

# ASTRONOMI V KMICI



**trinajstič**



<b>ASTRONOMIJA PO SVETOVNEM LETU ASTRONOMIJE.....</b>	<b>2</b>
<b>MATEMATIČNO MODELIRANJE GIBANJA SATELITOV .....</b>	<b>2</b>
<b>KAKO SO V VESOLJU NASTALI KEMIJSKI ELEMENTI?.....</b>	<b>2</b>
<b>VIŠINA GORA NA LUNI .....</b>	<b>2</b>
<b>PROJEKT RAZVOJ NARAVOSLOVNIH KOMPETENC – .....</b>	<b>2</b>
<b>PREVERJANJA DIDAKTIČNIH GRADIV S PODROČJA ASTRONOMIJE .....</b>	<b>2</b>
<b>DRŽAVNO TEKMOVANJE IZ ASTRONOMIJE .....</b>	<b>2</b>
<b>DVOJNE ZVEZDE.....</b>	<b>2</b>
<b>POLETNI TRIKOTNIK – MITOLOŠKI IZVOR IMEN .....</b>	<b>2</b>
<b>ENERGIJA LUNE.....</b>	<b>2</b>
<b>KAJ SE BO ZGODILO 21. DECEMBRA 2012? .....</b>	<b>2</b>
<b>TRK DVEH OGROMNIH JAT GALAKSIJ IN KAJ JE TO TEMNA SNOV .....</b>	<b>2</b>
<b>PERZIJSKI ASTRONOM OMAR HAJAM.....</b>	<b>2</b>
<b>PREHOD VENERE ČEZ SONCE .....</b>	<b>2</b>
<b>SKRIVNOST PULZIRAJOČIH ZVEZD.....</b>	<b>2</b>
<b>ASTRONOMSKI TABOR KMICA 2010 .....</b>	<b>2</b>

## ASTRONOMIJA PO SVETOVNEM LETU ASTRONOMIJE

Prejšnje leto je bilo zaznamovano z astronomijo. V zvezi s praznovanjem svetovnega leta astronomije je bilo zelo veliko različnih aktivnosti, astronomskih dogodkov in nasploh se je mnogim prireditvam poskušalo dati tudi astronomski pridih. Pomurje pri tem ni bilo izjema. Nasprotno, prav AD Kmica je mnoge prireditve organizirala edina v Sloveniji.

Po vsakem takem višku, kot je mednarodno leto astronomije nedvomno bilo, ostane nevarnost, da mu bo sledila praznina, da bodo aktivnosti zamrle. Na srečo v tem primeru ni bilo tako in lahko brez slabe vesti ocenjujemo, da je po svetovnem letu astronomije spet prišlo leto astronomije. Veliko zaslug pri tem ima tudi nacionalni odbor Mednarodnega leta astronomije z našo pomursko akademkinjo dr. Andrejo Gomboc na čelu. Skozi vse leto so nas še naprej zalagali z astronomskimi novicami in ustvarjali tudi nove projekte.

Projekt mednarodnega leta astronomije je bil zastavljen dolgoročno, tako da ima večletne učinke. Teleskopi so na šolah ostali tudi po mednarodnem letu astronomije. V Kmici smo si za naše pomembno poslanstvo zadali, da ne bodo samevali v kabinetih, ampak bodo čim pogosteje v funkciji in bodo pričarali lepote pogleda na zvezdno nebo čim širšemu krogu ljudi. Predavanja in astronomski večeri, ki smo jih v mednarodnem letu astronomije še posebej izpopolnili, smo v nič manjšem številu organizirali tudi letos. Bogata je bila tudi naša publicistična dejavnost s tradicionalnim kmicininim astronomskim koledarjem na čelu.

Pomemben je tudi napredek na strokovni ravni. Prispevki v pričujoči publikaciji so prvič strokovno recenzirani. Mladinski raziskovalni tabor smo nadgradili s sklopom predavanj v okviru strokovne konference. Uspešno in poglobljeno je bilo tudi sodelovanje z drugimi sorodnimi organizacijami, bodisi astronomskimi društvi, še posebej pa s Pomursko akademijo PAZU in Zvezo za tehnično kulturo Slovenije. Prav tovrstna uspešna sodelovanja, nenehna skrb za strokovni podmladek, popularizacija astronomije, pri čemer se za podporo med drugimi še posebej zahvaljujemo medijem, publicistična dejavnost in široka paleta astronomskih aktivnosti, je naše astronomsko društvo Kmica naredilo največje v Sloveniji.

Kmica je največje astronomsko društvo postala spontano. To ni bil eden od naših ciljev, nasprotno, tega se nismo niti prav zavedali. In tako naj ostane tudi v prihodnje. Ostani naš cilj širiti astronomski duh in približati astronomijo čim širšemu krogu zainteresiranih. Če bo ta krog še naprej tako velik, širok in raznolik, bo to potrditev, da smo na pravi poti.

Vsem ljubiteljem astronomije želim v prihajajočem letu veliko jasnih noči in obilo astronomskih užitkov.

dr. Mitja Slavinec  
Predsednik AD Kmica

# MATEMATIČNO MODELIRANJE GIBANJA SATELITOV

doc. dr. Vladimir Grubelnik<sup>1,2,3</sup> in mag. Robert Repnik<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru

<sup>2</sup>Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru

<sup>3</sup>Pedagoška fakulteta, Univerza v Mariboru

## 1. Uvod

V prispevku želimo prikazati možnost matematičnega modeliranja gibanja nebesnih teles v srednji šoli. Omejili se bomo na primere, ko se telo z določeno maso giblje okoli precej masivnejšega telesa. V tem primeru lahko predpostavimo, da se težišče teles nahaja v središču masivnejšega telesa, katerega gibanje lahko zanemarimo. Obravnavamo lahko le gibanje manjšega telesa okoli skupnega težišča. Kot primer takšnega gibanja je gibanje satelitov okoli Zemlje, kot tudi gibanje planetov, kometov in asteroidov okoli Sonca. Zemlja je namreč precej masivnejša od satelitov, ki krožijo okoli nje. Seveda je tudi Sonce precej masivnejše od objektov, ki krožijo okoli njega.

Za omenjene primere želimo narediti preprost matematični model, s katerim bi ponazorili tire gibanja. Ti so določeni s Keplerjevimi zakoni [1, 2, 3], ki jih v prispevku ne bomo posebej obravnavali. Osredotočili se bomo le na vpliv gravitacijske sile, zapisali II Newtonov zakon ter izvedli simulacijo gibanja satelitov okoli Zemlje.

## 2. Gibanje satelitov okoli Zemlje

Kot primer gibanja teles pod vplivom gravitacijske sile, si bomo v nadaljevanju nekoliko podrobneje ogledali gibanje satelitov okoli Zemlje. Na satelit, ki kroži okoli Zemlje, deluje radialni pospešek ( $a_r$ ), ki je enak gravitacijskemu pospešku. Na površju Zemlje je ta  $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$ . Ob upoštevanju, da je radialni pospešek  $a_r = v^2/r_0$ , kjer je  $v$  hitrost satelita in  $r_0$  polmer Zemlje

( $r_0 = 6378 \text{ km}$  [4]), lahko dobimo hitrost, ki bi jo moral imeti satelit, če bi krožil okoli Zemlje na njenem površju. To hitrost imenujemo prva kozmična hitrost in je dana z enačbo [2]:

$$v_1 = \sqrt{g_0 r_0} = 7,9 \text{ km/s}.$$

Ker satelite izstrelimo v krožne ali eliptične tirnice na določeno oddaljenost od površja Zemlje ( $h$ ), je zahtevana krožilna hitrost satelitov, zaradi zmanjšanja gravitacijskega pospeška, manjša od prve kozmične hitrosti. Ob upoštevanju, da se gravitacijski pospešek z oddaljenostjo zmanjšuje  $g = g_0 (r_0 / (r_0 + h))^2$  [5], je tako imenovana krožilna hitrost satelita na določeni višini [2]:

$$v_k = v_1 \sqrt{r_0 / (r_0 + h)}. \quad (1)$$

V kolikor ima satelit hitrost, ki je večja od krožilne hitrosti, se ta prične gibati po eliptičnem tiru, pri čemer je Zemlja v gorišču elipse [2, 6].

Hitrost satelita lahko povečujemo, dokler ta ne pobegne privlačnosti Zemlje. Hitrost pri kateri telo pobegne privlačnosti Zemlje na določeni višini  $h$ , imenujemo parabolična hitrost [2]:

$$v_p = v_{II} \sqrt{r_0 / (r_0 + h)}, \quad (2)$$

kjer je  $v_{II} = \sqrt{2g_0 r_0} = 11,2 \text{ km/s}$  druga kozmična hitrost, ki jo mora imeti telo na površju Zemlje, da pobegne njeni privlačnosti. Telo, ki ima na določeni razdalji od Zemlje parabolično hitrost, se ne giblje več po elipsi ampak po paraboli

ter s tem pobegne privlačnosti Zemlje. Telo, ki ima večjo hitrost od parabolične, pa se giblje po hiperboli [2, 6].

Omenjeni hitrosti (enačba 1 in 2) lahko relativno enostavno izpeljemo s srednješolskim znanjem fizike, medtem ko izpeljava posameznih tirov (krožnica, elipsa, parabola, hiperbola) presega matematično znanje v srednji šoli. V nadaljevanju bomo zato predstavili tire gibanja z numerično simulacijo preprostega matematičnega modela, ki temelji na gibanju teles pod vplivom gravitacijske sile.

## 3. Matematični model

Zapisati želimo matematični model, ki bo opisoval gibanje teles pod vplivom gravitacijske sile. Obravnavamo gibanje telesa z maso  $m$  okoli precej masivnejšega telesa z maso  $M$  ( $M \gg m$ ). Velikost gravitacijske sile s katero se telesi privlačita je:

$$F_g = \frac{GmM}{r^2} \quad (3)$$

pri čemer je  $r$  razdalja med težiščema teles in  $G$  gravitacijska konstanta, katere vrednost je  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg s}^2$ .

Zaradi delovanja gravitacijske sile  $F_g$  na telo z maso  $m$ , se telo giblje s pospeškom  $\vec{a} = \vec{F}_g / m$ . Iz pospeška  $\vec{a}$  in hitrosti  $\vec{v}$ , ki sta definirana kot:

$$\vec{a} = d\vec{v} / dt \quad \text{in} \quad (4a)$$

$$\vec{v} = d\vec{r} / dt, \quad (4b)$$

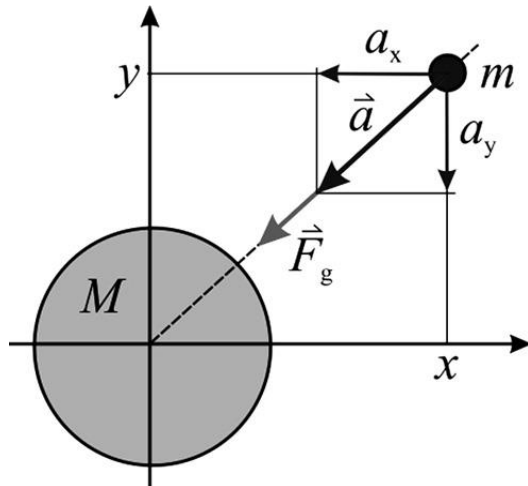
lahko izračunamo časovni potek hitrosti telesa  $\vec{v}(t)$  ter tir gibanja  $\vec{r}(t)$ .

Omenjen primer je sicer analitično rešljiv, pri čemer je tir gibanja običajno podan v polarnih koordinatah [6], vendar za obravnavo v srednjih šolah prezahteven. V nadaljevanju se bomo zato osredotočili na možnost obravnave omenjenega primera na preprostejši način, kjer bomo pod vplivom gravitacijske sile  $F_g$  zapisali II Newtonov zakon za posamezno koordinato ter s pomočjo računalnika izvedli numerično simulacijo za konkretne primere.

Kot prvo zapišimo pospešek gibajočega se telesa po posameznih koordinatah ( $a_x, a_y$ ), ki je posledica delovanja gravitacijske sile na to telo (glej sliko 1):

$$a_x = a \cdot \cos \varphi = -\frac{GM}{r^3} x, \quad (5a)$$

$$a_y = a \cdot \sin \varphi = -\frac{GM}{r^3} y. \quad (5b)$$



**Slika 1:** Prikaz gravitacijske sile in pospeška na gibajoče se telo z maso  $m$  po komponentah.

Z namenom numeričnega reševanja diferencialnih enačb (2a in 2b), z uporabo preproste Eulerjeve metode [7], zapišimo enačbe po posameznih komponentah v diferenčni obliki:

$$v_x(t + \Delta t) = v_x(t) + a_x(t) \cdot \Delta t, \quad (6a)$$

$$v_y(t + \Delta t) = v_y(t) + a_y(t) \cdot \Delta t. \quad (6b)$$

$$x(t + \Delta t) = x(t) + v_x(t) \cdot \Delta t, \quad (6c)$$

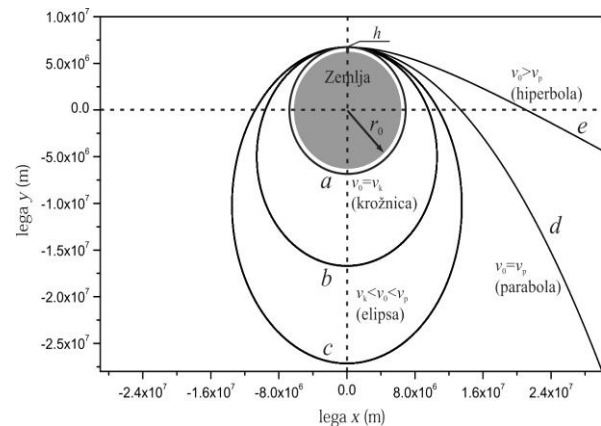
$$y(t + \Delta t) = y(t) + v_y(t) \cdot \Delta t. \quad (6d)$$

S tem prevedemo sistem diferencialnih enačb (4a in 4b) na sistem preprostih algebrskih enačb (6a-6d), ki ob upoštevanju enačb 5a in 5b ter ustreznih začetnih pogojev  $x(0)$ ,  $y(0)$ ,  $v_x(0)$ ,  $v_y(0)$ , določajo hitrost in lego gibajočega se telesa v nekem trenutku.

Reševanje enačb (6a-6d) si lahko časovno skrajšamo s pomočjo računalnika. Da se izognemo programiranju, lahko uporabimo tabelarično orientirane računalniške programe, kot sta Microsoft Excel [8] in Origin [9], ki z vnosom enačb omogočata izračuna posameznih vrednosti po časovnih korakih ( $\Delta t$ ) v obliki tabele. Danes se na tržišču pojavljajo tudi že grafično orientirani računalniški programi [10, 11], ki na pregleden in enostaven način omogočajo izgradnjo in simulacijo dinamičnih sistemov.

#### 4. Rezultati

Kot primer numeričnega preračuna gibanja satelita okoli Zemlje vzemimo satelit, ki ga postavimo na višino  $h$  nad površjem in ga usmerimo z določeno hitrostjo pravokotno glede na radialno smer. Začetne pogoje v tem primeru definiramo kot:  $x(0)=0$  m,  $y(0)=r_0+h$ ,  $v_x(0)=0$  m/s, metem ko  $v_x(0)$  poljubno spreminjamo. Numerični rezultati, ki jih dobimo s pomočjo diferencialnih enačb (6a-6d), so prikazani na sliki 2.



**Slika 2:** Tiri gibanja satelita pri različnih začetnih hitrostih.  $x(0)=0$  km,  $y(0)=r_0+h=6728$  km,  $v_x(0)=v_0$ ,  $v_y(0)=0$  km/s. **a)**  $v_0=v_k=7,69$  km/s. **b)**  $v_k < v_0 < 9,21$  km/s  $< v_p$ . **c)**  $v_k < v_0 = 9,76$  km/s  $< v_p$ . **d)**  $v_0 = v_p = 10,88$  km/s. **e)**  $v_p < v_0 = 13,65$  km/s.

Iz slike 2 je razvidno, da je tir gibanja krožnica (tir a), ko je hitrost satelita na višini  $h$  enaka krožilni hitrosti  $v_k$  (enačba 1). Tir gibanja postane elipsa z Zemljo v gorišču (tir b in c), ko je hitrost satelita na določeni višini večja od krožilne hitrosti  $v_k$  in manjša od parabolične hitrosti  $v_p$ . V primeru, da je hitrost satelita enaka parabolični hitrosti  $v_p$ , je tir gibanja parabola (tir d) in satelit pobegne privlačnosti Zemlje. Pri hitrosti večji od  $v_p$  pa postane tir gibanja hiperbola, kar sicer iz krivulje na sliki 2 (tir e) ni mogoče natančno razbrati.

#### 5. Zaključek

V prispevku smo prikazali primer matematičnega modeliranja gibanja satelitov okoli Zemlje. S tem smo omogočili obravnavo omenjenega primera tudi v srednjih šolah, kjer lahko dijaki spremljajo različne tipe gibanja satelita glede na njegovo hitrost. Rezultate lahko primerjajo z znanimi analitičnimi rezultati, katerih izpeljava je z vidika matematičnega znanja v srednji šoli prezahtevna. Na podoben način bi lahko obravnavali tudi druge primere, ki jih v želji po analitični rešitvi običajno poenostavljamo ter s tem povzročamo razkorak med teorijo in prakso, ki je v izobraževanju žal pogosto prevelik.

#### Literatura:

- [1] Kladnik R. (1994) *Fizika za srednješolce 1 – Gibanje, sila, snov*, DZS, Ljubljana.
- [2] Avsec F. (1993) Prosen M.: *Astronomija za 4. razred gimnazije*, DMFA, Ljubljana.
- [3] Targ S. M. (1979) *Teorijska mehanika, kratak kurs*, Građevinska knjiga, Beograd.
- [4] Polmer Zemlje. Povzeto 29.11.2010 s strani: <http://sl.wikipedia.org>.
- [5] Kladnik R. (1991) *Visokošolska fizika 1. del – Mehanski in toplinski pojavi*, DZS, Ljubljana.
- [6] Kibble T. W. B., Berkshire F.H. (1996) *Classical mechanics*, Longman, Harlow.
- [7] Bohte Z. (1987) *Numerične metode*, DMFA, Ljubljana.
- [8] Microsoft Corporation (2003) Microsoft Excel, <http://office.microsoft.com>
- [9] Origin Lab Corporation (2000) Origin, <http://www.originlab.com/>
- [10] Macea R in Oster G. Berkeley Madonna, University of California at Berkeley. Povzeto 29.11.2010 s strain: <http://www.berkeleymadonna.com>
- [11] Hupfeld W. Dynasys. Povzeto 29.11.2010 s strain: <http://www.hupfeld-software.de>

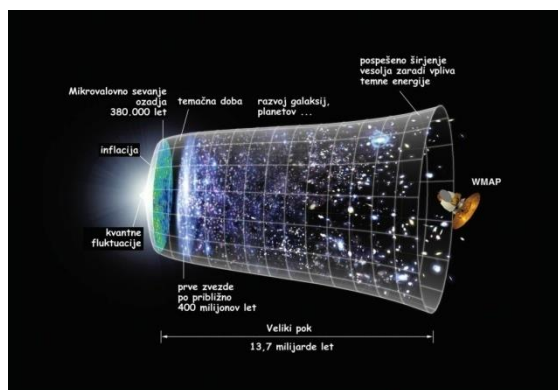
# KAKO SO V VESOLJU NASTALI KEMIJSKI ELEMENTI?

pom. akad. dr. Andreja Gomboc  
Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani  
Center odličnosti Vesolje-SI

V vesolju med kemijskimi elementi močno prevladujeta vodik in helij: vodik predstavlja 73% mase običajne snovi<sup>1</sup>, helij 25%, težji elementi pa le 2%. S poznavanjem osnovnih lastnosti zvezd (njihovih mas, izsevov) in učinkovitosti jedrskih reakcij zlivanja vodikovih jeder v helijeva, lahko ocenimo, da so zvezde od nastanka vesolja do danes pretvorile le okrog 2% vodika v helij. To pomeni, da je morala večina današnjega helija nastati že ob nastanku vesolja.

Vesolje je po današnjem razumevanju nastalo pred 13,7 milijardami let v siloviti eksploziji, ki ji rečemo Veliki pok. V začetku je bilo sestavljeno iz vodika (H) in helija (He). Vsi ostali kemijski elementi v vesolju so nastali kasneje v zvezdah.

Pa pogledjmo zgodbo o nastanku elementov nekoliko podrobneje.



Časovnica Velikega poka  
Vir: NASA

## Vodik in helij - Veliki pok in prvinska nukleosinteza

Teorija Velikega poka ima začetke v 1920-tih, podpirajo pa jo opazovanja, kot so: širjenje vesolja, mikrovalovno sevanje ozadja ali prasevanje, porazdelitev in razvoj galaksijskega idra. Teorija Velikega poka tudi uspešno napove razmerja v začetku nastalih kemijskih elementov oz. proces prvinske nukleosinteze. Po njenih napovedih naj bi v začetku vesolja nastalo 75% H, 25% <sup>4</sup>He in le za vzorec devterija <sup>2</sup>H (okrog 0,01%) in <sup>3</sup>He (0,001%) ter še manj (10<sup>-8</sup> %) elementov litija <sup>7</sup>Li in berilija <sup>9</sup>Be.

Na začetku je bilo vesolje izjemno gosto in vroče. Če štejemo čas od samega Velikega poka, lahko rečemo, da je od časa 0 do okrog 10<sup>-43</sup> s trajala Planckova doba, ko so bile vse sile (elektromagnetna, gravitacijska, močna in šibka) poenotene. Na koncu tega obdobja se je gravitacija odcepila kot posebna sila. Ob času 10<sup>-38</sup> s se je odcepila še močna sila. Pri tem se je sprostil veliko energije in sledila je doba inflacije, ko se je vesolje v zelo kratkem času povečalo za faktor 10<sup>25</sup>. Tej je sledila elektrošibka doba, ki je trajala do 10<sup>-10</sup> s. Na koncu te dobe sta se razklopili elektromagnetna in šibka interakcija. Na

tej točki si lahko vesolje poenostavljeno predstavljamo kot juho, v kateri so bili fotoni, gluoni, kvarki in antikvarki<sup>2</sup>.

Od 10<sup>-10</sup> s do 1 s po Velikem poku je trajala **doba delcev**. Kvarki in antikvarki so anihilirali. Zaradi posebne kršitve simetrije med njimi je ostal majhen presežek kvarkov - iz teh je nato nastala vsa snov v vesolju. Znotraj te dobe delcev ločimo dobo hadronov (t.j. težjih delcev sestavljenih iz kvarkov), v kateri je nastajalo veliko vrst delcev, a so večinoma razpadli. Ostali so le nevtroni in protoni. Hadronski dobi je sledila doba leptonov - lažjih delcev kot so npr. elektroni. Večina leptonov in antileptonov se je anihilirala, zaradi kršitve simetrije pa je ostal presežek leptonov.

Od 1 s do 100 s je sledila **doba prostih protonov, nevtronov, elektronov in fotonov**. A ker prosti nevtroni niso stabilni, so razpadali v protone in elektrone (razpadni čas prostih nevtronov je 617 s), število nevtronov se je manjšalo. Vesolje se je nenehno širilo in ohlajalo. Ko je njegova temperatura padla na okrog milijardo stopinj, so se nevtroni in protoni lahko pričeli povezovati v atomska jedra devterija <sup>2</sup>H, ta pa naprej v helijeva jedra. Razpadanje nevtronov se je z vezavo ustavilo, številsko razmerje protonov proti nevtronom pa je takrat bilo 7:1. Ker sestavlja vodikovo jedro le en proton, helijevo <sup>4</sup>He pa dva protona in dva nevtrona, je bilo razmerje nastalih helijevih <sup>4</sup>He jeder proti vodikovim 1:12. Če upoštevamo, da je masa helijevega jedra 4-krat višja od mase vodikovega, dobimo, da je bil masni delež helija v začetnem vesolju 25%<sup>3</sup>. Teorija Velikega poka tako pravilno napove količino nastalega helija. Njene napovedi za ostale elemente, devterij <sup>2</sup>H, helij <sup>3</sup>He, litij <sup>7</sup>Li, berilij <sup>9</sup>Be so dobre: ujemanje napovedi z meritvami je najboljše za <sup>2</sup>H in <sup>3</sup>He, a nekoliko slabše za ostala dva.

Reakcije sinteze atomskih jeder so se končale okrog 20 minut po Velikem poku, ko je vesolje postalo prehladno za njih. Da v procesu prvinske nukleosinteze niso nastale pomembnejše količine višjih elementov (da niso stekle reakcije zlivanja vodikovih in helijevih jeder), je posledica ozkega grla, ki nastane zato, ker atomska jedra z atomskim številom 5 in 8 niso stabilna. Da bi stekla reakcija, v kateri bi nastalo jedro višjega elementa, bi morala praktično istočasno trčiti tri jedra<sup>4</sup>. Ker se je vesolje še naprej širilo, je verjetnost za tak trk hitro padala.

Ta **doba povezovanja nevtronov in protonov v atomska jedra ali prvinske nukleosinteze** je traja od okrog 3 min do 20 min po Velikem poku. Sledila ji je doba sevanja, ko so večino energije nosili fotoni in je trajala do okrog 10.000 let. Takrat se je pričela doba snovi. Okrog 380.000 let po nastanku vesolja je temperatura padla na okrog 3000 K. Elektroni so se vezali skupaj z atomskimi jedri vodika in helija v atome. Ker v vesolju ni bilo več prostih elektronov, ki zelo učinkovito sipajo svetlobo, je vesolje postalo prozorno. Rečemo tudi, da sta se snov in

<sup>2</sup> Fotoni so delci svetlobe in posredujejo elektromagnetno silo. Gluoni so osnovni delci, ki posredujejo močno silo. Kvarki so osnovni gradniki narave. Po trije kvarki sestavljajo npr. protone in nevtrone.

<sup>3</sup> Maso elektronov lahko v teh ocenah zanemarimo, saj so okrog 1840-krat lažji od protonov in nevtronov.

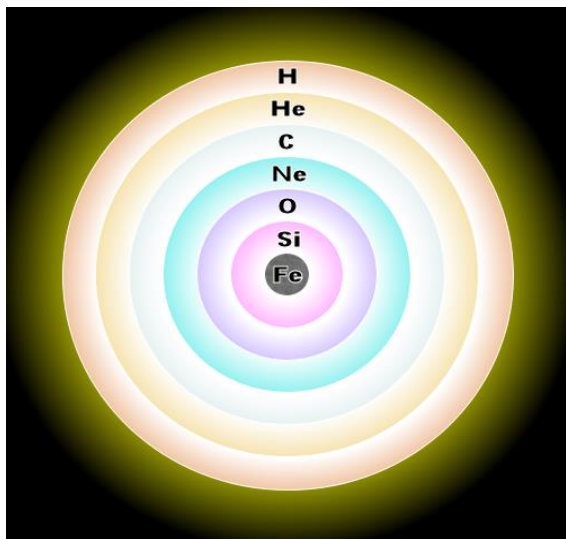
<sup>4</sup> V zvezdah prihaja do t.i. trojnega alfa procesa, ko trčijo tri helijeva jedra, da nastane eno ogljikovo jedro. A ta proces je počasen: v zvezdi traja deset tisoče let, preden spremeni znaten delež helija v ogljik. Prispevek tega procesa k prvinski nukleosintezi je zanemarljiv.

<sup>1</sup> Vesolje je po današnjem razumevanju sestavljeno iz okrog 74% temne energije, 22% temne snovi in 4% barionske ali običajne snovi, iz katere so medzvezdni plin, zvezde, planeti, živa bitja idr.

sevanje razklopila<sup>5</sup>. Sledila je temačna doba, ko v vesolju še ni bilo zvezd, ki bi svetile. Te so se pojavile okrog 400 milijonov let po Velikem poku, ko so rasle že tudi galaksije.

#### Od vodika do železa - nukleosinteza v zvezdah

Zvezde nastanejo iz oblaka medzvezdnega plina, ki se zaradi neke motnje prične krčiti pod vplivom lastne gravitacijske sile. Oblak se običajno fragmentira v tisoče manjših kosov, ki se še naprej krčijo in iz katerih nastanejo posamezne zvezde. Pravimo, da prava zvezda nastane takrat, ko se posamezen del oblaka skrči do te mere, da sta v središču dovolj visoka gostota in temperatura (vsaj okrog 10 milijonov stopinj), da lahko stečejo jedrske reakcije zlivanja vodikovih jeder v jedra helija. Ko te reakcije tečejo, je zvezda v zelo stabilni fazi življenja. Ta traja različno dolgo: za naše Sonce okrog 10 milijard let, za bolj masivne zvezde pa bistveno manj. Ko pa zvezda porabi zalogo vodika v središču, se poda na razvojno pot, ki je precej zapletena, odvisna pa je v glavnem od mase zvezde. Nekatere zvezde nimajo dovolj mase, da bi lahko dvignile temperaturo v središču do te mere, da bi stekla naslednja stopnja jedrskega gorenja: zlivanje helija v ogljik. Druge zvezde z majhno maso lahko sprožijo te reakcije, a ne tudi višjih ciklov. Ko ugasne jedrsko gorivo, zvezde z majhno maso končajo življensko pot kot bele prtilikavke.

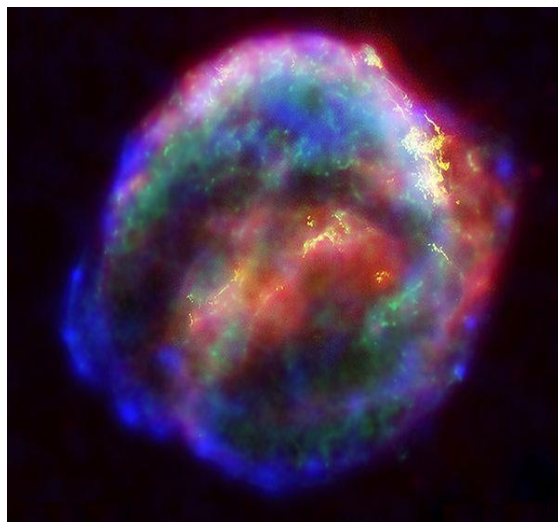


Skica strukture masivne zvezde proti koncu življenske poti  
Vir: Wikipedia, avtor: R. J. Hall

Zelo masivne zvezde pa lahko gredo skozi vse stopnje jedrskega gorenja: gorenju helija sledi v jedru gorenje ogljika, nato gorenje neona, nato kisika in končno silicija - reakcije so vedno bolj zapletene, nastaja cela vrsta elementov, vsaka naslednja faza pa traja manj časa: na primer, v zvezdi z maso 25 mas Sonca traja zadnja stopnja gorenja silicija le en dan, medtem ko je prva stopnja gorenja vodika potekala okrog 7 milijonov let. Skozi te stopnje gorenja se viša temperatura tudi v plasteh okrog jedra, kjer lahko prav tako stečejo jedrske reakcije - v plasti okrog jedra v katerem na primer poteka gorenje kisika, je lahko dovolj visoka temperatura za gorenje neona. V plasti okrog neona, lahko gori ogljik, še višje helij in še višje vodik. Zvezda tako dobiva strukturo čebule: v jedru je železo, okrog njega plast silicija, okrog te plast kisika, sledijo pa plasti neona, ogljika, helija in vodika. Jedrsko gorenje se kot vir energije ustavi, ko zmanjka silicija. Zlivanje atomskih jeder v še višja jedra ne prinaša energije, ampak jo porablja. Ko porabi silicij, tako zvezda ostane brez vira energije. A lastna gravitacijska sila jo

<sup>5</sup> Iz tega obdobja izvira mikrovalovno sevanje ozadja, ki prihaja iz vseh smeri neba in ga zaznajo z radijskimi antenami ali sateliti, npr. WMAP.

neutrudoma stiska. V nekaj sekundah po tem, ko je izčrpala gorivo, se jedro take masivne zvezde skrči v nevtronsko zvezdo ali črno luknjo, kar privede do silovite eksplozije. Zvezda za kratek čas zasije tako močno kot vse druge zvezde v galaksiji skupaj - čeprav je prej v množici zvezd nismo opazili, jo sedaj vidimo kot svetlo "novo" zvezdo - supernovo. Ob tej eksploziji zvezda izvrže ovojnico in z njo težje elemente, ki so nastali v zvezdi. Kateri element med njimi je najtežji? Gorenje silicija proizvaja izotop niklja  $^{56}\text{Ni}$ , ki pa ni stabilen in razpade z razpadnim časom 6 dni v kobaltov izotop  $^{56}\text{Co}$ , ta pa naprej z razpadnim časom 77 dni v železo  $^{56}\text{Fe}$ . Supernova zaradi teh radioaktivnih razpadov žari kak mesec ali dva, nato pa ugasne. Od elementov, proizvedenih v jedru zvezde, ostanejo elementi, ki imajo atomsko število nižje ali enako železovemu. Zato pravimo, da v središčah zvezd nastajajo elementi do železa.



Ostanki Keplerjeve supernove, ki je eksplodirala leta 1604.  
Vir: NASA: Hubble Space Telescope, Spitzer Space Telescope in Chandra X-ray Observatory

#### Od železa naprej - nukleosinteza ob eksplozijah supernov

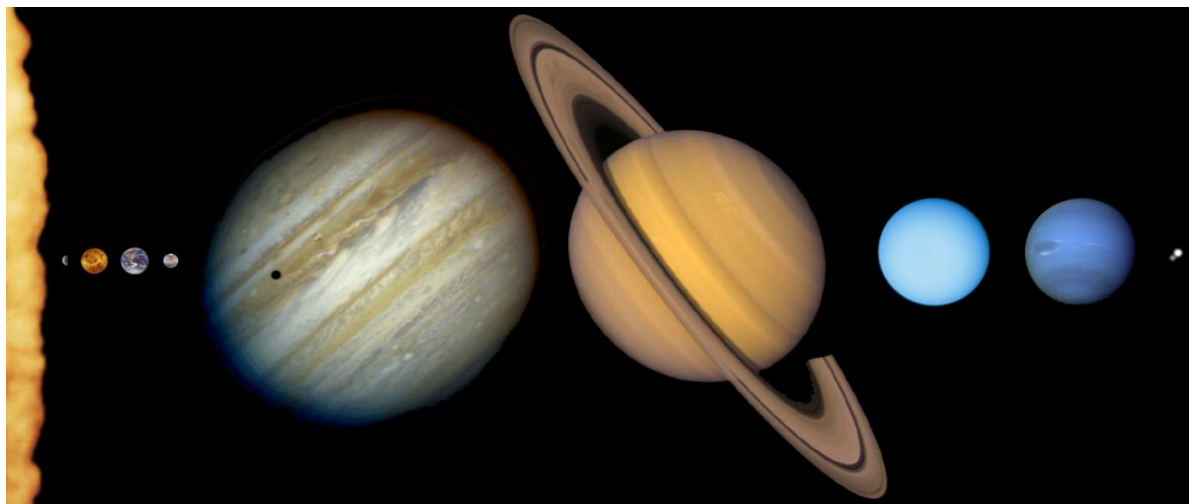
Kaj pa elementi, ki jih v periodnem sistemu najdemo višje od železa? Ogromna energija sproščena v eksploziji supernove povzroči, da stečejo tudi mnoge "višje" reakcije, ki ne dajejo, ampak porabljajo energijo. Tako si po današnjem razumevanju predstavljamo, da večina težjih elementov od železa (do atomskega števila 254) nastane v eksplozijah supernov. Večinoma gre za reakcije, ko atomsko jedro zajame nevtron - tok nevtronov z eksplozije supernove je zelo velik in take reakcije so pogoste. Lahko pa pride tudi do zajetja protona ali pa, da kak foton razbije neko jedro na dve manjši. Del elementov težjih od železa lahko nastane tudi v posebnih s-procesih v notranjosti manj masivnih zvezd, ki se zelo počasi razvijajo, npr. posebne vrste orjakinj. Ti procesi naj bi bili zlasti zajetja nevtronov in bi lahko proizvedli elemente do atomskega števila 209.

#### Osončje in mi

Kaj pa mi - kako smo nastali? Naše Sonce ni iz prve generacije zvezd v vesolju. Preden je nastalo, so obstajale masivne zvezde, ki so končale svojo življensko pot kot supernove, proizvedle in izvržle so težje elemente in z njimi obogatile medzvezdni plin. Iz nekega takega obogatenega oblaka plina je nastalo naše Osončje - Sonce in planeti. V začetnem oblaku je bila velika večina snovi vodik in helij. Daleč od Sonca, na razdalji Jupitra, Saturna, Urana in Neptuna je bila temperatura dovolj nizka, da sta se ta lahka elementa obdržala na teh planetih. Ker je bilo vodika in helija veliko, so nastali veliki planeti z nizko gostoto. Na planetih bližje Soncu: Merkurju, Veneri, Zemlji in Marsu pa so bile temperature tako visoke, da je večina lahkih vodikovih in

helijevih atomov imela dovolj kinetične energije, da je pobegnila iz tega dela Osončja. Ostali so le težji elementi, ki so predstavljali večino gradbenega materiala notranjih planetov - ti so zato bolj gosti. Ker je bilo težjih elementov v začetnem

oblaku plina malo, so notranji planeti bistveno manjši od zunanjih bratov.



Velikost planetov v Osončju  
Vir: NASA

In potem se je nekoč, nekako, nekje na Zemlji pojavilo življenje, za katerega sta ključna elementa ogljik in kisik. Kot zanimivost:

v naših telesih je kar 63% atomov vodikovih, vendar so ti lahki in prispevajo k naši masi le okrog 10%. Točneje k naši masi prispevajo: ~ 50% ogljik, ~ 20% kisik, ~ 8,5% dušik, ~ 10% težji elementi in 11,5% vodik. V grobem lahko torej rečemo, da je 90% snovi, iz katere smo, nastalo v zvezdah.

## VIŠINA GORA NA LUNI

Mitja Kelemen, Jan Šomen, Jan Bohinec, Nejc Davidovič, Matej Gomboc

Mentor: prof. dr. Andrej Čadež

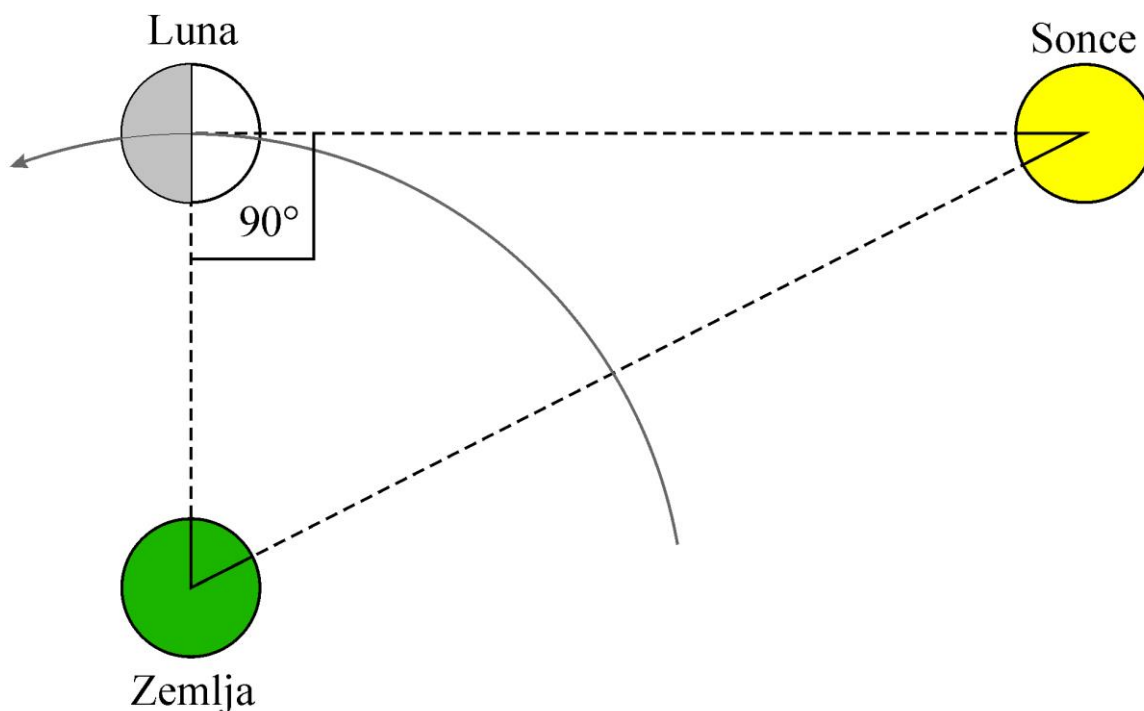
Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani

### Uvod

Naša naloga je izmeriti višino gora in globine kraterjev na Luni s pomočjo teleskopa Vega [1] na Golovcu v Ljubljani, ki je največji teleskop v Sloveniji, premer njegovega zrcala je 70 cm. Geografski podatki o teleskopu: geografska dolžina:  $+14^{\circ} 31' 38''$  vzhodno; širina:  $+46^{\circ} 02' 37''$  severno; višina: 410 m. Primarno gorišče je na razdalji  $f = 2,031 m$ . Ideja za opravljen cilj projekta je izmeriti dolžine senc, ki jo gore mečejo na Luno, saj jih osvetljuje Sonce. Obstaja še metoda z laserskim merjenjem Lunine površine, toda dostopa do takšne opreme nimamo. Za opazovanje sta ugodni dve poziciji Lune glede na Zemljo, to sta prvi in zadnji krajec. Okoli teh datumov je osvetljena približno polovica Lunine ploščice, za opazovalca na Zemlji. Naša skupina se je odločila, da bomo slikanje izvedli okoli prvega krajca. Tako bomo lahko opazovali bolj gorato

stran Lune. Opazovali bomo gore v bližini terminatorja, to je območje prehoda iz osvetljenega dela Lune na zasenčen del. Tam je senca gora najdaljša, saj je Sonce nizko nad obzorjem, gledano s površja Lune na osvetljeni strani terminatorja. Posneli bomo nekaj fotografij in jih obdelali na računalniku. Fotografirali bomo s CCD kamero, ki je nameščena na teleskopu. Majhnim pravokotnikom na CCD kameri pravimo piksli. Prešteli bomo posamezne piksele, ki označujejo senco posamezne gore. Piksele bomo nato pretvorili v kilometre, tako bomo dobili dolžino senc. Za goro, ki jo opazujemo bomo izračunali tudi višino Sonca nad obzorjem, v odvisnosti od geografske dolžine in širine na Luni (selenografska dolžina in širina). Potem iz dolžine sence in višine Sonca izračunamo višino gore ter globino kraterja.





Slika 1: Položaj Lune, Zemlje in Sonca ob prvem krajcu, torej ob času slikanja

### Fotografiranje

Naše slikanje se je odvijalo 23. 3. 2010. Na dokaj jasno noč smo se odpravili na Golovec. Na teleskop smo najprej pritrdili zaslonko, ki zmanjša vstopno odprtino teleskopa, ne zmanjša pa ločljivosti. Tako smo dobili manj svetlobe, saj jo z Lune vpada preveč za naš teleskop. Najprej smo imeli težave z oblačnostjo, čez nekaj časa pa smo že dobili prve slike Lune. Čas ekspozicije je bil od  $\sim 0.03$  s do  $\sim 1$  s. Uporabili smo več različnih vrst filtrov (B - modri, V - vidni, R - rdeči, I - infrardeči) in opazovali s katerim dobimo najdaljše in najbolj izrazite sence. Pričakujemo, da bo to v področju vidne svetlobe, torej filter V, kar se tudi izkaže. Cilj fotografiranja je nekaj kvalitetnih slik, ki pokrijejo celotno površje Lune. S teh slik smo odčitali dolžine senc. Slike smo obdelovali z grafičnimi programi, kot sta Photoshop in Gimp 2 [7].

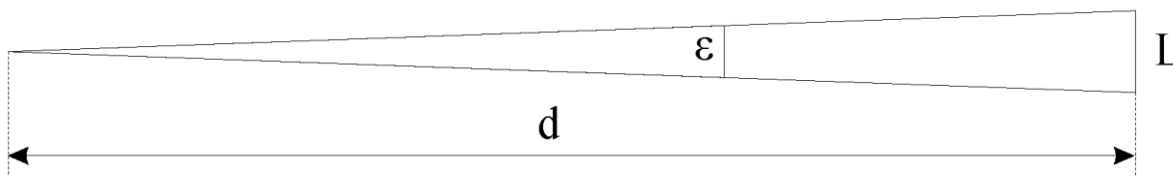
### Dolžine senc

Originalne slike v formatu .tif povečamo toliko, da vidimo posamezni piksel in jo močno osvetlimo, da so sence bolj razpoznavne. Izbrali smo si gore *Mons Piton*, *Mons Blanc*, *Mons Bradley*, *Mons Hadley*, *Promotorium Deville*, dve gori v gorovju *Montes Caucasus* in kraterja *Aristillus*, *Autolycus*[4]. Zelo svetla

območja so vrhovi gora in to je začetek naše sence. Preštujemo posamezne piksele, ki so za goro potemnjeni. Število pikselov, ki jo predstavlja senca izmerimo večkrat za boljšo natančnost. Napaka pri številu pikselov ni zanemarljiva in prispeva največji delež pri končnem izračunu. Največji problem je točno določiti vznožje gore in vrh njene sence, če je ta gora del večjega gorovja in je zelo blizu več manjših vrhov senc. Ker gledamo gore v okolici terminatorja lahko privzamemo, da je Lunino površje tam vzporedno s površjem CCD detektorja. Za gore v okolici Luninega robu je deformacija zaradi projekcija dolžine sence na Luno že nezamemarljiva. Ta pojav dobimo ker projiciramo polovico Lunine sfere na krog, preidemo iz treh dimenzij na dve dimenziji, kar naredi sence na videz krajše kot so v resnici. Več o tej deformaciji v poglavju *Popravek k dolžini sence*. Naj omenimo še da napako zaradi ukrivljenosti sence zaradi površja nismo upoštevali, ker smo ocenili da je premajhna, saj je radij Lune v primerjavi z dolžino sence precej večji. Za zorni kot velja preprosta enačba:

$$L = d \cdot \varepsilon$$

kjer za  $d$  vzamemo povprečno oddaljenost Lune od Zemlje za dan opazovanja. Ker je kot  $\varepsilon$  zelo majhen, lahko vzamemo namesto sinusa kota v približku samo kot.



Slika 2: Skica zornega kota

Kako dolžino sence v pikslih pretvorimo v kilometre? Pogledamo kakšen zorni kot zavzame posamezni piksel, to je odvisno od teleskopa do teleskopa oziroma od CCD kamere pritrdjene na teleskopu. Za teleskop Vega je podano razmerje [1]:

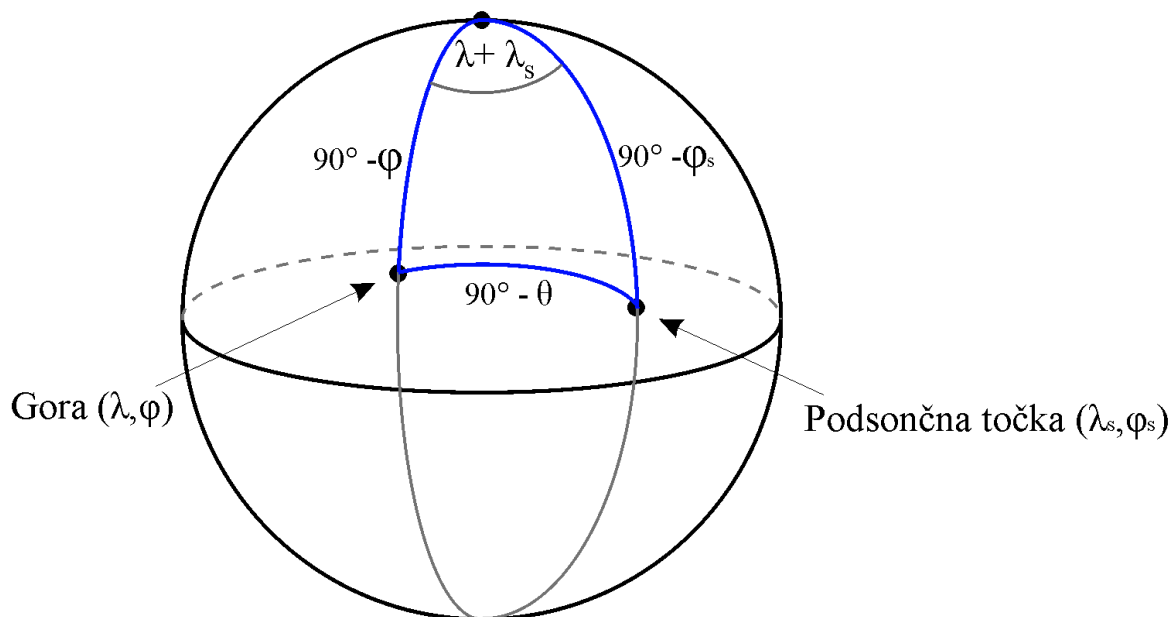
$$\circ \quad skala = \frac{''}{3 \text{ piksel}}$$

$$\varepsilon = \frac{\text{dolžina sence v pikslih} \cdot skala}{3} \text{ [ " ]}$$

**Višina Sonca nad obzorjem**

Na internetni strani Moon Ephemeris [2] pogledamo geografsko dolžino  $\lambda_s$  in širino  $\varphi_s$  podsončne točke (tudi SubSončna

točka). To je točka na Luni, kjer bi Sonce videli v zenitu, oziroma sončni žarek bi šel skozi središče Lune.



Slika 3: Sferna trigonometrija

Za izpeljavo kota  $\theta$  (višina Sonca nad obzorjem) si pomagamo s kosinusnim izrekom na sferi;  $\cos(a) = \cos(b) \cos(c) + \sin(b) \sin(c) \cos(A)$  [3]. Poznamo pa tudi selenografsko dolžino  $\lambda$  in širino  $\varphi$  opazovane gore [4]. Za naš primer zapišemo:

$$\cos(90^\circ - \theta) = \cos(90^\circ - \varphi) \cdot \cos(90^\circ - \varphi_s) + \sin(90^\circ - \varphi) \cdot \sin(90^\circ - \varphi_s) \cdot \cos(\lambda_s - \lambda)$$

$$\sin \theta = \sin \varphi \cdot \sin \varphi_s + \cos \varphi \cdot \cos \varphi_s \cdot \cos(\lambda_s - \lambda)$$

$$\theta = \arcsin(\sin \varphi \cdot \sin \varphi_s + \cos \varphi \cdot \cos \varphi_s \cdot \cos(\lambda_s - \lambda))$$

**Višina gora**

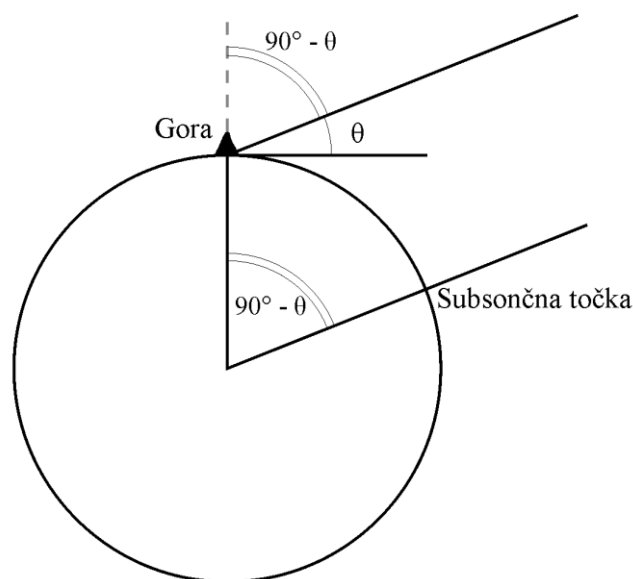
Višino gora bomo izračunali iz preproste geometrijske formule. Poznamo namreč:

- $L$  – dolžino sence
- $\theta$  – kot višine Sonca

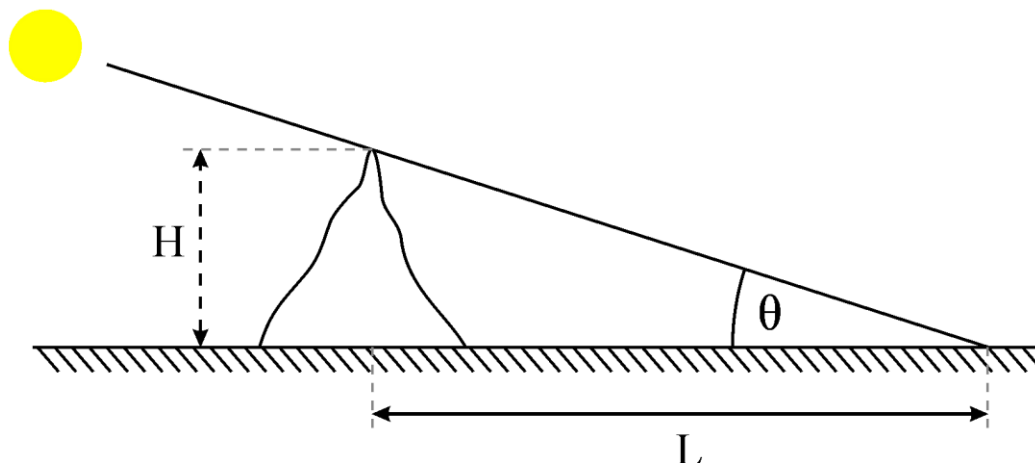
Iščemo višino gore  $H$ .

Višino izračunamo po formuli, kar je vidno tudi is slike 4:

$$H = L \cdot \tan \theta$$



Slika 4: Višina Sonca nad obzorjem



Slika 5: Skica za izračun višine gore

**Popravek k dolžini sence**

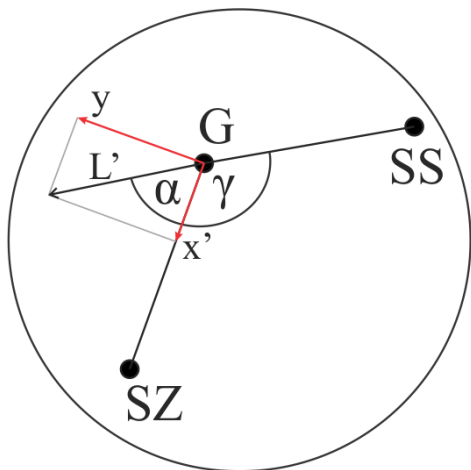
Ker je Luna okroglo tridimenzionalno telo se pri projiciranju na dvodimenzionalno sliko izgubi tretja komponenta dolžine sence. Ti popravki so zelo majhni, saj smo izbirali gore in kraterje, ki ležijo blizu podzemeljske točke. Zamislimo si, da je senca sestavljena iz dveh komponent. In sicer prva komponenta leži na premici podzemeljska točka – gora, druga komponenta pa je pravokotna na to premico. Edina komponenta, ki je sedaj nepravilne dolžine zaradi omenjene deformacije je komponenta na premici podzemeljska točka – gora. To komponento je treba popraviti  $x = \frac{x'}{\sin(\delta)}$ .  $\delta$  je višina sonca nad obzorjem. Dolžino  $x'$  pa dobimo takole:  $x' = l' \cos(\alpha)$ , kjer je  $l'$  navidezna dolžina sence (brez popravka) v kilometrih,  $\alpha$  pa kot med senco in komponento  $x'$ . Druga komponenta izmerjene sence se očitno

izračuna tako:  $y = l' \sin(\alpha)$ . Nova dolžina sence je potem:  $l = \sqrt{y^2 + x^2}$ . Za kot  $\alpha$  vzamemo približek. In sicer izračunamo kot podzemeljska točka – gora – podsončna točka, to je kot  $\gamma$ .  $\alpha = 180^\circ - \gamma$ . Za izračun tega kota potrebujemo tudi podatke o podzemeljski točki (SubZemeljska točka) [2]. Poleg tega je potrebnih še nekaj izpeljav:

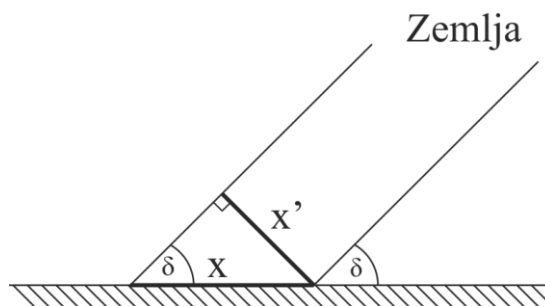
$$\delta = \arcsin[\sin\varphi * \sin\varphi_z + \cos\varphi * \cos\varphi_z * \cos(\lambda + \lambda_z)]$$

$$\beta = \arccos[\sin\varphi_s * \sin\varphi_z + \cos\varphi_s * \cos\varphi_z * \cos(\lambda_s + \lambda_z)]$$

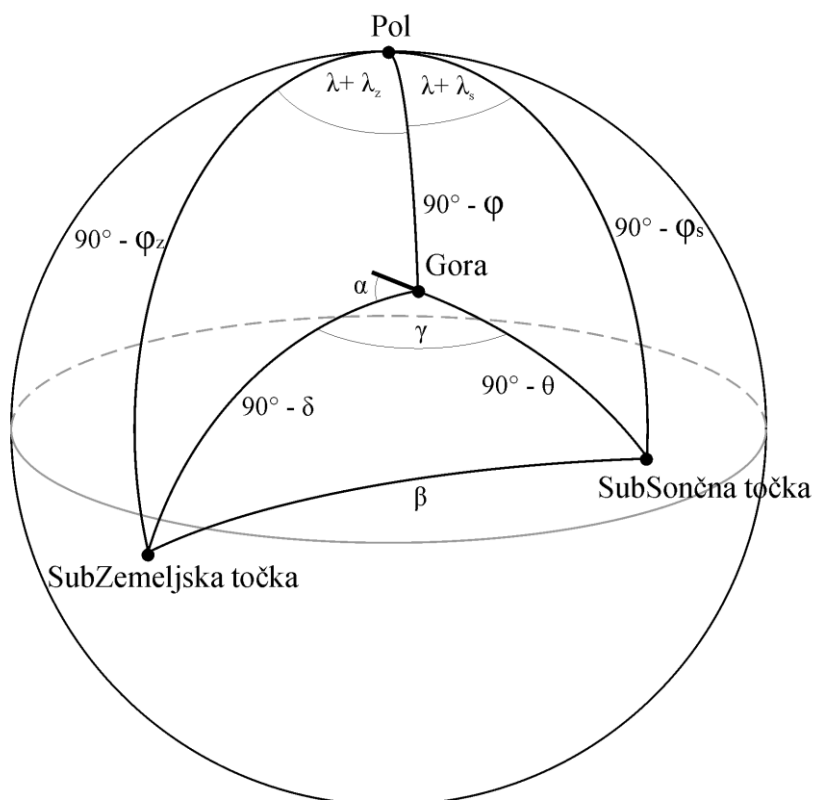
$$\gamma = \arccos\left(\frac{\cos\beta - \sin\delta * \sin\theta}{\cos\delta * \cos\theta}\right)$$



Slika 6: Razdelitev sence na dve komponenti



Slika 7: Pogled na komponento x z Zemlje



Slika 9: Sferna trigonometrija

**Rezultati meritev**

Po opisanem postopku poiščemo selenografsko širino in dolžino za posamezno goro, določimo število pikslov izbrane sence in izračunamo višino gore, ki jo primerjamo s podatki o resnični višini. [8]

Datum in čas opazovanja: 23. 3. 2010; 21:00  
 Razdalja od Zemlje do Lune na dan opazovanja [2]:  
 $d=371371km$   
 SS: podsončna točka [2]:  $\phi_s = 1.5^\circ N$   $\lambda_s = 79.1^\circ W$   
 SZ: podzemeljska točka [2]:  $\phi_z = 0.9^\circ S$   $\lambda_z = 5.4^\circ E$

Gora/ Krater	Ime gore	Selenografska dolžina	Selenografska širina	Število pikslov - Merjenja			
				Meritev 1	Meritev 2	Meritev 3	Povprečno
G1	Mons Blanc	0,3°E	45,0°N	46	43	39	42,66
G2	Promonotorium Deville	1,0°E	43,0°N	33	32	33	32,66
G3	Mons Piton	1,0°W	41,0°N	20	18	20	19,33
G4	Montes Caucasus G1	9,0°E	39°N	26	23	21	23,33
G5	Montes Caucasus G2	7,0°E	31,0°N	14	15	16	15,00
G6	Mons Hadley	5,0°E	27,0°N	26	30	28	28,00
G7	Mons Bradley	1,0°E	22,0°N	32	33	36	33,66
K1	Aristillus	1,2°E	33,9°N	30	29	27	28,66
K2	Autolyeus	1,5°E	30,7°N	28	29	29	29,66

Gora/ Krater	Ime gore	Dolžina l' [km]	Višina Sonca [°]	Višina gore h' [m]	Dolžina sence l [km]	Višina h [m]
G1	Mons Blanc	25,6065	8,54	3846	25,6081	3846
G2	Promontorium Deville	19,6041	8,25	2843	19,6052	2844
G3	Mons Piton	11,6028	9,95	2035	11,6142	2037
G4	Montes Caucasus G1	14,0038	16,31	4099	14,1794	4150
G5	Montes Caucasus G2	9,20178	16,07	2651	9,33128	2688
G6	Mons Hadley	16,8068	14,83	4449	16,9979	4496
G7	Mons Bradley	20,2043	11,59	4144	21,3026	4164
K1	Aristillus	17,2031	10,87	3302	17,2487	3311
K2	Autolycus	17,8033	11,42	3595	17,8703	3609

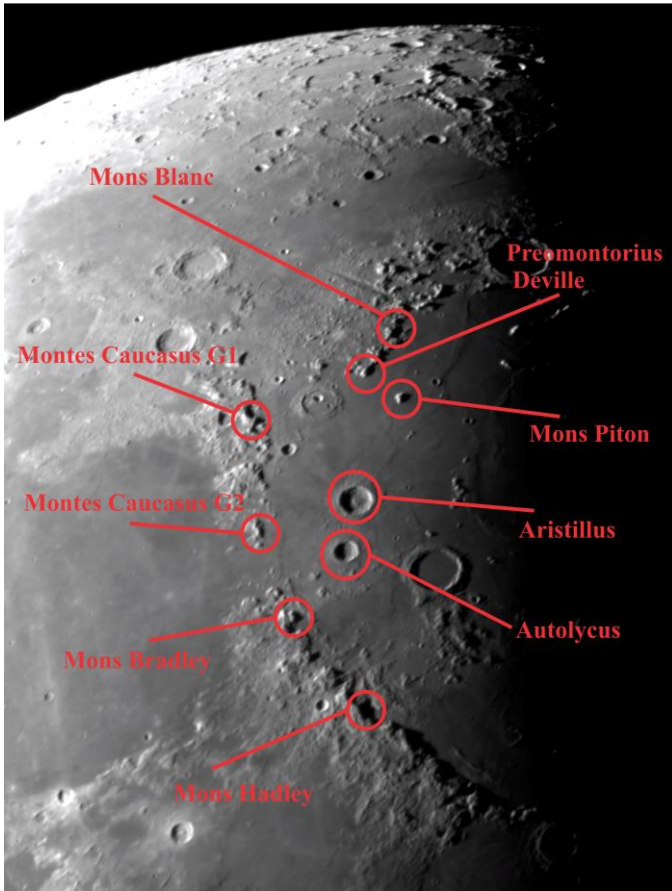
Gora/ Krater	Ime gore	Višina h [m]	Resnična višina [m]	Razlika višin [m]	Relativna napaka [%]
G1	Mons Blanc	3846	3600	246	6,8
G2	Promontorium Deville	2844	2280	564	24,7
G3	Mons Piton	2037	2250	-213	-9,5
G4	Montes Caucasus G1	4150	3650	500	13,7
G5	Montes Caucasus G2	2688	Neznana višina	/	/
G6	Mons Hadley	4496	4800	-304	-6,3
G7	Mons Bradley	4164	4200	-36	-0,9
K1	Aristillus	3311	3650	-339	-9,3
K2	Autolycus	3609	3430	179	5,2

#### Fotografije in zaključek

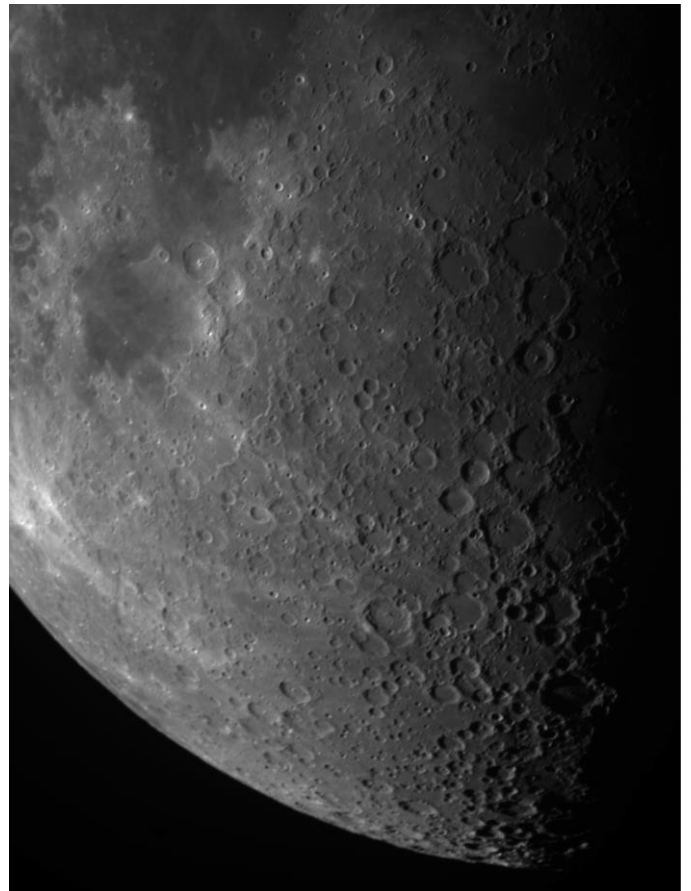
Goram, ki smo jih izbrali, smo s pomočjo programa Virtual Moon Atlas poiskali imena in njihove natančneje izmerjene višine. Če primerjamo podatke in naše rezultate dobimo napake, ki so praviloma manjše od 10% vendar opazimo eno izjemo in sicer goro Promontorium Deville, ki ima največjo napako 25%. Razlog zakaj je nastala tako velika napaka bi najverjetne našli v merjenju dolžin sence v pikslah, tam lahko nastanejo največje napake. Še posebej, ko gore niso osamelci ampak so del večjega gorovja, kot je gora Promontorium Deville, ki je del gorovja Montes Alpes, kar lahko vidimo na sliki 11.

Z dobljenimi rezultati smo zadovoljni, saj smo z relativno preprosto tehniko dobili kar dobre rezultate. Ta tehnika je že zelo stara vendar smo dokazali da je še vedno uporabna.

Radi bi se še zahvalili mentorju prof.dr. Andreju Čadežu, asistentu Urošu Kostiću za pomoč pri poglavju *Popravek k dolžini sence* in Teo Močniku za pomoč pri uporabi teleskopa.



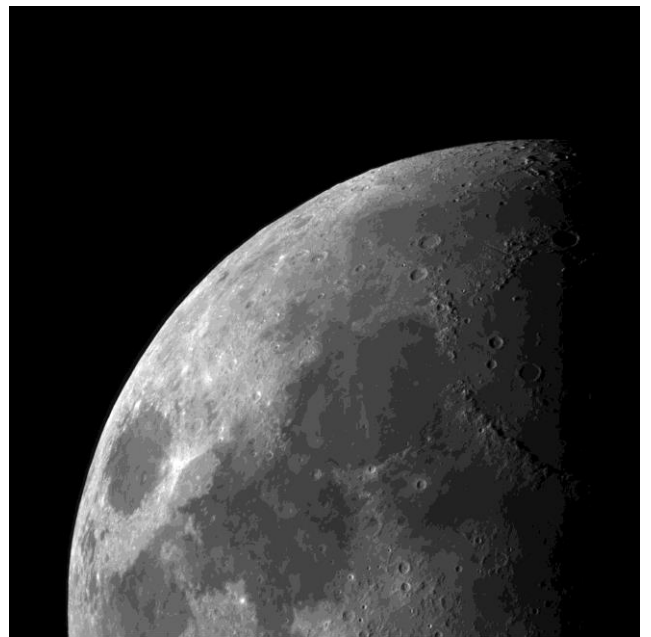
Slika 11: Severna hemisfera in izbira gora



Slika 10: Južna hemisfera



Slika 13: Severna hemisfera v modrem (B) filtru



Slika 12: Severna hemisfera v rdečem (R1) filtru

**Literatura in viri**

1. Uradna stran teleskopa Vega: <http://astro.ago.uni-lj.si/index.html/>
2. Moon Ephemeris: <http://www.lunar-occultations.com/rlo/ephemeris.htm>
3. W.M. Smart: Spherical Astronomy
4. Program: Virtual Moon Atlas
5. Internetna stran: [http://www.tass-survey.org/classes/phys236/moon\\_mount/moon\\_mount.html](http://www.tass-survey.org/classes/phys236/moon_mount/moon_mount.html)
6. Internetna stran: <http://the-moon.wikispaces.com/Introduction>
7. Programi za urejanje slik: Gimp 2, Photoshop, Corel DRAW
8. Tabela znanih gora in kraterjev: [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_mountains\\_on\\_the\\_Moon](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_mountains_on_the_Moon)
9. Smart: Spherical astronomy
10. Sky and Telescope, November 1998, The Mountains of the Moon, p. 68-72.
11. Sky and Telescope, January 1985, Astronomical Computin, p. 62-63.

## PROJEKT RAZVOJ NARAVOSLOVNIH KOMPETENC – PREVERJANJA DIDAKTIČNIH GRADIV S PODROČJA ASTRONOMIJE

**mag. Robert Repnik<sup>1,2</sup>, doc. dr. Vladimir Grubelnik<sup>1,2,3</sup>**

<sup>1</sup>Fakulteta za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru, Koroška c. 160, 2000 Maribor

<sup>2</sup>Pedagoška fakulteta Univerze v Mariboru, Koroška c. 160, 2000 Maribor

<sup>3</sup>Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo Univerze v Mariboru, Smetanova ul. 17, 2000 Maribor

Projekt **Razvoj naravoslovnih kompetenc** [1], ki ga delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada, je na razpis Ministrstva za šolstvo in šport Republike Slovenije leta 2008 uspešno prijavila Fakulteta za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru [2]. Pri njem sodeluje več kot 150 slovenskih naravoslovcev in sodelavcev s podpornih področij (matematike, tehnike in računalništva), od katerih je polovica učiteljev praktikov iz osnovnih in srednjih šol. Strokovnjaki prihajajo z Univerze v Mariboru, Univerze v Ljubljani, Univerze na Primorskem, Zavoda RS za šolstvo in drugih inštitucij. Namen projekta je izboljšati kakovost in učinkovitost sistema izobraževanja ter usposabljanja pri poučevanju naravoslovnih vsebin na vsej izobraževalni vertikali do konca srednješolskega izobraževanja. Za dvig naravoslovne pismenosti, ki pomeni po priporočilih Evropskega parlamenta eno od ključnih kompetenc, smo pripravili strokovne podlage ter sodobna didaktična gradiva in jih večinoma že tudi preizkusili v šolski praksi.

Do sedaj je bila izvedena presečna analiza mnogih domačih in mednarodnih raziskav o naravoslovnih znanjih, spretnostih in kompetencah ter o odnosu učencev in dijakov do naravoslovnih predmetov. V sodelovanju s strokovnjaki in učitelji smo izoblikovali nabor skupnih naravoslovnih kompetenc ter posameznih predmetno specifičnih naravoslovnih kompetenc za osnovna tri naravoslovna področja. Med mnogimi drugimi gradivi smo pri projektu Razvoj naravoslovnih kompetenc pripravili tudi didaktična gradiva s področja astronomije in jih testirali v pedagoški praksi. Namen uporabe teh gradiv je v tem, da učenci seveda osvojijo osnovna vsebinska znanja, predvsem pa je poudarek na razvoju prenosljivih spretnosti in tudi v izboljšanju odnosa do naravoslovnih vsebin v šoli.

V prvi fazi smo pripravili gradivo za **izvedbo projektnega tedna** s področja astronomije z naslovom »Vesolje, kdo smo«. Gradivo je namenjeno predvsem za učence 6. in 7. razreda osnovne šole. Projektni teden smo razdelili v več sklopov. V 1. sklopu smo pripravili predavanje in delavnico na temo: Pristanek na Luni, razdalje v vesolju, orientacija na nebu (uporaba vrtljivih zvezdnih kart). Za učence smo pripravili vsebine, preko katerih so spoznali, kdaj so se začeli prvi poleti v vesolje in kdaj je človek prvič stopil na Luno. Učencem smo skušali vsaj približno približati razsežnosti vesolja, tako da so dobili grobo velikostno predstavo o tem, kolikšne so razdalje v vesolju ter o primerjavah med njimi (npr. med različnimi planeti, razdaljami v osončju, oddaljenosti do drugih galaksij itd.).

Naslednje gradivo je vsebinsko zaokrožilo aktivnost, imenovano »Spust raket«. Na šolskem igrišču smo namreč izvedli spust rakete na vodo in stisnjen zrak, ki so si ga učenci ogledali, pa tudi sami preizkusili. Veliko razgovora je ob tej priložnosti bilo namenjenega interdisciplinarnim temam. Učence smo ob spustu naše majhne rakete poučili o fizikalnih zakonitostih in le-te povezali tudi z realnimi primeri pravih vesoljskih poletov.

Zadnja aktivnost je bilo multimedijško predavanje in opazovanje nočnega neba. Z multimedijško predstavitvijo smo učencem na poljuden način predstavili:

- gibanja teles v vesolju (predvsem posledice teh gibanj),
- predstavitev sončnega sistema (Sonce, planeti, raziskovanje planetov...),
- komete, meteorje in meteorite,
- nastanek kraterjev,
- lune in polete na Luno (Apollo),
- umetne satelite in vesoljske postaje (Iridium, ISS...),
- najnovejše dosežke in odkritja,
- aktualno nočno nebo na dan izvedbe,
- spoznavanje in rokovanje s teleskopom,
- uporabo vrtljivih zvezdnih kart in drugih astronomski pripomočkov,
- nekatere zanimive spletne povezave (astronomija na internetu).

Predavanje je bilo pripravljeno tako, da je bilo veliko razgovora in s tem prilagajanja predznanju otrok. Z upoštevanjem predhodnih izkušenj je bilo predavanje posebej zasnovano zelo fleksibilno (praktično nič enačb, veliko slik in fotografij ter drugega medijskega materiala).

Po končanem predavanju smo izbrali primerno mesto za izvedbo opazovanja nočnega neba, upoštevalje svetlobno onesnaženost. Učence smo razdelili v dve skupini. Prva skupina je opazovala aktualne objekte na nočnem nebu s teleskopom (Slika 1), ki so bili vidni na dan opazovanja (Luna, planeti, meglice, kopice, galaksije, dvozvezdja...), druga skupina pa je opazovala nočno nebo s prostimi očmi, se skušala orientirati s pomočjo ozvezdij, usvajala uporabo vrtljivih zvezdnih kart ter iskala vidne planete tega dne. Po opravljenih nalogah sta se skupini izmenjali.



Slika 1: Opazovanje nočnega neba. (Vir: z dovoljenjem [www.opazovanje.com](http://www.opazovanje.com))

Delavnice in vsebine smo pripravili tako, da smo pri učencih razvijali naslednje generične naravoslovne kompetence: sposobnost zbiranja informacij, sposobnost analize in organizacija informacij, sposobnost interpretacije, sposobnost sinteze zaključkov, sposobnost učenja in reševanja problemov, prenos teorije v prakso, uporaba matematičnih idej in tehnik, prilagajanje novim situacijam, skrb za kakovost, sposobnost samostojnega in timskega dela, organiziranje in načrtovanje dela, verbalna in pisna komunikacija, medosebna interakcija. Učitelji izvajalci (učitelji predmetne stopnje OŠ Radlje ob Dravi [3], vodja aktivnosti mag. Damjan Osrajnik) so evalvacijo izvajali sprti ob samem delu in ugotovili, da je večina učencev uspešno razvijala in usvajala vse prej naštetih kompetence.

V drugi fazi projekta smo pripravili gradivo z naslovom: Opazovanje nočnega neba. Gradivo je namenjeno predvsem učencem zadnjega triletja osnovne šole in je bilo pripravljeno v obliki naravoslovnega dne.

Na začetku naravoslovnega dne smo za učence pripravili krajše predavanje o tem, kaj vidimo na nočnem nebu in na kratko ponovili, kako se na nočnem nebu orientiramo s pomočjo vrtljive zvezdne karte. V nadaljevanju smo učence razdelili na tri skupine. Prva skupina je opazovala nočno nebo s prostimi očmi, druga skupina je opazovala nočno nebo z binokularjem, tretja skupina pa je opazovala nočno nebo s teleskopi. Prva skupina je opazovala predvsem različne zvezde, ozvezdja ali dele ozvezdij, npr.: Severnico, Mali voz, Veliki voz in ostala bolj znana in dobro vidna ozvezdja. Za lažjo orientacijo so lahko učenci uporabljali tudi vrtljivo zvezdno karto. Pokazalo se je, da ni povsem enostavno na nebu najti objekt, ki si ga poiškal na zvezdni karti. Pri drugi skupini smo se osredotočili predvsem na opazovanje ozvezdij na ekliptiki, planetov in tudi Lune. Učenci so opazovali z dvema vrstama binokularjev: manjši – ročni in večji – na stojalu. Učenci so resnično spoznali pomen velikosti objektivna na vidnost objektov ter vlogo stojala pri kvaliteti astronomskega opazovanja. Tretja skupina je nočno nebo opazovala z dvema vrstama teleskopov (Sliki 2 in 3):



Slika 2: refraktor – lečni teleskop [4].



Slika 3: reflektor – zrcalni teleskop [4].

S teleskopi so opazovali: različne objekte globokega vesolja: razsute in kroglaste kopice, meglice, planetarne meglice, galaksije, planete (Saturn, Mars) in Luno. Seveda so imeli pri opazovanju temnejših objektov težave zaradi svetlobe Lune. Ravno to spoznanje pa je bilo eden od ciljev. Obenem so poskusili opazovati barve zvezd in ugotovili so, da so bolj izrazite, kot pri opazovanju z binokularjem (manjši binokular v ta namen je bil na voljo tudi pri tej skupini).

Tema naravoslovnega dneva je bila za večino učencev po zbranih podatkih zelo zanimiva. Kot pri ostalih učnih temah, se je tudi pri tej temi izkazalo eksperimentalno oz. praktično delo kot zelo učinkovito in med učenci kot priljubljeno in zaželeno. Večina učencev je bila med opazovanjem zelo uspešna, saj je na nebu našla večino iskanih objektov. Nekateri učenci so imeli pri orientaciji na nebu kar nekaj težav, to pa so bili predvsem tisti s slabšo prostorsko predstavo in tisti, ki se v prejšnjih urah niso naučili uporabe vrtljive zvezdne karte v zadostni meri. Spoznanje je, da je dobro poznavanje uporabe vrtljive zvezdne karte praktično nujen pogoj za dobro orientacijo na nebu in uspešno iskanje objektov.



Učitelji so sproti med delom spremljali razvoj naravoslovnih kompetenc in ugotovili, da je velika večina učencev uspešno razvijala naslednje generične kompetence:

- prenos teorije v prakso,
- skrb za kakovost.

Tretje gradivo, ki smo ga pripravili, nosi naslov Vrtljiva zvezdna karta. Pri tem gradivu gre za pripravo učne ure, pri kateri se učenci podrobno naučijo uporabljati vrtljivo zvezdno karto. Učna ura je namenjena učencem tretjega triletja osnovne šole. Pri tej učni uri si učenci pridobijo dovolj znanja tudi za praktično in samostojno uporabo pri opazovanju nočnega neba z optičnimi pripomočki, saj so na karti - za razliko od podobnih drugih izdelkov - vrisani tudi objekti iz Messierjevega kataloga. Učencem smo v začetku ure predstavili različne primere zvezdnih kart. Demonstrirali smo jim, kako se zvezdna karta pravilno uporablja. Ob tem se je izkazalo kot zelo pomembno, da učitelj za demonstracijo uporablja povsem enako zvezdno karto, kot jo uporabljajo učenci. V nasprotnem primeru prihaja do miselnega konflikta pri učencih, saj se prikaz uporabe ob demonstraciji ne sklada s tem, kar uporablja sam. Model vrtljive zvezdne karte, ki je ustrezal našim zahtevam in smo jih iz tega razloga uporabili pri preizkusu v šolski praksi, je izdelalo podjetje nt-BROG [5], strokovno pa sta jih recenzirala doc. dr. Mitja Slavinec s Fakultete za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru [2] in doc. dr. Igor Žiberna s Filozofske fakultete Univerze v Mariboru [6]. Naj dodamo, da se je ob opazovanjih v kasnejših terminih izkazalo, da je takšna zvezdna karta uporaben pripomoček ne le pri opazovanjih nočnega neba s prostimi očmi, temveč tudi kot prvo primerno orodje pri grobem načrtovanju astronomskih opazovanj z optičnimi pripomočki, denimo z binokularjem ali teleskopom. Uporabna pa je tudi za vključitev v dopoldanski pouk astronomije, saj omogoča usvajanje in preverjanje mnogih zanimivih astronomskih konceptov.



Slika 4: Vrtljiva zvezdna karta podjetja nt-BROG [5].

Pri preizkusu je v fazi učenja bilo učencem pokazano, kako se karto pravilno orientira ter uporablja; tudi za reševanje zahtevnejših nalog. V drugi fazi preizkusa pa je sledilo preverjanje usvojenega, predvsem smo se osredotočili na osvojene kompetence pri učencih. Razdelili smo jim učne liste, ki so jih nato ob uporabi zvezdne karte reševali. Učni listi so bili

zastavljeni tako, da jih učenci brez znanja o uporabi zvezdne karte niso mogli rešiti. Vsebovali so naloge, kakor: a) *Nastavi zvezdno karto tako, da bo prikazovala nočno nebo, ki je vidno poleti, 15. julija ob 23h.* b) *Na severnem delu neba poišči galaksijo M 81 v Velikem medvedu. Ali lahko določiš, kdaj ta galaksija vzide in kdaj zaide pod obzorje na današnji dan?*

V sklepnih fazi preizkusa (evalvacija) smo zbrane učne liste pregledali, ocenili in tako ovrednotili uspešnost preizkušane didaktičnega gradiva, predvsem osredotočeno na razvoj kompetenc.

Kot je bilo razvidno ob evalvacijah vseh treh gradiv [1], so takšna gradiva zelo primerna za razvoj širokega spektra različnih naravoslovnih kompetenc. Gradiva po svoji zgradbi in didaktičnem pristopu odstopajo od običajnih učnih ur v naših šolah, kar veliko večino učencev še dodatno motivira za delo in tako je razvoj tako generičnih kot predmetno specifičnih kompetenc intenzivnejši. Mnenje učencev po preizkusu o načinu dela kaže, da jim je všeč pouk z večjim deležem aktivnih oblik dela ter problemsko zasnovanim usvajanjem znanj. Želijo si več vključevanja po vsebini in zahtevnosti različnih praktičnih in samostojnih delavnih nalog. Ker je bilo znanje, pridobljeno ob vseh treh gradivih, usvojeno z večjo mero samostojnosti učencev ob le usmerjanju dela s strani učitelja, menimo, da je takšno znanje uporabnejše in trajnejše. Ob pozitivnih učinkih na področju znanj pa smo zaznali dodatno povečanje interesa za raznoliko obravnavo tovrstnih vsebin, čemur bomo prav gotovo namenili potreben čas še v prihodnosti.

Viri:

- [1] <http://kompetence.uni-mb.si/> (pridobljeno 26.11.2010)
- [2] <http://www.fnm.uni-mb.si/> (pridobljeno 26.11.2010)
- [3] <http://www.osradlje.si/> (pridobljeno 26.11.2010)
- [4] <http://www.meade.com/> (pridobljeno 26.11.2010)
- [5] <http://www.ntbrog.com> (pridobljeno 26.11.2010)
- [6] <http://www.ff.uni-mb.si/> (pridobljeno 26.11.2010)

Zahvala:

Pripravek je nastal na podlagi rezultatov projekta Razvoj naravoslovnih kompetenc. Projekt oziroma operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada in Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje od 2007 do 2013, razvojne prioritete Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja ter prednostne usmeritve Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja.



Univerza v Mariboru

Fakulteta za naravoslovje in  
matematiko



Naložba v vašo prihodnost  
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA  
Evropski socialni sklad



REPUBLIKA SLOVENIJA

MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT



## DRŽAVNO TEKMOVANJE IZ ASTRONOMIJE

**pom. akad. dr. Remato Lukač**  
Gimnazija Murska Sobota

### Gimnazija Murska Sobota gostila najboljše astronome

Na Gimnaziji Murska Sobota je bilo 18.12.2010 drugo državno tekmovanje iz astronomije. Lani je bilo prvo tovrstno tekmovanje v Ljubljani, letos pa je potekalo hkrati na treh lokacijah po državi. Ni naključje, da je bilo tekmovanje za severno in vzhodno področje Slovenije prav v Murski Soboti, saj je astronomija v naših krajih zelo priljubljena. Astronomsko društva Kmica organizira večkrat letno strokovna predavanja in opazovanja, na katerih se družijo tako ljubitelji kot tudi strokovnjaki astronomije. Za najbolj zagnane mlade organizira Kmica vsako leto tudi mednarodni astronomski tabor.

Tekmovalce in njihove mentorje je nagovorila ravnateljica ga. Regina Cipot, ki je orisala razvoj astronomije na soboški gimnaziji in poudarila velik pomen astronomije za šolo in njene dijake. Pohvalila je odlično sodelovanje s Kmico in z lokalno skupnostjo. Ponos šole sta tudi dva njena bivša dijaka, ki sta doktorja znanosti prav na področju astronomije. Dr. Primož Kajdič raziskuje v Mehiki, doc. dr. Andreja Gomboc pa predava

in raziskuje na Univerzi v Ljubljani. Slednja je bila prisotna na tekmovanju kot predstavnik organizatorja, to je Društva matematikov, fizikov in astronomov. Tekmovalcem je dala napotke za tekmovanje in jih spodbudila k uspešnemu reševanju nalog. Doc. dr. Renato Lukač je pozdravil udeležence v imenu Kmice in v imenu lokalnega organizatorja, to je aktiva fizikov Gimnazije Murska Sobota.

V Murski Soboti je naloge reševalo 70 osnovnošolcev in 10 srednješolcev, ki so se pred dvema tednoma najbolj izkazali na kvalifikacijskih šolskih tekmovanjih. Med pomurskimi osnovnošolci so se takrat najbolj izkazali učenci OŠ Turnišče in učenci OŠ Gornja Radgona, med srednješolci pa dijaki Gimnazije Murska Sobota. Na uradne rezultate državnega tekmovanja bo treba počakati še nekaj časa. Upamo, da nas bodo naši učenci in dijaki tudi letos prijetno presenetili.



*Slika: Tekmovalci in mentorji na otvoritvi tekmovanja. (Foto: R. Lukač)*

## POLETNI TRIKOTNIK – MITOLOŠKI IZVOR IMEN

Mitja Kelemen

AD Kmica

Med pregledovanjem nočnega neba se nam vse zvezde zdijo kot točke, ki plavajo nekje tam daleč v praznini Vesolja. Vendar že pri najmanjšem podrobnem pregledu opazimo, da temu ni tako. Kot razkrije poled, že skozi manjši teleskop, ima okoli tretina zvezd spremljevalko ali celo spremljevalke. Tako kar naenkrat v objektivu zagledamo namesto ene same pike več pik. Take objekte poimenujemo dvojne zvezde

Na kratko lahko podamo definicijo dvojnih zvezd z naslednjim izrazom: Dvojne zvezde so sistemi dveh ali več zvezd. Ime dvojna zvezda je lahko rahlo zavajajoče. Uporablaj se, ko je v sistemu več zvezd, običajno do 10, če jih je več uporabljamo ime kopice.

V osnovi obstajata dve vrsti dvovezdij: prava in navidezna. Prava dvovezdja delimo na dve večji podskupini.

Na začetku opišimo navidezna, saj, kot že njihovo ime pove, nimajo kaj pretirano veliko opravka z dvovezdji. Pri navidezni dvovezdji gre predvsem za to, da vidimo dve zvezdici samo iz naše opazovalne točke (Zemlje) kot dvovezdje. Tako v resnici niso gravitacijsko povezane in ne vplivata na medsebojno gibanje. To tudi pomeni, da sta zvezdi ponavadi svetlobna leta vsaka k sebi. Taka dvovezdja so enostavna za opazovanja, saj so ponavadi zvezde navidezno dovolj daleč vsaka sebi, da jih lahko enostavno razločimo in opazujemo.

Prava dvovezdja so po drugi strani gravitacijsko tesno povezana in zvezdi krožita okoli skupnega težišča.

Prava dvovezdja (v nadaljevanju dvovezdja) lahko v grobem razdelimo v dve skupini:

sestavljena iz dveh približno enakih zvezd;

sestavljena iz dveh različnih zvezd.

Prava dvovezdja so mogoče malo težja za opazovanje saj se pogosto zgodi, da sta si zvezdi navidezno tako blizu ena drugi, da se nam pri standardnem opazovanju (oko ali CCD) zdi, da je to ena sama zvezda. Ker se razdalje med temi zvezdami merijo v svetlobnih urah ali dneh, kar je bistveno manj kot leta pri navidezni dvojni zvezdah. Vendar nam spektroskopski podatki razkrijejo, da gre v bistvu za dve zvezdi. Kljub tej oviri so prava dvovezdja zelo pomembana za preučevanje lastnosti vesolja, saj predstavljajo dobre sisteme za preiskus teoretičnih napovedi gibanj sistemov več teles, ki jih analitično ne moremo izračunati in se je potrebno zatekati k približkom.

Vendar namen tega sestavka ni dolgotvenje o karakteristikah dvojnih zvezd ampak si raje oglejmo zakaj bi dvojne zvezde zanimale amaterskega astronoma.

Na kratko lahko povzamemo to z naslednjim zapisom:

Dvojne zvezde za amaterske astronome predstavljajo tako objekt čudenja, kakor tudi opazovalni izziv, saj nas nekatere navdušujejo z barvno predstavo, medtem ko nam druge predstavljajo dober test za naše oči in opremo.

Ker so sistemi dvovezdij sestavljeni in ker imamo ljudje visoko afiniteto do sortiranja in poimenovanja stvari, vpeljemo nekaj takega tudi za dvojne zvezde.

Najprej se dogovorimo o poimenovanju posameznih zvezd v sistemu. Sistem za poimenovanje je dokaj preprost in sicer: Najsvetlejšo zvezdo sistema poimenujemo zvezda A. Ostale

zvezde po svetlosti uredimo pripadajočim črkam angleške abecede, se pravi B,C,D...

Naslednja karakteristika, ki nam zelo pomaga pomaga pri izbiri katere dvojice bomo opazovali, je tako imenovana ločenost ali separacija. Ta nam preprosto pove kako daleč narazan sta zvezdi A in B in je izražena v ločnih sekundah.

Poleg gornjega podatka je pri opazovanju pomembna tudi svetlost ali magnituda zvezd in sicer vseh zvezd, ki so v sistemu. Saj se lahko zgodi, da je katera od spremljevalnih zvezd zelo šibka in je z našim inštrumentom ne bomo zaznali.

S kakšno opremo se spopademo z dvojnimi zvezdami?

Zato ker astronomi uporabljamo za opazovanja predvsem teleskope katerih glavni namen je zbiranje svetlobe in s tem razkrivanje temnih kotičkov Kozmosa. Tako nam na primer večji teleskop zbere več svetlobe in nam s tem pokaže temnejše spremljevalke v dvovezdijih. Kako temne zvezde bomo videli lahko hitro ocenimo tako:  $m = 6,5 + \log D$ , pri čemer je m-magnituda najtemnejših zvezd, ki jih bomo zaznali in D-premer teleskopa v mm.

Zgornja formula velja za povprečno primestno nebo, saj se lahko 6,5 povzpne na 8 do 9 nekje v gorah ali spusti do 4 ali nižje v zelo razsvetljenih mestih.

Kar se tiče opreme, so dvojice zelo nezahtevne, saj take, ki so oddaljene okrog 30", razločimo že z navadnim lovskim daljnogledom. Medtem nam 60 mm refraktor pokaže zvezdice, ki so na razdalji 2 ".

Lahko celo približno ocenimo, kakšni zvezdi bomo ločili v našem teleskopu, in sicer tako, da delimo 4.54 s premerom objektiva teleskopa v inčih.

Vendar je ta izračun le približen, saj na ločljivost vpliva veliko dejavnikov: atmosferski pogoji, tip teleskopa, itd.

Iz zgornjih informacij se da sklepati, da nam 10cm teleskop pokaže zvezde okrog 9 magnitude. In je popolnoma zadosti, da raziščemo večino zvezd zbranih v The DalSanto Double Star Observing Catalog, ki je prosto dostopen na internetu in vsebuje okrog 400 lepih in enostavnih dvojnih zvezd.

Če vas argumenti o opremi niso prepričali, da bi se podali na pot opazovanja dvojnih zvezd, naj omenim še nekaj razlogov zakaj je opazovanje dvojic prijetno.

Kot prvo je potrebno izpostaviti, da v bistu opazujemo posamezne zvezde, ki svetijo vsaka v svoji barvi. Tako nam opazovanja že z majhnim teleskopom pričarajo barve na sicer navidezno sivo črnem nebu.

Zaradi svoje relativne svetlosti dvojne zvezde niso občutljive na svetlobno onesnaženje ali vplive Lune, kot so recimo meglice in galaksije.

Hkrati so to tudi objekti z lepo definirano lokacijo na nebu in tako primerni za začetno spoznavanje neba in krasen pripomoček za vstop v svet astronomije.

**Marjan Čenar**  
AD Kmica

Poletni trikotnik sestavljajo tri  $\alpha$  zvezde ozvezdij Lira, Orel in Labod. Kot običajno, imajo ozvezdja imena iz grško – rimske, zvezde pa latinizirana imena iz arabske mitologije.

**Lira - Lyra.**

Instrument je v mitološki zgodovini igral veliko vlogo. Najbrž najslavnejši med lirami sta tisti, na kateri sta igrala bajeslovni grški pevec Orfej in bog Apolon, ne zaostajata pa dosti tudi liri mitoloških kraljev – židovskega Davida in angleškega Arturja.

Arabci so v ozvezdju videli drugo podobo: jastreba z zaprtimi krili – orla v strmoglavem napadu. Od tod ime glavne zvezde النسر الواقع - *an-nasr al-wāqi'* – polatinjeno – **Vega**.

Vega je za našim Soncem tudi najbolj raziskovana zvezda in je navidezno najsvetlejša od treh zvezd poletnega trikotnika. Bila je Severnica leta okrog 12.000 pr.n.št. in bo ponovno kazala naravnost proti severu leta 13.727.



**Orel – Aquila**

Je izrazitejše ozvezdje. Orla so v njem videli tako antični, kakor tudi arabski astronomi. Orel je Αετός Δίας - *Aetos Dias*, božji orel. Bil je sopotnik, soborec in služabnik Zeusa. Zanj je opravljal najrazličnejša dela, ki bi danes veljala za bolj ali manj častna. Zevsu je v borbi prinašal njegove izstreljene puščice in kopja – strele, da jih je bog lahko ponovno uporabil. Za Zeusa je ugrabil trojanskega kraljeviča Ganimeda. Kaznovanemu, na Kavkaz prikovanemu bogu Prometeju (kaznovan je bil zato, ker je ljudem podaril ogenj in znanje) je vsak dan v živo kljuval jetra. No in tu je končal. Po dogovoru z boginjo modrosti Ateno, ga je pri tem ubil Zevsov sin Herkul.

Za spomin na skupaj preživete stare čase je orla Zevs postavil na nebo, med zvezde.

Arabsko ime  $\alpha$  zvezde orla je - النسر الطائر *an-nasr at tair* : Orel z razprostrtimi krili, orel v letu. Polatinjeno – **Altair**.

Orel je še danes simbol mnogih kraljevskih dinastij in držav (ZDA, Nemčija, Rusija, ...).



**Labod – Cygnus**

Labod je največje in najbolj prepoznavno med ozvezdji poletnega trikotnika. Zaradi osnovne oblike, so ga v zadnjih stoletjih krščanski astronomi poizkušali preimenovali v Severni križ. A tradicija je obveljala, Labod je ostal Labod. Tudi zaradi zamere med astronomijo in katoliško cerkvijo, ki je astronome preganjala.

Pa še mitološka zgodba o Labodu je ena najlepših, polna simbolov.

Apolonov (Heliosov) sin Faeton (Bleščeči) je zaradi draženja vrstnikov, da ni božji, ampak navaden nezakonski sin, preprosil očeta da mu je dovolil voziti zlati sončni voz. A konji so mu zaradi nezkušenosti zbežljali. Zavrela sta Evfrat in Tibera, Nil se je skrnil v izvir,... Ožgal je Arabijo, Nubijo in Saharo. Ljudje v Afriki so postali črni. Zevs je moral posredovati. Poslal je nebeškega Leva, da se je voz ustavil.

Faeton je pri tem padel v Pad. Njegov brat /ali prijatelj/ Cynus ga je šel iskat. Iskal je izjemno vztrajno. Potapljal se je tako dolgo, da je njegov vrat postal podoben labodjemu. Bogovom se je najprej zdel smešen, potem pa so njegovo vztrajnost začeli občudovati. Postavili so ga na nebo kot simbol ljubezni in zvestobe. Labod dejansko med ornitologi velja za ptico, ki je najbolj zvesta svoji partnerki/partnerju.





Faetonove sestre – Heliade (Heliosove hčerke) so opazovale bratov padec ter Cynusove napore za rešitev in se pri tem spremenile v topole, ki rasejo na bregovih Pada. Iz njihovih solz je nastal dragoceni jantar.

Arabski astronomi so v Labodu prav tako videli ptico, le da manj imenitno – navadno kuro. In ker je Labodova  $\alpha$  zvezda v repu, je dobila še manj spoštljivo ime – polatinjeno **Deneb**, oziroma Al Dhanab al Dajajah, - Kurja zadnjica.

Deneb, navidezno najšibkejša zvezda poletnega trikotnika, je supergigantka, za katere oddaljenost se ne ve natančno. Ocene nihajo med 1.600 svetlobnimi leti (potem ima v resnici 60.000-kratno svetlobo našega Sonca) in 3.200 sv.leti (v tem primeru 250.000-kratno).

## ENERGIJA LUNE

pom. akad. dr. Mitja Slavinec

Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

### Povzetek

V članku si bom ogledali kolikšna je celotna energija Lune zaradi gibanja okrog Zemlje in kako se s časom spreminja. Razmere so še posebej zanimive ker obhodna časa Lune in Zemlje nista enaka, zato energija prehaja med njima, kar na Zemlji opazimo kot bibavico.

### Gibanje nebesnih teles

Med Luno in Zemljo, enako pa velja tudi za kateri koli drugi par nebesnih teles, npr. planet in zvezdo, deluje privlačna gravitacijska sila  $F$ :

$$F = G \frac{m_L m_Z}{r^2}, \quad [1]$$

kjer je  $G$  gravitacijska konstanta,  $m_L$  masa Lune,  $m_Z$  masa Zemlje in  $r$  razdalja med njunima težiščema. Telesi krožita okrog skupnega težišča, kar v primeru, ko je masa enega telesa veliko večja od drugega pomeni, da težje telo praktično miruje, lažje pa se giblje okrog njega. Njuna medsebojna razdalja je odvisna predvsem od hitrosti  $v_L$  s katero se giblje Luna in mase Zemlje, saj v ravnovesju velja, da je gravitacijska sila enaka radialni sili  $F_r$ :

$$G \frac{m_L m_Z}{r^2} = \frac{m_L v_L^2}{r} \rightarrow r = G \frac{m_Z}{v_L^2}. \quad [2]$$

Luna se okrog Zemlje giblje po elipsi, zato sta hitrost  $v_L$  in razdalja  $r$  mišljeni kot ustrezni povprečni vrednosti. Hitrost s katero se giblje Zemlja je majhna v primerjavi s hitrostjo Lune, zato je njuna kinetična energija  $W_k$  predvsem kinetična energija Lune:

$$W_k = \frac{1}{2} m_L v_L^2, \quad [3]$$

Potencialna energija  $W_p$  je:

$$W_p = -G \frac{m_L m_Z}{r}. \quad [4]$$

Potencialna energija je negativna, ker je definirana tako, da je neka nič, ko sta telesi neskončno oddaljeni. Taka definicija potencialne energije je smiselna, ker sta telesi vezani druga na drugo in bi Luni morali energijo dovesti, da bi jo odlepili od Zemlje, tj. da bi bila prosta.

Upošteva se zvezo [2] se izkaže, da sta velikosti kinetične in potencialne energije povezani, saj velja:

$$W_p = -2 W_k \quad [5]$$

od kod sledi, da je njuna skupna energija  $W = W_k + W_p = W_k - 2W_k = -W_k$ :

$$W = -\frac{1}{2} m_L v_L^2 = -G \frac{m_L m_Z}{2r}. \quad [6]$$

Iz enačbe [5] izhaja na prvi pogled nenavadno dejstvo, da če bi Luno malo pospešili, tj. bi ji na nek način povečali hitrost, bi se njena skupna energija zmanjšala. Koliko se Luni zaradi večje hitrosti poveča kinetična energije, ravno za dva krat toliko se ji zmanjša potencialna energija.

Energija Lune je tem večja (manj negativna), čim dlje od Zemlje se giblje in tem manjša, čim bližje je Zemlji.

### Izmenjava energije med Luno in Zemljo

Gibanje Lune okrog Zemlje ni sinhronizirano z vrtenjem Zemlje okrog svoje osi. Luna rabi za en obhod okrog Zemlje približno en mesec, Zemlja pa se zavrti v enem dnevu. Zemlja tudi ni togo telo, ampak ima na površini oceane, na katerih Luna ustvari plimovanje (vpliv Sonca bomo zanemarili). Na prvi pogled bi pomislili, da Luna zaradi tega izgublja energijo in se Zemlji približuje. Vendar meritve kažejo ravno obratno. Luna se vsako leto od Zemlje oddalji nekaj cm, zaradi česar se ji energija celo povečuje. Odgovor se skriva v dejstvu, da s tem ko Luna »vrti« plimo po Zemljini površini, zaustavlja vrtenje Zemlje. Zaradi tega se Luni energija povečuje, del te energije Zemlje pa se kaže kot energija bibavice.

Tako bo vse dokler se ne bo vzpostavilo ravnovesno stanje in se bo Luna gibala okrog Zemlje z enako hitrostjo kot se bo Zemlja vrtela okrog svoje osi. Luna bo takrat zmeraj nad isto točko Zemlje, bibavica pa praktično ne bo več oz. bo bistveno manjša, saj bo ostal le še vpliv Sonca.

Ravnovesno stanje lahko izračunamo iz zakona o ohranitvi vrtilne količine. Skupna vrtilna količina Zemlje zaradi svojega vrtenja in Lune zaradi gibanja okrog Zemlje se ohranja:

$$J_Z \omega_Z + m_L r^2 \omega_L = (J_Z + m_L r_0^2) \omega_0, \quad [7]$$

kjer je  $J_Z$  vztrajnostni moment Zemlje,  $\omega_Z$  in  $\omega_L$  kotni hitrosti vrtenja Zemlje in Lune,  $r$  razdalja med njima zdaj in  $r_0$  razdalja med njima v ravnovesnem stanju. Iz gornje enačbe, upoštevaje enačbo [2] lahko izračunamo kotno hitrost vrtenja Zemlje in Lune v ravnovesnem stanju  $\omega_0$ .

Račun pokaže, da se bo v ravnovesnem stanju oddaljenost Lune povečala za približno 10 krat, dan na Zemlji pa podaljšal za približno 2 krat.

# KAJ SE BO ZGODILO 21. DECEMBRA 2012?

pom. akad. dr. Primož Kajdič

AD Kmica

## Uvod

Če gre verjeti raznim napovedovalcem prihodnosti, nekaterim apokaliptičnim amaterskim arheologom tipa Von Daniken ter večini sredstev (dez)informiranja, je pred vami predzadnja številka revije Astronomi v Kmici. Konec leta 2012 naj bi se namreč zgodil konec sveta. To razkritje naj bi nam zapustili Maji, mezoameriško ljudstvo, ki še danes poseljuje jug današnje Mehike, Belize ter Gvatemalo. Njihova civilizacija je svoj vrh dosegla okoli leta 900 n. š., uničili pa so jo španski kolonialisti.

Maji naj bi poznali datum konca sveta in to kljub temu, da niso poznali teleskopa, računalnika in niti digitalne ure. Večina modernih znanilcev apokalipse seveda ni nikoli prebrala nobenega majevskega kodeksa, niti se ni o tem pozanimala pri dejanskih strokovnjakih, torej arheologih. To seveda pomeni, da nimajo pojma o Majih, vendar se njihove knjige prodajajo veliko bolje kot knjige najboljših profesionalnih arheologov.

Internetni lunatiki že pišejo o prvih znakih približajočega se konca sveta. Globalno segrevanje npr. naj ne bi bilo omejeno le na Zemljo, temveč na celotno Osončje. Ne verjamete? Dokazi so sledeči: Jupiter je izgubil en pas, na njegovem površju pa nastaja nova rdeča pega. Ledene Jupitrove in Saturnove lune se talijo, izginjajo polarne kape na Marsu, Pluton pa je 20 % bolj rdeč kot ponavadi. Približuje se nam Planet X (Nibiru), ki se bo leta 2012 močno približal Zemlji, zaenkrat pa proti nam pošilja tok "električno nabitih plazmičnih energetskih delcev". Seveda vse vlade sveta dobro vejo, kaj se dogaja, a nalašč puščajo ljudstvo v nevednosti.

Ker se današnji mediji obveščanja v povprečju obnašajo zelo neodgovorno, saj so do raznih podobnih eksotičnih zgodb v dokaj nekritični, se ne moremo zanašati na njih kot na zanesljiv vir informacij. Treba je k viru vsega "zla". Pogledati je potrebno kaj so dejansko napisali stari Maji. V tem članku si bomo pogledali, kako so Maji merili čas, da bomo potem lažje razumeli kontekst majevskega teksta, ki naj bi vseboval napoved o koncu sveta.

## Kako so Maji merili čas

Maji so bili dokaj napredno ljudstvo. V začetku klasičnega obdobja (okoli leta 200 n. št.) so imeli napredno kmetijstvo, razvili so države, začeli so graditi velika mesta, njihove zgradbe pa so postajale vedno bolj kompleksne. Maji so bili dobri matematiki in astronomi. Uporabljali so dvajsetiški številski sistem, poznali so celo ničlo in to 900 let preden so Arabci ta pojem prinesli v Evropo. Maji so bili zmožni natančno napovedovati nekatere nebesne pojave, kot so Venerini in Marsovi cikli.

In za vse to so morali natančno meriti čas. Maji so razvili enega najnatančnejših koledarjev na svetu. Za primerjavo - naš koledar se "zmoti" za en dan vsakih 4000 let, medtem ko se je majevski koledar zmotil za en dan le vsakih 5000 let.

Maji so uporabljali tri sisteme za mejenje časa, vsak sistem je imel svoj namen.

### 1. Dolgo štetje

Po prvem sistemu, imenovanem tudi dolgo štetje (angl. "long count") so Maji šteli dni od začetka majevskega koledarja, ki je hkrati predstavljal začetek stvarstva. Datum začetka je znan -v današnjem koledarju ga opišemo kot 11. avgust 3113 pred našim štetjem. V tem sistemu so maji definirali časovne enote, ki so ekvivalentne našim dnevom, mesecem, letom ter celo stoletjem:

Kan = 1 dan

Uinal = 20 dni (= 20 Kan)

Tun = 360 dni (= 18 Uinal, skoraj eno leto)

Katun = 7200 dni (= 20 Tun, skoraj 20 let)

Baktun = 144000 dni (= 20 Katun, približno 400 let)

Začetek majevskega koledarja se po tem sistemu zapiše kot 0 baktun, 0 katun, 0 tun, 0 uinal in 0 kan. Dolgo štetje se konča, ko se zaključi 13. baktun, zapiše pa se kot 12 baktun, 19 katun, 19 tun, 17 uinal, 19 kan. To obdobje je enako 5125.36 današnjim letom ali 1.872.000 dnevom. Po končanem 13. baktunu se zaključi neka era, majevski koledar pa se resetira spet na ničlo. Po majevski mitologiji se je 13. baktun v preteklosti iztekel že trikrat. Svet je bil ustvarjen že trikrat, a neuspešno. Danes naj bi živeli v četrtem svetu, ki je prva uspešna stvaritev majevskih bogov. Dolgo štetje so majevski vladarji uporabljali za obeležje pomembnih dogodkov v preteklosti, kot so npr. njihovi vzponi na oblast, poroke, zmage, ali celo konce preteklih ciklov.

### 2. Tzolkin

Drugi sistem se imenuje cikel Tzolkin, kar v jeziku majev pomeni štetje dni. Ta cikel je tekel neodvisno o prvega sistema. Uporabljali so ga svečeniki za razne napovedi, horoskope in za religiozne zadeve. Tzolkin je trajal 260 dni. Sestavljalo ga je 13 20-dnevnih obdobji imenovanih "trecena". Ta obdobja so Maji označevali s števili od 1 do 13. Dnevi v vsakem obdobju so bili poimenovani: Imix, Ik, Akbal, Kan, Chicchan, Cimi, Manik, Lamat, Muluc, Oc, Chuen, Eb, Ben, Ix, Men, Cib, Caban, Edznab, Cauac in Ahau. Prvi dan v Tzolkinu je bil torej 1 Imix, zadnji pa 13 Ahau. Po izteku Tzolkina se začne novi Tzolkin, z identičnim poimenovanjem dni ter obdobji. Ob začetku stvarstva se je pisalo 4 Ahau.

### 3. Haab

Ta sistem je lahko uporabljala le vladajoča kasta in sicer za astronomijo ter cikle povezane z kmetijstvom. Haab je sestavljalo 18 mesecev (Uinalev) z dolžino 20 dni ter obdobjem petih dni imenovano Wayeb', v katerem pa posamezni dnevi niso bili poimenovani. Imena mesecev so Pop, Uo, Zip, Zotz, Tzec, Xul, Yaxkin, Mol, Ch'chen, Yax, Zac, Chen, Mac, Kankin, Muan, Pax, Kayab, Cumku in Uayeb. Ob začetku stvarstva se je po tem sistemu pisalo 8 Cumku.

Za določanje datuma so Maji uporabljali kombinacijo Tzolkina in Haaba. 11. avgust 3113 pr. n. št. Se tako zapiše kot 4 Ahau 8 Cumku. Ta kombinacija se lahko ponovi šele po poteku 18.980 dni, kar predstavlja 73 ciklov Tzolkin ali 52 ciklov Haab (ter skoraj enako število naših let). Upoštevač kombinacijo vseh treh sistemov, lahko začete stvarstva opišemo kot 0.0.0.0.0. 4 Ahau 8 Cumku.

Sinhronizacija majevskega in našega koledarja ni bilo lahko delo. Treba je bilo najti en majevski datum ter ga identificirati v našem gregorijanskem koledarju. Obstaja dokument, imenovan kronika Oxkutzcab iz 17. stoletja, kjer je navedeno, da se je 3. novembra 1539 (po julijanskem koledarju, po gregorijanskem je to 13. november) dopolnilo 11 baktunov in 16 katunov od začetka majevske ere (1.699.200 dni). Ta datum se v kombinaciji Tzolkina in Haaba zapiše kot 13 Ahau 8 Xul.

Če je ta sinhronizacija koledarjev pravilna, bo 21. decembra 2012 prvi dan 14. baktuna. En dan prej se konča 13. baktun, ta datum pa je za Maje predstavljal konec dolgega štetja. S tem se štetje po majevskem koledarju "resetira" spet na nič 0 baktun, 0 katun, 0 tun, 0 uinal, 0 kin, 3 Cauac, 2 Kankin.

Ni prav jasno kako so Maji izbrali začetek svojega koledarja. Danes vemo, da se na ta dan ni zgodilo nič posebnega v smislu astronomskih pojavov. Se pa zato 13. baktun konča na dan zimskega solsticija.

#### Prerokba, ki je ni

Dostikrat omenimo, da so bili Maji "napredno ljudstvo". To je relativni pojem, saj so bili Maji v primerjavi z nami zelo primitivni. Treba je povedati, da Maji niso vedeli več od nas o prav nobeni stvari. Znanje, ki so ga imeli, je bilo dostopno le najvišjim kastam – svečenikom in vladarjem. Ti so ga uporabljali za politično in versko propagando, saj so tako lažje nadzorovali ljudstvo in mu vladali. Eden največjih izzivov sodobne arheologije je interpretirati majevske zapise. Pri tem je potrebno paziti, da domišljija arheologa ne zanese predaleč. Težko se je namreč vživeti v miselnost ljudstva, ki je te zapise ustvarilo tudi pred več kot 2000 leti. Teh zapisov je danes ostalo le malo. Imamo tri kodekse (Dresdenski, Maridski in Pariški) ter posamezne spomenike iz kamna imenovane estele. Tako npr. estela C, ki je bila najdena v kraju Quirigua v Gvatemali vsebuje hieroglifske zapise, ki govorijo o tem, kaj se zgodi, ko se zaključi 13. baktun. Vir famozne "prerokbe" pa je spomenik 6 iz Tortuguera v mehiški zvezni državi Tabasco, katerega zapisi se nanašajo na konec zdajšnjega cikla: pravi da se bo ob koncu 13. baktuna z neba spustilo božanstvo. . . Tu pa se prerokbe več ni, saj je ravno ta del spomenika uničil zob časa. Tako ne izvemo katero božanstvo se bo spustilo na Zemljo, niti kje ali kaj se bo po tem spustilo. In kjer se konča majevski zapis, podivja domišljija sodobnih znanilcev apokalipse . . .

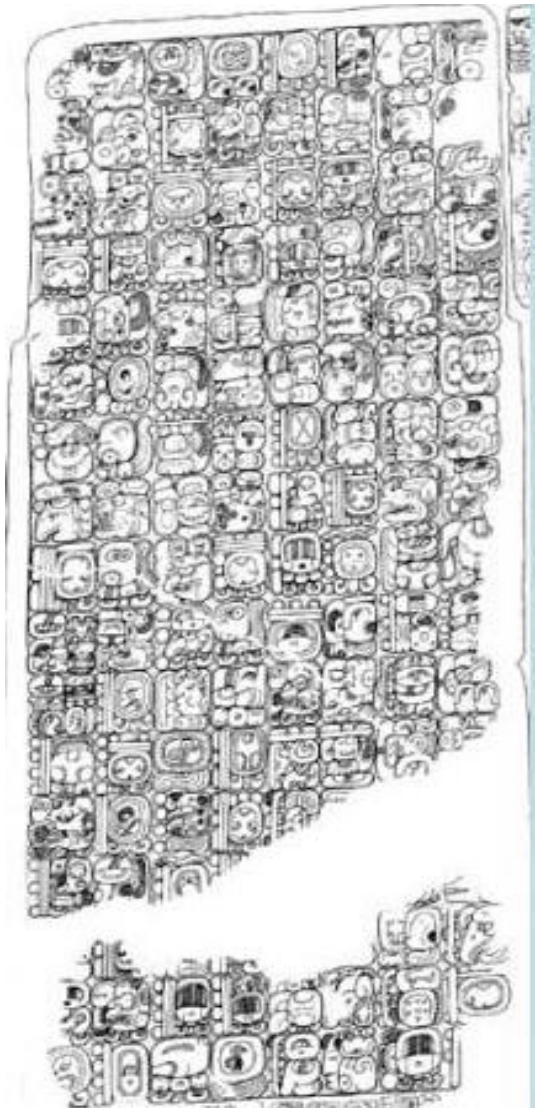
#### Literatura:

Mayan calendar, <http://www.calendariomaya.mayanworld.com/>

Wikipedia

Apocalypse 2012 Prophecy, 2012 Prophecies, <http://www.prophecyfilm.com/>

Aveni, A. F., 2010, 'Las profecias mayas de 2012', *Arqueología Mexicana*, 103, 52



Slika 1: Spomenik 6 iz kraja Tabasquero, zvezna država TabascoT



Slika 2: Estela C iz kraja Quirigua v Gvatemali

## TRK DVEH OGROMNIH JAT GALAKSIJ IN KAJ JE TO TEMNA SNOV

**prof. dr. Maruša Bradač**  
Univerza v Davisu, Kalifornija

NASA je pred kratkim objavila novico, da je skupina astronomov, pod vodstvom Maruše Bradač, profesorice na univerzi v Davisu v Kaliforniji, s pomočjo dveh vesoljskih teleskopov opazovala trk dveh ogromnih jat galaksij. Z opazovanji so potrdili, da naše Vesolje ni sestavljeno le iz planetov, zvezd in galaksij. Kar petkrat več je namreč t.i. temne snovi, skrivnostne snovi ki ne sveti in se obnaša čisto drugače kot katerikoli material, s katerimi imajo znanstveniki opravka v laboratorijih.

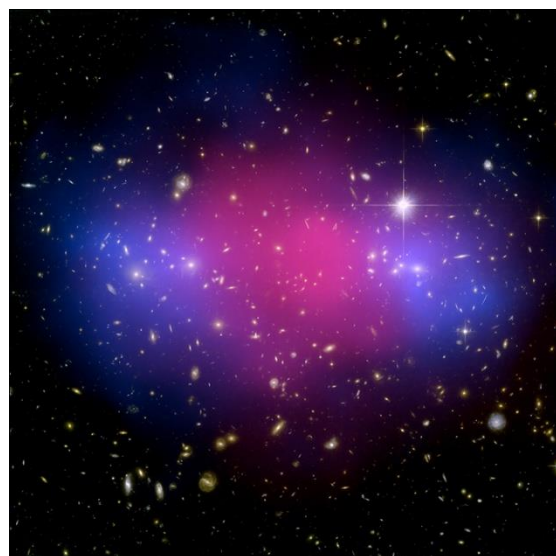


Slika 1: Trk jate galaksij 1E0657-56. Po trku dveh jat galaksij vidimo vroci plin, ki seva Rentgensko svetlobo (rdeče) in temno snov (modro). Vir: NASA

"Temna snov je nevidna, ampak kljub temu jo lahko astronomi zaznamo in izmerimo njene lastnosti", nam je povedala Maruša. To jim je omogočil trk dveh ogromnih jat galaksij. Vsaka od njih ima milijon-milijard-krat večjo maso od našega sonca in ti dve jati sta trčili s hitrostjo blizu 10 milijonov kilometrov na uro. Oblaka plina sta trčila, se upočasnila in se segrela na 70 milijonov stopinj Celzija in sedaj sevata Rentgensko svetlobo. In kaj se je zgodilo s temno snovjo? Skoraj nič. Ker se obnaša čisto

drugače kot plin, se ni segrela in ne seva. Noben material, ki ga poznamo, se ne obnaša tako.

"Mislim, da sta astronomija in fizika izjemno fascinantni. Ukvarjamo se z opazovanji teh ogromnih in izjemnih objektov. In pri tem uporabljamo teleskope, ki na satelitih krožijo okoli Zemlje in so vredni milijone dolarjev," je dejala Maruša in dodala; "in čeprav opazujemo objekte daleč v stran od nas je temna snov tudi tukaj na Zemlji. Če so naši modeli točni, potem sta verjetno eden ali dva delca temne snovi tudi v vaši dnevni sobi. Ampak brez skrbi, ker ne reagirata z ničemer, niti sama s sabo, ju ne boste občutili."



Slika 2: Trk jate galaksij MACSJ0025-1222. Vir: NASA

## PERZIJSKI ASTRONOM OMAR HAJAM

**Andreja ČASAR**  
AD Kmica

Ghiyath al-Din Abu al-Fath 'Umar ibn Ibrahim al-Nisaburi al-Khayyami oziroma Omar Hajam se je rodil, ko je bilo Sonce v tretji stopnji Dvojčkov [1]. Na podlagi tega so šele pred nekaj desetletji ugotovili točen datum Hajamovega rojstva. Rojen naj bi bil 18. maja 1048 v Perziji.

Zahodni svet izpostavlja predvsem njegov pesniški del, medtem ko je o Hajamu kot genialnem matematiku in astronomu, pri nas znanega bolj malo. Recimo, da je bil tolikanj napreden in je verjel v teorijo, ki bo šele nekaj stoletij kasneje dobila ime

heliocentrična, da je izdelal zvezdno mapo in se pri svojih napovedih posluževal, danes bi rekli, meteorologije. Kot zanimivost naj navedem, da se po njem imenujeta lunin krater in asteroid 3095 Omarkhayyam [2].

Z astronomijo se je Hajam ukvarjal večji del svojega življenja. Velik vpliv na njegove dosežke na tem področju je gotovo imel sultan Jalal al-Din Malekshah Saljuqi (Malik-Shah I, 1072-92), ki je Hajama leta 1073 povabil, skupaj z nekaterimi tedanjimi znanstveniki, k izgradnji observatorija [2]. V času delovanja na



observatoriju je s sodelavci izmeril dolžino solarnega leta, ki je znašala 365.24219858156 dni, pri čemer je izmerjena dolžina na šest decimalk natančna.



Slika 1: Kip Omara Hajama v Iranu [2].

Kot pomemben član skupine znanstvenikov je sodeloval pri nekajkratnih izboljšavah perzijskega koledarja. Na Malikšahovo željo je Hajam spremenil obstoječi koledar. Novi koledar je dobil ime po enem izmed vladarjevih imen, Takvimi al ta'rikh al-Džalali era. Sultan je leta 1079 koledar sprejel kot splošno veljavnega, v Iranu so ga v Hajamovi različici uporabljali vse do 1925. Hajam se je pri prenovi posluževal starega perzijskega muslimanskega luninega koledarja, ki ima napako enega dneva v 5000 letih, medtem ko pri gregorijanskem napaka enega dne nastopi vsakih 3300 let [1]. Njegov koledar predpostavlja trajanje koledarskega leta kot čas  $365 + \frac{8}{33}$  dni. Zaradi same strukture koledarja in njene kompleksnosti, ki prinaša najmanjšo sistemsko napako v primerjavi z ostalimi koledarji, mu lahko

pripišemo vsaj tolikšno ali kar večjo natančnost, kot jo ima obstoječi gregorijanski koledar. Vendar pa ostaja vprašanje, zakaj se ni namesto gregorijanskega uvedel Hajamov koledar.

Sultana Malikšaha bi lahko imenovali za Hajamovega dobrotnika. Ko je sultan umrl, se je začela velika borba za njegov prestol, obenem se je s tem spremenila Hajamova usoda. Kljub Hajamovim prizadevanjem je Malikšahov naslednik observatorij zaprl, tako so se vsa pričakovanja v zvezi z nadaljnjimi raziskovanji ali dokončno preveritvijo koledarja končala [1].

Spojeni z Vesoljem zazvenijo tudi Hajamovi rubai, ki so v Evropo prispeli leta 1859 pod taktirko Edwarda Fitzgeralda, prepesnjeni v angleški jezik. Rubai v arabščini pomeni četrten, pri nas ga prevajamo kot štirivrstičnica. Sodobni poznavalci pesnikovih rubajev trdijo, da gre za priložnostne kitice, ki so nastale bodisi v veseljaškem krogu ob vinu bodisi ob modrovanju med učenjaki. Predvsem ker so te štirivrstičnice krožile anonimno, so avtorju resnično nudile možnost, da je izrazil svoje nazore brez strahu, brez cenzure.

V njegovi poeziji se prepleta mistična narava sufizma z elementi epikurejstva, kriticisma, monizma, hedonizma.

Misticizem Hajamovega sufizma se skriva v kratkih prebliskih, ki jih doživimo, ko se poistovetimo z Velikim Jazom. Nekateri pravijo temu Bog, drugi svetovna duša, medtem ko bi Hajam tovrstno spojitev imenoval spojitev z Vesoljem.

#### Literatura in viri:

[1]

[http://www.kvarkadabra.net/index.html/?zgodovina/teksti/koledar\\_hajam.htm](http://www.kvarkadabra.net/index.html/?zgodovina/teksti/koledar_hajam.htm) (pridobljeno dne 1.1.2011).

[2]

<http://www.khayyam.info/english/default.htm#Calendar%20Reform> (pridobljeno dne 1.1.2011).

Hajam, Omar (2001): *Ruba'iyat*. Ljubljana: Amalietti & Amalietti.

## PREHOD VENERE ČEZ SONCE

Sandi DORA  
AD Kmica

8. Junija 2004, smo tudi v Sloveniji lahko opazovali silno redek nebesni pojav, ki se odvija podnevi- prehod Venere čez Sončevo ploskev. Prehod Venere se zgodi takrat, ko sta Venera in Zemlja na isti strani Sonca, ter z našega planeta opazujemo kako Venera na svoji poti okoli Sonca zastre delček njegove ploskve (majhen mrk). Pri tem nam Venera kaže svojo temno stran in jo vidimo kot črn krogec. Položaj Venere, je pri posameznih prehodih na različnih geografskih širinah Sonca, ker je njena krožnica nagnjena glede na Sončev ekvator.

Seveda se je tudi naše astronomsko društvo pripravilo, na ta nebesni spektakel, saj je bil prehod Venere v naših krajih nazadnje viden daljnega leta 1882. Astronomska društva po Sloveniji, so organizirala javna opazovanja prehoda, tako tudi mi z AD Kmica. Tako se nas je zbralo lepo število zainteresiranih na parkirišču pred BTC jem v Murski Soboti, tistega vročega junjskega dne. Bilo je ob 7. Zjutraj, ko smo pripravili pet teleskopov. Na objektivne štiri smo pritrdili filterske folije na enega pa boljši Hidrogen- alfa filter. Nato se je pričelo; ob 7:20 se je na spodnjem levem robu Sončeve ploskve pokazala Venera kot majhna črna okrogla ploskvica. Kot prvo zanimivost smo opazili, da rob Venerine ploskvice ni oster, ampak zamegljen- kar je dokaz, da ima ta planet atmosfero. (Prvi je to opazil ruski učenjak Mikhail Lomonosov, med prehodom Venere leta 1761).



Prehod Venere čez sončevo ploskev

Venera je potovala čez spodnji del Sončeve ploskve in se ob 10:23 h nahajala na njeni sredini. Lepo se je videlo, da je popolnoma okrogla in na tečajih ni sploščena. Sam sem prehod Venere skrbno skiciral v beležko z njenim položajem ob določeni uri na Sončevi ploskvi. Opazili smo tudi nekaj peg na Soncu. Ob 13:10, je prehod prehajal h koncu in se ob 13:23,

končal. Cel prehod je trajal 6 ur, vreme pa je cel čas odlično sodelovalo. Sam dogodek smo celo posneli s kamero. Tako smo člani našega društva, zadovoljni ob še enem uspešnem opazovanju pospravili opremo in se razšli. Vsi smo se zavedali, kakšno srečo smo imeli, da smo lahko opazovali tako redek nebesni pojav, kot je prehod Venere čez Sonce. Tistega vročega poletnega dne, smo namreč uzrli majhen delček našega Osončja.

## SKRIVNOST PULZIRAJOČIH ZVEZD

**Pom. akad. dr. Milan Svetec**  
RRA Mura d.o.o.

Mednarodna skupina astronomov je odkrila prvi tak sistem dveh zvezd, kjer se obe zvezdi, izmed katerih je ena pulzirajoča spremenljiva zvezda tipa kefeid, med seboj prekrivata. Desetletja stara skrivnost je bila s tem razrešena, saj sta bili do sedaj na voljo dve, med seboj izključujoči, teorijski napovedi za mase kefeid. Redka konfiguracija trajektorij obeh zvezd v dvojnem sistemu je omogočila do sedaj najnatančnejšo določitev mase kake kefeide. Novi rezultati so potrdili napoved teorije stelarnih pulzacij, medtem ko napovedi, ki sledijo iz teorije razvoja zvezd niso dobile svoje potrditve.

Klasične spremenljive zvezde tipa  $\delta$  Cephei, ali na kratko kefeide, so nestabilne zvezde in so večje ter veliko svetlejše kot Sonce. Periodično se raztezajo in krčijo. Perioda pa lahko traja od nekaj dni do nekaj mesecev. Čas, ki ga kefeida potrebuje, da postane svetlejša in nato spet temnejša, je daljši pri svetlejših zvezdah in krajši pri temnejših. Odvisnost lahko določimo zelo natančno, zato je raziskovanje kefeid eno najboljših orodij za merjenje razdalj bližnjih galaksij. Na tej podlagi nato primerjamo razdalje v celotnem vesolju.

Kljub njihovi pomembnosti, kefeid ne razumemo še povsem natančno. Napovedi njihovih mas iz teorije zvezdnih pulzacij so 20-30% nižje od napovedi teorije razvoja zvezd. Ta problem je poznan vsaj iz 60-tih let prejšnjega stoletja. Za rešitev takega problema, so morali astronomi najti sistem dveh zvezd, ki vsebuje eno kefeido in je spremljajoča zvezda, gledano z Zemlje, na taki tirnici, da pokrije kefeido, ko potuje mimo nje. Navidezna svetlost sistema se spreminja, ko ena izmed zvezd

prekrije drugo, med svojim gibanjem po tirnici. Za tak sistem dvojnih zvezd lahko astronomi zelo natančno določijo njuno maso. Žal pa se taki sistemi zvezd ne pojavljajo prav pogosto. V Mlečni cesti na primer, takega sistema zvezd ne poznamo.

Omenjen sistem dveh zvezd so astronomi našli v Velikem Magellanovem oblaku. Kefeida pulzira s periodo 3,8 dni. Spremljajoča zvezda je nekaj večja in hladnejša. Obe zvezdi obkrožita ena drugo v 310 dneh. Objekta so opazovali s spektrografom HARPS na območju La Silla (Čile).

Medtem ko sta se zvezdi gibali ena mimo druge so astronomi podrobno preučili nihanja svetlosti sistema, ki so ga poimenovali OGLE-LMC-CEP0227. Prav tako so izmerili gibanje obeh zvezd proti Zemlji in vstran od nje. Preučili so tudi nihanje površine kefeide med njenim razširjanjem in krčenjem. Podatki so omogočili astronomom, da so določili trajektorije obeh objektov in njuni masi zelo natančno. Masi sta tako znani na 1% natančno in sovpadata z napovedmi teorije zvezdnih pulzacij.

Močno izboljšana natančnost določitve mase je le eden izmed rezultatov študije. Skupina astronomov pričakuje, da bodo našli še druge uporabne sisteme dveh zvezd, da bodo lahko opisane metode še večkrat uporabili. Na podlagi takih rezultatov želijo astronomi določiti razdaljo do Velikega Magellanovega oblaka na 1% natančno.

Vir: *G. Pietrzynski et al.*: The dynamical mass of a classical Cepheid variable star in an eclipsing binary system. *Nature* 468, 542-544 (2010)

# ASTRONOMSKI TABOR KMICA 2010

**Ernest Hari**

AD Kmica

Kot že vsako leto tradicionalni tabor Kmica, ki poteka na lokaciji osnovne šole Gornji Petrovci privabi veliko udeležencev iz vse Slovenije ter včasih tudi iz tujine. Tudi to leto smo se zbrali navdušeni mentorji in seveda učenci, ki so hoteli spoznati nekaj več o astronomiji. To smo jim tudi ponudili, vendar to leto na malo drugačen način. Metod, kako privabiti sveže ideje in kreativnost od učencev, ter jo nadgraditi je veliko, mi smo uporabili nekaj novega ter jih poskušali vzpodbuditi z izdelavo oziroma pripravo raziskovalnih nalog, ki jih bodo lahko učenci oddali na regijskih tekmovanjih mladih raziskovalcev in tako tekmovali z drugimi učenci, ki svoje naloge izdelajo po klasičnih metodah priprav raziskovalnih nalog na šolah. Seveda je priprava raziskovalne naloge dolgotrajen proces, ki ga mi nismo mogli zaključiti na taboru samem, vendar so naloge, ki so si jih udeleženci izbrali na taboru dober uvod v njihovo samostojno raziskovalno delo. Opravili smo astronomske meritve, ki so jih zahtevale naloge ter dodali pri nekaterih še teorijo, tako da bodo lahko udeleženci sami zaključili raziskovalne naloge doma. Sama zahtevnost tem raziskovalnih nalog je bila prilagojena glede na njihovo znanje in seveda na možnosti izvedbe meritev, ki so se pri nekaterih pokazale za zadovoljivo točne. Potrebno je pa seveda poudariti, da je bil na taboru zaradi te metodologije dela, duh dela popolnoma drugačen, kajti mentorji nismo bili več tisti, kateri so sejali znanje udeležencem ampak smo jim pomagali pri uresničevanju njihovih ciljev, ki so si jih zadali na začetku tabora in smo bili zato mentorji v pravem pomenu besede.

Upam da se bo metoda raziskovalnega dela na taboru prijela in izkazala za dober načrt kako pridobiti kar največ znanja in kreativnosti iz udeležencev ter bo pripomogla k večji naravnosti učencev do naravoslovnih predmetov.

Na naslednjih straneh so prikazane osnove nekaterih raziskovalnih nalog. Seveda niso dokončane, vendar smo lahko ponosni na udeležence, da so začeli izdelovati raziskovalne naloge in se s tem sami postavili v vlogo raziskovalcev oziroma amaterskih znanstvenikov astronomov, ki z povprečno astronomsko opremo že dalj časa dokazujejo da je v znanosti, še posebej pa v astronomiji možno vse.

## Masa Jupitra

Avtor: Urban Avsec

Mentor: Mitja Kelemen

### 1.0 Uvod

Jupiter je velikan med velikani. Peti planet od Sonca glavni rimski bog. Vse to in še veliko več predstavlja tega ta čudoviti plinasti velikan. Poznajo ga že od Antike dalje. Opazovali so ga veliki grški filozofi in znameniti znanstveniki. Na njem je Galileo našel eno od potrditev za Helio-centričnosti. Je pa še vedno zelo zanimiv za amaterske astronome in amaterske radio-astronome. Še vedno pa ga raziskujejo in spremljajo tudi znanstveniki.

### 2.0 Povzetek

V tej nalogi bom predstavil problem izračuna mase Jupitra s pomočjo Galilejevih lun. Zadal si bom več hipotez in jih nato dokazal ali ovrget. Izračunal bom tudi razdaljo Zemlja-Jupiter podatke za njegove lune pa bom pridobil iz slik Jupitra, ki sem jih opravil v nočeh med 28.6.2010 in 3.7.2010 na astronomskem

taboru Kmica. Nalogo bom zaključil preverjanjem hipotez in predlogi za naprej.

### 3.0 Problem

Problem te raziskovalne naloge se glasi: ali je mogoče izračunati maso planeta na primer Jupitra, če poznaš nekaj osnovnih podatkov o njegovih naravnih satelitih.

Za rešitev problema bom uporabil različne metode dela. Med najpomembnejšimi je iskanje informacij, meritve, računanje potrebnih podatkov in primerjave podatkov ter na koncu seveda analiza.

### 4.0 Teorija

#### Jupiter

Jupiter je peti planet po vrsti od Sonca. Je tudi največji planet našem osončju in prvi med velikani. Ime je dobil po glavnem rimskem bogu Jupitru. Je tudi planet ki ima več kot 60 naravnih satelitov. Med najbolj znanimi so Galilejeve lune Io, Evropa, Ganimed, Kalisto, ki so štiri največje Jupitrove lune.

Jupiter je med drugim tudi zelo močan vir radijskih valov, predvsem njegov velika pega, ki je vihar, ki divja na Jupitru že več sto let.

Zelo zanimive so ugotovitve, ki so le pred kratkim prišle na plano. Kot kaže se Jupiter krči in oddaja velike količine energije. Ta količina energije pa nato povzroča tako burno atmosfero.

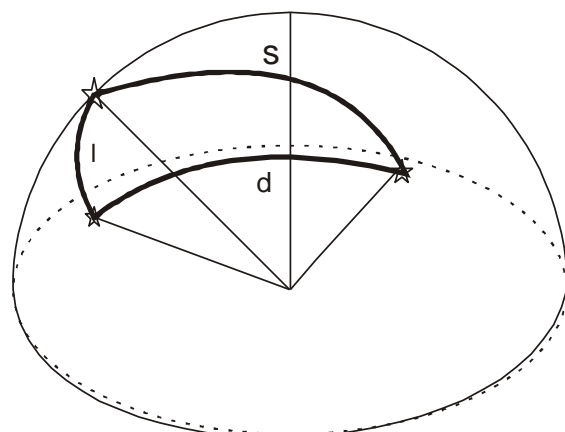
### 5.0 Praktičen del

Prvi podatek ki sem ga moral izračunati je bila oddaljenost zemlja Jupiter. Ta podatek sem predvsem potreboval zato da sem lahko kasneje izračunal radij Galilejevih lun. Problem sem rešil s pomočjo trigeometrije in sferične geometrije.

Poglejmo preprosto skico Jupitra [slika 1]

Na sliki 1 je razvidno približno stanje sonca zemlje in lune dne 30.6.2010. Na podlagi skice, sem začel z matematičnimi izračuni. Za izračun razdalje Zemlja-Jupiter sem potreboval podatke:

- $d$  (Zemlja-Sonca)
- $d$  (Sonca-Jupiter)



Slika 1: Stanje Sonca, Zemlje in Jupitra

- Kot  $\phi$

Prva dva (izpustimo) podatka sem vzel iz spletnih mest zadnjega pa sem izračunal.

Tako smo naleteli na svoj drugi problem- Kako izračunati takšen kot. Rešitev se ti zelo hitro poda (izpusti  $\beta$ ). Kot je mogoče izračunati  $\alpha$  s poznavanjem osnov sferične geometrije. Poglejmo si tudi problem [slika 2]

$\phi$

Očividno je, da je nebesni obok sfera zato običajna geometrija ne pride v poštev. Na [sliki 2] je razviden en sferični trikotnik. Kot pri vsakem trikotniku tudi tu potrebujemo tri oglišča. V nebesnih trikotnikih se po navadi za oglišča določijo točke :

- Zenit
- Severnica
- Objekt , ki ga gledamo

za sferične trikotnike velja kosinusov izrek za lok  $d$

$$\cos d = \cos S \cdot \cos l + \sin s \cdot \sin l \cdot (\Delta\lambda)$$

Pri čem velja da je  $S=90^\circ-\delta_1$  in  $L=90^\circ-\delta_2$

$\delta$ -pomeni oddaljenost neke točke od nebesnega ekvatorja  $\lambda$ - pa je kotna razdalja med zvezdama. Ko smo podatke vstavili sem dobil da je  $\phi=116^\circ$

Sedaj ko sem dobili vrednost kota sem se lahko vrnil na prejšnji problem.

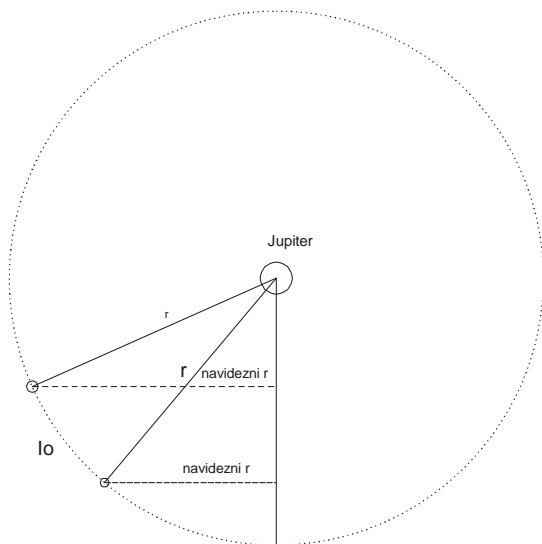
Za trikotnik na sliki 1 velja sinusov izrek:

$$\frac{\sin \phi}{b} = \frac{\sin \alpha}{a} = \frac{\sin \beta}{d}$$

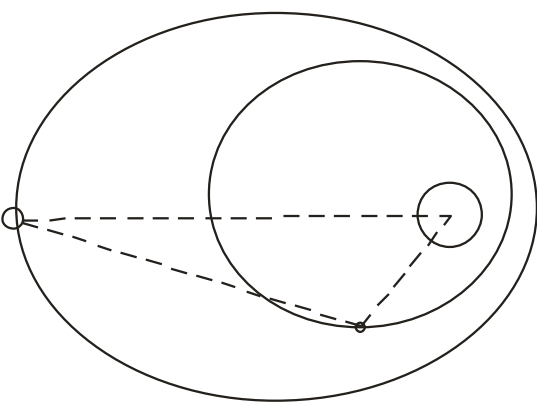
Kot  $\phi$  smo že izračunali poznamo pa tudi  $a=1$ a.e. in  $b$ = razdalja Sonce-Jupiter

Tako lahko izračunamo kot  $\alpha$ . Kot vemo je vsota vseh notranjih kotov v trikotniku v ravnini enaka  $180^\circ$ in iz tega dobimo tudi kot  $\beta$ . Tako smo izračunali razdaljo Zemlja-Jupiter.

Poglejmo naslednjo skico[slika 5]



Kot vidimo na skici iz Zemlje ni vedno viden pravi polmer Jupitrovih lun temveč navidezen, saj mi vidimo sliko v dvojni perspektivi. Zato moremo določiti pravi  $r$ . Da si poenostavimo delo vzamemo, da vse lune krožijo po pravih krožnicah



in vse krožijo v isti ravnini.

Problem smo rešili z uporabo podatka Zemlja-Jupiter in kotnih funkcij. Ter uporabo kosinusovega izreka.



Slika 3: Slikano 30.6.2010



Slika 4: Slikano 1.6.2010

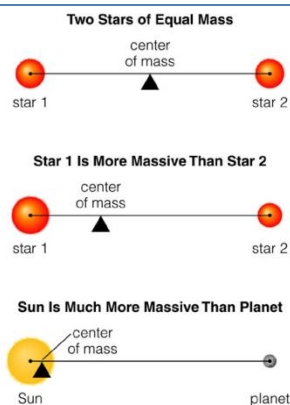
Na tem astronomskem taboru sem vsako noč poslikal Jupiter z njegovimi lunami. Kasneje bom te slike primerjal in izračunal  $t_0$ . Čez dan pa sem predvsem se posvetil teoriji in računanju potrebnih podatkov.

## 6.0 Kako naprej

Seveda še ta raziskovalna naloga ni dokončana. Oddal jo bom na Mladi za napredek Maribora. Želel sem prikazati, kaj sem do sedaj naredil in kaj še morem. V naslednjih mesecih se bom ukvarjal z problemom obhodnih časov lun. In nato z III. Keplerjevim zakonom, s katerim bom določil tudi maso Jupitra. Napisati še morem primerjave vseh podatkov z podatki pridobljeni v strokovni literaturi in še narediti analizo in zaključek.

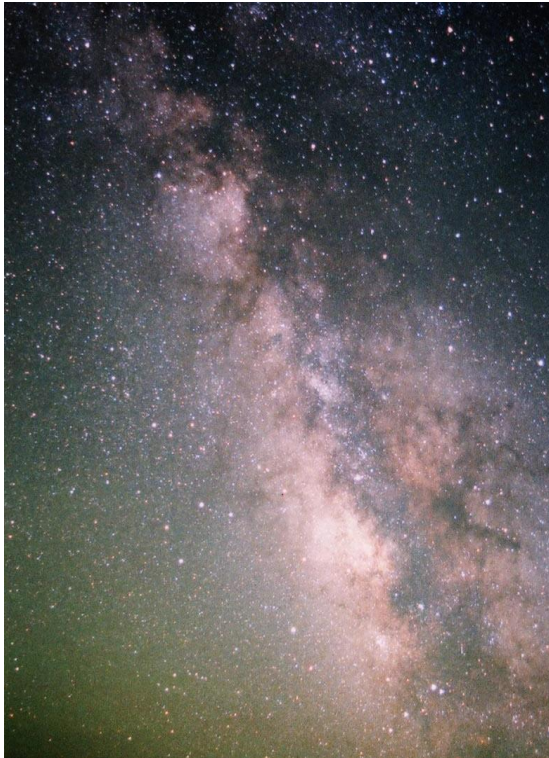
Če bi me radi prišli poslušat lahko pridete v Maribor konec Marca 2011, natančnejši datum bo objavljen na moji spletni strani.

## 7.0 Zaključek



Copyright © 2004 Pearson Education, publishing as Addison-Wesley.

Do sedaj že lahko pridem do določenih zaključkov. Čeprav se



zdi na začetku zelo malo verjetno, je možno, da izračunamo maso planeta, že če poznamo podatke o njegovih satelitih.

Spoznal sem tudi osnovne zakone sferične geometrije, ter računanje razdalji v vesolju.

Verjamem in vem, da bo to zelo dobra raziskovalna naloga.

## Določanje središča naše galaksije

Avtorja: Natalija Novak in Larisa Pukšič

Mentor: Mitja Kelemen

### Uvod

Vesolje se razširja, vse odkar se je zgodila začetna velika eksplozija. Iz snovi, ki je nastala pri tej eksploziji, so se oblikovali oblaki medzvezdnega prahu in plinov, zvezde in planeti. Vendar pa snov in nebesni objekti po prostoru niso enakomerno razporejeni, temveč se združujejo v skupine in različne združbe. Ena od najpomembnejših združb je galaksija. Med mnogimi galaksijami, ki sestavljajo vesolje, nam je najbolj poznana Rimska cesta, saj je to naša Galaksija. Na podlagi tega sva se odločili, da bova določili oziroma izračunali središče Galaksije, in sicer na dva načina. Pri prvem načinu sva si pomagali s koordinatami kroglastih kopic in predpostavko, da ima redišče galaksije neskončno maso, pri drugem pa sva v koordinatni sistem vnesli položaje kroglastih kopic in na podlagi tega sklepali, kje leži središče Rimske ceste. Preden pa se lotimo podrobnosti, na kratko opišimo težišče in pa same galaksije, da bi v celoti razumeli nalogo.

### Težišče

Težišče je glavna lokacija vse mase v nekem sistemu. V primeru togega telesa je pozicija težišča fiksirana glede na telo. V primeru ohlapne ureditve mas v prostoru (npr. planeti sončnega sistema) pa je težišče točka med masami in ni potrebno, da sovpadajo poziciji katerih izmed teles. Uporaba težišča pogosto dopušča uporabo poenostavljenih enačb gibanja in je primerna referenčna točka za mnogo drugih izračunov v fiziki. Dostikrat

pa se objekti nadomestijo s točkastimi telesi, ki so postavljeni v težišče, zaradi lažje analize podatkov.

Težišče je točka v telesu ali sistemu teles, ki se premika, kot bi se premikalo točkasto telo z maso enako masi telesa oz. sistema, če bi nanj delovale enake zunanje sile kot na telo oz. sistem teles.

$$\mathbf{R} = \frac{\sum m_i \mathbf{r}_i}{\sum m_i}$$

### Galaksije

Galaksija je velikansko, gravitacijsko vezano nebesno telo, sestavljeno iz zvezd, plinov, medzvezdne snovi in temne snovi. Galaksije so lahko pritlikave do deset milijonov ( $10^7$ ) zvezd ali velikanske do bilijona ( $10^{12}$ ) zvezd. Galaksije lahko vsebujejo tudi več večkratnih zvezdnih sistemov, zvezdnih kopic in različne medzvezdne oblake. Galaksije so treh tipov: eliptične, spiralne in nepravilne.

### Rimska cesta



Naša galaksija je spiralne oblike. Sonce leži na robu enega od njenih krakov, približno 8000 parsekov (pc) od središča Galaksije. Ko pogledamo na jasno nočno nebo, zagledamo nežni pas svetlobe, ki se razprostira nad nami. To je svetloba milijard zvezd, ki ležijo v disku Galaksije. Večina vidne snovi v Galaksiji je v zvezdah in oblakih, toda kar 90 % vse mase predstavlja nevidna temna snov, katere prava narava še ni znana.

### Hipoteza

Na podlagi posnetka Rimske ceste sva prišli do domneve, da se središče naš Galaksije nahaja v ozvezdju Strelca.

### Metoda dela

Pri določanju središča galaksije sva se osredotočili na več metod, ki so zajemale meritve, zbiranje informacij preko medmrežja in literature. Pri težjih računih in izdelavi grafa pa sva si pomagali tudi z računalniškimi programi.

### Izračuni in meritve

Da bi lahko izračunali središče naše Galaksije, sva morali najprej poiskati 150 kroglastih zvezdastih kopic. Ko sva izbrali kopicе,

sva tabelirali vse koordinate. Ker so bile koordinate podane v nama neuporabnih enotah, sva jih morali spremeniti. Rektascenzija (koordinata x) so bile podane v urah, minutah in sekundah, deklinacija (koordinata y) pa v stopinjah, minutah in sekundah. Enote sva pretvorili v radiane, ker je to enota, s pomočjo katere lahko rišemo grafe.

Naslednji korak so bili izračuni koordinat središča Galaksije. To pa sva naredili s pomočjo računalniškega programa. Posebej sva sešteli koordinate x (rektascenzijo) in koordinate y (deklinacijo) za vse kopice. Dobljeni koordinati sva delili s številom vseh kopic, torej s 150. Rezultat te enačbe sta koordinati središča Galaksije v radianih. Radiane sva pretvorili nazaj v osnovne enote za rektascenzijo in deklinacijo.

DOBLJENI REZULTATI:

REKTASCENZIJA	DEKLINACIJA
16 <sup>h</sup> 7' 50.7"	-21° 37' 01"

### Napake pri izračunih

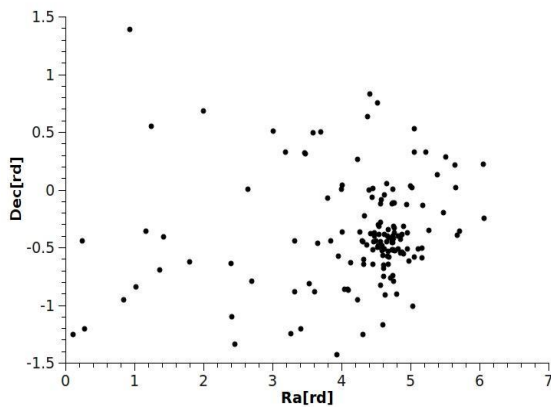
Ko sva izračunali koordinate središča naše Galaksije, sva jih primerjali z dejanskimi koordinatami, ki sva jih našli na medmrežju.

Koordinate rektascenzije so se razlikovale za 15°, koordinate deklinacije pa za 8°.

Te napake so bile pričakovane, saj je bila že prvotna domneva, da ima središče Galaksije maso 0, napačna.

Če bi bila masa dejansko enaka 0, v središču ne bi bilo gravitacijske sile, ki bi držala kopice skupaj in tako bi bile razpršene po vsem prostoru.

Naredili sva graf z pomočjo vseh kroglastih kopic, ki kaže točno središče Galaksije.



Najin graf nazorno prikazuje, kako so kopice skoncentrirane v središču.

To je dokaz, da ima središče neko maso in da je v njem gravitacijska sila, ki drži kopice skupaj.

### Zaključek

Na koncu pa sva na medmrežju preverili koordinate in prišli do potrditve najine hipoteze. Dokazali sva torej, da se središče naše Galaksije res nahaja v ozvezdju Strelca.



## Razdalja do Lune

Avtorja: Denis Minarič, Jan Meznarič

Mentor: Mitja Kelemen

### Uvod

Cilj najine naloge je s pomočjo meritev izračunati razdaljo med Zemljo in Luno. Predpostavlja da Luna kroži po krožnici, prav tako sta nama znani tudi masi Zemlje in Lune. Med opazovanjem Lune bova izmerila njeno kotno hitrost na več načinov.

### Gravitacija in radialna sila

Da telo ohranja stalno orbito, morata biti gravitacijska in radialna sila na telo enaki.

$$m_1 = 5.98 * 10^{24} \text{ kg}$$

$$G = 6.67300 * 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

$$F_g = G \frac{(m_1 m_2)}{r^2}$$

$$F_c = m_2 \omega_0^2 r$$

$$F_g = F_c$$

$$G \frac{(m_1 m_2)}{r^2} = m_2 \omega_0^2 r$$

$$G m_1 = \omega_0^2 r^3$$

$$r = \sqrt[3]{G \frac{m_1}{\omega_0^2}}$$

Da izračunava oddaljenost Lune torej potrebujeva kotno hitrost Lune, medtem ko sta nama gravitacijska konstanta in Zemljina masa znani.

### Kotna hitrost

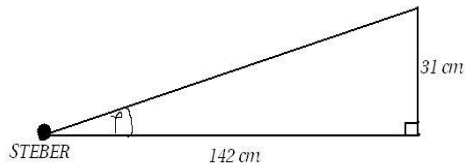
Je fizikalna količina, ki opiše zasuk pri vrtenju v določenem časovnem intervalu.

Izmerila jo bova na dva načina:

1. Kot med sencama lune ob isti uri dva dneva zaporedoma.

Dve noči zaporedoma sva ob isti uri začrtala senco, ki jo je metal visok drog. Izmerila sva razdalje v trikotniku, ki sta ga

oblikovali senci in izračunala kot med njima. To je kot, ki ga je Luna opravila v 24 urah.



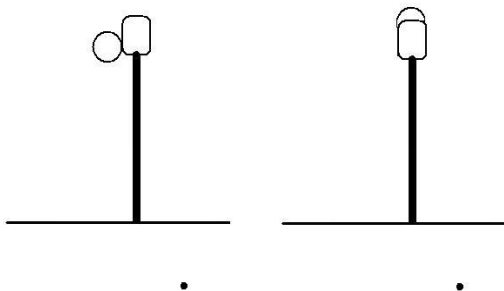
Tako sva izračunala kotno hitrost Lune po formuli:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

Rezultat sva vstavila v formulo za izračun razdalje in dobila rezultat  $r=401293\text{km}$ , kar je kar zadovoljiv rezultat, saj znaša oddaljenost Lune (zaradi eliptične orbite) od  $363104\text{ km}$  do  $405696\text{ km}$ .

- Opazovanje premika Lune glede na bližnji objekt v kratkih intervalih.

Kot alternativno metodo sva opazovala gibanje Lune mimo bližnje svetilke in merila čas, ki ga je za to potrebovala.



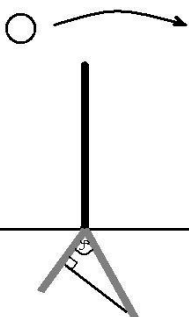
Ta metoda ima veliko pomankljivosti. Velik del premika je posledica vrtenja Zemlje okrog svoje osi, ki sva ga sicer odštela ampak zaradi nagnjenosti orbit in Zemljine osi ter majhnih izmerjenih kotov so rezultati zelo površni. Napake se pojavljajo tudi zaradi rahlih premikov opazovalca. Izmerila sva vse razdalje, izračunala kotno hitrost in na koncu oddaljenost Lune. Dobljeni rezultati so variirali od  $43000\text{ km}$  do  $163000\text{ km}$  kar je zelo veliko odstopanje. To metodo označujema kot neuporabno in neprimerno.

#### Zaključek

Z najinimi meritvami sva uspešno določila

razdaljo Zemlja – Luna. Uporabila sva različne metode, eno zelo natančno in eno zelo nenatančno in zato neuporabno.

Št.meritve	Izmerjena kotna hitrost Lune (Hz)	Izračunana razdalja Luna – Zemlja (km)
1.	1.9 E -5	103392
2.	7.1 E -6	199290
3.	1.8 E -5	107985
4.	5.8 E -5	48965
5.	8.9 E -6	171790



## Sled satelita

Avtorja: Anja Lukič, Neja Turk

Mentor: Mitja Kelemen

### Uvod

Raziskovanje vesolja je bilo najprej osredotočeno na daljne planete in njihove lune, velika večina misij pa ni šla dlje kot v orbito okrog Zemlje. Prav na bližnjo vesoljsko okolico je imela vesoljska tehnika največji vpliv, saj tam danes kar roji znanstvenikov, vojaških in komercialnih satelitov.

Satelit je naravni ali umetni predmet, ki se premika po krožnici okoli nebesnega telesa. Pojem satelit običajno označuje umetni satelit, naravni satelit pa se imenuje tudi luna. Umetni sateliti se gibljejo po eliptičnih tirnicah okrog nebesnih teles, npr. okrog Zemlje. Vsi ti sateliti zbirajo neke vrste podatke in jih preko radijskih oddajnikov pošiljajo nazaj na Zemljo.

V najini raziskovalni nalogi sva se predvsem posvetili sledem, ki jih puščajo sateliti na nočnem nebu.

### Metode dela

Pred pripravo raziskovalne naloge sva najprej poiskali podatke o satelitih, na internetu in v knjigah. Satelite sva tudi fotografirali in fotografije analizirali.

### Hipoteze

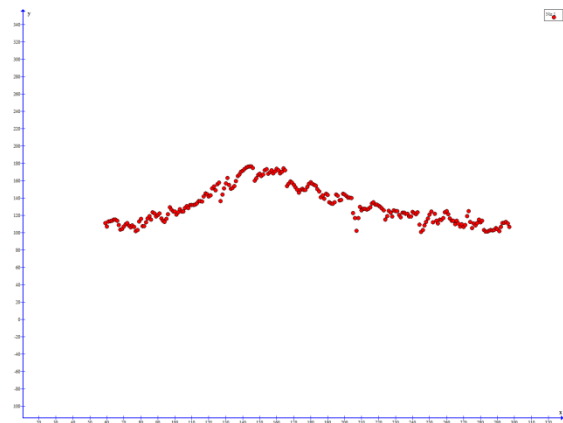
Predvidevali sva da po vrhuncu svetlosti satelita Iridium njegova svetlost začne hitro upadati. Najina druga hipoteza pa je opredeljevala, da ima ISS vedno enako magnitudo.

### I Teoretični del

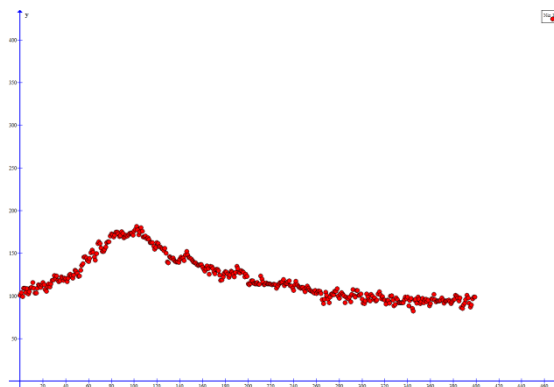
#### II Praktični del

Po iskanju podatkov sva s pomočjo spletne strani heavens-above.com pridobili informacije o preletih satelitov. Nato sva jih ob določeni uri fotografirali. Kasneje sva fotografije obdelali in s programom MaximDl izmerili magnitudo posameznih sledi satelitov. Sledili so naslednji rezultati, ki sva jih predstavili v grafih.

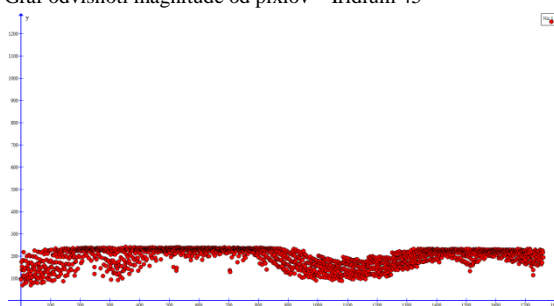
### Meritve



Graf odvisnosti magnitude od pixlov – Iridium 45



Graf odvisnosti magnitude od pixlov – Iridium 45



Graf odvisnosti magnitude od pixlov – ISS

### Zaključek

Ko sva opravili meritve sva lahko potrdili najini hipotezi. Pri satelitu Iridium 45 sva ugotovili, da je njegova magnituda hitro narasla, nato pa tudi hitro upadla, kar se vidi tudi v grafu. Pri ISS pa sva prišli do spoznanja, da njegova magnituda ne niha, temveč je ves čas enaka (podobna). To se v grafu vidi kot premica, vendar v najinem grafu ni čisto tako, saj je na meritve vplivalo oblačno vreme in svetlobno onesnaževanje.



Urednik:

pom. akad. dr. Mitja SLAVINEC

Tehnični urednik:

Ernest HARI

Strokovni pregled:

pom. akad. dr. Mitja SLAVINEC

pom. akad. dr. Milan SVETEC

pom. akad. dr. Renato LUKAČ

Tisk:

AIP Praprotnik

Naklada:

350 izvodov

Založnik:

AD Kmica in ZOTKS