

Lunini mrki



ANDREJ GUŠTIN

→ Letošnji popolni Lunin mrk je v javnosti vzbudil veliko pozornosti z glavnim poudarkom na rekordnem trajanju tega nebesnega pojava. Resnici na ljubo pa je bil ta mrk za javnost zanimiv predvsem zaradi tega, ker je bil viden v večernih urah in sredi poletja. Podoben mrk, ki bi nastopil v drugi polovici noči in sredi zime, bi pritegnil mnogo manj opazovalcev. Toda Lunini mrki so več kot le atrakcija.

Pogostost Luninih mrkov

Od leta 2000 pr. n. št. do leta 3000 je bilo oziroma bo 7718 delnih in popolnih Luninih mrkov, še približno toliko pa je polsenčnih. V določenem letu so lahko do trije delni in popolni mrki. Polsenčni Lunini mrk pogosto ostanejo neopaženi, saj ploskvice Lune pri tem le neznatno »potemni«, česar s prostim očesom skoraj ni mogoče opaziti.

Obarvanost Lune med mrkom

Marsikoga preseneti dejstvo, da je tudi ob popolnem mrku Lunina ploskvice osvetljena. Še več. Obarvana je lahko v različnih barvah, od rumenkaste do temno rdeče. Večina mrkov pa je rdečkastih. Tudi svetlost Lunine ploskvice se od mrka do mrka razlikuje, spreminja se lahko tudi med samim mrkom. Senca tudi ni enakomerno svetla, temveč je na robu svetlejša kot v sredini, pogosto pa je v sredini bolj rdeča, ob robu pa oranžno-rumena. Vsem mrkom pa je skupna odsotnost modre svetlobe. Vsa ta dejstva kažejo, da Zemljina senca ni povsem temna. Razlog za to je prehod svetlobe Sonca skozi Zemljino ozračje.

Prvi učinek ozračja poznamo iz vsakdanjega življenja – modro nebo. Na molekulah v zraku pride do t. i. Rayleighovega sipanja svetlobe Sonca, ki je najintenzivnejše za krajše valovne dolžine, torej za modro svetlobo. Ta pojav je kriv, da je nebo podnevi modro.

Druga posledica sipanja svetlobe v ozračju je ta, da so nebesna telesa videti bolj rdeča, kot so v resnici. Atmosferska pordečitev je tem bolj opazna, čim nižje je nebesno telo nad obzorjem. Razlog je mogoče enostavno razumeti. Ko je nebesno telo v zenitu, je pot njegove svetlobe skozi ozračje najkrajša in je sipanja manj kot v primeru, ko je nebesno telo



SLIKA 1.

Montaža različnih faz Luninega mrka, ki je bil iz naših krajev viden 28. septembra 2015. (Foto: Andrej in Liza Guštin)



nizko nad obzorjem. Nižje kot je nebesno telo nad obzorjem, daljša je pot njegove svetlobe skozi ozračje, kar pomeni, da je sipanja več. To je razlog, da je Sonce med vzhajanjem in zahajanjem videti oranžno-rdeče, saj mu je ozračje odvzelo veliko modre svetlobe.

Letošnji večerni Lunin mrk je spodbudil ljudi, da so začeli Luno opazovati že kak dan pred dogodkom. Marsikdo je opazil, da je tudi Luna nizko nad obzorjem rdečkasta, in je menil, da je mrk že nastopil. Na naslovnici je potrditev tega. Fotografija je bila sicer posneta v času delne faze Luninega mrka, a lepo je videti, da je svetli del Lunine ploskvice rdečkast. Ta obarvanost je posledica pordečitve Lune nizko nad obzorjem in ne rdeče svetlobe v Zemljini senci. Atmosferskih vzrokov za spreminjanje barve nebesnih teles je še več, npr. količina prašnatih delcev v ozračju, zračna vlaga.

Ozračje pa ima še en pomemben učinek na svetlobo nebesnih teles. Pri prehodu svetlobe skozi ozračje pride do loma svetlobe. Posledica tega je navidezna sprememba lege nebesnih teles. Višina nebesnih teles je zaradi tega večja, kot če ozračja ne bi bilo. V zenitu (pravokotni vpad svetlobe) loma ni, nižje, kot je nebesno telo nad obzorjem, bolj je ta učinek zaznaven. Na obzorju je lomni kot večji od pol stopinje. Pomislimo. Navidezni premer Sonca je približno pol stopinje. To pomeni, da, ko vidimo Sonce tik nad obzorjem, je to v resnici že vse pod obzorjem.

Sipanje in lom svetlobe v ozračju sta tudi glavna vzroka, ki dajeta barvo Luninim mrkom. V resnici je temeljita obravnava tega pojava zelo zapletena, zato bomo morali malo poenostaviti. Za svetlobo, ki pride v Zemljino senco, je pomemben predvsem tisti del svetlobe Sonca, ki gre nizko nad površjem Zemlje, torej svetloba, ki jo vidimo ob zahajanju Sonca. Ta je zaradi sipanja pordečena. Zato gre zaradi loma v ozračju v Zemljino senco predvsem svetloba daljših valovnih dolžin. Kolikšen delež posameznega spektralnega območja svetlobe pride v senco, je posledično odvisno od pogojev v ozračju na območjih, kjer takrat Sonce zahaja – oblačnost, prisotnost prašnatih delcev (pomembno obarvanost prispevajo tudi veliki izbruhi vulkanov) ... Vse to so razlogi, da se Lunini mrki po obarvanosti in svetlosti med seboj lahko zelo razlikujejo.

Ocena barve – Danjonova lestvica

Enostavna vaja, ki jo lahko izvedemo med popolnim Luninim mrkom, je ocena obarvanosti in svetlosti Lunine ploskvice. Za to je v rabi Danjonova petstopenjska lestvica (po francoskem astronomu André-Louisu Danjonu, 1890–1967). Lestvica je sicer opisna in deloma subjektivna, a dovolj natančna, da lahko mrke med seboj ločimo in ocene primerjamo z drugimi opazovalci. Vrednost po Danjonu:

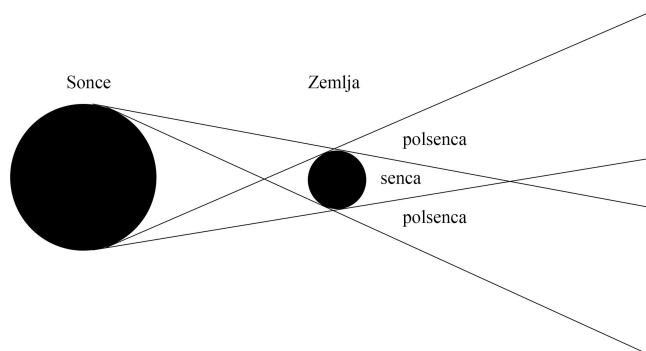
- 0 – zelo temen mrk. Lune skoraj ni videti, še posebej ob sredini mrka.
- 1 – temen mrk. Ploskvice Lune je sivkasta ali rjavkasta. Podrobnosti na njej so težko razločljive.
- 2 – temno rdeč mrk. Lunina ploskvice je rjaste barve. Sredina sence je znatno temnejša od njene roba – rob Lune, ki je bližje sredini sence, je mnogo temnejši od roba Lune, ki je bližje robu sence.
- 3 – svetel mrk. Luna je obarvana opečnato-rdeče. Rob sence je rumenkast.
- 4 – zelo svetel mrk. Luna je obarvana bakreno-rdeče do oranžno. Rob sence je modrikast.

Lahka geometrijska naloga z Luninim mrkom

Brez večjih ovir lahko predpostavimo, da je Zemlja krogla. Ker je obsijana s Soncem, na nasprotni strani meče senco. Senca je stožčasta, ker Sončevi žarki niso vzporedni, saj je Sonce sorazmerno blizu Zemlje in je veliko. Z Zemlje Sončevo ploskvico vidimo pod kotom približno $1/2$ stopinje. Obliko sence in plosence najlažje razumemo z enostavno sliko. Velikosti in oddaljenosti na sliki seveda niso v pravem razmerju, zato tudi dolžina sence in širina plosence niso.

Če bi bil v vesolju velik zaslon, ki bi stal za Zemljo pravokotno na zveznico med Soncem in Zemljo, bi na njem videli senco kot temnejši krog, okoli nje pa svetlejši kolobar – plosenco. V vesolju takega zaslona ni, občasno pa manjši zaslon, to je Luna, prečka plosenco in senco Zemlje. To je Lunin mrk, ki ga lahko izkoristimo za meritev premera Zemljine sence na oddaljenosti Luna-Zemlja.

Med delno fazo Luninega mrka, ko je del Lunine ploskvice v Zemljini senci, del pa v plosenci, je že s prostim očesom lepo vidno, da je lok sence manj



SLIKA 2.

ukravljen, kot je rob Lune. Že iz tega lahko sklepamo, da je polmer Zemljine sence večji od polmera Lune. V določenem trenutku delne faze Luninega mrka pa lahko z osnovnim znanjem geometrije izmerimo oziroma izračunamo polmer Zemljine sence v polmerih Lune. To je takrat, ko je tetiva sence enaka premeru Lune.

Meritev lahko izvedemo med mrkom, lahko pa potek mrka fotografiramo oziroma posnamemo zaporedje fotografij in med njimi poiščemo tisto, ki zadošča zgornjemu pogoju.

Naloga

S fotografijo delne faze letošnjega Luninega mrka (slika 2) določi razmerje med polmerom Lune in Zemljine sence, kjer se je nahajala Luna. Oцени mersko napako.

Izrazi polmer sence v kilometrih. Za to moraš poznati polmer Lune.

Nadaljevanje naloge je težje.

Če poznamo polmera Zemlje in Lune ter oddaljenost Lune ob mrku, potem lahko iz ocene, ki jo dobimo v prvem delu naloge, določimo tudi astronomsko enoto. Poskusi!

Kdo je prvi poskusil na podoben način izraziti razmerja velikosti in oddaljenosti Sonca in Lune?

Kakšna je bila njegova »napačna« predpostavka o obliki Zemljine sence?

Prihodnji Lunini mrki

Tabela 1 prikazuje vse Lunine mrke v prihodnjih štirih letih. Očitno je, da so Lunini mrki pogostejši ne-



SLIKA 3.

Foto: Andrej Guštin

besni pojav, kot se nam zdi. Res pa je, da je večina mrkov polsenčnih; ti niso nikakršna atrakcija in minejo neopaženi. Več podatkov o mrkih najdete na spletni strani www.mreclipse.com, kjer smo tudi dobili grafične prikaze mrkov.

Podrobneje si bomo ogledali potek Luninih mrkov v prihodnjem letu. Na obeh slikah so označene smeri neba in začetki posameznih faz mrka po srednjeevropskem času, za drugi mrk pa v poletnem času (zaokrožene na minuto natančno):

- P1 – začetek vstopanja Lune v Zemljino polsenco (začetek polsenčne faze mrka)
- U1 – začetek vstopanja Lune v Zemljino polsenco (začetek delne faze mrka)
- U2 – začetek popolne faze mrka
- Sr – sredina mrka
- U3 – konec popolne faze mrka
- U4 – konec delne faze mrka
- P4 – izstop Lune iz Zemljine plosence (konec vseh faz mrka)





leto	datum	čas sredine mrka (UT)	vrsta	čas trajanja senčne faze/ popolne faze	območje vidnosti
2019	21. 1.	5.13.27	popolni	3 h 17 min/ 1 h 2 min	Tihi ocean, Amerika, Evropa, Afrika
2019	16. 7.	21.31.55	delni	2 h 58 min	Južna Amerika, Evropa, Afrika, Azija, Avstralija
2020	10. 1.	19.11.11	polsenčni	-	Evropa, Afrika, Azija, Avstralija
2020	5. 6.	19.26.14	polsenčni	-	Evropa, Afrika, Azija, Avstralija
2020	5. 7.	04.31.12	polsenčni	-	Amerika, jugozahodna Evropa, Afrika
2020	30. 11.	09.44.01	polsenčni	-	Azija, Avstralija, Tihi ocean, Amerika
2021	26. 5.	11.19.53	popolni	3 h 7 min/ 0 h 15 min	v. Azija, Avstralija, Tihi ocean, Amerika
2021	19. 11.	09.04.06	delni	3 h 28 min	Amerika, severna Evropa, v. Azija, Avstralija, Tihi ocean
2022	16. 5.	04.13.42	popolni	3 h 27 min/ 1 h 25 min	Amerika, Evropa, Afrika
2022	8. 11.	11.00.22	popolni	3 h 40 min/ 1 h 25 min	Azija, Avstralija, Tihi ocean, Amerika

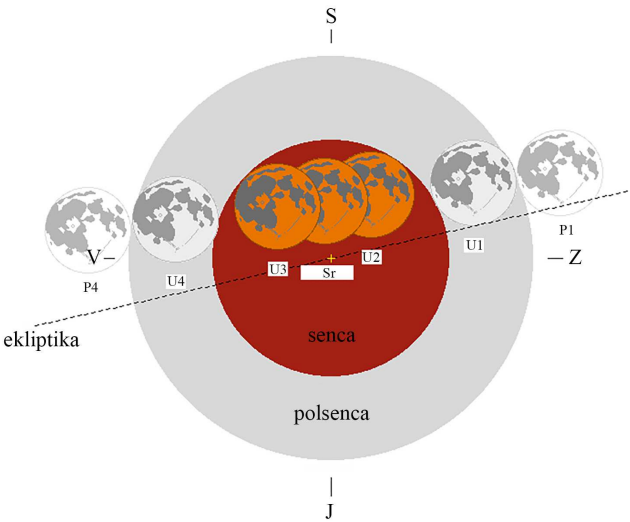
TABELA 1.

21. januar 2019 – popolni Lunin mrk

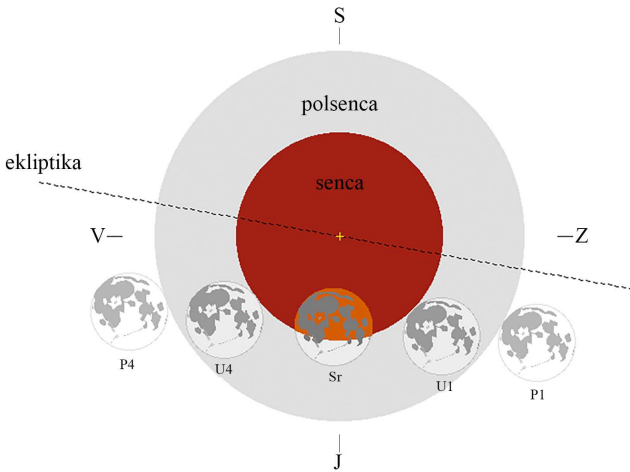
Na ta dan Luna v Sloveniji zahaja okoli 8.30, zato so vidne vse faze mrka razen izstopa Lune iz Zemljine polumesce (slika 4).

16./17. julij 2019 – delni Lunin mrk

V Sloveniji so vidne vse faze mrka (slika 5).



SLIKA 4.
P1 – 3.37; U1 – 4.34; U2 – 5.41; U3 – 6.43; U4 – 7.51; P4 – 8.48



SLIKA 5.
P1 – 20.44; U1 – 22.02; U4 – 1.00 (17. 7.); P4 – 2.18 (17. 7.)

× × ×