



GRADIMO MISLEČI SVET

100

**Gimnazija Murska Sobota,
Šolsko naselje 12, 9000 Murska Sobota**

Merjenje odbojnosti Lune

ASTRONOMIJA

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtor: Maj Janža

Mentor: dr. Renato Lukač

Somentor: Rok Vogrinčič

Šolsko leto: 2019/2020

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
2 TEORETIČNI DEL	2
2.1 Luna.....	2
2.2 Sonce	2
2.2.1 Splošni podatki o Soncu.....	2
2.2.2 Sončna energija.....	2
2.3 Zemlja.....	3
2.4 Albedo	4
2.4.1 Albedo Lune in njena svetlost	4
2.4.2 Albedo Zemlje	4
2.4.3 Albedo teles v vesolju.....	5
3 METODE IN MATERIALI.....	6
3.1 Teleskop.....	6
3.2 Fotoaparati	6
3.3 Filter	6
3.3.1 Komponente in izdelava filtra	6
3.3.2 Umeritev filtra	7
3.4 Fotografiranje.....	8
3.5 Postopek obdelave slik	9
3.5.1 Obrezovanje slik	9
3.5.2 Obdelava slike s programom MaxIm DL.....	9
3.5.3 Obdelava podatkov v Excelu.....	9

3.6 Izračuni albeda	10
3.6.1 Izračun albeda.....	10
3.6.2 Izpeljava enačbe in razlaga	11
3.7 DOLOČITEV temperature površja preko albeda	12
4 REZULTATI.....	13
4.1 Umeritve filtra.....	13
4.2 Albedo	14
4.2.1 Fotografiranje Sonca in Lune	14
4.2.2 Izračun albeda za 1. 2. 2020	14
4.2.3 Izračun albeda za tri najidealnejše dni	15
4.3 Temperatura Luninega površja	16
5 ZAKLJUČEK/SKLEPI.....	17

KAZALO SLIK

Slika 1: Porazdelitev sončne energije glede skozi spekter [2]	3
Slika 2: Filter za fotografiranje Sonca.....	6
Slika 3: Razponi luxmetra.....	7
Slika 4: Priprava za umeritev filtra.....	7
Slika 5: Sonce (levo), Luna (desno)	8
Slika 6: Sonce obrezano (levo), Luna obrezana (desno)	9
Slika 7: Skica zenitnega kota [15].....	11

POVZETEK

Cilj raziskovalne naloge je bil določiti albedo s preprostimi metodami in instrumenti . V nalogi smo si zastavili dve hipotezi in sicer, da s pomočjo preprostega luksmetra lahko določimo prepustnost filtra za slikanje Sonca ter, da se bo naš izračunan albeda ujema z dostopnimi podatki iz literature.

Naloga je temeljila na uporabi teleskopa in zrcalnorefleksnega fotoaparata, s pomočjo katerih smo pridobili podatke, katere smo nato uporabili za izračun albeda Lune.

V prvem delu naloge smo preverjali ali lahko s preprostim luksmetrom določimo prepustnost filtra. Naša ugotovitev je, da ne, saj so naše meritve odstopale za več kot 15 x od vrednosti, ki jih za filter navaja proizvajalec.

V drugem delu naloge smo fotografirali Sonce in Luno. Fotografije smo nato obdelali s programom MaxImDL, da smo dobili vrednosti signala za Sonce in Luno. Iz teh vrednosti smo nato izračunali albedo Lune. Naša določena vrednost za albedo je okrog 0,15, literatura pa navaja vrednosti okrog 0,12. Vzroke za razliko lahko pripišemo obtežitvi izmerjenih vrednosti s parametrom AM, s katerimi upoštevamo različne zenitne kote fotografiranih objektov.

Kljub razlikam med našimi izračuni glede na podatke iz literature, lahko našo drugo hipotezo delno potrdimo. S preprostimi metodami fotografiranja in obdelave podatkov lahko določimo približen albedo Lune, s pomočjo albeda pa tudi njeno temperaturo.

1 UVOD

Raziskovalna naloga spada v področje astronomije. Astronomija je nauk o nebesnih telesih. Preučuje njihovo gibaje, zgradbo in razvoj in je ena izmed najstarejših znanosti. Njeni začetki segajo v najstarejšo zgodovino človeštva. Izsledki astronomije so pomembni za fiziko, kemijo, geodezijo in druge znanosti. Povezava pa je tudi obratna. Še do nedavna je bila astronomija samo opazovalna veda. Razvoj tehnike astronomiji nudi povsem nove in neizčrpne možnosti ne samo za posredno, ampak tudi za neposredno preučevanje vesolja. [1]

V raziskovalni nalogi smo preverili ali je možno določiti albedo Lune z Zemlje s povsem vsakdanjimi aparaturami. Raziskovanja smo se lotili, ker nismo našli podatka o tem, da je kdo že uspešno določil Lunin albedo s takšnimi metodami kot smo to nameravali mi. Predpostavili smo, da se bodo naši rezultati ujemali s tistimi, ki smo jih našli v literaturi. Fotografirali smo Luno in Sonce ter uporabljali različne računalniške programe, da smo prišli do podatkov, katere smo vnesli v izpeljano enačbo ter izračunali albedo. Uporabljali smo doma pripravljen filter, s katerim smo fotografirali Sonce. Ker smo želeli natančno določiti njegovo prepustnost, smo ga poskušali umeriti. Rezultate smo primerjali s tistimi, ki smo jih dobili od proizvajalca.

Hipoteza 1: Z Vernierjevim luksmetrom je mogoče umeriti doma pripravljen filter za fotografiranje Sonca.

Hipoteza 2: Naši rezultati albeda se bodo ujemali z dostopnimi podatki iz literature.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 LUNA

Luna je Zemljin edini naravni satelit. Ekvatorialni polmer Lune znaša 1738,1 km, gravitacijski pospešek na površju Lune pa $1,62 \text{ m/s}^2$. Luna ne kroži okoli Zemlje po pravilni krožnici, zato se njena oddaljenost od Zemlje med kroženjem spreminja. V perigeju (točka, ko je Luna najbližje Zemlji) sta Luna in Zemlja oddaljeni $0,36 \cdot 10^6 \text{ km}$, v apogeju (točka ko je Luna najbolj oddaljena od Zemlje) pa $0,41 \cdot 10^6 \text{ km}$. Povprečna oddaljenost Lune od Zemlje tako znaša $0,38 \cdot 10^6 \text{ km}$. Luna obkroži Zemljo v 29,53 dneh medtem, ko se okoli svoje osi zavrti v 27,32 dneh. [2]

2.2 SONCE

2.2.1 Splošni podatki o Soncu

Sonce spada med zvezde imenovane rumene pritlikavke. Je osrednja točka našega sončnega sistema, okrog katere kroži osem planetov. Starost Sonca je približno 4,5 milijarde let in je na polovici svoje življenjske dobe. V Soncu je skoncentrirane 99,8 % vse mase Osončja. [3]

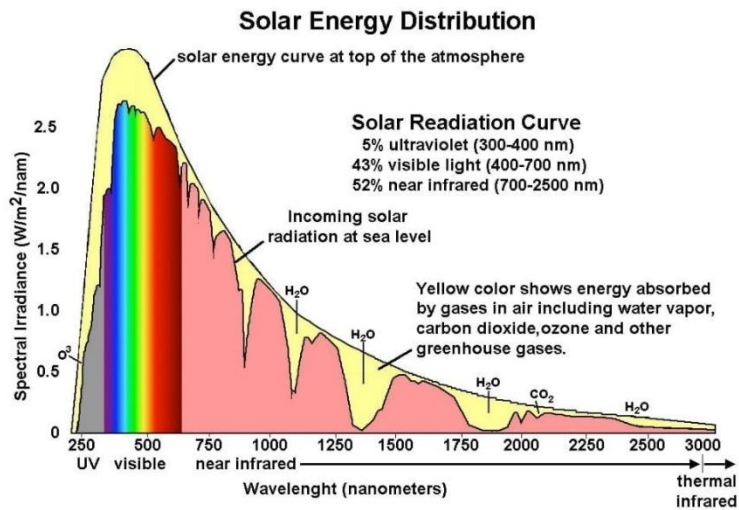
Sonce je od Zemlje v povprečju oddaljeno $150 \cdot 10^6 \text{ km}$, kar imenujemo ena astronomska enota (1 a.e.). Najmanjša oddaljenost Zemlje od Sonca znaša $147,1 \cdot 10^6 \text{ km}$, maksimalna oddaljenost pa $152,1 \cdot 10^6 \text{ km}$. [4] Masa Sonca je $1.988.500 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, kar je 330.000-krat več kot znaša masa Zemlje. [3] Sonce je sestavljeno iz vodika (73,5 %) in helija (24,9 %). Ostali elementi kot so kisik, ogljik, železo pa so v manjšini. [4]

Temperatura površine Sonca je okrog 5.800 K (B) in se stalno malo spreminja. V notranjosti Sonca je ta temperatura višja in dosega vrednosti okrog $15 \cdot 10^6 \text{ K}$ in več.

Sonce »poganja« zlivanje jeder vodika v helijeva jedra. Večina teh reakcij se odvija v jedru Sonca. Zlivanje štirih vodikovih jeder v helij sprosti približno 0,7 % zlitvene mase kot energijo. [5]

2.2.2 Sončna energija

Na enoto površino atmosfere Zemlje prispe 1367 W svetlobnega toka, kar določa solarno konstanto. Ta se spreminja do 7 %. Koliko prispe do površine tal pa je odvisno od več faktorjev kot so: stanje v atmosferi, zemljepisna širina, oblačnost, vsebnost vode v atmosferi, vsebnosti toplogrednih plinov. Največ energije Sonca imajo fotoni v vidnem spektru. Podrobnejša razporeditev sončne energije skozi celotni spekter je prikazana na Sliki 1. [5]



Slika 1: Porazdelitev sončne energije glede na valovno dolžino [5]

2.3 ZEMLJA

Zemlja je po oddaljenosti Soncu tretji najbližji planet. Je peti največji planet v Osončju.

Polmer Zemlje znaša približno 6.400 km. Za en obrat okoli svoje osi (ta je nagnjena za $23,5^\circ$) porabi 23,93 ur (en dan). Čas, ki ga Zemlja potrebuje za en obhod okoli Sonca pa je 365,26 dni. [6]

71 % Zemljinega površja je prekrita z vodo, 29 % pa je kopnega. Zemlja ima okoli sebe tudi atmosfero. Ta vsebuje približno 21 % kisika in 78 % dušika. V ostalem enem odstotku se skriva 0,93 % argona, 0,04 % ogljikovega dioksida, ostalo so razni žlahtni in toplogredni plini ter vodna para. [7] [8]

2.4 ALBEDO

Albedo je izraz, ki ga astronomi uporabljajo za odbojnost v vesolju. [9]

Natančnejše nam albedo opredeljuje odsevnost nebesnih teles, ki ne svetijo s svojo svetlobo. Albedo se meri kot delež vpadne svetlobe, ki jo površina nebesnega telesa odbija v vse smeri.

Vrednosti albeda so od 0 do 1. Vrednost 0 pomeni, da predmet ne odbije nič vpadnega sevanja, je temen, medtem ko albedo 1 označuje, da predmet odbije celotno vpadno sevanje. Naravne površine nimajo nikoli albeda natančno 0 ali 1. [9]

Venera ima albedo 0,65, kar je najvišji albedo med planeti v Osončju. [10] Albedo 0,65 pomeni, da se 65 % sončnega sevanja odbije od površine in atmosfere Venere, 35 % sončnega sevanja pa prispeva k toplotni energiji Venere.

2.4.1 Albedo Lune in njena svetlost

V primerjavi z drugimi objekti v Osončju izgleda poleg Sonca zelo svetel objekt tudi Luna. Albedo Lune znaša približno 0,12. Če primerjamo albedo Lune z albedom nekaterih drugih snovi, lahko ugotovimo, da je ta najbolj podoben albedu že obrabljenega asfalta. [9], [11]

Povprečen albedo Lune torej znaša 0,12. Vendar se pa ta giblje med 0,10 (temnejša področja) in 0,30 (svetlejša področja in področja z višjo višino). [12]

Svetlost Lune ni odvisna od albeda, ampak od lunine faze. V prvem in zadnjem krajcu Sonce osvetli le 50 % Lune, vendar je njena svetlost le 8 % svetlosti polne Lune. Ta pojav je posledica dejstva, da Sonce osvetljuje Luno v obdobju krajev pod drugačnimi koti kot v primeru polne Lune. [10]

2.4.2 Albedo Zemlje

Povprečen albedo Zemlje je 0,37. Zemljin albedo se spreminja in je v veliki meri odvisen od oblačnosti in pokritosti površja s snegom in ledom, gozdom ter drugih dejavnikov. [10]

Tako so vrednosti albeda za:

- Oblake 0,4 - 0,8
- Sneg 0,4 - 0,85
- Gozd 0,04 - 0,1
- Trava 0,15
- Voda 0,02 (pravi kot) do 0,8 (nizki vpadni kot). [10]

2.4.3 Albedo teles v vesolju

Omenili smo že albede za Venero, Luno, Zemljo in nekatere druge snovi na Zemlji. Zdaj pa še preglejmo albede nekaterih drugih teles/objektov, ki se pojavljajo v Osončju. Objekt z najvišjim albedom v Osončju je Saturnova luna Enceladus, ki ima albedo 0,99. Po njenem albedu lahko sklepamo, da je luna skoraj v celoti pokrita z ledom in snegom. Medtem, ko je luna Enceladus, objekt z najvišjim albedom pa imajo v našem Osončju najnižji albedo asteroidi. Najtemnejši asteroidi imajo albedo le 0,06. Med planeti ima najnižji albedo Merkur (0,11), nato Mars (0,15), Neptunov albedo znaša 0,41; Saturnov 0,47; Uranov 0,51; Jupitrov pa 0,52. Pri tem ne smemo pozabiti, da so to zgolj povprečne vrednosti albedov, katere pa so odvisne od atmosfere, oblakov in sestave površja. [9] [10]

3 METODE IN MATERIALI

3.1 TELESKOP

Pri raziskovalni nalogi smo uporabljali lečni teleskop Sky-Watcher Equinox Pro series 80ED. Premer objektiva je 80 mm, z goriščno razdaljo 500 mm. Svetloba pri lečnem teleskopu se zbira v objektivu, ta se znotraj teleskopa zbere in leča v okularju nam omogoči da vidimo sliko. [13] [14]

3.2 FOTOAPARAT

Uporabljali smo fotoaparata Nikon D90. To je digitalni zrcalnorefleksni fotoaparata, ki ima skupno 12,9 milijona pikslov. Slikovno tipalo je senzor velikosti DX formata z merami 23,6 mm x 15,8 mm.

Velikost slike je 4288 x 2848 pikslov. Fotografije pri občutljivosti ISO 800 ali več so obdelane tako, da se zmanjša šum v njih.

3.3 FILTER

3.3.1 Komponente in izdelava filtra

Filter (Slika 2) je sestavljen iz dveh lesenih obročev, dveh kartonskih obročev, lepila, lepilnega traku in folije. Iz lesa smo najprej izrezali dva različno velika kroga. Nato smo izrezali še dva kroga iz kartona enakih dimenzij kot sta bila kroga iz lesa in kroga enakih dimenzij zlepili skupaj. Iz folije smo izrezali kvadrat in jo pritrdili na večji krog. Na koncu smo vse skupaj trdno zlepili.



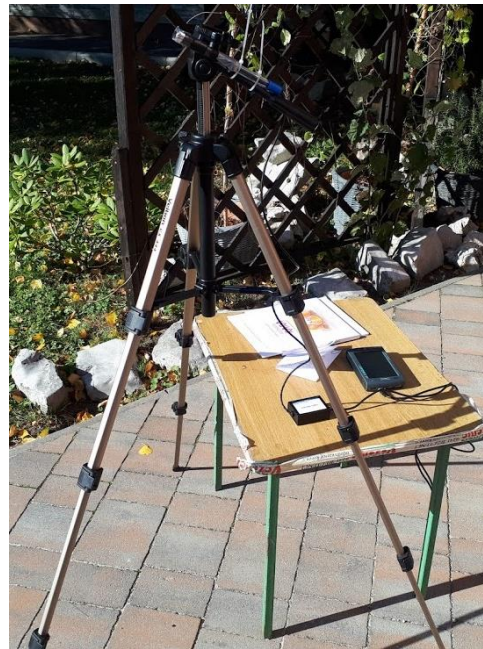
Slika 2: Filter za fotografiranje Sonca

3.3.2 Umeritev filtra

Čeprav smo poznali kolikšen delež svetlobe prepušča folija v filtru smo ga umerili tudi sami. Pri tem smo uporabljali Vernierjev luksmeter, manjši filter, ki smo ga izdelali zanj ter stojalo za fotoapararat. Luksmeter smo pritrdil na stojalo in ga usmeril proti Soncu (Slika 4). Luksmeter je imel 3 možne razpone (0-600 lux; 0-6.000 lux; 0-150.000 lux) (Slika 3). Filter smo umerili z vsemi tremi razponi. Luksmeter smo usmerili proti Soncu in odčitali vrednost, ki se je izpisala na ekranu (ekran je na Vernierjevem pretvorniku, kateri je bil povezan z luksmetrom). Nato smo pred luksmeter postavili karton in črno jopico ter odčitali nivo ozadja. Ta postopek smo ponovili večkrat. Enako smo storili tudi, ko smo na luksmeter nataknil filter.



Slika 3: Razponi luksmetra



Slika 4: Priprava za umeritev filtra

3.4 FOTOGRAFIRANJE

Fotografiranja smo se lotili tako, da smo fotografirali Sonce in Luno (Slika 5) na isti dan pri enakih nastavitvah fotoaparata. Najprej smo fotografirali pri nastavitvah ISO 800, in času osvetlitve 1/2000 sekunde, nato pa še pri ISO 400 in času osvetlitve 1/2500 sekunde. Take nastavitve smo izbrali, ker smo z njimi preprečili presvetljene (prežgane) slike. V nadaljevanju naloge smo vsakemu pikslu na fotografiji določili vrednost od 1-256. Vrednost je bila odvisna od tega, kako svetel je bil piksel. V primeru, da bi bila slika presvetljena, pikslom, ki so bili presvetli ne bi mogli določiti vrednosti. Le to bi potem vplivalo na osnovne podatke, ki smo jih rabili v izračunih.



Slika 5: Sonce (levo), Luna (desno)

3.5 POSTOPEK OBDELAVE SLIK

3.5.1 Obrezovanje slik

Dobljene slike smo morali obrezati v krogu. Uporabljali smo program Round Image Maker. Najprej smo obrezali Luno in Sonce (Slika 6), nato pa še en krog ozadja. Ozadje smo izrezali pri vsaki sliki posebej.



Slika 6: Sonce obrezano (levo), Luna obrezana (desno)

3.5.2 Obdelava slike s programom MaxIm DL

S pomočjo programa MaxIm DL smo določili vrednosti signalov izrezanih slik. Obrezano sliko teles smo razbili na tri barvne kanale: rdečega, zelenega in modrega. Glede na svetlost je bila vsakemu pikslu pripisana vrednost od 1-256. Podatke smo shranili v datoteki, ki jo je lahko program MS Excel prebral. Enako smo naredili s slikami Sonca, Lune in ozadja.

3.5.3 Obdelava podatkov v Excelu

V MS Excelu smo nato pomnožili število pikslov z njihovimi vrednostmi in dobljene številke sešteli za vsak kanal posebej. Ker smo imeli več slik, smo izračunali tudi povprečja. Ko smo enako naredili še za ozadje, smo od dobljenih vrednosti pri Soncu in Luni odšteli ozadja in tako dobili prave vrednosti signalov (v enačbi za izračun albeda so prave vrednosti signalov označene z oznako $I_{L,det}$ za Luno in $I_{S,det}$ za Sonce). Ko smo pri Luni dobili prave vrednosti signalov smo te morali deliti z njeno osvetljenostjo in tako dobili vrednosti, kot če bi bila Luna popolnoma osvetljena. Sonce je kot svetilo osvetljeno 100 %. Luna je 100 % osvetljena le pri popolnem Luninem mrku, zato smo njen signal obtežili z osvetljenostjo in dobili vrednost, kot če bi Luna s celotno ploskvijo odbijala proti Zemlji.

3.6 IZRAČUNI ALBEDA

3.6.1 Izračun albeda

Albedo je določen po enačbi [15]:

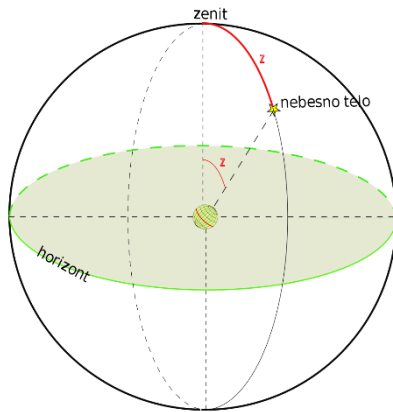
$$a = t \left(\frac{I_{L,\text{det}}}{I_{S,\text{det}}} \right) \left(\frac{\eta_S}{\eta_L} \right) \left(\frac{\sqrt{2}d_{ZL}}{R_L} \right)^2 \quad (1)$$

Kjer je a iskani albedo, ostale količine pa so:

- t prepustnost filtra,
- $I_{L,\text{det}}$ vrednosti signalov Lune,
- $I_{S,\text{det}}$ vrednosti signalov Sonca,
- d_{ZL} razdalja med Zemljo in Luno,
- R_L polmer Lune,
- η_S in η_L parametra, ki zajemata airmass (AM) [16]
- $\eta_S = 1.1 \times 0.7^{AM_S^{0.678}}$ in
- $\eta_L = 1.1 \times 0.7^{AM_L^{0.678}}$.

Prepustnost filtra: Prepustnost filtra po podatkih proizvajalca niha med posameznimi valovnimi dolžinami, zato smo vzeli povprečno vrednost, ki znaša $10^{-5,36}$.

Parameter AM (airmass): v grobem je $AM \approx 1/\cos(z)$, pri čemer je (z) zenitni kot, kateri nam pove koliko stopinj je telo oddaljeno od zenitne točke. Podatke o zenitnem kotu ob času fotografiranja smo poiskali na spletni strani VESOLJE.NET [<https://vesolje.net/>]. Parameter AM nam pove, koliko svetlobe se absorbira v Zemljino atmosfero, ko ta potuje skozi njo. [16]



Slika 7: Skica zenitnega kota [17]

$I_{L,det}$ in $I_{S,det}$: smo izračunali po postopku, ki smo ga že predstavili pod točko 3.5.3.

3.6.2 Izpeljava enačbe in razlaga

V izpeljavi so razložene samo količine, katerih ne najdemo v končni enačbi in tako niso razložene pod poglavjem 3.6.1. Enačbe v nadaljevanju so povzete po ustnem viru Roka Vogrinčiča, ki jih je tudi sam izpeljal.

1) Za Luno in Sonce smo za vsako sliko določili vsoto pikslov. Imenujmo to količino tok I . Naj bo izračunani tok na detektorju za Luno enak $I_{L,det}$, za Sonce pa $I_{S,det}$. Sledi:

$$\frac{I_{L,det}}{I_{S,det}} = \frac{a \times 1.1 \times 0.7^{AM_L^{0.678}} I_L}{t \times 1.1 \times 0.7^{AM_S^{0.678}} I_S}, \quad (2)$$

kjer sta I_L in I_S tokova, ki bi ju izmerili nad atmosfero pri Zemlji.

2) Ker smo v območju linearnosti, sta tokova I_L in I_S proporcionalna gostotam svetlobnega toka j_L in j_S . Ker delamo z razmerji, nas ne zanima pretvorba I_j (ni pomembno kakšna konstanta stoji spredaj, zanima nas zgolj razmerje I_L/I_S oziroma j_L/j_S , ti dve pa sta enaki. Potem velja:

$$\frac{I_{L,det}}{I_{S,det}} = \frac{a\eta_L j_L}{t\eta_S j_S} \quad (3)$$

kjer sta j_L in j_S gostoti svetlobnega toka, ki bi ju izmerili nad atmosfero. Ti dve pa lahko izračunamo, saj poznamo medsebojne razdalje med Zemljo, Luno in Soncem.

3) Če v (2) upoštevamo (3) dobimo naslednjo enačbo:

$$\frac{I_{L,det}}{I_{S,det}} = \frac{a\eta_L j_L}{t\eta_S j_S} = \frac{a\eta_L \left(\frac{L_S R_L^2}{8\pi d_{LS}^2 d_{ZL}^2} \right)}{t\eta_S \left(\frac{L_S}{4\pi d_{ZS}^2} \right)} \quad (4)$$

kjer je L_S izsev Sonca, d_{ZL} , d_{ZS} , d_{LS} so razdalje med objekti.

4) Končna enačba je že predstavljena pod poglavjem 3.6.1.

Omeniti velja, da smo privzeli $\frac{d_{LS}}{d_{ZS}} \approx 1$ (razlikujeta se za približno 0,2 %).

Pri oceni relativne napake albeda smo upoštevali napake vseh parametrov, ki smo jih uporabili v izračunu albeda.

3.7 DOLOČITEV TEMPERATURE POVRŠJA PREKO ALBEDA

S pomočjo albeda je mogoče določiti temperaturo površja Lune z enačbo [18]:

$$T = \left(\frac{j(1-a)}{4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (5)$$

- T = temperatura na površju
- j = gostota svetlobnega toka Sonca pri Luni (solarna konstanta pri Luni)
- a = albedo Lune
- ε = emisivnost
- σ = Stefan-Boltzmannova konstanta

4 REZULTATI

4.1 UMERITVE FILTRA

Preglednica 1: Rezultati umeritve filtra

Razpon	Sonce*	S filtrom	Ozadje	Prepustnost	Koeficient variabilnosti
0-600 lux	98.980,00 lux	85,16 lux	70,80 lux	0,00015	11,86%
0-6.000 lux	98.980,00 lux	80,60 lux	62,40 lux	0,00018	21,81%
0-150.000 lux	98.980,00 lux	305,60 lux	262,00 lux	0,00044	7,31%
Deklarirana prepustnost s strani proizvajalca				0,00001	

*Sonce smo merili vedno pri razponu 0-150.000 lux

Podatki proizvajalca so bili, da je propustnost filtra 10^{-5} , kar je v velikem neujemanju z našimi rezultati. Odstopanje naših rezultatov je bilo odvisno predvsem od razpona luksmetra, ki je nato neposredno vplival na njegovo občutljivost. Vrednosti, ki smo jih dobili so bile pri najnižjem razponu 15-krat večje, pri srednje 18-krat večje, pri najvišjem pa kar 44-krat večje od tistih, ki smo jih dobili od proizvajalca. Prišli smo do zaključka, da filtra z našim luksmetrom ni možno umeriti. V nalogi smo zato upoštevali podatke o filtru, ki smo jih dobili od proizvajalca.

Glede na to, da nismo mogli uspešno izmeriti prepustnosti filtra (folije) smo se za podatke o prepustnosti obrnili na proizvajalca folije. Točnega podatka nam proizvajalec ni želel posredovati. Dali pa so nam javno dostopne grafe, ki jih je pomerila NASA in vključuje tudi naš filter. Grafi so predstavljeni v prilogi pod BAADER ASTROSOLAR FILM. Graf nam prikazuje različno prepustnost glede na valovno dolžino. Proizvajalec navaja povprečno prepustnost folije 10^{-5} . Iz grafa sledi, da pa je prepustnost v vidnem spektru nižja in sicer v povprečju med $10^{-5,3}$ in $10^{-5,4}$. V nalogi smo povprečno vrednost določili tako, da smo interval vidne svetlobe razdelili na 20 odsekov, ki smo jim določili prepustnost in nato izračunali povprečje.

4.2 ALBEDO

4.2.1 Fotografiranje Sonca in Lune

Fotografiranje Sonca in Lune za namen določitve albeda moramo opraviti isti dan, predvsem zaradi stanja atmosfere. Kot je omenjeno v 2.4.1 se albedo (odboj svetlobe do Zemlje) Lune spreminja glede na položaj Lune (mena Lune). Luno moramo zato, če je le mogoče fotografirati v času polne Lune, oziroma čim bližje (plus/minus en dan) te Lunine mene. Težave nam je povzročalo vreme. Polna Luna se pojavi na 29 dni, ni pa nujno, da je na ta dan primerno vreme za fotografiranje.

4.2.2 Izračun albeda za 1. 2. 2020

Najbolj idealen dan za fotografiranje Sonca in Lune je bil 1. 2. 2020. Luno smo fotografirali ob 18:35. Sonce smo fotografirali ob petih različnih urah. S tem smo hoteli ugotoviti ali položaj Sonca vpliva na količino vrednosti signala, ki jo zazna fotoaparati. Rezultati izračunov albedov za posamezne kanale in njihovo povprečje so predstavljeni v preglednici 2.

Preglednica 2: Izračunani albedi po RGB kanalih in skupen albedo za Luno

Fotografiranje Sonca	Višina Sonca	Rdeči kanal	Zeleni kanal	Modri kanal	Povprečje
1.meritev (10:07)*	20,49°	0,11	0,19	0,14	0,147
2.meritev (11:12)*	24,82°	0,12	0,21	0,16	0,163
3.meritev (12:21)*	26,00°	0,12	0,21	0,16	0,163
4.meritev (13:14)*	24,51°	0,12	0,21	0,16	0,163
5.meritev (14:01)*	21,37°	0,11	0,19	0,15	0,150
povprečje	/	0,116	0,202	0,154	0,157
Odstopanje med povprečji albeda					4 %

*čas fotografiranja Sonca

Iz preglednice 2 lahko razberemo, da se albedi med različnimi kanali razlikujejo. Najnižji albedo je bil zaznan v rdečem kanalu (0,116), nato v modrem (0,154) največji pa v zelenem (0,202). Povprečen albedo v RGB spektru je bil 0,157. Kar pomeni, da je po naši meritvi odbojnost Lune približno 0,157. Podatki iz literature opisujejo povprečen albedo Lune, ki znaša 0,12.

Iz preglednice 2 je tudi razvidno, da se albedi razlikujejo po urah. Največje albede smo dobili, ko smo uporabili podatke, ki so bili zajeti okoli poldneva. Ob pravilni obtežitvi parametra AM in naraščanju vrednosti signalov z višino Sonca bi morali biti rezultati za albedo enaki. V našem primeru parameter AM praktično ni imel takšnega vpliva kot smo predpostavili v izračunih. Rezultate lahko vidimo v preglednici 3.

Te razlike albedov so lahko posledica mnogih dejavnikov kot so: kemična onesnaženost ozračja, vlažnost atmosfere, občutljivost senzorjev v fotoaparatu in sestava površja Lune.

Preglednica 3: Vrednosti signalov Sonca ($I_{S,det}$) po urah dne 1. 2. 2020

	10:07	11:12	12:21	13:14	14:01
Rdeči kanal	129.000.000	131.000.000	131.000.000	130.000.000	130.000.000
Zeleni kanal	127.000.000	128.000.000	129.000.000	127.000.000	127.000.000
Modri kanal	128.000.000	130.000.000	130.000.000	129.000.000	1280.00.000

Iz preglednice 3 je razvidno, da se vrednosti signalov skozi ure in tudi barvne kanale nekoliko spreminjajo. Le to je posledica višine Sonca in tako različne slabitve energijskega toka zaradi atmosfere. Te razlike so za primer naših meritev zanemarljivo majhne.

4.2.3 Izračun albeda za tri najidealnejše dni

Preglednica 4: Rezultati albeda za tri najidealnejše dni

Datum:	Rdeči kanal	Zeleni kanal	Modri kanal	Povprečje
10. december 2019	0,14	0,25	0,19	0,19
6. januar 2020	0,08	0,15	0,11	0,11
1. februar 2020	0,11	0,20	0,16	0,16
povprečje	0,11	0,20	0,15	0,15

Iz preglednice 4 lahko razberemo, da albedi nekoliko odstopajo drug od drugega. Le to je lahko posledica raznih dejavnikov (4.2.2) in pa Lunine mene ter njene oddaljenosti od Zemlje. Upoštevati je potrebno še relativno napako, ki znaša v tem primeru okoli 20 %.

Preglednica 5: Povprečni albedo vseh rezultatov in relativna napaka

Povprečni albedo	0,15
Relativna napaka	20 %

Iz vseh albedov, ki smo jih izračunali tekom naloge smo izračunali povprečje. To znaša 0,15. Če pogledamo še relativno napako opazimo, da pade Lunin albedo iz literature v območje naših rezultatov. Kar pomeni, da je bila naša naloga uspešna. V primeru, da na Zemlji ne bi imeli vseh mogočih dejavnikov, ki nas ovirajo bi lahko bili rezultati naših meritev še veliko bolj natančni. Pri relativni napaki smo upoštevali napake vseh parametrov, ki smo jih vstavili v končno enačbo.

4.3 TEMPERATURA LUNINEGA POVRŠJA

S pomočjo enačbe (5) lahko določimo temperaturo Lune.

Za vrednost gostote svetlobnega toka smo uporabili solarno konstanto, za albedo smo uporabili rezultat, ki smo ga izračunali med raziskovalno nalogo, za vrednost emisivnosti smo vzeli 1, uporabili pa smo tudi Stefan- Boltzmannovo konstanto.

Preglednica 6: Podatki ki smo jih vstavili v enačbo (5) in rezultat.

gostota svetlobnega toka [W/K]	albedo	emisivnost	Stefan- Boltzmannova konstanta [W/m ² K ⁴]	TEMPERATURA [K]
1316	0,15	1	5,6704*10 ⁻⁸	267

Temperatura na Luninem površju je odvisna od reliefa in obsijanosti površja s Soncem. Ko Sonce posije na Luno se lahko temperatura na tej dvigne do 123 °C, med tem ko se temperatura na strani kjer ni Sonca lahko spusti do -152 °C. Mi smo izračunali, da je temperatura na Luninem površju 267 K ali -6 °C. Rezultat lahko ocenimo kot ustreznega saj naš rezultat za temperaturo pade v razpon Lunine temperature iz literature. [19]

5 ZAKLJUČEK/SKLEPI

V uvodu smo si zadali vprašanje ali je možno s preprostimi instrumenti (napravami) in postopki določiti albedo Lune. Naloga je temeljila na dejstvu, da s fotografiranjem Lune in Sonca določimo vrednosti signalov, ki opisujejo svetlobo, katero oddaja Sonce in odbija Luna. Na podlagi teh podatkov določimo albedo Lune. Največji problem naloge je bil obtežitev signalov s parametrom AM, ki nam upošteva izgube svetlobe, ki potuje skozi atmosfero. Najlažje bi albedo določili, če bi opravljali fotografiranje Sonca in Lune iznad atmosfere Zemlje. S čimer bi odpravili moteči faktor atmosfere. Ker tega nismo mogli smo, morali naše meritve obtežili z nekim faktorjem atmosfere, ki ga strokovno imenujemo parameter airmass (AM).

Za slikanje Lune in Sonca smo uporabili teleskop in zrcalnorefleksni fotoaparatus. Ker Sonca ne moramo slikati brez filtra, smo si pridobili posebno folijo in sami izdelali filter za teleskop. V prvem delu naloge smo želeli preveriti prepustnost filtra. Kljub več poskusom meritve prepustnosti z luksmetrom, nismo mogli izmeriti take prepustnosti kot jo navaja proizvajalec folije. Rezultati pri meritvi prepustnosti filtra niso bili v skladu z našimi pričakovanji in literaturo. Našo prvo hipotezo tako lahko zavrnamo. Z Vernirejevim luksmetrom torej ne moramo kvalitetno določiti prepustnosti filtra. Zato smo pri preverjanju druge hipoteze uporabili proizvajalčeve podatke o prepustnosti filtra.

Pri slikanju Sonca in Lune smo naleteli na kar nekaj težav. Za pravičen izračun izseva Lune smo jo morali fotografirati v času polne lune +/- en dan, kar je vsej prej kot lahko. Polna Luna se namreč pojavi na 29 dni in še takrat mora biti ugodno vreme (brez megle in oblakov). Tudi Sonce moramo fotografirati isti dan, saj s tem izničimo različne razmere v atmosferi. Tako smo v zimskem času uspeli dobiti primerne fotografije Lune in Sonca le v enem terminu, to je 1. 2. 2020. Za Sonce smo opravili več meritev in sicer vsaka uro, pri čemer smo želeli ugotoviti ali je obtežitev s parametrom AM pravilna. Izsev Sonca je namreč odvisen od zenitnega kota, ki pa ga lahko izničimo z obtežitvijo s parametrom AM. Prva ugotovitev je bila, da ta obtežitev ni najboljša, saj smo pri večjih zenitnih kotih dobili višje vrednosti izseva. Razlike so sicer majhne, vendar obstajajo (ocena za relativno napako albeda je bila 20 %). Tako smo v povprečju dobili izračunan albedo 0,157, kar je malenkost več kot so podatki v literaturi (0,12).

Zanimivi pa so rezultati za albedo, ko smo obdelovali posamezni kanal. Albedi za posamezne kanele se zelo razlikujejo. Največji albedo smo izračunali v zelene kanalu (0,202), najmanjšega pa v rdečem (0,116). To lahko pomeni dvoje. Prvič, da se od Lune odbije več zelenega kot rdečega spektra, drugič pa to, da je mogoče fotoaparatus bolj občutljivi na zeleni spekter.

Podobno analizo, vendar manj podrobno glede meritev, smo opravili tudi za manj vremensko ugodne termine in proti pričakovanju prišli do podobnih vrednosti za albedo.

Tako lahko hipotezo 2, ki se glasi : "Naši rezultati albeda se bodo ujemali z dostopnimi podatki iz literature," delno potrdimo.

Kot smo že omenili, smo bili priča mnogim dejavnikom, ki so nas skozi raziskovalno nalogo ovirali. Če se ti ne bi pojavljali, bi naši rezultati lahko bili še toliko bolj natančni.

Naš izračunan albeda in albedo Lune se oba ujemata z albedom starega asfalta, ki niha okoli številke 0,12.

S pomočjo albeda smo ocenili temperaturo Lune na približno $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ta temperatura se tudi sklada s podatki iz literature.

Ob koncu so se nam porodila nekatera odprta vprašanja. Kot prvo nas zanima, ali bi prišli do podobnih rezultatov, če bi fotografirali Luno in Sonce v času, ko sta na nebu enako visoko. V času našega fotografiranja je bila Luna visoko, Sonce nizko, tako, da je mogoče obtežitev s parametrom AM imela prevelik ali premajhen učinek.

Drugo vprašanje je, ali obstaja kakšna boljše metoda obtežitve kot s parametrom AM. V nalogi smo namreč izračunali albedo večji kot je v resnici, kar pa je lahko posledica dveh dejavnikov in sicer, da smo Luni izmerili prevelik izsev ali pa Soncu premajhnega.

VIRI in LITERATURA

- [1] Avsec, F. in Prosen, M. (2006). *Astronomija*. Ljubljana: DMFA
- [2] dr. Williams D. R. (2020). Moon Fact Sheet. Pridobljeno s <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/moonfact.html> (28. 2. 2020)
- [3] NASA Science. (2020). Pridobljeno s <https://solarsystem.nasa.gov/solar-system/sun/overview/> (28. 2. 2020)
- [4] dr. Williams D. R. (2018). Sun Fact Sheet. Pridobljeno s <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/sunfact.html> (28. 2. 2020)
- [5] Carlos (2019). Can Solar Panels Work with Artificial Lights? Pridobljeno s <https://ecotality.com/can-solar-panels-work-with-artificial-light/> (26. 2. 2020)
- [6] Choi C. Q. (2018). Planet Earth: Facts About Its Orbit, Atmosphere & Size. Pridobljeno s <https://www.space.com/54-earth-history-composition-and-atmosphere.html> (1. 3. 2020)
- [7] Kidz feed (b.d). Pridobljeno s <https://kidzfeed.com/earth-facts-for-kids/> (1. 3. 2020)
- [8] Sharp T. (2017). Earth's atmosphere: Composition, Climate & Weather. Pridobljeno s <https://www.space.com/17683-earth-atmosphere.html> (1. 3. 2020)
- [9] Fraser C. (2008). Moon Albedo. Pridobljeno s <https://www.universetoday.com/19981/moon-albedo/> (27. 2. 2020)
- [10] Lucluk M. (2019). How Bright is the Moon? Pridobljeno s <https://asterism.org/2019/04/12/how-bright-is-the-moon/> (27. 2. 2020)
- [11] Dickinson D. (2017). How Bright is the Moon ... Exactly? Pridobljeno s <https://www.skyandtelescope.com/astronomy-news/how-bright-moon-exactly/> (27. 2. 2020)
- [12] Lunin albedo Pridobljeno s https://lunarpedia.org/w/Lunar_Albedo (2. 3. 2020)
- [13] NASA Science (2019). Pridobljeno s <https://spaceplace.nasa.gov/telescopes/en/> (28. 2. 2020)
- [14] ScienceDaily (b.d). Pridobljeno s <https://www.sciencedaily.com/terms/telescope.htm> (1. 3. 2020)
- [15] Vogrinčič R. (2020). Ustni vir

- [16] Wikipedia The Free Encyclopedia (2020). Pridobljeno s [https://en.wikipedia.org/wiki/Air_mass_\(solar_energy\)#Solar_intensity](https://en.wikipedia.org/wiki/Air_mass_(solar_energy)#Solar_intensity) (26. 2. 2020)
- [17] Wikipedija prosta enciklopedija (2017). Pridobljeno s https://sl.wikipedia.org/wiki/Zenitna_razdalja (1. 3. 2020)
- [18] How to Calculate Planetary Equilibrium Temperature in Binary systems (2019). Pridobljeno s <https://astronomy.stackexchange.com/questions/29293/how-to-calculate-planetary-equilibrium-temperature-in-binary-systems?answertab=active#tab-top> (5. 6. 2020)
- [19] Sharp T. (2017). What is the Temperature on the Moon? Pridobljeno s <https://www.space.com/18175-moon-temperature.html> (5. 6. 2020)

PRILOGA A

Mi smo uporabljali filter proizvajalca BAADER ASTROSOLAR FILM.



National Aeronautics and
Space Administration

Goddard Space Flight Center
Greenbelt, Maryland 20771

SPECTRAL RESPONSE OF SOME COMMONLY AVAILABLE SOLAR FILTERS

