

# Par zanimljivih crtica o pomrčini Sunca. Zašto prosječna osoba nije primijetila pomrčinu?

---

Poljak, Nikola

Source / Izvornik: **Matematičko fizički list**, 2015, 260, 256 - 259

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:130093>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



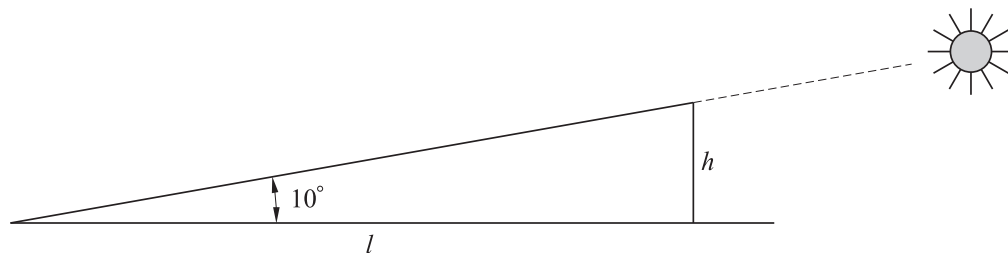


## Par zanimljivih crtica o pomrčini Sunca. Zašto prosječna osoba nije primijetila pomrčinu?

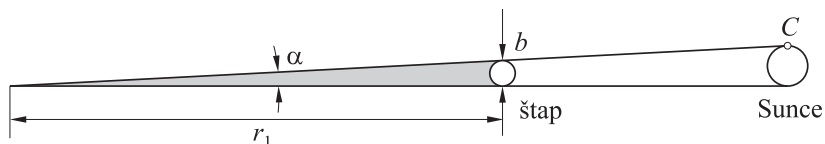
Nikola Poljak<sup>1</sup>

Ove se godine 20. ožujka s prostora Republike Hrvatske mogla opaziti djelomična pomrčina Sunca. Vrijeme u Zagrebu bilo je vedro te je pomrčina bila lako opaziva s mog krova, odakle sam je i slikao fotoaparatom. Kako prolazak Mjesečeva diska preko Sunčeva traje dosta dugo, imao sam vremena promatrati i kretanje grada oko sebe, kad sam zapazio da gotovo nitko nije primijetio ništa neobično. Drugim riječima, oni koji nisu čuli za pomrčinu putem vijesti, nisu ni znali da se dešava. Pitao sam se kako je uopće moguće da se ništa ne primjećuje kad je Mjesečev disk prekrpio gotovo 60% površine Sunčeva diska?

Priču koja će najbolje ilustrirati opažanje pomrčine zgodno je započeti tipičnim srednjoškolskim zadatkom. Pretpostavite da je u tlo zabijen valjkasti štap promjera  $b = 10$  cm i visine  $h = 5$  m. Sunce se nalazi na  $10^\circ$  iznad horizonta. Kolika je duljina sjene koju baca štap? [1] Uobičajeno rješenje zadatka koristi jednostavan trigonometrijski račun i kao rješenje daje  $l = h \operatorname{ctg} 10^\circ = 28.35$  m.



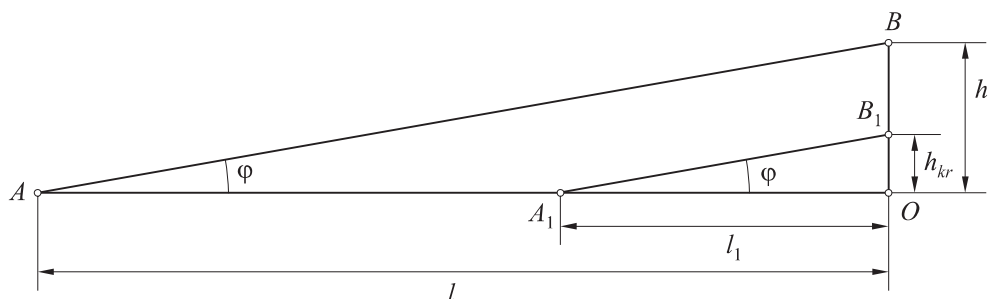
Međutim, ovo rješenje ne uzima u obzir dvije činjenice: da štap ima neku širinu i da Sunce nije beskonačno udaljen točkasti izvor. Ustvari, Sunce je na prosječnoj udaljenosti od Zemlje 149.5 milijuna kilometara i ima promjer od oko 1.4 milijuna kilometara. Gledano sa Zemlje, sunčev disk zatvara kut od oko  $\alpha = 0.54^\circ$ . Zašto je to bitno u razmatranju može se vidjeti sa sljedeće slike, na kojoj se vidi da će puna sjena nastajati samo na onim mjestima s kojih štap potpuno prekriva Sunčev disk. Primijetimo da se ovdje radi o sjeni u zraku, a ne o projekciji na tlo.



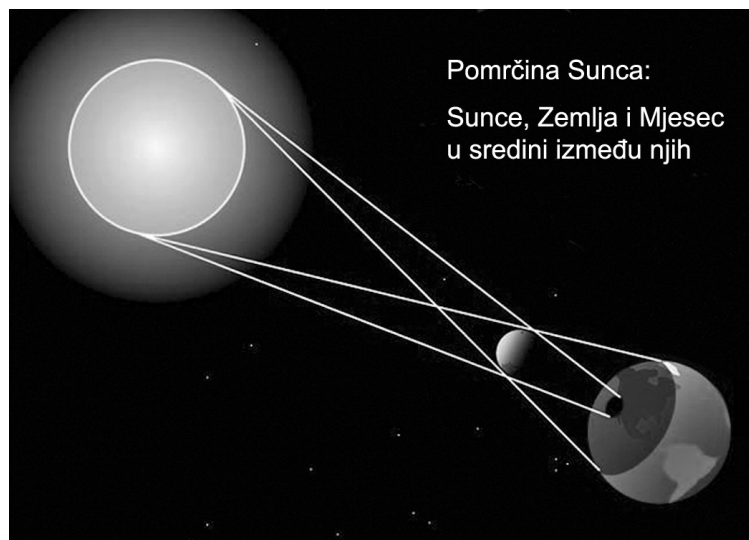
Ako s  $r_1$  označimo duljinu sjene u zraku, tad iz zatamnjenog (približno pravokutnog) trokuta vrijedi  $r_1 = b / \sin \alpha = 11.4$  m. Napokon, duljina pune sjene na podu sad

<sup>1</sup> Autor je docent na Fizičkom odsjeku PMF-a u Zagrebu; e-pošta: npoljak@phy.hr

je  $l_1 = r_1 \cos 10^\circ = 11.2$  m. Zanimljivo je primjetiti da samo dio štapa do visine  $h_{kr} = r_1 \sin 10^\circ = 2$  m daje punu sjenu! Ostatak štapa, do visine 5 m, davat će na tlu ono što nazivamo polusjenom, tj. zaklanjat će samo dio Sunčeva diska, dok će od ostatka diska dolaziti svjetlost.



Potpuno identična situacija ovoj opisanoj dešava se tijekom pomrčine Sunca, uz razliku što štap predstavlja Mjesec. Na mjestima na Zemlji gdje Mjesečev disk potpuno zaklanja Sunčev dolazi do potpune pomrčine, a na mjestima gdje se stvara polusjena dolazi do djelomične pomrčine.



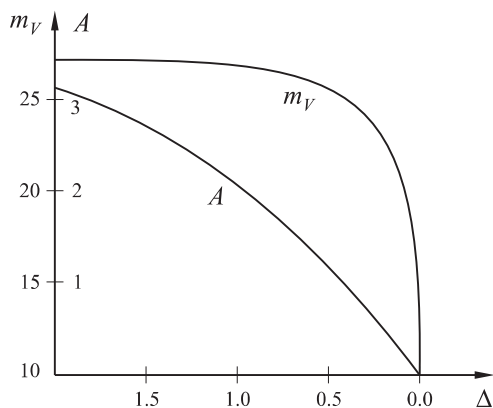
Jako je zanimljivo da je površina pune sjene na Zemlji dosta mala, što govori da je prostorni kut koji zatvara Mjesec gotovo identičan prostornom kutu Sunca. Naravno, to ovisi o relativnim udaljenostima Mjeseca i Sunca, koji se mijenjaju u vremenu. No, ako uzmemo da se udaljenost Sunca mijenja u granicama 147–152 milijuna km, a Mjeseca 363.1–405.7 tisuća km, te promjere Sunca, Mjeseca i Zemlje, ispada da Sunce zatvara kut  $0.528^\circ$ – $0.546^\circ$ , a Mjesec  $0.499^\circ$ – $0.558^\circ$ , što je fantastična podudarnost! Možemo se pitati je li ovo jedinstven slučaj u našem sustavu ili se dešava češće? Zasad je poznato oko 170 prirodnih satelita koji orbitiraju oko 8 planeta i poznate su njihove veličine i udaljenosti od planeta, kao i udaljenosti planeta od Sunca, pa se na pitanje može odgovoriti računski. Ukoliko se razmatra omjer kuta koji zatvara pojedini mjesec i kuta koji zatvara Sunce s površine planeta tog mjeseca, dobivaju se brojevi u rasponu 0.000024 za male mjesece Jupitera do 26.4 za Neptunov najveći mjesec Triton. Omjer je najbliži jedinici upravo za Zemljin mjesec i iznosi u prosjeku 0.98, a vrlo blizu je

i Saturnov mjesec Pandora, s prosjekom omjera 1.03 (uz pretpostavku da se pomrčina može promatrati sa Saturnova ekvatora)!<sup>2</sup>

Iako je ovo razmatranje zanimljivo, ne odgovara na pitanje zašto se tijekom ovogodišnje djelomične pomrčine nije zamijetilo manje dnevno osvjetljenje no inače, iako je Mjesec prekrrio preko 50% površine Sunca? Odgovor ne treba tražiti samo u fizici izvora, već i u fizici detektora, u ovom slučaju ljudskog oka.

Ljudska osjetila prate zakon koji kaže da je taman osjetljiva razlika između dva stimulansa (zvuka, svjetlosna vala, pritiska, mase u ruci itd.) direktno proporcionalna veličini stimulansa. [2] Npr. ako netko može osjetiti razliku između 100 g i 105 g, što je 5% razlike, tad će moći osjetiti i razliku između 200 g i 210 g (isto 5%), ali ne i manje razlike. Iz ovog zakona proporcionalnosti može se izvesti i općenitiji zakon koji govori da je odnos između stimulusa i percepcije tog stimulusa logaritamski, a ne linearan. Vrlo je poznati primjer zvuk – nama se čini da je zvuk perilice (80 dB) nešto glasniji od zvuka TV-a (70 dB), koji je pak nešto glasniji od razgovora u restoranu (60 dB), dok je u stvarnosti zvuk perilice intenzitetom četiri puta veći od razgovora u restoranu. Identična se situacija dešava s percepcijom svjetlosti, iako se rjeđe spominje. Moglo bi se reći kako ljudska osjetila izgladuju velike varijacije u intenzitetu u male varijacije u percepciji.

Sad se već nazire razlog zašto su djelomične pomrčine Sunca slabo zamjetne. Kako je intenzitet svjetlosti koji dolazi sa Sunca vrlo velik, potreban je i velik pad u intenzitetu kako bi uopće uočili razliku u osvjetljenju. Precizan račun može pokazati kako se odnose percepcija osvjetljenja (vizualna magnituda,  $m_V$ ) i otkrivena površina Sunca ( $A$ ) u odnosu na prividnu udaljenost središta kružnica Sunca i Mjeseca podijeljenu s prividnim polumjerom Sunca  $\Delta$ . [3]



Kratak pogled na graf pokazuje da je uočeno osvjetljenje ( $m_V$ ) gotovo stalno od trenutka kad započinje pomrčina ( $\Delta = 2$ ) pa do trenutka kad je prekriveno 3/4 promjera Sunca ( $\Delta = 0.5$ ). Tad percepcija osvjetljenja počinje naglo padati i pomrčina postaje jasno zamjetna. U slučaju pomrčine 20. ožujka, u trenutku maksimalnog prekrivanja, Mjesec je prekrrio 58% površine Sunca, što odgovara  $\Delta = 0.66$ , tj. taman nedovoljno da se primijeti zamračenje dnevnog svjetla! U zaključku, da bi se primijetilo zamračenje, a time i pomrčina, Mjesec mora prekriti vrlo velik dio površine sunčeva diska (oko 90%), što je i razlog zašto u povijesti uglavnom nisu zabilježene djelomične pomrčine.

<sup>2</sup> Varijacije udaljenosti satelita od točke gledišta na planetu utječu na odstupanje od prosjeka omjera, isto kao i u slučaju Zemlje, opisano ranije.

| br. | Ime satelita | Radius (km) | Poluos putanje (km) | Radius planeta (km) | Udaljenost (km) | Planet  | Udaljenost do Sunca (km) | Veličina sunca (°) | Veličina satelita (°) | Omjer     |
|-----|--------------|-------------|---------------------|---------------------|-----------------|---------|--------------------------|--------------------|-----------------------|-----------|
| 1   | S/2003 J 9   | 0,5         | 23388000            | 71492               | 23316508        | Jupiter | 778928508                | 0,1029800          | 0,0000025             | 0,000024  |
| 2   | S/2011 J 2   | 0,5         | 23329000            | 71492               | 23257508        | Jupiter | 778928508                | 0,1029800          | 0,0000025             | 0,000024  |
| 3   | S/2010 J 2   | 0,5         | 20307000            | 71492               | 20235508        | Jupiter | 778928508                | 0,1029800          | 0,0000028             | 0,000027  |
| 4   | S/2011 J 1   | 0,5         | 20155000            | 71492               | 20083508        | Jupiter | 778928508                | 0,1029800          | 0,0000029             | 0,000028  |
| ... |              |             |                     |                     |                 |         |                          |                    |                       |           |
| 119 | Calypso      | 9,5         | 294710              | 60268               | 234442          | Saturn  | 1429939732               | 0,0560962          | 0,0046435             | 0,082777  |
| 120 | Deimos       | 6,2         | 23460               | 3396                | 20064           | Mars    | 227996604                | 0,3518173          | 0,0354101             | 0,100649  |
| 121 | Helene       | 16          | 377420              | 60268               | 317152          | Saturn  | 1429939732               | 0,0560962          | 0,0057810             | 0,103056  |
| 122 | Teleso       | 12          | 294710              | 60268               | 234442          | Saturn  | 1429939732               | 0,0560962          | 0,0058654             | 0,104560  |
| 123 | Adrastea     | 9           | 129000              | 71492               | 57508           | Jupiter | 778928508                | 0,1029800          | 0,0179336             | 0,174146  |
| 124 | Hyperion     | 135         | 1500880             | 60268               | 1440612         | Saturn  | 1429939732               | 0,0560962          | 0,0107384             | 0,191428  |
| 125 | Nereid       | 170         | 5513400             | 24764               | 5488636         | Neptun  | 4499975236               | 0,0178255          | 0,0035493             | 0,199112  |
| 126 | Mab          | 5           | 97736               | 25559               | 72177           | Uran    | 2879974441               | 0,0278524          | 0,0079382             | 0,285011  |
| 127 | Pan          | 13          | 133580              | 60268               | 73312           | Saturn  | 1429939732               | 0,0560962          | 0,0203199             | 0,362233  |
| 128 | Thebe        | 50          | 221900              | 71492               | 150408          | Jupiter | 778928508                | 0,1029800          | 0,0380936             | 0,369913  |
| 129 | Atlas        | 15,3        | 137670              | 60268               | 77402           | Saturn  | 1429939732               | 0,0560962          | 0,0226513             | 0,403793  |
| 130 | Cupid        | 5           | 74392               | 25559               | 48833           | Uran    | 2879974441               | 0,0278524          | 0,0117330             | 0,421257  |
| 131 | Iapetus      | 735         | 3560840             | 60268               | 3500572         | Saturn  | 1429939732               | 0,0560962          | 0,0240603             | 0,428912  |
| 132 | Metis        | 23          | 128000              | 71492               | 56508           | Jupiter | 778928508                | 0,1029800          | 0,0466413             | 0,452916  |
| 133 | Phobos       | 11,1        | 9380                | 3396                | 5984            | Mars    | 227996604                | 0,3518173          | 0,2125604             | 0,604178  |
| 134 | S/2004 N 1   | 9           | 105283              | 24764               | 80519           | Neptun  | 4499975236               | 0,0178255          | 0,0128085             | 0,718549  |
| 135 | Perdita      | 10          | 76417               | 25559               | 50858           | Uran    | 2879974441               | 0,0278524          | 0,0225317             | 0,808968  |
| 136 | Amalthea     | 85          | 181400              | 71492               | 109908          | Jupiter | 778928508                | 0,1029800          | 0,0886221             | 0,860576  |
| 137 | Mjesec       | 1737        | 384399              | 6378                | 378021          | Zemlja  | 149591493                | 0,5362057          | 0,5265319             | 0,981959  |
| 138 | Pandora      | 41          | 141720              | 60268               | 81452           | Saturn  | 1429939732               | 0,0560962          | 0,0576813             | 1,028257  |
| 139 | Prometheus   | 47          | 139380              | 60268               | 79112           | Saturn  | 1429939732               | 0,0560962          | 0,0680782             | 1,213599  |
| 140 | Epimetheus   | 60          | 151410              | 60268               | 91142           | Saturn  | 1429939732               | 0,0560962          | 0,0754372             | 1,344783  |
| 141 | Callisto     | 2408        | 1882700             | 71492               | 1811208         | Jupiter | 778928508                | 0,1029800          | 0,1523492             | 1,479405  |
| 142 | Janus        | 90          | 151460              | 60268               | 91192           | Saturn  | 1429939732               | 0,0560962          | 0,1130936             | 2,016067  |
| ... |              |             |                     |                     |                 |         |                          |                    |                       |           |
| 150 | Rosalind     | 36          | 69900               | 25559               | 44341           | Uran    | 2879974441               | 0,0278524          | 0,0930357             | 3,340314  |
| 151 | Rhea         | 765         | 527070              | 60268               | 466802          | Saturn  | 1429939732               | 0,0560962          | 0,1877933             | 3,347704  |
| 152 | Cordelia     | 20          | 49800               | 25559               | 24241           | Uran    | 2879974441               | 0,0278524          | 0,0945436             | 3,394452  |
| 153 | Desdemona    | 32          | 62700               | 25559               | 37141           | Uran    | 2879974441               | 0,0278524          | 0,0987300             | 3,544758  |
| 154 | Dione        | 563         | 377420              | 60268               | 317152          | Saturn  | 1429939732               | 0,0560962          | 0,2034193             | 3,626260  |
| 155 | Titan        | 2575        | 1221870             | 60268               | 1161602         | Saturn  | 1429939732               | 0,0560962          | 0,2540212             | 4,528317  |
| 156 | Cressida     | 40          | 61800               | 25559               | 36241           | Uran    | 2879974441               | 0,0278524          | 0,1264772             | 4,540982  |
| 157 | Tethys       | 535         | 294670              | 60268               | 234402          | Saturn  | 1429939732               | 0,0560962          | 0,2615426             | 4,662397  |
| 158 | Juliet       | 47          | 64400               | 25559               | 38841           | Uran    | 2879974441               | 0,0278524          | 0,1386627             | 4,978485  |
| 159 | Puck         | 81          | 86000               | 25559               | 60441           | Uran    | 2879974441               | 0,0278524          | 0,1535696             | 5,133698  |
| 160 | Oberon       | 762         | 583500              | 25559               | 557941          | Uran    | 2879974441               | 0,0278524          | 0,1565015             | 5,618964  |
| 161 | Io           | 1818        | 421800              | 71492               | 350308          | Jupiter | 778928508                | 0,1029800          | 0,5946771             | 5,774684  |
| 162 | Portia       | 68          | 66100               | 25559               | 40541           | Uran    | 2879974441               | 0,0278524          | 0,1922055             | 6,900864  |
| 163 | Titania      | 789         | 436300              | 25559               | 410741          | Uran    | 2879974441               | 0,0278524          | 0,2201202             | 7,903099  |
| 164 | Naiad        | 33          | 48227               | 24764               | 23463           | Neptun  | 4499975236               | 0,0178255          | 0,1611693             | 9,041518  |
| 165 | Miranda      | 236         | 129900              | 25559               | 104341          | Uran    | 2879974441               | 0,0278524          | 0,2591833             | 9,305606  |
| 166 | Umbriel      | 585         | 266000              | 25559               | 240441          | Uran    | 2879974441               | 0,0278524          | 0,2788027             | 10,010011 |
| 167 | Thalassa     | 41          | 50075               | 24764               | 25311           | Neptun  | 4499975236               | 0,0178255          | 0,1856205             | 10,413222 |
| 168 | Larissa      | 97          | 73548               | 24764               | 48784           | Neptun  | 4499975236               | 0,0178255          | 0,2278479             | 12,782157 |
| 169 | Ariel        | 579         | 190900              | 25559               | 165341          | Uran    | 2879974441               | 0,0278524          | 0,4012767             | 14,407265 |
| 170 | Proteus      | 210         | 117647              | 24764               | 92883           | Neptun  | 4499975236               | 0,0178255          | 0,2590795             | 14,534236 |
| 171 | Galatea      | 88          | 61953               | 24764               | 37189           | Neptun  | 4499975236               | 0,0178255          | 0,2711552             | 15,211675 |
| 172 | Despina      | 75          | 52526               | 24764               | 27762           | Neptun  | 4499975236               | 0,0178255          | 0,3095703             | 17,366743 |
| 173 | Triton       | 1353        | 354800              | 24764               | 330036          | Neptun  | 4499975236               | 0,0178255          | 0,4697640             | 26,353533 |

## Literatura

- [1] PETER MAKOVETSKIY, *Smotri v koren!*, Nauka, Moskva, 1976.
- [2] H. E. ROSS AND D. J. MURRAY, *E. H. Weber on the tactile senses*, Erlbaum (UK) Taylor & Francis, 1996.
- [3] WALTER OBERSCHELP et al., *Visualisation of eclipses and planetary conjunction events*, The Visual Computer 17: 310–317, 2001.