



**OSNOVNA ŠOLA IVANJKOVCI**

# **NOČNO NEBO NA DLANI**

**Fizika in astronomija**

**Raziskovalna naloga**

Avtor: Niko Rakuša

Mentorica: Tanja Zelenik

Somentor: Simon Hebar

**Ivanjkovci, 2024**

## **ZAHVALA**

Zahvalil bi se rad mentorici in somentorju, ki sta me pri raziskovalni nalogi vodila in svetovala ter lektorici, ki je nalogo pregledala in obdelala. Prav tako bi se rad zahvalil svojim staršem za podporo in pomoč. Zahvaljujem se tudi OŠ Ivanjkovci in ravnateljici za fokuser, ki smo ga natisnili s 3D tiskalnikom.

## KAZALO VSEBINE

KAZALO VSEBINE .....	3
KAZALO SLIK.....	4
KAZALO TABEL .....	5
POVZETEK .....	6
1 UVOD .....	7
1.1 Opredelitev problema .....	7
1.2 Hipoteze .....	7
2 TEORETIČNI DEL.....	8
2.1 Zgodovina teleskopa.....	8
2.2 Vrste teleskopov.....	10
2.2.1 Refraktorski teleskopi.....	10
2.2.2 Reflektorski teleskopi .....	11
2.2.3 Katadioptrični teleskopi.....	12
3 RAZISKOVALNI DEL .....	13
3.1 Izdelava teleskopa .....	13
3.1.1 Izdelava cevi teleskopa (tubus) .....	13
3.1.2 Izdelava nosilca za majhno ogledalo (spider).....	14
3.1.3 Izdelava nosilca za veliko ogledalo .....	15
3.1.4 Izdelava fokuserja.....	16
3.1.5 Izdelava stojala .....	17
3.1.6 Sestavljanje teleskopa .....	18
3.1.7 Kolimacija teleskopa.....	21
3.1.8 Izbira okularjev .....	22
3.2 Opazovanje.....	22
4 REZULTATI.....	26
4.1 Rezultati izdelave.....	26
4.2 Sposobnosti teleskopa.....	27
4.2.1 Luna .....	27
4.2.2 Jupiter .....	28
5 ZAKLJUČEK.....	30
6 VIRI IN LITERATURA .....	31

## KAZALO SLIK

Slika 1: Galilejo Galilej pri opazovanju vesolja .....	8
Slika 2: Hubblov teleskop .....	9
Slika 3: Teleskop James Webb.....	10
Slika 4: Refraktorski teleskop .....	11
Slika 5: Reflektorski teleskop.....	11
Slika 6: Katadioptrični teleskop .....	12
Slika 7: Sestava roletnih lamel.....	13
Slika 8: Izrezovanje krogov za utrditev cevi teleskopa .....	14
Slika 9: Dokončevanje in brušenje izrezanih krogov .....	14
Slika 10: Sestavni deli nosilca malega ogledala .....	15
Slika 11: Sestavljen nosilec malega ogledala.....	15
Slika 12: Sestavni deli nosilca velikega ogledala.....	16
Slika 13: Sestavljen nosilec velikega ogledala .....	16
Slika 14: Tiskanje fokuserja s 3d tiskalnikom.....	17
Slika 15: Sestavljen fokuser .....	17
Slika 16: Delno izdelano stojalo.....	18
Slika 17: Dokončano stojalo .....	18
Slika 18: Sestava in vrtanje odprtine za fokuser.....	19
Slika 19: Montaža malega ogledala v cev teleskopa .....	19
Slika 20: Montaža velikega ogledala v cev teleskopa.....	20
Slika 21: Dokončno sestavljena cev teleskopa .....	21
Slika 22: Dokončno sestavljen teleskop, pripravljen za opazovanje .....	21
Slika 23: Kolimacija teleskopa .....	22
Slika 24: Luna.....	23
Slika 25: Jupiter in njegove lune .....	23
Slika 26: Jupiter z delno vidnimi pasovi.....	24
Slika 27: Luna.....	24
Slika 28: Jupiter in njegovi pasovi - fotografija, posneta s telefonom, brez obdelave.....	25
Slika 29: Jupiter in njegovi pasovi - fotografija, ustvarjena z videoposnetka telefona in nekaj računalniške obdelave.....	25
Slika 30: Ponudba spletne trgovine primerljivega teleskopa .....	27
Slika 31: Luna z označenim kraterjem Copernicus .....	27
Slika 32: Luna z označenim kraterjem Copernicus .....	28
Slika 33: Jupiter in njegovi pasovi - fotografija, posneta s telefonom, brez obdelave.....	28

Slika 34: Jupiter in njegovi pasovi ter pega - fotografija, ustvarjena z videoposnetka telefona z delno računalniško obdelavo ..... 29

## **KAZALO TABEL**

Tabela 1: Porabljen material in cena..... 26

## **POVZETEK**

V nalogi je predstavljen postopek, kako doma izdelati teleskop, s katerim lahko opazujemo pojave in objekte v vesolju. Po raziskavi sem se odločil za izdelavo reflektorskega teleskopa, saj ga je najlažje izdelati. Oglledala in okularje smo kupili, fokuser natisnili s 3D tiskalnikom v šoli, ostalo pa poiskali doma. Cilj moje naloge je bil za čim nižjo ceno izdelati čim kvalitetnejši teleskop.

Uspešno sem izvedel opazovanje Lune in njenih kraterjev ter Jupitra, njegovih lun in pasov. Manj uspešen sem bil pri opazovanju Saturna, meglic, galaksij in kometa, kateri se trenutno nahaja v bližini Zemlje, delno zaradi slabih vremenskih razmer, delno zaradi neugodne lege določenih objektov.

S to nalogo sem dokazal, da lahko doma izdelamo teleskop z dokaj nizkimi stroški. Omogoča opazovanje nekaterih najbolj priljubljenih objektov vesolja in bi bil primeren za izdelavo in uporabo na kateri izmed osnovnih šol.

**Ključne besede:** teleskop, objekti v vesolju, opazovanje.

## **ABSTRACT**

In my project, I presented a procedure for making a telescope at home, which can be used to observe phenomena and objects in the universe. After research, I decided to make a reflector telescope, as it is the easiest to build. We bought the mirrors and eyepieces, printed the focuser with a 3D printer at school, and found the rest at home. The goal of my project was to make the highest quality telescope possible at the lowest cost.

I successfully observed the Moon and its craters, as well as Jupiter, its moons, and bands. I was less successful in observing Saturn, nebulae, galaxies, and a comet that is currently near Earth, partly due to poor weather conditions and partly due to the unfavorable positions of certain objects.

With this project, I demonstrated that it is possible to make a telescope at home with relatively low costs. It enables the observation of some of the most popular objects in the universe and would be suitable for construction and use in any elementary school.

**Key words:** telescope, objects in space, observation.

# 1 UVOD

V mesecu januarju in februarju 2023 je Zemljo preletel komet C/2022 E3 (ZTF) oziroma »Zeleni komet«. Po večkratnih poskusih opazovanja ga z našim teleskopom ( $d=76$  mm/  $f=700$  mm) nisem uspel videti. Ko sem izvedel, da se bo v letu 2024 Zemlji približal še en komet, tokrat komet 12P/Pons-Brooks, oziroma »Hudičev komet«, sem dobil idejo za svojo raziskovalno nalogo, in sicer da poskusim doma izdelati teleskop, s katerim bom lahko opazoval pojave v vesolju.

## 1.1 Opredelitev problema

Ker je splošno mnenje, da je astronomska oprema zelo draga, bo cilj moje naloge dokazati, da lahko doma izdelam teleskop z minimalnim finančnim vložkom in bom z njim lahko dovolj kakovostno opazoval lepote nočnega neba.

Najprej sem raziskal, kakšne vrste teleskopov poznamo in se odločil za izdelavo reflektorskega teleskopa na Dobsonovi montaži, saj je tega lažje izdelati kot refraktorskega. Odločil sem se, da ogledala in okularje kupim, fokuser bom natisnil s 3D tiskalnikom v šoli, ostalo pa poskusim poiskati doma.

V svoji raziskovalni nalogi bom natančno opisal postopek izdelave teleskopa in njegove končne sposobnosti. Skozi celotno raziskovalno nalogo bom sledil raziskovalnemu vprašanju: Kako najenostavneje in najceneje izdelati pripomoček za opazovanje vesolja in kako natančno lahko opazujem, oziroma katere podrobnosti lahko vidim?

## 1.2 Hipoteze

H1: Doma lahko naredim teleskop z manj kot 175,00 €.

H2: Z doma narejenim teleskopom lahko vidim Lunin krater Copernicus.

H3: Z doma narejenim teleskopom lahko vidim Jupitrovo pego in pasove.

H4: Z doma narejenim teleskopom lahko vidim Andromedino galaksijo.

H5: Z doma narejenim teleskopom lahko vidim Orionovo meglico.

H6: Z doma narejenim teleskopom lahko vidim komet 12P/Pons-Brooks.

H7: Z doma narejenim teleskopom lahko vidim Cassinijevo ločnico med Saturnovimi obroči.

## 2 TEORETIČNI DEL

### 2.1 Zgodovina teleskopa

Prvi izumitelj teleskopa je bil nizozemski izdelovalec očal Hans Lippershey, ki ga je izumil leta 1608. Po zgodbi so se otroci igrali z lečami, in ko so pogledali skozi dve skupaj, je cerkev v daljavi izgledala večja in slika je bila ostrejša. Ko je to sam preizkusil, je ugotovil, da res deluje. Med eno konveksno in eno konkavno lečo je postavil tubo, in s tem naredil prvi teleskop. Naslednje leto je teleskop izboljšal Galilejo Galilej in je bil tudi prvi, ki ga je uporabil v astronomiji. Leta 1611 ga je Johannes Kepler še izboljšal, in sicer je namesto konkavnega okularja uporabil konveksnega. Od takrat so drugi astronomi kot Christiaan Huygens izdelovali še močnejše podobne teleskope.



Slika 1: Galilejo Galilej pri opazovanju vesolja. Pridobljeno 17. februar 2024 s <https://svemir.files.wordpress.com/2020/02/galileo.jpg?w=800>

Prvi, ki se je začel ukvarjati z izdelavo reflektorskega teleskopa, je bil Isaac Newton, ki ga je izdelal leta 1668. Leta 1672 je Laurent Cassegrain opisal, kako bi lahko izboljšali teleskop, tako da spremeni sekundarno ogledalo v konveksno in ga postavi vzporedno s primarnim, konkavnim zrcalom, da se žarek odbije od primarnega, v sekundarno ogledalo in od sekundarnega skozi luknjo na sredini primarnega ogledala v naše oko.

Leta 1733 je Chester Moore Hall izdelal akromatsko lečo, ki je zmanjšala barvne aberacije, torej je manj razpršila barve. Izuma ni objavil, ampak je zanj izvedel John Dollond, ki ga je začel uporabljati v svojih teleskopih.

Ritchey Chretien je okoli leta 1910 izumil novo različico Cassegrainovega reflektorja, ki je bila uporabljena v mnogih modernih teleskopih, kot je Hubblov teleskop.

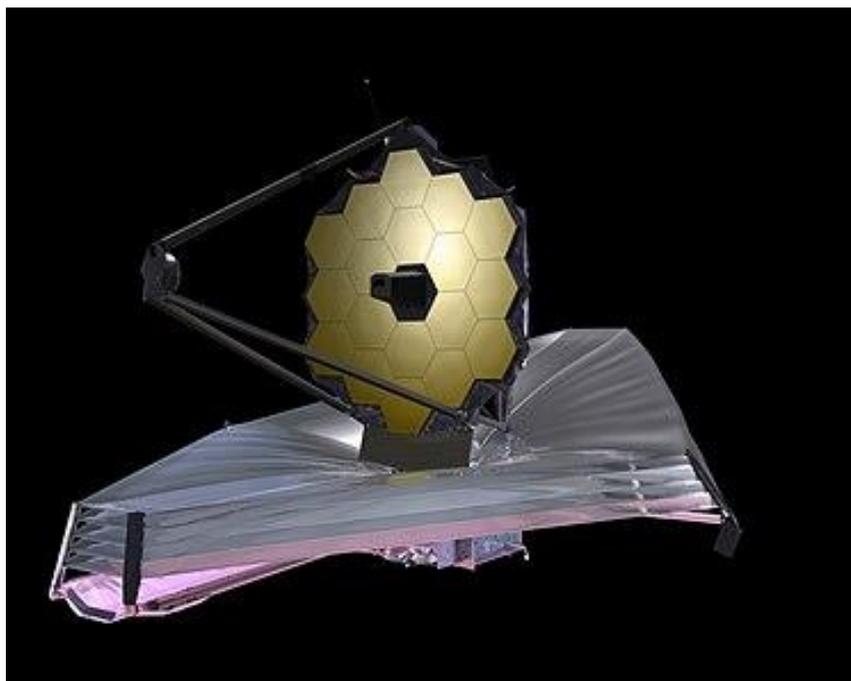
Med leti 1850 in 1900 so imeli reflektorji težave zaradi kovinskih ogledal. Zato je bila večina velikih teleskopov refraktorjev. Tisto obdobje je bilo zaradi tega vrhunec refraktorjev. Po letu 1900 so namesto kovinskih ogledal v reflektorjih začeli uporabljati steklena ogledala. Po tem so bili skoraj vsi večji raziskovalni teleskopi reflektorji. Kasneje so začeli uporabljati metodo interferometrije, s katero optično združijo svetlobo več teleskopov. To omogoča mnogo večjo ločljivost, kot jo dosežemo z enim teleskopom. Eden takih gigantskih teleskopov se nahaja v južnem Čilu na gori Paranal.

Hubbllov teleskop, imenovan po astronomu Edwinu Hubblu, odkritelju širjenja vesolja, ki so ga iz Združenih Držav Amerike poslali v zemeljsko orbito v letu 1990, je najpomembnejši teleskop, saj je na Zemljo poslal že več tisoč neverjetnih fotografij. Je tudi edini teleskop, ki so ga servisirali v vesolju. S premerom primarnega ogledala 2,4 m ne sodi med ogromne teleskope, ampak ker je izven ozračja, ga ne more motiti megla ali turbulence, ki bi popačile sliko. Sprejema lahko tudi infrardeče in ultravijolične žarke, ki jih teleskopi na Zemlji ne morejo, saj se odbijejo od ozračja.



Slika 2: Hubbllov teleskop. Pridobljeno 17. februar 2024 s [https://www.google.si/search?sca\\_esv=ba63e9e5b9d099c8&sxsr=ACQVn09QJz33hZ-Tty-wZjrJGOKfR7peKw:1709318888807&q=hubbllov+teleskop&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEWjghrOJ3dOEAxXUwQIHYYIMAbsQ0pQJegQIDBAB#img=rc=GUXBae9oRnNwNM](https://www.google.si/search?sca_esv=ba63e9e5b9d099c8&sxsr=ACQVn09QJz33hZ-Tty-wZjrJGOKfR7peKw:1709318888807&q=hubbllov+teleskop&tbm=isch&source=lnms&sa=X&ved=2ahUKEWjghrOJ3dOEAxXUwQIHYYIMAbsQ0pQJegQIDBAB#img=rc=GUXBae9oRnNwNM)

Še en pomemben teleskop je James Webb Space Telescope, katerega izstrelitev iz Francije v vesolje, ki sem jo na spletu tudi spremljal, je bila 25. 12. 2021. Do svoje končne lokacije je potoval 30 dni, saj je od Zemlje oddaljen 1,5 milijona kilometrov, kar je skoraj štirikrat dlje od Lune. Je največji, najzmogljivejši in najbolj zakompliciran vesoljski teleskop, ki so ga na vzlet pripravljali skoraj 30 let. S premerom objektiva 6,5 m in goriščno razdaljo 1,314 m lahko fotografira do 13,6 milijard svetlobnih let oddaljene objekte. Za delovanje mora ohranjati manjšo temperaturo kot  $-223,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , zato potrebuje zaščito pred Soncem, kar mu zagotavlja tanka plast Kaptona E, velikosti 14,162 m x 21,197 m, in je bila ob izstrelitvi dvanajstkrat zložena kot origami.



Slika 3: Teleskop James Webb. Pridobljeno 17. februar 2024 s [https://sl.wikipedia.org/wiki/Vesoljski\\_teleskop\\_James\\_Webb](https://sl.wikipedia.org/wiki/Vesoljski_teleskop_James_Webb)

## 2.2 Vrste teleskopov

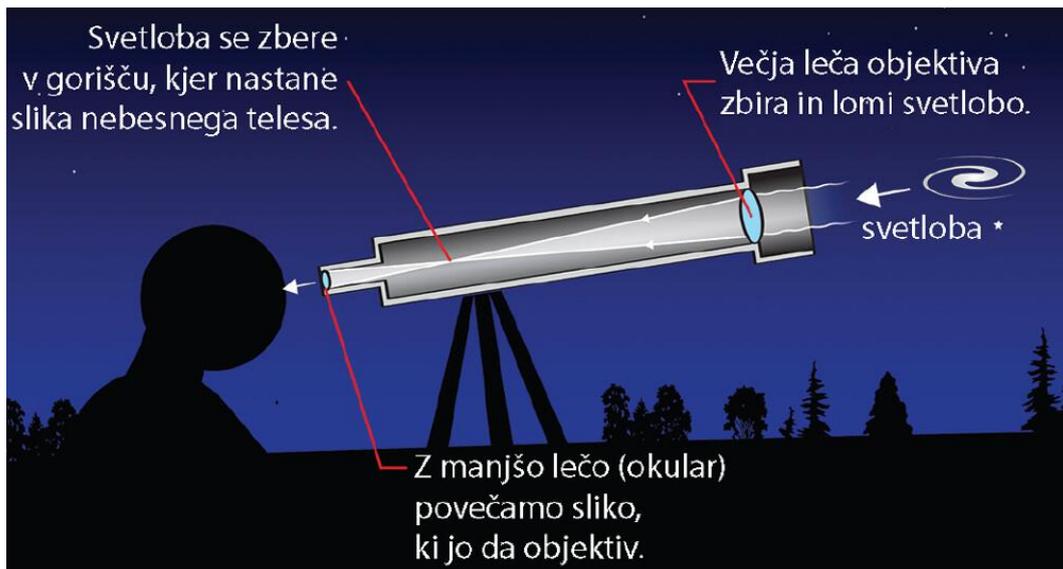
### 2.2.1 Refraktorski teleskopi

Refraktorski teleskop je bil prvi narejen teleskop in prvi uporabljen v astronomiji. Izumil ga je izdelovalec očal Hans Lippershey, Galileo Galilej pa je z njim prvi opazoval vesolje. Imajo nekaj prednosti pred reflektorji, kot na primer boljšo ostrino in kontrast, ampak so vseeno manj priljubljeni, ker jih je težje izdelati. Velik problem pri refraktorskih teleskopih je tudi kromatska aberacija. To se zgodi, ker se različne barve, skozi steklo, lomijo pod različnim kotom. Primer tega je na primer mavrica.

Navaden refraktor ima eno veliko, primarno, konveksno lečo in eno majhno, sekundarno, prav tako konveksno lečo.

Akromatski refraktor deluje enako kot navaden, le da je zraven primarne leče dodana še ena leča. Kot je že prej omenjeno, ta akromatska leča pomaga pri lomljenju svetlobe čim bližje.

Apokromatski refraktor je enak kot akromatski, ampak ima tri ali še več primarnih leč. To mu pomaga še zblížati gorišča svetlob različnih barv.



Slika 4: Refraktorski teleskop. Pridobljeno 18. februar 2024 s <https://astronomska-revija-spika.si/refraktor-ali-reflektor-kaksen-naj-bo-moj-prvi-teleskop-zacetniski-teleskop-3-del/>

### 2.2.2 Reflektorski teleskopi

Reflektorski teleskop, katerega sem se tudi sam odločil izdelati, je bolj priljubljen, saj ga je lažje izdelati. Tudi če pri izdelavi ni vse popolno, se na sliki to ne bo tako zelo opazilo.

Za delovanje uporablja objektiv oziroma primarno lečo, ki lomi svetlobo, sekundarno ogledalo, ki lomljeno svetlobo odbije proti našemu očesu, in okular, ki poveča sliko.



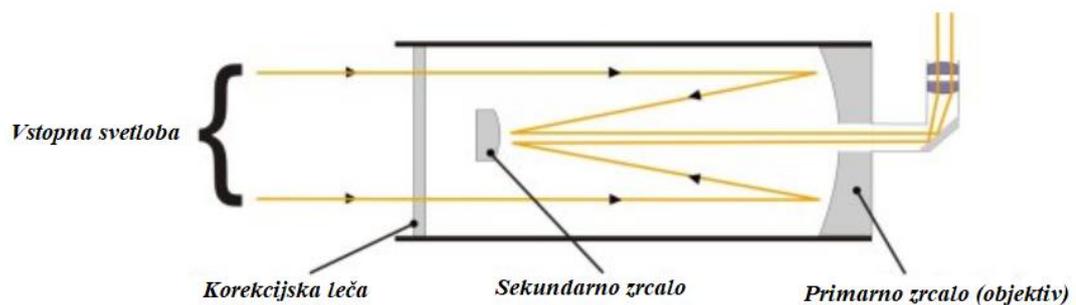
Slika 5: Reflektorski teleskop. Pridobljeno 18. februar 2024 s <https://astronomska-revija-spika.si/refraktor-ali-reflektor-kaksen-naj-bo-moj-prvi-teleskop-zacetniski-teleskop-3-del/>

### 2.2.3 Katadioptrični teleskopi

Katadioptrični teleskopi uporabljajo mešanico obeh drugih vrst teleskopov. Predvsem deluje kot Cassegrainov reflektor, torej svetloba potuje od primarnega do sekundarnega in potem skozi luknjo v primarnem v okular. Zraven tega ima pri vходу v cev stekleno lečo.

Ta leča se imenuje korekcijska leča in je uporabljena predvsem za zmanjšanje sferične aberacije. Po tem teleskop deluje kot reflektorski.

Velika prednost teh teleskopov je majhnost cevi, kar omogoča lažji transport. To se zgodi, ker je sekundarno ogledalo na mestu, kjer je pot od tega ogledala do okularja čim daljša. Zato lahko goriščna razdalja primarne leče ostane enaka, ampak se dolžina cevi vseeno skrajša. Velika prednost je tudi, da je teleskop, zaradi korekcijske leče, zaprt in se ne more zaprašiti.



Slika 6: Katadioptrični teleskop. Pridobljeno 18. februar 2024 s [https://www.optics-trade-static.eu/media/wysiwyg/catadioptric\\_schema.png](https://www.optics-trade-static.eu/media/wysiwyg/catadioptric_schema.png)

### 3 RAZISKOVALNI DEL

#### 3.1 Izdelava teleskopa

##### 3.1.1 Izdelava cevi teleskopa (tubus)

V času, ko sem dobil idejo za svojo raziskovalno nalogo, smo v spletni trgovini Skyoptikst DE našli super ponudbo za kvaliteten komplet ogledal ( $d = 203 \text{ mm}$ ,  $f/7,88$ ), ki je imel ceno 120,00 €. S temi podatki sem si lahko izračunal, kako dolga mora biti cev teleskopa.

$$f = d \times 7,88 = 1600 \text{ mm}$$

Če je goriščna razdalja 1600 mm in na vsaki strani dodam 10 cm, to pomeni, da je cev dolga 1800 mm in jo lahko po končani izdelavi skrajšam. Cev približno takega premera in dolžine bi bila veliko predraga in pretežka za samo ogrodje teleskopa. Našel sem primer, da bi začetek in konec teleskopa povezal s samo nekaj palicami, ampak sem to idejo zavrgel, ker bi se zato notranjost teleskopa hitro zaprašila in bleščanje bi lahko poslabšalo sliko. Pomislil sem tudi, da bi vrezal veliko dolgih, čim ožjih lesenih deščic in jih zalepil skupaj, da bi od spredaj in zadaj izgledalo kot n-kotnik. Tudi to idejo sem moral zavreči, saj bi bil teleskop, kot pri cevi, pretežak.

Ta ideja mi je vseeno pomagala, saj se mi je porodila podobna ideja, le da namesto lesenih deščic uporabim roletne lamele, ki smo jih imeli doma. Vendar pa niso bile dovolj dolge, zato so sestavljene iz dveh dolžin in zložene, kot je na sliki 7.

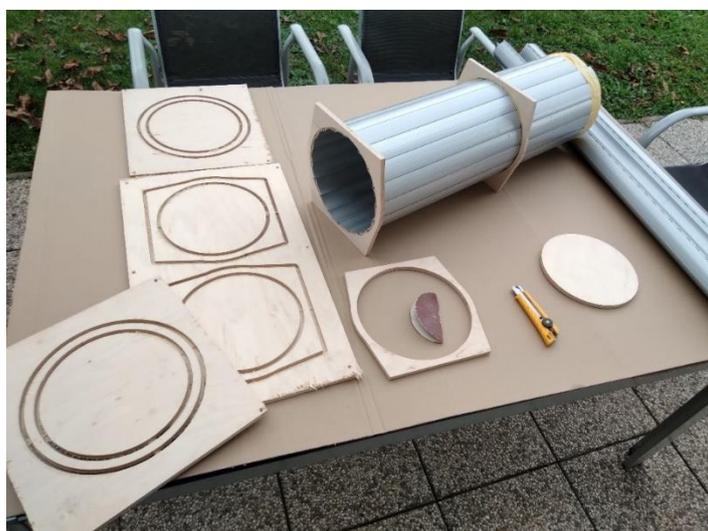


Slika 7: Sestava roletnih lamel, doma, Lahonci. 30. oktober 2023.

Za utrditev lamel v krog sem narisal dve vrsti krogov s programom Aspire. Navadnega in takega, ki ima dve ravni stranici na zunanjih nasprotujočih straneh, da nanje pritrdim stranske plošče, ki sem jih tudi narisal, da lahko lažje pritrdim cev na ogrodje in fokuser na cev. Lahko bi jih natisnil na 3d tiskalniku, ampak to bi trajalo predolgo (približno 200 h) in bilo bi predrago. Zato smo jih izrezali na CNC rezkarju, ki ga imamo doma, in sem ga že prej uporabljal.



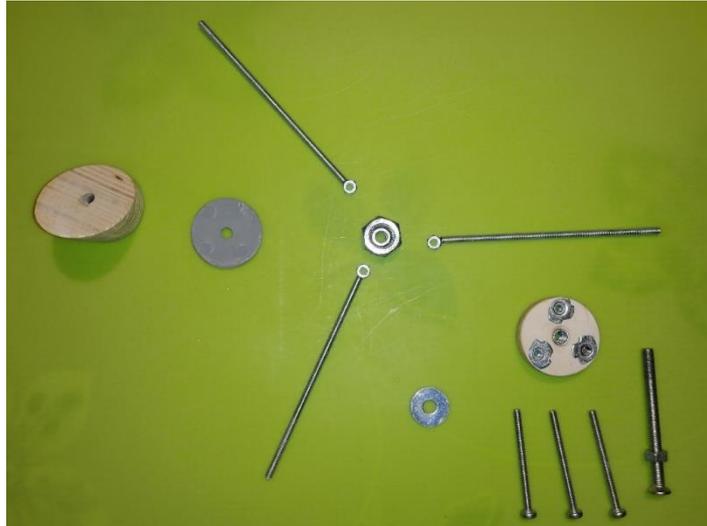
Slika 8: Izrezovanje krogov za utrditev cevi teleskopa, doma, Lahonci. 30. oktober 2023.



Slika 9: Dokončevanje in brušenje izrezanih krogov, doma, Lahonci. 30. oktober 2023.

### 3.1.2 Izdelava nosilca za majhno ogledalo (spider)

Nastavek za majhno ogledalo sem naredili, podobno kot jih nekateri natisnejo na 3d tiskalniku, le da sem uporabil vezano ploščo, in sicer kot središče sem v matico M12 pribil M6 matico in zvrtil še tri luknje in v njih vrezal navoje, v katere sem privil tri kose navojne palice M4, ki sem jih razrezal na 125 mm. Na vsako sem dal tri matice M4, da sem majhno ogledalo povezal s cevjo teleskopa. Skozi srednjo matico poteka še en vijak M6, ki povezuje dva okrogla kosa iz vezane plošče, premera 38 mm ter debeline 10 mm, in je uporabljen za nastavitev odmika ogledala. Prvi kos, ki je sestavljen iz treh krogov vezane plošče, ima na eni strani plastično podložko, na drugi pa je zalepljen na ogledalo, zaradi česar mora biti pod kotom 45°. Skozi drugi kos vezane plošče so pribite tri nabojne matice, skozi katere potekajo trije vijaki do prvega kosa, za nastavljanje nagiba ogledala. Ogledalo sem na nosilec prilepil s silikonskim kitom.



Slika 10: Sestavni deli nosilca malega ogledala, doma, Lahonci. 27. december 2023.



Slika 11: Sestavljen nosilec malega ogledala, doma, Lahonci. 27. december 2023.

### 3.1.3 Izdelava nosilca za veliko ogledalo

Nosilec za veliko ogledalo sem izdelal s podobnim mehanizmom kot majhnega, le da ta ne potrebuje stranskih vijakov, saj je pritrjen na cev s kovinskimi kotniki. Uporabil sem dva kroga vezane plošče z luknjami za nabojne matice in vijake, ki sem ju narisal v programu Aspire in izrezal na CNC rezkarju. V notranjo ploščo z ogledalom sem v srednjo luknjo pribil nabojno matico M6, skozi katero sem privil vijak M6, ki povezuje kroga. Na vijaku je med ploščama gumijasta podložka, da plošči drži narazen. Na zunanji plošči sem na notranjo stran pribil tri nabojne matice M6, skozi katere potekajo vijaki M6, ki so uporabljeni za nastavljanje nagiba ogledala. Na zunanjo ploščo sem s šestimi lesnimi vijaki 3,5 x 12, pritržil tri kovinske kotnike. Ogledalo sem na vezano ploščo prilepil s silikonskim kitom.



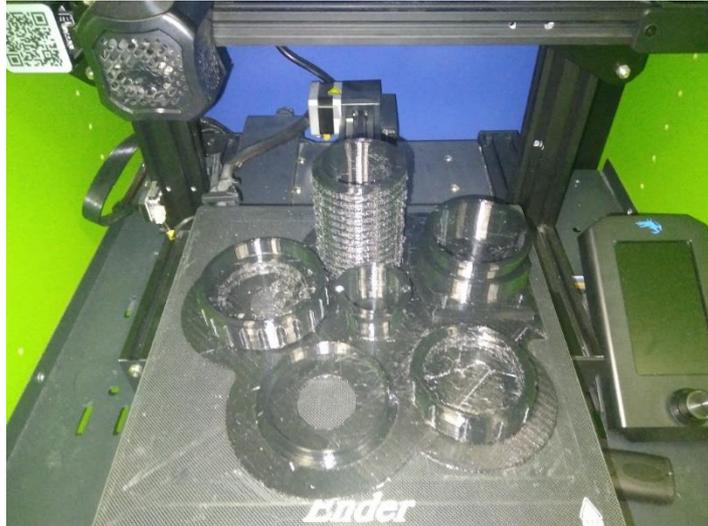
Slika 12: Sestavni deli nosilca velikega ogledala, doma, Lahonci. 26. december 2023.



Slika 13: Sestavljen nosilec velikega ogledala, doma, Lahonci. 26. december 2023.

#### 3.1.4 Izdelava fokuserja

Med raziskovanjem po spletu sem našel na že pripravljene brezplačne datoteke za tiskanje fokuserja na spletni strani Printables in zato sem sklenil, da ga bom natisnil s šolskim 3d tiskalnikom.



Slika 14: Tiskanje fokuserja s 3d tiskalnikom, OŠ Ivanjkovci, Ivanjkovci. 15. november 2023.



Slika 15: Sestavljen fokuser, doma, Lahonci. 27. december 2023.

### 3.1.5 Izdelava stojala

Za izdelavo stojala sem uporabil vezano ploščo (20 mm), lesne vijake in vrtljivi podstavek, ki smo ga nekoč imeli za televizijo. Za podlago sem uporabil ploščo, skozi katero sem privil vijak M8, ki poteka tudi skozi vrtljivi podstavek in drugo ploščo, na kateri sta na nasprotnih straneh dve pokončni stranici, povezani s še eno ploščo. Med pokončnima stranicama je z dvema vijakoma privita cev teleskopa, tako da se lahko premika po navpični osi. Za pomikanje po vodoravni osi pa skrbi vrtljiv podstavek med spodnjima ploščama. Za stabilnost pozicije teleskopa med opazovanjem pritegnemo ali odtegnemo te vijake. Na koncu sem stojalo še pobarval s srebrno barvo.



Slika 16: Delno izdelano stojalo, doma, Lahonci. 21. januar 2024.



Slika 17: Dokončano stojalo, doma, Lahonci. 25. februar 2024.

### 3.1.6 Sestavljanje teleskopa

Najprej sem na cev nataknil izrezane kroge in na tiste, kjer je to potrebno, pritrtil stranske plošče. Na tiste, ki so uporabljene za pritrnitev cevi teleskopa na stojalo, sem na vsaki strani privil še krog z nabojno matico M8 na sredini. Za to sem uporabil lesne vijake. Razdaljo med primarnim in sekundarnim ogledalom sem izračunal in preveril s programom Newt for the web, tako da sem vedel, kje mora biti postavljen fokuser, to je približno 135 cm od primarnega ogledala. Del s ploščo iz vezane plošče za fokuser sem premaknil na določeno razdaljo in skozi vse skupaj zvrtil luknjo, da svetloba lahko pride od sekundarnega zrcala skozi steno do konca fokuserja.



Slika 18: Sestava in vrtanje odprtine za fokuser, doma, Lahonci. 27. december 2023.

Potem sem zvrtil tri luknje tik ob podlagi za fokuser, da sem lahko na cev teleskopa pritrdil sekundarno ogledalo.



Slika 19: Montaža malega ogledala v cev teleskopa, doma, Lahonci. 29. december 2023.

Da sem na cev teleskopa pritrdil primarno ogledalo, sem že imel pripravljene kovinske kotnike. Mednje in med cev sem dal za vsakega en kos vezane plošče, v katere sem iz obeh smeri privil po dva lesna vijaka.



Slika 20: Montaža velikega ogledala v cev teleskopa, doma, Lahonci. 29. december 2023.

Potem sem s štirimi lesnimi vijaki na podlago pritrdil fokuser, ampak, ko sem vse ponovno izmeril, sem ugotovil, da razdalja, ki jo žarek opravi, od primarnega ogledala do očesa ni enaka goriščni razdalji, ampak je približno 10 cm krajša. To bi povzročilo veliko težav pri opazovanju in zato sem moral to popraviti. Najprej sem se lotil ugotavljanja, kaj je povzročilo napako. Preveril sem vnesene podatke na spletno stran [Newt for the web](#). Tam nisem našel ničesar, na sliki, ki jo spletna stran ustvari, pa je vse še vedno izgledalo dobro. Nato sem si v merilu 1 : 1 narisal sliko, kako potuje žarek. Tam sem ugotovil, da do sekundarnega ogledala vse deluje dobro, ampak ima fokuser prekratek hod. Spet sem pregledal spletno stran in ugotovil, da sem narobe vnesel podatek o minimalni višini fokuserja. Da sem to rešil, sem iz vezane plošče izdelal 85 mm visoko škatlo, ki sem jo sestavil in z lesnimi vijaki pritrdil na prvotno podlago za fokuser. Višino sem izbral tako, da je bila točka, kjer se žarki sekajo, na sredini poti, ki jo lahko opravi okular. Na podlago fokuserja sem privil še laserski iskalec objektov v vesolju, katerega smo imeli na starem teleskopu. Med opazovanjem sem ga nastavil, da kaže proti objektu, ki sem ga tisti trenutek opazoval. Tako sem v prihodnjih opazovanjih lažje nastavil teleskop proti objektu, ki sem ga želel opazovati.



Slika 21: Dokončno sestavljena cev teleskopa, doma, Lahonci. 2. marec 2024.

Na koncu sem cev še pritrdil na stojalo. Zaradi lažjega transporta se cev še vedno lahko loči od stojala.

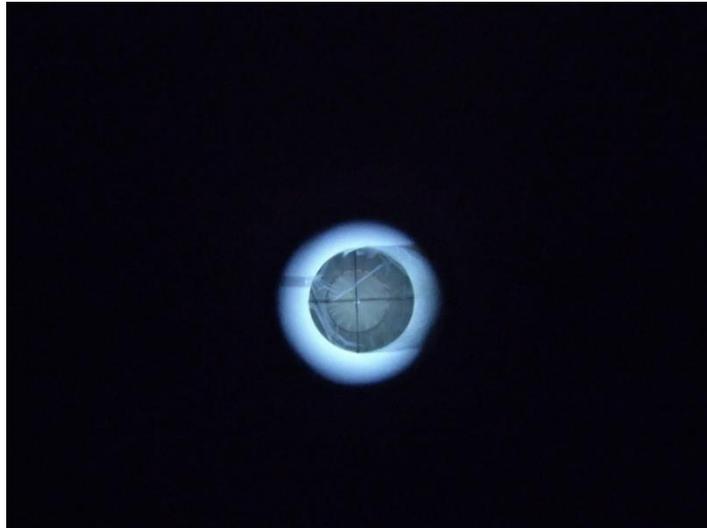


Slika 22: Dokončno sestavljen teleskop, pripravljen za opazovanje, doma, Lahonci. 2. marec 2024.

### 3.1.7 Kolimacija teleskopa

Obstaja več načinov kolimacije, z različnimi pripomočki, kot na primer laserski kolimator ali posebni okularji za kolimacijo. Najpreprostejši način je, da namesto okularja v fokuser vstavimo pokrovček z majhno luknjico v sredini, skozi katero gledamo v notranjost teleskopa. Ta način sem uporabil tudi jaz. Najprej sem na sredini primarnega in sekundarnega ogledala preko zaščitne prozorne folije zarisal plus. Za sekundarnim ogledalom sem vstavil list papirja, kar je omogočalo boljšo vidljivost.

Zaradi dolžine teleskopa mi je pri kolimaciji pomagal ata. Eden izmed naju je skozi luknjico na pokrovčku fokuserja gledal v notranjost teleskopa, drugi pa je nastavljal nagib, položaj in oddaljenost sekundarnega ogledala ter nagib primarnega ogledala po navodilih tistega, ki je gledal. Vmes sva se nekajkrat zamenjala, saj je postopek bil kar dolgotrajen. Po večkratnih poskusih in prestavljanjih nama je končno uspelo, da so se vse sredine poravnale. Nato sem lahko privil še vijake, ki skrbijo za stabilnost ogledal.



Slika 23: Kolimacija teleskopa, doma, Lahonci. 2. januar 2024.

### 3.1.8 Izbira okularjev

Doma imamo tri okularje, ki so bili v kompletu s starim teleskopom. Ti okularji so osnovni, zelo nizke kvalitete, sestavljeni iz dveh leč. Ker sem želel preizkusiti teleskop s kvalitetnejšimi okularji, ki so sestavljeni iz več kvalitetnejših leč, sem si izposodil tri šolske okularje, in sicer takega z goriščno razdaljo 40 mm, Ultra Wide 15 mm in 7 mm. Začel sem opazovati s temi, da sem se lažje odločil, kakšnega moram kupiti. Odločil sem se za 32 mm, s ceno 40,00 €, in 2 x Barlowa lečo, s ceno prav tako 40,00 €.

Okularji delujejo tako, da manjša kot je goriščna razdalja, večjo povečavo bo imela slika, ampak bo imela manjšo vidno polje. Formula za povečavo je goriščna razdalja objektivna deljena z goriščno razdaljo okularja.

$$M = \frac{f_o}{f_e}$$

Torej moj teleskop z mojim okularjem, z goriščno razdaljo 32 mm, prikaže sliko s petdesetkratno povečavo. Barlowa leča v tem primeru dvakrat poveča goriščno razdaljo objektivna, in s tem nastane dvakrat večja povečava, ki pa je s tem okularjem stokratna. Moj teleskop lahko kvalitetno deluje z okularjem, z goriščno razdaljo 5 mm, kar sliko prikaže s tristo dvajsetkratno povečavo.

## 3.2 Opazovanje

Opazovanja sem izvedel z dvorišča svojega doma v Lahoncih, na nadmorski višini 305 m. Prvič sem opazoval 20. 1. 2024, ko je bil teleskop približno kolimiran in postavljen na improvizirano stojalo, saj pravo še ni bilo končano. Prvi pogled proti Luni, z okularjem od našega starega teleskopa, me je zelo navdušil, saj so bili detajli Lune, v primerjavi s starim teleskopom, odlični. S telefonom sem skozi

okular posnel prvo fotografijo, ki je prikazana na sliki 24. Seveda je Luna v živo, kot vsi drugi opazovani objekti, videti lepše kot na fotografiji. Opazoval sem jo pri štiridesetkratni povečavi.

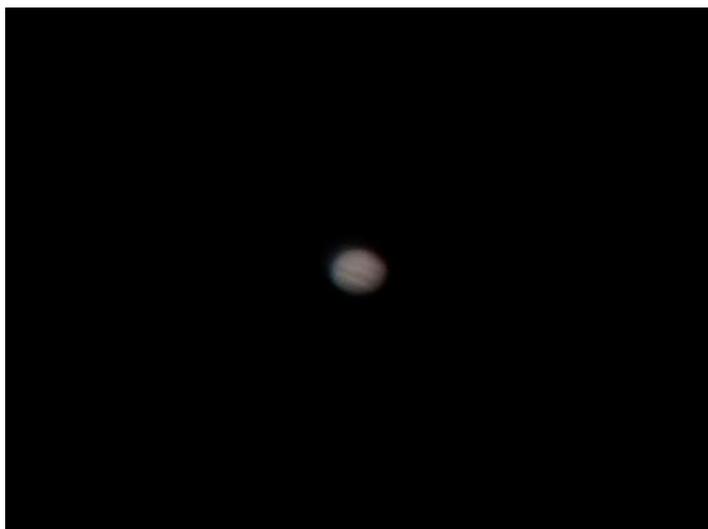


Slika 24: Luna, doma, Lahonci. 20. januar 2024.

V februarju je bil teleskop končan, tako sem 25. 2. 2024 izvedel ponovno opazovanje. Tokrat sem si, pri sto šestkratni povečavi, ogledal Jupiter, na katerem so bili vidni njegovi pasovi. Na eni fotografiji ni bilo mogoče posneti lun in pasov skupaj, saj astrofotografije zahtevajo napredno fotografsko opremo in računalniško obdelavo. Ob različnih nastavitvah kamere na telefonu mi je uspelo posneti spodnji dve sliki Jupitra. Pri štiridesetkratni povečavi sem spet opazoval Luno. Saturna nisem mogel opazovati, saj od februarja do sredine aprila 2024 sploh ni na obzorju nočnega neba. Kometa nisem uspel videti, ker bo ves čas, ko nam je dovolj blizu za opazovanje, nizko na obzorju, kar popači sliko, ker dolgo potuje znotraj naše atmosfere. Zato bi potreboval boljše vremenske pogoje.



Slika 25: Jupiter in njegove lune, doma, Lahonci. 25. februar 2024.

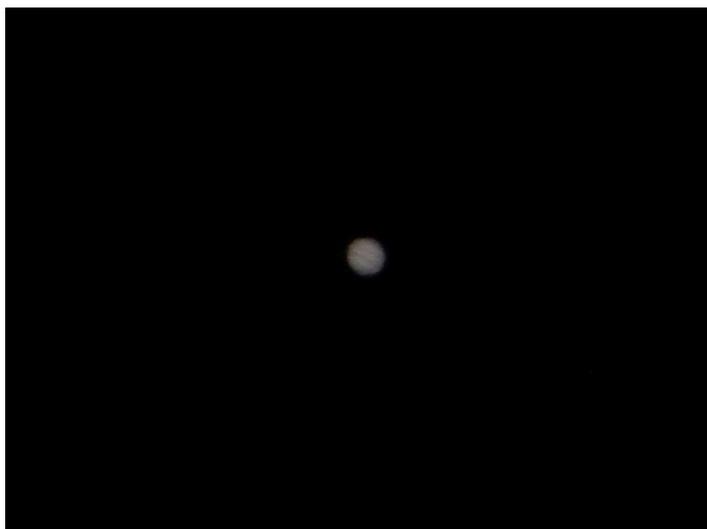


Slika 26: Jupiter z delno vidnimi pasovi, doma, Lahonci. 25. februar 2024.



Slika 27: Luna, doma, Lahonci. 25. februar 2024.

Znova sem opazoval 1. 3. 2024 v slabih pogojih, saj je bilo megleno in oblačno. Vseeno sem z mobilnim telefonom uspel posneti kratek video za sliko Jupitra. Teleskop sem najprej postavil tako, da je bil Jupiter na začetku vidnega polja, da je čim dlje ostal v vidnem polju. Ko se je pomaknil na drug konec, sem začasno ustavil video, teleskop premaknil, da je bil Jupiter spet na začetni poziciji, in nadaljeval s snemanjem. To sem moral nekajkrat ponoviti. Opazoval sem pri sto šestkratni povečavi. Najprej sem video obdelal s programom PIPP, ki je Jupiter v celem videu postavil na sredino. Potem sem s programom AutoStakkert video spremenil v sliko. Na koncu sem s programom RegiStax izboljšal kakovost slike. Vsi omenjeni programi so brezplačno dostopni na spletu. Zaradi slabih pogojev ponovno nisem mogel opazovati kometa 12P/Pons-Brooks, Orionove meglice in Andromedine galaksije.



Slika 28: Jupiter in njegovi pasovi - fotografija, posneta s telefonom, brez obdelave, doma, Lahonci. 1. marec 2024.



Slika 29: Jupiter in njegovi pasovi - fotografija, ustvarjena z videoposnetka telefona in nekaj računalniške obdelave, doma, Lahonci. 1. marec 2024.

## 4 REZULTATI

### 4.1 Rezultati izdelave

V začetku naloge sem si podal hipotezo, da bom lahko izdelal teleskop za manj kot 175,00 €. Večino materiala smo imeli doma in pri tem sem v tabelo napisal » \* «. S fokuserjem nisem imel dodatnih stroškov, saj sva ga z mentorjem natisnila s 3d tiskalnikom v šoli.

Tabela 1: Porabljen material in cena

Material	Količina	Cena
Leče: d = 203 mm, f = 1600 mm	1 kos	120,00 €
Okular: 32 mm	1 kos	40,00 €
2 x Barlowa leča	1 kos	40,00 €
Roletne lamele	1,2 m <sup>2</sup>	*
Vezana plošča 10 mm	0,9 m <sup>2</sup>	*
Vezana plošča 20 mm	0,8 m <sup>2</sup>	*
Plastična plošča	0,06 m <sup>2</sup>	*
Vijaki in droben material	60 kosov	*
PET G MAT filament	100 g	*
Barva za kovino in les	2 dl	*
Vrtljivi podstavek za TV	1 kos	*

Če bi teleskop opremil s samo enim okularjem ali bi uporabil okularje starega teleskopa, bi lahko končni znesek znašal manj kot zadana cena, in sicer 160,00 €. Če bi moral tudi sestavne dele, ki sem jih našel doma, kupiti, bi cena verjetno zelo presegla predviden znesek. V spletni trgovini Astroshop sem našel podoben teleskop, ki je imel ceno 549,00 €, torej sem bil zagotovo uspešen.

SVETOVANJE IN PODPORA  
031 733 225

**AstroShop** Adria

DOMOV IZDELKI KATEGORIJE IZDELKOV O TRGOVINI KONTAKT

REVILJA SPIKA GLEJ JIH ZVEZDE! V LETU 2022

IZDELKI > TELESKOPI (KOMPLETI), DOBSON, TELESKOPI PRIMERNI ZA ZAČETNIKE > GSO DOBSON TELESKOP N 200/1200 DOB

**GSO Dobson teleskop N 200/1200 DOB**

★★★★★ (Zaenkrat še ni mnenj.)

€549,00

**Nakup in informacije**

Med začetniki zelo priljubljen 20-cm teleskop na Dobson montaži ima resnično vse, kar potrebuje začetnik. Enostaven in priročen za rokovanje!

KATEGORIJE: DOBSON, TELESKOPI (KOMPLETI), TELESKOPI PRIMERNI ZA ZAČETNIKE

f t in e

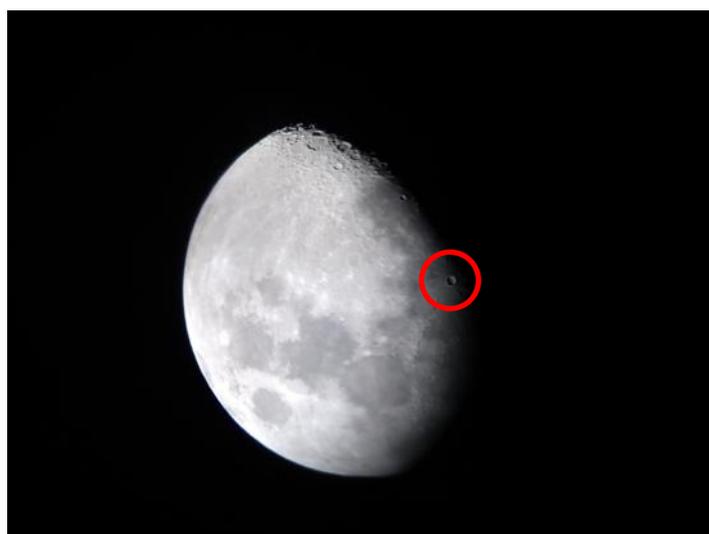
Slika 30: Ponudba spletne trgovine primerljivega teleskopa. Pridobljeno 2. marec 2024 s <https://astronomska-revija-spika.si/trgovina/product/gso-dobson-teleskop-n-200-1200/>

## 4.2 Sposobnosti teleskopa

Žal nisem uspel testirati vseh sposobnosti teleskopa, ker vremenski pogoji, ob času, ki sem ga načrtoval za opazovanje, niso bili dovolj ugodni. Vseeno sem uspešno izvedel opazovanje Lune in Jupitra.

### 4.2.1 Luna

Luna je tudi na fotografijah imela ostre robove in, ob pravem času, bi bila najbrž vidna večina dovolj velikih kraterjev. To je bilo razvidno pri kraterju Copernicus, ki je bil, zraven pravočasne fotografije, na kateri je dobil tudi 3d učinek, viden tudi ob polni luni.



Slika 31: Luna z označenim kraterjem Copernicus, doma, Lahonci. 20. januar 2024.



Slika 32: Luna z označenim kraterjem Copernicus, doma, Lahonci. 25. februar 2024.

#### 4.2.2 Jupiter

Na Jupitru so bili, celo na nekaterih neobdelanih fotografijah, vidni njegovi pasovi. Na sliki, ki mi jo je uspelo obdelati, je bilo vse še bolj jasno. Razvidna je bila tudi obroba. Ko sem raziskal, kje naj bi se takrat nahajala Jupitrova pega, sem na svoji obdelani fotografiji opazil temnejšo liso. Predvidevam, da mi je uspelo posneti Jupitrovo pego. Ob boljših pogojih, ko bi lahko uporabil večjo povečavo, bi bila po mojem mnenju bolj prepoznavna.



Slika 33: Jupiter in njegovi pasovi - fotografija, posneta s telefonom, brez obdelave, doma, Lahonci. 1. marec 2024.



Slika 34: Jupiter in njegovi pasovi ter pega - fotografija, ustvarjena z videoposnetka telefona z delno računalniško obdelavo, doma, Lahonci. 1. marec 2024.

## 5 ZAKLJUČEK

V raziskovalni nalogi sem ugotavljal, kako izdelati čim bolj cenovno dostopen in hkrati kvaliteten teleskop. Material za izdelavo ogrodja teleskopa sem poiskal doma, fokuser smo natisnili s 3d tiskalnikom v šoli, ogledala in okularje pa sem kupil. Najbolj zahteven del pri izdelavi teleskopa je bila kolimacija. Pri tem mi je pomagal ata, saj bi sam to zelo težko zmogel. Opazovanje v zimskem času je precej oteženo, saj se zaradi nizkih temperatur okularji in ogledala hitro orosijo. Zraven tega sta velik problem tudi megla in veter, ki neprestano trese cev teleskopa. Veselim se opazovanja v prihajajočih mesecih, ko bodo pogoji boljši in bodo vidni tudi objekti, ki jih sedaj nisem mogel opazovati. V prihodnje želim tudi podrobneje raziskati astrofotografijo, saj so mi fotografije, ki sem jih posnel za potrebe raziskovalne naloge, predstavljale velik izziv. S teleskopom in njegovimi zmogljivostmi sem zadovoljen in bi priporočal izdelavo podobnega teleskopa tudi ostalim ljubiteljem astronomije ali učencem osnovnih šol, ki nimajo astronomske opreme.

### **Ovrednotenje hipotez:**

H1: Doma lahko naredim teleskop z manj kot 175,00 €.

Hipotezo 1 potrjujem, saj mi je uspelo izdelati teleskop z vključenim enim okularjem za 160,00 €.

H2: Z doma narejenim teleskopom lahko vidim Lunin krater Copernicus.

Hipotezo 2 lahko potrdim, saj je krater Copernicus lepo viden.

H3: Z doma narejenim teleskopom lahko vidim Jupitrovo pego in pasove.

Hipotezo 3 potrjujem, saj sem videl Jupitrove pasove in pego.

H4: Z doma narejenim teleskopom lahko vidim Andromedino galaksijo.

Hipoteze 4 v tem trenutku ne morem niti potrditi niti zavrniti, saj Andromedine galaksije nisem mogel opazovati zaradi slabih vremenskih pogojev v času mojega opazovanja.

H5: Z doma narejenim teleskopom lahko vidim Orionovo meglico.

Hipoteze 5 v tem trenutku ne morem potrditi ali zavrniti, saj tudi Orionove meglice nisem mogel opazovati zaradi slabih vremenskih pogojev v času mojega opazovanja.

H6: Z doma narejenim teleskopom lahko vidim komet 12P/Pons-Brooks.

Hipoteze 6 ne morem niti potrditi niti zavrniti, saj komet nisem mogel najti zaradi njegove nizke lege na nebu, pri čemer so slabi vremenski pogoji še otežili opazovanje.

H7: Z doma narejenim teleskopom lahko vidim Cassinijevo ločnico med Saturnovimi obroči.

Tudi hipoteze 7 ne morem potrditi ali zavrniti, ker Saturn v času mojega opazovanja ni bil na obzorju nočnega neba.

## 6 VIRI IN LITERATURA

Emmerich, M. in Melchert, S. (2006). *Astronomija : Čudovito vesolje, opazovanje planetov, zvez in galaksij*. Kranj: Narava

Kambič, B. (2021). Kakšen naj bo moj prvi teleskop?. *Spika, (1)*, 30–35.

Kothe, R. (2010). *Astronomija : preproste razlage*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, d. d.

Snoj, R. (2015). *Teleskopi*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, d. d.

Zidar, P. (2008). *Odstrto vesolje*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije

GSO Dobson teleskop N 200/1200 DOB. (b. d.) Na *Astronomska-revija-spika.si*. Pridobljeno 24. februar 2024 s <https://astronomska-revija-spika.si/trgovina/product/gso-dobson-teleskop-n-200-1200/>

Izdelaj svoj teleskop. (b. d.) Na *2.arnes.si*. Pridobljeno 21. oktober 2023 s [https://www2.arnes.si/~gljsentvid10/izdel\\_tele.html](https://www2.arnes.si/~gljsentvid10/izdel_tele.html)

Izstrelitev uspešna: veliki teleskop James Webb je v vesolju, iztegnil je sončne celice. (b. d.) Na *Rtvslo.si*. Pridobljeno 20. februar 2024 s <https://www.rtvlo.si/znanost-in-tehnologija/izstrelitev-uspesna-veliki-teleskop-james-webb-je-v-vesolju-iztegnil-je-soncne-celice/602433>

Kaj je Barlowa leča. (b. d.) Na *Skyatnightmagazine.com*. Pridobljeno 20. februar 2024 s <https://www.skyatnightmagazine.com/advice/what-is-a-barlow-lens>

Katadioptrični teleskopi. (b. d.) Na *Optics-trade.eu*. Pridobljeno 30. december 2023 s <https://www.optics-trade.eu/si/telescopes/catadioptric-telescopes.html>

NASA's Webb Sunshield Stacks Up to Test!. (b. d.) Na *Flickr.com*. Pridobljeno 20. februar 2024 s <https://www.flickr.com/photos/nasawebbtelescope/14753947223/>

Newt for the web. (b. d.) Na *Stellafane.org*. Pridobljeno 17. oktober 2023 s <https://stellafane.org/tm/newt-web/newt-web.html>

Non-rotating helical focuser with collet for Hadley telescopes. (b. d.) Na *Printables.com*. Pridobljeno 2. november 2023 s <https://www.printables.com/model/265768-non-rotating-helical-focuser-with-collet-for-hadle>

Osnove karakteristike teleskopov. (b. d.) Na *Kvarkadabra.net*. Pridobljeno 18. februar 2024 s <https://kvarkadabra.net/2000/01/osnovne-karakteristike-teleskopov/>

Refraktor ali reflektor. (b. d.) Na *Astronomska-revija-spika.si*. Pridobljeno 21. oktober 2023 s <https://astronomska-revija-spika.si/refraktor-ali-reflektor-kaksen-naj-bo-moj-prvi-teleskop-zacetniski-teleskop-3-del/>

Refraktorski teleskopi. (b. d.) Na *Optics-trade.eu*. Pridobljeno 17. februar 2024 s <https://www.optics-trade.eu/si/telescopes/refracting-telescopes.html>

Refraktorski teleskopi. (b. d.) Na *Meteorwatch.org*. Pridobljeno 18. februar 2024 s <https://www.meteorwatch.org/meteorwatch-store/store-guides/refractor-telescopes/>

Vesoljski teleskop James Webb. (b. d.) Na *Sl.wikipedia.org*. Pridobljeno 20. februar 2024 s [https://sl.wikipedia.org/wiki/Vesoljski\\_teleskop\\_James\\_Webb](https://sl.wikipedia.org/wiki/Vesoljski_teleskop_James_Webb)

Zgodovina teleskopa. (b. d.) Na *Hmn.wiki*. Pridobljeno 17. februar 2024 s [https://hmn.wiki/sl/History\\_of\\_the\\_telescope](https://hmn.wiki/sl/History_of_the_telescope)