

Galilejev Zvezdani glasnik

Puškaric, Marija

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:397078>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-14**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**

Sveučilišni studij

Galilejev Zvezdani glasnik

Završni rad

Marija Puškarić

Osijek, 2022.

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju**

Osijek, 27.06.2022.

Odboru za završne i diplomske ispite

Prijedlog ocjene završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju

Ime i prezime Pristupnika:	Marija Puškarić
Studij, smjer:	Preddiplomski sveučilišni studij Računarstvo
Mat. br. Pristupnika, godina upisa:	R 4416, 22.07.2019.
OIB Pristupnika:	20031982908
Mentor:	Doc.dr.sc. Marina Skender
Sumentor:	Izv.prof.dr.sc. Tomislav Keser
Sumentor iz tvrtke:	
Naslov završnog rada:	Galilejev Zvezdani glasnik
Znanstvena grana rada:	Informacijski sustavi (zn. polje računarstvo)
Zadatak završnog rad:	Cilj ovog završnog rada jest prikazati otkrića Galilea Galileija objavljena u njegovoj astronomskoj raspravi Sidereus Nuncius.
Prijedlog ocjene završnog rada:	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene od strane mentora:	27.06.2022.
Datum potvrde ocjene od strane Odbora:	13.07.2022.
Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:	<i>Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.</i>
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 15.07.2022.

Ime i prezime studenta:

Marija Puškarić

Studij:

Preddiplomski sveučilišni studij Računarstvo

Mat. br. studenta, godina upisa:

R 4416, 22.07.2019.

Turnitin podudaranje [%]:

0

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Galilejev Zvezdani glasnik**

izrađen pod vodstvom mentora Doc.dr.sc. Marina Skender

i sumentora Izv.prof.dr.sc. Tomislav Keser

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Zadatak završnog rada.....	2
2. GALILEO GALILEI.....	3
3. KOPERNIKOV MODEL SVIJETA	6
4. TELESKOP	10
5. GALILEJEVA OPAŽANJA OPISANA U ZVJEZDANOM GLASNIKU	13
5.1. Mjesec.....	13
5.2. Fiksne zvijezde	18
5.3. Jupiterovi planeti	21
6. KRITIKE	25
7. ZAKLJUČAK.....	27
LITERATURA	28
SAŽETAK.....	29
ABSTRACT	30

1. UVOD

Kada se 1608. u Nizozemskoj pojavio instrument koji daleke stvari pokazuje bliskima, zainteresirao je velik broj ljudi u Europi. Tako je riječ došla i do Galilea koji je godinu dana kasnije i sam proizveo istu vrstu instrumenta, ali puno napredniju. Taj instrument, koji je kasnije nazvan teleskopom, on usmjerava prema nebu i tako započinju njegova otkrića koja će promijeniti shvaćanje svijeta.

Galileo teleskop prvo okreće prema Mjesecu i promatra njegovu površinu i njegove faze. Na Mjesečevoj površini Galileo otkriva udubine i uzvisine, moguća mora i kopna te iz promatranja njegovih faza zaključuje da svjetlost na Mjesecu ne dolazi uvijek od Sunca, već postoji trenutak kada je Zemlja ta koja ga obasjava, baš kao što i on nekada obasjava Zemlju.

Nadalje, teleskop okreće prema zvijezdama te u mnogim zviježđima opaža mnogo više zvijezda nego što je itko ikada vidio. Također, velik broj manjih zvijezda opaža i u maglicama. Uz sve te zvijezde Galileo opaža i četiri manje zvijezde koje se kreću oko Jupitera te zapisuje njihove položaje u odnosu na Jupiter.

Sva ta otkrića Galileo 1610. objavljuje u knjizi *Zvezdani glasnik* (*Sidereus nuncius*) koja je ubrzo nakon objavljivanja postala najtraženija knjiga u Europi, ali i u svijetu. Jedino je knjiga Charlesa Darwina *O podrijetlu vrsta* posredstvom prirodne selekcije objavljena 1859. postigla jednak međunarodni uspjeh. Uz takav interes i uz otkrića koja se suprotstavljaju poznatim zakonima svijeta, *Zvezdani glasnik* prima mnoge kritike [1] [2].

Ovaj završni rad sastoji se od uvoda, pet poglavlja i zaključka. U prvom od pet poglavlja ukratko je dana Galilejeva biografija. U drugom poglavlju objašnjen je Kopernikov model svijeta u usporedbi s Ptolomejevim modelom i navedene su kritike Kopernikovog modela. Treće poglavlje opisuje nastanak teleskopa te opis njegova rada. U tom poglavlju se spominju i očuvani teleskopi i leća. Četvrto poglavlje je podijeljeno na tri potpoglavlja gdje je svaki posvećen jednom skupu otkrića opisanih u *Zvezdanom glasniku*. Prvo potpoglavlje opisuje otkrića na Mjesecu i Galilejevo razumijevanje istih. U drugom potpoglavlju se nalazi opis otkrića vezanih uz fiksne zvijezde i galaksije, a u zadnjem su opisani Jupiterovi sateliti. U petom poglavlju su navedene kritike *Zvezdanog glasnika* upućene Galileu. Potom slijede zaključak i sažetak.

1.1. Zadatak završnog rada

Zadatak ovog završnog rada je opisati otkrića objavljena u Zvezdanom glasniku Galilea Galileija i njegovo tumačenje tih otkrića te njihov utjecaj na stvaranje novog razumijevanja svijeta. U tu svrhu je uz kratak Galilejev životopis, objašnjen još tada spekulativni Kopernikov model svijeta, opisan je teleskop kako ga je Galileo konstruirao, opisana su otkrića na Mjesecu, opisana su opažanja fiksnih zvijezda i otkriće Jupiterovih mjeseca te naknadne kritike koje su popratile objavljivanje Zvezdanog glasnika.

2. GALILEO GALILEI

Galileo Galilei (slika 2.1.), talijanski astronom i eksperimentalni filozof, rođen je 15. veljače 1564. u Pisi kao najstariji od sedmero djece. Njegov otac, Vincenzo Galilei, bio je glazbenik koji je započeo revoluciju u kojoj je povezoao praksu i teoriju glazbe [3]. Galilejeva majka je bila Giulia Ammannati [4].

Kada je imao 10 godina obitelj se preselila u Firencu gdje je započeo školovanje [3]. Obrazovanje je nastavio u samostanu Vallombroso, gdje se upoznao s latinskim i grčkim autorima. Iako je Galileo želio ostati u samostanu, njegov otac je zahtijevao da mu sin uči medicinu [4]. Galileo se vratio u Firencu gdje su ga nastavili poučavati Kamaldolski redovnici do 1581. kada ga je otac poslao na Sveučilište u Pisi [3].

Na Sveučilištu u Pisi, Galileo je prisustvovao predavanju o geometriji koje ga je potaknulo da nastavi proučavanje matematike. Ostilio Ricci, matematičar, je prepoznao Galilejev talent te je zatražio njegovog oca da dopusti Galileu da se koncentrira na matematiku što je Galilejev otac prvotno odbio, ali je kasnije ipak prihvatio da Galileo proučava Euklida i Arhimeda. Galileo napušta sveučilište 1585. bez diplome te se vraća u Firencu [4].

Nakon napuštanja sveučilišta, Galileo je proveo nekoliko godina dajući privatne instrukcije iz matematike. 1586. piše svoju prvu znanstvenu raspravu na temu hidrostatske ravnoteže koja ga je proslavila diljem Italije. Otkrićem praktičnog pristupa određivanju centra gravitacije čvrstih tijela, Galileo stječe svog prvog zaštitnika, markiza Guidobaldoa del Montea na čiji zahtjev 1588. piše raspravu o tom otkriću. Tom raspravom Galileu je dana titula „Arhimed svog vremena“ te mu je 1589. omogućeno dobivanje radnog mjesta predavača matematike na Sveučilištu u Pisi [3] [4].

Tijekom trogodišnjeg boravka u Pisi Galileo provodi mnoge pokuse kojima uspostavlja prve principe dinamike, ali i stječe neprijatelje među pripadnicima Aristotelove filozofije. Jedan razlog neslaganja između Galilea i filozofa Aristotelove škole jest Galilejevo neslaganje s Aristotelovom teorijom o slobodnom padu¹ tijela, koje je ovisno o veličini i težini tijela. Aristotelova teorija kaže da je brzina slobodnog pada tijela proporcionalna njegovoj veličini, dok je Galileo na temelju

¹ Jednoliko ubrzano gibanje tijela pod utjecajem samo gravitacijske sile, u blizini površine Zemlje ili kojega drugoga tijela velike mase. Objekt koji je u slobodnom padu je onaj objekt koji se kreće isključivo zbog gravitacijske sile [17] [18].

pokusa zaključio da su vremena slobodnog pada tijela od istog materijala, neovisno o težini, kroz isti medij jednaka.

1591., tijekom zadnje godine Galilejeva rada na Sveučilištu u Pisi, umire mu otac Vincenzo te Galileo preuzima odgovornost za ostatak obitelji. S obzirom na nove obiteljske zahtjeve i završetkom rada u Pisi, Galileo se prijavljuje na položaj profesora matematike na Sveučilištu u Padovi koje, uz pomoć markiza Guidobaldoa, dobiva. Galileo je ostao u Padovi 18 godina (1592.-1610.) gdje je upoznao kardinala Bellarminea [4].

Tijekom boravka u Padovi, Galileo daje privatne instrukcije iz vojne arhitekture, utvrda, mjerenja, mehanike i ostalih predmeta koji nisu uključeni u sveučilišni kurikulum. Uz instrukcije i rasprave namijenjene vojnim studentima, Galileo 1597. izumljuje geometrijski i vojni kompas. U to vrijeme Galileo je bio u vezi s Marinom Gambom s kojom je imao dvije kćeri i jednog sina. Obe kćeri su kasnije postale redovnice te je sa starijom, Virginijom, bio blizak.

Do 1595. Galileo nije pokazao nikakvo posebno zanimanje za astronomiju. Nailazak na mehaničko objašnjenje plime i oseke označava početak njegovog zanimanja za novu astronomiju. U pismu poslanom Johannu Kepleru 1597. godine Galileo prihvaća Kopernikovu astronomiju.

U jesen 1604. se na nebu pojavila nova zvijezda što se protivilo Aristotelovoj teoriji da na nebu ne može doći do promjena jer je nebo napravljeno od savršene i nepromjenjive tvari. To protivljenje Aristotelovoj filozofiji je Galileo često isticao nakon pojave nove zvijezde što je njegov položaj na sveučilištu dovelo u opasnost te je 1605., kao učitelj mladom princu Cosimu de' Mediciju, tražio pomoć obitelji Medici kako bi osigurao svoj položaj kao profesor na Sveučilištu u Padovi.

1609. je do Galilea došla glasina o izumu teleskopa te je ubrzo i on odlučio napraviti teleskop. Tim teleskopom je otkrio planine i kratere na Mjesecu, četiri Jupiterova satelita te je mogao vidjeti nevidene zvijezde nekih zvijezda i od čega se sastoji Mliječna Staza. Ta otkrića je opisao u astronomskoj raspravi *Zvezdani glasnik* iz 1610. godine [3].

Nakon objavljivanja *Zvezdanog glasnika*, Galileo napušta Padovu i odlazi u Firencu, gdje nastavlja svoja istraživanja, među kojima su bila i opažanja Sunčevih pjega [4]. U *Pismima o Sunčevim pjegama*, objavljenim u Rimu 1613., Galileo prvi i jedini put prihvaća Kopernikovu astronomiju. Nakon toga dolazi do neslaganja između Galilea i Crkve u pitanju znanstvenog i vjerskog pogleda na kretanje Zemlje oko Sunca što je 1616. dovelo do cenzure prijedloga da se Sunce ne kreće i da nije centar svijeta te da je Zemlja ta koja se kreće oko Sunca [3].

Između 1624. i 1630. Galileo je radio na svojoj knjizi Dijalog o dvama glavnim svjetskim sustavima, Ptolomejevom i Kopernikovom, u kojoj je pomoću teorije o gibanju Zemlje objasnio pojavu plime i oseke. Nakon objavljivanja knjige 1632. godine započeo je proces Inkvizicije protiv Galilea zbog nepoštivanja edikta donesenog 1616. te je osuđen na kućni pritvor u Firenci gdje je proveo ostatak svog života. Zbog čestog promatranja Sunca kroz teleskop, pred kraj života je oslijepio. Galileo je umro 8. siječnja 1642. godine [3] [4].



Sl. 2.1. Galileo Galilei. (<https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=21093>)

3. KOPERNIKOV MODEL SVIJETA

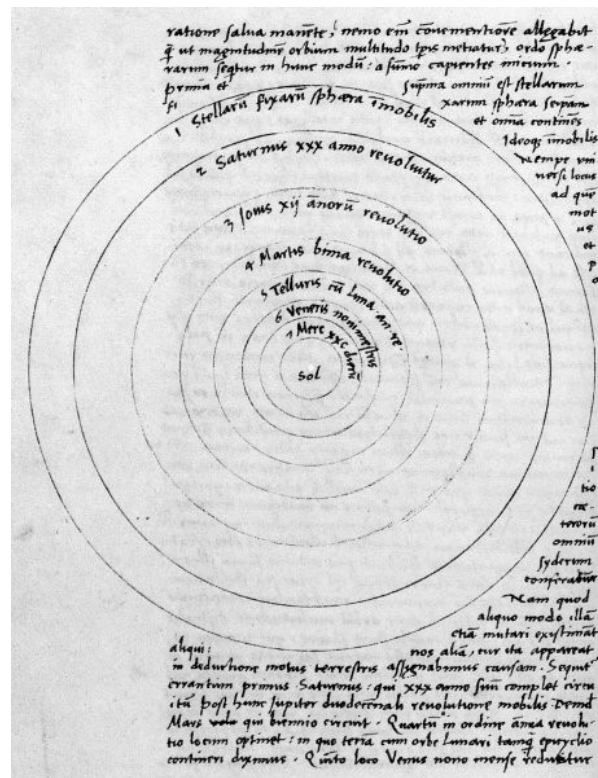
Kako bi se razumio značaj Galilejevih opažanja opisanih u Zvezdanom Glasniku iz 1610. godine, potrebno je razumjeti razliku između Aristotelovog i Ptolomejevog modela svijeta s jedne strane i Kopernikovog modela svijeta s druge te znanstvene, filozofske i teološke probleme koje je taj novi model donosio. Ideja za Kopernikov sustav, također poznat kao i heliocentrični sustav, dolazi iz antičke Grčke te Kopernik iznosi nove argumente koji podupiru tu ideju, a kasnije upotrebom teleskopa heliocentrični sustav dobiva i eksperimentalne dokaze.

Do sredine 16. stoljeća glavna teorija o izgledu svijeta je bila Ptolomejeva teorija, poznata i kao geocentrični sustav svijeta. Ta teorija se sastojala od dvije ideje. Prva ideja je bila da Zemlja miruje, a druga da se Zemlja nalazi u središtu svijeta. U Ptolomejevom sustavu, kao i Kopernikovom, oblik Zemlje je sfera, a svemir je konačan i također ima oblik sfere te mu je granica sfera fiksnih zvijezda na kojoj se nalaze sve zvijezde. Kod Ptolomejevog sustava Zemlja miruje dok se 12 sfera oko nje, 4 zemaljske sfere i 8 nebeskih sfere, gibaju prema zapadu. Zemaljske sfere su podijeljene na sfere četiri elementa: zemlja, voda, zrak i vatra, dok su nebeske podijeljene na Mjesec, Merkur, Veneru, Sunce, Mars, Jupiter, Saturn i fiksne zvijezde. U takvom sustavu postoje dvije vrste gibanja: jednostavno i miješano. Jednostavno se dijeli na pravocrtno gibanje koje se pripisuje elementima od kojih se sastoji Zemlja, i kružno gibanje koje se pripisuje eteru², tj. elementu od kojeg se sastoje nebeska tijela.

1543. Kopernik u svojem djelu O vrtnji nebeskih krugova objavljuje teoriju o heliocentričnom sustavu (slika 3.1.). U toj teoriji Zemlja se kreće oko vlastite osi i oko Sunca koje miruje, u smjeru istoka. Za revoluciju Zemlje oko Sunca je potrebna 1 godina. Za razliku od geocentričnog sustava, umjesto Zemlje, Sunce se nalazi u središtu svijeta te se oko njega kreće 6 planeta, uključujući Zemlju. Iako i ova teorija daje konačnost svemiru i zadržava sferu fiksnih zvijezda, ta sfera ovdje miruje, dok se kretanje pripisuje Zemlji. Ova teorija je prvotno predstavljena samo kao hipoteza koja jednostavnije objašnjava kretanja nebeskih tijela, a ne kao dokaz da se Zemlja kreće. Razlog zašto ova teorija jednostavnije objašnjava kretanja nebeskih tijela je to što uključuje manje dodatnih pretpostavki kako bi se objasnila opažanja, uključuje manje komplicirana gibanja

² Hipotetična tvar elastičnih svojstava, ali bez mjerljive mase, za koju se pretpostavljalo da ispunjava svemirski prostor, Aristotel opisuje eter kao peti element (uz vodu, zemlju, vatru, zrak) u kojem se gibaju nebeska tijela jer je lakši od zraka i nalazi se iznad njega [14].

nebeskih tijela i sadrži jednoliki uzorak u odnosu veličine orbite i perioda revolucije, pri čemu je, kod većih orbita, period revolucije veći [5].



Sl. 3.1. Prikaz Kopernikovog heliocentričnog sustava.

(<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=24853>)

Nakon objavljivanja tog djela dolazi do kritike heliocentričnog sustava od strane filozofa, teologa, fizičara, astronoma i drugih. Argumenti protiv tog sustava su empirijski, teološki i fizikalni.

Jedan od argumenata protiv ovog modela svijeta bio je prigovor prijevare osjetila koji je tvrdio da je apsurdno da nas osjetila prevare na način da nam se čini da Zemlja na kojoj živimo miruje dok se ona zapravo kreće. Pomoću osjetila zaključujemo da se nebeska tijela svakodnevno kreću oko Zemlje i da Zemlja miruje što dovodi do argumenta da Zemlja mora mirovati jer nam tako kažu naša osjetila. Nadalje, u vrijeme objavljivanja Kopernikovog djela se vjerovalo da je Zemlja tamna, sastavljena od četiri osnovna elementa i podložna promjenama, dok su nebeska tijela blistava, bestežinska, napravljena od etera i nepromjenjiva. Kada bi Kopernikova teorija bila stvarna, Zemlja bi trebala dijeliti mnoga fizikalna svojstva s ostalim nebeskim tijelima što se protivilo dotadašnjem vjerovanju. Također, da bi Kopernikova teorija bila istinita, Venera bi trebala biti vidljiva u fazama, poput Mjesečevih faza, što nije bilo vidljivo do otkrića teleskopa. Prividna svjetlost i veličina Marsa je još jedan argument protiv Kopernikove teorije. U Kopernikovom sustavu bi udaljenost između Zemlje i Marsa znatno varirala pri čemu bi se

prividna veličina i svjetlost Marsa također trebala mijenjati, ali to nije bilo uočeno. Kretanjem Zemlje bi se i prividne pozicije fiksnih zvijezda trebale mijenjati, jer pomicanjem Zemlje mijenja se njena pozicija u svemiru, a time se mijenja i pozicija promatrača te bi se trebalo činiti kao da je zvijezda promijenila položaj u odnosu na sferu fiksnih zvijezda ili kao da je promijenila položaj u smislu njene kutne udaljenosti iznad ravnine Zemljine orbite. Iz toga se može zaključiti da kada bi Kopernik bio u pravu ta promjena u prividnoj poziciji fiksnih zvijezda bi trebala biti vidljiva, ali ta pojava u vrijeme objavljivanja Kopernikovog djela nije bila opažana [5].

Kopernikov model je prouzročio protivljenje i u području fizike. Jedan od prigovora bio je o okomitom padu, tj. o činjenici da će tijela koja su puštena da slobodno padaju padati okomito na površinu zemlje. Argument protiv Kopernikovog modela koji uključuje okomiti pad tijela je taj da kada bi se tijelo nalazilo u zraku ono bi zaostalo za Zemljom koja se giba istočno te bi palo zapadno od položaja s kojeg je pušteno. S obzirom da se to ne primjećuje u svakodnevnom životu, ideja o Zemljinom kretanju je odbačena. Analogan prigovoru o okomitom padu je i prigovor o istočno-zapadnom pucnju kod kojega se primjećuje da je udaljenost između projektila ispućanog prema zapadu i početne točke jednaka kao i udaljenost između početne točke i projektila ispućanog prema istoku, dok bi u slučaju kretanja Zemlje projektil ispućan prema zapadu trebao biti udaljeniji od početne točke od onoga ispućanog prema istoku. Sljedeći argument u području fizike je analogija broda gdje brod predstavlja Zemlju, a jarbol na brodu predstavlja toranj na Zemlji. Pomoću broda su provedena dva eksperimenta. Prvi eksperiment je bio s brodom koji miruje, a drugi s brodom koji se kreće. U oba eksperimenta je kamen bačen s jarbola, ali su dobiveni različiti rezultati. U prvom eksperimentu kamen je pao okomito do podnožja jarbola, dok je u drugom eksperimentu kamen pao na neku udaljenost prema stražnjem dijelu broda. Iz tih eksperimenta je zaključeno da Zemlja miruje jer kada se kamen baci s vrha tornja on padne kraj podnožja tornja, a ne zapadno od njega. Još jedan argument protiv Kopernikovog modela je argument centrifugalne sile koji tvrdi da bi se u slučaju Zemljine rotacije tijela na njenoj površini kretala velikim brzinama koje bi prouzročile veliku centrifugalnu silu te bi sva tijela jednostavno odletjela sa Zemljine površine. S obzirom da se to ne događa, zaključeno je da Zemlja ne rotira. Posljednji argument iz područja fizike je argument prirodnog kretanja. Ovaj argument se temelji na Aristotelovoj fizici kod koje se elementi od kojih je sastavljena Zemlja, pa samim time i sama Zemlja, mogu kretati samo pravocrtno prema središtu svijeta te je fizički nemoguće da ona rotira oko središta jer je takvo gibanje neprirodno. Također, u Aristotelovoj fizici svako tijelo može imati samo jedno prirodno gibanje pa je fizički nemoguće da se Zemlja rotira sama oko svoje osi, da se kreće oko Sunca i da njeni dijelovi mogu slobodno padati [5].

Jedan od teoloških argumenata protiv Zemljinog gibanja je biblijski prigovor koji tvrdi da je ideja o kretanju Zemlje krivovjerna ili barem pogrešna jer je u sukobu s mnogim biblijskim odlomcima koji tvrde da Zemlja miruje. Na primjer Psalam 104, 5 „Postavio si zemlju na njezine stupove, ne će se poljuljati za vijeke vjekova“ govori da Zemlja miruje, dok Propovjednik 1,5 kaže da „Sunce izlazi, sunce zalazi i hita natrag na mjesto, odakle je izišlo.“ I Jošua 10, 12-13 također gibanje pripisuje Suncu: „Tada se pomoli Jošua Gospodinu, u dan kad Gospodin predade Amorejce sinovima Izraelovim, i povika pred sinovima Izraelovim: 'Stani sunce kod Gibeona i mjesec u ajalonskoj dolini!' I stade sunce, i zaustavi se mjesec, dok se ne osveti narod svojim neprijateljima. Ne stoji li to u knjizi junaka? Tako stade sunce nasred neba i gotovo cijeli dan nije htjelo zaći.“ Snaga ovog argumenta dolazi i iz toga što su se svi crkveni oci složili oko interpretacije važnih biblijskih odlomaka u skladu s mirovanjem Zemlje. Dakle, sustav u kojem Zemlja miruje je obvezan za sve vjernike te tvrditi suprotno je pogrešno ili krivovjerno [5] [6].

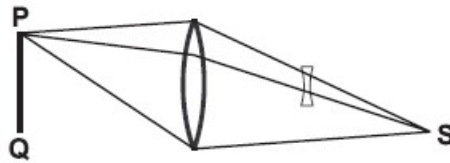
4. TELESKOP

U jesen 1608., u nizozemskoj pokrajini Zeeland dolazi do otkrića novog uređaja koji omogućuje da se udaljene objekte vidi kao da su blizu. Vijest o otkriću tog novog uređaja se ubrzo proširila po cijeloj Europi, pa je tako u proljeće ili ljeto 1609. godine glasina došla i do Galilea. Kako navodi u Zvezdanom glasniku tu glasinu mu je potvrdilo „pismo plemenitog Francuza Jacquesa Badoverea“ koje je došlo iz Pariza nekoliko dana kasnije te mu je ono bilo poticaj da se i sam posveti istraživanju principa pomoću kojih je moguće izumiti sličan instrument, što je i uspio u vrlo kratkom roku [1] [2] [7].

Iako se Galileo do tada nije bavio optikom, bio je dovoljno upoznat s tom disciplinom da bi mogao zamisliti uređaj koji omogućuje da se udaljeni objekti čine bližima, a sastoji se od kombinacije leće i zrcala. Nakon saznanja o nizozemskom teleskopu, Galileo napušta ideju sa zrcalom te, uz pomoć zakona refrakcije, izrađuje teleskop koji se sastoji od olovne cijevi koja na svakom kraju ima staklo. Oba stakla su s jedne strane bila ravna, dok je druga strana jednog stakla bila konveksna, a drugog konkavna, pri čemu se oko prislanjalo na konkavno staklo. Kako piše u Zvezdanom glasniku, prvi teleskop koji je napravio krajem srpnja 1609. je prikazivao objekte „tri puta bližima i devet puta većima“. Taj zamjenjuje boljim teleskopom koji dostiže povećanje od osam ili devet puta. Taj teleskop, kojeg stvara krajem kolovoza iste godine i kojeg pokazuje mletačkom duždu, je bio kombinacija slabe plankonveksne leće koja je služila kao objektiv i jake plankonkavne leće koja je služila kao okular. Za još savršeniji teleskop koji je koristio u prosincu 1609. tvrdi da njime objekti izgledaju „oko tisuću puta većima i više od trideset puta bližima“. Kako bi se postiglo takvo povećanje bilo je potrebno koristiti kvalitetnije leće od onih koje su se tada proizvodile. Stoga, Galileo uči zanat izrađivanja leća kako bi napravio što savršenije leće za svoj teleskop [1] [7].

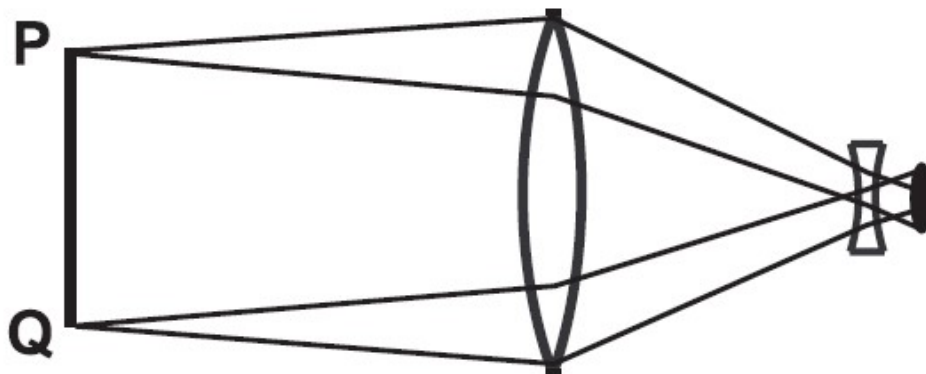
Iako Galileo u svom djelu Zvezdani glasnik nije dao nikakav tehnički opis svoga teleskopa, detalje o načinu njegova rada možemo saznati iz Keplerove knjige Dioptrice. Kao što je prethodno spomenuto, Galilejev teleskop se sastoji od jedne konkavne i jedne konveksne leće koje se nalaze u olovnoj cijevi. Galilejev teleskop povećanje postiže tako da korisnik gleda objekt kroz konkavnu leću koja se nalazi blizu točke konvergencije. S obzirom da blizu te točke dolazi do zamućivanja, kako bi se to izbjeglo, konvergentne zrake trebaju postati blago divergentne, što se postiže stavljajući konkavnu leću između konveksne leće i točke konvergencije. Time se također izbjegava i zamućivanje koje nastaje zbog pretjerane divergentnosti.

Na slici 4.1. se mogu vidjeti konveksna leća koja predstavlja objektiv i konkavna koja predstavlja okular te dužina PQ koja predstavlja objekt koji se promatra. Zrake koje iz točke P idu do prednje površine objektivu se u objektivu prelamaju i konvergiraju u točku S koja predstavlja točku konvergencije. Na slici je također prikazana i konkavna leća, ali ne i njen utjecaj na zrake.



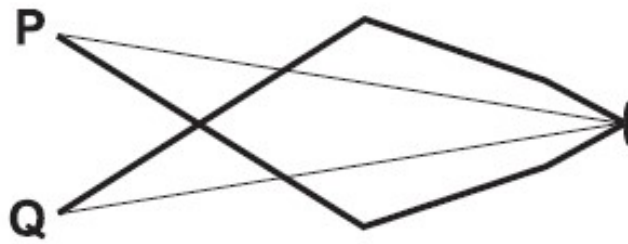
Sl. 4.1. Raspored elemenata Galilejevog teleskopa [8].

Na slici 4.2. se može vidjeti utjecaj konkavne leće na zrake. Zrake iz P i Q idu do objekta koji ih lomi te sada konvergentne zrake dolaze do okulara koji ih čini blago divergentnima i time prikladnima za gledanje. Na ovoj slici se također može uočiti da zrake koje idu iz točke P, koja se nalazi iznad osi, dolaze do zjenice s gornje strane osi, dok zrake iz točke Q, koja se nalazi s donje strane osi, dolaze do zjenice s donje strane osi čime ovakav teleskop prikazuje objekte u njihovoj pravoj orijentaciji.



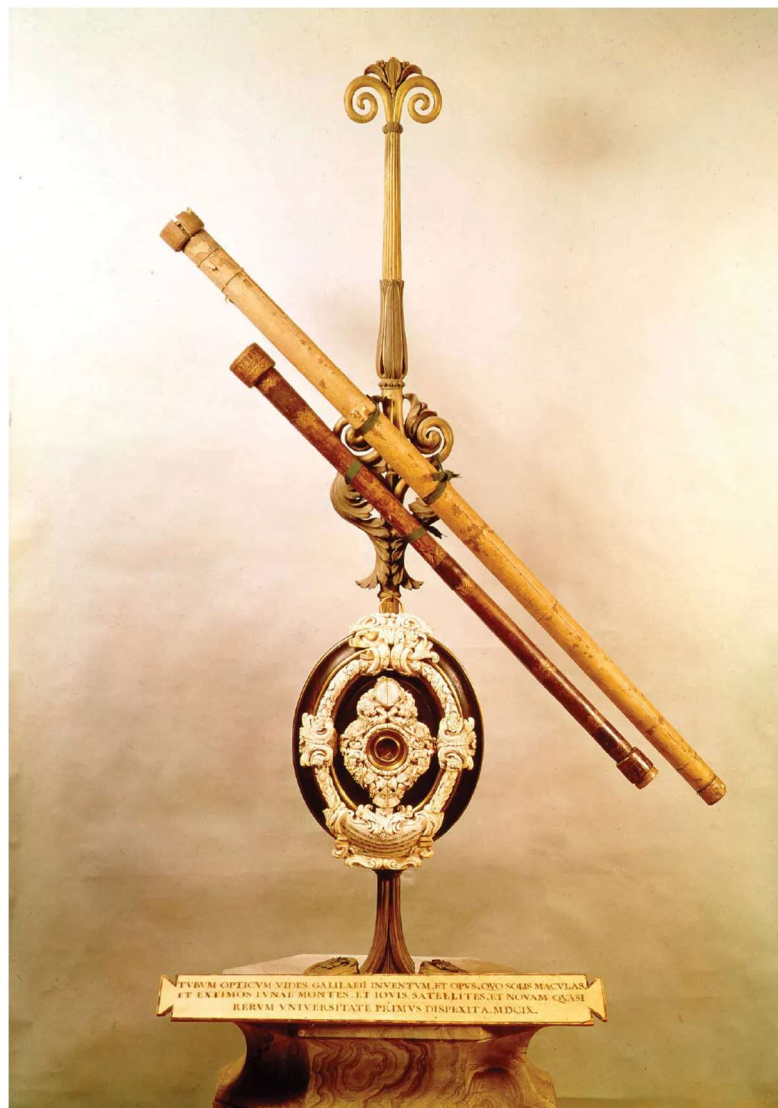
Sl. 4.2. Način rada Galilejevog teleskopa [8].

Povećanje koje se postiže teleskopom se može objasniti pomoću kuta pod kojim zrake sa suprotnih krajeva objekta ulaze u zjenicu oka. Razlika između tog kuta kada se objekt promatra golim okom i kada se promatra teleskopom je vidljiva na slici 4.3., gdje tanke linije predstavljaju zrake kod gledanja golim okom, a debele linije zrake kod gledanja kroz Keplerov teleskop. Može se primijetiti da je kut pod kojim zrake ulaze u zjenicu u slučaju kada se koristi Keplerov teleskop veći nego kut zraka kada se objekt promatra golim okom. Isti princip vrijedi i za Galilejev teleskop [8].



Sl. 4.3. Put svjetlosnih zraka sa i bez teleskopa [8].

Od svih teleskopa koje je izradio za proučavanje nebesa, samo su dva očuvana. Oni se, zajedno s jednom lećom kojom je otkrio Medicejske zvijezde (Jupiterove mjesece), nalaze u Museo Galileo u Firenci (slika 4.4.). Jedan od očuvanih teleskopa ima povećanje 14, dok drugi ima povećanje 21 puta. Leća koja je očuvana je leća objektivna koju je Galileo poklonio Cosimu II Mediciju. Ta napuknuta leća se čuva u okviru od ebanovine napravljenom 1677. [9] [10] [11].



Sl. 4.4. Očuvana leća i dva teleskopa.

(<https://www.britannica.com/biography/Galileo-Galilei/Telescopic-discoveries>)

5. GALILEJEVA OPAŽANJA OPISANA U ZVJEZDANOM GLASNIKU

5.1. Mjesec

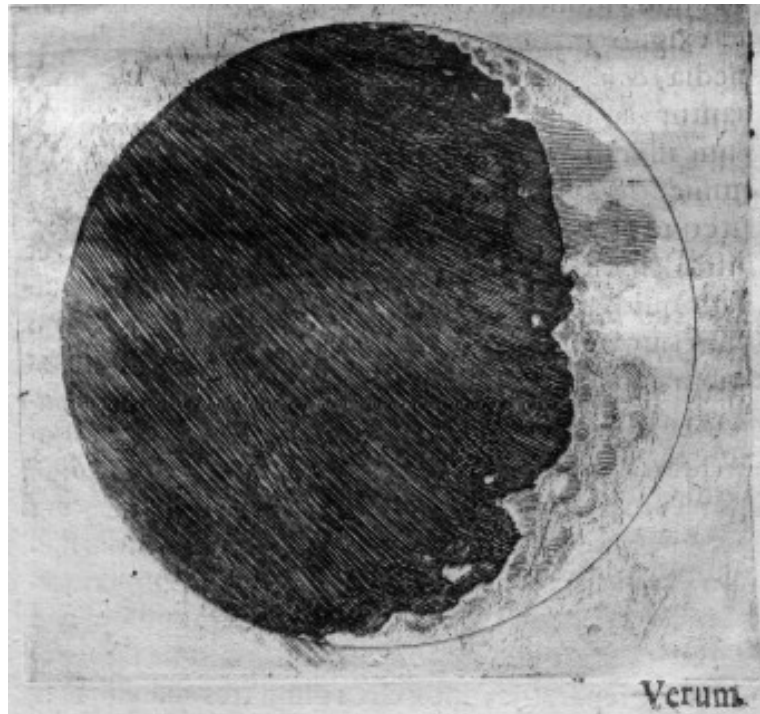
Prvo opažanje koje Galileo opisuje u Zvezdanom Glasniku je gibanje svjetla i sjene po Mjesečevom licu, koje otkriva nepravilnu površinu Mjeseca, a koja se nije slagala s Aristotelovom geocentričnom kozmologijom.

Krajem 1609. godine Galileo započinje svoje prvo astronomsko istraživanje, temeljno proučavanje Mjeseca. Tijekom tog istraživanja Galileo zaključuje da Aristotelova pretpostavka o savršenosti nebeskih tijela nije istinita. Prije otkrića teleskopa smatralo se da Mjesečeve pjege nastaju tako što dijelovi savršeno glatkog Mjeseca različito apsorbiraju i emitiraju svjetlost od drugih dijelova Mjeseca.

Kako bi olakšao razumijevanje svojih otkrića, Galileo nama vidljivu stranu Mjeseca dijeli na dva dijela: na svjetliji dio i tamniji dio. Veće tamne mrlje naziva antičkim mrljama jer su vidljive golim okom te su ih mogle vidjeti sve generacije, dok za manje mrlje, koje se prostiru po cijeloj Mjesečevoj površini, naglašava da nisu prije promatrane.

Proučavanjem Mjesečeve površine Galileo zaključuje da ona nije glatka, ravna i savršeno sferna, nego neravna, hrapava i ispunjena udubljenima i izbočenjima, koje uspoređuje s planinama i dolinama na površini Zemlje.

Opažanje koje je dovelo do tog zaključka je to da četvrtog ili petog dana nakon konjunkcije Mjeseca i Sunca granica između svijetlog i tamnog dijela ne stvara jednoliku ovalnu liniju, kakva bi se očekivala kod savršeno sfernog tijela, već je ta linija neravna, hrapava i vijugava, kao što je prikazano na slici 5.1. Također, svijetle izrasline prelaze tu liniju te ulaze u tamni dio, kao što i maleni tamni dijelovi prelaze preko linije u svijetli dio. Nadalje, Galileo je opazio i velik broj malenih tamnih mrlja koje su u potpunosti odvojene od tamnog dijela te se rasprostiru po gotovo cijeloj osvijetljenoj površini Mjeseca [1].



Sl. 5.1. Galilejeva skica Mjeseca [13].

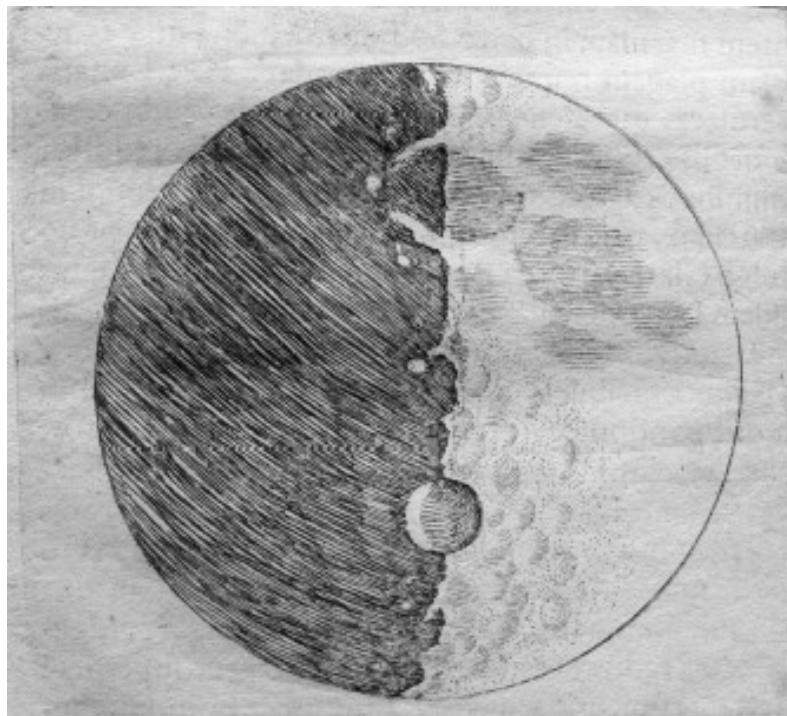
Kod tih malenih tamnih mrlja je primijetio da je strana bliža Suncu tamna, dok je suprotna strana osvijetljena. Takvu pojavu možemo uočiti i na Zemlji. Ako promatramo dolinu okruženu planinama za vrijeme izlaska Sunca, možemo vidjeti da su dijelovi planina okrenuti prema Suncu obasjani svjetlom, a dolina iza planina se nalazi u sjeni koja polako nestaje kako se Sunce kreće prema zapadu. Tako i povećavanjem osvijetljenog dijela Mjeseca, Mjesečeve mrlje gube svoju tamu.

S druge strane, primijetio je i da se na tamnom dijelu pojavljuju svijetle točke koje su u potpunosti odvojene od osvijetljenog dijela i kojima se postepeno povećava veličina i svjetlina te se nakon nekoliko sati spajaju s osvijetljenim dijelom koje se time povećava. Uspoređujući tu pojavu s kretanjem svjetla i tame na Zemljinoj površini, Galileo zaključuje da se Mjesečeva površina sastoji od udubljenja i izbočenja čije su dimenzije veće on onih na Zemlji.

Nadalje opisuje opažanje tamnog zaljeva u svjetlijem dijelu Mjesečeve površine za vrijeme prelaska Mjeseca u prvu četvrt. Nakon otprilike 2 sata promatranja, u tom tamnom zaljevu primjećuje svijetli vrh koji postepenim rastom poprima trokutasti oblik te oko njega počinju sjati tri manje točke. Prije zalaska Mjeseca trokutasti oblik se pripaja svijetlom dijelu Mjeseca i kao rt prodire u tamni zaljev. Uz tamni zaljev, Galileo kod vrha gornjeg i donjeg roga opaža svijetle točke potpuno odvojene od svijetlog dijela i obilje tamnih mrlja u oba roga od kojih su se one bliže granici svijetlog i tamnog dijela činile većima i tamnijima od udaljenijih.

Također je primijetio da se u antičkim mrljama ne nalaze udubljenja i izbočenja, nego su te mrlje jednolike. Tim opažanjem uspoređuje Mjesečevu površinu sa Zemljinom pri čemu svjetliji dio predstavlja kopno, a tamniji vodenu površinu. Uz to napominje i da se tamnije Mjesečeve mrlje čine nižima od svjetlijih područja.

U središnjem dijelu Mjeseca, Galileo je primijetio savršeno okruglu šupljinu (slika 5.2.) veću od svih ostalih. Odnos svjetla i sjene te šupljine je usporedio s područjem Bohemije, kada bi Bohemija bila okružena jako visokim planinama postavljenima u savršen krug. Na Mjeseću je šupljina okružena toliko uzvišenim planinama da je strana koja graniči s tamnim dijelom Mjeseca osunčana prije nego što razdjelna linija između tame i svjetla dođe do sredine promjera tog kruga. S obzirom da Galilejeva ideja nije bila prikazati točnu kartu Mjeseca, nego prikazati Mjesečevu prirodu nalik Zemlji, često je teško prepoznati značajke na njegovim crtežima. U ovom slučaju se pretpostavlja da šupljina predstavlja krater Albategnius [1].



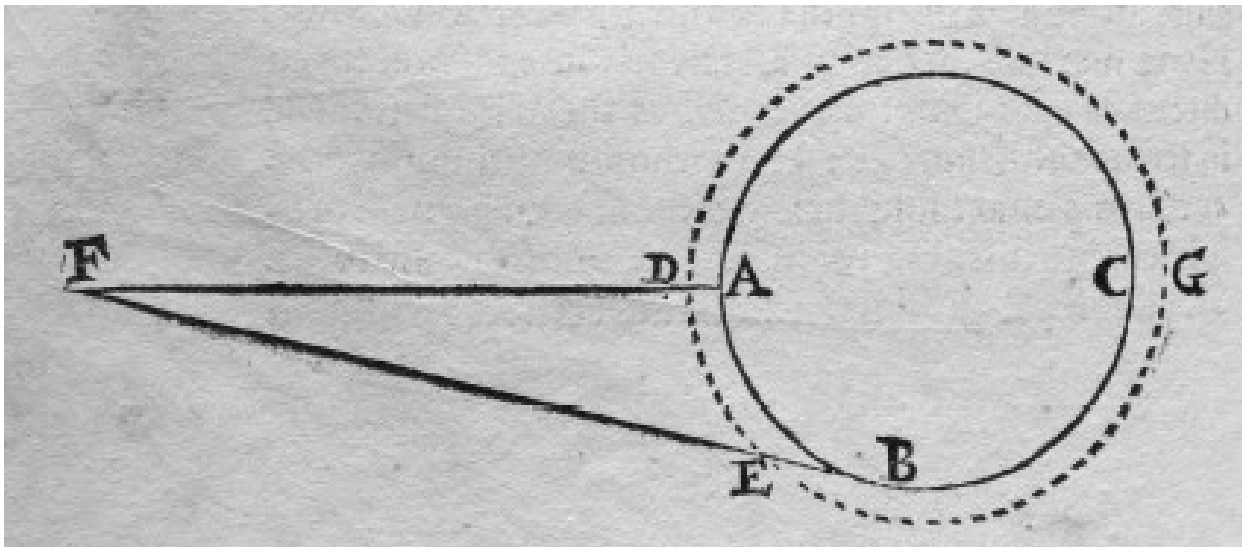
Sl. 5.2. Galilejeva skica Mjeseca [13].

Nakon opisa svih zapažanja dolazi pitanje: zašto, ako je Mjesečeva površina puna uzvišenja i udubljenja, ona izgleda savršeno okruglom i glatkom? Kao odgovor na to pitanje Galileo daje dva uzroka i dva objašnjenja te pojave.

Kao prvi uzrok navodi raspored uzvišenja i udubljenja na Mjeseću te položaj oka promatrača. Kada bi neravnine na Mjeseću bile raspoređene duž jedne kružne periferije koja ocrta hemisferu koju

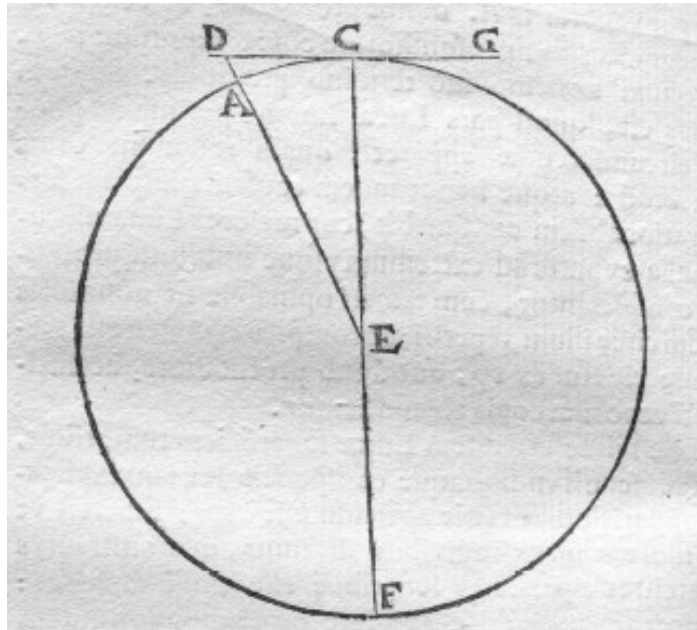
vidimo, Mjesec bi nam izgledao kao nazubljeni kotač. S druge strane, kada bi više redova planinskih lanaca bilo raspoređeno oko vanjskog kruga Mjeseca, onda oko, koje promatra izdaleka, ne bi moglo opaziti razliku između uzvišenja i udubljenja. Razlog tomu je to što su prekidi u planinama skriveni ostalim uzvišenjima, pogotovo ako se oko opažaca nalazi na istoj liniji kao i vrhovi uzvišenja. S obzirom da je Mjesec prekriven kompleksnim uređenjima neravnina i da se oko promatrača nalazi u istoj ravnini kao i vrhovi uzvišenja na Mjesecu, ne začuđuje da se Mjesečeva površina čini ravnom.

Drugi uzrok ravnog izgleda Mjeseca je tvar gušća od etera koja okružuje Mjesec. Ta tvar može primati i reflektirati Sunčeve zrake iako nije u potpunosti neprozirna te može spriječiti pogled na površinu Mjeseca. Kada je obasjana Sunčevim zrakama, ta tvar prikazuje Mjesečevo tijelo kao veću sferu i kada bi bila gušća onemogućila bi pogled na Mjesečevo tijelo. Utjecaj te tvari na naš pogled na Mjesec je prikazan na slici 5.3., gdje je Mjesečevo tijelo ABC okruženo parom DEG. Oko, koje se nalazi u točki F, vidi središnje dijelove Mjeseca, točka A, kroz tanji sloj pare DA, dok u krajnjim točkama, kao što je točka B, deblji sloj para EB blokira naš pogled. To se zaključuje iz toga da dio Mjeseca obasjan Suncem ima veći opseg od ostalih dijelova [1].



Sl. 5.3. Galilejev model Mjesečeve atmosfere [13].

Nakon zaključka da na Mjesecu postoje planine i opažanja da su neki vrhovi u tamnom dijelu Mjeseca osvijetljeni, iako su udaljeni od granice svijetlog i tamnog dijela, Galileo postavlja hipotezu da su planine na Zemlji manje nego one na Mjesecu te kako bi to dokazao mjeri visinu planina što je prikazano slikom 5.4. [1].



Sl. 5.4. Galilejev postupak računanja visine Mjesečevih planina [13].

Krug CAF predstavlja Mjesec, a njegovo središte se nalazi u točki E, dok mu je promjer CF. Odnos Mjesečevog i Zemljinog promjera je 2:7 te s obzirom da je promjer Zemlje 7000 talijanskih milja,³ CF je 2000 talijanskih milja te iz toga možemo zaključiti da je CE 1000 talijanskih milja. CF također predstavlja i granicu između svijetlog i tamnog dijela. Ako se uzme točka A koja je udaljena od točke C za $\frac{1}{20}$ promjera, može se povući polumjer EA koji kada se produlji siječe tangentu GCD, koja predstavlja svjetlosnu zraku, u točki D. Luk CA i dužina CD je tada $\frac{100}{1000}$ polumjera, a zbroj kvadrata CD i CE je 1 010 000 što je jednako kvadratu ED. To znači da je ED jednak 1004 i AD veći od $\frac{4}{1000}$ CE. Iz toga Galileo zaključuje da je visina nekog vrha koji doseže Sunčevu zraku GCD i koji je udaljen od granice svijetlog i tamnog dijela za duljinu dužine CD veća od 4 talijanske milje, dok na Zemlji ne postoje ni planine čija visina doseže 1 talijansku milju.

Na kraju dijela o otkrićima na Mjesecu, Galileo dodaje otkriće Zemljinog sjaja koje je otkriveno prije izuma teleskopa. Prije i nakon konjunkcije Mjeseca i Sunca mogu se opaziti ne samo osvijetljeni rogovi, nego i da je cijelo lice Mjeseca osvijetljeno bijelom svjetlošću. Ta svjetlost se povećava kako se Mjesec bliži Suncu, a kada se udaljava ona se smanjuje što možemo vidjeti između prve i zadnje četvrti kada je ta svjetlost jako slaba. Postoje tri moguća uzroka te pojave

³ 1 talijanska milja iznosi 1855.4 metara [15].

koje Galileo smatra pogrešnima. Jedan od uzroka je Mjesečeva unutarnja svjetlost za koju Galileo smatra da bi ju Mjesec zadržao i tijekom pomrčina, što nije u skladu s opažanjima. Kao drugi uzrok navodi svjetlost Venere koja se prenosi na Mjesec, ali s obzirom da se za vrijeme konjunkcije dio Mjeseca okrenut od Sunca ne vidi s Venere, ta hipoteza je također pogrešna. Zadnji uzrok je Sunčevo svjetlo koje se probija kroz Mjesečevo tijelo. Takvo svjetlo nikada ne bi bilo smanjeno jer Sunce uvijek osvjetljava Mjesečevu hemisferu, osim u trenutku pomrčine, te iz toga zaključujemo da Sunčevo svjetlo nije uzrok ovoj pojavi. Pravi uzrok ove pojave je Zemljina svjetlost koja obasjava Mjesečevu površinu. Kada je Mjesec u konjunkciji sa Suncem dio njegove hemisfere okrenut prema Zemlji je u tami te ne reflektira svoju svjetlost na Zemlju. Kako se on odmiče od Sunca, taj dio njegove hemisfere se polako osvjetljava i obasjava Zemljinu površinu sve dok cijela Mjesečeva hemisfera nije osvjetljena Sunčevim svjetlom, nakon čega se opet smanjuje kako ide prema konjunkciji sa Suncem. Za vrijeme konjunkcije Mjeseca i Sunca, Mjesečeva tamna hemisfera je okrenuta prema Zemljinoj, Suncem obasjanoj, hemisferi te se to svjetlo reflektira na Mjesec. Također se može primijetiti da kada je Mjesečeva svjetlost koja obasjava Zemlju najjača, tada je Zemljina svjetlost koja obasjava Mjesec najslabija, i obrnuto [1].

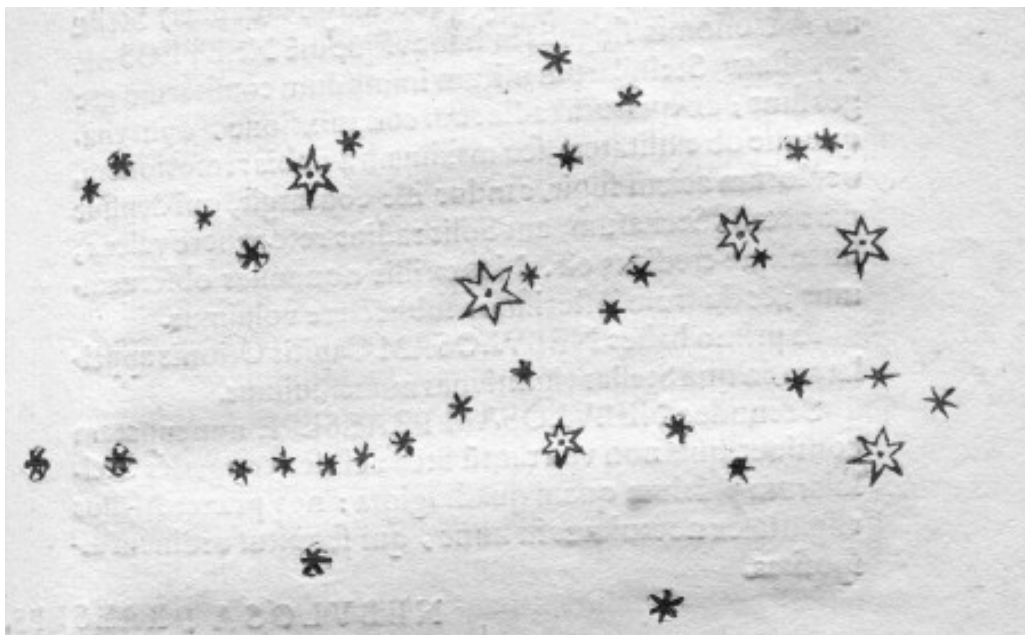
5.2. Fiksne zvijezde

Nakon opisa opažanja Mjeseca, Galileo prelazi na opis opažanja fiksnih zvijezda. Kada se zvijezde promatraju kroz teleskop njihovo povećanje se čini puno manjim nego kada bi se neki drugi objekt gledao kroz isti teleskop. Na primjer, ako teleskop neki objekt poveća 100 puta, zvijezdu će isti teleskop povećati 4 ili 5 puta. Razlog tomu je to što kada se zvijezde promatraju golim okom ne može se vidjeti njihova prava veličina, već se zbog svjetline i svjetlucavih zraka kojima su okružene čine većima nego što jesu. Tu pojavu možemo primijetiti promatranjem Venere ili neke zvijezde prve magnitude⁴. Ako se te blistave zvijezde promatraju u prisustvu nešto Sučeve svjetlosti izgledat će vrlo maleno, dok ako se promatraju po mrkloj noći izgledaju veće. Mjesec pak uvijek, i u mrkloj noći i pri dnevnoj svjetlosti, izgleda jednake veličine. Ovaj smanjeni izgled zvijezda promatranih u prisutnosti dnevnog svjetla proizlazi iz toga što na dnevnom svjetlu oko zanemaruje svjetlinu i zrake oko zvijezde. I teleskop, prvo ukloni okolnu svjetlost zvijezda i zatim poveća njihove globuse te zbog toga zvijezde izgledaju kao da su povećane puno manjim omjerom.

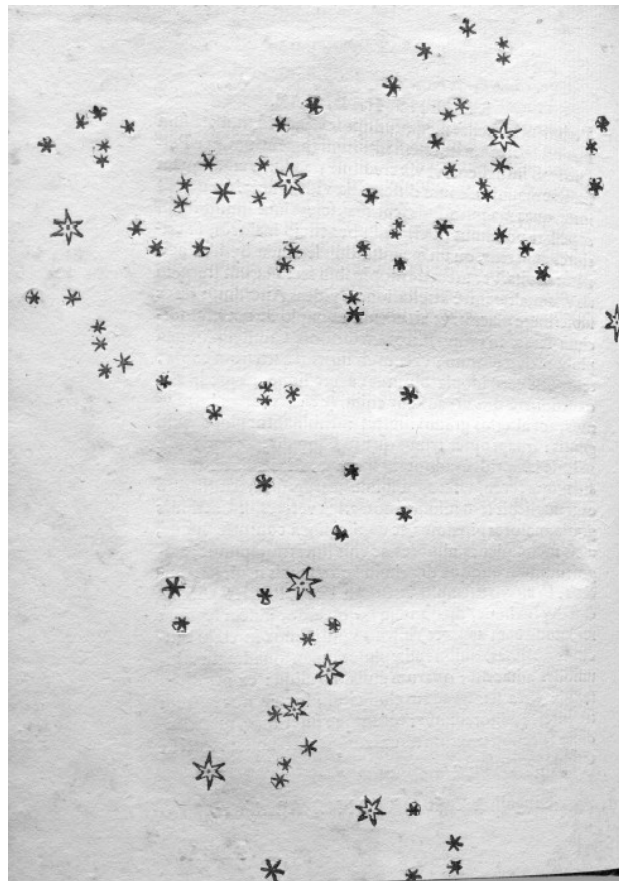
⁴ U astronomiji, magnituda ili zvjezdana veličina je broj koji opisuje sjaj nebeskog objekta. Sustav magnituda temelji se na podjeli zvijezda prema sjaju na šest skupina gdje su najsjajnije zvijezde bile označene kao zvijezde 1. magnitude, a zvijezde najmanjega sjaja, koje se još mogu vidjeti golim okom, kao zvijezde 6. magnitude [16].

Na primjer, zvijezde pete ili šeste magnitute promatrane teleskopom izgledaju kao zvijezde prve magnitute.

Galileo također navodi i razliku između prikaza planeta i fiksnih zvijezda. Za planete kaže da oni predstavljaju potpuno glatke i okrugle globuse koji izgledaju kao maleni mjeseci u potpunosti prekriveni svjetlošću, dok zvijezde izgledaju kao da pulsiraju svjetlosnim zrakama. Uz to primjećuje da se teleskopom može vidjeti gomila zvijezda koje nisu vidljive golim okom, tj. one koje su manje od zvijezda šeste magnitute. Tako se kroz teleskop može vidjeti još šest stupnjeva magnitute zvijezda, od kojih najveću možemo odrediti kao sedmu magnitudu ili prvu nevidljivu magnitudu, pri čemu takve zvijezde promatrane teleskopom izgledaju veće i svjetlije nego zvijezde druge magnitute promatrane golim okom. Na slici 5.6. se može vidjeti dio zviježđa Orion, točnije mogu se vidjeti tri zvijezde iz Orionovog pojasa i šest zvijezda iz njegovog mača koje su odavno promatrane te još osamdeset novootkrivenih zvijezda. Davno opažene zvijezde su prikazane duplim linijama, dok su novootkrivene prikazane jednom linijom. Razmak između njih i njihova veličina su očuvane onoliko koliko je to bilo moguće. Na slici 5.5. je prikazan dio zviježđa Bik nazvan Plejade sa šest prije opaženih i trideset i šest novo opaženih zvijezda, pri čemu su očuvane njihove uzajamne udaljenosti i veličine te je razlika između starih i novih zvijezda prikazana kao i na slici 5.6. [1].

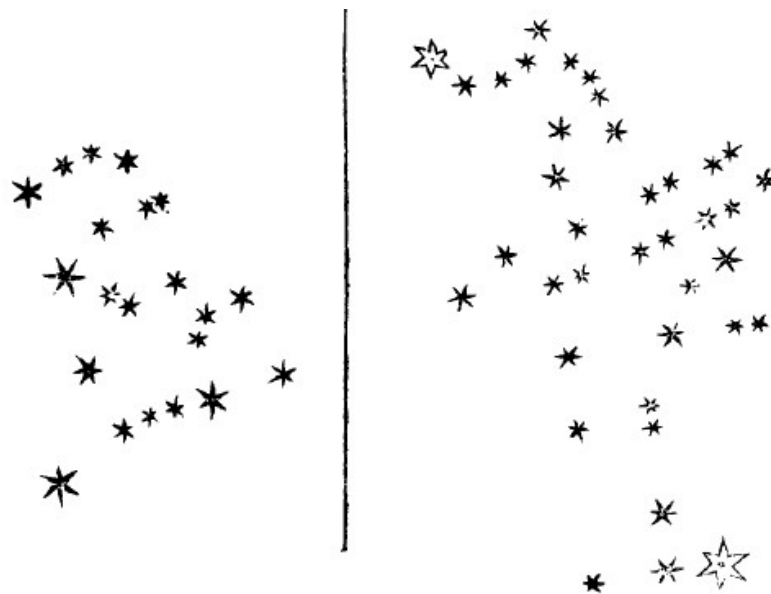


Sl. 5.5. Plejade s prikazanim novo opaženim zvijezdama [13].



Sl. 5.6. Zvijezde Orion s prikazanim novo opaženim zvijezdama [13].

Nadalje, Galileo promatra Mliječnu Stazu te zaključuje da su galaksije ništa drugo nego gomila neprebrojivih zvijezda raspoređenih u klasterima. Kada se teleskop okrene prema bilo kojem dijelu gdje se nalazi mliječni sjaj otkriva se gusta gomila zvijezda. Također primjećuje da su zvijezde, koje su do Galilejevog vremena bile nazvane „maglovitima“, zapravo rojevi malenih zvijezda postavljenih iznimno blizu jedna drugoj kod kojih se svaka zvijezda zasebno ne može primijetiti golim okom, ali miješanjem njihovih zraka nastaje svjetlost koja se može primijetiti. Kao primjer maglice na slici 5.7. su prikazane maglica Oriona, u kojoj se nalazi dvadeset i jedna zvijezda, i maglica Praesepe, u kojoj se nalazi više od četrdeset manjih zvijezda, ali je ovdje označeno trideset i šest [1].



Sl. 5.7. Maglica Orion (lijevo) i maglica Praesepe (desno) [13].

5.3. Jupiterovi planeti

Treće, i zadnje, opažanje koje Galileo opisuje su četiri novootkrivena „planeta“ koja se kreću oko Jupitera. Galileo prvi puta opaža ove planete 7. siječnja 1610. te kroz sljedeća 2 mjeseca, do 2. ožujka iste godine, promatra njihovu poziciju u odnosu na Jupiter i promjene u njihovom ponašanju i svjetlosti.

Dana 7. siječnja 1610. godine, Galileo okreće teleskop prema Jupiteru te primjećuje tri malene zvijezde u njegovoj blizini koje je ispočetka pripisao fiksnim zvijezdama. Iako je smatrao da su to fiksne zvijezde bilo mu je zanimljivo to što se sve nalaze na ravnoj liniji i što su svjetlije od drugih fiksnih zvijezda iste veličine. Njihova pozicija u odnosu na Jupiter 7. siječnja je prikazana na slici 5.8. Dvije zvijezde su bile s istočne strane Jupitera i jedna sa zapadne, pri čemu su zapadna i istočnija bile veće od treće zvijezde [1].



Sl. 5.8. Pozicija zvijezda u odnosu na Jupiter 7. siječnja 1610. [13].

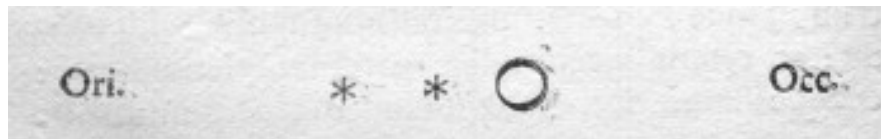
Kada se 8. siječnja vratio promatranju Jupitera pronašao je te zvijezde u potpuno drugačijim pozicijama. Kao što je prikazano slikom 5.9., sve tri zvijezde su bile sa zapadne strane Jupitera. One su bile bliže jedna drugoj nego prošle noći te su udaljenosti među njima bile jednake. S obzirom da ovdje Galileo i dalje smatra da se radi o fiksnim zvijezdama, on postavlja pitanje kako

je moguće da se Jupiter sada nalazi s istočne strane sve tri zvijezde, kada se noć prije nalazio sa zapadne strane dviju zvijezda [1].



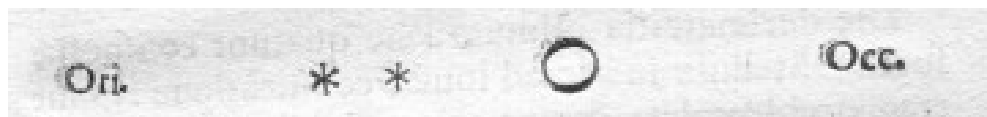
Sl. 5.9. Pozicija zvijezda u odnosu na Jupiter 8. siječnja 1610. [13].

Do odgovora dolazi 10. siječnja kada opaža dvije zvijezde istočno od Jupitera te zaključuje da se treća nalazi iza Jupitera (slika 5.10.). Kao i prije, sve zvijezde i Jupiter se nalaze na istoj ravnoj liniji. Iz ovoga opažanja Galileo zaključuje da se te promjene ne mogu pripisati Jupiteru, nego tim zvijezdama, te do 2. ožujka svakog dana (osim kada je oblačno) pažljivo promatra i zapisuje promijene u položajima i veličini tih zvijezda [1].



Sl. 5.10. Pozicija zvijezda u odnosu na Jupiter 10. siječnja 1610. [13].

11. siječnja opaža dvije zvijezde s istočne strane Jupitera od kojih je srednja tri puta udaljenija od Jupitera nego od istočnije zvijezde, a istočnija je bila dvaput veća od srednje zvijezde, iako su prijašnje noći bile podjednake veličine (slika 5.11.). Galileo iz ovoga zaključuje da se oko Jupitera kreću ne tri, nego četiri zvijezde kao što se Venera i Merkur kreću oko Sunca. Nadalje Galileo opisuje opažanja tih zvijezda, promjenu u njihovom položaju i udaljenosti između njih te navodi točno vrijeme opažanja, naročito kada je više opažanja obavljeno u jednoj noći [1].



Sl. 5.11. Pozicija zvijezda u odnosu na Jupiter 11. siječnja 1610. [13].

Četvrtu zvijezdu prvi put opaža 13. siječnja. Položaj svih četiriju zvijezda je prikazan na slici 5.12. Tri su bile sa zapadne strane Jupitera, a jedna s istočne. Nalazile su se skoro na ravnoj liniji, samo je položaj srednje zvijezde sa zapadne strane bio malo sjeverniji od ravne linije. Udaljenost istočne zvijezde od Jupitera je bila 2 minute, a međusobna udaljenost ostalih zvijezda i Jupitera je bila 1 minuta. Sve zvijezde su bile iste veličine, ali su sjajile više od fiksnih zvijezda te veličine [1].



Sl. 5.12. Pozicija zvijezda u odnosu na Jupiter 13. siječnja 1610. [13].

26. veljače, 30 minuta nakon zalaska Sunca, oko Jupitera se vide samo dvije zvijezde, prva 10 minuta istočno od Jupitera i druga 6 minuta zapadno od Jupitera. Istočna zvijezda je bila malo manja od zapadne. U petom satu noći uz ove dvije se pojavila i treća zvijezda. Ona je bila udaljena 1 minutu zapadno od Jupitera te je bila puno manja od druge dvije, dok se istočna pomaknula za jednu minutu istočnije te je sada bila 11 minuta istočno od Jupitera. Te noći, Galileo odlučuje promatrati gibanje Jupitera i njegovih planeta u odnosu na fiksne zvijezde. Fiksna zvijezda koju je odabrao se u petom satu te noći nalazila 11 minuta istočno od najistočnije Jupiterove zvijezde, te je bila smještena južnije od linije na kojoj su se nalazili Jupiter i njegove zvijezde, tj. planeti. Navedeni položaj Jupiterovih planeta, Jupitera i fiksne zvijezde je prikazan slikom 5.13. [1].



Sl. 5.13. Pozicija zvijezda u odnosu na Jupiter 26. veljače 1610. u 5. satu noći. [13].

Te planete Galileo naziva Medicejskim planetima u čast Cosimu II de' Mediciju i njegove troje braće. Iako Galileo nije mogao izračunati njihove periode, iz opažanja da ti planeti nekada idu ispred, a nekada iza Jupitera u sličnim intervalima, da prate kretanje Jupitera i da su od njega udaljeni prema istoku i zapadu u vrlo malim granicama, zaključuje da oni čine revolucije oko Jupitera, a zajedno s Jupiterom čine revoluciju oko središta svijeta s periodom od 12 godina [1] [12].

Također, Galileo iz navedenih opažanja zaključuje da ti planeti putuju po različitim kružnicama oko Jupitera jer kada se nalaze na većoj udaljenosti od Jupitera, ti planeti nikada nisu ujedinjeni, dok kada se nalaze blizu Jupitera, dva, tri ili sva četiri planeta mogu biti skučena zajedno i izgledati kao jedan planet. Oni planeti koji se kreću po manjim kružnicama su brži. To zaključuje iz opažanja da su ti planeti jednu noć s istočne strane Jupitera, a drugu sa zapadne, i obrnuto. A za planet koji se kreće po najvećoj orbiti zaključuje da mu je period polumjesečni. Kasnije je određeno da je taj period oko 16 dana i 18 sati.

Nadalje, Galileo daje argument protiv onih koji, iako prihvaćaju da se planeti okreću oko Sunca, i dalje smatraju da je nemoguće postojanje jednog Mjeseca oko Zemlje i da se oni zajedno kreću oko Sunca. Taj argument je opažanje 4 zvijezde koje se kreću oko Jupitera kao što se Mjesec kreće oko Zemlje i njihovo zajedničko kretanje oko Sunca koje traje oko 12 godina.

Na kraju, Galileo se dotiče pitanja zašto se te zvijezde oko Jupitera ponekad čine većima a ponekad manjima. Kao odgovor na to ne mogu biti Zemljine pare jer se veličina Jupitera i fiksnih zvijezda ne mijenja, također odgovor ne može biti ni položaj tih zvijezda u odnosu na Zemlju jer se njihov položaj ne mijenja dovoljno da bi prouzročio takvu pojavu. Nadalje, kružne orbite ne mogu objasniti tu pojavu, a ovalne orbite ne odgovaraju opažanjima. Kao odgovor na to pitanje, Galileo predlaže da se na ostale planete, uključujući Jupiter, primjeni mišljenje da ih okružuje gušća tvar od etera zbog koje bi zvijezde oko Jupitera mijenjale veličinu, kao što i Mjesec nekada izgleda veće ili manje zbog gušće tvari koja okružuje Zemlju [1].

6. KRITIKE

Objava novih otkrića u Zvezdanom glasniku izazvala je različite reakcije, od velikog uzbuđenja do tvrdnji astronoma i filozofa da je to sve optička iluzija stvorena lećom. Većina kritika koje su upućene Galileu su bile negativne. Iznimka tome je bio Johannes Kepler, astronom cara Svetog Rimskog Carstva, čije je mišljenje sam Galileo zatražio. Kepler u travnju 1610. godine odgovara na Galilejev zahtjev dugim pismom, koje je kasnije i objavio pod nazivom Razgovor sa zvezdanim glasnikom, u kojem prihvaća Galilejeva opažanja iako ih nije mogao potvrditi vlastitim eksperimentom. U jesen 1611. godine Kepler objavljuje *Narratio de observatis a se quatuor Iovis satellitibus erronibus* u kojem vlastitim promatranjem potvrđuje postojanje Jupiterovih mjesece. Iako je Kepler javno prihvatio Galilejeva otkrića imao je pritužbu na manjak referenca u Zvezdanom glasniku. Kepler je smatrao da su djela pisaca poput Giordana Bruna i Kopernika bila izvor za Galilejeva otkrića [1] [2] [3].

Jedna od većih kritika upućenih Galileu je bilo pitanje o izumu teleskopa. Georg Fugger, carski veleposlanik u Veneciji, je tvrdio da je Galilejeva tvrdnja da je on izumio teleskop lažna te ga time optužuje za plagijat. Uz tu optužbu, također su tvrdili da Galileo nije prvi opazio Jupiterove mjesece [2].

Kritike prema Galileu i otkrićima opisanim u Zvezdanom glasniku dolaze sa svih strana, pa tako i iz Crkve. Nakon objavljivanja Zvezdanog glasnika u Rimu otac Clavius izražava svoje uvjerenje da se uzrok svih tih novih otkrića nalazi u lećama, a ne na nebu. S obzirom da je teleskop bio prvi znanstveni instrument koji je imao mogućnost pojačati osjetila, tj. učiniti nevidljive stvari vidljivima, postojalo je pitanje njegove ispravnosti, i samim time i ispravnosti svih otkrića opaženih tim instrumentom. Budući da optički principi na kojima se temelji funkcioniranje teleskopa nisu bili u potpunosti poznati, pitanje o njegovoj ispravnosti je razumljivo. 1610. godine Galileo održava tri javna predavanja u Padovi s ciljem uvjeravanja svih prisutnih u istinitost njegovih tvrdnji objavljenih u Zvezdanom glasniku te kasnije tvrdi da su ta predavanja bila uspješna. Kasnije iste godine otac Clavius teleskopom provjerava istinitost tih otkrića čime napušta vjerovanje da je sve u lećama, ali i dalje tvrdi da su neravnine na Mjesecu optička iluzija. Time je Katolička Crkva prihvatila teleskop kao pravi znanstveni instrument [1] [2] [3].

Iako je Crkva prihvatila teleskop, Galilejeva otkrića su i dalje bila kritizirana jer su se protivila Aristotelovoj teoriji i potvrđivala Kopernikovu teoriju. Mjesečeve neravnine su se protivile Aristotelovoj savršenosti nebeskih tijela, a njegova sličnost sa Zemljom je dokazivala da je Zemlja planet što se do tada nije vjerovalo. Još jedan dokaz Zemljinom statusu planeta su bili i Jupiterovi

mjeseci, a njihova rotacija oko Jupitera je zakomplicirala dokazivanje dotadašnjeg vjerovanja da je Zemlja centar svijeta i da se sva nebeska tijela gibaju oko nje. Još jedan dokaz Kopernikove teorije je bilo otkriće Venerinih faza čije je navodno nepostojanje prethodno dokazivalo neistinitost Kopernikove teorije. Sva ta otkrića koja potvrđuju Kopernikovu teoriju kasnije dovode Galilea pred Inkviziciju, gdje se njegovo prihvaćanje Kopernikove teorije prvotno cenzurira, a kasnije ga se stavlja i u kućni pritvor [1] [3] [5].

Ekstremna kritika Galilejevih otkrića dolazi od Martina Horkyja, štićenika Giovannia Antonia Maginija, međunarodno poznatog astronoma. Horky je bio ljubomoran na Galilejev uspjeh i tvrdio je da su Jupiterovi mjeseci optičke iluzije i halucinacije. Kada je Galileo u travnju 1610. na putu do Firence stao u Bologni, gdje je posjetio Maginija kako bi demonstrirao korištenje vlastitog teleskopa i kako bi pokazao nekoliko zvijezda i četiri Jupiterova satelita, Horky je potvrdio svoju tvrdnju. Za vrijeme tog dvodnevnog boravka, nitko od prisutnih nije uspio vidjeti Jupiterove satelite nakon čega je Galileo napustio Bolognu. Izvještaj o tom događaju je Horky poslao Kepleru u Prag.

U lipnju iste godine, u Modeni, se pojavljuje kratka rasprava pod nazivom *Brevissima peregrinatio contra Nuncium Sidereum*. U toj raspravi Horky se bavio samo Jupiterovim satelitima te je kao argument za nemogućnost viđenja istih u Bologni za vrijeme Galilejevog posjeta dao njihovo nepostojanje. Ovaj napad je ogorčio Maginija, koji je nakon Horkyjevog povratka iz Modene Horkyja istjerao iz kuće. Kepler je također prekinuo sve veze s Horkyjem. U Galilejevu obranu je stao Galilejev student John Wedderburn koji je u listopadu 1610. objavio *Confutatio* (Osporavanje) Horkyjeve rasprave. Još jedno opovrgnuće piše Antonio Roffeni, uz Maginijevu pomoć, pod nazivom *Epistola apologetica contra peregrinationem Martini Horkii*, objavljeno u Bologni 1611. godine [1] [2] [3] [7].

7. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu ukratko je prikazan Galilejev životopis, od njegovog rođenja preko školovanja, profesorskog rada, znanstvenih istraživanja koja su obilježila početak moderne znanosti, Inkvizijskog procesa vođenog protiv njega, te kućnog pritvora i smrti. Također je objašnjena razlika između Kopernikovog i Ptolomejevog, tj. heliocentričnog i geocentričnog, modela svijeta kao i razlozi zašto Kopernikov model nije isprva bio prihvaćen.

Nadalje, opisana je konstrukcija prvog teleskopa, Galilejev postupak izrade teleskopa i opis rada Galilejevog teleskopa, a potom i kratak opis dvaju očuvana teleskopa i jedne očuvane leće kojima je Galileo promatrao nebesa. Zatim su opisana otkrića tim teleskopom koja je Galileo objavio u astronomskoj raspravi *Zvezdani glasnik*, koja započinju s opažanjima Mjesečeve površine i koja su Galileu poslužila kao argumenti da je Mjesečeva površina reljefna i slična Zemljinoj. Drugo otkriće opisano u *Zvezdanom glasniku* jest otkriće mnoštva dotada neviđenih zvijezda u poznatim zvijezdima te objašnjenje zašto se prividna blistavost zvijezda mijenja u prisutnosti nešto Sunčeve svjetlosti. Treće otkriće opisano u *Zvezdanom glasniku* jest otkriće Jupiterovih mjeseca, koji kruže oko Jupitera baš kao što planeti kruže oko Sunca u heliocentričnom sustavu. Danas se u čast ovom otkriću Jupiterovi mjeseci nazivaju još i Galilejanski mjeseci.

Ukratko su opisane i kritike koje je Galileo primio po objavi otkrića u *Zvezdanom glasniku*.

LITERATURA

- [1] G. Galilei, *Sidereus Nuncius, or, The Sidereal Messenger*, Chicago: The University of Chicago Press, 1989.
- [2] M. Bucciattini, M. Camerota i F. Giudice, *Galileo's telescope: a European story*, Cambridge: Harvard University Press, 2015.
- [3] S. Drake, *Galileo: A Very Short Introduction*, New York: Oxford University Press Inc., 1980.
- [4] Delphi Classics, *Collected Works of Galileo Galilei*, Hastings: Delphi Classics, 2017.
- [5] M. A. Finocchiaro, *Defending Copernicus and Galileo: Critical Reasoning in the Two Affairs*, Las Vegas: Springer, 2010.
- [6] Biblija: *Sveto pismo Staroga i Novoga zavjeta*, 1. popravljeno izdanje ur., Zagreb: Hrvatsko biblijsko društvo, 2006.
- [7] E. Reeves, *Galileo's glassworks: the telescope and the mirror*, Cambridge: Harvard University Press, 2008.
- [8] G. Rottman, *The geometry of light: Galileo's telescope, Kepler's optics*, Baltimore: Gerald Rottman, 2008.
- [9] »Museo Galileo,« [Mrežno]. Available: <https://catalogue.museogalileo.it/object/GalileosTelescope.html>. [Pokušaj pristupa 11. lipnja 2022.].
- [10] »Museo Galileo,« [Mrežno]. Available: https://catalogue.museogalileo.it/object/GalileosTelescope_n01.html. [Pokušaj pristupa 11. lipnja 2022.].
- [11] »Museo Galileo,« [Mrežno]. Available: <https://catalogue.museogalileo.it/object/GalileosObjectiveLens.html>. [Pokušaj pristupa 11. lipnja 2022.].
- [12] K. Pavlovski, »Baština Galilejevog "Zvjezdanog glasnika",« *Matematičko fizički list*, svez. 235, br. 3, pp. 181-187, 2008.
- [13] G. Galilei, *Sidereus Nuncius*, Venecija: Thomas Baglioni, 1610..
- [14] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, »eter,« 2021. [Mrežno]. Available: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=18480>. [Pokušaj pristupa 21. lipanj 2022.].
- [15] J. Faričić, »Sustavi mjernih jedinica relevantnih za geografiju i kartografiju,« Sveučilište u Zadru, Zadar, 2014.
- [16] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, »magnituda,« 2021. [Mrežno]. Available: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=67563>. [Pokušaj pristupa 21. lipnja 2022.].
- [17] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, »slobodni pad,« 2021. [Mrežno]. Available: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=56667>. [Pokušaj pristupa 22. lipnja 2022.].
- [18] N. Hall, »Motion of Free Falling Object,« National Aeronautics and Space Administration, 13. Svibanj 2021. [Mrežno]. Available: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/mofall.html>. [Pokušaj pristupa 22. lipnja 2022.].

SAŽETAK

Zvezdani glasnik je astronomska rasprava koju je 1610. objavio Galileo Galilei. Galileo je konstruirao teleskop i po prvi puta ga upotrijebio za opažanje astronomskih fenomena. Prikazana su opažanja i analize koja je Galileo objavio u Zvezdanom glasniku. Prikazana su Galilejeva opažanja i analiza Mjesečeve površine. Dano je Galilejevo otkriće mnoštva, bez optičkih pomagala nevidljivih, zvijezda te rasprava o prividnoj promjeni blistavosti zvijezda ovisnoj o prisutnosti nešto Sunčeve svjetlosti. Ilustrirano je postojanje četiriju velikih mjeseća oko Jupitera koje je Galileo teleskopom opazio. Kratko je diskutiran značaj Galilejevih otkrića za rađanje moderne znanosti te kritike koju su njegova otkrića izazvala.

Ključne riječi: fiksne zvijezde, Medicejske zvijezde, Mjesec, teleskop, Zvezdani glasnik

ABSTRACT

Galileo's Starry Messenger

The Starry Messenger is astronomical treatise published in 1610 by Galileo Galilei. Galileo constructed telescope and used it for the first time for observing astronomical phenomena. The observations he presented and discussed in The Starry Messenger are described. Galileo's analysis of his observation of the Moon's surface are presented. Galileo's discovery of myriads of previously unseen stars and apparent change in their luminosity in presence of some daylight is given. The existence of the four large moons around Jupiter observed by Galileo are illustrated. Significance of Galileo's discoveries for the birth of modern science as well as critique he faced are briefly discussed.

Key words: fixed stars, Medicean stars, Moon, telescope, Starry Messenger