

Otkrića Caroline Herschel Newtonovim reflektorom

Lucić, Elena

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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:200:107002>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-20**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I

INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Sveučilišni studij

**OTKRIĆA CAROLINE HERSCHEL NEWTONOVIM
REFLEKTOROM**

Završni rad

Elena Lucić

Osijek, 2023.

SADRŽAJ

1. UVOD	3
2. ŽIVOTOPIS CAROLINE HERSCHEL.....	4
2.1. Život Caroline Herschel.....	4
2.2. Nagrade i stipendije	7
3. NEWTONOV REFLEKTOR	8
3.1. Reflektirajući teleskopi	8
3.2. Dizajn Newtonovog reflektora	9
4. OTKRIĆA.....	10
4.1. Maglice	11
4.2. Kometi	13
4.2.1. Prvi komet	14
4.2.2. Drugi komet.....	15
4.2.3. Treći komet.....	15
4.2.4. Četvrti komet.....	15
4.2.5. Peti i šesti komet	16
4.2.6. Sedmi komet.....	16
4.2.7. Osmi komet	17
4.2.8. Deveti komet?	17
4.3. Uran.....	19
5. KATALOZI	23
5.1. Prva verzija	23
5.2. Druga verzija.....	24
5.3. Treća verzija.....	24
5.4. Konačna verzija.....	25
5.5. <i>British Catalogue</i>	25
6. ZAKLJUČAK.....	27
POPIS LITERATURE.....	28
POPIS SLIKA	30
SAŽETAK.....	31
ŽIVOTOPIS.....	32

1. UVOD

Svemir je oduvijek privlačio pažnju svojom tajnovitošću i nedokučivošću. Ljudi su od davnina promatrali nebo i pokušavali objasniti razne pojave koje su primjećivali na nebu. Znanstvenici i astronomi su kroz povijest postavili temelje za razumijevanje svemira i objasnili prirodne zakone na kojima temeljimo i današnja otkrića. Razvoj tehnologije, kao što je izum teleskopa, a kasnije i opažачkih instrumenata na satelitima i svemirskim letjelicama, omogućio je otkrivanje novih planeta, kometa, zvijezda, galaksija i ostalih pojava u svemiru.

U ovom završnom radu prikazana je kratka biografija Caroline Herschel te su navedena njezina pionirska astronomska otkrića, kao i uručena joj priznanja i nagrade. Opisan je dizajn Newtonova reflektora čije je mogućnosti Caroline Herschel iskoristila kako bi došla do svojih znanstvenih otkrića. Detaljno su opisana i njezina otkrića maglica i kometa. Uz otkrića Caroline Herschel opisano je i otkriće planeta Urana njezinog brata Williama Herschela. Opisane su sve verzije kataloga maglica koje su objavili Caroline i William Herschel, kao i Carolinina revizija *British Cataloguea*.

Cilj ovog rada je prikazati otkrića Caroline Herschel Newtonovim reflektorom i njezin pionirski doprinos današnjem razumijevanju svemira.

2. ŽIVOTOPIS CAROLINE HERSCHEL

2.1. Život Caroline Herschel

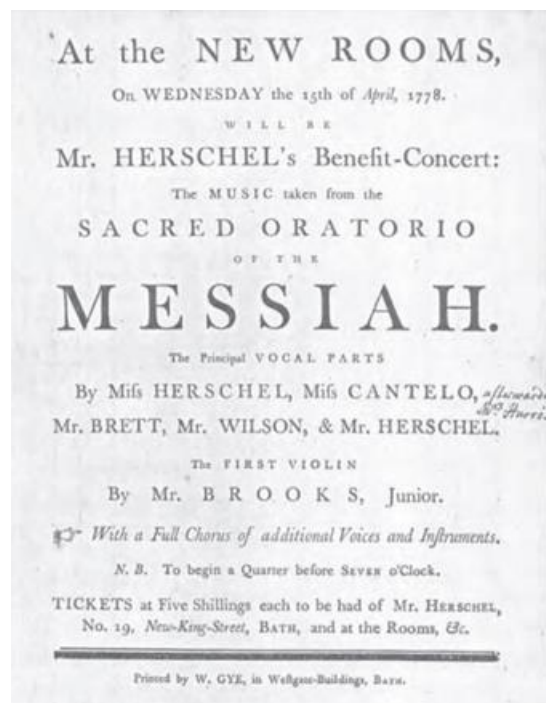
Caroline Lucretia Herschel, kasnije poznata kao Caroline Herschel, bila je šesto od desetoro djece. Njeni roditelji su bili Isaac i Anna Herschel. Rođena je 16. ožujka 1750. godine u Hannoveru u Njemačkoj. Kada je imala 10 godina otkriven joj je tifus koji je joj usporio rast te je zbog toga Caroline narasla samo do 1,3 m visine. [1] Njezina majka Anna, nije dopuštala njezino obrazovanje kako bi spriječila njezino napuštanje kuće. Željela je da Caroline ostane kući i bude domaćica. Tada se očekivalo da djeca uče francuski jezik, ali joj je i to majka zabranila. Njezina obitelj je bila glazbena obitelj. Sva njezina braća su postala profesionalni glazbenici. Budući da joj majka nije dopuštala obrazovanje, otac ju je potajno učio svirati violinu. [2]



Slika 2.1. Portret Caroline Herschel [1]

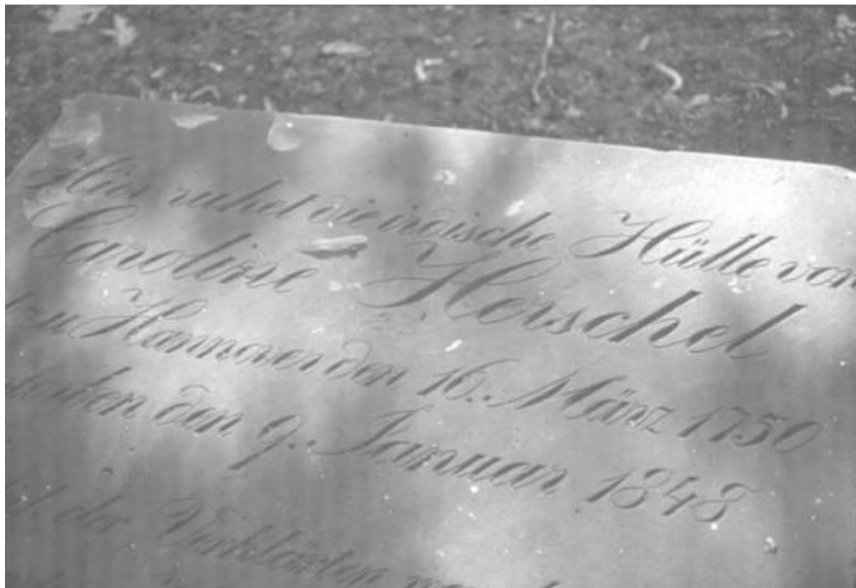
Jedan od njezine braće Friedrich Wilhelm Herschel (1738. - 1822.), danas poznat kao William Herschel, nakon bitke kod Hastenbecka odlazi u Englesku kao izbjeglica. Tamo je svoj život nastavio kao putujući glazbenik. Kasnije 1766. godine je prihvatio poziv u Bathu da postane orguljaš u *Octagon Chapel*. Nakon smrti njihovog oca Isaaca, Williamu u Bathu se pridružuju

stariji brat Jacob i mlađi brat Alexander. William i Alexander su postali zabrinuti za svoju mlađu sestru Caroline koja je ostala sa svojom majkom u Hannoveru. Kao izgovor za njezino spašavanje, predložili su joj da dođe u Bath na nekoliko godina kako bi vidjeli je li njezin glas dovoljno dobar za nastupanje kao solistica. U kolovozu 1772. godine William je osobno otišao u Hannover kako bi doveo Caroline u Bath. Majku Annu je nagovorio tako što joj je ponudio plaćanje kućne pomoćnice koja bi zamijenila Caroline. Nakon dolaska u Bath, William ju je svako jutro učio engleski i aritmetiku. Budući da je Caroline žensko, u školi koju je pohađala u Hannoveru nisu ju učili aritmetiku. William je smatrao da je potrebno da zna aritmetiku jer je ona vodila kućanstvo samim tim plaćala kućanske troškove. Uza sve to William ju je podučavao i pjevanju. Krajem 1776. godine William je preuzeo glazbeni sastav *New Assembly Rooms*. Caroline je također bila dio sastava tako što je uvježbavala dio zbora i pjevala neke od visokih sola. 5. ožujka 1777. godine je prvi put nastupila kao solistica u izvedbi Jude Makabejca u *New Assembly Rooms*. Tako je pjevala svaki tjedan sve dok je trajala sezona. 15. travnja 1778. godine je doživjela vrhunac svoje karijere. Tog dana je nastupila u *New Assembly Rooms* kao prva solistica u Händelovom oratoriju Mesija. Nakon toga nastupa dobila je ponudu da nastupa u Birminghamu. Caroline je odlučila odbiti ponudu iz poštovanja prema Williamu jer ju je spasio iz Hannovera. Stavila je ispunjenje njegovih ciljeva ispred svoje karijere. Nakon toga je njena pjevačka karijera krenula niz brdo. [2]



Slika 2.2. Prikaz plakata koji poziva na izvedbu Händelovog oratorija Mesija u Bathu 15. travnja 1778. godine [2]

U ljeto 1782. godine preselili su se u malo mjestu Datchet u blizini dvorca Windsor nakon što je William prihvatio namještenje dvorskog astronoma u privatnom uredu Georgea III. Caroline uz brata Williama počinje promatrati nebeska tijela što je kasnije rezultiralo njenim otkrićima maglica i kometa. Otkrićem svog prvog kometa 1786. godine, Caroline je postala prva žena koja je otkrila komet. Nakon Williamove smrti 1822. godine Caroline se odlučila vratiti u Hannover i tamo proživjeti ostatak života. U Hannoveru je bila zajedno s mlađim bratom Dietrichom i njegovom obitelji. Na parceli na kojoj je pokopan njezin otac i 22 godine kasnije njezina majka nije bilo mjesta za nju. Zato je Caroline dala izgraditi svod iznad groba koji se danas može vidjeti u Gartenkirchofu u Hannoveru. Caroline je umrla 9. siječnja 1848. godine, a prema njenim uputama u lijes su stavljeni pramen Williamove kose i almanah njezina oca. Na njezinom grobu se nalazi natpis koji govori o njezinom otkriću kometa i njezinom udjelu u pisanju kataloga kao i njezino članstvo u *Royal Astronomical Society* i *Royal Irish Academy*. Uza sve to se nalazi i napomena za prisutnost njezinog oca Isaaca u tlu ispod nje. Svoju majku Annu nije spomenula. [3]



Slika 2.3. Grob Caroline Herschel u Gartenkirchofu u Hannoveru [3]

2.2. Nagrade i stipendije

Caroline Herschel je prvu nagradu dobila za dovršetak i reviziju njenih i Williamovih kataloga maglica. Kao žena nije mogla postati član *Royal Astronomical Society*, ali je 1828. godine dobila *Gold Medal* za svoj rad. Tek nekoliko godina kasnije 1835. godine, *Royal Astronomical Society* ju je imenovalo počasnom članicom društva. Tri godine kasnije imenovana je i za počasnu članicu *Royal Irish Academy* u Dublinu. Na njezin 96. rođendan 1846. godine, pruski kralj joj je dodijelio *Gold Medal*. *Gold Medal* je najveće priznanje društva koje može biti dodijeljeno iz bilo kojeg razloga. Danas isto to društvo, *Royal Astronomical Society*, dodjeljuje Medalju Herschel za istraživanja u promatračkoj astrofizici. [4]

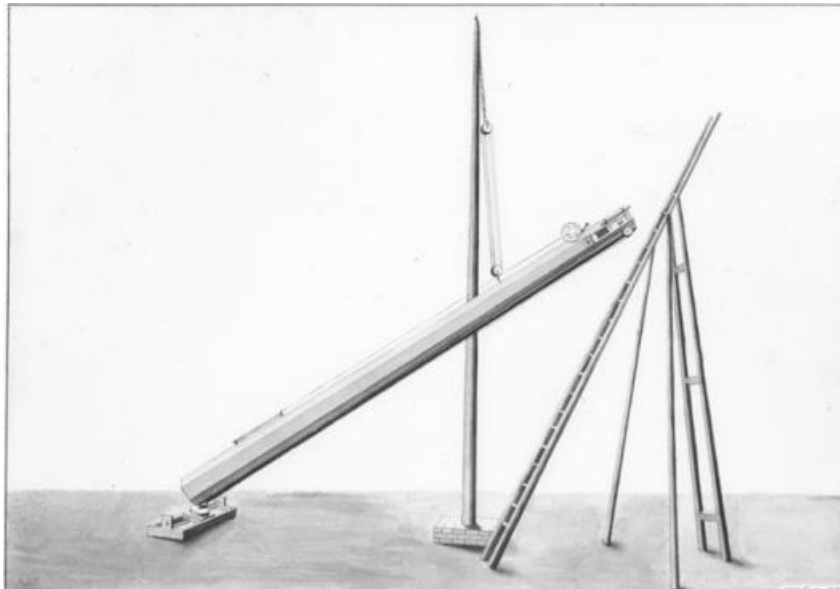


Slika 2.4. Medalja Herschel [4]

Kao svojoj asistentici, William joj je ponudio mjesečnu plaću koju je Caroline odbila. Umjesto toga je zamolila Williama da pita kralja Georgea III. da sama prima vlastitu plaću. Kralj je pristao na godišnju plaću od £50. Caroline je prvu plaću primila u listopadu 1787. godine koja je iznosila £12,10. Caroline je tada postala prvi ženski profesionalni astronom u povijesti. [5]

3. NEWTONOV REFLEKTOR

Newtonov reflektor je tip reflektirajućeg teleskopa. Izumio ga je Isaac Newton 1668. godine. Naziv reflektirajući teleskop dolazi od toga što primarno zrcalo reflektira svjetlost u fokus umjesto da ga lomi kao kod refraktorskih teleskopa.



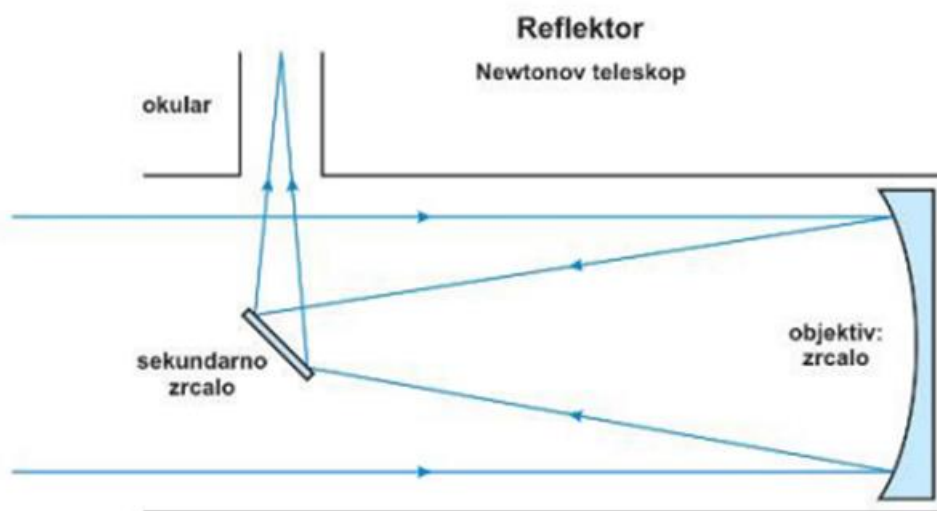
Slika 3.1. Newtonov reflektor koji je sagradio William Herschel 1776. godine [2]

3.1. Reflektirajući teleskopi

Postoje dvije vrste teleskopa prema načinu skupljanja svjetla, reflektirajući i refraktorski teleskopi. Refraktorski teleskopi su teleskopi kod kojih se svjetlost skuplja u lećama. Problem kod te vrste teleskopa je što različite leće lome boje pod različitim kutovima. To dovodi do kromatske aberacije. Newton je taj problem riješio tako što je zamijenio leću zrcalom jer je znao da se sve boje jednako reflektiraju. Drugi problem tadašnjih teleskopa je bio okular blizu kraja cijevi. Kada bi promatrač koji promatra teleskopom manje veličine stavio svoje oko na okular, glavom bi zaklonio svjetlost iz primarnog zrcala. Newton je taj problem riješio tako što je postavio malo ravno zrcalo pod kutom od 45° unutar glavnog fokusa i time fokus doveo na stranu cijevi teleskopa.

3.2. Dizajn Newtonovog reflektora

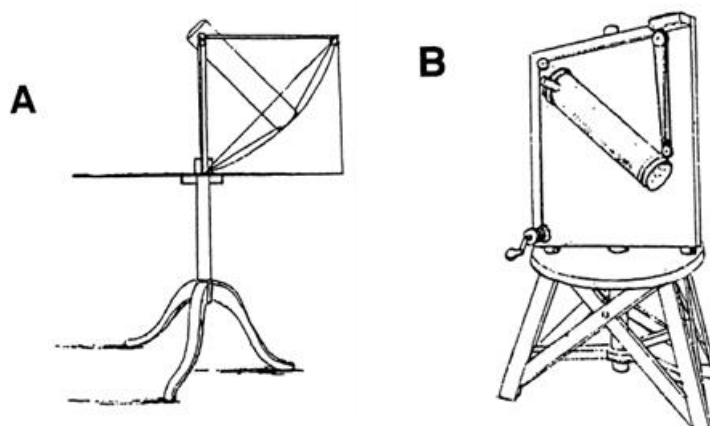
Newtonov reflektor se sastoji od primarnog i sekundarnog zrcala. Primarno zrcalo je konkavno zrcalo sfernog ili paraboličnog oblika dok je sekundarno zrcalo ravno zrcalo. Sekundarno zrcalo je nagnuto pod kutom od 45° u odnosu na primarno zrcalo koje se nalazi na dnu cijevi okrenuto prema gore. Primarno zrcalo u teleskopu prima svjetlost koja ulazi kroz njega te ga usmjerava na točku ispred zrcala poznatu kao primarni fokus. Svjetlost koja se fokusira na primarnom fokusu presreće sekundarno zrcalo i reflektira ga izvan bočne strane cijevi. Na taj se način svjetlost može vidjeti kroz okular koji se smješten sa strane teleskopa. Taj položaj okulara, osim prikupljanja veće količine svjetlosti, omogućuje i udobniji položaj gledanja i lakše prilagodbe. Glavni nedostatak ovog tipa teleskopa je što upotreba zrcala umjesto leće može uzrokovati smanjenje oštine slike. No količina izgubljene svjetlosti je mala u usporedbi s količinom ukupne prikupljene svjetlosti primarnog zrcala. [6]



Slika 3.2. Prikaz prolaska svjetlosti kroz Newtonov reflektor [19]

4. OTKRIĆA

Kako bi se lakše prilagodila novom životu nakon selidbe iz Batha 1782. godine u ruralni dio u blizini dvorca Windsor, William joj je dao mali refrakcijski teleskop kojim je mogla pretraživati nebo. U ljeto 1783. godine, William joj je napravio bolji teleskop. Bio je to mali Newtonov reflektor. [2] Caroline ga je opisala kao cijev s dva stakla koja se inače koriste u teleskopima. Ovaj teleskop nije bio prikladan jer se cijev vrtjela oko osi i Caroline ju je stalno morala pratiti kako bi mogla opažati. Nekoliko godina kasnije William joj je napravio novi Newtonov teleskop koji je Caroline počela koristiti 1791. godine. Ovaj Newtonov reflektor je bio postavljen na uspravnu os ili vreteno i imao je cijev koju je Caroline sama mogla okretati okretanjem ručke koja je bila pričvršćena na užu. Tako je mogla opažati nebo bez pomicanja glave. Oba reflektora imaju karakteristike teleskopa koji se i danas koriste za traženje kometa, a to su: veliki otvor blende, kratka žarišna duljina, okular male snage povećanja i veliko vidno polje. Iz tablice u kojoj su prikazane karakteristike ova dva teleskopa (Slika 4.2.) možemo vidjeti da je manji Newtonov reflektor imao veće vidno polje. Postoji prividno vidno polje i stvarno vidno polje koje vidimo kroz okular. Stvarno vidno polje je vrijednost dobivena kao kvocijent prividnog vidnog polja i povećanja teleskopa. [7]



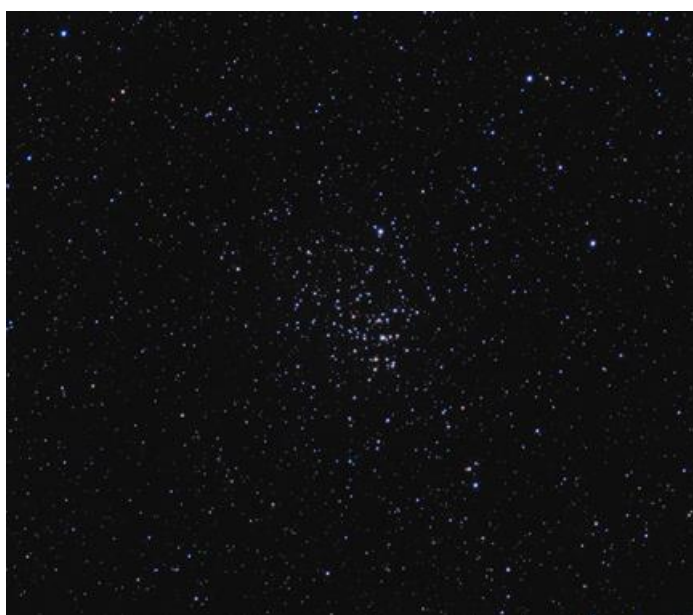
Slika 4.1. Slika A prikazuje prvi Newtonov reflektor koji se Caroline Herschel koristila, dok slika B prikazuje drugi Newtonov reflektor koji je William Herschel izradio za nju [7]

	<i>Small Comet Sweeper</i>	<i>Large Comet Sweeper</i>
Focal length (cm)	68.6	160.0
Aperture (cm)	10.7	23.4
Magnification	×24	×25 to ×30
Field of view	2°12'	1°49'
Limiting magnitude ⁷	12.0	13.7

Slika 4.2. Razlika između dva Newtonova reflektora kojima se Caroline služila [7]

4.1. Maglice

Caroline Herschel je ukupno otkrila tri maglice. Prvu maglicu je pronašla 26. veljače 1783. godine. Ta maglica je danas poznata kao NGC 2360 ili *Caroline's Cluster*. Iz imena maglice možemo saznati u kojem katalogu i pod kojim brojem se nalazi maglica. Tako za maglicu NGC 2360 saznajemo da se nalazi pod brojem 2360 u katalogu *New General Catalogue*. Ova maglica se nalazi u zviježđu Velikog psa. Udaljena je oko 3700 svjetlosnih godina i procjenjuje se da je stara 2,2 milijarde godina. U Caldwell katalogu britanskog astronoma Patricka Moorea se nalazi na 58. mjestu. [2], [8]



Slika 4.3. NGC 2360 ili *Caroline's Cluster*; autor slike je Gary Imm, snimljeno je kamerom ZWO ASI1600MM COOL, 29.1.2018. [17]

Iste te noći je otkrila još jednu maglicu za koju nije znala da je ranije otkrivena jer Caroline i William nisu znali da postoji finalna verzija Messierova kataloga maglica i zvijezda u kojoj se ta maglica nalazila pod nazivom M93. Charles Messier bio je francuski astronom koji je poznat po astronomskom katalogu poznatih objekata koji se kasnije nazivaju Messierovi objekti. Drugu maglicu je pronašla 27. kolovoza 1783. godine. Ova maglica je danas poznata kao NGC 7789 ili *Caroline's Rose*. Nalazi se u zviježđu Kasiopeja udaljena oko 8000 svjetlosnih godina. [9] Procjenjuje se da je stara 1,6 milijardi godina. [10], [2]



Slika 4.4. NGC 7789 ili Caroline's Rose; autor slike je Gary Imm, snimljeno je kamerom ZWO ASI6200MM Pro, 3.11.2020. [17]

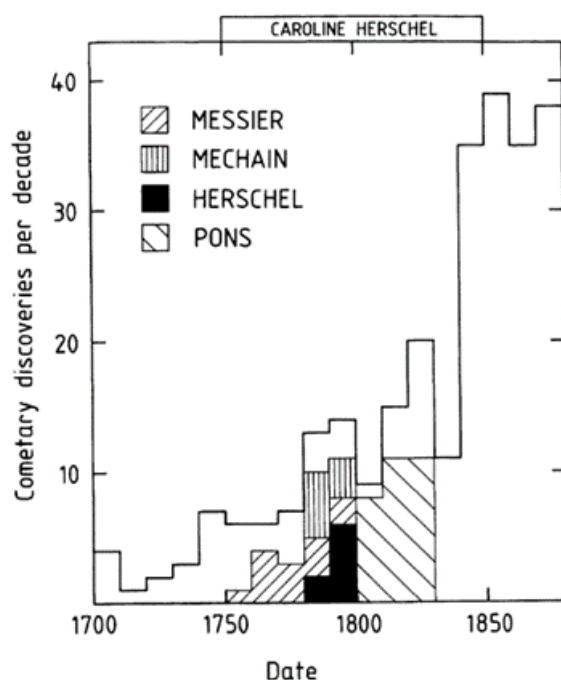
Treću maglicu je pronašla iste godine 23. rujna. Maglica je danas poznata kao NGC 253. Jedna je od najsjajnijih spiralnih galaksija, ali ujedno i najprašnjavijih zbog visokog sadržaja prašine nastale prilikom stvaranja zvijezda. Zbog svojih pojavljivanja u malim teleskopima nazvana je *Silver Coin*, a službeno je poznata kao *Sculptor Galaxy*. Nalazi se u zviježđu Kipar udaljena oko 10 milijuna svjetlosnih godina. [11], [2]



Slika 4.5. NGC 253; autor slike je Gary Imm, snimljeno je kamerom ZWO ASI6200MM Pro, 22.8.2020. [17]

4.2. Kometi

Nakon prestanka traženja maglica, Caroline je krenula tražiti komete. Identificirala je ukupno osam kometa koji ranije nisu viđeni. Još neki poznati astronomi tog vremena koji su tražili komete bili su francuski astronom Charles Messier, Pierre Mechain i Jean Louis Pons. Messier je identificirao ukupno 13 kometa, Mechain 11 dok je Pons otkrio 37 kometa i time postao osoba koja je otkrila najviše kometa u povijesti. [7]



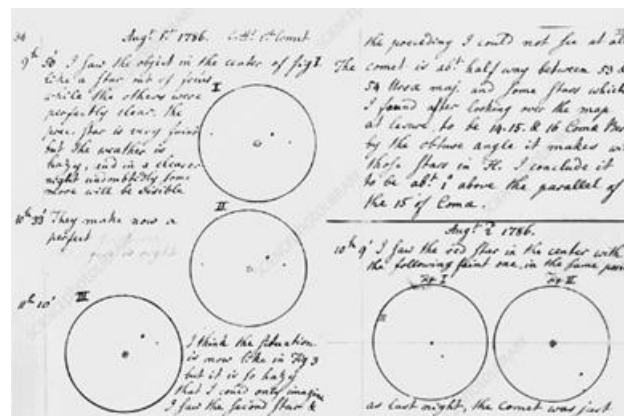
Slika 4.6. Prikaz otkrivenih kometa po desetljeću svakog od četiri navedena astronoma [7]

U vrijeme Caroline Herschel astronomi su bili jako zainteresirani za pronalaženje kometa, posebno periodičkih, jer se Newtonov zakon gravitacije tada se još testirao. Newtonov zakon gravitacije kaže da se svaka dva tijela privlače uzajamno silom koja je proporcionalna umnošku njihovih masa, a obrnuto proporcionalna kvadratu međusobne udaljenosti. Formula po kojoj računamo uzajamnu silu je $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ gdje F predstavlja uzajamnu silu, G gravitacijsku konstantu jednaku $6,67428 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$, r udaljenost između središta dva tijela, m_1 i m_2 mase tijela. [12] Prvi astronom koji je dokazao da su neki kometi periodični, bio je engleski astronom i geodet Edmond Halley. On je 1696. godine rekao da su dva kometa 1P/1607 S1 i 1P/1682 Q1 zapravo jedan isti komet s periodom od 75 godina. Nekoliko godina kasnije 1705. godine utvrdio je da je i komet 1P/1531 P1 isti kao kometi 1P/1607 S1 i 1P/1682 Q1. Prema izračunatom periodu taj komet se trebao pojaviti ponovno 1758. godine. Pojava tog kometa 1758. godine je bila potvrda za

Newtonov zakon gravitacije. Kasnije je taj komet nazvan 1P/Halley. To je bio prvi poznati periodični komet. Astronomi su tada aktivno tražili periodične komete, ali nisu bili uspješni. Jedan primjer su Nicolaas Struyck i Joseph-Jerome Le-francaise de Lalande koji su pretpostavili da su kometi C/1532 R1 i C/1661 C1 isti i da će se vratiti 1789. ili 1790. godine, ali to nije bilo točno. Prvi komet nakon 1P/ Halley kometa za koji je dokazano da je periodičan je komet C/1769 P1. Njegov period su pokušali izračunati Bessel, Euler, Lexell i Pingre. Jedini točan izračun je imao Bessel, 2100 godina, i taj se izračun i danas prihvaća. Nakon 1P/Halley prvi komet s kratkim periodom od oko 6,7 godina je bio 3D/Biela otkriven 1805. godine nakon što su zapažene sličnosti orbita kometa 3D/1772 E1 i 3D/1805 V1. Još neki od periodičnih kometa su 2P/Encke otkriven 1818. godine, 4P/Faye i 5P/Brosen. Periodi tih kometa su redom oko 3.3, 7.4 i 5.5 godina. [7]

4.2.1. Prvi komet

Caroline je svoj prvi komet opazila 1. kolovoza 1786. godine. Komet je nazvan C/1786 P1 (Herschel). Iz naziva možemo vidjeti da se radi o kometu koji nije periodičan i njegovu godinu otkrića. Pet dana nakon što je napisala pismo *Royal Societyu* u kojem ih obavještava o otkrivenom kometu, predsjednik i tajnik društva došli su vidjeti Carolinein komet kroz njezin teleskop. Bio je to „prvi ženski komet“. [2], [7]



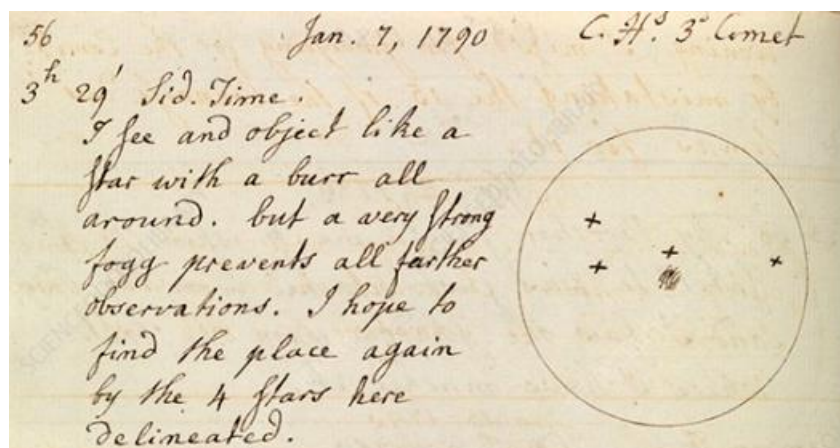
Slika 4.7. Prvi komet Caroline Herschel [18]

4.2.2. Drugi komet

Caroline je preostalih sedam kometa otkrila u razdoblju 1788. - 1797. godine. Svoj drugi komet je opazila 21. prosinca 1788. godine. Tada su promatrači, uključujući i Caroline, očekivali komet iz 1661. godine. Komet C/1788 W1 (Herschel) koji je Caroline te noći otkrila bio je komet nepoznat od ranije. Taj se komet ponovno vratio 1939. godine. Tada ga je opazio francuski astronom Roger Rigollet. Tada je komet nazvan 35P/1788 Y1 (Herschel -Rigollet). Komet se ponovno očekuje 2092. godine. Nevil Maskelyne, engleski astronom, je bio zadivljen ovim otkrićem rekavši da se ovaj komet nije mogao vidjeti puno ranije ni s njegovim izvrsnim teleskopom. [2], [7]

4.2.3. Treći komet

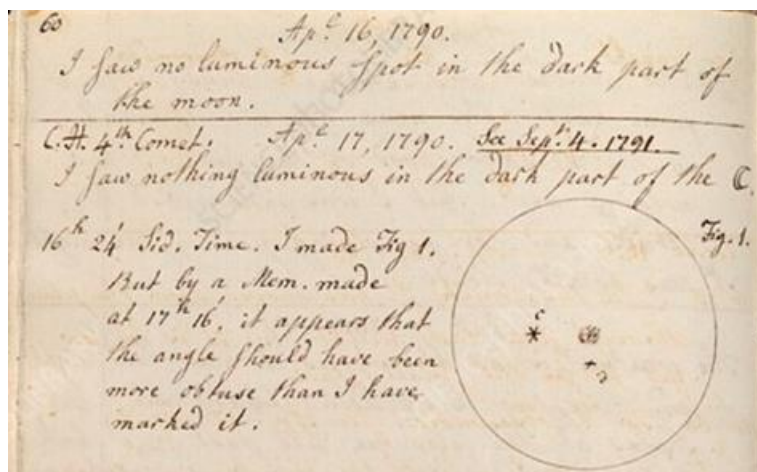
Za otkriće sljedećeg kometa Caroline je trebalo nešto više od godinu dana. Točan datum otkrića ovog kometa je 7. siječanj 1790. godine. Treći komet je nazvan C/1790 A1 (Herschel).



Slika 4.8. Treći komet Caroline Herschel [18]

4.2.4. Četvrti komet

Caroline je četvrti komet opazila samo nekoliko tjedana nakon prethodno otkrivenog kometa, točnije 17. travnja 1790. godine. Komet C/1790 H1 (Herschel) je otkrila kada promatrala Mjesec kako bi pronašla navodne dokaze o vulkanskoj aktivnosti na Mjesecu jer je William 1783. i 1787. godine opazio svijetle točke na Mjesecu te ih protumačio kao aktivne vulkane. [2], [7]



Slika 4.9. Četvrti komet Caroline Herschel [18]

4.2.5. Peti i šesti komet

Caroline je svoj peti komet C/1791 X1 je opazila 15. prosinca 1791. Sljedeći, šesti komet, je otkrila dvije godine kasnije 7. listopada 1793. godine, ali komet C/1793 S2 (Messier) je već od ranije bio poznat astronomu Charlesu Messieru koji ga je opazio 17. rujna 1793. godine.

4.2.6. Sedmi komet

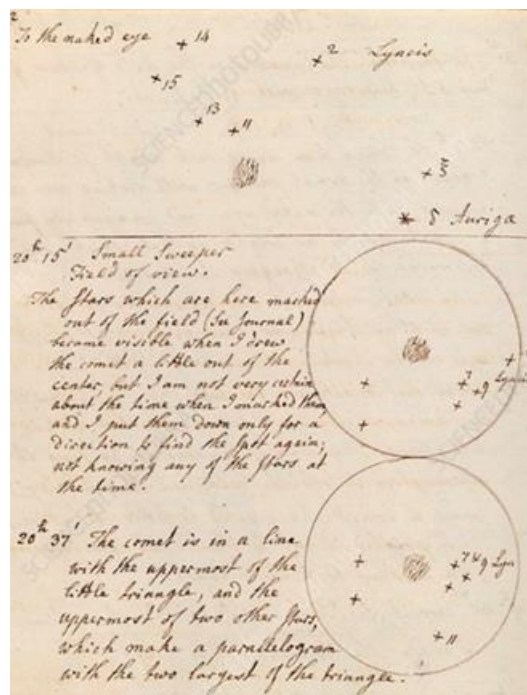
Caroline je sedmi komet opazila 1795. godine, ali je 25 godina kasnije dokazano da ona zapravo nije prva koja ga je otkrila. Johann Franz Encke, njemački astronom, je dokazao da je to komet koji je devet godina ranije 1786. godine, opazio francuski promatrač Pierre Méchain. Taj komet je poznat kao Enckeov komet, 2P/Encke, i vraća se svake tri godine. [2], [7]



Slika 4.10. Enckeov komet; autor slike je Fritz Helmut Hemmerich, 20.2.2017. [17]

4.2.7. Osmi komet

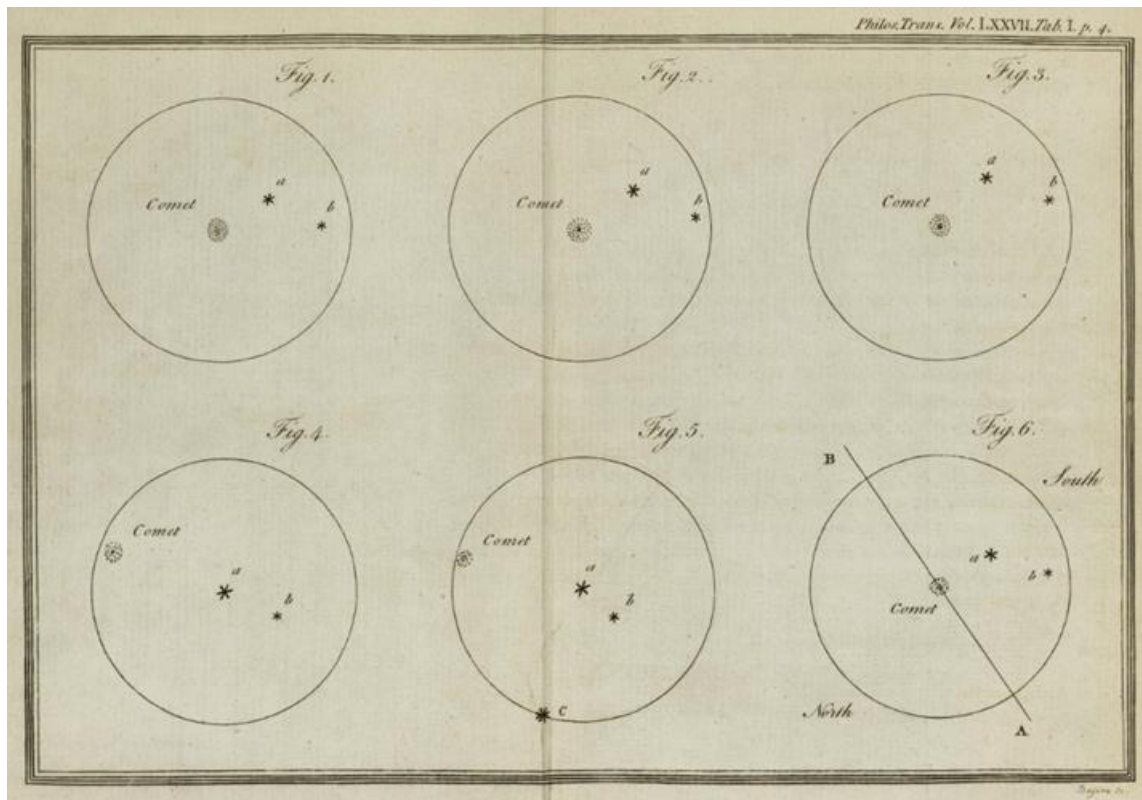
Svoj osmi komet je opazila golim okom 14. kolovoza 1797. godine. C/1797 P1 je bio svijetao komet, jasno vidljiv golim okom. Caroline je znala da će ga i drugi promatrači uskoro vidjeti pa je odlučila osobno obavijestiti Maskelynea o svom pronalasku. William je tada bio odsutan pa se Caroline sama uputila u zvjezdarnicu u Greenwichu. Osim Caroline komet je otkrio i Eugene Bouvard u Parizu i Stephen Lee u Heckneyu. Komet je kasnije nazvan Bouvard-Herschel po prva dva astronoma koja su ga uočila. [7]



Slika 4.11. Bilješke Caroline Herschel kada je otkrila svoj osmi komet [18]

4.2.8. Deveti komet?

Iako je Caroline tvrdila da je otkrila osam kometa, smatra se da ih je pronašla ukupno devet jer je 20. srpnja 1783. godine je opazila svijetao točkasti objekt u dvije prilike. Navodno na tim lokacijama nema maglica pa se smatra da je Caroline tada vidjela komet koji je ostao nepoznat. [2]

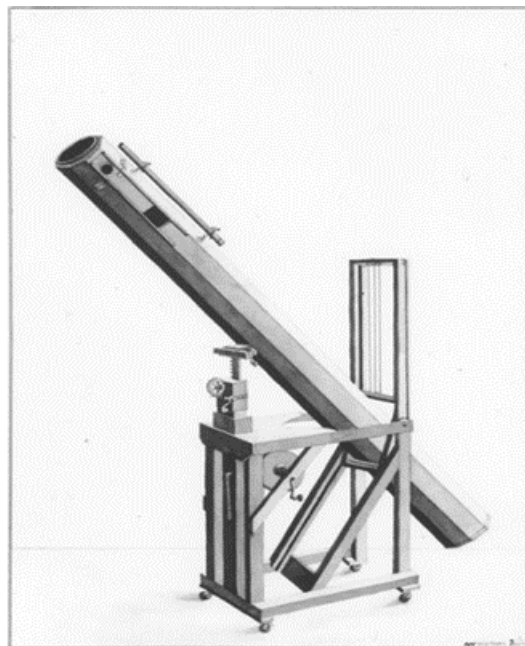


Slika 4.12. Prikaz kometa u pismu Williama Herschela Charlesu Blagednu u kojem je opisao položaj novog kometa kojeg je otkrila njegova sestra Caroline Herschel [18]

4.3. Uran

Otkriće planeta Urana je William Herschelu izgradilo karijeru profesionalnog astronoma. To mu je također omogućilo potpuno prihvaćanje od strane vodećih svjetskih astronoma.

Nakon što su se Caroline i William još jednom preselili, William je odlučio započeti opažanje zvijezda u blizini zvijezde Zeta zvijezda Bik. Bio je to 13. ožujak 1781. godine. William je koristio svoj 7-stopni reflektor koji je završio u studenom 1778. godine. Oblik zrcala na tom reflektoru bila je prednost koja je Williamu omogućila da te noći opazi objekt koji je njemu tada bio nepoznat.



Slika 4.13. 7-stopni teleskop Williama Herschela [2]

William je te noći promatrao zvijezde i očekivao je samo još jednu zvijezdu u nizu. Objekt koji je tada opazio privukao je njegovu pozornost jer je bio vidljive veličine i imao je blago zamućen obris. Smatrao je da to ne može biti zvijezda jer su zvijezde toliko udaljene da bi ih vidio samo kao svjetlosne točke. Također je smatrao da veličina ovog objekta sugerira da se nalazi u blizini kao dio Sunčevog sustava. Sljedeća pomisao mu je bila da je to komet. Odlučujući test je bio hoće li se objekt pomaknuti. Nakon četiri dana je ponovno opazao i vidio da se objekt kreće. To mu je pokazalo da objekt nije mogao biti zvijezda jer su zvijezde zbog njihove velike udaljenosti prividno nepomične. Sljedeće večeri je pozvao Williama Watsona da zajedno pokušaju otkriti što je taj nepoznati objekt. Watson ga je savjetovao da napiše pismo njegovom ocu, koji ima utjecaja u *Royal Societyu*, kako bi obavijestili druge astronome o novom događaju. Astronomi *Royal*

Societia su došli do zaključka da je objekt imao puno veći promjer od bilo kojeg kometa i da je bio manje sjajan. Osim toga, zaključili su i da je tijelo objekta bilo vrlo dobro definirano.

Nevil Maskelyne i britanski astronom i matematičar Thomas Hornsby uključili u se u ispitivanje tog navodnog kometa. Dok je William koristio teleskop koji je sam napravio, ostali su koristili profesionalno napravljene instrumente. To se pokazalo kao jedna od prepreka jer su kroz profesionalno napravljene teleskope svi objekti u zviježđu Bika izgledali jednako. Dodatne poteškoće im je zadavao Williamov amaterski način definiranja položaja objekta. Tek početkom sljedećeg mjeseca, točnije 3. travnja 1781. godine, Maskelyne je uspio pronaći taj objekt. Hornsby je cijelo vrijeme smatrao da je to pravi komet dok je Maskelyne na početku imao mišljenje da je komet ili planet. Na kraju je rekao da je vjerojatno planet jer se kreće po gotovo kružnoj orbiti oko Sunca. [2]

William je u jednom pismu namijenjenom predsjedniku *Royal Societia* Josephu Banksu nazvao svoj planet *Georgium Sidus* u čast kralju Georgeu III. Maskelyne je Williama pozvao da sam odluči kako će se zvati njegov planet te se zato ime *Georgium Sidus* u Britaniji koristilo do sredine 19. stoljeća. Ova odluka se nije svidjela kontinentalnim astronomima. Mnogi su Williamov planet nazivali po njegovom prezimenu „Herschel“. Njemački profesor John Ernest Bode je predložio ime *Uranus* smatrajući da se treba držati mitologije. U grčkoj mitologiji Uran (grč. *Ouranos*) je bog neba. [5]

Williama je mučilo to što se odrazom u drugom zrcalu gubi više od polovice svjetlosti. Pitao se može li izbaciti to drugo zrcalo koje se nalazilo na dnu cijevi. Kod manjih reflektora nije bilo moguće jer bi promatrač zaklonio dio svjetlosti kada bi promatrao, ali kod njegovog reflektora od 20-stopa je bilo moguće. Time je povećao svjetlinu objekata koje je promatrao. Nakon što je uspio povećati svjetlinu objekata odlučio je ponovno promatrati područje oko svog planeta ne bi li pronašao Uranove mjesece. 1788. godine uspio je pronaći dva Uranova mjeseca i vrijeme potrebno da okruže oko Urana. Williamu to nije bilo dovoljno. Budući da je Jupiter imao 4 mjeseca, a Saturn 7, smatrao je da i Uran mora imati više. Zbog toga je uložio puno vremena u potragu za Uranovim mjesecima. Do 1797. godine William je tvrdio da je pronašao još 4 Uranova mjeseca. Danas je poznato da Uran ima brojne mjesece koji su otkriveni svemirskom letjelicom *Voyager 2*, ali se niti jedan ne poklapa s Williamovim otkrićem posljednja četiri Uranova mjeseca. [2]

Otkrićem Urana William je postigao nešto što nitko do tada nije. U ljeto 1781. godine osim što su matematičari utvrdili da je novootkriveni objekt planet, otkrili su da Uran kruži oko Sunca daleko iza Saturn. To je pokazalo da je Sunčev sustav veći nego što se do tada smatralo. Time je William

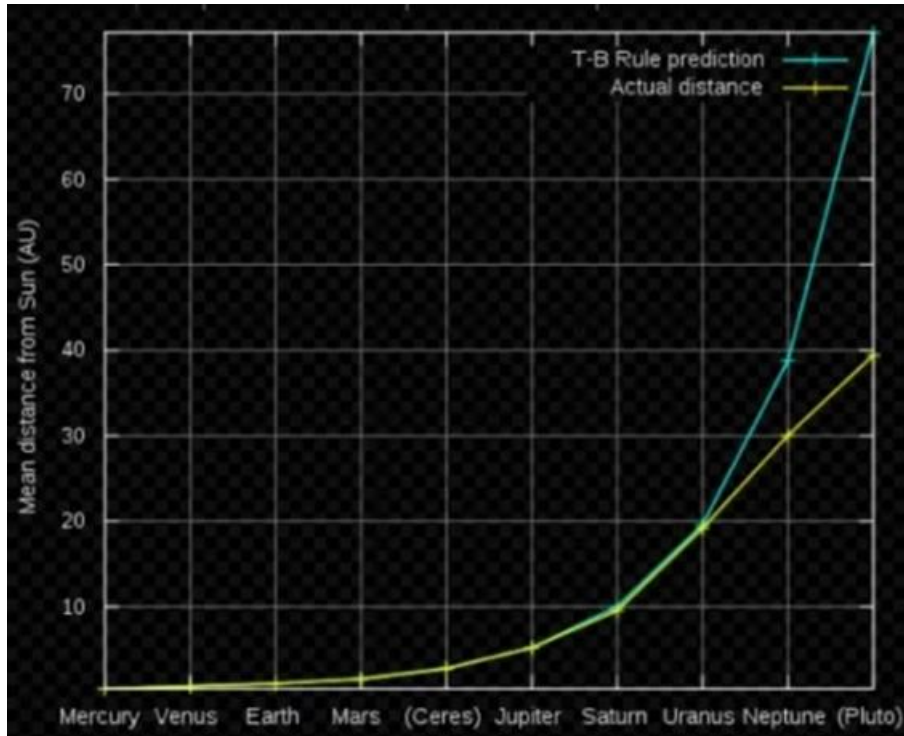
postao prva osoba u povijesti koja je otkrila planet i udvostručila veličinu Sunčevog sustava. Osim toga otkriće Urana je dalo novu vjerodostojnost za Bodeov zakon. U to vrijeme je matematičare mučila praznina između Marsa i Saturna. Prema Bodeovom zakonu o udaljenostima planeta od Sunca, između Marsa i Saturna bi se trebao nalaziti još jedan planet koji bi odgovarao broju 28. Nakon što su matematičari zaključili da se Uran nalazi iza Saturna bilo je jasno da Uran nije planet koji bi odgovarao broju 28, ali je Uran odgovarao broju 196 koji također dio niza udaljenosti od Sunca prema Bodeovom zakonu. [2]

Bodeov zakon iskazuje se formulom $a = 4 + x$, gdje a predstavlja veliku poluos elipse dok je $x = 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, \dots$ Kako bismo izračunali udaljenost planeta od Sunca uzmemo niz cijelih brojeva u kojem je svaki broj dvostruko veći od svog prethodnika, zatim svakom broju dodamo 4 i dobijemo konačni niz koji opisuje udaljenost svakog planeta od Sunca. Dijeljenjem izračunate udaljenosti s 10 dobijemo udaljenost u astronomskim jedinicama¹. [13]

Planet	k	Bodeov zakon udaljenosti	Stvarna udaljenost	% pogreška(koristeći stvarnu udaljenost kao prihvatljivu vrijednost)
Merkur	0	0,4	0,39	2,56%
Venera	1	0,7	0,72	2,78%
Zemlja	2	1,0	1,00	0,00%
Mars	4	1,6	1,52	5,26%
Cerera	8	2,8	2,77	1,08%
Jupiter	16	5,2	5,20	0,00%
Saturn	32	10,0	9,54	4,82%
Uran	64	19,6	19,2	2,08%
Neptun	128	38,8	30,06	29,08%
Pluton	256	77,2	39,44	95,75%

Tablica 4.1. Prikaz odstupanja udaljenosti izračunate prema Bodeovom zakonu i stvarne udaljenosti planeta od Sunca [13]

¹ Astronomska jedinica je jednaka prosječnoj udaljenosti Zemlje od Sunca, 149 597 870,7 km



Slika 4.14. Prikaz odstupanja stvarne udaljenosti planeta od Sunca od udaljenosti izračunate prema Bodeovom zakonu [13]

5. KATALOZI

Dok je William opažao zvijezde, koje su sjajnije od maglica, nije imao problema s adaptacijom oka na mrak. Opažanjem maglica nailazio je na taj problem koji mu je oduzimao vrijeme. Kako bi spriječio gubitak vremena zaposlio je svoju sestru Caroline kao zapisničara njegovih opažanja.

5.1. Prva verzija

Prva verzija kataloga je sadržavala tisuću novih maglica i skupina zvijezda. Objavljena je 27. travnja 1786. godine pod nazivom *Catalogue of One Thousand New Nebulae and Clusters of Stars* u *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. Kao pomoć kod opažanja već poznatih objekata koristili su *British Catalogue*. Autor tog kataloga je John Flamsteed, engleski astronom koji je prvi postao kraljevski astronom. Ovaj katalog je bio organiziran po sazviježđima što je Caroline zadavalo problem prilikom vođenja zabilježki. Ona je katalog organizirala u zone od pet stupnjeva sjeverne polarne udaljenosti kako bi mogla lakše navoditi Williama na sljedeću zvijezdu koju bi promatrao. [2], [3]

From 0. to 5 Degrees.				From 5. to 10 Degrees.				From 10. to 15 Degrees.				From 15. to 20 Degrees.							
0	33	40	2 21	161	33	23	35 3	17	18	12	7 33	18	19	12	7 33	19	20	12	7 33
1	38	39	3 27	159	33	23	30 6	20	21	12	7 33	21	22	12	7 33	22	23	12	7 33
2	42	38	3 55	158	33	23	30 3	23	24	12	7 33	24	25	12	7 33	25	26	12	7 33
3	46	37	4 24	157	33	23	30 6	26	27	12	7 33	27	28	12	7 33	28	29	12	7 33
4	50	36	4 53	156	33	23	30 6	29	30	12	7 33	30	31	12	7 33	31	32	12	7 33
5	54	35	5 22	155	33	23	30 6	32	33	12	7 33	33	34	12	7 33	34	35	12	7 33
6	58	34	5 51	154	33	23	30 6	35	36	12	7 33	36	37	12	7 33	37	38	12	7 33
7	62	33	6 20	153	33	23	30 6	38	39	12	7 33	39	40	12	7 33	40	41	12	7 33
8	66	32	6 49	152	33	23	30 6	41	42	12	7 33	42	43	12	7 33	43	44	12	7 33
9	70	31	7 18	151	33	23	30 6	44	45	12	7 33	45	46	12	7 33	46	47	12	7 33
10	74	30	7 47	150	33	23	30 6	47	48	12	7 33	48	49	12	7 33	49	50	12	7 33
11	78	29	8 16	149	33	23	30 6	50	51	12	7 33	51	52	12	7 33	52	53	12	7 33
12	82	28	8 45	148	33	23	30 6	53	54	12	7 33	54	55	12	7 33	55	56	12	7 33
13	86	27	9 14	147	33	23	30 6	56	57	12	7 33	57	58	12	7 33	58	59	12	7 33
14	90	26	9 43	146	33	23	30 6	59	60	12	7 33	60	61	12	7 33	61	62	12	7 33
15	94	25	10 12	145	33	23	30 6	62	63	12	7 33	63	64	12	7 33	64	65	12	7 33
16	98	24	10 41	144	33	23	30 6	65	66	12	7 33	66	67	12	7 33	67	68	12	7 33
17	102	23	11 10	143	33	23	30 6	68	69	12	7 33	69	70	12	7 33	70	71	12	7 33
18	106	22	11 39	142	33	23	30 6	71	72	12	7 33	72	73	12	7 33	73	74	12	7 33
19	110	21	12 08	141	33	23	30 6	74	75	12	7 33	75	76	12	7 33	76	77	12	7 33
20	114	20	12 37	140	33	23	30 6	77	78	12	7 33	78	79	12	7 33	79	80	12	7 33
21	118	19	13 06	139	33	23	30 6	80	81	12	7 33	81	82	12	7 33	82	83	12	7 33
22	122	18	13 35	138	33	23	30 6	83	84	12	7 33	84	85	12	7 33	85	86	12	7 33
23	126	17	14 04	137	33	23	30 6	86	87	12	7 33	87	88	12	7 33	88	89	12	7 33
24	130	16	14 33	136	33	23	30 6	89	90	12	7 33	90	91	12	7 33	91	92	12	7 33
25	134	15	15 02	135	33	23	30 6	92	93	12	7 33	93	94	12	7 33	94	95	12	7 33
26	138	14	15 31	134	33	23	30 6	95	96	12	7 33	96	97	12	7 33	97	98	12	7 33
27	142	13	16 00	133	33	23	30 6	98	99	12	7 33	99	100	12	7 33				

Slika 5.1. Prikaz organizacije kataloga u zone od pet stupnjeva sjeverne polarne udaljenosti [2]

U katalogu od 1000 objekata nalaze se i tri maglice koje je Caroline otkrila. Te maglice su u posljednjem stupcu, predviđenom za kratke bilješke, označene s „C.H.“ . [14]

new Nebulae and Clusters of Stars. 493

IV.	1784	Stars.	M. S.	D.M.	Ob.	Description.
18	Oct. 6	14 Androm.	p	6 11	n 3 16	4 B. R. a planetary p. well defined disk. 15'' dia' with a 7 feet reflector.
19		165 Monoc.	p	7 6	f o 10	1 A fl. of the 9 magnitude, with m. chev. i elliptical.
20		— — —	p	3 42	n o 3	1 A fl. of the 11 or 12 mag. affected like the foregoing, but vF.
21	Nov. 20	12 Leporis	p	8 48	n o 24	1 vS. flellar. vBN. and vF. chev. not quite central.
22	Dec. 9	7 (ξ) Navis	f	3 10	f i 28	2 L. pB. R. cr. 6 or 7' d. a faint red colour visible. A fl. 8 mag. not far from the center, but not connected. 2d ob. 9 or 10' d.
1785						
23	Jan. 6	75 Ceti	p	4 40	f o 6	1 cB. a vBN. with a chev. of 3 or 4' d.
24		50 (γ) Orio	f	0 57	f o 17	1 A Bfl. with m. chev. 5' l. 4' b.
25		31 19 Navis	p	67	o n t 15	1 A pfl. with vF. and vS. m. chev. iF.
26	Feb. 1	34 (γ) Erid	f	16 16	n o 49	2 vB. perfectly R. or vl. elliptical. planetary but ill defined disk. 2d obf. r. on the borders, and is probably a very compressed cluster of stars at an immense distance.
27		76 (3δ) Crater	p	28 39	n i 25	2 Beautiful, brilliant, planetary disk ill defined, but uniformly B. the light of the colour of Jupiter. 40'' d. 2d obf. near 1' d. by estimation.
28		31 Crateris	f	1 0	n o 47	1 pB. L. opening with a branch, or two nebulae very faintly joined. The f. is smallest.
29		84 (α) Crateris	f	3 36	n o 16	1 A Sfl. with an cF. brush p. perceived in gaging. ver. 240.

Fifth class. Very large nebulae.

V.	1783	Stars.	M. S.	D.M.	Ob.	Description.
1	Oct. 30	18 (γ) Pif. aud.	f	128 17	n i 39	6 cB. mE. fp nf. mbM. Above 50'l. and 7 or 8' b. C. H. See note.
2	Jan. 24	10 (r) Virgin	f	24 46	n o 17	4 cB. mE. np ff. mbM. cr. 9 or 10' l with a branch towards the np. V.

s f f 2

Slika 5.2. Prikaz dijela kataloga u kojem se vidi maglica koju je Caroline otkrila, označena je s C.H. u posljednjem stupcu [14]

5.2. Druga verzija

Druga verzija kataloga je objavljena 11. lipnja 1789. godine pod nazivom *Catalogue of a Second Thousand of New Nebulae and Clusters of Stars*. U vrijeme sastavljanja novog kataloga Caroline je pronašla svoja prva dva kometa. [15]

5.3. Treća verzija

Nakon drugog izdanog kataloga, William i Caroline su sporo napredovali jer se Caroline odlučila preseliti. Prije nego li se Caroline preselila 1797. godine imali su ukupno 428 maglica, ali su htjeli imati njih 500 prije nego objave katalog. Skupljanje preostalih je trajalo nekoliko godina. U cijeloj

1799. godini su promatrali samo četiri noći, a u 1800. samo jednu noć. Svih 500 maglica su skupili 29. lipnja 1802. godine. Katalog je objavljen 1. srpnja 1802. godine pod nazivom *Catalogue of 500 New Nebulae, Nebulous Stars, Planetary Nebulae, and Clusters of Stars*. Nešto više od mjesec dana od kada je katalog objavljen, William je provjeravao katalog i primijetio da ima 497 maglica umjesto 500. U katalog je naknadno dodano 13 novih maglica. [16]

5.4. Konačna verzija

Nakon Williamove smrti njegov sin John i njegova sestra Caroline pronašli su list na kojem je pisalo „Posao koji treba obaviti“. To se činilo kao da je William ostavio upute kako bi John dovršio posao koji je on započeo. Jedan od zadataka mu je bio provjeriti i revidirati katalog od 2,500 maglica i klastera. Williamov katalog nije bio dobro organiziran jer položaj svakog objekta nije bio dan u koordinatama što je bilo teško za druge promatrače. Kako bi dovršio i revidirao kataloge maglica, morao je zvijezde podijeliti po zonama i po maglicama.

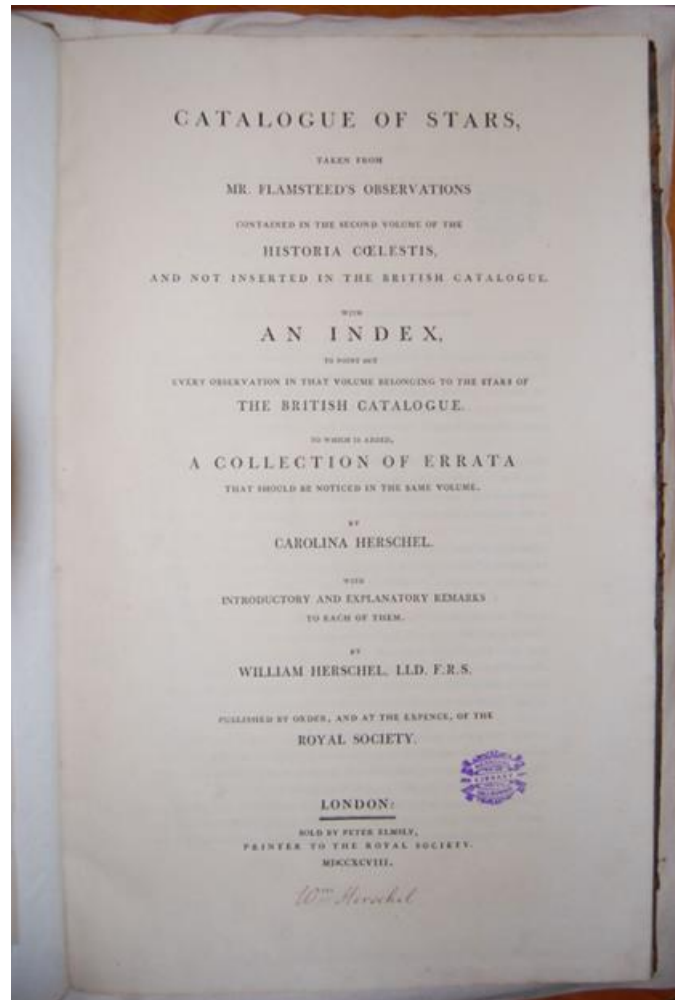
Taj dio posla je odlučila obaviti Caroline te joj je za podjelu po zonama i po maglicama trebalo više od godinu dana. Katalog je završila 1825. godine. Kao žena nije imala pravo postati članica *Astronomical Society of London*, ali je 1828. godine dobila *Gold Medal* tog društva za revidiranje njenih i Williamovih kataloga.

Završeni katalog je objavljen 1833. godine u kojem se nalazilo 2307 maglica i klastera od kojih je 525 bilo Johnovih. Trideset godina kasnije John je skupio sve do tada poznate maglice svih promatrača i objavio ih u katalogu pod nazivom *General Catalogue*. Katalog je revidirao John Louis Emil Dreyer krajem tog stoljeća i nazvano ga *New General Catalogue*. Taj katalog astronomi koriste i danas. [3], [2]

5.5. British Catalogue

Kada se William počeo profesionalno baviti astronomijom svoje pronalasci je provjeravao u katalogu Johna Flamsteeda. Nekoliko puta je došlo do razlika u magnitudama zvijezda koje je William smatrao točnim i onima u katalogu. U jesen 1795. godine je odlučio da Caroline revidira

British Catalogue. Za revidiranje tog kataloga joj je trebalo 20 mjeseci. Pronašla je nekoliko stotina pogrešaka i identificirala još 500 zvijezda koje je Flamsteed izostavio. Katalog bi zapravo trebao imati 3500 zvijezda, a ne 3000. Ovom revizijom je vraćena pouzdanost *British Cataloguea*. Na Maskelyneov poticaj *Royal Society* je odlučilo objaviti katalog o vlastitom trošku. [3]



Slika 5.3. Williamova kopija Carolinina Kataloga zvijezda; revizija *British Cataloguea* [3]

6. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu predstavljena su pionirska otkrića Caroline Herschel u području astronomije za koja joj je bio potreban teleskop, Newtonov reflektor. Taj teleskop načinio je njezin brat astronom William Herschel s kojim je često surađivala. Nakon kratkog životopisa Caroline Herschel detaljno je opisan Newtonov reflektor. Potom su navedena glavna otkrića Caroline Herschel tim teleskopom, a to su maglice i kometi. Opisano je i otkriće planeta Urana njezinog brata William Herschela koje je udvostručilo do tada poznatu veličinu Sunčevog sustava. Nakon toga opisani su katalozi u svim njihovim verzijama koje je sastavila Caroline. U vremenu u kojem je bilo gotovo nemoguće da se žena obrazuje i bavi znanošću Caroline Herschel je koristeći teleskop, Newtonov reflektor, načinila svoja pionirska otkrića koja su obilježila sami početak moderne astronomije.

POPIS LITERATURE

- [1] Britannica, »Caroline Herschel,« 2019. [Mrežno]. Available: <https://www.britannica.com/biography/Caroline-Lucretia-Herschel>. [Pokušaj pristupa 6. lipanj 2023].
- [2] M. Hoskin, Discoverers of the Universe: William and Caroline Herschel, Princeton University Pres, 2011.
- [3] M. Hoskin, William and Caroline Herschel: Pioneers in Late 18th-Century Astronomy, SpringerBriefs in Astronomy, 2014.
- [4] »Herschel Medal,« [Mrežno]. Available: <https://ras.ac.uk/awards-and-grants/awards/herschel-medal>. [Pokušaj pristupa 5. lipanj 2023].
- [5] M. D.Lemonick, The Georgian star: How William and Caroline Herschel Revolutionized Our Understanding of the Cosmos, W. W. Norton & Company, 2009..
- [6] Brittanica, »Reflecting telescopes,« [Mrežno]. Available: <https://www.britannica.com/science/optical-telescope/Reflecting-telescopes>. [Pokušaj pristupa 6. lipanj 2023].
- [7] D. W. Hughes, »Caroline Lucretia Herschel - comet huntress,« ožujak 1998. [Mrežno]. Available: http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-article_query?1999JBAA..109...78H&data_type=PDF_HIGH&whole_paper=YES&type=PRINTER&filetype=.pdf. [Pokušaj pristupa 13. lipanj 2023].
- [8] NASA, »Caldwell 58,« 19. kolovoz 2020. [Mrežno]. Available: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/caldwell-58>. [Pokušaj pristupa 3. lipanj 2023].
- [9] J. Houston Jones, »Caroline Herschel Objects,« studeni 2020. [Mrežno]. Available: <https://sites.google.com/site/aancsite/articles/houstonjones/carolineherschel>. [Pokušaj pristupa 4. lipanj 2023].
- [10] »Messier 52 and NGC 7789: Observe a great pair of open cluster's in Cassiopeia,« 24. listopad 2022. [Mrežno]. Available: <https://astronomynow.com/2022/10/24/messier-52-and-ngc-7789-observe-a-great-pair-of-open-clusters-in-cassiopeia/>. [Pokušaj pristupa 7. lipanj 2023].
- [11] NASA, »Caldwell 65,« 18. prosinac 2019. [Mrežno]. Available: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/caldwell-65>. [Pokušaj pristupa 3. lipanj 2023].
- [12] Britannica, »Newton's law of gravity,« [Mrežno]. Available: <https://www.britannica.com/science/gravity-physics/Newtons-law-of-gravity>. [Pokušaj pristupa 4. lipanj 2023].

- [13] A. Berezin, »Titijs-Bodeov zakon i difrakcija gravitacionih valova,« 2020. [Mrežno]. Available: <https://liveps.ru/bs/zakon-ticiusa-bode-i-difrakciya-gravitacionnyh-voln-pravilo-ticiusa-bode/>. [Pokušaj pristupa 6. lipanj 2023].
- [14] W. Herschel, Catalogue of One Thousand New Nebulae and Clusters of Stars, Philosophical Transactions of the Royal society of London, 1786.
- [15] W. Herschel, Catalogue of a Second Thousand of New Nebulae and Clusters of Stars, Philosophical Transactions of the Royal society of London, 1789.
- [16] W. Herschel, Catalogue of 500 New Nebulae, Nebulous Stars, Planetary Nebulae, and Clusters of Stars; With Remarks on the Construction of the Heavens, Philosophical Transactions of the Royal society of London, 1802.
- [17] »Caroline's Cluster/NGC 2360 Open Cluster in Canis Major,« 26 ožujak 2019. [Mrežno]. Available: <https://www.astrobin.com/397512/?q=>. [Pokušaj pristupa 4 lipanj 2023].
- [18] Science photo library, 2023. [Mrežno]. Available: <https://www.sciencephoto.com/media/662894/view/caroline-herschel-comet-discovery-1790>. [Pokušaj pristupa 6. lipanj 2023].
- [19] M. Šupak, »Teleskopi,« 2012. [Mrežno]. Available: http://gim.gimpoz.hr/repos/files/137716252418_teleskopi.pdf. [Pokušaj pristupa 5. lipanj 2023].

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Portret Caroline Herschel [1]	4
Slika 2.2. Prikaz plakata koji poziva na izvedbu Händelovog oratorija Mesija u Bathu 15. travnja 1778. godine [2]	5
Slika 2.3. Grob Caroline Herschel u Gartenkirchofu u Hannoveru [3].....	6
Slika 2.4. Medalja Herschel [4]	7
Slika 3.1. Newtonov reflektor koji je sagradio William Herschel 1776. godine [2]	8
Slika 3.2. Prikaz prolaska svjetlosti kroz Newtonov reflektor [18]	9
Tablica 4.1. Prikaz odstupanja udaljenosti izračunate prema Bodeovom zakonu i stvarne udaljenosti planeta od Sunca [13].....	21
Slika 4.1. Slika A prikazuje prvi Newtonov reflektor koji se Caroline Herschel koristila, dok slika B prikazuje drugi Newtonov reflektor koji je William Herschel izradio za nju [7].....	10
Slika 4.2. Razlika između dva Newtonova reflektora kojima se Caroline služila [7].....	10
Slika 4.3. NGC 2360 ili Caroline's Cluster; autor slike je Gary Imm, snimljeno je kamerom ZWO ASI1600MM COOL, 29.1.2018. [17]	11
Slika 4.4. NGC 7789 ili Caroline's Rose; autor slike je Gary Imm, snimljeno je kamerom ZWO ASI6200MM Pro, 3.11.2020. [17].....	12
Slika 4.5. NGC 253; autor slike je Gary Imm, snimljeno je kamerom ZWO ASI6200MM Pro, 22.8.2020. [17]	12
Slika 4.6. Prikaz otkrivenih kometa po desetljeću svakog od četiri navedena astronoma [7]	13
Slika 4.7. Prvi komet Caroline Herschel [19]	14
Slika 4.8. Treći komet Caroline Herschel [19].....	15
Slika 4.9. Četvrti komet Caroline Herschel [19].....	16
Slika 4.10. Enckeov komet; autor slike je Fritz Helmut Hemmerich, 20.2.2017. [17]	16
Slika 4.11. Bilješke Caroline Herschel kada je otkrila svoj osmi komet [19].....	17
Slika 4.12. Prikaz kometa u pismu Williama Herschela Charlesu Blagednu u kojem je opisao položaj novog kometa kojeg je otkrila njegova sestra Caroline Herschel [19]	18
Slika 4.13. 7-stopni teleskop Williama Herschela [2]	19
Slika 4.14. Prikaz odstupanja stvarne udaljenosti planeta od Sunca od udaljenosti izračunate prema Bodeovom zakonu [13]	22
Slika 5.1. Prikaz organizacije kataloga u zone od pet stupnjeva sjeverne polarne udaljenosti [2]	23
Slika 5.2. Prikaz dijela kataloga u kojem se vidi maglica koju je Caroline otkrila, označena je s C.H. u posljednjem stupcu [15].....	24
Slika 5.3. Williamova kopija Carolinina Kataloga zvijezda; revizija British Cataloguea [3]	26

SAŽETAK

U ovom završnom radu predstavljena su pionirska astronomska otkrića Caroline Herschel. Dan je kratak životopis Caroline Herschel te su opisana njezina otkrića maglica i kometa. Također je opisano otkriće planeta Urana njezinog brata Williama Herschela s kojim je radila. Detaljno je opisan teleskop, Newtonov reflektor, kojim je došla do svojih otkrića. Opisane su sve verzije kataloga koje su objavili Caroline i William Herschel kao i revizija *British Cataloguea*.

Ključne riječi: Caroline Herschel, kometi, maglice, Newtonov reflektor

In this final paper, the pioneering astronomical discoveries of Caroline Herschel are presented. A short biography of Caroline Herschel is given and all her major discoveries of comets and nebulae are described. The discovery of the planet Uranus by her brother William Herschel with whom she worked is also described. The Newtonian reflector employed for her discoveries is described in detail. All catalogs and catalog versions published by Caroline and William Herschel are described and well as revision of the British Catalogue.

Keywords: Caroline Herschel, comets, nebulae, Newtonian reflector

ŽIVOTOPIS

Elena Lucić rođena je 17.9.2001. godine u Vinkovcima. Osnovnu školu je završila u Gunji. Poslije završene osnovne škole upisuje III. gimnaziju u Osijeku. Nakon srednje škole, upisuje preddiplomski studij računarstva na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku. Na upisanom studiju izabire blok Programsko inženjerstvo.