

# Sunčev sustav

---

**Jurašek, Kristina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Teacher Education / Sveučilište u Zagrebu, Učiteljski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:147:178665>

*Rights / Prava:* [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-29**

*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb Faculty of Teacher Education - Digital repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
UČITELJSKI FAKULTET  
ODSJEK ZA UČITELJSKE STUDIJE**

**KRISTINA JURAŠEK  
DIPLOMSKI RAD**

**SUNČEV SUSTAV**

**Zagreb, veljača 2020.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
UČITELJSKI FAKULTET  
ODSJEK ZA UČITELJSKE STUDIJE  
(Zagreb)**

**DIPLOMSKI RAD**

**Ime i prezime pristupnika: Kristina Jurašek  
TEMA DIPLOMSKOG RADA: Sunčev sustav**

**MENTOR: izv. prof. dr. sc. Marko Čaleta**

**Zagreb, veljača 2020.**

## ZAHVALA

Zahvaljujem roditeljima i bratu na podršci, razumijevanju i strpljenju kroz cijelo moje školovanje koje je završilo studijem na Učiteljskom fakultetu u Zagrebu. Hvala vam za pomoć koju ste mi pružili uvijek kada mi je bila potrebna.

Posebno zahvaljujem svojoj majci koja je bila uz mene kad god sam trebala podršku i snagu da se borim dalje. Hvala ti, mama, što si mi davala *vjetar u leđa* svaki put kad sam htjela odustati i onda kada mi je bilo najteže.

Zahvaljujem svome suprugu i njegovim roditeljima koji su uvijek bili tu da me bodre, kao i svim svojim prijateljima, prijateljicama i kolegicama koje su mi pomagale kroz studij.

Također zahvaljujem svome mentoru, izv. prof. dr. sc. Marku Čaleti na stručnim savjetima i vodstvu pri izradi ovog diplomskog rada.

Hvala svima na Učiteljskom fakultetu koji su proširili moje znanje i pomogli mi da steknem kompetencije koje će mi koristiti u budućem radu.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	4
2. POVIJEST ASTRONOMIJE.....	5
3. KAKO JE NASTAO SVEMIR? .....	8
3.1. Galaksije .....	10
3.2. Mliječna staza .....	12
4. NASTANAK SUNČEVA SUSTAVA .....	14
4.1. Sunce.....	16
5. PLANETI.....	20
5.1. Merkur.....	21
5.2. Venera.....	24
5.3. Zemlja .....	27
5.3.1 Mjesec .....	32
5.4. Mars .....	36
5.5. Jupiter.....	40
5.6. Saturn .....	44
5.7. Uran.....	48
5.8. Neptun.....	53
6. KUIPER-EDGEWORTHOV POJAS .....	56
7. OORTOV OBLAK .....	60
8. ZAKLJUČAK .....	63
9. LITERATURA .....	64

## **Sažetak**

U prvom će se dijelu rada ukratko razložiti najvažnije točke iz povijesti astronomije, zatim će biti riječi o nastanku svemira. Potom će biti pisano o nastanku galaksija koje su sačinjene od zvijezda od kojih je velik broj formirao svoje sustave.

Na taj će se način doći do Sunčeva sustava, formacije gdje je žuti patuljak nazvan Sunce formirao svoj sustav planeta, satelita, svemirskog kamenja i prašine.

Zatim će biti izneseno nekoliko informacija o Suncu i o promjenama koje se zbivaju na njemu i u njegovoj unutrašnjosti.

Planeti su neizostavan dio Sunčeva sustava pa će biti riječi o svakom planetu pojedinačno i o njihovim satelitima. Plinoviti divovi Sunčeva sustava imaju više satelita pa će se u tim slučajevima pisati samo o najvećim i najpoznatijim mjesecima.

Iza Marsove putanje postoji pojas svemirskog kamenja nepravilnog oblika nazvan asteroidni pojas koji dijeli unutarnji od vanjskog dijela Sunčeva sustava i o njemu će biti pisano u poglavlju *Planeti* uz planet Jupiter.

Nakon što se opišu planeti vanjskog Sunčeva sustava pisat će se o Kuiperovu pojasu i Oortovu oblaku, krajnje granice Sunčeva sustava, te će biti nekoliko riječi o kometima i meteorima.

**Ključne riječi:** Sunce, planeti, sateliti

## **Summary**

In the first part of the work the history of astronomy will be shortly explained and further it will be written about the formation of the space. Then, it will be written about the formation of the galaxies which are consisted from stars which have created their own systems.

Further, some information about the formation of the Solar System are going to be discussed. It will be written about the Sun – yellow dwarf star which has formed its system made of planets, its satellites, space rocks and dust, and about changes which are happening on its surface and in its interior.

The planets are infallible part of the Solar System, so every planet is going to be discussed in particular with its satellites. The gas giants of the Solar System have a great number of the satellites, so it is going to be shortly written just about the most known.

There are also asteroids behind the Martian orbit which divide interior and external Solar System.

At the end the Kuiper belt and the Oort cloud are going to be discussed as an utmost boundary of the Solar System.

**Key words:** Sun, planets, satellites

## 1. UVOD

Sunce je, kao izvor života na Zemlji, oduvijek privlačilo pažnju ljudi koji su se u davna vremena po njemu ravnali. Sunce je bilo zaslužno za količinu usjeva, što je ljudima značilo hranu, kontroliralo je količinu vode na Zemlji, određivalo vremenske prilike i dr. Čovjek je prema Suncu oduvijek iskazivao određenu dozu strahopoštovanja.

Kroz povijest su se nizale različite teorije o tome što je Sunce zapravo i kako je moguće da ima toliki utjecaj na čovjeka. Razvojem astronomije, došlo se do zaključka kako je Sunce zvijezda najbliža Zemlji, te kako oko njega kruži još sitnih komadića sličnih Zemlji koji su nazvani planetima jer su prvim astronomima djelovali kao da lutaju po nebeskom svodu. Taj je sustav kamenih i plinovitih kuglastih komadića zajedno sa Suncem nazvan Sunčev sustav.

Kasnije su se otvorila nova pitanja: kako je nastao svemir, tko ga je stvorio, je li možda nastao sam od sebe, koliko je velik i koliko još ima nepoznatih svojstava? Odgovori na ta pitanja i danas nisu do kraja istraženi, no znanstvenici svaki dan nastoje doći do ispravnog odgovora te približiti čovječanstvu barem blisko svemirsko susjedstvo, a to je Sunce sa svojim planetima i njihovim satelitima, asteroidima koji su također sastavni dio njegovog sustava, ali i kometima koji kruže oko Sunca na velikoj udaljenosti iza Plutona, koji povremeno dolaze u *posjet* unutrašnjosti Sunčeva sustava.

Možda će čovječanstvu u razumijevanju Zemlje pomoći saznanja o drugim planetima i njihovim prirodnim satelitima...



## 2. POVIJEST ASTRONOMIJE

Čovjeka je oduvijek zanimalo što predstavljaju svijetle točke na nebu kada Sunce nestane s obzora. Povijest promatranja zvijezda, planeta i pojava koje su se na nebu zbivale seže u davnu prošlost čovječanstva. „Ljudi na Zemlji, našeg intelektualnog razvoja, promatraju nebo već 25 tisuća godina“ (Hoyle, 2005, str. 70). Ljudi koji su pripadali starim civilizacijama noćno su nebo promatrali kako bi se lakše orijentirali u prostoru, kako bi konstruirali prve kalendare koji su im pomagali da se orijentiraju u vremenu. Osim toga su zvijezde i tada poznate planete koristili i u ezoterične svrhe: za predviđanje budućnosti, rituale i sl.

Astronomijom su se bavili i drevni Egipćani, Indijci, Kinezi i druge stare kulture, no glavna mjesta drevne astronomije bila su u Mezopotamiji, što se ponajprije odnosilo na Babilon jer o promatranju neba od strane Sumerana nema dovoljno podataka, te u staroj Grčkoj. U antičko su se doba astronomi uglavnom bavili promatranjem položaja nebeskih tijela pa su u Mezopotamiji veliku pozornost pridavali položaju Mjeseca većinom zbog vjerovanja i kulturnih zbivanja koja su bila povezana s tim nebeskim tijelom, ali i planeta, dok su Grci više vjerovali u savršenost geometrije koju su primijenili i na nebeski svod došavši do svih zaključaka čistom logikom (Hoyle, 2005).

U antici su se astronomi veoma bavili pojmom oblika planeta Zemlje. Bez teleskopa, mogli su nagađati i o obliku i stvarnoj veličini zvijezda. Jedno je sigurno: nisu znali ono što mi znamo danas. Grčki filozof Tales mislio je da je Zemlja ravna ploča, no njegov se učenik Anaksimandar nije slagao s tim zaključkom. On je, naime, smatrao da je Zemlja cilindričnog oblika te da je na vrhu zaobljena i okružena šupljom kuglom ispunjenom zvijezdama. Tek se grčkom matematičaru Pitagori pripisuje ideja da je Zemlja okrugla (Hoyle, 2005).

Promatrajući kretanje nebeskih tijela u antici, astronomi su zaključili kako se sva ta tijela okreću oko Zemlje koja se nalazi u centru svemira, a tu je tezu prvi postavio Hiparh (Hathaway, 1999). „Dva je stoljeća kasnije Aristarh Samljanin izračunao da je Sunce veće od Zemlje te zaključio da se Zemlja, kao manje tijelo, vjerojatno vrti oko Sunca. Astronomi su po toj ideji prtljali čitavo stoljeće, da bi je naposljetku odbacili“ (Hathaway, 1999, str. 42). Kasnije je ipak Ptolomej utemeljio geocentrični sustav sa Zemljom u središtu Svemira prema kojem su astronomi i dalje mogli

predviđati kretanje planeta te je njegov model bio toliko prihvaćen da je potrajao više od tisuću godina nakon njegove smrti (Lang, 2003).

Astronomija dobiva ogroman zaokret otkrićem prvog teleskopa 1609. godine kada je „genijalni Firentinac Galileo Galilei prvi uperio teleskop prema nebu“ (McNab i Younger, 2000, str. 11). Galileo je poznao prvih šest planeta Sunčeva sustava koji su bili poznati i drevnim narodima iz vremena antike. Njegova „promatranja, koja danas svatko može ponoviti običnim dalekozorom, uništila su vjerovanje staro dvije tisuće godina o središnjem položaju Zemlje u svemiru“ (Staguhn, 2002, str. 16, 17).

Astronomi su promatranjem gibanja nebeskih tijela došli do zaključka da se neki planeti gibaju retrogradno. Tu je tezu također razmatrao Nikola Kopernik koji je „shvatio da se, kad bi Zemlja zaista bila središte tog sustava, nijedan planet nikad ne bi gibao natraške. Isto tako, kad bi se Venera i Merkur okretali oko Zemlje, povremeno bi se morali udaljiti od Sunca – što se nikada ne događa“ (Hathaway, 1999, str. 46).

„Kopernik je pokazao da je prividno gibanje planeta zapravo iluzija. Do nje dolazi zato što planeti obilaze Sunce na različitim udaljenostima. Zbog toga Zemlja svako malo „prestigne“ planet udaljeniji od nje same te nam se pritom čini da se on giba natraške, baš kao što nam se iz brzoga vlaka, koji prolazi kraj sporog, čini da se spori vlak vraća, iako se oba vlaka gibaju u istome smjeru“ (Hathaway, 1999, str. 47).

Grci su vjerovali kako je sve što postoji savršeno i stoga geometrijski pravilno. Njihova vizija gibanja nebeskih tijela bila je kretanje po pravilnim kružnicama (Hoyle, 2005). No, putanje planeta ipak nisu pravilne kružnice, već više nalikuju elipsama. Godine 1609. Johannes Kepler postavio je svoja dva zakona o gibanju planeta. Prvi njegov zakon glasi: „svi planeti se gibaju oko Sunca po elipsama i Sunce je u jednom od žarišta tih elipsa“ (Keplerovi zakoni, *Hrvatska enciklopedija*). Drugi njegov zakon kaže da se brzina planeta tijekom njegova kretanja oko Sunca mijenja, tj. brže se giba što je bliže Suncu i sporije što je od Sunca dalje (Keplerovi zakoni, *Hrvatska enciklopedija*). Na taj je način Johannes Kepler pobio grčko uvjerenje kako su putanje planeta savršene kružnice.

Isaac Newton je sljedeća ličnost koja je dala izvanredan doprinos astronomiji, a svoje zakone temelji na Keplerovim zakonima. „Teorija gravitacije započinje 1687. godine kada je Newton objavio svoje glavno djelo *Matematička načela prirodne filozofije*“

(„Galaksija“, 2015). No, prije Newtona su brojni astronomi slutili da mora postojati svojevrsna sila koja sve što postoji drži na jednome mjestu.

„Da je gibanje planeta oko Sunca uvjetovano privlačenjem Sunca, naslućivao je već Johannes Kepler (1571.-1630.), no on je mislio da bi ta sila trebala biti obrnuto proporcionalna s udaljenošću. Da je gravitacijska sila obrnuto proporcionalna s kvadratom udaljenosti, izreklo je više znanstvenika prije Newtona, posebno je Robert Hooke (1635.-1703.) u jednom pismu predstavio Newtonu i prije nego što je 1687. objavljen Newtonov zakon gravitacije. Tek je Newton to dokazao i utvrdio istovjetnost sa Zemljinom gravitacijom“ („Galaksija“, 2015).

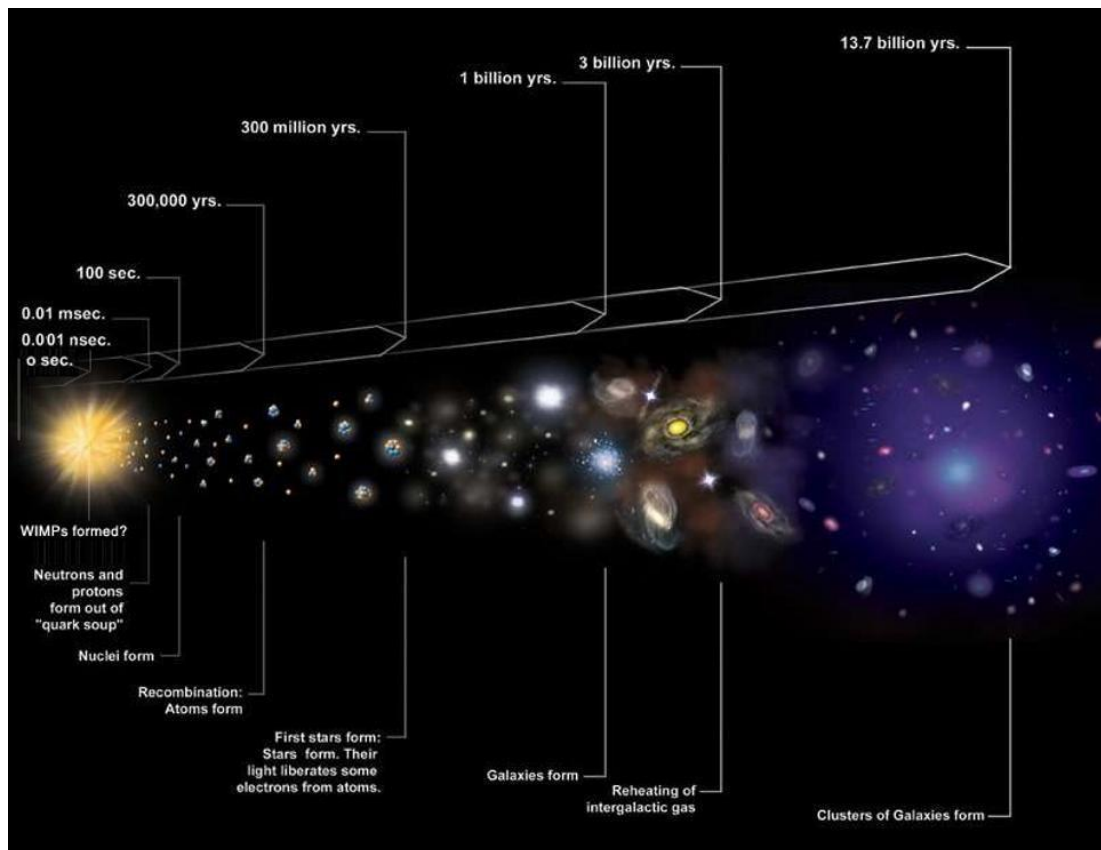
Stoga se upravo Newtonu pripisuje otkriće sile gravitacije. „Njegovo najveće postignuće bilo je povezivanje nekoliko otkrića tadašnjeg vremena: Galilejevih zakona o gibanju tijela, Galilejevih teleskopskih opažanja i postojećih zakona o gibanju tijela“ (Staguhn, 2002, str. 17).

Daljnjim proučavanjima svemira najviše je pridonio razvoj teleskopa koji su bili sve snažniji, ali i svemirskih sonde koje su omogućile detaljnije spoznavanje svjetova Sunčevog sustava.

### 3. KAKO JE NASTAO SVEMIR?

Postoje mnoge različite torije koje nastoje objasniti na koji je način nastalo sve što danas postoji, uključujući kompletan svemir. Kozmolozi iz židovske, kršćanske i muslimanske tradicije u određenom broju primjera navode kako je svemir nastao prije ne tako davnog vremena (Hawking, 2009). „Jedan od argumenata u prilog takvom početku bio je osjećaj da je nužno imati početni uzrok kojim bi se objasnilo postojanje svemira“ (Hawking, 2009, str. 18). Sveti Augustin se prilikom svog nastojanja da objasni postanak svemira oslonio na Stari zavjet. On se osim toga oslonio na civilizaciju tog vremena koja mu se učinila nedovoljno razvijenom kako bi prihvatio drugačiji način mišljenja, ne oslanjajući se na Svetu knjigu jer mu se učinilo gotovo nevjerojatnim da je svemir stariji od 5000 godina upravo zbog nedovoljne razvijenosti civilizacije (Hawking, 2009). „Kao doba stvaranja svemira, sveti Augustin je prihvaćao vrijeme oko 5000. godine prije Krista, u skladu s Knjigom postanka“ (Hawking, 2009, str. 19). Osim toga, stari Grci smatrali su da svemir nema starost: ljudi i ljudska rasa postoje oduvijek i postojat će zauvijek. Razlog njihova takvog shvaćanja bila je jednostavnost prihvaćanja da sve jednostavno postoji jer im se, da nisu tako razmišljali, nametalo postojanje nadnaravne sile koja je sve stvorila što im se učinilo previše jer je stvaranje svega što postoji ogroman posao za stvoritelja (Hawking, 2009).

Promjena u razmišljanju o stvaranju svemira počela se zbivati pojavom teleskopa, što je naročito utjecalo na Edwina Hubblea. On je proučavanjem objekata u svemiru pomoću teleskopa uočio da se oni međusobno udaljavaju jedan od drugoga u svim smjerovima velikom brzinom što ga je dovelo do zaključka da su svi ti objekti nekada davno bili puno bliže nego što su sada (Hawking, 2009). Teorija je nazvana *Veliki prasak* i danas je najprihvaćenija od svih teorija postanka svemira (Slika 1). Pretpostavlja se da se to dogodilo prije 13-14 milijardi godina.



Slika 1. *Postanak svemira* (preuzeto iz: Infobit, *How The Universe Works Host*, URL: <http://www.infobit.co/how-the-universe-works-host.html>)

Na početku vremena prostor je bio sabijen u vrlo malenu česticu koja je u sebi sadržavala sve što danas postoji pa i sile koje su se tek kasnije odvojile i počele djelovati svaka na svoj način. Ta je pračestica bila nabijena iznimnom gustoćom te je unutar nje temperatura bila nevjerovatno visoka. Hlađenjem usijanog svemira počinju djelovati fizikalni zakoni, pojavljuju se kvarkovi „gibanje slobodnih elektrona dovoljno se usporilo da ih jezgre privuku iz juhe i tako sagrađe atome vodika, helija i litija, tri najlakša elementa“ (Tyson i Goldsmith, 2008, str. 22). Ovi elementi su izgradili zvijezde, a u njima su se termonuklearnim procesima razvili drugi elementi, teži od prethodna tri navedena, koji danas izgrađuju planete, asteroide, komete i drugu materiju osim zvijezda (Tyson i Goldsmith, 2008).

Kontakti prvih pračestica bili su nevjerovatno brzi te se njihovim međudjelovanjem postupno stvarala sva materija. Tim je česticama visoka temperatura davala iznimnu energiju i zato su bile tako brze. No, hlađenjem svemira i čestice su se usporile pa s njima i njihovo međudjelovanje. Materija koja je nastala u tim međudjelovanjima počela se odvajati i sve više širiti. To je, naime, samo teorija koja se temelji na

pretpostavkama. Nitko sa sigurnošću ne može reći kako je zapravo svemir nastao i koliko je stvarno star, postoji li oduvijek ili je nastao u nekom određenom trenutku vremena.

Znanstvenici navode primjer malene čestice u kojoj je bila sabijena sva materija i energija koja danas postoji u svemiru, ali nitko nije otkrio prošlost te pračestice koja je jednom davno u prošlosti eksplodirala i nitko ne zna razlog zašto je uopće došlo do eksplozije i širenja svemira. No, isto tako se rodila i teorija o tzv. *Velikom stisku* koji čeka svemir nakon određenog vremena; kada se materija više ne bude mogla širiti, početak će se sažimati natrag u jednu točku, vjerojatno onu iz koje je sve i počelo.

Promatranje galaksija koje se međusobno udaljavaju jedna od druge, navodi znanstvenike da vjeruju u teoriju Velikog praska, no i dalje sve ostaje samo na *vjerovanju* jer je postanak svemira gotovo nemoguće ispitati i istražiti.

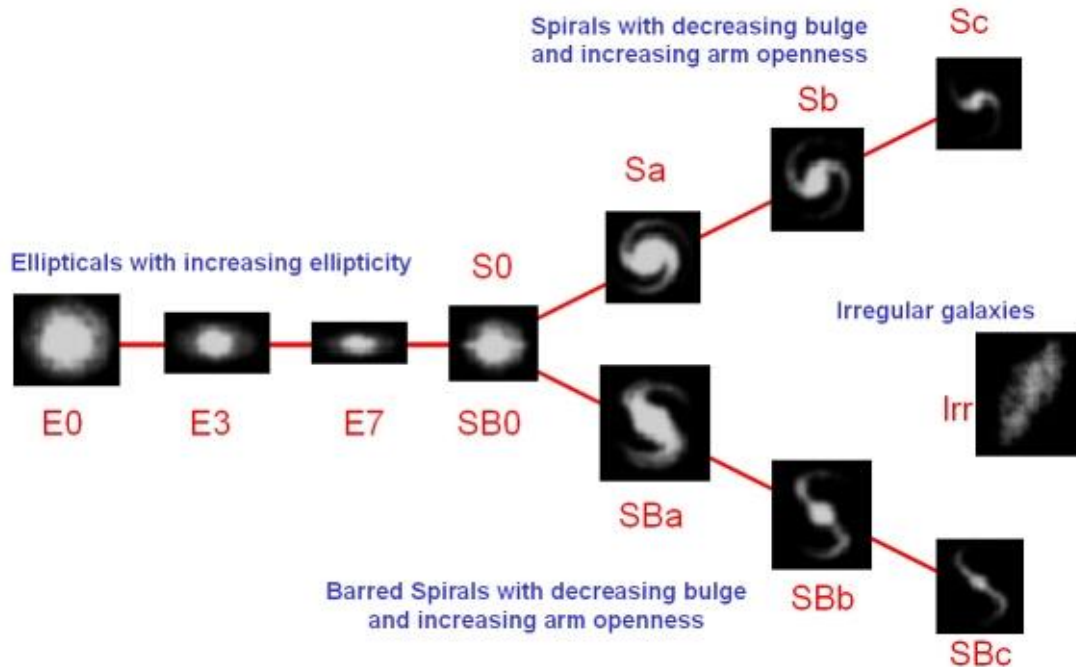
„Nema fizičke nužnosti za početak. Moguće je zamisliti da je Bog stvorio svemir u doslovno bilo kojem trenutku u prošlosti. S druge strane, ako se svemir širi, možda postoje fizički razlozi za postojanje početka. I dalje se može vjerovati da je Bog stvorio svemir u trenutku Velikog praska. Mogao ga je stvoriti i kasnije, ali tako da izgleda kao da je postojao Veliki prasak. No, bilo bi besmisleno pretpostaviti da je stvoren prije Velikog praska. Svemir koji se širi ne isključuje Tvorca, ali postavlja ograničenja u pogledu toga kada je On mogao obaviti taj posao“ (Hawking, 2009, str. 20).

### 3.1. Galaksije

Predivni, najčešće spiralni oblici, nazvani još svemirskim otocima, sastavljeni od mnoštva zvijezda i zvjezdane prašine koji se polagano vrte oko svog središta nazivaju se galaksijama. Galaksija je zvjezdani skup nevjerojatne veličine s tako velikim međusobnim razmakom zvijezda da pojam *skup* posve gubi smisao (Staguhn, 2002). „Između galaksija prostor je prazan, u njemu nema zvijezda“ (Staguhn, 2002, str. 38). Kako je prostor unutar galaksija većinom ispunjen prazninom, a i prostor izvan galaksije, može se reći da je većina svemira zapravo prazan prostor.

Postoje različiti oblici galaksija. Primjeri tih oblika nalaze se na Slici 2. „Većina galaksija, njih otprilike 60 posto, imaju oblik plosnatog diska, sa spiralno omotanim krakovima i kuglasto zadebljalom jezgrom u kojoj su zvijezde gušće zbijene negoli u vanjskim dijelovima“ (Staguhn, 2002, str. 39). „Hubble je sve galaksije podijelio u

četiri kategorije: eliptične, spiralne, polužne spiralne i nepravilne. Nepravilne su asimetrične, često patuljaste, čiju je početnu građu poremetila gravitacijska sila susjednog sustava ili galaksije u prolazu“ (Hathaway, 1999, str. 309).



Slika 2. Klasifikacija galaksija (preuzeto iz: Cosmos – The SAO Encyclopedia of Astronomy, URL: <http://astronomy.swin.edu.au/cosmos/H/Hubble+Classification>)

Galaksije se mogu povezivati i u skupove od po nekoliko galaksija koje ne moraju nužno biti istog oblika. Skupovima galaksija imenuju se skupovi od deset i više galaksija. Međusobno povezani skupovi galaksija tvore jata galaksija koja broje tisuće galaksija, dok se jata povezuju u superjata galaksija koja broje još više galaksija (Staguhn, 2002). „Ona se svrstavaju, kao da se nalaze na kozmičkim nitima, u mrežaste ili sačaste ustroje“ (Staguhn, 2002, str. 41). Djelovanjem sile gravitacije na galaksije koje su u skupovima, može doći i do njihovog međusobnog sudaranja. Sudaranje galaksija ne mora nužno imati katastrofalne posljedice. Unutar svake galaksije ima toliko praznog prostora da je gotovo nemoguće da se npr. dvije zvijezde prilikom sudara galaksija sudare. Jedini problem može predstavljati snažnija sila gravitacije koje djeluje između galaksija koje se međusobno stapaju pa se stoga ubrzava brzina njihovog stapanja pri čemu raste temperatura. U trenutku dodira jedne galaksije s drugom može doći do *otpuhivanja* zvjezdane prašine obiju galaksija te

ona može izgubiti ogromnu količinu energije te pritom postati *mrtva* galaksija. „Međutim, takav sudar traje milijunima godina“ (Staguhn, 2002, str. 40).

### 3.2. Mliječna staza

Galaksija u kojoj se nalazi Sunce i planeti koji kruže oko njega naziva se *Mliječna staza*. Ponegdje se također može pronaći i naziv *Kumova slama*. Mliječna staza je poluzna spiralna galaksija čiji promjer iznosi približno 100 000 godina svjetlosti (Vujnović, 1997b). Svaka galaksija ima svoje središte, a osim središta, neke galaksije imaju i krakove, ovisno o njihovoj građi. Takva je i Mliječna staza. Sunce i Sunčev sustav nalaze se u jednom od krakova ove spiralne galaksije. Mliječnoj stazi treba od 225 do 240 milijuna godina da se okrene oko svog središta, što znači da isto toliko vremena treba i Suncu da se okrene oko središta galaksije (Staguhn, 2002).

Svaka galaksija, pa i Mliječna staza, ima svoje središte koje sadrži milijarde starih zvijezda. To središte, odnosno jezgra galaksije, najsjajniji je njezin dio. Neki astronomi zastupaju mišljenje da se unutar te jezgre nalazi crna rupa. Dr. Stephen Hawking veliki je dio svog istraživačkog opusa posvetio upravo tom fenomenu. Nitko sa sigurnošću ne zna postoji li doista crna rupa u središtu Mliječne staze, niti bilo koje druge galaksije zbog toga što su one nevidljive. Može se uočiti samo njihovo djelovanje. Zna se samo da crne rupe nastaju kada se zvijezda uruši sama u sebe; to se ujedno naziva i smrt zvijezde. Tada na tom mjestu nastane veliko energetska zračenje te se na taj način i otkrilo njihovo postojanje. Astronomi su otkrili da u jezgri naše galaksije postoji takvo zračenje te je zato stvorena pretpostavka o postojanju crne rupe u središtu Mliječne staze. Teorija da svaka galaksija ima crnu rupu u središtu polazi vjerojatno od toga što se ta pretpostavka odnosi i na Mliječnu stazu koja je također galaksija, a pretpostavlja se da su sve galaksije vjerojatno istog porijekla.

„Astronomi su dosad otkrili četiri spiralna kraka što se odmotavaju od jezgre. Svaki je od njih dobio ime po dominantnom zvijezdu u kojem se najbolje vidi, pa tako imamo Perzejev, Centaurov, Strijelčev i Orionov krak, u kojem se smjestio i Sunčev sustav, na nekih 28 000 godina svjetlosti od jezgre“ (Hathaway, 1999, str. 313).



Sunce je samo jedna zvijezda prosječne veličine, a Galaksija sadrži oko „100 milijardi zvijezda“ (Staguhn, 2002, str. 38) te se svake godine rađaju nove zvijezde koje oko sebe vjerojatno grade planetne sustave slične Sunčevom sustavu. „Nastanjujemo tek prosječno mali planet u sustavu prosječnog sunca koje se nalazi u vanjskim dijelovima prosječne galaksije koja je dio prosječnog skupa galaksija“ (Staguhn, 2002, str. 16). Tko zna koliko još sunaca postoji unutar Mliječne staze koja su stvorila svoje sustave? A gdje su tek preostale galaksije?! Možda negdje u dubokom svemiru postoji sustav sličan našem Sunčevom sustavu...

#### 4. NASTANAK SUNČEVA SUSTAVA

Jedna od najvećih misterija Sunčeva sustava koje znanstvenici pokušavaju otkriti jest njegova starost. Vječno je pitanje kada je i kako nastao Sunčev sustav, koliko je doista star, koja je prava povijest Zemlje i sl. Znanstvenici danas starost Sunčeva sustava procjenjuju na 4,6 milijardi godina (National Aeronautics and Space Administration, 2009).

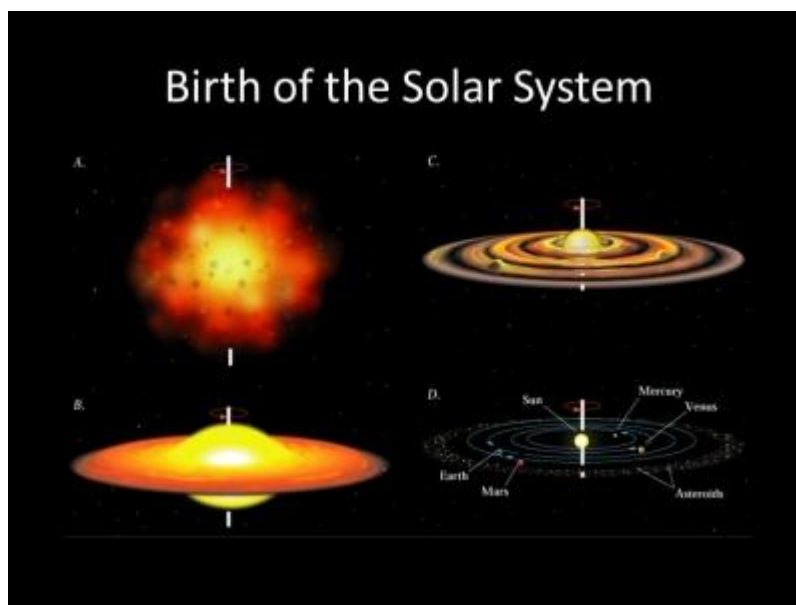
Dugo su se vodile polemike oko nastanka Sunčeva sustava. Promatranjem svemirskih dubina, astronomi su otkrili da iz svemirske prašine nastaju zvijezde. Takve su oblake prašine nazvali rodilištima zvijezda. Zabilježeno je više takvih slučajeva pa je analogno tim promatranjima zaključeno kako je i Sunce također rođeno na identičan način.

„U unutrašnjosti takvih zvijezda, s masom približno deset puta većom od Sunčeve, postojali su dovoljno visoki tlakovi i temperature da procesom nukleosinteze nastanu elementi teži od vodika, računajući tu i one kojih su izgrađeni planeti i život na njima. Ti elementi bili bi za nas beskorisni da su ostali u unutrašnjosti zvijezda. Ali zvijezde velike mase završavaju svoj životni vijek u eksplozijama, rasipajući galaktikom svoju kemijski bogatu unutrašnjost“ (Tyson i Goldsmith, 2008, str. 23).

Teži elementi postoje u svemiru zahvaljujući upravo zvijezdama. One u svojoj unutrašnjosti generiraju ogromnu silu energije koja cirkulirajući kroz zvijezdu, neprestano s njezine površine izbacuje elemente složenije od vodika, helija i litija koji su prethodno nastali unutar zvijezde. Međusobnim spajanjem tih osnovnih elemenata nastali su svi ostali kemijski elementi koji su poznati: „uz prikladnu temperaturu, gustoću i tlak jedna zvijezda može pretvoriti vodik i helij u sve druge elemente periodnoga sustava“ (Tyson i Goldsmith, 2008, str. 143).

Najveća koncentracija težih elemenata u svemiru je mjesto na kojem se dogodila eksplozija zvijezde, odnosno pojava tzv. supernove. Dok zvijezda živi, ona postupno od sebe odašilje teže kemijske elemente, no prilikom njezina raspada nestaje te postupnosti pa dio svemira u kojem je eksplodirala, zvijezda ispunjava velikom koncentracijom težih elemenata. Supernove su spektakularne pojave koje se događaju izuzetno rijetko, a jedna takva pojava zabilježena je davne 1054. godine od strane kineskih, japanskih i indijskih promatrača, čiji su ostatci i danas vidljivi u obliku maglice Rakovica.

Promotri li se pažljivo oblik Sunčeva sustava, vrlo će se jednostavno dati primijetiti da je on plosnatog oblika. Pogleda li se Sunčev sustav iz veće udaljenosti pri čemu bi nam položaj bio iznad Sunca, jasno bi se vidjelo kako sva tijela kruže oko Sunca u smjeru suprotnom od kazaljke na satu, osim Venere i Tritona (Neptunova satelita), po svojim gotovo kružnim putanjama u ravnini ekliptike. Zanimljivo je za primijetiti kako i gotovo svaka galaksija u svemiru ima takav oblik-plosnati vrtložni oblak koji se sastoji od zvijezda, plina i svemirske prašine u čijem se središtu nalazi nabrekli svijetleći oblak.



Slika 3. *Rođenje Sunčevog sustava*, (preuzeto iz: *Origins of the Solar System*.

*Origins of the Solar System: My Science School*, URL:

<http://myscienceschool.org/index.php?/archives/3999-ORIGINS-OF-THE-SOLAR-SYSTEM.html>)

Danas znanstvenici pretpostavljaju da je početak života Sunčeva sustava izgledao upravo tako: u centru se razvila zvijezda Sunce, a oko njega su se od ostataka plina i prašine razvili mali grumeni kamenja, tzv. planetezimali koji su, kao i nekada plin i prašina, nastavili kružiti oko središta, odnosno sada već rođenog Sunca (Slika 3). „Formacija većih stjenovitih planeta Sunčeva sustava dogodila se sudarom manjih asteroidnih tijela“ (Pfalzner i sur., 2014, str. 5). „Pri tim se sudarima stvara i toplina; zbog toga se tvari tale, pa one teže (metalno željezo) tonu na dno, dok se lakše (oksidi aluminijska i silicija) dižu na površinu“ (Hathaway, 1999, str. 52). Na taj su

način nastale jezgre planeta. Daljnjim sudaranjem i taljenjem sitnih elemenata nastali su planeti Sunčeva sustava koje danas poznajemo.

#### 4.1. Sunce

Zvijezda koja nam se čini najvećom na nebeskom svodu i koja nam je ujedno i najbliža je naše Sunce. Zvijezda kojoj zahvaljujemo na reguliranju temperature, vode, života na Zemlji i na još mnogo čemu, jedina zvijezda u Sunčevom sustavu bez koje on ne bi niti postojao.

Sunce je jedna prosječna zvijezda koja se prema Hertzsprung-Russellovom dijagramu svrstava u žute patuljke i koja nije ni po čemu posebna u odnosu na druge zvijezde, osim što je, može se tako reći, naša.

Proučavajući Sunce, više će se naučiti o drugim zvijezdama jer su sve sazdane od istog materijala, a njihov se sjaj mijenja kako *stare*. Sunce se trenutačno nalazi na polovici svojega života i jednog će se dana, za otprilike 5 milijardi godina, pretvoriti u crvenog diva, tj. zvijezdu ogromnih dimenzija koja će se ili rasprsnuti u obliku supernove, ili će se smanjiti na veličinu bijelog patuljka. Bijeli patuljak „degenerirano je tijelo, ne veće od Zemlje, ali mase ravne Sunčevoj“ (Tyson i Goldsmith, 2008, str. 76).

Sunce je izvor svjetlosti i topline te bez njega ne bi bio moguć život na Zemlji. Mnogi su ga drevni narodi gledali kao božanstvo: klanjali su mu se i prinosili mu žrtve. Njegova je značajnost za čovječanstvo velika.

Naša je zvijezda izgrađena većinom od vodika i helija te, u manjem postotku, i drugih lakših elemenata periodnog sustava koji su trenutno poznati. U središtu se Sunca odvija proces termonuklearne fuzije prilikom kojeg se vodik pretvara u helij. „Oslobođena energija biva izračena sa Sunčeve površine u obliku elektromagnetskog zračenja i neutrina, te manjim dijelom kao kinetička i toplinska energija čestica Sunčevog vjetrova i energija Sunčevog magnetskog polja“ (Sunce, 2011). Znanstvenici su istražili kako Sunce ima nevjerojatno snažno magnetsko polje i kako je ono dodatno pojačano u područjima Sunčevih pjega. Općenito, „većina aktivnosti na Suncu rezultat je kompleksnog magnetskog polja“ (Scherrer, 2013, str. 6).

Sunce je vrlo slojevite građe, a u osnovi se može podijeliti na šest regija, a to su: jezgra, zona zračenja i zona konvekcije u unutrašnjosti zvijezde te vidljiva *površina*, odnosno fotosfera, kromosfera i korona, tj. dio koji se nalazi najdalje od jezgre i koji je vrlo lako uočljiv tijekom pomrčina Sunca (NASA, 2009).

Sunce zapravo nema jasnu površinu. Ono je sazdano od plina, točnije plazme (ioniziranog plina) zbog iznimno visokih temperatura u unutrašnjosti zvijezde, ali i na njezinoj *površini*.

Atmosfera je sazdana od fotosfere u kojoj se nalaze Sunčeve pjege, Sunčevi bljeskovi, odnosno baklje te granulasta građa koja je uočljiva kada se gleda u njegovu *površinu*. Iznad fotosfere nalazi se kromosfera koja je rjeđa od fotosfere i iz koje izbijaju Sunčeve prominencije, odnosno protuberance. To su ogromni izbačaji usijanog plina koji su vidljivi za potpune pomrčine Sunca i golim okom, a mogu se protezati i izvan korone, posljednjeg Sunčevog sloja. Za razliku od prominencija, Sunčeve su baklje nešto slabiji izbačaji plina koji se dižu s *površine* Sunca unutar kromosfere i nakon određenog vremena padaju natrag (Sunce, 2011).

„Zbog ekstremno visokih temperatura, tvar je u obliku plazme. Posljedica toga je da Sunce ne rotira kao čvrsto tijelo. Brzina rotacije je veća na ekvatoru, nego u blizini polova, zbog čega dolazi do iskrivljenja silnica magnetskog polja, erupcija plina sa sunčeve površine i stvaranja sunčevih pjega i prominencija (protuberanci). Ove pojave nazivamo sunčevom aktivnošću“ (Sunce, 2011).

Već spomenuta dva faktora, svjetlost i toplina, mogu varirati ovisno o pojavi Sunčevih pjega. Sunčeve pjege djeluju kao tamne točkice koje se pojavljuju na *površini* Sunčevog diska. Stari astronomi nisu znali što one predstavljaju pa su imali različita objašnjenja Sunčevih pjega. Primjerice, „Herschel je imao predodžbu o Suncu koja nam se danas čini potpuno besmislenom. Smatrao je da je unutrašnjost Sunca hladna, a da su pjege na Suncu mjesta gdje je vanjski ovoj vatre prekinut, što nam omogućava da vidimo tamnu kamenitu unutrašnjost“ (Hoyle, 2005, str. 185). No, Herschel nije među prvim astronomima koji su ugledali tu pojavu. Zasigurno su ju prije njega uočili Kinezi 28. godine prije Krista (McNab i Younger, 2000).

Promatrao ih je i Galileo Galilei te je prvi pobio dotadašnje vjerovanje kako su pjege dio Zemljine atmosfere. Osim toga, dokazao je kako niti Sunce nije savršeno i nepromjenjivo kako se tvrdilo u antici: pjege nastaju i nestaju te su različitih veličina. Danas se zna da su Sunčeve pjege dio njegove atmosfere, točnije dio njegove fotosfere. One predstavljaju područja nepravilnog oblika na Sunčevoj *površini* koja

su hladnija od ostatka površine, no što ih je više, to je veći broj bljeskova i prominencija koji ponekad mogu biti tako snažni da je moguće da na Zemlji dođe do ometanja električnih uređaja i telekomunikacijskih veza.

Ono što je još značajno spomenuti za Sunčeve pjege jest to da se njihova pojavnost mijenja; one nastaju i nestaju, a njihov maksimum i minimum se odvija tijekom jedanaestogodišnjeg ciklusa.

„Individualna pjega započinje svoj život, koji može trajati od jednog dana do nekoliko tjedana, kao mnogostruke male tamne mrljice. Zatim se ove mrljice zgusnu u tamnu pjegu, koja može iznositi desetke tisuća kilometara do stotine tisuća kilometara u promjeru. Pjege se obično pojavljuju u parovima, jedna je na zapadu, a druga na istoku“ (Hoyle, 2005, str. 228).

Sunčeve pjege izgledaju tamnije od ostatka *površine* zvijezde zato što zrače manju količinu svjetlosti i energije. Stvara ih Sunce svojom rotacijom. Već je ranije spomenuto kako Sunce ne rotira jednakomjerno zbog svog sastava. Na ekvatoru rotira brže nego na polovima, stoga se magnetske silnice ispod *površine* puno snažnije savijaju te konačno probijaju Sunčevu fotosferu, nakon čega opet poniru u dubinu Sunca. Na tim mjestima nastaju Sunčeve pjege (Hathaway, 1999).

Osim toga, Sunce mijenja i svoj polaritet svakih jedanaest godina. Nakon što nastanu, pjege ne miruju, već putuju od Sunčevih umjerenih *geografskih širina* prema ekvatoru gdje postižu svoj najjači intenzitet. Kada im brojnost dosegne maksimum, tada se Sunčeva korona toliko širi da dostiže razmjere ogromne snage i veličine. U tom slučaju postaje iznimno velika, a njezini se rubovi protežu toliko daleko da Sunce tada postaje gotovo neprimjetno u odnosu na nju. Korona postaje snažnija stoga što pjege dostižu svoj maksimum, a samim time su učestaliji i snažniji Sunčevi bljeskovi koji izbacuju enormnu količinu tvari u svemir.

Nakon što život Sunčevih pjegi pri ekvatoru završi, smanjuje se Sunčevo zračenje te počinje novi jedanaestogodišnji ciklus gdje Sunčevi polovi mijenjaju mjesta: gdje je dosad bio sjever, sada postaje jug i obrnuto.

Nakon opisanih tvorbi Sunčeve atmosfere također je važno spomenuti i heliosferu koja se može opisati kao „mjehur u međuzvjezdanom mediju formiran solarnim vjetrom najveća je trajna tvorba u Sunčevu sustavu“ (Scherrer, 2013, str. 5). Sunčev je vjetar tvorba koja je zaslužna za stvaranje predivnih prizora na polovima planeta

koje nazivamo *aurorama - borealis* ili *australis*, ovisno o tome na kojem se polu nalazi ili točnije:

„Sunčev vjetar je konstantan tok nabijenih čestica, većinom visoko nabijenim elektronima i protonima izbačenih iz viših slojeva Sunčeve atmosfere. Ove čestice mogu pobjeći Sunčevoj gravitaciji zbog njihove visoke kinetičke energije i visoke temperature korone“ (Scherrer, 2013, str. 8).

Sunce i dalje ostaje mistično premda je njegovo djelovanje već dosta istraženo. Kako bismo bili u potpunosti sigurni kako i na koji način ono funkcionira, morat ćemo pričekati neka buduća vremena u kojima će znanost toliko napredovati da će uspjeti izmjeriti, otkriti i dokazati sve dosadašnje nepoznanice.

## 5. PLANETI

Sunce je oko sebe formiralo sustav planeta koji su nastali međusobnim povezivanjem manjih čestica u veće. Veći kamenčići nazvani planetezimalima dalje su se povezivali tvoreći planete – Sunčeve vjerne pratioce.

Drevni astronomi su poznavali kretanje tih svijetlih točkica na noćnom nebu, ali nisu bili sasvim sigurni što one predstavljaju pa su ih stoga nazvali planetima što se sa starogrčkog jezika prevodi kao *lutalica*.

U antici je bilo poznato prvih šest planeta: Saturn je bio posljednji kojeg je antička astronomija poznavala. Do Galilea nije postojao teleskop pa su stari astronomi mogli bilježiti samo njihovo kretanje i njihove boje.

Planeti su se počeli drugačije proučavati tek s pojavom prvog teleskopa.

Danas astronomija poznaje osam planeta Sunčevog sustava. Prva četiri planeta najbliža Suncu (Merkur, Venera, Zemlja i Mars) nazvana su unutarnjim ili terestričkim planetima jer su krute strukture, a preostala četiri planeta (Jupiter, Saturn, Uran i Neptun) nazvana su plinovitim planetima (divovima) ili jovijanskim planetima. Ti su planeti većinom građeni od plina, a njihove unutrašnjosti predstavljaju jezgre od stvrdnutih metala.

Pluton je nakon svog otrića pa sve do 2006. godine bio deveti planet Sunčevog sustava, no iste je godine Međunarodna astronomska unija Pluton proglasila patuljastim planetom. U Tablici 1 navedene su razlike između planeta i patuljastih planeta.



Tablica 1. *Definicije planeta i patuljastog planeta: Međunarodna astronomska unija*

(preuzeto iz: The Solar System and its Planets, URL:

[https://www.noao.edu/staff/csalyk/AST101/presentations/Intro\\_to\\_SS.pdf](https://www.noao.edu/staff/csalyk/AST101/presentations/Intro_to_SS.pdf))

<b>PLANET</b>	<b>PATULJASTI PLANET</b>
Nalazi se u orbiti oko Sunca.	Nalazi se u orbiti oko Sunca.
Ima dovoljnu masu za stvaranje vlastite sile gravitacije te ima približno oblik kugle.	Ima dovoljnu masu za stvaranje vlastite sile gravitacije te ima približno oblik kugle.
Ima čisto susjedstvo oko vlastite orbite (nema drugih tijela).	Nema čisto susjedstvo oko vlastite orbite (postoje druga tijela).
	Nije satelit (mjesec).

Od 2006. godine do danas primjenjuju se ova pravila prilikom utvrđivanja je li novootkriveno tijelo kuglastog oblika u svemiru planet ili patuljasti planet.

S vremenom je snaga teleskopa narasla te astronomi sada raspolažu teleskopima kojima mogu proviriti i u druge zvjezdane sustave. Najzanimljiviji je svakako dio o potrazi za planetom sličnom Zemlji ili pak planetom na kojemu je moguć život. No tijekom istraživanja takvih planeta ili bilo kakvog objekta na kojemu bi mogao postojati život, znanstvenici, često slučajno, nailaze na očaravajuće prizore koji malo po malo otkrivaju nevjerojatnu čar svemira u kojemu živimo.

### **5.1. Merkur**

Prvi planet do Sunca, ujedno i najmanji od cijele Sunčeve obitelji jest Merkur. Vrlo ga je teško uočiti golim okom jer se vidi samo nekoliko minuta, gotovo na horizontu i to direktno pred izlazak ili pred zalazak Sunca. Kako je ovaj planet vrlo blizu Suncu, gotovo ga je nemoguće vidjeti bez teleskopa. „Oko Sunca se okreće na prosječnoj udaljenosti od 59 milijuna kilometara, što je manje od polovice promjera Zemljine orbite“ (Vujnović, 1997a, str. 15).

Merkur je jedan od šest planeta koji je čovječanstvu poznat još od antičkih vremena. Poznat je još od doba starih Sumerana, a stari su mu Grci nadjenuli dva imena: ujutro

je predstavljao Apolona, a uvečer Hermesa. No, Grci su znali da se radi o istom nebeskom objektu. Rimljani su ga nazvali Merkur, imenom kojim ga se i danas naziva, po bogu trgovine i putovanja (Crnogaća, 2006).

Ovaj maleni planet obiluje kraterima koji su vrlo gusto poslagani po njegovoj površini. Do otkrića svemirskih letjelica nije se znalo kako doista izgleda ovaj planet. Svemirska letjelica *Mariner 10* bila je prva svemirska letjelica koja je dospjela do Merkura i koja je poslala prve fotografije Merkurove, najvjerojatnije meteorima izbrazdane površine te je to bio još jedan dokaz kako su postojali udari meteora u ranoj povijesti Sunčeva sustava u unutrašnjem dijelu Sunčevog sustava (Launius, 2013). Slični se krateri nalaze i na Zemljinom prirodnom satelitu Mjesecu. *Mariner 10* Merkur je posjetio tri puta, a prvi puta je lansiran ožujku i u rujnu 1974., te ponovno u ožujku 1975. godine (Strom, 2007). Pri prvom posjetu ga je Venera svojom gravitacijom usmjerila na put prema Merkuru pa je tako do njega lakše stigao (Vujnović, 1999). Osim *Marinera 10* prema Merkuru je također bila lansirana letjelica *Messenger*, koja je u Merkurovu orbitu ušla u ožujku 2011. godine (Strom, 2007). Ova je letjelica pronašla tragove vode na polovima planeta, ali u obliku leda za kojeg se smatra da su ga na planet donijeli kometi iz dubine svemira. Osim toga, *Messenger* je detaljnije prikazao Merkurovu površinu (Scherrer, 2013).

Dan na Merkuru traje približno 59 zemaljskih dana, a za jedan okret oko Sunca treba mu 88 zemaljskih dana (Strom, 2007). Vrlo se brzo giba oko Sunca kako ga ono ne bi zarobilo svojom snažnom gravitacijom koja itekako djeluje na njega time što usporava njegovu rotaciju. Svojim brzim kretanjem oko Sunca, Merkur izbjegava svoj raspad pod utjecajem Sunčeve gravitacije.

Temperatura na Merkuru nije stalna i vrlo se teško može reći da je prosječna stoga što ona varira tijekom smjene dana i noći na planetu, a razlike su ogromne. Danju temperatura na površini Merkura može dosegnuti i do 467 °C, dok se noću može spustiti i na ekstremno niskih -183 °C (Strom, 2007). Ovako velika razlika u temperaturi moguća je zato što Merkur nema atmosferu koja bi ga štitila od visoke temperature Sunca te koja bi preko noći zadržavala toplinu na površini planeta. Točnije, Merkurova atmosfera, ako se uopće tako može nazvati, sastoji se od vodika, helija i kisika, dok se njezin vanjski sloj sastoji od neona, argona i ugljika (Strom, 2007). Toliko je rijetka da se uopće ne može reći da je ovaj planet ima. Upravo zbog toga svi plinovi koji postoje u Merkurovom zraku odlaze u svemir jer je njegova privlačna sila nedovoljno snažna kako bi zadržala oko planeta plinoviti omotač. To je

ujedno i razlog zašto na Merkuru nema tekuće vode (Vujnović, 1999). Da bi tekuća voda postojala mora također postojati i proces kruženja vode u prirodi koja je nemoguća bez atmosfere i složenih procesa u njoj. Dakle, unatoč neposrednoj blizini Sunca, ovaj planet ima ledenih površina na područjima koje sunčeva svjetlost nikada ne obasja zbog iznimno visokog, odnosno niskog reljefa nastalog udarima meteora, asteroida, kometa ili pak nekih drugih, manjih svemirskih kamenčića i ta su područja nevjerojatno hladna.

Merkur je planet sastavljen od stijena poput Zemlje, a jezgra mu se sastoji od nikla i željeza te zauzima skoro četiri petine promjera cijelog planeta pa ga se stoga smatra najgušćim planetom Sunčeva sustava. Nije sasvim sigurno je li jezgra planeta tekuća ili kruta, no znanstvenici pretpostavljaju da je tekuća stoga što Merkur ima vlastito magnetsko polje, kojeg Venera, Mjesec i Mars nemaju. Dokazano je kako vlastito magnetsko polje mogu stvoriti ona tijela koja imaju tekuću jezgru. Također je moguće da je Merkur uspio stvoriti magnetsko polje na račun svoje vrlo vruće površine koja je djelomično rastaljena zbog visokih temperatura (Hathaway, 1999). No, što je onda s Venerom? Venera, poput Merkura, na svojoj površini ima ekstremno visoke temperature, prema tome, i ona bi trebala imati vlastito magnetsko polje, ali ga nema. Stoga Merkur vrlo vjerojatno ima tekuću jezgru koja mu omogućava stvaranje vlastitog magnetskog polja.

Osim toga, smatra se da Merkurova gustoća potiče od načina njegova nastanka. Planet je, naime, nastao na onome mjestu gdje se i danas nalazi, dakle u neposrednoj blizini matične zvijezde, a prema nekim pretpostavkama nastao je sudarom dvaju tijela veličine Marsa te su se ostatci tih dvaju tijela tj. njihove guste jezgre, spojili u planet koji je danas poznat kao Merkur (Vujnović, 1999).

Sigurno je ostalo još mnogo toga neotkriveno o ovom malom planetu. Znanstvenici pretpostavljaju kako Merkur, s obzirom na to da nema atmosferu, čuva mnoge tajne o postanku Sunčeva sustava jer je njegova površina nepromijenjena od tog razdoblja. Ako nema atmosfere, nema ni kiša, ni vjetrova, ni snjegova. Možda će se u nekim budućim istraživanjima otkriti još neki neočekivani detalji o povijesti Sunčeva sustava koji se neće više temeljiti na nagađanjima.

## 5.2. Venera

Najblistavije nebesko tijelo iza Sunca i Mjeseca koje je vidljivo izjutra ili uvečer golim okom sa Zemlje jest Venera. U narodu je poznata kao zvijezda Danica ili zvijezda Večernjača, odnosno Večernja zvijezda, ovisno o tome u koje se doba dana pojavljuje. Ime je dobila po rimskoj božici ljepote (Skakelja, 2006a). To je veličanstven planet vrlo sličan Zemlji po gotovo svim značajkama, osim po uvjetima koji vladaju na njoj. U gotovo svakoj bibliografskoj jedinici može se pronaći pojam *Zemljina blizanka* ili *Zemljina sestra*. No, za razliku od Zemlje, Venera je vrlo negostoljubiva. Na tom planetu temperature dosežu i do 480 °C, a tlak je približno 90 puta veći nego na Zemlji (Skakelja, 2006a). Drugi je po redu planet, a ipak je toplija od Merkura. To je zato jer je Venera obavijena vrlo debelom, gustom atmosferom koja ne propušta Sunčevu toplinu natrag u svemir pa se stvara svojevrsan oblik efekta staklenika, samo što su temperature puno više od onih u zemaljskim staklenicima. Venera je toliko sjajna zbog svoje neprobojne atmosfere koja savršeno reflektira Sunčevu svjetlost.

Ovaj planet ima jedinstven način okretanja oko Sunca: kreće se retrogradno. Kada bi se promatrao dan na Veneri, Sunce bi izlazilo na zapadu, a zalazilo bi na istoku. Za jedan okret oko Sunca potrebno joj je 224,7 dana, dok jedan dan na Veneri traje 116,7 zemaljskih dana (Smrekar i Stofan, 2007).

Znanja o Veneri su bila iznimno oskudna sve do pojave svemirskih letjelica koje su mogle detaljnije prikazati planete prema kojima su poslone. „Dosad je prema Veneri upućeno tridesetak američkih i sovjetskih svemirskih letjelica“ (Fonović, 2009, str. 23). Prvih je nekoliko svemirskih sondi kobno završilo jer ih je snažan tlak na Veneri potpuno uništio. Na Veneri bi bilo nemoguće preživjeti što zbog iznimno visokih temperatura, što zbog negostoljubive atmosfere, kao i zbog nevjerojatno snažnog tlaka. Tlak na Veneri je toliko snažan da bi čovjeka mogao zgnječiti poput palačinke. Slično se dogodilo i s prvim letjelicama koje su se pokušale tamo spustiti pa su stoga znanstvenici razvili nove letjelice koje su se kasnije uspješno spustile ispod gustih oblaka i snimile Venerinu površinu. Prva takva letjelica bila je sonda *Venera 7* koja se neoštećena spustila na Venerinu površinu, ujedno i prva letjelica koja se spustila na površinu drugog planeta (Fonović, 2009). „Godine 1982. sonde *Venera 13* i *14* poslale su prve snimke u boji, te analizirale tlo i stijene. Fotografije i

analize kemijskog sastava prašine i stijena oko sletnog modula pokazala su sličnost materijala s vulkanskim kamenjem na Zemlji“ (Fonović, 2009, str. 24).

Već ranije spomenuta negostoljubiva Venerina atmosfera toliko je gusta i debela da je potpuno neprozirna. Točnije, debela je približno 30 km (Hunten, 2007). Bez svemirskih sondi koje su se probile kroz te guste sumporne oblake čovječanstvo danas ne bi poznavalo njezinu površinu. Osim toga, njezina iznimno debela atmosfera koja stvara efekt staklenika čini da je temperatura na cijelom planetu približno jednaka. „Atmosfera se sastoji od 96,5% ugljikovog dioksida s manjim količinama dušika, sumporovog dioksida, argona ugljikovog monoksida i vode. Oblaci su sastavljeni od 75% sulfatne kiseline i 25% vode“ (Smrekar i Stofan, 2007). Dakle, na Veneri su oblaci drugačijeg porijekla od oblaka na Zemlji. Sonde su otkrile kako su Venerini oblaci zapravo vrlo tanki i da više podsjećaju na maglu, ali su naslagani u tako debelom sloju da je površina iz svemira potpuno nevidljiva. Iz tih oblaka padaju kiše od sumporne kiseline koje ne dotiču tlo jer ispare prije nego li do njega dođu, što se događa zbog ekstremno visokih temperatura. Također, pronađena su područja gdje se događa neprestano električno pražnjenje u obliku munja (McNab i Younger, 2000).

Površina ovog planeta većinom je ravničarska, ali i bogata vulkanima, zbog čega Venera ima veoma mladu površinu. Vulkani su dijelom zaslužni za ovakvu atmosferu kakvu Venera ima danas, jer njihov velik broj znači gotovo neprestano izbacivanje lave na površinu planeta pa su zato i stijene koje postoje na planetu vulkanskog porijekla.

„Letjelice su također vidjele tvorevine kakvih na Zemlji nema – čudnovate kružne hrbate promjera do 300 kilometara u čijem se središtu nalazila ravnica iz koje je kuljala lava, ali bez stvaranja svojstvenoga vulkanskog čunja. Ta nova vrsta vulkanske tvorevine nazvana je 'korona' jer je, gledana odozgo, bila nalik kruni“ (McNab i Younger, 2000, str. 85).

Svemirska sonda *Magellan* je osim korona na Veneri pronašla i druge strukture kojima su geolozi bili očarani i trebalo im je nadjenuti nova imena, pa su tako otkrivene *palačinkaste kupole* ili *arahnoidi* (Skakelj, 2006a), koje se stvaraju i na Zemlji uzdizanjem mjehura magme, samo u daleko manjim promjerima, a osim njih geolozi su ostali bez daha pri prizorima nepreglednih vulkanskih ravnica. „Vulkanski su izljevi stvorili mrežu kanala, a najveći kanal dug je gotovo 7000 kilometara“ (Skakelj, 2006a). Ovaj planet obiluje vulkanskim elementima, zato nije čudno što

mu se često daje nadimak *pakleni planet*. Venera je sigurno, kao i preostala tri terestrička planeta, proživjela bombardiranje meteorima i drugim manjim svemirskim tijelima. Lava koja neprestano izvire iz unutrašnjosti usijanog planeta, svojim je neprestanim djelovanjem izgladila ožiljke koji su nastali bombardiranjem u dalekoj prošlosti kojih je zasad pronađeno 940 (Smrekar i Stofan, 2007).

Ispod površine Venere nisu pronađene tektonske ploče kao na Zemlji. „Najviše objašnjenja o tome zašto Venera nema razvijene tektonske ploče odnose se na činjenicu da na Veneri trenutno postoje vrlo male količine vode. Voda u atmosferi ekvivalentna je površinskom sloju debelom manje od 10 centimetara“ (Smrekar i Stofan, 2007, str. 150). Planet ima jezgru građenu od željeza čiji je radijus 3000 km (NASA, 2009). Venerina je kora mnogo mekša u usporedbi sa Zemljinom, te se smatra da je i to jedan od razloga nepostojanja tektonske aktivnosti na ovome planetu (Smrekar i Stofan, 2007).

Kako je pronađena struktura Venerine jezgre kada su se sonde, koje su se i uspjele probiti kroz debelu atmosferu i nevjerovatno snažan tlak, raspale na planetu nakon nekoliko minuta? O tome govore sljedeći citati: „Svih deset sondi (osam sovjetskih *Venera* i dvije *Vege*) koje su se dosad spustile na površinu Venere zajedno su radile ukupno samo 11 sati i 33 minute“ (Fonović, 2009, str. 25). „...primili su signal da se *Venera 9* spustila te da njezini sustavi još uvijek rade. Sad im je preostalo da 15 minuta napeto čekaju kako bi s površine susjednog planeta slika krenula prema matičnom brodu u kružnoj stazi koji će ju potom proslijediti na Zemlju“ (McNab i Younger, 2000, str. 77). Nevjerovatno je da su sonde uspjele načiniti dubinsku sliku Venerine unutrašnjosti, ili već na bilo koji način dokazati strukturu njezine jezgre. Kako Venera obiluje vulkanima koji neprestano izbacuju strukturu unutrašnjosti planeta na njegovu površinu, razumljivo je prihvatiti činjenicu da je otkriven sastav jezgre prema materijalu koji je pronađen na površini, no sasvim točno odrediti sastav jezgre ovog planeta gotovo je nemoguće zbog uvjeta koji na njemu vladaju. Još uvijek nisu razvijene svemirske letjelice s takvom tehnologijom koja bi mogla dugoročno izdržati pritisak kakav postoji na Veneri, stoga je teško računati s točnošću mjerenja. Jedino moguće prihvatljivo rješenje je kvalitetan izračun koji bi pomoću određenih matematičkih formula mogao iznjedruti neki rezultat, ali dok se mjerni instrumenti ne usavrše, teško će se doći do detaljnih podataka o unutrašnjosti planeta Venere.

Jednako tako, vjeruje se da je ovaj planet nekoć davno bio preplavljen vodenim površinama koje su s vremenom isparile zbog blizine Sunca, povećavanja temperature na planetu, stvaranja efekta staklenika i sl. Pretpostavka je vjerojatno nastala stoga što znanstvenici traže znakove života na drugim planetima u Sunčevom sustavu, uzimajući u obzir samo život koji je moguć u vodi. Na Veneri jesu pronađeni tragovi vode, ali samo u atmosferi pa se zato vjeruje kako je taj pakleni planet u svojoj davnoj povijesti bio sličan Zemlji. Venera je, uz Mars najviše promatran planet iz tog vidika. Je li ikada na Veneri postojao bazen tekuće vode, vjerojatno nikada nećemo saznati, ali će nova rješenja za detaljnija istraživanja ovog tajanstvenog planeta sigurno biti pronađena zahvaljujući napretku tehnologije.

### 5.3. Zemlja

Naš dragocjeni svijet, Zemlja, definitivno je najpoznatiji i najviše istraživani planet u Sunčevom sustavu, što nimalo ne čudi jer je dom ljudske vrste pa se čini i najjednostavnijim za istraživanje. No, to nije tako: Zemlja sigurno još uvijek krije mnoge nepoznanice do kojih se još nije doprlo, a možda će proći još puno vremena dok nam ovaj plavi svijet ne otkrije sve svoje tajne, mada su neke već otkrivene.

Zemlja je najveći planet unutarnjeg Sunčevog sustava i to je jedini planet za kojeg se sa sigurnošću može tvrditi da vrvi životom zahvaljujući nepreglednim vodenim površinama. Osim toga, jedini je planet čija se kora sastoji od tektonskih ploča koje su zaslužne za neprestano mijenjanje krajolika, jedini je planet čija atmosfera obiluje kisikom i čija površina buja životom na kopnu, u zraku i u moru. Ovaj planet promatran iz svemira izgleda veličanstveno: njegova debela atmosfera savršeno reflektira Sunčevu svjetlost pa Zemlja sjaji poput zvijezde i lako je uočljiva, a debele naslage vodenih površina daju joj plavičast odsjaj.

„Zemlja kruži oko Sunca na prosječnoj udaljenosti od 149,6 milijuna kilometara, astronomi tu jedinicu zovu astronomskom jedinicom (AJ). Gibajući se u neznatno izduženoj stazi brzinom od 29,78 km/s Zemlja obiđe Sunce za 365,26 dana. Oko svoje osi okrene se za 23 sata, 56 minuta i 4 sekunde. Prema ravnini ekliptike os je nagnuta 23°26', što je razlog izmjene godišnjih doba. Zbog sile stvorene rotacijom, Zemlja je malo spljoštena, njezin ekvatorski promjer od 12 756 km veći je od polarnog za 43 km. S prosječnom gustoćom od 5,52 g/cm<sup>3</sup> Zemlja je najgušći planet Sunčeva sustava“ (Fonović, 2009, str. 27).

U srcu planeta nalazi se jezgra od nikla i željeza te manjeg udjela sumpora. Podijeljena je na dva dijela: na unutarnju i na vanjsku jezgru. Unutarnja jezgra je u krutom stanju zbog snažnog tlaka, a vanjska je sačinjena od vruće tekućine koja je električki vodljiva, a ta električna vodljivost Zemljine vanjske jezgre zaslužna je za stvaranje magnetskog polja (Dowling i Showman, 2007).

Na vanjsku, tekuću jezgru nadovezuje se plašt koji je ujedno i najdeblji dio građe Zemlje. Sačinjen je većinom od silikatnih minerala te i on ima nekoliko slojeva. Na usijanom plaštu leži Zemljina kora podijeljena u ploče koje plutaju po njemu i koje su odgovorne za nastanak i promjenu reljefa. Između kore i plašta postoji jedna granica koju je otkrio Andrija Mohorovičić, hrvatski geolog, te se danas to područje Zemljine unutrašnjosti naziva Moho-slojem ili Mohorovičićevim diskontinuitetom. Mohorovičić je tu granicu otkrio „na temelju širenja valova potresa koji se zbio 1909. godine u Prokuplju južno od Zagreba“ (Fonović, 2009, str. 28).

Zemljina je površina mlada kao i Venerina iz razloga što se neprestano mijenja. Izgled Zemljine površine se ne mijenja u velikim razmjerima, ali se mijenja. Ona obiluje mladim stijenama koje su nastale djelovanjem tektonskih ploča, ali i vulkanskim erupcijama koje se mogu zbivati na kopnu gdje lava izbija kroz čunjaste planine nazvane vulkanima, ili mogu eruptirati pod morem kroz podmorske vulkanske pukotine i otvore. Takve vulkanske erupcije stvaraju otoke ili pak podmorske planine, mada podmorske planine odnosno lanci mogu nastati i djelovanjem tektonskih ploča, što je puno češći slučaj. Njihovim podvlačenjem, sudaranjem, razmicanjem ili smicanjem može doći do izbijanja dijela plašta na površinu koji se, kada se ohladi, oblikuje u podmorsku planinu. Jedan takav golemi podmorski planinski lanac nastao razmicanjem ploča nalazi se ispod naslaga voda Atlantskog oceana koji dno ovog oceana dijeli na dva dijela i proteže se cijelom njegovom dužinom. Na isti način nastaju i planinski lanci na kopnu (primjerice, Himalaje su nastale naglim sudarom indijskog potkontinenta s kopnom Azije).

Sam pogled na Zemljinu površinu daje naslutiti kao je možda riječ o jednoj golemoj slagalici. Teško je ne primijetiti kako su Afrika i Južna Amerika veoma slične te da je jednako tako moguće da su nekoć davno u prošlosti Zemlje bile spojene u jedno kopno. Također je i Alfred Wegener naslutio isto 1912., te su njegove ideje počele okupirati znanstvenike 1920-ih godina, no tek su 1960-ih godina, proučavanjem stijena, doista razumjeli kako su se kontinenti Zemljine kore spajali i razdvajali više puta u njezinoj prošlosti (Lloyd, 2010).



Dakle, teorija tektonike ploča razvijena je tek nakon 60-ih godina 20. stoljeća kada je i dokazano njezino postojanje. Wegener je promatrajući kartu Zemlje primijetio kako dijelovi kontinenata izgledaju poput slagalice pa je njezinim spajanjem dobiven jedan kompletan kontinent, odnosno drevno kopno koje je bilo okruženo morem, nazvano *Pangea*. Pomicanje tektonskih ploča uzrokovalo je dijeljenje *Pangee* na manje dijelove koji su se vremenom sve više međusobno razmicali te je nastao raspored kontinenata kakav je danas poznat.

„Danas je poznato osam velikih ploča: sjevernoamerička, južnoamerička, antarktička, euro-azijska, afrička, indijsko-australska, Nazca ploča i pacifička. Postoji i dvadesetak manjih ploča“ (Skakelj, 2006b, str. 17).

Ploče se sastoje od Zemljine kore i krutog dijela plašta koji se nalazi bliže površini, odnosno kori. Kako dio plašta vulkanizmom izlazi na površinu, tako se na površini stvrdnjava i stvara novo kopno. Mjesta gdje se nalaze granice tektonskih ploča vrlo su osjetljiva te je na njima velika vjerojatnost potresa i vulkanske aktivnosti. Granice se uglavnom nalaze u dubini oceana gdje nastaje novo kopno i nestaje staro. Na mjestima gdje dolazi do podvlačenja jedne ploče pod drugu, ispod površine se zbiva taljenje dijela podvučene ploče u vrućem plaštu. Na taj način dolazi do svojevrsnog recikliranja Zemljine površine u vrućem plaštu koji na drugom dijelu izbija na površinu u obliku lave.

Osim kopna, Zemlja posjeduje ogromne količine vode i jedini je planet u Sunčevu sustavu s tekućom vodom. Osim vode koja je sadržana u morima i oceanima, ima je i na kopnu u obliku rijeka, potoka, podzemnih voda, a dio je sačuvan u obliku leda na Zemljinim polovima te na malo nižim širinama u obliku ledenjaka.

Voda je zasad jedini poznati izvor života stoga znanstvenici u istraživanju svemirskih tijela, osobito planeta i njihovih satelita, nastoje otkriti postojanje tekuće vode u kojoj bi se potencijalno mogao razviti život sličan ovome kojeg poznajemo na planetu Zemlji.

Zemljina je atmosfera još jedan njezin složeni dio. Većinom je sazdana od dušika (78%) i kisika (21%). Smatra se da je atmosfera nastala nakon što je nastao život jer su biljke, točnije cijanobakterije prve stvarale kisik koji je odlazio u zrak i tako stvarao atmosferu povoljnu za održavanje života. Prva je atmosfera bila poprilično negostoljubiva: na Zemlju su neprestano padale kisele kiše, a plinski omotač je bio prepun sumporovog dioksida, amonijaka, ugljikovog monoksida i vodene pare. Ona se sastoji od nekoliko slojeva: troposfere, stratosfere, mezosfere, termosfere i

egzosfere. Troposfera je dio atmosfere koji se nalazi najbliže površini i to je ujedno i najgušći dio Zemljine atmosfere. Ona obuhvaća oko 80% atmosferske mase (Penzar, 1997). U troposferi se zbivaju sve vremenske prilike i upravo ovaj sloj ima najveći značaj za život na Zemlji.

Temperatura na Zemlji kreće se između  $-89\text{ }^{\circ}\text{C}$  i  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Scherrer, 2013), no ove se temperature odnose na ekstremna područja poput ledenih predjela na polovima, odnosno suhih predjela u pustinjama.

Temperature se mijenjaju ovisno o godišnjim dobima koja postoje zbog Zemljine revolucije gdje je uvijek jedna strana Zemlje više osunčana od druge zbog nagiba Zemljine osi od  $23^{\circ}27'$ . Temperature su, jasno, više tamo gdje je više sunčeve svjetlosti i obrnuto.

Osim toga, Zemlja svoju klimu može zahvaliti i svome položaju u Sunčevu sustavu, odnosno svojoj udaljenosti od Sunca koja joj omogućava optimalnu klimu za održavanje života.

Stratosfera je sljedeći sloj Zemljine atmosfere i ona služi kao štiti od štetnog zračenja iz svemira jer se tamo nalazi ozonski omotač.

Mezosfera je specifična po tome što u njoj temperatura raste s visinom, a kad dosegne određenu granicu, tada naglo pada, dok u termosferi temperatura naglo raste, pa tako na primjerice 500 km temperatura može dosegnuti i  $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Penzar, 1997). Ona je ujedno i najrjeđi sloj i u njemu je „sadržano svega 0,001% mase čitave atmosfere“, a dijelimo ju na magnetosferu i na ionosferu (Penzar, 1997, str. 14).

Egzosfera je posljednji dio Zemljine atmosfere koji nas dijeli od svemira. To je „prijelazno područje prema vakuumu gdje se vrlo razrijeđeni plin gubi u međuplanetarnom prostoru“ (Fonović, 2009, str. 32.)

Zbog postojanja atmosfere i refleksije Sunčeve svjetlosti, stanovnici Zemlje vide modro nebo danju. Sunčeva svjetlost je bijela i rasipa se na boje koje se mogu vidjeti u dugi nakon kiše. „Plinovi i prašina u zraku raspršuju, međutim, svjetlosne valove tako da nebo nije bijelo nego (uglavnom) modro. Tome je tako zato što se kratki valovi plave svjetlosti, s fotonima visoke energije, razlijeću na sve strane“ (Hathaway, 1999).

Zemlja ima veoma snažno magnetsko polje koje je još jedan njezin obrambeni sustav. Već je ranije spomenuto kako se magnetsko polje Zemlje akumulira u njezinoj unutrašnjosti, u jezgri. Magnetsko polje štiti Zemlju od Sunčevog vjetroa te se zahvaljujući ovome štiti u dodiru sa Sunčevim vjetrom nastaju jedni od najljepših

prizora u atmosferi – *aurora borealis* i *aurora australis*. „Međudjelovanje sa Sunčevim vjetrom stvara struje brzih elektrona i protona koji potom teku duž silnica magnetskog polja koje ih odvede na Zemljine magnetske polove“ (Fonović, 2009, str. 34). Zato tamo nastaju ovi spektakularni prizori.

Zahvaljujući magnetskom polju Zemlje, danas je moguće orijentirati se u prirodi pomoću kompasa čije magnetne igle bivaju privučene magnetskim polovima Zemlje. No, magnetski polovi planeta se gotovo nikada ne poklapaju s geografskim polovima. „Sjeverni magnetski pol danas se nalazi na kanadskom Arktiku, na otprilike 82° sjeverne geografske širine i 113° zapadne geografske dužine, a južni magnetski pol je u blizini antarktičke obale, na otprilike 65° južne geografske širine i 138° istočne geografske dužine. Međutim, polovi su u neprestanom kretanju, koje se odvija brzinom i do 15 km godišnje“ (Ivandić, 2004, str. 71). Tako Zemljini polovi mogu zamijeniti mjesta pa je na mjestu gdje je danas sjever-jug i obrnuto. Znanstvenici su ovakve reverzije polova dokazali proučavanjem magmatskih stijena koje su u sebi sadržavale geomagnetska svojstva onog doba u kojem su nastale, a ta su se svojstva razlikovala od današnjih. (Ivandić, 2004). „Ako se stijena naglo ohladi, podatak o smjeru okolnog polja ostaje gotovo trenutno zapisan u njoj.“ (Ivandić, 2004). Na taj je način otkrivena činjenica da su polovi nekada davno u povijesti Zemlje bili obrnuto pozicionirani. Ovakva reverzija dogodila se više puta u Zemljinoj povijesti, no točan ciklus zapravo ne postoji. U prosjeku je potrebno otprilike 5000 godina za ovakav obrat, no to vremensko razdoblje vrlo varira – od 1000 pa do 8000 godina. (Ivandić, 2004). Neki znanstvenici predviđaju skorbu takvu reverziju, jer su pronađene svojevrsne oscilacije unutar magnetskog polja Zemlje. (Ivandić, 2004). Neki pak pobijaju ovu tvrdnju i smatraju da su takve pojave prirodne i da ne prethode nikakvoj reverziji polova. Kako god bilo, ukoliko treba doći do zamjene polova, netko će tome u biskoj ili daljoj budućnosti biti svjedok. Za sada se o takvim pojavama može samo nagađati.

Planet Zemlja u svojoj orbiti ima velik broj umjetnih satelita koji omogućavaju telekomunikacije, koji snimaju planet iz svemira i prate promjene na njemu i sl. Usto, prvi je po redu planet po udaljenosti od Sunca koji ima svoj prirodni satelit, a to je Mjesec.

### 5.3.1 Mjesec

Mjesec je Zemljin prirodni satelit i ujedno joj je najbliže svemirsko tijelo.

Promjer mu iznosi 3476 kilometara što je oko četvrtine veličine Zemlje, takav razmjer ne postoji nigdje u Sunčevom sustavu (NASA, 2009). Većina je planeta u Sunčevom sustavu puno veća od svojih satelita. Iznimka je Zemlja sa svojim Mjesecom i Pluton sa svojim Haronom, planet koji se danas svrstava u grupu patuljastih planeta. Stoga se dvojac Zemlja-Mjesec često smatra dvostrukim planetom.

Promatranjem Mjeseca moguće je uočiti kako on uvijek izgleda identično, isključujući li se promjena njegovih faza. To je zato jer je Mjesec prema Zemlji okrenut uvijek istom stranom. To ne znači da se on ne okreće oko vlastite osi, već da mu je za jedan okret oko vlastite osi potrebno jednako mnogo vremena kao i za obilazak oko Zemlje. Dakle, kako bi obišao Zemlju, Mjesecu je potrebno 27,32 dana, a isto mu je vrijeme potrebno i kako bi se okrenuo oko vlastite osi (NASA, 2009).

Ovaj Zemljin satelit zbog promjene svog položaja u odnosu na Sunce i Zemlju ima različite faze: mlađak, prva četvrt, uštap i druga četvrt.

Ukoliko ovo tijelo ne bi postojalo, fenomen pomrčine ne bio moguć. Ove su spektakularne pojave vrlo slične Mjesečevim fazama, samo se ipak od njih razlikuju. Vrlo je zanimljivo primijetiti da je Mjesec na takvoj udaljenosti od Zemlje da prilikom pomrčina potpuno prekriva Sunčev disk. Ovakav prizor moguće je vidjeti isključivo sa Zemlje: Sunce i Mjesec gledano sa Zemlje na nebeskom svodu izgledaju kao da su jednakih veličina stoga je potpuna pomrčina Sunca, a i Mjeseca, u cijelom Sunčevom sustavu vidljiva samo sa Zemlje. Pomrčina Sunca nastaje u mlađaku, kad se Mjesec nađe točno između Zemlje i Sunca, a pomrčina Mjeseca nastaje kada se on nađe u fazi uštapa i kada Zemlja baci sjenu na pun Mjesec. Postoje i djelomične pomrčine Sunca i Mjeseca koje izgledaju poput iznenadnih faza koje u ovom slučaju može imati i Sunce. U oba slučaja obvezno je da se sva tri tijela nađu u istoj liniji.

Nadalje, postoje brojne teorije o Mjesečevu nastanku: istodobni postanak Zemlje i Mjeseca, teorija cijepanja većeg tijela pri čemu su nastala dva: Zemlja i Mjesec, teorija zahvata gdje se pretpostavlja kako je Mjesec nastao drugdje u Sunčevu sustavu te da ga je od tamo nešto izbacilo pa je *doplutao* do Zemlje koja ga je zarobila svojom gravitacijom. No, najprihvaćenija je teorija sudara Zemlje s drugim

tijelom veličine Marsa pri čemu je od krhotina koje su se međusobno povezale nastao Mjesec kojeg je Zemlja zarobila svojom gravitacijom (Launius, 2013).

Posada misije Apollo 15 donijela je na Zemlju uzorke stijena s Mjeseca te je otkriveno kako ima mnogo sličnosti u građi Mjesečevih i Zemljinih stijena (Launius, 2013). To također potvrđuje ovu teoriju, mada ona ne mora nužno biti ispravna. Sva tijela u Sunčevu sustavu (osim Sunca) nastala su otprilike u isto vrijeme iz plina i prašine čije su se čestice povezale stvarajući planetezemale. Posebice unutarnji Sunčev sustav, odnosno terestrički planeti, imaju veoma sličan sastav. Nije nužno točna teorija koja je i najprihvaćenija. Ako bi, primjerice, danas u Zemlju udarilo neko tijelo promjera, recimo, dvadesetak kilometara, sigurno bismo imali katastrofu. Najprihvaćenija teorija o nastanku Mjeseca govori o tijelu veličine Marsa. Neovisno o tome kako je Zemlja tada izgledala, u sudaru ovakvih dvaju tijela ostale bi samo krhotine koje bi se mogle povezati u jedno tijelo jer bi bile preblizu da bi gravitacija mogla povezati te krhotine u dva tijela i to baš *slučajno* u ovakvim razmjerima u kakvima su danas Mjesec i Zemlja.

Prve crteže Mjeseca zabilježio je Leonardo da Vinci 1500. godine, a promatrao ga je i Galileo Galilei svojim teleskopom i uočio planinske lance i goleme kraterne, dok je prva fotografija snimljena 1840. godine (Fonović, 2009). Slika druge strane Mjeseca otkrivena s pojavom svemirskih letjelica koje su ju mogle fotografirati i te fotografije poslati na Zemlju.

Detaljno istraživanje započelo je lansiranjem sovjetskih sonde prema Mjesecu koje su se tamo prve i spustile, a nedugo zatim Amerikanci su poslali prvu posadu s astronautima na put oko Mjeseca. Ubrzo je objavljeno uspješno spuštanje američke posade na čelu s Neilom Armstrongom na površinu Mjeseca 1969. godine. Misija Apollo trajala je od 1969. do 1972. godine (Launius, 2013).

Zemljin najbliži satelit se uvelike razlikuje od nje. Dok je matični planet pun života, vodenih površina, biljaka i različitih stijena i uvjeta, Mjesec je jednoličan, prašnjav i stjenovit te djeluje veoma dosadno u odnosu na Zemlju. Većina Mjesečeve površine pokrivena je regolitom (Launius, 2013). To je mješavina fine prašine i kamenih komadića nastalih udarom meteorita (Strom, 2007). „Mjesečevo tlo sastoji se od pet komponenti: od mineralnih fragmenata, fragmenata kristalnih stijena, fragmenata breče, sabijenog stakla i slijepljenih fragmenata“ (Taylor, 2007, str. 233). Generalno gledano, Mjesec sastav i izgled svoje površine duguje udarima meteorita.

Iako djeluje monotono, Mjesečeva površina ima dijelove koji se međusobno razlikuju, a to su dva različita reljefna oblika: visoravni i krateri koji su uglavnom svjetlije boje, te ravnice koje su uglavnom tamnije boje koje se nazivaju morima. Astronome koji su ih prvi promatrali, te nepregledne ravnice koje, gledano sa Zemlje, djeluju poput tamnih mrlja, podsjećale su na mora te se tada mislilo kako Mjesec, kao i Zemlja, obiluje vodenim površinama. Daljnjim razvojem teleskopa, a i čovjekovim stupanjem na površinu Zemljinog najbližeg susjeda, dokazano je kako mora na Mjeseću nemaju ni kapi vode, već su to ravnice koje su tamnije od ostatka Mjesečeve površine vjerojatno zbog davne vulkanske aktivnosti koja je nekoć postojala na satelitu (Taylor, 2007). Mrlje s površine Mjeseća zapravo su ravnice prekrivene bazaltom, a one su ujedno dokaz nekadašnje vulkanske aktivnosti (Scherrer, 2013).

Unatoč vjerovanju kako je Mjesec vrlo suho i prašnjavo područje, ipak su pronađeni dokazi kako i na njemu postoji neznatna količina vode. „Svemirske letjelice Clementine (1994.), i Prospector (1998.), pronašle su dokaze da na Mjeseću ima vode, odnosno vodenog leda“ (Fonović, 2009, str. 37, 38). Kao i za ledene površine na Merkuru, i za Mjesečeve se smatra da su se ondje zadržale zbog udara kometa koji su u unutrašnji dio Sunčeva sustava stigli s njegovih krajnjih vanjskih granica. Na Zemlja, unatoč otkrićima na svim tijelima u Sunčevom sustavu, jedina ima vodu u tekućem agregacijskom stanju.

Mjesec je uglavnom ohlađen i neaktivan svijet, stoga na njemu nema snažnih djelovanja unutarnjih procesa. Nema ni tektonske ni vulkanske aktivnosti, dok potresi postoje, ali u minimalnim količinama, a njihova jakost dostiže manje od 3 stupnja po Richterovoj ljestvici. U iznimnim slučajevima naj snažniji potresi na Mjeseću dostigli su magnitudu između 5 i 5,7 stupnjeva (Taylor, 2007). Zabilježeno je kako je potresi većinom pojavljuju u trenutcima kada je Mjesec najbliži Zemlji. To znači da na njega djeluje plimna sila Zemlje na način da uzdrma Mjesečevu unutrašnjost u kojoj dolazi do naprezanja koja posljedično izazivaju potrese.

Zemlja i Mjesec su u konstantnom međudjelovanju: kako Zemlja djeluje na Mjesec, tako i Mjesec djeluje na Zemlju, samo u različitim segmentima s obzirom na to da je njihova sila gravitacije itekako različita jer je ona proporcionalna masi tijela. Mjesečev se utjecaj na Zemlju najviše vidi na pojavi plime i oseke. Osim toga, Mjesečeva gravitacija utječe i na izdizanje i spuštanje tla, no u nešto manjoj mjeri nego što je to slučaj s vodom. Također je zanimljivo da „zbog morskih mijena dolazi

do trenja između Zemljine površine i mora što postupno usporava rotaciju našeg planeta i to za otprilike dvije tisućinke sekunde po stoljeću“ (Fonović, 2009, str. 38). Usto, Mjesec se svake godine pomalo udaljava od Zemlje. To je još jedan uzrok usporavanja Zemljine rotacije. Laserskim je mjerenjima dokazano kako se Mjesec od Zemlje udaljava brzinom od cca 4 cm godišnje. Ipak, ne treba strahovati da će Zemlja jednom u budućnosti ostati bez svog vjernog pratioca. Istina je da se Mjesec polako udaljava od Zemlje, no znanstvenici predviđaju da će se, kada dođe do određene udaljenosti, početi ponovno približavati Zemlji jer je njezina gravitacija ipak presnažna da bi joj Mjesec mogao pobjeći.

Zemljina gravitacija toliko snažno djeluje na Mjesec da je njegova strana koja je stalno okrenuta Zemlji teža od one koja gleda u svemir (McNab i Younger, 2000).

Kao i Mjesečeva površina, unutrašnjost je također jednolična. Slojevi su vrlo slični i većinom su svi ohlađeni. Stoga ne čudi da je Mjesec mrtav svijet koji nema gotovo nikakve geološke aktivnosti, a kako nema atmosferu, još je manja mogućnost da se na njemu razvije nekakav oblik života. Nedostatak atmosfere i tektonike također znači i nedostatak geološke aktivnosti i uopće promjene izgleda površine satelita jer nema nikakvih padalina koje bi ga mogle malo promijeniti. Ipak, Mjesečeva površina nije u potpunosti pošteđena svih promjena. Kao i Merkur, Mjesec obiluje kraterima koji su nastali u ranoj fazi stvaranja, a poneki udar meteora se dogodi i danas.

Mjesec je uglavnom ostao nepromijenjen u posljednje 4 milijarde godina od kada je prestalo bombardiranje svemirskim kamenjem. Na temelju kamenja donesenog s njegove površine znanstvenici su zaključili kako se, proučavajući Mjesec, može relativno lako odrediti starost svih terestričkih planeta jer su otprilike svi bombardirani u isto vrijeme.

„Ispod kore debljine od 60 do 100 kilometara, nalazi se debeli stjenoviti plašt i vrlo mala jezgra. U donjim dijelovima plašta, na dubini 800 do 900 km nalaze se žarišta Mjesečevih potresa, većina ih je na bližoj strani Mjeseca. Jezgra je vjerojatno sazdana od željeza, možda još djelomično rastaljenog“ (Fonović, 2009, str. 36).

Mjesec, kao i Merkur, nema vlastito magnetsko polje. Pretpostavlja se da se Mjesec vrlo rano ohladio pa njegova jezgra više nema dobru električnu vodljivost te se u unutrašnjosti Zemljinog satelita više ne generira magnetsko polje. Možda je nekada, u ranoj fazi postojalo, no kako se satelit hladio, počelo je izostajati i njegovo magnetsko polje, sve dok nije potpuno nestalo.

Unatoč prvom dojmu kako je Mjesec dosadan svijet, dokazano je upravo suprotno: to je zapravo veoma zanimljiv svijet, doduše drugačiji od Zemlje, ali ne manje važan i ne manje fascinant. Ima se o njemu sigurno još štošta otkriti.

#### 5.4. Mars

Posljednji terestrički planet Sunčeva sustava, planet koji je uspio okupirati najviše pažnje znanstvenika, ali i laika je ovaj crveni planet. Mars je od svih planeta u Sunčevu sustavu najbliži Zemlji. Merkur je sličan Mjesecu po većini značajki, Venera je samo naizgled Zemljina blizanka, dok je Mars po većem broju značajki Zemljin brat.

Kao i preostala terestrička tijela Sunčeva sustava i Mars je građen pretežno od stijena, a promjer mu je približno za polovicu manji od Zemljinog. Njegov dan traje približno 24 sata kao i Zemljin, a i os mu je prema ravnini ekliptike nagnuta  $25^\circ$  što je dosta slično Zemljinoj. To je razlog postojanja izmjene godišnjih doba na ovome planetu unutar jedne godine koja traje približno 687 zemaljskih dana (NASA, 2009). Rimljani su ga zvali bogom rata zbog njegove jarko crvene boje, a Babilonci su ga zvali Nergal, po njihovom bogu rata, smrti i kaosa (Hathaway, 1999). No međutim, Mars nije sasvim crven. Boja njegove površine više je smečkasta, odnosno boje hrđe, a atmosfera mu reflektira crvenkastu boju (Vujnović, 1997a).

Zrak je na Marsu prilično negostoljubiv. Sastoji se većinom od ugljikovog dioksida koji je poprilično rijedak pa lako propušta Sunčevo zračenje unutar, ali i izvan atmosfere što ga čini vrlo nepogodnim za život ljudi. Ipak, smatra se da Mars nekada nije bio ovakav. Znanstvenici vjeruju kako je na površini Marsa nekada tekla bujica rijeka, a vulkani su stvarali gustu, neprobijnu atmosferu koja je sličila nekadašnjoj Zemljinoj atmosferi. No, kako je Marsova gravitacija slabija od Zemljine, on je izgubio dio svoje atmosfere pa je ona sada ovakva kakva je danas. To je također uzrokovalo i hlađenje planeta jer nije imao ovojnicu od plinova koji bi sprječavali nagli gubitak topline.

Boja ovog planeta ponekad može promatračima sa Zemlje izgledati drugačija nego inače. To se događa zbog promjena u Marsovoj atmosferi. Iako rijetka, nije bezopasna. Naime, na Marsu vjetrovi mogu dosegnuti takvu snagu da s površine



planeta mogu podići prašinu u tolikoj mjeri da njome bude obavijen čitav planet (Vujnović, 1997a). Tada se govori o pješčanoj oluji planetarnih razmjera.

Mars je oduvijek golicao maštu ljudi pa su znanstvenici prema njemu usmjerili najviše pažnje, a i nekako je najjednostavniji za istraživanje. Njegova blizina, tanka atmosfera i kruta, stjenovita površina olakšava bilo kakvu vrstu istraživanja ovoga planeta.

S početkom istraživanja Marsove površine, na njoj su otkriveni tzv. *Schiaparellijevi canalli* prema istoimenom znanstveniku koji ih je otkrio još davne 1877. godine u milanskoj zvjezdarnici (Ruždjak, 2008a). To su tanke, tamne linije na površini Marsa koje su ovome znanstveniku djelovale poput kanala pa ih je tako i nazvao. Tada je razvijena teorija kako su ti kanali indikator postojanja inteligentnog života na ovome planetu. Kasnije je uzeto malo više maha po pitanju ovih struktura: „Porijeklo ovih svojstava je nepoznato, ali dominantna hipoteza jest da su izljevi kanala bili izazvani katastrofalnim otpuštanjem vode iz podpovršinskih vodonosnika ili brzim otapanjem podpovršinskog leda“ (Catling i Leovy, 2007, str. 308).

Otkako postoje istraživanja ovog planeta, ljudi vjeruju kako ondje ima života i neprestano traže nove dokaze o njegovu postojanju.

S napretkom tehnologije, prema Marsu je poslan velik broj svemirskih sondi. Prvih pet pokušaja prošlo je neuspješno, a zatim se sreća *osmjehnula* sondi *Mariner 4* koja se 1965. godine planetu približila na svega deset tisuća kilometara. Tada je otkrivena crvenkasta površina naizgled slična Mjesecu pa je stoga ovaj prizor izazvao svojevršno razočaranje. Nekoliko godina kasnije, točnije 1971., Mars je dobio svoj prvi umjetni satelit *Mariner 9*, koji je za godinu dana snimio većinu Marsove površine i brojne fotografije poslao na Zemlju pa su se pred znanstvenicima prikazali golemi vulkani, kanjoni i krateri (Launius, 2013).

Mars, kao i Zemlja, ima svoje polove koji su prekriveni ledom. Znanstvenici dugo nisu znali objasniti kakav je to led, a isprva ih je zavela zamisao o postojanju vode na Marsu. Djelomično su bili u pravu: led na Marsovom sjevernom polu je zaleđena voda, a na južnom zaleđeni ugljikov dioksid. Sjeverni Marsov pol uvijek ima leda jer je ta površina toliko debela da se ne otapa tijekom godine ili pak vremenskih uvjeta na planetu. Za razliku od sjevernog, južni pol ponekad ostane bez leda jer je južna polutka planeta općenito toplija (Hathaway, 1999). Fonović (2009, str. 44) pak navodi kako je obrnuto: „Najnovija istraživanja pokazuju da se južna kapa sastoji uglavnom od vodenog leda, dok na sjeveru prevladava smrznuti ugljikov dioksid“.

Moguće je da su se znanstvenici malo preračunali u iznošenju ovih informacija, ali je vjerojatnije da je autorica knjige pogriješila u pisanju znanstvenih činjenica.

Osim ledenih kapa na polovima, Mars se ponosi iznimno glomaznim vulkanima i kanjonima. Najveći vulkan zove se *Olympus Mons*. To je najveći vulkan u cijelom Sunčevom sustavu koji je visok 27 kilometara (Vujnović, 1997a). Kada se govori o kanjonima, najznačajniji je „*Valles Marineris* koji je dvadeset šest puta veći od *Grand Canyon*a i skoro triput dublji“ (Hathaway, 1999, str. 113). *Hellas*, ogromna ravnica od skrućene lave prekrivena prašinom, ostatak je drevnog udara meteora (Hathaway, 1999).

Potruga za vodom na Marsu ne jenjava niti danas. Vjerojatno je ovu ideju potaknulo otkriće već spomenutog znanstvenika Giovannija Schiaparellija, ali i pronalazak leda na polovima planeta. Voda je s površine Marsa nestala vjerojatno zbog rijetke atmosfere koja nije uspjela zadržavati vodu koja bi se procesom kondenzacije vratila natrag na površinu. Međutim, pretpostavlja se da voda ipak nije sasvim nestala s ovog planeta: osim na sjevernoj polutki, voda se nalazi ispod površine u obliku permafrosta. No, neki su pak znanstvenici tvrdili kako je voda ispod površine tekuća, a ne ledeni permafrost, no kasnija istraživanja opovrgavaju ovu tezu.

„Ako je tekuća voda prisutna blizu površine Marsa, ona mora biti ograničena tankim adsorbiranim slojevima na česticama tla ili visoko slanim otopinama. Nije pronađena nikakva tekuća stajaćica ili tekućica, salinitet ili bilo što drugo slično tome“ (Catling i Leovy, 2007, str. 301). Vrlo je šakljivo Mars uspoređivati sa Zemljom mada je riječ o terestričkim planetima za koje se pretpostavlja da su vrlo slični. Mars je ipak planet za sebe pa geologija njegove površine djeluje drugačije u odnosu na Zemljinu. Kako je voda osnova za održavanje i postojanje života na planetu (barem na Zemlji), znanstvenici su se uputili u potragu za vodom na drugim planetima, najviše na Marsu jer se smatra da je njezino postojanje ondje najvjerojatnije. Osim vode, na Marsu su pronađeni spojevi ugljika koji je također osnova života, no sonde *Viking 1* i *2*, koje su imale senzore za prepoznavanje molekula koje su proizvod živih organizama, nisu pronašle ništa, tako da još nije ustanovljeno postoji li ikakav oblik života na Marsu ili ne (Launius, 2013).

Marsova kora pretežno je sazdana od bazalta i silikatnih stijena, a debela je pedesetak kilometara. Ispod nje nalazi se plašt od silicija, magnezija, željeza i kisika, dok se u srcu planeta nalazi jezgra koja zauzima približno četvrtinu volumena planeta, a sastoji se od nikla, željeza i sumpora (Choi, 2019a).

Trenutno, Mars nema magnetsko polje, no na nekim mjestima je ipak izmjeren magnetizam Marsove kore koja je 10 puta snažnije namagnetizirana nego bilo što drugo na Zemlji. To predstavlja moguće ostatke Marsovog nekadašnjeg magnetskog polja (Choi, 2019a). Upravo zbog ovog fenomena Mars ne bi bio pogodno odredište za život ljudi u budućnosti. Slabo magnetsko polje rezultira i slabom atmosferom, a ona je prvi vanjski doticaj planeta s dubinom svemira. Da bi na Marsu postojao život, morala bi postojati i adekvatna atmosfera koja bi ga štitila od zračenja iz svemira.

Njegova je atmosfera poprilično rijetka što rezultira slabim zadržavanjem konstantne temperature na planetu, stoga ona neminovno varira. Ovisno o godišnjim dobima, temperatura na Marsu kreće se od  $-125\text{ }^{\circ}\text{C}$  do ugodnih 20-ak  $^{\circ}\text{C}$  (Choi, 2019a). Vremenski uvjeti koji su zabilježeni tijekom lansiranja jedne sonde ovise o godišnjem dobu na određenoj polutki planeta te se stoga često događa da se nađe na različite vrijednosti. Kako bi znanstvenici bili sigurni u točnost vrijednosti kretanja temperature na svakom pojedinom planetu, potrebno je dugogodišnje istraživanje koje će pokazati približne minimalne i maksimalne vrijednosti.

Ovaj planet ima dva satelita, ako se oni uopće tako mogu nazvati, a otkriveni su 1877. godine (Ruždjak, 2008a). Fobos i Deimos najvjerojatnije su asteroidi zarobljeni Marsovom gravitacijom. Do ove ideje se došlo promatrajući njihov izgled: oba su satelita više nalik krumpirima nego, barem približno, kugli ili sferi. Usporede li se s bilo kojim satelitom bilo kojeg planeta u Sunčevom sustavu, razlika je očita. Osim toga, neposrednoj blizini Marsa iza njegove orbite nalazi se asteroidni pojas pa ova teorija o njegovim satelitima u velikom postotku *drži vodu*. Ipak, moguće je i da su se razvili nešto kasnije od ostalih satelita u Sunčevu sustavu, nisu se stigli oblikovati u pravilne sfere, te da su stoga ostali nalik planetezimalima, odnosno asteroidima. Kako god bilo, oni danas kruže oko Marsa ovakvi kakvi jesu.

Iako su slični, nisu sasvim jednaki. Deimos je nešto manji i udaljeniji od Marsa, dok je Fobos malo veći i kruži oko matičnog planeta na manjoj udaljenosti (Ruždjak, 2008a). Marsovim satelitima nije posvećeno puno pažnje vjerojatno stoga što njihov oblik ne obećava savršenost na kojoj bi se mogao pojaviti neki oblik života. No, možda bi se ipak i njima trebala posvetiti pažnja. Možda i oni skrivaju neke tajne koje će, kada budu otkrivene, moći više reći o njima samima, ali i o Marsu. Možda se baš na njima razvio primitivan oblik života.

Unatoč svim istraživanjima koja su dosad obavljena u svrhu otkrivanja postojanja života na Marsu i pronalaska tekuće vode, znanstvenici su još uvijek skeptični i još uvijek vrlo malo znaju o ovom mističnom crvenom susjedu.

## 5.5. Jupiter

Iza Marsa nalazi se asteroidni pojas koji obiluje svemirskim kamenjem nepravilne građe za koje se tvrdi kako predstavlja ostatak iz vremena stvaranja Sunčevog sustava. Već je ranije spomenuto kako su planeti nastali združivanjem planetezimala u svemirsko kamenje većih dimenzija koje se kasnije spajalo u još veće nakupine stvarajući tako planete koji su svojom rotacijom kroz milijune godina poprimili sferne oblike. Za ovaj pojas kamenja iza Marsa smatra se da je ostatak svemirskog stijenja koje je trebalo izgraditi još jedan planet Sunčeva sustava. Zašto se to nije dogodilo, nitko zapravo ne zna, ali postoje nagađanja: moguće je da je takvo tijelo nastalo, ali ga je snažna gravitacija Jupitera razbila u komadiće koji su danas poznati kao asteroidi. Također je moguće da nije bilo dovoljno stijena koje bi formirale novi planet, a možda postoji neko drugo, sasvim nelogično rješenje koje je zapravo točno – možda su asteroidi nastali negdje drugdje u svemiru, pa su dolutali u ovaj pojas u kojemu su danas gdje ih zadržava gravitacija Jupitera, ali i Marsa.

Kako god bilo, ovaj pojas predstavlja jasnu granicu između terestričkih i jovijanskih planeta. Iza ove granice svemirske su sonde naišle na plinovite divove koji su toliko golemi da je Zemlja u usporedbi s njihovom veličinom gotovo nevidljiva.

Prvi, a ujedno i najveći div Sunčeva sustava je Jupiter, predivan gorostas koji izaziva strahopoštovanje. „Kad bi se dodalo mase za još sedamdeset do osamdeset Jupiterovih sadašnjih masa, rast unutarnjeg tlaka i temperature zapalio bi nuklearne reakcije i pretvorio bi se u zvijezdu“ (Hathaway, 1999, str. 136). Ipak, Jupiter nikada nije dostigao tu veličinu kako bi se u njemu počele odvijati nuklearne reakcije, ali pogleda li se broj njegovih satelita koji kruže oko njega, lako je primijetiti kako je ovaj planet zapravo Sunčev sustav u malom (Scherrer, 2013). Građen je većinom od vodika i helija što ga po sastavu čini vrlo sličnim Suncu, no priroda je htjela da ovaj gorostas ipak bude planet.

Jupiter je također poznat astronomiji još od antike, a ime je dobio po rimskom vrhovnom bogu, što uopće ne čudi, pogleda li se njegova veličina i ljepota.

Ovaj je planet znatno spljošten na polovima zbog njegove ekstremno brze rotacije – Jupiter se oko svoje osi okrene za 9,8 sati, a Sunce obiđe za 11,9 godina (Scherrer, 2013). To ga čini najbrže rotirajućim planetom Sunčeva sustava.

Jupiter je promatran od davnina, a detaljno mu se posvetio Galileo Galilei proučavajući ga pomoću svog teleskopa. Osim što je jasno vidio kako izgleda atmosfera ovog planeta, Galileo je primijetio kako oko Jupitera kruži čak četiri satelita: Io, Europa, Ganimed i Kalisto. Stoga se u literaturi često može naići na pojam *galilejanski sateliti* ili *mjeseci*. Kasnije je otkriveno još Jupiterovih satelita i danas ih je službeno poznato 63 (Scherrer, 2013). No, ipak se najviše pažnje posvetilo *galilejanskim mjesecima* jer su oni najveći, a i najranije otkriveni.

Io je Jupiteru najbliži *galilejanski mjesec* i ima iznimnu vulkansku aktivnost pa je stoga prepun sumpornih para, ali i sumpora u obliku krutine na njegovoj površini pa zato ovaj mjesec obiluje mješavinom crvene, žute, crne i bijele boje. Kako je Io manji *galilejanski mjesec*, ostali ga, veći mjeseci vuku svojom gravitacijom zajedno s Jupiterom pa neprestana trenja unutar satelita rezultiraju vrućom i tekućom unutrašnjošću koja zbog trenja vrlo lako izbija na površinu (Fonović, 2009).

Europa je po udaljenosti od Jupitera drugi mjesec koji je potpuna suprotnost vrućem satelitu Io. Ona je pak potpuno prekrivena glatkim ledom koji iznimno dobro reflektira Sunčevu svjetlost. Europa je vrlo primamljiv svijet za proučavanje jer je na njoj sonda Galileo pronašla dokaze koji kazuju kako ispod debele površine leda na njezinoj površini, Europa skriva ocean tople vode, što ujedno znači i velika vjerojatnost postojanja života (Tyson i Goldsmith, 2008). Osim toga, teleskop Hubble pronašao je tanku atmosferu sazdanu od kisika koja obavija ovaj satelit. Ova su dva dokaza vrlo čvrst temelj za vjerovanje kako na Europi možda ima, barem najprimitivnijih, oblika života.

Ganimed je najveći Jupiterov satelit i ujedno najveći u cijelom Sunčevom sustavu, veći od Merkura i od Plutona (Choi, 2019b). Treći je *galilejanski mjesec* udaljen od matičnog planeta. Ganimed ima svoje magnetsko polje i on je jedini takav mjesec u Sunčevom sustavu (Scherrer, 2013). Pretpostavlja se da u svojoj unutrašnjosti ima mehanizam sličan Merkuru što bi značilo da je njegova unutrašnjost tekući metal (vjerojatno željezo i možda još neki element) kako bi satelit mogao imati sposobnost generiranja vlastitog magnetizma.

Posljednji *galilejanski mjesec* je Kalisto koji je gotovo u potpunosti prekriven kraterima koji svjedoče o snažnim bombarniranjima svemirskim kamenjem u vremenu njegova nastanka (Scherrer, 2013). Nadalje, krateri na njegovoj površini ukazuju na to da je površina ovog satelita vrlo stara, za razliku od npr. površine satelita Io koji se neprestano mijenja zahvaljujući svom vulkanizmu. Također, Kalisto ima najmanji albedo od svih Jupiterovih satelita što ukazuje na činjenicu da njegova površina može biti izgrađena od tamne, bezlične stijene (Choi, 2019b).

Svaki je od ovih Jupiterovih satelita svijet za sebe. Neki čak imaju i atmosferu, a za neke se vjeruje u postojanje života, no Jupiter i dalje, sa svojim mjesecima, ostaje tajanstven svijet.

Kada je riječ o izgledu planeta, znanstvenici su mogli samo nagađati vide li atmosferu ili površinu planeta sve dok prema njemu nisu poslali prve svemirske sonde: *Pioneer 10* i *11*. Ove su sonde otvorile put prema ovome planetu promatrajući ga sa sigurne udaljenosti i šaljući fotografije. Kasnije su kvalitetnije snimke slale poznate sonde *Voyager 1* i *2* koje su snimile i Jupiterove satelite te tako otkrile da Crvena pjega nije statična, već da rotira, te da Jupiter ima sustav tankih prstenova i polarnu svjetlost (Launius, 2013). Otkriće Jupiterovih prstenova izazvalo je veliko iznenađenje jer nikada prije nisu bili viđeni, no oni su toliko tanki i prozirni da su vidljivi samo u slučaju kada se Sunce nađe u pozadini planeta (NASA, 2009). Sonda *Galileo* je početkom 1995. godine ušla u Jupiterovu putanju i odvojila kapsulu s mjernim instrumentima koja se spustila u atmosferu te odatle poslala impresivne podatke o Jupiteru (Choi, 2019b).

Promatrajući Jupiter isključivo teleskopom, u njegovoj je atmosferi debeloj oko tisuću kilometara moguće uočiti horizontalne linije koje variraju u različitim bojama od polova prema ekvatoru, no najčešće su u narančastim i bijelim nijansama. Vodoravne pruge koje su vidljive i teleskopom sa Zemlje zapravo su snažni vjetrovi koji pušu u međusobno suprotnim stranama u smjeru ekvatora. Narančaste pruge se nazivaju pojasevima, dok se bijele, odnosno svijetle, nazivaju zonama. „Blijedožućkaste zone u atmosferi su područja uzdizanja plina, dok su tamni crvenkastosmeđi pojasevi mjesta gdje plin ponire“ (Fonović, 2009, str. 49). Različite boje potječu od različitog kemijskog sastava: pojasevi se sastoje od kristala amonijevog hidrosulfida, a zone su izgrađene od kristala smrznutog amonijaka (Choi, 2019b).

Od svega je na Jupiteru najfascinantnija tzv. Crvena pjega koja se nalazi na njegovoj južnoj polutci, ne puno ispod ekvatora, a prvi je put viđena prije otprilike 300 godina (Choi, 2019b). Ona nije jedina na planetu. Jupiter obiluje pjegama, ali su sve one veličinom u usporedbi s Velikom crvenom pjegom zanemarive. Pjege na Jupiteru nisu konstantne: one nastaju, razvijaju se i nestaju, no Crvena pjega na Jupiteru postoji otkako ga se promatra teleskopom, a možda i od ranije, stoga je upravo ona veliki misterij. Oko ove pojave su se vodile brojne polemike, da bi se na kraju došlo do zaključka kako je riječ o golemoj oluji koja hara planetom. Njezina boja može varirati od boje cigle do nježno smeđe boje. Do varijacija u boji može doći zbog promjene količine sumpora i fosfora u amonijevim kristalima Jupiterovih oblaka (Choi, 2019b). U tom je slučaju riječ samo o promjeni njezine boje. Ona je jedina oluja na Jupiteru koja nikada nije prestala (barem otkako je otkrivena). Velika crvena pjega je zapravo anticiklona široka gotovo 14 000 kilometara i duga oko 28 000 kilometara (Vujnović, 1997c). Toliko je velika da bi u nju lako mogle stati dvije Zemlje.

Jupiterova je građa vrlo upitna stvar stoga što još nije dokučeno što se krije ispod njegovih gustih oblaka. U većini literaturnih navoda nalazi se informacija koja govori kako je Jupiter isključivo plinovito tijelo za koje se vjeruje da ima krutu jezgru oko koje je obavijen plinski omotač. Choi (2019b) navodi kako se u središtu planeta nalazi gusta jezgra od kamena i slojeva metala uz primjese leda od amonijaka, metana i vode. Teoretski bi to mogla biti ispravna tvrdnja, ali to ponovno ukazuje na činjenicu da na Jupiteru vladaju drugi zakoni, povezani s njegovim sastavom. Nijedna sonda nije pronašla put to Jupiterovog tla, ali to ne znači da ono ne postoji. Gusta i gotovo neprobojna atmosfera s negostoljubivim uvjetima ne dopušta dulji vremenski period *života* sonde koje su poslana na Jupiter, stoga je vrlo teško govoriti i o sastavu jezgre planeta. McNab i Younger (2000, str. 183) pak tvrde kako Jupiter uopće nema nikakvih krutih dijelova, uključujući i njegovu jezgru: „...unutrašnjost Jupitera nije kruta: planet je kugla od tekućeg vodika“. Većinom se ipak vjeruje kako je jezgra kruta, ali kako bi se došlo do potvrđivanja ili pak opovrgavanja ovih pretpostavki, mora se načiniti sonda koja će moći izdržati snažne Jupiterove tlakove.

Postoji još jedan snažan dokaz o tome da bi Jupiter mogao imati krutu jezgru u svojoj unutrašnjosti, a to je iznimno snažan magnetizam, gotovo 20 000 puta snažniji od

Zemljinog (Choi, 2019b). Također, Jupiter je, kako je već ranije rečeno, neuspjela zvijezda, pa se uopće ne mora oslanjati na energiju Sunca jer je i sam ima dovoljno. Jupiter nam je najbliži div koji je najdetaljnije istražen pa se o njemu najviše zna. No, ipak je vrlo daleko dan kada će se moći kazati kako je do kraja istražen Jupiterov sastav i procesi koji se zbivaju na njemu.

## 5.6. Saturn

Sljedeći plinoviti div Sunčeva sustava i planet koji, naročito kod djece i laika, budi najviše zanimanja je Saturn. U antici je bio posljednji poznati planet, a ujedno je i posljednji planet Sunčeva sustava vidljiv golim okom sa Zemlje. Ime je dobio prema staroitalskom bogu plodnosti i usjeva. Ekvivalent je grčkom bogu Kronu (Saturn, *Hrvatska enciklopedija*).

Njegov ga veličanstveni prsten čini posebno interesantnim i privlačnim.

No, u antici se nije znalo za postojanje Saturnovog prstena jer on nije vidljiv golim okom. Za njegovo je opažanje bio potreban izum teleskopa: tek je Galileo Galilei 1610. godine prvi ugledao Saturnov prsten, iako nije znao što točno promatra (Choi, 2019c). Galilei je mislio da gleda manja tijela u neposrednoj blizini planeta, no čudnim mu se učinilo to što ta tijela nisu uvijek bila jednako vidljiva: ponekad su čak i nestala. Kasnije je dokazano kako je Galilei zapravo gledao u Saturnov prsten koji je nekad bio jasniji, nekad slabiji, a nekada uopće nije vidljiv. „Kad su prstenovi bočno okrenuti prema Zemlji, gotovo su nevidljivi, a nastavkom kruženja oko Sunca njihov se kut prema Zemlji mijenja pa prstenovi ponovno postaju vidljivi“ (McNab i Younger, 2000, str. 116). Upravo je ta činjenica zbunila Galilea jer je u njegovo doba ovaj planet jedva bio vidljiv pa se nije znalo ni o postojanju njegovih prstenova, ni njihovom nagibu u odnosu prema Zemlji.

Nakon Galilea, Saturnov je prsten promatrao Christiaan Huygens 1655. Godine (Choi, 2019c). Kasnija su istraživanja pokazala kako se Saturnov prsten zapravo sastoji od više manjih prstenova. Postoje tri glavna prstena koji su najjasnije vidljivi (A, B i C), a uz njih postoji preko tisuću manjih prstenova koji su raznovrsni i koji su svi međusobno gusto isprepleteni.

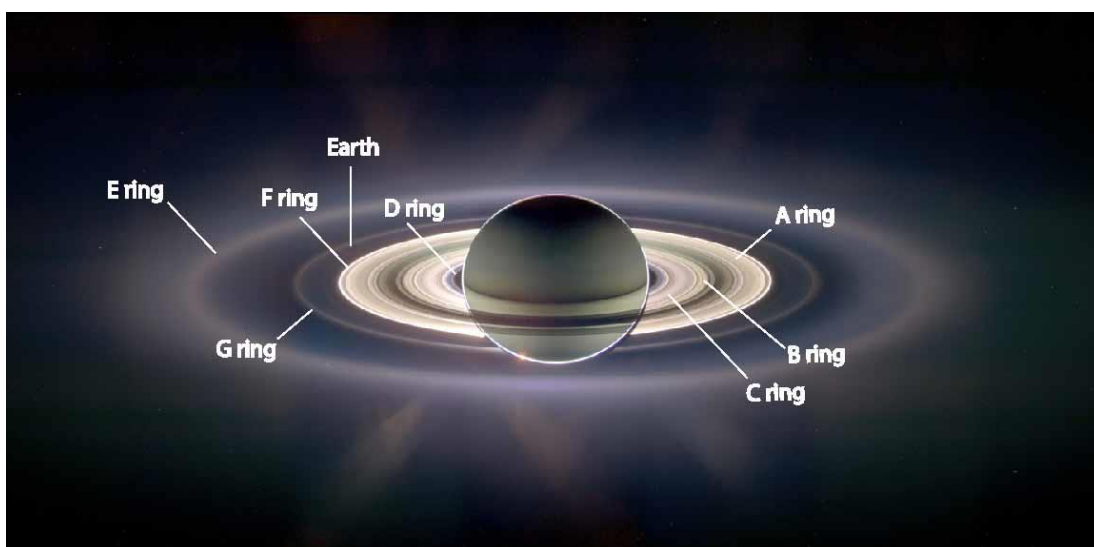
„Sa Zemlje se vide tri glavna prstena: A, B i C. Srednji je prsten, nazvan B, sjajniji je i od vanjskog prstena A, odijeljen prekidom zvanim *Cassinijeva pukotina*. Unutrašnji je prsten C rijedak i skoro proziran“ (Vujnović, 1997c). *Cassinijeva pukotina* možda



djeluje kao prazan prostor, no ona je zapravo ispunjena brojnim tankim prstenovima koji su tako prozirni da se čine nevidljivima. Prsten A podijeljen je na dva dijela *Enckeovom pukotinom* koja je otkrivena na vanjskom rubu prstena A i nazvana po njemačkom astronomu Johannu Enckeu 1837. godine (Fonović, 2009).

Najbliže planetu nalazi se prsten D koji seže i do Saturnovih oblaka (Choi, 2019c).

*Pioneer II* je otkrio postojanje još jednog tankog prstena 1979. godine, a *Voyager I* je pronašao još dva tanka prstena G i F (Fonović, 2009). F je Saturnov vanjski prsten koji je sastavljen od nekoliko uskih prstenčića, zavoja i svijetlih gruda koje daju iluziju tanke zlatne isprepletene niti (Choi, 2019c), dok je prsten E vrlo slabog sjaja i proteže se na najvećoj udaljenosti od planeta. Otkriće tankog prstena F bilo je veoma zapanjujuće jer on, prema svim teorijama fizike, ne bi smio postojati zato što bi trebao biti raspršen u svemir zbog svoje male mase (McNab i Younger, 2000). No, *Voyagerova* je ekipa otkrila kako oko tog prstena postoje dva satelita koji ga *čuvaju* kako se ne bi raspršio. Položaj Saturnovih prstenova u odnosu na matični planet nalazi se na Slici 4.



Slika 4. *Saturnovi prstenovi* (preuzeto iz: *The Rings of Saturn. NASA Goddard Space Flight Center*, URL: <https://caps.gsfc.nasa.gov/simpson/kingswood/rings/>)

James Clerk Maxwell je 1857. proučavajući prstenove zaključio kako oni ne mogu biti jedno tijelo, već da su sastavljeni od sitnijih komadića, a njegova je teza kasnije dokazana spektroskopskim mjerenjima (Ruždjak, 2008b). Ti su komadići izgrađeni od silikatnih stijena, željeznog oksida i leda (Ruždjak, 2008b). Osim toga, svaki prsten sadrži čestice različitih veličina, koje su unutar prstenova čiji su sastavni dio, raspoređene prema različitoj gustoći i o tome ovisi debljina i sjaj pojedinog prstena.

Svi prstenovi zajedno, promatraju li se vodoravno, nisu deblji od 40 m, a kada bi se svi ti dijelovi Saturnovih prstenova sabili u jedno tijelo, Saturn bi dobio satelit manji od Zemljinog Mjeseca, promjera ne većeg od 100 kilometara (Fonović, 2009). Analogno tome, znanstvenici razmišljaju i o nastanku Saturnovih prstenova: davno u prošlosti planeta oko njega je kružio satelit koji se previše približio Saturnu te ga je snažna gravitacija planeta razbila u sitne komadiće koji danas kruže oko Saturna. Ta se granica, na kojoj se tijela raspadaju pod utjecajem gravitacije, naziva Rocheova granica (Buratti i Thomas, 2007). Kako je onda moguće da prstenovi oko Saturna ipak postoje s obzirom na to da postoji gravitacija ogromnog planeta kao što je Saturn? Njegova bi ih snažna gravitacija već odavno trebala progutati. Na kakvoj to točki postoje ovi *ukrasi* i ne raspadaju se, niti nestaju? Pravo porijeklo prstenova još nije poznato i sve oko njihova nastanka još uvijek predstavlja samo nagađanja.

Prema Saturnu je također upućeno nekoliko svemirskih letjelica. Prva letjelica koja je dospjela do Saturna bila je *Pioneer 11*, a potom su prema Saturnu poslani letjelice *Voyager 1* i *Voyager 2* koje su poslale najviše podataka o ovom, još uvijek nepoznatom, svijetu (Launius, 2013). Osim poznatih *Voyagera*, prema Saturnu je naknadno lansirana i letjelica *Cassini* koja je u Saturnovu orbitu ušla 2004. godine (Launius, 2013).

Saturn je drugi po redu planet po veličini u Sunčevu sustavu, a potrebno mu je 29,46 zemaljskih godina kako bi obišao Sunce (Hathaway, 1999). Kako bi obavio svoju rotaciju, potrebno mu je približno 10,5 sati (Choi, 2019c). Saturn rotira nešto sporije od Jupitera, ali je na polovima ipak više spljošten. Ovaj planet ima iznimno malu prosječnu gustoću koja je manja i od gustoće vode (Choi, 2019c). To znači da bi Saturn, kada bi ga se moglo staviti u vodu, plutao.

Saturn na prvu izgleda jednolično, barem ako ga se promatra bez njegovih prstenova, poput plinovite jednobojne kugle. No, približimo li mu se nešto više, bit će lako uočiti kako atmosfera ovog planeta nije baš tako jednolična kako isprva djeluje. Saturn, kao i Jupiter, u slojevima svoje atmosfere ima linije paralelne s ekvatorom. Razlika je u tome što Saturnove nisu toliko raznobojne kao Jupiterove. „Približno svakih trideset godina na inače normalno spokojnom oblačnom pokrovu eruptira oluja poznata od nazivom Velika bijela pjega“ (Hathaway, 1999, str. 172). Ciklus pojavljivanja ove pjege vrlo je blizak trajanju Saturnove revolucije pa je pretpostavljeno kako je riječ o ljetnim olujama na Saturnu (Hathaway, 1999). Te

pjege predstavljaju oluje razorne snage, poput onih na Jupiteru, samo Saturnove traju puno kraće (po nekoliko mjeseci).

Kao i Jupiterova, Saturnova se atmosfera većinom sastoji od vodika (75%) i helija (25%), s tragovima vode, metana i amonijaka (Ruždjak, 2008b). Kako je Saturn plinoviti div, na njemu također pušu snažni vjetrovi: u ekvatorskom području pušu vjetrovi brzinom do 500 metara u sekundi i među najbržima su u Sunčevu sustavu (NASA, 2009).

Saturnova unutrašnjost je slična Jupiterovoj. Na jezgru od stijena i leda položen je sloj metalnog vodika iznad kojega se nalazi sloj tekućeg vodika, koji ujedno zauzima najveći udio u građi planeta (Ruždjak, 2008b). Saturn je, kao i Jupiter, morao stvoriti dovoljno veliku i čvrstu jezgru koja bi na sebe svojom gravitacijom vezala enormne količine plina koje grade ovaj planet i to prije nego li Sunce otpuše taj plin u duboki svemir. Osim što su slični, smatra se da je i Saturn zapravo neuspjela zvijezda poput Jupitera što se da zaključiti po visokoj temperaturi u njegovoj unutrašnjosti.

Saturnova je jezgra također dobar generator magnetskog polja, iako je njegovo magnetsko polje, doduše, slabije nego Jupiterovo. Os Saturnovog magnetskog polja gotovo se poklapa s osi njegove vrtnje (Ruždjak, 2008b), a ono što je potaknulo istraživanje Saturnovog magnetskog polja zasigurno je bila pojava koja je vidljiva i na polovima Zemlje. To je polarna svjetlost koja na svakom planetu nastaje na jednak način, a uzrok joj je magnetsko polje planeta.

Dakle, kako bi postojalo magnetsko polje, potrebno je i postojanje jezgre unutar planeta. Danas još uvijek postoje polemike oko toga ima li Saturn jezgru uopće ili, ako je ima, od čega je građena. Za sada se većina znanstvenika slaže oko teze da jezgra postoji jer nešto mora držati tu količinu plina na okupu. Možda se nekim matematičkim proračunima i udruživanjem fizike i kemije može naći neko rješenje, ali sasvim sigurna ispravnost tvrdnje o Saturnovoj jezgri vjerojatno će još dugo ostati tajna.

Udaljimo li se malo od Saturna, naići ćemo na velik broj njegovih satelita, njih čak 53 od kojih njih 9 čeka službenu potvrdu (Scherrer, 2013), tako da Saturn, što se tiče broja satelita, vrlo malo zaostaje za Jupiterom. Neki Saturnovi sateliti nalaze se unutar njegovih prstenova (Choi, 2019c). Ti sateliti također svojom gravitacijom *čuvaju* prstenove i drže ih u konstantnoj udaljenosti od planeta.

Najpoznatiji Saturnovi sateliti su Titan i Enkelad.

Titan je najveći Saturnov mjesec i drugi po redu najveći mjesec u Sunčevom sustavu. Veći je čak i od Merkura.

Ovaj satelit jedini ima pravu atmosferu koja se većinom sastoji od metana. Ovakva atmosfera dijelom slična prvobitnu Zemljinu atmosferu pa se znanstvenici nadaju kako će, ako ga već nema, na Titanu u dogledno vrijeme biti razvijen život. Na satelitu je pronađen i kisik, doduše samo u tragovima. Ipak, Titan nema svoje magnetsko polje pa je u potpunosti izložen Sunčevom vjetru i stoga je, barem zasad, potpuno nesiguran za bilo kakav oblik života kakav je poznat na Zemlji.

Enkelad je pak u potpunosti leden svijet koji je iznimno blistav zato što odlično reflektira skoro svu Sunčevu svjetlost. Zato ovaj svijet ima izniman sjaj: sjajniji je od Venere, koja također izvrsno reflektira Sunčevu svjetlost. Ovaj svijet možda ipak nije toliko krut koliko izvana djeluje. Letjelica Cassini otkrila je postojanje kriovulkanizma čijim djelovanjem nastaje vodena para. Zbog ovog fenomena mnogi znanstvenici vjeruju kako se ispod njegove površine nalazi vodeni ocean te samim time i potencijalni vanzemaljski oblici života. Pretpostavlja se da unutrašnjost ovog satelita zagrijava gravitacija Saturna jer ga svojom jačinom razvlači i steže. No, da je tome tako površina ovog satelita ne bi bila toliko glatka. I na njoj bi, osim povremenih kratera, bilo raspuknutih dijelova koji bi nastali zbog djelovanja Saturnove gravitacije.

## 5.7. Uran

Uran je treći po veličini planet u Sunčevu sustavu. Ovaj veličanstveni div prvi je planet po redu koji nije bio poznat u razdoblju antike. Otkrio ga je astronom-amater William Herschel 13. ožujka 1781. godine, kada je na svojoj terasi jedne večeri svojim teleskopom promatrao nebo (McNab i Younger, 2000). Isprva je mislio da je riječ o kometu ili nečem sličnom, no kasnije se ispostavilo kako je otkriven novi planet. Herschel je tvrdio kako planet nije pronašao slučajno jer je svaki put promatrao drugu zvijezdu na nebu, a te je večeri red došao na plavičasti disk koji je zapravo bio sedmi planet Sunčeva sustava. Herschel je planet htio posvetiti kralju Georgeu III. pa je za njega predložio ime *Georgium Sidus*, odnosno *Jurjeva zvijezda*,

no ipak je prevladalo ime Uran kojeg je planet dobio prema ocu rimskog boga Saturna (McNab i Younger, 2000).

„Uran je toliko daleko od Zemlje da ga i najbolji teleskopi prikazuju tek kao mali mutni disk“ (McNab i Younger, 2000, str. 116), stoga ne čudi da Herschel nije sa sigurnošću mogao potvrditi kako je pronašao planet. Ovakva udaljenost ovog nebeskog objekta opravdava činjenicu da nije bio poznat antičkom svijetu koji nije poznao teleskop. Izgled ovog planeta dugo je bila tajna, sve dok se prema njemu nije uputila sonda *Voyager 2* koja je na Zemlju poslala izvanredne fotografije ovog plinovitog diva čija se putanja nalazi dvostruko dalje od Sunca nego Saturnova, a potrebno mu je 84 zemaljske godine kako bi obišao Sunce, dok mu za jedan okret oko vlastite osi treba 17,24 sati (NASA, 2009). Masa Urana je 14,4 puta veća od Zemljine (NASA, 2009).

Dugo su, na temelju onoga što se o Uranu moglo saznati sa Zemlje pomoću teleskopa, znanstvenici nagađali o građi i o izgledu planeta. Pretpostavljalo se kako je riječ o plinovitom divu nalik Jupiteru i Saturnu, ali *Voyager 2* je pokazao sasvim neočekivanu sliku Urana: ovaj planet lijeno se kotrlja po svojoj putanji oko Sunca. Ovaj je fenomen lako uočljiv ukoliko se pogleda Uranova os rotacije. Ona se gotovo poklapa s njegovom ravninom gibanja oko Sunca. Pretpostavlja se da je prevrnut iz svog uspravnog položaja u polegnuti udarom nekog nebeskog tijela veličine Zemlje. No, da ga je udarilo neko tijelo, ono bi se vjerojatno izgubilo u Uranovoj mutnoj atmosferi. Treba uzeti u obzir da je Uran većinom građen od plinova, a kruta mu je, navodno, samo jezgra. Tijelo koje se teoretski tada sudarilo s Uranom, moralo je pod utjecajem Uranove gravitacije udariti u nešto, a to nije mogao biti plin. Možda ga je Uranova gravitacija povukla ravno do jezgre gdje je ono prouzrokovalo ovakav zaokret kakav je danas vidljiv. Možda nije točno ništa od navedenog. Moguće je da je planet jednostavno tako zbog nečega formiran i možda bi se trebalo prihvatiti i ovakvu mogućnost. Tko zna?!

Ono što je znanstvenike najviše začudilo jest Uranova jednoličnost. Kako se *Voyager 2* približavao planetu, tako su i slike planeta postale jasnije: na Zemlju su poslane fotografije modrozelenog planeta koji nije imao nikakvih obilježja koja bi barem dijelom sličila Jupiterovima ili pak Saturnovima. Znanstvenici su očekivali da će kamere pokazati svijet barem dijelom sličan već poznatim plinovitim divovima, no dočekale su ih fotografije svijeta koji je veoma jednoličan i na kojem nisu vidljivi skoro nikakvi znaci aktivnosti. Kao i do sada poznati plinoviti divovi, Uran se

većinom sastoji od vodika i helija. Ono što ga čini specifičnim je metan kojeg ima najmanje, ali dovoljno da utječe na izgled planeta. Metan Uranu daje karakterističnu modrozelenu boju jer kristalici metana upijaju sve ostale boje spektra.

Čak se niti Uranovi prstenovi ne ističu snažno kao npr. Saturnovi, no oni su znanstvenike ipak zapanjili svojom prozirnošću i finoćom. Uranovi prstenovi, slično kao i Sturnov prsten F, toliko su blijedi da su jedva uočljivi i po zakonima fizike uopće ne bi smjeli postojati. Stoga znanstvenici pretpostavljaju da su Uranovi prstenovi nastali razmjerno kasno možda raspadom nekog Uranovog satelita ili nekog drugog tijela koje mu se previše približilo pa se pod utjecajem gravitacije planeta raspalo u komadiće, no isto se porijeklo pretpostavlja i Saturnovim prstenovima koji su vrlo jasno vidljivi. Ipak, može se dogoditi da Uranovi blijedi prstenovi sasvim izginu pod utjecajem njegove snažne gravitacije.

Tvrđnja o (ne)postojanju Uranovih prstenova proizašla iz prvotne nemogućnosti da se uoče mjeseci *pastiri* koji bi čuvali prstenove od raspadanja. Kasnije su ipak pronađeni: „Unutar vanjskog ruba prstena nalaze se pastirski mjeseci Ofelija i Kordelija koji svojom gravitacijom onemogućuju rasipanje čestica iz prstena“ (Fonović, 2009, str. 65). McNab i Younger navode kako se Uranovi prstenovi sastoje od devet tanjih prstenova. Znanstvenici su to dokučili na sljedeći način:

„...astronomi su promatrali prolaz Urana ispred zvijezde Sigma Centauri i pritom zamijetili jednu neočekivanu pojavu. Zvijezda nije naglo nestala iza Urana, već je prije i poslije pomračenja devet puta zatreperila. To ih je navelo na zaključak da Uran ima devet prstenova vrlo slaba sjaja što je kasnije i potvrđeno“ (Fonović, 2009, str. 64).

Kasnije je ipak utvrđeno da Uran ima trinaest tanjih prstenova (NASA, 2009) što je otkriveno detaljnijim istraživanjima ovog planeta, a i snažnijim teleskopima. Kao i Saturnovi, Uranovi su prstenovi sačinjeni od ledenih čestica i čestica prašine koje neumorno kruže oko planeta. Razlika je jedino u veličini ovih čestica: čestice Uranovih prstenova su sitnije od čestica Saturnovih prstenova.

Što se tiče Uranove atmosfere, ona i nije tako mirna kako se isprva čini. Uran je planet jakih vjetrova poput Jupitera i Saturna te i on ima vidljive pojaseve poput svojih prethodnika, no oni nisu vidljivi golim okom, već isključivo pomoću infracrvenog svjetla jer se skrivaju dublje u atmosferi.

Uran je veoma hladan svijet. Najniža temperatura koja je izmjerena u atmosferi ovog planeta iznosi  $-224\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Scherrer, 2013). Zbog nedovoljne istraženosti planeta, a i

ekstremno niskih temperatura, znanstvenici nisu razmišljali o mogućnosti života na Uranu. Osim toga, na prvi je pogled izgledao kao vrlo neaktivan planet. No, kasnije je teleskop Hubble pokazao kako se na Uranu ipak nešto zbiva. Počele su klimatske promjene u njegovoj hladnoj atmosferi, što je rezultiralo previranjima unutar nje, gdje su se posljedično pojavili snažniji vjetrovi, vjerojatno zbog promjene planetova položaja prema Suncu (Fonović, 2009). Pretpostavlja se da Uran u svojoj unutrašnjosti nema vlastiti izvor energije, pa je zbog toga vjerojatno njegova atmosfera tako monotona (Choi, 2019d).

Osim toga, zamijećeno je i čudno ponašanje Uranovog magnetskog polja: „nije se poklapalo ni s jednim polom, već je planet presijecalo pod kutom od 60 stupnjeva“ (McNab i Younger, 2000, str. 129). Nitko od znanstvenika nije odgonetnuo o čemu se zapravo radi, no postoji pretpostavka da je Uranovo magnetsko polje u tijeku obrtanja polova te da je to činjenica čudnog stanja Uranovog magnetizma (McNab i Younger, 2000). Zbog postojanja magnetskog polja, zaključeno je kako Uran zasigurno ima krutu jezgru koja je na sebe privukla goleme količine plina, slično kao i u Jupiterovom i Saturnovom slučaju. Međutim, Fonović navodi kako se Uranov magnetizam ne stvara u njegovoj jezgri, već u njegovu plaštu: „Usljed visokog tlaka na dubini većoj od 5000 km jako ugrijana voda se počinje ponašati poput tekućeg metalnog vodika (karakterističnog za Jupiter i Saturn). U njoj se inducira električna struja i stvara magnetsko polje koje okružuje planet“ (Fonović, 2009, str. 65).

Ovo ukazuje na činjenicu da nije nužno da planet ima čvrstu metalnu jezgru kako bi formirao svoje magnetsko polje, kao što je bilo prethodno potvrđeno. Do Uranova otkrića ovakav je slučaj bio nepoznanica, no sada je ipak vidljivo kako ipak nije nužno da svemirski objekt ima krutu metalnu jezgru kako bi formirao magnetsko polje. Uranov je slučaj pobio dotadašnja uvjerenja u astronomiji.

Iako Uran djeluje vrlo jednolično, oko sebe je okupio brojne svjetove koji su drugačiji od svog matičnog planeta. Sveukupno, Uran ima 27 poznatih mjeseca (Choi, 2019d). Najpoznatiji Uranovi mjeseci su: Titanija (najveći satelit), Oberon, Miranda, Umbriel i Ariel. Svaki je od njih izbrazdan brojnim kraterima koji su dokaz da je i u vanjskom dijelu Sunčeva sustava postojalo bombardiranje svemirskim kamenjem. Ono što je također zanimljivo jest to da su „svi mjeseci osim Umbriela pokazivali znakove geološke aktivnosti, topljenja i preoblikovanja velikih područja njihove ledene kore“ (McNab i Younger, 2000, str. 129). Krajolici koji su nastali na ovim svjetovima posljedica su djelovanja vode, a ne stijena kao što je to slučaj u

unutarnjem Sunčevom sustavu. Neprestanim izviraanjem tekuće vode iz unutrašnjosti ovih svjetova i njezinim zaleđivanjem na njihovim površinama nastali su neki od najspektakularnijih krajolika u čitavom Sunčevom sustavu (McNab i Younger, 2000). Ostali su Uranovi sateliti vrlo maleni pa se o njima veoma malo zna.

Najpoznatiji i najčudniji Uranov satelit je Miranda. Vrlo je malen, samo 485 km u promjeru (Vujnović, 1997c). *Voyager 2* je otkrio kako je riječ o jednom od najsloženijih tijela Sunčeva sustava te da je izgled njezine površine izvor vrlo neobičnih pojava (Vujnović, 1997c).

„Dio je njegove površine nabran u velike hridi, kanjone i hrpte. Na jednom mjestu nalazi se ponor dvostruko dublji nego li je visina Mount Everesta. Najčudnije od svega bila su dva golema, pravokutna područja i još jedna tvorevina oblika slova „V“, puni jaraka kao izoranih divovskim plugom“ (McNab i Younger, 2000, str. 131).

Nakon što je *Voyager 2* otkrio postojanje fantastične Mirandine površine, znanstvenici su počeli razmišljati o procesu nastanka ovog satelita. Teorija (predvidivo) glasi kako je Miranda nekoć u prošlosti bila sudarena s golemim asteroidom uslijed čega se raspala na nekoliko dijelova koji su se kasnije međusobno povezali i stvorili ovakvo tijelo kakvo je danas poznato (McNab i Younger, 2000). Zanimljivo je primijetiti kako znanstvenici konstantno nude gotovo jednaka rješenja za sva tijela koja su neobičnog oblika ili imaju neobičnu površinu. Prije Mirande otkriveno je vrlo mnogo različitih svjetova i za nastanak gotovo svakog od njih odgovoran je asteroid s kojim je dotično tijelo imalo bliski susret, te se nakon raspada ponovno povezano u tvorevinu koja danas postoji u svemiru. Do sada nigdje nije pronađen odgovor na pitanje zašto je tome tako, ali činjenica je da se ova teorija konstantno ponavlja, a nikada nije potvrđena kao istina. Izgleda da je znanstvenici koriste kako bi objasnili nastanak nečega što dosad nije viđeno. Zašto jednostavno ne bi ponekad priznali to da je moguće da je neki planet ili satelit nastao takav kakav je i da su se promjene na njemu dogodile zbog njegove vlastite geološke aktivnosti? Miranda je satelit koji ima snažnu geološku aktivnost. Prema tome, uopće nije potrebno pretpostavljati raspadanje ovog svijeta i potom njegovo ponovno sastavljanje u prošlosti, kako bi nastao reljef koji se trenutno na njemu nalazi. Možda se zato malo i zna o svim tim čudesnim svjetovima, jer se postavljaju teorije koje vrlo vjerojatno uopće nisu temelj nastanka. Možda je nastanak svih tih svjetova, a i svemira uopće, puno jednostavniji nego što se to danas pretpostavlja.



## 5.8. Neptun

Nakon pronalaska Urana znanstvenici su bili gotovo sigurni u postojanje još jednog tijela, najvjerojatnije planeta iza njega jer se Uran, veoma udaljen od Sunca, kretao vrlo čudno. To je kod mnogih znanstvenika izazivalo pretpostavku kako iza Urana mora postojati još jedno masivno tijelo, najvjerojatnije planet, koje svojom snažnom gravitacijom utječe na Uranovo kretanje (McNab i Younger, 2000).

Godine 1846. konačno je otkriven plavi planet Neptun, svojim unutrašnjim ustrojem vrlo sličan Uranu (Smolić, 2004). Najmanji je plinoviti div i ujedno posljednji planet Sunčeva sustava, trideset puta udaljeniji od Sunca nego što je Zemlja (McNab i Younger, 2000). Njegova prekrasna modra boja koja asocira na more imala je važan udio pri davanju imena novootkrivenom planetu. Neptun je dobio ime prema rimskom bogu mora koji je analogan grčkom Posejdonu. Neptun se barem izdaleka čini sličnim Zemlji, no njegov se sastav daleko razlikuje od njezinog.

Neptun je, kao i ostali jovijanski planeti Sunčeva sustava, većinom izgrađen od vodika i helija, no s primjesama metana koji mu daje modru boju (NASA, 2009). Na prvu je uočljivo kako je Neptunova atmosfera modrija od Uranove pa znanstvenici pretpostavljaju kako mora postojati udio nekog drugog elementa koji bi intenzivirao boju Neptunove atmosfere (NASA, 2009). Ovaj modri div treba čak 165 zemaljskih godina kako bi jedanput obišao Sunce, što znači da ga još niti jednom nije obišao otkako je otkriven (Smolić, 2004). Dan na ovom plavom divu ipak traje kraće – samo 16 sati i 7 minuta (Smolić, 2004).

O ovom se plinovitom divu najviše doznalo otkako je prema njemu upućena sonda *Voyager 2* (jedina sonda koja je posjetila Neptunov sustav) koja je poslala detaljnije fotografije ovog svijeta. Dakle, sva otkrića vezana za Neptun postoje zahvaljujući sondi *Voyager 2*.

U srcu Neptuna nalazi se jezgra izgrađena od silikatnih stijena, kao i Uranova, koja je omotana debelim slojem ledene vode, metana i amonijaka koji konačno prelazi u atmosferu (Fonović, 2009).

Neptunova je atmosfera izrazito nemirna i uskovitlana. Naziva ga se još i planetom vjetrova što nije ni čudo kada je ovaj planet  *vlasnik*  najsnažnijih vjetrova u Sunčevu sustavu. Vjetrovi na Neptunu mogu dosegnuti i do nevjerojatnih 2400 km/h (Smolić, 2004). Bez obzira na sličnu građu s Uranom, Neptun je nešto šarolikiji od svog prethodnog susjeda. Velika mrlja tamnoplave boje u Neptunovoj atmosferi

predstavlja pjegu sličnu Jupiterovoj Crvenoj pjegi. Ova je pjega približno veličine Zemlje, iznad koje se nalaze bijeli oblaci sačinjeni od kristala metana (Smolić, 2004). Osim ove Velike tamne pjege, na Neptunu je vidljiva i jedna Mala tamna oluja, odnosno pjega približno veličine Mjeseca (Hathaway, 1999). Jedna je pjega dobila i posebno ime Scooter (Skuter), jer „se giba tako brzo kao da goni sve druge oluje oko planeta“ (Hathaway, 1999, str. 200). Teleskop Hubble je otkrio kako se Neptunove pjege vrlo brzo mijenjaju, nastaju i nestaju, što je rezultat izrazito nemirne atmosfere ovog plavog diva čija prosječna temperatura iznosi  $-218\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Smolić, 2004).

Otkriveno je kako i ovaj planet ima svoje prstenove, njih šest (NASA, 2009). Poput Uranovih i Jupiterovih prstenova, Neptunovi su jednako tako tanki i gotovo prozirni. Oni također posjeduju svoje mjesece *pastire* koji ih čuvaju kako se ne bi raspršili u prostranstvo svemira. Poznat je mjesec Galatej koji ima ulogu pastirskog mjeseca za Neptunove prstenove, no Fonović također u tekstu navodi kako osim Galateja postoji još jedan mjesec koji obavlja tu funkciju, ali navodno nije još otkriven: „Računalne simulacije pokazuju da je za očuvanje lukova odgovoran Neptunov mjesec Galatej (Galatea) i još jedan pastirski satelit promjera 6 km koji još nije otkriven“ (Fonović, 2009, str. 69). Ovakva tvrdnja navodi na veliku sumnju o istinitosti informacija sakupljenih o ovom planetu. Kako je moguće pisati o postojanju tog malenog objekta ako još nije otkriven?! Jesu li izmislili takav objekt jer im možda nedostaje u kalkulacijama ili je u pitanju nešto drugo? Možda bi se dalo pretpostaviti i da je autor pogriješio u pisanju, no to je mogućnost koja bi se s velikom sigurnošću mogla odbiti. Kako god, ovakvi se slučajevi ne bi smjeli prezentirati javnosti kao istine, ako su samo teorije. Ukoliko je riječ o nekakvoj teoriji, potrebno je naglasiti da je to teorija, a ne iznositi puku teoriju kao istinitu tvrdnju.

Neptun, jednako kao i ostali jovijanski planeti, ima snažno magnetsko polje, no za razliku od Urana, Neptun „stvara 2,7 puta više topline nego što je upija od dalekog Sunca, što ukazuje na postojanje unutarnjeg izvora topline“ (Fonović, 2009, str. 69). Poput Uranovog, Neptunovo magnetsko polje nagnuto je pod kutom od  $47^{\circ}$  usporedno s osi rotacije planeta (NASA, 2009). „Njega ne stvara rastaljeni materijal, kao u slučaju Zemlje, nego voda, tako vruća, zagrijana na  $2200\text{ }^{\circ}\text{C}$  - i pod takvim tlakom da postaje vodljiva za struju i tako stvara magnetsko polje“ (Hathaway, 1999, str. 200). Dakle, i Neptunovo magnetsko polje ima centar u plaštu, a ne u jezgri planeta.

Ono što je još zanimljivo jest da Neptunovo magnetsko polje nije ograničeno isključivo na njegove polove. Zbog toga je na Neptunu moguće vidjeti polarnu svjetlost i na nižim geografskim širinama.

Neptun ima trinaest poznatih satelita (NASA, 2009). Njegovi su sateliti prilično maleni, a među njima se najviše ističe već spomenuti Triton.

Triton je Neptunov najveći satelit koji oko njega kruži retrogradno. Pretpostavlja se da je Triton nekoć bio samostalno tijelo unutar Kuiperova pojasa, no onda ga je Neptun zarobio svojom gravitacijom kada su se ta dva tijela međusobno dovoljno približila kako bi se to dogodilo (Smolić, 2004).

Triton je geološki veoma zanimljiv svijet. *Voyager 2* je na njemu otkrio brojne ledene vulkane, odnosno gejzire koji su aktivni uz najnižu temperaturu u Sunčevom sustavu od -235 stupnjeva ispod nule (Fonović, 2009). Isprva se mislilo kako su udaljeni svjetovi s ruba Sunčeva sustava nezanimljiva ledena tijela, no Triton je jedan od svjetova koji je pokazao kako to nije slučaj, te da pripada u skupinu nebeskih tijela koja su itekako vrijedna istraživanja.

## 6. KUIPER-EDGEWORTHOV POJAS

Netko bi pretpostavio kako je s Neptunom, odnosno Plutonom, koji je nekoć smatran jednim od planeta Sunčeva sustava, povučena granica između Sunčeva sustava i dubokog svemira. Ipak, znanstvenici su otkrili kako iza Plutona postoji još tijela sličnih njemu pa su i Pluton svrstali u skupinu tih manjih objekata koja je nazvana patuljastim planetima. Pojas koji obuhvaća sva ta tijela, a nalazi se onkraj Neptunove putanje, naziva se Kuiperov pojas i njegovo je postojanje potvrđeno 1992. godine (Launius, 2013). Pretpostavka o postojanju ovog pojasa nastala je na teoriji o tome kako je iz kuta fizike nemoguće da se protoplanetarni disk, koji je iznjedrio Sunčev sustav, naglo završava s krajem Neptunove putanje (Fonović, 2009). To ima logike, jer na krajnjim granicama tako velikog diska u kojemu su se međusobno povezivale manje i veće čestice, sigurno postoje još neka manja pravilna tijela, ali i sitnija nepravilna tijela nalik asteroidima ili možda još manja. Prema tome, Kuiperov je pojas analogan asteroidnom pojasu (ostatak planetezimala od formacije Sunčeva sustava) (Pfalzner i sur., 2014). Teoriju o mogućem postojanju ovog pojasa iznio je irski astronom Kenneth Edgeworth još 1943., ali i Gerard Kuiper, nizozemsko-američki astronom 1951. ne znajući za pretpostavku irskog znanstvenika (Fonović, 2009). Stoga se ovaj pojas službeno naziva Kuiper-Edgeworthov pojas, no u gotovo svojoj je literaturi poznatiji kao Kuiperov pojas.

Kuiperov pojas započinje odmah iza Neptunove putanje, a proteže se od 50 AJ (astronomskih jedinica) do 100 AJ od Sunca (Launius, 2013).

Tijela koja *nastanjuju* ovaj pojas oko Sunca, prosječno su veličine iznad 100 km u promjeru (NASA, 2009). Ova su tijela većinom maleni ledeni svjetovi.

Kao najveće tijelo Kuiperova pojasa ističe se Pluton, donedavno deveti planet Sunčeva sustava, a danas svrstan u skupinu nebeskih objekata koji su nazvani patuljastim planetima. Kao što je otkriven Neptun, Plutonovo se otkriće također očekivalo jer je bilo pretpostavljeno uz pomoć matematike. Percival Lowell naslutio je postojanje planeta X, kako su tada zvali neotkriveni Pluton (Hathaway, 1999). Pluton je otkriven 1930. u zvijezdu Blizanaca od strane astronoma amatera Clydea Tombaughu (Launius, 2013). Tombaughu je kao amateru bio povjeren rad jer zvezdarnica nije imala dovoljno novca kako bi platila stručnjaka. Zato je on prihvatio posao te je na raspolaganju imao postavljen novi teleskop posebno namijenjen istraživanju i otkrivanju transneptunskih tijela (Hathaway, 1999).

Tombaughov zadatak bio je uspoređivati fotografije koje je teleskopom snimio preko noći te pronaći one *zvijezde* koje se miču.

„On se tog posla prihvatio pomoću dvostrukog mikroskopa (blink komparatora), koji omogućava promatraču usporedbu dviju gotovo identičnih slika noćnog neba. On naizmjenice, u brzom slijedu, osvjetljava jednu pa drugu fotografiju, a slike im optički spaja. Pritom slika zvijezda i galaksija ostaje nepromijenjena, no sve što se pomaklo skakuće amotamo. Stotine tisuća sitnih točkica svjetlosti na fotografijama bile su gotovo sve svjetlije od Plutona“ (Hathaway, 1999, str. 210, 211).

Pritom je trebalo pripaziti na sve ostale moguće pomične objekte na nebu kako bi i njih eliminirao te našao tu jednu točku koja je trebala biti tada još neotkriveni planet X. Konačno je uočio taj objekt te je uskoro objavljeno kako je otkriven novi planet.

Očekivalo se da će novootkriveni svijet ponuditi mnogo materijala za razmatranje i jedva se čekalo da ga se počne istraživati. No, na njihovo razočarenje, pronađen je veoma malen svijet, manji čak i od Zemljinog Mjeseca, koji je dobio ime po rimskom bogu podzemlja.

Zbog neočekivano malene mase ovog patuljastog planeta znanstvenici su zaključili kako je nemoguće da Pluton ima velik gravitacijski utjecaj na kretanje Urana i Neptuna, te da su izračuni koje su dobili matematičkim putem pogrešni. Ta blago nepravilna kretanja velikih plavičastih divova zapravo nisu rezultat gravitacije nekog drugog, udaljenijeg masivnog tijela. Takvo je kretanje možda samo dio njihove prirode, a moguće je i da svaki planet ima blaga odstupanja, no na njih se nije obraćalo previše pažnje jer su već od ranijeg vremena bili poznati. Možda se slično dogodilo i u slučaju izračunavanja Neptunove putanje, no ako je tako, onda je ta pogreška dovela do otkrića novog planeta, kao što je dovela i do otkrića Plutona i samim time Kuiperova pojasa.

Zanimljivo je da putanja ovog patuljastog planeta presijeca Neptunovu te da se Pluton na 20 godina približi Suncu više od Neptuna kod svakog svog 248-godišnjeg kruženja oko Sunca (Choi, 2017a). No, prilikom ovog Plutonovog presijecanja Neptunove putanje ne može doći do njihovog međusobnog sudara: Pluton obilazi Sunce u rezonanciji s Neptunom u odnosu 3:2, što znači da za vrijeme dok Neptun tri puta obiđe Sunce, Pluton to učini dva puta (Geiss i Hultqvist, 2005). Također je interesantno da Pluton oko Sunca kruži kao i Uran: polegnut na bok (Smolić, 2004).

Do otkrića Plutonovog satelita Harona, mnogi su astronomi za Pluton vjerovali kako je riječ o odbjegliom Neptunovom satelitu (Smolić, 2004). No kako satelit ne može

imati svoj satelit, ta je pretpostavka odbačena. Haron je također veoma malen, no ipak je dovoljno velik da bi mnogi znanstvenici ovaj sustav Pluton-Haron nazivali dvostrukim planetom (Haron je samo dvaput manji od Plutona) (Launius, 2013). Osim toga, ova dva tijela jedno drugom međusobno pokazuju uvijek istu stranu i to je jedini takav poznati slučaj u Sunčevom sustavu.

Godine 2005. NASA je objavila da Pluton ima još dva manja satelita: Nixa i Hydru, a otkriveni su puno kasnije jer su vrlo slaba sjaja (NASA, 2009).

Otkako je otkriven Pluton je promatran samo teleskopima sa Zemlje i bio je jedini planet prema kojemu nije poslana niti jedna svemirska letjelica. No, to se promijenilo 2015. godine kada je u Plutonovu orbitu poslana NASA-ina sonda *New Horizons* koja je поближе prikazala ovaj udaljeni, maleni, ledeni svijet (Choi, 2017a). Ipak, o ovom se patuljastom planetu zna vrlo malo. Zna se da je Pluton izgrađen većinom od stijena i leda te da je njegova površina prekrivena smrznutim dušikom, metanom i vodenim ledom (Choi, 2017a). Plutonova atmosfera nastaje blagim isparavanjem tih elemenata s njegove površine pa stoga iznimno rijetka i ovisi o Plutonovom položaju u odnosu na Sunce (Fonović, 2009). Kada se planet nađe bliže Suncu, tada on ima atmosferu, no čim se udalji od njega, ponovno dolazi do smrzavanja ovih elemenata te planet gubi svoju atmosferu (Fonović, 2009).

Temperature na Plutonu su iznimno niske, a zimi mogu dosegnuti i do  $-225\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Choi, 2017a).

Erida (Eris) je tijelo pronađeno nakon Plutona, 2005. godine i nalazi se dalje od njega, no ipak je veće (Launius, 2013). Pronalaskom još nekoliko tijela slične veličine i karaktera, Pluton je izbačen iz sustava planeta Sunčeva sustava i pridružen je manjoj podskupini nazvanoj patuljasti planeti. Razlike koje su usvojene između planeta i patuljastih planeta na Generalnoj skupštini Međunarodne astronomske unije (IAU) u Pragu, već su ranije navedene u ovome radu u poglavlju *Planeti*.

„Ceres je najveći asteroid i jedini patuljasti planet u unutarnjem Sunčevom sustavu i sadrži oko 1/3 ukupne mase asteroidnog pojasa“ (Scherrer, 2013, str. 23). Ceres je ovalnog oblika i veličinom više ili manje sličan prirodnim satelitima planeta, no ne pripada niti jednom planetu. S obzirom da se nalazi u asteroidnom pojasu, isprva ga se svrstavalo u asteroide. No kako od 2006. postoji skupina patuljastih planeta, od tada je i on svrstan u tu skupinu jer kruži oko Sunca neovisno o nekom matičnom planetu.

U skupinu patuljastih planeta ubrajaju se još Haumea i Makemake kao poznatija tijela ove skupine (Scherrer, 2013).

Iz ovog dijela svemira pojavljuju se kratkoperiodični kometi, na čije gibanje utječe gravitacijsko polje Neptuna koje im može izmijeniti putanje (Launius, 2013). Ova tijela kruže oko Sunca u istom smjeru kao i planeti, a običu ga za manje od 200 godina (Weissman, 2007).

Osim navedenih tijela, u Kuiperovom pojasu otkriveno je više od tisuću objekata, a pretpostavlja se da ih ima još puno više. Svake se godine otkrije barem nekoliko novih objekata Kuiper-Edgeworthova pojasa pa znanstvenici mogu samo nagađati o brojnosti objekata u ovom disku koji se nalazi iza Neptunove orbite.

## 7. OORTOV OBLAK

Iza Kuiperovog pojasa nalazi se ogroman pojas sačinjen od kometskih jezgri, a zove se Oortov oblak. „Proteže se između 5000 AJ i 100 000 AJ, a sastoji se od 0,1 do 2 bilijuna ledenih tijela u solarnoj orbiti“ (NASA, 2009). Oortov oblak se smatra krajem Sunčeva sustava, te mjestom gdje Sunčev gravitacijski i fizikalni utjecaj prestaje (NASA, 2009).

Iz ovog mjesta dolaze dugoperiodični kometi i ova tijela mogu doći iz bilo kojeg dijela Oortova oblaka.

Gibanje kometskih jezgri može poremetiti gravitacijsko polje susjednih zvijezda na način da odgurnu kometske jezgre prema unutrašnjosti Sunčeva sustava te na taj način poremete njihovo pravilno gibanje (Choi, 2017b). To je razlog zašto se na noćnom nebu ponekad može vidjeti prizor koji je oduvijek u ljudima izazivao strahopoštovanje, ali i predstavljao loše predznake: prekrasna svjetleća kugla koja iza sebe ostavlja impresivan svjetleći trag u obliku repa.

„Isaac Newton je matematički dokazao da kometi kruže oko Sunca po izduženim putanjama kojima upravlja Sunčeva gravitacija. Na osnovi Newtonova zakona gravitacije Edmond Halley je izračunao da se sjajni kometi iz 1456., 1531., 1607. i 1682. godine gibaju gotovo po istovjetnim stazama i smjelo pretpostavio kako se radi o pojavi jednog te istog tijela koje po eliptičnoj putanji obiđe Sunce jedanput u približno 76 godina“ (Fonović, 2009, str. 78).

Astronom je analogno tome izračunao kako bi se komet sljedeći put trebao pojaviti 1758. godine i bio je u pravu (Fonović, 2009). Stoga taj najpoznatiji komet nosi ime prema znanstveniku koji je izračunao period njegove putanje: Halleyev komet. Ovaj je *ljepotan* posljednji put viđen 1986. godine, što znači da ga se može očekivati tek 2062. godine (Choi, 2017b).

Kometi su doista impresivne pojave, a najviše očarava njihov rep. No, taj rep predstavlja krhotine komada stijene i leda koji sublimira u kontaktu sa česticama Sunčevog vjetrova i iza sebe ostavlja dugačak trag na nebu.

Jezgra kometa sastoji se od leda (smrznuti metan, amonijak, ugljikov dioksid i ugljikov monoksid) i prašine te je obavijena tamnim organskim materijalom (Choi, 2017b). Jezgru kometa obavija koma koja nastaje približavanjem kometa Suncu. Koma kometa veliki je oblak plina i prašine. Zračenje sa Sunca odguruje čestice prašine te tako nastaje prašinasti trag, dok se neki plinovi pretvaraju u ione te tako



čine ionski trag kometa (Choi, 2017b). Na taj način nastaje karakterističan rep kometa koji se razvija ovisno o snazi Sunčevog vjetra. To se događa samo ako postoji dovoljno plina i prašine i ako je komet bliže Suncu. Za rep kometa karakteristično je to da se on razvija uvijek suprotno od smjera Sunca, što je logično jer Sunčev vjetar raspršuje čestice kometa suprotno od strane na kojoj se Sunce nalazi.

Pretpostavlja se kako su kometi ostatak planetezimala, čestica od kojih je izgrađen Sunčev sustav.

Kada se razmatra pitanje života u svemiru, navodi se mogućnost da su kometi zaslužni za postanak života na Zemlji jer sadrže malo organske tvari i vode. Ta je teorija poznata pod nazivom *teorija panspermije*. Ako je to doista tako bilo u dalekoj prošlosti ovog kutka svemira, onda se postojanje svega živoga na Zemlji, uključujući i čovjeka, može zahvaliti upravo kometima.

Često se događa da se pojam kometa pomiješa s pojmom meteora. No, postoje još i meteoroidi i meteoriti. Kakva je razlika između ovih tijela?

Zemlja se na svom putu oko Sunca susreće s različitim stjenovitim materijalom, koji se često naziva i svemirskim kamenjem. Meteoroidi su stjenoviti svemirski materijal koji putuje unutar međuplanetarnog prostora Sunčeva sustava. Njihovo porijeklo može biti sasvim različito, no svoje postojanje najviše duguju kratkoperiodičnim kometima i rjeđe asteroidima (Weissman, 2007). Njihova veličina može varirati od veličine zrnca prašine do ogromnog kamenja čija masa može dosegnuti tonu.

Ova se tijela prilikom približavanja Zemljinom atmosferi veoma zagriju i u direktnom se susretu s njom zapale što se sa Zemlje vidi kao meteor. Dakle, meteoroid koji je u dodiru sa Zemljinom atmosferom, pri čemu snažno sjaji, naziva se meteor. Tako se svake godine sredinom kolovoza mnogi ljudi upute na neosvijetljena mjesta daleko od gradova gdje znaju ostati do jutra promatrati tzv. kišu meteora čiji je prividni izvor u zviježđu Perzeja (Perzeidi). Zviježđe Perzeja je veoma udaljeno od Zemlje pa je potrebno razjasniti kako je izvor meteora u tom zviježđu samo privid. Gledajući u nebo sa Zemlje, izvorište ovih meteora pojavljuje se svake godine na mjestu na kojem se nalazi i zviježđe Perzeja. Dakle, samo zviježđe ne predstavlja pravi izvor meteora. Pravi izvor je veća grupa meteoroida na tom mjestu Sunčeva sustava gdje se Zemlja nađe u periodu između srpnja i kolovoza. U narodu je ovaj fenomen poznat pod nazivom Suze svetog Lovre.

Perzeidi nisu jedini takav fenomen, ali su definitivno najpoznatiji. To je slučaj vjerojatno zbog toga što je u vrijeme susreta Zemlje s tim meteoroidima na sjevernoj polutki ljeto i nebo je tada najbolje vidljivo jer se rijetko pojavljuju oblaci.

Osim Perzeida postoje i Leonidi koji se pojavljuju sredinom studenog, Geminidi koji se pojavljuju u prvoj polovici prosinca i mnogi drugi (Petrić, 2018). No, na spomen meteora, većina ljudi ima asocijaciju na vruće ljetne večeri.

Ovakve se pojave događaju zbog postojanja meteorskih potoka za čiji je nastanak potrebno veoma dugo razdoblje. Oko glave kometa postoji roj čestica koje se oslobađaju prilikom njezina izgaranja. Taj se oblak s vremenom raspršuje po kometskoj stazi i tako tvori meteoroidsko vlakno koje se nakon nekog vremena počne raslojavati te tako činiti meteorski potok (Fonović, 2009). Primjeri većih meteorskih potoka nalaze se u Tablici 2.

Tablica 2. *Veći meteorski potoci, njihova roditeljska tijela i maksimalna aktivnost* (preuzeto iz: Sve tajne meteora. *Zvezdarnica: Nešto važno događa se u svemiru*, URL: <https://www.zvezdarnica.com/astronomija/zanimljivosti/sve-tajne-meteora/2776>)

<b>Meteorski potok</b>	<b>Roditeljsko tijelo</b>	<b>Maksimalna aktivnost</b>
Kvadrantidi	asteroid 2003 EH1	3.-4. siječnja
Liridi	komet C/1861 G1 Thatcher	21.-22. travnja
Eta Akvaridi	komet 1/P Halley	4.-5. svibnja
Delta Akvaridi	nepoznato	28.-29. srpnja
Perzeidi	komet 109/P Swift-Tuttle	12.-13. kolovoza
Orionidi	komet 1/P Halley	21.-22. listopada
Tauridi (sjeverni i južni)	nepoznato	3.-13. studenoga
Leonidi	komet 55/P Tempel-Tuttle	16.-17. studenoga
Geminidi	asteroid 3200 Phaeton	13.-14. prosinca
Ursidi	komet 8/P Tuttle	21.-22. prosinca

Prilikom izgaranja meteora često se dogodi da u atmosferi ne sagore svi dijelovi meteora. Takvi dijelovi padaju na Zemljinu površinu i nazivaju se meteoritima. To su stijene iz svemira koje se mogu vidjeti u muzejima, ali se često mogu pronaći i u prirodi. Ove stijene predstavljaju pravo blago jer istraživanja provedena na njima mogu uvelike pomoći pri određivanju starosti Sunčeva sustava, ali i njegovoj prvotnoj formaciji.

## 8. ZAKLJUČAK

Sunčev sustav je vrlo kompleksan sustav velikog broja manjih i većih tijela koja su međusobno povezana na određeni način zakonima fizike. Neki su prirodni zakoni poznati znanosti zahvaljujući pojedincima iz povijesti koji su svojom znatiželjom, ali i znanjem uspjeli predočiti te zakone. Zahvaljujući njima, danas je otkriven uzrok međudjelovanja tvari i objekata koji postoje u svemiru – gravitacija. Ova, ne tako snažna sila, ipak drži sve objekte više ili manje na svom mjestu, na njihovim putanjama, te zahvaljujući njoj postoji red u svemiru. Promatrajući Sunčev sustav, ali i duboki svemir, čovjek može saznati puno toga o sebi i o svojoj prošlosti te otkuda zapravo dolazi. Nije sasvim potvrđeno da su pojedine teorije ispravne, no postoji velika vjerojatnost da se izravno gleda u odgovore koji su od velike važnosti za cijelo čovječanstvo.

Neke su pak teorije o planetima Sunčeva sustava pomalo diskutabilne jer se u različitoj literaturi nalaze različita zapažanja i tvrdnje. Takva će literatura dobro zamisliti laike koji su zainteresirani za područje astronomije jer će u njima potaknuti sumnju u istinitost navedenih tvrdnji nazvanih činjenicama.

Također, iz literature je razvidno kako se znanstvenici o planetima i Sunčevu sustavu uopće, uvijek drže istih okvira. Primjerice, za sva se tijela su Sunčevu sustavu, neovisno o njihovoj veličini tvrdi da su nastala međusobnim sudaranjem. U primjeru manjih tijela kao što su planetezimali koji su to činili u početku ova teorija vrijedi, no ako bi u Zemlju udarilo tijelo veličine Marsa, ona bi se vjerojatno sasvim raspala. Tim bi se raspadom uz pomoć gravitacije moglo formirati jedno veće tijelo. Mjesec i Zemlja su veoma blizu da bi se vjerovalo kako su od hrpe sitnog svemirskog kamenja nastala dva tijela koja su u tako savršenom razmjeru koji ne postoji nigdje u Sunčevu sustavu. Ako tijelo nije nastalo sudarom, onda je zarobljeno gravitacijom. Sigurno postoji znanje, ali nedostaje znatiželja koja bi pomogla da se malo izađe iz okvira. Možda postoji još nekoliko rješenja koja tek čekaju na svoje otkriće.

S druge strane, možda su Sunčev sustav i svemir nastali na sasvim drugačiji način nego što se danas misli. Možda planeti i njihovi sateliti, asteroidi i kometi djeluju na sasvim drugačiji način pa je sve što se danas zna samo privid. Sve što se dosad zna, možda dijelom uopće nije tako. Ipak su to samo nagađanja, ali nagađanja koja se ljudima čine logičnima.

## 9. LITERATURA

1. Buratti, B. J., Thomas, P. C. (2007). Planetary Satellites. U: L. McFadden, P. R. Weissman, T. V. Johnson (ur.), *Encyclopedia of the Solar System*. (str. 365-382). Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Elsevier.
2. Catling, D. C., Leovy, C. (2007). Mars Atmosphere: Hystory and Surface Interactions. U: L. McFadden, P. R. Weissman, T. V. Johnson (ur.), *Encyclopedia of the Solar System*. (str. 301-314). Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Elsevier.
3. Choi, C. Q. (2017a). *Dwarf Planet Pluto: Facts About the Icy Former Planet*. Preuzeto s <https://www.space.com/43-pluto-the-ninth-planet-that-was-a-dwarf.html> (04. 12. 2019.)
4. Choi, C. Q. (2017b). *Comets: Facts About the 'Dirty Snowballs' of Space*. Preuzeto s <https://www.space.com/53-comets-formation-discovery-and-exploration.html> (04. 12. 2019.)
5. Choi, C. Q. (2019a). *Mars: What We Know About the Red Planet*. Preuzeto s <https://www.space.com/47-mars-the-red-planet-fourth-planet-from-the-sun.html> (13. 11. 2019.)
6. Choi, C. Q. (2019b). *Jupiter: Our Solar System's Largest Planet*. Preuzeto s <https://www.space.com/7-jupiter-largest-planet-solar-system.html> (15. 11. 2019.)
7. Choi, C. Q. (2019c). *Saturn: Facts About the Ringed Planet*. Preuzeto s <https://www.space.com/48-saturn-the-solar-systems-major-ring-bearer.html> (15. 11. 2019.)
8. Choi, C. Q. (2019d). *Uranus: The Ringed Planet That Sits on its Side*. Preuzeto s <https://www.space.com/45-uranus-seventh-planet-in-earths-solar-system-was-first-discovered-planet.html> (27. 11. 2019.)
9. Crnogaća, M. (2006). Merkur. *Drvo znanja*, 10(91), 18-19.
10. Dowling, T. E., Showman, A. P. (2007). Earth as a Planet: Atmosphere and Oceans. U: L. McFadden, P. R. Weissman, T. V. Johnson (ur.), *Encyclopedia of the Solar System*. (str. 169-188). Amsterdam, Boston,

Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Elsevier.

11. Fonović, M. (2009). *Svemir, Sunčev sustav, zvijezde, galaksije, život u svemiru*. Sv. Ivan Zelina: Plominsko Zagorje.
12. Geiss, J., Hultqvist, B. (2005). *The Solar System and Beyond. Ten Years of ISSI*. Bern: The International Space Science Institute.
13. Hathaway, N. (1999). *Vodič kroz svemir*. Zagreb: SysPrint.
14. Hawking, S. (2009). *Teorija svega: podrijetlo i sudbina svemira*. Zagreb: V.B.Z.
15. Hoyle, F. (2005). *Astronomija*. Split: Marjan tisak.
16. Hunten, D. M. (2007). Venus: Atmosphere. U: L. McFadden, P. R. Weissman, T. V. Johnson (ur.), *Encyclopedia of the Solar System*. (str. 139-148). Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Elsevier.
17. Infobit. *How The Universe Works Host*.  
URL: <http://www.infobit.co/how-the-universe-works-host.html>  
(16.07.2019.)
18. Introduction to Solar System and Planets,  
URL: [Intro\\_to\\_SS.pdf](#) (16.05.2019.)
19. Keplerovi zakoni. *Hrvatska enciklopedija*. Preuzeto s <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=69783> (23.01.2019.)
20. Lang, K. R. (2003). *The Cambridge Guide to the Solar System*. Cambridge: Cambridge University.
21. Launius, R. D. (2013). *Exploring the Solar System, The History and Science of Planetary Exploration*. New York: Palgrave Macmillan.
22. Lloyd, C. (2010). *Kratka povijest Zemlje. Cjelovita priča o našem planetu te razvoju živih bića i ljudi od Velikog praska do današnjih dana*. Zagreb: Mozaik knjiga.
23. McNab, D., Younger, J. (2000). *Planeti*. Zagreb: Golden marketing.
24. Newtonov zakon gravitacije (2015). *Galaksija. Prirodne znanosti*. Preuzeto s [http://www.galaksija.hr/tekst/Newtonov\\_zakon\\_gravitacije/1077](http://www.galaksija.hr/tekst/Newtonov_zakon_gravitacije/1077)  
(23.01.2019.)
25. Ivandić, M. (2004). Zemljino magnetsko polje. *Drvo znanja*, 8(78), 68-74.

26. Keshav, J. (2017). Origins of the Solar System. *Origins of the Solar System: My Science School*. Preuzeto s <http://myscienceschool.org/index.php?/archives/3999-ORIGINS-OF-THE-SOLAR-SYSTEM.html> (16.07.2019.)
27. National Aeronautics and Space Administration (2009). *Our Solar System*. Preuzeto s [https://er.jsc.nasa.gov/SEH/21\\_Solar\\_System\\_FC1.pdf](https://er.jsc.nasa.gov/SEH/21_Solar_System_FC1.pdf) (08.04.2019.)
28. Penzar, I. (1997). Atmosfera. *Drvo znanja*, 1(6), 13-16.
29. Petrić, D. (2018). Sve tajne meteora. *Zvezdarnica: Nešto važno događa se u svemiru*. Preuzeto s <https://www.zvezdarnica.com/astronomija/zanimljivosti/sve-tajne-meteora/2776> (16.09.2019.)
30. Pfalzner, S., Davies, M. B., Gounelle, M., Johansen, A., Münker, C., Lacerda, P., Potregies Zwart, S., Testi, L., Triaelloff, M., Veras, D. (2014). *The formation of the solar system*. Bonn: Max-Planck Institut für Radioastronomie.
31. Ruždjak, A. (2008a). Mars. Naš prvi susjed. *Drvo znanja*, 12(116), 12-17.
32. Ruždjak, A. (2008b). Građa najvećih i najmanjih planeta. *Drvo znanja*, 12(117), 56-63.
33. Saturn. *Hrvatska enciklopedija*. Preuzeto s <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=54703>, (17.07.2019.)
34. Scherrer, D. (2013). *Our Solar System – Ancient Worlds, New Discoveries*. Stanford: Stanford Solar Center. Preuzeto s <http://solar-center.stanford.edu/teachers/Our-Solar-System-Book.pdf> (29.04.2019.)
35. Skakelja, N. (2006a). Venera, drugi kamenčić od Sunca. *Drvo znanja*, 10(92), 18-19.
36. Skakelja, N. (2006b). Zemlja. *Drvo znanja*, 10(93), 16-17.
37. Smrekar, S. E., Stofan, E. R. (2007). Venus: Surface and Interior. U: L. McFadden, P. R. Weissman, T. V. Johnson (ur.), *Encyclopedia of the Solar System*. (str. 149-168). Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Elsevier.
38. Smolić, H. (2004). Neptun i Pluton. *Drvo znanja*, 8(80), 14-17.
39. Staguhn, G. (2002). *Kratka povijest svemira*. Zagreb: Mozaik knjiga.

40. Strom, R. G. (2007). Mercury. U: L. McFadden, P. R. Weissman, T. V. Johnson (ur.), *Encyclopedia of the Solar System*. (str. 117-138). Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Elsevier.
41. Sunce (2011). *Svemir – misije, svemirski letovi, tehnologija, istraživanje svemira, astronomija, izvanzemaljski život, novosti*. Preuzeto s <https://www.svemir.ba/suncev-sistem/sunce/> (11.04.2019.)
42. Swinburne University (n. d.) Hubble Classification. *Cosmos – The SAO Encyclopedia of Astronomy*. Preuzeto s <http://astronomy.swin.edu.au/cosmos/H/Hubble+Classification> (16.07.2019)
43. Taylor, S. R. (2007). The Moon. U: L. McFadden, P. R. Weissman, T. V. Johnson (ur.), *Encyclopedia of the Solar System*. (str. 227-250). Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Elsevier.
44. Simpson, D. G. (n. d.) The Rings of Saturn. *NASA Goddard Space Flight Center*. Preuzeto s <https://caps.gsfc.nasa.gov/simpson/kingswood/rings/> (24.07.2019.)
45. The Solar System and its Planets. Preuzeto s [https://www.noao.edu/staff/csalyk/AST101/presentations/Intro\\_to\\_SS.pdf](https://www.noao.edu/staff/csalyk/AST101/presentations/Intro_to_SS.pdf), (24.04.2019.)
46. Tyson, N. D., Goldsmith, D. (2008). *Postanci, milijarde godina evolucije svemira*. Zagreb: Izvori.
47. Vujnović, V. (1997a). Merkur, Mars i Venera. *Drvo znanja*, 1(10), 15-16.
48. Vujnović, V. (1997b). Galaksija. *Drvo znanja*, 1(2), 9-10.
49. Vujnović, V. (1997c). Planeti-divovi. *Drvo znanja*, 6(1), 11-12.
50. Vujnović, V. (1999). U posjetu Merkuru. *Drvo znanja*, 3(24), str. 13-16.
51. Weissman, P. (2007). The Solar System and Its Place in the Galaxy. U: L. McFadden, P. R. Weissman, T. V. Johnson (ur.), *Encyclopedia of the Solar System*. (str. 1-28). Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Elsevier.

## **IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA**

### **I Z J A V A**

Ja, dolje potpisana, Kristina Jurašek, izjavljujem da je ovaj Diplomski rad rezultat isključivo mojeg vlastitog rada te da se oslanja na navedenu literaturu koju sam samostalno istražila. Izjavljujem da niti jedan dio Diplomskog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da nije prepisan iz kojeg necitiranog rada, te da niti jedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Potpis: \_\_\_\_\_