

ASTRONOMI V KMICI



triindvajsetič

KAZALO

NENAVADNO LETO.....	3
30. OBLETNICA VESOLJSKEGA TELESKOPA HUBBLE – KOZMIČNI GREBEN.....	4
KOLIKO HRANE NAM ZAGOTAVLJA SONCE	6
MOJE JEZIKOSLOVNO DELO	8
DOLOČANJE STAROSTI VESOLJA.....	10
NASTANEK ZVEZD	12
MERJENJE ODBOJNOSTI LUNE.....	15
PREHOD SATELITOV MED KROŽNIMI ORBITAMI.....	17
PRIHODNOST VESOLJSKIH POTOVANJ	21
GIBANJE JUPITROVIH LUN	27
30 LET VESOLJSKEGA TELESKOPA HUBBLE	30
ZGODNJI KRAJSKI ZNANSTVENIK – JANEZ RAFAEL KOBENZL	33
»SOLNČNI MERK«	34

NENAVADNO LETO

Letošnje leto je tudi delo Astronomskega društva Kmica korenito zaznamovala epidemija koronavirusa. Kljub številnim naporom in iskanju nadomestnih terminov ali možnosti izvedbe letos prvič nismo mogli organizirati našega osrednjega dogodka, mladinskega raziskovalnega astronomskega tabora.

Odpovedati smo se morali tudi izobraževanju za mentorje, ki smo ga ob podpori Občine Šalovci lani organizirali v počastitev dvajsete obletnice sončnega mrka. Naš takratni cilj, da to srečanje postane tradicionalno in s časom preraste v strokovni simpozij, ostaja za naslednje leto. Še toliko bolj, saj je namenjen prav tistim, ki bodo po šolah skrbeli za prenos znanja in navduševanje mladih nad astronomijo, kar je eno najpomembnejših poslanstev AD Kmica.

Zaradi izpada dogodkov v živo smo toliko večjo pozornost namenili tistim, ki smo jih lahko realizirali na daljavo, pa čeprav nekatere v nekoliko prilagojeni obliki. Astronomske predavanj, sicer brez astronomskih opazovanj in izvedeno na daljavo, ostaja uvodna prireditel vsakoletnega festivala IZUM, ki ga pod okriljem Zveze za tehnično kulturo Slovenije soustvarjamo od samega začetka. Prav tako smo se toliko bolj potrudili pri ustvarjanju naše letne publikacije Astronomi v Kmici, letos že triindvajsetič. Bralec bo že kmalu opazil, da ne vsebuje

zapisov in utripa s tabora, zato pa ponuja toliko več zanimivega in strokovno raznolikega gradiva, ki še naprej ostaja zanimivo dopolnilno branje šolajoči se mladini ali zainteresirani širši javnosti. Prispevki so bili tudi tokrat strokovno pregledani, za kar se recenzentom iskreno zahvaljujemo.

Stenski koledar nas ne bo zgolj opozarjal na astronomske dogodke v naslednjem letu, ampak ga bo krasila tudi res lepa umetniška fotografija zvezdnega neba s kometom Neowise (C/2020 F3) kot osrednjim astronomskim objektom. Fotografijo je posnel Andrej Hanžekovič, koledarski del Darko Kolar, strokovni pregled pa je opravil Rok Vogrinčič.

Na dogodke tekom leta nas spominjajo zapisi na naši spletni strani www.kmica.si. Izmed njih posebej izpostavljam premierno virtualno razkritje jubilejnega plakata ob 30-letnici vesoljskega teleskopa Hubble, kar je le ponovno potrdilo naše uspešno sodelovanje z Gimnazijo Murska Sobota, za kar gre zahvala predvsem našemu podpredsedniku pom. akad. dr. Renatu Lukaču.

Želim vam, da bo prihodnje leto bolj prijazno za astronomske dejavnosti in da vam bodo razmere omogočile veliko lepih astronomskih dogodkov.

pom. akad. dr. Mitja Slavinec,
predsednik AD Kmica

30. OBLETNICA VESOLJSKEGA TELESKOPA HUBBLE – KOZMIČNI GREBEN

Rok Vogrinčič

Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani

Ikonične slike in znanstveni preboji vesoljskega teleskopa Hubble so na novo opredelili naš pogled na vesolje. V počastitev treh desetletij znanstvenih odkritij je bila izbrana slika, ki prikazuje enega najbolj fotogeničnih primerov številnih burnih zvezdnih porodnišnic. Na portretu (glej sliko spodaj) je predstavljena orjaška meglica NGC 2014 in njena soseda NGC 2020, obe pa sta del obsežnega območja, v katerem nastajajo zvezde. Objekta ležita v Velikem Magellanovem oblaku, ki je satelitska galaksija naše Galaksije Rimska cesta. Od nas je ta oddaljen približno 163.000 svetlobnih let. Podoba je dobila ime "Kozmični greben", ker spominja na greben morskega dna.

24. aprila 1990 je bil izstreljen vesoljski teleskop Hubble na krovu vesoljskega čolnika Discovery skupaj s posadko petih astronautov. Dan kasneje se je utiril v nizko Zemljino orbito in odprl novo oko v vesolje, ki je transformiralo našo civilizacijo. Hubble spreminja sodobno astronomijo tako za astronome kot tudi za splošno javnost, vse pa nas s svojimi izvrstnimi posnetki popelje na čudovito pot raziskovanja in odkrivanja. Za razliko od katerega koli drugega predhodnika je Hubblov teleskop astronomijo naredil relevantno, privlačno in dostopno ljudem vseh starosti. Hubble je do zdaj opravil 1,4 milijona opazovanj in zbral podatke, na podlagi katerih so astronomi po vsem svetu napisali več kot 17.000 strokovno pregledanih znanstvenih publikacij. Gre torej za enega najbolj »plodnih« vesoljskih teleskopov v zgodovini. Že sam Hubblov bogati arhiv podatkov bo prihodnje generacije spodbudil k raziskavam v astronomiji.

Vesoljski teleskop Hubble pod okriljem NASE/ESA vsako leto majhen del svojega dragocenega opazovalnega časa nameni za izdelavo slike leta, ki s svojo bogato podobo vedno znova preseneti znanstvenike in očara javnost. Hubble letošnji mejnik obeležuje s portretom dveh barvitih meglic,

ki razkrivata, kako energetične, masivne zvezde oblikujejo svoje domove iz plina in prahu. Čeprav se zdi, da sta NGC 2014 in NGC 2020 na tej sliki ločeni, sta pravzaprav obe del velikanskega kompleksa zvezd. Zvezdne porodnišnice na sliki gostijo zvezde, ki so vsaj 10-krat masivnejše od Sonca. Te zvezde imajo, v primerjavi z 10 milijardami let dolgo življenjsko dobo našega Sonca, precej kratke življenjske dobe, ki trajajo le okoli nekaj milijonov let. Središče meglice NGC 2014 sestavljajo svetle zvezde, ki so odpihale svoj kokon vodika (obarvan rdeče) in prahu, v katerem so se rodile. Te s svojim močnim ultravijoličnim sevanjem osvetljujejo širšo okolico, hkrati pa sproščajo močne zvezdne vetrove, ki erodirajo plinski oblak zgoraj in desno od njih. Plin je na teh območjih redkejši, zato se zvezdni vetrovi lažje prebijajo skozi, pri tem pa nastajajo mehurčaste strukture. Modro obarvano meglico, ki leži pod NGC 2014, je oblikovala ena sama orjaška zvezda, katere izsev je približno 200.000-krat večji od našega Sonca. Takih zvezd najdemo v naši galaksiji zelo malo, uvrščamo pa jih med tako imenovane Wolf-Rayet zvezde. Zanje naj bi veljalo, da so potomke najbolj masivnih zvezd, svojo maso pa zelo hitro izgubljajo zaradi močnega zvezdnega vetra. Zvezda na sliki je 15-krat masivnejša od Sonca in sprošča močne zvezdne vetrove, ki so očistili območje okoli nje. Svoje zunanje plasti plina je odvrгла v podolgovato stožčasto obliko, pri tem pa izpostavila svoje vroče jedro. Zdi se, kot da je ta zvezda nekoliko odmaknjena od središča. Razlog za to je, ker gledamo ta stožec pod rahlo nagnjenim kotom. V nekaj milijonih let bi lahko ta masivna zvezda postala supernova. Meglici NGC 2020 daje modro barvo kisik, ki je segret na približno 11.000 stopinj Celzija, kar je veliko bolj vroče kot vodik, ki ga obdaja.

Zvezde se rodijo, ko oblaki prahu in plina kolabirajo zaradi gravitacije. Tekom kolapsa pada na še nerojeno zvezdo (protozvezdo) vse več materiala, jedro te pa postaja vedno bolj vroče in gosto, vse dokler se znotraj tega ne sprožijo jedrske reakcije, zaradi katerih svetijo zvezde, vključno z našim Soncem. Masivne zvezde predstavljajo le nekaj odstotkov zvezd v našem vesolju. Kljub temu pa z zvezdnimi vetrovi, eksplozijami supernov in izdelavo težkih kemijskih elementov igrajo ključno vlogo pri oblikovanju vesolja.

"Vesoljski teleskop Hubble je oblikoval domišljijo celotne generacije in navdihnil ne le znanstvenike, temveč skoraj vse," je dejal Günther Hasinger, znanstveni direktor pri Evropski vesoljski agenciji. "Hubble je ključnega pomena za odlično in dolgotrajno sodelovanje med organizacijami NASA in ESA."

Več informacij

Vesoljski teleskop Hubble je projekt mednarodnega sodelovanja med ESA in NASO. Ta slika je bila posneta z instrumentom Wide Field Camera 3. Avtorstvo slike in avtorske pravice: NASA, ESA in STScI.

Vir slike:

<https://www.spacetelescope.org/images/heic2007a/>
(16. 11. 2020)



KOLIKO HRANE NAM ZAGOTAVLJA SONCE

pom. akad. dr. Mitja Slavinec, pom. akad. dr. Eva Klemenčič

Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru

Uvod

Skoraj vsa energija, ki jo imamo na Zemlji, prihaja s Sonca. Le neznamen delež je energije zemeljskega jedra zaradi razpadanja radioaktivnih elementov na Zemlji, kar ustvarja naravno radioaktivno ozadje, še manjši je delež energije, ki jo prispevajo kozmični in drugi žarki iz Vesolja. Zanimivo je, da je prav zaradi naravnega radioaktivnega ozadja na Zemlji toliko višja temperatura, da so na njeni površini ugodnejši pogoji za nastanek in razvoj življenja, kot bi bili sicer. Radioaktivnost zagotavlja tudi pomemben del mutacij, na katerih temelji evolucijski razvoj.

V našem sončnem sistemu se je edino na Zemlji razvilo življenje. Življenje za svoj obstanek, ob izpolnjevanju drugih življenjskih pogojev, potrebuje energijo. Na to, da pglavni delež energije prihaja s Sonca, se je prilagodilo tudi življenje. Razen redkih izjem, npr. oblike živih bitij, ki v globokih morjih izkoriščajo energijo toplih izvirov, življenje za svoj obstanek izkorišča sončno svetlobo.

Energije s Sonca je več kot dovolj za samo preživetje vsega življenja na Zemlji. Energijske potrebe na Zemlji so veliko večje zaradi dodatnih porabnikov energije, ki jih je ustvarila civilizacija.

Količina sončne energije na Zemlji

Zemlja je od Sonca oddaljena 150.000.000 km = $1,5 \cdot 10^{11}$ m [1–3]. Gostota svetlobnega toka sevanja Sonca na tej oddaljenosti je 1370 W/m^2 [1–3]. Približno četrtnina te svetlobe se absorbira v zemeljski atmosferi, tako da ob jasnem vremenu na površino zemeljske površine pada svetlobni tok j_Z z gostoto približno 1000 W/m^2 . Izračunajmo, s kolikšno močjo Sonce greje površino Zemlje. Polmer Zemlje R_Z je približno 6.400 km. Moč, s katero Sonce greje Zemljo, je sorazmerna Zemljinemu prečnemu preseku S_Z :

$$P = j_Z S_Z = j_Z \pi R_Z^2 = 1,3 \cdot 10^{17} \text{ W}. \quad (1)$$

Po pričakovanju gre za zelo veliko moč v primerjavi s katerokoli napravo, ki smo jo na Zemlji ustvarili. Zgolj za primerjavo navedimo, da je to približno toliko kot 200 milijonov krških nukleark skupaj.

Zgolj v pojasnilo, zakaj pri površini nismo uporabili enačbe za površino krogle, ki je štirikrat večja od njenega prečnega preseka. S Soncem je zmeraj obsijana le ena polovica Zemlje. Naslednja polovica pa je zato, ker sončni žarki padajo na Zemljo (razen na ekvatorju) pod kotom, ki narašča z zemljepisno širino [4,5].

To si lahko predstavljamo tudi tako, da se v mislih postavimo za Zemljo in pogledamo, koliko svetlobe od Sonca Zemlja prestreže. Za Zemljo je senca ravno tako velika, kot je njen prečni presek.

Energijske potrebe življenja

Na Zemlji je daleč največ prebivalcev prav ljudi. Trenutno nas je približno sedem milijard. Ocenimo, koliko energije (hrane) je treba vsak dan ljudem zagotoviti za preživetje.

V povprečju mora človek vsak dan zaužiti približno 2000 kilokalorij oz. 8,4 MJ energije [6] (kilokalorija je stara enota za energijo in je bila definirana kot energija, ki jo je treba dovesti enemu kilogramu vode, da se segreje za $1 \text{ }^\circ\text{C}$, to je približno 4200 J). Če to delimo z enim dnevom, tj. 86400 s, vidimo, da je povprečna moč človeka približno 100 W. Moč posameznikov, ki opravljajo težka fizična dela, se poveča tudi za polovico, tj. na 150 W. Povprečna moč manj aktivnih ljudi ali tistih z manjšo maso pa je ustrezno manjša. Če to pomnožimo s številom ljudi na svetu, dobimo, da je skupna moč vseh ljudi na Zemlji enaka $7 \cdot 10^{11}$ W, kar je približno toliko, kot bi bila skupna moč tisočih nuklearnih elektrarn v Krškem ali približno milijonkrat manj, kot je skupna moč, ki jo na Zemljo dobivamo od Sonca.

Ocena se nanaša le na potrebe ljudi, nismo pa upoštevali vseh ostalih živali in vseh rastlin. Živali predstavljajo 0,4 % biomase planeta [7] (82,6 % rastline, 12,8 % bakterije, ostalo pa virusi, protisti itd.). Od tega ljudje predstavljamo 0,01 % celotne biomase planeta, 2,2 % biomase vseh živali ter 36 % biomase sesalcev. Iz tega lahko ocenimo, da so energijske potrebe vseh živali približno 50-krat večje od potreb ljudi. V naravnem okolju se rastlinojede živali prehranjujejo z rastlinami, ki rastejo v naravnem okolju, ne pa z gojenimi kulturami na poljih.

Sončno energijo v biomaso predelujejo rastline. Ocenimo, kolikšen delež sončne energije lahko rastline pretvorijo v energijo, ki je v obliki hrane, tj. kolikšen je izkoristek fotosinteze.

Pretvorba sončne energije v hrano

Ponovno si bomo pomagali z energijskimi vrednostmi živil. Kilogram pšenice, koruze ali riža ima približno 15 MJ energije [8]. Malo več kot pol kilograma riža na dan bi torej bilo dovolj energije za povprečnega posameznika.

Kolikšen delež sončne energije so živila sposobna pretvoriti v hrano, lahko ocenimo tako, da pogledamo, koliko energije ima hrana, ki v povprečju zraste na neki površini njive. Pridelek seveda od leta do leta niha, prav tako od območja na Zemlji, kar je odvisno od vremenskih pogojev, boleznih ali škodljivcev in tudi od načina pridelave. Živila se med seboj razlikujejo po njihovi energijski vrednosti in količini pridelka na površino njive. Hektarski pridelek koruze je okrog 9 ton, pšenice okrog 5 ton, še manj zraste ovska [9]. Kot primer vzemimo pšenico, katere en kilogram vsebuje približno 15 MJ energije. Na površini enega kvadratnega metra v enem letu zraste 0,5 kg pšenice, kar znaša $0,5 \text{ kg} \cdot 15 \text{ MJkg}^{-1} = 7,5 \text{ MJ}$ energije na leto.

Če to delimo z enim letom ($365 \cdot 86400 \text{ s}$), dobimo, da je gostota energijskega toka fotosinteze j_{FS} enaka:

$$j_{FS} = \frac{W}{tS} = \frac{7.500.000 \text{ J}}{365 \cdot 86400 \text{ s} \cdot 1 \text{ m}^2} = 0,24 \text{ Wm}^{-2}. \quad (2)$$

Če to primerjamo s svetlobnim tokom, ki prihaja od Sonca, vidimo, da je izkoristek fotosinteze pri pretvarjanju sončne svetlobe v energijo pšenice približno 0,024 %. Pri tem ne smemo pozabiti, da pšenica raste le poleti, fotosinteza učinkovito poteka le, ko nanjo sije Sonce in ni oblačno, pšenica pa proizvedeno energijo potrebuje tudi za svojo lastno rast in preživetje [10].

Povprečna moč posameznega človeka znaša 100 W in iz enačbe (2) lahko izračunamo, kako veliko površino njive bi potrebovali, da na njej zraste toliko koruze, ki bi vsebovala dovolj energije za eno osebo na leto:

$$S = \frac{P}{j_{FS}} = \frac{100 \text{ W}}{0,24 \text{ Wm}^{-2}} = 420 \text{ m}^2. \quad (3)$$

Na enem hektarju njive po tej oceni zraste toliko energije, kot je v enem letu potrebuje približno dvajset oseb. Gre seveda le za oceno, saj različne kulture vsebujejo različno količino energije in tudi njihov pridelek je različen. Podoben rezultat pa bi dobili npr. tudi s krompirjem, katerega na enaki površini zraste približno 5-krat več kot pšenice, njegova energijska vrednost pa je približno 5-krat manjša.

Iz teh podatkov lahko izračunamo, kako velika bi morala biti površina njive, na kateri bi zraslo dovolj živila (v našem primeru pšenice), da bi zadostovalo za vse ljudi na Zemlji:

$$S = \frac{P}{j_{FS}} = \frac{7 \cdot 10^{11} \text{ W}}{0,24 \text{ Wm}^{-2}} = 3 \cdot 10^{12} \text{ m}^2, \quad (4)$$

kar v primerjavi s površino zemeljske površine:

$$S_k = 4\pi R_z^2 r = 1,5 \cdot 10^{15} \text{ m}^2, \quad (5)$$

pokaže, da za proizvodnjo energije za preživetje ljudi potrebujemo površino, ki je približno 0,2 % oz. 0,6 % kopnega na Zemlji. Glede na to, da velik del kopnega ni primeren za pretvarjanje sončne energije v hrano, tj. za obdelovanje tal in gojenje kultur, vidimo, da je treba izjemno pozornost nameniti ohranjanju in zaščiti rodovitne zemlje.

Zaključek

Energijske potrebe za preživetje ljudi na Zemlji se približujejo sposobnosti Zemlje, da s pomočjo energije Sonca anorganske snovi pretvori v organsko snov, ki je hrana za vsa preostala živa bitja na Zemlji. Pri oceni nismo upoštevali, da se ljudje prehranjujemo tudi z živalmi, prav tako nismo upoštevali energijskih potreb drugih živali na planetu.

Pri energijski bilanci planeta je treba dodati tudi to, da so energijske potrebe ljudi na Zemlji veliko večje kot zgolj potreba po hrani. Sem spadajo gretje ali hlajenje prostorov, promet, osebni in gospodinjski pripomočki itd., kar pa zagotavljamo iz drugih energijskih virov, predvsem s kurjenjem fosilnih goriv, z jedrskimi elektrarnami, s hidroenergijo, v zadnjem času pa zmeraj bolj tudi druge oblike obnovljivih virov energije.

Zgolj grobe ocene, ki smo jih naredili, tako potrjujejo, da na Zemlji sicer še lahko prehranimo

več ljudi in živali, kot jih trenutno prebiva, se pa že približujemo zgornji meji, ki jih Zemlja še lahko prehrani.

Literatura

- [1] M. Prosen, *Leksikon astronomije*, Mladinska knjiga 2004.
- [2] T. Jackson, *Astronomija*, Tehniška založba Slovenije, 2019.
- [3] S. Mitton, J. Mitton, *Astronomija*, Didakta, 1994.
- [4] H. Goldstein, *Classical Mechanics*, Addison-Wesley, 1981.
- [5] J. Strnad, *Fizika 1*, DMFA, 2016.
- [6] www.prehrana.si.
- [7] www.ihv.si.
- [8] Bar-On, Y., Philips, R., & Milo, R. (2018). The biomass distribution on Earth. *PNAS*, 115(25).
- [9] www.stat.si.
- [10] Franc Janžekovič, osebna komunikacija

MOJE JEZIKOSLOVNO DELO

Majo Prosen

Nekaj drobnih utrinkov v povezavi s slovenskimi astronomskimi izrazi in pojmi, imeni vesoljskih teles in z nebesno mitologijo

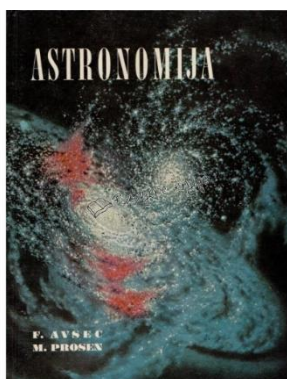
Poleg drugih področij astronomije sem se in se deloma še vedno ukvarjam s slovenskim astronomskim izrazoslovjem (terminologijo).

Že nekaj let pred letom 1960 se je na rednih mesečnih sestankih Astronomske sekcije Prirodoslovnega društva Slovenije (osnovane 1952) pokazalo, da bo treba zaradi enotnega izražanja in pisanja določene temeljne fotometrične astronomske izraze poenotiti in jih za vselej natančno opredeliti tako, da bomo za isti astronomski pojem vedno uporabljali isti strokovni izraz (termin) oziroma isto besedo. Takrat so na

primer za količino, ki je neposredno povezana z oddajanjem svetlobe zvezde, uporabljali različne izraze (besede, imena). Eni so pisali svetlost zvezde, drugi svetilnost zvezde, tretji so rekli sijaj zvezde, četrti lesk ali tudi blesk zvezde za eno in isto količino. Skratka, treba je bilo enkrat za vselej narediti red in najti oziroma si izmisliti ali izumiti en sam dovolj dober ali primeren izraz, ki bi pokrill oziroma nadomestil vse omenjene izraze. To je bilo treba narediti in urediti tudi zato, ker je bil prav v tem času na republiškem ministrstvu za šolstvo sprejet za gimnazijo nov učni načrt, po katerem je

bila pouku fizike dodeljena astronomija (35 ur letno), za predmet astronomija pa še razpisan učbenik. Vse to se je polagoma uredilo. A ni bilo hitro in tudi ne preprosto. Bil sem v središču tega dogajanja. Vendar ne bom tu navajal podrobnosti.

Po odobravanju nekaterih članov Astronomske sekcije, katere vodja sem po sili razmer takrat postal (1969 smrt prof. Silva Breskvarja), sem za iskani izraz, ki sem ga dobesedno "izumil", predlagal *sij zvezde*. Za pouk astronomije je bil izraz uradno uveden v učbeniku *Astronomija za 4. r. gimnazije* (1971), ki sva ga napisala s prof. Francetom Avscem. Učbenik je doživel štiri ponatise in je še vedno v šolski uporabi, služi pa tudi kot temeljni pripomoček ali priložnik učencem in dijakom za tekmovanja iz astronomije v osnovni in srednji šoli.



Z uvedbo novega izraza *sij zvezde* smo za vedno odpravili zmešnjavo glede uporabe različnih besed (svetilnost, svetlost, sijaj in še kaj) za isto količino, povezano z oddajanjem svetlobe zvezde. Od tedaj dalje se je ta izraz prijel, udomačil in trdno zasidral. Danes ga disciplinirano uporabljajo vsi, ki odgovorno govorijo in pišejo o astronomiji.

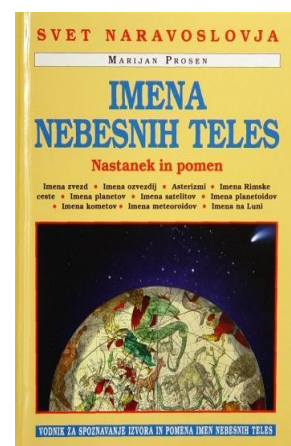
Zanimivo pa je, kako je nastal ta izraz. Takole: zvezde, Sonce, Luna, planeti itn. sijejo na nebu. Ker sijejo, sem si mislil, naj njihovo sijanje (oddajanje svetlobe) označuje oziroma karakterizira svetlobna (fotometrična) količina, ki naj ima kratko, a primerno krepko ime, izpeljano iz tega glagola, tj. *sij*. Tako se je rodil strokovni izraz *sij zvezde* (in nato seveda še *sij* drugih vesoljskih teles). Ni še prišel v Slovar slovenskega knjižnega jezika (SSKJ), čeprav ga

množično uporabljamo že več kot 45 let. A bo enkrat že prišel.

V slovensko astronomsko izrazoslovje smo nato na mojo pobudo vpeljali še nekaj novih izrazov, kot na primer: *izsev zvezde* za izsevano ali oddano svetlobno moč zvezde, *vzid* (čas vzida) in *zaid* (čas zaida) nebesnega telesa namesto vzhod in zahod, ki pomenita strani ali smeri neba in sta krajevni in ne časovni besedni kategoriji, kot sta *vzid* in *zaid*, *Sončev* za razliko od sončni, *zodijski* namesto zodiakalni, ki zveni nemško itn. Izrazi še niso v Slovarju. A bodo nekoč zagotovo prišli, saj je jezik živa stvar in se z novimi in dobro izbranimi izrazi samo še bogati in precizira.

Razširili smo tudi fotometrične astronomske izraze na podlagi izraza *sij*, tako npr. vizualni *sij*, fotografski *sij*, fotovizualni *sij*, bolometrični *sij* in drugo.

Med letoma 1968 in 1972 sem bil tudi vodja Astronomske terminološke komisije pri Društvu matematikov, fizikov in astronomov Slovenije in sem na sestankih komisije zagovarjal v šolsko prakso na novo uvedene izraze. Napisal sem tudi nekaj člankov o slovenskih astronomskih izrazih in pojmihi v različnih revijah (med njimi tudi v reviji *Slovenščina v šoli*) in še izdal svoj *Mali leksikon astronomije* (2004), kjer preprosto pojasnujem poleg starih ustaljenih astronomskih izrazov tudi številne nove izraze, ki jih uradno še ni v SSKJ.



Vzporedno z astronomskim izrazoslovjem sem se razmeroma dosti ukvarjal še z nebesno nomenklaturo, to je z imeni teles na nebu (z imeni vesoljskih teles) in o tem napisal knjigo *Imena nebesnih teles – Nastanek in pomen* (2003). Ob vsem tem me je v svoj omamni vrtinčasti pravljіčni svet zvezd potegnila tudi nebesna mitologija. Poskusil sem jo nekako sistematično urediti in obdelati (z ozvezdji po abecednem redu) v knjigi, primerni za slovenske razmere. Tako sem sam in tudi skupaj z ženo napisal številne zgodbe z zvezdnega neba iz grškega bajeslovja za otroke in odrasle. Lahko jih poiščete in kakšno preberete. Zares so čudovite.

Literatura

Maja in Stana Prosen, *Bibliografija Marijana Prosen*, 1960–2010, I. del, Splet, Astronomski krožek Gimnazije Šentvid, Ljubljana.

Jure Sinobad, *Bibliografija Marijana Prosen*, 2010–2017, II. del (še nepopoln), Splet, Knjižnica A. T. Linhartaradovljica, Domoznanstvo.

Majo Prosen, Članki, Splet, Knjižnica A. T. Linhartaradovljica, Domoznanstvo in *Kviz iz poznavanja nebesnih mitov*, *Astronomi v Kmici* **21/44**.

DOLOČANJE STAROSTI VESOLJA

pom. akad. dr. Milan Svetec

Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru

Če želimo ugotoviti starost vesolja, seveda ne moremo napraviti poskusa, ki bo to lahko potrdil, ali pa opazovati narave, da bi to lahko opazili. Za določanje starosti vesolja smo tako prepuščeni teoretičnemu izračunu, ki naj bi po možnosti upošteval vse relevantne podatke in fizikalna ozadja.

V našem primeru bomo pokazali, kako pridemo do teoretičnega izračuna starosti vesolja, tako da bomo med izračunavanjem podali tudi ustrezne prelomnice v fiziki, ki bodo pomembne za naš izračun.

Pri svojem odkrivanju skrivnosti vesolja je Einstein želel dobiti enačbo, ki bi opisovala vesolje kot celoto. Pri tem je seveda upošteval samo gravitacijsko silo kot univerzalno silo med zvezdami oz. objekti v vesolju. Astronomi tistega časa so trdili, da je vesolje na splošno nespremenljivo in tako kot je tedaj, obstaja že ves čas in se nikoli ne bo spremenilo. Vendar pa je gravitacijska sila privlačna in zaradi tega bi se vesolje pravzaprav moralo krčiti. Zaradi trditve astronomov, da je vesolje načeloma

nespremenljivo in konstantno, je v svojo slavno enačbo splošne relativnosti uvedel tudi nasprotno silo, ki naj bi krčenje preprečevala in jo poimenoval »univerzalna konstanta«.

Na »sceno« tedaj stopi ameriški astronom Edwin Hubble, ki je preučeval spektre oddaljenih zvezd (takrat izraza galaksija še niso poznali, zato v nadaljevanju govorim o zvezdah, ne pa o galaksijah). Ker v zvezdah vodik izgoreva v helij, je preučeval predvsem spektre vodika. Pri eksperimentu v laboratoriju damo vodik v celico, ki ima na obeh straneh elektrodi in priključimo električno napetost. Zaradi električnih pojavov začne pri dovolj visoki napetosti skozi celico teči električni tok, plin pa začne oddajati svetlobo, ki jo skozi prizmo lahko razdelimo na njene osnovne sestavine – barve. Vodik oddaja svetlobo v štirih značilnih frekvencah oz. barvah (rdeča, zelena, modra in vijolična).



Slika 1: Emisijski spekter vodika. (Vir: Wikipedia.)

Hubble je gledal spektre oddaljenih zvezd in opazil, da so črte v opazovanih spektrih nekoliko premaknjene glede na tiste iz laboratorija. Večinoma so bile vse premaknjene nekoliko na desno, proti rdeči črti, čemur pravimo »rdeči premik«. Gre pa za to, da se frekvenca svetlobe oddaljujoče zvezde zmanjšuje (valovna dolžina pa povečuje), frekvenca svetlobe bližajoče se zvezde pa povečuje (valovna dolžina pa zmanjšuje). Pri zvoku opazimo podoben fenomen in ga imenujemo Dopplerjev efekt. Hubble je opazil, da se valovna dolžina praktično vseh zvezd povečuje, torej se zvezde oddaljujejo in to pomeni, da se vesolje razširja. Velja pa tudi, večja je hitrost zvezde, večji je premik spektralne črte. Torej lahko zaključimo, da je hitrost zvezde sorazmerna razliki frekvenc spektralnih črt, ene izmerjene v laboratoriju, druge pa iz svetlobe oddaljujoče se zvezde. Velja torej $v \propto \Delta f$. Iz razlike frekvenc je Hubble računal njihovo hitrost. Ugotovil je, da se bolj oddaljene zvezde gibljejo hitreje od bližnjih. To pomeni, da hitrejša (bolj oddaljena) zvezde v istem času prepotujejo večjo razdaljo.

Vzemimo na primer elastiko, ki jo vpnemo na levem koncu in označimo točke na vsak centimeter. Recimo, da je dolžina elastike 4 cm. Nato elastiko raztegnemo v času 1 s proti desni tako, da je dolžina elastike 8 cm.

1	2	3	4
---	---	---	---

1	2	3	4
---	---	---	---

Slika 2: Elastika je vpeta na levi strani in jo razvlečemo na dvojno velikost.

Vidimo lahko, da je točka z oznako 1 »prepotovala« 1 cm in je sedaj na položaju, kjer je bila prej točka 2. Točka 2 je prepotovala 2 cm in je sedaj na mestu, kjer je bila prej točka 4, točka 4 je bila prej oddaljena 4 cm od izhodišča, sedaj je oddaljena 8 cm. To razdaljo so vse točke prepotovale v istem času, zato to pomeni, da so imele različne hitrosti. Prva točka 1 cm/s, druga točka 2 cm/s in četrta točka 4 cm/s. Iz vsega tega pa sledi tudi zaključek, da je razmerje med razdaljo od izhodišča (npr. po raztegnitvi

elastike), ki jo imenujmo D , in hitrostjo v konstantno. Velja torej $D/v = konst.$ Najbolj oddaljena točka je od izhodišča oddaljena 8 cm, njena hitrost pa je 4 cm/s. To pomeni, da je v našem primeru $\frac{D}{v} = 2 \frac{1}{s}$. Enako izračunamo tudi za ostale točke.

Če torej v koordinatnem sistemu, ki ima sosednje točke na razdalji a (osnovna razdalja) in je določena točka od izhodišča oddaljena za δ (kjer je δ lahko poljubno realno število) osnovnih razdalj, lahko razdaljo od izhodišča do določene točke zapišemo kot $D = \delta a(t)$, kjer smo osnovno razdaljo zapisali kot funkcijo časa, saj smo videli, da se ta z večanjem sistema (v našem primeru elastike) povečuje. Če sedaj obe strani odvajamo po času, sledi:

$$\frac{dD}{dt} = \delta \frac{da}{dt} = \delta \dot{a}. \quad (1)$$

Tukaj smo odvod osnovne razdalje a po času označili s piko (to je običajen dogovor). Odvod razdalje D po času pa ni nič drugega kot hitrost točke, ki jo opazujemo. Velja torej $v = \dot{D}$. Če sedaj množimo na desni strani enačbe z $\frac{a}{a}$, kar ni nič drugega kot množenje z 1, opazimo, da je

$$v = \frac{\delta a \dot{a}}{a} = \frac{D \dot{a}}{a} = H D. \quad (2)$$

Razmerje med \dot{a} in a smo označili s črko H , kar imenujemo Hubbleova konstanta. Enačbo $v = H D$ imenujemo včasih tudi Hubbleov zakon. Enota Hubbleove konstante je $1/s$. S poznavanjem konstante in hitrosti oddaljevanja zvezde (to je Hubble lahko izračunal iz razlike frekvenc v rdečem premiku) lahko izračunamo oddaljenost opazovane zvezde. Današnja vrednost Hubbleove konstante je približno $3 \cdot 10^{-18} \frac{1}{s}$.

Če ugotovljamo, da se vesolje razširja, je moralo biti v preteklosti manjše in manjše, vse dokler ne pridemo do točke, ko je vesolje nastalo z velikim pokom. Če torej potegnemo vzporednico med vesoljem in elastiko, lahko povemo, da se z razširjanjem vesolja prostor razširja podobno kot pri elastiki.

Dve točki, ki sta danes 1 m narazen, se v resnici oddaljujeta ena od druge s hitrostjo $3 \cdot 10^{-18} \frac{m}{s}$,

kar pa niti ne opazimo.

Naj bo čas od začetka nastanka vesolja do danes enak T . Razdalja, ki jo je »od takrat« prepotovalo določeno telo, naj bo D v času T in s povprečno hitrostjo v . Velja torej $D = v T$. Iz enačbe (2) vemo, da velja $v = H D$, kar pomeni, da je

$$\frac{1}{H} = T. \quad (3)$$

To pomeni, da je inverzna vrednost Hubblove konstante merilo za starost vesolja. Če izračunamo,

sledi, da je starost vesolja približno enaka $1,1 \cdot 10^{10}$ let oz. 11 milijard let.

Če bi računali z nekoliko natančnejšimi podatki, bi dobili nekje 13,7 milijarde let. To pa velja ob predpostavki, da se Hubbleova konstanta ne spreminja s časom, kar pa seveda ni nekaj, kar bi lahko pri ugotavljanju starosti vesolja kar tako zavrgli.

Skozi zgodovinski potek ugotavljanja našega mesta v vesolju in njegovega nastanka ter našega opisovanja narave smo ugotovili, da nam starost vesolja podaja količina, ki jo imenujemo Hubbleova konstanta. Iz tega razloga jo poskušajo določiti čim bolj natančno, ugotoviti pa je treba tudi njeno časovno spremenljivost.

NASTANEK ZVEZD

pom. akad. dr. Andreja Gomboc

Center za astrofiziko in kozmologijo, Fakulteta za naravoslovje, Univerza v Novi Gorici

Uvod

Zvezde nastanejo iz oblakov medzvezdnega plina in prahu, ki se zaradi neke motnje pričnejo krčiti pod vplivom lastne gravitacijske sile. Če ima oblak preizko maso, motnja ne bo povzročila njegovega krčenja, ampak se bo le kot zvočni val širila skozenj. Če pa ima oblak dovolj veliko maso, bo ob majhni motnji njegova lastna gravitacijska sila povzročila krčenje oblaka. Izračunajmo, najmanj koliko mora biti masa oblaka, da pride do njegovega krčenja.

Jeansova masa

Za oblak plina, ki je v ravnovesju, velja virialni teorem, ki pravi, da je lastna gravitacijska energija oblaka E_g povezana z notranjo energijo E_n z enačbo:

$$E_g = -2E_n. \quad (1)$$

Da se oblak prične krčiti, mora biti gravitacijsko »bolj« vezan: absolutna vrednost njegove gravitacijske energije mora biti večja ali kvečjemu

enaka ravnovesni vrednosti, ki je dvakratnik skupne notranje energije delcev plina:

$$|E_g| \geq 2E_n. \quad (2)$$

Privzemimo, da je oblak homogen (ima povsod enako gostoto ρ). Za homogen okrogel oblak je gravitacijska energija enaka

$$E_g = -\frac{3}{5} \frac{GM^2}{R},$$

kjer je M masa, R polmer oblaka in G gravitacijska konstanta.

Oblak s temperaturo T ima notranjo energijo

$$E_n = N \frac{3}{2} kT,$$

kjer je N število delcev v oblaku: $N = M/\mu$ (μ je povprečna masa delca v plinu) in k Boltzmannova konstanta.

Vstavimo to v zgornjo neenačbo (2), upoštevamo, da je velikost krogle povezana z maso in gostoto z

$$R = \left(\frac{3M}{4\pi\rho} \right)^{1/3}$$

in dobimo pogoj za krčenje oblaka:

$$M \geq \left(\frac{5kT}{G\mu} \right)^{3/2} \left(\frac{3}{4\pi\rho} \right)^{1/2} = M_{\text{Jeans}} \quad (3)$$

Pove nam, da se oblak prične krčiti le, če je njegova masa večja od kritične mase, ki ji rečemo *Jeansova masa* (po Jamesu Jeansu, ki je to ugotovil v 1920-ih). Odvisna je od začetne temperature T , gostote ρ in sestave oblaka (sestava oblaka se skriva v povprečni masi delca μ). Za oblake vodikovega plina s tipičnima vrednostma temperature $T = 100$ K in številske gostote $n = 10^6$ delcev/m³ ($r = m_{\text{H}} n = 1,67 \cdot 10^{-21}$ kg/m³) znaša $M_{\text{Jeans}} = 100.000 M_{\text{Sonca}}$. Prvotni oblak plina mora torej imeti veliko večjo maso, kot je masa posamezne zvezde. Zvezde ne morejo nastati posamično, ampak le v skupinah. Poglejmo to nekoliko podrobneje.

Ob počasnem krčenju oblaka ga lahko obravnavamo, kot da gre skozi po velikosti in gostoti podobna »sosednja« ravnesna stanja, za katera velja virialni teorem (1). Iz tega teorema ugotovimo, da v splošnem velja, da bolj ko se oblak krči in postaja gravitacijsko vezan (njegova gravitacijska energija postaja vedno bolj negativna), bolj narašča njegova notranja energija – kar pomeni, da se oblak ob krčenju segreva. Začetne stopnje krčenja oblaka so izjema: v začetku je plin tako redek, da se ob krčenju sproščena gravitacijska energija nemoteno izseva oz. pobegne v vesolje. Oblak se tako v začetku kljub krčenju ne segreva, ampak zaradi hitrega ohlajanja ostaja pri enaki temperaturi. Tej stopnji pravimo *izotermno krčenje*. Gostota oblaka se ob krčenju seveda povečuje, zato nam zgornja enačba (3) pove, da se Jeansova masa znižuje, kar pomeni, da imajo lahko že posamezni deli prvotnega oblaka dovolj mase (večjo od nove Jeansove mase), da se pričnejo krčiti po svoje. To se nadaljuje nekaj časa in vse manjši deli oblaka zadostijo pogoju (3) in se krčijo vsak zase. Pravimo, da se oblak *fragmentira*, običajno v tisoče manjših delov. Ko postane oblak dovolj gost, da svetloba iz njega ne more več

nemoteno pobegniti, se prične segrevati. Takrat prične Jeansova masa naraščati in fragmentacija oblaka se ustavi. Posamezni deli oblaka, ki so se že prej krčili vsak zase, se krčijo še naprej in iz njih nastanejo posamezne protozvezde. Krčenje preide v *adiabatno fazo*. Od pogojev, v katerih se fragmentacija oblaka ustavi, je odvisna najmanjša masa protozvezd, ki nastanejo. Ta masa je precej manjša od mase Sonca, a večja od mase Jupitra. Iz tega sklepamo, da lahko na ta način nastanejo zvezde, ne pa planeti. Ti naj bi nastali na drugačen način, v diskih snovi okoli protozvezd.

Sčasoma se protozvezde, ki imajo dovolj veliko maso, skrčijo do te mere, da sta v središču dovolj visoka gostota in temperatura (vsaj okrog 10 milijonov stopinj K), da lahko stečejo jedrske reakcije zlivanja vodikovih jeder v jedra helija ⁴He. Takrat pravimo, da nastanejo oz. se rodijo zvezde. Najmanjša masa zvezde, v kateri lahko stečejo te reakcije, je 0,08 M_{Sonca} ali 80 M_{Jupitra} . Iz protozvezd, ki imajo prenizke mase (med 13 in 80 M_{Jupitra} ali 0,013–0,08 M_{Sonca}), da bi v središčih dosegle dovolj visoke temperature za zlivanje vodika v jedra ⁴He, nastanejo *rjave pritlikavke*, ki jim nekateri pravijo neuspele zvezde. V njih lahko potekajo začetne reakcije v verigi p-p, ne stečejo pa vse reakcije do nastanka jeder ⁴He. Rjave pritlikavke šibko svetijo na račun teh jedrskih reakcij, počasnega krčenja in svoje notranje energije.

Opazovanja in teoretični modeli krčenja medzvezdnih oblakov in nastajanja zvezd kažejo, da je število nastalih zvezd odvisno od njihove mase: zvezd z nizko maso nastane veliko več kot zvezd z veliko maso (to opisuje t. i. Salpeterjev zakon). Zvezde z veliko maso svetijo veliko močneje kot zvezde z nizko maso in zato tudi veliko hitreje porabijo svojo zalogo jedrske energije. Za naše Sonce je življenjski čas okrog 10 milijard let, za bolj masivne zvezde pa bistveno manj, lahko le nekaj deset milijonov let.

Strömgrenova sfera

Dokler se v sredicah masivnih zvezd zliva vodik v helij, so zelo svetle – so vroče in modrikasto bele barve (spektralni tip O, B).

Velik del svetlobe oddajajo v ultravijolični svetlobi, ki jo sestavljajo fotoni z dovolj visoko energijo, da iz vodikovih atomov v okoliškem plinu lahko izbijejo elektrone. Okrog mlade kopice zvezd, v kateri je nekaj svetlih vročih zvezd, se vzpostavi območje ioniziranega vodika (protonov) in prostih elektronov. Občasno se kateri od prostih elektronov spet poveže z enim od protonov v vodikov atom – pravimo, da se rekombinira. Pri tem se lahko ujame v enega od vzbujenih stanj v vodikovem atomu in se postopoma spušča v nižja stanja, pri vsakem prehodu pa izseva foton z valovno dolžino λ , ki ustreza energijski razliki med začetnim (m) in končnim (n) stanjem:

$$\frac{hc}{\lambda} = E_{nm} = -13,6 \text{ eV} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Pri večini prehodov se izseva svetloba, ki je izven vidnega dela spektra. Valovna dolžina fotona, ki se izseva pri prehodu elektrona iz stanja $m = 3$ v stanje $n = 2$, pa je 656 nm in ustreza rdeči svetlobi. Oblak ioniziranega vodika okoli kopice vročih, mladih zvezd zato v vidni svetlobi sije v rdečkasti barvi. Takemu oblaku pravimo *Strömgrenova sfera* in je primer *emisijske meglice* (drugi primer emisijskih meglic so planetarne meglice).¹ Pogost izraz za območja ioniziranega vodika so *območja HII* (*območja HI* so območja nevtralnega vodika). Primer Strömgrenove sfere je na sliki 1.

Velikost ioniziranega območja lahko ocenimo z naslednjim razmislekom. Naj bo \dot{N}_γ število fotonov, ki lahko ionizirajo vodikov atom, ki jih oddaja kopica zvezd na enoto časa. Ti fotoni ionizirajo vodikove atome v krogli s polmerom R_{Str} . V ravnovesju je število ioniziranih atomov na enoto časa enako številu rekombinacij na enoto časa. Število rekombinacij na enoto časa in enoto prostornine je sorazmerno verjetnosti, da se elektron in proton srečata – torej je sorazmerno številski gostoti elektronov n_e in številski gostoti protonov n_p . Sorazmernostni faktor označimo z α in upoštevamo,

da je v električno nevtralnem plinu $n_e = n_p$. Napišemo:

$$\dot{N}_\gamma = \alpha n_e n_p V = \alpha n_p^2 \cdot \frac{4\pi}{3} R_{\text{Str}}^3$$

in izrazimo polmer ioniziranega območja oz. polmer Strömgrenove sfere:

$$R_{\text{Str}} = \left(\frac{3\dot{N}_\gamma}{4\pi\alpha n_p^2} \right)^{1/3}$$



Slika 1: Primer Strömgrenove sfere je meglica Rozeta.

Vir: <http://apod.nasa.gov/apod/ap070214.html>

Zvezdne kopice

Zvezde nastajajo v skupinah. Če so skupine šibko gravitacijsko vezane, se lahko v kratkem času (nekaj deset milijonov let do največ milijardo let) njihove zvezde porazgubijo po okolici oz. razsujejo. Takim skupinam pravimo *razsute zvezdne kopice*. Vsebujejo od nekaj 10 do nekaj 100 zvezd in imajo premer okoli 5 do 10 svetlobnih let. Druga vrsta skupin so *kroglaste zvezdne kopice*, ki vsebujejo večje število zvezd, od 10^4 do 10^6 , in so velike do okoli 150 svetlobnih let. Kot pove že ime, imajo lepo kroglasto obliko. Gostota zvezd v njihovih središčnih delih je zelo velika, približno 100.000-krat višja kot v okolici Sonca. Ker so zvezde v kroglastih kopicah močno gravitacijsko vezane, ostajajo skupaj dolgo časa, po ocenah vsaj nekaj 10 milijard let. Primera razsute in kroglaste kopice sta na sliki 2.

daljšo (rdeča), so refleksijske meglice modrikaste barve. Primer refleksijske meglice je v znani zvezdni kopici Plejade (slika 2 zgoraj).

¹ Poznamo tudi *refleksijske meglice*, v katerih se svetloba zvezd sipa na drobnih delcih prahu. Ker se svetloba s krajšo valovno dolžino (modra) bolj sipa kot svetloba z

Poleg tega, da so kopice pogosta tarča astronomskih opazovanj, saj so lepo vidne tudi s šolskimi teleskopi, so za astronome zanimive zato, ker jim lahko določijo starost. Zvezde v kopici so nastale približno ob istem času iz istega oblaka plina, zato so približno enake starosti in imajo približno enako začetno kemijsko sestavo. Če jim določimo spektralni tip (temperaturo, barvo) in magnitudo, lahko narišemo HR diagram zvezdne kopice in ga primerjamo s teoretičnim HR diagramom. Iz tega, kje leži glavna veja HR diagrama v smeri navpične osi (magnitudo), lahko umerimo to os (določimo razliko med navidezno in absolutno magnitudo) in iz tega izračunamo oddaljenost kopice. Če opazujemo kopico, ki ni več rosno mlada, ugotovimo, da v njenem HR diagramu zgoraj levo na glavni veji manjkajo masivne zvezde. Te namreč živijo kratek čas in se, ko jim zmanjka vodika v sredici, napihnejo v nadorjakinje ter zapustijo glavno vejo. Iz tega, katere zvezde so še na glavni veji in katerih ni več, lahko s primerjavo s teoretičnimi modeli in drugimi opazovanji določimo starost kopice.



Slika 2: Zgoraj: Plejade so primer razsute kopice.

Spodaj: Kroglasta kopica M13.

Vir: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Pleiades...large.jpg>,
<http://apod.nasa.gov/apod/ap120614.html>

MERJENJE ODBOJNOSTI LUNE

Maj Janža, Gimnazija Murska Sobota

Uvod

Prispevek predstavlja raziskovalno nalogo, ki je bila opravljena v šolskem letu 2019/20 in predstavljena na državnem srečanju mladih raziskovalcev. Pri nalogi smo se osredotočili na Zemljin edini naravni satelit Luno ter na njen albedo. Hoteli smo ugotoviti, ali je mogoče določiti albedo Lune s povsem vsakdanjimi aparaturami. Rezultati naloge so se na koncu ujemali z dostopnimi podatki iz literature, zato smo z albedom izračunali tudi površinsko temperaturo Lune. Omeniti velja, da bi z albedom lahko določili, iz česa je sestavljeno Lunino površje,

a v literaturi nismo našli ustreznih podatkov, ki bi izpolnili vse kriterije o verjetnosti teh snovi na Luni. Do podatkov za končni rezultat smo prišli s fotografijami Sonca in Lune, ki smo jih obdelali z različnimi računalniškimi programi.

Albedo

Albedo ali odbojnost je parameter, s katerim predstavimo, koliko vpadne svetlobe neka snov ali objekt odbije nazaj v okolico in zajema vrednosti od 0 do 1. Najmanjše vrednosti albeda v našem Osončju imajo nekateri asteroidi, katerih albedo

znaša 0,06, največjega pa ima Saturnova luna Enceladus, katere albedo znaša 0,99. Zemljin albedo je povprečje albedov snovi, ki so vidni na Zemlji iz vesolja. To so predvsem oblaki, gozdovi, vodne površine, sneg ... Tako povprečen Zemljin albedo na koncu znaša okoli 0,37. Albedo Lune je 0,12 in to je tudi podatek, ki smo se mu hoteli z rezultatom naloge čim bolj približati. Omeniti velja tudi, da se Lunin albedo spreminja glede na lunine mene. 0,12 je tako podatek, ki se v literaturi pojavi največkrat in je določen ob polni luni [1-3].

Meritve

Meritve smo začeli s fotografiranjem Sonca in Lune. Oba objekta smo fotografirali isti dan in z enakimi nastavitvami fotoaparata (ISO 400, čas osvetlitve 1/2500 sekunde in ISO 800, čas osvetlitve 1/2000 sekunde). Fotografiranje smo opravili s teleskopom Sky-Watcher Equinox Pro series 80ED. Sonce smo morali fotografirati s posebnim filtrom, saj bi drugače sončna svetloba poškodovala tipala na fotoaparatu. Luno smo vedno fotografirali okoli lunine mene, imenovane ščip, saj je takrat viden največji del Lune in tudi ta je običajno nekoliko svetlejša. Za trenutek fotografiranja smo si izbrali tisto uro, ko je bilo nebo najbolj jasno. Fotografiranje je potekalo od začetka decembra 2019 in do začetka februarja 2020. V tem obdobju nam je uspelo zbrati dovolj kvalitetnih slik, da smo se lahko lotili naslednje faze raziskovanja.

Iz dobljenih fotografij smo s programom Round Image Maker izrezali Sonce, Luno in del ozadja. Izrezane slike smo nato vstavili v program, imenovan MaxIm DL. Ta program je prej izrezane slike razbil na tri barvne kanale (rdečega, zelenega in modrega) in vsakemu svetlobnemu elementu na sliki določil intenziteto 1–256. Dobljene podatke smo shranili v takšno datoteko, ki jo je lahko prebral program MS Excel.

V zadnji fazi raziskovanja smo uporabljali program MS Excel. Tam smo vse svetlobne točke enakega kanala za posamezno fotografijo sešteli. Od vsote svetlobnih točk, dobljene pri fotografiji objekta, smo odšteli vsoto svetlobnih točk, dobljeno pri fotografiji ozadja, in tako dobili vrednost signala. V

MS Excelu smo nato uporabili enačbo za izračun albeda:

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

v kateri je a – albedo, t – prepustnost filtra, $I_{L,det}$ in $I_{S,det}$ – vrednosti signalov Sonca in Lune, η_S in η_L – parametra, ki zajemata airmass (koliko svetlobe se absorbira pri potovanju skozi atmosfero Zemlje), d_{ZL} – razdalja med Zemljo in Luno, R_L – polmer Lune. Vanjo smo vstavili vse potrebne podatke in za konec uporabili še zvezo za izračun temperature Luninega površja [4]:

$$T = \sqrt[4]{\frac{j(1-a)}{4\varepsilon\sigma}},$$

kjer je T – temperatura, j – gostota svetlobnega toka, a – albedo, ε – emisivnost in σ – Stefan-Boltzmannova konstanta.

Rezultati

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 bolj natančni. Pri relativni napaki smo upoštevali napake vseh parametrov, ki smo jih vstavili v končno enačbo.

Iz dobljenega rezultata smo izračunali še temperaturo na Luninem površju. Kot rezultat smo dobili 267 K (–6 °C). S tem rezultatom smo lahko zadovoljni, saj moramo upoštevati, da temperatura na Luni niha od –152 °C do 123 °C [5].

Viri

- [1] Fraser C. (2008). Moon Albedo. Pridobljeno s <https://www.universetoday.com/19981/moon-albedo/> (27. 2. 2020)
- [2] Lucluk M. (2019). How Bright is the Moon? Pridobljeno s <https://asterism.org/2019/04/12/how-bright-is-the-moon/> (27. 2. 2020)

- [3] Lunin albedo. Pridobljeno s https://lunarpedia.org/w/Lunar_Albedo (2. 3. 2020)
- [4] 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)
- [5] Sharp T. (2017). What is the Temperature on the Moon? Pridobljeno s <https://www.space.com/18175-moon-temperature.html> (5. 6. 2020)



Slika 1: Sonce in Luna

PREHOD SATELITOV MED KROŽNIMI ORBITAMI

prof. dr. Robert Repnik¹ in doc. dr. Vladimir Grubelnik²

¹*Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru*

²*Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru*

Uvod

Pošiljanje satelitov v vesolje, kjer jih utirimo na različne orbite, zahteva različne spremembe v pospeševanju med samim letom. V prispevku predstavimo primer prehoda sonde iz ene krožne orbite na drugo krožno orbito. Predstavljamo pogoje, ki jih moramo izpolniti za tako imenovano Hohmannovo prenosno orbito [1] in pri tem analiziramo prehod iz energijskega vidika. Hohmannova orbita je v večini primerov tudi najbolj ekonomičen način, da preidemo iz ene v drugo krožno orbito. V določenih situacijah pa obstajajo tudi bolj ekonomični prenosi, kot je bieliptični prenos [2]. V prispevku se najprej osredotočimo na gibanje teles pod vplivom gravitacijske sile, zapišemo energijo telesa pri premikanju po eliptični orbiti in posebej izpostavimo hitrost satelita, ko je ta v perigeju oziroma apogeju. Nadalje predstavimo spremembe hitrosti, ki jih moramo zagotoviti pri prehodu iz ene na drugo krožno orbito in naredimo energijsko bilanco Hohmannovega prehoda.

Gibanje teles na eliptičnih orbitah

Pri gibanju satelitov okoli Zemlje lahko zaradi velike razlike v masi upravičeno predpostavimo, da se v sistemu Zemlja-satelit nahaja Zemlja v določeni točki prostora, pri čemer se satelit giblje okoli težišča Zemlje. Tir, po katerem se giblje satelit pod vplivom gravitacijske sile, določajo znani Keplerjevi zakoni [3].

Enačbe za tire gibanja izpeljemo iz zapisa ohranjanja energije E konservativnih sistemov:

$$E = W_k + W_p = \frac{mv^2}{2} - G \frac{Mm}{r} \quad (1)$$

in izreka o ohranitvi vrtilne količine:

$$\Gamma = mvr. \quad (2)$$

Rešitev zgornjih dveh enačb, zapisanih v polarnem koordinatnem sistemu, nam da položaj satelita glede na središče Zemlje (slika 1) [4,5]:

$$r(\vartheta) = l / (1 + e \cos(\vartheta)), \quad (3)$$

kjer je e ekscentričnost orbite:

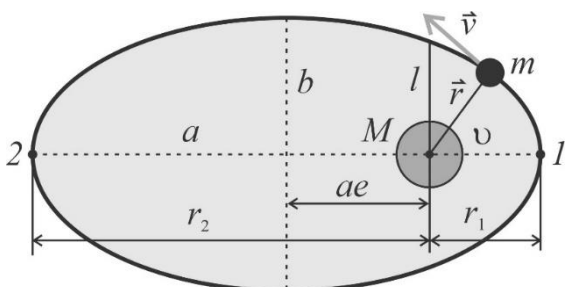
$$e = \sqrt{1 + \frac{2El}{GmM}} \text{ in razdalja } l = \frac{r^2}{GMm^2}. \quad (4a \text{ in } 4b)$$

Ekscentričnost tirov je v primeru eliptičnih tirov $e < 1$. V posebnem primeru, ko imamo opravka s kroženjem, pa je $e = 0$. Polosi eliptičnega tira (slika 1) lahko v tem primeru zapišemo kot [4]:

$$a = \frac{l}{1-e^2} = \frac{GMm}{2|E|} \text{ in } b^2 = al = \frac{r^2}{2m|E|}, \quad (5a \text{ in } 5b)$$

pri čemer je energija gibajočega se telesa:

$$E = W_k + W_p = \frac{mv^2}{2} - G \frac{Mm}{r} = -G \frac{Mm}{2a}. \quad (6)$$



Slika 1: Eliptični tir gibanja telesa pod vplivom gravitacijske sile

Iz enačbe 6 lahko izrazimo hitrost satelita na dani razdalji r od središča Zemlje:

$$v = \sqrt{GM \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}. \quad (7)$$

Določimo še hitrost satelita v najbližji točki Zemlje (perigej, $r_1 = a(1 - e)$):

$$v_1 = \sqrt{GM \left(\frac{2}{r_1} - \frac{1}{a} \right)} = \sqrt{\frac{GM}{a} \left(\frac{1+e}{1-e} \right)}, \quad (8)$$

in v najbolj oddaljeni točki (apogej, $r_2 = a(1 + e)$):

$$v_2 = \sqrt{GM \left(\frac{2}{r_2} - \frac{1}{a} \right)} = \sqrt{\frac{GM}{a} \left(\frac{1-e}{1+e} \right)}. \quad (9)$$

Omenimo še hitrost satelita, ko se ta giblje po krožnici s polmerom r . Ker je ekscentričnost tirnice v tem primeru enaka 0 ($e = 0$), je hitrost satelita:

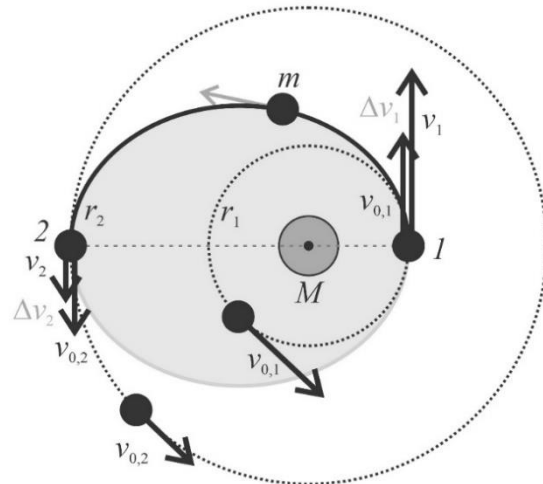
$$v_0 = v_1 = v_2 = \sqrt{\frac{GM}{r}}. \quad (10)$$

Hohmannova prenosna orbita

Za potovanje s krožnice z radijem r_1 na krožnico z radijem r_2 lahko uporabimo eliptično orbito, katere velika polos je $a = (r_1 + r_2)/2$ (glej sliko 2). Takšno orbito imenujemo Hohmannova prenosna orbita. Imenuje se po Nemcu Walterju Hohmannu (1880–1945), ki je maneuver opisal leta 1925. Ta orbita je v bistvu polovica eliptične orbite, katere najkrajša razdalja od gorišča (Zemlje) je r_1 , najdaljša pa r_2 .

Da telo zapusti krožno orbito z radijem r_1 in se utiri na krožno orbito z radijem r_2 , moramo 2-krat spremeniti njegovo hitrost. Najprej na začetku eliptične poti (Δv_1), ko telo zapusti krožno orbito z radijem r_1 , in nato še na koncu eliptične poti (Δv_2), ko se utiri na krožno orbito z radijem r_2 .

Kadar utirimo satelit na višje ležečo orbito ($r_2 > r_1$), moramo na začetku in na koncu Hohmanove prenosne orbite povečati hitrost stelita v smeri gibanja, pri prehodu na nižje ležečo orbito ($r_2 < r_1$) pa moramo obakrat zmanjšati hitrost v smeri gibanja.



Slika 2: Hohmannova orbita

Sprememba hitrosti

V nadaljevanju si pogledimo, za koliko moramo spremeniti hitrost telesa, da izvedemo premik opazovanega telesa (na primer satelita) po Hohmannovi prenosni orbiti. Kot primer predpostavimo, da telo prenesemo s krožne orbite z radijem r_1 na krožno orbito z radijem r_2 , pri čemer je $r_2 > r_1$.

Najprej v določeni točki gibanja po krožnici z radijem r_1 telo pospešimo v smeri gibanja za Δv_1 . To naredimo v zelo kratkem času v primerjavi z obhodnim časom gibanja, tako da lahko predpostavimo, da se hitrost telesa tako rekoč v trenutku spremeni. Hitrost Δv_1 povečamo za toliko, da povečana hitrost zadostuje za gibanje telesa po eliptični orbiti, katere največja oddaljenost od gorišča je enaka r_2 .

Iz enačbe 7 sledi, da je Δv_1 enaka:

$$\Delta v_1 = v_1 - v_{0,1} = \sqrt{GM \left(\frac{2}{r_1} - \frac{1}{(r_1+r_2)/2} \right)} - \sqrt{GM \left(\frac{1}{r_1} \right)} .$$

Če enačbo preuredimo, dobimo spremembo hitrosti:

$$\Delta v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r_1}} \left(\sqrt{\frac{2r_2}{r_1+r_2}} - 1 \right). \quad (11)$$

Po povečanju hitrosti telesa za Δv_1 se telo ne bo več gibalo po krožni tirnici z radijem r_1 ampak po eliptičnem tiru, ki določa Hohmannovo prenosno orbito. Ko telo doseže najbolj oddaljeno točko eliptičnega tira (2), moramo telo ponovno pospešiti, saj se bo v nasprotnem primeru po eliptičnem tiru vrnilo v prvotno točko pospeševanja (1). Hitrost v točki (2) moramo povečati za toliko, da bo končna hitrost ustrezala krožilni hitrosti na razdalji r_2 . Spremembo hitrosti Δv_2 lahko ponovno izračunamo z enačbo 7:

$$\Delta v_2 = v_{0,2} - v_2 = \sqrt{GM \left(\frac{1}{r_2} \right)} - \sqrt{GM \left(\frac{2}{r_2} - \frac{1}{(r_1+r_2)/2} \right)}$$

in dobimo:

$$\Delta v_2 = \sqrt{\frac{GM}{r_2}} \left(1 - \sqrt{\frac{2r_1}{r_1+r_2}} \right) \quad (12)$$

Z upoštevanjem spremembe hitrosti Δv_1 (enačba 11) in Δv_2 (enačba 12) lahko torej prenesemo satelit s krožne orbite z radijem r_1 na krožno orbito z

radijem r_2 . Pri tem velja omeniti še to, da je čas, potreben za prenos z ene na drugo krožno orbito, enak polovici obhodnega časa eliptičnega tira. Na podlagi III. Keplerjevega zakona [3], ki določa obhodni čas eliptičnega tira, lahko zapišemo čas prenosa:

$$t_p = \frac{1}{2} T_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{4\pi^2 a^3}{GM}} = \frac{1}{2} \pi \sqrt{\frac{(r_1+r_2)^3}{8GM}}. \quad (13)$$

Energijska bilanca

Poglejmo si prehod iz ene na drugo krožno orbito še z energijskega vidika. Skupno energijo E , ki jo ima telo na določeni eliptični orbiti oziroma krožnici, določa enačba 6. Pri prehodu satelita s krožne orbite z radijem r_1 na krožno orbito z radijem r_2 torej pride do spremembe skupne energije:

$$\Delta E = \Delta W_k + \Delta W_p = -\frac{GMm}{2} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right). \quad (14)$$

Pri tem je sprememba potencialne energije:

$$\Delta W_p = -GMm \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \quad (15)$$

in sprememba kinetične energije:

$$\Delta W_k = \Delta E - \Delta W_p = \frac{GMm}{2} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right). \quad (16)$$

Iz enačb 14–16 vidimo, da se v primeru prehoda na višjo orbito ($r_2 > r_1$) skupna energija poveča $\Delta E > 0$, poveča se tudi potencialna energija $\Delta W_p > 0$, medtem ko se kinetična energija zmanjša $\Delta W_k < 0$. Skupna energija se je pri prehodu z nižje na višjo orbito povečala na račun pospeševanja v točki 1 ($\Delta W_{k,1}$) in točki 2 ($\Delta W_{k,2}$). Skupna sprememba energije je torej: $\Delta E = \Delta W_{k,1} + \Delta W_{k,2}$, pri čemer je:

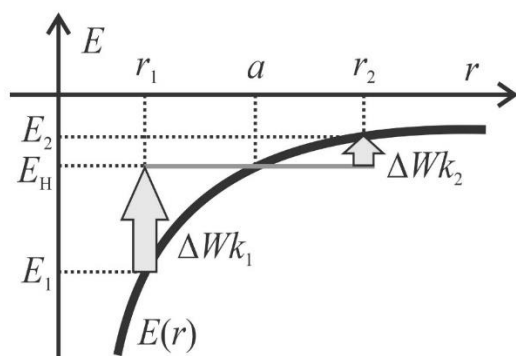
$$\Delta W_{k,1} = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_{0,1}^2}{2} = \frac{GMm}{2} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{2}{r_1+r_2} \right) \text{ in} \quad (17)$$

$$\Delta W_{k,2} = \frac{mv_{0,2}^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = \frac{GMm}{2} \left(\frac{2}{r_1+r_2} - \frac{1}{r_2} \right). \quad (18)$$

Energija telesa na Hohmanovi orbiti (glej sliko 3) je torej:

$$E_H = E_1 + \Delta W_{k,1} = -\frac{GMm}{2r_1} + \frac{GMm}{2} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{2}{r_1+r_2} \right) = -\frac{GMm}{r_1+r_2}, \quad (19)$$

kar je enako energiji, ki jo ima telo, ki kroži na radiju $a = (r_1 + r_2)/2$; slednje je prikazano tudi na sliki 3.



Slika 3: Energija telesa na Hohmannovi orbiti

Zaključek

Hohmannova orbita je eden izmed najbolj ekonomičnih načinov prehoda opazovanega telesa, na primer okoli Zemlje gibajočega se satelita iz ene na drugo krožno orbito. V prispevku smo predstavili potrebne pogoje za ta prehod ter ga analizirali z energijskega vidika. Sprva smo se osredotočili na gibanje teles pod vplivom gravitacijske sile. Zatem smo zapisali energijo telesa pri premikanju po eliptični orbiti in posebej izpostavili hitrost satelita, ko je ta v perigeju oziroma apogeju. Nato smo predstavili potrebne spremembe hitrosti za realizacijo prehoda iz ene na drugo krožno orbito in nazadnje pojasnili še energijske spremembe, povezane z omenjenim prehodom med dvema krožnima orbitama. Menimo, da je obravnava Hohmannove orbite zanimiv primer, s katerim preverimo, osvežimo ali dopolnimo svoje znanje na področju gibanja teles pod vplivom gravitacijske sile. V večini primerov analize gibanja nebesnih teles, kakor denimo lun, planetov, dvozvezdij in podobno, se dogajajo le energijske pretvorbe med

kinetično in potencialno energijo. V primeru satelitov in raket, kjer je na voljo tudi pogon, pa je obravnava Hohmannove orbite ustrezen primer za nadgradnjo razumevanja gibanja teles pod vplivom gravitacijske sile.

Viri

- [1]https://en.wikipedia.org/wiki/Hohmann_transfer_orbit (spletni vir, dostop 28. 10. 2020)
- [2]https://en.wikipedia.org/wiki/Bielliptic_transfer (spletni vir, dostop 28. 10. 2020)
- [3]https://en.wikipedia.org/wiki/Kepler%27s_laws_of_planetary_motion (spletni vir, dostop 28. 10. 2020)
- [4] T.W.B. Kibble & F.H. Berkshire, *Classical Mechanics* (5th Edition), Imperial College Press, 2004.
- [5] O. Montenbruck & E. Gill. *Satellite Orbits*, Springer Verlag, 2000.

PRIHODNOST VESOLJSKIH POTOVANJ

pom. akad. dr. Primož Kajdič

Oddelek za vesoljsko fiziko, Geofizikalni inštitut Mehika

Verjetno nisem edini, ki je že od majhnega sanjaril o potovanjih v druge svetove. Odkrivati nove planete, obiskovati daljne galaksije je bila vedno moja skrita želja. Mislim, da ne pretiram, če napišem, da se večini ljudi ideja o naselbinah na Luni ter na Marsu, v ne tako oddaljeni prihodnosti, zdi nekaj samoumevnega, nekaj, kar se bo zagotovo zgodilo.

Ameriška korporacija SpaceX je na primer leta 2016 na Mednarodnem astronavtskem kongresu (International Astronautical Congress, IAC) v Mehiki najavila, da bo do leta 2022 poslala na Mars dve misiji brez posadke z namenom, da olajšata prihod prvih astronautov na rdeči planet leta 2024. Na dolgi rok naj bi SpaceX celo vzpostavila kolonijo na Marsu [1,2]. Nizozemsko podjetje Mars One je leta 2012 naznanilo podobne cilje, njihova posadka naj bi na Mars prispela v letih 2024 in 2025 [3], in to kljub temu da niso imeli nobenih izkušenj z vesoljskimi potovanji. Leta 2013 so priredili celo natečaj za izbor astronautov, ki bi bili prvi zemljani na rdečem planetu, potem pa je podjetje leta 2019 bankrotiralo [4]. Ameriška vesoljska agencija NASA je naznanila, da bo najprej leta 2024 poslala ljudi na Luno [5], pri čemer bi ji nove izkušnje ter tehnologije omogočile poznejše osvajanje Marsa. Kot največje izzive, ki jih bodo morali premagati, navajajo pristajalne module za mnogokratno uporabo, iskanje virov, kot so rude in voda, ki jih bodo bodoči naseljenci lahko uporabljali, ter na splošno preskrbo s hrano in vodo.

Treba je povedati, da bi potovanje na Mars, ki je Zemlji najbližji planet, na katerem lahko pristanemo, trajalo precej dolgo. Mars One je navajal obdobje sedmih mesecev, pri čemer so to primerjali z dolžino bivanja astronautov na mednarodni vesoljski postaji. NASA je navedla podobno dobo devetih mesecev [6]. Če prištejemo še enako dolgo pot nazaj ter bivanje na Marsu, to pomeni, da bi celotna misija zlahka trajala dve leti.

Zdi se, da vesoljskih potovanj v bližnji prihodnosti ne more nič ustaviti. Toda preden spakiramo kovčke ter se pripravimo na najbolj noro pustolovščino, se moramo pomuditi pri neprijetnem dejstvu, za katerega se zdi, da se mu vse organizacije izogibajo. Resnica je namreč taka, da še zdaleč ni jasno, ali bodo daljša potovanja v medplanetarnem in medzvezdnem prostoru ter stalne naselbine na Luni in na rdečem planetu sploh možni. Prav verjetno je namreč, da bo človeštvo v vsem svojem obstoju koloniziralo le en planet – Zemljo.

Razlog za tak pesimizem leži v tem, da je vesolje prežeto z delci visokih energij, ki jim pravimo kozmični žarki. Prav to sevanje je razlog, da dolžine potovanja po medplanetarnem prostoru ne moremo primerjati z dolžino bivanja na mednarodni vesoljski postaji. Kot bomo videli, kozmični delci lahko poškodujejo naša tkiva ter povzročijo resna obolenja astronautov, kot je na primer rak. Zemlja nas pred večino teh delcev obvaruje s svojim magnetnim poljem ter dokaj gosto atmosfero. Tako površje našega planeta doseže le relativno malo kozmičnih delcev. Magnetni zemeljski ščit se razteza od površja našega planeta v medplanetarni prostor in z interakcijo s sončevim vetrom tvori nekakšno votlino okrog Zemlje, ki ji pravimo magnetosfera. Tudi če smo znotraj te votline, postaja ta ščit tem bolj šibek, čim dlje od Zemljinega površja se nahajamo. Če vzamemo za primer mednarodno vesoljsko postajo, lahko vidimo, da se njena orbita nahaja na višini 400 km. To je še vedno dovolj blizu Zemlje, da njeno magnetno polje astronaute na postaji dokaj dobro zaščiti pred kozmičnim sevanjem. Astronavti, ki bi se odpravili na pot na Mars, te zaščite ne bi imeli. Pa ne le na poti na Mars. Rdeči planet za razliko od Zemlje nima lastnega magnetnega polja, pa tudi njegova atmosfera je zelo redka. To pomeni, da bi bili astronauti na površju Marsa izpostavljeni kozmičnemu sevanju približno enako kot v medplanetarnem prostoru.

To pa nam lahko prekriža načrte za dolgoročno bivanje na Marsu.

Drugi vir tveganja so delci, ki so pospešeni do visokih energij v bližini Sonca tekom bliščev ali v medplanetarnem prostoru v koronalnih izbruhih mase. Njihove maksimalne energije so do nekaj 10 milijonov eV, kar je sicer manj od kozmičnih žarkov, a je njihova pojavnost dokaj naključna, njihova intenzivnost pa dosti večja od kozmičnih žarkov. Ti delci povzročajo preglavice našim umetnim satelitom tekom geomagnetnih neviht. Stroka pojavnost teh delcev imenuje Solar Particle Events (SPE) [17].

Malo o kozmičnih žarkih

Poglejmo najprej na kratko, o čem sploh teče beseda. Kozmični žarki so protoni, jedra težjih elementov ter elektroni, ki po vesolju potujejo s hitrostmi, ki so blizu svetlobne hitrosti. To pomeni, da imajo ogromne energije (poglej tudi sliko 1). Najbolj energetski so tako imenovani galaktični in izvengalaktični kozmični delci, ki najverjetneje nastajajo ob eksplozijah supernov ali v aktivnih galaktičnih jedrih. 85 % teh kozmičnih žarkov predstavljajo protoni, 15 % pa helijeva jedra. Njihove energije znašajo med 10^{10} in 10^{15} eV. To so delci, ki zaradi svojih ogromnih energij lahko prodrejo do Zemljine površine. Zanimivo je, da tok galaktičnih kozmičnih žarkov, ki dosežejo Zemljo, niha s sončevim ciklom. Tekom maksimuma sončeve aktivnosti se na Soncu namreč zgodi veliko izbruhov, ki potem potujejo po medplanetarnem prostoru kot koronalni izbruhi mase. Ti nosijo s sabo svoje lastno magnetno polje, ki deluje kot ščit ter odbije del galaktičnih kozmičnih žarkov nazaj v medzvezdni prostor. Ta antikorelacija med sončevo aktivnostjo ter tokom galaktičnih kozmičnih žarkov je prikazana na sliki 2.

Potem so tu anomalni kozmični žarki z energijami med 10^7 in 10^8 eV. Znanstveniki menijo, da so vir teh žarkov nevtralni ioni v medzvezdnem prostoru, ki zaidejo v Osončje. Ko se Soncu dovolj približajo, jih rentgenski žarki in ekstremna ultravijolična svetloba s Sonca ionizirajo. Nato jih sončev veter odnese do samega roba heliosfere, kjer so ti delci pospešeni do

visokih energij. Nekateri lahko nato prodrejo v samo osrčje Osončja.

Sonce je vir t. i. sončnih kozmičnih žarkov. Ti imajo energije med 10^7 in 10^{10} eV in najverjetneje nastajajo v najbolj zunanji plasti sončeve atmosfere, ki ji pravimo korona. Poudarimo, da to niso delci, ki sestavljajo prej omenjene SPE-je.

Vpliv kozmičnih žarkov ter SPE-jev na zdravje

Tako pridemo do samega bistva problema – vpliv teh delcev na zdravje ljudi. Kozmični žarki imajo na naše zdravje podoben vpliv, kot ga ima radioaktivno sevanje. Le-to lahko povzroči akutne sindrome, ki se pojavijo takoj ali kmalu po tem, ko smo izpostavljeni sevanju. Med njimi so bruhanje, utrujenost, slabost ter bolezn centralnega živčevja. Kronični vpliv na zdravje se lahko pokaže šele čez leta oziroma desetletja po izpostavljenosti sevanju. Posledice so lahko rak, siva mrena, poslabšanje vida ter degenerativna srčna obolenja [10, 18].

Da bi razumeli, kako zelo nevarno je vesolje, moramo najprej vedeti, kako se sploh meri tveganje ob izpostavljenosti sevanju. Enota, s katero merimo vpliv, ki ga sevanje ima na človeško telo, se imenuje sievert (Sv), po švedskem znanstveniku Rolfu Maximilianu Sievertu, ki je proučeval vpliv ioniziranega sevanja na zdravje. En Sv je definiran kot doza sevanja, za katero obstaja 5,5 % možnosti, da izpostavljena oseba zboli za rakom [11].

V naravi radioaktivno sevanje obstaja povsod, le da so doze majhne. Banane na primer so na slabem glasu, ker naj bi bile radioaktivne. Če pojedete eno povprečno banano, boste izpostavljeni dozi 98 nanoSV oziroma 98 milijardink SV. Varnostni pregled na mednarodnih letališčih vam lahko prinese 250 nanoSV, medtem ko vam zobna radiografija "podari" med 5 in 10 mikroSv (1 mikroSv je milijoninka Sv). Posadke na potniških letalih imajo predpisano mejo 1,5–1,7 miliSv na leto, šestmesečno bivanje na mednarodni vesoljski postaji pa pomeni dozo 80–150 miliSV [11, 14]. Ljudje, ki so bili izpostavljeni eksploziji atomske bombe v Hirošimi ter so od samega centra eksplozije bili oddaljeni 1,2 km, so prejeli dozo 5 Sv [11]. V povprečju smo ljudje izpostavljeni dozi 2,4 miliSv na leto [14].

Znanstveniki [12] (glej tudi sliko 3) so v preteklosti na plovilo Curiosity namestili napravo, imenovano Radiation Assessment Detector (RAD), s katero so merili dozo sevanja, ki bi jo prejeli ljudje na poti na Mars. Ugotovili so, če bi potovanje na Mars in nazaj trajalo le eno leto, da bi astronauti prejeli dozo ekvivalentno 662 miliSv. Po pravilih NASE astronauti ne smejo prejeti doze večje od 1000 miliSv v celi karieri. Zeitlin et al. [16] so prišli do podobnih zaključkov glede doze sevanja tekom potovanja na Mars, ki bi bila 0.66 ± 0.12 sieverta. Dr. Jäkel v svojem članku [13] opozarja na dejstvo, da je vpliv dolgoročne izpostavljenosti sevanju na človeško telo še dokaj neznan in da lahko na zdravje astronautov vplivajo tudi energetski delci, ki se sprostito med izbruhi koronalne mase. Ti izbruhi so nepredvidljivi, zato se je pred temi delci težko ustrezno zaščititi. Njegove ocene za doze sevanja, ki bi jih prejeli astronauti, so 0,28 Sv tekom enoletnega potovanja na Mars plus 0,18 Sv tekom 1,5-letnega bivanja na Marsu med sončevim maksimumom, medtem ko so ocene za sončev minimum celo večje – 0,73 ter 0,41 Sv. Avtor sklone članek s tem, da bi 3-letna misija na Mars pomenila 4-odstotno tveganje za obolelostjo s smrtonosnim rakom in celo 10-odstotno tveganje za pojav raka do konca življenja. K temu je treba prišteti še 20-odstotno verjetnost, da zbolimo in umremo za rakom, tudi če Zemlje nikoli ne zapustimo [15].

Pri vsem tem pa naj spomnim, da govorimo le o potovanju na Zemlji najbližji planet. Več let ali celo desetletij trajajoča potovanja, kot na primer tista v Zvezdnih stezah, bi pomenila še mnogo večje tveganje za astronaute.

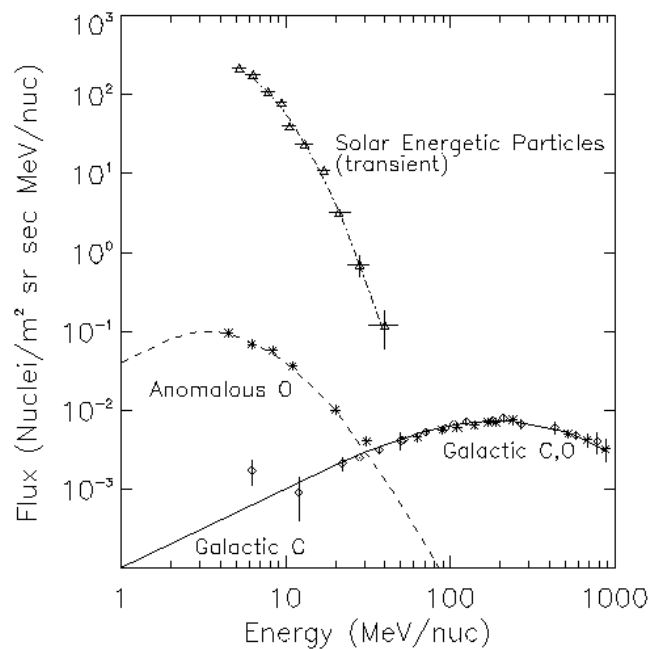
Upanje

Več raziskovalnih agencij dela na tem, da bi zaščitile potnike na daljših vesoljskih potovanjih. Predlagane zaščite so dveh tipov – pasivna ter aktivna zaščita. Pasivna pomeni, da bi za konstrukcijo vesoljskih plovil uporabili take materiale, ki bi čim bolj absorbirali energijo kozmičnih delcev. Trenutno astronaute od zunanjega okolja loči plast aluminija, iz katerega so narejena vesoljska plovila. Aluminij lahko izpostavljenost sevanju še poslabša. Ko delci z zelo visokimi energijami »udarijo« ob aluminijasto

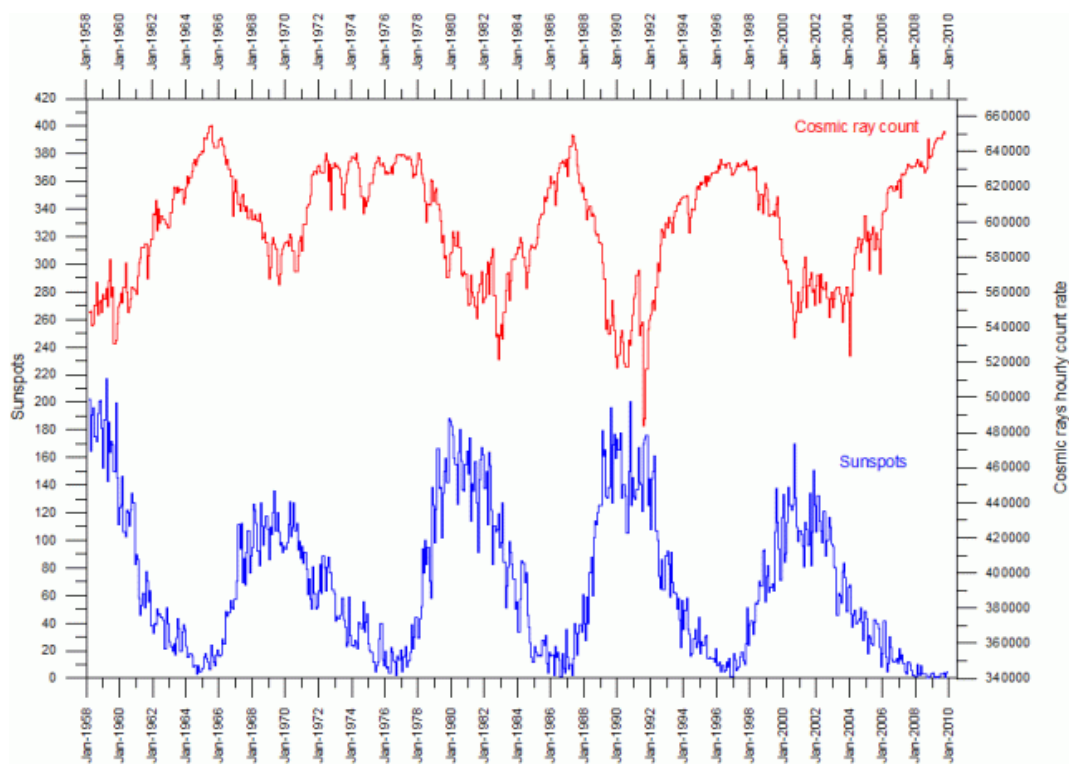
steno, se lahko posledično spremenijo v množico delcev, ki imajo manjše energije, ki pa so še vedno dovolj visoke, da poškodujejo naša tkiva. Ker se ti sekundarni delci razpršijo po dosti večji površini, lahko astronauti dejansko prejmejo višje doze sevanja, kot bi od izvornega kozmičnega delca.

NASA preučuje materiale, kot so plastike z visoko vsebnostjo vodika [20, 22]. Med drugimi materiali, ki bi lahko bili koristni, sta voda in tekoči vodik. Slednji je na primer sestavina goriv, ki jih vesoljska plovila uporabljajo. A oba materiala imata to slabost, da bi ju sčasoma zmanjkalo [21]. Nekatere bolj radikalne ideje predlagajo, da bi manjše asteroide vtirili v ustrezne orbite, tako da bi se lahko vesoljska plovila »skrila« v kraterjih ali celo v izvrtanih predorih na njihovih površinah. Vesoljska plovila bi tako proti Marsu ponesli kar ti asteroidi, ki bi jih tako varovali pred kozmičnimi žarki [23].

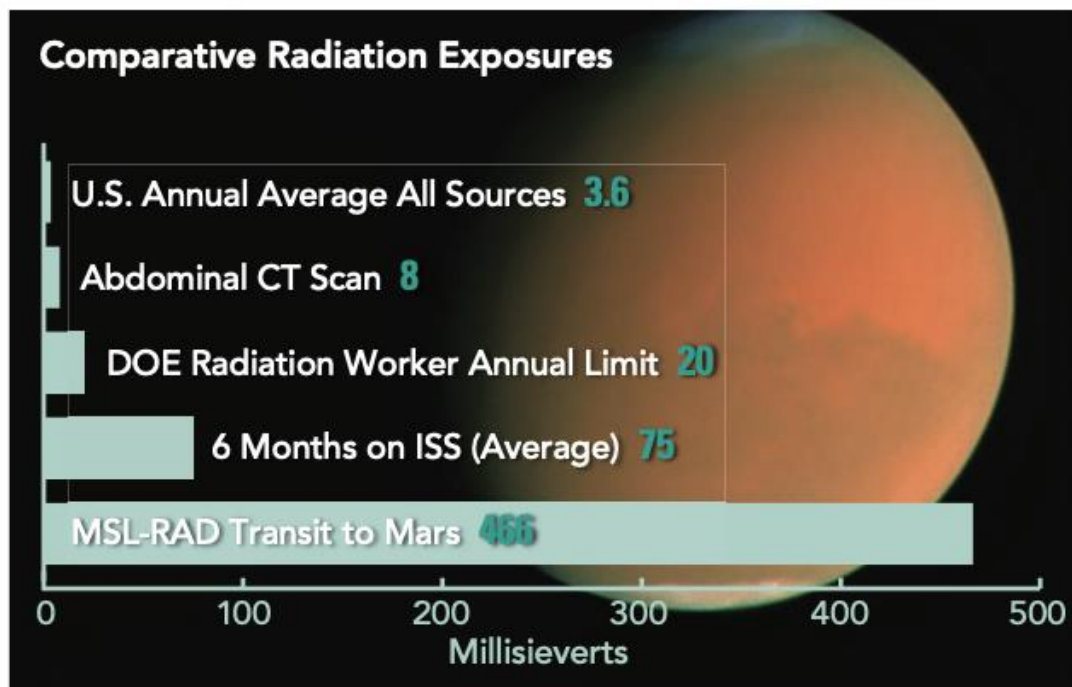
Po drugi strani pa je aktivna zaščita pristop, po katerem bi okoli vesoljskih plovil ustvarili magnetno polje, ki bi odbijalo kozmične žarke [24,25]. To magnetno polje bi moralo biti dovolj močno, za kar pa bi bil potreben ustrezen vir energije. Pri vsem tem je treba poudariti, da pasivna zaščita še zdaleč ne ponuja ustrezne rešitve, saj ne odstrani dovolj sevanja. Tehnologije za aktivno zaščito pa trenutno še nimamo. Pustolovci, ki se bodo podali na vesoljska potovanja v bližnji prihodnosti, bodo morali tveganje, ki ga bodo ta potovanja prinašala, pač sprejeti. Najverjetneje bodo ta potovanja najprej omejena na kratka bivanja v Zemljinih orbitah, sploh za t. i. vesoljske turiste. Pogumni raziskovalci še neraziskanih kotičkov vesolja pa bodo morali počakati na prihod novih tehnologij.



Slika 1: Spekter kozmičnih žarkov. Vir: [8].



Slika 2: Antikorelacija med tokom galaktičnih kozmičnih žarkov (rdeča krivulja) ter številom sončevih peg (modra krivulja). Sončeve pege so zanesljiv pokazatelj sončeve aktivnosti. V času sončevega maksimuma njihovo število močno naraste. Vir: [9].



Slika 3: Doze sevanja v miliSv v različnih okoljih. Vir: [12].

Viri

- Space.com. Pridobljeno s <https://www.space.com/spacex-plans-journey-to-mars.html>
- Wikipedia. Pridobljeno s <https://en.wikipedia.org/wiki/SpaceX>
- Wikipedia. Pridobljeno s https://en.wikipedia.org/wiki/Mars_One
- Mars One. Pridobljeno s <https://www.mars-one.com/news/press-releases/mars-one-ventures-ag-in-administration>
- NASA. Pridobljeno s <https://www.nasa.gov/topics/moon-to-mars/overview>
- NASA. Pridobljeno s <https://image.gsfc.nasa.gov/poetry/venus/q2811.html>
- NASA. Pridobljeno s https://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html
- SIS: The Solar Isotope Spectrometer. Pridobljeno s http://www.srl.caltech.edu/ACE/CRIS_SIS/sis.html
- Electroverse. Pridobljeno s <https://electroverse.net/cosmic-rays-reach-record-highs-as-solar-activity-nears-space-age-low/>
- NASA, Space Radiation (HRP Elements). Pridobljeno s <https://www.nasa.gov/hrp/elements/radiation/risks>
- Wikipedia. Pridobljeno s <https://en.wikipedia.org/wiki/Sievert>
- Kerr, R. A., Radiation Will Make Astronauts' Trip to Mars Even Riskier, (2013), Science, Vol. 340, Issue 6136, pp. 1031 DOI: 10.1126/science.340.6136.1031 <https://science.sciencemag.org/content/340/6136/1031>
- Jäkel, O., (2004), Radiation hazard during a manned mission to Mars, Zeitschrift für Medizinische Physik, Volume 14, Issue 4, Pages 267-272, ISSN 0939-3889, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0939388915700097>
- Wikipedia. Pridobljeno s https://en.wikipedia.org/wiki/Health_threat_from_cosmic_rays
- Can People Go to Mars?, NASA. Pridobljeno s

- https://web.archive.org/web/20040219011918/http://science.nasa.gov/headlines/y2004/17feb_radiation.htm
16. Zeitlin et al., 2013, Measurements of Energetic Particle Radiation in Transit to Mars on the Mars Science Laboratory, American Association for the Advancement of Science, Vol. 340, Issue 6136, pp. 1080-1084, DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1235989>
 17. Narici et al., Chapter 17 - Solar Particle Events and Human Deep Space Exploration: Measurements and Considerations, Editor(s): Natalia Buzulukova, Extreme Events in Geospace, Elsevier, 2018, Pages 433-451, ISBN 9780128127001, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812700-1.00017-0>.
 18. Evidence Report: Risk of Acute Radiation Syndromes due to Solar Particle Events, NASA
 19. Space Settlements: A design Study, NASA, 1977. Pridobljeno s <https://ntrs.nasa.gov/citations/19770014162>
 20. Plastic Spaceships, NASA. Pridobljeno s https://web.archive.org/web/20100323201842/http://science.nasa.gov/headlines/y2005/25aug_plasticspaceships.htm
 21. Cosmic rays may prevent long-haul space travel, New Scientist, 2005
 22. The radiation challenge, NASA. Pridobljeno s https://www.nasa.gov/pdf/284275main_Radiation_HS_Mod3.pdf
 23. Matloff, G. L., Wilga, M., 2011, NEOs as stepping stones to Mars and main-belt asteroids, Acta Astronautica, Volume 68, Issues 5–6, Pages 599-602, ISSN 0094-5765, <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2010.02.026>.
 24. Magnet Architectures and Active Radiation Shielding Study (MAARSS), NASA, https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/niac_2012_phaseii_westover_radiationprotectionandarchitecture_tagged.pdf
 25. Barthel, J., Sarigul-Klijn, N. (2019), A review of radiation shielding needs and concepts for space voyages beyond Earth's magnetic influence, Progress in Aerospace Sciences, Volume 110, 100553, ISSN 0376-0421, <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2019.100553>.

GIBANJE JUPITROVIH LUN

Jurij Šumak, Leon Jerebic, Darko Kolar, pom. akad. dr. Simon Ülen in Rok Vogrinčič

V raziskovalni nalogi smo s pomočjo posnetkov Jupitra in njegovih lun izračunali orbitalne resonance med slednjimi. Za izračun obhodnih časov lun okoli Jupitra smo uporabili metodo Fourierjeve transformacije, ki se je izkazala za zanesljivo. Pokazali smo, da so obhodni časi lun v razmerju z luno Io naslednji: Io 1 : 1, Evropa 2 : 1, Ganimed 4 : 1 ter Kalisto 9 : 1.



Slika 1: Naš posnetek Jupitra z njegovimi lunami (od leve proti desni si sledijo Evropa, Kalisto, Io in Ganimed). Posnetek je bil narejen s kamero QHY5 v primarnem gorišču teleskopa Skywatcher Newton 1000/200 mm. Posnetek je nastal 4. 6. 2018.

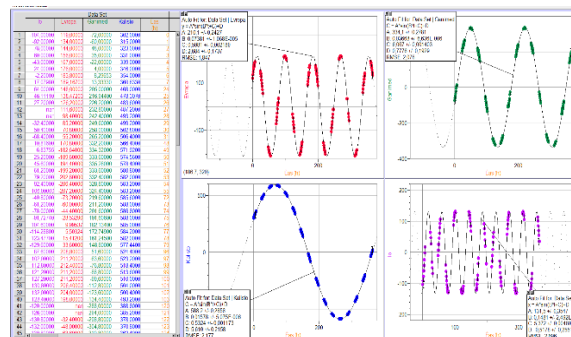
Uvod

Prvo odkritje Jupitrovih lun pripisujemo Galileju Galileju, ki jih je opazoval decembra leta 1609. Te lune si po oddaljenosti od Jupitra sledijo tako: Io, Evropa, Ganimed in Kalisto [1]. So v medsebojni orbitalni resonanci z razmerjem 9 : 4 : 2 : 1 glede na luno Io. Posledica orbitalne resonance je lahko velika sprememba v orbiti ali celo premik telesa v novo orbito. Na telo tedaj delujejo močnejše plimske sile [2]. V nalogi na kratko predstavimo postopek obdelave posnetkov ter metodo, s katero

smo določili fizikalne lastnosti objektov na fotografiji.

Zbiranje podatkov

Posnetki so bili narejeni v enournih intervalih od 21.30 do 4.30 oziroma 3.30 (Jupitrov čas zahajanja se spreminja čez leto), od 4. 6. 2018 do 20. 6. 2018. Za izdelavo posnetkov smo uporabili teleskop Skywatcher Newton 1000/200 mm in kamero QHYCCD QHY5 Mono AutoGuider. S pridobljenih fotografij smo v programu SAOImage DS9 za vsako opazovalno noč izpisali koordinate lun in Jupitra. Posamezne lune smo poskušali identificirati po njihovih periodah. Pri sledenju skozi eno noč ni bilo težav, pri prehodu na naslednji dan pa smo najbolj oddaljeni luni, z največjima obhodnima periodama, identificirali kar s pozicije prejšnjega dne. Notranji luni smo identificirali na podlagi hitrosti premikanja glede na Jupiter. Na podlagi izpisanih koordinat opazovanih objektov smo izmerili navidezne oddaljenosti (v enotah pikselov) med Jupitrom in njegovimi lunami. Navidezno oddaljenost dobimo kot razliko med koordinato posamezne lune in koordinato Jupitra. Risali smo grafe navidezne oddaljenosti lun v odvisnosti od časa. Omenjene grafe prikazuje slika 2.

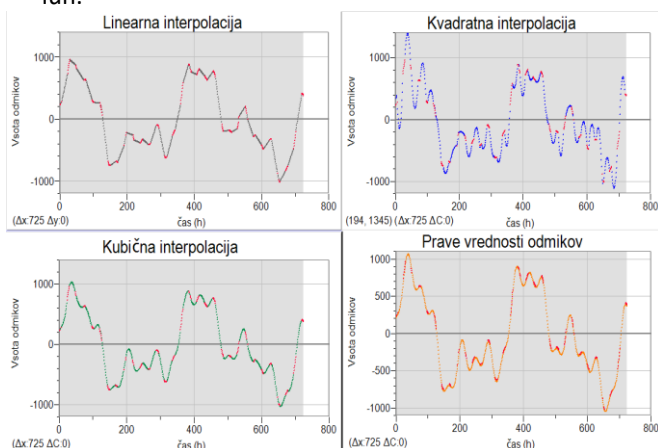


Slika 2: Grafi navidezne oddaljenosti Jupitrovih lun v odvisnosti od časa. Na navpični osi so navedene razdalje v enotah pikselov, na vodoravni osi je naveden čas v enotah ur.

Navidezne oddaljenosti lun so merjene od središča Jupitrove ploskvice do središča posamezne lune. Naši merski podatki so na sliki 2 prikazani z barvnimi točkami. Na izrisane podatke smo prilagodili sinusno funkcijo, saj opazujemo periodično gibanje. Ker opazujemo projekcijo kroženja, lahko za posamezno luno predpostavimo, da čas med dvema vrhovoma na grafu ustreza eni periodi lune.

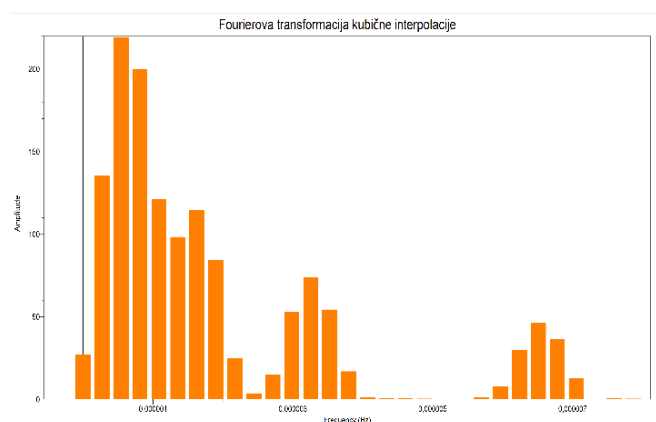
Določanje period lun s Fourierjevo transformacijo

Fourierjeva transformacija nam omogoča rekonstrukcijo več seštevkov sinusnih frekvenc in nam izpiše posamezne sestavne frekvence vseh sinusov, ki so v tem seštevku. V naši raziskovalni nalogi so te frekvence krožne frekvence Jupitrovih lun.



Slika 3: Vsota sinusnih funkcij navideznih oddaljenosti med posameznimi lunami in Jupitrom v odvisnosti od časa (graf spodaj desno). Ostali trije grafi prikazujejo različne tipe interpolacij, od katerih se kubična najbolj približa pravi vrednosti odmikov.

Navidezne oddaljenosti med posameznimi lunami in Jupitrom (slika 2) smo sešteli ter jih risali na skupnem grafu, glej sliko 3. Na njej rdeče obarvani deli grafov predstavljajo izmerjene podatke, ostali deli grafov so dopolnjeni s pomočjo interpolacije (med znanimi točkami zapolnimo prazna območja). Navpična os prikazuje vsoto odmkov v enotah pikslov, vodoravna pa čas v enotah ur. Za Fourierjevo transformacijo (FT) smo izbrali graf s kubično interpolacijo, saj se najbolj približa pravi vrednostim odmikov, kot to vidimo na sliki 3.



Slika 4: Graf FT kubične interpolacije. Frekvenca je izražena v enotah hertzov, Hz.

Na sliki 4 je rezultat FT grafa kubične interpolacije. S pomočjo grafa na sliki 4 lahko odčitamo vrednosti frekvenc lun, te so primerljive z rezultati, ki smo jih dobili s pomočjo naših izračunov, glej sliko 2. Najbolj levi vrh predstavlja Kalisto, sledita Ganimed in Evropa ter najbolj desno Io. Vrhova pri Kalistu in Ganimedu sta najmanj razvidna, saj imamo najmanjše število zabeleženih period, medtem ko je lažje razbrati vrhova pri Evropi in Io, saj sta naredili največ obhodov in je frekvenca natančneje določena. Bistvo postopka s FT je pokazati, da lahko vsoto odmkov lun od središča Jupitrove ploskvice rekonstruiramo na posamezne sinusne funkcije odmika lune od Jupitra v odvisnosti od časa. Rezultat, ki ga iščemo, je obhodni čas lune okoli Jupitra. Da dobimo vsoto odmkov, pa potrebujemo zgolj znanje o pravi oddaljenosti med posamezno luno in Jupitrom.

Rezultati

S pomočjo enačbe za nihajni čas lahko izračunamo obhodno periodo posamezne lune:

$$t_0 = \frac{2\pi}{\omega}$$

Vrednost kotne hitrosti posamezne funkcije dobimo iz rešitve enačbe nedušenega nihanja:

$$y = A * \sin(\omega * t + \varphi) + C,$$

kjer y predstavlja odmik (amplitudo nihanja), ω krožno frekvenco, t čas, φ fazni premik nihanja, C pa poljubno konstanto.

	ω [1/h]	$\Delta\omega$ [10^{-6} *(1/h)]	t_0 [h]	Δt_0 [h]	Relativna napaka točk v grafu [%]
Io	0,1481	24,92	42,425	$7,138 \cdot 10^{-3}$	0,017
Evropa	0,07381	10,68	85,126	0,0123	0,014
Ganimed	0,03668	6,636	171,297	0,0310	0,018
Kalisto	0,01578	5,075	398,174	0,128	0,036

Tabela 1: Tabela vsebuje kotne hitrosti, obhodne čase Jupitrovih lun ter njihove absolutne napake.

Napake, ki smo jih dobili pri izračunih, so le napake odstopanja točk od njim prilagojene sinusne funkcije. Lahko bi upoštevali napake, ki smo jih naredili pri centriranju objektov, vendar so te premajhne in k celotni napaki ne bi bistveno prispevale. Prav tako nismo upoštevali napake teleskopa (optične nepravilnosti v polju slike) in kamere (vsi točkovni elementi kamere niso enako občutljivi).

Resonanca pri Jupitrovih lunah je podobna resonancam pri bolj domačih nihanjih, kot je na primer pri guganju otroka na gugalnici. Tudi orbite lun imajo naravno resonanco. V obeh primerih pride do ojačitev ali pa oslabitev, vendar je pri lunah posledica teh dveh sprememba orbite zaradi večje oz. manjše sile gravitacije, ki deluje na luno, poleg gravitacije ostalih nebesnih teles. Za orbite lun lahko rečemo, da so le-te v resonanci, če so njihove periode v razmerjih $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$... Posledica resonance je lahko velika sprememba v orbiti ali celo premik telesa v novo orbito. Tedaj med drugim na telo delujejo močnejše plimske sile. Periode vseh lun lahko izrazimo v razmerju s periodo lune Io. Tako dobimo razmerja, ki so prikazana v tabeli 2 spodaj. Ta so primerljiva s podatki, ki jih najdemo v literaturi [2].

Io/Io	Evropa/Io	Ganimed/Io	Kalisto/Io
1	2,01	4,04	9,38

Tabela 2

Zaključek

Na podlagi teh izračunov lahko sklepamo, da so lune res v resonanci in da je resonanca prvih treh lun bistveno močnejša od resonance Kalisto : Io. Da gre za močno resonanco, je razvidno iz vrednosti razmerja. Bolj ko je to število blizu celemu številu, močnejša je orbitalna resonanca. V prihodnje lahko izmerimo še napake instrumentov, ki jih v tej nalogi nismo, prav tako pa lahko povečamo število meritev in s tem izboljšamo zanesljivost rezultatov obhodnih časov Jupitrovih lun.

Viri

- [1] Galilejske lune. Dostopno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Galilean_moons (14. 12. 2020)
- [2] Orbitalne resonance. Dostopno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Orbital_resonance (14. 12. 2020)

30 LET VESOLJSKEGA TELESKOPA HUBBLE

pom. akad. dr. Renato Lukač^{1,2}

¹*Gimnazija Murska Sobota*

²*Ekonomsko šola Murska Sobota, Višja strokovna šola*

Pred 30 leti je bil v orbito Zemlje utirjen Hubblov vesoljski teleskop. Kmalu po odpravi nekaterih začetnih težav po utirjenju v orbito je postal najpomembnejši teleskop in bistveno spremenil naš pogled na vesolje, saj je prispeval k nekaterim največjim odkritjem v astronomiji: določitev velikosti in starosti vesolja, hitrost širjenja vesolja, razumevanje evolucije zvezd od rojstva do njene smrti, odkritje zvezdnih porodnišnic, prva slika eksoplaneta in zaznavanje nastajajočih planetarnih sistemov, povezava med črnimi luknjami in kvazarji, porazdelitev temne snovi, učinki temne energije, uporaba gravitacijskega lečenja za opazovanje zelo oddaljenih in starih galaksij itd. Pomemben jubilej najpomembnejšega teleskopa smo proslavili 24. aprila 2020 na Gimnaziji Murska Sobota, ki je z Astronomskim društvom Kmica pripravila razgrnitev jubilejnega plakata in predavanja bivših dijakov Gimnazije Murska Sobota, zdaj že vrhunskih astronomov.



Slika 1: Utrinek s prireditve ob razgrnitvi plakata ob 25-letnici teleskopa Hubble

Konec leta 2014 nas je Simon Ravnič opozoril na javni razpis na strani ESA. Iskali so institucije, ki bi bile pripravljene izvesti javno razgrnitev velikega plakata s fotografijo, katera je bila izbrana kot najboljša od posnetih s teleskopom Hubble v tistem letu. Gimnazija Murska Sobota in AD Kmica sta se prijavi na razpis in pridobili jubilejni plakat ob takratni 25-letnici teleskopa. Bili smo edini v Sloveniji, katerim je bil dodeljen čudoviti plakat. Izvedli smo razgrnitev plakata, pospremili smo ga s predavanji prof. dr. Andreje Gomboc (Opazovanje vesolja s sateliti), Roka Vogrinčiča (Kako z opazovanjem Lune odkriti življenje na Zemlji) in Darka Kolarja (Edwin P. Hubble in vesoljski teleskop Hubble). Pomurskim učencem in dijakom, ki so bili v tistem šolskem letu najuspešnejši na državnem tekmovanju iz znanja astronomije, je predsednik AD Kmica prof. dr. Mitja Slavinec podelil posebna priznanja (slika 1). Takrat smo imeli srečo z vremenom, zato je zvečer sledilo tudi astronomsko opazovanje. Plakat je potoval tudi po pomurskih osnovnih šolah in navduševal učence za astronomijo, na koncu pa se je spet vrnil v avlo gimnazije.

ESA je konec leta 2019 spet pozvala evropske institucije, da se prijavijo na razpis za podelitev velikih plakatov, to pot z jubilejno sliko ob 30-letnici teleskopa Hubble [1]. Tudi to pot so prijavitelji morali zagotoviti javno prireditev ob razgrnitvi plakata ob določeni uri in dnevu ali pozneje, torej spoštovati tako imenovani embargo, zagotoviti močno medijsko pokritost, tudi v socialnih omrežjih, ter izdelati načrt za razstavljanje plakata na daljši čas in tako ustvariti trajne učinke v okolju. Več kot 30 institucijam [2] je bil dodeljen jubilejni plakat in promocijsko elektronsko gradivo, v Sloveniji spet

samo nam. Zaradi epidemije covid-19 je bil dogodek izveden virtualno po videokonferenčnem sistemu Arnes Video. Plakatu smo dodelili mesto spet v avli, kjer je do tedaj visel jubilejni plakat 25. obletnice teleskopa Hubble. Osebjem gimnazije je organiziralo ozvočenje, kamere, omrežne povezave in video prenos po sistemu Arnes Webex v portal Arnes Video in na Facebook. Posnetek je dostopen na portalu Arnes Video [3] in ima do tega trenutka več kot 1830 ogledov.

Na prireditvi, 24. aprila 2020, je bil ob natanko 13. uri razgrnjen jubilejni plakat. Bila je to premierna razgrnitev, saj smo se zavezali, da pred tem ne bo imel nihče vpogleda v njegovo vsebino. Na plakatu, imenovanem »Kozmični greben«, sta orjaška meglica NGC 2014 in njena soseda NGC 2020, ki se nahajata v satelitski galaksiji Rimske ceste – Velikem Magellanovem oblaku. Več o posnetku je zapisal Rok Vogrinčič v prispevku »30. obletnica vesoljskega teleskopa Hubble – Kozmični greben« v tem biltenu. Ozadje prireditve je orisal dr. Renato Lukač, ravnatelj Gimnazije Murska Sobota Roman Činč je v uvodnih razmišljanjih izpostavil pomen astronomije na gimnaziji in velike uspehe naših dijakov na tem področju ter odlično sodelovanje z AD Kmica, predsednik AD Kmica prof. dr. Mitja Slavinec pa se je zahvalil gimnaziji za gostoljubje mnogih astronomskih prireditev in pohvalil vse štiri predavatelje, bivše dijake gimnazije, ki so s predavanji obogatili, kot že mnogokrat prej, naše srečanje. Potem je sledil kratek video klepet z vsemi predavatelji in njihova predavanja (slika 2).



Slika 2: Predavatelji srečanja

V prvem predavanju »Edwin P. Hubble – človek za imenom teleskopa« je Darko Kolar predstavil življenje in dosežke Edwina P. Hubbla. Izpostavil je njegov pomen pri raziskovanju kefeid in razvrstitvi galaksij ter po njem imenovani Hubblov zakon, ki je izhajal iz rdečega premika. V drugem predavanju »Čudoviti posnetki teleskopa Hubble« je Rok Vogrinčič opisal 10 posnetkov teleskopa Hubble. Zelo temeljito je opisal aktualni jubilejni posnetek »Kozmični greben«, potem pa se je lotil jubilejnega posnetka izpred petih let »Westerlund 2«. Nato je podrobno opisal še izbranih osem čudovitih posnetkov: »Stebri stvarjenja«, »Galaksija cigara«, »Galaksija vrtinec«, »Meglica Mehurček«, »Infrardeči Saturn«, »Meglica Konjska glava«, »Jupiter in luna Io« in »Meglica Sijoče oko«. Dr. Primož Kajdič je v predavanju »Pomembna Hubblova odkritja v Osončju« orisal doprinos teleskopa k raziskovanju najbližjega dela vesolja, to je Osončja: dal je bistveno bolj podrobne informacije o že znanih objektih, odkrival je tudi nova telesa v Osončju in medzvezdne objekte v Osončju, raziskal je površje Lune in precizno določil evolucijo nekaterih manjših teles v Osončju, pomagal pri opisu interakcije teles in pomagal pri študiju vremenskih pojavov in določitvi vesoljskega vremena. V predavanju »Kako je Hubble spremenil astronomijo« se je prof. dr. Andreja Gomboc najprej dotaknila odkritij v Osončju, potem pa opisala njegov pomen pri raziskovanju eksoplanetov in njihovih atmosfer, protoplanetarnih diskov in porodnišnic zvezd. Izpostavila je njegov izredni pomen tako pri razumevanju življenja zvezd kot pri študiju galaksij, trkov galaksij in o podrobnostih supermasivnih črnih lukenj v središčih galaksij. Dotaknila se je dveh zelo pomembnih področij, temne snovi in temne energije. Na koncu je poudarila še pomen teleskopa Hubble v pogledu najgloblje v vesolje, tako imenovano globoko polje, ter dodala še področje, s katerim se tudi sama znanstveno-raziskovalno ukvarja, to je z optičnimi zasiji izbruhov sevanja gama.

Postregla je še z impresivnimi številkami teleskopa o vplivu na znanost: naredil je več kot 1,4 milijona posnetkov, na osnovi katerih je nastalo več kot 16.000 znanstvenih člankov in več kot 800.000 citatov. Zaključila je z lepo mislijo, da je teleskop imel velik vpliv na znanost, še bolj pomemben pa je njegov vpliv na širšo javnost in zanimanje za astronomijo. Po predavanjih so sledili še odgovori predavateljev na vprašanja udeležencev dogodka po video povezavi in zahvala gostitelja vsem sodelujočim.



Slika 3: Zaključni pozdrav gostitelja in v ozadju plakat

Plakat krasi avlo gimnazije, ki je žal trenutno spet prazna zaradi razglasitve epidemije. Upamo, da bodo kmalu mladi spet lahko občudovali podrobnosti tega čudovitega posnetka in da bo potem tudi potoval po pomurskih šolah in poskrbel za zanimanje radovednežev za astronomijo.

Viri

[1] ESA, ann1910 — Hubble 30th Anniversary Image Unveiling Solicitation Call Announced, 15 October 2019; dostopno na spletu:

<https://www.spacetelescope.org/announcements/ann1910/>, uporabljeno 21. 11. 2020

[2] ESA, ann2001 — Announcement, Hosts Institutions Announced for Hubble's 30th Anniversary Image Unveiling, 24 February 2020; dostopno na spletu:

<https://www.spacetelescope.org/announcements/ann2001/>, uporabljeno 21. 11. 2020

[3] Arnes Video: Razgrnitev jubilejnega plakata ob 30-letnici vesoljskega teleskopa Hubble na Gimnaziji Murska Sobota, 24. april 2020; dostopno na spletu:

<https://video.arnes.si/portal/asset.zul?id=g2VfSaaj a8bMrh8fjRvluMDm>, uporabljeno 21. 11. 2020

ZGODNJI KRAJNSKI ZNANSTVENIK – JANEZ RAFAEL KOBENZL

Marijan Prosen

Za ta drobní prispevek je 'kriv' nekoč slavni prebivalec Predjamskega gradu, vitez in stotnik habsburškega cesarstva v 15. stoletju, Erazem Predjamski, ki je kljub svojemu junaštvu žalostno končal. Pred leti sem se povsem naključno srečal z legendo o njegovem življenju, potem sem spoznal nekaj plemenitih Kobenzlov in končno prišel še do krajnskega učenjaka njihovega rodu z notranjsko kraškimi pridihom.

J. R. Kobenzl (Cobenzl, Kobenc) je bil vnuk Krištofa pl. Kobenzla in Ane pl. Predjamske, ki je bila edina dedinja imetja viteza Erazma Predjamskega (u. 1484). Prištevamo ga med prve najuglednejše krajnske znanstvenike z Notranjske. Bil je plemič, grof. Med številnimi študenti Jezuitskega rimskega kolegija si je pridobil status matematika. Kot jezuita, duhovnika, teologa in filozofa se ga najbolj spominjamo skupaj z delovanjem dveh naših matematikov in astronomov z Notranjske in Primorske, to je Andreja Cergola in Andreja Kobava. Oba sta namreč poučevala matematiko na graškem jezuitskem kolegiju pod Kobenzlovim vodstvom (rektorstvom). J. R. Kobenzl je bil rojen v Predjami pri Postojni leta 1570 ali leta 1571, umrl pa je na Dunaju leta 1627.

V jezuitski red je vstopil leta 1587. Potem je študiral filozofijo na Dunaju. Do leta 1592 je tam poučeval grščino. Naslednje leto mu je vsestransko zelo sposobni stric Janez (Ivan) Kobenzl (ok. 1530–1594) omogočil študij na jezuitskem kolegiju v Rimu, kjer je ob teoloških in drugih predavanjih obiskoval tudi tečaj višje matematike in tečaj fizike (z nekoliko astronomije). Tako si je pridobil dovolj trdnega znanja in veščin za opravljanje poklica profesorja matematike.

Po vrnitvi iz Rima je leta 1599 postal katehet in profesor filozofije na Dunaju. Svoj filozofski študij je še nadaljeval. Zaključil ga je na Dunaju leta 1602 z objavo razprave o fiziki in filozofiji: *Conclusiones philosophicae*. Potem se je za nekaj časa ustavil v ljubljanskem jezuitskem kolegiju, kjer je bil najprej tri leta prefekt in profesor teologije in filozofije, od oktobra 1606 do maja 1607 pa rektor kolegija. Leta 1607 je opravil zadnje redovne zaobljube v Gradcu. Sprva je pol leta nadomeščal rektorja, pozneje pa postal bogoslovec in spovednik, dve leti v Gradcu in nato štiri leta na Dunaju, kjer je med letoma 1615 in 1618 vodil tudi jezuitski študentski dom. V Olomucu je med tem izdal teološki deli, in sicer o postopku pri krstu (*Epistolica velitatio...*, 1616) in o nasprotovanju luteranski veri (*Libellus in concionem...*, 1617).

Leta 1619 je upravljal posestvo graškega jezuitskega kolegija. V letih 1620 in 1621 je bil rektor kolegija v Celovcu, nato pa pet let rektor kolegija in svetovalec provinciala v Gradcu. Leta 1626 je postal rektor jezuitskega kolegija na Dunaju, kjer je zasedel položaj svetovalca avstrijskega provinciala. Naslednje leto je tam kot superior profesor umrl.

Kot rektor v Gradcu je Kobenzl sodeloval s slovitim matematikom Paulom Guldinom² in seveda tudi z našima znanima krajnskima rojakoma, matematikoma in astronomoma, Andrejem Kobavom in Andrejem Cergolom.

Ko je Guldin prišel v Gradec, je tam prevzel katedro za matematiko. Bil je učitelj obema našima rojakoma, ki sta tam tudi občasno poučevala.

² Paul Guldin (St. Gallen, Švica, 1577–1643, Gradec, Avstrija), matematik in astronom, znan predvsem po dveh Guldinovih pravilih za izračun površine in prostornine vrtenin, ki nastanejo z vrtenjem krivulje ali lika okrog

opredeljene vrtilne osi, ki leži v ravnini krivulje ali lika, a ju ne seka.

Vsi trije so bili pod Kobenzlovim rektoratom, vsi štirje pa so bili matematiki. Tako je bila graška univerza takrat v zelo močnih matematičnih rokah.

Janez Rafael Kobenzl je na filozofskem, teološkem in matematično-fizikalnem področju kot profesor pa tudi kot rektor kolegija in svetovalec provinciala v Gradcu in na Dunaju opravil pomembna dela, ki so pustila sledi visoke strokovne, teološke in pedagoške vrednosti.

Tako ga prištevamo med najuglednejše in najpomembnejše krajnske znanstvenike prve polovice 17. stoletja.

Literatura

Članki v SBL

»SOLNČNI MERK«

Marijan Prosen

Med svoje poučne basni, ki jih je napisal več kot sedemdeset, je vestni škof Anton Martin Slomšek (1800–1862) priključil tudi zapis o Sončevem mrku iz leta 1851. Takole je napisal:

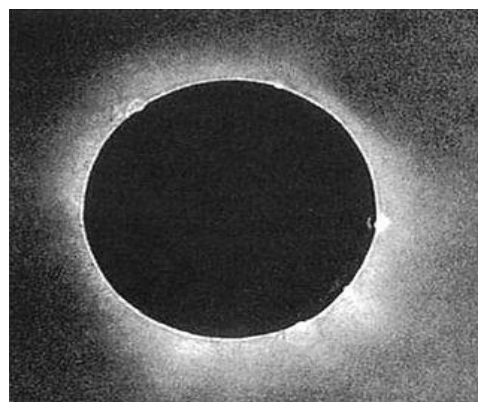
»Tri dni po sv. Jakobu leta 1851 je ob štirih popoldne solnce merknilo, toda ne popolnoma; le majhen krajček je še svetil po zemlji. Nekaka žalostna svetloba je naše kraje obdajala; ni bilo svetlo, pa prav temno ne; dolgočasen smertni mrak je zemljo pokrival, kakor bi ne bilo veselo živeti v takej slabi svetlobi, pa tudi od žalosti ne za umreti. Veliko ljudij se je na gore podalo solnčni merk gledat; samo na visokem Golovcu jih je bilo na dve sto oseb gosposkega stanu. V kajene šipe so imeli in skoz nje gledali, kako temni mesec svetlo solnce ljudem zakriva.

Tako pokriva posvetni duh naše svete vere luč posebno po mestih; ni prava noč, ne beli dan, marveč verozakona žalosten mrak. Tako imenovani le po imeni kristjani vere luč skoz vkajene očale zapeljive omike gledajo, niso pravoverniki, pa tudi neverci pravijo da niso, in tako se po sveti mračni, kodar žive vere ni, in le še krajec vere imajo. Po petih zvečer se je temni mesec odmeknil, solnce je v svoji lepoti posjalo, in vse je veselo zopet oživelo. „Dokler luč imate, hodite, da vas tema ne obide; kdor v temi hodi, ne ve, kamo gre,“ uči vera.«

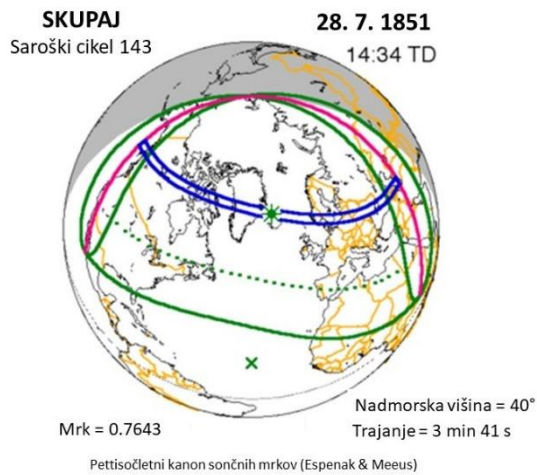
Tako spoštovani škof Slomšek.

Zanimalo me je, ali je bilo napisano še kaj o sončnem mrku leta 1851. Pa sem malo pobrskal, raziskal. In sem res nekaj našel.

Dne 28. 7. 1851 je bil popolni Sončev mrk, ki je bil pri nas viden kot delni. Ohranjena je tudi fotografija tega mrka. To je bila namreč prva med popolnim Sončevim mrkom posneta in pravilno osvetljena fotografija Sonca, ki je prikazovala tudi Sončevo korono.



Slika 1: Prva znanstveno uporabna fotografija popolnega Sončevega mrka s Sončevo korono. Naredil jo je Julius Berkowski na Kraljevem observatoriju v Koenigsbergu v Prusiji (zdaj Kaliningrad v Rusiji) v ponedeljek, 28. 7. 1851. Vir: splet.



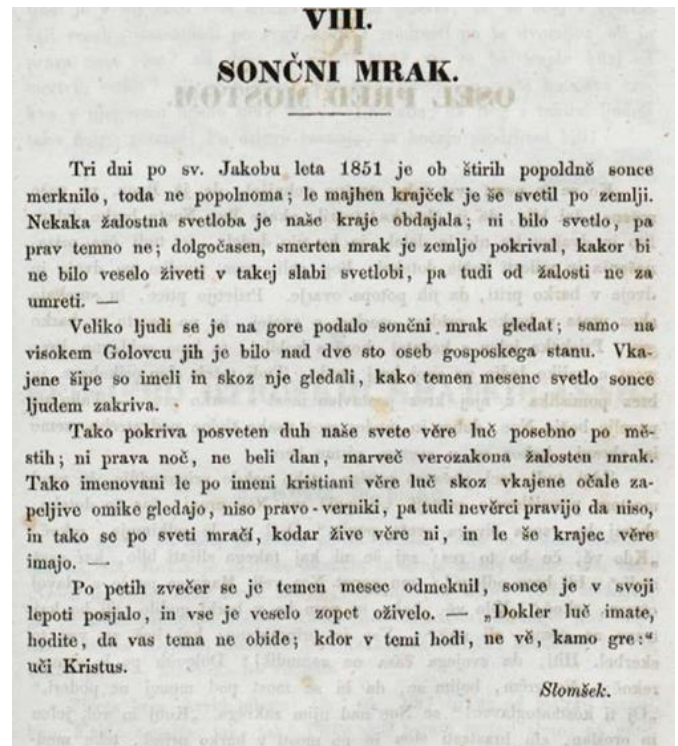
Slika 2: Pas Lunine sence, od koder se je dne 28. 7. 1851 z Zemlje videl popolni Sončev mrk. Navedeni so še drugi pomembni podatki o tem mrku (izrazi na sliki so poslovenjeni – op. ur.). Vir: splet.

POJASNILO K SLOMŠKOVEMU ZAPISU – op. ur.

Gre za zapis, ki je bil objavljen v Drobtincah leta 1853, str. 201. Slomškova "prilika" je bila objavljena v poglavju *Prilike in basni, ali zlate jagode v srebrnih posodah* kot osmo besedilo po vrsti (od desetih). *Prilika* je bila v 19. stoletju slovenska ustreznica za *parabolo*, danes imamo zato strokovni izraz *poučna pripoved*.

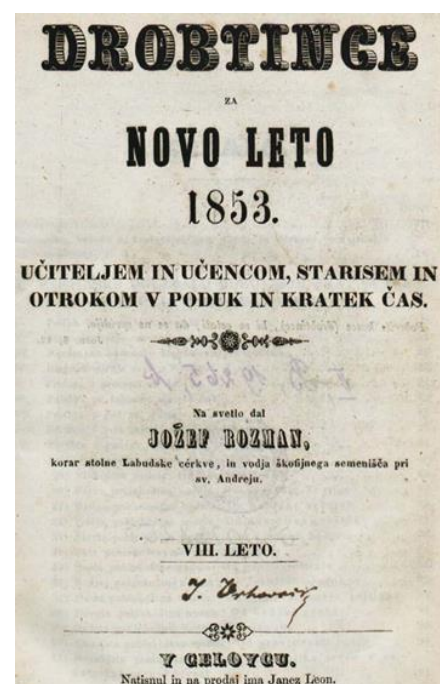
Pleteršnik (slov.-nem. slovar, 1894/1895) v tem pomenu navaja iz Murkovega, Cigaletovega in Janežičevega slovarja — *das Gleichnis, die Parabel*. Slomšek je svojo poučno pripoved (priliko) naslovil *Sončni mrak*.

Red. prof. dr. Marko Jesenšek, Filozofska fakulteta, Univerza v Mariboru



Slika 3: Originalno besedilo iz Drobtinic

Slika 4: Naslovna stran Drobtinic iz leta 1853



Urednik:

pom. akad. dr. Mitja Slavinec

Strokovni pregled:

pom. akad. dr. Milan Svetec

pom. akad. dr. Mitja Slavinec

Darko Kolar

Oblikovanje in prelom:

Nastja Škrlec

Jezikovni pregled:

Nastja Škrlec

Tisk:

AIP Praprotnik

Naklada:

250 izvodov

Založnik:

AD Kmica in ZOTKS, Murska Sobota, 2020

zanju: pom. akad. dr. Mitja Slavinec

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

520/524:379.825-053.6(497.4-18)(082)

ASTRONOMI v Kmici : triindvajsetič / [urednik Mitja Slavinec]. - Murska Sobota : AD Kmica : ZOTKS, 2020

ISBN 978-961-95235-0-6 (AD Kmica)

1. Slavinec, Mitja

COBISS.SI-ID 42836739