetarna nomenklatura.

U planete Sunčevog sistema spadaju, zavisno od udaljenosti od Sunca, sljedeće "velike planete": Merkur, Venera, Zemlja, Mars, Jupiter, Saturn, Uran i Neptun.

Planete se u Sunčevom sistemu prema strukturnoj građi dijele na:

– Planete Zemljine grupe (terestrijalne ili stjenovite), koje su slične Zemlji po tome što su uglavnom sastavljene od stijena, tj. u čvrstom su agregatnom stanju. Tu spadaju: Merkur, Venera Zemlja i Mars.

– Planete Jupiterove grupe (jovijanske ili gasovite gigantske planete) koje su sastavljene uglavnom od gasova, hidrogena i helijuma, s manjim procentima stijena i leda. Tu spadaju Jupiter, Saturn, Uran i Neptun.

– Ledene planete, koje predstavljaju treću kategoriju planeta, a koje uključuju nebeska tijela slična Pluton i koja su sastavljena od leda. Ovdje bi se još mogla svrstati mnogobrojna neplanetarna nebeska tijela koja predstavljaju ledene mjesece vanjskih planeta Sunčevog sistema (npr. Triton).

Osam pomenutih stjenovitih i gasovitih planeta su u suštini poznate kao velike planete. Ceres je proglašen planetom prvi put kad je otkriven, ali je potom reklasificiran kao asteroid kada je otkriveno još nekoliko sličnih objekata. Mnogobrojne otkrivene transneptunske objekte koji su vrlo slični Plutonu po orbiti, veličini i sastavu po

mišljenjima mnogih treba redefinisati kao male planete. Na primjer Mike Brown s Caltecha je dao slijedeću definiciju planete: bilo koje nebesko tijelo u Sunčevom sistemu koje je masivnije od ukupne mase svih ostalih nebeskih tijela u sličnoj orbiti. Prema ovoj definiciji ni Pluton ni Sedna se ne bi trebali ubrajati u planete.

6. Zašto planeti svjetle po noći?

Kako vidimo planete na nebu, tj. zašto oni predstavljaju sjajne tačke na noćnom nebu? Planeti su vidljivi samo zbog toga što "stoje na Suncu", baš kao i sve što vidimo na Zemlji. Da planeti nisu obasjani Sunčevom svjetlosti, ne bi ih ni mogli vidjeti. Osvjetljenost planeta zavisi od udaljenosti od sunca, karakteristika planeta (albeda) i dimenzija planeta.

Venera je najsvjetliji planet sunčevog sistema, uslijed njene blizine i svjetlih oblaka u kojima se nalaze kapljice sumporne kiseline. Venera, dakle, ima visok albedo, tj. odnos između apsorbovane i refektovane svjetlosti. Jedini objekti sjajniji od nje na našem nebu su Sunce i Mjesec, i povremeno eksplozije masivnih zvijezda – Supernove (npr. kakva je viđena 1054. godine u pravcu sazviježđa Bik).

7. Da li je Sunce po nečemu posebna zvijezda?

Većina zvijezda koje vidimo na nebu su binarni (dvojni) sistemi ili višestruki sistemi zvijezda. Binarne i višestruke zvijezde predstavljaju sistem od dvije ili više zvijezda koje su toliko međusobno blizu da se kreću jedna oko druge, odnosno, da se okreću oko zajedničkog težišta na eliptičnim putanjama (zajednički centar mase). To znači da je naš (solarni) sistem (1 zvijezda, Sunce) više anomalija nego pravilo.

Skoro svaka zvijezda koju vidimo na nebu je veća i luminoznija (misli se na apsolutni luminozitet koji zavisi od radijusa zvijezde i njene površinske temperature) od Sunca. A smatra se da Sunce ima veći luminozitet od 85% zvijezda u Mliječnom putu. Inače, opseg luminoziteta zvijezda je veliki, pa su tako tzv. crveni patuljci i do 50000 puta

manje luminozni od Sunca, a zvijezde nazvane super-divovi mogu biti i do 1000000 puta luminoznije od Sunca (Wolf-Rayet zvijezde imaju luminozitet i do 8,7 miliona puta veći od Sunca, temperature do 200000K, i mase do 315 puta veće od mase Sunca). Na osnovu luminoziteta mogu se procjeniti i mase zvijezda, i otprilike važi zakonitost da ako je masa neke zvijezde 2 puta veća u odnosu na neku drugu zvijezdu, njen luminozitet je veći za oko 10 puta. Ekstremno velikih zvijezda na nebu nema mnogo jer je njihov "životni vijek" dosta kraći od stabilnih, manjih zvijezda kao što je npr. Sunce.

Sunce je za nas svakako posebno, ali kada bi sve zvijezde stavili na istu udaljenost (npr. 10 parsec ili 32.6 svj. godina – udaljenost koja se koristi za procjenu apsolutne magnitude objekata na nebu) noćno nebo bi izgledalo znatno drugačije. Vega (druga najsjajnija zvijezda sjeverne hemisfere) bi izgledala isto, ali bi Deneb npr. imao magnitudu oko -7 (nekoliko puta bi bio svjetliji od Venere i vidio bi se po danu, a po noći bacao sjenu), a naše Sunce bi imalo magnitudu 5 (bilo bi blijedo i imalo sjaj kao najmanje sjajna zvijezda malih kola).

Međutim, iako je Sunce "prosječna" zvijezda (što je u neku ruku dobro jer imaduži "životni vijek"), ne treba zaboraviti njegovu veličinu i snagu u odnosu na Zemlju (i opasnosti koje idu s tim. npr solarne baklje i solarni vjetrovi), kao ni činjenicu – da nema Sunca, ne bi bilo ni života na Zemlji.

8. Kako nastaju trake na Jupiteru?

Jupiter je dva i po puta veći nego svi planeti solarnog sistema zajedno. Jupiter je planet s karakterom. Za razliku od npr. Venere čiji dan traje 244 zemaljskih (laganim džogiranjem na Veneri bi spriječili zalazak Sunca; slično važi i za Mjesec), dan na Jupiteru traje nešto manje od 10 sati. Iako oko 1300 Zemlji može stati u Jupiter, Jupiter se na ekvatoru kreće 24 puta brže nego Zemlja (50 puta brže od metka). To je tolika brzina da se njegovi oblaci pretvaraju u horizontalne tragove koji podsjećaju na boju bačenu na rotirajući stol. Velika brzina uzrokuje i značajnu spoljštenost Jupitera na polovima.



Jupiter sa svojim trakama snimljen sa 8" Schmidt Cassegrain teleskopom i Barlow 2,5x (copyright: Alan Ćatović i Džan Jašarević)

9. Šta je velika crvena pjega (mrlja) na Jupiteru?

Velika crvena pjega na Jupiteru je ogromni olujni vjetar u njegovoj atmosferi. Ovaj anticiklonski vjetar je poznat više od 300 godina i sve vrijeme traje nesmanjenom jačinom. Dovoljno je velika da se sa Zemlje vidi i manjim teleskopima.

Prvi put su je uočili Cassini i Hook nezavisno jedan od drugog 1665. godine. Pretpostavlja se da je crvene boje, jer je bogata gasom metanom, koji potiče iz nižih dijelova atmosfere.

Ima ovalan oblik i rotira u smjeru obrnutom od smjera kazaljki na satu, sa periodom od oko 6 dana. Dimenzije su promenljive i variraju u opsegu od 12000-14000 km kraća osa i 24000-40000 km veća osa. Dovoljno je velika da se u nju smjeste do tri planete veličine Zemlje. Oblaci pjege se nalaze na par kilometara većoj visini nego okolni oblaci van pjege.

Ovakvi ogromni vjetrovi nisu neobični za planete Jupiterovog tipa. Ispod velike crvene pjege se nalazi manja pjega bijele boje, nazvana

Velika crvena pega junior i velika je koliko i planeta Zemlja. Velika pjega može da proguta manje oluje, što je više puta posmatrano teleskopima.

Krajem 2015. godine NASA je objavila snimak Jupitera u 4K rezoluciji (ultra-visoka definicija). Snimak je nastao iz fotografija svemirskog teleskopa Hubble, a u sklopu projekta kojim se ovaj teleskop koristi za posmatranje gasovitih divova Sunčevog sistema svake godine kako bi se bolje razumio sastav njihovih atmosfera. Na osnovu ovih podataka, naučnici su ustanovili da se Velika crvena pjega smanjuje. U periodu između 2014. i 2015. godine njen prečnik smanjio se za 240 km.

10. Koje su boje planeta kada se posmatraju iz svemira?

Merkur: siva boja. Merkur nema atmosfere, samo kamenita površina.

Venera: blijedo žuta boja. Za ljudsko oko venera izgleda čak i pomalo dosadno. Sa Zemlje npr. vidimo samo guste slojeve bezobličnih svjetlih oblaka punih sumporne kiseline.

Zemlja: većinom plave boje, sa bijelim nijansama uslijed oblaka. Okeani i svjetlo raspršeno atmosferom čine Zemlju uglavnom plavom. Iz blizine se mogu vidjeti i nijanse smeđe, žute i zelene.

Mars: uglavnom crvenkasto smeđ, sa ponegdje tam nijim regionima i bijelim ledenim kapama. Dominantna crvena bojapotiče iz željezo oksida (hrđe) po površini, budući da su oblavi veoma "tanki" i rijetki.

Jupiter: narandžasta boja sa bijelim trakama. Bijele boje su uslijed oblaka amonijaka, dok narandžasta potiče od oblaka amonijum hidro-sulfida.

Saturn: blijedo zlatne boje. Sa izmaglicom od amonijaka koja pokriva cijeli planet i dijelom zakriva crvenkaste oblake ispod. Oblaci u Saturnoj hemisferi gdje je zima su blijedo plavi. To je zato što prstenovi blokiraju Sunce tokom zime, hladnije je i amonijumski oblaci se nalaze niže.

Uran: blijedo plave boje koja nastaje zbog oblaka metana.

Neptun: isto blijedo plave boje, uslijed metana.

Pluton (sada klasificiran kao planet patuljak): svjetlo smeđe boje, sa tamnijim regionima.

11. Po čemu je zanimljiv naš satelit Mjesec?

Mjesec (lat. Luna) je Zemljin prirodni satelit i ujedno najbliže nebesko tijelo, udaljeno u prosjeku 384 401 km, tako da svjetlost s Mjeseca na Zemlju stiže za 1,25 sekundi. Mjesec obilazi Zemlju po eliptičnoj stazi srednjom brzinom od 1,02 km/s, i prelazi dnevni luk od 13° 10".

Mjesec je čvrsto nebesko tijelo promjera 3647 km, te je po površini 14 puta, po zapremini 50 puta, a po masi 81 puta manji od Zemlje. Ubrzanje sile teže je na Mjesecu 6 puta manje nego na Zemlji. Mjesec se oko Zemlje obrne za 27 dana 7 sati 43 minute i 11,6 sekundi (siderički mjesec).

Mjesec je najsjajnije nebesko tijelo nakon Sunca (ne stvara vlastitu svjetlost poput zvijezda). Puni Mjesec prividne je zvjezdane veličine –12,74, albedo mu je 0,07, a ugaona širina približno 0,5°. Pun Mjesec je devet puta sjajniji od Mjeseca u fazi četvrti (kada mu vidimo jednu polovinu osvjetljenu).

Mjesec Zemlji okreće stalno istu stranu, jer se obilazak i rotacija odvijaju u istom smjeru, a vremena obilaska i okreta su jednaka, što je posljedica Zemljinog plimnog utjecaja.

Staza mu je nagnuta prema ravnini ekliptike za oko 5°. Više od polovine površine Mjeseca vidi se zbog libracije (59%). Mjesečeve mijene promjene su Mjesečeve osvijetljenosti tijekom sinodičkog mjeseca (mladi Mjesec ili mlađak, prva četvrt, puni Mjesec ili uštap i posljednja ili zadnja četvrt), a nastaju zbog stalne promjene Mjesečevog položaja prema Zemlji i Suncu.

Kada Mjesec uđe u Zemljinu sjenu, nastaje pomrčina Mjeseca, a kada dođe u spojnicu (Mjesečevi čvorovi) između Zemlje i Sunca, nastaje pomrčina Sunca.



Mozaik Mjeseca od 16 slika snimljen sa 120mm refraktorom (fokusa 900mm) i kamerom QHY-5II (copyright: Alan Ćatović)

Privlačne sile Mjeseca i Sunca uzrokuju na Zemlji morske mijene (plimu i oseku). Svojom privlačnošću Mjesec utječe i na Zemljinu stazu oko Sunca (nutacija). Kada nam je Mjesec tačno iznad glave, nešto smo lakši nego obično.

Prosječna gustina Mjeseca je 3340 kg/m^3, po čemu je drugi prirodni satelit u Sunčevom sistemu. Njegovo kretanje u složenom gravitacijskom polju Zemlje i Sunca podložno je mnogobrojnim poremećajima. Mjesečeva udaljenost od Zemlje stalno se mijenja jer se Mjesec oko Zemlje kreće po elipsi, a osim toga u dužim vremenskim razmacima njegova staza nema stalan oblik i veličinu.

Mjerenjem udaljenosti laserom (lidarom), zraka kojega se odbija od zrcala što su ga na Mjesecu postavili astronauti Apolla 11, ustanovljeno je da se Mjesec prosječno godišnje udaljava od Zemlje 3,8 cm. Na temelju tog opažanja postavljena je hipoteza da je Mjesec nastao sudarom Zemlje s planetoidom veličine Marsa prije više milijardi godina, te da će se, iako gravitacijski vezan za Zemlju, i dalje udaljavati. Takav nastanak Mjeseca može objasniti sličnost njegovog geološkog sastava sa sastavom Zemlje.

Kako Zemljina gravitacija utječe na Mjesec, tako i Mjesečeva gravitacija utječe na Zemlju i na stabilizaciju njezine osi rotacije, koja bi bez utjecaja Mjeseca imala mnogo veću Zemljinu precesiju, što bi uzrokovalo promjene glacijalnih i interglacijalnih geoloških razdoblja u mnogo kraćim razdobljima nego što su se one stvarno zbivale.

Mjesec nema tekuće vode ni značajne atmosfere. Gustina atmosfere je mnogo puta manja od Zemljine, pa je po broju molekula u kubnom centimetru (danju 10000, noću 200000) bliža gustoći molekula u međuplanetnom prostoru. Reljefne su osobine Mjeseca mora, visoravni i krateri, sa primjetnim posljedicama tektonskih procesa i vulkanizma. Morem se nazivaju tamniji dijelovi (ravnice okružene planinskim lancima), iako na Mjesecu nema vode.

Na oblikovanje površine bitno je uticao udar velikih tijela, planetoida i meteorita, uz okolnosti određene stanjem unutrašnjosti i njezinim razvojem (hlađenje unutrašnjosti, vulkanski procesi). Površina je pokrivena slojem regolita, sitnozrnatih rastresitih i poroznih odlomaka na kamenitoj podlozi.

12. Kako izgleda jedan dan na Mjesecu?

Kako izgleda dan na Mjesecu? Evo, izabraćemo npr. Mare Vaporium blizu centra lunarnog diska, gledano sa Zemlje. Sunce bi se pojavilo kada je Mjesec u fazi za koju mi kažemo prva četvrt. Bila bi tamna noć čak i u minutama prije izlaska Sunca jer nema atmosfere da rasprši sunčevu svjetlost i proizvede sumrak. Međutim, vaša okolina bi izgledala relativno osvjetljeno zbog reflektovane svjetlosti sa Zemlje koja bi stajala stacionarna iznad mjesečevog neba. Prvo bi vidjeli koronu sunca (vanjski dio atmosfere Sunca male gustoće i vrlo visoke temperature). Ova korona se na Zemlji vidi samo za vrijeme pomračine Sunca. Odjednom bi se pojavila sunčeva svjetlost na vrhovima planine zapadno od vas i veoma sporo počela spuštati do vas.

Budući da je lunarni dan dug kao 29,5 zemljinih, Sunce bi se penjalo veoma sporo (1/29 dio njegove brzine na Zemlji). Npr. na ekvatoru Zemlje Suncu treba oko 2 minute da se pojavi cijeli solarni disk. Na

Mjesecu bi to trajalo oko sat vremena. Veoma sporo bi se povećavala temperatura kamenja na Mjesecu, ali to i nema nekog značaja jer bi svako živo biće na Mjesecu moralo da živi ispod površine – da bi se zaštitilo od solarnih vjetrova i visoke temperature. Bilo bi, naime, dosta opasno provesti više vremena na površini Mjeseca zbog radijacije čestica velikih brzina. Na dubini od metar ili više, temperatura Mjeseca je prihvatljiva i tu visoko-energetske čestice ne mogu prodrijeti.

Sedmicu kasnije, konačno je podne i "mlada" Zemlja je nestala (misli se na fazu Zemlje, gledano sa Mjeseca) sa neba. Još jedna sedmica prolazi i Sunce konačno počinje da zalazi. Tama dolazi istog trenutka kada solarni disk zađe iza horizonta (izuzev par visokih vrhova u blizini vaše lokacije), osim što Zemlja na nebu postaje sve sjajnija. Sada dolazi hladna lunarna noć koja traje takođe dvije sedmice.

13. Koje su temperature na Mjesecu?

Na Mjesecu nema atmosfere, tako da se toplota ne može sačuvati niti površina Mjeseca temperaturno izolirati. Po danu temperatura može dostići i do 123°C, a po noći se spušta na "prohladnih" -153°C.

Budući da nagib ose Mjeseca iznosi 1,54°, to znači da na njemu nema godišnjih doba. Ali budući da ipak postoji mali nagib ose, postoje mjesta na polovima Mjeseca koja nikad ne vide svjetlo dana. Lunar Reconnaissance Orbiter je izmjerio temperaturu od -238°C na južnom polu Mjeseca, a -247°C na njegovom sjevernom polu. To su najmanje temperature izmjerene ikad u solarnom sistemu (osim u laboratorijskim uvjetima ovdje na Zemlji), manje čak nego na Plutonu. Naučnici smatraju da vodeni led može postojati u ovim hladnim kraterima Mjeseca koji su u stalnoj sjeni.

14. Da li Mjesec ima boje?

Iako na prvi pogled fotografija površine Mjeseca djeluje crno bijela, ona to zapravo nije. Na površini se mogu primjetiti vrlo suptilne boje, koje se podizanjem saturacije kroz grafičko procesiranje mogu značajno istaknuti.

Na stranu estetička prezentacija površine Mjeseca, boje Mjeseca nam pokazuju i kakva je mineralogija njegove površine. Boje su na Mjesecu različite zbog različitog udjela željeza i titana na površini. Zbog velike zastupljenosti željeznog oksida u područjima mora, ista su tamnija zbog slabe refleksivnosti.



Prave boje Mjeseca. Mozaik od 9 slika snimljen sa 50mm refraktorom (330mm fokusa) i QHY-5II kamerom (copyright: Alan Ćatović)

Mjesta sa većom koncentracijom titana još su tamnija. Titan, odnosno titan-oksid stvara pomak boje iz crvene prema plavom.

Također, na nekim kraterima često se vidi izbačeni materijal (i u nekim slučajevima raspršen naokolo), pri čemu se može zaključiti da sastav udarnog tijela nije isti kao sastav površine Mjeseca.

15. Kako je nastao Mjesec?

Istina je da većina planeta ima satelite, no Mjesec je ipak neobičan. Samo jedan drugi planet – od svih najmanje poznati Pluton – ima mjesec koji mu donekle sliči veličinom. Većina planeta mnogo je veća

od svojih satelita, dok je Zemljin prečnik samo 3,6 puta veći od Mjesečevog. Zbog toga sistem Zemlja-Mjesec ponekad smatramo dvostrukim planetom. Kako su se prije 4,5 milijardi godina našli zajedno, i dalje je zagonetka. Evo nekoliko mogućih priča:

Simultani (istodobni) postanak. Možda su Mjesec i Zemlja nastali u isto vrijeme, zgrušali se iz iste planetezimalne juhe, pa se stali okretati jedno oko drugog, pri čemu je svako od tijela uticalo na oblik i rotaciju onog drugog. Teorija zvuči lijepo, ali se Mjesec sastavom dosta razlikuje od Zemlje, jer Zemlja sadrži tri puta više željeza od Mjeseca, koji možda nema čak ni metalnu jezgru.

Cijepanje. George Darwin, sin Charlesa Darwina, postavio je hipotezu da su Mjesec i Zemlja u početku bili jedno tijelo. Ono se okretalo oko Sunca, hladilo se, pa se zbog toga skupilo i ubrzalo okretanje. Napokon, kad su mu za jedan okretaj trebala svega dva do tri sata, to je tijelo na polovima postalo tako spljošteno i na ekvatoru toliko ispupčeno da se od njega otkinula golema kap rastaljenog materijala i utekla. Ona je ipak ostala u putanji oko matičnog tijela, i tako je novonastala Zemlja dobila svoj satelit.

Mogli bismo pomisliti da razlike u hemijskom sastavu između Zemlje i Mjeseca govore protiv ove zamisli. Možda zvuči čudno, no upravo je obratno, zato što teorija cijepanja tvrdi da je Mjesec nastao od otrgnutog tog Zemljinog plašta, a ne od teških metala njene utrobe. Zbog bi on trebao imati – kao što i ima – manju gustoću nego Zemlja. Varijanta ove teorije tvrdi da Mjesec nije otrgnut od Zemlje jednom hirurškom operacijom, nego da su iz Zemlje naprosto bile izvrcane kapi materijala, pa su oko nje stvorile prsten sličan Saturnovom. Taj se materijal onda postupno sažeo u Mjesec.

Zahvat. Moguće je i da se Mjesec najprije formirao na nekom drugom mjestu Sunčevog sistema, da ga je nešto izbacilo iz početne putanje, nakon čega ga je zarobilo Zemljino gravitacijsko polje. Astronomi vjeruju da se upravo to dogodilo s Neptunovim mjesecom Tritonom. Analogija, međutim, nije baš najsretnija, jer je Neptun divovski planet, masom 17 puta veći od Zemlje, dok je Triton manji od Mjeseca.

Zemlja i Mjesec su mnogo sličniji po veličini, zbog čega je mnogo teže izvesti takav zahvat. Možda bi mogao i uspjeti, ali pod vrlo neobičnim sticajem okolnosti.

Sudar. Možda se mlada Zemlja već okretala oko Sunca, kad se u nju zabio zalutali asteroid ili komet-skitnica velik kao Mars, pa izdubio monstruozan krater i u svemir izbljuvao golem prsten materijala iz kojeg će se postupno oblikovati Mjesec. Ta hipoteza dobro objašnjava razlike u hemijskom sastavu, i to zato što čak ni jedan tako silan udarac ne bi zahvatio Zemljinu jezgru, pa to onda i objašnjava zašto je u Zemlji mnogo vise željeza nego u Mjesecu. Ta je teorija trenutno najpopularnija, iako – kao što nam to historija pokazuje – najpopularniji odgovor nije nužno i najispravniji, a zbunjujuće ideje ne moraju uvijek biti pogrešne. U povodu toga je njemački astrofizičar Rudolf Kippenhahn citirao Groucha Marxa. "Kad je Galileo tvrdio da se Zemlja okreće oko Sunca, progasili su ga ludim, ali je bio u pravu", rekao je Groucho. "Kad su braća Wright rekla da mogu letjeti, rekli su im da im fali daska, pa ipak su poletjeli. Ludim su proglasili i moga strica Wilbura – i bili su u pravu."

16. Da li Mjesec na neki način utiče na Zemlju?

Poput ostalih satelita u Sunčevom sistemu, i Mjesec je deformiran blizinom matičnog planeta, samo što se u ovom slučaju deformacija opaža na oba kraja. Zemljina gravitacija razvlači Mjesec u donekle spljošteno jaje, dužom osim okrenuto prema nama, dok Mjesečeva gravitacija, isto tako, izaziva bubrenje Zemlje. Dok se Zemlja i Mjesec tako natežu, od plime im bubre oba kraja, i ta plima izaziva trenje, zbog kojeg Zemlja i Mjesec međusobno polako usporavaju. Zbog toga se Zemlja danas okreće oko svoje ose sporije nego nekad, a Mjesec se odmiče brzinom od 4 centimetra godišnje. Prije četiri stotine miliona godina npr. Mjesec je na nebu izgledao veći (svim jednostavnim beskičmenjacima koji su ga se mogli vidjeti), plime su bile više, dan je trajao samo 21,9 sati, a godina je imala približno četiri stotine dana. Za približno 4,5 milijarde godina, Mjesec će na nebu biti mnogo manji, potpuna će pomračenja Sunca pripadati prošlosti, a dan će

biti gotovo dvaput duži od današnjeg. Iako nam se čini da se sistem Zemlja – Mjesec nalazi u ravnoteži, on se zapravo stalno mijenja.

17. Da li Zemlja ima još satelita?

Mjesec nije jedini satelit Zemlje. Cruithne ("Zemljin drugi Mjesec") je jedan od asteroida "kvazi-satelita" koji rotiraju u skoro identičnim orbitama kao Zemlja.

Naime, 3753 Cruithne je planetoid ili asteroid koji spada u grupu Atona (Zemlji bliski asteroidi), čija putanja oko Sunca se nalazi u planetarnoj rezonanciji 1:1 sa Zemljom. Prije se smatralo da je to drugi Mjesec, što se kasnije pokazalo netočnim. Gledajući sa Zemlje, putanja planetoida 3753 Cruithne je u obliku potkove, jer se putanja preklapa sa Zemljinom. Putanja mu u perihelu dolazi do Merkura, a u afelu do Marsa. Iako mu je ophodno vrijeme oko Sunca 1 godina, potrebno je oko 770 godina da zatvori potkovastu putanju krećući se oko Zemlje.

Planetoid je otkrio Duncan Waldron na zvjezdarnici Coonabarabran u Australiji. Tek je 1997. izračunata njegova neobična potkovasta putanja. 3753 Cruithne ima prečnik oko 5 km i najbliže dođe Zemlji na 12 000 000 kilometara. Nema opasnosti od sudara slijedećih milion godina prema proračunima, jer je njegova putanja (inklinacija) nagnuta prema Zemlji za 19,8° i ne križaju se. Prividna magnituda mu je +15.8, što znači da se slabije vidi od Plutona, a treba imati najmanje reflektorski teleskop sa zrcalom promjera 320 mm da bi se vidio ovaj kvazi-satelit.

Nakon njega otkriveno je još Zemlji bliskih asteroida koji imaju planetarnu rezonanciju 1:1 sa Zemljom, kao što su 54509 YORP, (85770) 1998 UP1, 2002 AA29 i 2009 BD.

18. Kako izgleda dan na Merkuru?

Nije vjerovatno da će neko posjetiti Merkur u dogledno vrijeme. Životni uslovi bi bili užasni, ne samo zbog visokih ili niskih temperatura, već i zbog solarnih vjetrova kojih je toliko da mogu činiti značajan dio "atmosfere" Merkura. Sunce na nebu Merkura pravi ugao od oko

1,25°, tj. 2.5 puta veće ugaone širine nego gledano sa Zemlje. Ova ugaona širina Sunca na Merkuru se mijenja kada se Sunce nalazi u perihelu ili ahelu, i to od 1.5° do 1°.

Solarni dan, dug kao 58 dana na Zemlji, prolazio bi dosta sporo (Merku obiđe Sunce za 88 dana). Pri toj brzini Sunce bi se na svojoj dnevnoj putanji kretalo tek oko 2° po zemaljskom danu ili tek 5 lučnih minuta svakih sat vremena (misli se na sat vremena na Zemlji).



Tranzit Merkura (09. 06. 2016.) ispred Sunca snimljen u Sarajevu sa refraktorom 120mm i kamerom QHY-5II (copyright: Alan Ćatović)

Posmatranje izlaska Sunca na Merkuru bilo bi vrlo dosadno, jer bi trajao u prosjeku oko 18 sati. Čudna stvar bi bilo prividno kretanje Sunca koje bi dosta zavisilo od geografske dužine na Merkuru. Kako se Merkur približava perihelu i počinje da se kreće brže, sunčevo dnevno kretanje istok-zapad bi se usporilo, i za kratak vremenski period, Sunce bi izgledalo kao da ide unazad. Naime, postoji specifična geografska dužina gdje bi se pri izlasku sinca solarni disk prvo pojavio, promjenio pravac, i zašao na istoku, a onda se ponovo pojavio.

Osim tog bizarnog događaja, dan bi na Merkuru prolazio dosta slično kao na Mjesecu, sa temperaturama koje se penju do tačke topljenja olova (preko 420°C). Nakon isto tako dugog zalaska Sunca, noćne temeperature bi se spuštale do -185°C. Naravno, mogli bi živjeti ispod površine Merkura dosta ugodno uz odgovarajući klima uređaj, ali onda ne bi ništa od ovoga vidjeli.

19. Kako bi izgledao dan na Veneri?

Venera je, suprotno popularnom mišljenju, pakao, mjesto namjenjeno za ljude koji čine loše stvari – poput diranja sočiva prstima. Temperature su uniformne, kao da su regulirane termostatom iz pakla, i iznose oko 460° C. Atmosfera zaustavlja toplotu i stvara se efekat staklenika. Slijedi još loših vijesti: na površini je pritisak veći 90-tak puta nego na Zemlji, što ga čini vrlo efikasnim "Pretis" loncem. Nekoliko sekundi na Veneri bi kravu pretvorilo u gulaš. Prva letjelica, ruska Venera iz 1970. "trajala" je samo 23 minute na Veneri. "Olakšavajuća" okolnost ove gostoljubive planete to što je brzina rotacije planete Venere oko vlastite ose je toliko mala (oko 6,5 km/h) da bi osoba koja džogira na površini Venere (pod uvjetom da je pritisak od oko 90bar na površini Venere ne zgnječi, atmosfera od CO_2 ne uguši i temperatura od oko 470 stepeni C ne sprži) mogla da spriječi zalazak Sunca i tako uživa u romantici.

Sa kvalitetnim odijelom pod pritiskom i smislenim izborom lokacije – možda na polu gdje sunčeve zrake dolaze pod manjim uglom – Venera bi se možda mogla posjetiti. Čak postoji i voda u ovim predjelima u tankim ledenim pokrivačima. Ipak, čini se malo vjerovatno da će ijedno ljudsko biće ikada kročiti Venerom. Uvjeti za život (visoke temperature, veliki pritisak, atmosfera od karbon dioksida i sumporna kiša) su preteški. I pored toga, snimci Venere (sovjetski lander) pokazuju fascinantne predjele koji zovu potencijalne turiste.

Čovjek ne može da se zapita kako bi bilo da, recimo, stojimo na Lakshmi Planumu i posmatramo Maxwell Montes u udaljenosti, ili da se popenjemo na Rhea Mons u Beta Regio kako bi posmatrali okolne doline i izbrazdani krajolik?



Venera snimljena iz Sarajeva sa 8" Schmidt Cassegrain teleskopom i Barlow 2,5x uz pomoć planetarne kamere QHY-5II
(copyright: Alan Ćatović, Džan Jašarević)

Više je vulkana na Veneri nego na bilo kojem drugom planetu u solarnom sistemu.

Veneri treba 224,65 dana da obiđe Sunce, dakle manje nego Zemlji. Ali umjesto sličnog vremenskog perioda za dan (24h na Zemlji), Veneri treba 243 dana da se jednom okrene. Dugim riječima, dan na Veneri je duži od godine na Veneri. To je najduži dan u cijelom solarnom sistemu. Što je još čudnije, Venera se okreće u smjeru kazaljke na satu (gledano odozgo prema njenom sjevernom polu), suprotno od drugih planeta u solarnom sistemu. Zbog toga Sunce izlazi na zapadu, a zalazi na istoku. Moguće je da je sudar sa nekim tijelom u prošlosti uzrok ovakve rotacije oko svoje ose.

Za razliku od Mjeseca i Merkura, na Veneri bi se pojavila ipak neka vrsta sumraka prije izlaska Sunca (sa zapada) uslijed guste atmosfere. Zbog spore rotacije oko svoje ose, ovo bi trajalo dosta dugo vremena.

Na Veneri se naveče ne vide zvijezde, a tokom dana vrijeme bi nalikovalo oblačnom vremenu na Zemlji. Zbog jake apsorpcije, sunčeva svjetlost bi imala narandžastu nijansu, a okolina bi izgledala svjetlo žute boje. Trebalo bi paziti da ne izlazimo iz zaštitnog odijela jer ne samo da ne bi mogli disati već temperature na Veneri prelaze 460°C (treba primjetiti da su ove temperature dosta veće nego temperature pri kojima se peče hrana). Vrijeme se ne bi mnogo mijenjalo i prognoza bi bila ista svaki dan: vruće i suho sa slabim vjetrom sa istoka. Iako ima dokaza o ranijim vulkanskim aktivnostima i udarima meteorita, male su šanse da doživite nešto od toga. Naime geološki, ili bolje reći venološki, procesi su puno sporiji nego na Zemlji.

Kako Sunce zalazi na istoku, postepeno bi bivalo sve tamnije i tamnije, ali nikada se ne bi značajno smanjila temperatura. Atmesfera Venere je previše dobar izolator. Tako da bi vjerovatno htjeli što prije napustiti ovaj pakao od planete.

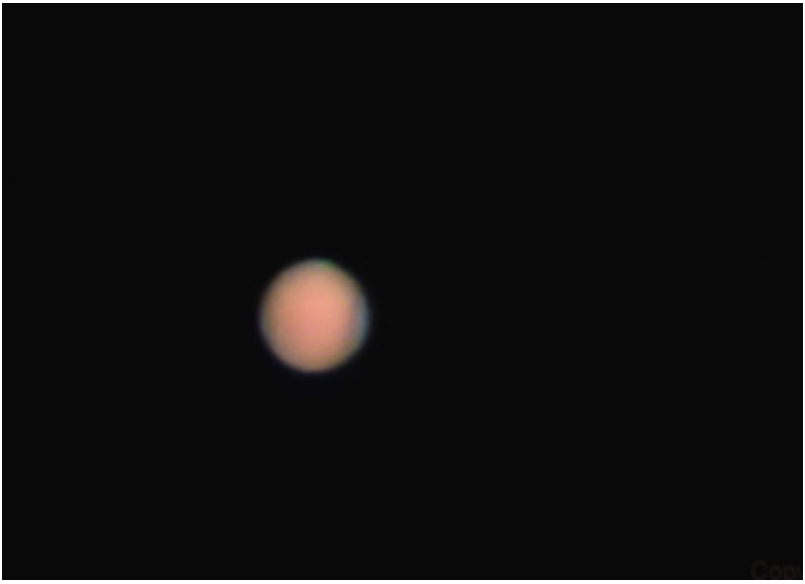
Ono što je, također, zanimljivo je da zvuk putuje brže na Veneri nego na Zemlji jer je njena atmosfera gušća.

20. Kako izgleda dan na Marsu?

Mars se obrne za 24h 37m oko svoje ose, a period njegove revolucije (rotacije oko Sunca) je 1,88 godina. Temperatura na Marsu nije mnogo manja nego temperatura na Antarktiku, na površini ona se kreće od -140°C do +15°C. Tokom godine na Marsu duvaju vjetrovi brzinom od 8 do 40 km/h ali se za vrijeme oluja javljaju i vetrovi čije brzine dostižu i 400 km/h. Na Marsu se kao i na Zemlji razlikuju četiri godišnja doba. Proljeće traje 194, ljeto 177, jesen 142 i zima 156 Marsovih dana.

Mars je dom najvećem vulkanu u solarnom sistemu – Olympus Mons. Sa svojom visinom od 21 km i širinom od 60 km, Olympus Mons je otprilike iste veličine kao Irska.

Zbog svoje gravitacije, osoba težine 1000 N (oko 100 kg) na Zemlji bi na Marsu težila tek 380 N (oko 38 kg).



Mars snimljen iz Sarajeva sa 250mm Schmidt-Newton teleskopom (fokusa 1000mm) uz pomoć planetarne kamere QHY-5II i Barlow 2.5x GSO
(copyright: Alan Ćatović, Džan Jašarević)

Pretpostavimo sada da se nalazimo u blizini ekvatora crvene planete tokom ljeta na južnoj hemisferi. Dan proveden ovdje bio bi svakako prijatniji nego na Veneri. Ipak, ne bi mogli hodati po Marsu bez zaštitne opreme; zrak je previše rijedak da podrži ljudski život, a nema ni kiseonika.

Nadalje, Sunce zrači bez ograničenja (nema značajne atmosfere) tako da opasni UV zraci dolaze do površine. Moglo bi se dosta lakše hodati nego na Zemlji (manja gravitacija). Osim potrebe za zaštitnim odijelom, dan na Marsu bio bi dosta sličan danu provedenom na velikoj visini u suhoj, hladnoj pustinji kao što je centralni Antarktik. Crvena boja Marsa je posljedica prisustva željezo oksida u površinskim slojevima. Neki to zovu hrđom.

Osim željeza kojeg u tlu ima 12 –16%, ostali sastojci tla su silicijum (15 – 30%) i sumpor (2 – 7%). Atmosferski pritisak na površini Mar-

sa ima prosječnu vrijednost od 5,6 milibara, oko pola postotka Zemljinog (kao na 40 km iznad Zemlje). Atmosfera se sastoji od 95% ugljendioksida, 3% azota i oko 2% argona. Vodene pare ima malo, svega 0,016 % (na Zemlji 2%). Mars ima i vlastito magnetno polje (oko 500 puta manjeg inteziteta od Zemljinog), što ukazuje na mogućnost postojanja tečnog jezgra.

Prilikom izlaska Sunca, kojem je prethodio dosta blijed sumrak, vidjeli bi zaleđene dijelove tla i možda malo izmaglice. Nakon izlaska Sunca, ovi "vodeni" efekti brzo bi nestali. Moguće je i izvući nešto leda ispod tla na određenim područjima i odnijeti ga nazad u brod kako bi otopili led i dobili vodu. Na nebu nema oblaka, i nešto prašine koja se podigla u zrak čini zrak crvenkastim. Vjetar duva slabo sa juga i do podneva temperatura tla se podigla skoro do tačke smrzavanja vode. Kako se lagano krećete po površini – vaša težina je sada tek 37% težine na Zemlji – regolit ispod vaših nogu krcka i povremeno se podigne prašina sa tla. Vjetar se povećava i vidite par malih vrtloga u daljini. Sunce nastavlja kretanje i prilikom zalaska Sunca vraćate se u svoj brod kako bi upalili grijali i pripremili se za temperaturni pad od 100°C. Dok očekujete slijedeći dan istraživanja, Deimos, mali dalji satelit Marsa svjetli blijedo, kao zvijezda koja se sporo kreće. Možda će se na zapadu pojaviti i Phobos, veći satelit (oba su vjerovatno uhvaćeni asteroidi) i scena će više ličiti na dom – Zemlju.

21. Kako bi izgledala posjeta Jupiteru?

Posjeta Jupiteru (unutar kojeg može stati 1300 Zemlje) zvuči interesantno, ali da li bi stvarno to željeli? Uslovi su gori nego na terestrijalnim planetama. Put do Jupitera trajao bi skoro dvije godine (kao npr. letjelica Voyager) i on se može preživjeti. Došavši do Jupitera, gdje bi sletili? Nema dostupne čvrste površine. Idući naprijed došli biste do početka okeana molekularnog hidrogena, ali ni čovjek ni mašina ne bi mogli preživjeti prolazak kroz njega. Što bi dublje išli veći su pritisci. Postoji, ipak, mjesto u oblacima gdje bi mogli plutati u nekoj vrsti balona, na ugodnim temperaturama i pritisku, ali ne pokušavajte disati atmosferu od hidrogena i helijuma.



Jupiter snimljen iz Sarajeva sa 8" Schmidt Cassegrain teleskopom i Barlow 2,5x uz pomoć planetarne kamere QHY-5II. U kadru su sateliti Io i Europa koji bacaju sjenu na Jupiteru, kao i velika crvena pjega
(copyright: Alan Ćatović, Džan Jašarević)

Umjesto toga, zašto ne otići na neki od satelita Jupitera? Io bi, recimo, bio zanimljiv. Sletili biste na stranu koja je okrenuta Jupiteru, koji bi sada izgledao kao kugla ugaone širine 20° na nebu (veći od Velikih kola na nebu sa Zemlje). Mogli biste lako primjetiti rotaciju Jupitera. Okrenuli biste se oko Jupitera za manje od dva dana, pri čemu bi zvijezde izlazile i zalazile slično kao i na Zemlji, dok bi veliki Jupiter konstantno lebdio na nebu zbog plimnog uticaja. U udaljenosti bi mogli vidjeti neki gejzir iz kojeg visoko u mlazu izlazi sumpor dioksid, i to toliko visoko da nestaje na nebu. Mogli bi naići i na jezero ili rijeku u kojim obiluje sumpor. Da bi cijenili ove krajolike, naravno, potrebno je da nosite odijelo kako bi vas zaštitilo od visoko-energetskih čestica. Pitanje je da li bi to bilo dovoljno.

Osim Io, možete se spustiti i na Evropu, sa koje Jupiter sada ima ugaonu širinu na nebu 12°, ili na izbrazdani Ganimed gdje Jupiter ima

ugaonu širinu na nebu 8°. Čak i tamo, radijacijsko polje visoko-energetskih čestica bi vjerovatno bilo smrtonosno. Na Kalistu, magnetosfera slabi do tačke pri kojoj možete preživjeti, ali za veću sigurnost bolje je da odete na neki još udaljeniji satelit Jupitera.

Ili još bolje, ostanite kući i pošaljite robota kao što je uradila NASA.

22. Kako bi izgledala posjeta Saturnu?

Saturn je najmanje gusta planeta u Solarnom sistemu. Kada biste zaronili Saturn u bazen vode on bi plutao pošto je njegova gustina skoro duplo manja od gustine vode. Problem je gdje naći tako veliki bazen. Saturn je, generalno, dosta spljošten sferoid, zbog toga što brzo rotira oko svoje ose.

Saturn je posjećen nekoliko puta do sada, a tek je 2004. godine letjelica Cassini ušla u orbitu oko Saturna i napravila kvalitetnije fotografije planete, njegovih prstenova i satelita. Saturn ima 61 satelit, i on je za sada druga planeta po broju satelita (prednjači Jupiter sa 65).

Ne zna se sasvim precizno koliko traje dan na Saturnu. Odrediti rotacionu brzinu Saturna je dosta težak posao. Zbog njegove nepregledne površine umjesto najjednostavnijeg praćenja kruženja jednog karakterističnog kratera oko Saturnove ose, astronomi moraju da mjere rotaciju njegovog magnetnog polja. Uglavnom, računa se da se Saturn oko svoje ose okrene za 10 sati i 39 minuta. Na ekvatoru Saturna bjesne oluje brzine i do 1100 km/h (i do 10 puta jače nego na Zemlji).

Još uvijek je misterija kako su nastali Sauturnovi prstenovi. Trenutno o tome postoje dvije hipoteze. Prva je hipoteza o raspalom satelitu koja pretpostavlja da je jedan od Saturnovih prirodnih satelita upao u nisku orbitu gdje su ga rastrgale Saturnove plimne sile. Druga hipoteza oslanja se na pretpostavku da su prsteni tu od nastanka planeta, te su ostatak materije od originalne nebularne mase od koje je Saturn nastao.

Ova teorija danas nije šire prihvaćena jer se smatra da prsteni tokom miliona godina postanu nestabilni, te da su zbog toga nedavna tvorevina.



Saturn sa svojim prstenovima snimljen iz Sarajeva sa 120mm refraktorom i Powermate 5x sistemom uz pomoć planetarne kamere QHY-5II
(copyright: Alan Ćatović, Džan Jašarević)

Na Saturnovom sjevernom polu primjećeni su heksagonalni oblaci prečnika oko 30 000 km. Simulacijama je utvrđeno da ove oblake vjerovatno održavaju niski vjetrovi u visini oblaka.

Sam Saturn je previše surova planeta da bi na njemu nastao život, ali je zato moguć na jednom od njegovih satelita: Enceladusu.

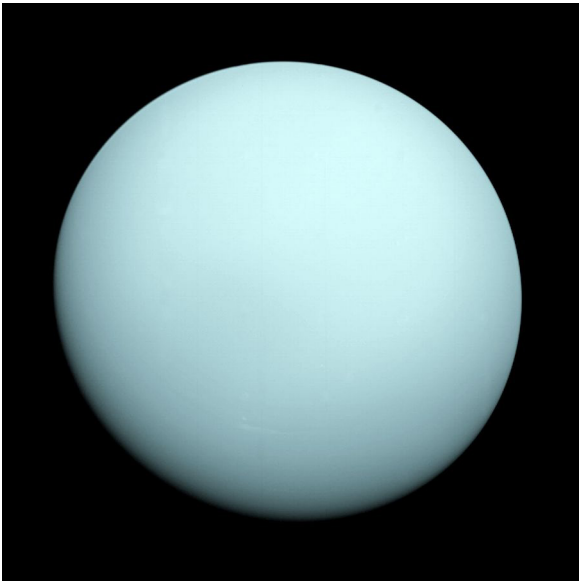
Satelit Enceladus obilazi Saturn svakih 32 h 53 m, ima prosječni prečnik od 498,9 km i masu od $8{,}6\times10^{19}$ kg. Raznim mjerenjima iz svemirske letjelice Cassini-Huygens utvrđeno je da je satelit Enceladus napravljen većinom od leda, vode i možda male količine kamena i metala.

Početkom 2006. godine NASA-ina letjelica Cassini snimila je, vjerovatno, tekuću vodu koja izbija iz gejzira na Enceladusu. A gdje ima vode, tu je moguć i život.

Inače, Enceladus reflektuje 90% Sunčeve svjetlosti, što znači da je reflektivniji od snijega.

23. Kako bi izgledala posjeta Uranu?

Iako nije najdalja planeta od Sunca, Uran je vjerovatno najhladnija. Od Sunca do Urana ima oko 2,88 milijardi kilometara, a do Neptuna 4,5 milijardi. Zašto je Uran hladniji? Zato što za razliku od ostalih velikih planeta on više prima nego što emituje toplote. Druge velike planete imaju vrlo toplo jezgro i zrače infracrvene zrake. Nešto čini da je jezgro Urana hladnije od tačke na kojoj bi zračio toplotu. Temperatura oblaka Urana pada do -224° C.



Uran (copyright: NASA/ Voyager 2, 1986)

Nagib ose Urana je ekstreman i iznosi oko 98 stepeni. Zbog toga izgleda kao da Uran leži na svojoj putanji oko Sunca. Iako dan na Uranu traje oko 17 sati, nagib Urana je takav da je jedan pol usmjeren ka Suncu, što znači da jedan dan, na recimo sjevernom polu Urana traje pola Uranove godine koja je 84 zemaljskih godina. Znači, ako na sjevernom polu Urana vidite izlazak Sunca, do njegovog zalaska

moraćete da pričekate 42 godine. Potom dolazi tamna noć koja traje druge 42 godine, najduža noć u univerzumu.

Boja atmosfere Urana u vidljivoj svjetlosti je plava. Uran ima 27 satelita, ali su prilično male mase i svi zajedno jedva da imaju masu kao pola Tritona (najveći Neptunov mjesec). Na Tritonu su okeani prirodnog gasa (u tečnom stanju).

Najveći Uranov satelit je Titania čiji prečnik je kao pola prečnika našeg Mjeseca.

24. Da li se može surfati na Neptunu?

Neptun je od Sunca najdalja planeta, zahvaljući tome što je Pluton izgubio status planete 2006. godine. Od svih gasovitih planeta Sunčevog sistema Neptun je najmanji. Međutim, Neptun je za oko 18% masivniji od Urana, što znači da je Neptun najgušća gasovita planeta u Sunčevom sistemu.

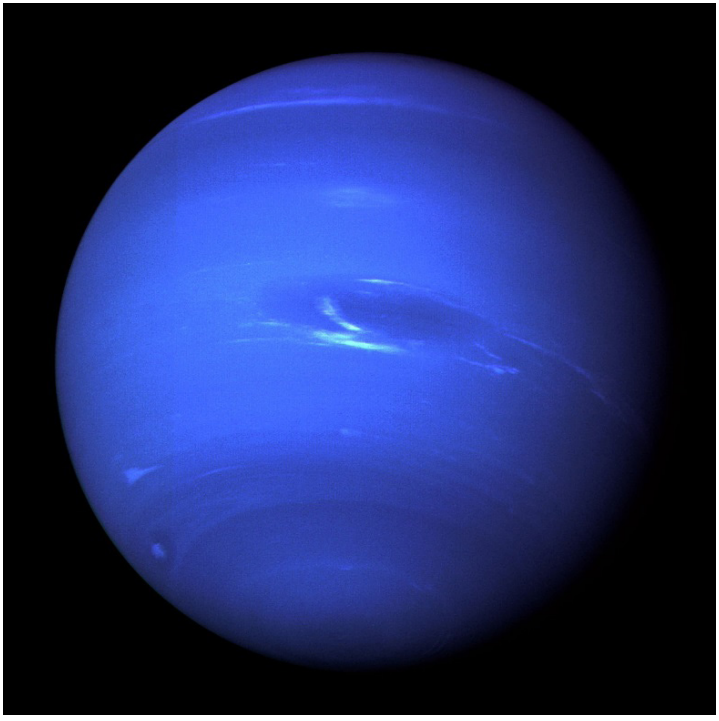
Ako biste prišli Neptunu, shvatili biste da je površinska gravitacija Neptuna slična površinskoj gravitaciji Zemlje. Ako ste pomislili drugačije, po Neptunu ne možete šetati, možete samo "roniti". Ipak ako biste na nekoj "svemirskoj" dasci za surfanje mogli da se nekako održite na površini Neptuna imali biste osjećaj da stojite na Zemlji jer je sila gravitacije Neptuna skoro ista kao i na Zemlji (zapravo, nešto je jača, ali samo za 17%).

Skoro 4,5 milijardi kilometara udaljen od Sunca, Neptun kruži oko Sunca jednom u 165 godina i zato još nije napravio puni krug od kada je bio otkriven.

Na Neptunu vladaju vjerovatno najjači vjetrovi u Solarnom sistemu. Vjetrovi na Zemlji su povjetarci u poređenju sa olujama na Neptunu. Najveća brzina vjetra na Zemlji zabilježena je 1996. u Australiji i iznosila je 408 km/h. Na Neptunu uragani dostižu i do 2100 km/h. Ovdje bi se paraglajding podigao na jedan sasvim novi nivo.

Neptun je i jedna od najhladnijih planeta u Sunčevom sistemu. Na površini Neptuna temperatura se spušta do -222 stepena C. S druge

strane, najniža temperatura na Zemlji zabilježena je u istraživačkoj stanici Vostok, na južnom polu i iznosila je -89,2 stepeni C.



Neptun (copyright: NASA)

Obilazeći neptun u vašoj svemirskoj letjelici, vidjeli biste da Neptun ima prstenove. Zapravo imaju ih još i Jupiter i Uran. Ali Neptunovi prstenovi su sasvim neupadljivi u poređenju sa prstenovima Saturna. To je zato što su sačinjeni od tamnog materijala (sitna prašine i nešto kamenja) koji slabo reflektuje svjetlo. Ima ih pet, a imena su dobili po naučnicima zaslužnim za najvažnija znanja o Neptunu (Galle, Le Verrier, Lassell, Arago, i Adams). Vjeruje se da su Neptunovi prstenovi prilično mladi, svakako mnogo mlađi od Sunčevog sistema, pa mlađi i od Uranovih prstenova. Naučnici smatraju da su rezultat davnog sudara Neptuna sa nekim od svojih satelita.

Satelit Triton oko Neptuna kruži retrogradno, tj. suprotno od smjera kruženja ostalih Neptunovih satelita. Zbog toga se vjeruje da Triton nije originalno Neptunov satelit, već da ga je ova planeta u prošlosti privukla i zarobila.

Triton je zaključan u sinhronu rotaciju, tj. planeti je okrenut uvijek istom svojom stranom. Triton se spiralno polako približava planeti i vjerovatno će za nekih milijardu godina gravitacionim silama planete biti "demontiran" i razasut oko planete u vidu moćnog prstena.

Jedino je Voyager 2 posjetio Neptun. Bilo je to 25. avgusta 1989. kada je letjelica proletila na 3000 km od sjevernog pola planete. Prilikom ovog proleta Voyager je proučavao atmosferu, prstenove, magnetosferu i posmatrao je Triton. Voyager je uočio Veliku tamnu pjegu, rotirajuću oluju koja je kasnije nestala.

Neptun se sigurno pita gdje smo dosada.

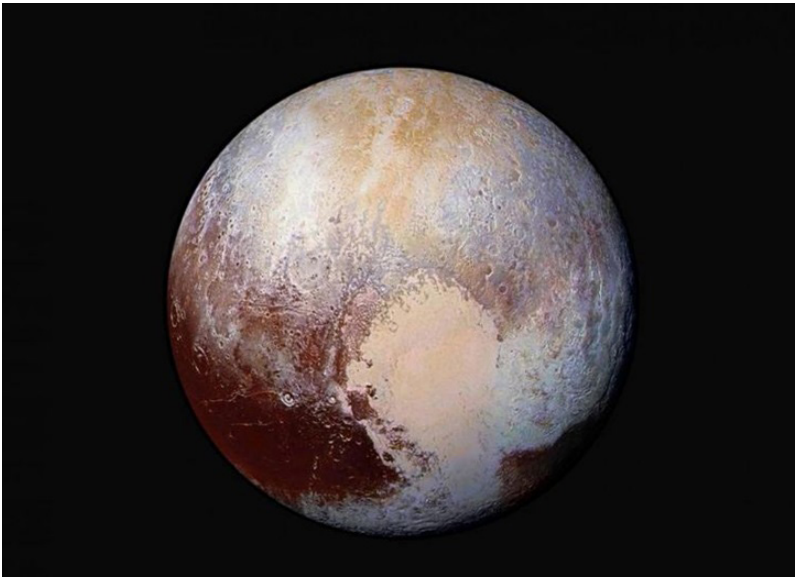
25. Kako bi izgledalo živjeti na rubu solarnog sistema?

Put do Plutona bi bio dugotrajan. Letjelici Voyager 2 npr. trebalo je 12 godina, uz gravitacionu pomoć Jupitera, Saturna i Urana, da dođe do Neptuna, a novijoj letjelici New Horizons trebalo je devet godina da dođe direktno do Plutona.

Konačno, dolazite na ovaj blijedi, hladni svijet, u trenutku kad je udaljen od Sunca 40 AU (AU – astronomska jedinica, udaljenost od Zemlje do Sunca). Stavljate svoje odijelo pod pritiskom i izlazite iz letjelice. Čudno Sunce sija na tamnom nebu. Ne vidi se disk Sunca. Izgleda samo kao zaslijepljujuća zvijezda. Na drugoj strani neba vidi se veliki satelit (Charon) koji zaklapa ugaonu širinu od 3° na nebu.

Krećući se kroz snijeg od mješavine nitrogena i metana, smrznut tek nekoliko stepeni iznad apsolute nule, dolazite do vaše kabine gdje konačno možete udahnuti kiseonik bez odijela. Vaš dan dugo traje, i veoma sporo Sunce se kreće nebom. Bilo je podne kad ste došli, i 1,5 (zemljinih) dana kasnije, udaljeno Sunce je konačno zašlo.

Dan na Plutonu, naime, traje kao 6,4 zemaljska. Iako Charon prolazi kroz faze, on ostaje nepokretan na nebu radi sinhronizovane rotacije. Noć se spustila i temperature padaju još više. Ako ništa, imate lijep pogled na zvijezde. Nema više planeta koja se kreću kroz poznata sazviježđa. Uz malo sreće možete vidjeti tek Jupiter, i to na njegovoj najvećoj eleongaciji od Sunca (7°). Zemlja se uopšte ne vidi. U svojoj usamljenosti, izvlačite teleskop da je ponovo vidite. I tamo je, blijeda, krhka, plava tačka u beskrajno crnoj noći. Razmišljate – biće ovo duga godina.



Pluton (copyright: NASA)

26. Kako izgledaju zalasci Sunca na drugim planetima?

Ni na jednom drugom planetu ne postoje boje prilikom zalaska Sunca. Sunce jednostavno zađe za horizont, i to je to. Čak i na planetima koji se sporo okreću, kao što je Venera, nema skoro nikakvih boja. Jedino Mars nudi neki anemični pokušaj zalaska Sunca.

Što se tiče zemlje, Zalazak Sunca na njoj je najduži u ljetno doba jer je nakon zalaska sunčeva putanja više horizontalna nego vertikalna. Sunce puzi nadesno odmah ispod horizonta, održavajući nebo svjetlim.

Svi mi premalo uživamo u zalascima Sunca i prelijepim bojama neba i oblaka u tom periodu.



Zalazak Sunca na Marsu (copyright: NASA)

27. Šta je to ekliptika?

Ekliptika je velika kružnica na nebeskoj sferi kojom "putuje" Sunce tijekom godine. Nazvana je po tome što do pomrčina (eklipsa) može doći samo onda kada je Mjesec u njezinoj blizini. Nagnuta je pod uglom od 23°27" prema nebeskom ekvatoru, koji siječe u proljetnoj točki i jesenskoj točki (proljetna ravnodnevica oko 21. marta i jesenska ravnodnevica oko 23. septembra).

Najdalje od nebeskog ekvatora, Sunce se nalazi u ljetnoj i zimskoj točki (ljetni suncostaj oko 22. juna i zimski suncostaj 22. decembra). Prolazi kroz sazviježđa zodijaka. Ekliptika je i ravnina kojom zemlja (preciznije centar masa ili baricentar sistema Zemlja-Mjesec) obilazi oko Sunca.

Planeti i Mjesec kreću se u ravninama koje su vrlo malo nagnute prema ekliptici, pa se uvijek nalaze u njezinoj blizini, dok inklinacija planetoida može biti veća, a kometi se pojavljuju u svim ravninama koje mogu biti i okomite na ekliptiku.

Moguće je vizuelizirati ravan ekliptike tako što povežemo (imaginarnom linijom) Veneru prilikom zalaska Sunca i trenutni položaj Sunca (ili mjesto na tlu koje je najsvjetlije nakon zalaska Sunca).

28. Koliko treba fotonima iz centra Sunca da dođu do Zemlje?

Fotonima koji se proizvode u centru Sunca treba nekoliko stotina hiljada godina pa čak i do milion godina da dođu do površine Sunca, što znači da je svjetlo koje gledamo na Suncu nastalo najvjerovatnije prije milion i kusur godina. Čak i dok gledamo Sunce, mi praktično gledamo u prošlost.

29. Koja je razlika između meteoroida, meteora i meteorita?

Meteoroidi su čestice međuplanetarnog materijala iz vremena nastajanja Sunčevog sistema, različitog sastava i porijekla. Veliki je broj tih čestica u Sunčevom sistemu, od onih velikih na desetine (pa i stotine) kilometara do mikročestica (koje nose ime mikrometeoroidi).

Svakodnevno nastaju novi meteoroidi i to na dva načina. Jedni nastaju od kometa, dok drugu grupu sačinjavaju meteoroidi nastali od asteroida. Asteroidni meteoroidi su po pravilu kompaktniji, veći i sastoje se od čvršćeg materijala. Komete stvaraju meteoroide tako što se prilikom približavanja suncu zagrijavaju i gube dio svoje mase (zaleđeni komadi stijena i prašine). Dio tih čestica se raspršuje po stazi (orbiti) koju prelazi kometa.

Kada meteoroid bude privučen gravitacijom Zemlje on se prilikom prolaska kroz atmosferu zagrijava i u slučaju da nije dovoljno velike mase sagorijeva, ostavljajući svijetli trag. Tu pojavu zovemo meteor (tzv. "zvijezde padalice", iako ovaj kolokvijalni naziv nema veze sa zvijezdama).

Meteor nije objekat, to je svjetlosni efekat. Riječ meteor dolazi od grčke riječi "meteoros" – vazdušna pojava. Da bi bio vidljiv, meteor mora biti udaljen maksimalno 250 km od posmatrača. Dnevno, broj meteora koji su vidljivi golim okom (sa cijele Zemlje) iznosi i do 25 miliona! Korištenjem dvogleda i teleskopa, taj broj se (teoretski) značajno povećava (do 8 milijardi meteora).

Brzine meteoroida variraju od 12 km/s do 72 km/s, u zavisnosti od njihovog položaja u odnosu na Zemlju neposredno pred ulazak u atmosferu.

Vidljivi trag najvećeg broja meteora koji se mogu uočiti na noćnom nebu (to su meteoroidi veličine zrna graška koji sagorijevanjem i jonizacijom okolne atmosfere stvaraju vidljivi trag više desetina pa i stotina puta veći nego što je prečnik prvobitnog tijela) nastaje na oko 130 km od površine Zemlje, a trag mu prestaje na oko 70 km visine.

Komete (tj. "zvijezde repatice") prilikom prolaska kroz sunčev sistem ostave dio svog materijala koji se kasnije grupiše u meteorske potoke ili rojeve pod uticajem gravitacije okolnih tijela (planeta, Sunca,…). Dešava se da se kometa u potpunosti raspadne i tada se oformi potok koji sadrži puno meteorskog materijala tako da kada Zemlja prođe kroz njega posmatrači uočavaju da svake sekunde neki sjajni meteor zapara nebo.Ta pojava je veoma zanimljiva ali i rijetka.

U slučaju da meteor "preživi" prolazak kroz atmosferu i padne na Zemlju nazivamo ga meteorit. Meteorit (koji padne na Zemlju ili drugo nebesko tijelo) može napraviti udarni krater. Vrlo svijetli meteor, svjetliji i od prividne magnitude Venere, zove se vatrena lopta ili bolid. Mikrometeoriti zahvaljujući svojim sitnim dimenzijama ne sagorijevaju u atmosferi već polako padaju i talože se na Zemlji u obliku prašine. Godišnje na našu planetu padne oko 40 000 tona me-

teoritskog materijala ali najvećim dijelom u vidu fine prašine koja se ne vidi golim okom.



Hoba meteorit u Namibiji od 60T i dužine 2,7m je najveći netaknut meteorit (izvor: wikipedia)

Manji meteoriti koji padnu na zemlju nisi nikada vrući, jer na određenoj visini iznad tla ova tijela dostignu terminalnu brzinu i padaju samo pod uticajem gravitacije, što im omogućava hlađenje na temperaturu dovoljno nisku da se uzmu u ruke kada padnu. Meteoroidi prilikom ulaska u atmosferu, ulijed značajnog zagrijavanja, ablacijom gube dijelove svoje površine, i što je ulazna brzina tijela veća, to je veći gubitak mase meteoroida (50-85%).

Dosta meteoroida se rasprsne u zraku i na zemlji njihovi ostaci prave eliptični uzorak površine (eng. Strewn filed) i do 150 km^2 (npr. Kunashak u Rusiji, Buck Mountain Wash i Palo Verde u SAD, Franconia). Pored kometskog, i asteroidnog porijekla, ima dokaza da neki meteoriti, nađeni na Zemlji, potiču sa Marsa i Mjeseca. Meteoriti "stare" na Zemlji uslijed mehaničkih i hemijskih faktora.

Mehanički faktori su: fragmentacija tokom leta, udari u Zemlji ih dalje rasprskavaju, abrazija vjetrom i vodom, temperaturni ekstremi, aktivnost biljaka i životinja. Hemijski faktori su: oksidacija i vlaga (dejstvo vode). Željezni meteori su posebno podložni oksidaciji (hrđa).

Mali broj meteorita (npr. Murchinson meteorit) koji su pronađeni sadrže, pored željeza, silicijuma i magnezijuma, i kiseonik, azot, vodonik, ugljenik pa i vodu tako da ovakvi meteoriti mogu biti uzročnici pojave okeana, atmosfere, i uopšte života na Zemlji.

Meteoriti se mogu uslovno podijeliti na kamene, željezne i kameno-željezne.

Najveći do sada otkriveni meteorit nalazi se u Namibiji, nedaleko od Grutfontejna (Grootfontein). Meteorit je dobio naziv Hobo po farmi Hobo na kojoj leži zariven jedan metar u zemlji. Hobo je otkriven 1920. godine, težak je oko 60 tona, a dimenzije su mu 295 x 284 cm (ima oblik nepravilnog četvorougla).

30. Kako su ljudi u prošlosti doživljavali meteorite?

Tokom historije meteori i meteoriti su korišteni u različite svrhe:

– Meteori kao predskazanje (U Švicarskoj su ljudi smatrali da meteori imaju božije moći, u Čileu osoba mora podignuti kamen sa zemlje kad ugleda meteor, na Filipinima se mora zavezati čvor na maramici prije nego se "ugasi svjetlo" meteora, na Havajima neke osobe (japanskog porijekla) otvaraju kimono kako bi im poželili dobrodošlicu, u centralnoj Evropi i baltičkim zemljama vjeruje se da je neko umro kada se vidi meteor, u balkanskim zemljama ljudi obično zažele neku želju kada ugledaju meteor, rimski car Maximillian je nakon pada meteorita 1492. u Alsacu (sadašnja Francuska) okupio vijeće koje je odlučilo da je to dobar znak da se pođe u rat sa Francima i Turcima).
– Obožavanje meteorita (Kamen na Kaabi Meki (prema istraživanjima ovo nije meteorit nego kamen zemaljskog porijekla koji je doživio termo-metamorfozu uslijed udara meteorita u okolnom

području), Apolo hram u Delfiju, Rimljani (Elagabalus) su u određenim periodima obožavali meteorite, meteoriti su pronađeni u indijanskim grobnicama (Hopewell Mounds, sadašnje SAD), i mnogi drugi).

– Ceremonijalna upotreba meteorita (noževi, hamajlije, dugmad, oštrice sjekira, ornamenti). Primjer ceremonijalne upotrebe meteorita je nož faraona koji je napravljen od meteoritskog materijala (sadrži dosta Nikla i Kobalta).

31. Šta je to meteorski roj?

Da bi se lakše proučavali, meteori se arbitrarno dijele po pripadnosti određenom meteorskom potoku ili roju. Meteorski potok predstavlja skupinu meteoroida koja kruži oko Sunca, a meteorski roj predstavlja zgusnutiji skup meteoroida koji se kreću oko naše zvijezde.

Kada Zemlja presječe neki potok ili roj onda se čini, zbog perspektive, kao da svi meteori dolaze iz jedne tačke na nebu. Tu tačku nazivamo radijant (lat. radiare – "zračiti").

U zavisnosti od toga u kom sazviježđu se nalazi radijant, meteorski potoci i rojevi dobijaju imena: Perzeidi, Leonidi, Geminidi, eta-Akvaridi (u blizini zvijezde eta u sazviježđu Vodolije), gama-Drakonidi i sl. Meteori koji ne pripadaju ni jednom potoku ili roju nazivaju se sporadični.

Sunčeva svjetlost ne dozvoljava vizuelnu detekciju meteora po danu, ali radarima se mogu i po danu "hvatati" meteori (npr. Arietidi, Đakobinidi – po kometu Giacobini-Zinner, Zeta Perzeidi).



Meteorski roj Perzeidi, snimljen iznad Bjelašnice (copyright: Alan Ćatović)

32. Šta su Asteroidi?

Asteroidi ili planetoidi su mala čvrsta tijela u planetarnim sistemima. U poređenju s planetama mnogo su manji i najčešće nepravilnog oblika. Nastali su od ostataka protoplanetarne tvari koja se nije pripojila planetama za vrijeme formiranja sistema iz protoplanetarnog diska. Najčešće kruže oko matične zvijezde vlastitom putanjom ili kao prirodni sateliti (mjeseci) većih planeta. Neke od njih nalazimo vezane gravitacijskim silama uz planete, u grupama koje orbitiraju u putanji planeta, ispred ili iza.

Većina planetoida obilazi Sunce u glavnom planetoidnom pojasu (asteroidni pojas) između Marsa i Jupitera, dio prilazi Suncu bliže od Marsa (Amori) i Zemlje (Apoloni) i nazivaju se Zemlji bliski asteroidi, dio se kreće u putanji Jupitera ili drugih planeta (Trojanci). Iako se donedavno mislilo drukčije, otkriveno je da asteroidi mogu imati vlastite mjesece kada je u orbiti oko asteroida 243 Ida pronađen satelit nazvan Dactyl.

33. Koliko ima asteroida i kako se klasificiraju?

Do sada je otkriveno blizu 170000 asteroida, a oko 11000 ih je dobilo službena imena – redni broj i ime. Procjenjuje se da bi ih u solarnom sistemu moglo biti nekoliko miliona.

Prema spektralnoj analizi odrazne svjetlosti planetoidi se mogu podijeliti na ugljične (C), kojih je oko 75% i sadrže tamne ugljikove spojeve, metalne (M), kojih je oko 8%, i silikatne (S), kojih je oko 17%. Teleskopom se ni najvećemu planetoidu ne vidi tijelo, pa im se promjeri mjere posredno, prilikom okultacija zvijezda ili iz sjaja uz procijenjeni albedo.

Pomoću svemirskih letjelica snimljeni su 433 Eros, 951 Gaspra, 243 Ida, 25143 Itokawa, 253 Mathilde i drugi. Trans-neptunski objekti ili nebeska tijela koja su dalja od Neptuna obično se ne smatraju planetoidima.

Prema tome, asteroidi ili planetoidi su hladna nebeska tijela koja prebivaju pretežno u području od 2.2 do 3.5 AJ. Izvan tog asteroidnog pojasa ili prstena nalazi se samo nekoliko postotaka asteroida.

34. Kako se kreću asteroidi?

Izduženost staza asteroida i nagib prema ekliptici veći su nego kod planeta. Prosječan numerički ekscentricitet (smanjenjenjem ekscentriciteta elipsa prelazi u kružnicu) iznosi 0,15, a najveća većina planetoida nema ekscentricitet veći od 0,3. Krajnja vrijednost je 0,88. U pravilu veće ekscentricitete staza imaju planetoidi manjih masa. Prosječna inklinacija staza manja je od 10°, a za većinu planetoida manja od 16°. To znači da staze planetoida nisu tako stiješnjene uz ravninu ekliptike kao staze planeta, ali nisu ni jako razasute, posebno ako se uzme u obzir da se staze planetoida lakše mijenjaju. Veliki planeti u stanju su da ih jako poremete. Planetoidi su generalno nebeska tijela manja od 1 000 kilometara. Petnaestak ih ima u promjeru više od 250 km.

35. Koliko su opasni udari asteroida?

Zemlja se, praktično, nalazi u kozmičkoj streljani, i svemir nas ima na nišanu. Do Zemlje, recimo, dnevno dolazi 20 – 40 tona materijala iz svemira. Za godinu dana to znači da se može napraviti zgrada sa šest spratova samo od komadića meteoroida iz svemira. Neke od ovih komadića, veličine zrna graška, na noćnom nebu vidite kao sjajni trag koje zovemo meteori. Ako se pitate kako tako sjajan trag nastane od tako malog komadića kamena, sjetite se kompresije vazduha dok pumpate gumu na biciklu. Što više sabijate gas – više se zagrije. E sad zamislite tijelo koje ulazi u atmosferu zemlje brzinom od nekoliko desetina km/s; neki se kreću brzinom i do 80 km/s, što je, 235 puta brže od pištoljskog metka (brzine 340 m/s) ili 235 puta brže od zvuka u vazduhu. Kad nešto tako brzo udari u atmosferu, brzina se rapidno pretvara u energiju koja se predaje okolnom vazduhu. Zrak se toliko sabije (ekstremno velike vrijednosti nadpritiska) i zagrije (temperatura od nekoliko hiljada stepeni C) da počne da svjetli. Taj trag upravo nazivamo meteorom.

Ukoliko su tijela malo veća (tzv. meteoroidi srednje veličine), uslijed velikog pritiska, dolazi do spljoštavanja tijela (eng. pancaking) i najčešće do njegove dezintegracije u vazduhu pri čemu neki od komada mogu dospjeti do tla (meteoriti). To se sve dešava visoko u atmosferi, pri čemu su energije impresivne.

Naime, asteroid (npr. kamen) prečnika 1m može eksplozijom u vazduhu osloboditi energiju jednaku eksploziji stotine tona TNT-a. Ustvari, vojni izvještaji pokazuju da se to dešava u prosjeku jednom mjesečno u atmosferi. Zabilježeno je, tokom, historije, nekoliko udara manjih meteorita u kuće, aute, pa čak i u ljude (npr. Ann Hodges, Sylacauga-Alabama). Šanse da vas pogodi takav jedan meteorit su veoma male, a još su manje da poginete od takvog udara.

Javnosti je, s druge strane, sigurno poznatiji udar tijela u Zemlju iz 1908. godine u području Sibira (rejon rijeke Podkamennaya Tunguska). Smatra se da je tijelo bilo prečnika 60-200m i da je eksplodiralo u zraku, oslobađajući energiju ekvivalentnu (između) 3-20 miliona tona TNT-a, stotine puta jaču nego energija atomske bombe koja je bačena na Hirošimu 37 godina kasnije. Ljudi udaljeni na stotine km od eksplozije bili su oboreni na tlo!

Mjesto ispod same eksplozije bilo je poravnato, a drveće popadalo (radijalno) kao čačkalice. Zanimljivo je da je drveće u samom epicentru eksplozije ostalo da stoji uspravno – jer je udarni val naišao normalno na ovo drveće, a drveće pada samo uslijed bočnog udarnog talasa.

Sreća pa je tijelo udarilo u nenaseljeno područje. Da se ova eksplozija dogodila iznad Moskve ili Londona, milioni bi umrli u roku od nekoliko minuta.

Ali nisu svi udari lokalni, niti su sva tijela koja dolaze iz svemira stotinjak metara. Prije 65 miliona godina dinosaurusi su imali jako loš dan. Krater Chicxulub (nalazi se blizu mjesta Chicxulub, po kojem je i dobio ime) je drevni udarni krater, koji se nalazi na poluotoku Yucatán (Meksiko). Krater ima prečnik veći od 200 km i smatra se jednim od najvećih udara nebeskih tijela u historiji Zemlje (ne raču-

najući udar tijela veličine Marsa u zemlju od kojeg je nastao Mjesec). Smatra se da je udarni asteroid koji je stvorio krater imao prečnik oko 10 kilometara.Sudar ovog asteroida sa Zemljom je vjerovatno odgovoran za veliko i temeljito proučavano tzv. Kredno-Tercijarno masovno izumiranje biljaka i životinja (75% živog svijeta je nestalo u tom periodu). Naime, na K-T granici (granica između geoloških perioda) primjećene su značajne naslage iridijuma kojeg nema mnogo na zemlji, ali zato ima mnogo u astereoidima. Ova naslaga iridijuma je jasno datirana na prije 65,5 miliona godina, što je direktna potvrda udara asteroida.



Mjesto udara meteorita - Tunguska (izvor: wikipedia)

Budući da je bio barem 10km prečnika, atmosfera nije usporila brzinu ovog asteroida prilikom udara. Dok se kretao atmosferom, ovaj asteroid je kreirao ogroman udarni talas, zagrijavajući atmosferu kilometrima naokolo. Blještav kao Sunce, zapalio je sve ispred sebe čak i prije samog udara. Čak i da je nešto i preživjelo visoke temperature, udarni val bi ih dokrajčio.

Udarajući u Zemljinu koru (tj. u plitke vode poluotoka Yucatán), svi ta silna energija je naglo oslobođena, šaljući istopljeno kamenje, zemlju i morsku paru uvis i bočno. Sam udar u tlo kreirao je još jedan udarni talas, ubijajući sve što mu se našlo na putu stotinama kilometara u svakom pravcu. Udarni talas je kreirao i epsko probijanje zvučnog zida, pri čemu je dosta životinja vjerovatno izgubilo sluh (mada je to sasvim nebitno u ovoj priči).

Udarom u okean, kreiran je cunami gigantskih razmjera. Decembra 2004. godine cunami koji je bio visok nekoliko metara i brzine manje od prosječne brzine automobila usmrtio je preko 250 000 ljudi. Cunami uslijed udara asteroida bio je stotinama metara visok i kretao se brzinom od preko 1000 km/h (skoro brzinom zvuka). Možemo samo zamisliti kakvu destrukciju je ovaj cunami prouzrokovao.

Komadi asteroida koji su nakon eksplozije otišli visoko uvis (velikom brzinama, reda nekoliko km/s) počeli su padati prema zemlji kao interkontinentalni projektili. Prilikom pada, ovi komadi ponašali su se kao mini asteroidi, ponavljajući destrukciju, ali u manjim razmjerama. Ovi mini asteroidi prouzrokovali su i brojne požare širom Zemlje, tj. čitava Zemlja je bila u plamenu.

Kako je Zemlja gorila, atmosfera je postajala sve tamnija i propuštala sve manje Sunca. Tokom vremena, Zemlja se značajno ohladila što je uzrokovalo ledeno doba i izumiranje velikog broja biljaka (globalna zima koju su uspjeli preživjeti samo rijetki hladnokrvni organizmi) i životinja.

Nitrati koji su bili sastavni dio tla na Zemlji su sada u zraku postajali azotna kiselina koja je kao kiša padala na tlo. Iz asteroida je u zrak ispario hlor (i brom) koji su, vjerovatno, uništili ozonski omotač Zemlje i na taj način doprinjeli uništenju velikog broja biljnih i životinjskih vrsta.

Takođe, lanac ishrane je totalno poremećen, što je sve, u globalu, dovelo do izumiranja 75% biljnih i životinjskih vrsta nakon udara asteroida.

Treba napomenuti da ovaj asteroid spada u manje asteroide! Postoje mnogo veći i većina nikada ne priđe Zemlji. Dinosauri su imali jako loš dan, ali naš vlastiti loš dan može, također, doći. Pitanje je da li ćemo biti spremni za njega.

36. Kako se odbraniti od udara asteroida?

Prvo pitanje je odakle dolazi većina asteroida?! Većina ih kruži oko Sunca na orbitama između Marsa i Jupitera (tzv. asteroidni pojas ili glavni pojas). Ova tijela nisu nikad formirala planet zbog prevelike gravitacije Jupitera. Ima ih, vjerovatno, na milijarde, a naziv im potiče uslijed toga što podsjećaju na zvijezde na nebu. Većina su mala tijela, veličine manjih loptica. Najveći, Ceres (sada klasificiran kao planet patuljak), ima prečnik oko 950km i smatra se da čini trećinu mase asteroidnog pojasa.

Trenutno je poznato nekoliko stotina hiljada asteroida. Potraga za asteroidima koji nam mogu prijetiti je multinacionalnog karaktera, ali je još uvijek nedovoljna jer na tome ozbiljno radi tek 20-tak astronoma. Ali, čak i kada bi puno više ljudi na tome radilo, bio bi problem detektovati tijela prečnika stotinjak metara i manje. Mnoga tijela ove veličine otkrivena su tek nakon što prođu Zemlju. Moguće je da bi takvo tijelo na nebu vidjeli tek nakon njegovog bljeska na nebu, kao što je to bilo u Sibiru 1908. godine.

Razlika između dinosaura i nas je što oni nisu imali svemirski program. Međutim, i pored svih naše tehničkih mogućnosti, vrlo teško je odbraniti se od asteroida. Kakve ideje o odbrani smo dosada smislili?

Prvi ideja o odbrani od asteroida je gađanje istog nuklernim bojevim glavama. Većina asteroida je skoro potpuno od željeza, tako da bi, recimo, gađanje nuklearnim projektilima samo malo zagrijalo asteroid. Čak i da je od kamena, nuklearna bojeva glava mu ne bi mogla ništa ako je veći.

Neki asteroidi imaju veoma malu gustinu, i do 1,3 g/cm^3. To je zato što se dešavaju i udari asteroida u druge asteroide. Ako, pri tome,

brzina udara nije dovoljna da potpuno dezintegriše asteroid, tijelo će uslijed gravitacije i dalje biti "na okupu", ali će biti veoma porozno i posljedično male gustine. Iako bi neko pomislio da je ovakve asteroide lako uništiti, naučnici su izvršili testove (D. Durda, SRI, Boulder – Colorado) gađajući stvarne asteroide slične konzistencije tijelima koja su ispalili iz gasnih topova velikim brzinama. Rezultati su iznenađujući – porozni asteroidi bolje upijaju udarce nego čvrsti. Nešto slično kao kad bi vreću piljevine udarili čekićem – energija se brzo rasipa.

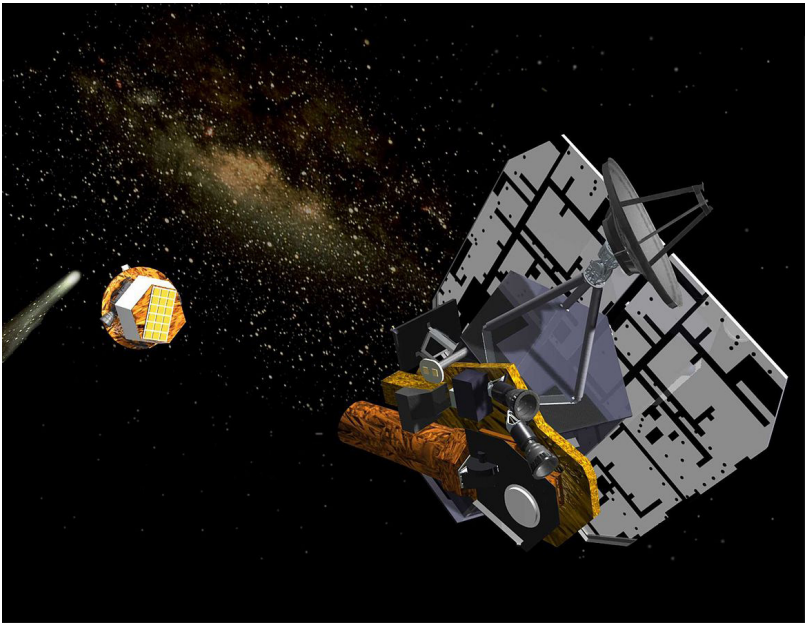
Ali gađanje asteroida nuklearnim projektilima i njegova potencijalna dezintegracija nam nosi novi problem. Tada bi se, naime, prema nama kretalo hiljadu malih tijela umjesto jednog većeg. Iako to, na prvi pogled, zvuči kao bolje rješenje, treba se prisjetiti da i kamen prečnika 100m može uništiti jedan grad. Desetak ovakvih tijela koja udaraju u isto vrijeme bili bi katastrofa, bez obzira gdje da udare. Iako bi eksplozije bile manje, bile bi više raširene, i šteta bi za Zemlju možda bila još veća nego u slučaju udara većeg tijela. Još jedna opasnost od većeg broja tijela je to što asteroidi u sebi sadrže hlor i brom, i bez obzira da li udari jedno veće ili više manjih tijela, ista količina tih elemenata će se osloboditi u atmosferu, pri čemu će ponovo stradati ozonski sloj.

Druga ideja za odbranu je da asteroid ne gađamo nuklearnim projektilima direktno već da gađamo pored njega. Na taj način bi veća količina toplote koja se formira na jednoj strani asteroida isparila dijelove asteroida i djelovala kao mali raketni motor koji bi malo pomaknuo asteroid iz svoje orbite. Ako se ovaj manevar ponovi više puta, možda bi asteroid dovoljno skrenuo sa putanje. Nedostatak je što ovaj metod zahtjeva unaprijed poznato vrijeme kada će asteroid doći do Zemlje, min. 10 – 20 godina. To znači da je potrebna bolja oprema za detekciju, ako su manja tijela. Takođe, poteškoće gađanja tijela nuklearnim projektilom su velike i pri samo jednom ispaljenju. Sa dvadesetak gađanja, problem se značajno usložnjava. Takođe, ne znamo kako bi eksplozija pomaknula asteroid. Možda bi bilo dovoljno da nas ovaj put promaši, ali u slijedećem naletu (na putu oko Sunca) da nas pogodi.

Uzmimo za primjer asteroid Apophis 99942, dužine oko 250m, koji predstavlja potencijalni udarni asteroid. Udar takvog tijela bi doveo do eksplozije čija energije bi bila veća za desetak puta od energije najjače nuklearne bojeve glave ikad detonirane. Apophis će proći pored Zemlje 13. aprila 2029. godine. U tom periodu nema rizika za udar, ali proći će tako blizu da će biti bliže Zemlji nego mnogi meteorološki i komunikacijski sateliti. Ako asteroid prođe regionom svemira nazvan gravitacijska ključaonica (eng. gravitational keyhole), njegova orbita će se promjeniti tačno onoliko koliko je potrebno da udari u zemlju 2036. godine. Ovaj region (gravitacijska ključaonica) nije pretjerano veliki (oko 1km), ali naše poznavanje orbite ovog asteroida nije dovoljno da kažemo kako 100% neće proći ovim regionom, iako su šanse dosta male. Ako bi kojim slučajem prošao tim regionom, imamo 7 godina da ga skrenemo sa puta. Jedno od rješenja bi možda bilo da Apophis pomjerimo samo malo sa putanje, ali onda se javljaju dodatni problemi. Postoje, naime, na hiljade gravitacijskih ključaonica. Ova konkretna gravitacijska ključaonica je samo ona pri kojoj bi asteroid došao ponovo do nas za 7 godina, ali druge ključaonice bi ga dovele nazad za 10, 12, 20 godina. Detonacija na Apophisu bi nam uštedila vrijeme, ali nije dugoročno rješenje. Potrebno je potpuno kontrolisati orbitu asteroida.

Treće rješenje je udar asteroida sa tzv. impaktorom. Prednost ove metode je što smo je već koristili. NASA je, naime, 4 jula 2005. koristila Deep Impact svemirsku letjelicu kako bi lansirala "impaktor" koji je udario u komet Tempel 1.

Impaktor je u ovom slučaju bio bakreni blok mase oko 400kg i udario je u komet brzinom od oko 9,6 km/s. Rezultujuća eksplozija je imala ekvivalent od oko 5 tona TNT-a. Ovo je bio veliki inžinjerski uspjeh jer se komet kretao brzinom od nekoliko km/s. Veličina komete je 5 x 8km, što je olakšalo gađanje; u slučaju manjeg tijela, problem gađanja bio bio značajan. Udar impaktorom, takođe, ima svoje nedostatke jer ne znamo precizno za koliko bi mogli skrenuti tijelo ili da li će tijelo eksplodirati ili će apsorbovati udar kao u slučaju poroznih asteroida.



Umjetnički doživljaj svemirske letjelice Deep Impact nakon lansiranja „impaktora“ (izvor: wikipedia)

Četvrti način odbrane od asteroida je da ga “nježno” ubjedimo da nas zaobiđe. Ovim, i drugim problemima, bavi se fondacija B612, a njihova stranica je puna egzotičnih ideja kako se odbraniti od asteroida, pri čemu je naglasak, naravno, na naučnim rješenjima. Jedno od rješenja bi moglo biti da spustimo raketu na asteroid, zakačimo je čvrsto za njega, okrenemo je za 180 stepeni i upalimo raketni motor. Tokom vremena, potisak bi pogurao asteroid u novu orbitu. Nedostatak metode je način kako bi pričvrstili raketu za asteroid; šta ako je ona mekana, prašnjava ili od metala? Nadalje, većina asteroida rotira, što znači da bi morali paliti motore samo povremeno – kada je raketa usmjerena u pravom pravcu. Kod astreoida koji se haotično rotiraju, ove rakete ne bi mogle pomoći. Međutim, ekipa iz fondacije B612 se dosjetila drugog rješenja. Šta ako ne spustimo letjelicu uopšte? I asteroid i raketa imaju masu i gravitaciono djeluju međusobno.

Dakle, raketa bi se prvo "parkirala" u blizini asteroida. Gravitacija asteroida bi vukla raketu prema sebi, ali bi isto tako raketa "vukla" pomalo i asteroid prema sebi. Potom bi aktivirao raketni motor (u malim inkrementima) da bi se raketa vratila u prvobitni položaj i cijela stvar ponavila. Nakon nekog vremena, orbita asteroida bi se mogla promjeniti. Međutim, i ovdje ima problema – raketni motor se ne bi smio ispaliti prema asteroidu jer bi ga tako udaljio i poništio željeni efekat. To znači da bi se raketa morala nageti pod uglom u odnosu na asteroid, što bi impliciralo da treba više raketnih motora kako bi se raketa izbalansirala u pravi položaj i ne rotirala "divlje" u svemiru. Dobra stvar kod ove metode je što masa rakete često ne mora biti velika. Tako bi za Apophis 99942 masa rakete trebala biti tek 1 tonu. Naravno, za sve ovo treba malo više vremena.

Jedno od rješenja je tzv. hibridno rješenje (predložio Schweickart), tj. korištenje kinetičkog "impaktora" ili nuklearne bojeve glave da se asteroid pomakne iz neposredne zone opasnosti, a onda mu orbitu fino podesiti opisanom gravitacijskom "vučom".

Trenutno na Zemlji nemamo tehnologiju za implementaciju ovih metoda jer se ne ulaže u njihov razvoj. Nadajmo se da će se i to promjeniti u budućnosti jer nam od toga možda zavisi i dalji opstanak na Zemlji.

37. Postoji li opasnost od udara kometa u Zemlju

Asteroidi imaju većinom predvidljive orbite. To su mrtvi komadi kamenja i/ili metala i jednom kada ih vidimo, znamo njihove putanje. Ali oni nisu jedina prijetnja. Kometi su divni, čudnovati nebeski spektakli. Za razliku od asteroida, komete su prljave snježne lopte: kamen, prašina i šljunak, pomješani sa ledom koji ih drži na okupu. Kad se približe Suncu, led se topi. Mnoge komete imaju džepove leda ispod površine, i kada se kometa približi Suncu sublimirani gas izlazi u mlazu iz komete. Ovo je slično djelovanju raketnog motora, i kometa se može pokrenuti u bilo kojem pravcu. Ako se kometa okreće, a većina upravo to radi, kometa će se kretati nasumično. To čini pred-

viđanje orbite komete veoma teškim. Naravno, to važi i za sletanje na kometu, kao i gravitacijsku "vuču".



Komet Lovejoy (C/2014 Q2) snimljen iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

Ali, to nije kraj. Asteroidi se nalaze u ravni kretanja planeta oko Sunca, što znači da ćemo ih lakše naći posmatrajući uvijek iste dijelove neba. S druge strane, kometi su "divlja" tijela, sasvim druge "zvijeri". One nisu ograničene na ravan kretanja planeta, i mogu doći iz bilo kojeg dijela neba. To može značajno smanjiti naše vrijeme reakcije. Dok za asteroid možemo imati desetke godina ranog upozorenja, za komete možemo imati maksimalno par godina upozorenja. Čak je i komet Hale-Bopp, koji je bio jedan od najsjajnijih ikada, bio otkriven tek 2 godine prije njegovog prolaska pored zemlje. Da je bio usmjeren prema nama, ne bi mogli uraditi ništa. Jezgro komete Hale-Bopp (čvrsti dio) ima prečnik oko 40km. Da nas je pogodio ovaj komet, udar asteroida koji je izbrisao dinosauruse izgledao bi kao mokra petarda.

Ali i udar manjeg kometa bio bi veoma opasan za čovječanstvo. Posljedica direktnog udara manje komete u blizini naseljenog mjesta ili

njene eksplozije u zraku kao u Sibiru 1908. godine, dovela bi do hiljada poginulih ljudi i milijarde dolara ekonomske štete. Dobra vijest je da kometi kao što Hale-Bopp predstavljaju manje od 2 postotka ukupne opasnosti od udara, i većinu kratko-periodičnih kometa je lako uočiti.

Dakle, kolika je opasnost od udara asteroida ili kometa?

Statistički gledano, odgovor vam se neće svidjeti: šanse da nas pogodi nekih od ovih tijela su 100%. Da, 100%, vjerovali ili ne. U određenom vremenskom periodu, do udara će sigurno doći, i jedan od njih će sigurno biti veliki-katastrofalan.

Ali ključna stvar je da li ćemo uraditi nešto povodom odbrane Zemlje. Tehnologija i metode su zahtjevne, ali ne i nedostižne.

A ulozi su prilično veliki: globalno preživljavanje vs. totalno uništenje.

38. Kako se planeti kreću oko Sunca i da li je kružnica idealni geometrijski oblik?

Kružnica je kroz vijekove smatrana "savršenim oblikom" u prirodi. Crkva je insistirala na tome da sva nebeska tijela moraju imati kružne orbite, jer, prema njima, Kreator sigurno ne bi dozvolio da njegove kreacije lutaju naokolo putanjama koje nisu savršene. Teolozima tog vremena nije ni palo na pamet da su ustvari svi matematički oblici "savršeni". Bilo kako bilo, krug je "omiljena" geometrijska figura prirode, i po nekima, najinteresantnija.

Zašto su sfere tako česte u svemiru? Zašto planeti nisu oblika, recimo, kocke ili poliedara, piramide? Odgovor je vrlo jednostavan. Nebesko tijelo započinje svoj život u gasovitom ili tečnom obliku, pa se mogu lako oblikovati. Sila gravitacije utiče na to da se svi atomi spomenutog nebeskog tijela počinju sakupljati u najkompaktniji mogući oblik – sferu. Sfera ima najmanju relativnu površinu od bilo kojeg oblika. Samo tijela sa vrlo malo gravitacije – mala tijela – mogu izbjeći značajniji uticaj gravitacije i ne postati sfere. Zbog toga su asteroidi i meteoroidi neregularnog oblika.

Univerzum, i pored toga, omogućuje određena odstupanja od ovog pravila – npr. veliki gasoviti planeti kao što su Jupiter i Saturn su zbog velike brzine rotacije oko vlastite ose ispupčeni na ekvatoru. Čak i Zemljin prečnik na polovima je za oko 43 km manji nego na ekvatoru. Što se tiče "neregularnih" putanja planeta, koje su uzrokovale mnogo duševne boli religijskim zvaničnicima, kružna orbita ustvari nije ništa drugo nego specijalni slučaj elipse.

Elipsa je, dakle, oblik koji zaslužuje našu pažnju kada proučavamo kretanje planeta. Nažalost, elipse se ne sviđaju mnogim ljudima, jer smatraju da ovalni oblik nije grandiozan, a i matematički ga je teže razumjeti. Ipak, skoro svako tijelo u univerzumu (uključujući i Zemlju) kreće se kroz prostor eliptičkim putanjama. Prije četiri stoljeća, Keppler je, na temelju eksperimentalnih podataka, shvatio da se svi planeti kreću eliptičnim putanjama, sa Suncem u jednom od fokusa. Drugi fokus je samo prazan prostor u svemiru. I to je ono što zbunjuje ljude – niko ne želi da drugi fokus bude samo matematička tačka. Nešto "mora" biti tamo. Pa u redu, kada počne doba interstelarnog putovanja možemo tamo sagraditi restoran i nazvati ga Fokusna tačka. Duhovito, ali svakako nepotrebno, jer u stvarnom životu Sunce koje se nalazi u jednom fokusu je sasvim dovoljno za stabilne orbite planeta.

Devet planeta, dakle, ima Sunce u jednom, zajedničkom fokusu i još devet različitih fokusa. Postavlja se pitanje zašto NE bi putanje planeta bile kružnice? Možda je bolje pitanje zašto BI bile kružnice? Savršeno kružna orbita pretvara se u eliptičnu onog trenutka kada se brzina planete poveća ili smanji, što se može desiti često zbog gravitacionih uticaja drugih tijela.

Ukratko, kružna putanja je samo specijalni slučaj elipse, i ima veoma malu vjerovatnoću da se održi uslijed gravitacionih perturbacija. Ako ste tradicionalisti, možda vam se svidi putanja Venere koja najviše liči na kružnicu (najmanji ekscentricitet). Slične "kružnice" prave i dva satelita Jupitera – Io i Evropa. Tu su još Neptunov satelit Triton i Saturnov Tethys sa putanjama koje su skoro pa kružnice. S druge strane, liberalistima se možda dopadne veoma ekscentrična putanja

Plutona ili Marsa i Merkura. To su jedini planeti čija putanja liči na ovalnu ako bi se gledala "odozgo", možda od strane vanzemaljaca koji nam se približavaju.

Keppler je, takođe, pokazao da planeti ubrzavaju kako se približavaju Suncu, a kreću se najsporije kada su najdalje od Sunca. Zato planeti sa putanjama koje se približavaju obliku kruga (Neptun, Venera) imaju uniformnu brzinu kroz svemir dok npr. Mars, čija putanja je primjetno eliptična, neprestano ubrzava i koči kao neko ko tek uči da vozi automobil. I zemlja ima blago ovalnu putanju, što znači da smo u januaru bliži Suncu za nekih 4,8 miliona km nego u julu. To znači da u letargičnim ljetnim danima putujemo sporije (nekoliko hiljada km/h) oko Sunca, što u konačnici utiče na promjenu vremena izlazaka i zalazaka Sunca (na ovo još utiče i nagib naše ose). Slijedeći put kada ugledate elipsu možda pomislite da je to još jedan savršeni oblik. Na kraju krajeva, zašto ne bi bio?

Naša galaksija

"Radije bih razumio jedan jedini uzrok, nego bio perzijski car." (Demokrit)

1. Šta je Mliječni put?

Mliječni put (Mliječna staza, Kumova slama, Rimska cesta, Galaksija) je galaksija kojoj pripada naš Sunčev sistem, u kojem je Zemlja jedan od planeta. Noću je na nebu vidimo kao svijetli trag. Galileo Galilei je godine 1609. teleskopom ustanovio da je taj trag sastavljen od velikog broja zvijezda.

Mliječna staza prijevod je latinskog imena Via Lactea, dok je korijen riječi galaksija izveden iz grčke riječi galaxia – gala, galactos – mlijeko i prema grčkoj mitologiji Mliječna staza nastala je kada se po nebu izlilo mlijeko iz prsiju božice Here, dok je dojila Herakla.

Miječni puta sastoji se od tijela oblika diska sa središnjim ispupčenjem, haloa i korone. To je prečkasta spiralna galaksija čija je ukupna masa oko trilijun puta veća od mase Sunca. U Mliječnoj stazi nalazi se između 200 i 400 milijardi zvijezda i velika količina međuzvjezdane materije – svijetle i tamne. Mliječna staza je tvorevina u obliku diska ili sočiva prečnika oko 100000 svjetlosnih godina, a u poprečnom smjeru mnogo manje. U središtu se nalazi zadebljanje promjera od oko 30000 svjetlosnih godina. Analiza dinamike zvijezda i međuzvjezdane materije sugerira da svijetla materija (ona koja emitira elektromagnetsko zračenje) čini samo 10% ukupne mase galaksije. Ostatak čini tzv. tamna materija.

Materija nije ravnomjerno raspoređena između središta i ruba – većina materije se nalazi u spiralnim krakovima (četiri velika i dva ma-

nja – iako najnovije slike NASA-ina teleskopa Spitzer pokazuju da je Mliječni put prečkasta galaktika s dva, a ne četiri kraka).



Mliječni put snimljen sa rejona Bjelašnice (copyright: Alan Ćatović)

Spiralni krakovi su nakupine zvijezda i međuzvjezdane materije koje izgledaju kao da se "odmotavaju" od središta galaktike. Područja stvaranja zvijezda i područja joniziranog hidrogena nalaze se upravo u kracima. U područjima između krakova gustina materije je 2 do 3 puta manja nego u krakovima.

Sunce je od središta udaljeno oko 26000 svjetlosnih godina, unutar diska, na unutarnjem rubu kraka koji nazivamo Orionov krak. Cijela galaksija je u stanju kretanja, ali ne kao čvrsto tijelo, pa stalno mijenja svoj oblik (iako vrlo sporo za naše poimanje). Kao i ostale zvijezde, Sunce kruži oko centra galaksije. Za jedan puni krug mu treba oko 220 miliona godina i taj period se naziva kozmička godina.

Iznad i ispod diska se nalazi područje tzv. galaktičkog haloa. Halo sadrži oko 150 kuglastih skupova zvijezda. Kuglasti skupovi su nakupine (aglomeracije) najstarijih starih zvijezda u galaksiji. Vrlo je malo svijetle materije u halou u usporedbi s diskom galaksije, međutim, studije pokazuju da se upravo u halou nalazi većina "tamne materije" u galaksiji. Tamna materija se proteže do udaljenosti od čak 300000 svjetlosnih godina od središta i tvori galaktičku koronu.

Samo središte naše galaksije, koje se nalazi u smjeru sazviježđa Strijelac, je zaklonjeno od pogleda gustim neprozirnim oblacima prašine. Na sreću, prašina ne zaustavlja elektromagnetsko zračenje u infracrvenom, radio, gamma i rendgenskom dijelu elektromagnetskog spektra, pa se ta područja spektra koriste za istraživanje galaktičkog središta. Složeni radio izvor u blizini galaktičkog centra nazvan je Sagittarius A. Smatra se da se u središtu nalazi velika crna rupa čija masa još nije precizno utvrđena – procjene se kreću od 100 do 3 miliona masa Sunca.

2. Šta je međuzvjezdana materija?

Međuzvjezdana materija je rijetka materija koja se nalazi između zvijezda. U Mliječnoj stazi čini 10 do 15% vidljive materije, a njezinoj masi pridonosi najviše plin (99%), a vrlo malo prah (1%). Zbog upijanja i raspršenja svjetlosti u međuzvjezdanoj materiji, pri čemu

se plava boja raspršuje jače od crvene, udaljenije zvijezde manjeg su sjaja i svjetlost im je crvenija. Tako na primjer u pojasu Mliječne staze, na udaljenosti od 3000 svjetlosnih godina, svjetlost oslabi 5 puta. Međuzvjezdana materija otkriva se analizom zvjezdane svjetlosti. Plinoviti sastojci otkrivaju se pomoću tzv. mirnih spektralnih linija, tj. apsorpcijskih linija koje se vide u zvjezdanim spektrima, a koje pritom ne pokazuju pomake zbog kretanja zvijezda.

Međuzvjezdana materija nastaje iz neutralnog i joniziranog plina u atomskom i molekulnom obliku, prašine i kozmičkih zraka. Igra bitnu ulogu u astrofizici, budući da zvijezde nastaju iz međuzvjezdane materije koju zvjezdani vjetar i supernove raznose u međuzvjezdani prostor. Međuzvjezdana materija ispunjava međuzvjezdani prostor i polako se širi u međugalaktički prostor.

U međuzvjezdanoj tvari ima najviše atoma hidrogena, zatim helija, a sadrži većinu poznatih hemijskih elemenata. Također, ustanovljeno je više od stotinu vrsta molekula, među kojima ima vrlo složenih, a prevladavaju molekule ugljikovodika. Oblake neutralnih hidrogenovih atoma otkriva emisijska spektralna linija u području radio valova, s valnom dužinom 21 cm. Pomoću te spektralne linije proučava se građa spiralnih krakova Mliječne staze i drugih galaksija, jer je međuzvjezdana materija najgušća u krakovima; spiralni krakovi i glavnina međuzvjezdane materije usredotočeni su u sloju oko galaktičke ravnine, debljine 1000 svjetlosnih godina. Prosječna gustina plina iznosi 10^{-21} kg/m^3.

Prisutnost praha otkriva polarizacija svjetlosti zvijezda koja nastaje kada svjetlost prolazi kroz oblak čestica. Veličina čestica praha je oko 0,1 μm, a hemijski im sastav nije točno utvrđen; jezgra im se može sastojati od silikata, ugljika i željeza, a plašt od leda. Ustanovljeno je da čestice ugljika nastaju u zvjezdanom vjetru nekih crvenih divova.

Međuzvjezdana materija raspoređena je nejednoliko, pa se vide npr. gušći dijelovi prečnika od nekoliko svj. godina do nekoliko stotina svj. godina, čemu su tipičan primjer međuzvjezdane magline. U njih se ubrajaju svjetleće i tamne difuzne magline, planetarne magline

i ostaci supernovih. Hladni oblaci veće gustine mjesta su stvaranja zvijezda (Herbig-Haro objekti), a posebno to važi za divovske molekularne oblae čiji primjer je područje u sazviježđu Oriona. Međuzvjezdana materija nalazi se u stalnim promjenama: ugrađuje se u mlade zvijezde prilikom njihova nastanka, a napušta zvijezde tijekom njihovog razvoja ili eksplozivnog raspada.



Mliječni put i međuzvjezdana materija koja se sa Zemlje vidi u njemu
(copyright: Alan Ćatović)

U blizini zvijezda visoke temperature, oblaci hidrogena djelomično se joniziraju. Opažanjima u ultraljubičastom i rendgenskom područ-

ju spektra, iz svemirskih letjelica izvan Zemljine atmosfere, nađena su područja neba s temperaturama do milion stepeni i s vrlo malom gustinom jona. U međuzvjezdanu materiju ubraja se i kozmičko zračenje.

Vrlo razrijeđena materija prostire se i između galaksija, no milion je puta rjeđa od međuzvjezdane materije. Otkriva se apsorpcijskim spektralnim linijama galaksija. Rendgensko zračenje međugalaktičkog plina, temperature do desetak miliona stepeni, otkriveno je u središtima nekih skupova galaksija.

3. Šta se nalazi u centru naše galaksije?

U središtu naše galaksije nalazi se crna rupa mase 4,3 miliona veće od mase Sunca (Schwarzschild radijus od 12 miliona km ili 1/10 AU). U središtu divovske eliptične galaksije M87 (Virgo klaster) nalazi se crna rupa mase 3 milijardi puta veće od mase Sunca. Schwarzschild-ov radijus ove crne rupe je 9 milijardi km (2 puta udaljenost od Sunca do Neptuna).

4. Šta je Orion?

Orion je jedno od najpoznatijih i najprepoznatljivijih sazviježđa na noćnom nebu. Naziva se još i Lovac prema grčkoj mitologiji. Pozicionirano je u visini nebeskog ekvatora, što ga čini vidljim u cijelom svijetu, između sazviježđa Bika, Eridana, Velikog psa, Malog psa i Zeca.

Zbog svog karakterističnog oblika, sjajnih zvijezda koje ga sačinjavaju i vidljivosti na skoro cijeloj planeti, sazviježđe Orion (sl. ispod) se smatra jednim od najpoznatijih i najmarkantnijih sazviježđa. Njegov najupečatljiviji dio je tzv. Orionov pojas (koji sačinjavaju 3 zvijezde u istoj liniji) sa mačem. Tri zvijezde koje sačinjavaju ovaj pojas često se nazivaju Tri kralja. Na sjevernoj hemisferi, Orion je sazviježđe zimskog neba, vidljivo tokom jeseni i zime.

Najsjajnije zvijezde u ovom sazviježđu su: Betelgez, Rigel, Bellatrix, Mintaka, Alnilam, Alnitak i Saif. Betelgez, takođe poznat po svojoj Bayer oznaci Alpha Orionis je velika crvena zvijezda M tipa, super-

gigant koji se bliži kraju svog života. To je druga najsjajnija zvijezda u sazviježđu. Ova zvijezda predstavlja "desno rame lovca", a osma je najsjajnija zvijezda na noćnom nebu. Rigel je također poznata i kao Beta Orionis. To plava supergigant zvijezda, B tipa i šesta je najsjajnija zvijezda na noćnom nebu. Slično kao i zvijezda Betelgez, neće proći mnogo kada će nestati, ili urušavanjem – slučaj supernove ili odbacivanjem svojih vanjskih slojeva čime bi se pretvorila u bijeli patuljak. Ova zvijezda predstavlja "lijevo stopalo lovca". Belatriks je zvijezda koju je Johann Bayer označio kao Gamma Orionis, a poznata je i kao "Amazon Star". To je 22. najsjajnija zvijezda na noćnom nebu. Belatriks je plavi div tipa B premda je male veličine da bi eksplodirala u supernovu. Belatriks u sazviježđu Orion predstavlja "lijevo rame lovca". Mintaka koja se naziva još i Delta Orionis iz Bayera, je jedna od zvijezda iz Orionovog pojasa. To je sistem više zvijezda, sastavljen od velikog plavog diva B više masivnih bijelih zvijezda O-tipa. Mintaka je najzapadnija od tri zvijezde Orionovog pojasa. Alnilam je jedna od tri zvijezde iz Orionovog pojasa i nalazi se u centru, između Mintake i Alnitake. Alnilam je plava supergigant zvijezda tipa B. Iako je dvaput udaljenija od sunca u odnosu na Mintaku i Alnitaku, druge dvije zvijezde iz Orionovog pojasa, jednako je sjajna zvijezda. Alnilam brzo gubi masu, kao posljedica svoje veličine, te joj je do kraja preostalo još približno oko 4 miliona godina. Alnitak poznata kao i Zeta Orionis je najistočnija zvijezda u Orionovom pojasu i čini njegov istočni pojas. To je trostruka zvijezda udaljena oko 800 svjetlosnih godina daleko, s primarnom zvijezdom koja je plavi supergigant, sa klasom sjaja O na noćnom nebu. Saif je dobila i ime Kappa Orionis a predstavlja "nogu" lovca. Prema veličini i udaljenosti slična je zvijezdi Rigel ali je znatno blijeđa. Kao rezultat površinske temperature (oko 26000° C) većinu svoje svjetlosti emituje u ultraljubičastom spektru. Od ostalih manjih zvijezda tu su još Hatsja koja predstavlja vrh Orionovog mača, Meisa koja predstavlja "glavu lovca". Kao i kod mnogih drugih sjajnih zvijezda, nazivi Betelgez, Rigel, Saif, Alnitak, Mintaka, Alnilam, Hatsja i Meisa potiču iz arapskog jezika.



Poznati mozaik od 56 snimaka (256h ekspozicije) "Oblaci Oriona (ili Galaktički lovac)" na kojem se vidi sazviježđe Orion i nekoliko zanimljivih nebeskih objekata (maglina Konjska glava, maglina Orion (M42), Barnardova petlja, itd) i čija ugaona širina odgovara ugaonoj širini 1443 puna Mjeseca. (copyright: Rogelio Bernal Andreo)

5. Zašto nema kvazara u blizini naše galaksije?

Kvazar (eng. quasi-stellar radio source) je nebesko tijelo koji prividno izgleda kao obična zvijezda s vrlo izraženim pomakom prema crvenom dijelu spektra. Naučnici se slažu da je uzrok tog pomaka isključivo kozmološke prirode, rezultat Hubbleovog zakona prema kojem kvazari moraju biti vrlo udaljena nebeska tijela koja zrače desetke puta više energije nego obične galaksije. Smatra se da su u pitanju jezgre aktivnih galaksija ranog svemira. Jedan kvazar može proizvesti energije bilion puta (10^{12}) veću nego naše Sunce.

Neki kvazari pokazuju brze promjene u jakosti svojeg sjaja, što upućuje na činjenicu da su malih dimenzija. Prema trenutno dostupnim podacima, najveći zabilježeni crveni pomak nekog kvazara doseže 6.61 (PSO J006.1240+39.2219) što je vrlo važno svojstvo, jer upućuje na iznimnu udaljenost. Kozmološkim proračunima se ustvrdilo da najstariji kvazari po svojem vremenu postanka odgovaraju vremenu početka formiranja galaksija.

Kvazari su rijetki zbog toga što ustvari više ne postoje. Postojali su nekada, negdje. Pokazuju UV, pojačanu aktivnost koju su galaktička jezgra u mladosti ispoljavala. Možda je i naša galaksija bila kvazar u mladosti.

Kvazari, dakle, ne izbjegavaju naš prostor već naše vrijeme.

Zvijezde

"Moj je cilj dokazati da nebeski stroj nije nikakvo božansko biće, živo biće, nego svojevrstan satni mehanizam." (Johannes Kepler)

1. Kako nastaju zvijezde?

Zvijezda se rađa u hladnom oblaku prašine, tako raspršenom da je praktično prazniji od vakuuma na Zemlji. U toj će se maglini nekoliko čestica skupiti zajedno. Od tog ugruška sve počinje. To zguščavanje privlači druge čestice te zajednica čestica postaje tako masivnom da gravitacija počinje svoj neumoljivi posao, pa se čitav oblak urušava sam u sebe. Materija se strmoglavljuje prema središtu. Oblak postaje gušći i kompaktniji, temperatura raste i amorfna se masa sažima u protozvijezdu. Ponekad je takve zvijezde moguće i vidjeti. Iako su skrivene u prašnjavim čahurama koje zagrađuju put vidljivoj svjetlosti, one se ipak pokazuju kao izdvojene mrlje koje zrače infracrvene zrake i ističu se na užarenoj pozadini magline, te su poznate pod imenom Bokove globule (prema nizozemskom astronomu Bartu J. Boku). U protozvijezdi, urušavanje se nastavlja. Atomi zuje na sve strane i gasovi počnu svjetliti. Kad temperatura dosegne oko 10.000.000°C pokreće se nuklearna fuzija. Lišeni elektrona, atomi vodika udaraju jedan u drugog tako žestoko da nastaje helij. Trajanje toga mijenja se od slučaja do slučaja. Prije nego što zvijezda velika kao Sunce bude spremna za "paljenje", znaju proći i milioni godina, ali protozvijezdi petnaest puta većoj od Sunca dosta je i 10.000 godina – samo treptaj kozmičkog oka – da upali svoju nuklearnu peć. U tom je trenutku zvijezda rođena.

Napokon se gravitacijska privlačnost i eksplozivna karakteristika nuklearne energije usklade, pa zvijezda dostiže stanje ravnoteže. Aludi-

rajući na Hertz-sprung-Russellov dijagram koji prikazuje demografiju zvijezda, astronomi tu dugu, dosadnu zrelu fazu u životu zvijezda zovu glavnim nizom. Zvijezde, međutim, na tom glavnom nizu ne ostaju vječno. Trajanje zvijezdinih života, baš kao i način njihovih umiranja, zavisi najviše od njihove mase. Veliku masu zvijezda – više od 90% zvijezda u Mliječnoj stazi – čine hladne i tamne zvijezde, manje od Sunca. Za razliku od većih, blistavijih zvijezda, male zvijezde troše svoje gorivo štedljivo i žive dugo – možda čak i čitavih 500 milijardi godina. Ako je svemir toliko mlad kako to misli većina astronoma – to jest, ako ima 10 do 20 milijardi godina – onda od njegovog početka nije umrla nijedna od tih malih zvijezda. Velike zvijezde, s druge strane, žive brzo, umiru mlade i nestaju uz prasak.

2. Kako su nastali hemijski elementi (nukleosinteza)?

Ideja o nastanku hemijskih elemenata javila se pedesetih godina prošlog vijeka. Tvorci ove ideje su Gamov, Alpher, Bethe i Herman.

Svemir je nastao eksplozijom koja je ispunila sav prostor od samog početka. U djeliću sekunde nakon eksplozije temperatura je iznosila oko 100 milijardi Kelvina (10^{11} K) i ona je toliko velika da atomi, pa čak ni jezgra ne mogu da egzistiraju. Materija se sastojala od elementarnih čestica: elektrona, pozitrona, neutrina, fotona i male količine protona i neutrona.

Nukleosinteza se dogodila kada se svemir širenjem toliko ohladio da je postalo moguće da opstanu prva jezgra. Iako je sama nukleosinteza trajala nekih 5 minuta, prvi atomi su morali da sačekaju još 300 000 godina kako bi se svemir uslijed širenja ohladio na 3000 K.

Nakon rekombinacije, svemir je postao pun neutralnih atoma, a fotoni su tada počeli da se slobodno prostiru i kosmos je postao prozračan.

Proračuni Alphera i Hermana su pokazali da bi svemir danas trebalo da bude ispunjen mikrotalasnim zračenjem koje bi trebalo da dolazi iz svih pravaca, a koje potiče od fotona oslobođenih upravo pri rekombinaciji.

Zato je otkriće mikrotalasnog pozadinskog šuma 1965. godine na temperaturi od oko 3K predstavljalo jedno od najznačajnih otkrića dvadesetog vijeka. Penzias i Wilson su, mada sasvim slučajno, detektovali signal iz svemira za koji se ispostavilo da dolazi iz svih pravaca. To je govorilo o tome da je svemir 300 000 godina nakon Velike eksplozije (Big Bang) bio homogen i izotropan.

Razlikujemo prvobitnu kozmološku nukleosintezu lakih elemenata, koja se odvijala neposredno nakon velikoga praska, i nukleosintezu koja se u kasnijoj historiji svemira odvija u zvijezdama.

Nastanak hidrogena i helijuma omogućio je rađanje prvih zvijezda. Samo ta dva laka elementa mogla su da prežive i izrone iz nevjerovatnog vrtloga kosmičkog rađanja. Ali svima je poznato da je svijet oko nas sastavljen od mnogo težih elemenata. Tu ima kiseonika i nitrogena u vazduhu koji udišemo, kalcijuma i kalijuma u našim kostima, a željezo je u krvi koja teče našim venama.

Smatra se da je primordijalna nukleosinteza (stvaranje hidrogena i helijuma) trajala dosta kratko, oko 15 minuta. Formiranjem prvih zvijezda stvorile su se fabrike za proizvodnju težih hemijskih elemenata. Temperatura u jezgru zvijezde mora iznositi 10^7 K da bi obezbjedila fuziju hidrogena u helijum. U jezgrima masivnijih zvezda temperatura je mnogo veća, ona iznosi $20 \cdot 10^6$ K, pa je moguća i fuzija težih elemenata.

Kada se istroši hidrogen dolazi do narušavanja ravnoteže između pritiska i gravitacionog sažimanja pa dolazi do kompresije zvijezde uslijed čega se povećava temperatura što omogućava formiranje težih elemenata. Sada glavnu ulogu ima helijum. Tri helijumova jezgra se fuzionišu (spajaju) u jezgro ugljenika.

Da bi nastali još teži elementi, potrebno je da se u jezgru zvijezde dostigne određena temperatura. Zbog toga je jasno da ovu privilegiju nemaju sve zvijezde. Ako temperatura u jezgru zvijezde dostigne 10^8 K, time se ostvaruju uslovi za formiranje težih elemenata.

Nakon potrošnje zaliha helijuma, jezgro zvijezde se sastoji pretežno od ugljenika i kiseonika i drugih težih elemenata. Tada dolazi do fuzije još težih elemenata za koje je potrebna veoma visoka temperatura (milijardu Kelvina!) što mogu da obezbjede jedino najmasivnije zvezde.

Na ovaj način je djelimično završena zvjezdana nukleosinteza iako još nije kraj. Potrebno je objasniti postojanje elemenata težih od željeza.

U mnogim reakcijama oslobađaju se neutroni što omogućuje njihovu interakciju sa željezom. Dodavanjem neutrona željezu dobijaju se izotopi željeza dok se ne formira radioaktivni izotop koji se raspada na stabilnije jezgro i cijeli proces se nastavlja.

Željezo-59 je nestabilno uslijed čega se raspada na kobalt-59. Raspad traje otprilike mjesec dana i onda dolazi do slijedećeg zahvata neutrona uslijed čega se formira nikl-60 i ostali elementi do rednog broja 83 (bizmut-209). Ovaj proces je karakterističan za krajnje stadijume u životu zvijezda.

Ovaj proces ipak ne može da objasni postojanje nekih rijetkih teških elemenata za koje danas znamo. Da bi se formirali ti teški elementi (npr. uranijum, torijum), potrebni su brzi zahvati neutrona kako se atomi ne bi raspali na stabilnije (najstabilniji atom ima redni broj 83). Pretpostavlja se da se taj proces javlja u trenutku eksplozije supernove.

Svaka eksplozija supernove označava smrt jedne ogromne zvijezde, ali supernova nije samo simbol nestanka, ona je i znak novog stvaranja, novog početka. Ove snažne eksplozije obogaćuju međuzvjezdani prostor svim teškim elementima. Od tih novonastalih elemenata može se stvoriti neka nova generacija zvijezda, a oko te zvijezde mogu nastati planete, a na nekoj od tih planete može nastati i neki oblik života.

Kad slijedeći put pogledate u zvijezde, sjetite se da je većina hemijskih elemenata nastala zahvaljujući zvijezdama i da je solarni sistem, i Zemlja i mi s njim, nastao upravo od "zvjezdanog praha".

3. Kako umiru zvijezde?

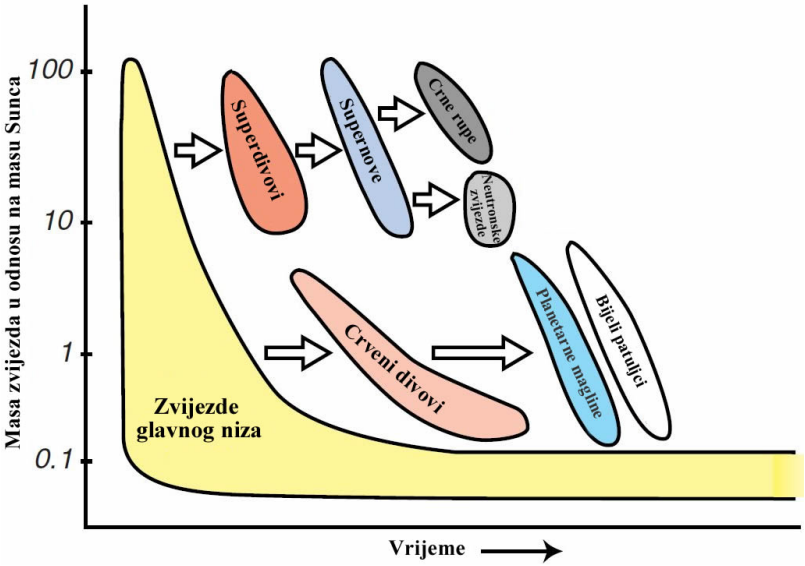
Zvijezda umire kad iskoristiti svo svoje nuklearno gorivo, ali pojedinosti o njenoj smrti variraju, ovisno o početnoj masi.

U zvijezdama vrlo male mase (manje od 0,4 puta solarne mase), toplina jezgre raspršuje se uglavnom konvekcijom, tj. kretanjem plinova koji se zagrijavaju dolaskom u kontakt s jezgrom i, kao rezultat, postaju manje gusti, dižu se do površine gdje se hlade, a zatim ponovo idu natrag prema jezgri kako bi se ciklus ponovio. Ovi pokreti kontinuirano dovode vodik u jezgru, održavajući nuklearnu fuziju koja se tamo održava, pri čemu se jezgra malo po malo povećava. Ali kada se sav vodik potroši, zvijezda se pretvara u loptu inertnog helija. Taj je proces izuzetno spor, i traje na stotine milijardi godina.

U zvijezdama srednje mase poput našeg Sunca, energija iz jezgre zrači u unutrašnjem području zvijezde, a konvekcija je ograničena na vanjski sloj, što znači da se samo vodik u jezgri može koristiti. Jednom kada se vodik potroši, jezgra se komprimira (skuplja) pod pritiskom iz gornjih slojeva gasa u zvijezdi. Ovo zauzvrat povećava temperaturu jezgre i dolazi do fuzije vodika u sferičnoj ljusci koja ga okružuje. Ovo novo oslobađanje energije sada prisiljava vanjske slojeve zvjezdane atmosfere da se šire i zvijezda postaje crveni div. Proces se zatim ponavlja, ali ovaj put sa pojavom fuzije helija u jezgri pri čemu se proizvode ugljik i kisik. Istovremeno, nastavlja se širenje vanjskih slojeva, čineći zvijezdu još većom. Kad je helij u jezgri potrošen, jezgra se skuplja. Ovo je ponovo zagrijava, i zvijezda sada izbacuje svoje vanjske slojeve i postaje planetarna maglina. Naposljetku, sve što je preostalo od izvorne zvijezde je mala, gusta, vruća jezgra ugljika i kisika, zvana bijeli patuljak.

Kada je masa zvijezde velika, tj. najmanje osam puta veća od mase Sunca, zvijezda također ulazi u fazu diva nakon što se potroši vodik u jezgri, ali u ovom slučaju događaj je nezamislivo nasilan i zvijezda postaje superdiv. Temperatura u jezgri superdivova je veća nego u zvijezdama prosječne mase i nuklearna fuzija se dešava i nakon sinteze ugljika. Konačno, zvijezda uništava samu sebe nezamislivom ek-

splozijom (tzv. Supernova). Jezgra tada implodira i ostaje iznimno gust objekt koji može biti neutronska zvijezda ili crna rupa.



Šematski prikaz evolucije zvijezda prema njihovoj masi. Vremenska skala je relativna (copyright: Pierre-Yves Bely, Carol Christian, Jean-René Roy)

Neutronska zvijezda je sfera prečnika oko 10 do 20 km u kojoj je gustoća materije toliko visoka da su protoni i elektroni spojeni pri čemu nastaju neutroni. Bez električnog naboja koji bi ih odbijali, neutroni se zbijaju do točke da postaju u stvarnom kontaktu međusobno, dajući fenomenalno veliku gustoću objektu. Ako bi Zemlju toliko sabili, došla bi na veličinu fudbalskog igrališta.

Što se tiče crnih rupa, ovdje se radi o nezamislivoj koncentraciji (gustini) materije, pri čemu ni svjetlost ne može pobjeći sa zvijezde.

Zvijezde male mase mogu živjeti stotine milijardi godina. Zvijezde prosječne mase, poput Sunca, stabilne su oko 10 milijardi godina na glavnom nizu, a zatim 100 miliona godina u fazi crvenog diva. Zvijez-

de velike mase troše oko 70 miliona godina na glavnom nizu, a zatim 5 miliona u svojoj fazi superdiva. Eksplozije Supernove traju otprilike 10 sekundi, ali objekt koji pri tome nastaje ostaje sjajan mjesecima.

4. Koliko zvijezda ima na nebu?

Ljudi misle da kada pogledaju u nebo vide milione zvijezda. Ustvari, mogli bi preobrojati sve zvijezde koje vidimo na nebu za pola sata.

Bez svjetlosnog zagađenja, prema procjenama, s cijele Zemlje ukupno, golim okom je vidljivo 8000-10000 zvijezda, a skoro svaka od njih je veća i sjajnija od našeg Sunca. Koliko zvijezda ima u cijelom svemiru teško je procijeniti, jer nismo sigurni da li je svemir beskonačan.

Smatra se da u našoj galaksiji, Mliječnoj stazi, ima i do 200 milijardi zvijezda.

Prema novijim istraživanjima (NASA), mjereći infracrvenu svjetlost između galaksija, došlo se do zaključka da pola zvijezda u svemiru možda prebiva van galaksija, pri čemu se došlo do grube brojke od 100 kvadrilijardi (10^{29}), broj koji nitko od nas ne može ni zamisliti.

Recimo to ovako: na Zemlji živi preko 7 milijardi ljudi ($7 \cdot 10^{9}$), a pretpostavlja se da ima preko 300 bilijardi mrava ($300 \cdot 10^{15}$). Kad bi mravima dodijelili jednak broj zvijezda, svaki od njih bi dobio 300 milijardi zvijezda samo za sebe.

Kad smo već kod naziva velikih brojeva, da kažemo nešto i o tome.

Od velikih brojeva u literaturi se susrećemo sa brojevima:

> milion (10^{6}), milijarda (10^{9}), bilion (10^{12}), bilijarda (10^{15}), trilion (10^{18}), trilijarda (10^{21}), kvadrilion (10^{24}), kvadrilijarda(10^{27}), itd. Broj 10^{100} se zove googol, a googolplex je 10^{googol}.

5. Da li vidimo zvijezde u realnom vremenu?

Ne, jer mi, ustvari, uvijek gledamo u prošlost zbog toga što svjetlost ima konačnu brzinu (300000 km/s). Svjetlosti sa udaljenih zvijezda i galaksi-

ja treba toliko vremena da dođu do nas da ih ustvari vidimo ne kakve su sada nego kakve su bile u prošlosti, tj. gledamo nazad u prošlost.

Npr. Sunčevoj svjetlosti treba 8,5 minuta da dođe do nas, što znači da gledamo u Sunce kakvo je bilo prije 8,5minuta. Najbliža zvijezda od nas, Proxima Centauri, udaljena je 4,2 svjetlosne godine od Zemlje, što znači da je vidimo onakvu kakva je bila prije 4,2 godine.

A najbliža galaksija (Andromeda) je od nas udaljena 2,5 miliona godina, što znači da sada gledamo Andromedu kakva je bila prije 2,5 miliona godina.

6. Koja je udaljenost do nama najbliže zvijezde?

Nama najbliža zvijezda, Proxima Centauri, je udaljena oko 4,2 svjetlosne godine, što je približno 40 biliona kilometara. Svojom prosječnom brzinom od 30000 km/h, Space Shuttle-u bi trebalo oko 150 000 godina do nje.

Udaljenost da nama najblize zvijezde može se i vizuelizirati, tako što se može poredati 30 miliona Sunaca, jedno do drugog, ili 3 milijarde Zemlji, jedna do druge.

A ako bi vozili auto brzinom 110 km/h do najbliže zvijezde bi došli za 365 milijardi godina.

Još jedna zanimljivost: prečnik atoma manji je od prosječne visine čovjeka onoliko koliko je prosječna visina čovjeka manja od razdaljine između nas i zvijezde Alpha Centauri.

7. Koja je najveća i najluminoznija zvijezda?

Najluminoznija (zrači najveću količinu energije u jedinici vremena), a ujedno i najveća (mase 256-325 Sunčevih) zvijezda koju poznajemo je zvijezda sa oznakom R136a1 (nalazi se u otvorenom skupu NGC 2070 u maglini Tarantula). Ona ima 8,7 miliona puta veći luminozitet od Sunca, sa površinskom temperaturom od oko 53000K. Udaljena je oko 160 000 svj. godina i nalazi se u Velikom Magelanovom Oblaku.

Tu je i zvijezda Pištolj – plavi superdiv, jedna od najluminoznijih zvijezda u Mliječnoj stazi. Ova zvijezda je dobila ime po maglini oblika pištolja koju zvijezda osvjetljava. Udaljena je 25 000 svjetlosnih godina od Zemlje u smjeru sazviježđa Strijelac. Bila bi vidljiva golim okom kao zvijezda 4. magnitude da nije međuzvjezdane prašine koja je skriva od pogleda. Smatra se da je ova zvijezda prije 4000 do 6000 godina izbacila materijal mase 10 Sunčevih masa. Vjetar sa ove zvijezde je više od 10 milijardi puta jači od Sunčevog vjetra (solarni vjetar). Očekuje da će završiti kao Supernova ili Hipernova za 1 do 3 miliona godina. Smatra se da joj je masa između 86 i 92 Sunčeve. Ova zvijezda svakih 20 sekundi izrači onoliko energije koliko izrači Sunce za godinu dana.



Zvjezdani skup NGC2070 u kojem se nalazi zvijezda R136a1
(copyright: NASA, ESA)

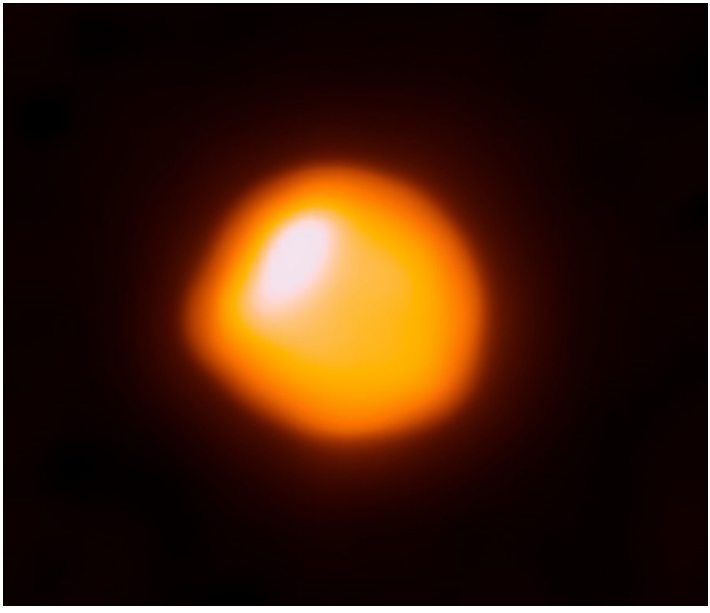
8. Da li su neke zvijezde koje vidimo na nebu već odavno nestale?

Neki smatraju kako je većina zvijezda koje gledamo davno mrtva, nestala, da vidimo samo njihove slike koje dolaze godinama do nas.

Ovo ne može biti istina jer se prosječan život zvijezda mjeri milijardama godina. Šanse da neka zvijezda umre u veoma kratkom periodu (100-1000 godina) tokom kojih njena slika putuje do Zemlje su minimalne. Pomnožite to sa brojem vidljivih zvijezda (npr. 10000) i još uvijek su izgled 1 na prema nekoliko stotina da čak i jedna zvijezda nije tamo.

9. Po čemu su zanimljive crvene zvijezde na nebu?

Obične crvene zvijezde su toliko "blijede" (slabog luminoziteta) da ih uopšte ne možemo vidjeti. Zato, kada primjetite crvenkastu zvijezdu na nebu – postoji desetak takvih koje možemo vidjeti golim okom – možete sa sigurnošću zaključiti da su to divovske zvijezde.



Betelgeza, snimljena sa ALMA teleskopom (copyright: ALMA)

Samo zvijezda sa velikom površinom radijacije može kompenzirati tako slab luminozitet. Npr. zvijezda Betelgeza u sazviježđu Orion je toliko velika da kada bi je zamislili kao sferu veliku kao zgrada sa 20 spratova onda bi Zemlja bila tačka na kraju ove rečenice. Betelgeza je toliko velika da se, iako je udaljena 500 svj. godina, kroz Hubble teleskop vidi kao disk – sfera Betelgeze, naime, vidi se kao košarkaška lopta na udaljenosti od 1300 km.

Većina drugih zvijezda u teleskopima se vidi kao tačkasti izvori svjetlosti. Inače, Zvijezde koje "formiraju" sazviježđe Orion leže na udaljenosti od 20 do 2000 svjetlosnih godina od nas. Nikada ne bi mogli otputovati do Oriona jer bi uzorak nestao kako bi se približavali.

10. Da li su zvijezde kao što je Sunce uobičajene?

Većina zvijezda koje vidimo na nebu su binarni (dvojni) sistemi ili višestruki sistemi zvijezda. Binarne i višestruke zvijezde predstavljaju sistem od dvije ili više zvijezda koje su toliko međusobno blizu da se kreću jedna oko druge, odnosno, da se okreću oko zajedničkog težišta na eliptičnim putanjama (zajednički centar mase). To znači da je naš (solarni) sistem (1 zvijezda, Sunce) više anomalija nego pravilo. U novije vrijeme se spominje Sunčev pratioc, zvijezda koja povremeno prilazi Solarnom sistemu i izaziva poremećaje kretanja, ali ta hipoteza još uvijek nije dokazana.

11. Koja je najmanja otkrivena zvijezda dosad?

Najmanja zvijezda koja je dosad otkrivena, tek nešto veća od Saturna i sa gravitacijom oko 300 puta većom nego što je ljudi osjećaju na Zemlji, je zvijezda sa oznakom EBLM J0555-57Ab (2017 godina otkrića), udaljena oko 600 svjetlosnih godina, i dio binarnog sistema zvijezda. Da je ova zvijezda bila nešto manje mase, ne bi mogla bit imoguća fuzija i zvijezda bi bila smeđi patuljak. Detektovano je metodom tranzita dok je prolazila ispred druge zvijezde u ovom binarom sistemu.

12. Kozmički dijamant

Najveći dijamant nije pronađen na Zemlji nego daleko u galaksiji. To je "izgoreno" tijelo zvijezde BPM 37093, udaljeno oko 50 svjetlosnih godina od Zemlje, u pravcu sazviježđa Kentaur. Ova zvijezda bijeli patuljak, prečnika oko 4000 km, je komad kristaliziranog ugljika (otkriveno na osnovu mjerenja njenog pulsiranja) mase slične masi Sunca. Budući da je i dijamant vrsta kristaliziranog ugljika, ova zvijezda prozvana je Lucy, prema pjesmi *Lucy in the Sky with Diamonds* (The Beatles). Lucy je nekada sijala kao naše Sunce, a sada joj je sjaj tek 1/2000 dio sjaja Sunca. Inače, ova zvijezda je jedan od najmasivnijih bijelih patuljaka ikad pronađen.

I naše Sunce će u dalekoj budućnosti (za nekih 7 milijardi godina) postati sličan dijamant.

13. Šta su to zvjezdani skupovi?

Zvjezdani skup je je grupa zvijezda koje zajedno drži gravitacija, a koje su često istog porijekla i koje se kreću u galaktičkom gravitacijskom polju kao jedna cjelina. Neki zvjezdani skupovi, također, sadrže osim zvijezda i oblake međuzvjezdanog gasa i/ili međuzvjezdane prašine. Dijelimo ih obično na dvije vrste: kuglaste i otvorene.

Kuglasti skup (npr. M3, M5, M13) je sfeoridan skup zvijezda koji orbitira oko središta galaksije kao satelit. Kuglasti skupovi su nastali u područjima gdje je formiranje zvijezda olakšano većom gustinom materijala. Kada zvijezde nastanu one počnu gravitacijski utjecati jedna na drugu međusobno Zvijezde u kuglastim skupovima su čvrsto povezane gravitacijom što daje skupovima njihov karakterističan sferoidan oblik. Zbog uticaja gravitacije, gustina zvijezda u skupu je velika i raste prema središtu. Kuglasti skupovi se većinom nalaze u tzv. halo-u oko galaksije i mnogo su stariji, veći i gušći od otvorenih skupova u disku galaksije. Oko Mliječnoj stazi dosad ih je otkriveno oko 150 i postoji još možda 10 ili 20 neotkrivenih. Veće galaksije, poput Andromede sadrže i po 500 skupova. Divovske eliptične galaksije poput M87 sadrže i do 10000 kuglastih skupova.



Kuglasti skup M80 u pravcu sazviježđa Škorpija udaljen 30 000 svjetlosnih godina od nas (izvor: Wikipedia)

Kuglasti skupovi se sastoje uglavnom od starih zvijezda s malo metala (u astronomiji je to bilo koji element teži od helijuma). Zvijezde s malo metala se inače nazivaju Populacija II. Prosječan kuglasti skup sastoji se od oko 100000 zvijezda. Vjeruje se da neki kuglasti skupovi s veoma gustim jezgrama sadrže crne rupe. Prema posmatranjima teleskopa Hubble, čini se da kuglasti skup M15 u svom središtu skriva crnu rupu 4000 puta veće mase od Sunca. U kuglastom skupu Mayall II u galaksiji Andromeda vjerojatno se nalazi crna rupa mase 20000 veće od Sunčeve.

Otvoreni skup (npr. M44, M45, M67, Collinder 50) je grupa mladih zvijezda nastala iz istog molekularnog oblaka. Skupovi mogu sadržavati od desetak do nekoliko hiljada zvijezda koje su slabo povezane gravitacijskim utjecajem. Otvoreni skupovi se nalaze samo u spiralnim i nepravilnim galaksijama u kojima se događa proces aktivne formacije zvijezda. Većina otvorenih skupova je mlađa od sto miliona godina. Zbog slabe gravitacijske povezanosti, otvoreni skupovi se brzo raspadaju zbog interakcije s oblacima plina, prašine i drugih zvijezda.



Otvoreni zvjezdani skup M67 (NGC 2682) snimljen iz Sarajeva
(copyright: Alan Ćatović)

Mladi otvoreni skupovi mogu sadržavati ostatke molekularnog oblaka iz kojeg su nastale, pri čemu nastaju magline uslijed dejstva zvijezda na okolni gas i prašinu. Intenzivno zračenje mladih zvijezda razbija te oblake i zato su oni kratkog vijeka. Sve zvijezde nastale su u otvorenim skupovima. Veliki oblak prašine i plina s masom nekoliko desetina sunčeve urušit će se i formirati više zvijezda, a ne samo jednu masivnu. Formiranje otvorenih skupova započinje urušavanjem dijela molekularnog oblaka, gust oblak plina i prašine s masom nekoliko hiljada puta većom od Sunčeve.

Mnogi faktori mogu izazvati urušavanje oblaka ili dijela oblaka koji će izazvati formiranje otvorenog skupa. Među te faktore ubrajamo udarne valove izazvane obližnjom Supernovom (eksplozija masivne zvijezde) ili sudar s drugim molekularnim oblakom. Kada se oblak počne urušavati pojavit će se u njemu gušće nakupine materijala. Te nakupine će se dijeliti u sve manje i manje grudvice i na kraju će to rezultirati nastankom zvijezda. Vjeruje se da u našoj galaksiji svakih nekoliko hiljada godina nastane jedan otvoreni skup. Kada skup nastane, mlade, sjajne i najmasivnije zvijezde (koje pripadaju spektralnim klasama O i B) počet će zračiti ogromne količine UV zračenja. Zračenje uzrokuje brzu jonizaciju ostatak molekularnog oblaka iz kojeg su nastale zvijezde. Jonizacija uzrokuje nastanak HII regija. Zvjezdani vjetrovi masivnih zvijezda i radijacijski pritisak tjeraju te oblake dalje od otvorenog skupa. Za nekoliko miliona godina otvoreni skup će doživjeti prvu Supernovu koja će ubrzati istjerivanje plina iz skupa. Nakon nekoliko desetaka miliona godina u otvorenom skupu neće više biti plina. U tipičnom slučaju, na formiranje otvorenog skupa se potroši tek 10% dostupnog materijala. Nije neobično naći nekoliko otvorenih skupova nastalih iz istog molekularnog oblaka. Među otvorenim skupovima moguće je naći primjerke s tek nekoliko zvijezda razbacanih po velikom prostoru ili kao suprotnost, guste skupove s nekoliko hiljada članova.

Postoji oko 1000 poznatih otvorenih skupova u našoj galaksiji ali njihov stvarni broj možda je i deset puta veći. U spiralnim galaksijama otvoreni skupovi se mogu pronaći u spiralnim krakovima, gdje je gustina plina i prašine najveća kao i intenzitet formiranja zvijezda.

U našoj galaksiji mlađi otvoreni skupovi se nalaze bliže središtu, gdje su plimne sile jače i molekularni oblaci gušći. Stariji otvoreni skupovi nalaze se u vanjskim dijelovima galaksijskog diska. Kako se otvoreni skupovi raspršе prije nego što zvijezde u njima dosegnu naprednije evolucijske stadije, svjetlošću otvorenih skupova dominira svjetlost mladih, plavih zvijezda. Te zvijezde su najmlađe i najmasivnije te je njihov životni vijek tek nekoliko desetaka miliona godina. Stariji otvoreni skupovi zato sadrže većinom žute zvijezde.

Kada se otvoreni skup raspadne iza njega će ostati grupa zvijezda s sličnim smjerom kretanja i brzinama. Takve grupe zvijezda se zovu zvjezdane asocijacije, pokretni skupovi ili pokretna grupa. Najsjajnije zvijezde u sazviježđu Veliki medvjed primjer su takve grupe.

14. Šta su Plejade?

Svemir je sve samo ne crn. Plejade (M45) su prelijepi otvoreni skup zvijezda koji sadrži većinom zvijezde tipa B i nalazi se u pravcu sazviježđa Bik. Jedan je od nama najbližih zvjezdanih skupova i lako se prepoznaje na noćnom nebu. Skupom dominiraju vruće plave i ekstremno luminozne zvijezde koje su se formirale u posljednjih 100 miliona godina.

Zvijezde prolaze kroz prašinu koja formira blijedu refleksionu maglinu sa delikatnim filamentima. Numeričke simulacije pokazuju da su Plejade vjerovatno formirane iz konfiguracije koja podsjeća na Orionovu maglinu (M42).



Otvoreni skup Plejade snimljen iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

Astronomi predviđaju da će zvjezdani skup Plejade preživjeti još nekih 250 miliona godina nakon čega će doći do disperzije skupa zbog gravitacionih interakcija u blizini.

15. Zvjezdane jaslice

Zvjezdani skup Jaslice (Košnica, M44, NGC 2632) je još jedan prelijepi otvoreni zvjezdani skup, u pravcu sazviježđa Rak. Skup je vidljiv golim okom i bio je poznat još Grcima. Prvo teleskopsko promatranje izveo je Galileo Galilei. Galileo je skup razlučio na zvijezde (nabrojio ih je 36). Charles Messier uvrstio ga je u svoj katalog 4 marta 1769. godine.

Starost skupa je procijenjena na 730 miliona godina. Njegova starost i smjer kretanja poklapa se s otvorenim skupom Hijade u sazviježđu Bik. Vjeruje se da su Jaslice i Hijade nastale u isto vrijeme iz istog međuzvjezdanog oblaka prašine i plina.

Udaljenost ovog zvjezdanog skupa je oko 577 svjetlosnih godina. Njegov prividni prečnik je 1,5 stepeni što odgovara stvarnom prečniku od oko 15 svjetlosnih godina. Dosad je otkriveno oko 200 zvijezda koje pripadaju skupu premda bi ta brojka mogla porasti na 350. Skup sadrži nekoliko crvenih i bijelih divova.

Najsjanije zvijezde u skupu su plave zvijezde prividnog sjaja magnitude od +6 do +6,5.

Sku Jaslice ima prividni sjaj od magnitude +3,7. U tamnijim noćima lako je uočljiv kao mrljica u središtu sazviježđa Rak. Manji dvogled bit će dovoljan da razluči skup na pojedine zvijezde. Veći dvogledi i manji teleskopi pokazat će veći broj zvijezda. Veliki teleskopi kvare dojam skupa jer ne stane u njihovo vidno polje zbog velikog prividnog promjera.



Snimak M44 – Otvoreni zvjezdani skup Jaslice/Košnica
(copyright: Alan Ćatović)

16. Skup od 500 000 zvijezda

Kriminalno nezanimljivog imena, Messier 3 (M3, NGC 5272) je kuglasti skup u pravcu sazviježđa Lovački psi koji sadrži gotovo pola miliona zvijezda! Otkrio ga je Charles Messier 1764. godine, a prvi u zvijezde razlučio William Herschel 1784. godine.

Zvjezdani skup M3 je jedan od najspektakularnijih kuglastih skupova. Prividna magnituda ovog skupa je +6.2, a ugaoni prečnik je 18'. Na udaljenosti od 33900 svj. godine to odgovara sjaju 300000 puta većem od Sunčevog i stvarnom prečniku od 180 svjetlosnih godina.

Procjenjuje se da je masa ovog kuglastog skupa oko 245000 puta veća od Sunčeve mase. Starost skupa je procijenjena na 11,4 milijarde godina. Zbog velikog prividnog sjaja, M3 je moguće vidjeti i golim okom u tamnoj noći, daleko od rasvjete i gradova.



Kuglasti skup zvijezda M3, snimljen iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

17. Veliki Herkulov Skup

Messier 13 (M13 ili NGC 6205) ili tzv. Veliki Herkulov Skup je kuglasti zvjezdani skup otkriven 1714. godine. Skup je otkrio Edmond Halley, a Charles Messier ga je uvrstio u katalog 1. juna 1764. godine.

Veliki Herkulov Skup se nalazi u pravcu sazviježđa Herkul, na udaljenosti od oko 25000 svj. godina. Prividni prečnik skupa je 20' što na toj udaljenosti odgovara linearnim dimenzijama od 146 svj. godina. Skup se sastoji od nekoliko stotina hiljada zvijezda!

Prema njegovoj jezgri, koncentracija zvijezda je 500 puta veća nego u okolini Sunčevog sistema. Dosad su u skupu otkrivene 33 promjenjive zvijezde od kojih je najsjajnija zvijezda V11 sa prividnim sjajem od +11.95 magnituda. Messier 13 se kroz prostor kreće brzinom od 245 km/s i trenutno nam se približava.

Jedna zanimljivost vezana je za ovaj skup. Naime, radioteleskop u Arecibu je 1974. godine poslao poruku mogućim "stanovnicima" neke planete u tom zvjezdanom skupu.



Veliki Herkulov Skup (M13) – nekoliko stotina hiljada zvijezda, snimljen iz Sarajeva. (copyright: Alan Ćatović)

Poruka se sastojala od 1679 binarnih znamenki, približno 210 bajtova, a emitirana je na frekvenciji od 2380MHz i modulirana pomicanjem frekvencije od 10Hz i sa snagom od 1000kW. Znamenke su emitirane frekvencijskim pomakom u iznosu od 10 bita po sekundi, a ukupno emitiranje trajalo je oko tri minute.

Poruku je napisao Frank Drake, kreator poznate Drake-ove jednadžbe, između ostalih i uz pomoć Carla Sagana.

Poruka se sastojala od sedam djelova, i to:
- brojevi od jedan (1) do deset (10)
- atomski brojevi elemenata (hidrogen, ugljik, nitrogen, kiseonik, fosfor) od kojih je sastavljena DNK
- formule za šećere i baze u nukleotidima DNK
- broj nukleotida u DNK i prikaz dvostruke spiralne strukture DNK
- prikaz čovjeka, dimenzije (tjelesna visina) prosječnog čovjeka i broj stanovništva na Zemlji
- prikaz Sunčevog sistema koji prikazuje s kojeg planeta poruka dolazi, i

– prikaz radio teleskopa u Arecibu i dimenzije (prečnik) tanjira antene.

S obzirom da će poruci trebati 25000 godina da stigne na svoje odredište (i dodatnih 25000 godina za mogući odgovor), poruka iz Areciba više je zamišljena kao demonstracija mogućnosti nedavno instalirane opreme u nadograđenom teleskopu kao i ljudskog tehnološkog napretka nego pravi pokušaj da se stupi u kontakt s izvanzemaljcima.

Čakštaviše, zvijezde unutar M13, prema kojima je poruka poslana, vjerovatno se neće ni nalaziti na tom položaju kada poruka stigne na svoje odredište.

18. Interstelarne (međuzvjezdane) poruke vanzemaljcima

U avgustu i septembru 1977. godine, svemirski brodovi Voyager 1 i Voyager 2 su lansirani sa misijom da istraže Sunčev sistem "od Jupitera do Neptuna" i, nakon njegovog napuštanja, istraže još misteriozniji dio svemira – međugalaktički prostor i sve ono poslije i prije njega. S kompjuterima koji su hiljadu puta slabiji od sadašnjih mobitela, dvije svemirske letjelice poslale su kući nevjerojatnu količinu slika i informacija o četiri gasovita diva.

Na svaki od Voyagera je pričvršćena jedna zlatna ploča – kao boca u moru, sa zadatkom da bilo kojoj inteligentnoj civilizaciji objasni našu. Na čelu stručnjaka koji su birali šta će se to staviti na ploče našao se Carl Sagan, poznati američki astronom i fizičar, idejni tvorac serijala Cosmos.

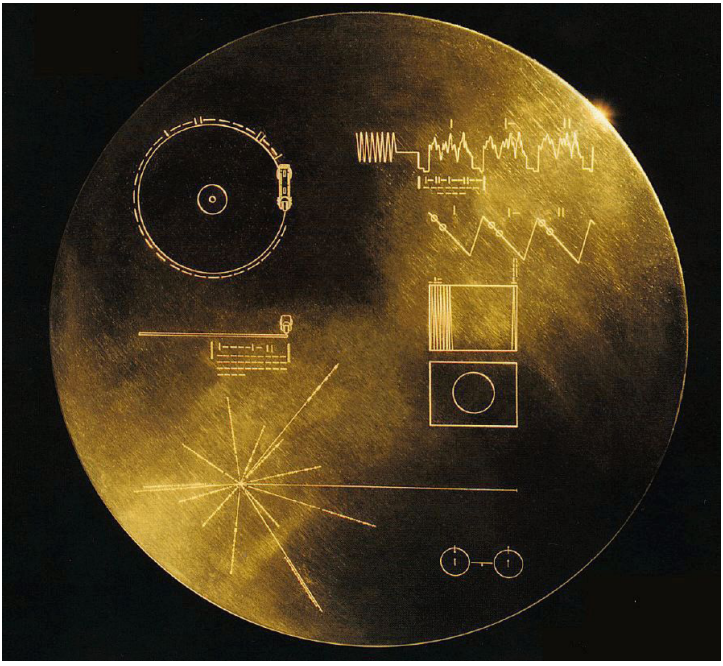
Do 1970-ih, astronom Carl Sagan i Frank Drake su već imali nešto iskustva sa slanjem poruka u svemir. Kreirali su dvije zlatne ploče koje su poslali putem svemirskih letjelica Pioneer 10 i 11. Linda Salzman Sagan, umjetnica i Carlova žena, ugravirala je na njima ilustracije gole žene i muškarca s naznakama vremena i lokacije naše civilizacije.

Zlatna ploča (bakrena fonografska LP ploča) zamišljena je kao napredna verzija ploča koje su bile montirane na Pioneer 10 i 11.

NASA je odobrila ideju i jedino pitanje je bilo – šta će se naći na pločama. Koji su to najveći hitovi ljudske civilizacije? Sačiniti takav zapis

bio je velik izazov kojemu su pristupili Sagan, Drake, Ann Druyan, umjetnik Jon Lomberg i Ferris.

Nakon 10 mjeseci rada sačinjen je konačni izbor. Zlatna ploča sadržavat će 115 analognih fotografija, pozdrave na 55 jezika, 12 minutnu montažu zvukova sa Zemlje i 90 minuta muzike. Ploče su postavljene na vanjskim stranama Voyagera 1 i 2, i zaštićene aluminijskom sandukom. Na poklopcu sanduka ugravirani su simboli koji objašnjavaju kako dekodirati ploču.



Voyager-ova zlatna ploča (copyright: NASA)

Zlatna ploča sadržavala je, između ostalog, slijedeće:

– *Silueta muškarca i trudne žene*. Tim je zaključio kako je bitno pokriti informacije o ljudskoj anatomiji i objasniti ljudsko razmnožavanje. NASA je odobrila crteže ljudskih spolnih organa i slike od začeća do rođenja. Slavna fotografija rođenja sina fotografa

Wayne F. Miller trebala je dočarati rođenje novog života. Uz te fotografije uključena je i silueta dvije figure i fetusa unutar ženine maternice.

– *DNK struktura*. Postoji mogućnost kako bi vanzemaljski život mogao biti sačinjen od genetskog materijala zapisanog u DNK strukturi, stoga su stručnjaci mapirali kompleksnu DNK strukturu u seriju ilustracija.
– *Demonstracija jedenja i pijenja*. Sve ove radnje objedinjene su na jednoj fotografiji.
– *Olimpijski sprinteri*. Iako se ova slika može činiti kao čudan izbor, riječ je o prikazu natjecanja, ali i raznolikosti ljudskih rasa i ljudske muskulature.
– *Građevine*. Kao najljepše oblikovane građevine koje je izgradio čovjek odabrani su Taj Mahal i most Golden Gate.
– *Stranica knjige*. Stranica je postavljena kako bi vanzemaljskim bićima dala uvid u pisani jezik. Čast da predstavlja ljudsku pisanu riječ pala je na stranicu iz knjige *System of the World*, velikog fizičara Sir Isaaca Newtona. Na njoj je po prvi put opisana ideja lansiranja objekta u orbitu.
– *Pozdrav Nick Sagana*. Ploča je sadržavala i 55 pozdrava na različitim jezicima. Posljednji pozdrav došao je na engleskom iz usta šestogodišnjeg Nick Sagana, sina Carla i Linde Salzman Sagan. On je rekao: "Pozdrav od djece sa planete Zemlja."
– *Pjesma kita*. Biolog Roger Payne timu je dao "pjesmu kita" koja je snimljena 1970. godine na Bermudima. Tim je pomislio kako bi zvukovi kita možda mogli imati više smisla vanzemaljskoj civilizaciji nego naš jezik.
– *Poljubac*. Nakon niza snimaka, konačna verzija poljupca bila je ona u kojoj Ferris u obraz ljubi Ann Druyan.
– *Znakovi života*. Druyan je imala ideju kako treba snimiti moždane valove čovjeka, budući da bi vanzemaljski život možda mogao dekodirati misli individue.

– *Muzika*. Poslano je dosta kompozicija ("Johnny B. Goode" – Chuck Berry, Bach, Mozart, Stravinsky, Beethoven, muzika iz Senegala, Zaira, Australije (aboriđini), Meksika, Nove Gvineje, Japana, Perua, Bugarske, Navajo indijanaca, Kine, Indije)

Tek 2012. je Voyager 1 uplovio u međuzvjezdani prostor (kada je detektirao plazmu visoke gustoće koja je karakteristična za svemir iza heliosfere – mjehura solarnog vjetra kojeg stvara Sunce), noseći slike našeg svijeta sa sobom. Voyager 2 trenutno putuje kroz vanjske slojeve heliosfere. Kreće se južno u odnosu na zemljinu orbitu, dok se Voyager 1 kreće sjeverno. Za preko 40000 godina proći će bliže drugoj zvijezdi nego što su našem Suncu.

Pored Voyagera, još tri svemirska broda jure prema međuzvjezdanom prostoru. Pioneer 10 i Pioneer 11 je NASA lansirala 1972. i 1973. godine, i u međuvremenu je izgubila kontakt s obojicom. Oni ne putuju brzo poput Voyagera, ali će na kraju isto ući u međuzvjezdani prostor.

I oni nose poruku za vanzemaljce, na pozlaćenim aluminijskim pločama veličine 15 x 23 centimetra, koje su isto dizajnirali Sagan i njegov tim koji je radio i za Voyager misije pet godina kasnije. Ove ploče prikazuju mapu pulsara, koriste hidrogen kako bi definirale binarne jedinice, i opisuju ljude. NASA se ovdje suočila s kritikama zbog golotinje ljudskih likova.

Peta sonda koja će izaći iz našeg Sunčevog sistema je New Horizons, letjelica koja je nedavno projurila pored Plutona. Kreće se otprilike u istome smjeru kao i Voyager 2, ali pošto je lansirana 2006. još je dosta iza njega. Vjerojatno neće doseći međuzvjezdani prostor još 30 godina. New Horizons je poslan u svemir bez ikakvih poruka, ali još nije prekasno dodati neku. Grupa pod vodstvom Jona Lomberga, člana Saganovog tima zaduženog za Zlatnu ploču, pokušava uvjeriti NASA-u da uploada poruku na sondu u slučaju da na nju naiđe neki inteligentni život. Memorijski sistem New horizonsa sličan je flash drive-u, te neće biti dugotrajan poput bakrenih ploče na Voyagerima. Najkonzervativnije procjene su nekoliko desetljeća. Drugi pak fizičari i inžinjeri vjeruju kako bi poruka mogla trajati stoljećima ili

čak milenijumima. Druga nepoznanica je napredna tehnologija koju posjeduje potencijalna vanzemaljska kultura koja bi pronašla letjelicu. Možda bi imali način kako pročitati zastarjelu memoriju, a koji mi još ne možemo niti zamisliti.

Magline

"Nećemo obustaviti istraživanja
i kraj svih naših potraga bit će
stići tamo odakle smo krenuli
i spoznati to mjesto po prvi put..."
(T. S. Eliot)

1. Šta su to magline?

Maglina, je međuzvjezdani (interstelarni) oblak. Magline (maglica ili nebula od lat. nebula – magla) predstavljaju nehomogene oblasti lokalnog zgušnjenja međuzvjezdane materije sastavljene od prašine i plinova (hidrogen, helium i ostali jonizovani gasovi).

Većina maglina je veoma velika (milioni svj. godina u prečniku). Npr. Maglina "Orion" na nebu pokriva ugaonu širinu dva puna Mjeseca. Iako su gušće od okoline, većina maglina je dosta manje gustine nego bilo koji vakum keiran na Zemlji – npr. magličasti oblak veličine Zemlje imao bi masu tek nekoliko kilograma.

Većina maglina mogu se opisati kao difuzne magline što znači da su raširene i nemaju jasno definisane granice. Difuzne magline se dijele na tamne i svijetle. Svijetle se dalje dijele na refleksione i emisione magline, a emisione na HII magline, planetarne magline i ostatke supernove.

Tamne magline su zgušnjenja hladne međuzvjezdane materije u kojima nema sjajnih zvijezda. Velikom koncentracijom prašine ove magline skoro blokiraju svjetlost zvijezda koje se nalaze iza njih pa se vide kao oblasti bez zvijezda različitih karakterističnih oblika kao što

je npr. Maglina "Konjska glava" u pravcu sazviježđa Orion i maglina "Vreća uglja" u pravcu sazviježđa Južni krst.

Refleksione magline se sastoje od prašine koja reflektuje svjetlost obližnjih zvijezda, a rijeđe i nekih drugih objekata. Za razliku od emisionih maglina koje svjetle usled jonizacije prisutnog vodonika, refleksione magline samo odbijaju svijetlost. Zbog toga što se plava svjetlost efikasnije reflektuje, refleksione magline su najčešće plave boje. Refleksione magline okružuju ne suviše vruće zvijezde (spektralnih klasa od B2 do M). Zbog toga su spektri ovih maglina slični spektrima zvijezda koje okružuju. Oko zvjezdanog skupa "Plejade" (M45) se nalazi refleksiona maglina.

Što se tiče emisionih maglina, HII područja su najsjajniji oblici međuzvjezdane materije, temperature oko 10000 K. One okružuju mlade, vrlo vruće zvijezde spektralnih klasa O i B1 čije jako UV zračenje jonizuje vodonik. Pošto se maglina oko takvih zvijezda sastoji uglavnom od jonizovanog vodonika zato se i naziva HII region. Ona prima energiju od zvijezda a gubi je emisijom zračenja u okolni prostor. Sa udaljavanjem od vrele zvijezde jonizacija se smanjuje jer broj fotona visoke energije naglo opada sa brojem jonizacionih procesa u maglini. Najpoznatiji primjer HII magline je "Orion" maglina, a poznate su još "Rozeta" i "Omega" magline.

Planetarne magline su dobile naziv po tome što, posmatrane manjim teleskopima, liče na planete. Maglina je nastala tako što je zvijezda odbacila vanjske slojeve i potom svojom radijacijom formirala HII regione u okolnoj maglini. Znamo za oko 2500 planetarnih maglina u Mliječnom putu. Ogromnih su razmjera, a slabog sjaja. Planetarne magline se nalaze u galaktičkom disku, sa koncentracijom ka centru, dok ih nema u spiralnim granama. Takav raspored karakteriše objekte srednje starosti. Unutar planetarne magline nalazi se zvijezda slabog sjaja, znatno manjeg od sjaja same magline. Vrela centralna zvijezda emituje ogromnu energiju ali njen maksimum sjaja nije u vidljivom dijelu spektra. On je u UV oblasti. Najpoznatija maglina ove vrste je prstenasta maglina u sazviježđu Lira, a tu j ei maglina

"Mačje oko". Očekuje se da će naše Sunce stvoriti planetarnu maglinu u zadnjim fazama svog života (za nekih 12 milijardi godina).

Ostaci supernove predstavljaju također emisionu maglinu. To je omotač bivše zvijezde ili cijela zvijezda koja je eksplodirala kao supernova. Maglina se širi velikom brzinom i može da poremeti ravnotežu u međuzvjezdanoj materiji inicirajući rađanje nove zvijezde. Najveći broj ovih maglina nema centralnu zvijezdu koja bi podržavala njihovu emisiju. Magline su u obliku ljuski ili vlakana. Jedna od maglina ovog tipa sa zvijezdom u centru je maglina Rak, a bez zvijezde maglina Veo. Tu su još "Tycho" supernova (SN 1572, 3C 10), maglina "Špageti" (Simeis 147), itd.

2. Po čemu su zanimljive planetarne magline?

Planetarna maglina je nebeski objekt koji se sastoji od užarene ovojnice plina i plazme. Ove magline nastaju kod određenog tipa zvijezda na kraju njihovog evolucijskog ciklusa. Planetarne magline su dobile ime po tome jer izgledaju kao plinoviti planeti posmatranim malim teleskopom. Treba napomenuti da one nemaju nikakve veze s planetima u Sunčevom sistemu. Planetarne magline su relativno kratkotrajni objekti u kozmičkim razmjerima. Magline se uglavnom raspršе oko deset hiljada godina nakon nastanka. Danas je poznato oko 3000 planetarnih maglina u našoj galaksiji, Mliječnoj stazi.

Planetarne magline važni su astronomski objekti jer igraju ključnu ulogu u hemijskoj evoluciji galaksije. One svojim postupnim širenjem i raspršivanjem obogaćuju galaksiju težim elementima poput ugljika, dušika, kisika i kalcija.

Planetarne magline su relativno tamni objekti i prividno mali objekti, i nijedna nije vidljiva golim okom. Prva otkrivena planetarna maglina je bila Messier 27 koju je otkrio Charles Messier 1764. godine. Posmatrane tadašnjim slabim teleskopima, planetarne magline donekle su ličile na plinovite planete, posebno na Uran i Neptun. William Herschel, otkrivač Urana, uveo je naziv planetarna maglina u upotre-

bu. Naziv se zadržao do danas iako znamo da su planetarne magline veoma različite od planeta.



100 najljepših planetarnih maglina (copyright: NASA / ESA / J. Schmidt)

Upotrebom spektroskopskih metoda u 19. stoljeću počela se otkrivati priroda planetarnih maglina. Pionir spektroskopije William Huggins prvi je počeo s sistematskim posmatranjem različitih objekata. Njegova proučavanja zvijezda otkrila su da one imaju kontinuirani spektar ispresijecan mnogim tamnim linijama. Kasnije je otkrio da mnoge "magline" poput galaksije Andromede imaju spektar sličan zvijezdama.

Kada je Huggins usmjerio teleskop prema NGC 6543 (poznatoj i pod imenom maglina Mačje oko), primjetio je znatno drugačiji spektar. Umjesto kontinuiranog spektra otkrio je spektar s malim brojem emisijskih linija. Najsjajnija od tih linija bila je ona s talasnom dužinom od 500,7 nm koja nije odgovarala nijednom tada poznatom elementu. Astronomi su te linije pripisali nepoznatom elementu ko-

jeg su nazvali nebulium. Na sličan je način otkriven i Helij prilikom spektroskopskih posmatranja Sunca.

Naučnici su uskoro uspjeli izolirati helij na Zemlji ali ne i nebulium. Uskoro su neki naučnici na početku 20. stoljeća pretpostavili da emisijska linija od 500,7 nm odgovara poznatom elementu u nepoznatim uvjetima.



Helix nebula u infracrvenom području
(copyright: Judy Schmidt & Spitzer Space Telescope)

Napredak fizike i izvršavanje određenih eksperimenata pokazalo je da linija od 500,7 nm odgovara dvostruko joniziranom kisiku (O2+ ili OIII). Kako je takva jonizacija moguća samo u veoma rijetkom plinu to je bio direktan dokaz da se od takvog plina sastoje planetarne magline. Spektroskopska posmatranja pokazala su i da se sve planetarne magline polako šire.

Središnje zvijezde planetarnih maglina su veoma vruće ali i relativno tamne što govori da su veoma male. Uskoro se pokazalo da su te zvijezde zapravo bijeli patuljci, užarene jezgre nekadašnjih zvijezda.

Većina zvijezda doživjet će svoj kraj kao planetarne magline (npr. naše Sunce). Zvijezde teže od 8 sunčevih masa doživjet će kraj kao supernova, ali zvijezde srednje i male mase, poput našeg Sunca, na kraju evoluira u planetarnu maglinu.

Zvijezde na kraju svoje evolucije potroše sav vodik i onda počnu koristiti druge elemente (poput helija) za stvaranje energije. Fuzioniranjem vodika u helij zvijezda se nalazila u ravnoteži između gravitacije koja želi urušiti zvijezdu i sile zračenja koje želi raspršiti zvijezdu. Prelaskom na druga nuklearna goriva poput helija i ugljika uzrokuje pulsacije zvijezde što dovodi do odbacivanja plinovitih omotača u okolni prostor. Ova pojava poznata je pod nazivom nova. Izbačeni plin sada stvara oblak oko izložene jezgre zvijezde. Kada se izlože slojevi temperature od 30 000 K tada postoji dovoljno UV zračenja za joniziranje odbačenih plinova što uzrokuje njihov sjaj. Taj sjajni oblak naziva se planetarna maglina.

Planetarne magline su relativno kratkotrajni objekti. Oblak plina konstantno se širi od središnje zvijezde brzinom od nekoliko km u sekundi. Kako se plinovi šire tako se hlade i pada snaga UV zračenja zbog kojeg svjetle. Kako se maglina sve više širi njeni plinovi se kombiniraju s međuzvjezdanim plinovima i tako ga obogaćuju teškim elementima. Središnja zvijezda nema više goriva za fuzijske reakcije i ona se polako počinje hladiti. Takve zvijezde poznate su kao bijeli patuljci. Planetarna magline traju u prosjeku oko 10 000 godina.

Tipična planetarna maglina ima prečnik od oko 1 svjetlosne godine i sastoji se od veoma rijetkog plina, čija je gustoća oko 1000 čestica po cm3. Mlade planetarne magline imaju veću gustoću, ponekad i do 106 čestica po cm3. Kako se maglina širi tako i njena gustoća pada.

Zračenje središnje zvijezde zagrijava plinove na temperaturu od oko 10 000 K. Suprotno logici, plin je često topliji što je udaljeniji od središnje zvijezde. Apsorpcijom fotona plin se zagrijava na visoke temperature.

Oko 3000 planetarnih maglina je poznato diljem naše galaksije koju čini 100-200 milijardi zvijezda. Njihova kratkotrajnost uzrok je nji-

hove malobrojnosti. Planetarne magline većinom se nalaze u ravni Mliječne staze s najvećom koncentracijom prema središtu galaksije. Rijetko se uočavaju u zvjezdanim skupovima. Dosad su nađene samo u kuglastim skupovima M15, M22, NGC 6441 i Palomar 6.

Samo 20% planetarnih maglina su sferno simetrične. Različiti oblici maglina postoje od kojih su neki veoma kompleksni. Uzrok kompleksnosti nije poznat ali se vjerojatno radi o gravitacijskom uticaju zvijezda pratiljama ili planetama. Vjeruje se da i magnetno polje zvijezde ima veliki utjecaj na oblik buduće magline.

Poznatije planetarne magline su:

- M57 se zbog svoje oblika smatra prototipom planetarne magline.
- M27 je prva otkrivena i jedna od strukturno najzanimljivijih maglina.
- NGC 2392 je poznata po svom izgledu koji podsjeća na Eskima.
- NGC 6543 je poznata i svijetla planetarna maglina nazvana Mačje oko.

3. Najpoznatije nebesko porodilište

Messier 42 (NGC 1976) ili maglina "Orion" je emisijska maglica u sazviježđu Orion, najljepši dragulj sjevernog neba. Nalazi se u Orionovom maču, nizu zvijezda postavljenih okomito na Orionov pojas. Maglina je jedan od najfotografiranijih objekata na nebu zbog svoje iznimne ljepote i sjajnosti. M42 je također i pod budnim okom astronoma jer se u njoj odvijaju procesi formiranja zvijezda i planeta.

Maglina je dio mnogo veće strukture, poznate kao Orionov molekularni oblak koji uključuje cijelo sazviježđe Orion, tzv. "Barnardovu petlju", maglinu "Konjska glava", M43, M78, i maglinu "Plamen". Zvijezde se formiraju unutar cijelog oblaka, ali većina mladih zvijezda je koncentrirana u gustim nakupinama poput Orion magline.

Nalazi se na udaljenosti od oko 1350 svjetlosnih godina i najbliži nam je region formiranja zvijezda. Procjenuje se da joj je prečnik oko 24 svjetlosne godine, a masa joj je veća od mase Sunca oko 2000 puta. Orionova maglina proteže se preko 10° na nebu sa svojim tamnim iz-

dancima. U nju su uključeni oblaci neutralnog plina i prašine, zvjezdane asocijacije, jonizirani plinovi i refleksijske maglice.

Maglina tvori približno okrugli oblak čija je najveća gustoća pri centru. Temperature oblaka dosežu i 10000 K, ali pri rubovima su mnogo niže. Pojedini dijelovi magline pokazuju veliku turbulentnost, posebno u blizini centra. Brzine kretanja pojedinih oblaka unutar magline su 10 km/s, a postoje i lokalne varijacije gdje brzine dosežu i 50 km/s.



Orion maglina (Messier 42, NGC 1976) snimljena iz Sarajeva
(copyright: Alan Ćatović, Džan Jašarević)

Na fotografijama je često vidljiv samo središnji dio maglice koji se proteže u promjeru oko 1°. Taj dio maglice je obasjan jakim zračenjem mladih zvijezda od kojih se posebno ističe zvjezdani skup Trapez (četiri sjajne plave zvijezde približno istog sjaja tvore lik skoro pravilnog trapeza). Smatra se da je ovaj skup najviše odgovoran za jonizaciju okolnog gasa.

Orionova maglina primjer je rodilišta zvijezda. Promatranja magline otkrila su oko 700 zvijezda u raznim stupnjevima razvitka. HST je otkrio 150 protoplanetarnih diskova i time dokazao da je formiranje planeta uobičajena pojava u svemiru.

Mlade zvijezde u maglini svojim snažnim zračenjem uzrokuju izobličenja protoplanetarnih diskova. Interakcijom između zračenja i protoplanetarnih diskova stvaraju se gušći oblaci koji se kasnije urušavaju i tako stvaraju planete i zvijezde.

Formaciju zvijezda u Orionovoj maglici vjerojatno je potaknula supernova koja je eksplodirala prije 3 miliona godina. Ostatak te eksplozije je ogroman polukružni prsten plina nazvan Barnardova petlja.

Fotografije HST-a otkrile su oko 3000 zvijezda do magnitude +23. Među tih 3000 zvijezda nalaze se sjajni plavi superdivovi, kao i zvijezde slične Suncu i smeđi patuljci.

Najstarije zvijezde u Orionovoj maglini imaju vjerovatno tek 100000 godina. Najsjajnije su možda stare tek 10000 godina. Masivne mlade zvijezde snažnim UV zračenjem potiskuju plin oko sebe i stvaraju šupljine u maglici. Potiskivanjem plina se maglica razrjeđuje i time postupno prekida formiranje novih zvijezda. Za otprilike 100000 godina većina plina će biti izbačena iz maglice i na tom mjestu će se nalaziti sjajan otvoreni skup sličan Plejadama (M45).

4. Svemirski mjehur

Jedna od ljepših maglina na našem nebu je i maglina "Mjehur" (NGC 7635, Sharpless 162, Caldwell 11). To je emisijska maglina i nalazi se u pravcu sazviježđa Kasiopeja.

Maglina predstavlja HII region (oblak jonizovanog hidrogena) u blizini otvorenog zvjezdanog skupa M52. Oblik mjehura u maglini je nastao uslijed dejstva (na okolni hladni molekularni oblak) jakog zvjezdanog vjetra (brzine preko 6 miliona km/h!) i intenzivnog zračenja mlade, vruće zvijezde u njegovom centru.

Ova centralna zvijezda (SAO 20575), O tipa, ima magnitudu 8,7, masu 45 puta veću od mase Sunca, a luminozitet joj je veći za nekoliko stotina hiljada puta od Sunčevog. Zvijezda je stara oko 4 miliona godina, a procjenuje se da će za 10-20 miliona godina završiti kao Supernova.



Maglina Mjehur snimljena iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

Prečnik mjehura iznosi oko 7 svjetlosnih godina. Zbog nesimetrije mjehura (uslijed različite gustine okolnog molekularnog oblaka), centralna zvijezda ne nalazi se u centru mjehura već ulijevo, na 10 sati. Kada se gas zagrije na određenu temperaturu, emituje različite boje.

Kiseonik je dovoljno zagrijan da emituje plavu boju u mjehuru blizu zvijezde, dok su okolni, hladniji slojevi žute boje – uslijed zagrijanog hidrogena i nitrogena.

Ova maglina udaljena je od nas 7100 svj. godina. Otkrio je William Herschel. 1787. godine.

5. Konjska glava i tamne magline

Maglina "Konjska glava" je tamna maglina u sazviježđu Orion. Maglina se nalazi u blizini zvijezde Alnitak, koja je najudaljenija istočna zvijezda na Orionovom pojasu i koja je dio mnogo većeg Orionovog molekularnog oblaka. Maglinu je prvi put zabilježio 1888. godine Fleming na fotografskom platnu u opservatoriju Hardvarskog univerziteta. Maglina "Konjska glava" je udaljena oko 1500 svjetlosnih

godina od Zemlje. To je jedna od najzanimljivijih i najprepoznatljivijih maglina zbog oblika svog vrtložnog oblaka tamne prašine i gasova, koji liči na konjsku glavu kada se gleda sa Zemlje.

Tamni oblak prašine i gasa je regija u Orionovom molekularnom oblaku gdje se odvija intenzivno formiranje zvijezda. Sazviježđe Orion je, gledano iz sjeverne hemisfere, istaknuto na nebu u zimskim večerima. Kompleksna zvjezdana porodilišta inače mogu sadržavati više od 100 poznatih organskih i neorganskih jedinjenja kao i prašinu koja se sastoji od velikih i kompleksnih molekula.

Crveni ili ružičasti sjaj potiče od vodonika, uglavnom iza magline, jonizovanog od strane obližnje sjajne zvijezde Sigma Orionis.



Maglina Konjska glava
(copyright: Marco Burali, Tiziano Capechi, Marco Mancini)

Tamni dio magline "Konjska glava" je uglavnom uzrokovan gustom prašinom koja blokira svjetlost zvijezda iza njega. Svijetle tačake u maglini "Konjska glava" su mlade zvijezde u procesu formiranja.

6. Cvijet u našoj galaksiji

Vrlo zanimljiva astrofotografska meta je "Iris" maglina. Ovo je jedina maglina koja podsjeća na cvijeće, u ovom slučaju iris. Inače, perunika, odnosno iris, je rod biljaka iz razreda jednosupnica koja pripada porodici Iridaceae, zajedno s rodovima gladiola (Gladiolus) i šafrana (Crocus), trajne zeleni s podancima i gomoljima.



Maglina Iris snimljena iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

Maglina "Iris" nalazi se u sazviježđu Cefej, udaljena oko 1300 svj. godina od nas i širine oko 6 svj. Godina (misli se na plavi dio magline koji liči na cvijet). Unutar magline nalazi se prašina koja okružuje vruću, mladu zvijezdu. Dominantna boja ove reflektivne magline je plava, što upućuje na prašinu koja reflektuje svjetlost zvijezda. Posmtranja u infra-crvenom dijelu spektra pokazuju da maglina sadrži kompleksne molekule ugljika. Unutar magline nalazi se i manji skup zvijezda.

7. Nebeska laguna

Maglina "Laguna" (Messier 8, NGC 6523) je emisijska maglica koju je prvi put zabilježio Guillaume Le Gentil 1746. godine. Još 1680. John Flamsteed zabilježio je otvoreni skup NGC 6530 koji je dio ove magline. Charles Messier je maglinu u svoj katalog unio 23. maja 1764. Messier je zabilježio poziciju otvorenog skupa, a maglinu je opisao kao zamućenje oko zvijezde 9 Sagittarii.



Maglina Laguna snimljena iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

Maglina "Laguna" je golemi oblak i H II region u pravcu sazviježđa Strijelac. Maglina se prostire na području od 90′ x 40′ i udaljena je od nas oko 5200 svj. godina. Stvarne dimenzije magline su 140 x 60 svj. godina, što je čini velikim objektom. Maglina posjeduje dosta tzv. globula, urušenih oblaka plina iz kojih će nastati zvijezde. Istraživanja iz 2006. otkrila su Herbig-Haro objekte što je izravna potvrda da u maglini nastaju nove zvijezde. Herbig-Haro objekti su, inače, dijelovi magline povezani sa tek rođenim zvjezdama, i formiraju se kada se uski mlazevi gasa koji izbacuju mlade zvijezde sudare sa okolnim oblacima plina i prašine, pri brzinama od nekoliko stotina km/s.

Jedan dio magline "Laguna" nazvan je "Pješčani sat". To je najsjajniji dio magline, oko zvijezde 9 Sagittarii. Ovaj dio magline je mjesto gdje se odvija intenzivno formiranje zvijezda, a njen sjaj je uzrokovan mladim i vrućim zvijezdama. Najsjajnija od njih je zvijezda Herschel 36, spektralne klase O7, sa sjajem od +9.5 magnitude. Starost ove zvijezde je procijenjena na 2 miliona godina. Najsjajnija zvijezda koja i najviše doprinosi sjaju magline je, već spomenuta, zvijezda 9 Sagittarii.

U tamnoj noći i običan dvogled će pokazati skup NGC 6530 i mali magličasti oblak zapadno od njega. Za uživanje u punoj ljepoti ove magline potreban je teleskop s prečnikom objektiva većim od 200mm. A 250 i 300mm teleskopi pokazuju ovu maglinu u neizmjernim detaljima. Na odmet nije koristiti i neki od specijalnih filtera jer se maglina nalazi nisko na našem nebu kada kulminira.

8. Maglina Trifid

Maglina "Trifid" (Messier 20, NGC 6514) je interesantna kombinacija tamne, emisijske (donji crvenkasti dio), reflektivne magline (gornji plavkasti dio) i otvorenog skupa zvijezda. Nalazi se u pravcu sazviježđa Strijelac. Nalazi se 2° sjevernije od magline "Laguna". Charles Messier 5. juna 1764. otkrio je maglinu i opisao je kao nakupinu zvijezda, umotanih u maglinu. Ime Trifid je dobila od Williama Herschela koji je uočio tamne oblake prašine u maglini koji je dijele na tri dijela (trifidus na latinskom znači podijeliti na tri dijela). Starost magline se procjenjuje na 300 000 godina.

Maglina "Trifid" je udaljena oko 5000 svj. godina. Njen prečnik na nebu je 28′ što znači da se u stvarnosti proteže na 40 svj. godina. Maglina se sastoji od dva glavna dijela, emisijskog, koji je crven zbog pobuđenog hidrogena i plavog, reflektivnog dijela u kojem prašina reflektuje svijetlost mladih zvijezda. Glavni izvor svijetla magline su tri zvijezde u središtu magline. Zvijezde su mlade i vruće, te nekoliko hiljada puta sjajnije od Sunca.



Maglina Trifid snimljena iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

Na Hubble-ovoj fotografiji se mogu vidjeti rodilišta zvijezda. Mlade zvijezde izbacuju mlazove plina koji se mogu vidjeti kao štapići što izviru iz oblaka. Spitzer Space Telescope je 2005. godine u infracrvenom dijelu spektra otkrio (ne vide se vizuelno) 120 novonastalih zvijezda i 30 "embrija" u kojem se upravo odvija formiranje zvijezda.

Najmasivnija zvijezda koja se formirala u ovom regionu je HD 164492A, O7.5III tip zvijezde, mase više od 20 puta veće od mase Sunca. Ova zvijezda okružena je skupom od preko 3000 mladih zvijezda.

Magline "Trifid" i "Laguna" su odgovor ljeta na spektakularnu zimsku maglinu "Orion".

9. Uteg u svemiru

Maglina "Uteg" (Messier 27, NGC 6853) je planetarna maglina u pravcu sazviježđa Lisica. Maglinu je otkrio Charles Messier 1764. godine, te ju opisao kao ovalnu maglinu bez zvijezda.

Maglina "Uteg" je oblak plina koji je ispustila umiruća zvijezda masom slična Suncu. Maglina vjerojatno ima za planetarne magline ka-

rakterističan oblik prstena koji je nama nevidljiv. Razlog tome je što se iz naše perspektive vidi ekvatorijalna ravnina magline. Maglina se od nas nalazi na udaljenosti od oko 1360 svj. godina. Maglina ima prividne dimenzije od 8′ po dužini i 5,6′ po širini. Na toj udaljenosti to odgovara stvarnim dimenzijama od 3x2 svj. godine.



Maglina Uteg snimljena iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

Starost magline M27 procijenjena je na maksimalno 14600 godina. Brzina širenja plina je oko 30 km/s.

Središnja zvijezda ove magline je tzv. bijeli patuljak s prividnim sjajem od +13,5 magnituda. Temperatura bijelog patuljka je 85000 K, a njegova masa iznosi tek 0,56 vrijednosti mase Sunca. Radijus ovog bijelog patuljka je 3 puta veći od radijusa Zemlje. Prosječan radijus bijelih patuljaka je jednak radijusu Zemlje.

Ovu maglinu je moguće uočiti u dvogledu veličine 10×50 i naviše. Unatoč velikom prividnom sjaju, maglina je mala pa je potrebno više povećanja da bi se uočili detalji. U teleskopima se može uočiti središ-

nje tijelo magline u obliku pojedene jabuke. U većem teleskopu može se uočiti vanjska ovojnica magline.

10. Maglina "Prsten" i sudbina Sunca

Planetarne magline se sastoje od simetričnih oblaka međuzvjezdanog gasa i prašine. Imaju oblik prstena ili omče. Kada "prosječna" zvijezda poput našeg Sunca počne da umire, oslobađa prilikom toga gasove. Ovaj proces počinje u nestabilnoj fazi kada se zvijezda pretvara u crvenog diva. Materija se širi brzinom i do 60 km/s. Planetarne magline ubrajaju se u emisijske magline s jakim izvorima ultraljubičastog zračenja. Zračenje dolazi od zvijezde u centru magline.

Maglica "Prsten" (Messier 57, NGC 6720) nalazi su u pravcu sazvježđa Lira (južno od poznate zvijezde Vega). Ova maglina se smatra prototipom planetarnih maglina jer objedinjuje gotovo sve njihove karakteristike – simetričnost, ovojnice od plinova i zvijezdu-bijelog patuljka u svom središtu. Maglinu je prvi vidio Antoine Darquier de Pellepoix 1779. godine.



Maglina Prsten snimljena iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

Maglina "Prsten" je oko 2300 svj. godina udaljena od Zemlje. Unutrašnji dijelovi magline imaju plavo-zelenkastu boju uslijed emisije dvostruko jonizovanog kiseonika (pri talasnim dužinama 495,7 i 500,7 nm). U vanjskom regionu prstena crvenkasta boja je uzrokovana emisijom jonizovanog hidrogena (656,3nm) i jonizovanog nitrogena (654,8 i 658,3 nm). Procjenjuje se da širenje magline traje već 1600 godina.

Središnja zvijezda M57 je zvijezda – tzv. bijeli patuljak. Radi se o jezgri zvijezde dimenzija usporedivih sa Zemljom. Sjaj bijelog patuljka je +14.7 magnituda ali zbog velike temperature on većinom zrači u UV dijelu spektra. Mase ove zvijezde je oko 0,6 mase Sunca. Površinska temperatura iznosi oko 125000K, i luminoznija je od Sunca 200 puta.

Dimenzije prstena M57 su 1.4′x1.0′, što na udaljenosti od 2300 svj. godina odgovara linearnim dimenzijama od 0.9 x 0.7 svj. godina. Oko središnjeg prstena protežu se ovojnice plinova s promjerom od 2.4 svj. godina. Maglina se širi brzinom od 20-40 km/s.

Maglina "Prsten" (M57) je slična planetarnoj maglini "Uteg" (M27). Razlika je što M57 vidimo za oko 30° otklonjenu od ose, a kod M27 taj ugao je gotovo 90°.

Sličnu sudbinu doživjeće i naše Sunce z anekih 5 milijard godina. Ali ne trebate brinuti, mi ćemo puno prije toga nestati sa Zemlje na ovaj ili onaj način.

11. Stubovi stvaranja

Maglina "Orao" (Messier 16, NGC 6611) je emisiona maglina oko mladog skupa zvijezda, u pravcu sazviježđa Zmija. Otkrio ju je Philippe Loys de Cheseaux 1745. godine. Maglina "Orao" dio je H II regije koja je katalogizirana kao IC 4703. Ovo područje aktivnog stvaranja zvijezda udaljeno je oko 7000 svjetlosnih godina.

Ova maglina je dosta poznata po snimku formiranja međuzvjezdanog plina i prašine koji je načinio svemirski teleskop Hubble, nazvanom "Stubovi stvaranja". Naziv snimke proizilazi iz činjenice što

plinovi i prašina učestvuju u procesu formiranja novih zvijezda dok ih istovremeno svjetlost s obližnjih novoformiranih, vrućih zvijezda erodira (intenzivnim UV zračenjem). Snimljena 1. aprila 1995. godine, portal Space.com uvrstio ju je u top deset forografija snimljenih Hubble teleskopom. Astronomi zaslužni za fotografiju su Jeff Hester i Paul Scowen, u vrijeme snimanja obojica zaposlenici Univerziteta u Arizoni.



Maglina "Orao" snimljena iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

Smatra se da su ovi "Stubovi stvaranja" već nestali, ali mi to još ne vidimo jer ove oblike vidimo tek kakvi su bili prije 7000 godina. Svjetlost se kreće konačnom brzinom i mi posmatranjem udaljenih objekata ustvari zavirujemo u prošlost.



"Stubovi stvaranja" (copyright: HST, NASA)

12. Vještičina metla (Zapadni veo)

Zanimljiva i šarolika maglina NGC 6960 koju zovu i "Vještičina metla" je dio magline "Zapadni Veo" (Caldwell 34), koja predstavlja oblak vrelog i jonizovanog gasa i prašine u pravcu sazviježđa Labud. Oblak je, ustvari, ostatak Supernove koja je eksplodirala prije nekih 5000 do 8000 godina.



Maglina Vještičina metla (Zapadni veo) snimljena iz Sarajeva
(copyright: Alan Ćatović)

Rastojanje od nas do ove magline nije precizno utvrđeno, ali prema grubim procjenama udaljenost je oko 1400 svetlosnih godina.

Prema podacima do kojih se došlo uz pomoć svemirskog teleskopa Hubble, u oblaku se nalazi najviše hidrogena, kiseonika i sumpora. To je inače jedan od najvećih poznatih izvora rentgenskog zračenja.

Izbačen u kataklizmičkoj eksploziji Supernove, međuzvjezdani udarni talas plovi kroz svemir, "metući" sve pred sobom i pobuđujući okolni međuzvjezdani materijal. Filamenti koji se mogu vidjeti su crvene boje (jonizovani hidrogen) i plavo-zelene boje (jonizovani kiseonik).

Širina "Vještičine metle" procjenuje se na oko 35 svjetlosnih godina. Svjetla zvijezda u unutrašnjosti magline je 52 Cygni, i nije povezana sa ostacima Supernove.

13. Nebeska mreža (Istočni veo)

Maglina "Istočni veo" (eng. Eastern Veil nebula), poznata i kao Caldwell 33 ili maglina "Mreža", je oblast vrućeg i jonizovanog gasa i

prašine u pravcu sazviježđa Labud. Udaljena je oko 1400-1500 svjetlosnih godina od nas. "Istočni Veo" zatvara na nebu ugao oko jednog stepena, što na procijenjenoj udaljenosti od 1500 svjetlosnih godina odgovara dužini magline od oko 30 svjetlosnih godina.



Maglina Mreža (Zapadni veo) snimljena iz Sarajeva
(copyright: Alan Ćatović, Džan Jašarević)

Dio je "Labudove petlje" (Cygnus Loop) – ostataka supernove (eksplozije masivne zvijezde) prečnika oko 3° na nebu (širine skoro 6 mjesečevih prečnika) koja je eksplodirala približno prije 5000-10000 godina. Radio, infracrveni i rendgenski snimci otkivaju cijelu petlju. Kada se pojavila na nebu ova supernova je vjerovatno bila svjetlija od mladog Mjeseca i mogla se vidjeti na nebu nekoliko sedmica.

Izmjerena brzina širenja "Labudove petlje" je oko 100 m/s. Udarni val supernove još se širi i udara u okolni gas koji se zagrijava i emituje zračenje. Tako će biti još nekih 30-tak hiljada godina kada širenje udarnih valova ne bi trebalo više imati značajan uticaj na prosječno kretanje čestica u međuzvjezdanom prostoru. Prema podacima do kojih se došlo uz pomoć teleskopa Hubble, u ovom oblaku se nalazi najviše hidrogena, kiseonika i sumpora. Izbačen u kataklizmičkoj

eksploziji Supernove, međuzvjezdani udarni talas plovi kroz svemir, "metući" sve pred sobom i pobuđujući okolni međuzvjezdani materijal. Filamenti koji se mogu vidjeti su crvene boje (jonizovani hidrogen) i plavo-zelene boje (jonizovani kiseonik).

Vidljivi dio "Labudove petlje" poznat je kao maglina "Veo" koju čine:

– istočni dio (NGC 6992, 6995 i IC1340)
– sjeverni dio (Pickeringov trokut, NGC 6979)
– zapadni dio (već spomenuta Vještičina metla, NGC 6960)

14. Božiji prst

Struktura poznata kao Božiji prst (takođe i Božija ptičica) je tzv. Bokova globula (izolovana i relativno mala tamna maglina koja sadrži gustu kozmičku prašinu i gas unutar kojih može doći do formiranja novih zvijezda) koja se nalazi u pravcu sazviježđa Carina (vidljiva sa južne hemisfere), udaljena oko 8000 svjetlosnih godina od Zemlje. To je područje gasova i prašine dimenzija oko dvije svjetlosne godine.



Snimak "Božijeg prsta" (copyright: Hubble Heritage Team -STScI/AURA)

Očekuje se da će ova struktura erodirati uslijed zračenja obližnjih sjajnih zvijezda u slijedećih nekoliko miliona godina. Snimak je napravio svemirski teleskop Hubble 1999. godine.

15. Rozeta na nebu

Maglina "Rozeta" (Caldwell 49) je zanimljiva emisijska maglina u sazviježđu Jednorog. Inače, rozeta je arhitektonski element dekoracije u obliku ružinog cvijeta sa stiliziranim laticama koji se primjenjuje od romanike i najčešće se koristi kao ukrasni prozor na crkvama i dvoranama.



Maglina Rozeta snimljena iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

Maglina "Rozeta" je veliki, približno sferični, HII region koji se nalazi u blizini jednog kraja velikog molekularnog oblaka u regiji sazvježđa Jednorog, u Mliječnom putu. Otvoreni skup zvijezda NGC 2244 (Caldwell 50) je blisko povezan sa maglinom jer su se zvijezde ovog skupa formirale upravo iz materije unutar magline. Skup zvijezda i maglina su od nas udaljeni oko 5000 svj. Godina i prečnika je oko 50 svjetlosnih godina. Radijacija ovih mladih zvijezda pobuđuje atome u maglini koji se jonizuju i potom emituju radijaciju uslijed čega ma-

glina poprima karakterističnu boju. Masa magline se procjenjuje na oko 10000 solarnih masa.

Oko 2500 mladih zvijezda nalazi se u ovom rodilištu zvijezda, uključujući i masivne zvijezde O tipa. Difuzno rendgensko zračenje je primjetno među zvjezdama unutar magline, što se pripisuje super-vrućoj plazmi temperature u rasponu od 1 do 10 miliona K. Ove temperature su znatno veće od 10000K plazme koja se nalazi u HII regijama, što se može pripisati vrućim zvjezdanim vjetrovima sa masivnih zvijezda O-tipa.

Galaksije

"Ne može postojati jezik univerzalniji i jednostavniji, slobodniji od pogrešaka i nejasnoća, vredniji za izražavanje nepromjenljivih veza između prirodnih stvari od matematike. On objašnjava sve fenomene istim jezikom, kao da potvrđuje jedinstvo i jednostavnost univerzuma i da još više istakne nepromjenljiv red koji vlada svim prirodnim uzrocima." (Joseph Fourier)

1. Šta su to galaksije?

Galaksija je velika nakupina zvijezda koje se drže na okupu međusobnim gravitacijskim privlačenjem. Postoji više tipova galaksija (spiralne, eliptične, lećaste, nepravilne). Najmanje su galaksije patuljci sa oko 100.000 zvijezda, dok na drugom kraju skale postoje gigantske galaksije sa oko 3000 milijardi zvijezda.

Historijski, galaksije su kategorizirane prema njihovom prividnom izgledu (što se često naziva vizuelnom morfologijom). Čest oblik je eliptična galaksija, sa vitkim eliptičnim profilom. Spiralne galaksije su gomile u obliku diskova sa zakrivljenim, prahovitim kracima. Galaksije nepravilnih i neobičnih oblika poznate su pod nazivom neobičnih galaksija i tipično proizlaze iz raskida izazvanih gravitacijskim privlačenjima susjednih galaksija. Takva međudjelovanja bliskih galaksija koja na kraju mogu prerastati u stapanja galaksija mogu potaknuti epizode znatno pojačanog stvaranja zvijezda i proizvesti ono što se naziva *starburst* galaksijom. Male galaksije koje ne posjeduju povezanu strukturu također se nazivaju nepravilnim galaksijama.

U vidljivom svemiru vjerovatno ima više od 100 milijardi galaksija. Prečnici većine galaksija kreću se između 1000 i 100 000 parseka i obično ih međusobno razdvajaju milioni parseka. Međugalaktički prostor (prostor između galaksija) ispunjen je razrijeđenim gasom,

čija je gustoća u prosjeku manja od jednog atoma po kubnom metru. Velika većina galaksija organizirana je hijerarhijski u skupovima, koji se opet, dalje, mogu združivati u superskupove. Te veće strukture općenito se raspoređuju u plohe i niti koje se prostiru nepreglednim svemirskim prazninama.

Iako još uvijek nedovoljno shvaćena, tamna materija, čini se, učestvuje sa 90% u masi većine galaksija. Posmatranja ukazuju na to, da bi u središtima većine, ako ne i svih galaksija, mogle postojati supermasivne crne rupe. Pretpostavlja se da bi one mogle biti osnovnim uzrokom aktivnih galaktičkih jezgara pronađenih u središtima nekih galaksija. Čini se da galaksija Mliječni put u svojoj jezgri udomljuje najmanje jedan takav objekt.

2. Andromeda, najljepši dragulj sjevernog neba

Andromeda (Messier 31, NGC 224) je predivna šarolika spiralna galaksija, udaljena 2,5 miliona svjetlosnih godina od Zemlje i nalazi se u sazviježđu Andromeda. Astronautima kojima je trebalo samo 3 dana da stignu do Mjeseca trebalo bi 500 milijardi godina da dođu do Andromede. Sada gledamo Andromedu kakva je bila prije više od 2,5 miliona godina, tj. gledamo najdalju strukturu koje naše oči mogu vidjeti.

Udaljenost da najbliže galaksije (Andromeda) može se dobiti kada poredamo 25 naših galaksija (Mliječni put), jednu do druge – 2,5 miliona svjetlosnih godina.

M31 je najbliža spiralna galaksija našoj galaksiji Mliječni put. Prijašnje procjene dimenzija Andromede su iznosile 70000 do 120000 svjetlosnih godina ali su nova promatranja otkrila nove dijelove zvjezdanog diska i udvostručile stare procjene. Prema njima, u svom najširem dijelu Andromeda se proteže na 220000 svjetlosnih godina.

Broj zvijezda u Andromedi je znatno veći nego u našoj galaksiji. Rezultat toga je dvostruko veći ukupan sjaj cijele galaksije od našeg Mliječnog puta. Treba napomenuti da je brzina stvaranja zvijezda u našoj galaksiji višestruko veća nego u Andromedi.



Galaksija Andromeda snimljena iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

Broj zvijezda u Andromedi je znatno veći nego u našoj galaksiji. Rezultat toga je dvostruko veći ukupan sjaj cijele galaksije od našeg Mliječnog puta. Treba napomenuti da je brzina stvaranja zvijezda u našoj galaksiji višestruko veća nego u Andromedi.

Andromeda je prema nama nagnuta 77° (gdje bi 90° bio pogled s strane). Analize presjeka Andromede otkrile su uvijanje galaksije u obliku slova *S*. Uzrok tome su vjerojatno sudari s satelitskim galaksijama. Spiralni krakovi Andromede su uvijeni, ali i šire razmješteni nego u Mliječnom putu.

Prosječan razmak između krakova je 13000 svjetlosnih godina i mogu se pratiti do udaljenosti od 1600 svjetlosnih godina od jezgre. Zanimljiva pojava je prsten prašine na udaljenosti do 32000 svjetlosnih godina od središta Andromede. Prsten je hladan pa nije vidljiv na snimkama u vidljivom svjetlu.

U vanjskim dijelovima Andromede se nalazi 460 kuglastih skupova. Najsjajniji od njih, nazvan Mayall II, najsjajniji je kuglasti skup u Lokalnom jatu galaksija.

Jezgro Andromede je veoma kompaktan objekt, okružen nakupinom starih zvijezda. Središnji dio galaksije donekle sliči na kuglasti skup, premda višestruko sjajniji. Hubble teleskop je na svojim snimkama otkrio da se Andromedina jezgra sastoji od dvostrukog objekta čiji su članovi razmaknuti tek 5 svjetlosnih godina. Na osnovu toga je izračunata masa središnje crne rupe koja iznosi milijardu sunčevih masa.

U satelitske galaksije Andromede pripadaju Messier 32 i Messier 110. Nešto dalje nalaze se još dvije satelitske galaksije, NGC 147 i NGC 185. Postoji mogućnost da se i Messier 33 nalazi pod snažnim gravitacijskim uticajem Andromede.

Andromeda je jedan od najzahvalnijih objekata za promatranje. Njen prividni sjaj iznosi +3,5 magnituda i u umjereno tamnim noćima moguće je vidjeti golim okom kao oblačak. Dvogled će Andromedu pokazati kao elipsasti oblak dimenzija 3°x1° s sjajnom jezgrom. Teleskop s malim povećanjem će lijepo uokviriti Andromedu s njenim pratiljama, M32 i M110. Veći teleskop, od 150mm, može u tamnim noćima pokazati pruge prašine. Uz pomoć teleskopa s promjerima objektiva iznad 250mm, može se pronaći i nekoliko najsjajnijih kuglastih skupova ili NGC 206, golemi zvjezdani oblak.

3. Nebeska cigara

Galaksija Cigara (M82) i Bode-ova galaksija (M81) su poznate po svojoj interakciji, sudarima u prošlosti.

M81 je treća najsjajnija galaksija na sjevernom nebu. Od nje su sjajnije samo galaksija Andromeda (M31) i galaksija Trougao (M33). Grandiozne galaksije M81 i M82 su u davnoj prošlosti bile u interakciji. Galaksija M81 je spiralna galaksija u pravcu sazviježđa Veliki medvjed (asterizam koji čini 7 najsjajnijih zvijezda Velikog medvjeda se u u narodu naziva Velika kola). Zbog njene blizine, tek je 11,8 miliona svj. godina udaljena od nas, velikih dimenzija i aktivne jezgre (u čijem središtu je crna rupa procjenjene mase 70 miliona masa Sunca), M81 je popularna galaksija za proučavanje. M81 je jedan od najboljih primjera spiralne galaksije. Njeni krakovi se spiralno pružaju gotovo

savršeno do samog centra. Prividni promjer M81 je 26,9′ x 14,1′ što odgovara linearnom promjeru od 94000 svj. godina. Svojim dimenzijama M81 je tek neznatno manja od naše Mliječne staze.



Galaksije M81 i M82 snimljene iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

Galaksija M82 je nepravilna galaksija (podtip *Starburst* – unutar kojih se ubrzano stvaraju zvijezde), također u pravcu sazviježđa Veliki medvjed. Galaksiju vidimo bočno pa nije pouzdano poznat njen oblik. Nepravilan oblik M82 posljedica je bliskog susreta s M81 koji se odigrao prije nekih 100 miliona godina. U tom procesu manja galaksija M82 doživjela je naglo urušavanje oblaka plina i prašine zbog plimnih sila masivnije M81 galaksije. Direktna posljedica urušavanja oblaka je ubrzano formiranje zvijezda. U bliskoj budućnosti pojavit će se val eksplozija supernova. Udaljenost između M81 i M82 danas je oko 300000 svj. godina.

4. Vatreno kolo u svemiru

Galaksija M101 poznata je i kao Vatreno kolo (podsjeća na dječiju papirnatu igračku – vatreno kolo), zbog svog izgleda. To je fascinantna spiralna galaksija u pravcu sazviježđa Veliki medvjed. Galaksiju je

otkrio Pierre Méchain 27. marta 1781. godine. Svoje otkriće prijavio je kolegi i prijatelju Charlesu Messieru koji je galaksiju upisao u svoj katalog kao 101. objekt. Lord Rosse je 1850. godine, promatrajući galaksiju, uočio njenu spiralnu strukturu. Time je M101 postala jedna od prvih 14 galaksija kod kojih je otkrivena spiralna struktura.

M101 je relativno bliska galaksija. Nalazi se na udaljenosti od oko 21 miliona svj. godina od nas. Njen prividni promjer je tek nešto manji od mjesečevog i iznosi 28′. Stvarni promjer galaksije je 220000 svj. godina, dvostruko veći od naše galaksije. Prividni sjaj galaksije je +7.9 magnituda što odgovara stvarnom sjaju od –21,6 magnituda. Sjaj M101 je dvostruko veći od sjaja Mliječne staze. Spiralni krakovi M101 su veoma izraženi. Ispunjeni su otvorenim skupovima punih zvijezda plave boje. Na fotografijama je moguće uočiti preko 3000 HII regija. HII regije su golemi oblaci hidrogena iz kojih će nastati zvijezde kad se jednom ti oblaci uruše.



Galaksija "Vatreno kolo" snimljena iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

Spiralna struktura galaksije nije simetrična. Uzrok nesimetričnosti je sudar s drugom galaksijom koji se odigrao nedavno. Sudar je potaknuo HII regije na urušavanje što je povećalo količinu novonastalih

zvijezda. M101 ima pet značajnijih galaksija u susjedstvu: NGC 5024, NGC 5474, NGC 5477, NGC 5585 i Holmberg IV. Sudar s jednom od tih galaksija možda je potaknuo ubrzano formiranje zvijezda u M101 i izobličio njenu spiralnu strukturu. Na M101 je utjecala i izobličila strukturu NGC 5475. Sve ove galaksije su članice M101 grupe.

U M101 je 24. avgusta 2011. godine otkrivena supernova SN 2011fe. Supernova je dosegla maksimalni prividni sjaj od +9.9 magnituda 13. septembra 2011. godine. Unatoč velikom prividnom sjaju, M101 je veoma zahtjevan objekt za promatranje. Njene velike prividne dimenzije uzrok su niskom površinskom sjaju što otežava uočavanje i promatranje galaksije u uvjetima loše prozirnosti i prisutnosti svjetlosnog zagađenja. S tamnih lokacija ako imamo dobru prozirnost moguće je već i 100mm teleskopom uočiti središte galaksije. U većem teleskopu može se nazrijeti spiralna struktura galaksije. Kod velikih amaterskih teleskopa vidljivo je i nekoliko najsjajnijih HII regija u galaksiji.

5. Kozmički vrtlog

Galaksija Vrtlog, poznata još kao Messier 51a, je spiralna galaksija u pravcu sazviježđa Lovački psi. Otkrio ju je Charles Messier 1773. godine. Pratilju je otkrio Pierre Méchain 1781. godine.

Galaksija M51a je spiralna galaksija tipa SA. Praćenjem sjaja supernova određena je njena udaljenost od 23 miliona svj. godina. Starije procjene su je smještale na udaljenost od 30 do 37 miliona svj. godina. Prividni promjer galaksija je 11,2 lučne minute, što odgovara linearnim dimenzijama od 76000 svj. godina. Masa galaksije je oko $1{,}6\times10^{12}$ sunčevih masa. M51 je dimenzijama i masom upola manja od naše galaksije, Mliječne staze.

Veoma izražena spiralna struktura M51a posljedica je utjecaja sudara s M51b (NGC 5195) u prošlosti. Sudari su se odigrali u dva navrata. Prvi sudar se dogodio prije 500 do 600 miliona godina. U tom sudaru, NGC 5195 je prošla kroz disk M51a. U drugom sudaru koji se dogodio prije 50 do 100 miliona godina NGC 5195 prišla je iz poza-

dine M51a i ponovno prošla kroz disk. Danas se NGC 5195 nalazi iza M51a. Oblaci plina i prašine u spiralnim krakovima M51 urušili su se zbog sudara s NGC 5195. Posljedica toga je nastanak mnogih regija u kojima se formiraju zvijezde. Te regije slične su maglicama M42 i M8.



Galaksija "Vrtlog" snimljena iz Sarajeva
(copyright: Alan Ćatović, Džan Jašarević)

6. Kozmički ples

Stephanov kvintet (Edouard Stephan, 1837-1923, francuski astronom) je zanimljiva grupa od pet galaksija u pravcu sazviježđa Pegaz. To je prva kompaktna grupa galaksija ikad otkrivena. Ova grupa je zanimljiva zbog svoje burne prošlosti. Četiri od pet ovih galaksija formiraju kompaktan skup, tzv. Hickson-ova (kompaktna) grupa 92 i zajedno učestvuju u kosmičkom plesu koji će najvjerovatnije završiti njihovim spajanjem. Galaksije ovog kvinteta su spiralne, spiralne s prečkom i eliptične galaksije koje pokazuju jasne znake poremećene strukture uslijed interakcija. Radijska promatranja ranih 1970-ih otkrili su tajnovito vlakno koje leži u međugalaktičkom prostoru između galaksija ove skupine.



"Stefanov kvintet" snimljen iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

Najsjajnija članica je spiralna galaksija NGC 7318B, kraj koje je intenzivno HII područje, gdje se aktivno formiraju zvijezde. Ostale članice NGC 7317, NGC 7318A, NGC 7319 i NGC 7320C tvore kompaktnu skupinu i smješteni su u istom području svemira, izobličenih spiralnih krakova i diskova zbog plimne sile. Skupina je udaljena 340 miliona svjetlosnih godina od naše.

Nedavno je otkriven ogroman intergalaktički udarni talas uzrokovan kretanjem jedne od galaksija (NGC 7318B) prema centru skupa. Naime, brzina ove galaksije iznosi nekoliko miliona km/h. Prilikom tog kretanja galaksija NGC 7318B nailazi na kosmičke gasove, pri tome stvarajući udarni talas koji se kreće kroz prostor zagrijavajući gasove do nekoliko miliona stepeni C, pri čemu se emituju rendgenski zraci koji su detektovani sa Zemlje (NASA Chandra X-ray Observatory).

U blizini Stefanovog kvinteta nalazi se i nemaštovito nazvana galaksija NGC 7331, inače skoro pa "blizanac" naše galaksije. Galaksija NGC 7331 (Caldwell 30) je udaljena oko 38 miliona svj. god. od Zemlje i nalazi se, takođe, u pravcu sazviježđa Pegaz. Najveći prečnik je 111 hiljada svj. god., a najmanji 46 hiljada svj. god.. Prvo otkriće je napra-

vio William Herschel 6. septembra 1784. godine. Galaksija je dosta slična našem Mliječnom putu i nerijetko je zato nazivaju blizancem Mliječnog puta. NGC 7331 je jedna od najsvjetlijih galaksija sjeverne nebeske polusfere koja nije uključena u Messierov katalog. Galaksija se nalazi oko 50 milijuna svjetlosnih godina od nas i okrenuta nam je gotovo rubom. Galaksija je okružena mnogobrojnim pratiljama. Lord Rosse sa svojim 1.8m velikim teleskopom uspio je otkriti spiralnu strukturu u ovoj galaksiji. Godine 1959. tip II supernove SN 1959D, otkrivena je u galaksiji NGC 7331. Tokom maksimuma supernova je dosegla prividni sjaj od +13.4 magnitude. Kroz 200 mm teleskop i pod tamnijim nebom, galaksija se vidi kao eliptična mrlja svijetla s sjajnom jezgrom. Sjajna jezgra u nekoliko koraka postupno blijedi prema rubovima. Zbog velikog prividnog sjaja galaksija je vidljiva već i manjim teleskopom ako uvjeti dopuštaju.

7. Vatromet na nebu

Galaksija Vatromet (NGC 6946, Arp 29) je prečkasta spiralna galaksija srednje veličine koja je udaljena oko 20 miliona svj. godina od nas. Karakterizira je intenzivno formiranje zvijezda, posebno u spiralnim krakovima. Nalazi se na pravcu granice između sazviježđa Kefej i Labud. Udaljava se od nas brzinom od oko 40 km/s. Prividna magnituda joj je 9,6, što je čini zahtjevnim objektom za snimanje i 10 puta je udaljenija od galaksije Andromeda.

Galaksija je od nas poprilično sakrivena" međuzvjezdanom materijom galaksije Mliječni put. NGC 6946 je nazvana galaksija "Vatromet" jer ima mnogo supernovih koje su uočene u zadnjih 100 godina (SN 1917A, SN 1939C, SN 1948B, SN 1968D, SN 1969P, SN 1980K, SN 2002hh, SN 2004et i SN 2008S). U poređenju s njom, Mliječni put ima otprilike jednu supernovu svakih 100 godina.



Galaksija "Vatromet" snimljena iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

8. Nož i patuljci

Galaksija NGC 5907, poznata kao Oštrica noža ili Krhotina je zanimljiva, spiralna galaksija koja je udaljena oko 31 miliona svj. god. od Zemlje i nalazi se u pravcu sazviježđa Zmaj. Najveći prečnik je 112 hiljada svj. god. a najmanji 12 hiljada svj. god.. William Herschel je prvi put vidio ovu galaksiju maja 1788. godine.

Jedna od zanimljivosti vezana za ovu galaksiju je da se sastoji uglavnom od zvijezda patuljaka (relativno male i slabo luminozne zvijezde; generalno postoje crveni, žuti (masa sličnih kao Sunce), narandžasti, plavi, bijeli, crni i smeđi patuljci – mase manje od 0,08 mase Sunca).

Oko ove izdužene galaksije uočen je i zanimljiv "plimni oblak" koji je okružuje. Smatra se da je taj oblak nastao uslijed gravitacionog međudejstva sa galaksijom koja se nekada nalazila u blizini. U ovoj galaksiji nalazi se Supernova 1940A.



Galaksija "Oštrica noža" snimljena iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

9. Šta je to Lokalno jato (lokalna grupa)?

Skoro sve galaksije imaju tendeciju okupljanja u jata galaksija. Do sada je poznato preko 3000 takvih jata. Posmatrajući galaksije i mjereći njihove udaljenosti od nas, tj. od Mliječnog puta, Edwin Hubble je primjetio da sa daljinom opada gustina galaksija, tj. da je u našoj blizini koncentracija galaksija veća, te da se u blizini naše galaksije na okupu nalazi više drugih. I u drugim dijelovima svemira mogu se otkriti skupovi galaksija koje se nalaze u nekoj gravitacionoj vezi. Jednostavno, galaksije žive svoj život u jatima. Jato kome pripada naša galaksija nazvali smo Lokalno jato ili Lokalna grupa.

Glavni članovi Lokalne grupe su Mliječni put, galaksija Andromeda, galaksija Trougao i Mafeji 1. Ostali članovi su eliptični i nepravilni patuljci – sateliti glavnih galaksija.

Sve ove galaksije su rasute po zapremini jedne lopte približnog prečnika od 10 miliona svj. godina čiji se centar nalazi negdje između Mliječnog puta i Andromede. Nije sasvim utvrđeno članstvo svih ovih galaksija našoj "porodici", kao što je moguće da postoje još neki neotkriveni kandidati. Od svih članova Lokalnog jata, Andromeda i

Mliječni put su daleko najmasivniji, te zato predstavljaju njene dominantne članove.



Lokalna grupa galaksija (izvor: Wikipedia)

Astronomi predviđaju da će se dvije velike spirale, naš Mliječni put i galaksija Andromeda, u dalekoj budućnosti sudariti i stvoriti jednu džinovsku eliptičnu galaksiju. Dodatno, postoje naznake da će vjerovatno naš najbliži veliki grozd galaksija (Virgo skup) zaustaviti naš kosmološki razvoj tako što će Lokalno jato dovoljno ubrzati i odbaciti ga od sebe, čime bi se ovo veliko jato galaksija polako rasulo i "ugasilo".

10. Svemirski trokut

Galaksija Trokut (M33) je treća po veličini galaksija u Lokalnom jatu. Nalazi se na udaljenosti od 2,9 miliona svj. Godina u pravcu sazviježda Trokut i približava nam se brzinom od 24 km/s. Galaksija Trokut se nalazi samo 750000 svj. godina od masivne galaksije Andromeda i postoji mogućnost da su te dvije galaksije povezane gravitacijskim uticajem.

Galaksija Trokut ima prečnik od oko 60000 svj. godina, upola manje nego naša galaksija i skoro četiri puta manje nego Andromeda. Masa galaksije je između 10 i 40 milijardi sunčevih masa (oko 1/30 mase Mliječnog puta).



Galaksija "Trokut" snimljena iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

M33 je katalogizirana kao spiralna galaksija tipa Sc. Njeni spiralni krakovi jasno su ocrtani crvenkastim HII regijama, među kojima je i NGC 604, golemi oblak prečnika 1500 svj. godine. NGC 604 je ogromno porodilište zvijezda, slično kao maglina Orion (M42) ali daleko veće, najveće u Lokalnom jatu. Snimka teleskopa Hubble otkrila je

200 mladih zvijezda 15 do 60 puta masivnije od Sunca. U galaksiji je otkriveno 112 promjenjivih zvijezda. Među njima su 4 nove i 25 cefeida. U galaksiji još nije zabilježena niti jedna supernova ali su pronađeni ostaci prijašnjih eksplozija.

U dobrim uvjetima, daleko od izvora rasvjete i blizine gradova, moguće je vidjeti M33 golim okom. U dvogledu će se pokazati kao ovalna mrlja, svijetla i velika. Bolje se ističe pod manjim povećanjima. Veći teleskopi otkrit će neke od detalja. U 200mm teleskopu moguće je vidjeti NGC 604 kao zvjezdoliku mrlju i dva spiralna kraka u obliku slova S. U teleskopu od preko 300mm, moguće je ponekad pronaći i oblake plina u spiralnim krakovima ove galaksije. Prividni sjaj galaksije je +5.7 magnituda.

11. Nebeski sombrero

Galaksija Sombrero (M104, NGC 4594) je spiralna galaksija u pravcu sazviježđa Djevica. Galaksiju je otkrio Pierre Méchain 1781. godine nakon izdavanja knjige s Messierovim katalogom.

Galaksija je poznata po svom obliku koji podsjeća na meksički šešir – sombrero. Naime, ekvator galaksije nagnut je 6° prema nama i zbog toga galaksiju gledamo skoro iz profila. Pruga prašine i plina koji presijeca disk galaksije je zapravo prsten plina i prašine koji okružuje jezgru. Prsten sadrži većinu molekularnog hidrogena u galaksiji i mjesto je gdje se formiraju nove zvijezde.

Galaksija Sombrero se nalazi na udaljenosti od oko 29 miliona svj. godina. Njene prividne dimenzije su 8,7′ dužine i 3,5′ širine. Stvarni promjer galaksije je 74500 miliona svj. godina.

Spektroskopska promatranja u infra-crvenom dijelu spektra pokazala su da središte M104 nije ispunjeno mladim zvijezdama. Koristeći spektroskopske podatke s teleskopa Hubble, astronomi su došli do zaključka da je u središtu M104 supermasivna crna rupa. Podaci dobiveni promatranjem brzine rotacije zvijezda blizu središta pokazali su da je masa središnje crne rupe oko milijardu puta veća od mase

Sunca. Time je crna rupa u M104 postala jedna od najmasivnijih crnih rupa u obližnjim galaksijama.



Galaksija "Sombrero" (izvor: Wikipedia)

Galaksija Sombrero sadrži relativno veliki broj kuglastih skupova. Njihov broj je procijenjen na između 1200 i 2000. Odnos broja kuglastih skupova i sjaja galaksije je znatno veći nego u Mliječne staze ali je otprilike jednak galaksijama sa sličnim velikim središnjim ispupčenjima.

M104 je moguće lako uočiti u 100mm teleskopu pod tamnim nebom. U 200mm teleskopu pruga prašine je vidljiva kao nagli prekid u sjaju galaksije. Pod veoma tamnim nebom 200mm teleskop će pokazati i južni, tamniji dio galaksije, odvojen prugom prašine.

12. Po čemu je zanimljiva grupa galaksija Leo I (M95, M96, M105 i ostale)?

Grupa galaksija Leo I nalazi se u pravcu sazviježđa Lav. Grupa se sastoji od između 8 i 24 galaksije na udaljenosti od 33 miliona svjetlosnih godina. Grupa je i podskup velikog skupa Virgo, tj lokalnog Superskupa.



Grupa galaksija "Leo I" snimljena iz Sarajeva (copyright: Alan Ćatović)

M95 je jedna od pripadnica Leo I grupe i nalazi se na udaljenosti od 33 miliona svj. godina. Njene prividne dimenzije od 7,3′ x 4,4′ odgovaraju stvarnim dimenzijama od 70000 x 42000 svj. godina. Galaksija je svojim dimenzijama za trećinu manja od naše Mliječne staze. Prividni sjaj galaksije je magnitude +9,7 što znači da je njen stvarni sjaj magnitude –20,3. Sjaj M95 je upola manji od naše Mliječne staze. Messier 95 (M95 ili NGC 3351) je prečkasta spiralna galaksija u sazviježđu Lav. Galaksiju je otkrio Pierre Méchain 20. marta 1781. godine. Charles Messier ju je u katalog unio 4 dana kasnije kao 95. objekt. Jezgra galaksije je okružena prstenastom regijom promjera 2000 svj. godina u kojoj se odvija formiranje zvijezda. Nedavno je u galaksiji otkrivena supernova SN 2012AW. Galaksija je zahvalna za amaterska posmatranja jer se može lako uočiti njena struktura. Već se sa 200mm teleskopom, pod tamnim nebom, može uočiti sjajna jezgra galaksije i prstenasta struktura oko nje. Vizualno, galaksija ima dimenzije od 2,5′ x 2,5′.

Messier 96 (M96 ili NGC 3368) je spiralna galaksija, također u sazviježđu Lav, dio grupe Leo I, blizu M95. Otkrio ju je Pierre Méchain 20. marta 1781. godine, zajedno s M95. Charles

Messier dodao ju je u katalog 4 dana kasnije. M96 je dominantna članica grupe galaksija Leo I i nalazi se na udaljenosti od oko 31 miliona svj. godina. Njene prividne dimenzije su 7,8′ x 5,2′, a stvarne su 70000 x 47000 svjetlosnih godina. Svojim dimenzijama je za oko trećinu manja od naše Mliječne staze. Na fotografijama duže ekspozicije moguće je pratiti izdanke spiralnih krakova do udaljenosti od 9′ što znači da galaksija doseže 80000 svjetlosnih godina u dimenzijama. Prividni sjaj galaksije je magnitude +9,3, a stvarni sjaj magnitude –21. Sjaj M96 je za oko 10% veći od sjaja naše galaksije. Supernova SN 1998bu otkrivena je 1998. godine u ovoj galaksiji. Na vrhuncu supernova je dosegla prividni sjaj od +11,8 magnituda ili 1/10 sjaja galaksije. M96 je jedna od prvih galaksija kod kojih je otkrivena spiralna struktura. Strukturu galaksije je otkrio Lord Rosse 1850. godine. Za razliku od susjedne M95, M96 ne otkriva lagano svoju strukturu. U 200 mm pod tamnim nebom moguće je vidjeti umjereno sjajnu maglicu s izraženom jezgrom. Vizualni promjer galaksije u 200 mm-skom teleskopu je 2′.

Messier 105 (M105 ili NGC 3379) je eliptična galaksija, dio grupe Leo I. Galaksiju je otkrio Pierre Méchain 1781. godine ali je tek 1783. godine objavio otkriće. Objekt je naknadno dodan u Messierov katalog. M105 je eliptična galaksija udaljena oko 32 miliona svjetlosnih godina od nas. Njen promjer je oko 50000 svjetlosnih godina, ali stvarni promjer nije poznat jer ne znamo orijentaciju duže ose elipsoida galaksije. Galaksija ne posjeduje neka posebna svojstva – toliko je obična da služi kao standardni klasični primjer eliptične galaksije. Zbog svog pravilno raspoređenog površinskog sjaja postala je fotometrijski standard. Ukupni sjaj galaksije je ravan sjaju naše galaksije. U 200 mm teleskopu može se vidjeti kao jednolika mrlja kojoj pravilno opada sjaj prema rubovima.

Daleki svemir

"Nauka je vjerovanje u neznanje stručnjaka." (Richard Feynman)

1. Kada bi vanzemalji dolazili u naš dio svemira, gdje bi otišli?

Koji dio našeg svemira (misli se na okruženje Mliječnog Puta) je najzanimljiviji, gdje je "downtown", gdje je prava zabava? Da li bi upravo nas posjetili na tom putu? Odgovor je vjerovatno negativan, osim ako ih ne uzbuđuju španske i turske sapunice, transmitovane u svemir preko naših TV signala. Ako si normalan vanzemaljac najvjerovatnije bi išao prema svjetlima, prema centru grada. Dakle, gdje je Brodvej našeg dijela svemira?

Pa, najveća svjetla, ako dolazite u ovaj dio svemira, dolaze iz pravca tzv. Virgo skupa galaksija. Ovo ogromno kraljevstvo, skoro pa univerzum za sebe, vidljivo je na južnom nebu samo kroz teleskope i jače dvoglede. Očima ga, naravno, ne vidimo zbog velike udaljenosti. Naša galaksija je član skupa poznatog kao Lokalna grupa, u kome dominira Andromeda (M31). Drugi po veličini je naš Mliječni Put, nakon kojeg slijedi galaksija M33 (Galaksija Trougao). Tu su još i Magelanovi Oblaci koji se vidi sa južne poluopte Zemlje, nekoliko desetina patuljastih galaksija, i to je to. Moguće je da su sve ove galaksije (zajedno sa nama) nastale iz istog proto-galatičkog oblaka gasova. Veličina ovog skupa procjenjena je na oko 4 miliona svjetlosnih godina.

Enter Virgo skup, koji leži nekih 50 miliona svjetlosnih godina udaljen od nas, sa preko 2500 galaksija (!) u svom sastavu. Ovo odmah zvuči sumnjivo – kako je moguće da jedan skup (kao što je naš) sa-

drži 30-tak galaksija, a drugi preko 2500. Odgovor leži u činjenici da je naša lokalna grupa tek "produžetak", "predgrađe" Virgo grupe galaksija.

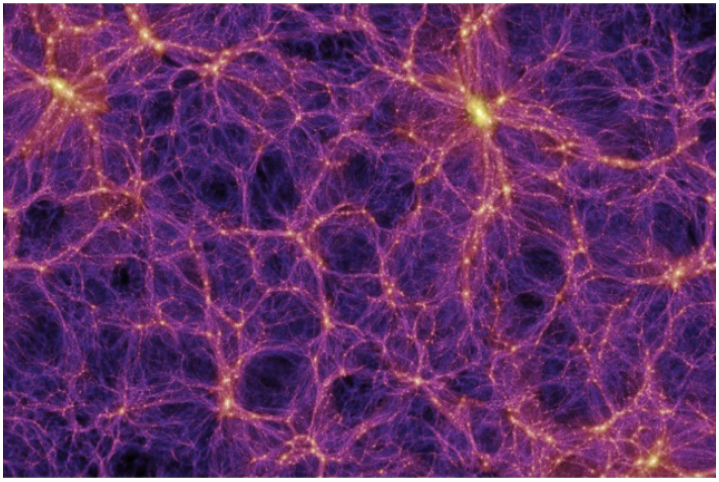
U Virgo skupu je "Times Square" našeg dijela svemira. Najveća galaksija u toj grupi je nemaštovito nazvana M87 (naziv više podsjeća na registraciju automobila) i nalazi se tačno u centru skupa. Ova galaksija je jedna od najvećih struktura u svemiru koje poznajemo, ali sigurno neće pobjediti u takmičenjima ljepote jer liči na običnu mrlju elipsastog oblika. Sadrži nekoliko triliona (milion miliona, 10^{12}) zvijezda i vjerovatno barem isto toliko planeta. U njenom centru je ogromna crna rupa (procjenjene mase između 10 i 100 miliona veće nego masa Sunca) oko koje kruži nebrojeno mnogo zvjezdanih skupova i zvijezda.

Za bilo kojeg stanovnika ove galaksije, istraživanje samo te galaksije bilo bi sasvim dovoljno, zauvijek. Istraživanje ostatka univerzuma, uključujući i našu lokalnu grupu, činio bi se potpuno nerelevantno i nepotrebno. Virgo klaster je toliko udaljen da, kada bi putovali brzinom bliskoj brzini svjetlosti vrijeme potrebno da se dođe do tamo bilo bi jednako vremenu koje je prošlo od vremena dinosaurusa. Čak i najsjajniji članovi ovog udaljenog skupa ne mogu se vidjeti golim okom. Tako, udaljena od pogleda, udaljena od naših misli, nevidljivo plovi ova ogromna struktura, naš "downtown".

2. Kako izgleda svemir?

Istraživanja ukazuju da svemir dosta liči na moždane ćelije. Simulacije koje su radili Baslller & Krivoukov pokazuju da univerzum može rasti na sličan način kao npr. mozak kod čovjeka. To ukazuje da možda postoji neki fundamentalni zakon koji omogućava rast velikih ili malih sistema, od električnog pražnjenja između moždanih ćelija i razvoja socijalnih mreža, pa sve do ekspanzije galaksija. Baslller i Krivoukov su napravili kompjutersku simulaciju koja je podijelila prvobitni univerzum na najmanje moguće jedinice – tzv. kvante prostor-vremena koji su bili manji od subatomskih čestica. Simulacija je

povezala sve kvante u ogromnu celestijalnu mrežu. Kako je simulacija napredovala, dodavala je sve više prostor-vremena univerzumu, tako da su njegove mreže između tvari i galaksija također rasle, nešto slično kao što uočavamo u samom svemiru. Tim je uporedio ove rezultate sa razvojem socijalnih mreža i moždanih ćelija, i pronašli su neke sličnosti. Npr. ljubitelj mačaka koji surfa internetom može posjetiti mega stranice kao što su Google ili Yahoo, ali će također posjetiti i manje bitne stranice kao što je npr. youtube kanal za mačke.



Pretpostavljeni izgled svemira kada se posmatra sa dovoljno velike udaljenosti (izvor: Wikipedia)

Na sličan način, susjedne moždane ćelije se povezuju između sebe, ali neuroni također vole da se vezuju i za druge moždane ćelije, one koje su spojene sa većim brojem drugih moždanih ćelija, stvarajući kompleksnu mrežu tokom vremena. Ova sličnost možda nije slučajnost već posljedica nekog dubljeg fizikalnog principa kojeg bi trebalo detaljnije proučiti.

Najveća struktura koju smo našli u svemiru je tzv. Hercules-Corona Borealis veliki zid, masivna galaktička superstruktura udaljena 9,5 – 10,5 milijardi svjetlosnih godina. Smatra se da ima linearne dimen-

zije 10 milijardi svjetlosnih godina! Ova struktura otkrivena je 2014. godine. Nalazi se u pravcu granice između sazviježđa Zmaj i Herkules. Smatra se da se u ovoj strukturi nalaze milijarde galaksija.

3. Šta su kozmičke zrake?

Kozmičke zrake su zrake visoke energije koje dopiru do Zemlje iz svemira. Na osnovu testova Victora Hessa, s jonizacijskim komorama koje su balonima podizane u visinu, postavljena je teorija da zračenje koje uzrokuje jonizaciju potiče iz svemira, jer je utvrđeno da ne može dolaziti sa Sunca, budući da se jonizacija nije promijenila za vrijeme potpune Sunčeve pomrčine 1912. godine.

Nagli razvoj tehnike i instrumenata nakon Drugog svjetskog rata (usavršeni detektori, radio teleskopi, baloni i umjetni sateliti, te elektronski uređaji) omogućio je intenzivnije istraživanje kozmičkog zračenja.

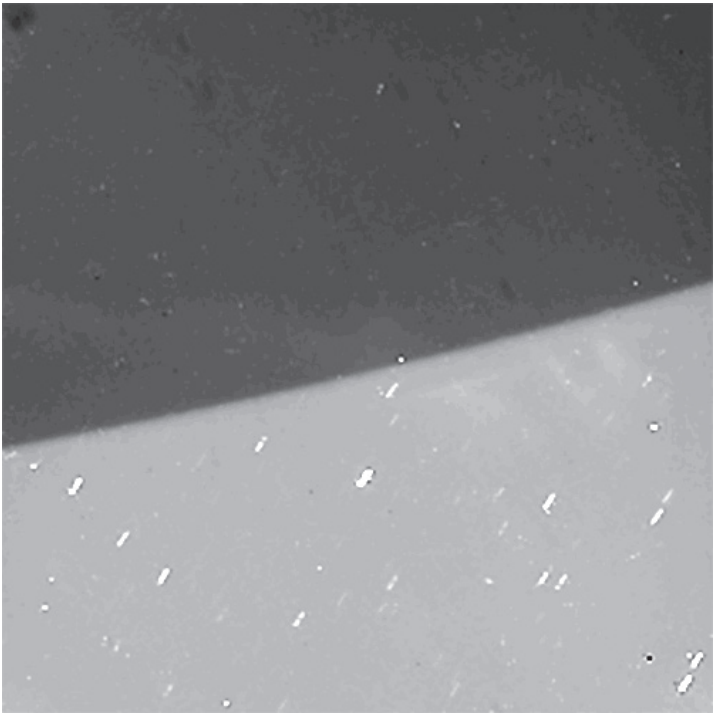
Kosmički zraci su opasni za živi svijet jer je njihova najveća detektovana energija (tzv. ultra-high-energy cosmic rays) bila za oko 40 miliona puta veća nego energija čestica koje se ubrzavaju u Large Hadron Collider postrojenju. Sa svojih 50J, najveća detektovana energija kosmičkih zraka može se uporediti sa kinetičkom energijom baseball loptice koja ide brzinom od oko 100 km/h.

Zemlja nas štiti od kozmičkih zraka atmosferom i magnetnim poljem.

Količina kozmičkih zraka na ekvatoru je manja nego na polovima, zato što je i gustoća magnetskih linija rjeđa na polovima.

Na Zemlji atmosfera i magnetsko polje oslabljuju kozmičke zrake, ali na Mjesecu i Marsu npr. one nesmetano pljušte. Kozmičko zračenje može štetiti astronautima i može dugoročno uzrokovati rak kao posljedica oštećenja u DNK i ćelijama, kao i mrenu, oštećenje nervnog sistema i sl.

Kozmičko zračenje dijeli se na primarno i sekundarno.



Kosmičke zrake udaraju senzor kamere na letjelici Cassini dok je snimala Saturnov južni pol (copyright: NASA/JPL-Caltech/Space Science Institute)

Primarno zračenje koje dolazi Zemlje sastoji se većinom od atomskih jezgri (99%) i elektrona (1%). Većinu (oko 90%) čine protoni, zatim (oko 9%) helijeve jezgre, a tek neznatan dio ostale lake atomske jezgre elemenata do, uključivo, željeza. Energija primarnoga zračenja doseže i do 10^{18} eV.

Podaci sa teleskopa Fermi (2013) pokazuju da značajan dio primarnog kozmičkog zračenja potiče od supernovih, kvazara, eksplozije gama zračenja, aktivnih galaktičkih jezgri (galaktičko kozmičko zračenje). Također, Sunce stvara vlastite kozmičke zrake ("protonska oluja" – kada Sunce emituje čestice, uglavnom protone, koje su ubrzane dejstvom sunčevih baklji i izbacivanjem koronalne mase; koronalno

izbacivanje mase oslobađa ogromne količine materije i elektromagnetskog zračenja u prostor iznad Sunčeve površine, ili u koronu ili u međuplanetarni prostor. Izbačena masa je plazma koja se sastoji od elektrona i protona, ali može sadržavati i manje količine težih elemenata – helijuma, kiseonika, pa i čak željeza). Naravno, u elektromagnetnom spektru Sunca nalaze se i rendgensko i gama zračenje koje je šettno za živi svijet, ali srećom, atmosfera i magnetosfera nas čuvaju. Aurore su posljedica sudara solarnih čestica sa atmosferom na mjestima gdje je magnetno polje Zemlje slabije (polovi).

Sekundarni kozmički zraci nastaju raspadanjem primarnih kozmičkih zraka prilikom ulaska u astmosferu, pri čemu nastaju neutroni, pioni, pozitroni i muoni.

Nakon što uđu u Zemljinu atmosferu, kozmičke čestice se sudaraju s molekulama, uglavnom dušikom i kisikom, stvarajući slapove manjih čestica, koje zovemo još pljusak elementarnih čestica. Broj sekundarnih čestica koje nastaju nakon sudara jedne primarne čestice, može biti i na milijarde.

Kozmičke zrake stalno stvaraju i nestabilne izotope u Zemljinoj atmosferi, kao što je ugljik-14.

Kozmičke zrake drže količinu ugljika-14 u atmosferi uglavnom stalnim (70 tona) u zadnjih 100000 godina, sve do 1950-ih, kada se započelo s testiranjem nuklearnog oružja. Ta se činjenica koristi u arheologiji, za datiranje ugljikom-14 ili utvrđivanje starosti nekog nalaza.

Kozmičke zrake u atmosferi joniziraju molekule nitrogena i kiseonika, što vodi do brojnih reakcija. Jedna od reakcija vodi do ozonskih rupa, ali taj udio je puno manji od utjecaja freona.

Kozmičke zrake čine udio godišnje radijacije na ljude. Na primjer, u Australiji je ukupno prirodno zračenje na ljude 2,3 miliSieverta, dok kozmičke zrake prosječno zrače na ljude 0,3 miliSieverta (13%).

Sa povećanjem visine, raste izloženost čovjeka kozmičkim zracima. Na 1500m izloženost je 2 puta veća, na 3000 4 puta, a osoblje u avionu (na 10km iznad tla) ima izloženost i do 100 puta. U svemirskim sta-

nicama kozmičko zračenje je i do 1000 puta puta jače nego na Zemlji, što znači da astronauti prime za mjesec dana zračenja koliko radnici u nuklearnom postrojenju za godinu dana.

Jedini ljudi koji su izašli izvan zaštite magnetosfere su astronauti misije Apollo (1968-1972) i oni su bili 5000 puta više izloženi kozmičkim zrakama nego na Zemlji. Međutim, niko od njih nije imao ozbiljne posljedice jer su bilio tamo najviše 3 dana. Treba reći i da su imali sreće, jer da ih je, dok su šetali Mjesecom, zahvatila jaka sunčeva oluja, kakva je bila avgusta 1972, između Apollo misija 16 i 17, vjerovatno bi astronauti primili smrtonosnu dozu (oštećenja DNK, rak, oboljenja krvi).

Ukoliko bi astronauti išli na Mars, tokom 2-godišnjeg puta tamo i nazad, astronauti bi primili doze kozmičkog zračenja 40x veće nego što je granica koja je dozvoljna za radnike u nuklearkama u Evropi. To bi bio ozbiljan problem na put za Mars i potrebno je dizajnirati odgovarajuću zaštitu.

Kozmičke zrake imaju dovoljno energije da izmjene stanje elemenata u elektroničkim integriranim krugovima, uzrokujući kratkotrajne greške, kao što je promjena podataka u radnoj memoriji ili kriva operacija procesora. To je veliki problem kod elektroničkih uređaja, posebno u satelitima.

4. Koji je najudaljeniji nebeski objekat koji smo dosad našli?

Najudaljeniji objekat kojem smo pronašli (mart 2016) je GN-z11 – galaksija u pravcu sazviježđa Veliki Medvjed. Nalazi se na udaljenosti od oko 32 milijarde svjetlosnih godina (realna udaljenost uslijed širenja svemira) od Zemlje (9,8 milijardi parsec).

Udaljenost je određena spektroskopski. Vidimo je onakvu kakva je postojala prije 13,4 milijarde godina (koliko je svjetlu trebalo da dođe do nas), ili samo 400 miliona godina nakon velikog praska.

5. Koja je najčešća boja u svemiru?

Kao što znamo, većina maglina koje emituju vlastitu svjetlost su crvenkaste boje. I to ne bilo koja crvena već uvijek ista duboka sjena crvene koja se pojavljuje na talasnim dužinama od 656,3nm (tzv. H – alfa).

Ovo je najučestalija boja u svemiru jer nastaje kada elektron najčešćeg hemijskog elementa – Hidrogena postane dovoljno pobuđen da skoči na veću orbitu i potom se vrati nazad, pri tome emitujući. Najdraži skok eletrona je sa drugog nivoa u najniže energetsko stanje, koje niko ne vidi jer proizvodi nevidljivu UV svjetlost.

Drugi najdraži skok elektrona je sa trećeg na drugi nivo, kreirajući pri tome spomenute crvene fotone koji preplavljuju univerzum. Svemirsko crvenilo može se vidjeti na bezbroj astrofotografija.



"Downtown Auriga" – prikaz "omiljene" boje svemira.
Na snimku je ostatak Supernove (Simeis 147), M36, M38, IC 410, itd.
(copyright: Rogelio Bernal Andreo)

Dakle, omiljena boja svemira je boja ruže iz vašeg dvorišta. Sjetite se toga kad slijedeći put poklonite nekome ružu ili neko vas iznenadi.

6. Šta je Hubble deep field snimak?

Jedna od najfascinantnijih stvari koje znam o svemiru je došla od "Hubble Deep Field" snimaka NASA-e koji nam otkrivaju jednu ve-

oma zanimljivu stvar o svemiru koji nas okružuje: a to je da su svuda oko nas galaksije, u velikom broju, i ako dovoljno dugo snimamo (veoma duge ekspozicije, reda – milioni sekundi i hiljade snimaka), vidjećemo ih na našim slikama.

Hubble Deep Field je fotografija nastala stakiranjem (spajanjem) preko 340 snimaka iz 1995. godine. Na njoj je zabilježen tek 24-milioniti dio ukupnog neba što odgovara površini koju zauzima loptica za tenis posmatrana sa udaljenosti od 100 metara. Snimano je u područje sazviježđa Veliki Medvjed, a na fotografiji se nalazi oko 3000 galaksija.

Tri godine kasnije snimljen je i Hubble Deep Field South – što je omogućilo poređenje dva različita područja svemira. I ta slika je kompozicija stotine pojedinačnih snimaka teleskopa Hubble l koji su načinjeni u periodu od deset dana tokom 1998. Godine.

Nakon toga je Hubble snimio čuveni snimak Hubble Ultra-Deep Field, kada je teleskop usmjeren prema "praznom" dijelu neba u sazviježđu Hemijska peć (Fornax). Obuhvaćena je površina od tek desetog dijela ugaone širine punog Mjeseca. Snimanje je vršeno od septembra 2003. do. januara 2004. godine. Snimljeno je 800 ekspozicija tokom 400 orbita teleskopa oko Zemlje.

Hubbl je kasnije snimio fotografiju još dubljeg polja. Nazvana je eXtreme Deep Field. To je zasada najdublji prodor u svemir. Konačna fotografija predstavlja kompilaciju 2000 snimaka načinjenih tokom deset godina sa ukupnom ekspozicijom od preko 550 sati. Ova fotografija sadrži 5500 galaksija. Sa najbližih do nas dopire tek deset milijarditi dio svjetlosti koje može da opazi ljudsko oko. Neke od njih na ovom snimku vidimo kakve su bile prije 13,2 milijarde godina, a to je svega 500 miliona od početka vremena.

Koliko me inspiriše i ostavlja bez daha ovaj snimak pokazuje i činjenica da u svom stanu jedina astronomska slika koju imam uramljenu na zidu je upravo slika Extreme Deep Field.



Extreme Deep Field snimak (copyright: NASA; ESA; G. Illingworth, D. Magee, and P. Oesch, University of California, Santa Cruz; R. Bouwens, Leiden University; and the HUDF09 Team)

7. Koliko ima zvijezda i galaksija u svemiru?

U svemiru kojeg vidimo postoji minimalno 100 milijardi galaksija. Svaka od ovih galaksija ima barem 100 milijardi zvijezda. Dakle, u svemiru ima barem 10^{22} zvijezda.

Ali intelektualna nemogućnost da adekvatno shvatimo ovaj broj odgovorna je što mnoge ljude ukupni broj zvijezda u svemiru ne fascinira previše.

8. Koje stanje materije (koju vidimo) je dominantno u svemiru?

Na Zemlji ima vrlo malo plazme (najviše u munjama), ali plazma (jonizovana materija, tzv. četvrto stanje materije) čini 99% sve materije koju smo detektirali u svemiru – to jest, sva materija u zvijezdama, maglinama, međuzvjezdana materija, dakle, sve ono što čini vidljive galaksije.

Plazma je zbog slobodnih nabijenih čestica (iona i elektrona) dobar vodič električne struje i snažno reaguje na električno i magnetsko polje.

Veoma visoke temperature su neophodne da se održi jonizacija, što je glavni uvjet za postanak plazme.

9. Einstein-ov univerzum

Pri velikim brzinama ili na mjestima sa jakom gravitacijom događaju se zanimljive stvari. Vrijeme usporava (nije dobra vijest za one sa dosadnim poslom) i udaljenosti se smanjuju. Dilataciju vremena spominju mnogi Sci-fi filmovi, ali kontrakciju dužine rijetko spominju.

Kontrakcija dužine praktično znači da ako bi mogli putovati brzinom od 99% brzine svjetlosti – svemir bi odjednom postao sedam puta manji nego što je sada. Zvijezda koja je udaljena oko 7 svjetlosnih godina (kao npr. Sirius) bila bi udaljena od nas samo jednu svjetlosnu godinu, dosegljiva za vaš slijedeći rođendan. Fudbalski stadion bi se smanjio na površinu manju od garaže.

Ako bi se kretali brzinom od 99,9999999% brzine svjetlosti, faktor dilatacije vremena dosegao bi vrijednost 22361, što znači da dok bi vaš sat otkucao jednu godinu, na Zemlji bi prošlo više od 223 stoljeća. Mogli bi doći s tom brzinom do centra Mliječnog puta za jednu godinu. Sa toliko teritorije na raspolaganju, vaš socijalni život bi se značajno poboljšao. Naravno, kada bi se vratili na Zemlju sa takvog putovanja, zabava bi bila gotova.

Tokom tog puta do centra naše galaksije i nazad, na Zemlji bi prošlo 45000 godina. Nova društva i napredne tehnologije bile bi vam

neprepoznatljive. Ne bi se baš uklopili u trenutnu modu na Zemlji i imali biste sreće ako vas ne bi bacili u zoološki vrt.

10. Šta je Fermijev paradoks?

Fermijevim paradoksom se naziva suprotnost između procijenjene visoke vjerovatnoće postojanja vanzemaljskih civilizacija i nedostatka dokaza o kontaktu sa takvim civilizacijama. Starost svemira i veliki broj zvijezda nagovještava da bi vanzemaljski život trebalo da bude uobičajena pojava. Razmatrajući ovo pitanje sa kolegama, fizičar Enriko Fermi je 1950. godine navodno upitao: "Gdje su?" Fermi se zapitao zašto ne postoje dokazi u vidu sondi, svemirskih letjelica i radio talasa, ako se pretpostavlja da u Mliječnom putu postoji obilje naprednih vanzemaljskih civilizacija.

Mogući odgovori na Fermijev paradoks su da vanzemaljske civilizacije postoje i da čovječanstvo nije svesno toga ili da vanzemaljske civilizacije ne postoje ili da su toliko rijetke, da čovječanstvo nikada neće uspostaviti kontakt sa njima. Obje mogućnosti su podjednako strašne. Možda je naša Zemlja ipak rijedak primjer planeta na kojem je moguć život?

11. Da li ima života na nekom drugom mjestu u svemiru?

Naučnici koji se bave ispitivanjem mogućnosti postojanja vanzemaljskog života često se pozivaju na Drakeovu jednačinu, nazvanu tako po Franku Drakeu, američkom astronomu koji je došao do nje tokom šezdesetih godina prošloga stoljeća. Drakeova jednačina je korisno sredstvo za opis kako fizički svemir djeluje. Jednačina organizira naše znanje i neznanje, razlažući nepoznanicu koju želimo dokučiti na niz veličina, od kojih svaka opisuje po jedan potreban uvjet za inteligentan život. Evo tih veličina:

1. Broj zvijezda u Galaksiji koje traju dovoljno dugo da bi se na njihovim planetima mogao razviti inteligentni život;
2. Prosječni broj planeta u sistemu svake ovakve zvijezde;

3. Postotak planeta na kojima vladaju uvjeti pogodni za život;
4. Vjerojatnost da se život pojavio na pogodnim planetima;
5. Izgledi da se život toliko razvio da je proizveo civilizirani oblik, pod čime astronomi uglavnom podrazumijevaju život koji je u stanju komunicirati s nama.

Kada pomnožimo ovih pet veličina, dobivamo broj planeta u Galaksiji na kojima se u nekom periodu njihovog postojanja nalazila civilizacija. Da bi se iz Drakeove jednačine dobio broj za kojim tragamo – broj civilizacija koje postoje u nekom određenom vremenu kao što je ovo sada – nužno je da dobiveni umnožak pomnožimo šestom, posljednjom veličinom, kvocijentom prosječnog životnog vijeka neke civilizacije i ukupnog vremena postojanja Galaksije (oko 10 milijardi godina).

Za svaku od šest veličina iz Drakeove jednačine potrebna su znanja iz astronomije, biologije i sociologije.

12. Koji su najzastupljeniji hemijski elementi koji čine život kakav poznajemo?

Potraga za životom u svemiru počinje dubokim pitanjem: što je život? Ispitujući razne tipove života na našem planetu, biolozi su ustanovili jedno njegovo opšte svojstvo. Materija u svakom živom stvorenju našeg planeta sastoji se najvećim dijelom od samo četiri hemijska elementa: vodika, kisika, ugljika i dušika. Na sve ostale elemente zajedno (kalcij, fosfor, sumpor, natrij, magnezij, kalij, hlor, željeo, selen, jod, bakar) otpada oko jedan posto mase bilo kojeg živog organizma.

Četiri elementa iz kojih se sastoji najveći dio zemaljskih stvorenja nalaze se na popisu šest najrasprostranjenijih elemenata u svemiru. Kako se preostala dva elementa s ovog popisa, helij i neon, gotovo nikad ne ulaze u hemijske veze, život na Zemlji izgrađen je od četiri najzastupljenija i najaktivnija elementa svemira. Od svih predviđanja koja možemo dati o životu na drugim svjetovima najsigurnije je da će se i on sastojati od gotovo istih elemenata kao i život na Zemlji. Da je

život na našem planetu građen prvenstveno od neka četiri izuzetno rijetka elementa u svemiru, kao što su, na primjer, niobij, bizmut, galij i plutonij, imali bismo odličan povod za pretpostavku da smo nešto posebno u svemiru. Umjesto toga, hemijski sastav života na našem planetu upućuje nas na optimističko viđenje mogućnosti postojanje života izvan Zemlje.

13. Šta su ekstrasolarni planeti?

U našoj galaksiji, prema procjenama na osnovu dosadašnjih istraživanja (teleskop Kepler), ima vjerovatno desetina milijardi planeta veličine slične Zemlji. Također, na nebu je mnogo više planeta nego zvijezda koje vidimo. A vidimo samo sjajnije zvijezde.

Ekstrasolarne planete (egzoplaneti, vansolarne planete) obuhvataju planete koje orbitiraju izvan Sunčevog sistema oko matične zvijezde. Broj otkrivenih ekstrasolarnih planeta svake godine se povećava zahvaljujući pronalasku novih metoda detekcije ili usavršavanjem postojećih. Prvi ekstrasolarni planeti koji kruže oko matičnih zvijezda su otkriveni tek devedesetih godina prošlog stoljeća. Otkriće ovih planeta postavilo je i vrlo uzbudljivo pitanje mogućeg postojanja života na njima.

Prva planeta koja je otkrivena (1995. godine) izvan Sunčevog sistema je 51 Pegasi b. Svemirski teleskop Kepler je, pomoću tranzitne metode, otkrio Kepler-47 prvu dvostruku zvijezdu koja ima planete: Kepler-47b i Kepler-47c. U sazviježđu Kentaur primjećena je 2016. planeta HD 131399Ab stara nekoliko miliona godina, koja se nalazi u trostrukom zvjezdanom sistemu (HD 131399A, HD 131399B i HD 131399C), a astronomi smatraju da su višestruke zvijezde suviše nestabilne za duže opstajanje planeta.

HARPS (High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher) je od 2004. godine otkrio oko stotinu ekstrasolarnih planeta, dok je svemirski teleskop Kepler od 2009. godine otkrio više od 2000 ekstrasolarnih planeta.

Smatra se da oko 20% zvijezda veličine Sunca ima planete veličine Zemlje u zoni pogodnoj za život. Pretpostavljajući da ima 200 milijardi zvijezda u Mliječnom putu, smatra se da postoji barem 11 milijardi planeta veličine Zemlje na kojima je moguć život. Ako se u taj broj ubroje i planete koje kruže oko crvenih patuljaka, taj broj se penje na 40 milijardi.

Kepler-37b je najmanji egzoplanet koji je okriven, i on se kreće oko zvijezde Kepler-37 u sazviježu Lira. Ima radijus koji je nešto veći od radijusa Mjeseca. Još jedan planet male mase koji je pronađen je Draugr (PSR B1257+12 A, PSR B1257+12 b, smatra se da orbitira okol pulsara), koji je oko 2x veći od Mjeseca.

Planet najveće mase koji se može naći na stranici NASA Exoplanet Archive je DENIS-P J082303.1-491201 b, a ima masu oko 29 Jupitera, iako se po nekim standardima ovaj planet može ubrojiti u smeđe patuljke.

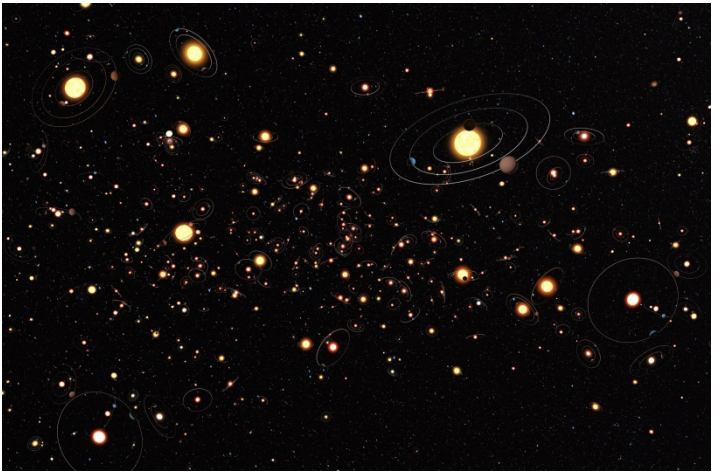
Kepler-70b (okrene se oko zvijezde Kepler-70 za 5,76h) je najtopliji otkriveni egzoplanet sa temperaturom površine oko 7140K. Gustina mu je 5500 kg/m^3. Neke planete su toliko blize matičnim zvijezdama da im treba samo nekoliko sati da je obiđu, a drugima opet treba hiljade godine za jednu rotaciju. Većina planeta koja je oktrivena je u Mliječnom putu, ali postoje i neke potencijalne detekcije "ekstragalaktičkih" planeta.

Najbliži ekstrasolarni planet je Proxima Centauri b, udaljen 4,2 svj. godine (1.3 parsec) od Zemlje, a koji se kreće oko Proxima Centauri, zvijezde najbliže Suncu. Postoje indikacije da je na Proxima Centauri b moguć neki oblika života.

Najdalji otkriveni egzoplanet je SWEEPS-11 koji orbitira oko zvijezde SWEEPS J175902.67–291153.5 (u pravcu sazviježđa Strijelac), a koji je udaljen otprilike 27710 svj. godina.

Osim ekstrasolarnih planeta, to su i tzv. "odmetnici" (npr. WISE 0855–0714), planete koje ne orbitiraju ni oko jedne zvijezde. Potencijalni broj ovakvih planet se mjeri u milijardama.

Najstariji poznati egzoplanet je PSR B1620-26 b (poznati i kao Metuzalem), udaljen oko 12400 svj. godina u pravcu sazviježđa Škorpija. Planet se okreće oko dvije zvijezde, jednog pulsara (PSR B1620-26) i jednog bijelog patuljka (WD B1620-26) i prvi je planet otkriven da se kreće oko dvije zvijezde. Smatra se da je 12,7 milijardi godina star.



Umjetnički doživljaj broja planeta oko zvijezda u svemiru (izvor: Wikipedia)

Najmlađi egzoplanet otkriven je V830 Tau b koji se kreće oko T Tauri zvijezde V830 Tau, udaljen oko 430 svj. godine u pravcu sazviježđa Bik. Smatra se da je planet star oko 2 miliona godina.

Jedan od najviše proučavanih ekstrasolarnih planeta je planet HD 189733b, koji je od Zemlje udaljen oko 63 svjetlosne godine, u pravcu sazviježđa Vulpecula (Lisica). Planet se kreće oko zvijezde HD 189733 A, prividne magnitude 7.6, spektralnog tipa K1-2V. Mase za oko 15% veće od mase Jupitera, period rotacije planeta HD 189733 b oko matične zvijezde je oko 2,2 dana, pri orbitalnoj brzini od oko 150 km/s. U njegovoj atmosferi detektovan je karbon dioksid.

U 2013. godini prvi put je otkrivena boja planeta. Mjerenjem albeda utvrđeno je da upravo planet HD 189733b ima tamno plavu boju. S

druge strane, čini se da je planet GJ 504 b pretežno ljubičaste boje. Kappa Andromedae b, s druge strane, ima crvenkastu boju.

Najtamniji poznati egzoplanet je TrES-2b, tzv. "vrući Jupiter" planet koji odbija manje od 1% svjetla od matične zvijezde, što znači da je manje reflektivan od uglja ili crne akrilne boje. Očekuje se da ovi "vrući Jupiteri" budu tako tamni zbog sadržaja natrija i kalija u njihovim atmosferama, ali nije poznato zašto je TrES-2b ovako taman – možda zbog nekog nepoznatog hemijskog elementa.

Velike varijacije površinske temperature na egzoplanetu 55 Cancri e pripisane su mogućoj vulkanskoj aktivnosti čime se oslobađaju velike količine oblaka od prašine koji mogu prekriti planet i blokirati termičke emisije.

Pretpostavlja se da se oko nekih egzoplaneta (1SWASP J140747.93-394542.6, Fomalhaut b) nalaze prstenovi, nešto slično kao kod Saturna.

Dosada su detektovane atmosfere nekoliko egzoplaneta. Prvi planet sa atmosferom (oktrivena 2001. godine) bio je HD 209458 b. KIC 12557548 b je mala, stjenovita egzoplaneta, veoma blizu matične zvijezde koja evidentno isparava i ostavlja iza sebe trag oblaka, nešto slično kao komet.

U tim oblacima prašine može se nalaziti i vulkanski prah koji može napustiti planet zbog male gravitacije, a u oblaku mogu biti i isparavanja metala zbog visokih temperatura (zbog blizine zvijezde).

Naučnici prate moguće biološke indikatore na egzoplanetima. Na primjer, molekularni oksigen (O_2) u Zemljinoj atmosferi rezultat je fotosinteze živih biljaka i mnogih vrsta mikroorganizama, tako da se on može koristiti kao indikator života na egzoplanetima.

Od 1998. godine do 01. 11. 2016. godine otkriveno je 3537 ekstrasolarnih planeta u 2653 planetarna sistema i 596 multi-planetarnih sistema.

14. Šta su crne rupe?

Zvijezda poput Sunca završava svoje dane kao crveni div, a zatim kao bijeli patuljak. Kolapsirajuća zvijezda dva puta masivnija od Sunca postat će supernova, a zatim neutronska zvijezda. Masivniju zvijezdu koja nakon svoje faze supernove ostaje s masom od recimo pet masa Sunca, očekuje još neobičnija sudbina - njena vlastita sila gravitacije pretvorit će je u crnu rupu.

Ukoliko je gravitacijska sila dovoljno jaka, ništa, pa čak ni svjetlost ne može izaći napolje. Takvo mjesto se naziva crna rupu. Zagonetno indiferentna prema svojoj okolini ona predstavlja neku vrstu kozmičke tajne. Kada gustoća i sile gravitacije postanu dovoljno visoke, crna jama zatreperi i iščezne iz našeg vidokruga. Zato se i naziva „crna", čak se ni svjetlost ne može osloboditi njenog stiska. Iznutra, budući da je svjetlost tamo zarobljena, stvari mogu biti osvjetljene.

Premda je crna jama nevidljiva izvana, njena gravitacijska prisutnost može biti opipljiva. Ako prilikom međuzvjezdanog putovanja ne pripazite, može vam se dogoditi da vas nepovratno usiše crna jama pri čemu bi se vaše tijelo neprijatno rasteglo u dugu tanku nit. Ljevkasti prostor oko crne jame

bio bi prizor vrijedan spomena, ukoliko biste, dakako, nekim nevjerojatnim slučajem preživjeli to putovanje.

Što je zvijezda manja, gravitacija je sve veća. Neutronska zvijezda, recimo, ima drugu kozmičku brzinu od 2/3 brzine svjetlosti, odnosno da bi čestica pobjegla sa njene površine morala bi da se kreće tom brzinom. Ako se materija i dalje sažima, gravitacija raste i dolazi do nivoa kada se druga kozmička brzina povećava na brzinu svjetlosti. Kada se to dogodi vrijednost prečnika tijela je jednaka Schwarzschild-ovom radijusu, odnosno formira se crna rupa.

Dovoljno masivna kolapsirajuća zvijezda može da se sažima takvom silinom da čak ni neutroni ne bi mogli da joj se odupru. Drugim riječima, nuklearna sila bi bila nadjačana gravitacionom silom, a kada nuklearna sila popusti, nema ničeg što bi pružilo ravnotežu gravita-

ciji. U tom slučaju zvijezda nastavlja u kolapsiranje pri čemu joj se zapremina praktično dovodi do nule, a površinska gravitacija raste. Od oblaka prašine se formira "crna rupa" u čijoj se unutrašnjosti nalazi singularitet, koji mi ne možemo vidjeti jer se oko njega nalazi horizont događaja koji je propustan za informacije samo u jednom smjeru.

15. Da li smo detektovali crne rupe?

Satelit Uhuru otkrio je 1971. godine neobično sjajan izvor rentgenskih zraka u sazviježđu Labud (Cygnus), koji je treptao hiljade puta u sekundi. Iz toga slijedi da je izvor, nazvan Cygnus X-1, vrlo malen. Bez obzira što prouzrokuje opaženo titranje, informacija kada uključiti i isključiti cijeli izvor ne može preći s jedne na drugu stranu Cyg X-1 brže od svjetlosti tj. 300.000 km/s. Prema tome, Cyg X-1 ne može imati prečnik veći od (300 000 km/s) x (1/1.000 s) = 300 kilometara. Nešto veliko poput asteroida je sjajan treptajući izvor rentgenskog zračenja, vidljiv preko međuzvjezdanih dubina! Što bi to moglo biti? Cyg X-1 se nalazi tačno na istom mjestu na nebeskom svodu gdje je i jedan vrući plavi superdiv koji u vidljivoj svjetlosti pokazuje da posjeduje bliskog masivnog, ali nevidljivog pratioca koji ga gravitacijski prvo vuče u jednom zatim u drugom smjeru. Masa pratioca iznosi oko deset masa Sunca. Nije vjerojatno da je superdiv izvor rentgenskih zraka, stoga je privlačna pomisao identificirati izvor rentgenskih zraka s tim nevidljivim pratiocem. Ali nevidljiv objekt s masom deset puta većom od mase Sunca sabijen u volumen dimenzija asteroida može biti samo crna rupa. Rentgenske zrake se najvjerojatnije stvaraju trenjem u plinu i prašini usisnog lijevka oko Cyg X-1 koji siše svog susjeda superdiva.

Druge zvijezde V861 Scorpii. GX339-4, SS433 i Circinus X-2 su također moguće crne rupe. Izvor zračenja Cassiopeia A je ostatak supernove čija je svjetlost trebala stići na Zemlju u sedamnaestom stoljeću kada je živjelo dosta astronoma. No nijedan nije izvjestio o eksploziji. Možda se tamo, kao što je predložio I. S. Šklovski, skriva crna rupa koja je progutala eksplodirajuću jezgru zvijezde i prigušila oganj su-

pernove. Teleskopi u svemiru su sredstva za ispitivanje takvih krhotina i fragmentiranih podataka koji bi mogli ući u trag legendarnoj crnoj jami.

Najbliža crna rupa koju smo otkrili dosad je V616 Monocerotis, koja je udaljena oko 3000 svjetlosnih godina i ima masu 9-13 masa Sunca.

U centru naše galaksije nalazi se, također, crna rupa. Pretpostavlja da crne rupe u centru galaksija nastaju otprilike u isto vrijeme kad i galaksija i to od gasa koji se sliježe u njihovom centru. Gas prelazi tačku poslije koje nema povratka, gdje ne može formirati zvijezdu, ali se sažima u oblak koji postaje vrsta superzvijezde koja potom kolapsira u supermasivnu crnu rupu.

Srce naše galaksije je zvijezdoliko, ugaonog prečnika od 5º, u kojem se nalazi tačkasti izvor. Pretpostavlja se da je to supermasivna crna rupa čiji akrecioni disk zrači. Ono je udaljeno nekih 28000 svj. godina od nas. Njen vidik zamućuju čestice kozmičke prašine koje ispunjavaju međuzvjezdani prostor, ali ona se kroz njih probija infracrvenim kamerama sa dzinovskog teleskopa Keck. To otkriva čudesnu sliku, jedinstveno mjesto u galaksiji. Koncentracija zvijezda je užasno velika, turbulencija je visoka, a sile magnetnog polja vrlo jake. Utvrđeno je brzo kretanje zvijezda i to 14000 km/s (što odgovara 0,5% brzine svetlosti). To znači da je u blizini jak izvor gravitacije koji upravlja kretanjem ovih zvijezda. Ta jačina je analogna jedino crnoj rupi. Prema brzini kretanja procjenjuje se da je masa te crne rupe 2,6-4,3 miliona puta veća od Sunčeve.

U pravcu sazviježđa Djevica, oko 50 miliona svj. godina od Zemlje nalazi se džinovska galaksija, nazvana M87. Otkrio ju je francuski astronom Messier 1781. godine. Zvijezde u središtu galaksije su gusto zbijene, toliko da skupa liče na jednu ogromnu zvijezdu gledano kroz manji teleskop. Godine 1977. astronomi su detaljnije pregledali ove zvijezde i po kompaktnosti zaključili da ih drži gravitacija koja, prema jačini, vjerovatno dolazi od crne rupe. M87 je čudna i po tome što se iz njenog centra pruža mlaz materije na hiljade svj. godina u prostor. Vjeruje se da je mase ovo crne rupe između 3,5 i 6,6 milijardi

masa Sunca! Centar ovakvih galaksija naziva se aktivno galaktičko jezgro.

Najveća crna rupa koju smo dosada otkrili se nalazi u eliptičnoj galaksiji S5 0014+81. Ova crna rupa ima 40 milijardi puta veću masu nego naše Sunce, i šest puta veću masu nego ona u galaksiji M87. Smatra se da će ova crna rupa "živjeti" približno $1{,}342 \cdot 10^{99}$ godina, nakon čega će nestati Hawkingovom radijacijom.

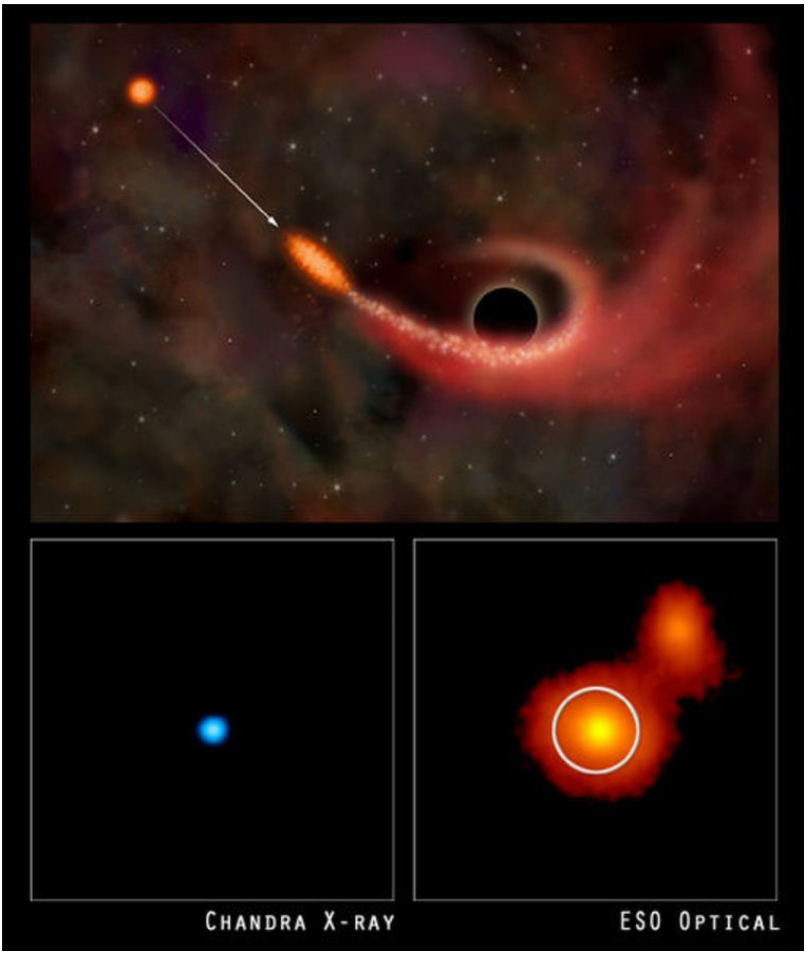
16. Šta su supermasivne crne rupe?

Supermasivne crne rupe su vrsta crnih rupa koje su izrazito velike u prečniku i izrazito masivne. One predstavljaju najveće i najmasivnije astronomske objekte koje postoje u svemiru. Procjene govore da se njihova masa kreće između sto hiljada i milijardu sunčevih masa. Većina, odnosno najvjerojatnije sve galaksije u svemiru, uključujući i našu galaksiju Mliječnu stazu, sadrže supermasivnu crnu rupu (Strijelac A*) u svom središtu.

Prema Einsteinovoj općoj teoriji relativnosti svako tijelo (sa masom) zakrivljuje prostor-vrijeme. Kod supermasivnih crnih rupa dolazi do izrazitog deformiranja prostora i vremena pa su to mjesta iz kojih nikakva materija pa čak ni svjetlost ne može pobjeći.

Najvažnija svojstva supermasivne crne rupe su masa, rotacija, naboj, Schwarzschildov poluprečnik, horizont događaja i singularnost.

Postoje mnogi modeli i hipoteze oblikovanja crnih rupa izrazito velike mase. Kad se crna rupa ogromne mase nalazi blizu centra određene galaksije ona povećava svoju masu ili prikupljanjem (akrecijom) materije ili spajanjem s drugom crnom rupom. Pri oblikovanju supermasivnih crnih rupa sva se materija mora sakupiti u razmjerno mali volumen. Pri tome ta materija mora imati mali moment količine kretanja jer se procesom akrecije nešto materijala pomiče prema van zbog momenta količine kretanja što objašnjava nastanak akrecijskog diska, ali i ograničava rast crne rupe.



Gore: Slika daje prikaz procesa kojim supermasivna crna rupa proždire obližnju zvijezdu. Dole: Smatra se da slike prikazuju kako supermasivna crna rupa guta zvijezdu u galaksiji RXJ 1242-11. Desno dole je slika u redgenskom spektru, a lijevo u spektru vidljive svjetlosti.
(copyright: ESO/Chandra X-Ray)

Prvi model pokazuje da supermasivna crna rupa nastaje od crne rupe mase od 10 do 100 sunčevih masa koja je stvorena nakon eksplozije

masivnije zvijezde i nakon toga povećava svoju masu prikupljanjem (akrecijom) materije.

Drugi model nastanka supermasivne crne rupe pokazuje da crna rupa nastaje direktno u jezgri pragalaksije. Crna rupa na taj način potiče iz velikog plinovitog oblaka koji se sve više sažima u određenu kvazi-zvijezdu, a potom u crnu rupu čija je masa oko 20 puta veća od Sunca. Ta kvazi-zvijezda postaje nestabilna zbog radijalnih perturbacija nastalih proizvodnjom parova elektrona i pozitrona u njezinoj jezgri pri čemu se ona sama izravno sažima u crnu rupu bez eksplozije supernove kojom bi inače izgubila veliku većinu svoje mase. Ona potom procesom akrecije prikuplja materiju, i relativno brzo postaje crna rupa intermedijarne mase ili supermasivna crna rupa ako proces akrecije nije usporio kod viših masa.

Treći model nastanka crne rupe se pojavljuje u gustim zvjezdanim skupovima u kojima dolazi do kolapsa jezgre tog skupa.

Četvrti model pokazuje da su supermasivne crne rupe mogle nastati neposredno nakon velikog praska zbog enormno visokog pritiska, a nazivaju se i primordijalne crne rupe.

Supermasivne crne rupe se najčešće viđaju u središtima spiralnih galaksija. Posmatranja su pokazala da se nalaze i eliptičnim galaksijama, vjerojatno i izvan središta galaksija pa čak i u zvjezdanim jatima. Nepravilne galaksije vjerojatno nastaju sudarima dviju galaksija pri čemu dolazi do aktiviranja neaktivnih crnih rupa u jezgrama, stvaranja binarnih sistema dviju supermasivnih crnih rupa te čak i do njihovog spajanja u još veću supermasivnu crnu rupu.

17. Šta su to aktivne galaktičke jezgre

Mnoge supermasivne crne rupe su aktivne jer procesom akrecije aktivno prikupljaju materiju oko sebe i pri čemu dolazi do nastajanja akrecijskog diska koji oko nje rotira. Kod supermasivnih crnih rupa veličina akrecijskog diska može doseći i veličinu Plutonove orbite. Takve galaksije predstavljaju aktivne galaksije, a u njih svrstavamo objekte kao što su kvazari, blazari, Seyfertove galaksije i radiogalaksije.

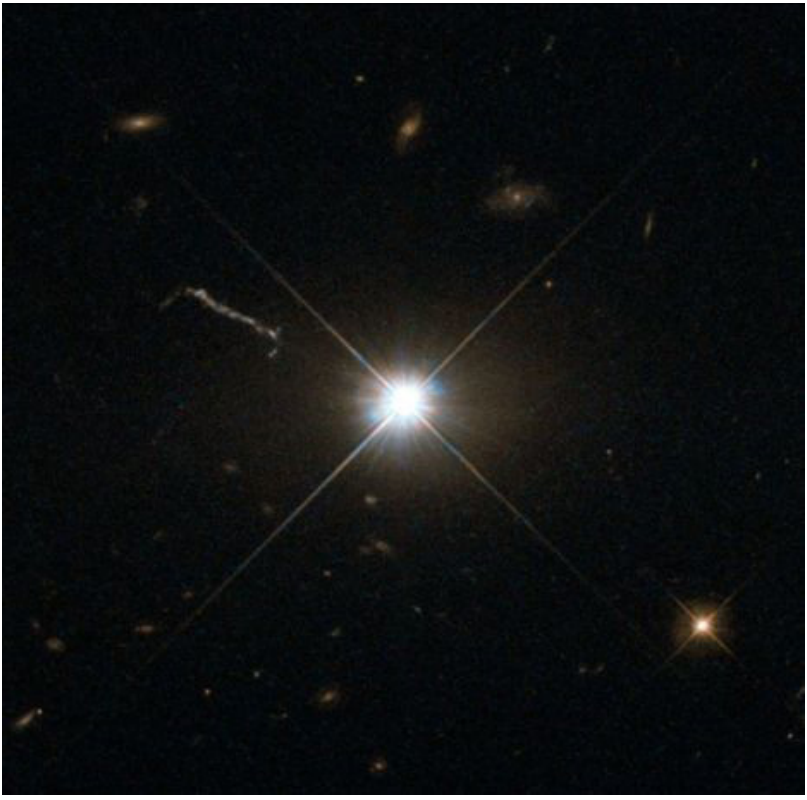
Stoga, model aktivne galaktičke jezgre u središnjem području galaksije predstavlja supermasivna crna rupa koja raste aktivnim priljevom materije iz akrecijskog diska i čini pogon aktivne galaksije. Dio jonizirane materije pada u crnu rupu, a dio ubrzava do relativističkih brzina te se izbacuje u obliku mlaza na polovima crne rupe. Dva suprotna mlaza nabijenih čestica izlaze iz središta galaksije, simetrično s obje strane diska i okomito na sam disk.

Na većim udaljenostima od crne rupe, gdje je temperatura manja i gdje prašina može postojati u krutom obliku, nalazi se torus plina i prašine.

S obzirom da su aktivne galaksije vrlo udaljene i čija se udaljenost procjenjuje na pola milijarde do više milijardi svjetlosnih godina, smatra se da aktivnost jezgri potiče iz rane faze razvoja galaksija. Mliječna staza i galaksije u našoj relativnoj blizini, iako nisu aktivne, imaju u svom središtu supermasivnu crnu rupu, ali se vjeruje da su i one bile aktivne u dalekoj prošlosti.

Neposredna doplerska mjerenja vodenog masera koji okružuje aktivnu galaktičku jezgru obližnjih galaksija su pokazala vrlo brza kretanja koja su moguća samo ako se u središtu nalazi visoka konecentracija materije. Jedini poznati objekti koji bi mogli sabiti veliku količinu materije u tako mali prostor su crne rupe ili objekti koji će eventualno evoluirati u crnu rupu u (astrofizički) kratkom periodu.

Kod aktivnih galaksija koje su izrazito daleko, istražuju se širine spektralnih linija plinova koji kruže blizu horizonta događaja. Tehnikom reverberacijskog mapiranja, koja u svom proračunu koristi varijabilnosti u spektralnim linijama, mogu se izmjeriti masa, a najvjerojatnije i spin crne rupe. Te supermasivne crne rupe predstavljaju pogon aktivnih galaksija u koje ubrajamo kvazare i Seyfertove galaksije.



Kvazar 3C 273 i relativistički mlaz dug 200.000 svjetlosnih godina
(copyright ESA / Hubble & NASA)

18. Da li postoji supermasivna crna rupa u središtu Mliječne staze

Astronomi tvrde sa velikom dozom samopouzdanja da se u središtu naše galaksije (Mliječne staze) nalazi supermasivna crna rupa udaljena od Sunčevog sistema 26 000 svjetlosnih godina, u regiji koja se zove Strijelac A*.

Strijelac A* (Sgr A*) je svijetli i vrlo kompaktan astronomski radio izvor (u vidljivom dijelu spektra se ne vidi zbog galaktičke prašine

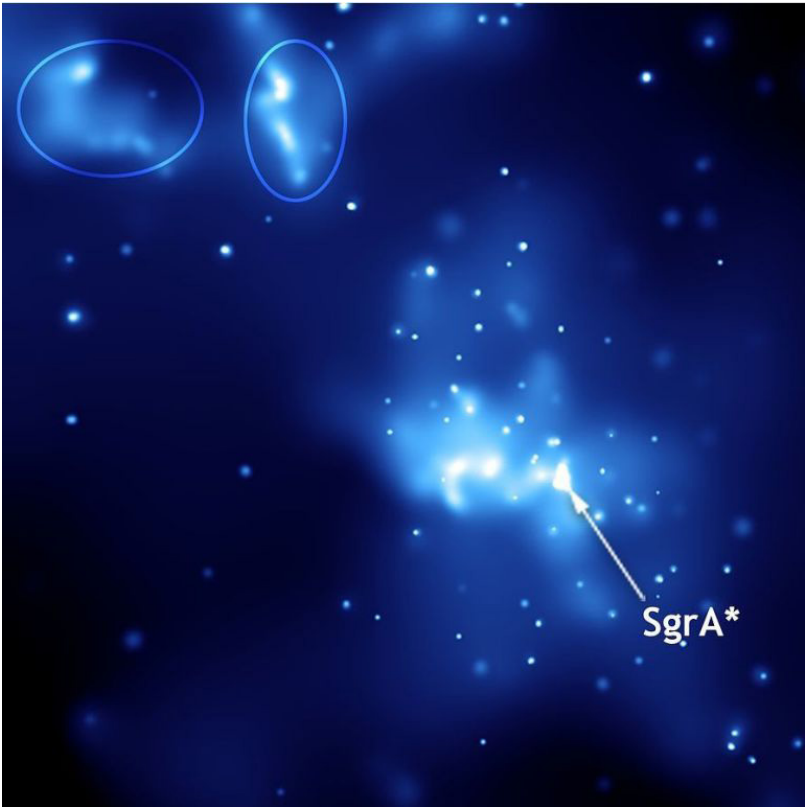
koja ga sakriva) u središtu Mliječne staze, blizu granice sazviježđa Strijelac i Škorpija. To je dio većeg područja na nebu poznatog kao Strijelac A. Strijelac A* smatra se mjestom gdje se nalazi supermasivna crna rupa, poput onih koji su sada generalno prihvaćene da budu u središtima većine spiralnih i eliptičnih galaksija.



*Prašina i gas u centru Mliječnog puta. Kadar na slici usredotočen je na nevidljivu crnu rupu zvanu Strijelac A *, gdje infracrveno svjetlo iz Spitzerovih i WISE misija pruža pogled na ono što nam inače vizualno izgleda kao tamni pojas u sazviježđu Strijelac. Kao što vidite, to je mjesto bogato područjima zvjezdanog formiranja i maglina koje svjetle.*
(copyright: Judy Schmidt, & Spitzer, WISE)

Jedan od najjačih dokaza za ovu tvrdnju je zvijezda S2 koja prati eliptičnu orbitu (kreće se brzinom preko 5000 km/s oko crne rupe) sa orbitalnim periodom od 15,2 godine, sa pericentrom (najbliža udaljenost) koji je od središnjeg objekta udaljen 17 svjetlosnih godina (120 AU). Iz kretanja zvijezde S2 možemo procijeniti masu središnjeg objekta na 4,1 miliona sunčevih masa. Polupečnik središnjeg objekta mora biti dosta manji od 17 svjetlosnih sati jer bi se zvijezda S2 s druge strane sudarila sa crnom rupom ili bi bila smrvljena zbog plimnih

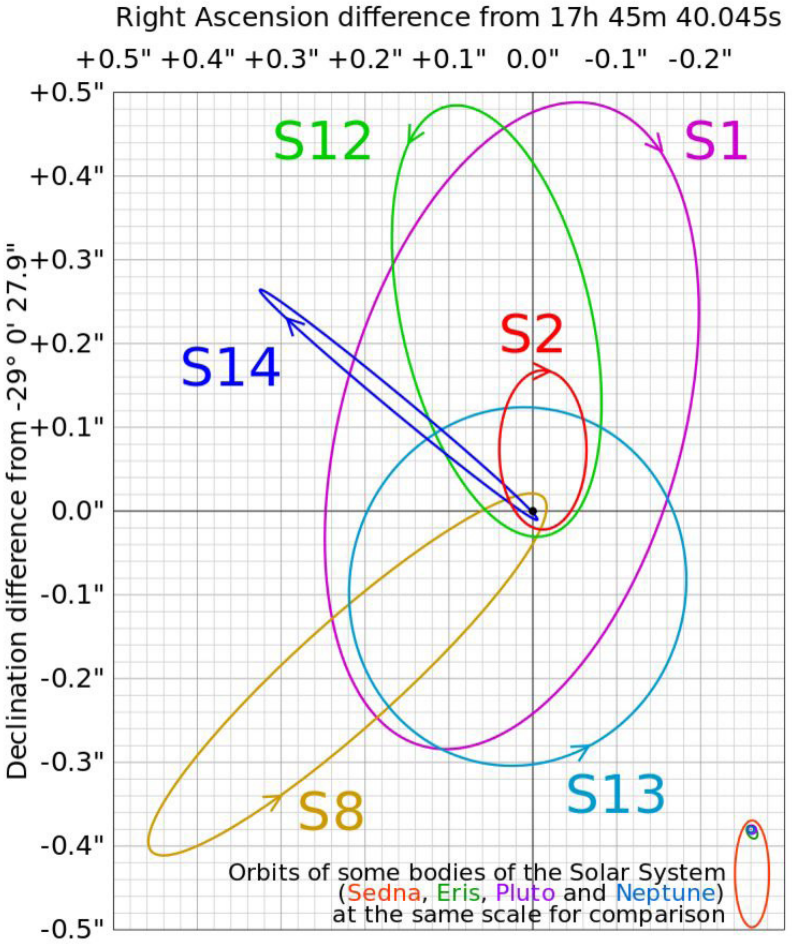
sila. Nedavna promatranja ukazuju da polupečnik nije veći od 6,25 svjetlosnih sati što je u usporedbi sa polupečnikom Uranove orbite. Prema tome, samo je crna rupa dovoljno gusta da u tom volumenu prostora sadrži 4,1 miliona sunčevih masa.



Sgr A (centar) i dva "svjetlosna traga" od nedavne eksplozije (zaokruženi gore)* (izvor: wikipedia)

Max Planckov Institut za izvanzemaljsku fiziku i UCLA-in Galactic Center Group su iznijeli najjači dokaz da je Strijelac A* mjesto gdje se nalazi supermasivna crna rupa, a koji se temelji na dobivenim podacima iz Europskog južnog opservatorija (ESO) i Keckovog telesko-

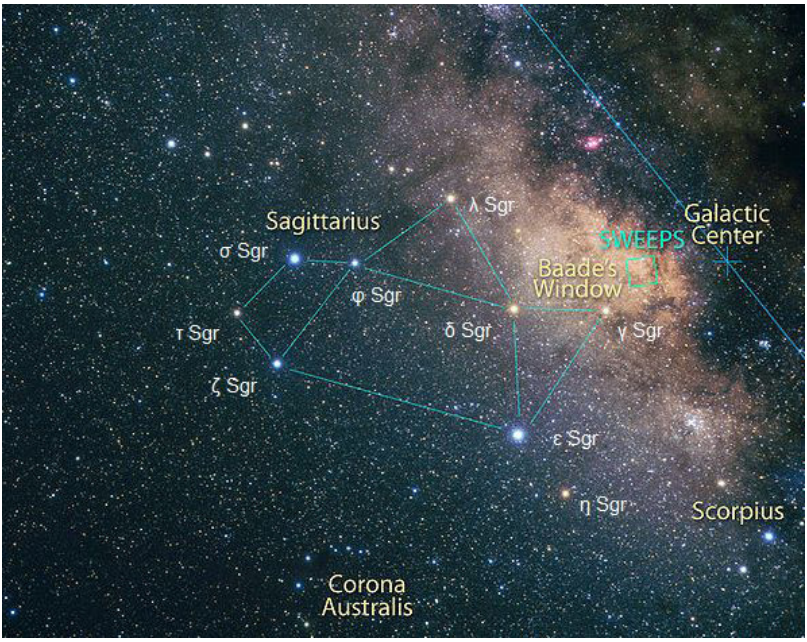
pa. Naša galaktička središnja crna rupa ima masu od oko 4,1 miliona sunčevih masa ili oko $8{,}2 \cdot 10^{36}$ kg.



*Orbite 6 zvijezda oko galaktičkog središta Mliječne staze koja je kandidat za supermasivnu crnu rupu u regiji Strijelac A** (izvor: wikipedia)

Položaj centra naše galaksije i supermasivne crne rupe viljiv je na donjoj slici. Najbolje ga je tražiti uz pomoć asterizma tzv. "Strijelčev

čajluk" (Sagittarius teapot) kojeg svi prepoznajemo na nebu, i to u periodu od jula do septembra. Ovaj asterizam je na sjevernoj polulopti najviši na nebu početkom jula. To ujedno znači i da je snimanje Mliječnog puta najbolje u tom periodu.



Položaj centra naše galaksije (izvor: wikipedia)

19. Da li postoje supermasivne crne rupe izvan Mliječne staze?

Danas je opće prihvaćeno da skoro svaka galaksija sadrži supermasivnu crnu rupu u svom središtu.

Primjećena je povezanost mase crne rupe i disperzije brzina u galaktičkom ispupčenju, nazvana M-sigma omjer, koji značajno upućuje na vezu između oblikovanja crne rupe i same galaksije. Trenutno za tu povezanost nema objašnjenja. Vjeruje se da su crne rupe i njiho-

ve galaksije nastale zajedno 300-800 milijuna godina nakon velikog praska pri čemu su galaksije prošle fazu kvazara, ali se ne zna da li su crne rupe uzrokovale nastanak galaksija ili obrnuto. Nepoznata priroda tamne tvari je ključna varijabla u svim modelima.

Obližnja galaksija Andromeda udaljena od naše galaksije 2,5 miliona svjetlosnih godina sadrži središnju crnu rupu od (1,1–2,3) × 108 sunčevih masa koja je dosta masivnija od naše. Najveća supermasivna crna rupa u blizini Mliječne staze je crna rupa u središtu galaksije M87 koja ima masu (6,4 ± 0,5) × 109 sunčevih masa i od nas je udaljena 53,5 miliona svjetlosnih godina.

Neke galaksije kao što je Galaksija 0402+379 imaju dvije supermasivne crne rupe u svom središtu što predstavlja binarni sistem dviju crnih rupa. Ako se eventualno sudare izazvale bi jake gravitacijske valove. Vjeruje se da su binarne supermasivne crne rupe nastale sudarom dviju galaksija i njihovim spajanjem u jednu.

Trenutno najveća otkrivena supermasivna crna rupa je crna rupa u galaksiji NGC 4889 čija masa iznosi procjenjenih 21 milijardi sunčevih masa. Druga po veličini supermasivna crna rupa je crna rupa u binarnom paru u središtu galaksije OJ 287 koja je od naše galaksije udaljena 3,5 milijardi svjetlosnih godina, a njena masa je procjenjana na 18 milijardi sunčevih masa.

20. Šta su gravitacioni valovi?

Kada se crne rupe sudare, oslobađaju se gravitacioni talasi. Gravitacijski talasi ili gravitacijsko zračenje je poremećaj gravitacijskog polja koje se širi poput talasa.

Ekipa okupljena oko projekta LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) objavila je 11. februara 2016. da su otkrili dotad neotkrivene gravitacijske valove.

Prvo su zapazili 14. septembra 2015. par crnih rupa udaljenih 1,3 milijarde svjetlosnih godina, od koji je jedna imala masu veličine 29 Sunčevih masa, a druga 36 Sunčevih masa, raspoređenih na maloj

površini od nekoliko desetaka kilometara. One su prvo kružile jedna oko druge da bi se konačno stopile u jednu. To je ujedno i prvi put da je potvrđeno postojanje dvojnog sistema crnih rupa.

Energija koja se stvorila tim spajanjem bila oko 50 puta veća od energija svih zvijezda koje se nalaze u vidljivom dijelu svemira. Signal se rasprostirao na frekvenciji od 35 do 250 Hz. Masa novostvorene crne rupe je oko 62 Sunčeve mase, a energija od 3 Sunčeve mase se rasprostirala svemirom u obliku gravitacijskih valova.

Signal je bio viđen s LIGO detektorima u Livingstonu (Louisiana) i Hanfordu (Washington), koji su udaljeni oko 3000 kilometara, s razlikom od 0,007 sekundi zbog različitih uglova između detektora i izvora. Signal je došao sa južne nebeske sfere, otprilike iz smjera Magellan-ovih oblaka (dvije galaksije, Veliki Magellanov oblak i Mali Magellanov oblak). Nivo pouzdanosti da su viđeni signali gravitacijski valovi je 99,99994%.

21. Šta je tamna materija?

Postoje tri kosmološka modela: otvoren, zatvoren i ravan. Zatvoren model zasniva se na tome da se svemir širi dovoljno sporo da gravitaciono privlačenje između galaksija uzrokuje njegovo usporavanje i konačno zaustavljanje. Tada galaksije počinju da se kreću jedna ka drugoj i svemir počinje da se sažima. Sažimanje bi se nastavilo dok se cijeli svemir ne sažme u jednu kompaktnu masu, koja bi zatim ponovo eksplodirala (veliki prasak ili Big Bang). Ovaj model se zbog naizmjeničnog širenja i skupljanja (Veliko sažimanje ili Big Crunch) naziva još i pulsirajući model. Kod otvorenog modela svemir se širi toliko brzo da gravitacija ne može da ga zaustavi. Model ravnog svemira podrazumijeva svemir koji se širi taman tolikom brzinom da izbjegne kolaps.

Koji od ovih modela odgovara svemiru zavisi od njegove srednje gustine, jer što je veća srednja gustina, pa samim tim i masa u svemiru, veća je i gravitaciona privlačnost. Ukoliko je odnos ove srednje gustine prema kritičnoj gustini (gustina pri kojoj bi kosmološki model bio

ravan) jednak 1 – govorimo o ravnom svemiru. Kod zatvorenog modela srednja gustina je veća od kritične, a kod otvorenog manja. Ako se ovaj odnos procjenjuje na osnovu svjetle materije – kreće se od 0,01 do 0.1 . Danas se zna da se svemir širi, što ne odgovara modelu svemira sa ovakvim vrijednostma odnosa gustina. To je navelo naučnike da pretpostave postojanje neke nove, tamne materije, koja se ne može posmatrati direktno, već posredno, preko njenih gravitacionih efekata. Od količine tamne materije zavisi koji kosmološki model je tačan kao i dalja sudbina svemira.

Dakle, pored svjetle materije sačinjene od protona, neutrona i elektrona, svemir se sastoji i od tzv. tamne materije. Pretpostavlja se da oko 25% svemira čini tamna materija, a čak oko 70% tamna energija (hipotetička energija koja teži da ubrza širenje kosmosa). Preostali dio mase svemira (5%) čini vidljiva materija čije se elektromagnetno zračenje može detektovati. Hidrogen čini 90-99% vidljive materije.

Tamna materija ne emituje svjetlost, ali je takođe i ne reflektuje, pa se zato ne može detektovati kao vidljiva materija. Međutim tamna materija ima masu, pa svojom gravitacijom utiče na okolnu vidljivu materiju i zračenje koje ona emituje. Na taj način se tamna materija može detektovati.

Prilikom posmatranja spiralnih galaksija i njihove rotacije, primjećeno je da brzine rotacije ne opadaju znatno na velikim udaljenostima od centara galaksija. Brzina rotacije galaksije ostaje skoro nepromjenjena, čak se u nekim slučajevima i povećava. Da bi i na periferiji galaksije vladala ravnoteža između centrifugalne sile, koja potiče od rotacije i gravitacione sile materije, bilo je potrebno pretpostaviti postojanje tamne materije.

Gravitaciono polje tamne materije savija i mijenja putanju svjetlosti galaksija koje se nalaze iza nje i na taj način stvara tzv. efekat gravitacionih sočiva, što dovodi do izobličavanja izgleda posmatrane galaksije.

O postojanju tamne materije mišljenja su podijeljena. Nastaju nove hipoteze, u korist ili protiv tamne materije. Ako uzmemo u obzir da tamna materija postoji, to bi značilo da mi čak nismo ni sačinjeni od iste materije kao i većina kosmosa. Vrijeme će pokazati da li su pretpostavke o postojanju tamne materije zaista tačne ili ne.

22. Šta je tamna energija?

Tamna energija, prema modernoj fizikalnoj kozmologiji, je nevidljiv sastojak svemira koji ispunjava sav prostor i uzrokuje njegovo ubrzano širenje. Takvo ubrzano širenje svemira ustanovile su 1997. dvije skupine znanstvenika na temelju pojava supernova tipa Ia.

U okviru standardnog kozmološkog modela, za ubrzano širenje prevladavajuća materija u svemiru mora biti fluid koji posjeduje negativni tlak, a nazvan je tamna energija. Po mjerenjima iz 2003. godine, tamna energija čini 73% ukupne gustoće energije svemira.

Jedno od mogućih objašnjenja za tamnu energiju je energija takozvanog kvantnomehaničkog vakuuma. Za razliku od ostalih sastojaka svemira, takva gustoća energije vakuuma ne mijenja se u kozmičkom vremenu i kao takva ima ulogu kozmološke konstante u Einsteinovim jednadžbama opće teorije relativnosti. Ako se opažanja objasne efektivnom kozmološkom konstantom, tada ona odgovaraju otkriću gustoće energije vakuuma prostora sićušne vrijednosti od 10^{-27} kg/m^3.

Tamna energija može biti predstavljena i skalarnim poljima (takozvana kvintesencija) koja se mijenjaju u prostoru i vremenu, no zadržavaju isti antigravitacijski učinak, tako da se u kozmološkim epohama u kojima prevladava tamna energija govori o inflaciji (napuhivanju) svemira.

23. Zašto jedino helijum od svih elemenata ne može biti u čvrstom stanju pri atmosferskom pritisku?

Helijum je drugi najrasprostranjeniji element u svemiru i bio je otkriven prije na Suncu nego na Zemlji. Helijum je toliko lagan da ga

zemljina gravitacija ne može zaustaviti; penje se u visinu i odlazi u svemir. On postoji u atmosferi Zemlje samo zbog toga što se konstantno obnavlja iz dva izvora – raspadanjem radioaktivnih elemenata na Zemlji (posebno torijum i uranijum) i kozmičkim zracima (oko 9% njih su visoko-eneregetska jezgra helijuma).

Za razliku od drugih elemenata, helijum će, pri atmosferskom pritisku, ostati u tečnom stanju čak i pri apsolutnoj nuli. To je posljedica efekata kvantne mehanike. Naime, energija sistema u nultoj tački je prevelika da se postigne zamrzavanje. Da bi postao čvrst, helijum treba temperaturu od 1 – 1,5K (oko -272°C) i pritisak od 25 bar. Kako pritisak raste, raste i temperatura pri kojem ga je moguće pretvoriti u čvrsto stanje. Helijum se može pretvoriti u čvrsto stanje pri sobnoj temperaturi ako se pritisak poveća na oko 115100 bara. To je pritisak za oko 100 puta veći nego pritisak na najvećoj morskoj dubini na Zemlji.

Inače, na temperaturama bliskim apsolutnoj nuli helijum se kondenzira u tečnu fazu sa zanimljivim osobinama – postaje tzv. superfluid, teče bez trenja uz i preko zidova kontejnera u kojem se nalazi.

24. Gdje je najhladnije mjesto u svemiru?

Svjetlost može biti zaslijepljujuće blještava, a zvuk zaglušujuće jak. Ali ništa ne može biti tamnije od mraka niti tiše od tišine. Slično tome, dok temperatura zvijezda može iznositi i milijarde stepeni Celzijusa (C), postoji temperatura ispod koje svemir ne može ići (tzv. apsolutna nula, ultimativna hladnoća).

Tek u 19 vijeku došlo se do značajnijeg napretka u objašnjenju toplote (i apsolutne nule), a uporedo sa tim, otkrivene su nebrojene zanimljive stvari, jedan opšti red u svemiru, razvijena mnoga inžinjerska čuda i, generalno, poboljšan naučni uvid u stanje same materije. Do tada se, recimo, smatralo da je toplota neka vrsta fluida, i da je hladnoća uzrokovana prisustvom tajnovitih "hladnih atoma".

Rani termometri su koristili alkohol, zrak i vodu, ali bilo ih je teško kalibrisati jer nije bilo sasvim jasno koji daje najtačnije rezultate (pretpostavljali su zračni). Vladala je konfuzija u vezi toplote.

Tek 1865. godine, nakon izdavanja knjige *Toplota: način kretanja* (John Tyndall) postalo je opšte-prihvaćeno mišljenje da toplota ustvari predstavlja kinetičku energiju atoma, i da je temperatura mjera brzine kojom se atomi kreću, tj. kvadrata srednje molekularne brzine. Npr. pri sobnim temperaturama atomi se kreću brzinom mlaznih aviona.

Jednom kada je ovo postalo jasno, bilo je lakše definisati apsolutnu nulu: najniža moguća temperatura na kojoj potpuno prestaje kretanje atoma, tj. termodinamički sistem je na najnižem mogućem nivou i posjeduje najnižu energiju. Apsolutna nula iznosi –273,15°C ili 0 Kelvina.

U termodinamici se koriste najčešće Kelvini kao usvojena jedinica temperature, a Celzijusi i Fahrenheiti selektivno, od zemlje do zemlje. Nulta temp. Celzijusa (273,15 K) je uzeta kao temperatura pri kojoj se voda pretvara u led, a 100°C (373,15 K) je temperatura pri kojoj voda ključa. Što se tiče Fahrenheita, nulta temp. F je uzeta kao temperatura zamrzavanja slane vode (Daniel Fahrenheit je uzeo zamrznutu slanu vodu kao referencu jer je to najniža temperatura koju je mogao postići). Voda se ledi na 32° F, a ključa na 212° F.

Gdje je izmjerena najnižna temperatura? Najniža temperatura u svemiru nije na Mjesecu gdje je izmjereno 45K, niti u svemiru gdje je prosječna temperatura između 2-3K, niti u Bumerang maglini sa svojih 1K (istina, ovo je najhladnije "prirodno" mjesto u univerzumu).

Najniža temperatura u svemiru je izmjerena na Zemlji! U laboratoriji Wolfganga Ketterlesa u Massachusetsu (MIT). On je, u potrazi za Bose-Einstein kondenzatom, 2003. godine postigao temperaturu od 500 pikokelvina ($0{,}5 \cdot 10^{-9}$ K), pozicionirajući sićušni oblak molekula natrijuma između magneta (tzv. gravito-magnetna zamka).

Einstein i Bose su, naime, još 1925. godine predvidjeli da se snižavanjem temperature atoma na temperaturu blisku apsolutnoj nuli pokazuju makroskopski kvantni fenomeni – npr. superfluidnost (gdje je viskoznost fluida praktično nula) i superprovodljivost (gdje njihova električna otpornost pada praktično na nulu).

Naime, tek pri ovim ekstremno niskim temperaturama (kada se kretanje atoma značajno uspori – atomi se npr. kreću toliko malim brzinama da im je potrebno pola minute da se pokrenu za 1cm) možemo vidjeti fantastičnu prirodu atoma. Osobine kao što su superfluidnost i superprovodljivost možemo nazvati nevjerovatnim, ali ustvari one su potpuno obične, samo mi nismo svjesni koliko je obična materija zanimljiva.

Istina je, naime, da živimo u svijetu u kojem vladaju zakoni kvantne mehanike – zakoni Newtona i Lagrangea kojim "opisujemo" naš svijet samo su aproksimacije, a hlađenje neke supstance otkriva nam upravo kvantno-mehaničku prirodu materije oko nas.

Zašto ne možemo ohladiti tijelo do kraja, na apsolutnu nulu? To pitanje je i osnova trećeg zakona termodinamike. Ako npr. pogledamo frižider, u njemu se hrana rashlađuje tako što je u kontaktu sa hladnijom supstancom, obično cirkulirajućim fluidom. Fluid, dakle, mora uvijek biti hladniji od hrane da bi se ona ohladila. Po istom principu, da bi ohladili neko tijelo na apsolutnu nulu, to tijelo mora biti u kontaktu sa supstancom koja je hladnija od apsolutne nule (0 K), što je besmisleno – nemoguće je, naime, da se atomi kreću sporije od mirovanja!

I dok sve više i više hladimo materiju, treba napomenuti da ne bi trebali gledati na razliku između 1 K i apsolutne nule kao razliku od jednog Kelvina već npr. kao na razliku od 1000 puta između 1 K i 1 mK (miliKelvina). Naime, hlađenjem u ovom opsegu, nailazimo na razlike u osobinama materije kao i u slučaju kada se temperatura mijenja od 1 K do 1000 K. Za svako desetostruko umanjenje temperature, dobijamo novi uvid u stanje materije. Tako čak i pri 1 nanoKelvinu

postoji dosta prostora za dalje hlađenje – na pikoKelvine, femtoKelvine i dalje. Ko zna šta nas sve tamo čeka?!

25. Koje je najtoplije mjesto u svemiru?

Savremeni modeli kozmologije pretpostavljaju da je najviša moguća temperatura – tzv. Planck-ova temperatura, koja ima vrijednost oko $1{,}4 \cdot 10^{32}$ K, ili 142000 milijardi milijardi milijardi Kelvina. Iznad ove temperature 10^{32} K, energija čestica postaje toliko velika da gravitacijske sile između njih postaju jake kao i druge fundamentalne sile i one postaju jedna unificirana sila. Ne postoji naučna teorija koja objašnjava ponašanje materije pri tim energijama. Za to nam je potrebna kvantna teorija gravitacije koju još nismo otkrili.

Model nastanka svemira koji se temelji na teoriji Big Bang pretpostavlja da je svemir prošao kroz ove temperature oko 10^{-42} sekundi nakon Velikog praska, kao rezultat ogromne ekspanzije.

Najveća temperatura koju je postigao čovjek je temperatura od $5{,}5 \cdot 10^{12}$ K (quark-gluon plazma, koja se nakon Velikog praska i kondenzacije pretvorila u protone i neutrone), i to u LHC (Large Hadron Collider) postrojenju (sudarima jona olova pri brzinama bliskim brzini svjetlosti), što je za oko 367 hiljada puta veća temperatura nego temperatura u centru Sunca.

Najveće "prirodne" temperature u svemiru se javljaju unutar tek formiranih neutronskih zvijezda, reda oko milijardu kelvina (10^9 K). Potom, tu su temperature eksplozije Supernove, reda oko 50 miliona kelvina (10^6 K), zatim tu su temperature u centru zvijezda kao što je Sunce, reda 15 miliona kelvina, itd.

26. Šta je Klub 300?

Čovjek živi i opstaje u relativno uskom rasponu temperatura, i navedene ekstremne temperature u univerzumu su toliko apstraktne da ih ne možemo ni zamisliti. Možda se tome najviše približe ljudi koji su članovi tzv. Kluba 300.

Klub 300 je naziv za one koji su izdržali raspon temperature od 300° F (166° C) u vrlo kratkom vremenskom periodu. Praksa je nastala na Amundsen-Scott stanici na Južnom polu, na Antarktici.

Sudionici (kluba 300) čekaju dan kada temperatura padne na čak -100° F (-73° C), obično zimi. Oni koji sudjeluju prvo se griju u sauni na 200° F (93° C) nekih 10 minuta. Onda počnu trčati goli do geografskog Južnog pola, na temperaturi od -100° F (-73° C). Nakon toga, trče nazad u saunu da se ugriju, često i uz pomoć alkoholnih pića.

Oni koji izdrže ovakve temperaturne razlike ulaze s pravom u klub 300.

Koliku maksimalnu temperaturu može izdržati čovjek? Craig Taylor sa Univerziteta u Kaliforniji u LA 1948. godine dizajnirao je toplotnu komoru kako bi odredio ljudsku toleranciju na ekstremnu temperaturu. Cilj je bio saznati koliku temperatruru može izdržati pilot borbenih aviona, ako se pokvari sistem hlađenja. Eksperimentisao je na sebi. Najveća temperatura koju je izdržao bila je oko 130° C.



Ceremonijalni južni pol oko kojeg članovi kluba 300 moraju trčati
(izvor: Wikipedia)

Što se tiče ostalih životinja, zanimljivo je da postoji životinja koja može preživjeti -273° C, ali i temperaturu od 150° C. To su Vodeni medvjedi ili Dugoživci (Tardigrada), i poznati su po svojoj izdržljivosti. Naime, oni mogu izdržati pritiske i do 6 puta veće nego one koji postoje na najvećim okeanskim dubinama, jonizirajuće zračenje u dozama stotinu puta jače nego što je letalna doza za čovjeka i vakuum svemira. Također, mogu bez hrane i vode izdržati više od 30 dana.



Vodeni medvjed/Tardigrada (izvor: Wikipedia)

27. Kako miriše svemir?

Ako bi mogli pomirisati određene dijelove svemira, kako bi oni mirisali? Kako može mirisati vakuum?

Prema astronautima s Međunarodne svemirske stanice (ISS), svemir ima specifičan miris. Nakon svemirskih šetnji njihova oprema i odjela zadržavaju miris svemira – baš kao što naša odjeća zadrži miris dima iz zadimljenog kafića. Astronauti imaju problema s tačnim opisom tog mirisa. Tvrde da svemir uglavnom ima "miris metala", a drugi opisi uključuju "vrući metal", "pečeni odrezak", miris "zavarivanja metala", miris "oraha i pedala na biciklu", miris "izgorenih kolača od badema".

Astronauti s misije Apollo 11 rekli su, npr, da miris mjeseca najviše podsjeća na barut i miris pepela u kaminu.

Čini se kako naša atmosfera daje svemiru specifičan miris. Prema nekim istraživanjima, miris koju astronauti udišu predstavlja rezultat visoko energetskih vibracija čestica koje se unutar stanice miješaju sa zrakom.

Miris unutar našeg solarnog sistema bi, također, mogao biti zanimljiv jer je on bogat ugljikom, a siromašan kiseonikom.

O zastupljenosti mirisa unutar velikog dijela svemira koji se nalazi izvan našeg sistema možemo govoriti na osnovi raspoređenosti hemijskih elemenata koje su pronađene u pojedinim predjelima.

Na primjer, zvijezde bogate kisikom imaju aromu koja vjerovatno podsjeća na miris sagorijevanja uglja.

U svemiru su pronađeni policiklični aromatski ugljikohidrati. Lako se formiraju, a pronađeni su na mjestima stvaranja zvijezda, na meteoritima i kometima. Njihov miris podsjeća na dobro pečen odrezak.

U međuzvjezdanom prostoru, mirisi postaju još zanimljiviji. Unutar tamnih predjela svemira, molekularni oblaci puni su malih čestica prašine, te su ujedno i dom mnogobrojnih zanimljivih mirisa (od mirisa slatkog šećera, pa sve do pokvarenih jaja i sumpora).

Najupečatljiviji miris, prema riječima astronoma, nalazi se u centru naše galaksije. Oni vjeruju kako centar naše galaksije ne miriše naročito lijepo. Do ovoga zaključka su došli dok su pretraživali nebo oko oblaka prašine Strijelac B2 (100 hiljada svjetlosnih godina širok) koji je lociran u blizini centra naše galaksije.

Trebali biste imati veoma jako čulo mirisa (i ukusa) da biste osjetili, ali oblak prašine Strijelac B2 imao bi vjerovatno užasan miris (i okus). Pomiješani sa velikom količinom hidrogena i helijuma nalaze se etilen glikol (komponenta antifriza), etil format (hemijski spoj odgovoran za okus maline i miris ruma, a negdje se spominje i miris limuna), etanol (alkohol), aceton (sredstvo za uklanjanje laka za nokte), hidrogen sulfid (smrad trulih jaja). Centar galaksije definitivno nije romantično mjesto gdje bi mogli odvesti djevojku.

28. Da li je svemir "stvoren" za čovjeka?

Odgovor na ovo zadnje pitanje biće duži nego prethodni odgovori jer se načelo antropocentričnosti provlači (i koči napredak) kroz cjelokupnu historiju čovječanstva. Ovako teško pitanje, zahtjeva ozbiljan odgovor.

Slušajući kratko predavanje poznatog astrofizičara Neil deGrasse Tysona pod nazivom Stupid design došao sam na ideju da ga prilagodim, proširim i obogatim sa više informacija. Moram priznati da me fascinirala duhovitost i način na koji se Tyson nosio sa ovako teškom temom. On je, naime, pokušao prenijeti poruku da se svemir i ljudsko tijelo ne mogu smatrati plodom inteligentnog dizajna, barem ne u smislu da je svemir stvoren samo za čovjeka kako tvrde proponenti ideje "Inteligentnog dizajna".

Inteligentni dizajn je, generalno, tvrdnja da su "određene karakteristike svemira i živih bića najbolje objašnjene inteligentnim uzrokom (otvarajući pandorinu kutiju beskonačne regresije pitanjem – ko je onda stvorio dizajnera), a ne nevođenim procesom kao što je npr. prirodna selekcija na Zemlji". Ona je moderni oblik tradicionalnog teleološkog argumenta za dizajniranje i upravljanje univerzumom od

strane kreatora, donekle izmijenjena da izbjegne odrediti prirodu ili identitet dizajnera.

Inteligentni dizajn (kao alternativni izraz za kreacionizam) dobio je na zamahu 1989. godine pojavom knjige *Of Pandas and People (P.Davis i D. H. Kenyon),* srednjoškolskog udžbenika za biologiju (SAD). Na suđenju 2005. godine (tzv. Dover suđenje-spor oko uvođenja inteligentnog dizajna u nastavni plan biologije u Dover Area School District, Pennsylvania, u oktobru 2004. godine) američki sud je presudio da inteligentni dizajn nije nauka.

Iza pokreta koji zagovara inteligentni dizajn stoji, prije svih, Discovery Institut, politička konzervativna organizacija sa sjedištem u SAD. Iako tvrde da inteligentni dizajn ne predstavlja kreacionizam i namjerno izbjegavaju personificirati dizajnera, većina izražava uvjerenje da je dizajner – božanstvo onako kako ga predstavlja kršćanstvo.

Za sada nijedan članak koji podupire inteligentni dizajn nije izdan u naučnim časopisima niti je inteligentni dizajn predmet naučnog istraživanja ili testiranja. Konsenzus naučne zajednice je da se inteligentni dizajn (kao hipoteza) ne može smatrati naukom jer se ne može provjeriti eksperimentom, ne stvara predviđanja i ne predlaže vlastite, nove hipoteze. U okviru inteligentnog dizajna javljaju se koncepti kao što su nesvediva složenost, određena složenost i argument finog podešavanja.

Nesvediva složenost je argument koji je uveo Michael Behe, prema kojem su određeni biološki sistemi presloženi da proizađu iz evolucije jednostavnijih ili "manje potpunih" prethodnika, i da su u isto vrijeme presloženi da nastanu prirodno kroz nasumične mutacije. U Dover suđenju iz 2005. godine, američki sud je presudio da su "tvrdnje profesora Behea za nesvedivu složenost opovrgnute u svim referentnim časopisima i da su odbačene u najvećem dijelu akademske zajednice."

Određena složenost je *a*rgument koji je predložio filozof i teolog William Dembski. Određena složenost je shvaćanje prema kojem se,

zato što u organizmima možemo pronaći određene složene obrasce, njihov nastanak mora objasniti nekom vrstom upravljanja. Argument iz određene složenosti tvrdi kako nije moguće da se složeni obrasci razviju kao proizvod nasumičnih procesa. Na primjer, u sobi u kojoj se nalazi 100 majmuna i 100 pisaćih strojeva možda nastane nekoliko riječi, pa čak i rečenica, ali nikada neće nastati Shakespeareova drama. Ovaj argument je, također, temeljito diskreditovan u naučnoj zajednici.

Fino podešen svemir. Proponenti inteligentnog dizajna pozivaju se i na argument finog podešavanja univerzuma, koji tvrdi da su brojni fizikalni parametri (npr. brzina svjetlosti, Plankova, konstanta, gravitaciona konstanta, odnos elektromagnetne prema sili gravitacije, nuklearna efikasnost fuzije hidrogena u helijum, odnos broja elektrona prema broju protona, masena gustina svemira, brzina ekspanzije svemira, kozmološka konstanta, itd), navodno, od tako vitalnog značaja za naše postojanje da bi čak i najmanja promjena bilo koje od njih proizvela beživotan i sterilan svemir. Međutim, kada se pomnije razmotri, ovaj argument ostavlja nas sa više pitanja nego odgovora. Kako npr. kvantificirati fino podešavanje? Jedan od najvećih problema sa ovim argumentom je da je opseg tog podešavanja, zasada, nemoguće izmjeriti. Kako bi se procijenila vjerojatnost da svemir može podržavati život, trebaju nam barem dvije informacije: prvo – broj mogućih konfiguracija svemira (moderna kozmologija npr. uključuje i hipotezu Multiverzuma i holografskih svemira), i drugo – broj konfiguracija svemira koji pogoduju razvoju života, kako god ga definirali. Budući da nijedna od tih informacija zasada nije poznata, generalno nema smislene rasprave o finom podešavanju jer je čitav argument spekulativan i antropocentričan kao i mnogi drugi kroz historiju čovječanstva. I pored toga, česti su pokušaji da se argument finog podešavanja predstavi u kvantitativnom smislu. Ti pokušaji su doveli do širokog raspona sumnjivih, i uglavnom nedosljednih, rezultata. Proponenti ideje fino podešenog svemira (uglavnom pobornici inteligentnog dizajna koji ne istražuju mnogo tematiku već samo čitaju knjige jedni od drugih i prepisuju) prave slijedeće greške:

1. Ignorišu, prije svega, mogućnost nekih drugih životnih oblika. Njihove pretpostavke odlikuju se, takođe, hroničnim nedostatkom mašte, i uvijek se oslanjaju na nagađanja da je život moguć samo na bazi ugljika.

2. Tvrde da su fino podešene određene fizikalne konstante (brzina svjetlosti c, Plankova konstanta h i gravitaciona konstanta G), ali vrijednost tih konstanti je ustvari arbitrarna. Brzina svjetlosti u vakuumu je 299 792 458 m/s i to je brzina iznad koje ne može ići nijedno tijelo. Međutim, izvan vakuuma brzina svjetlosti je manja i zavisi od indeksa refrakcije svjetlosti. Dakle, brzina svjetlosti nije konstantna. Plankova konstanta iznosi $6{,}626 \cdot 10^{-34}$ Js i pojavljuje se u jednačinama kvantne mehanike. Ova konstanta je, kao i brzina svjetlosti, arbitrarna i zavisi od našeg izbora jedinica. Newtonova gravitaciona konst. ima vrijednost $6{,}674 \cdot 10^{-11}$ $m^3/(kgs^2)$. I ova konstanta zavisi od sistema jedinica koje se koriste i nije univerzalna konstanta. To je zato što je jedinica za masu arbitrarna i vrijednost G će zavisiti od izbora jedinica. Ako npr. kažemo da je G=h=C=1 dobijamo tzv. Plankove jedinice koje se često koriste u modernim kozmološkim istraživanjima. Jedini parametri koji se mogu legitimno koristiti kada je u pitanju tzv. fino podešavanje su oni koji su bezdimenzionalni, tj. oni koji imaju istu vrijednost bez obzira koji sistem jedinica se koristi.

3. Tvrde da su parametri kao što je npr. odnos broja elektrona prema broju protona, brzina ekspanzije svemira i masena gustina svemira – fino podešeni. Ustvari, njihove vrijednosti su precizno utvrđene u okviru kozmologije i nema mjesta ni za kakva podešavanja.

4. Tvrde da je relativna jačina elektromagentnih i gravitacionih sila fino podešena. U stvarnosti, ovaj odnos se ne može univerzalno definirati. Odnosi ovih sila npr. za proton i elektron zavise od njihovih naboja i masa. Da su mase veće, i sile bi bile veće. Ustvari, jedina "prirodna" masa u fizici je Plankova masa ($2{,}18 \cdot 10^{-8}$ kg) – izvedena veličina od brzine svjetlosti, Plankove konstante i gravitacione konstante. Gravitaciona sila između dvije čestice Plankove

mase je ustvari 137 puta jača nego električna sila, i univerzum sa elementarnim česticama ove mase bi odmah kolapsirao. Uprkos tvrdnjama koje se često mogu čuti na časovima fizike da je gravitacija mnogo slabija od elektromagnetne sile, nema načina na koji se može apsolutno utvrditi jačina gravitacije u odnosu na bilo koju drugu silu. Victor Stenger je vršio simulacije u kojima je varirao jačine ovih sila (uzeo je vrijednosti veće ili manje za 100% od nominalnih) i zaključio da u 37% slučajeva nastaje svemir sa karakteristikama koje su neophodne za razvoj života (kakav poznajemo).

5. Proponenti argumenta finog podešavanja griješe jer oni obično misle da je dovoljno varirati samo jedan parametar, a sve druge držati konstantnim. Pravilna analiza mora uključivati varijaciju svih parametara istovremeno, jer promjena jednog parametra može uslovljavati kompenzaciju promjene od strane drugog parametra.

6. Neki od njih tvrde da pobuđeno stanje jezgre ugljika (C) mora biti fino podešeno da bi zvijezde proizvele ugljik koji je potreban za život (kakav poznajemo). Proračuni, međutim, pokazuju da se vrijednosti energetskog nivoa tog stanja mogu nalaziti u dosta širokom intervalu (7,716 MeV – 7,933 MeV) da bi se proizveo ugljik. Osim toga, ugljik i ne mora biti jedini element na kojem može počivati život.

7. Tvrde da su mase elementarnih čestica fino podešene za život, ali ove mase mogu se nalaziti u određenom intervalu (razlika u masama od 10 MeV dozvoljava potpuno formiranje periodnog sistema elemenata) i život bi se opet mogao pojaviti.

8. Obično ne razumiju ili pogrešno tumače teoriju vjerovatnoće.

9. Tvrde da su mnogi parametri na Zemlji i u solarnom sistemu fino podešeni za život, ali ne žele da razmotre da će se u slučaju stotina milijardi planeta koji postoje u vidljivom svemiru, i bezbroj njih iza našeg horizonta, pojaviti mnogo planeta sa karakteristikama potrebnim za razvoj života.

Što se tiče argumenta finog podešavanja, treba reći da modeli fizike koje smo dosada razvili ne predstavljaju nužno zakone koje su utkani u samu strukturu svemira i potom fino podešeni od stane nekog dizajnera kako bi svemir ispao ovakav; ovi modeli su (arbitrarni) ljudski izum, kreiran od strane čovjeka da se što bolje opišu naše opservacije svemira. Naši modeli fizikalnih zakona se sastoje od veličina koje možemo izmjeriti u skladu sa procedurama koje smo uveli (koristeći položaj, vrijeme, temperaturu, pritisak i sl.). Ta mjerenja su izražena matematički kao neki realni brojevi. Modeli sadrže i apstraktne koncepte kao što su polja, talasne funkcije, koji su izraženi kao kompleksni brojevi, tenzori, linearni vektori i druge matematičke ideje. Međutim, iako su naše opservacije nesavršene sjene realnosti oko nas, one nam ipak daju korisne informacije na osnovu kojih stvaramo modele i opisujemo prirodu. To ne znači da to trebamo iskoristiti i reći da su konstante u našim aproksimativnim modelima fino podešene za život kakav poznajemo.

Paul Davies, engleski fizičar, koji je također pisao o ovoj problematici smatra da se ne radi toliko o tome da je svemir fino podešen za život, već da je "podešen" za gradeće blokove i okruženje za život. Davies, također, tvrdi da antropocentričko razmišljanje ne uspjeva da uoči razliku između svemira sa minimalnom mogućnošću života (marginalno moguć život) i optimalnog svemira gdje život cvijeta jer se abiogeneza događa na svakom koraku. Leonard Susskind, poznati američki teoretski fizičar, ne smatra da je svemir nužno fino podešen, sugerirajući da neki dijelovi megasvemira (Megaverse) – specifično onaj u kojem živimo – mogu biti pogodni za razvoj života, dok drugi dijelovi ne moraju biti. Nobelovac, Steven Weinberg odbija argument finog podešavanja karbonskog ciklusa (spomenutog ranije u tekstu), riječima da se "fino podešavanje prirodnih konstanti u ovom slučaju ne čini tako finim". Što se tiče kozmološke konstante, priznaje da trenutno nema objašnjenje (osim hipoteze o multiverzumu) o veoma maloj vrijednosti kozmološke konstante, ali upozorava da je moguće da postoji neki fundamentalni princip koji može objasniti zašto ova konstanta ima tako malu vrijednost.

Postoje i naturalistička objašnjenja za "fino podešavanje". Kako se moderna kozmologija razvijala, predložene su različite hipoteze o tome. Jedna od značajnijih je i oscilatorni svemir (svemir ciklično nastaje i urušava se) ili multiverzum (više (paralelnih) univerzuma koji zajedno čine jednu cjelinu svega postojećeg), u kojima bi se fizikalne konstante teorijskih modela značajno razlikovale međusobno (drugačije su za svaki mogući univerzum). To znači da bi različiti svemiri imali značajno drugačija okruženja i parametre. U nekim od ovih svemira sigurno bi postojali uvjeti za razvoj života kakav poznajemo.

Sean Caroll, kozmolog i profesor fizike, smatra da je "fino podešavanje" parametara svemira (za život kakav poznajemo) prividno, sve dok ne upoznamo tajne univerzuma. Čim se taj veo tajni podigne, utvrdićemo da ne postoji nikakvo podešavanje. Caroll se dalje pita "…koja je uopšte definicija života. Ako je to samo mogućnost procesuiranja informacija i razmišljanje, postoji mnogo mogućnosti za razvoj takvog oblika života, bez potrebe za uvođenjem nekog podešavanja." Prema njemu, upravo naturalizam je jedini okvir u kojem možemo razmatrati "fino podešavanje" jer fino podešavanje nema smisla u kontekstu kreatora. Caroll nastavlja: "Kreatora ne zanima masa elektrona, on može uraditi šta god želi. Zašto bi vršio ikakva podešavanja?" Prema Carollu, multiverzum je, također, jedno od objašnjenja za argument finog podešavanja.

U konačnici, argument finog podešavanja je samo još jedan primjer subjektivnog antropomorfizma, ovog puta primjenjenog na fizikalne konstante koje figuriraju u teoretskim modelima fizike koje je čovjek izmislio pokušavajući da opiše procese u svemiru. Dakle, ne može se reći da je svemir nastao zbog ljudi, već su se ljudi adaptirali na svemir (tj. okruženje u kojem žive).

Neinteligentni dizajn svemira

U osnovi inteligentnog dizajna je uvjerenje da je svemir nastao po mjeri života kakvog poznajemo, tj. da je čovječanstvo njegov krajnji proizvod. Dakle, ne zvijezde, ne planete, ne galaksije, ne galaktički

skupovi, već isključivo čovjek. Ovo je očiti primjer oholosti ljudske vrste (antropocentrizam). Svemir je, naime, star oko 13,8 milijardi godina, a čovječanstvo je u sadašnjem obliku prisutno tek nekih 200 000 godina, što znači da starost naše vrste iznosi tek 0,0015% starosti svemira. Iz te perspektive teško je zamisliti kako bi se čovječanstvo moglo staviti u središte bilo kakvog svemirskog narativa. Ako je svemir nastao s biološkim životom na umu, čini se prije da je meduza predmet pažnje potencijalnog kreatora nego naša (zakašnjela) vrsta, s obzirom da je meduza na Zemlji prisutna stotinama miliona godina prije nego su ljudi vidjeli svjetlo dana.

Čakštaviše, u smislu prostora i vremena, velika većina svemira ne samo da je negostoljubiva, već je otvoreno neprijateljski raspoložena prema ljudskom životu. Vidljivi svemir, koji se sastoji od sve materije i energije koja se može vidjeti sa našeg planeta, ima procjenjenu zapreminu oko 10^{70} kubnih kilometara. Velikodušne procjene zapremine zone koja je pogodna za život iznose oko 10^{9} kubičnih kilometara. To znači da je samo $1/10^{61}$ dio svemira pogodan za život (to je jedinica nakon koje slijedi 61 nula!). Kao komparacija, to je manje od omjera zapremine jednog protona i cijelog Sunčevog sistema!

Ljudi čine tek $1/10^{41}$ dio materije svemira (po masi), ali materija kakvu poznajemo čak nije ni dominantan sastojak svemira. Svemir se većinom sastoji od tamne energije (~73%) i tamne tvari (~23%). Obična stvar čini tek ~4% svemira, a mi, manje od infinitezimale te količine. Ogromna razlika između čovjeka i kozmičkih skala teško da može podržati tezu finog podešavanja svemira za ljudski život. Upravo suprotno, ova ogromna razlika sugerira da je čovječanstvo tek beznačajna tačka u bespuću svemira.

Već stoljećima fizičari su znali da priroda ima sklonost kao "neredu". U nedostatku vanjskog uticaja, bilo koji fizički sistem u svemiru ima tendenciju da će sve manje biti organizovan tokom vremena. Zamislite pad kockice soli u čašu vode. Prije kontakta sa površinom vode sol je uređena u dobro organiziranom kristalu, sa natrijem i klorom postavljenim pravilno u kristalnoj rešetci. Nakon uranjanja, međutim,

red se pretvara u haos i počinje otapanje soli, pri čemu se joni natrija i klora u potpunosti raspršе i nastaje neuređen i izmješan sistem otapala i otopljene tvari. Fizička mjera nereda je poznata kao entropija i princip povećanja entropije (II zakon termodinamike) je temeljito istražen teorijski i eksperimentalno. U osnovi, II zakon termodinamike predviđa da će svemir sutra biti manje uređen nego danas, a time i imati veću entropiju. To ima značajne kozmološke posljedice; primjenjujući ovaj princip u suprotnom smjeru, to sugerira da je svemir bio mnogo organizovaniji prilikom svog "rođenja" nego što je danas. To, također, znači da se iz dana u dan svemir kreće prema stanju sve većeg nereda. Među kozmolozima preovladava mišljenje da će svemir na kraju postati toliko neuređen da će život kakav poznajemo jednog dana biti apsolutno nemoguć. Neumitni porast entropije će u konačnici rezultirati transformacijom sve materije u svemiru na neorganizirani miks fotona, elektrona i neutrina, jureći nasumično po nepreglednom i praznom svemiru. U ovoj (terminalnoj) fazi svemira nema mjesta za ljude niti za bilo koji drugi oblik života.

Kako bi onda izgledao svemir da je dizajniran za čovjeka? Pa, za početak moglo bi se očekivati da ogromna prostranstva svemira koja su nepotrebna za naše postojanje ne budu prisutna. Prisutnost stotina milijardi drugih galaksija i planetarnih sistema izvan solarnog sistema i Mliječnog puta čini se u tom slučaju potpuno suvišnim. Dalje, historija svemira do pojave čovječanstva na sceni trebala bi biti puno kraća – ipak, svemoćni dizajner zasigurno bi mogao stvoriti ljudsku vrstu trenutačno, bez ovoliko kašnjenja za prvom pojavom materije, tj. bez nepotrebnih eona vremena.

Ako je svemir inteligentno dizajniran za pojavu čovjeka, moglo bi se, recimo, očekivati i da proučavanje prirode uzrokuje da znanstvenici sve više naginju ka vjeri (kreacionizmu), a ne manje. Trenutno preko 2/3 naučnika ne vjeruje u inteligentni dizajn (u poređenju sa 15-20% ljudi koji nisu u nauci). Ovo je jedna od bolnih tačaka argumenta inteligentnog dizajna; naime, kako nam nauka otkriva sve više i više o svijetu, teistički modeli stvarnosti sve više su tako nevjerojatni da oni moraju biti izmijenjeni u skladu s novim otkrićima (čak je i cr-

kva prihvatila evoluciju kao činjenicu). Prečesto zaboravljamo da je judeo-kršćanstvo, koje je nekada bila općeprihvaćena dogma, stavilo Zemlju u središte svemira, sa nebom i paklom izvan sfere fiksiranih zvijezda, a do vremena Charlesa Darwina, većina ljudi je smatrala da se porijeklo i raznolikost života najbolje objašnjava "stvaranjem" opisanom u Postanku (Genesis). Ovdje treba napomenuti da se biblijska priča o kreiranju svemira potpuno razlikuje od moderne kozmološke teorije Velikog praska. Prema knjizi Postanka (prva knjiga Starog Zavjeta), svemir je nastao prije nekoliko hiljada godina, i to za šest dana. Prema toj knjizi, Zemlja je nastala prije Sunca, Mjeseca i zvijezda. S druge strane, prema teoriji Velikog praska, svemir je nastao prije 13,7 milijardi godina, nakon čega je uslijedilo širenje svemira, a solarni sistem je nastao prije 4,6 milijardi godina, pri čemu je prvo nastalo Sunce pa onda planeti. Dalje, prema knjizi Postanka, ljudi su se pojavili brzo nakon kreiranje Zemlje, šestog dana. Prema naučnim saznanjima, s druge strane, ljudi su se pojavili prvi put u Africi prije otprilike 200 000 godina. Zašto je kreator, ako je imao ljude na umu pri kreiranju svemira, čekao 13,6998 milijardi godina?

Nadalje, ako je svemir inteligentno dizajniran, mora se priznati strašna neučinkovitost postupka dizajniranja životnih vrsta jer je oko 99,99% svih vrsta na Zemlji izumrlo. Kreator je, dakle, kreirao veliki broj vrsta sa namjerom da ih potom uništi? Jedan od očitih primjera je i agonija dinosaurusa od prije nekih 65 miliona godina.

Svemir nije ni naročito efikasan jer npr. manje od 3% gasovitih oblaka u svemiru učestvuje u kreiranju zvijezda. Osim toga, svemir je pun "mrtvih zona", područja u kojima je životu veoma teško da se razvije. Neke od njih su:

- *Rani svemir*. Najudaljenije poznate galaksije su suviše mlade (tj. mi ih vidimo kad su bile mlade) da bi imale dovoljno metala (u astrofizici svi elementi teži od hidrogena i helijuma) za formiranje unutrašnjih planeta veličine Zemlje. Postoji logika da je za život potreban solarni sistem poput našeg, sa udaljenim velikim gasovitim planetama i sa malim, stjenovitim planetama smještenim

unutra orbita planeta giganata. Izazovi životu u ranom univerzumu su snažno zračenje kvazara (jezgre aktivnih galaksija) i učestale supernove (eksplozije masivnih zvijezda).

- *Kuglasti skupovi zvijezda*. Iako sadrže i po milion zvijezda, kuglasti skupovi su suviše siromašni metalima da bi imali unutrašnje planete veličine Zemlje. Te zvijezde su evoluirale u divove koji su suviše vreli za postojanje života na unutrašnjim planetama. Česti međuzvjezdani susreti remete orbite spoljašnjih planeta – što dovodi do komešanja unutrašnjih planeta sa njihovim izbacivanjem iz planetarnog sistema ili obaranjem na matičnu zvijezdu.
- *Eliptične galaksije*. I ovdje su zvijezde veoma siromašne metalima. Ako je zvijezda siromašna metalima onda i njen planetarni sistem oskudjeva ovim elementima, što znači da tamo ne postoji materijal od koga bi nastale stjenovite planete, pa ni život kakav poznajemo na Zemlji. Zvijezde mase Sunca evoluirale su u gigante koji su suviše vreli za život na unutrašnjim planetama.
- *Male galaksije*.Većina zvijezda i ovdje je siromašna metalima.
- *Centri galaksija*. Snažni energetski procesi ovdje ometaju nastanak i opstanak složenog života.
- *Spoljne oblasti galaksija*. Čitavo ovo područje je siromašno metalima.
- *Planetarni sistemi sa vrućim Jupiterima*. Džinovske planete u ovim sistemima guraju unutrašnje planete na centralnu zvijezdu.
- *Planetarni sistemi sa divovskim planetama u ekscentričnim orbitama*. Planete sa ekscentričnim orbitama u ovim sistemima periodično vrše snažno dejstvo na ostale planete te ih vremenom istiskuju iz planetarnog sistema, bacaju na matičnu zvijezdu ili izazivaju njihov sudar sa drugim tijelima. Takvo okruženje je nepovoljno za egzistenciju višeg oblika života.
- *Buduće zvijezde*. Uranijum, kalijum i torijum će ovdje biti veoma rijetki elementi, a oni su neophodni da bi se obezbjedilo dovoljno toplote unutar planete za pokretanje tektonskih ploča. Tektonske

ploče plutaju na vreloj, istopljenoj magmi u unutrašnjosti Zemlje, a važne su zato što se sudaraju, nabiraju i podvlače jedna pod drugu. U nabiranju nastaju planine, a u podvlačenju mulj, stijene i drugo sa dna okeana ulazi ispod ploča gdje se sve to topi i, između ostalog, oslobađa ugljen dioksid koji potom kroz vulkane izlazi u atmosferu čime se osigurava njegova potrebna količina. Bez ugljen dioksida ne bi funkcionisala tzv. staklena bašta Zemlje i Zemlja bi se zaledila.

Svemir, dakle, nije ovdje zbog nas. Nekome se može učiniti i da nas pokušava ubiti, ali nije to ništa lično. Svemir se ne brine o tome da li ćemo živjeti ili umrijeti. Ako bi se čovjek nekako teleportirao bilo gdje u svemir, unutar nekoliko sekundi bi umro u najstrašnijim mukama. I to bi se desilo u 99,99% slučajeva. Svemir ne mora ni mnogo da se trudi jer je nevjerovatno negostoljubiv za život. Nigdje u svemiru ne možete disati osim na Zemlji. Skoro cijeli svemir je vakuum. Na mjestima gdje nije vakuum, temperature su prevelike i molekule se ne mogu spajati. Na mjestima gdje nije prevruće, temperature su preniske i hemijske reakcije se odvijaju presporo. Pogledajte samo zapreminu svemira gdje ne možemo živjeti. Svemir definitivno nije nešto što bi mogli nazvati rajskim vrtom.

Svemir kao da se gnuša života jer smrt (za život kakav poznajemo) je doslovno na svakom koraku. Jedina olakšavajuća okolnost za ljudsku vrstu i njen opstanak su, kao što je rečeno ranije, velike vremenske skale i velike udaljenosti između objekata u svemiru.

Generalno govoreći, iz svemira vrebaju mnoge opasnosti za život kakav poznajemo. Ovdje su sumarno i ukratko predstavljene neke od njih (zainteresovanim za više detalja preporučuje se literatura na kraju teksta):

- *Eksplozije zvijezda* (Supernove, Hipernove) su veoma nasilni događaji koji mogu sjajem zasjeniti čitave galaksije. Supernove se mogu približiti planetima zahvaljujući kretanju galaksija, ali planeti mogu biti i u sastavu tog ili bliskog zvjezdanog sistema. Ako je preblizu, ovakva eksplozija može lako progutati i spržiti planet

ili ga izbaciti iz orbite (osuđen da vječno luta tamom), a ako je nešto dalje može uništiti ozonski sloj i sterilizirati život. Supernova koju smo zabilježili 1054. godine (sada maglina Rak) oslobodila je npr. veću količinu energije nego što će je osloboditi Sunce tokom svog cijelog života (12 milijardi godina). Da možemo vidjeti očima rendgensko zračenje, maglina Rak bi bila najsjajniji objekt na noćnom nebu. Što se tiče Zemlje Supernova bi morala biti udaljena minimalno 25 svjetlosnih godina da bi mogla ozbiljno ugroziti život ljudi.

- *Sudari galaksija*. Mliječnom putu se približava galaksija Andromeda sa kojom će se naša galaksija sudariti za otprilike 4 milijarde godina. Zvuči dramatično, ali udaljenosti između zvijezda u galaksijama su toliko velike da su male vjerojatnosti za zvijezde međusobne sudare. Jako gravitacijsko polje nove supergalaksije moglo bi velikim dijelom uticati na Sunčev sistem. Postoji šansa da će Sunce biti veoma udaljeno od centra supergalaksije, a tu je i mogućnost da će naš sistem u potpunosti biti "izbačen" iz nove supergalaksije. U tom slučaju Zemlja bi završila u intergalaktičkom vakuumu. Astronomi predviđaju kako postoji mala šansa da se dogodi takav scenarij. Sudar svakako neće uticati na život na Zemlji, budući da će do tada planet već ionako biti nenastanjen (temperatura na Zemlji premašit će 300° C zbog povećane radijacije Sunca do koje će doći uslijed njegovog širenja. Oceani će do tada već odavno ispariti i samo će beživotne pustinjske biljke krasiti dno nekada velikih oceana).

- *Većina planetarnih orbita je nestabilna*. Neke planete budu izbačene iz planetarnih sistema (tzv. odbjegli planeti koji lutaju zauvijek u tami i svemirskoj hladnoći), neke se sudare, a neke završe (izgore) u matičnoj zvijezdi. Sudarom planete veličine Marsa i Zemlje u dalekoj prošlosti nastao je Mjesec. Venera je također doživjela veliki udar jer oko ose rotira, za razliku od drugih planeta, u smjeru kazaljki na satu (gledano sa sjevernog pola). Uran je isto doživio udarac nekog tijela u prošlosti pa je sada njegova osa rotacije okrenuta za 98° u odnosu na osu okomitu na ravan ekliptike. Mnogi

sateliti su "zarobljena" tijela od strane planeta, posebno kod Jovijanskih planeta (npr. Neptun je zarobio Tritona koji dosta liči na Pluton).

- *Na svakom koraku vrebaju kozmičke zrake* – zrake visoke energije. Opasni su za živi svijet jer je npr. njihova najveća detektovana energija za oko 40 miliona puta veća nego energija čestica koje se ubrzavaju u Large Hadron Collider postrojenju. Na Zemlji atmosfera i magnetsko polje oslabljuju kozmičke zrake, ali na Mjesecu i Marsu npr. one nesmetano pljušte. Kozmičko zračenje može štetiti astronautima i može dugoročno uzrokovati rak kao posljedica oštećenja u DNK i ćelijama, kao i mrenu, oštećenje nervnog sistema i sl. Značajan dio primarnog kozmičkog zračenja potiče od supernovih, kvazara, izbačaja gama zračenja, aktivnih galaktičkih jezgri (izbačaji gama zračenja koji traju milionima godina). Takođe, Sunce stvara vlastite kozmičke zrake ("protonska oluja" – kada Sunce emituje čestice, uglavnom protone, koje su ubrzane dejstvom sunčevih baklji i izbacivanjem koronalne mase; koronalno izbacivanje mase oslobađa ogromne količine materije i elektromagnetskog zračenja u prostor iznad Sunčeve površine, ili u koronu ili u međuplanetarni prostor. Izbačena masa je plazma koja se sastoji od elektrona i protona, ali može sadržavati i manje količine težih elemenata – helijuma, kiseonika, pa i čak željeza). Naravno, u elektromagnetnom spektru Sunca nalaze se i rendgensko i gama zračenje koje je štetno za živi svijet, ali srećom, atmosfera i magnetosfera nas čuvaju od njih dok smo na Zemlji.
- *Konstantno bombardovanje asteroidima i kometama*. Ako pogledamo Mjesec ili Merkur možemo najbolje vidjeti nemilosrdno svemirsko bombardovanje na djelu. Bezbroj kratera svjedoči o ekstremno nasilnom djetinjstvu solarnog sistema. To se dešava na svim planetarnim sistemima i prijetnja je razvoju (ili očuvanju) inteligentnog života.
- *Crne rupe*. Crna rupa je jedan od mogućih zvjezdanih "ostataka" – ekstremno zakrivljena oblast prostor-vremena iz koga se, prema

klasicnoj fizici, ništa, čak ni svjetlost, ne može otisnuti zbog izuzetno velike sile gravitacije. Zvijezde od 1,2 do 1,4 Sunčeve mase završiće svoju evoluciju na stadijumu bijelog patuljka. Sav višak energije i mase oslobodiće u vidu planetarne magline. Zvijezde između 1,4 i 2 Sunčeve mase završavaju kao neutronske zvijezde, a one još masivnije (uglavnom mase veće od 3 mase Sunca) završavaju kao crne rupe. Crne rupe mogu rasti apsorbiranjem okolne materije, i na taj način nastaju supermasivne crne rupe sa masama većim od milion masa Sunca. Supermasivne crne rupe postoje u centrima svih galaksija. Prilikom formiranja jedne ovakve crne rupe, centar galaksije će isijavati svjetlost i druge oblike zračenja. Okolina centra galaksije će ličiti na kvazar, jer će crna rupa gutati okolne zvijezde svojom gravitacijom, a one će zauzvrat emitovati energiju kao kvazari. Crna rupa svojom gravitacijom utiče na okolne objekte, zarobljava gas i drugu materiju sa svog vidljivog pratioca. Time oko sebe formira dodatni disk tj. akrecioni disk (akrecija = sakupljanje). Otkrivanjem takvog efekta, otkriva se skriveni pratilac. Ta materija se sliva kao kroz lijevak ka crnoj rupi i dok ne dosegne horizont događaja odaje zračenje. Gravitaciono polje u blizini horizonta je jako veliko i materijal koji upada u crnu rupu ima veliku brzinu (blizu brzine svjetlosti) i ubrzanje, čestice koje se slivaju međusobno se sudaraju i to žestokim sudarima kao u nuklearnom akceleratoru, pa zato akrecioni disk odaje elektromagnetno zračenje visokih energija.

- *Daleka budućnost univerzuma,* kao što je rečeno, je potpuno ništavilo jer se temperatura svemira asimptotski približava nuli. Svemir ima nekoliko era: primordijalna era (do formiranja zvijezda), zvjezdana era (trenutna era u kojoj se formiraju zvijezde), era degeneracije (dominiraju smeđi patuljci), era crnih rupa (era crnih rupa, nešto radijacije i pokoja subatomska čestica) i tamna era (nakon 10^{100} godina, kolaps svemirskog vakuuma, svemir je potpuno taman bez ičega u njemu).

Gdje smo mi u tome svemu? U svemiru ima stotine stotine milijardi galaksija, a u svakoj stotine milijardi zvijezda. Mi se nalazimo na pe-

riferiji jedne prosječne galaksije u jednom prosječnom solarnom sistemu. Ne možemo nikako biti centar svemira. Toliko smo "značajni" da kada bi vanzemaljci dolazili u naš dio svemira, ne bi nas ni pogledali, već bi produžili pravo za Virgo skup galaksija koji leži 50 miliona svjetlosnih godina udaljen od nas, sa svojih 2500 galaksija (!) u svom sastavu. Naša lokalna grupa galaksija je, naime, tek "predgrađe" Virgo grupe galaksija. U Virgo skupu je "Times Square", "downtown" našeg dijela svemira. Najveća galaksija u toj grupi je nemaštovito nazvana M87 i nalazi se tačno u centru skupa. Ova galaksija je jedna od najvećih struktura u svemiru koje poznajemo. Sadrži nekoliko triliona (milion miliona) zvijezda i vjerovatno barem isto toliko planeta. U njenom centru je ogromna crna rupa (procjenjene mase između 10 i 100 miliona veće nego masa Sunca) oko koje kruži nebrojeno mnogo zvjezdanih skupova i zvijezda. Siguran sam da potencijalna civilizacija u ovom dijelu svemira ne dijeli vaše mišljenje o porijeklu i namjeni svemira.

Astronomska promatranja pokazuju da Zemlja u svemirskim okvirima nije značajnija od jednog zrna pijeska na ogromnoj plaži. Ništa u našem sadašnjem razumjevanju kozmologije i fizike ne ukazuje na svemir sa čovjekom u njegovom centru. Čakštaviše, počinjemo da razmijevamo moguće fizičke mehanizme za pojavu materije ni iz čega i organizaciju struktura u svemiru bez dizajna.

Neinteligentni dizajn na Zemlji

Zemlja se često smatra primjerom inteligentnog dizajna jer je pogodna za život kakav poznajemo. Često čujemo mišljenja kako je zemlja stvorena radi nas, po mjeri čovjeka i za čovjeka. Antropocentrizam (starogrčki: čovjek u centru zbivanja) je naziv za ideologiju ili općeniti stav da je čovjek superioran prirodi ili njen najvažniji i najvrijedniji dio. Antropocentristi vjeruju da čovjek nije ravnopravan drugim stvorenjima, nego da ima pravo upravljati nad florom, faunom i općenito Zemljom. Antropocentrizam se kao stav razvio i među abrahamskim religijama, pa tako npr. Stari zavjet opisuje kako je Jahve stvorio

čovjeka da bude gospodar svim drugim bićima. Antropocentrizam je doveo također do razmišljanja da je čovjek centar univerzuma.

Na antropocentrizam se dijelom naslanja hipoteza "Rijetke Zemlje" (Ward i Brownlee) koja zagovara tezu da nastanak složenijih višećelijskih organizama (posebno inteligencije) zahtijeva vrlo rijetku kombinaciju astrofizičkih i geoloških događaja i uvjeta. Hipoteza zagovara tezu da nastanak složenijih oblika života zahtjeva veliki broj "sretnih okolnosti": galaktička nastanjiva zona, središnja zvijezda dužeg vijeka i planetarni sistem, nastanjiva zona unutar zvijezdanog sustava, veličina planete, prednost velikog satelita/mjeseca, uvjeti koji osiguravaju da planeta ima magnetosferu i tektoniku ploča, hemiju litosfere, atmosfere, i okeane, ulogu "evolucijskih pumpi" kao što je masivna glacijacija i rijetki udari nebeskih tijela na kojima ima vode ili organskih molekula, te ono što je god dovelo do još uvijek tajnovite kambrijske eksplozije životinjskih vrsta.

Ovu hipotezu danas ne prihvata veliki broj naučnika jer smatraju da ona ustvari i ne predstavlja hipotezu niti predviđanje već samo opisuje način kako je život nastao na Zemlji. Naime, nije važno da li postoji nešto neobično u vezi Zemlje jer će uvijek postojati nešto karakteristično za svaki planet u svemiru; ono što je važno je da li je bilo koja okolnost na Zemlji esencijalna za kompleksan život. Dosada nismo pronašli ništa što bi sugerisalo na to. Hipoteza o rijetkoj Zemlji je u suprotnosti sa Kopernikanskim principom kojeg su, između ostalog, zagovarali Carl Sagan i Frank Drake. Taj princip navodi da je Zemlja obična stjenovita planeta u tipičnom planetarnom sustavu, koja se nalazi u prosječnoj regiji vrlo čestog tipa prečkaste spiralne galaksije, te stoga po toj hipotezi život nije rijedak u svemiru. Ovo potvrđuju moderna naučna saznanja: veliki broj otkrivenih ekstrasolarnih planeta (preko 3500 dosada), broj planeta u nastanjivoj zoni nije rijedak (prema istraživanju iz 2013. godine – Keppler misija), u Mliječnom putu ima preko 40 milijardi planeta veličine Zemlje u nastanjivoj zoni (!!), a od toga 11 milijardi takvih planeta kruži oko zvijezde koja je slična Suncu!), tektonika nije jedinstvena za Zemlju, slobodni kiseonik nije neophodan za život (npr. Spinoloricus nov. sp., anaerobične

metozoe), magnetno polje nije preduslov za život (i atmosfera može pružiti zaštitu od radijacije, kao što je na Zemlji u periodima zamjene magnetnih polova), veći satelit (kao što je kod nas Mjesec) vjerovatno potreban za razvoj života (veći sateliti mogu značajno usporiti planet što dovodi do sporije rotacije planeta (plimno zaključavanje) i slabije disipacije toplote; prebrza rotacija, s druge strane, dovodi do vjetrova velike brzine na tlu), kompleksan život može se razviti i u alternativnim staništima (ekstremofili koji podnose velike pritiske i temperature: Hesiocaeca methanicola, Dugoživci/Tardigrada, Halicephalobus mephisto i sl.), itd.

Ali vratimo se na Zemlju. Za početak da postavimo pomalo satirično pitanje – ako je Zemlja stvorena za čovjeka (koji nema škrge) zašto su onda na 2/3 Zemljine površine okeani? Šalu na stranu, mi smo vrsta čiji preci (moderni Homo sapiens) nisu stariji od 200 000 godina i jedna smo od procjenjenih 9 miliona vrsta na Zemlji. Zemlja je stara 4,5 milijarde godina! Ako je Zemlja stvorena zbog čovjeka, postavlja se pitanje gdje smo bili 99,99% vremena?

U većini naučnih krugova prihvata se činjenica (teorija) da su ljudi evoluirali u skladu sa mogućnostima koje pruža Zemlja. Mi smo rezultat ekosistema planete Zemlje. I pitati se da li je Zemlja stvorena za čovjeka je nešto slično kao pitati se da li je rupa u zemlji stvorena za baru koja je popuni.

Općenito govoreći, da li je Zemlja baš oaza za život? Prije svega, bile su potrebne 3,5 milijarde godine da nastane višećelijski oblik života na Zemlji ili ako uzmemo od početka univerzuma – barem 13,5 milijardi godina! Život se pojavio relativno brzo na Zemlji, ali ne i višećelijski. Bile su, naime, potrebne cijano-bakterije da povećaju postotak kiseonika u atmosferi, koji predstavlja "raketno gorivo" za višećelijske organizme. Nešto kiseonika pojavilo bi se istina i bez postojanja tih organizama, budući da je ultraljubičasta svjetlost sa Sunca razlagala nešto molekula vode na površini okeana, oslobađajući atome hidrogena i kiseonika u zrak. Pojava atmosferskoga kiseonika najveće je zagađenje koje se ikada dogodilo na Zemlji. Pojava kiseonika u Ze-

mljinoj atmosferi značila je da se svi oblici života moraju ili prilagoditi novim uvjetima ili izumrijeti. Također, da se život tada već nije pojavio, više to ne bi bilo moguće zato što potencijalni organizmi ne bi imali što jesti, budući da bi njihova moguća hrana zahrđala. Evolucijsko prilagođavanje na ovo zagađenje u mnogo slučajeva dobro je prošlo, kao što to mogu posvjedočiti sve životinje koje udišu kiseonik. Od koristi je bilo i skrivanje od kiseonika. Sve do danas, u crijevima svake životinje, računajući tu i ljude, nalazi se sklonište za milijarde organizama koji uspijevaju u anaerobnoj sredini koja tamo vlada, dok bi, izloženi zraku, skončali istog trena.

Evolucija od višećelijskih organizama do inteligentnih organizama trajala je oko 800 miliona godina. Insekti su se pojavili prije 400 miliona godina, dinosaurusi prije 300 miliona godina, a biljke koje cvjetaju tek prije 130 miliona godina. Ljudske civilizacije na Zemlji postoje tek nekih 10 000 godina, a radio-komunikacija sa svemirom nije starija od 80 godina. U odnosu na starost svemira i Zemlje, ovo je minoran vremenski period, period u kojem praktično nisu zabilježeni događaji koji bi limitirali dalji razvoj civilizacije (ekstremne varijacije klime, supervulkani ili udari većeg asteroida).

Sav živi svijet (gljive, biljke, životinje) ima sličnu ćelijsku strukturu. Bakterije su najbrojnija vrsta i one predstavljaju zajedničkog predaka svog živog svijeta. Drugim riječima, svi mi smo potomci bakterija.

Ukratko ću spomenuti i abiogenezu koja se bavi proučavanjem nastanka života, iako to nije toliko relevantno za ovu priču. Mada ima još nedoumica oko načina nastanka prvih organizama, nauka je na dobrom putu da dođe i do tih odgovora zahvaljujući radu Oparina, Haldanea, Ureya i Millera, Watsona i Cricka, Orgela, Cecha, Gilberta, Steitza, Szostaka, Bartela, Joyca, Nielsena, Eschenmosera,Wächtershäusera,Russella, Mitchella, Kelleya i ostalih. Mnogi od njih su dobili nobelovu nagrad za svoj rad. Šta dosad znamo o abiogenezi, šta pretpostavljamo, a šta još uvijek nije jasno? Znamo mnogo načina na koje osnovni molekuli koji čine život mogu nastati spontano. Baze koje čine DNK i RNK, amino-kiseline, osnovni šećeri…sve može na-

stati na mnogo različitih načina. Nismo sigurni koji od tih procesa je bio važan za život, a i dalje je moguće i da su prvi molekuli potrebni za život nastali nekim procesom za koga još uvijek ne znamo. Znamo kako je moglo doći do nastanka prvih nukleosida i nukleotida. Nukleosidi su pojedinačni dijelovi RNK lanca, sastavljeni od dva dijela, riboze i baze. Nukleotidi su nukleosidi kojima je dodatna fosfatna grupa, što je neophodno za povezivanje u lanac. Takođe, znamo da nukleotidi, kada se jednom stvore, mogu biti lako povezani u dugačke lance pod vrlo jednostavnim uslovima (glina je veoma česta stvar u prirodi). Ovakvi procesi bi proizveli ogroman broj RNK molekula, od kojih bi mnogi imali različite katalitičke funkcije. Radi ilustracije, ako bi ovim procesom bio stvoren samo jedan gram RNK ukupno, taj gram bi mogao da se sastoji od $3{,}6\times10^{18}$ (3,6 milijardi milijardi!) različitih molekula prosječne dužine od 250 nukleotida – a katalitički RNK molekuli počinju već na dužini od oko pedeset nukleotida. Znamo da određena grupa takvih molekula može da sadrži sve funkcije potrebne za njen opstanak: kopiranje i umnožavanje, uništavanje nepogodnih molekula, rekombinacija postojećih u nove forme, itd. Nismo sigurni kako je ova grupa tačno izgledala, koliko bi morala da bude velika, i kako i gdje bi se ona održavala. Znamo da amino-kiseline lako nastaju spontano u prirodi (zapravo, njih je najlakše proizvesti). Znamo da razni RNK molekuli imaju funkcije specifične prema proteinima: da povezuju pojedinačne amino-kiseline u duže lance, da ih vezuju same za sebe ili za druge molekule RNK, da ih sjeku na komade i koriste kao izvore energije za druge reakcije. Takođe, znamo da masne kiseline mogu spontano nastati u prirodi, i da se one takođe spontano organizuju u membrane. Ne znamo kako su se svi ovi dijelovi povezali u prvu ćeliju, kako su te prve ćelije tačno izgledale, i kako su tačno funkcionisale (recimo, kako su funkcionisali prvi sistemi dijeljenja, koji je bio protok energije, i sl.). Mnogo toga je još uvijek nepoznanica na polju abiogeneze, ali pustimo nauku da dođe i do tih odgovora.

Iako je život počeo cvjetati relativno rano, zabilježena su masovna izumiranja živog svijeta više puta tokom historije zemlje (15 puta u

zadnjih 500 miliona godina). Ona se mogu pripisati promjenama klime, udara asteroida i kometa, dejstvu kozmičkih zraka (radijacija), štetnom djelovanju Sunca, izbacivanjem vulkanskih pepela, sudarima kontinenata pri čemu planine rastu i mijenja se globalni klimatološki sistem, ledenim dobima, itd. Zapanjujuć je podatak da je 99% svih životnih formi koje su dosada živjele – izumrlo.

Na temelju naših dosadašnjih saznanja iz astronomije, biologije, hemije i geologije može se zaključiti da iako je rana Zemlja bila spremna poroditi život, svemirska sredina u kojoj se ona nalazila bila je još spremnija uništavati ga.

Nisu sve vrste eliminisane masovnim izumiranjem, neke su nestale manje spektakularno – takmičenjem za istu ekološku nišu sa drugim vrstama. Tako su npr. neandertalci (Homo neanderthalensis) u takmičenju sa nama (Homo sapiens) izumrli prije nekih 30 000 godina. Dakle, izumiranje inteligentnih bića na Zemlji se već desilo i to nam treba biti opomena.

Zemlja koju smatramo kolijevkom života svakodnevno odnosi iste te živote. I ne zna se broj života koje je Zemlja dosada uzela. Vulkani izbacuju tone i tone otrovnih gasova i pepeo, lava teče svuda naokolo, ravnaju se gradovi i sela. U deset najvećih vulkanskih erupcija stradalo je preko 250 000 ljudi. Najveći broj je stradao nakon erupcije na planini Tambora (Indonezija) u aprilu 1815. godine – preko 90 000 ljudi.

Zemljotresi su posebno razorno "oružje" Zemlje. Od 52 najgora zemljotresa stradalo je preko 6 miliona ljudi! Najsmrtonosniji je bio zemljotres u Kini 1556. godine kada je stradalo 830 000 ljudi.

Pobornici inteligentnog dizajna bi trebalo da znaju za jedan uznemirujući događaj iz 1755. godine u Lisabonu. Uslijed zemljotresa koji je tada nastupio, oko 80 000 ljudi je poginulo, a dosta tih žrtava je poginulo u crkvama širom Lisabona. Crkve su inače dosta visoki objekti i u zemljotresima uvijek stradaju. Nakon zemljotresa je uslijedio veliki cunami koji je praktično izbrisao Lisabon sa lica Zemlje.

U deset najsmrtonosnijih cunamija poginulo je preko 1,2 miliona ljudi, od čega 500 000 (procjena) na Kreti 365 godine.

Potom tu su poplave o kojima svakodnevno slušamo vijesti. U deset najgorih poplava/klizišta stradalo je više od 5 miliona ljudi. Najgora poplava je ona u Kini iz 1931. godine kada je poginulo između 1 i 4 miliona ljudi.

Uslijed efekata toplotnih valova dosada je stradalo preko 100 000 ljudi. Najgori je bio toplotni val u Evropi iz 2003. godine kada je umrlo preko 70 000 ljudi!

Deset najsmrtonosnijih tropskih ciklona odnijelo je više od 2 miliona života. Samo Bhola ciklon u Bangladešu je 1970. godine odnio 500 000 života. Bangladeš se inače nalazi na veoma opasnom području i tamo se praktično ne isplati praviti kuću jer su velike šanse da će ubrzo nestati.

Lavine su uzrokovale smrt preko 35 000 ljudi. Posebno je bila smrtonosna ona u Peruu (uzrok je bio zemljotres) 1970 godine.

U osam najsmrtonosnijih oluja (ne misli se na ciklone) stradalo je preko 30 000 ljudi. Ovdje se ističe tragedija u Vargasu (Venecuela) iz 1999. godine kada je stradalo 30 000 ljudi.

Snježne oluje su uzrokovale smrt preko 10 000 ljudi. Pamti se snježna oluja u Iranu iz 1972. godine.

U deset najjačih tornada stradalo je preko 5000 ljudi, od čega 1300 u Bangladešu 1989. godine.

Udari munja su također svakodnevica. Procjenuje se da godišnje strada i do 20 000 ljudi od udara munja.

U deset najvećih požara poginulo je preko 5000 ljudi. Samo u požaru u Wisconsinu iz 1871. godine stradalo je 2500 ljudi.

Ovdje ću spomenuti i periode gladi koji povremeno nastaju. U periodima gladi (dijelom uzrokovani i ljudskim aktivnostima) stradalo je preko 230 miliona ljudi!

Postavlja se pitanje da li će Zemlja zauvijek biti pogodna za život čovjeka. Naravno, odgovor je negativan i postoji mnoštvo načina na koje može do uništenja života kakvog poznajemo. Prije ili kasnije, moraćemo se odseliti sa ove planete ili se pomiriti sa nestankom. Evo nekih apokaliptičnih scenarija:

- *Globalno zagrijavanje.* Postupno zagrijavanje Zemljine površine i najnižih slojeva atmosfere uzrokovano efektom staklenika, što dovodi do globalnih promjena klime. Klima se mijenjala i u Zemljinoj prošlosti, no smatra se da sadašnje globalno zagrijavanje nastaje zbog povećanih emisija stakleničkih plinova. Jedna je od najvećih prijetnji živom svijetu na Zemlji. Smatra se da bi do 2100. godine temperatura zraka bila veća čak za 1.8 – 4 °C, ovisno o stepenu povećanja stakleničkih plinova. Slaganje u većem dijelu naučne zajednice je da su globalnom zatopljenju prvenstveni razlozi čovjekov uticaj – ugljen dioksid, metan i ostali staklenički plinovi od strane industrijskih postrojenja (od početka industrijske revolucije, prije 250 godina, količina CO2 u atmosferi povećala se za 35%, a metana 148%.) u razvijenim zemljama, te krčenje šuma (deforestacija) velikih područja na Zemlji). Globalno zagrijavanje će dovesti do velikih i za neke dijelove čovječanstva katastrofalnih posljedica: zbog topljenja ledenjaka i snježnoga pokrivača došlo bi do podizanja razine mora (18-59cm) koje bi preplavilo mnoga obalna naselja, posebno otočkih država, povećanog broja vremenskih nepogoda u mnogim dijelovima svijeta (ciklona, uragana, poplava), premještanja tropskih uvjeta prema sjeveru i do pojave sušnih razdoblja na području Sredozemlja, a sjevernije od njega do znatnog povećanja količine oborina. Tu su i negativni učinci visokih temperatura na zdravlje ljudi, kao što su širenje infektivnih bolesti koje se pojavljuju samo u toplim područjima (malarija, žuta groznica, encefalitis), premještanje mnogih biljnih i životinjskih vrsta prema sjeveru pa i nestanak cijelih takvih životnih zajednica. Ove kaskadne promjene bi dovele do političke nestabilnosti, velikih suša, gladi, kolapsa ekosistema i drugih promjena koje će činiti Zemlju negostoljubivom za život.

- *Vulkanska apokalipsa*. Život je bio najbliže nestanku prije 250 miliona godina tokom tzv. permijskog masovnog izumiranja kada je nestalo preko 95% životnog svijeta. Niko ne zna sa sigurnošću šta se desilo, ali događaj se vremenski poklapa sa apokaliptičnom aktivnosti vulkana (na Sibiru je tada bila tolika aktivnost vulkana da je lava prekrila površinu osam puta veću od površine Velike Britanije). Istraživači smatraju da je ta vulkanska aktivnost dobrim dijelom uništila ozonski sloj i da je najveći broj živih vrsta stradao od štetne radijacije. Prije 65 miliona godina eksplodirao je još jedan vulkan, na području današnje Indije. Erupcije su bjesnile stoljećima, oslobađajući ogromnu količinu lave. Neki naučnici smatraju da su ova događanja možda bila krivac za izumiranje dinosaurusa. Još jedna poznata erupcija vulkana na Zemlji bila je erupcija vulkana Toba na otoku Sumatri koja se dogodila prije 75 000 godina. Tom prilikom je u atmosferu izbačeno oko 900 km^3 materijala, što je izazvalo značajne promjene globalne klime. Procjenjuje se da je nakon te erupcije uginulo 75% biljaka na sjevernoj hemisferi, a neki istraživači smatraju da je u tom trenutku ljudska populacija spala na oko 4000 ljudi od čega oko 500 žena sposobno za reprodukciju. Ljudi su bili na ivici izumiranja. Vulkani, osim što uništavaju ozonski sloj, proizvode i sumporne gasove od kojih nastaju kisele kiše. Velike vulkanske erupcije mogu uzrokovati i globalno zahlađenje, tako što materijal izbačen vulkanskom erupcijom (pepeo, vodena para, prašina i sumporni dioksid) spriječava Sunčevu svjetlost da dopre do Zemljine površine. Naučnici smatraju da će u budućnosti sigurno doći (smatra se da se ovo u prosjeku dešava svakih 50 000 godina) do eksplozije nekog supervulkana (kao što je npr. onaj u nacionalnom parku Yellowstone).
- *Opasnost od asteroida*. Zemlja se nalazi u kozmičkoj streljani, svemir nas ima na nišanu i tijelo prečnika 10 km moglo bi dovesti do nestanka civilizacije. Tijela manjih dimenzija završe kao meteori (svjetlosni trag na nebu) ili se dezintegrišu u vazduhu (asteroid prečnika 1m može eksplozijom u vazduhu osloboditi energiju jednaku eksploziji stotine tona TNT-a). Primjer eksplozije u vazduhu

je udar tijela u Zemlju 1908. godine u području Sibira. Tijelo prečnika 60-200m je eksplodiralo u zraku, oslobađajući energiju ekvivalentnu 20 miliona tona TNT-a, stotine puta jaču nego energija atomske bombe koja je bačena na Hirošimu 37 godina kasnije. Da se ova eksplozija dogodila iznad Moskve ili Londona, milioni bi umrli u roku od nekoliko minuta. Manicouagan krater u Kanadi je jedan od najvećih udarnih kratera za koje znamo (stvoren prije 215 miliona godina), ali on nije uništio dinosauruse, već onaj od prije 65 miliona godina. Prije 65 miliona godina dinosaurusi su imali jako loš dan. Krater *Chicxulub* se nalazi na poluotoku Yucatán. Krater ima prečnik veći od 200 km i smatra se jednim od najvećih udara nebeskih tijela u historiji Zemlje (ne računajući udar tijela veličine Marsa u zemlju od kojeg je nastao Mjesec). Smatra se da je asteroid koji je stvorio krater imao prečnik oko 10 kilometara. Atmosfera nije usporila brzinu ovog asteroida i dok se kretao atmosferom, kreirao je ogroman udarni talas, zagrijavajući atmosferu kilometrima naokolo. Blještav kao Sunce, zapalio je sve ispred sebe čak i prije samog udara. Čak i da je nešto i preživjelo visoke temperature, udarni val bi ih dokrajčio. Udarajući u Zemljinu koru (tj. u plitke vode poluotoka Yucatán), svi ta silna energija je naglo oslobođena, šaljući istopljeno kamenje, zemlju i morsku paru uvis i bočno. Sam udar u tlo kreirao je još jedan udarni talas, ubijajući sve što mu se našlo na putu stotinama kilometara u svakom pravcu. Udarni talas je kreirao i epsko probijanje zvučnog zida, pri čemu je dosta životinja vjerovatno izgubilo sluh. Udarom u okean, kreiran je cunami gigantskih razmjera. Decembra 2004. godine cunami koji je bio visok nekoliko metara i brzine manje od prosječne brzine automobila usmrtio je preko 250 000 ljudi. Cunami uslijed udara asteroida bio je stotinama metara visok i kretao se brzinom od preko 1000 km/h (skoro brzinom zvuka). Možemo samo zamisliti kakvu destrukciju je ovaj cunami prouzrokovao. Komadi asteroida koji su nakon eksplozije otišli visoko uvis (velikom brzinama, reda nekoliko km/s) počeli su padati prema zemlji kao interkontinentalni projektili. Prilikom pada, ovi komadi ponašali su se kao mini asteroidi, ponavljajući destruk-

ciju, ali u manjim razmjerama. Ovi mini asteroidi prouzrokovali su i brojne požare širom Zemlje, tj. čitava Zemlja je bila u plamenu. Kako je Zemlja gorila, atmosfera je postajala sve tamnija i propuštala sve manje Sunca. Tokom vremena, Zemlja se značajno ohladila što je uzrokovalo ledeno doba i izumiranje velikog broja biljaka (globalna zima koju su uspjeli preživjeti samo rijetki hladnokrvni organizmi) i životinja. Nitrati koji su bili sastavni dio tla na Zemlji su sada u zraku postajali azotna kiselina koja je kao kiša padala na tlo. Iz asteroida je u zrak ispario hlor (i brom) koji su, vjerovatno, uništili ozonski omotač Zemlje i na taj način doprinjeli uništenju velikog broja biljnih i životinjskih vrsta. Lanac ishrane je bio potpuno poremećen, što je dovelo do izumiranja 75% biljnih i životinjskih vrsta nakon udara asteroida. Postoje zapisi (staro-kineski) da je kiša meteoroida 1490. godine ubila preko 10 000 ljudi u kineskom gradu Chi'ing-yang (neki istraživači se ne slažu sa ovim izvještajima). Radilo se, navodno, o kiši manjih komada meteoroida koja je nastala dezintegracijom asteroida u atmosferi. Možda je ovaj događaj bio sličan događaju iz Sibira 1908. godine samo je ovaj put eksplozija bila iznad naseljenog mjesta. U svakom slučaju, udar asteroida većih dimenzija će se sigurno desiti u budućnosti (npr. samo Kuiper-ov pojas sadrži najmanje 100 000 tijela sa prečnikom većim od 80km), i ako dotada ne razvijemo sistem odbrane, civilizacija kakvu poznajemo će nestati.

- *Opasnost od kometa.* Za razliku od asteroida, komete su prljave snježne lopte: kamen, prašina i šljunak, pomješani sa ledom koji ih drži na okupu. Komete su možda imale pozitivan učinak na nastanak života. Naime, kometi koji su bombardirali Zemlju tokom njezinih prvih nekoliko stotina milijuna godina sadržavali su vodu u obliku leda, ali i mnoge vrste molekula, kao što su metan, amonijak, metil-alkohol, vodikov cijanid i formaldehid. Ove molekule, udružene s vodom, ugljikovim monoksidom i ugljikovim dioksidom, su sirovine života. Sve se oni sastoje od hidrogena, ugljika, nitrogena i kiseonika i sve su polazišne sirovine za izgradnju složenih molekula. Kad se kometa približi Suncu, led

se topi. Mnoge komete imaju džepove leda ispod površine, i kada se kometa približi Suncu sublimirani gas izlazi u mlazu iz komete. Ovo je slično djelovanju raketnog motora, i kometa se može pokrenuti u bilo kojem pravcu. Ako se kometa okreće, a većina upravo to radi, kometa će se kretati nasumično. To čini predviđanje orbite komete veoma teškim. Ali, to nije sve. Asteroidi se nalaze u ravni kretanja planeta oko Sunca, što znači da ćemo ih lakše naći posmatrajući uvijek iste dijelove neba. S druge strane, kometi su "divlja" tijela, sasvim druge "zvijeri". One nisu ograničene na ravan kretanja planeta, i mogu doći iz bilo kojeg dijela neba. To može značajno smanjiti naše vrijeme reakcije. Dok za asteroid možemo imati desetke godina ranog upozorenja, za komete možemo imati maksimalno par godina upozorenja. Čak je i komet Hale-Bopp, koji je bio jedan od najsjajnijih ikada, bio otkriven tek 2 godine prije njegovog prolaska pored zemlje. Da je bio usmjeren prema nama, ne bi mogli uraditi ništa. Jezgro komete Hale-Bopp (čvrsti dio) ima prečnik oko 40km. Da nas je pogodio ovaj komet, udar asteroida koji je izbrisao dinosauruse izgledao bi kao mokra petarda. Ali i udar manjeg kometa bio bi veoma opasan za čovječanstvo. Posljedica direktnog udara manje komete u blizini naseljenog mjesta ili njene eksplozije u zraku kao u Sibiru 1908. godine, dovela bi do hiljada poginulih ljudi i milijarde dolara ekonomske štete. Dobra vijest je da kometi kao što Hale-Bopp predstavljaju manje od 2 postotka ukupne opasnosti od udara, i većinu kratko-periodičnih kometa je lako uočiti.

- *Izbačaj (eng. burst – eksplozija, prasak) gama zračenja*. Jedan od mogućih uništavača života u svemiru mogu biti upravo izbačaji gama zračenja. Većina izbačaja gama zračenja nastaje kao uski snopu intenzivne radijacije koja se oslobađa tokom tzv. Hipernove kada zvijezda velike mase (koja brzo rotira) kolapsira u neutronsku zvijezdu ili crnu rupu. Ovi izbačaji drže neke astronomske rekorde. Najudaljeniji objekt koji je viđen je upravo izbačaj čije zračenje je putovalo do nas skoro od početka svemira (preko 13 milijardi godina). Jedan drugi izbačaj gama zračenja je bio doga-

đaj sa najviše oslobođene energije (koju smo dosad otkrili) – 2,5 miliona puta je bio svjetliji od najsvjetlije Supernove (koja sama može imati sjaj veći od jedne galaksije)! Na 30 sekundi 2008. godine bio je to najudaljeniji objekat koji se mogao vidjeti golim okom (udaljen 7,5 milijardi svjetlosnih godina). Inače, na udaljenosti od 1000 svjetlosnih godina ovi izbačaji zračenja bili bi svjetliji od Sunca! Ako bi se nalazili unutar udaljenosti od 7000 svjetlosnih godina (npr. zvijezda Eta Carinae) ovi izbačaji bi vjerovatno uništili kopnene vrste na Zemlji. Uzmimo za primjer da se nalazimo na udaljenosti 100 svj. godina od izbačaja gama zračenja koji bi bio uperen u našem pravcu. Nastupio bi haos na Zemlji. Bilo bi to kao da na svaki kilometar Zemljine površine padne jedna atomska bomba (snage 1 MT). Ako nas ne bi ubila toplota, onda bi to učinilo UV zračenje bi jer bi ozonski sloj bio uništen (rak kože kod ljudi, uništavanje fitoplanktona koji vrši fotosintezu i doprinosi stvaranju kiseonika u atmosferi). Sve na Zemlji osim većih dubina okeana bi bilo sterilizovano. Ovi izbačaji događaju se najviše u centralnim dijelovima galaksija (npr. oko crnih rupa) i dijelovima gdje je veća gustina zvijezda. Zemlja je zasad sigurna u oba slučaja, ali da je kojim slučajem bliža centru galaksije, život vjerovatno ne bi bio moguć. Međutim, nekad u prošlosti Zemlja je možda bila "pogođena" ovim zračenjem. Naime, prije 440 miliona godina mnoge vrste su uništene (ordovicijsko-silursko izumiranje) i naučnici smatraju da se ovo desilo uslijed gama zračenja. Prema nekim istraživanjima, u prosječnoj galaksiji dolazi do izbačaja 5-50 gama zračenja svakih milijardu godina. Ako se desi ovakav scenario u blizini – biće uništen sav život.

- *Lutajuće crne rupe*. Naša galaksija je puna crnih rupa, ostataka kolapsirajućih zvijezda sa prečnikom tek nekoliko kilometara. Imaju toliku gravitaciju da gutaju sve što im se nađe na putu. Smatra se da u našoj galaksiji ima minimalno 10 miliona crnih rupa. Male su šanse da nam se neka crna rupa približi (solarnom sistemu) u budućnosti, ali ako bi se to desilo, ne bi je mogli vidjeti, a bili bi uništeni veoma brzo.

- *Lutajuće zvijezde*. Šta bi se desilo da se Suncu približi druga zvijezda. Prema istraživanjima, prije 70 000 godina Suncu se dosta približila zvijezda crveni patuljak koja se kretala rubovima soalrnog sistema i prošla Oortovim oblakom (skup malih ledenih tijela koja leže daleko od planeta). U budućnosti se Sunce može susresti sa drugim zvijezdama. Tako će zvijezda Hip 85605 biti u našem komšiluku za nekih 240 000 – 470 000 godina, dok će zvijezda GL 710 doći u susjedstvo za oko 1,3 miliona godina. Ovakve zvijezde mogu gurnuti neka od tijela iz Oortovog oblaka prema Zemlji, ali ta tijela i ako pogode zemlju ne znači d aće uništiti život. Opasnije bi bilo da takva jedna zvijezda u našem susjedstvu postane Supernova ali za tako nešto su zasad male šanse.
- *Uništenje od strane samog života*. Mnoga masovna izumiranja na Zemlji je uzrokovao i sam život. Npr. prije 2,3 milijarde godina mnogo kiseonika je oslobođeno u atmosferu od strane novog života koji je koristio fotosintezu. Prije toga nije bilo slobodnog kiseonika, tako da su mikrobi koji su živjeli na zemlji doživjeli masovno izumiranje. Zatim tu su prve biljke, od prije 450 miliona godina. Korijenje biljaka je postepeno pretvorilo stijene u zemlju, ubrzavajući hemijske reakcije između minerala u tim stijenama i ugljen dioksida u atmosferu. Na ovaj način smanjila se količina ugljen dioksida u atsmoferi čime je oslabio efekat staklenika, što je u konačnici dovelo do ledenog doba. U budućnosti će Sunce biti sve toplije i kao posljedica toga Zemlja će se zagrijavati. To znači da će se reakcije između kamenja i atmosferskog ugljen dioksida sve više ubrzavati – proces koji je također ubrzan djelovanjem korijenja biljaka. Na kraju će se toliko ugljen dioksida ukloniti iz atmosfere da biljke neće moći vršiti fotosintezu i nestaće. Urzo nakon toga nestaće i životinje.
- *Smrzavanje jezgre planete.* Bez tečne unutrašnjosti planete gubi se njeno magnetno polje koje nas štiti od kozmičkog zračenja. Nešto slično vjerovatno se desilo Marsu koji je nekada vjerovatno bio pogodan za život. Marsovska magnetosfera je kolapsirala prije 3,7 milijardi godina, i tada je planet postao trajno smrznuta lopta koju

konstantno bombarduje svemirska radijacija. Na Zemlji je zabilježena zamjena magnetnih polova svakih nekoliko hiljada godina koja potencijalno može ugroziti životni svijet (može dovesti do smanjene zaštite od kozmičkog zračenja). Zadnja zamjena mag. polova se desila prije 780 000 godina i slijedeća je samo pitanje vremena. Trenutno nema opasnosti od zamrzavanja naše jezgre, ali u budućnosti se nikad ne zna. Dovoljno je pogledati susjedne planete.

- *Solarni vjetar, solarne baklje i koronini izbačaji.* Sunčev vjetar je nešto poput transportnog pojasa koji prenosi odlazeći materijal sa Sunčeve površine u međuplanetarni prostor. On nosi skupa i čestice i magnetska polja koja su dio Sunčeve površine. Kada se Sunčev vjetar sudari s udaljenim planetom, on uzrokuje promjene električnih svojstava planeta, što može imati značajan uticaj na samu atmosferu planeta, a posebno na njegovo magnetsko polje (ukoliko ga ima). Tako, Venera i Mars trpe veliki uticaj strujanja Sunčevog vjetra i gube dio svoje atmosfere. Drugi planeti kao što je naša Zemlja, Jupiter, Saturn i Neptun imaju snažno magnetsko polje koje djeluje kao štit od Sunčevog vjetra. Jedna od najvećih misterija Sunca bila je ekstremno vruća korona, odnosno velika razlika između temperature Sunčeve površine (oko 6000 K) i temperature plina u koroni (preko 1,2 miliona K). Naučnici su se dugo vremena pitali kako je moguće da je Sunčeva površna hladnija od njegove atmosfere. Odgovor na ovo pitanje ima veze sa konstantnim stvaranjem i nestajanjem lukova magnetskih polja na cijeloj Sunčevoj površini koji predaju energiju višim slojevima atmosfere. Iz teorijskih modela znamo da je oslobođena magnetska energija u nastajanjima i prespajanjima magnetskih silnica dovoljna da zagrije koronu na ovako visoku temperaturu. Ta oslobođena magnetska energija također daje energiju potrebnu za stvaranje Sunčevog vjetra i njegovo oslobađanje u međuplanetarni prostor. Sunce izbacuje materiju u međuplanetarni prostor putem stalno prisutnog Sunčevog vjetra, te putem Sunčevih oluja tj. eksplozivnim provalama energije koje nazivamo Sunčevim

bakljama i erupcijama koje nazivamo koronini izbačaji. Sunčeve baklje se pojavljuju kao eksplozivne svijetle tačke na površini Sunca, a nastaju kada se velika količina magnetske energije Sunčeve atmosfere (najčešće u blizini pjega) odjednom oslobodi u obliku naglog pojačanja sjaja dijela površine. Energiju oslobođenu u baklji možemo usporediti s energijom oslobođenom u desetak miliona vulkanskih erupcija, a mogu trajati od nekoliko minuta do nekoliko sati. Najsnažnije baklje, za vrijeme najveće Sunčeve aktivnosti, dogode se nekoliko puta na godinu, dok su slabije baklje relativno česte i dogode se otprilike jednom na dan. Koronini izbačaji su najdinamičnije pojave u Sunčevoj atmosferi, a posebno su značajni zbog velikog uticaja na međuplanetarni prostor i magnetosferu Zemlje. Putujući međuplanetarnim prostorom (brzine mogu iznositi od nekoliko desetaka km/s pa sve do 3000 km/s), izbačaj dramatično mijenja stanje Sunčevog vjetra, a pri nailasku na Zemlju dovodi do pojave geomagnetskih oluja. Dalekosežne posljedice ovih pojava uvjetovale su razvoj novog područja astrofizičko-geofizičkih istraživanja pod zajedničkim nazivom "Svemirska prognoza". Koronini izbačaji djeluju štetno na svemirske letjelice i ljude u njima, a geomagnetske oluje mogu uzrokovati i kvarove u električnim mrežama na većim geografskim širinama (mogu uništiti visoko-naponske transformatore, posebno na većim nadmorskim visinama). To se desilo u Kanadi 1989. godine kada je 6 miliona ljudi ostalo bez struje. Jače oluje mogu napraviti mnogo veću štetu. Kada bi nas sada pogodila solarna oluja kakva je npr. zabilježena u engleskoj 1859. godine, veliki dio Zemlje bi ostao bez struje i u mraku vjerovatno mjesecima (jer popravka transformatora traje dosta dugo vremena). Studije pokazuju da ovakve solarne oluje dolaze do Zemlje svakih stotinjak godina, a naša pretjerana ovisnost o električnoj energiji može nas tada skupo koštati. Atmosfera Zemlje i posebno njena magnetosfera nas štite od solarnih oluja. Kod nekih zvijezda zabilježeni su nagli porasti luminoziteta što je vjerovatno posljedica tzv. superbaklji sa tih zvijezda. Ako bi Sunce poslalo jednu takvu superbaklju prema Zemlji – došlo bi do sigurno do dezintegracije ozonskog

sloja. Naučnici još nisu sigurni da li se to može desiti sa Suncem. S druge strane, i premala aktivnost Sunca može biti smrtonosna. Neke zvijezde npr. prolaze kroz fazu kada su 1% tamnije; to možda ne zvuči mnogo ali tako nešto sa Suncem bi nas odvelo u novo ledeno doba. Uspostavljena je veza između smanjene solarne aktivnosti i 17-19 velikih hladnoća na Zemlji samo u zadnjih 10 000 godina. Što se tiče samih ledenih doba na Zemlji postoji nekoliko mogućih uzroka: sastav atmosfere (koncentracija ugljen dioksida i metana), promjene u orbiti Zemlje oko Sunca (Milankvićevi ciklusi), kretanje tektonskih ploča (utiče na vjetrove i okeanske struje), varijacija solarne aktivnosti, orbitalna dinamika sistema Zemlja-Mjesec, udar relativno velikih asteroida i vulkanizam.

- *Nukelarni holokaust.* Nuklearni holokaust je izraz koji se odnosi na mogućnost potpunog ili gotovo potpunog uništenja ljudske civilizacije uslijed nuklearnog rata. Po takvom scenariju, cjelokupna, ili veći dio Zemlje bi mogao da bude spržen i uništen nuklearnim oružjem u potencijalnom nuklearnom ratu. Velika glad, smrtonosne hladnoće i značajno smanjenje ozonskog omotača sudbina je kakva bi mogla čekati stanovništvo koje uspije preživjeti nuklearni rat. Neki istraživači smatraju da civilizacija ne bi mogla preživjeti nuklearni rat većih razmjera.
- Širenje infekcijske bolesti u širokim zemljopisnim regijama, kontinentalnih ili globalnih razmjera. Poznate su pandemije kroz historiju (kolera, gripa, tifus, malarija, boginje, tuberkuloza, guba, malarija, žuta groznica, zika virus). Dosad je u pandemijama život izgubilo preko 500 miliona ljudi!
- *Širenje Sunca* (vremenski okvir: u slijedećih 1-1,75 milijardi godina). Ako na sništa ne uništi, to će na kraju biti Sunce. Sunce nam daje energiju i toplinu i sav život zavisi od njega. Ali neće zauvijek biti tako. Sunce se sve više i više zagrijava. U budućnosti će doći u fazu kada će biti toliko vruće da će svi okeani na Zemlji ispariti, i doći će do povećanja efekta staklenika – što će uveliko povećati temperaturu na Zemlji. Proces će vjerovatno početi već za mili-

jardu godina i vjerovatno će izbrisati sva živa bića sa Zemlje osim mikroba. Moguće je da ću u tom periodu Zemlja ličiti na Veneru sada – užasno velika temperatura i gusta atmsfera od ugljen dioksida.To nije sve. Za nekih 5 milijardi godina, Sunce će se proširiti i postati tzv. crveni div. A za 7,5 milijardi godina njegova površina doseći će orbitu Zemlje, što će možda dovesti i do njenog potpunog uništenja (neki smatraju da Sunce u tom periodu neće progutati Zemlju). Dakle, 7,5 milijardi godina je maksimalno mogući životni vijek svog živog svijeta na zemlji.

Neinteligentni dizajn kod ljudi

Neinteligentni dizajn kod ljudi na prvi pogled može izgledati trivijalan (da se odnosi samo na biološke karakteristike živih bića), ali on će nas u konačnici dovesti do priče o istrebljenju, ratovima, genocidu, i stradanju milijardi ljudi. Po čemu se odlikuje loš dizajn čovjeka? Pa evo, navešću neke očitije primjere neinteligentnog dizajna kod ljudi:

1. *Bakterije, virusi i teže bolesti*. Dosada smo pobijedili sve životinjske vrste osim virusa i bakterija. Zašto bi dizajner napravio tijelo koje se ne može odbraniti? Iako je naše tijelo prepuno (korisnih) bakterija, dosta njih je opasno po život. Neke od opasnijih su: Staphylococcus aureus (MRSA), Burkholderia cepacia, Pseudomonas aeruginosa, Clostridium difficile, Klebsiella pneumoniae, Escherichia coli (E.coli), Acinetobacter baumannii, Mycobacterium tuberculosis, Neisseria gonorrhoeae, Streptococcus pyogenes. Primjeri opasnijih virusa su: marburg virus, ebola virus, virus bjesnila, HIV, virus boginja, Hantavirus, virus gripe, virus Denga groznice, rotavirus, itd. Infektivne bolesti uzrokuju 25 % smrtnih slučajeva. Koliko ljudi je dosada stradalo od teških bolesti? Idemo redom: gripa (oko 500 000 ljudi umre godišnje; bilo je nekoliko pandemija gripe i smatra se da je tokom njih život izgubilo preko 100 miliona ljudi), boginje (iako su vakcine uspjele da stanu u kraj boginjama, smatra se da je samo u 20. vijeku od posljedica boginja umrlo između 300 i 500 miliona ljudi), kuga (od XIV do XVIII vijeka ubila preko 75 miliona ljudi), AIDS (do-

sad umrlo preko 30 miliona ljudi), malarija (smrtnost je 2000. godine bila oko 900 000, a 2015. godine 440 000 ljudi), morbili/male boginje (iako su vakcine uveliko smanjile smrtnost, u 2011. godini preko 150 000 ljudi umrlo), žuta groznica (u 2013. godini 60 000 ljudi je umrlo u Africi), bolesti srca (1/3 ljudi umre od bolesti srca), cerebro-vaskularme bolesti (6 miliona umrlih godišnje i drugi najčešći uzrok smrti), tuberkuloza (danas 1/3 ljudi ima neki oblik tuberkuloze, a u 2010. godini 1,5 milion ljudi umrlo je od tuberkuloze), kolera (godišnje umre preko 100 000 ljudi), rak pluća (godišnje ubije preko 1,4 miliona ljudi; od pušenja je dosada umrlo preko 80 miliona ljudi), diareja (jedan od najčešćih uzroka smrti u nerazvijenim zemljama i drugi najčešći uzrok smrti male djece), postporođajne komplikacije (godišnje umre preko 500 000 žena), tifus (u periodu između 1918. i 1922, godine umrlo 3 miliona ljudi i većinu Napoleonovih vojnika u Rusiji), veliki kašalj/pertusis (godišnje umre preko 300 000 ljudi), ebola (ne postoji lijek, dosada umrlo preko 15 000 ljudi), meningitis (2010. godine umrlo je preko 400 000 ljudi), sifilis (2010. godine umrlo je preko 115 000 ljudi),

2. *Umiranje djece* je naročito tužno. Premo podacima WHO iz 2007. godine, svake godine umre oko 9 miliona djece ispod 5 godina. To je 25000 djece svaki dan. Znači – svake 3,5 sekunde umre jedno dijete ispod 5 godina. Većina ih živi u subsaharskom dijelu Afrike i Južnoj Aziji. Oko 70% svih smrtnih slučajeva su zbog uslova koje se mogu spriječiti adekvatnom zdravstvenom zaštitom (upala pluća, diareja, malarija, infekcije i komplikacije tokom prvog mjeseca života).

3. *Urođeni defekti* kod beba (npr. sijamski blizanci, Ambras sindrom, spojeni udovi, Cyclopia, Craniopagus parasiticus, Foetus in Foetu, Fibrodysplasia ossificans progressiva, Progeria, rudimentarni rep, Anencephaly) su veoma tragični. Uslijed urođenih defekata godišnje umre preko 500 000 djece (podatak za 2010. godinu). Uzroci su različiti: otrovne supstance (lijekovi u trudnoći ili okolinski toksini), infekcija koja se prenosi sa trudnice na fetus, nedostatak nutrijenata (npr. folne kiseline), genetski poremećaji, itd.

4. *Autoimune bolesti*. Tijelo napada i uništava samo sebe!?! Postoji barem 100 autoimunih bolesti. Od 50 miliona amerikanaca koji imaju autoimune bolesti, oko 75% je žena. Autoimune bolesti su, prema statistici, osmi po redu uzročnik smrti kod mlađih žena.

5. *Veliki broj onesposobljavajućih bolesti*. Primjeri su: reumatoidni artritis, šizofrenija, poliomijelitis, distrofija mišića, paraliza, hronična opstrukcija pluća, cistična fibroza, Parkinsonova bolest, Lou Gerig-ova bolest, Alzheimerova bolest, ALS, demencija.

6. *Preuska karlica kod žena* i uzak (i nakrivljen) kanal za rađanje. Dimenzije karlice se nisu mjenjale već 200 000 godina, iako je glava ljudi konstantno rasla. Ako je glava bebe dosta velika, beba se ne može roditi normalnim putem. Zamislite koliko je žena i beba umrlo zbog ovoga u doba kada medicina nije bila razvijena. Ljudski potomci profitiraju uslijed većih mozgova, ali uz znatne troškove koji se očituju u većoj smrtnosti djeteta i majke, duži periodi postnatalne njege, smanjenje mogućnosti da se prikupljaju resursi, itd.

7. Veliki broj bolesti koje uzrokuju smrt dovodi do *ogromne patnje (bolova) bolesnika*. Na primjer rak pankreasa, ebola, Lesch-Nyhan sindrom, rak pluća.

8. *Deformacije kičme* koje dovode do skolioze i težih oštećenja. Kičmena moždina npr. ne može se regenerirati ako se ošteti, i nastaje stanje paralize. Inače je naša kičma jedan potpuni haos. Čudo da uopšte možemo hodati. Kada su naši preci hodali "na sve četiri", njihova kičma je pravila luk, kako bi se nosili organi koji su bili ispod nje. Ali onda smo se uspravili i sistem je pomjeren za 90 stepeni – kičma je postala uspravna. Kako bi mogli hodati na dvije noge, kičma se krivi naprijed u donjim leđima. Da bi balansirali glavu – gornja kičma se krivi u suprotnom smjeru. Ovo dovodi do velikog pritiska na donje pršljenove kičme, što dovodi do oštećenja ovog dijela kičme kod 80% odraslih ljudi.

9. *Jedemo i dišemo kroz isti otvor* što dovodi do toga da određeni postotak ljudske populacije umre od gušenja. Zar ne bi bilo bolje recimo

da imamo odvojene kanale za disanje i jedenje? Mogli bismo jesti i pričati u isto vrijeme i nikad se ne bi ugušili. Kitovi npr. dišu i jedu kroz posebne otvore, a oni su sisari.

10. *Položaj reproduktivnog sistema* je još smješniji. "Zabavni kompleks" usred kanalizacije. Dovodi do čestih urinarnih infekcija, posebno kod žena. To ne bi dizajnirao nijedan normalan inžinjer.

11. *Loše rješenje muškog urinarnog trakta*. Urinarni trakt kod muškaraca prolazi kroz prostatu, umjesto npr. oko nje, što znači da infekcija i oticanje prostate može blokirati urinarne funkcije i uzrokovati velike probleme.

12. *Vanmaterična trudnoća* koja može biti opasna za život (tokom historije mnogo je žena i beba umrlo zbog ovoga). Nastaje kad se oplođeno jajašce smjesti van materice.

13. *Mogućnost hernije kod muškaraca* jer se testisi inicijalno razvijaju unutar abdomena. Kasnije, tokom gestacije, oni migriraju kroz abdominalni zid do skrotuma. Prije razvoja medicine, komplikacije zbog hernija (npr. blokada crijeva i gangrena) su završavale najčešće smrću.

14. *Ovulacija kod žena ne mora biti toliko bolna*. Dobar dizajner našao bi bolje rješenje za menstruaciju.

15. Praktično smo *"komatozni" 1/3 živ*ota, pri čemu se misli na spavanje. Ovo ne samo da nam oduzima vrijeme koje možemo provesti u astronomiji ili igrajući Playstation, već nas spavanje čini ranjivim prema predatorima. Žirafe spavaju npr. 2 sata.

16. *Nemamo čula ("senzore") za opasne gasove* (npr. CO, CH4, CO2) koji nas mogu udisanjem usmrtiti.

17. *Moramo jesti konstantno* jer smo toplokrvne životinje. Krokodil koji je hladnokrvna životinja pojede pile u mjesec dana i ne treba mu više. Mi smo uvijek u potrazi za hranom.

18. *Nismo previše otporni na temperature* i dosta ljudi svake godine umre od smrzavanja. Maksimalna temperatura koju tijelo može podnijeti je oko 150 stepeni C.

19. *Ljudi ne mogu sintetizirati vitamin C*, za razliku od većine ostalih životinja, jer je naš gen za ovaj enzim defektivan. Nedostatak ovog vitamina dovodi do težih bolesti i smrti.

20. Toliko hvalimo ljudsko oko, ali svako ko je vidio puni elektromagnetni spektar zna koliko smo ustvari "*slijepi*". Dio te slijepoće znači da ne možemo detektovati jonizirajuće zračenje i praktično smo sjedeća meta za taj karcinogeni oblik radijacije. Ne bi bilo loše ni da možemo vidjeti u infra-crvenom području spektra kao neke životinje, čime bi mogli vidjeti po noći komšinice, a mogli bi i loviti životinje po noći. Neke životinje vide i u dijelu UV spektra (pčele), pa zašto ne bi i mi jer je UV zračenje štetno za našu kožu i mnogi životi bi se sačuvali (karcinom kože) kada bi ljudi mogli vidjeti intenzitet UV zračenja po sunčanom danu. Ljudsko oko ima još nedostataka. Osim što nam slika dolazi naopako i mozak je mora "uspraviti", mrežnjača oka je okrenuta "naopako". Fotoreceptori mrežnjaeč su kao mikrofon okrenut naopako. Nervi i krvni sudovi leže na površini mrežnjače umjesto iza nje kao što je to slučaj kod mnogih beskičmenjaka. Ovaj aranžman uvjetuje mnoge kompleksne adaptacije, može dovesti do slijepila uslijed odvajanja mrežnjače od okolnog tkiva i dovodi do stvaranja slijepe pjege (tačke). Do mozga signal iz tog dijela oka dolazi kao crno mjesto u vidnom polju. Mi ga ne zapažamo zbog dugotrajne navike. U svijesti se "rupa" nadoknađuje elementima iz okoline. Iz istog razloga i onaj koji mora nositi naočale s polupanim staklima, polupano mjesto primjećuje samo prvih nekoliko dana. Bolja struktura oka bi bila kada bi postojao optički živac koji je spojen na stranu mrežnjače koja ne prima svjetlo, kao što je to slučaj kod cefalopoda (npr. hobotnica i lignja). Također, naše oči se brzo suše i da ih ne vlaže kapci, došlo bi do velikih problema. Sličan sistem imaju naši rođaci, majmuni. Bolji sistem bi bio kada bi, kao neke životinje, imali dva seta kapaka – jedan kapak neproziran (kao što je naš) i jedan proziran (membrana) koji štiti oči od prašine i vlaži ih, a životinje vide kroz njega. Ne bi bilo loše ni da imamo oči koje mogu vidjeti sa strane, bolji periferni vid. Koliko godišnje ljudi umre od nesreća na cesti jer

ne vide bočno. Potom, tu su dalekovidnost, kratkovidnost, glaukom, mrena, itd. Ljudsko oko je daleko od inteligentnog dizajna.

21. *Nefleksibilno koljeno*. Koljeno može rotirati samo u dva pravca, naprijed i nazad, i zato se javljaju česte povrede koljena u sportu. To dobro znaju i planinari koji hodaju po dubokom snijegu. Rješenje za ovo bi bila vrsta kugličnog ležaja, kao što je u ramenima i kukovima, ali ga nismo evolucijski razvili jer ga nismo trebali – u dalekoj prošlosti, naime, nismo poznavali fudbal. Isto se odnosi i na lakat – i ovdje imamo ograničeno kretanje i mogućnost loma, što najbolje znaju jiu-jitsu majstori.

22. *Muški sjemenovod* (Vas deferens), veza između penisa i testisa, koji ide iznad i preko mokraćovoda je bizarna i besmislena zaobilaznica. Razlog su naši preci koji su imali testise unutar tijela. Kako su evoluirali i spuštali se, testisi su mogli ići ispred ili iza mokraćovoda. Slučajno, pobijedila je linija koja je išla iza mokraćovoda, i ta linija se produžavala kako su se testisi sve više spuštali. Još jedan nedostatak je što sperma i mokraća idu istim kanalom. Izloženi testisi kod muškaraca, također, predstavljaju potencijalnu opasnost za njihova mehanička oštećenja jer su izvan tijela. Pomjeranje testisa u unutrašnjost tijela (kao npr. kod slonova) bi ih mogla zaštiti.

23. *Meandrirajuće arterije*. Krv teče prema rukama i nogama preko jedne glavne arterije koja ulazi u udove na prednjoj strani tijela. Da bi snadbjela krvlju zadnji dio tijela (npr. tricepsi i zadnja loža noge), arterija se grana, idući zaobilaznim rutama oko kostiju i preplićući se sa nervima. Puno bolje rješenje bi bilo sekundarna arterija koja ide zadnjom stranom tijela.

24. Dva srca (dvije pumpe) bile bi bolje rješenje nego jedno koje imamo u slučaju da jedno srce zakaže. *Srčane bolesti* su najčešće uzrok smrti kod ljudi.

25. *Bolja zaštita mozga*. Mozak je vitalan za funkcionisanje cijelog tijela i malo jači udarac može dovesti do oštećenja mozga i smrti. Ne

bi bilo loše ni da imamo 2 glave jer su bolesti mozga drugi najčešći uzrok smrti kod ljudi.

26. *Veliki mozak* kod ljudi nosi svoj trošak. Naime, mozak zahtjeva skup metabolizam (potrebno dosta hrane i kiseonika), dug gestacijski period i djetinjstvo koje traje više od 25% životnog vijeka.

27. *Neodređena lokacija bola*. Možete imati srčani udar a da toga niste svjesni jer se bol pokazuje u drugim dijelovima tijela.

28. *Ljudi ne mogu izdržati puno bez kiseonika*. Neke životinje mogu držati dah i do 3 sata.

29. Zbog refleksa disanja koji se stimuliše ne kiseonikom već indirektno preko ugljen dioksida, pri većim visinama može doći do deprivacije kiseonikom kod neadaptiranih individua koji svjesno ne povećavaju brzinu disanja u tim trenucima.

30. *Nervi sa lošom rutom*. Povratni grkljanski živac (lat. nervus laryngeus recurrens) igra važnu ulogu u govoru i gutanju. Prenosi instrukcije iz mozga prema mišićima glasovne kutije, ili grkljana, ispod glasnica. Teoretski, njegova ruta ne bi trebala biti komplikovana. Ali ovaj živac se prepliće sa tkivom u vratu, potom se spušta skoro do srca, idući oko aorte, prije nego se vrati ponovo do grkljana. To što se ovaj živac nalazi u našim prsima čini ga ranjivim tokom operacija, a i kod mehaničkih udara.

31. Kao većina sisara, *ljudi se znoje da bi održali temperaturu*, ali većina životinja nema toliko znojnih žlijezda kao mi. Mi imamo najneefikasniji termoregulacioni sistem od svih sisara. Samo majmuni (i zanimljivo konji) imaju znojne žlijezde većinom u predjelu pazuha, kao i mi.

32. *Kosti koje gube minerale* nakon 30. godine što dovodi do lomova, a u ozbiljnim slučajevima i osteoporoze (degeneracija kostiju), krivljenja kičme i grbavosti.

33. *Kičmeni diskovi skloni greškama*. Godina pritiska na spužvaste diskove koji odvajaju pršljenove kičme dovodi do njihovog klizanja,

rupture ili oticanja, što dovodi do pritiskanja živaca koje je veoma bolno.

34. *Mišići koji gube masu i tonus* mogu dovesti do atrofije koja ograničava aktivnosti čovjeka, uključujući i hodanje. Loš tonus smišića dovodi do bolova u donjim leđima. U abdomenu se mogu pojaviti hernije ako crijeva (na koja uvijek djeluje sila gravitacije) počnu da proviruju kroz slabe tačke abdominalnog zida

35. *Proširene vene u nogama* nose rizik začepljenja krvnih sudova (uslijed pokretanja krvnog ugruška/tromba). Te vene nose spomenute ugruške direktno do pluća što može dovesti do plućne embolije koja je najčešće fatalna. Životinje koje hodaju na sve četiri rijetko umru na ovaj način.

36. *Previše kostiju* stopalu (26 u svakom) što dovodi do mnogo problema (npr. slomljeni i izvrnuti zglobovi). Ovakvo stopalo bilo je korisno primatima dok su visili po drveću, ali za čovjeka ovo nije primjer inteligentnog dizajna.

37. *Naprezanje kuka* uzrokovano hodanjem na dvije umjesto četiri noge (kod predaka) dovodi do degeneracije kukova kod starijih ljudi.

38. *Relativno kratak sistem rebara*. Trenutno rebra ne mogu obaviti i zaštititi većinu unutrašnjih organa.

39. *Zglobovi koji se troše*. Kako se zglobovi troše kroz godine, njihovi lubrikanti se istanjuju, čime dolazi do trenja između kostiju. To rezultira bolom, upalama i osteoartitisom.

40. *Uši sa krhkim transmiterima*. Dlačice u unutrašnjem uhu (senzorne ćelije unutrašnjeg uha) koje prenose informaciju o zvuku do mozga mogu se oštetiti uslijed jakog zvuka. Rješenje bi bilo veća ušna školjka i veći broj ovih ćelija.

41. *Greška u menadžmentu sistema testosterona* zbog čega muškarci ćelave.

42. *Mišići i ligamenti ženskog mjehura slabe sa vremenom*, posebno nakon trudnoće. Ovi mišići karličnog poda i mjehura, i ligamenti

koji drže mjehur mogu se spustiti što može dovesti do inkontinencije. Rješenje bi bili jači mišići sfinktera u mjehuru i trajniji ligamenti.

43. *Ljudi ne mogu izdržati veliko ubrzanje* (maksimalno do 12g). Žohari mogu izdržati do 120g. Ovo bi nam moglo pomoći kod svemirskih letova.

44. *Spolne nastranosti* (zoofilija, pedofilija, silovanje, različite vrste nasilnih seksualnih perverzija, itd).

45. Zašto ne bi mogli okretati glavu 360 stepeni kao sova?

46. Ako je *homoseksualnost* pogrešna, zašto postoji? Homoseksualnost je zabilježena i kod životinja.

47. Genetičari ukazuju i na *neefikasnost DNK*, tj. DNK je puna "smeća", neaktivnih gena iz prošlosti i gena koji se ponavljaju. Postoje i istraživanja koji pokazuju da "junk DNA" i nije tako "junk". Nekodirajuća DNK (termin koji je davno zamijenio "junk DNA") navodno imaju bitnu ulogu u regulaciji kodirajućeg DNK i vjerovatno ključni faktor u evoluciji.

48. Ljudska *ovisnost* (o alkoholu, pušenju, drogama, slatkoj, slanoj ili masnoj hrani) dovodi do svih vrsta medicinskih problema i uzrok je velikog broja smrtnih slučajeva.

49. Čak i u sadašnjim vremenima bilježe se slučajevi *kanibalizma*, posebno u udaljenim plemenima (Nova Gvineja, Papua, džungle Amazona).

50. *Ljudsko tijelo nema anti-otrov za ujede opasnih insekata* ili zmija. Dosta ljudi godišnje umre od ujeda zmija.

51. *Atavizmi* – pojave ponavljanja anatomskih obilježja većine vrsta, koja su bila formirana kao u dalekoj evolucijskoj prošlosti njihovih predaka i rudimenti (organi koji su izgubili funkciju ili im je ona svedena na minimum, a u prošlosti su bili izražajniji), dokumentirani klasični dokazi evolucije. Suštinska razlika između atavizama i rudimenata je u tome što se atavizmi izuzetno rijetko javljaju i to samo kod nekih organizama, a rudimenti su redovno prisutni kod

svih pripadnika određene vrste. U sadašnjoj fazi razvoja, anatomske karakteristike atavizama nemaju nikakvu funkciju i nestajali su generacijama. Primjeri atavizma kod ljudi su: ostatak škržnih lukova koja se javlja tokom embriogeneze (pretvaraju se u strukturu lica kasnije), polimastija (tri ili više dojki), politelija (prekobrojne bradavice), pretjerana dlakavost na tijelu, tzv. "Darwinova kvržica" na ušnoj školjci, slijepilo na boju. Primjeri rudimenata kod čovjeka su: slijepo crijevo, krajnici, zubi umnjaci, muške bradavice, mišići za pomicanje ušne školjke u čovjeka, mali nožni prst, repna kost, čovjek se i dalje ježi i sl. Prenapućeno zubalo i slaba drenaža sinusa nastaje jer su ljudska lica značajno ravnija nego kod drugih primata. Ovako nastaju značajni problemi, od problema sa umnjacima koji mogu oštetiti susjedne zube i uzrokovati infekcije u ustima do problema sa sinusima, ušima, nosem i grlom koje većina ljudi ima. Što se tiče muških bradavica svaki fetus je po defaultu žensko, a tek kasnije se kod muškaraca razvijaju specifične spolne karakteristike (ponovo pročitajte ovu rečenicu i razmislite o njenim implikacijama). Ljudsko slijepo crijevo je rudimentarni organ bez poznate svrhe. Upala slijepog crijeva može rezultirati smrću. Krajnici su manje opasni kada se upale, ali česte upale krajnika svakako su veća gnjavaža nego potencijalna korist od njih kao limfnih čvorova.

52. *Starenje i smrt* uslijed biološkog starenja ćelija! Zbog čega se mora umrijeti? To je zbog toga što sila koja modelira naše genetičke osobine (evolucija) nema za cilj savršenstvo ili beskonačno dobro zdravlje. Ako tjelesni dizajn omogućava individui da preživi dovoljno dugo da se reproducira (kod ljudi je to podizanje djece), taj dizajn će biti odabran. To znači da će osobe koje su dovoljno sposobne da prenesu potomke – prenijeti svoje gene i taj tjelesni dizajn do slijedeće generacije. Npr. ako tjelesni dizajn doživi totalni kolaps u 50. godini ali ne utiče na raniju reproduktivnost, taj dizajn će biti izabran, uprkos lošem završetku (smrti). Na sreću, tu je nauka (medicina) koja nam konstantno produžava prosječni životni vijek.

53. I na kraju, *zagušenje u mozgu*. Ljudski mozak evoluirao je u fazama. Kako su novi dijelovi nastajali, stariji dijelovi su morali biti ak-

tivni kako bi funkcionisali. To je kao jedno nefunkcionalno radno mjesto, gdje mladi uposlenici (prednji mozak) rade sa novim tehnologijama kao što je jezik, dok stari uposlenici (srednji i zadnji dio mozga) nadziru memoriju i kutiju sa osiguračima u podrumu. Posljedice ovoga su: depresija, ludilo, nepouzdana memorija, pristrasnost u odlučivanju (neracionalno razmišljanje) i neizostavna agresivnost prema drugima i slabijim od sebe. Šta je proisteklo iz neinteligentnog dizajna ljudskog mozga, koliko smrti i patnje?! Koliko ljudi je umrlo u ratovima, u genocidima, u čistkama, zbog ropstva, gladi? Koliko djece je siročad, koliko ljudi je uništeno prostitucijom, koliko dugo se zadržalo ugnjetavanje žena kroz vijekove. Koliko je ljudi bilo podvrgnuto mučenjima na raznim spravama (kao što su npr: sicilijanski bik, nabijanje na kolac, Judina bešika, željezna djevica, giljotina, sjekač jezika, spaljivanje, zakopavanje živih ljudi, mučenja pacovom, stolica za mučenje, cementne cipele, sjekač dojki, španski magarac, rezanje pilom, vješanje, davljenje, čerečenje, bičevanje, kuhanje u vrućoj vodi, kastracija, mučenje strujom, glad)? Koliko ljudi su uništili vladari i vladarke monstrumi: (Nebukadnezar, Kin Ši, Krasus, Herod, Kaligula, Nero, Domicijan, Komodus, Karakala, Atila, Justinijan, Papa Ivan XII, Hasan Sabah, Godfri od Buillona, Džingis Kan, Timur iz Samarkanda, Tomas de Tarkemada, Grof Vlad iz Valahije, Girolamo Savonarola, Francisko Pizaro i Hernan Kortez, Nader Šah, Robespijer, Shaki Zulu, Džek trbosjek, Ted Bandi, Luis Garavito, Francisko Lopez, Leopold II, Lothar von Trotha, Lenjin, Staljin i Trocki, Talat Paša, Hitler i Musolini, Francisco Franko, Kim Il Sung i njegova dinastija, Nikolaj Čaušesku, Enver Hodža, Pol Pot, Idi Amin, Jim Jones, Haile Selasie, Sadam Husein, Slobodan Milošević), Livia, Teodora, kraljica Wu, Madam Mao, Lukrecija Borđia, Elizabet Batori, Dovager Cixi)?

Gdje je bio inteligentni planer svemira kada su nacisti pretvorili u pepeo 1,5 milijuna djece? Ili kada je Staljin izgladnio do smrti milione djece (malo je poznata činjenica da su komunističke diktature usmrtile preko 100 miliona ljudi (Kina: 65 miliona, Sovjetski Savez: 20 miliona, Afrika: 1.7 miliona, Afganistan: 1,5 miliona, Sjeverna Koreja: 2 miliona, Kambodža: 2 miliona, Istočna Europa: milion, Vijetnam:

milion, Latinska Amerika: 150.000), 4 puta više nego nacisti), kada su im mačetama odsjecali udove u Ruandi, kada ih je trgovina dijamantima u Sierra Leoneu pretvorila u invalide, te kada ih, čak i sada trgovina dječjim robljem iznuruje do smrti i koja, po konzervativnim procjenama, pretvara u robove 250 miliona djece širom svijeta?

Prema dostupnim podacima, diktature i vladari monstrumi su uzrokovali smrt od minimalno 160 miliona ljudi. Smatra se da je u dosadašnjim ratovima život izgubilo između 315 i 760 miliona ljudi! U genocidima, etničkim čišćenjima i masovnim etno/religijskim progonima dosada je pobijeno preko 50 miliona ljudi. U političkim čistkama i represijama (politicid) dosad je stradalo preko 12 miliona ljudi. Zbog ropstva, prisilnog rada i koncentracionih (eksterminacijskih) logora stradalo je preko 113 miliona ljudi. Antropogeno uzrokovana glad (masovno umiranje od gladi) dosada je odnijela preko 235 miliona života. Zbog pobuna i politički nestabilnih situacija stradalo je preko 2 miliona ljudi. Zbog ljudskih žrtvovanja i ritualnih samoubistava stradalo je dosad preko 500 000 ljudi. Ove cifre su samo konzervativna procjena broj stradalih ljudi!

Koliko su životinja ljudi ubili dosada?! Radi hrane, radi krzna, u lovu, iz obijesti? Milijarde su u pitanju. Zamislite da postoji vrsta naprednija od nas i svakodnevno nam odvodi djecu da bi je pojela, odrala za krzno, žrtvovala… Možemo li ubijanje životinja nazvati pravim imenom -genocidom?

Ovdje nije loše uključiti i kratak spisak nesreća koje je uzrokovao čovjek i koji svakodnevno odnose živote. Avionske nesreće odnijele su dosad preko 2500 života, u nesrećama na željeznici poginulo je dosada preko 15 000 ljudi, industrijske nesreće odnijele su oko 50 000 ljudi, pomorske nesreće (npr. Titanik – 1514 žrtava) preko 60 000 ljudi, kolapsi struktura su odnijeli preko 200 000 ljudi (od čega je 171 000 poginulih zbog urušavanja preko 60 brana u Kini 1975. godine), nuklearne nesreće su odnijele preko 10 000 života, razne eksplozije (npr. tvornica baruta u Kini kada je 1626. godine poginulo oko 20 000 ljudi) preko 70 000 ljudi, nesreće autobusa na cesti preko 4000 žrtava,

smog je ubio preko 12 000 ljudi (veliki smog u Londonu je sam odnio 12 000 života), nesreće na žičarama i sličnim kablovskim transportima oko 250 života, pri sportskim događajima poginulo je preko 2500 ljudi, u različitim stampedima preko 20 000 ljudi, u strukturalnim požarima stradalo je preko 15 000 ljudi, zabavni parkovi oko 50 života dok je pri istraživanju svemira poginulo je 23 ljudi. Smrt je svuda oko nas.

Neinteligentni dizajn kod životinja

Za svaku životinju (osim čovjeka), život je iznimno težak i stresan, i svakog dana prijeti opasnost da bude pojedena i da umre u najvećim mukama. Nema laganog sna kod životinja jer u svakom trenutku neka druga životinja pokušava da joj otkine glavu. Priroda je indiferentna na smrt i patnju, i to je za nas ljude često neshvatljivo. Konflikt je kod životinja na svakom koraku, između predatora i plijena, brata i sestre, roditelja i djece, mužjaka i ženke, itd. U životinjskom svijet sretan si ako umreš od starosti.

Ovdje ću navesti i i nekoliko primjera "lošeg dizajna" kod životinja. Neće biti riječi o različitim zanimljivim fenomenima odbrane i predatorstva kod životinja, mimikriji, bioluminiscenciji, procesiranje boje kožom (Sipe), niti o sposobnosti životinja da regeneriraju udove i organe (Axolotl) ili da izdrže ekstremno niske ili visoke temperature i radijaciju i vakuum svemira (Vodeni medvjed), već isključivo o fenomenima za koji bi ljudi mogli reći da su "nehumani". Za više informacija konsultujte odgovarajuću literaturu. Dosta ovih podataka nam je svima poznato, ali opet začuđuje okrutnost i bešćutnost u životinjskom svijetu – ako se posmatra u okviru sintagme Inteligentni dizajn. Da li je to odlika inteligentnog dizajna? Evo nekih primjera:

1. "*Zombifikacija*" *žrtve*. Đavoljsku metodu primjenjuju ose kopačice (Crabronida) za ishranu svog potomstva. One odlažu jaja na površinu tijela drugih životinja koje su prethodno paralizirale (ne ubile). Ženka ose najprije iskopa negdje u tlu jamicu u kojoj će se razvijati ličinka. Tada ide u potragu za plijenom, napadne ga i svlada ga pa ga

zatim ubodom otrovne žaoke paralizira. Nakon toga odvuče svoju žrtvu do ulaza urupu. Svoju nemoćnu žrtvu ugura na ranije iskopano mjesto. Na kraju će na plijen u jamici izleći jaje i tek tada napustiti to mjesto. Za razvoj ličinke treba nekoliko sedmica. Otrov ose kopačice djeluje slično kao poznati otrov *kurare* što ga indijanci koriste za premazivanje vrhova svojih ubojitih strelica: otrov paralizira mišiće, ali srce ipak i dalje kuca. Žrtva na taj način ostaje još sedmicama na životu, i ma to zadovoljstvo da je ličinka parazita polako ali sigurno pojede živu.

Darwin je (u pismu Asi Grey) za parazitsku osu Glyptapanteles koja polaže također jaja u gusjenicu i pretvara je u svog roba rekao: "Ne mogu uvjeriti sebe je da dobri i svemoćni Bog dizajnirao parazitsku osu (Ichneumonidae) sa izričitom namjerom da se hrani živom gusjenicom ili da se mačka igra sa mišem." Larve ose hrane se tjelesnim fluidima gusjenice koja postaje "zombi" jer njenim mozgom upravljaju larve. Gusjenica na kraju umire, a larve se probijaju kroz kožu i odlaze u svijet. Tu su i ose najeznice (Ichneumonida) koje ubacuje svoje jaje, ili niz njih, pomoću dugačke cjevaste iglice direktno u tijelo domaćina. Sitne ličinke koje izađu iz tih jaja žive tu u izobilju, kao da se nalaze u mesnim loncima starih Egipćana (stari su egipćani običavali puniti glinene lonce mesom i mesnim otpacima, pa bi te lonce stavljali na različita mjesta, za hranu "svetih kukaca") pa brzo narastu, i kad treba da se začahure, probiju kožu domaćina kako bi na slobodi isprele svoje kokone. Gusjenice domaćini moraju jesti više, jer ne žderu samo za za sebe već i za svoje "stanare". Ali čim se odrasli paraziti probiju iz tijela svog domaćina, s njegovim je životom svršeno. Gusjenica se skljoka poput prazne vreće i umire. Smatra se da ličinke osa najeznica ne zahvaćaju u tijelu svojih domaćina, različitih kukaca i gusjenica, njihove po život važne organe, kao što su srce i živčevlje. Nametnici se drže uglavnom masnog tkiva.

Gljivice obično imaju problem sa širenjem spora u šumi bez vjetra. Rješenje: Ophiocordyceps gljivica napada mozak mrava (zakače se za mrava prvo i enzimima "istope" oklop mrava da bi ušle u njega) i kontroliše mu um tako da mrav odlazi do specifičnog mjesta gdje

mu gljivice na neki način "narede" da zagrize lišće prije nego ga ubiju. Gljivice zatim izađu iz njegove glave i rasprše spore po svojim drugovima ispod. Gljivice se toliko razmnožavaju u mravu da tjelesna masa mrava postaje ustvari samo masa gljivica. Teško je povjerovati da gljivice koje nisu u neku ruku ni životinje ni biljke mogu orkestrirati ovako kompleksan zadatak. Ali to se događa svaki dan i traje minimalno 48 miliona godina. Ono što je sigurno je da gljivice proizvode neke neuromodulatore koji dalje pomažu da gljivice upravljaju mravima. Zanimljivo, supstanca koju gljivice proizvode je slična LSD.

2. *Jedenje mladunčadi*. Životinje ponekad jedu svoje mladunce zbog gladi (medvjedi, lavovi, merkati, delfini, primati, glodari, insekti, ribe, reptili i ptice). Ženke ubijaju zbog gladi, a mužjaci radi parenja sa ženkom koja ima mladunčad. Također mladunčad jedu drugu mladunčad (npr. gliste).

3. *Ubijanje mladunčadi*. Infanticid nije neuobičajen kod primata. Mužjaci čimpanze koji žele da natjeraju ženku na parenje ne samo da joj ubiju mladunče, već ga raskomadaju pred njom i pojedu ga pred njom. Što je još gore, zabilježeni su slučajevi da to isto uradi ženka nekoj drugoj ženki, ali motivi nisu jasni.

4. Seksualni kanibalizam. Kod nekih životinja nakon ljubavnog užitka mužjaci moraju pretrpjeti gorku smrt; ljubavnica ga naprosto pojede. Najpoznatije pristalice "mužomorstva" nalazimo među paucima. U nekih vrsta, naročito u onih gdje su ženke dosta veće od mužjaka (npr. Argiope bruennichi, Cyrtophora citricola), spada posve normalno u propisani ceremonijal da ženka mužjaka proždere nakon što je on ispraznio sjemenu tekućinu iz drugog para ticala. Protiv tako neljubaznog završetka parenja razvio se u mnogih mužjaka izvjestan odbrambeni nagon. Neki mužjaci prije kopulacije posve zapredu ženku kako bi je na taj način donekle spriječili u kretanju. Te mjere opreza najčešće nisu djelotvorne. Među domaćim vrstama je poznata ženka pauka krstaša (Epeira diadema), koja doduše ne uvijek ali ipak ponekad, izvršava umorstvo nad svojim ljubavnikom. Vrlo je zabavno gledati s kakvim se oprezom mužjak približava daleko većoj ženki. Na najmanji

znak neraspoloženja kod ženke nepoželjni prosac se spušta velikom brzinom na finoj niti i bježi od ženke. U pauka Argiope lobata mužjak na vrlo neobičan način izbjegava sudbinu da bude pojeden kao plijen. On, naime, nakon završetka parenja obično ugiba od iscrpljenosti. I među kukcima ima raznih ženki ubica svojih muževa. Najpoznatije su neke vrtse iz skupine Mantida koje s obzirom na taj način života ne zaslužuju baš ime -bogomoljke (Mantis religiosa). Te su grabljivice oko dvaput veće od svojih mužjaka. Mužjaci su i ovdje razvili odbrambeni nagon, kako bi izbjegli ubistveni zahvat grabežljivih nogu svojih ljubavnica. Mužjak prije parenja duže vremena vreba ženku, pa je onda u pogodnom trenutku zaskoči popevši joj se brzo na leđa. Uprkos tim mjerama opreza, često se događa da ga ženka nakon parenja, ili čak u toku samog parenja, poždere.

Isto tako okrutno se ponašaju prema svojim muževima i ženke nekih mravljih lavova (Myrmeleontida). Čini se da i kod ovih vrsta redovito dolazi do ubistva muškog partnera. Vezano za sam uzrok ovog kanibalizma, smatra se da je požuda u ženki za ubistvom mužjaka uzrokovana vrlo jakom potrebom za bjelančevinama, zbog velike i nagle produkcije jaja. Is istih je razloga ženka komarca prisiljena da siše krv. Ne primi li u svoj organizam dovoljnu količinu krvi, neće ni doći do odlaganja jaja. Što se tiče mužjaka, tough luck. Čim je mužjak istovario svoju zalihu sjemena na pravo mjesto, ispunio je i obavezu prema svojoj vrsti.

Ovdje možemo uvrstiti i ljubavnu smrt trutova. Njih doduše ne proždire matica, ali im se, kad se nakon kopulacije rastavljaju od matice, otkidaju određeni dijelovi unutrašnjih organa i uslijed toga i umiru.

Zanimljiv je slučaj oštroprstih žaba. I u te su vrste ženke nekoliko puta veće od mužjaka. Iako se čini se da se u ovom slučaju mužjaci ne boje toliko da će ih ženke pojesti, ipak im se čini potrebnim da poduzmu izvjesne mjere opreza. Mužjak je u ovm slučaju savladao umijeće da gorostasnu ženku zavrti nekoliko puta oko sebe, te se u njoj javlja akineza, tj. stanje potpune nepokretnosti, što njemu olakšava daljnje postupke.

5. *Dekapitacija žrtve*. Jedna vrsta muhe (*Pseudacteon litoralis*) hirurški precizno ubrizga (koristeći tzv. ovipozitor) svoje jaje u živog mrava (rod *Solenopsis*), pri čemu se razvija larva koja dolazi do mozga (u međuvremenu koristi hranjive materije u mravu) i kontroliše na neki način um domaćina mrava kako bi ga u određenom trenutko dovela do biljnog otpada (mrav kao zombi napušta koloniju), gdje ispušta određenu hemikaliju koja doslovno otkida mravu glavu (hemikalije rastvaraju membrane koje drže određene dijelova tijela mrava na okupu). Sigurna unutra, larva sada izlazi napolje, pojede do kraja mozak mrava i nastavlja dalje svoj život do trenutka kada i sama postaje muha koja cijeli ovaj ciklus opet ponavlja.

6. *Parazitoidi*. Strmorinci (Carapidae) su porodica sitnih zmijolikih riba razreda Ophidiiformes. Ove ribice žive slobodno ili u komensalizmu te parazitski u nekim vrstama morskih organizama. Strmorinci doplivaju do anusa morskog krastavca, udobno se tamo smjeste i pojedu spolne žlijezde domaćina. Morski krastavac, kada vidi ovu ribicu, zatvori anus, držeći dah, i stežući anus kao čovjek kada ne želi da pusti gas. Ali u nekom trenutku, krastavac mora početi ponovo disati i tada ribica kreće u napad. Riba se dvoumi da li da uđe u anus glavom ili repom, što dosta zavisi od veličine otvora (zvanog kloaka jer se koristi ne samo za uklanjanje otpada iz tijela već i za reprodukciju i disanje). Naučnici su zaključili da manje ribice ulaze u anus glavom, a starije repom. Morski krastavac kroz kloaku unosi i svježu vodu, tako da ribe u anusu krastavca imaju svjež oksigen za disanje. Iako kod morskog krastavca mogu izrasti nove spolne žlijezde, u njemu se zna naći i po 15 komada ovih riba parazita, što regeneraciju organa čini sporijom. Neke vrste morskih krastavaca razvile su, u svrhu odbrane, "analne zube", konusnog oblika. Ovi zubi otvaraju se slično kao zatvarač foto-kamere.

Izopod (Cymothoa exigua) je vrsta parazitske mokrice, čiji su domaćini ribe. On napada ribu preko škrga i hvata se za njen jezik, jedući ga polako i zamjenjujući cijeli jezik samim sobom. Postaje neka vrsta prostetičkog jezika koji viri iz ribljih usta. Nakon toga, izlazi iz ribe i riba umire od gladi. Svi ovi izopodi koji jedu jezik riba su mužjaci.

Kada jedan dođe do ribe i vidi da nema unutra nikog drugog iz njegove vrste, on ostaje mužjak. Ali ako naiđe drugi mužjak, prvi izopod se mijenja za ženku radi reprodukcije i zakači se za jezik žrtve. Ta ženka će živjeti tamo do kraja svog života i vremenom će izgubiti vid jer joj i ne treba. Hrani se jezikom malo pomalo (ima set od pet ralja koje su kao igle i lako sjeku jezik žrtve) i siše krv ribe. U nekom trenutku riba pokušava koristiti izopoda kao jezik (koji je pojeden) prilikom hranjenja. Tako izopod ima i hranu,besplatan smještaj i zaštitu od drugih.

7. *Nametnici legla*. Nametnici legla prepuštaju svoju mladunčad na brigu drugima. Pri tome se primjenjuju vrlo lukave i odvratne metode. Jedan od poznatijih primjera je kukavica. Ona je izgubila iskonski nagon da sama gradi gnijezdo i da se brine za potomstvo, a stekla je nagon da odlaže svoja jaja u tuđa gnijezda. Začuđuje da su kukavičja jaja u velikoj mjeri nalik na jaja domaćina ptica, i po veličini i po boji. Znatno su manja nego što bi se to moglo očekivati za pticu takve veličine. Neki su naučnici predlagali da kukavica unaprijed zna kakva će jaja snijeti pa prema tome polazi u potragu za onakvim gnijezdima gdje se nalaze slična jaja. To se lako može pobiti činjenicom da se ženka kukavice pri tome često i zabuni, naročito ondje gdje jedna do druge živi više vrsta ptica koja legu raznolika jaja. Ovdje se radi, naravno, o potvrdi Darvinovog principa odabiranja. Kukavica odlaže svoja jaja nasumice; jaja koja svojim izgledom znatno odudaraju od ostalih, domaćin izbacuje iz gnijezda, dok manje upadljiva ostaju unutra. Nakon nekoliko desetina hiljada godina takvog načina postupanja ostaju u životu samo one kukavice koje nose baš takva jaja koja su oblikom, veličinom i bojom nalik na ona kakva nose i te ptičje vrste kojima kukavice daju prednost kao domaćinima. Ali ova kriminalna priča zalazi još dublje. Kukavica najčešće prethodno odstrani iz gnijezda jedno jaje domaćina pa tek onda na njegovo mjesto snese svoje jaje. Takvim postupkom optički izgled gnijezda ostaje nepromjenjen. Međutim ni taj trik ne bi bio od koristi kad ne bi postojao snažni nagon, čudovišni instinkt po kojem već mali, tek izleženi kukavičji ptić pokazuje istu dovitljivost kao i njegova majka. Taj mali

ptić je rođeni zločinac! Još je slijep, posve golišav, i potpuno nemoćan da se sam hrani. Pa ipak se u njegovim grudima već probudio razbojnički nagon, da svu svoju braću po gnijezdu odstrani i sam zauzme čitavo gnijezdo kao jedini vlasnik. U svom slijepom nagonu natovarit će redom sebi na leđa jaja ili ptiće, pridržavati ih krilima i pomažući se nespretnim pokretima nogu polako prići do ruba gnijezda odakle će svoju žrtvu baciti u dubinu. Na taj način mlada kukavica ostaje uskoro sama u gnijezdu, i mogli bismo pomisliti da će tako strašno prevarena majka nakon povratka u gnijezdo napokon primjetiti šta se dogodilo sa njenim leglom. Ona, međutim, ne primjećuje baš ništa. Ptice su životinje nagona i u njih nema, osim rijetkih izuzetaka, ni traga razuma. Čim se mladi izlegu iz jaja, majka pokazuje samo jedan instinkt, a to je hranjenje mladunčadi. Ona uopšte ne primjećuje da je odjednom ostalo u gnijezdu samo jedno ptiče, dok ih je prije bilo možda i petoro. Isto tako ona ne primjećuje da neko od njenih mladih leži na izdisaju na rubu gnijezda. Besprimjernom izdržljivošću i nevjerovatnim marom ona samo hrani vječno gladnog ubicu svoje vlastite djece.

Osim kukavice ovakvo ponašanje zabilježeno je kod neke južnoameričke vrste čvorka, a kod nas kod nekih vrsta pletilja, medarica i drugih. Čini se da i u ovim slučajevima vlada pravilo da jaja svojom bojom nalikuju na jaja domaćina i da se jedan dio legla domaćina uništava kako bi se osiguralo mjesto za vlastito leglo koje se podmeće. U nekih se od tih parazita s vremenom razvila čak i izvjesna sličnost između mladih ptića domaćina i unesenih nametničkih mladunaca.

I među kukcima nalazimo primjerke koji se ponašaju slično kao kukavica. Među pčelama je poznata skupina "kukavičjih pčela", od kojih je najpoznatiji rod Nomada. Ženke tog roda vrlo spretno odlažu svoja jaja u komorice drugih vrsta pčela, naročito onih iz roda Andrena. One budno paze kada pčele iz roda Andrena grade svoja gnijezda. Kad je neka marljiva pčelica unijela u svaku pojedinačnu komoricu sve potrebne zalihe hrane za održavanje života svoje buduće mlade ličinke i kada je još jednom, možda zadnji put, odletila da donese nešto što treba za konačno uređenje komorice, odjednom naleti kukavičja

pčela Nomada i brzo odloži po jedno jaje u svaku komoricu sača. Ništa neće koristiti ako odmah zatim i ženka odmaćina, tj. pčela vrste Andrena, odloži svoja jaja u komorice. Ličinke parazita rastu brže pa će izjesti sve zalihe hrane, tako da punopravni vlasnik zaliha mora propasti od gladi.

Kukavičji bubar iz roda Psithyrus, koji živi kao nametnik kod različitih drugih vrsta bumbara, postupa na sličan način. Sebi olakšava posao time što se u proljeće jednostavno adaptira u neko bumbarsko gnijezdo. Nesmetano ulazi i izlazi iz tog gnijezda i istovremeno se hrani medom svog domaćina. Zanimljivo je da se recimo ženke Psithyrusa nikako ne podnose u istom gnijezdu; jedna od njih mora uzmaknuti.

8. *Surova silovanja u životinjskom svijetu*. Vidre kidnapuju mladunčad drugih vidri, ubijaju vlastite ženke, ali i siluju mladunčad tuljana do smrti. Naime, tokom reprodukcije, ženke vidre nalaze se u takvoj poziciji da im je glava u vodi i od toga umre oko 10% ženki vidri. Ako nađu mladunčad tuljana, slično se događa pri čemu mladunčad uginu. Ovo traje i po nekoliko sati. Neki mužjaci vidre siluju i po nekoliko dana mrtva tijela ovih malih tuljana. Zabilježeno je grupno silovanje pliskavica (morske svinje, porodice malih kitova zubana) od strane delfina. Također delfini vrše grupno silovanje ženki delfina. A ako nema ženki, nađu tuljana (čak i ako je mušku) i siluju ga do smrti. Delfini, kao što je rečeno, ubijaju i svoje mlade. I pingvini su seksualni delikventi. Zabilježeno je grupno silovanje ženki, nekrofilija (seksualni odnos sa mrtvim tijelom), homoseksualnost, i seksualno iživljavanje nad mladunčadima pingvina.

9. *Samožrtovovanje i matrifagija*. Ženke pauka nisu na dobroj reputaciji zbog toga što znaju pojesti mužjaka nakon parenja, ali ženka vrste Stegodyphus lineatus doslovno će umrijeti za svoje potomke. Nakon prve serije jaja, ove majke više ne jedu ništa i par sedmica povraćaju hranu sve do svoje smrti da bi prehranila potomke, a zatim je njeni potomci pojedu. Također, pauk Amaurobius ferox je poznat po matrifagiji ("jedenju majki"). Kod ovih pauka, nakon što se mladi izlegu,

majka prvo položi drugi set jaja, koja budu pojedena od strane prvih potomaka, a zatim i oni pojedu vlastitu majku.

10. *Parenje do smrti*. Neke životinje se pare do smrti. Iako rijedak slučaj kod sisara, ovaj slučaj je čest u prirodi. Mnoge biljke se reproduciraju na ovaj način, kao i losos, neki insekti i dosta vrsta žaba i guštera.

Mužjaci sisarske vrste Antechinus (vrsta torbara) pare se sa svakom ženkom na koju mogu naići nekoliko sedmica sve dok mi dlake ne opadnu i imuni sistem sasvim ne oslabi, dobiju unutrašnje krvarenje i (često) ne oslijepe. Svaki od njih umre nakon nekoliko sedmica parenja. Oni su ultimativni seksualni zombiji. Testisti Antechinusa su ogromni. Sve to se događa zbog ekstremnog povećanja testosterona i kortizola kod mužjaka, pri čemu je hrana potpuno irelevantna i mužjaci ove vrste se posvećuju isključivo parenju. Razlog ovako intenzivnog parenja je to što su se mužjaci morali adaptirati na veoma kratak period sezone dojenja njihovih mladunčadi od strane ženki i moraju učiniti sve da prenesu što više genetskog materijala na što više ženki u tom kratkom periodu. Mužjaci ove vrste nikad ne prežive prvi rođendan. Nestanu u tami i ostavljaju ženke same da podignu mladunčad.

11. *Parazitski mužjaci i seksualna simbioza*. Nekad se smatralo da je pojava patuljastog mužjačića koju je priroda stvorila kod muškog spola ograničena samo na niže organizirane skupine životinja. Stoga je nastalo veliko uzbuđenje kad je pronađen patuljasti mužjak jedne riblje vrste. Mužjak dubokomorske ribe Edryolychnus schmidti reduciran je samo na spolnu žlijezdu. Slično žive i parazitski mužjaci morske ribe grdobine Lophius piscatorius na ženkama, kao i mužjaci nekih vrsta Ceratida. Ovdje se radi o rijetkoj nemani. Do otkrića parazitskog patuljastog mužjaka ribe Edryolychnus schmidti došlo se slučajno, u muzeju. Naime, ženka naraste i do pola metra, i pri pomnijem posmatranju njenog tijela pronađeni su na trbušnoj strani nekakvi neprotumačivi "privjesci" za koje se mislilo da pripadaju normalnim tjelesnim dijelovima ove vrste. Tek kasnije je utvrđeno da se radi o obliku parazitskog mužjaka. Mužjaci se najprije "ubuše" u kožu ženke na trbušnoj strani, pa onda urastu unutra i tako s vreme-

nom srastu sa njenim tijelom. Na taj način su, osim oplodnje, rješili i pitanje ishrane jer su muški "patuljci" putem krvotoka velike ženke zajedno sa njom povezani pa ne treba voditi brigu o ishrani i disanju. Na ovaj način rješeno je i pitanje sinhronizacije hormona, tako da ženka može pokrenuti navalu sperme mužjaka kada ona ispusti svoja jaja. Ženka na neki način postaje samo-oplođavajući hermafrodit. Treba napomenuti da tek 1% mužjaka ikad nađe ove ženke u tami morskih dubina.

12. Ženke sa penisom i mužjaci sa vaginom. Ovo je više neka zanimljivost nego nedostatak. Kod roda insekata Neotrogla u Brazilu, ženke imaju penis a mužjaci vaginu. Ustvari, tehnički, ženke posjeduju strukturu sličnu penisu, koju koriste za penetraciju muških spermnih kanala i da zgrabe njegovo sjeme (i još ponešto hranjivih materija). Ženke su ovdje evoluirale da aktivno traže mužjake koji "glume" da se ne žele pariti.

13. *Strojevi za rađanje*. Ženka termita nakon parenja i oplodnje počinje sa odlaganjem jaja. Zadnja strana ženke počinje naglo bubriti, te mužjak pored nje sada izgleda kao patuljak. Ta, divovski nabujala ženka postaje stroj za leženje jaja. Kraljica termitske vrste Nasutermes surinamensis, dugačka oko 2,5 cm, za 24h izlegne oko 3000 jaja, dok ženka vrste Anoplotermes silvestri na dan izlegne i do 7500 jaja. Sve to nije ništa prema plodnoj termitskoj kraljici vrste Bellicositermes natalensis, koja je postala pravi div među termitima jer sa svojim zadnjm dijelom naraste i do 10cm, a dnevno izlegne oko 36 000 jaja. To je jedno jaje svake druge sekunde! Stroj za rađanje. Ovu divovsku kraljicu, koja je postala potpuno nepokretna, hrane sprijeda radnici, dok joj straga automatski izlaze izmetine i jaja, koja marljivi radnici dalje transportiraju. Postrance i dalje u širem krugu oko nje zapsleni su mnogobrojni adnici posluživanjem i čišćenjem tog nepokretnog, divovskog tijela.

Slično je kod beskrilne ženke nekih noćnih leptira – također, strojeva za izbacivanje jaja. Čitav život ženke noćnog leptira četkara (Orgyia antiqua) prolazi na takav način. Čim se nezgrapna i slabo pokretna žen-

ka oslobodi svoje čahure i ispuzi iz kokona (zapretka), ostaje na njemu sjediti. Za kraće vrijeme doleću ka njoj mužjaci, koje je tada odmah i oplode, pa se sa njom događa ono što se dešavalo i sa kraljicom termita. Čim je završila sa odlaganjem jaja (nakon nekoliko dana), tim je ujedno i završila svoj život, za koji se ne bi moglo reći, uzevši naša ljudska mjerila, da li ga je uopšte bilo vrijedno proživjeti na takav način. Rekorder po broju mladih je Bucanj veliki (*Mola mola*), riba koja može imati i 2,5 tone, a može "ispustiti" 300 miliona jaja. Pretpostavlja se da ovo nije maksimum za ovu vrstu ribe koja daje značajan doprinus biomasi poznatoj kao plankton. Mladi ove ribe tokom života narastu 60 miliona puta, što je najveći rast kod kičmenjaka. To je kao da bi se ljudska beba mase 4kg razvila u odraslu osobu mase 250 miliona tona. Smatra se da će se od ovih 300 miliona jaja, samo 2 razviti u odrasle jedinke koje će se razmnožavati.

14. *Nasilje jačeg*. Gdje god postoji veća razlika u veličini mužjaka i ženke, dolazi do nasilja od strane veće jedinke. Primjera ima mnogo, ali evo za početak primjer divljih konja. Svi pastusi divljeg konja imaju običaj da tjeraju kobile u čopor. Neke kobile ne žele se tome pokoriti. Pastuh, međutim, brzo uspije da ih nauči poslušnosti. To postiže munjevitim ugrizima, najviše za vratni greben, i noge. Nakon ugriza ili dok ih još goni, pastuh se naglo okreće i stražnjim nogama ponovo izudara tvrdoglavu kobilu. Nadalje, primjer pavijana podsjeća na ljudski harem. Zajedničko im je potpuna bespravnost žene, odnosno ženke. Zajednički život pavijana, u kojih su mužjaci dvaput veći i jači od ženki i odlikuju se strašnim zubalom, mogu se promatrati u zoološkim vrtovima, i lako se uvjeriti kako stari "paša" provodi pravu strahovladu. Kad se on nalazi negdje blizini, nijedna se životinja iz njegovog društva ne usuđuje prihvatiti nikakvu hranu od posjetilaca. Bez obzira šta on radi, sve su oči uprte u njega. On upravlja svojim čoporom pogledom, izrazima lica i pokretima "ruku".

15. *Seksualna agresivnost*. Mužjaci guski su poznati po seksualnoj agresivnosti. Ženke su zbog toga evoluirale vaginu spiralnog oblika (mužjaci imaju penise sličnog zavojnog oblika ali u drugu stranu), kako bi odbile nepoželjne mužjake. Neke guske ženke imaju vaginu

koja ima dijelove koji se granaju u "slijepu ulicu", čime, također, frustriraju mužjake.

16. *Funkcionalna nekrofilija*. Ženke nekih vrsta žabe (Rhinella proboscidea) ne prolaze tako lako kada je u pitanju parenje. Ove žabe su vrlo eksplozivne pri parenju, pri čemu ih se hiljade često nalazi u jednoj jedinoj bari i pokušava da se pari. U čitavoj toj frci, mnoge ženke se utope, ali to ne sprečava mužjake. Oni će masirati mrtvo ženkino tijelo kako bi izašla jajašca i onda ih oploditi.

17. *Izvrnuti običaji*. Čovjek je očajan ako se mora obazirati na tradicije koje sežu nekoliko stoljeća unazad, a koje ga nepotrebno opetrećuju, pa uzdiše kao nekad Goethe: "Jao tebi što si unuk!" Nasuprot tome, životinje često povlače u svojim postupcima običaje koji su možda imali opravdanu vrijednost prije mnogo miliona godina, ali danas nose biljeg velike zaostalosti. Žaba gubavica danas živi isključivo na kopnu, upravo kao i šumski miš, kojeg često sretne na svojim noćnim šetnjama. Žaba gatalinka osjeća se u šumi zelenog lišća isto tako dobro i ugodno kao i ptica koja tamo cvrkuće. Ali čim se približi proljeće, moraju obje skoknuti do obližnje bare da u nju odlože svoja jaja. To jezbog toga što su prije mnogo miliona godina preci naših vodozemaca živjeli čitav svoj život u vodi. U međuvremenu su se odrasli vodozemci malo-pomalo prilagodili kopnenom načinu života, ali se njihovi maldunci još uvijek nisu privikli na taj "savremeniji" način života. I kod gmazova je slično. Velike morske kornjače karetke, od čijih se oklopa izrađuju ukrasni predmeti, kao i divoske kornjače koje ribari love zbog slasnog mesa, žive u širokom moru poput pučinskih riba i kitova. Međutim, u vrijeme rasplođivanja one traže, tjerane prastarim nagonom, neku pješčanu obalu. Upravo ondje gdje ih ljudi najokrutnije progone, morske kornjače odlažu u bijeli pijesak na stotine svojih jaja. A one to rade samo zato štu su njihovi preci u prastaro vrijeme živjeli isključivo na kopnu. Odrasle životinje dobile su u toku svog razvoja prave peraje za plivanje, hrane se samo ribom i tumaraju dalekom morskom pučinom, ali još uvijek nisu napustile svoje običaje pri rasplođivanju. One će na taj način svakako propasti jer će ih čovjek istrijebiti.

Ovdje treba spomenuti jegulju, ribu "selicu". Ona se mrijesti u moru, u mladosti putuje uzvodne u rijeke, gdje proboravi najveći dio svog života (10-12 godina), a kad spolno sazri, pliva nizvodno u more i nestaje u tajanstvenim okeanskim dubinama, iz kojih je nekad i došla. Iz tih dubina nema više za nju povratka; one se mrijeste samo jednom u životu, i potom ugibaju. Sada je poznato da sićušne ličinke jegulja nastaju u zapadnom dijelu Atlantskog okeana, u blizini Bermudskog otočja. One prevale ogroman put plivajući istočno do evropskih obala. Tek nakon četiri godine stižu do svojih odredišta. A tada im tek predstoji dugotrajno i naporno uzvodno putovanje rijekama. I roditelji jegulje (starije jegulje) prevale isti takav put u suprotnu stranu, oko 6000 km dugačku odiseju, da bi stigli na ljubavni sastanak na istom mjestu mrešćenja, gdje udaraju temelje za nove generacije.

Drugu skupinu riba "selica" predstavljaju lososi, u kojih se stvari odvijaju obrnuto. Te se ribe mrijeste u gornjim tokovima rijeka, često u gorskim potocima, dok najveći dio svog života provode u moru. Mlade ribe, slijedeći svoj nagon, plivaju nizvodno sve dok ne stignu do mora. To nije neki naročiti poduhvat jer dobar dio posla obavi voda koja ih nosi strujom u more. U moru te ribe odrastu i onda slijedi putovanje nazad. Na tom dugačkom i opasnom putu, koji moraju preći uzvodno protiv jakih vodenih struja, lososi pokazuju pravo umijeće. S fizičke strane to je ogroman napor. U gornjim tokovima rijeka ima mnoštvo brzica i vodopada koji za ostale ribe predstavljaju nepremostive zapreke. Lososi se preko takvih jakih riječnih brzica i slapova prebacuju snažnim skokovima dugačkim i po nekoliko metara. Zapanjujuće još više je to što te životinje uopšte znaju kuda treba ići i kamo će stići. Isti primjerak (utvrđeno markiranjem pojedinih mladih lososa) će s najvećom tačnošću, stići upravo tamo gdje je prvi put ugledao svjetlo dana. Ova činjenica poznata je u ribarstvu, ali i kod drugih životinja, koji nemilosrdno love losos na mjestima gdje oni ne mogu preći veće zapreke. Ako ljudi izgrade veću branu, losos se ne vraća da u nekom riječnom odvojku nađe spas, već se praćaka podno brane do smrti.

18. *Zlostavljanje mlađe braće (i sestara)*. Neke ptice započinju sa sjednjem na jajima čim snesu prvo jaje, pa tada starija braća dostignu već izvjesnu veličinu kad se izvali posljedni, najmlađi ptić. Ostala se braća, međutim, ne raduju pojavi novopridošlog brace ili sestrice, već ga zlostavljaju – kao što je to već mnogo puta opaženo kod vrana i mnogih drugih ptica – se dotle dok jadno ne ugine ili ga jednostavno ne izbace iz gnijezda. Poneki roditelji pri tom čak i sami pomažu. Kostoberine žutoglave i neki drugi orlovi odmah ubiju i raskomadaju drugo mladunče, tek što ugleda svjetlo dana. U ptica koje nose mnogo jaja taj je problem međusobne životne konkurencije mladunčadi još znatno zaoštreniji.

19. *Uske granice nagonskog života*. Pri hranjenju mladih ptića obično sudjeluju oba roditelja, pa čak i onda ako je samo jedan sjedio na jajima. Ovdje se, međutim, ponekad javlja zanimljiva podjela rada. Tako u danjih grabilica ima mužjak dužnost da ubije prikladan plijen i donese ga u gnijezdo. Komadanje i podjela plijena mladuncima isključiva je privilegija ženke. Evo šta G. Hoffman piše o jednom takvom događaju kojem je svjedočio: "S gnijezda močvarice nestala je prije dva dana ženka. Samo mužjak povremeno kruži nad svojim gnijezdom. Tamo je donio zečića, a dodao je još miša i močvarnu strnadicu. Zatim je opet odnio i miša i pticu pa ih je sam progutao. Ženka se, međutim, još ne pojavljuje. Mužjak kruži naokolo posve sam kuda je nekada letio sa svojom ženkom. Poziva je, ali mu sa gnijezda uzvraćaju samo ptići, koji su izvan sebe od ljute gladi. Ženke još uvijek nema. Mužjak sjeda na gnijezdo do svojih mališana, koji vape za hranom, ali nema ženke koja bi raskomadala plijen i nahranila mladunčad. Niko im ne pruža nikakve hrane u kljunove jer nema majke. Danas je već treći dan kako je odsutna, pa kad je predvečer počela kiša, morao je otac zakriliti mlade, od kojih je troje živo, a jedno već mrtvo. Oh, kako strašna glad muči ptiće! Kako samo tužno pijuču zahtjevajući bilo šta za jelo! Kako čeznu za majkom, koja bi im jedina mogla pružiti pomoć! Kako li sve duže i duže spavaju sa mrtvim bratom u svojoj sredini. Sati nijemo prolaze. Uskoro će zora. Već i sunce pomalo zaviruje u gnijezdo. Ono je dosad svakog dana zagrijavalo

pernata krznašca mališana. Danas međutim, uzalud isijava svoju toplu blagodat, jer su svi mališani mrtvi…" Mužjak je dake nesposoban da preuzme dužnost ženke, iako svakog dana komada plijen za sebe. Tako su uske granice nagonskog života.

20. *Iskorištavanje nagona od strane predatora*. Margaj (mala mačka iz reda zvijeri) oponaša mladunče tamarina (majmuna) da bi prizvala mužjaka ili ženku tamarina i onda ih pojela.

Ovdje treba spomenuti pauka Mastophoreae Genera koji slobađa miris sličan feromonima ženke moljca, mameći tako mužjake moljca. Kada ovi dođu u blizinu mreže pauka, već je gotovo jer, uz specijaliziranu mrežu, pauk koristi i ljepljivu supstancu koja imobilizira žrtvu.

21. *Autokoprofagija*. Kunići često ponovno jedu svoj izmet (autokoprofagija) kako bi iskoristili sve hranjive tvari koje nisu apsorbirali u prvom pokušaju. Sličan probavni sistem imaju hrčci, konji i slonovi. Hrčak će također pojesti svoj izmet, dok će mladunčad konja i slonova jesti majčin svježi izmet.

22. *Atavizmi*. Primjeri atavizma kod životinja: zadnje noge kod kitova ili zmija, ostaci kukovlja kod nekih zmija (npr. piton), zadnja krilca kod delfina, dodatni prsti kod konja, zubi kod kokoši, veći broj bradavica kod primata, itd.

23. *Nelogičnosti*. Zašto kitovi i delfini nemaju škrge već moraju izranjati da bi disali?Nepotrebna krila kod ptica koje ne lete (npr. kod noja). Krilo emua je, recimo, potpuno nepotrebno, zašto je onda prisutno?

Zašto slijepi miševi imaju teške i pune kosti sa kojima je teško letjeti, a emuima ili pingvinima šuplje kosti sa kojima je lakše letjeti, a oni ne lete?

I životinje sisari imaju nerv koji ide od mozga do grkljana preko aortinog luka, slično kao i ljudi. Kod žirafe je ovaj nerv dug čak 4,6 m.

24. *Gubitak tetrahromatizma*. Tetrahromatizam je stanje kada životinja posjeduje četiri odvojena kanala za prenos informacija o boji ili

ima četiri tipa konusnih ćelija u oku. Tetrahromatizam je zabilježen kod nekoliko vrsta ptica, riba, vodozemaca, reptila, insekata i nekih sisara. To je bilo normalno stanje kod većine sisara u prošlosti. Genetska promjena dovela je do toga da većina tetrahromata izgubi dva od četiri tipa konusnih ćelija.

25. *Instinktivno ponašanje*. Životinje se većinom ponašaju instiktivno, čak i onda kada im prijeti životna opasnost. Primjer je moljac koji ide na svjetlo ulične lampe.

26. *Homoseksualnost*. Zabilježena je homoseksualnost kod 1500 životinjskih vrsta.

27. *Bračne "muke" hermafrodita*. Mnoge taksonomske grupe životinja (pretežno beskičmenjaka) nemaju odvojene spolove. U takvim grupama, hermafroditizam je normalno stanje, koje mogućava spolno razmnožavanje u kojoj oba partnera mogu istovremeno biti ženka ili mužjak. Velika većina plaštaša i puževa su hermafroditi. Hermafroditizam se također sreće u nekim vrstama riba. Ako si hermafrodit, kao neke vrste morskih crva, ko će od dvije jedinke biti majka? Pa, ispostavilo se da će to biti onaj ko izgubi bitku mačevanja penisima. Da, dobro ste pročitali. U koraljnim grebenima neke vrste crva se bore svojim penisima. Slično kao kod ljudi koji mačuju, svaki crv će vitlati svojim udom i "ubadati" protivnika, pokušavajući da u svog partnera ubaci spermu bilo gdje na njegovom tijelu, izbjegavajući pri tome da on bude "uboden". To može trajati i do sat vremena, sve dok dvije jedinke ne uvuku "oružje" (dupli penis), spuste se i odu svak na svoju stranu. Problem je što jedinke imaju slične interese, niko ne želi da bude majka. Pobjednik ima šansu da prenese gene bez muke (odgajanje mladih). Međutim, kada nema partnera u okolini, neki crvi sami sebe oplode. Pri tome, jednika "ubode" samu sebe u glavu svojim penisom (manevar poznat kao *selfing*). Sperma potom dođe iz glave do tijela gdje se jaja oplode.

28. *Besmrtnost*. Za neke vrste životinja se zna da su besmrtne (besmrtna meduza/Turritopsis nutricula, slatkovodna hidra, vodeni medvjedi/tardigrade, jastog, trepljasti crvi itd), ostale umiru.

Koji su razlozi ovih "nesavršenosti" dizajna kod živih bića? I prirodna selekcija i inteligentni dizajn mogu objasniti dosta veliku kompleksnost ljudskog organizma. Ali ozbiljne biološke imperfekcije mogu se očekivati samo kod evolucionarnih procesa koji su skloni greškama. Teže ih je, naime, racionalizirati kao greške svemogućeg i milosrdnog kreatora. Takva obilježja mogu se objasniti jedino kao posljedica postepene, kumulativne prirode evolucijskog procesa (mala digresija: zanimljivo je da ljudi koji ne prihvataju teoriju evolucije nemaju problema da prihvate npr. teoriju kvantne mehanike iako je ona milion puta neintuitivnija od teorije evolucije).

Život je, kao što ste mogli zaključiti, smrt. Destrukcija na sve strane.

Što se tiče univerzuma, ili dizajner ne postoji, ili postoji ali ga apsolutno nije briga za svoje kreacije. A što se tiče života na Zemlji, ili život nije rezultat inteligentnog dizajna već evolucije, ili je inteligentni dizajner kozmički šaljivdžija koji je dizajnirao sva živa bića tako da se čini da su nastala evolucijom.

Inteligentni dizajn je argument iz neznanja jer se oslanja na nedostatak znanja u svojim premisama i zaključcima, a nemogućnost objašnjenja pripisuje nepoznatoj inteligenciji.

U konačnici, hipoteza inteligentnog dizajna – svemira skrojenog po mjeri čovjeka, svodi se na dvije mogućnosti. Ili dizajner svemira ne postoji, ili postoji ali ga njegova (najvažnija) kreacija (ljudi) apsolutno ne interesuje. Obadvije mogućnosti su podjednako zastrašujuće.

Literatura

Knjige

Antonić, Voja, *Da li postoje stvari koje ne postoje? Vodič za kritičko razmišljanje*, oktobar 2000.

Bely, Pierre-Yves, C. Christian i Roy Jean-René, *A Question and Answer Guide to Astronomy*, Cambridge University Press; 1 edition (April 30, 2010).

Ben-Naim, Arieh, *Entropy Demystified: The Second Law Reduced to Plain Common Sense*, World Scientific; Expanded edition (June 18, 2008).

Berman, Bob, Secrets of the Night Sky: Most Amazing Things in the Universe You Can See with the Naked Eye, William Morrow Paperbacks; First Edition edition (March 27, 1996).

Berman, Bob, *Strange Universe – The Weird and Wild Science of Everyday Life*, Times Books; 1st edition (2003).

Berman, Bob, *The Sun's Heartbeat – And Other Stories from the Life of the Star That Powers Our Planet*, Back Bay Books (July 17, 2012).

Berman, Bob, *Zoom – How Everything Moves: From Atoms and Galaxies to Blizzards and Bees*, Little, Brown and Company; 1 edition (June 24, 2014).

Bryson, Bill, *A Short History of Nearly Everything*, Broadway Books; 1st edition (September 14, 2004).

Caroll, Sean, The Big Picture: *On the Origins of Life, Meaning, and the Universe Itself*, Dutton; 1St Edition edition (May 10, 2016).

Davies, Paul, *The Goldilocks Enigma: Why Is the Universe Just Right for Life?*, Mariner Books; Reprint edition (April 29, 2008)

Freistetter, F., *Kometa u čaši koktela*, Laguna, novembar 2014.

Gračanin, Ljiljana, *Astronomske zanimljivosti*, 2016.

Goldberg, Dave, *A User's Guide to the Universe – Surviving the Perils of Black Holes, Time Paradoxes, and Quantum Uncertainty*, Wiley; 1 edition (February 28, 2010).

Hathaway, Nancy, *Vodič kroz svemir*, SysPrint, Zagreb, 1994.

Kaler, James B., *Astronomy!*, Harpercollins College Div; Student edition (April 1994).
Kaler, James B., *From the Sun to the Stars*, World Scientific Publishing Company; 1 edition (October 22, 2016).
Kaler, James B., *The Hundred Greatest Stars*, Copernicus; 2002 edition (June 19, 2002).
Krauss, Lawrence M., *A Universe from Nothing – Why There Is Something Rather than Nothing*, Atria Books; unknown edition (January 1, 2013).
Mlodinow, Leonard, *Euclid's Window – The Story of Geometry from Parallel Lines to Hyperspace*, Free Press (April 9, 2002).
Nothing: From Absolute Zero to Cosmic Oblivion, Amazing Insights into Nothingness, New Scientist, Profile Books Ltd (7 Nov. 2013).
Olshansky, S. Jay, Carnes, Bruce A. i Robert N. Butler, *If humans were built to last*, Scientific American, 2003.
Plait, Philip, *Death from the Skies!: The Science Behind the End of the World*, Penguin Books; Reprint edition (August 25, 2009).
Regas, D., *Facts from Space*, Adams Media, 2016.
Sagan, Carl, *Cosmos*, Ballantine Books; Reissue edition (October 12, 1985).
Seeds, Michael A. i Backman Dana, *Foundations of Astronomy*, 12th Edition, Brooks Cole; 12th edition (January 1, 2012).
Simon, Matt, *The Wasp That Brainwashed the Caterpillar*, Penguin books, 2016.
Stenger, Victor J., *The Fallacy of Fine-Tuning: Why the Universe Is Not Designed for Us*, Prometheus Books (April 26, 2011).
Tyson, Neil deGrasse i Goldsmith Donald, *Origins -Fourteen Billion Years of Cosmic Evolution*, W. W. Norton; Reprint edition (October 17, 2005).
Tyson, Neil deGrasse, Strauss, Michael A. i Gott J. Richard, *Welcome to the Universe – An Astrophysical Tour*, Princeton University Press (September 20, 2016).
Webb, Stephen, If *the Universe Is Teeming with Aliens ... Where is everybody?: Seventy-Five Solutions to the Fermi Paradox and the Problem of Extraterrestrial Life*, Springer; 2nd ed. 2015 edition (May 20, 2015).

Web linkovi

NASA, https://www.nasa.gov/
Space.com, http://www.space.com/
Astronomy, http://www.astronomy.com/
Universe Today, http://www.universetoday.com/

APOD, https://apod.nasa.gov/apod/astropix.html
MIT, http://news.mit.edu/
Livescience, http://www.livescience.com/
Astronomija, http://www.astronomija.org.rs/
Svet nauke, http://www.svetnauke.org/
Čuda prirode, http://cudaprirode.com/
Znanost, http://www.znanostblog.com/
Planetarijum, http://planetarijum.net/
Wikipedia, https://www.wikipedia.org/
How stuff works, http://science.howstuffworks.com
https://www.iau.org/public/themes/why_is_astronomy_important/

Ukratko o autoru



Alan Ćatović rođen je u Sarajevu, 1. aprila 1979. godine. Srednju školu završio je 1998. godine u Sarajevu, a diplomirao 2003. godine na mašinskom fakultetu u Sarajevu. Magistar tehničkih nauka od 2007. godine. Doktorant tehničkih nauka na mašinskom fakultetu u Sarajevu. U slobodno vrijeme bavi se amaterskom astronomijom i astrofotografijom.