

# ASTRONOMI V KMICI

**sedmič**



# KAZALO

## ASTRONOMIJA V POMURJU

Astronomsko društvo Kmica široki paleti svojih aktivnosti letos dodaja nove. Ob tradicionalnem mladinskem astronomskem taboru, ki je letos drugič potekal mednarodno, smo prvič organizirali tudi **raziskovalni astronomski tabor**. Namenjen je že izkušenejšim astronomom, običajno mentorjem, ki tabor izkoristijo za poglobitev znanja in seveda za zahtevnejša astronomska opazovanja ter meritve. Prav rezultati slednjih kažejo na pravilnost usmeritve, saj je naš član Samo Smrke kot prvi na svetu z amatersko opremo detektiral enega izmed **planetov izven našega osončja**. Vsekakor uspeh, ki si ne zasluži le iskrene čestitke temveč nas vse navdihuje s ponosom. Še toliko bolj, ker gre za prvi tovrstni rezultat v Sloveniji.

V AD Kmica smo zelo ponosni tudi vsake pridobitve formalne izobrazbe naših članov, še posebej tistih, ki so povezane z astronomijo. Na tem področju letos vsekakor prednjači uspešno zagovorjen magisterij iz astronomije našega dolgoletnega tajnika Primoža Kajdiča.

Sodelovanje AD Kmica s Klubom PAC na evropskem projektu, sofinanciranem s strani EU, je bilo zelo učinkovito. Društvo se je dodatno opremilo s **sodobno astronomsko opremo** in obsežnim fondom **strokovne astronomske literature**. Le-to smo jo podarili Pokrajinski in študijski knjižnici v Murski Soboti in tako zagotovili kar največjo možno dostopnost zainteresirani javnosti. Še pomembnejši je nov pogled na vlogo društva v okolju, nadaljnje cilje

in ambicije ter način razmišljanja pri zastavljanju naše vizije. Uspešna realizacija projekta nam namreč daje tisto samozavest, da se bomo v prihodnje toliko pogumneje in odločneje lotevali tudi strokovno in finančno zahtevnejših projektov.

Prav to dvoje, znanje in materialna sredstva, sta ključna dejavnika uspešnega razvoja. Kadrovski potencial Astronomskega društva Kmica je že pred časom obetal in bil sposoben zagotoviti veliko več, kot zagotavljati zgolj popularizacijo astronomije in zagotavljanje pogojev za amatersko delovanje. Prav nove oblike notranje organiziranosti in širše zastavljena področja delovanja so nam zagotovila, da vemo te potenciale tudi v večji meri aktivirati in preko zunanjih sodelavcev delno tudi profesionalizirati. To bo koristno pri našem nadaljnjem delovanju. Pričakujemo, da bomo na osnovi strokovnih znanj nadgrajenih s pridobljenimi izkušnjami in znanjem glede formalne prijave in spremljanja projektov v prihodnje še uspešni pri kandidiranju na nadaljnjih razpisih.

Članom Astronomskega društva Kmica in drugim ljubiteljem astronomije želim prijetne praznike in srečno Novo leto, ter veliko jasnih noči.

doc. dr. Mitja SLAVINEC

# KOMPAKTNE KOPICE V SREDIŠČU GALAKSIJE

mag. Primož Kajdič

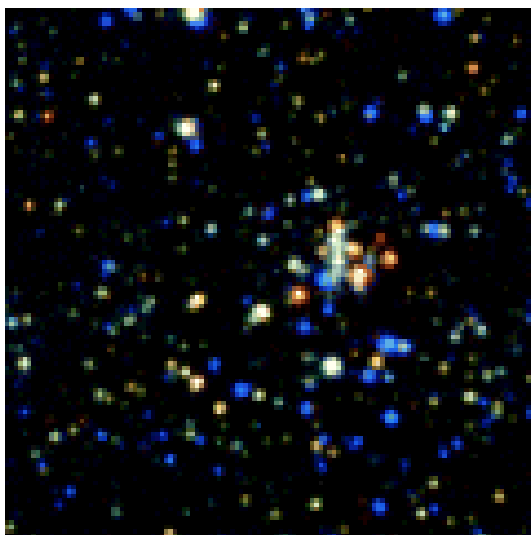
Instituto de Astronomia, Universidad Nacional Autónoma de México

## Uvod

Kompaktne kopice v središču Galaksije (Galaxy Center - GC) so odkrili pred kakimi dvajsetimi leti. Za astronome so zanimive zaradi svojih lastnosti – imajo mase primerljive z najmasivnejšimi mladimi kroglastimi kopicami. V premeru tipično merijo od 0,2 do 2 parseka (pc), zaradi česar so njihove gostote večje kot gostote kroglastih kopic. Njihove starosti ocenjujejo na nekaj milijonov let. Mlade in masivne zvezde dominirajo tako v središčih teh kopic kot v zunanjih predelih. Še vedno ni jasna narava vseh odkritih objektov v njih. Te kopice se nahajajo nekaj deset parsekov od GC. Sevajo rentgenske (X) žarke pa tudi radijske valove. V njih so zaznali močne zvezdne vetrove. Zdi se, da jih je v bližini GC zelo dosti.

## Kompaktna kopica Quintuplet

V članku Kobayashi et. al. (1983) so prvič poročali o odkritju dveh izvorov infrardeče svetlobe, ki se vsaj navidezno nahajata na razdalji približno 40 pc od GC. Izvora sta zelo blizu skupaj. Primerjava obeh objektov je pokazala, da oba oddajata polarizirano svetlobo in to večinoma v rdečem in infrardečem delu spektra. Stopnja ter smer polarizacije njune svetlobe sta zelo podobni kot pri ostalih izvorih, za katere se je že takrat vedelo, da se nahajajo blizu GC. Avtorji omenjenega članka so zato sklepali, da se oba izvora dejansko nahajata v bližini GC.



Kopica Quintuplet (Figer et. al. 1999)

Odkritje naslednje kompaktne kopice v središču Galaksije so poročali v članku Cotera et. al. (1992). Poimenovali so jo Arches, odkrita pa je bila s spektrometrom IRIS z anglo-avstralskim teleskopom. V članku Figer et. al. (1999) so uporabili posnetke

V člankih Okuda et. al. (1990) in Nagata et. al. (1990) so poročali o petih izvorih IR svetlobe, zaradi česar je kopica dobila svoje ime. Ugotovili so, da so temperature teh objektov med 600 in 1000 K in da so okrog 100.000 – krat svetlejši od Sonca. Spektralna analiza njihove svetlobe je pokazala močno absorpcijo pri valovni dolžini 4.6  $\mu\text{m}$ , ki jo povzroča molekula CO, ki se nahaja v snovi okoli teh objektov. V članku Nagata et. al. (1990) so poročali, da je spekter teh objektov zelo rdeč deloma zaradi medzvezdne absorpcije, deloma pa je to zaradi narave objektov. Spektroskopija z ločljivostjo  $R \sim 1300$  je pokazala, da ti objekti niso orjakinje ali nadorjakinje, saj so manjkale značilne absorpcijske črte. Odkritje difuzne svetlobe okoli njih pa je kazalo na to, da gre za objekte, ki so še vedno obdani z debelimi plastmi prahu in plina. To pomeni, da gre za zelo mlade zvezdne objekte (Young Stellar Objects - YSO), ki se še vedno nahajajo blizu kraja, kjer so nastali. Da bi potrdili to hipotezo, so astronomi iskali znake formacije zvezd v področjih okrog Quintupleta, kot so vodni maserji in IR sevanje molekule vodika, vendar jih niso našli.

Sčasoma so odkrili več zvezd v kopici Quintuplet. Veliko zvezd so klasificirali kot zvezde Wolf-Rayet ali nadorjakinje tipa OB (glej Figer et. al. 1996), medtem pa je narava petih izvorov, ki so bili najprej odkriti, še vedno bila zavita v skrivnost.

V člankih Figer et. al. (1998) in Moneti et. al. (2000), kjer so se ukvarjali predvsem s spektroskopijo in fotometrijo kopice v "bližnji" in "srednji" IR svetlobi so določili njene naslednje lastnosti:

- starost kopice Quintuplet je  $\sim 4 \pm 1$  milijonov let
- opazovana masa  $\sim 10^3 M_{\text{Sonce}}$
- izračunana skupna masa  $\sim 10^4 M_{\text{Sonce}}$
- premer kopice  $\sim 1$  pc.

## Kopica Arches

vesoljskega teleskopa Hubble in določili nekatere njene lastnosti:

- masa  $\geq 10^4 M_{\text{Sonce}}$
- polmer  $\sim 0.2$  pc
- povprečna gostota mase v kopici  $3 \cdot 10^5 M_{\text{Sonce}} \text{ pc}^{-3}$ , kar pomeni, da je kopica Arches ena najkompaktnejših kopic, kar jih poznamo.
- starost  $2 \pm 1$  milijona let

V članku Figer et. al. (2002) so se ukvarjali s fotometrijo, astromerijo in spektroskopijo kopice. Odkrili so, da se v njej nahajajo zvezde, ki spadajo med najmasivnejše nam znane zvezde, ki imajo mase več kot 100 – krat večje od Sonca. Te zvezde izgubljajo maso z zvezdnimi vetrovi. Na leto tako izgubijo okrog  $10^{-5}$  sončeve mase, kar znaša več kot tri zemljine mase. V kopici Arches se nahaja več kot 5

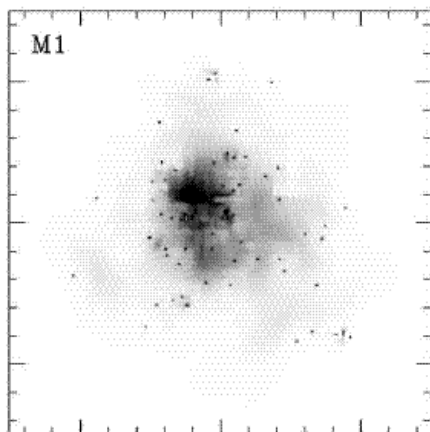
% vseh zvezd Wolf-Rayet, ki jih poznamo v naši Galaksiji.



Kopica Arches (Figer et. al. 2002)

### Druge kopice

Veliko kopic je bilo odkritih do sedaj. O najboljšežnejšem odkritju poročajo v članku Dutra & Bica (2000), kjer poročajo o odkritju kar 58 kopic, ki se vsaj navidezno nahajajo na razdaljah do 600 pc od GC. Ni še jasno ali gre za isti tip kopic, saj je treba



Simulaciji iz Raga et. al. (2001) sevanja žarkov X v kopici Arches. Desno model spektra žarkov X v kopici.

določiti njihove prave razdalje do GC. Veliko pa je tudi posameznih odkritij, npr. Vrba et. al. 2000, Eckart. et. al. 2004, itd.

### Dinamični modeli mladih kompaktnih kopic v središču Galaksije

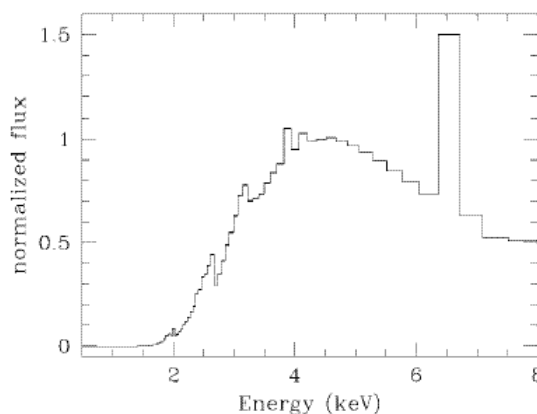
Portegeis-Zwart et. al. (2000 & 2001) so proučevali evolucijo mladih kopic blizu GC in možnost opazovanja le-teh. V svojih modelih so upoštevali različne vplive na evolucijo kopice, kot so evolucija posameznih zvezd, evolucija dvojnih sistemov ter zunanji gravitacijski vplivi GC. Njihovi rezultati so sledeči:

- Življenjske dobe kopic, ki se nahajajo na razdaljah do 200 pc od GC, so okrog 70 milijonov let.
- Življenjske dobe teh kopic močno dependirajo na razdalji do GC. Življenjske dobe rastejo z oddaljenostjo od GC.
- Kopice, ki se nahajajo bliže GC, so bolj kompaktne od tistih, ki se nahajajo na večjih razdaljah.
- Kopice se sčasoma širijo, torej se njihove projicirane gostote manjšajo. Sčasoma te gostote postanejo manjše kot gostota ozadja zvezd, ki ne spadajo h kopicam. Takrat teh kopic ni več možno razločiti od ozadja. Tipično se to zgodi v ~20 milijonih let.
- Populacija stotih kopic z masami  $\sim 10^4 M_{\text{Sonca}}$ , življenjskimi dobami  $\sim 10^8$  let in z hitrostjo rojevanja zvezd reda  $0.01 - 0.02 M_{\text{Sonca}} \text{ leto}^{-1}$  bi lahko prispevala večinski delež k formaciji zvezd v GC.
- Sčasoma masivne zvezde dominirajo tako v središčih kot v zunanjih predelih kopic.
- Zlahka bi se lahko na razdalji 200 pc od GC nahajalo nad 50 kopic.

Kim et. al. (1999) so naredili svoje modele. Njihovi rezultati so le nekoliko drugačni. Za razliko od prejšnje skupine ocenjujejo, da se večina zvezd v GC rodi izven kopic.

### Sevanje žarkov X v kopici Arches

Canto et. al. (1999) so predvideli obstoj vetra kopice "cluster wind", kot rezultat interakcije posameznih zvezdnih vetrov, ki prihajajo iz masivnih mladih zvezd



v kopici. V tem članku so naredili 3D simulacijo vetra in izračunali nekatere njegove lastnosti:

- temperatura območij, kjer vetrovi trčijo med sabo  $\sim 1.5 \cdot 10^7$  K
- svetlost v žarkih X  $\sim 6 \cdot 10^{28} \text{ Js}^{-1}$ , kar pomeni svetlobni tok  $\sim 1.8 \cdot 10^{-20} \text{ J cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , kar bi lahko zaznal satelit Chandra.

V članku Raga et. al. (2001) so simulirali tak veter v kopici Arches, pri čemer so upoštevali 60 od približno 100 znanih mladih zvezd, ki se nahajajo v kopici, jih razporedili v ravnini XY enako, kot so razporejene v naravi. Poleg svetlosti vetra so simulirali njegov spekter.

Sevanje žarkov X v kopici Arches so opazovali s satelitom Chandra leta 2002 (Yusef-Zadeh et. al. 2002). Merjene lastnosti so se odlično ujemale z izračunanimi. Leta 2004 pa so prvič opazovali žarke X v kopici Quintuplet (Law & Yusef-Zadeh 2004).

### Kompaktne kopice ter mladi zvezdni objekti (YSOs) blizu centralne črne luknje v Galaksiji

Pred kakim desetletjem so prvič zaznali obstoj objektov, ki se zdijo zelo mlade in masivne zvezde v neposredni bližini (nekaj stotin parseka) od objekta, za katerega menijo, da je orjaška črna luknja z maso nekaj milijonov sončevih mas. Do sedaj je veljalo, da zvezde pod takimi okoliščinami ne morejo nastati. Zvezde z maso okrog 15 sončevih mas, ki so jih odkrili v teh območjih, pa živijo le kakih 10 milijonov let, zato je malo verjetno, da so nastale v bolj oddaljenih območjih blizu GC in nato migrirale v notranjost. Pojavile so se štiri hipoteze, ki razlagajo obstoj mladih zvezdnih objektov tako blizu centralne črne luknje (Ghez et. al. 2003):

### Masivne zvezde zgodnjih spektralnih tipov, ki so nastale s trki starih, manj masivnih zvezd

Če je gostota zvezd v nekem območju dovolj velika, načeloma lahko zvezde med sabo trkajo in s tem tvorijo masivne zvezde. Tako bi lahko manj masivne zvezde, ki živijo mnogo dlje od zvezd z veliko maso, imele čas migrirati v bližino črne luknje in tam tvoriti masivne objekte. Obstajajo štirje pomembni argumenti proti tej hipotezi: Da bi dobili zvezde z želeno maso, bi rabili veliko trkov, razen, če imajo vse zvezde, ki migrirajo proti črni luknji, maso veliko večjo od sončeve. Ko se dve zvezdi zlijeta, ima njun produkt večjo maso, s tem pa krajšo življenjsko dobo, kar da manj časa za naslednji trk. V splošnem se pričakuje da se tako nastale zvezde vrtijo zelo hitro, kar pa ni v skladu z opazovanji. In nazadnje, disperzija hitrosti zvezd v teh območjih znaša okrog 400 km/s, kar ni dosti manj od 1000 km/s, kolikor znaša ubežna hitrost

na površju masivnih zvezd. To pomeni, da bi bilo med posameznim trkom veliko zvezdne mase odvržene v medzvezdni prostor. Tako bi masa takih objektov rasla zelo počasi.

### Eksoični objekti, ki se nam zdijo navadne zvezde

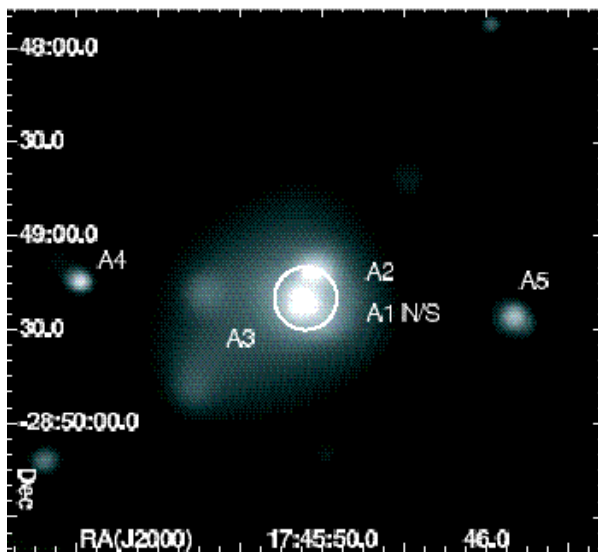
V tej kategoriji imamo več možnosti. Na primer, objekti, kot so črne luknje in nevtronske zvezde bi lahko trkali z navadnimi zvezdami in tvorili t.i. objekte tipa Thorne-Zytkov. Problem te hipoteze je, da teorija napoveduje, da bi bili ti objekti podobni rdečim nadorjakinjam in ne vročim, mladim zvezdam.

### Zvezde, ki nastanejo v bližini črne luknje

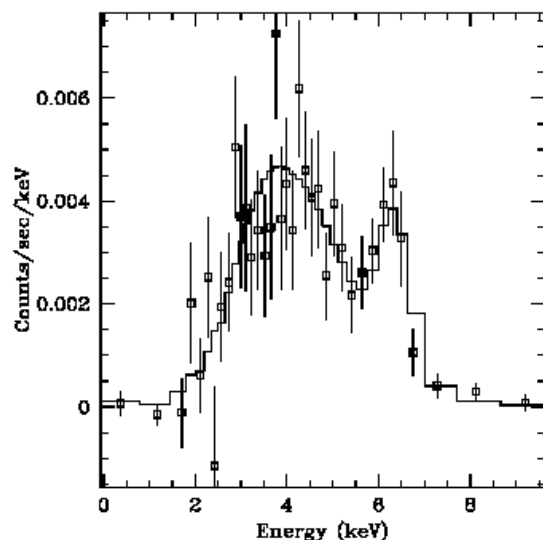
Ta možnost se še pred kratkim ni zdela zelo verjetna. V teoriji bi lahko plinski oblak zašel v bližino centralne črne luknje. To bi povzročilo, da bi notranji deli oblaka začeli padati proti črni luknji, pri čemer bi se sprostile velike količine energije. Posledica bi lahko bil nastanek udarnega čela, ki bi se širilo navzven, pri čemer bi močno stisnilo in zgostilo plin v oblaku, kar bi lahko povzročilo nastanek zvezd. Problem te hipoteze je, da bi za začetek formacije zvezd oblak moral postati pet do sedem milijonov krat bolj gost, kot pa tipičen plinski oblak.

### Zvezde nastanejo v kompaktnih kopicah nekaj deset parsekov vstran od centralne črne luknje in nato migrirajo navznoter

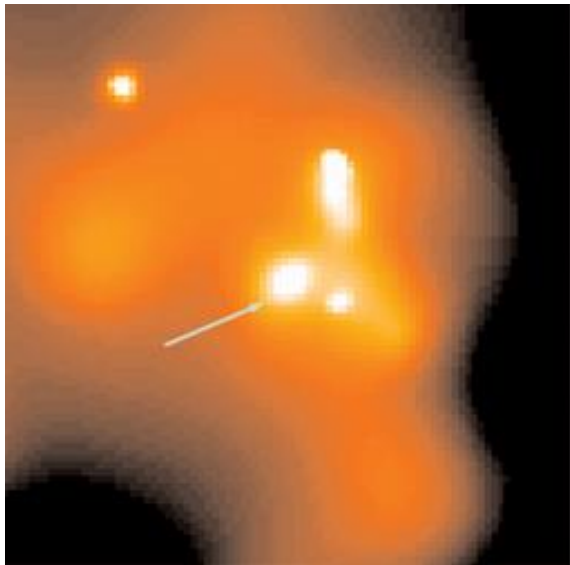
Ta hipoteza se zdi še najverjetnejša za mlade zvezdne objekte blizu centralne črne luknje. Da bi ta scenarij bil mogoč, se mora migracija zgoditi v obdobju, ki je krajše od življenjske dobe masivnih zvezd (kakih 10 milijonov let). Masivne zvezde v okoljih, kot je središče Galaksije migrirajo navznoter zaradi pojava, ki se mu reče dinamično trenje in je posledica interakcije teh zvezd z ostalimi zvezdami v območju. Ta proces je prepočasen za posamezne zvezde. Če pa imamo zvezde gravitacijsko vezane v kopicah, pa je, zaradi velike mase kopic, učinek dinamičnega trenja veliko večji, tako da kopice migrirajo navznoter veliko hitreje. Edini pogoj je, da



Slika kopice Arches v žarkih X satelita Chandra (levo, Law & Yusef-Zadeh (2004)) in opazovan spekter (desno, Yusef-Zadeh et. al. (2002))



zvezde ostanejo gravitacijsko vezane na kopico, torej, da kopice preživijo do razdalj zelo blizu centralne črne luknje.



Fotografija satelita Chandra področja 10 svetlobnih

### Kako naprej

Opazovanja in modeli še vedno ne dajo natančnih odgovorov na vprašanja:

- Ali večina zvezd v GC nastane v kopicah ali izven njih?
- Ali večina svetlosti GC prihaja iz kopic ali iz zvezd ki ne pripadajo kopicam?
- Treba je natančneje določiti življenjske dobe kompaktnih kopic.
- Obstajajo črne luknje z masami nekaj tisoč sončevih mas v središčih teh kopic?

Je možno zaznati kopice z nizkimi projiciranimi gostotami?

Do sedaj so delali študije gibanja zvezd v GC. Zvezde s podobnimi orbitami pripadajo eni kopicam. Tako so npr. odkrili kopico Sgr A\*.

Verjetno bi se dalo narediti študijo tipov zvezd v GC. Če bi našli na nekem zelo majhnem območju koncentracijo zelo masivnih zvezd, bi lahko sklepali, da pripadajo eni kopicam, saj zvezde, ki nastanejo izven teh kopic in tvorijo ozadje GC teh koncentracij ne kažejo.

Glede na to, da kompaktne kopice sevajo žarke X, bi lahko sistematično snemali središče Galaksije v tem delu spektra, pri čemer bi se kopice "izdale" z nadpovprečno svetlostjo v žarkih X.

### Literatura

Cantó, J., Raga, A. C., Rodríguez, L.F., 2000, ApJ, 536, 896

Cotera, A. S., Erickson, E. F., Simpson, J. P., Colgan, S. W. J., Allen, D. A., Burton, M. G., 1992, AAS, 24, 1262

Cowen, R., Mystery in the middle, Science News, [https://www.phschool.com/science/science\\_news/articles/mystery\\_in\\_middle.html](https://www.phschool.com/science/science_news/articles/mystery_in_middle.html)

Dutra, C. M., Bica, E., 2000, Astron., Astrophys., 359, L9

Eckart, A., Moulta, J., Viehmann, T., Straubmeier, C., Mouwad, N., 2004, ApJ, 602, 760

Figer D. F. et al., 2002, 581, 258

Figer, D. F., Mclean, I. S., Morris, M., 1999, ApJ, 514, 202

Figer, D. F., Morris, M., Mclean, I. S., 1996, ASP Conferenc Series, Vol. 102

Ghez, A. M., Salim, S., Hornstein, S. D., Tanner, A., Morris, M., Becklin, E. E., Duchene, G, 2003, in press Kobayashi, Y., Haruyuki, O., 1983, Astr. Soc. Japan, 35, 101

Kim, S. S., Morris, M., Lee, M. H., 1999, 525, 228

Lang, C. C., Goss, W. M., Rodriguez, L. F., 2001, ApJ, 551, L143

Moneti, A., Blommaert, J. A. D. L., Figer, D. F., Najarro, F., 2001, A&A, 366, 106

Law, C., Yusef-Zadeh, F., 2004, ApJ, 611, 858

Moneti, A., Glass, L. S., Moorwood, A. F. M., 1991, MmSAI, 62, 755M

Nagata, T., Woodward, E. C., Shure, M., Pipher, J. L., Okuda, H., 1990, ApJ, 351, 83

Najarro, F., Figer, D. F., Hillier, D. J., Kudritzki, R. P., 2004, ApJ, 611, L105

Okuda, H., Shibai, H., Nagakawa, T., Matsutra, H., 1990, 351, 89

Portegeist- Zwart, F. S., Makino, J., McMillan, S. L. W., Hut, P., 2002, ApJ, 565, 265

Portegeist- Zwart, F. S., Makino, J., McMillan, S. L. W., Hut, P., 2001, ApJ, 546, L101

Raga, A. C., Velázquez, P. F., Canó, J., Rodríguez, L.F., 2001, ApJ, 559, L33

Vrba, J.F., Henden, A. A., Luginbuhl, B. C., Guetter, H. H., Hartmann, D. H., Klose, S., 2000, ApJ, 533, L17

# RAZVOJ ASTRONOMIJE IN ASTRONAVTIKE

Robert Repnik<sup>1</sup> in mag. Vladimir Grubelnik<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Oddelek za fiziko, Pedagoška fakulteta Maribor, Koroška c. 160, Maribor

<sup>2</sup> Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Smetanova ul. 17, Maribor

Ob listanju »sveže« izdaje SLOVENSKEGA VELIKEGA LEKSIKONA [1] (izdala: Mladinska knjiga, 2004), bo bralec, ki ga zanima astronomija, najverjetneje prebral zapisano razlago pomena besed, kakor astronomija, astronomika, astronavi, astronomska enota ipd. Poleg teh gesel pa lahko bralec najde tudi razpredelnico razvoja astronomije (tabela 1) ter razpredelnico razvoja astronomike (tabela 2). Kriterijem avtorjev in recenzentov za uvrstitve posamičnih dogodkov v razpredelnici ne bomo oporekali. Mogoče obstaja subjektivna ocena o pomembnosti posamičnih dogodkov. Najverjetneje bi kdo v razpredelnici dodal še kakšen dogodek ali pa celo katerega od uvrščenih izvzel, vendar naj ostane tako, kot je zapisano v leksikonu.

Tabela 1: Razvoj astronomije

leto	dogodek
ok. 3000 pr. n. št.	Prva poročila o astr. opazovanjih na Kitajskem, v Babiloniji, Egiptu.
ok. 300 pr. n. št.	Aristotel trdi, da je Zemlja okrogla.
ok. 270 pr. n. št.	Aristrah meni, da Zemlja kroži okrog Sonca.
ok. 220 pr. n. št.	Eratosten izmeri polmer Zemlje.
ok. 150 pr. n. št.	Hiparh sestavi katalog 1022 zvezd, odkritje precesije, sestavi tabele o gibanju Lune in Sonca.
ok. 150	Ptolemaj izdelava geocentrični sistem, ki nato velja 15 stol.
1543	N. Kopernik objavi heliocentrični sistem.
1610	G. Galilei prvič opazuje zvezdno nebo z daljnogledom, potrjuje heliocentrični sistem; na Luni vidi gore in doline, odkrije glavne 4 Jupitrove satelite, Venerine mene, pege na Soncu, vidi Rimsko cesto, sestavljeno iz zvezd.
1610-19	J. Kepler odkrije tri zakone o gibanju planetov.
1675	O.C. Romer izmeri hitrost svetlobe.
1687	I. Newton odkrije gravitacijski zakon.
1781	W. Herschel odkrije planet Uran.
1801	Giuseppe Piazzi odkrije 1. planetoid.
1835-40	W. Bessel, Thomas Henderson in

Tabela 2: Razvoj astronomike

	F.G.W. von Struve izmerijo oddaljenost zvezd.
1846	J.G. Galle odkrije planet Neptun.
1850-60	V astr. raziskovanja uvedena fotografija in spektralna analiza.
1924	W. Hubble z 2,5-metrskim reflektorjem na Mt. Wilsonu razdeli galaksijo M 31 na spiralne veje z zvezdami.
1927	Odkrijejo premik spektralnih črt v spektrih galaksij.
1930	W. Tombaugh odkrit je planet Pluton.
1931	Odkrijejo radijske valove iz vesolja.
1941-45	Odkrijejo radijsko sevaje Sonca.
1946	Odkrijejo diskretne radijske vire na nebu.
1950	Odkrijejo sevanje medzvezdnega vodika na valovni dolžini 21 cm.
1951	Z radijskimi opazovanji ugotovijo spiralno zgradbo naše Galaksije.
4.10.1957	V SZ izstrelijo 1. umetni satelit Sputnik 1.
1957-	Začne se kozmonavtično raziskovanje vesolja, predvsem odkrivanje podrobnosti v Osončju.
1958	Odkrijejo Zemljin radiacijski pas.
1960	Odkrijejo kvazarje.
12.4.1961	J. Gagarin v vesoljski postaji Vostok 11 obkroži Zemljo.
1965	Odkrijejo prasevanje (mikrovalovno sevanje zvezdnega ozadja).
1968	Odkrijejo pulzarje.
21.7.1969	N. Armstrong in B. Aldrin stopita na Luno.
1980	Začne se opazovanje z najmočnejšim radijskim teleskopom (mreža 27 radijskih teleskopov na zemljišču s premerom 36 km) v Novi Mehiki (ZDA).
25.4.1990	Izstrelijo vesoljski teleskop, imenovan po W. Hubblu, za snemanje v UV-, vidnem in IR-spektru.
zdaj	V Čilu se gradi mreža 4 zelo velikih teleskopov, prvi s premerom zrcala 8,2 m že v uporabi.



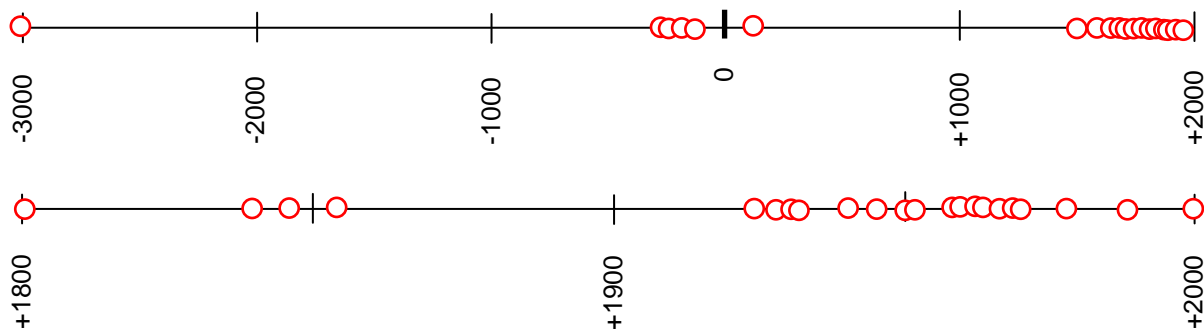
datum	dogodek
1957 4.10.	Izstreljen prvi umetni satelit, sovjetski Sputnik.
3.11.	Prvo živo bitje v vesolju, psica Lajka.
1958 1.2.	Utirjen 1. ameriški satelit, ki odkrije Van Allenova pasova (Explorer 1).
18.12.	Prvi aktivni prenos signalov iz vesolja (Atlas-Score).
1959 4.1	Prva sonda leti mimo Lune in postane 1. umetni satelit (planetoid) Sonca (Luna 1).
13.9	Prva sonda pade na Luno (Luna 2).
7.10	Prvo obkroženje Lune in snemanje njene nevidne strani (Luna 3).
1960 1.4.	Prvi meteorološki satelit (Tiros 1).
12.8.	Vrnitev pristajalne kapsule (vohunskega) satelita na Zemljo (Discoverer 13).
18.8	Pasivni prenos signalov preko satelita balona (Echo 1).
20.8.	Pristajalni odsek vesoljske ladje z živimi bitji (psici Belka in Strelka) vrne na Zemljo.
1961 12.2	Prva sonda poleti k Veneri (Venera 1).
12.4	Prvi polet človeka v vesolje (Rus Jurij A. Gagarin, Vostok 1).
1962 20.2	Prvi ameriški polet človeka okrog Zemlje (John Glenn).
12-15.8	Sočasni polet dveh vesoljskih ladij (Adrijan G. Nikolajev, Vostok 3, in Pavel R. Popovič, Vostok 4).
14.12	Raziskovanje Venere s sondo (Mariner 2).
1963 16.6.	Prva ženska v vesolju (Valentina V. Tereškova, Vostok 6).
1.11.	Izstreljen 1. vojaški satelit, ki lahko spreminja svoj tir (Polet 1).
1964 30.1.	Utirjenje dveh satelitov z eno raketo (Elektron 1, Elektron 2).
31.7.	Višinski prenos TV-slike Luninega površja (Ranger 7).
19.8.	Izstreljen 1. geostacionarni (telekomunikacijski) satelit (Syncom 3).
12.10.	Prvo utirjenje veččlanske posadke (Vladimir M. Komarov, Konstantin P. Feoktistov Boris B. Jegorov, Voshod).
1965 18.3.	Prvi vesoljski sprehod (Aleksej A. Leonov, Voshod 2).
23.3.	Izstreljena prva vesoljska ladja s posadko, ki lahko spreminja svoj tir (Gemini 3).
15.7.	Prve fotografije Marsa med letom 9864 km mimo planeta (Mariner 4).
16.7.	Izstreljen 1. večji znanstvenoraziskovalni satelit (Proton 1).
1966 3.2.	Mehki pristanek sonde na Luni, 1. prenos TV-slike z Luninega površja

	(Luna 9).
1.3.	Prva sonda doseže Venero (Venera 3).
16.3.	Prva (ročna) združitev dveh vesoljskih plovil (Gemini 8 z Ageno 8).
3.4.	Utirjen 1. umetni satelit Lune, ki pošilja podatke o kemični sestavi Lune (Luna 10).
18.8.	Fotografije Lune z umetnega satelita (Lunar Orbiter 1).
1967 9.10.	Izstreljena supertežka nosilna raketa (Saturn 5).
18.10.	Prvi gladek spust skozi ozračje planeta Venere (Venera 4).
30.10.	Samodejna združitev 2 satelitov (Kosmos 186 in Kosmos 188).
1968 18.9.	Prvo obkroženje Lune z vrnitvijo na Zemljo (želvi, Zond 5).
24.12.	Kroženje človeške posadke okrog Lune (Frank Borman, James A. Lovell, William A. Anders, Apollo 8).
1969 16.1.	Prva združitev dveh vesoljskih ladij s človeško posadko, prestop 2 vesoljcev iz ene ladje v drugo (Jevgenij V. Hrunov, Aleksej S. Jelisejev iz Sojuz 5 v Sojuz 4).
20.-21.7.	Prvi pristanek posadke na Luni, 2 vesoljca stopita na površje (Neil A. Armstrong, Buzz E. Aldrin, Apollo 11).
1970 24.9	Sonda prinese vzorec Luninih tal na Zemljo (Luna 16).
17.11	Lunik 17 dostavi na Luno 1. samodejno vozilo Lunohod 1.
15.12	Prvi uspešen pristanek sonde na Veneri (Venera 7).
1971 19.4.	Utirjenje 1. sovjetske orbitalne postaje (Saljut 1).
13.11.	Prvi umetni satelit Marsa (Mariner 9).
27.11.	Prva sonda pade na Mars (Mars 2).
2.12.	Prva sonda mehko pristane na Marsu (Mars 3).
1972 23.7.	Utirjenje 1. satelita za preučevanje zemeljskih naravnih bogastev (Landsat 1).
1973 14.5.	Utirjenje 1. ameriške orbitalne postaje (Skylab).
4.12.	Prvi let mimo Jupitra (Pioneer 10).
1974 5.2.	Fotografiranje Venere med letom (Mariner 10).
29.3.	Prvi Let mimo Merkurja (Matiner 10).
1975 14.3.	Raziskovanje Sonca z razdalje 45 milijonov km (Helios 1).
17.7.	Prva združitev 2 vesoljskih plovil različnih držav (Sojuz 19, Leonov, Valerij N. Kubasov; Apollo, Thomas P. Stafford, Donald K. Slayton, Vance D. Brand).
2.9.	Prvi let mednarodne kometne sonde

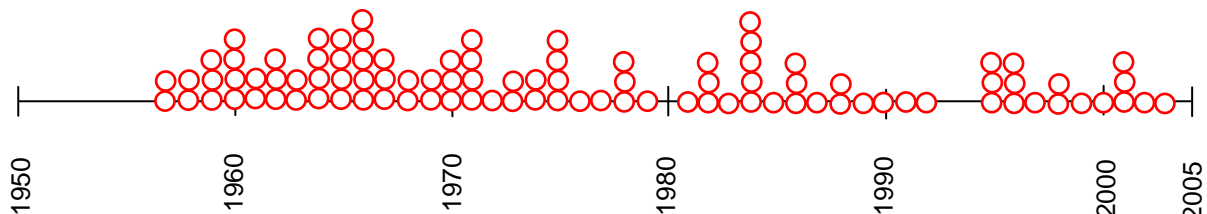
		v oddaljenosti 7800 km mimo kometa Giacobini- Zinner.
	22.10.	Prvi umetni satelit Venere in 1.Tv-slika iz njenega površja (Venera 9).
1976	29.7.	Iskanje življenja na Marsu (Viking 1).
1977	29.9	Utirjenje izpopolnjene orbitalne postaje z dvema spajalnima mehanizmoma (Saljut 6).
1978	20.- 22.1.	Utirjenje 1. samodejne tovarne vesoljske ladje in dostava tovora Saljutu 6 (Progress 1).
	2.3.	Izstrelitev 1. mednarodne posadke (Sojuz 28, Rus Aleksej A. Gubarjov, Čeh Vladimir Remek).
	21.11.	Utirjenje 1. vesoljske sonde ISEE C na tir okrog libracijske točke L1 sistema Sonce-Zemlja.
1979	1.9.	Prvi let mimo saturna (Pioneer 11).
1981	12.4.	Utirjenje raketoplana, 1. vesoljskega plovila za večkratno uporabo (Columbia).
1982	1.3.	Kemična analiza površja Venere (Venera 13).
	10.12.	Konec 211-dnevnegarekordnega poleta (Anatolij N. Berezovoj, Valentin v. Lebedev, Sojuz T-5, Saljut 7, Sojuz T-7).
	30.6.	Utirjenje 1. reševalnega satelita (Kosmos 1383).
1983	10.10.	Umetni satelit Venere, prvo radarsko kartiranje Venere (Venera 15).
1984	7.2.	Prvi neprivezni vesoljski sprehod (B. McCandless, Challenger).
	10.- 12.4.	Prvo popravilo umetne satelita (SMM) v orbiti (George D. Nelson, James van Hoften, Challenger).
	25.7.	Prvi ženski vesoljski sprehod (Svetlana J. Savicka, Saljut 7).
	2.10.	Konec 237-dnevnega rekordnega poleta (Leonid D. kizim, Vsevolod N. Solovoj, Oleg J. Atkov, Souz T 10, Saljut 7, Sojuz T 11 ).
	16.11.	Vrnitev dveh umetnih satelitov na Zemljo z raketoplanom (Palapa B2 in Westar 6 v Discoveryju).
1985	30.10.	Utirjenje 8 vesoljcev hkrati (Challenger).
1986	24.1.	Prvi let mio urana (Voyager 2).
	19.2.	Utirjenje izpopolnjene dolgotrajne orbitalne postaje s 6 spajalnimi mehanizmi (MIR).
	6.3.	Raziskovanje Halleyjevega kometa s sondo med letom skozi plinsko-prašni ovoj jedra (Vega 1).
1987	15.5.	Izstrelitev supertežke univerzalne rakete (Energija).
1988	15.1	Prvi samodejni polet vesoljskega raketoplana za večkratno uporabo (Buran).
	21.12.	Konec 366-dnevnega rekordnega poleta (Vladimir J. Titov, Musa H.

		Manarov, Sojuz TM-4, MIR, Sojuz TM-6).
1989	24.8.	Prvi let mimo Neptuna (Voyager 2).
1990	24.4.	Utirjenje Hubblovega teleskopa s raketoplanom Discovery.
1991	29.10.	Let sonde mimo asteroida Gaspra v oddaljenosti 5300 km (Galileo).
1992	10.7.	Let 200 km stran od kometa Grigg-Skjellerup (Giotto).
1995	22.3.	Končan rekordni polet 438-dnevni, moški (Valerij V. Poljakov, Sojuz TM-18, MIR, Sojuz TM-20) in rekordni 169-dnevni ženski polet (Jelena V. Kondakova, Sojuz TM-20, MIR, Sojuz TM-20).
	29.6.	Prva združitev raketoplana na orbitalno postajo MIR (Priroda).
	7.12.	Prvi vstop sonde v ozračje Jupitra (Galileo).
1996	26.4.	Prihod zadnjega modula na orbitalno postajo MIR (Priroda).
	26.9.	Konec 188-dnevnega rekordnega ženskega poleta (Shannon Lucid, Atlantis-MIR-Atlantis).
	2.12.	Objava odkritja vode na južnem tečaju Lune po podatkih sonde Clementine iz leta 1994.
1997	6.7.	Sonda Pathfinder pripelje 1. vozilo na Mars (Sojourner).
1998	5.3.	Potrditev obstoja vode na obeh Luninih tečajih (Lunar Prospector).
	20.11.	Utirjenje 1. modula Mednarodne vesoljske postaje (Zarja).
1999	28.3.	Prva izstrelitev vesoljske rakete s plavajoče ploščadi (Zenit 3, Odiseja).
2000	14.2.	Prvi umetni satelit planetoida (sonda Near, asteroid 433 Eros).
2001	12.2.	Prvi pristaneek sonde na asteroidu (Near Shoemaker, 433 Eros).
	21.3.	Prvo nadzorovano iztirjenje modularne vesoljske postaje (MIR).
	28.4.	Prvi polet turista v vesolje (Dennis Tito, Sojuz TM-32).
2002	28.5.	Sonda najde velike zaloge vode v obliki ledu na Marsu (2001 Mars Odyssey).
2003	2.6.	Izstrelitev prve evropske sonde proti Marsu (Mars Express).

V nadaljevanju bomo razmislili predvsem o neenakomernosti časovnega razvoja astronomije (slika 1) in v zadnjih nekaj desetletjih astronavitike (slika 2). Opazili bomo, da če si na časovno os označimo posamezne dogodke, opazimo nekakšen vzorec, morda celo soodvisnost časovnega razvoja obeh ved. V časovnem razvoju astronomije (slika 1, tabela 1) opazimo, da je prvim dogodkom (prva poročila o astronomskih opazovanjih) sledil daljši premor. V tretjem stoletju pr. n. št. je nastopil prvi plaz astronomskih spoznanj (Aristotel, Aristarh, Eratosten, Hiparh). Nato ponovno sledi krajši premor, zatem pa



**Slika 1: RAZVOJ ASTRONOMIJE.** Na sliki so v zgornji vrstici na časovno os nanizani pomembnejši dogodki v razvoju astronomije iz tabele 1. Prvi dogodek beležimo v letu 3000 pr. n. št., os se zaključuje v današnjem času. V spodnji vrstici je zaradi pogostosti dogodkov posebej prikazano obdobje med letoma 1800 in 2000.



**Slika 2: RAZVOJ ASTRONAVTIKE.** Na sliki je v vsakem letu nanizanih ustrezno število pomembnejših dogodkov v razvoju aeronavtiškega inženiringa v skladu s tabelo 2.

Ptolemajeva zabloda o geocentričnem sistemu, ki je obveljala poldrugo tisočletje. Nato pa na prvi pogled opazimo kontinuiran razvoj od začetka 17. stoletja do današnjih dni. Vendar če natančneje pogledamo obdobje zadnjih 200 let, opazimo precejšnje neenakomernosti v razvoju astronomije tega obdobja. Redkejšim dogodkom okoli leta 1800 ter nizu dogodkov okoli 1850 ponovno sledi premor. Pravo kontinuiteto novih spoznanj zaznamo šele nekje od leta 1925 dalje. Vendar tudi v tem obdobju zaznamo povečano gostoto v »zlatih letih« astronomije, nekje med leti 1957 in 1969. Kasneje intenziteta novih spoznanj rahlo upade.

Tudi v časovnem razvoju aeronavtiškega inženiringa (slika 2, tabela 2) opazimo neenakomernosti. Samemu začetku v letu 1957 sledi pravi porast intenzitete pomembnejših mejnikov v razvoju te vede. Proti letu 1980 gostota dogodkov počasi upada. Nov val opazimo v sredini devetdesetih let. Krajšemu premirju pa nato ponovno sledi obdobje bolj ali manj kontinuiranega pojavljanja aeronavtiških dogodkov.

Iz prikazov na sliki 1 in sliki 2 je moč opaziti, da je bil akomen. Pri astronomiji opazimo, da so se posamezna spoznanja sprva (ne glede na dolžino opazovanega časovnega intervala) pojavljala zgolj posamično, kontinuitete še ni mogoče zaznati. Kasneje postajajo dogodki vse razvoj obeh ved vsekakor neenakomerni. Pravi razmah pa opazimo v zadnjih dveh stoletjih. Za aeronavtiško pa to ne velja. Od samega začetka pa do današnjih dni lahko opazimo, da se je veda v grobem ves čas od nastanka enakomerno razvijala. Šele pozornejša analiza časovnega razvoja

nam izda podrobnosti v neenakomernem razvoju. Iz primerjave obeh grafov pa lahko spoznamo hkraten zaznaven porast intenzitete novih spoznanj pri astronomiji in pomembnejših mejnikov pri aeronavtiški. To je »zlati obdobje« približno med leti 1957 in 1969. Opaziti pa je mogoče tudi zaznaven upad po tem obdobju. To gre najverjetneje pripisati Armstrongovemu in Aldrinovemu prehodu po Luni. Dejansko je bil z misijo Apolla 11 uresničen dolgoletni sen človeštva. Kakor da bi znanstvenikom zmanjkalo energije za nove izzive. To morda še bolj velja za astronomijo kot za aeronavtiško. Nekaj let kasneje pa se pričnejo dogodki enakomerno nizati na časovnici obeh ved.

Kaj lahko pričakujemo v prihodnje? Glede na pospešen razvoj vse večjih in vse boljših teleskopov in druge raziskovalne opreme, glede na iskanje novih pristopov in raziskovalnih metod nas za razvoj astronomije verjetno ni treba skrbeti. Kaj pa aeronavtiška? Razvoj te vede pa je - kakor seveda tudi astronomije - prav tako močno povezan z denarjem, ta pa s politiko premožnejših držav. Seveda pa je, vsaj za misije s človeško posadko, samo človekovo telo in njegove zmogljivosti največja omejitev za razvoj.

Kakor pravijo: Vse se začne in konča pri denarju. In pri tem ne astronomija in ne aeronavtiška nista nobeni izjemi. Pa čeprav ju najdemo v leksikonu že na samem začetku pod črko »a«!

#### Literatura:

[1] Slovenski veliki leksikon, Kocjan-Barle, M., Bajt, D., 1. izd., 1. natis, Mladinska knjiga, Ljubljana, 2003.

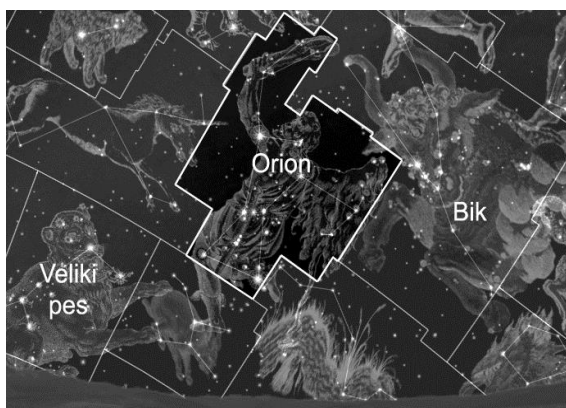
# OZVEZDJA ZIMSKEGA NEBA – zimski šestkotnik

mag. Vladimir Grubelnik<sup>1</sup> in Robert Repnik<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Smetanova ul. 17, Maribor

<sup>2</sup> Oddelek za fiziko, Pedagoška fakulteta Maribor, Koroška c. 160, Maribor

Kadar usmerimo pogled proti jasnemu nočnemu nebu opazimo, da lahko posamezne svetlejše zvezde, ki so na nebu blizu skupaj, povežemo v razne geometrijske like. Z malo domišljije pa si lahko s pomočjo geometrijskih likov predstavljamo podobe bogov, junakov, živali in predmetov, ki so jih včasih projicirala na nebo različna ljudstva. Vsako ljudstvo je videlo svojo podobo oziroma junaka v posameznem ozvezdju. V znanem ozvezdju Velikega voza so tako Grki videli Velikega medveda, nekatera druga ljudstva pa velikana na eni nogi oziroma tri Indijance, ki lovijo štiri bize.



**Slika 1:** Leta 1934 so se pri Mednarodni astronomski zvezi odločili za poenotenje ozvezdij. Nebo so razdelili na 88 ozvezdij. Vsako ozvezdje ima točno določene meje. Tako danes za vsako znano zvezdo vemo v katerem ozvezdju se nahaja.



**Slika 2:** V zimskih mesecih ne moremo opazovati ozvezdij kot so Škorpion, Strelec, Kozorog, Vodnar, saj se Sonce v tem času navidezno nahaja ravno v teh ozvezdjih in nam s tem zakriva pogled na ta ozvezdja.

Zaradi različnih podob so bila ozvezdja neuporabna za splošno orientacijo po nebu. Leta 1934 pa so se pri Mednarodni astronomski zvezi (International Astronomical Union) odločili za poenotenje ozvezdij. Evropski astronomi prevzamejo grško mitologijo in razdelijo nebo na 88 ozvezdij, ki so dobila točno določene meje (slika 1).

Ozvezdja so tako postala uporabna za orientacijo in iskanje posameznih objektov na nočnem nebu. S tem smo Evropejci prevzeli podobe ozvezdij od starih Grkov in s tem tudi njihove mite in legende, o katerih pričajo posamezna ozvezdja.

Na nebu lahko torej zasledimo 88 različnih ozvezdij povezanih z grško mitologijo. Vsa ozvezdja seveda niso vidna s severne poloble Zemlje. Vsa ozvezdja vidna s severne poloble pa tudi ne moremo opazovati preko celega leta, saj posamezna ozvezdja v določenem mesecu zakriva Sonce (glej sliko 2). Zaradi potovanja Zemlje okoli Sonca se vsak mesec Sonce navidezno premakne iz enega ozvezdja v drugo. Ozvezdja po katerih se Sonce navidezno premika imenujemo **zodiakalna ozvezdja** in so dobro poznana iz horoskopa. V zimskih mesecih torej ne moremo opazovati ozvezdij kot so Škorpion, Strelec, Kozorog in Vodnar, saj se v zimskih mesecih Sonce navidezno nahaja v teh ozvezdjih (slika 2). Čez pol leta pa bodo ravno ta ozvezdja tista, ki jih bomo lahko občudovali na nočnem nebu. Zaradi velikega števila ozvezdij in trenutno aktualnega zimskega nočnega neba, se v nadaljevanju osredotočimo le na nekaj tipičnih ozvezdij zimskega nočnega neba. V zimskih mesecih lahko na nočnem nebu zasledimo ozvezdja Oriona, Bika, Dvojčka, Velikega psa in še nekatera druga, ki so tipična zimsko ozvezdja in s tem vidna samo pozimi.

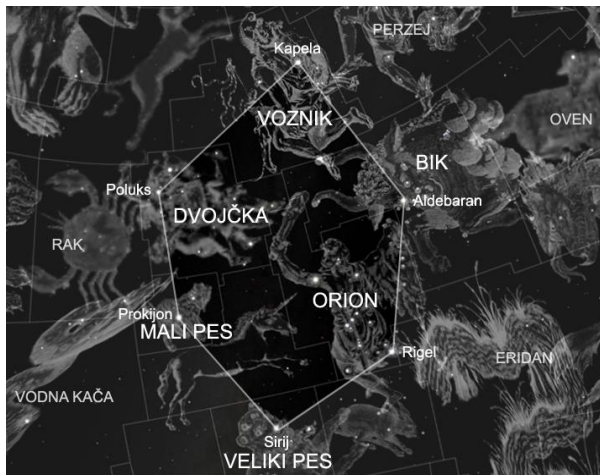
Eno izmed najlepših ozvezdij nočnega neba je ozvezdje **Orion** (slika 1 in slika 3), ki ga lahko občudujemo na nebu v zimskih mesecih. Občudovala so ga že stara ljudstva, o čemer pričajo številni miti o tem ozvezdju. Ozvezdje je sestavljeno iz sedmih zelo svetlih zvezd od katerih so tri zvezde blizu skupaj razporejene v ravno črto. Teh treh zvezd v zimskih mesecih na južnem delu neba skorajda ni mogoče zgrešiti. Slovenci smo te zvezde poimenovali »**kosci**« (slika 3), ker so razporejene podobno kot kosci pri košnji. Sicer pa te zvezde predstavljajo pas znanega grškega lovca Oriona. Poleg teh treh zvezd so v Orionu še štiri svetle zvezde od katerih velja še posebej omeniti zelo svetlo zvezdo **Rigel** (0.18m) in rdečo orjakinjo **Beltegezo** (0.45m), ki je že s prostimi očmi videti rdeče barve. Poleg omenjenih zvezd ozvezdja Orion vsebuje še številne druge zvezde, ki

ponazarjajo njegov kij in levjo grivo, ki ga je ščitila pred hudobnimi pošastmi tistega časa. V ozvezdju Orion se nahajajo tudi številni objekti temnega vesolja, ki so primerni za opazovanje skozi lovski daljnogled in teleskop. Kot primer omenimo znano Orionovo meglico **M42**.

Poleg Oriona leži še nekaj znanih ozvezdij zimskega nočnega neba. Nekoliko desno v smeri Orionovega pasa se nahaja zelo svetla zvezda izrazito rdeče barve. To je **Aldebaran** (0.87m), ki predstavlja bikovo oko v ozvezdju Bika (glej sliko 3). Rdeča barva daje še izrazitejšo podobo bikovega očesa. V ozvezdju Bika se nekoliko više od Aldebarana nahajata še dve nekoliko svetlejši zvezdi, ki predstavljata vrhova bikovih rogov. Na bikovem vratu pa lahko zasledimo tudi gručo šestih s prostimi očmi vidnih zvezd (slika 3). V resnici je to razsuta kopica preko stotih zvezd od katerih se jih šest vidi s prostimi očmi. Poznamo jih pod imenom **Plejade**. Slovenci smo jih poimenovali tudi **Gostosevci**.

Povežemo jih lahko v tako imenovan **»zimski šestkotnik«** (slika 4), ki nam je lahko v pomoč pri iskanju nekaterih ozvezdij zimskega nočnega neba.

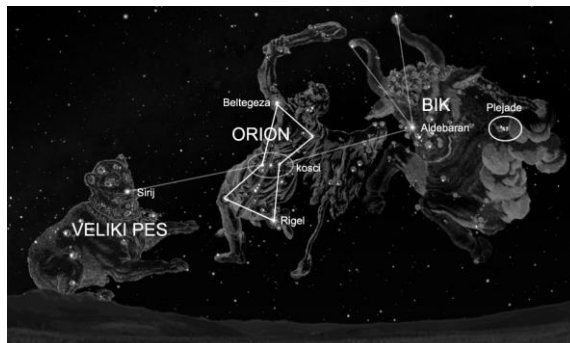
Kot je razvidno iz slike 4, zimski šestkotnik sestavljajo tri že prej omenjene zvezde Sirij, Rigel, Aldebaran (slika 3 in slika 4) in tri svetle zvezde v posameznih ozvezdijh južnega zimskega neba (slika 4). Nekoliko



**Slika 4:** Ozvezdja vidna na južnem delu zimskega nočnega neba. Najsvetlejše zvezde (Aldebaran, Kapela, Poluks, Prokijon, Sirij, Rigel) posameznih ozvezdij (Bik, Voznik, Dvojčka, Mali pes, Veliki pes) lahko povežemo v tako imenovani zimski šestkotnik.

nad rdečo zvezdo Aldebaran leži zvezda **Kapela** (0.08m) (glej sliko 4), ki je najsvetlejša zvezda v ozvezdju **Voznik**. Kapela je tudi ena najsvetlejših zvezd na nebu in jo je z lahkoto prepoznati. Ozvezdje Voznik sestavlja še nekaj drugih svetlih zvezd, vendar med njimi podoba voznika skorajda ni mogoče prepoznati. Naslednja zvezda zimskega šestkotnika je Poluks (1.16m), ki leži nekoliko levo od rdeče zvezde Aldebaran (glej sliko 4). To je ena izmed svetlih zvezd znanega ozvezdja **Dvojčka (Kastor in Poluks)** (slika 4), ki sta v različnih mitologijah veljala za nekakšni nasprotji. To ozvezdje na nočnem nebu z lahkoto

prepoznamo, saj skoraj nikjer ne zasledimo dve tako svetli zvezdi tako blizu skupaj. Poleg omenjenih zvezd pa se v zimskem šestkotniku nahaja še precej svetla zvezda **Prokijon** (0.38m), ki je najsvetlejša zvezda v ozvezdju **Malega psa** (slika 4). V njeni bližini ne



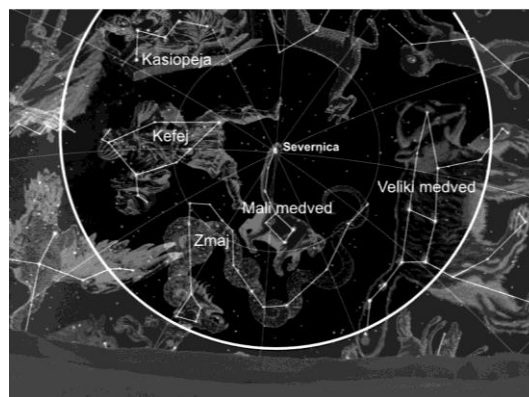
**Slika 3:** Na sliki so vidna tri značilna ozvezdja zimskega neba. Na sredini je Orion, ki predstavlja junaškega grškega lovca. Ob Orionu se nahaja ozvezdje Bik. To je znano ozvezdje iz horoskopa, saj leži ravno na ekliptiki. Najsvetlejša zvezda v Biku je rdeča zvezda Aldebaran, ki predstavlja bikovo oko. V drugi smeri Orionovega pasu pa se v ozvezdju Veliki pes nahaja zvezda imenovana Sirij. To je najsvetlejša zvezda, ki jo lahko opazujemo na nebu.

zasledimo podobno svetle zvezde, zato jo lahko na nebu tudi z lahkoto najdemo. Nahaja se levo od Oriona in je nekoliko nad najsvetlejšo zvezdo Sirij v ozvezdju Poleg omenjenih svetlih zvezd, ki jih najdemo na južnem delu zimskega neba, lahko ob pogledu na južno zimsko nebo zasledimo še nekaj svetlih zvezd.

Na koncu omenimo še, da lahko poleg omenjenih ozvezdij, katerih najsvetlejše zvezde sestavljajo zimski šestkotnik, opazujemo pozimi še druga ozvezdja. To so ozvezdja vidna na severnem delu neba. Nekatera izmed njih, ki ležijo v bližini Severnice, so na nočnem nebu vidna preko celega leta. Takšna ozvezdja so Mali medved, Veliki medved, Kasiopeja, Kefej in še nekatera druga. Ozvezdja vidna preko celega leta se nahajajo znotraj krožnice, ki se dotika horizonta in ima središče v Severnici (slika 5).

## Literatura:

- [1] Prosen, M. in Prosen, S. Zvezdni miti in legende. Založništvo Jutro, Ljubljana 2002.  
[2] Starry Night <http://www.starrynight.com>



# CCD ASTROFOTOGRAFIJA

Mario Škraban

## 1. Uvod

S prihodom novih tehnologij se človeštvu vse bolj širijo obzorja. Ena od najpomembnejših novih tehnologij v astronomiji je prav gotovo razvoj in uporaba CCD čipa, ki predstavlja kvantni skok na področju raziskovanja vesolja. Ker svetloba potuje s končno hitrostjo in so razdalje v vesolju tako ogromne je astrofotografija, kot časovni stroj, ki nas popelje tudi milijone in milijarde let nazaj v preteklost. Z uporabo CCD čipa je človeštvu uspelo te meje še nekoliko bolj premakniti, da bi boljše razumeli kako je vesolje nastalo in kako se razvija in se bo razvijalo v prihodnosti.

Sam CCD čip bi bil brez pomena, če se nebi vzporedno eksponentno razvijalo še računalništvo in pa tudi elektrotehnika, ki je zaslužna zanj. Računalništvo in elektrotehnika sta pri tej panogi astronomije v neki simetriji. Boljši je CCD čip več podatkov je treba obdelati. Tu imamo še dodatno panogo strojništva že zaradi samega gibanja Zemlje in pa matematiko, ki je osnova za obdelovanje vseh podatkov.

Lahko rečemo, da je CCD astrofotografija interdisciplinarna panoga. Sinteza optike, elektrotehnike, računalništva, strojništva, fizike, matematike in seveda astronomije.

Najprej bom poskušal predstaviti CCD čip, ki je v bistvu osnova. Njegovo zgodovino, delovanje in omejitve. Nato bom predstavil še konkretne primere CCD astrofotografije in obdelovanja slik. Namen te seminarske naloge je predvsem predstavitev ne pa raziskovanje v tej panogi astronomije.

## 2. CCD čip

### 2.1 Zgodovina

Za CCD astrofotografijo je prav gotovo letnica 1970 tako pomembna, kot leto 1492 za Ameriko. Takrat so v Bellovih laboratorijih izdelali prvi CCD.

Leta 1973 Nasin Jet Propulsion Laboratory začne izvajati program za razvoj CCD čipov z velikim poljem za znanstvene namene.

Leta 1974 se v observatoriju Fairchild posname prva astrofotografija s pomočjo CCD čipa z 8" teleskopom in CCD čipom z resolucijo 100x100 tipal.

Od leta 1974-79 Nasin potujoč sistem CCD kamer odkriva nova znanstvena dognanja.

Leta 1979 RCA laboratoriji proizvedejo prvo CD kamero hlajeno na tekoči dušik z resolucijo 320x512.

Od takrat naprej se razvoj eksponentno veča in 34 let po odkritju so v rabi na prostem trgu CCD čipi z resolucijo do 22 milijonov tipal, kar je 2200 krat več od najboljšega leta 1974.

To pomeni da se je vsaka 3 leta resolucija vsaj podvojila.

### 2.2. Uporaba CCD čipov

CCD čipi se lahko uporabljajo povsod, kjer je potrebno zajeti sliko ali svetlobni signal. Trenutno so najbolj popularni v digitalnih fotoaparatih in kamerah. Večina kamer vsebuje CCD čipe, tudi starejše verzije, ki ne omogočajo digitalnega zapisa informacije.

CCD čipe najdemo tudi v različnih senzorjih in v posebnih kamerah, kjer z uporabo različnih polprevodnikov dosežejo vidnost spektrov svetlobe, ki so človeškemu očesu nevidni. Npr. germanij za detekcijo infrardečega sevanja, ki predstavlja toploto.

Najdemo jih tudi v scannerjih, kjer so ponavadi v linearni obliki nanizani v 1-3 stolpcev in množico vrstic.

#### 2.2.1 CCD čipi v astrofotografiji

V astrofotografiji se uporabljajo predvsem CCD čipi s zajemanjem celotnega polja naenkrat ali *full frame*, prirejeni dolgim ekspozicijam. Zaradi šuma, ki se s časom linearno veča so ti CCD čipi eni od najbolj naprednih in zato ponavadi tudi najdražji.



Slika 1. full frame CCD čipi

### 2.3 Delovanje CCD čipov

Da bi CCD generiral sliko mora opraviti štiri operacije.

#### 2.3.1 Generirati naboj – fotoelektrični efek

Silicij ima energijsko vrzel pri 1.14 eV. Elektroni, ki se zaletijo vanj in imajo energijo večjo od te lahko vzburi valenčne elektrone v prevoden pas in s tem tvorijo pare elektron–vrzel. Ti pari prehajajo skozi silicijevo mrežno strukturo. Življenjska doba teh nosilcev električnega naboja je okoli 100  $\mu$ s. Po tem času se elektronski pari elektron–vrzel rekombinirajo.

Fotoni z energijo od 1,1 do 5 eV generirajo en sam par, medtem ko fotoni z energijo večjo od te lahko proizvedejo več parov naenkrat.

Na primer 10eV foton (Lymanova alpha absorpcijska črta vodika) tvori povprečno 3 pare elektron–vrzel za vsak trk s silicijem. Mehki X-žarki lahko tvorijo tisoče signalnih elektronov za vsak trk tako, da je možno zaznati s CCD kamero že en sam foton.

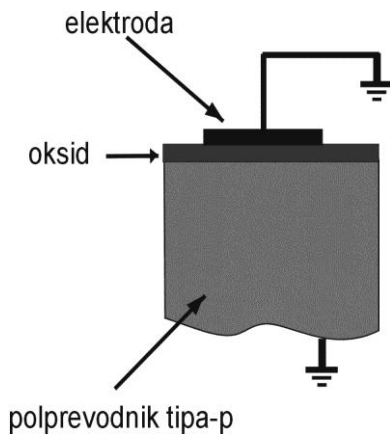
Limite pri siliciju obstajajo pri območju fotonov, ki imajo manjšo energijo od 1,1 eV (valovna dolžina okoli 1,2

mikrona) in prehajajo skozi silicij neovirano in v območju fotonov, ki imajo energijo večjo kot 10 keV, kjer je valovna dolžina že tako mala, da je majhna verjetnost interakcije.

Da bi se lahko uporabljal za infrardeči spekter mora biti narejen iz drugega materiala npr. germanija, ki ima energijsko vrzel pri 0,55 eV.

### 2.3.2 Zbrati naboj

Naboj se zbira na polju elektrod, ki se jim pravi vrata. Lahko si jih predstavljamo kot neodvisne enote. ki na sliki tvorijo posamezne točke. Elektrode so organizirane v pravokotno polje, ki je lahko različnih razmerij.

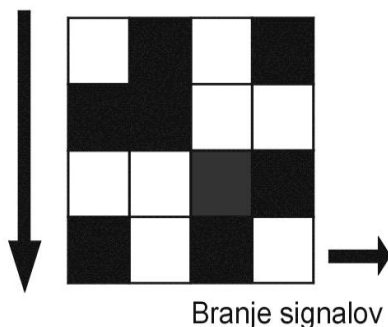


Slika 2. Posamezna enota CCD detektorja

### 2.3.3 Prenesti naboj

Na naboju se mora uporabiti diferencialna napetost po vseh elektrodah. Signalni elektroni se pomikajo dol po vertikalnih registrih v horizontalne, kjer jih prebere ojačevalac na čipu.

Pomikanje signalov



Slika 3. Prenašanje informacij

### 2.3.4 Zaznati naboj

Individualni napetostni signali se spremenijo v izhodno napetost, ki se potem digitalno kodira. CCD čipi se razlikujejo tudi po tem koliko bitov lahko kodirajo. Koliko bitov ima na izhodu nam pove tudi koliko različnih stopenj osvetlitve nam lahko predstavi na sliki.

Tabela 1. Primerjava bit – stopnje

Koliko bitov	Različnih stopenj
2	4

4	16
8	256
12	4096
16	65536

Ta vrednost je še posebej pomembna pri nekaterih operacijah obdelave slike pri šibkih vrednostih osvetlitve, ki jih bomo spoznali kasneje.

## 2.4 Karakteristike in problemi CCD čipov

CCD čipi so se skozi razvoj soočali z različnimi problemi, ki so določali njihovo uporabnost in njihove specifične karakteristike.

### 2.4.1 Karakteristika

Med najbolj važne karakteristike CCD čipov spadajo naslednje vrednosti.

- **velikost polja HxV**, ki nam pove koliko točk bomo dobili na ekran z CCD čipa. Na žalost nekateri proizvajalci navajajo celotno velikost polja ne pa uporabno svojih CCD kamer in digitalnih fotoaparotov
- **velikost posamezne točke ali velikost CCD čipa** podano v mikrometrih ali milimetrih. Ena od vrednosti se lahko izračuna s pomočjo vrednosti polja
- **kvantna učinkovitost  $Q_e$** , ki je ponavadi podana v procentih za maksimalno učinkovitost pri določeni valovni dolžini zaznane svetlobe
- **CTE ali CTF**(Charge Transfer Efficiency ali Charge Transfer Factor), sta vrednosti, ki nam povedata koliko od dobljenih vrednosti se v povprečju uspešno spravi v digitalen zapis
- šum pri branju (read noise) s CCD čipa, ki se običajno podaja z vrednostjo frekvence elektronov v MHz ali kHz pri določeni temperaturi obratovalna temperatura v Celzijih.

Poleg teh vrednosti je lahko podana še množica drugih, ki več ali manj vplivajo na uporabnost CCD čipa za določeni namen kot so hitrost prenosa podatkov, temni tok in pa neenakost materiala (uniformnost - defekti).

### 2.4.2 Problemi

Problemi CCD čipov so ponavadi povezani s fizikalnimi lastnostmi materialov in gibanju električne napetosti, izgubo signala, usmerjanjem signala na pravo mesto ipd. Tukaj se bomo osredotočili na začetne probleme razvoja CCD čipov, ki so jih s časoma bolj ali manj uspešno odpravili.

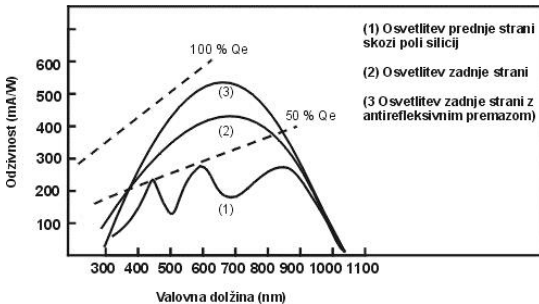
#### 2.4.2.1 Kratki stiki

Kratek stik srednjega nivoja, ki nastane zaradi kontaminacije med samimi vrati in zmanjša CTE na okoli 0,5%. Aluminijska vrata so zaradi kratkih stikov omejevala CCD čipe na velikost polja na 512x512 točk, dokler niso v začetku osemdesetih let odkrili v Texas Instruments poli-silicijevih vrat.

Zaradi manjše prevodnosti dopiranega poli-silicija od aluminija so kratki stiki med elektrodami mnogo manj opazni za delovanje celega čipa. Poli-silicij je prinesel še dodatne prednosti. Ker je transparenten za prihajajoče fotone je zato dovoljeval osvetljevanje s sprednje strani. Toda tudi ta lastnost je prinesla težave. Sprednja iluminacija pomeni, da se fotoni sprejmejo na strani elektrod (vrat) CCD (glej Slika 1.). Poli-silicijeva plast ima tipično debelino 0.5 mikronov zato fotoni z valovno dolžino manjšo od te (plavi pas) reagirajo s tem pasom in

dobimo interferenčni vzorec. S tem pa posredno dobimo manjšo  $Q_e$  v plavem pasu.

Temu so se proizvajalci CCD čipov izognili s sprejemanjem fotonov na strani polprevodnikovega substrata ali osvetlitvi zadnje strani (back side illumination). Da bi fotoni dosegli vrata pa so morali stanjšati debelino substrata na deset mikronov. Debelina substrata je morala biti po celem polju natanko enaka. Primer za današnji CCD čip z 4 milijoni točk mora biti površina 51200x51200 mikronov enake debeline desetih mikronov. Pri takih majhnih vrednostih je to pravi tehnični izziv. S tem problemom so se proizvajalci ubadali celo desetletje preden jim je uspelo.



Slika 4. Odvisnost odzivnosti CCD čipa od valovne dolžine

Večino težav so proizvajalci več ali manj uspešno odpravili s pojavom novih tehnologij.

Če primerjamo, da je vesoljski teleskop Hubble leta 1990 ponese v vesolje CCD čip z matriko 800x800 točk, danes pa čipi z matriko 2048x2048 niso več redkost se je zgodil velikanski premik naprej.



Slika 6. CCD čipi posameznih proizvajalcev

Kot vidimo se projekcija z zadnje strani najbolje obnese čez celi spekter, toda je tudi najdražja, ker je tak čip zelo težko izdelati.

### 3. CCD kamera

CCD kamera je skupek vseh naprav, ki skrbijo da CCD pravilno zaznava in oddaja podatke. Sestavljajo jo ponavadi CCD čip, ohišje, kabli za prenos podatkov in dovod elektrike, kabli za vmesnike in vmesnik za prenos podatkov.

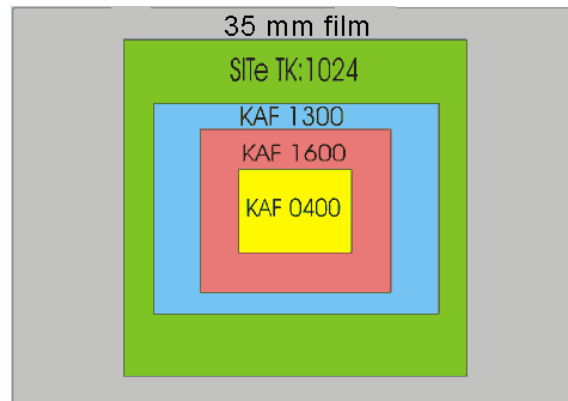
Pri nakupu je potrebno biti predvsem pozoren na kvaliteto CCD čipa in na tip hlajenja.

#### 3.1 Velikost CCD čipa

Velikost CCD čipa lahko zelo vpliva na kvaliteto končnih slik.

Tabela 2. Primerjava velikosti, resolucije in števila točk najpogostejših CCD čipov, ki se rabijo v astronomiji s 35 milimetrskim filmom

Ime CCD čipa	Velikost čipa v mm	Velikost polja HxV	Velikost točk v mikronih
Kodak KAF 0400	4 X 6.9	512 X 768	9 X 9
Kodak KAF 1600	9.2 X 13.8	1024 X 1536	9 X 9
Kodak KAF 1300	16.4 X 20.4	1024 X 1280	16 X 16
SITe TK 1024	24.6 X 24.6	1024 X 1024	24 X 24
35 mm film	26 X 36	2600 X 3600	Približno 10



Slika 7. Primerjava velikosti najpogostejših CCD čipov, ki se rabijo v astronomiji s 35 milimetrskim filmom.

#### 3.2 Kvaliteta CCD čipa

Naslednja stvar, ki jo je treba paziti je kvaliteta CCD čipa. Ker je pri proizvodnji CCD čipov še vedno toliko defektov so proizvajalci ločili čipe glede na kvaliteto.

Tabela 3. Označba kvalitete čipov pri proizvajalcu CCD čipov Kodak

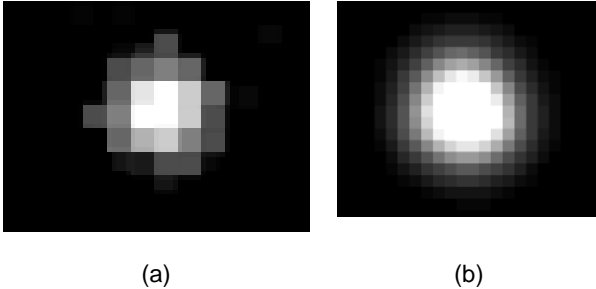
KAF 0400 or 1600	Kvaliteta 0	Kvaliteta 1	Kvaliteta 2
Točkasti Defektov do	0	5	10
Območnih Defektov do	0	0	4
Defektnih stolpcev do	0	0	2



Ni treba posebej poudarjati, da je najdražja kvaliteta 0 in da cene eksponentno naraščajo, zato se za amaterske namene rabijo predvsem CCD čipi kvalitete 2 do 1 in se napake odpravljajo pri obdelavi slike.

### 3.3 Resolucija CCD čipa

Resolucija je lahko zelo pomembna pri majhnih objektih, ker če je premalo vzorčen objekt izpade kockast pri povečavi.



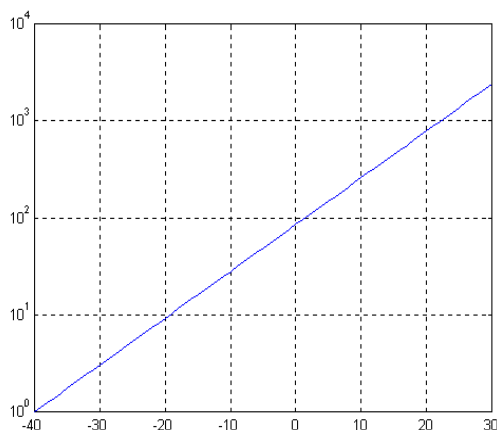
Slika 8. a) povečana zvezda posneta s CCDjem z majhno resolucijo in b) ista zvezda z drugim CCDjem

### 3.4 Hlajenje

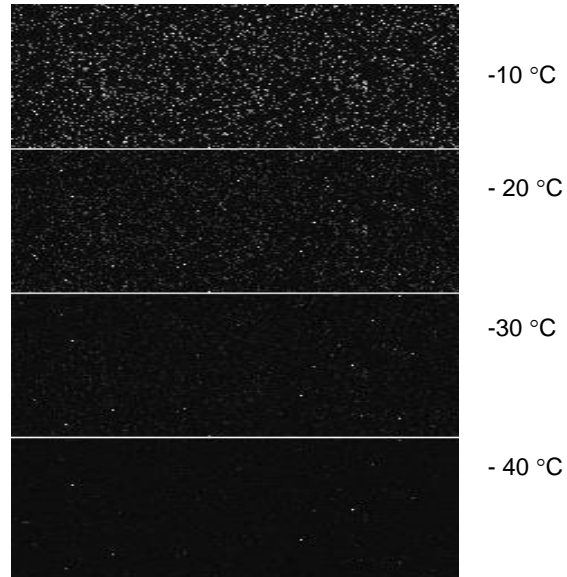
Pri izbiri kamere je tip hlajenja zelo pomemben. Razlog zato je, ker je zelo malo svetlobe na slikah. Vsi, ki ste že kdajkoli pogledali skozi teleskop kakšno galaksijo in bili zgroženi, da je samo en nerazločen sivi zmazek namesto čudovite slike, ki ste jo videli v knjigi. To je zato, ker oko zelo slabo vidi barve in kontrast pri majhnih svetlosti objektov.

Glavni razlog za rabo CCD čipov je točno ta majhna svetlost, pri kateri fotografski film odpove v medsebojnem odnosu s časom dolge osvetlitve. Poleg tega pa imajo CCD čipi mnogo večjo kvantno učinkovitost.

Iz istega razloga se pri temperaturi okolice pojavi velik šum na CCDju, ki izbriše slike šibkih zelo oddaljenih objektov. Noben dodaten čas osvetlitve ne reši ta problem. Na srečo se da CCD čip sorazmerno lahko ohladiti do te mere s Peltierovimi elementi, da postane elektronski šum skoraj nepomemben. Šum v CCD čipih se zmanjša s hlajenjem skoraj za polovico vsakih 6° Celzija.



Slika 9. Padanje šuma s pomočjo hlajenja (y – šum x – temperatura CCD čipa). Še bolj drastično to izgleda na sliki.



Slika 10. Šum pri različnih temperaturah

Kot vidimo je hlajenje ena najbolj pomembnih lastnosti CCD kamere.

## 4. Astrofotografija

### 4.1 Zgodovina

Začetki astrofotografije segajo že v 19. stoletje kmalu zatem, ko sploh odkrili fotografijo. V astronomiji v začetku 20. stoletja so se uporabljale predvsem velike steklene plošče s posebnim premazom, ki je ob osvetlitvi dal negativ. S tem principom so tudi leta 1930 odkrili planet Pluton.

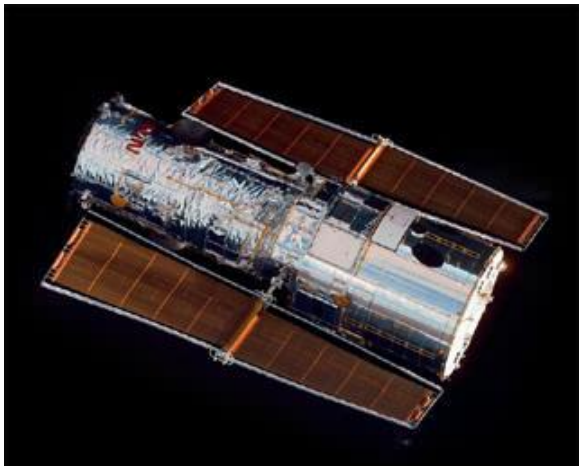
Danes se še vedno uporablja isti kemični princip detekcije svetlobe vendar ga v čedalje večji meri izpodriva CCD čip s svojo fotelektrično detekcijo. Astronomi imajo radi CCD čip predvsem zaradi:

- velike kvantne učinkovitosti
- velike linearnosti
- velikega dinamičnega razpona
- malega šuma
- skoraj enake odzivnosti
- digitalnosti

Trenutno najzmogljivejši CCD čipi so na Zemlji. CCD čipi, ki pa so najpomembnejši krožijo v njeni orbiti. Ti CCD čipi so vgrajeni v vesoljske teleskope Hubble, Spitzer, Chandra in Compton. Od vseh je najbolj znan Hubble, ki je v orbiti že od leta 1990. Od tistega časa so ga že trikrat prenovili in ga verjetno še bodo. Hubble je dosegel prostranstva vesolja, ki so bila do tedaj nepojmljiva.

Pred kratkim pa so se mu pridružili še trije, ki ne delajo v vidnem spektru svetlobe ampak v infra-rdeči Spitzer, X-žarkih Chandra in Gama-žarkih Compton

Z različnimi spektri enega objekta so dobili astronomi nove možnosti za raziskovanje in dobili so vpogled v notranjost galaksij, kamor se v vidnem spektru zaradi prahu in množice zvezd ne vidi.



Slika 11. Vesoljski teleskop Hubble (HST)



Slika 13. Spitzer M81 v Infra-rdečem spektru



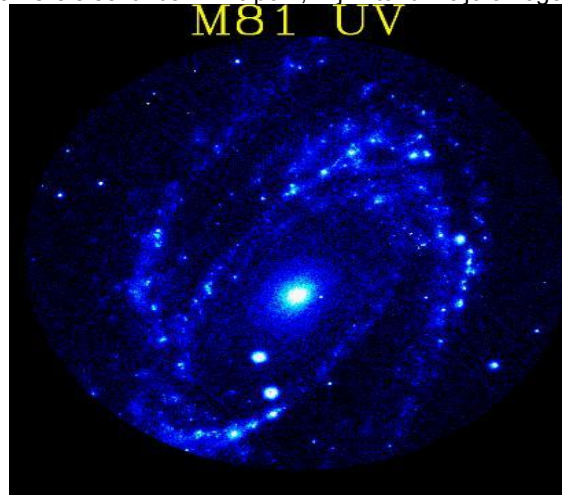
Slika 14. M81 v vidnem spektru

#### 4.1 Težave pri astrofotografiji

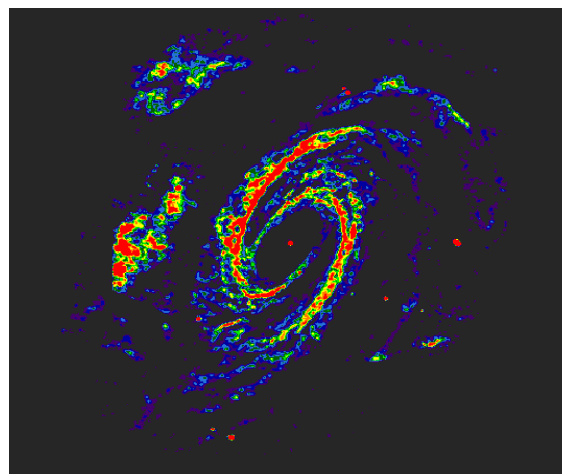
##### 4.1.1 Sledenje

Zaradi gibanja Zemlje je treba sliki slediti, da se nam ne razmaže. Večina boljših teleskopov ima električno stojalo, ki se pomika preko servo motorčkov. Na žalost sama mehanika teleskopov ni toliko dovršena, da bi to potekalo popolnoma točno, zato so se razvili sistemi CCD kamer, ki imajo zelo majhne CCD čipe in so namenjeni samo sledenju. Upravlja jih ponavadi računalnik, ki sledi eni zvezdi in krmili teleskop tudi večkrat v sekundi. Kasneje so se pojavile še CCD

kamere s sekundarnim čipom, ki jim to funkcijo omogoča



Slika 15. M81 v ultra vijoličnem spektru



Slika 16. M81 v radijskem spektru

##### 4.1.2 Zorni kot

Zaradi različnih velikosti CCD čipov in fokalnih (goriščnih) razmerij teleskopov pride do različnih zornih kotov in s tem potreba po slikanju enega objekta večkrat ali rabe različnih teleskopov.

Zaradi različnih velikosti objektov je treba že pri nakupu razmisliti kakšne objekte bi radi fotografirali, čeprav je kar nekaj pripomočkov, ki to težavo kar uspešno odpravijo.

To so :

- Focal reducer (zmanjša goriščno razdaljo)
- Focal extender ali Barlowova leča (poveča goriščno razdaljo)
- Objektivni za 35 milimetrske kamere

Z Barlowo lečo lahko dosežemo povečavo nekega objekta, ampak se nam pri tem čas ekspozicije poveča za kvadrat povečave za dosego iste osvetlitve. Če je objekt premajhen in pride na točko premajhna slika dobimo naslednji rezultat. Ker posamezni deli objekta niso bili dobro osvetljeni povečana slika zglada motna.

## 5. Obdelava slike

### 5.1 Software oz. programska oprema

Skozi čas se je razvilo dosti programske opreme namenjene obdelavi slik. Za resno CCD astrofotografijo pridejo v poštev le programi, ki so temu namenjeni . Npr. MaximDL, Astroart in Mira.

Tak softver ima že določene rutine, ki so primerne obdelovanju matematičnih zapisov svetlobe v .FIT formatu. Kasneje se da še kako končno sliko malo popraviti v Photoshopu ali kakem drugem programu, toda s tem izgubimo tudi realno sliko objekta.

### 5.2 Korekcijski posnetki

Da bi se izboljšala kvaliteta posnetka, predvsem odpravil šum, so se odkrile tri metode za odpravo teh napak.

#### 5.2.1 Dark frame ali temen posnetek

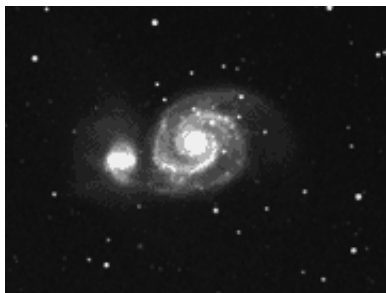
Dark frame je posnetek, ki ima isto trajanje in temperaturo, kot glavni posnetek ali light frame, s tem da se poslika z zaprto zaslonko. Ta slika vsebuje karto temnega signala, ki nastane zaradi segrevanja CCD čipa. Med obdelavo slike se odšteje dark frame od glavne slike.

#### 5.2.2 Flat Field ali plosko polje

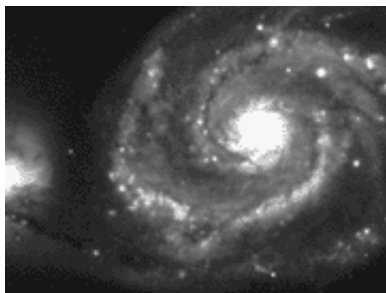
Flat field je slika posneta skozi teleskop enakomernega vira bele svetlobe ali enakomerno osvetljene bele table. Ta informacija se potem deli od glavnega posnetka in odpravi efekte neenakomerne občutljivosti čipa, optične napake v teleskopu, napake na samem čipu ipd..

#### 5.2.3 Bias

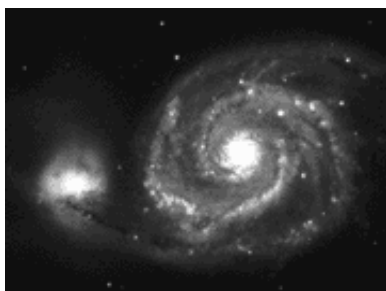
Bias se posname s pokrovom na teleskopu in trajanjem osvetlitve nič sekund, pri enaki temperaturi, kot glavni posnetek. Posnetek se odšteje od glavne slike. S tem dobimo sliko elektronskega šuma, ki je pri nič sekundah zelo majhen zato lahko ta korak v večini primerov izpustimo.



(a)



(b)

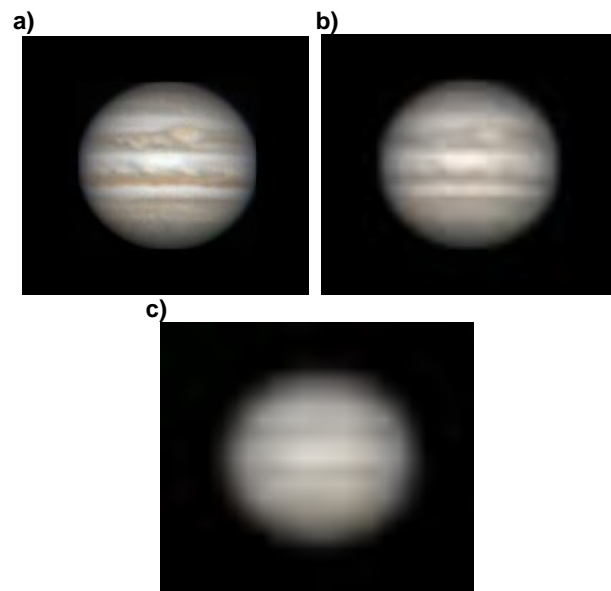


(c)

Slika 17. Primerjava zornih kotov: a) prevelik, b) premajhen in c) primeren.

Tabela 4. Tabela optičnih pripomočkov

	Goriščna razdalja	Goriščno razmerje	Zorni kot v kotnih minutah	Resolucija na kotno sekundo	Točk / zvezdo
Osnovni Teleskop	1600 mm	f 6.3	20 X 30	1.2	2.2
0.63 reducer	1000 mm	f 4.0	31 X 47	1.8	1.4
0.5 reducer	800 mm	f 3.2	40 X 60	2.4	1.1
2X extender	3200 mm	f 12.6	10 X 15	0.6	4.4
3X extender	4800 mm	f 19	7 X 10	0.45	6.6
400 mm objektiv	400 mm	f 2.8	80 X 120	4.8	0.6
200 mm objektiv	200 mm	f 2.8	160 X 240	9.6	0.3



Slika 18. Obdelana slika Jupitra: a) visoki, b) srednji in c) brez povečave.

### 5.3 Barvne slike

Večina CCD čipov za rabo v astronomiji zajema samo intenziteto svetlobe, zato je potrebno kar nekaj dela da dobimo barvno sliko. Obstajata dve tehniki to sta LRGB in RGB. Obe na žalost zahtevata veliko časa. Za LRGB je potrebno posneti štiri slike, ki se jih na koncu združi v eno. Podobno je pri RGB le da se uporabijo le tri. Prednost LRGB je, da je potrebno le eno sliko osvetljevati dlje časa (L) medtem ko pri RGB se osvetljujejo vse tri enako. Končni rezultat je zelo podoben čeprav se resni astronomi bolj nagibajo k RGB modelu. Da bi posneli RGB frama z navadno kamero je potrebno uporabiti barvne filtre. Vsemu temu se izognemo z nakupom barvne CCD kamere.



Slika 19. Barvni filtri



Slika 20. Posamezni posnetki Saturna z različnimi filtri.

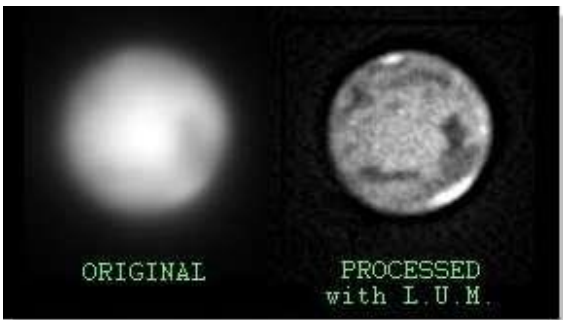
#### 5.4 Obdelovanje s filtri

Digitalni sliki se da enostavno povečati in zmanjšati kontrast. Dodajati filtre, ki iz slike izlečejo nekaj, za kar bi človek mislil pred tem, da ni mogoče.

Filtri so skupki matematičnih operacij za obdelovanje podatkov. Rezultati so včasih naravnost osupljivi.



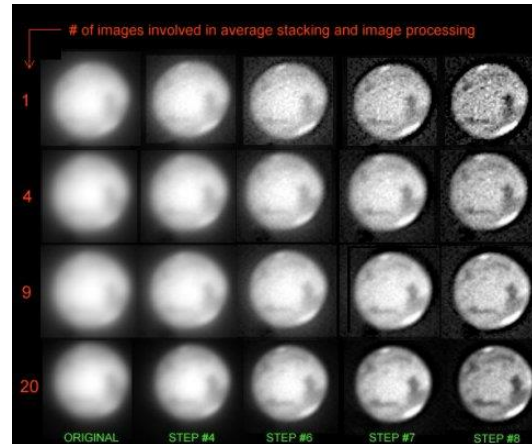
Slika 21. Končna slika po sestavljanju in balansiranju barv



Slika 22. Uporaba filtrov

#### 5.5 Sestavljanje več posnetkov

Ena od velikih prednosti CCD čipa je takojšnja obdelava podatkov brez vnosov dodatnega šuma še skozi pretvarjanje iz analognega v digitalno. Zaradi tega je manjši tudi šum, ki se ga da še dodatno odpraviti s sestavljanjem slik. Šum se linearno povečuje s časom osvetlitve. S sklopom več različnih slik lahko zmanjšamo šum za faktor, ki je enak kvadratnemu korenu števila slik. Zato je boljše poslikati več slik pri manjši osvetlitvi, kot pa eno pri dolgi.



Slika 23. Zmanjševanje šuma z več posnetki

## 6. Zaključek

CCD čip je bil odkrit pred skoraj četrt stoletja in je trenutno na dobri poti, da nadomesti fotografski film. Za rabo v znanosti je to skoraj perfecten detektor, čeprav prinaša še mnogo težav. Toda če razmislimo o njegovi starosti in kako blizu smo že prišli smo lahko optimistični glede njegove prihodnosti. Prednosti CCD kamer in fotoaparatorov se kažejo že v tem, da razen baterij ni potrošnega materiala. So bolj ekološko sprejemljiv detektor. Slike si lahko razvijemo kar doma na računalnik in s tem prihranimo čas in denar.

CCD astrofotografija nam je v zadnjem desetletju dala več spoznanj o vesolju, kot je kdorkoli lahko sploh predvideval. Glavna težava amaterske CCD astrofotografije je predvsem denarna. CCD kamere nižjega srednjega razreda stanejo od 2500 dolarjev naprej, medtem ko boljše stanejo do 30 000 dolarjev. Poleg CCD kamere pa rabiš še teleskop z dobrim sledenjem, ki stane še najmanj dodatnih 5000 \$. To je za slovenske razmere dokaj velik zalogaj za posameznika. Naslednja težava so oblaki, vreme in svetlobna onesnaženost, zato je prihodnost astrofotografije sigurno v vesolju.

Do leta 2015 ima NASA v načrtu poslati štiri vesoljske teleskope, ki bodo predvidoma posneli prve slike planetov zunaj našega osončja.

## 7. Literatura

1. R.A. Grainier.: The Role of CCD Cameras in Amateur Astronomy  
<http://www.mailbag.com/users/ragreiner/ALPaper.html>
2. M. Nicolini: AstroART in LAB  
<http://users.libero.it/mnico/labindex.htm>
3. The Electronic Universe Project : Evolving Towards The Perfect CCD  
<http://zebu.uoregon.edu/CCDs for Material Scientists.htm>
4. Sony Semiconductors:  
<http://products.sel.sony.com/semi/>
5. David Ratledge :The Art and Science of CCD Astronomy, Springer,1997

# VRSTE TELESKOPOV

Meta Kogoj, Katja Markelj, Manica Markelj, Ana Štručl

Imamo tri osnovne tipe teleskopov: refraktor (lečni teleskop) in dva glavna tipa reflektorjev (zrcalnih teleskopov), Newtonski in Schmidt-Cassegrain (SCT).

## Refraktor

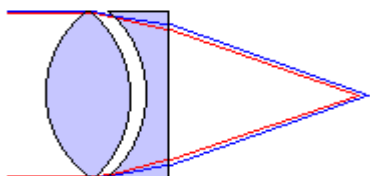
Refraktor je najstarejši tip teleskopa. Galileo ga je uporabil že pred 400 leti. Konveksna leča preprosto zbere svetlobo v gorišču. Aberacijo, ki nastane ob uporabi le ene leče, lahko v glavnem odstranimo z uporabo dveh ali več elementov leče.



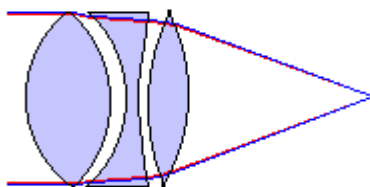
Slika 1: Refraktor. Objektiv zbere svetlobo v gorišču pred okularjem.

Akromatični refraktor ima dva lečna elementa, ki zmanjšata kromatično aberacijo (to je optični efekt, ki povzroči, da imajo različne valovne dolžine žarišča na različnih točkah).

Apokromatični refraktor ima tri ali več lečnih elementov, ki lahko popolnoma odstranijo kromatično aberacijo (slika 2 in 3).



Slika 2: Akromatični refraktor.



Slika 3: Apokromatični refraktor.

Prednosti refraktorjev:

- Ni potrebna kolimacija.
- Apokromatični refraktorji dajo najlepšo možno sliko.
- Apokromatični refraktorji so odlični za fotografijo.

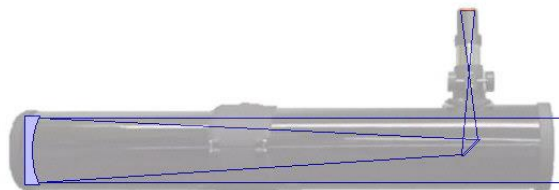
Slabosti refraktorjev:

- Amaterom cenovno dostopni le pri manjšem premeru objektiv teleskopa (pod 20cm).
- Daljši od Schmidt-Cassegraina (SCT) zložijo optično pot, zato je lahko teleskop krajši.
- So najdražji glede na enoto premera objektiv (še posebej apokromatični).

## Teleskop tipa Newton

Reflektorji zberejo svetlobo s pomočjo zrcala (za razliko od refraktorjev, ki to opravijo z lečo).

Teleskop tipa Newton uporablja ukrivljeno zrcalo, ki usmeri svetlobo proti drugemu, ravnemu zrcalu, ki usmeri svetlobo proti okularju.



Slika 3: Teleskop tipa Newton.

Teleskop tipa Dobson.

Gre le za Newtonovo optično zasnovo, ki ima preprosto nastavitev in je zato zelo popularen med amaterji.

Prednosti Newtonovih teleskopov:

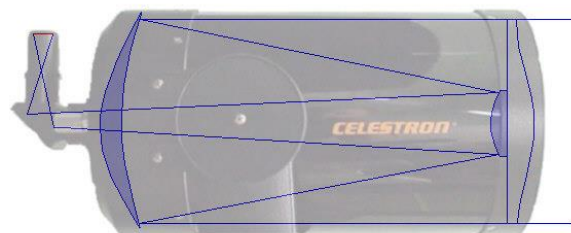
- Najcenejši na enoto premera objektiv.
- So brez kromatične aberacije.
- So amaterom dostopni v različnih premerih objektiv (od 8cm do 100cm).

Slabosti Newtonovih teleskopov:

- Daljši od Schmidt-Cassegrainov (ker nimajo kompaktne optične poti, kot npr. SCT).
- Potrebna je občasna kolimacija.

## Teleskop tipa Schmidt-Cassegrain

Največja slabost lečnih teleskopov in teleskopov tipa Newton je njihova velikost. Schmidt-Cassegrain teleskop (SCT) skrajša pot svetlobe in je zato lahko krajši kot ostala tipa teleskopov (seveda za isti premer objektiv). Vsi profesionalni teleskopi, ki so zgrajeni v zadnjem času, so narejeni po tem tipu (tudi npr. Hubble, Keck).



Slika 4: Schmidt-Cassegrain teleskop.

SCT ima ukrivljeno primarno zrcalo, ki zbere svetlobo in jo usmeri na konveksno sekundarno zrcalo, ta pa jo usmeri nazaj skozi luknjo v primarnem zrcalu proti okularju, ki se nahaja na zadnji strani teleskopa. Sferična zrcala so cenejša od paraboličnih, ampak imajo sferično aberacijo. To odstranimo s korekcijsko lečo na sprednji strani teleskopa.

### Maksutov-Cassegrain.

Ti teleskopi so podobni SCT, imajo pa mnogo bolj ukrivljeno korekcijsko lečo. Dajo zelo dobro sliko, imajo pa nekatere pomanjkljivosti: potrebujejo dalj časa za doseganje temperature okolice, imajo ožje vidno polje, so počasnejši pri fotografiji. Zato so SCT bolj popularni.

Prednosti SCT:

- So cenejši od refraktorja iste aperture.
- Imajo najbolj vsestranski dizajn.
- Zelo primerni za klasično in CCD astrofotografijo.

Slabosti SCT:

- So dražji od refraktorja iste aperture.
- Potrebna je občasna kolimacija..

### Tipi nastavitvev

Teleskope lahko damo na različne nastavitve za različne namene uporabe. Nekatere nastavitve omogočajo teleskopu lažje spremljanje rotacije Zemlje, spet druge omogočajo enostavnejše zemeljsko opazovanje, ali pa lažje računalniško vodenje.



Slika 5: Nemška ekvatorialna nastavitvev.

Prednosti nemške ekvatorialne nastavitvev:

- Dopušča enostavno sledenje.
- Zelo stabilna.
- Enostavno opazovanje v vseh smereh neba.
- Dobra za klasično in CCD astrofotografijo.

Slabosti nemške ekvatorialne nastavitvev:

- Je najtežji tip nastavitvev.
- Nastavitvev teleskopa traja dalj časa.

Prednosti angleške ekvatorialne nastavitvev:

- Bolj kompaktna in lažja od nemške.

- Hitrejša nastavitvev od nemške.
  - Možno enostavno sledenje.
  - Dobra za klasično in CCD astrofotografijo.
- Slabosti angleške ekvatorialne nastavitvev:
- Oteženo gledanje v smeri proti severnici.



Slika 6: Angleška ekvatorialna nastavitvev.



Slika 7: Altazimutna nastavitvev.



Slika 8: Dobsonska nastavitvev.

Prednosti altazimutne nastavitve:

- Najbolj kompaktna nastavitvev.
- Okular je vedno v dostopnem položaju.
- Enostavna uporaba za zemeljsko opazovanje.

Slabosti altazimutne nastavitve:

- Kompleksno sledenje.
- Mora biti nastavljen ekvatorialno, za fotografijo.

Prednosti dobsonske nastavitve:

- Enostavna uporaba.
- Poceni.
- Enostavna postavitvev.

Slabosti dobsonske nastavitve:

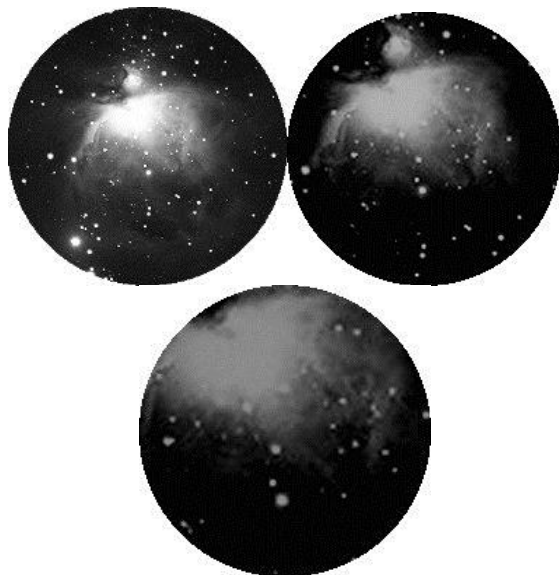
- Ne sledi (za sledenje potrebna posebna naprava).
- Ni uporabna za astrofotografijo (nima sledenja)

## Povečava

Povečava povzroča največjo žalost v amaterski astronomiji. Pogosto se slabi teleskopi prodajajo tako, da se v ospredje postavlja njihova povečava. Ampak moč teleskopa se ne skriva v povečavi, ampak v njegovi sposobnosti zbiranja svetlobe (aperturi). Z večjo aperturo vidimo pri isti povečavi več zato, ker smo zbrali več svetlobe.

Povečava je število, ki nam pove, kolikokrat je teleskop povečal sliko. Če je npr. povečava 20-kratna to pomeni, da izgleda predmet 20-krat večji kot je v resnici. Pomembno si je zapomniti, da večja kot je povečava, temnejša je slika. S povečanjem povečave za dvakrat, postane slika za štirikrat temnejša. Zato je mnoge objekte najlepše opazovati pri srednji povečavi, ne pa pri največji. Istočasno pa z večanjem povečave postaja vidno polje vse manjše.

Povečavo izračunamo tako, da delimo goriščno razdaljo objektiva, z goriščno razdaljo okularja. Goriščna razdalja objektiva je fiksna, z okularji različnih goriščnih razdalj spreminjamo povečavo.



Slika 9: Orionova meglica pri povečavah: 50x, 80x, 120x. Z večanjem povečave se zmanjša vidno polje, hkrati pa postane slika temnejša.

Obstaja neka maksimalna povečava, ki jo še lahko koristno uporabimo. Dve stvari omejujeta povečavo (teoretično večanje povečave ni problematično – npr.

s projekcijo slike na oddaljeno steno bi lahko dobili zelo povečano sliko).

- Vsak dodatni centimeter aperture doda 20 k povečavi (npr. z aperturo 5cm lahko gledamo do 100-kratne povečave, z aperturo 25cm pa do povečave 500).
- Mirnost atmosfere. S povečevanjem slike povečamo tudi turbulenco atmosfere. Navadno atmosfera ne dopušča povečave nad 200x.

Teleskop s aperturo 6cm lahko kvalitetno prikaže povečave do 120x. Z večanjem povečave ne pridobimo nič. Bolj se spleča opazovati z navadnim lovskim daljnogledom, kot pa s teleskopi z aperturo pod 8cm.

## Filtri

Filtre postavimo v optično pot teleskopa – navadno pred okular ali diagonalno prizmo, včasih pa tudi pred objektiv. Uporabljamo jih za vizualno opazovanje, klasično in CCD fotografijo.

Obstajajo različni filtri za različne namene:

- Filtri za Luno oslabijo svetlobo Lune in tako vidimo več podrobnosti.
- Sončni filtri oslabijo sončno svetlobo in tako omogočijo varno opazovanje Sonca.
- Filtri za svetlobno onesnaženost (light pollution filters) zmanjšajo vpliv svetlobne onesnaženosti (luči v mestih, sij neba).
- Filtri za meglice povečajo kontrast pri opazovanju meglic.
- Barvni filtri povečajo planetarne podrobnosti in omogočajo tribarvno CCD slikanje.

### Filtri za Luno

Obstajata dva tipa filtrov za Luno, filtri naravne gostote in polarizirajoči filtri.

- Filtri naravne gostote (natural density) zmanjšajo količino svetlobe, ki prihaja od Lune. So lahko različne gostote (prepuščajo različen delež svetlobe).
- Polarizirajoči filtri lahko spreminjajo delež svetlobe, ki jo prepuščajo. Sestavljeni so iz dveh identičnih filtrov, ki pri različnem relativnem položaju, prepuščajo različne deleže svetlobe.

Filtri za Luno so dobri tudi za opazovanje svetlih planetov (Venera, Jupiter), kot tudi za opazovanje dvojnih zvezd.

### Sončni filtri

Opozorilo: Nikoli ne opazuj Sonca brez primerne sončnega filtra. Gledanje direktno v Sonce nepopravljivo poškoduje vid. Uporabljal le filtre, ki v celoti pokrijejo aperturo in nikoli ne uporabljaj okularni filter za Sonce.

Imamo dva glavna tipa filtrov za Sonce. Filtri naravne gostote - natural density filtri (ne zamenjaj jih z luninimi natural density filtri) se uporabljajo za opazovanje fotosfere. Hidrogen-alfa filtri pa so za opazovanje kromosfere.

- Filtri naravne gostote so za opazovanje fotosfere in sončnih peg. Ti filtri so lahko narejeni iz posebne folije, ali pa so stekleni.
- Hidrogen-alfa (H-alfa) filtri pa so namenjeni opazovanju protuberanc, bakel in podobnih burnih izbruhov plina v kromosferi. H-alfa filtri se tako imenujejo zato, ker prepuščajo točno določen interval valovne dolžine, v določenem območju (prepuščajo H-alfa črto, okoli 656nm).

Različni H-alfa filtri prepuščajo različno velik interval spektra okoli H-alfa črte. Širokopasovni H-alfa prepušča več svetlobe in prikaže manj podrobnosti, medtem ko je pri ozkopasovnem H-alfa filtru ravno obratno. H-alfa filtri niso poceni, stanejo lahko nekaj tisoč evrov.

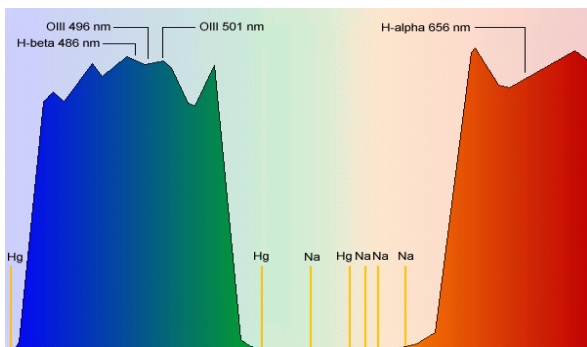
### Filtri za svetlobno onesnaženost (light pollution filtri)

K svetlobni onesnaženosti prispevajo vsi pojavi, ki posvetlijo nočno nebo. To je ulična razsvetljava, reflektorji, avtomobili... K svetlobni onesnaženosti prispeva tudi naravni sij neba (atomi v Zemljini atmosferi sevajo svetlobo, ki so jo pridobili podnevi od Sonca)

Ti filtri blokirajo svetlobo določene valovne dolžine (valovne dolžine svetlobne onesnaženosti) in prepuščajo zaželjeno svetlobo (svetlobo opazovanih objektov).

Imamo dva glavna tipa filtrov za svetlobno onesnaženost, širokopasovni filtri (broadband) in ozkopasovni (narrowband), ki so v bistvu filtri za meglice.

Na srečo ima skoraj vsa svetlobna onesnaženost natančno določene valovne dolžine. To pomeni, da se nahaja na ozkem območju valovnega spektra in nikjer drugje. Širokopasovni filtri prepuščajo ves spekter, razen teh ozkih območij, kjer se nahaja svetlobna onesnaženost. Širokopasovni filtri so dobri za opazovanje različnih objektov, ozkopasovni pa so najboljše za meglice.

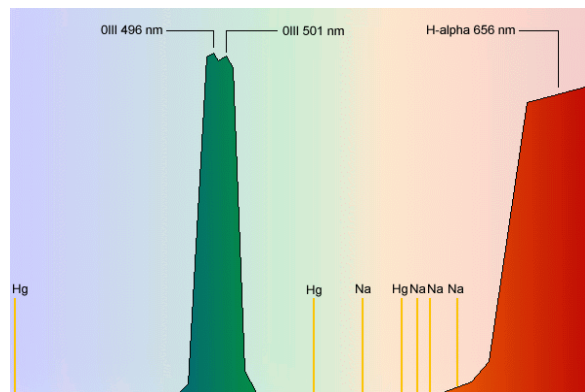


Slika 10: Prepustnost širokopasovnega filtra za svetlobno onesnaženost. Prikazan je vidni spekter, od modre do rdeče. Za vse valovne dolžine pod črno krivuljo je filter prepusten (tudi valovne dolžine, ki jih oddajajo meglice – H-beta, OIII, H-alfa). Rumene črte pa predstavljajo svetlobno onesnaženost, za katero filter ni prepusten.

### Filtri za meglice

Filtri za meglice so v bistvu ozkopasovni filter za svetlobno onesnaženost (in obratno). Blokirajo vso svetlobo, razen tiste, ki jo oddajajo meglice.

Emisijske meglice in planetarne meglice oddajajo svojo svetlobo pri točno določenih valovnih dolžinah, večinoma v kisikovi (OIII) in H-alfa črti (zelena in rdeča barva). Ti filtri torej spustijo skozi le ti dve barvi. Filtri za meglice ne prikažejo meglico svetleje, ampak celo malo temneje. Toda ozadje oslabijo še mnogo bolj, tako da se kontrast slike poveča (in vidimo več podrobnosti).



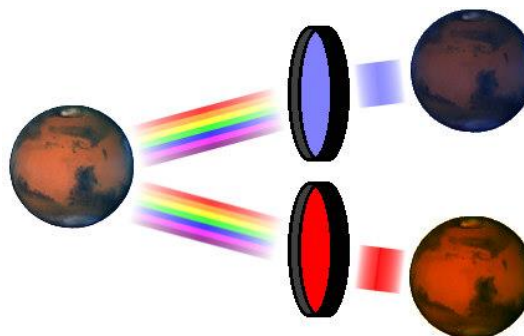
Slika 11: Prepustnost filtra za meglice. Prikazan je vidni spekter, od modre do rdeče. Za vse valovne dolžine pod črno krivuljo je filter prepusten. Med te valovne dolžine spadajo tudi tiste, ki jih oddajajo meglice (posebej pomembne so OIII in H-alfa linije). Rumene črte pa predstavljajo svetlobno onesnaženost, za katero filter ni prepusten.

### Barvni filtri

Barvni filtri so namenjeni predvsem za opazovanje planetov (povečajo kontrast in prikažejo podrobnosti) in pridobivanje barvnih slik z črno-belo CCD kamero.

#### Barvni filtri in opazovanje planetov:

Barvni filtri prepuščajo svetlobo določene barve in niso propustni za svetlobo druge barve (npr. rdeči filter je prepusten le za rdečo svetlobo, ne pa za npr. modro in zeleno). Če so podrobnosti opazovanega objekta določene barve, potem lahko povečamo kontrast in bolje prikažemo te podrobnosti s filtrom, ki prepušča to barvo (npr. oblake na Marsu, ki so modre barve, lepše prikažemo z modrim filtrom, kateri prepušča modro svetlobo oblakov in blokira oranžno-rjavo barvo površine).

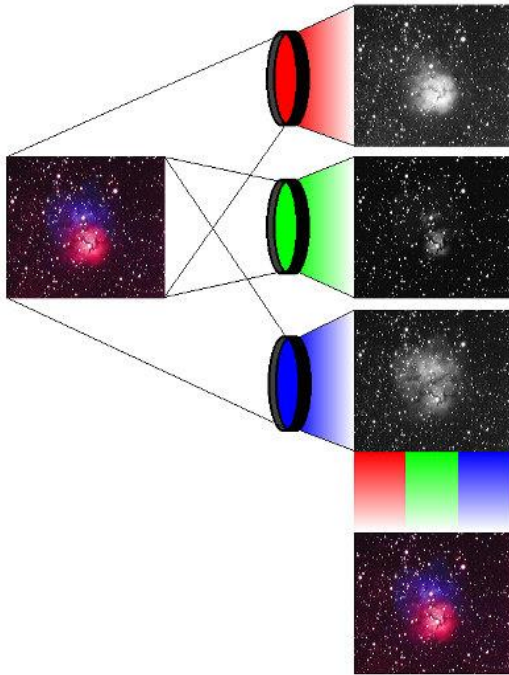


Slika 12: Mars. Če uporabimo moder filter, ki prepušča modro barvo, povečamo kontrast oblakov. Če uporabimo rdeč filter, ki prepušča rdečo barvo, povečamo kontrast rdeče-oranžnega površja.

#### Barvni filtri in CCD astrofotografija:

Tribarvno fotografiranje poteka tako, da poslikamo objekt v treh osnovnih barvah, rdeči, zeleni in modri. Nato vse tri slike računalniško seštejemo in obdelamo, da dobimo barvno sliko. Taka slika je boljše kvalitete, kot če bi fotografirali z barvno CCD.





Slika 13: Objekt (v tem primeru Trifidna nebula) poslikamo z črno-belo CCD kamero skozi rdeč, zelen in moder filter (vsak filter prepušča le svetlobo lastne barve). Nato te tri črno-bele slike seštejemo in dobimo barvno sliko.

#### Literatura:

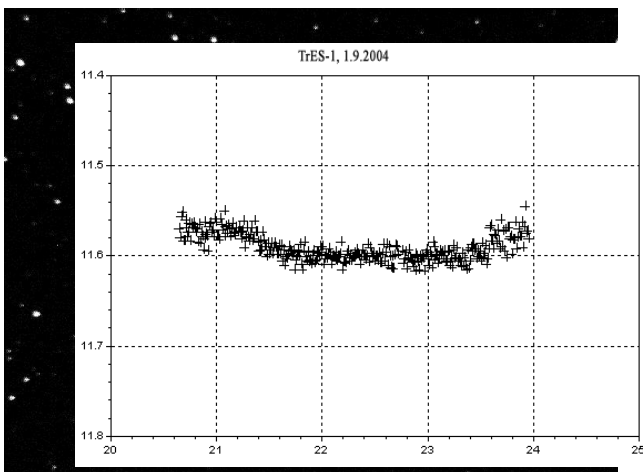
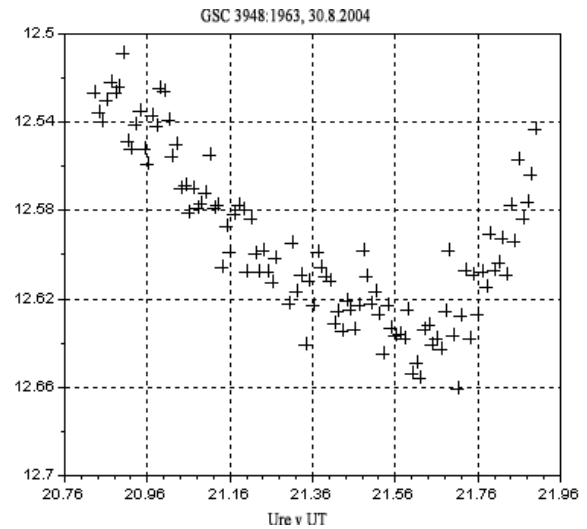
1. Mobberley M. *Astronomical Equipment for Amateurs*. London: Springer-Verlag, 1999.
2. North G. *Advanced Amateur Astronomy*. Cambridge University Press, 1998.
3. <http://www.starizona.com/basics/basics.html>

# TrES-1

## Samo Smrke

Na astronomskem taboru Kmica mi je Niko Štritof povedal, da so baje odkrili nov ekstrasolarni planet, ki prehaja pred zvezdo, torej med prehodom za nas rahlo potemni zvezdo. Take planete lahko načeloma zaznajo tudi amaterji z CCD kamero. Niko me je spodbujal, da bi poskušal posneti prehod, saj je on že enkrat poskušal posneti prehod HD 209458b, a mu to ni uspelo. Sprejel sem izziv. Bil je ravno pravi čas, saj je TrES-1 (ali GSC 2652:3142) v ozvezdju lire, ki je bilo visoko na nebu. Obhodni čas planeta je skoraj točno tri dni in prehod je tiste dneve po taboru potekal nekje med 11.00 in 2.00, tako da ni bilo problemov z iskanjem pravega dneva, ko bo prehod viden. Treba je bilo pohiteti, saj je bila Lira ob drugi uri že kar nizko. Prvi prehod je bil že 29. avgusta, drugi dan po taboru, a mi zaradi tehničnih težav ni uspelo opraviti opazovanja. Naslednji dan sem postavil teleskop in ga preizkusil, če bodo meritve zadosti točne. Teleskop je lepo sledil, eno minutni posnetki niso bili zamaknjeni, kar povsem zadošča za opazovanje spremenljivk. Odločil sem se posneti spremenljivko GSC 3948-1963, ki je približno tako svetla kot GSC 2652:1324 in ima dokaj kratko periodo. Prej pa sem se še posnel asteroid 803, ki ga tako dolgo nismo mogli posneti (od astronomskega tabora Medvedje Brdo 2001), vedno je nekaj slo narobe. Zadovoljen sem bil z dobljeno krivuljo spremenljivke, saj je bila napaka zadosti majhna, da bi lahko posnel TrES-1. Prvega septembra sem postavil teleskop, odpravil periodično napako sledenja ter snemal TrES-1 od 22.38 do 1.57, nato pospravil teleskop in šel takoj obdelovat podatke. Po kakšnem polurnem mučenju računalnika z polno obremenitvijo (moral je obdelovati 332 posnetkov

velikosti 752x580 pixlov) sem prišel do lepe krivulje, na kateri je bil jasno viden padec svetlosti za 0.02 magnitude (kar je okoli 2%). To pa še ni vse, nekaj dni za tem na internetu izvem, da je belgijski astronom istočasno posnel prehod in da je to prva amaterska potrditev prehoda tega planeta po samo treh prehodih od potrditve profesionalnih astronomov. Posebej se moram zahvaliti Nikotu, ki mi je tako hitro posredoval informacijo o odkritju. Meritve so objavljene na Extrasolar Planets Encyclopaedia in na transitsearch.org, najin dosežek je omenjen tudi v Sky&Telescope, december 2004, vodilni svetovni astronomski reviji.



# SKUPINA ZA METEORJE

## Pripravila skupina za meteorje pod vodstvom Ernesta Harija in Mateja Viteza

### 1. METEORJI

#### 1.1 Uvod

Meteorji sestavljajo vesoljski mozaik, ki nas obkroža. Bili so prve nezemeljske stvari, na katere je človek naletel v svojem razvoju. Pred 5. desetletji so bili edino nebesno telo, ki smo ga preučevali in s pomočjo njihove osnove ugotavljali razvoj Osončja.

V nezemeljski izvor meteoritov niso verjeli vse do pred sto leti. Prav tako še ne poznamo dobrega nastanka meteoritov in pa ne moremo z gotovostjo napovedati meteorskega dežja, meteorskih rojev.

#### 1.2 Meteorid, meteor, meteorit

**Meteorid** je majhno telo, ki zaide v zemeljsko atmosfero in povzroči meteor. Meteoridi so koščki kometov ali prašni delci v medplanetarnem prostoru. Njihova masa sega od milijoninke grama do nekaj ton. Meteoridi večkrat tvorijo meteorski potok, ostanek razpada komete. Če Zemlja pride v tak potok, opazujemo meteorski roj.

**Meteor** je svetla sled na nebu, vidna v jasni noči, ko zažari meteorid v zgornjih plasteh Zemeljske atmosfere (ionosfera, mezosfera, stratosfera). Meteorid ima lahko hitrost med 11 in 74 km/s. Pri teh hitrostih trenje med atmosfero in meteoridom slednjega dovolj segreje, da zažari in popolnoma izhlapi. To se dogaja na višini od 75 do 115 km nad Zemeljskim površjem. Trenje povzroča tudi, da meteorid pušča tanko žarečo sled atmosferskih plinov in ioniziranih atomov ter molekul, ki odbijajo radarske žarke. Njihova masa sega od mikrograma do nekaj ton. Meteoridi z manjšo maso niso vidni in po izgubi hitrosti počasi padajo proti površju. Veliki meteorji pa ob primerni hitrosti in sestavi preživijo pot skozi ozračje in padejo na tla. Take imenujemo meteoriti.

**Meteorit** je ostanek meteorida, ki je preživel pot skozi Zemeljsko ozračje, kjer je potoval kot meteor (star. izpodnebnik). Da bi meteorid prišel do površja Zemlje mora imeti maso vsaj nekaj gramov, ko vstopi v zgornje plasti atmosfere, in majhno hitrost. Vendar tudi takrat prispe do tal le 25% prvotne mase. Meteorite poimenujemo po kraju, kjer so jih videli pasti ali kjer so jih našli.

#### 1.3 Sestava meteorjev

Meteorje razvrščamo glede na njihovo kemično sestavo v tri glavne skupine:

- sideriti (vsebujejo nikelj in železo)
- aeroliti (vsebujejo predvsem silikate)
- sideroliti (so mešane sestave)

Siderit



#### 1.4 Pojmi

**Meteorski roj** je skupina meteorjev, ki navidezno prihajajo iz ene točke na nebesni obli. To točko imenujemo radiant.

**Meteorski potok** je eliptični obroč delcev, praviloma prahu in manjšega drobirja, ki so raztreseni po orbiti komete. Kadar Zemljina tirnica seka meteorski potok, je možno opazovati meteorski roj.

**Komet** je kepa ledu in prahu, ki kroži okoli Sonca. V bližini Sonca se razvijeta koma in rep komete, kepa pa predstavlja njegovo jedro. Slednjega večkrat opisujejo kot kepo umazanega ledu.

**Koma** je v astronomiji skoraj okrogel oblak prahu in plina, ki obdaja komet, ko je ta v bližini Sonca.

### 2. METEORSKI ROJI

#### 2.1 Nastanek meteorskega roja

Meteorski roj nastane iz meteornih delcev, ki so v bližini sonca. Ti pa zaradi tlaka izbruhnejo iz jedra komete. Prašni delci zapuščajo jedro v vseh smereh. Tisti, ki so bližje soncu imajo orbito z glavno osjo manjšo od kometove in imajo zato krajši obhodni čas. Meteorski roj, katerih orbite so podobne, vendar ne enake kometovi, se porazdeli po orbiti pred in za kometom in se sčasoma obe grupi v afeliju združita in s tem oblikujeta obroč prašnih delcev. S starostjo se roj širi, širina pa je odvisna tudi od izvornega komete. Meteorni prah- bodoči meteorji, stopijo v atmosfero, tam se zaradi sile trenja segrejejo na visoko temperaturo in zagorijo. V jasni noči lahko ponavadi vidimo nekaj sporadičnih meteorjev uro. Včasih pa je to povprečje videnih meteorjev veliko večje. Te periode – tki. meteorski dež. Med temi meteorskimi nevihtami (ki trajajo ponavadi nekaj dni) večina meteorjev pride iz določenega območja na nebu, t.i. radianta.

Meteorska nevihta je vedno poimenovana po ozvezdju v katerem je ta radiant najden. Naprimer, meteorski roj Perzeidi, se imenujejo po ozvezdju Perzeja



#### 2.2 Oblikovanje naključnega ozadja

V splošnem meteorski roji v splošnem razpadajo v oblak prahu Osončja. Naključno iz tega oblaka priletijo v zemeljsko atmosfero posamezni drobcji, ki zaradi

atmosferskega trenja zažarijo in jih vidimo kot naključne meteorje.

Vsak meteor, ki ga ne moremo povezati z nekim rojem, uvrstimo v razred naključnih meteorjev.

Razpadanje rojev poteka preko več procesov, od katerih so glavni trki med samimi delci, ki že sestavljajo oblak prahu. Obstajajo trije tipi: erozijski, fragmentacija in visoko hitrostna fragmentacija.

Povprečna relativna hitrost delcev znotraj roja je okrog 40 km/s in je primerljiva s heliocentrično hitrostjo roja. Večje hitrosti prispevajo k močnejšemu razpadanju roja.

Omeniti je treba še gravitacijske motnje, ki jih povzročata bližina planetov. Zemlja lahko prečka center ali le rob roja. Nekatere roje prečkata tudi Jupiter in Saturn. Velikost motenj gravitacijske privlačnosti

Jupitra je približno en procent velikosti Sončevih gravitacijskih motenj. Te motnje pospešujejo razpadanje roja.

Motnje zaradi Sonca opisuje *Poynting-Robertsonov efekt*.

Meteorji stopijo v atmosfero, kot ponavadi. V jasni noči lahko ponavadi vidimo nekaj sporadičnih meteorjev uro. Včasih pa je to povprečje videnih meteorjev veliko večje. Te periode – tako imenovani meteorski dež. Med temi meteorskimi nevihtami (ki trajajo ponavadi nekaj dni) večina meteorjev pride iz določenega območja na nebu, t.i. radianta.

Meteorska nevihta je vedno poimenovana po ozvezdju v katerem je ta radiant najden. Na primer, meteorski roj Perzeidi, se imenujejo po ozvezdju Perzeja, itd.

Nekaj najbogatejših meteorskih rojev:

Roj	Začetek	Maksimum	Konec	Največji ZHR	Opomba
Kvadrantidi	1.januar	4.januar	6.januar	60	Radiant v Volarju, oster vrh
Liridi	19.april	21.april	25.april	10	Včasih večji ZHR
Eta akvaridi	24.april	5.maj	20.maj	35	Širok vrh, starševski komet je Halley
Delta akvaridi	15.julij	29.julij	6.avgust	20	Šibki meteorji, dvojni radiant
Perzeidi	23.julij	12.avgust	20.avgust	75	Bogat roj
Orionidi	16.oktober	22.oktober	27.oktober	25	Lepo sledi meteorjev
Drakonidi	10.oktober	10.oktober	10.oktober	različno	Navadno šibak, le včasih bogat
Tauridi	20.oktober	3.november	30.november	10	Počasni meteorji
Leonidi	15.november	17.november	20.november	različno	Včasih nevihte(1966, 1999, 2000, 2001, 2002, naslednja 2099)
Andromedidi	15.november	20.november	6.december	zelo šibak	Skoraj izginil
Geminidi	7.december	13.december	16.december	75	Bogat, zanesljiv
Ursidi	17.december	23.december	25.december	5	Včasih bogat

Shower Activity Maximum Radiant V r ZHR IMO					
Period	Date sol	alpha	delta	Code	
° ° ° km/s					
Quadrantids	Jan 01-Jan 05	Jan 04	283.16 230	+49 41 2.1	120 QUA
delta-Cancrids	Jan 01-Jan 24	Jan 17	297 130	+20 28 3.0	4 DCA
alpha-Centaurids	Jan 28-Feb 21	Feb 08	319.2 210	-59 56 2.0	6 ACE
delta-Leonids	Feb 15-Mar 10	Feb 25	336 168	+16 23 3.0	2 DLE
gamma-Normids	Feb 25-Mar 22	Mar 13	353 249	-51 56 2.4	8 GNO
Virginids	Jan 25-Apr 15 (Mar 24)	(004)	195 -04 30	3.0 5	VIR
Lyrids	Apr 16-Apr 25	Apr 23	032.1 271	+34 49 2.1	18 LYR
pi-Puppids	Apr 15-Apr 28	Apr 24	033.5 110	-45 18 2.0	var. PPU
eta-Aquarids	Apr 19-May 28	May 05	045.5 338	-01 66 2.4	60 ETA
Sagittarids	Apr 15-Jul 15 (May 19)	(059)	247 -22 30	2.5 5	SAG
June Bootids	Jun 26-Jul 02	Jun 27	095.7 224	+48 18 2.2	var. JBO
Pegasids	Jul 07-Jul 13	Jul 09	107.5 340	+15 70 3.0	3 JPE
July Phoenicids	Jul 10-Jul 16	Jul 13	111 032	-48 47 3.0	var. PHE
Pisces Austrinids	Jul 15-Aug 10	Jul 27	125 341	-30 35 3.2	5 PAU
Southern delta-Aquarids	Jul 12-Aug 19	Jul 27	125 339	-16 41 3.2	20 SDA
alpha-Capricornids	Jul 03-Aug 15	Jul 29	127 307	-10 23 2.5	4 CAP
Southern iota-Aquarids	Jul 25-Aug 15	Aug 04	132 334	-15 34 2.9	2 SIA
Northern delta-Aquarids	Jul 15-Aug 25	Aug 08	136 335	-05 42 3.4	4 NDA

Perseids	Jul 17-Aug 24	Aug 12	140.0 046	+58 59 2.6	110 PER
kappa-Cygnids	Aug 03-Aug 25	Aug 17	145 286	+59 25 3.0	3 KCG
Northern iota-Aquarids	Aug 11-Aug 31	Aug 19	147 327	-06 31 3.2	3 NIA
alpha-Aurigids	Aug 25-Sep 08	Aug 31	158.6 084	+42 66 2.6	7 AUR
delta-Aurigids	Sep 05-Oct 10	Sep 09	166.7 060	+47 64 2.9	5 DAU
Piscids	Sep 01-Sep 30	Sep 19	177 005	-01 26 3.0	3 SPI
Draconids	Oct 06-Oct 10	Oct 08	195.4 262	+54 20 2.6	var. GIA
epsilon-Geminids	Oct 14-Oct 27	Oct 18	205 102	+27 70 3.0	2 EGE
Orionids	Oct 02-Nov 07	Oct 21	208 095	+16 66 2.5	23 ORI
Southern Taurids	Oct 01-Nov 25	Nov 05	223 052	+13 27 2.3	5 STA
Northern Taurids	Oct 01-Nov 25	Nov 12	230 058	+22 29 2.3	5 NTA
Leonids	Nov 14-Nov 21	Nov 17	235.27 153	+22 71 2.5	50+ LEO
alpha-Monocerotids	Nov 15-Nov 25	Nov 21	239.32 117	+01 65 2.4	var. AMO
chi-Orionids	Nov 26-Dec 15	Dec 01	250 082	+23 28 3.0	3 XOR
Phoenicids	Nov 28-Dec 09	Dec 06	254.25 018	-53 22 2.8	var. PHO
Puppid-Velids	Dec 01-Dec 15 (Dec 06)	(255)	123 -45 40	2.9 10	PUP
Monocerotids	Nov 27-Dec 17	Dec 08	257 100	+08 42 3.0	3 MON
sigma-Hydrids	Dec 03-Dec 15	Dec 11	260 127	+02 58 3.0	2 HYD
Geminids	Dec 07-Dec 17	Dec 13	262.2 112	+33 35 2.6	120 GEM
Coma Berenicids	Dec 12-Jan 23	Dec 19	268 175	+25 65 3.0	5 COM
Ursids	Dec 17-Dec 26	Dec 22	270.7 217	+76 33 3.0	10 URS

## SKUPINA ZA ASTROFIZIKO

### Poročilo z astronomskega tabora

#### PONEDELJEK:

Ob 15:00 smo se zbrali na Madžarskem v Monoštru na tamkajšnji osnovni šoli. Tisti večer smo opazovali nočno letno nebo, ter fotografirali z CCD kamero naša skupina pa z zrcalno refleksnim fotoaparatom.

#### TOREK DO ČETRTEK:

Od torika do četrta je naša skupina imela predavanje o astrofiziki in sicer v torek o kozmičnih hitrostih v sredo pa o tem koliko bi tehtali na drugih planetih zvečer pa smo imeli zaradi slabega vremena družabne večere v sredo smo se preselili v Gornje Petrovce.

#### ČETRTEK:

V četrtek popoldan smo imeli predavanja, zvečer pa smo opazovali nočno nebo tokrat 1. v Sloveniji in sicer v Gornjih Petrovcih.

#### PETEK:

V petek zvečer smo imeli zaključek tabora.

Na taboru je bilo zelo zanimivo in pestro zato ga bom drugo leto spet obiskal ker smo se vsi imeli zelo lepo.

Aleksander Koroša

znanja in izkušenj iz astronomije so spremenljivi, vendar sem zadovoljen s tem kar imamo ter se s tem veselimo.

Svoje znanje sem utrdil, a ob enem našel tudi nove luknje ter luknjice. O tem če mi je ta tema o kateri smo v skupini Astrofizika govorili in računali zdela zanimiva, bi odgovoril kratko in jedrnat: "PA JA". V prostem času (tega ni bilo tako malo) sem se navduševal nad nogometom ter košarko, pa tudi proti posedanju pred računalniki ne bi/nisem nič rekel. Ob večerih smo se podali na milo nebo opazovat tisto kar te je najbolj veselilo, če pa vreme tega ni dopustilo pa smo si ogledovali filme, kartali,... Najbolj sem užival ob zgodno-jutranjem nebu 27. avgusta, ko smo z novimi prijatelji počakali do konca opazovanja. Takrat je sledil vrhunec tega tedna (vsaj za mene). videli smo: plejade, ozvezdje Orion, Venero, mnogo utrinkov ter satelitov, dvojne zvezde, ozvezdja Liro, Orla, Laboda, razsute kopice ter mnogo drugih nebesnih teles.

Že zdaj sem se odločil, da se naslednje leto TUDI udeležim tega tabora

Andrej Šadl

Tabor se mi je pustil dober vtis, saj sem na taboru drugič, morda bi se lahko odločili za to, da bi ta potekal SAMO v Sloveniji. Pogoji za pridobivanje

### Računanje kozmičnih hitrosti

Kaj pomenijo kozmične hitrosti? Če hočemo, da bi nek predmet krožil okrog Zemlje ali katerega drugega planeta, nizko nad površjem, ga moramo izstreliti s hitrostjo, ki ji pravimo prva kozmična hitrost. Če pa hočemo doseči, da predmet uide težnosti planeta, ga je treba izstreliti z drugo kozmično hitrostjo.

#### 1. KOZMIČNA HITROST:

Predmet, ki kroži okrog planeta čuti poleg gravitacijske sile, ki ga vleče proti planetu, tudi centrifugalno silo, ki pa ga vleče navzen. 2. Newton zakon pravi, da je sila med dvema telesoma sorazmerna s produktom obeh mas teles in obratno sorazmerna s kvadratom razdalje med njima:

$$F_g = \frac{GmM}{r^2} = mg \quad (1)$$

V drugi enakosti smo z  $g$  označili težni pospešek predmeta, ki ga ta čuti na površini planeta, za  $r$  vstavimo torej polmer  $R$  planeta.  $G$  je gravitacijska

konstanta,  $M$  masa planeta in  $m$  masa predmeta. Če predmet kroži na majhni višini, je njegov pospešek približno kar enak težnemu pospešku na površini. V primeru, da se višina predmeta ne spreminja, lahko izenačimo centrifugalno silo

$$F_c = m \frac{v^2}{R} \quad (2)$$

in gravitacijsko silo, enačba (1). Dobimo:

$$m \frac{v^2}{R} = gm \quad (3)$$

Iz enačbe (1) upoštevamo še, da je  $g = \frac{GM}{R^2}$ , pa

dobimo izraz za prvo kozmično hitrost:

$$v_{k1} = \sqrt{\frac{GM}{R}} \quad (4)$$

## 2. KOZMIČNA HITROST:

Drugo kozmično hitrost bomo določili malo drugače. Namesto da računamo s silami, ki delujejo na naš predmet, pogledjmo rajši kakšna je njegova celotna energija. Sestavljena je iz dveh prispevkov: gravitacijske potencialne energije:

$$W_p = -\frac{GmM}{r} \quad (5)$$

in kinetične:

$$W_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (6)$$

Recimo, da smo na površju planeta in izstrelimo predmet navpično navzgor. Da bo premeagal planetovo težnost, ga moramo izstreliti najmanj s takšno hitrostjo, da se bo ustavil šele daleč, daleč vstran (v neskončnosti). Na tak način je definirana druga kozmična hitrost. Celotna energija telesa se ohranja. Enaka bo takrat, ko smo predmet izstrelili s površja planeta, in v neskončnosti.

$$W = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{GmM}{R} \quad (7)$$

Rekli smo, da se v neskončnosti predmet ustavi, zato je njegova kinetična energija tam enaka nič. Prav tako je gravitacijska potencialna energija telesa v neskončnosti enaka nič. Iz tega sledi, da je njegova celotna energija v neskončnosti enaka nič. Dobimo enačbo:

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{GmM}{R} = 0 \quad (8)$$

Od tod pa lahko izrazimo hitrost, ki je druga kozmična hitrost:

$$v_{k2} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \quad (9)$$

Spodnja tabela prikazuje izračunane vrednosti za prvo in drugo kozmično hitrost za planete našega Osončja. Podatki o masi in polmeru so vzeti iz knjige Oxfordova enciklopedija astronomije.  $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$ ,  $M_{\text{Zemlje}} = 6 \cdot 10^{24} \text{kg}$ .

Planet	masa (Zemlja=1)	polmer (m)	$v_{k1}$ (km/s)	$v_{k2}$ (m/s)
Merkur	0.06	2 439 000	3.1	4.4
Venera	0.82	6 052 000	7.4	10.4
Zemlja	1	6 378 000	7.9	11.2
Mars	0.11	3 394 000	3.6	5.1
Jupiter	317.83	71 400 000	42.2	59.7
Saturn	95.16	60 000 000	25.2	35.6
Uran	14.5	25 400 000	15.1	21.4
Neptun	17.2	24 400 000	16.8	23.8
Pluton	0.002	1 125 000	0.8	1.2

# SKUPINA ZA OSNOVE ASTRONOMIJE

Meta Kogoj, Katja Markelj, Manica Markelj, Ana Štruci

## Določanje gravitacijskega pospeška

### teoretično ozadje:

Nitno nihalo je sestavljeno iz lahke nitke in na njej obešene uteži. Ko utež odmaknemo iz ravnovesne lege in jo spustimo, nihalo zaniha. Na utež delujeta dve sili, njena teža ter sila nitke. Njuna rezultanta, ki vselej deluje proti ravnovesni legi (tangenta na sled nihanja), povzroča nihanje. Če zanemarimo delovanje zunanjih sil, trenja in zračnega upora, si nihanje predstavljamo kot nedušeno → zaporedni nihaji so med seboj enaki.

### potrebščine:

- nihalo (zgoraj navedeno)
- dolžinsko merilo

### meritve:

l [m]	10·t <sub>0</sub> [s]	t <sub>0</sub> [s]	g [m/s <sup>2</sup> ]
2,0	28,37	2,84	9,789
1,8	26,84	2,68	9,894
1,6	25,42	2,54	9,791
1,4	23,75	2,38	9,757
1,2	21,97	2,20	9,788
1,0	20,06	2,01	9,772
0,8	17,99	1,80	9,748
0,6	15,43	1,54	9,988
0,4	12,74	1,27	9,791

### analiza:

za vsako dolžino vrvice smo izračunali g po enačbi

$$t_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow g = \frac{1}{\left(\frac{t_0}{2\pi}\right)^2}$$

Povprečen pospešek je 9,829 m/s<sup>2</sup>.

### ocena napake:

Vedeti moramo, da je vrednost pospeška pri nas približno 9,807 m/s<sup>2</sup>, torej napaka ni pretirano velika.

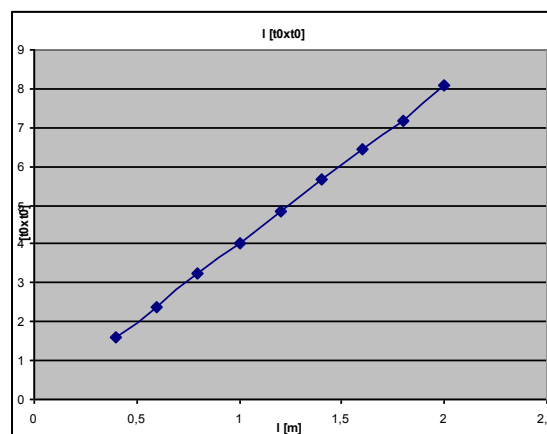
### zakaj moramo nitko obesiti preko ostrega roba?

Če bi jo obesili preko zaobljene palice, bi se pri nihanju spreminjala dolžina nitke. V skrajni legi na strani palice bi bila nitka dejansko krajša, vrtišče bi se

- stativni material
- štoparica

### potek poskusa:

Nitko smo obesili preko ostrega roba. Za dolžino nitke smo upoštevali razdaljo od težišča uteži do obesišča na vrhu. Nihalo smo zanihali iz ravnovesne lege, pod pogojem, da amplituda ni presegala 15°. Nihajni čas smo določili kot povprečje devetih nihajev in s tem zmanjšali napako merjenja. Začetno dolžino dveh metrov smo po koraku 20 cm skrajševali, nihajne čase pa vpisovali v tabelo.

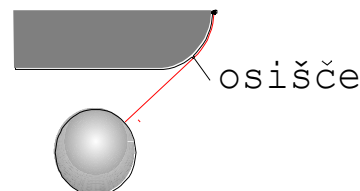


Odvisnost kvadrata nihajnega časa od dolžine nitke:  $t^2 = t^2(l)$ . Razvidno je, da nihajni čas narašča s korenomo dolžine nitke. Iz koeficienta premice lahko določimo gravitacijski pospešek.

pomaknilo po nitki navzdol. V drugi skrajni legi pa bi bila nitka najdaljša. To bi verjetno vplivalo na nihajni čas nihala.

### komentar:

To, kar smo pokazali, velja le za majhne amplitude, okoli desetih stopinj. Če je amplituda večja, pride do spremembe, zaradi večjega zračnega upora in zato, ker kroglica opiše lok, mi smo pa računali z odklikom od ravnovesne lege, ki je pri majhnih amplitudah zelo blizu loku.



# UDELEŽENCI ASTRONOMSKEFGA TABORA

## Mednarodni astronomski tabor KMICA 2004

OŠ Monošter (Madžarska) in OŠ G. Petrovci, od 23. do 28. avgusta 2004

Vodja tabora: doc. dr. Mitja Slavinec

Strokovni vodja tabora: Blaž Kučuk

Organizacijski vodja tabora: Damijan Škraban

Organizacijski odbor: Ludvik Filo, Darja Kozar, Suzana Čurman, Johann Laco, Gabor Huszar, Irena Fasching

Mentorji: Blaž Kučuk, Damijan Škraban, Mario Škraban, Samo Smrke, Ernest Hari ter asistenti Bojan Marušič, Igor Čenar, Matej Vitez in Miha Lendvaj

	ime in priimek	kraj
1.	Jerneja Pirnat	Murska Sobota
2.	Mirjana Plantan	Murska Sobota
3.	Maja Hakl	Radenci
4.	Alan Podlesek	Murska Sobota
5.	Črt Brenčič	Murska Sobota
6.	Sandi Dora	Murska Sobota
7.	Jernej Lobe	Celje
8.	Hana Volfand	Celje
9.	Jakob Jurkoše	Celje
10.	Klemen Rajh	Celje
11.	Matej Krajnc	Celje
12.	Ana Marija Štrucl	Maribor
13.	Katja Markelj	Kamnik

14.	Manica Markelj	Kamnik
15.	Aleksander Koroša	Turnišče
16.	Alen Serec	Murska Sobota
17.	Nenad Kojič	Murska Sobota
18.	Thierry Šavora-Dinga	Ormož
19.	Meta Kogoj	Ljubljana
20.	Andrej Šadl	Radenci
21.	Ožbej Istenič	Logatec
22.	Matevž Rupnik	Logatec
23.	Jernej Virag	Beltinci
24.	Tilen Bakal	Gornja Radgona
25.	Vlado Časar	Petrovci
26.	Sonja Sukič	Puconci

## Raziskovalni astronomski tabor

OŠ Fokovci, september 2004

Udeleženci: Blaž Kučuk, Damijan Škraban, Mario Škraban, Samo Smrke, Ernest Hari, Matej Vitez, Miha Lendvaj, Jerneja Pirnat, Mirjana Plantan, Maja Hakl, Alan Podlesek in Črt Brenčič.





## ČLANI AD KMICA

- |                               |                             |                        |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1. Elemer Aladič              | 51. Ernest Novak            | 100. Danijela Kuhar    |
| 2. Andrej Balažič             | 52. Goran Obal              | 101. Marko Kalamar     |
| 3. Jože Baša                  | 53. Dejan Pavel             | 102. Alenka Šiplič     |
| 4. Uroš Bergles               | 54. Jerneja Pirnat          | 103. Doroteja Kamnik   |
| 5. Daniel Bernad              | 55. Miran Podojstršek       | 104. Melita Lazar      |
| 6. Urban Bernat               | 56. Jože Puhar              | 105. Sandra Gorčan     |
| 7. Franček Bertalanič         | 57. Mateja Rems             | 106. Anemari Horvat    |
| 8. Branko Bezenc              | 58. asist. Robi Repnik      | 107. Bernarda Škafar   |
| 9. Tomaž Bratina              | 59. Matevž Ružič            | 108. Nejc Marič        |
| 10. Črt Brenčič               | 60. Tomaž Sedonja           | 109. Filip Gregor      |
| 11. Alojz Celec               | 61. doc. dr. Mitja Slavinec | 110. Tilen Lebar       |
| 12. Stanko Cesnik             | 62. Samo Smrke              | 111. Štefan Kološa     |
| 13. Franc Cipot               | 63. Mario Škraban           | 112. Andej Ške         |
| 14. Rudi Cipot                | 64. Damijan Škraban         | 113. Vlado Kreslin     |
| 15. Suzana Čurman             | 65. Matej Temlin            | 114. Srečko Merklin    |
| 16. Igor Čenar                | 66. Zdenko Temlin           | 115. Marjan Mauko      |
| 17. Marjan Čenar              | 67. Tatjana Trček           | 116. Aleksandra Pörš   |
| 18. Sandi Dora                | 68. Blaž Triglav            | 117. Aleš Časar        |
| 19. Ludvik Filo               | 69. Franc Vereš             | 118. Željko Aleksič    |
| 20. Dominik Golob             | 70. Uršak Vidovič           | 119. Evelina Katalinič |
| 21. dr. Andreja Gomboc        | 71. Zdenka Vidovič          | 120. Uroš Bagari       |
| 22. Zvonimir Gomboc           | 72. Igor Vučklič            | 121. Marina Cigut      |
| 23. Mitja Govedič             | 73. Tjaša Vučklič           | 122. Sandra Hari       |
| 24. Robi Grah                 | 74. prof. dr. Joso Vukman   | 123. Rok Vogrinčič     |
| 25. Simona Grosman            | 75. Iztok Zrinski           |                        |
| 26. Ernest Hari               | 76. Anita Zver              |                        |
| 27. Helga Lukač               | 77. Miran Žilavec           |                        |
| 28. Sandra Hari               | 78. Jernej Žilavec          |                        |
| 29. Nika Horvat               | 79. dr. Darko Veberič       |                        |
| 30. Simona Ipša               | 80. Igor Praprotnik         |                        |
| 31. doc. dr. Zvonko Jagličič  | 81. Janez Lopert            |                        |
| 32. Primož Kajdič             | 82. Milan Svetec            |                        |
| 33. Zlatka Kardoš             | 83. Zoran Celec             |                        |
| 34. Matej Kerčmar             | 84. Monika Novak            |                        |
| 35. Tadej Kirinčič            | 85. Marjan Huber            |                        |
| 36. Sara Klemenčič            | 86. Simon Kuhar             |                        |
| 37. doc. dr. Mihaela Koletnik | 87. Miran Ambruž            |                        |
| 38. Ernest Kološa             | 88. Ivan Pirling            |                        |
| 39. Blaž Kučuk                | 89. Blaž Tropenauer         |                        |
| 40. Bojan Kuprivec            | 90. Boris Cigan             |                        |
| 41. Katja Kustec              | 91. Matej Vitez             |                        |
| 42. Johan Laco                | 92. Damjan Gašparič         |                        |
| 43. Tamara Lazar              | 93. Ivan Nerat              |                        |
| 44. Tiberij Lebar             | 94. Grega Nerat             |                        |
| 45. Miha Lendvaj              | 95. David Smodiš            |                        |
| 46. doc. dr. Renato Lukač     | 96. Vlado Časar             |                        |
| 47. Bojan Marušič             | 97. Simona Škrilec          |                        |
| 48. Boris Mugerle             | 98. Janez Slaček            |                        |
| 49. Dušan Nadj                | 99. Lara Sobočan            |                        |
| 50. Simon Nemeč               | 100. Borut Horvat           |                        |



Urednik:  
doc. dr. Mitja SLAVINEC  
Tehnični urednik:  
Damijan ŠKRABAN  
Pregled:  
asist. Milan SVETEC  
Oblikovanje:  
Mario ŠKRABAN  
mag. Nuša PAVLINJEK  
Tisk:  
AIP Praprotnik  
Naklada:  
400 izvodov  
Založnik:  
AD Kmica in ZOTKS