

Marijan Prosen - Majo

Zvezde nad Joštom

e-delo

Kranj – Zlato Polje, marec 2018

Kdo ali kaj so *Zvezde nad Joštom*?

To so izbrane zgodbe o nevsakdanjih zvezdah in o zanimivih osebnostih (učenjaki, naravoslovci, matematiki, raziskovalci, morjeplovci, ...).

V uvod sem vključil nekaj osnovnošolske matematike (7. razreda), ki jo tu in tam v kakšnem izračunu v tej e-knjižici uporabim, a je eksplicitno ne navajam.

Uvod

Zelo majhni koti
Višinski kot zvezde
Računanje radija zvezde

Zvezde

Antares
Epsilon Voznika
Granatna zvezda
Kozlički
Miheličeva zvezda
Superzvezda
VV Kefeja
VY Velikega psa
Zeta Voznika
Betlehemska

Osebnosti

Arhit
Bopp
Eratosten
Heron
Keops
Kleostrat
Konon
Magellan
Menelaj

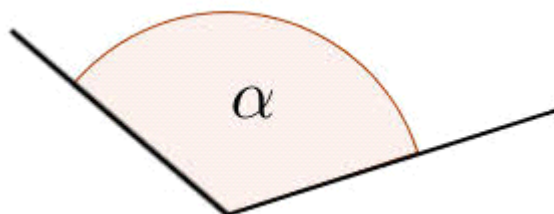
UVOD

Zelo majhni koti

Kot je del ravnine med dvema poltrakoma, ki izhajata iz iste točke, imenovane vrh kota. Kote merimo s kotnimi stopinjami in radiani. Mi bomo tukaj uporabljali le kotno stopinjo ($^{\circ}$) in njene dele: kotno minuto ($'$) in kotno sekundo ($''$).

Polni kot meri 360 kotnih stopinj, to je 360° . Tako je ena kotna stopinja 360.-ti del polnega kota.

$$\begin{aligned} 1^{\circ} &= 1/360 \text{ polnega kota} \\ 1^{\circ} &= 60' = 60 \cdot 60'' = 3\,600'' \end{aligned}$$



Kot α (alfa) z vrhom in poltrakoma.

Kadar je kot manjši od 5° , govorimo o majhnem kotu, kadar je manjši od 1° , pa o zelo majhnem kotu.

V astronomiji imamo večinoma opravka z zelo majhnimi koti. Sonce in Luno na primer vidimo v zornem kotu $0,5^{\circ}$, planete v kotih, ki so manjši od $1'$, zvezde pa v manjšem kotu od $0,06''$. V tem primeru pri raznih računih lahko vedno uporabimo sorazmerje za središčni kot α in njemu pripadajoči lok l , ki je kar enak tetivi t , pri krožnici z radijem r . Vedno namreč velja sorazmerje: $\alpha/360^{\circ} = l/2\pi r$, in ker je $l \approx t$ (dolžina loka je praktično enaka dolžini tetive), velja tudi: $\alpha/360^{\circ} = t/2\pi r$, od koder lahko izračunamo posamezno iskano količino (ali α , ali t , ali r).

Zgled

Izračunajmo, koliko meri premer $2R$ Sonca, ki je oddaljeno od Zemlje $r = 150$ milijonov km in ga z Zemlje vidimo v zornem kotu $\alpha = 32'$.

Ker je Sonce zelo oddaljeno od nas in ga povrh vidimo še v zelo majhnem zornem kotu, lahko upravičeno uporabimo gornjo enačbo za središčni kot in njemu pripadajoči lok, enak tetivi, pri krožnici z radijem r . Velja: $2R/2\pi r = \alpha/360^{\circ}$ in premer Sonca je $2R = \alpha \cdot 2\pi r/360^{\circ} = 32' \cdot 2\pi \cdot 150\,000\,000 \text{ km}/360 \cdot 30' \approx 1\,400\,000 \text{ km}$ in radij $R \approx 700\,000 \text{ km}$. Ker meri radij Zemlje $6\,400 \text{ km}$, je radij Sonca v radijih Zemlje $700\,000 \text{ km}/6\,400 \text{ km} = 109$.

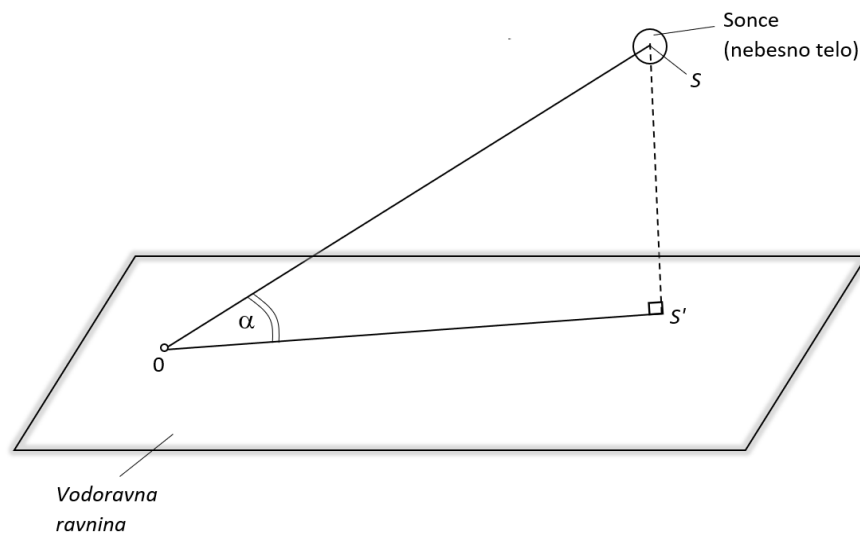
Radij Sonca je okoli 109-krat večji od radija Zemlje.

Naloge

1. V kolikšnem zornem kotu vidimo Luno v oddaljenosti $60 R$ od Zemlje, če je R radij Zemlje, Luna pa ima radij, ki je enak $\frac{1}{4}$ radija Zemlje. [$0,5^\circ$]
2. Mars je bil v opoziciji s Soncem z Zemlje viden v kotu $20''$. Koliko je bil takrat oddaljen od Zemlje, če je njegov radij $\frac{1}{2}$ radija Zemlje, ta pa meri okoli 6 400 km? [Okoli 66 milijonov km.]
3. Ko je Venera od Zemlje oddaljena 105 milijonov km, jo z daljnogledom opazujemo v zornem kotu $25''$. Izračunajte njen radij in ga primerjajte z radijem Zemlje, ki meri okoli 6 400 km. [Radij Venere je skoraj enak radiju Zemlje.]

Višinski kot zvezde

Višinski kot zvezde je kot med vodoravno ravnino in smerjo proti zvezdi. Na sliki je sicer narisana višinski kot α Sonca, a če si namesto Sonca v točki S mislimo zvezdo, je kot $SOS' = \alpha$ tudi višinski kot zvezde.



O – naše opazovališče (oko), S – zvezda (nebesno telo), $\alpha = \text{kot } SOS' – \text{višinski kot zvezde (nebesnega telesa)}$. Ko je zvezda na obzorju, to je v vodoravni ravnini, je njen višinski kot 0 (0°), ko pa je navpično nad vodoravno ravnino (nad nami), to je v nadglavišču ali zenitu, je njen višinski kot 90° .

Zvezde se gibljejo na nebu. To je njihovo navidezno gibanje oz. kroženje, do katerega pride zaradi vrtenja Zemlje. Glede na to, kje na nebu se zvezde gibljejo, razlikujemo nadobzornice, vzhajalke in podobzornice. Iz določenega kraja lahko opazujemo le nadobzornice, saj so stalno na nebu, in vzhajalke, ki vzhajajo in zahajajo in so ene več, druge manj časa nad obzorjem; podobzornice pa iz tega kraja ne moremo opazovati, ker nikoli ne pridejo nad obzorje in jih sploh ne vidimo.

Zvezde spreminjajo svojo lego glede na predmete na obzorju opazovališča oz. glede na vodoravno ravnino. Zato se spreminjajo tudi njihovi višinski koti. Zaznavamo samo višinski kot vzhajalk in nadobzornic.

Obravnavali bomo le višinski kot vzhajalke za kraje na severni Zemljini poluti. Sonce je vzhajalka. Kakor Sonce tudi zvezda vzhajalka vzide in zaide. V času enega dne, to je v 24 urah, pride vsaka vzhajalka enkrat tudi v najvišjo lego na nebu ali v najvišjo lego nad obzorjem kakega kraja. Vsaka vzhajalka ob svojem času. Ob vzidu zvezde je njen višinski kot nič (0°). Ko se zvezda dviga, se kot večja, ko pride najvišje, je višinski kot zvezde največji. Potem se zvezda spušča in njen višinski kot se manjša, ob zaidu zvezde pa je spet nič.

Zvezde vzhajalke pridejo v najvišjo lego na nebu vedno v južni smeri, na južni strani neba, in sicer, vsaka zase v različnem času. Takrat dosežejo največji višinski kot. Naše opazovališče O in zvezda ležita v poldnevniški ravnini.

Zvezda, ki se giblje dalj časa nad obzorjem, prečka to ravnino višje in ima zato večji največji višinski kot kakor zvezda, ki se giblje manj časa nad obzorjem.

Največji višinski kot, ki ga zvezda doseže v poldnevniški ravnini, je za kako opazovališče odvisen od njegove lege na Zemlji, oziroma od zemljepisne širine φ opazovališča, in lege zvezde na nebu, oziroma od deklinacije δ zvezde. Največji višinski kot α zvezde z deklinacijo δ ob njenem prehodu čez poldnevniško ravnino za kraje z znano zemljepisno širino φ na severni Zemljini poluti je: $\alpha = 90^\circ - \varphi + \delta$.

Zanimive so predvsem zvezde, ki pri svojem navideznem gibanju pridejo na nebu natančno nad našo glavo, v nadglavišče. V nadglavišče seveda pridejo le določene, izbrane vzhajalke (in tudi nadobzornice).

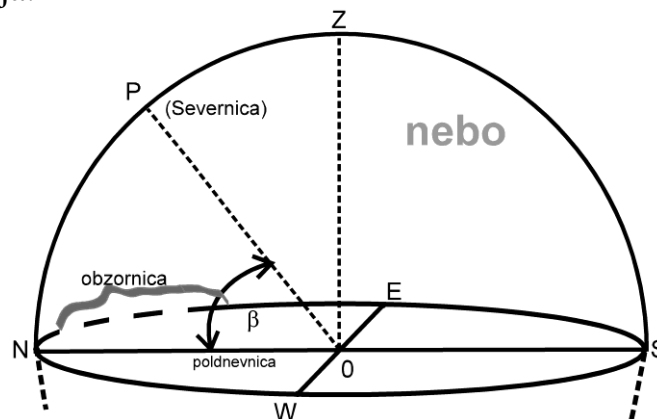
Poglejmo, katere vzhajalke s pozitivno deklinacijo ($\delta > 0$) lahko v krajih s pozitivno zemljepisno širino ($\varphi > 0$; to je na severni Zemljini poluti) pridejo v nadglavišče, da gredo čez krajevni nebesni poldnevnik natančno nad glavo, ko je njihov višinski kot natanko 90° .

To ugotovimo kar iz zapisane enačbe za največji višinski kot zvezde, ki jo preoblikujemo takole: $\alpha = 90^\circ - (\varphi - \delta)$. Da je višinski kot $\alpha = 90^\circ$, mora biti $(\varphi - \delta) = 0$, oziroma $\varphi = \delta$. Povedano z besedami: zemljepisna širina kraja mora biti enaka deklinaciji zvezde. V krajih, ki imajo takšno zemljepisno širino, kot je deklinacija zvezde, taka zvezda pride v nadglavišče.

Ena taka, celo idealna zvezda za naše kraje, je svetla zvezda Kapela ali Koza z $\delta = 46^\circ$, ki leži v ozvezdju Voznik. Sredi zime je ponoči natanko nad našo glavo. Druga, ne ravno idealna, zvezda pa je prav tako svetla zvezda Vega z $\delta = 39^\circ$ v ozvezdju Lira, ki je poleti ponoči blizu nadglavišča. O tem se lahko prepričamo z računom (gl. dalje) in/ali z opazovanjem zvezd. Za druge kraje pridejo v poštev druge zvezde, da pridejo v nadglavišče.

Na nebu pa je še ena zanimiva zvezda, ki se ji višinski kot skoraj ne spreminja. Leži zelo blizu severnega nebesnega pola, komaj $0,7^\circ$ oddaljena od njega. To je Severnica ali Polarnica. Navidezno se giblje tik okrog severnega

nebesnega pola (kroži po skrajno majčkenu krožnici) in se ji zato višinski kot skoraj ne spreminja.



Lega Severnice na nebu v neposredni bližini severnega nebesnega pola za naše kraje - podnevi in ponoči praktično leži v isti točki neba, kar uporabimo za nočno orientacijo: če smo obrnjeni proti Severnici, je pred nami sever N, za nami jug S, desno vzhod E, levo zahod W; O – opazovališče, P – severni nebesni pol, kjer v neposredni bližini leži Severnica, β - višinski kot severnega nebesnega pola (približen višinski kot Severnice), to je kot med vodoravno ravnino (obzorjem) in smerjo proti severnemu nebesnemu polu. Dokazati je mogoče, da je višinski kot severnega nebesnega pola enak zemljepisni širini kraja na severni Zemljini polkrogli. To je preprost način določanja zemljepisne širine kraja. Če izmerimo višinski kot Severnice, približno določimo, to je ocenimo zemljepisno širino kraja.

Zgled

Kolikšen je največji višinski kot zvezde Vege v Kranju s $\varphi = 46^\circ$, če ima zvezda deklinacijo $\delta = 39^\circ$?

Največji višinski kot Vege je $\alpha = 90^\circ - \varphi + \delta = 90^\circ - 46^\circ + 39^\circ = 83^\circ$.

Tako smo se z računom, brez opazovanja, prepričali, koliko je največji višinski kot zvezde Vege. Lahko pa Vege tudi opazujemo in ugotavljamo njen največji višinski kot.

Naloge

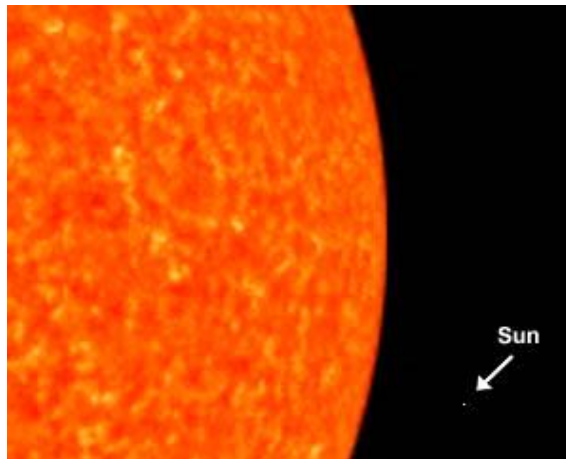
1. Koliko meri največji višinski kot svetle zvezde Arktur v Ljubljani s $\varphi = 46^\circ$, če je njena deklinacija $\delta = 19^\circ$? [63°]
2. Katera zvezda pride v nadglavišče v kraju s $\varphi = 32^\circ$? [Zvezda z $\delta = 32^\circ$.]
3. Koliko meri zemljepisna širina opazovališča, v katerem opazujemo zvezdo z deklinacijo $65^\circ 35'$ v zenitu? [$\varphi = 65^\circ 35'$]
4. Katere zvezde vidimo v krajih na Zemljinem ekvatorju natančno nad glavo? [Zvezde z $\delta = 0^\circ$.]
5. Katere zvezde vidimo na severnem Zemljinem polu natanko v nadglavišču? [Nobene, saj tam vendar leži severni nebesni pol, šele zelo blizu pola, manj kot 1° , leži Severnica.]

Računanje radija zvezde

Zvezde so velikanske od nas zelo oddaljene krogle žarečih plinov (zelo poenostavljen model za zvezdo). Tako silno so oddaljene od nas, da jih na nočnem nebu vidimo le kot pike. Vendar pa njihovo linearno velikost oziroma radij ali polmer zvezde lahko vseeno določimo, in to na več načinov. Najpreprostejši in najzanesljivejši je, da radij zvezde izračunamo iz izmerjenega zornega kota in oddaljenosti zvezde.

Zgled

Izračunajmo radij R zvezde Antares v radijih R_0 Sonca, če sta zorni kot α Antaresa $\alpha = 0,041''$ in oddaljenost $r = 620$ sv. let (1 svetlobno leto je $9,5 \cdot 10^{12}$ km), radij Sonca pa je $R_0 = 7 \cdot 10^5$ km.



Sonce kot pika v primerjavi z rdečo nadorjakinjo Antares.

Radij Antaresa v radijih Sonca dobimo iz $2R/2\pi r = \alpha/360^\circ$, od koder sledi $R/R_0 = \pi r \alpha / 360^\circ \cdot R_0 = \pi \cdot 620 \cdot 9,5 \cdot 10^{12} \text{ km} \cdot 0,041'' / 360 \cdot 60 \cdot 60'' \cdot 7 \cdot 10^5 \text{ km} \approx 840$.

Antares je nadorjakinja z radijem, ki je približno 840-krat večji od radija Sonca.

Naloge

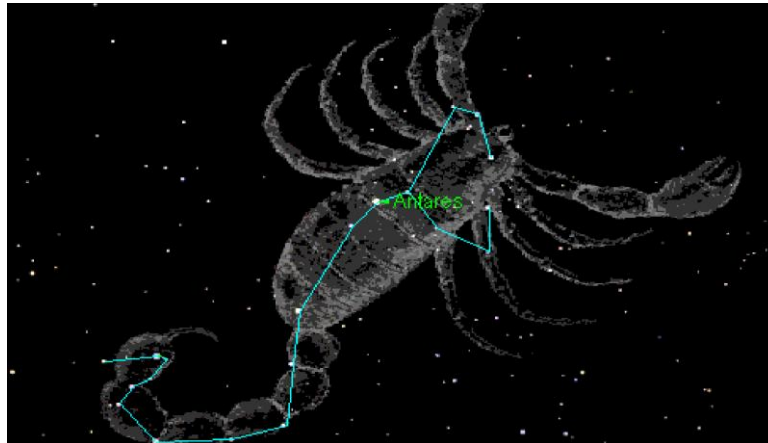
1. Izračunajte radij zvezde v radijih Sonca $R_0 = 7 \cdot 10^5$ km iz podatkov za: a) Betelgezo $\alpha = 0,05''$, $r = 643$ sv.l.; b) Sirij $\alpha = 0,0059''$ in $r = 8,6$ sv.l. (vzamemo ga kot enojno zvezdo, čeprav vemo, da je dvojna) in c) Proksimo Kentavra $\alpha = 0,001''$ in $r = 4,25$ sv.l. [a) ≈ 1050 , b) $\approx 1,7$ in c) $\approx 0,14$]

ZVEZDE

Antares

Antares je med 16. najsvetlejšimi zvezdami neba, to je zvezdami prve magnitude, ki so dobro vidne iz naših krajev. S sijem okoli 1. magnitude je na 10-tem mestu.

Antares je najsvetlejša zvezda ozvezdja Škorpion z uradno oznako α Sco (α Scorpii, α Škorpionja) ali po slovensko Alfa Škorpionja.



Lega rdečkaste zvezde Antares v ozvezdju Škorpion (Scorpius).

Zvezda Antares je rdeča nadorjakinja, katere radij je približno 840-krat večji od radija Sonca in je med največjimi znanimi zvezdami (gl. izračun njenega radija v razdelku *Računanje radija zvezde*). Ta zvezda pulzira, se krči in širi, kot bi nekako dihala. Radij zvezde se spreminja za okoli $\pm 20\%$, zaradi tega se ji tudi spreminja površinska temperatura malo nad 3 000 K, ki niha za okoli ± 150 K. Zvezda je tako velika, da bi z upoštevanjem pulziranja dosegla skoraj Jupitrovo tirnico, če bi Sonce postavili v njeno središče.

Antares je s svojo razsežno in nemirno atmosfero nestabilna zvezda. Je spremenljivka, saj ji sij zaradi pulziranja niha v mejah od 0,6 do 1,6 magnitude. Povrhu tega je še dvoezdije. Leta 1844 so odkrili, da se okrog nje, to je Antaresa A, giblje težko opazna ali opazna le v posebnih pogojih opazovanja (ob Luninem zakritju) šibka modro-bela (sija 5,5 magnitude) zvezda spremljevalka, Antares B, z obhodnim časom kakšnih 2 000 let. Vendar sta njen tir in obhodni čas še slabo raziskana. Njen sij na splošni sij Antaresa ne vpliva. Sicer pa Antares v prostor oddaja svetlobo za okoli 10 000 Sonc.

Ime zvezde Antares je grško. Nakazuje primerjavo s planetom Marsom (gr. anta – nasproti in Ares – Mars). Antares je torej Protimars, Nasprot(n)imars, Podobenmars itn. Ti dve nebesni telesi, Mars in Antares, sta očitno starim opazovalcem neba povzročali precej nevšečnosti. Zamenjevali so ju, ker ima zvezda Antares podobno rdečo barvo kot planet Mars. Arabci so Antaresu rekli Kalbalakrab - Srce Škorpionja (Cor Scorpii). Eni ga imenujejo tudi Vespertilio, to je dvobarvni netopir, ki je po hrbtu temno rdeče do rjave barve, trebuh pa ima bel ali siv, drugi pa Škorpionova zvezda.

Antares je tudi ena od štirih najsvetlejših zvezd (ostale tri so Aldebaran, Regul in Spika), ki ležijo manj kot 5° od ekliptike. Ker leži tako zelo blizu ekliptike, ga lahko razmeroma pogosto zakrije Luna, zelo redko pa tudi kakšen planet. Dne 17.11.2400 naj bi Antaresa zakrila Venera.

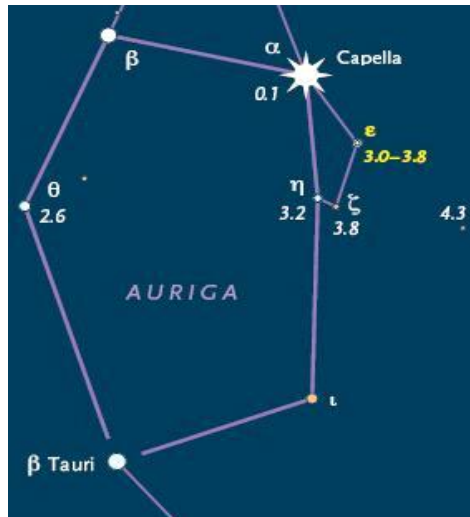
Epsilon Voznika

Gre za eno najskrivnostnejših dvojnih zvezd oziroma prekrivalnih spremenljivk, katere narava še danes ni pojasnjena. Vsakih 27 let ji za 2 leti pade sij od 3,0 na 3,8 magnitude. Potem pa zvezda spet sije z običajnim sijem. Zvezdo intenzivno preučujejo že 200 let. Prvotno mnenje je, da naj bi dvojna zvezda, sestavljena iz dveh različno svetlih zvezd – komponent, ki se gibljeta druga okrog druge in se izmenično prekrivata, na poseben način druga drugo zatemnjevali in da zato pride do zmanjšanja sija. Poklicni in amaterski astronomi o njenem spreminjanju sija zbirajo številne podatke. Pred kratkim so pri tej zvezdi ponovno preučevali njen mrk, ki se je začel avgusta 2009 in dosegel minimum do konca decembra. Zvezda je bila zatemnjena celo leto 2010, dokler ni spet dosegla normalni sij leta 2011. Zagovarjajo nek model, da je primarna zvezda z majhno maso blizu konca svoje življenjske poti in jo periodično prekriva zvezda spremljevalka, obdana s prašnim nepravilno oblikovanim diskom premera okoli 4 ae. in debeline okoli $\frac{1}{2}$ ae.

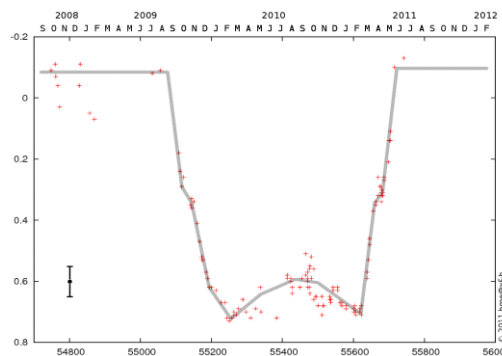
Epsilon Voznika (Epsilon Aurigae) je dvojna zvezda z verjetno najdaljšo tirno periodo 27 let (9890 dni) med prekrivalnimi spremenljivkami Algolovega tipa. Gre za svetlo zvezdo okoli tretje magnitude, ki je pri nas visoko na nebu in jo je možno opazovati s prostim očesom. Je okoli 2 000 svetlobnih let od nas. Primarna zvezda, rumena nadvelikanka (s površinsko temperaturo okoli 7 800 K) je okoli 250-krat večja od Sonca, spremljevalka pa, kot eni menijo, celo blizu tisočkrat večja od Sonca, vroča zvezda (15 000 K), obdana z obsežnim oblakom prašnega plina, ki pri kroženju za dve leti prekrije primarno zvezdo.

Kaj prekriva kaj, še ni povsem jasno. Zagotovo vemo le to, da zvezdi obkrožujeta druga drugo v 27 letih v približno takšni medsebojni razdalji, kot je Neptun oddaljen od Sonca.

Prvi je opazil spremenljivost te zvezde nemški amaterski astronom Johann Heinrich Fritsch, ki je opazoval in opisal njen minimuma leta 1821. Leta 1903 so ugotovili, da gre za dolgoperiodični Algolski tip spremenljivke. Pozneje so to misel dali pod vprašaj. Minimumi so se zvrstili v letih 1847-48, 1874-75, 1901-02, ..., 1955-57, 1982-84, 2009-11, in približno vsakih 27 let ji je sij padel od 3,0 na 3,8 magnitude za 640-730 dni.



Lega prekrivalne Epsilon (ϵ Aurigae, ϵ Aur) v ozvezdju Voznik.



Graf sija zvezde Epsilon Voznika ob njenem zadnjem mrku v letih 2009-2011.

Leta 2008 najbolj popularen model za spremljevalko je bil, da gre za dvojno zvezdo, obdano z masivnim temnim prašnim diskom. Špekulirali so celo, da naj bi bila tam črna luknja. Vendar narava tega sistema ostaja še naprej nejasna in odprta.



Dve umetniški ilustraciji na temo za možen model Epsilon Voznika; komentarju se odrečem.

Zdaj celo menijo, da mrk povzroča neznan in razmeroma hladen sploščen disk prašne snovi, ki kroži okrog zamegljeno vidne svetle nadvelikanke

(površinske temperature okoli 7500 K). Morda pa bo ta hladen sploščen prašen oblačen disk, debeline 0,5 ae., še vedno prekrival vidno zvezdo čez 27 let, v letih 2036 do 2038. Tega ne moremo vedeti.

Granatna zvezda

Eni ji rečejo tudi Herschlova (granatna) zvezda. Slavni nemško-angleški astronom William Herschel (1738–1822), odkritelj sedmega planeta Urana, jo je zagotovo iz svojega z optičnimi napravami napolnjenega vrta v mestu Slough velikokrat občudoval in resno opazoval. In tej zvezdi, za katero takrat še zdaleč ni mogel vedeti za vse njene divje lastnosti, je dal barvito ime Granatna zvezda po barvi granatnega jabolka, ne po granati.

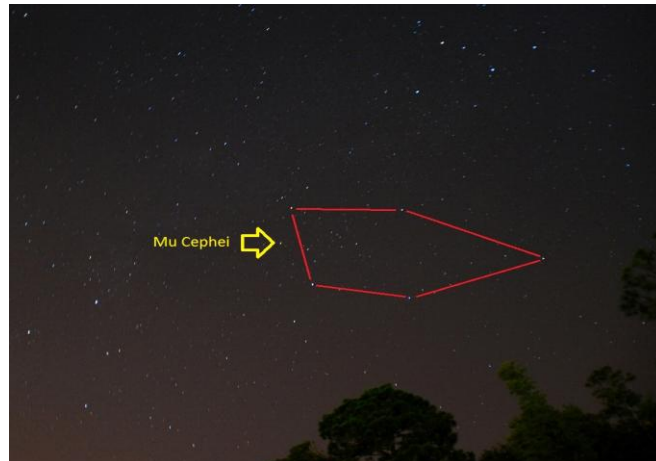
Gre za zvezdo *Mi Kefeja* (μ Cephei, μ Cep), ki je trdno usidrana kot dragocen temno rdeč dragulj v ozvezdju Kefej, visoko na nebu tam, kjer blizu poteka meja med ozvezdjema Labod in Kuščarica. Ni navadna stabilna ali stacionarna zvezda s stalnim sijem. Je spremenljivka, ki ji sij niha od 3,7 do 5,1 magnitude. Tudi ni pravilna spremenljivka, ampak neka na pol pravilna ali celo nepravilna spremenljivka.

Prvi, ki je pri opazovanju zvezdnega neba neposredno naletel na to zvezdo, je bil seveda William Herschel. Dobesedno se je zapičil ali pa zaljubil v njo, ji nadel značilno barvito ime, o njej prvi poročal in na začetku raziskovanja te zvezde o njej tudi največ pisal. Zasledil jo je leta 1783, ko je s svojim reflektorjem pregledoval zvezde na omenjenem območju neba, dve leti potem, ko je odkril novi planet Uran in bil že priznan in slaven astronom. V dnevnik opazovanj je zapisal, da je zvezda fine temno granatne barve, da je zanj najlepši nebesni objekt, kar se dogaja posebno takrat, ko na primer najprej nekaj časa opazuje bližnjo 2,5^m svetlo belo zvezdo Alfa Kefeja, potem pa daljnogled nemudoma preusmeri proti barviti granatni zvezdi. Opozoril je na veliko barvno razliko, ki jo zabeležimo, ko z očmi na hitro primerjamo take tako zelo barvite objekte z običajnimi zvezdami v večinoma sivo-belem vesolju. Zapisal je, da so zgodnji zvezdni kartografi to zvezdo spregledali najbrž zaradi njene čudne nepravilne spremenljivosti. Navedene so številne periode spreminjanja njenega sija. Prevladujeta dve, okoli 860 dni in okoli 4 400 dni. Verjetno se ji sij spreminja zaradi dveh šibkih (12^m in 13^m) komponent, to je Mi Kefeja B in Mi Kefeja C, ki krožita okrog glavne zvezde Mi Kefeja A. Morda pa primarna zvezda tudi pulzira.

Nemec Johann Bayer (1572–1625) je v svojem zvezdnem atlasu *Uranometrija* prvi zabeležil to zvezde z oznako μ Cephei leta 1603, njeno spremenljivo naravo pa je prvi uradno objavil šele leta 1848 angleški astronom John Russel Hind. Italijanski menih in astronom Giuseppe Piazzi jo je v svojem zvezdnem katalogu v začetku 19. stoletja označil kot Herschlovo granatno zvezdo (*Garnet sidus*).

Zvezdo Mi Kefeja obdaja občirna razpršena meglica, krasen objekt za lepe nebesne fotografije željnih astrofotografov.

Označena kot zvezda najsvetlejše vrste nadvelikank je Mi Kefeja med največjimi in najizsevnejšimi zvezdami v Galaksiji. Zdi se, da Granatna zvezda seva svetlobo za okoli 600 000 Sonc, kar omogoča njen radij, velik več kot 7,5 astronomske enote (skoraj 50% večji od radija Jupitrove orbite).



Puščica kaže lego zvezde Mi Kefeja, ki v povprečju sveti kot zvezda četrte magnitude, tako da jo vidimo s prostimi očmi in lahko opravimo vizualna opazovanja brez daljnogleda. Že z binokularjem 7 x 50, posebno pa z 10 x 50, jo vidimo kot izrazito lepo rdečkasto zvezdo. V naših krajih je najprimernejša za opazovanje od avgusta do januarja.

Mi Kefeja je oddaljena okoli 1 270 svetlobnih let (so zelo različne ocene za njeno oddaljenost), je tudi okoli 20-krat masivnejša od Sonca in po radiju okoli 1 650- krat večja od Sonca. Zvezdi nadorjakinji Antares in Betelgeza sta precej manjši od μ Cep. Zanj bi si lahko izmislili novo strokovno ime, recimo hiperorjakinja.



Svetla oranžno rdeča zvezda na vrhu svetleče razpršilne meglice IC 1396 je Mi Kefeja.

Njena površinska temperatura je okoli 3 700 K, kar je razmeroma nizka med zvezdami. Ampak pri takih površinskih temperaturah sevajo nadorjakinje poznega spektralnega tipa.

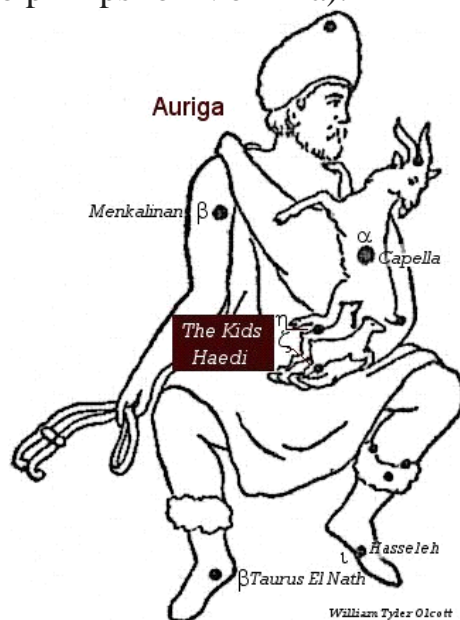
Kakšna prihodnost se obeta tej zvezdi? Eni menijo, da se ji kot zvezdi z veliko maso morda v kratkem približuje konec, verjetno v kakšni veliki eksploziji supernove, potem pa naj bi tam lahko pričakovali celo nastanek črne luknje. Tega ne morem in ne znam napovedati. V vesolju se marsikaj dogaja in tudi takšne reči.

Kozlički

Kozlič(k)i so asterizem, del ozvezdja. Asterizem navadno sestavlja nekaj zvezd ozvezdja, v posebnem primeru lahko tudi ena sama. Če navedemo asterizem, se lažje najdemo v ozvezdju, če se tam giblje kako nebesno telo in ga iščemo. Opazovalci starih ljudstev so asterizme pogosto uporabljali. Zdaj se o njih malo piše, ker gre za pojem, ki je preživel. Zdaj nebesno telo hitro najdemo, če preprosto navedemo nebesni koordinati rektascenzijo in deklinacijo. Tokrat naj le spregovorimo o asterizmu, ker je zadeva za nas zanimiva.

V ozvezdju Voznik sta dva asterizma, Konjska uzda in Kozlič(k)i. S prvim je vse v redu, z drugim pa ne povsem, predvsem glede imena.

Ta asterizem sestavlja skupina treh zvezd: Epsilon (ϵ), Zeta (ζ) in Eta (η) Voznika, ki so vse s prostimi očmi dobro vidne blizu Kapele ali Koze, glavne zvezde Voznika (gl. sliko pri Epsilon Voznika).



Kozlička (The Kids) v ozvezdju Voznik; tudi v zvezdnih kartah (atlasih) sta ob Kozi vedno prikazana dva kozlička.

To Kozo povezujejo z mitološko kozo Amaltejo, ki je v skalnati votlini na Kreti kot dojenčka dojila skritega Zevsa, da ga nebi požrl njegov oče Kronos (ena verzija). Prvotno naj bi Kapela z omenjenimi tremi zvezdami oblikovala

svoj asterizem, menda celo majhno ozvezdje, v katerem sta zadnji dve zvezdi dobili ime Haedi (iz. lat., Kozlička, otroka Koze).

Glede tega asterizma imam edino pripombo v zvezi s številom kozličkov. Tam v ozvezdju, kjer ležita zvezdi Zeta in Eta, sta namreč prikazana le dva kozlička, mi pa stalno uporabljamo množino, kot da naj bi jih bilo več.

Prvi, ki je ti dve zvezdi v ozvezdju Voznik nedvoumno imenoval Haedi, je bil starogrški astronom *Kleóstrat* (ok. 500–ok. 430 pr.n.št.). Zeta Voznika je imenoval Haedi I – prvi kozliček, Eta Voznika pa Haedi II – drugi kozliček. Zadeva je jasna dve tisočletji in pol. Pri nas pa to ni povsem jasno, in to prav samo zaradi tega, ker uporabljamo dvojino.

Ker gre za dva Kozlička (lat. Haedi), bi bilo pravilneje temu asterizmu reči *Kozlička* ali *Kozliča*. Številni posamezniki in tudi naša Wikipedija pa mu rečejo kar Otroci. To ni pravilno, saj ni natančno pojasnjeno, za koliko in čigave otroke gre. Če bi na primer rekli *Otroka*, bi bilo že bolj jasno in sprejemljivo, ker bi pomislili na kozja otroka. Angleški izraz *The Kids* pa zelo dobro zadane oz. pokrije ime asterizma, ker nimajo dvojine.

Kako naj zdaj rečemo temu asterizmu? Kozlička ali Kozlički? Naj ostane še naprej ime Kozlički, takšno, kakršnega smo sprejeli in smo ga že navajeni, saj asterizem vendarle sestavljajo tri zvezde. Mi pa odslej vsaj natančno vemo, kako je s tem asterizmom pri nas. Ah, dvojina nam ga včasih res prav zagode.

Miheličeva zvezda

Dolgoletni predmetni učitelj in ravnatelj OŠ Bohinjska Bistrica, gospod Egon Mihelič, je bil velik naravoslovec in pedagog. Poleg svojega osnovnega poklica je bil izumitelj učil, fotograf, modelar, glasbenik, tamburaš, zborovodja, igralec, režiser, gornik, alpinist in še - amaterski astronom.



Egon Mihelič (1914 Trst–2004 Bohinj)

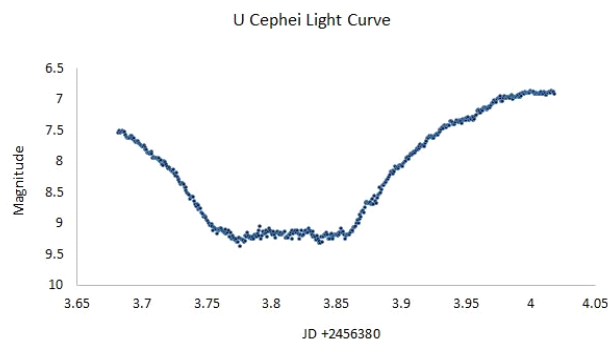
Na šoli je vodil astronomski krožek. Učence je pogosto peljal pod zvezdno nebo, jim razkazoval zvezde in razlagal njihovo vlogo in pomen. Zvezde je pogosto opazoval. Včasih je s seboj vzel daljnogled celo na Vogel in

od tam opazoval. Zavzeto je zbiral in skrbno zapisal stare ljudske astronomske izraze, imena zvezd in zgodbe o njih iz okoliških bohinjskih vasi. Vse je dokumentiral in deloma opremil z risbami. Kot fotograf se je ukvarjal tudi z astrofotografijo. Njegov astronomski album je bil poln lično urejenih številnih njegovih krasnih fotografij z zvezdnega neba.

U Kefeja (U Cephei, U Cep) je okoli 825 svetlobnih let od nas oddaljena rumeno bela prekrivalna spremenljivka tipa Algol v ozvezdju Kefej. Vidimo jo le z daljnogledom. Za navadna opazovanja zadostuje že dvogled 7 x 50. Za resna pa boljši in na stativu. Ni jo ravno preprosto najti na nebu.

Komponenti, ki sestavljata dvojno zvezdo U Kefeja, sta večji od Sonca. Gibljeta se zelo tesno druga okrog druge, tako da ju z daljnogledom ne razločimo. Radij večje komponente (s površinsko temperaturo okoli 6 000 K) meri okoli 4 radije Sonca, radij manjše komponente (20 000 K) pa je okoli 3 radije Sonca. Obhodni čas, ko komponenti obkrožita druga drugo je okoli 2,5 dni. Skupni sij zvezd je običajno okoli 6,7 magnituda. Ko pa večja in manj svetla komponenta prekrije manjšo in dosti svetlejšo, nastopi primarni minimum skupnega sija (mrk). Padec sija do tega minimuma $9,4^m$ traja približno 4 ure, sam mrk pa okoli 2 uri. Sekundarni minimum sija je skoraj neopazen.

Poleti leta 1979 smo na drugem slovenskem astronomskem taboru na Javorniku nad Idrijo prvič v Sloveniji ocenjevali sij nekaj osnovnih prekrivalnih spremenljivk, med njimi tudi U Kefeja. Za to opazovanje je zvedel tudi g. Mihelič. Omenil mi je, da še ni opazoval spremenljivke in da bi bilo zanj opazovati U Kefeja poseben izziv. Poslal sem mu osnovne podatke o zvezdi.



Graf skupnega sija zvezd v odvisnosti od časa U Kefeja okoli primarnega minimuma (mrka).

Čez nekaj časa sem prejel pismo s poročilom in fotografijama, ki sta tu priloženi, da je zvezdo našel, opazoval, fotografiral in tudi ugotovil spremembo njenega sija. To je bil za tisti čas kar zavidljivo vreden dosežek naše amaterske astronomije. Prvi je pri nas povsem sam fotografsko opazoval to zvezdo in dognal spremenljivost njenega sija.

Ker je bilo to opazovanje v našem medijskem prostoru javno obeleženo vsaj na štirih mestih in ker je bilo vanj vtakane toliko dobre volje, vztrajnosti, poguma, želje, dela in ljubezni, sem razmišljal, kako bi na nek način Egonu dali neko drobno priznanje za njegova prizadevanja (na splošno v naši astronomiji) in ga vsaj na psihološki ravni nekoliko nagradili. Po toliko letih (38), ko je opazoval to zvezdo in je sam že skoraj poldrugo desetletje med zvezdami, v čast in spomin nanj, sem tej zvezdi v naslovu dal ime *Miheličeva zvezda*. Samo za našo javnost, ne svetovno.



Miheličeva ugotovitev spremembe sija prekrivalne spremenljivke U Kefeja. Spremenljivko je fotografiral prvič 28.10.1980 zvečer, ko je svetila z običajnim sijem 6,7^m (levo), in drugič 6.1.1981 okoli 21. ure, ko je bila v minimumu sija 9,4^m (desno).

Če že ne za druge, vsaj zame ostaja ta prekrivalna večer spomin na gospoda Miheliča in njegovo prizadevno opazovanje sija te zvezde. Zato naj U Kefeja tudi za naprej kar ostane - *Miheličeva zvezda*.

Superzvezda

Na južni nebesni poluti leži ozvezdje Zlata riba (Dorado), ki ni vidno iz naših krajev. V sebi skriva "nedolžno" šibko zvezdo, vidno le z daljnogledom. Odkrili so jo že leta 1897. Vse do danes jo skrbno raziskujejo. Zvezdi bi lahko tudi rekli "Tiha voda bregove dere", saj v prostor oddaja tako veliko svetlobe, kot je ne zmore nobena nam znana zvezda. Zato so ji tudi nadeli ime S Doradus - S Zlate ribe. Črka S spominja na začetek besede super. Torej gre za nekakšno superzvezdo.

Zvezda S je silno daleč, saj leži v galaksiji Veliki Magellanov oblak, sosedi naše Galaksije, v oddaljenosti okoli 180 000 svetlobnih let, približno 20 000-krat dlje, kot je od nas oddaljena najsvetlejša zvezda neba, Sirij.

Po novih podatkih za to zvezdo pridemo do neverjetnega rezultata. Radij zvezde je za kakšnih 250 radijev Sonca, v prostor pa na vse strani zvezda oddaja svetlobo za okoli milijon naših Sonc.

Ko bi zvezdo S s tako izjemno velikim izsevom prenesli na oddaljenost Sirija, bi svetila tako močno, kot pri nas sveti polna luna na nebu. Ko bi jo lahko postavili na mesto najbližje zvezde Proksime Kentavra v razdaljo dobrih štirih svetlobnih let, pa bi svetila še nekajkrat močneje.



Legla zvezde S Doradus (od dveh v sredini zgornja) v delu Velikega Magellanovega oblaka. Ta Oblak se vidi na nebu kot meglica navideznega premera za okoli deset Lun. Odkrili so ga pomorščaki Magellanove odprave okoli sveta v prvi četrtini 16. stoletja (gl. Magellan).

Vendar moramo obvezno dodati tole. Že od odkritja te zvezde vedo, da je spremenljivka (sij 8,5 – 11,5 magnitudo). Toda kakšnega tipa? To še danes ni znano. Najlažje je reči in se zmazati: nepravilna spremenljivka. Je pa za raziskovanje res zelo, zelo daleč. Najdlje od vseh zvezd, o katerih tu pišemo. Edina, ki leži v drugi galaksiji.

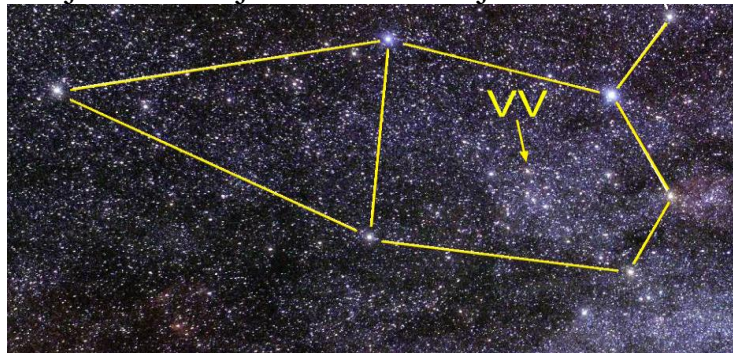
VV Kefeja

Zvezda VV Kefeja je prekrivalna spremenljivka z zelo veliko periodo prekrivanja zvezd. Je taka dvojna zvezda, pri kateri zvezdi krožita druga okrog druge in se izmenično prekrivata (mrkata). Z Zemlje ta sestav zvezd opazujemo v ravnini njunega gibanja. Ko se zvezdi tako izmenično prekrivata, beležimo spreminjanje njunega skupnega sija in lahko ugotovimo razne podatke in druge značilnosti o zvezdnem sestavu, npr. radij zvezd, iztekanje zvezdne snovi iz ene zvezde na drugo.

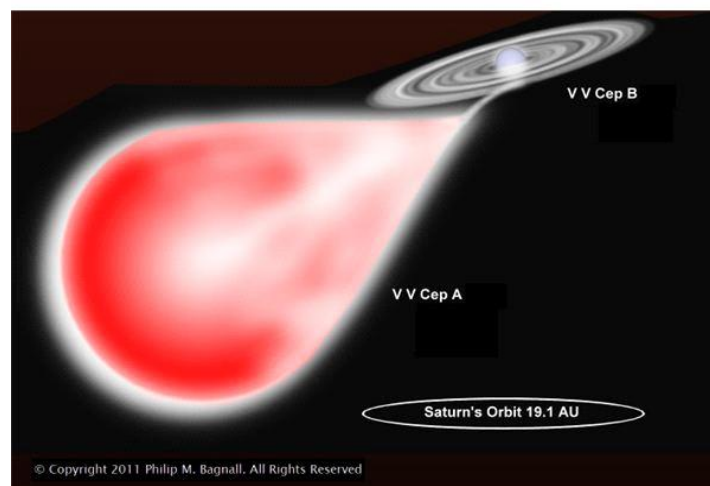
Ta spremenljivka ima drugo najdaljšo znano periodo prekrivanja zvezd, 20,4 leta. Samo prekrivalna Epsilon Voznika ima daljšo, to je 27 let (gl. tam).

Ko primarna hladna nadvelikanka popolnoma prekrije vročo spremljevalko, skupni sij zvezd zelo pade in to lahko po nekih podatkih traja tudi 18 mesecev, ko pa gre spremljevalka navidezno čez glavno zvezdo pa

skupni sij pade komaj opazno. Nastop in trajanje mrkov pri tej spremenljivki se spreminjata. Tudi pulziranje rdeče nadvelikanke povzroča dodatne spremembe v skupnem siju nekaj desetink magnitudo. Razen tega tudi spremljevalka spreminja sij. Tako je VV Kefeja za raziskovanje zelo zamotana zvezda.



Lega spremenljivke VV v ozvezdju Kefej; sij se ji nepravilno ali pol pravilno spreminja od 4,8 do 5,4 magnitudo. Primarna zvezda je rdeča VV Kefeja A, spremljevalka pa modra VV Kefeja B; ko rdeča nadvelikanke prekrije modro zvezdo, skupni sij zvezd močno pade (izrazit primarni minimum, mrk), ko pa modra, manjša, a zelo vroča zvezda pride pred rdečo nadvelikanke z razmeroma nizko temperaturo, se to na skupnem siju skoraj nič ne pozna (neizrazit sekundarni minimum sija).



Gravitacijski vpliv goste in vroče zvezde VV Kefeja B na redko in hladno zvezdo VV Kefeja A; VV Kefeja B s primarne zvezde vleče (dobesedno cuza) zvezdno snov v svojo okolico. Slika je s spleta.

Zvezda je od nas oddaljena okoli 5 000 svetlobnih let. Odkril jo je ameriški astronom Dean McLaughlin leta 1936. Okoli hladne rdeče VV Kefeja

A se zelo blizu giblje vroča modra VV Kefeja B. Zvezdna snov izteka iz rdeče nadvelikanke na modro, manjšo, vročo in gosto spremljevalko, ki jo delno prekriva še velik prašni oblak zvezdne snovi. Zvezdo VV Kefeja A so v zadnjem času spoznali za eno največjih zvezd v naši Galaksiji z radijem med 1 100 in 1 900 radiji Sonca. VV Kefeja B pa je zvezda z radijem malo več kot 10 radiji Sonca in okoli 100 000 kratnim Sončevim izsevom. V enem obhodu 7 430 dni (20,4 leta) se dogodita dva mrka. Mrk spremljevalke traja po enih podatkih celo 550 dni.

Zvezdi krožita druga okrog druge v povprečni razdalji 25 ae., nekako od 17 do 34 ae., kar je približno razdalja od Sonca do Urana (ko sta najbližje) in razdalja od Sonca do Neptuna (ko sta najdlje). Modra zvezda je dosti manjša od velike rdeče. V času, ko je prekrita, skupni sij dvojne zvezde pade za okoli 0,5 magnitude. Večji del časa, ko sta zvezdi odkriti (narazen), se med njima pretaka veliko zvezdne snovi, tako da sta zvezdi v bistvu ves čas zastrti s kopreno te snovi in ju ni mogoče popolnoma razločiti. Razen tega VV Kefeja v prostoru leži zelo daleč še za obširnimi prašnimi vesoljskimi meglicami in oblaki tako, da jo je tudi zato zelo zahtevno raziskovati.

VV Kefeja A z maso okoli 20 mas Sonca je morda zvezda blizu konca svojega življenja in bo verjetno kmalu eksplodirala kot supernova, seveda v astronomskem časovnem merilu. VV Kefeja B z maso okoli 15 mas Sonca pa pripada manjšim, izredno vročim in gostim zvezdam, ki običajno v sestavu dveh zvezd vlečejo zvezdno snov iz primarne zvezde in jo deformirajo v obliko velike solze.

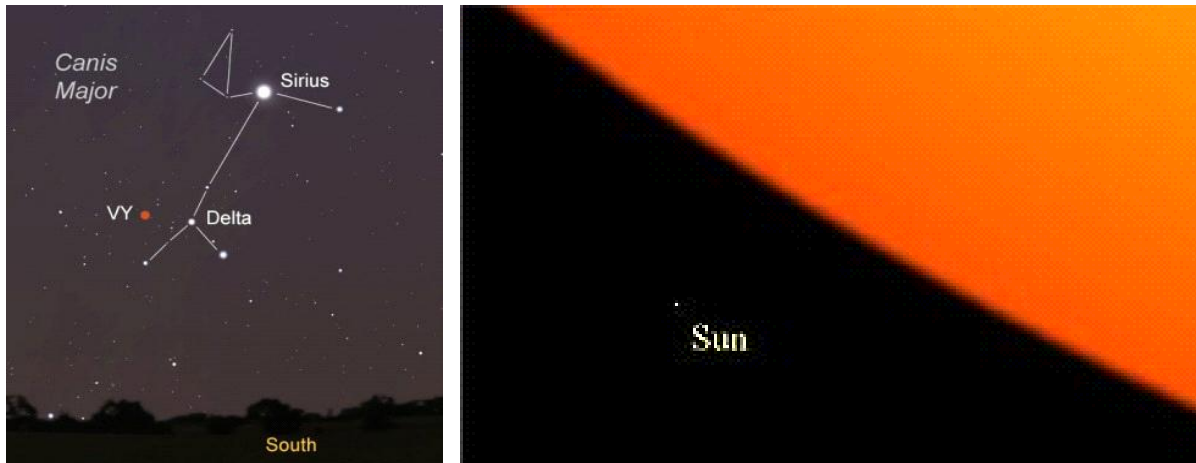
VY Velikega psa

Številni popularizatorji astronomije so si v zadnjem času edini, da naj bi bila zvezda z oznako VY CMa (VY Canis Majoris) ali po naše *VY Velikega psa*, največja znana zvezda v naši Galaksiji. To res težko zapišem, ker vsega človek še ni raziskal, kaj šele odkril. Vedno se lahko najde še kaka večja. Zato bom raje zapisal: med največjimi. Oznaka VY pomeni, da je zvezda spremenljivka (variabla). Sij ji polpravilno niha v mejah 7,4 in 9,6 magnitude.

VY CMa je v bistvu rdeča hiperorjakinja poznega spektralnega tipa s površinsko temperaturo okoli 3 000 K, oddaljenostjo približno 4 900 svetlobnih let, z radijem (katerega vrednost niha za slabih 10%) okoli 2 000 radiji Sonca, z maso med 30 in 40 masami Sonca in pošastnim izsevom okoli 500 000 izsevov Sonca.

S tako velikanskim radijem in tako ogromnim izsevom utegne biti VY CMa res med največjimi in najizsevnejšimi nam znanimi zvezdami v naši Galaksiji (pustimo ob strani tisto S v Zlati ribi, ki leži v drugi galaksiji).

Za razliko od večine hiperorjakinj, ki so dvozvezdja ali tudi večzvezdja, je VY CMa zvezda samica, polpravilna spremenljivka s periodo spreminjanja sija okoli 2 000 dni (gl. *Računanje radija zvezde*).



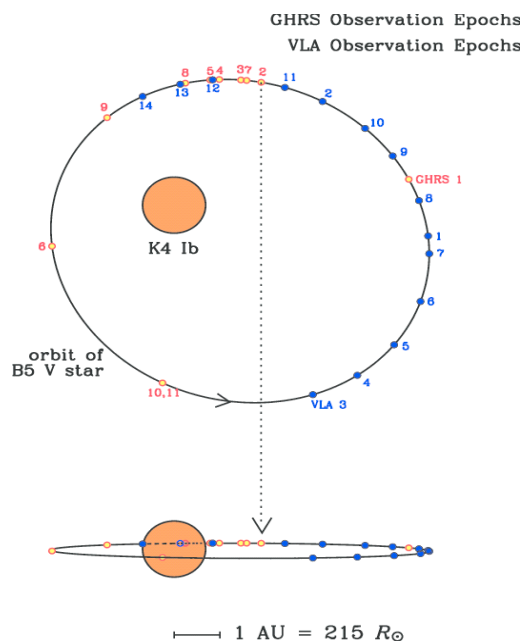
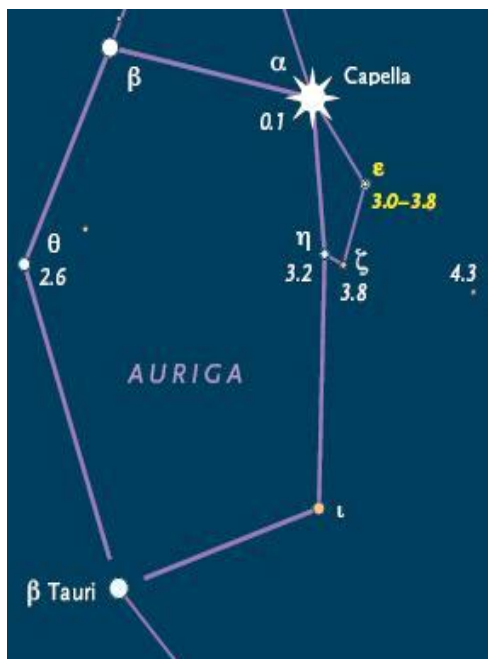
Levo - v ozvezdju Veliki pes (Canis Major) sije najsvetlejša zvezda neba, Sirij (Sirius), v njem pa izsledimo tudi eno največjih in najbolj izsevnih zvezd, VY. Prvo čudovito vidimo s prostimi očmi, drugo z dobrim binokularjem kot zvezdo osme magnitude; desno - naše Sonce kot pika glede na velikost rdeče hiperorjakinje VY Velikega psa.

Zeta Voznika

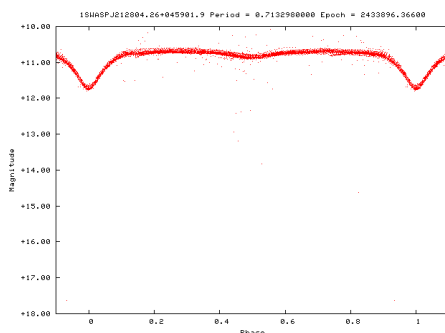
Zeta Voznika je dolgoperiodična prekrivalna spremenljivka (dvojna zvezda) s povprečnim sijem okoli 3,8 magnitude, kar je dovolj, da jo dobro vidimo s prostimi očmi.

Zvezdo sestavljata primarna zvezda Zeta Voznika A in spremljevalka Zeta Voznika B, ki se giblje okrog A. Ravnina gibanja, v kateri se zvezdi gibljeta druga okrog druge in se prekrivata, leži blizu smeri našega pogleda in je skoraj pravokotna na ravnino Zemljinega kroženja okrog Sonca. Perioda spreminjanja sija traja 972 dni (2,66 leta). Prekritje spremljevalke z glavno zvezdo (mrk) traja okoli 37 dni in povzroči padec sija na 4. magnitudo.

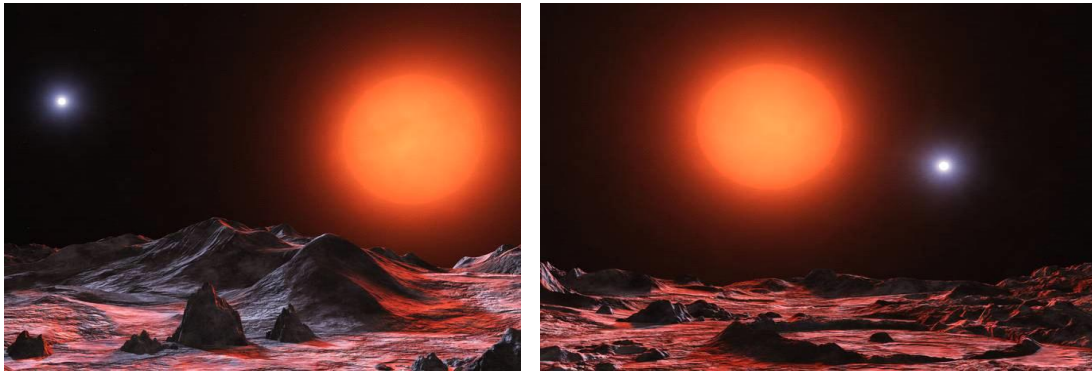
Zeta Voznika A je svetla oranžna nadvelikanka z radijem okoli 150 radijev Sonca in spektralnega tipa K s površinsko temperaturo okoli 4 000 K (imenovana kar zvezda K), Zeta Voznika B z radijem okoli 5 radijev Sonca pa je spektralnega tipa B s površinsko temperaturo okoli 15 500 K (zvezda B) in je zvezda glavne veje H-R diagrama. Izseva zvezd sta: A okoli 4 800 izsevov Sonca, B okoli 1 000 izsevov Sonca. Masi pa sta 6 in 5 mas Sonca.



Levo - lega 790 svetlobnih let oddaljene zvezde Zeta (ζ Aurigae, ζ Aur) v ozvezdju Voznik, ki se ji sij spreminja od 3,7 do 4,2 magnitude; desno - tir Zeta Voznika B glede na Zeta Voznika A: zgoraj – pravokotni pogled na ravnino tira gibanja zvezd, spodaj – bočni pogled na ravnino gibanja; slika prikazuje nekaj leg spremljevalke glede na primarno zvezdo tako, da si lahko predstavljamo njuno navidezno približevanje in oddaljevanje v prostoru, prekritje spremljevalke s primarno zvezdo (37 dni) in navidezni prehod spremljevalke čez primarno zvezdo. V prvem primeru skupni sij zvezd zelo pade, v drugem manj. Sicer pa se zvezdi gibljeta druga okrog druge po eliptičnih tirih in sta v prostoru razmaknjeni najmanj za 2,5 ae., največ pa za 5,9 ae. Slika je s svetovnega spleta.



Približno takole naj bi izgledal graf sija v odvisnosti od časa za Zeta Voznika - shema. Od prvega minimuma sija (mrka) do drugega preteče okoli 972 dni, mrk pa traja približno 37 dni.



Umetniški impresiji dvojnega sestava Zeta Voznika - s spleta in istega avtorja. Iz opazovanj zahajanja spremljevalke za primarno zvezdo so ugotovili, da nadvelikanka nima ostro omejenega površja in da ima zelo obširno atmosfero, katere zunanje plasti so močno turbulentne.

Betlehemska

S kolikšnim sijem naj bi sijala Betlehemska zvezda pred dobrimi 2 000 leti? Ali je bila svetlejša od Venere v največjem siju – 4,4 magnitude?

Betlehemsko zvezdo naj bi predstavljalo skupno svetenje (skupni sij) silno tesnega navideznega srečanja (konjunkcije) Jupitra in Saturna ob njuni hkratni opoziciji s Soncem.

Vzemimo najugodnejšo planetno razporeditev, da naj bi bila oba planeta v veliki opoziciji s Soncem, Jupiter naj bi imel sij – 2,5 magnitude, Saturn pa – 0,4 magnitude. To sta edina razpoložljiva podatka.

Gostota svetlobnega toka j , ki jo vesoljsko telo z magnitudo m pošilja na površje Zemlje, je po Pogsonovi enačbi $j/J = 10^{-0,4(m-M)}$, če je $J = 10^{-8} \text{ W/m}^2$ pri vrednosti za $M = 1$. magnituda.

Z Jupitra na Zemlji prestrežemo $j_1 = 10^{-8} \cdot 10^{-0,4(-2,5-1)} \text{ W/m}^2 = 10^{-8} \cdot 10^{-0,4(-3,5)} \text{ W/m}^2 = 25,1 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2$, s Saturna pa $j_2 = 10^{-8} \cdot 10^{-0,4(-0,4-1)} \text{ W/m}^2 = 3,6 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2$.

Gostoti svetlobnega toka se seštevata, torej je skupna gostota $S = j_1 + j_2 = (25,1+3,6) \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 = 28,7 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2$.

Naj bo $S/J = 10^{-0,4(s-M)}$, če je s skupni sij obeh planetov, ki ga želimo izračunati. Vstavimo podatke in dobimo $28,7 = 10^{-0,4(s-1)}$. Sledi $10^{-0,4(s-1)} = 10^{1,46}$ in od tod $s = -2,65$ magnitude.

Planeta celo v najugodnejši nebesni situaciji tesno skupaj na nebu ne sijeta močneje kot Venera v največjem siju. S tem smo odgovorili tudi na domnevni sij Betlehemske zvezde pred 2000 leti. Tudi, če bi vzeli sploh največja izmerjena sija Jupitra in Saturna (–3. magnituda in –0,5. magnitude), bi Venera v največjem siju svetila močneje.

OSEBNOSTI

Arhit

Bil je med najsposobnejšimi starogrškimi matematiki-pitagorejci, astronom in državnik. Kot inženir-mehanik je izdelal razne stroje, npr. letčega lesenega goloba. V njegovem delu se prepletajo teorija števil, geometrija, teorija glasbe. Njegove ideje so močno vplivale na Platona in nadaljnji razvoj grške matematike. Zelo slaven je postal z rešitvijo znamenite geometrijske naloge preteklosti - podvojitve kocke. Z njo so se ukvarjali številni matematiki preteklosti. Gre za konstrukcijski problem, kako s šestilom in ravnilom narisati rob kocke, ki ima dvakrat tolikšno prostornino kot kocka z znanim robom a . Rob nove kocke ima dolžino $a\sqrt[3]{2}$, kar v ravnini ni možno konstruirati s šestilom in ravnilom.

Na Arhita (iz Tarenta, Tarentskega) sem naletel, ko sem brskal za podatki o učenjakih, ki so se ukvarjali s tangento na krožnico. Bil je en med njimi. Znano mu je bilo, da je tangenta na krožnico pravokotna na radij v dotikališču s krožnico.

Arhit je bil učenec pitagorejca Filolaja iz Krotona, ki je prvi predlagal nauk o gibanju Zemlje okrog središčnega vesoljskega ognja. Bil je Evdoksov učitelj matematike in Platonov učitelj geometrije in sploh učitelj v Atenah. Pripadal je mlajšim pitagorejcem. Platona je vpeljal v pitagorejstvo in vplival na platonizem. Na svojevrstni način je rešil problem podvojitve kocke z geometrijsko konstrukcijo v prostoru. Krivulja, ki jo je uporabil pri reševanju tega problema, se imenuje po njem - *Arhitova krivulja*.



Arhit(as), starogrški filozof-pitagorejec, matematik, astronom, glasbeni teoretik, državnik, strateg in vojskovodja (428 pr. n. št., Tarent, Apulija, Južna Italija–347 pr. n. št., Tarent). Arhit je utonil skupaj z ladjo, ki je plula po Jadranskem morju. Njegovo truplo je ležalo nepokopano na obali, dokler ga ni nek mornar simbolično posul z mivko, da njegova duša ne bi naslednjih sto let blodila na tej strani reke Stiks.

Njegova teorija razmerij je obdelana v osmi knjigi Evklidovih *Elementov*. Sedemkrat je bil izvoljen za tarentskega stratega. Bil je tudi izvršni magistrat

Tarenta in je izvajal tako razvojno politiko, ki je mesto pripeljala do izredno bogate metropole v Veliki Grčiji. Z odkrivanjem spomenikov, svetišč in javnih zgradb je dal mestu nov sijaj. Podpiral je trgovino, razvijal in utrjeval odnose z drugimi trgovskimi centri (Istra, balkanska Grčija, Afrika).

Bil je prijatelj Platona, s katerim se je spoznal na Siciliji, kjer mu je pomagal iz zapora (361 pr.n. št.). Pripisujejo mu številne spise, od katerih so ohranjeni le maloštevilni odlomki. To so: *O umu in izviri*, *O umu in čutilih*, *O modrosti*, *O desetih kategorijah*, *O kraljevstvu*, *O kraljih*, *O rojevanju itn.*

Arhit je prvi predlagal, da se osnujejo tradicionalne (temeljne) šolske discipline oziroma predmeti: aritmetika, geometrija, astronomija in glasba, kar je pozneje v srednjem veku sestavljalo kvadrivij (višja stopnja elementarne, začetne šole, v kateri so se učenci seznanili z aritmetiko, geometrijo, astronomijo in glasbo). Svoja filozofska, politična in etična razmišljanja je osnoval na matematiki. Imajo ga za osnovatelja mehanike. Po nekih antičnih virih je izdelal dve izredni mehanični napravi. Prva je bila mehanični golob, slavni *Arhitov golob*, drugi izum pa neke vrste klopotec za otroke. "Arhitov golob" je bila prva umetna leteča naprava, mehanični model v obliki lesene ptice, ki jo je verjetno poganjal curek pare in je letel kakšnih 180 metrov. Naprava je bila med poletom najbrž pritrjena za kakšno žico ali klin. Drugi njegov izum pa je bil klopotec za otroke, ki je še danes v uporabi.

Glavno Arhitovo področje kot pitagorejca pa je bila matematika. Menil je, da so vse discipline podrejene matematiki. Da bi rešil problem podvojitve kocke, je uporabil po njem imenovano krivuljo, ki je v zgodovini matematike prva prostorska krivulja.

Arhit se je ukvarjal tudi z odbojem svetlobe na zrcalu. Menil je, da naše oči emanirajo žarke, kakor je kasneje mislil tudi Platon, vendar se ne morejo kombinirati z nobeno stvarjo v naravi.

Raziskoval je frekvenco zvoka in ob tem postavil neko teorijo o zvoku. Čeprav so ta raziskovanja vsebovala napake, so vseeno dala velik doprinos znanosti in je postala temelj za Platonovo teorijo zvoka.

Pomembna so njegova razmišljanja o šumih, za katere je mislil, da izvirajo iz vibracij, ki nastanejo zaradi prehoda telesa skozi zrak. Tako je postavil hipotezo, da tudi nebesna telesa, ki se nahajajo v neprestanem gibanju, proizvajajo šume. Čim hitrejša je vibracija, tem 'ostrejši' je zvok, in obratno. Poskuse je opravljal s frulo in drugimi glasbenimi inštrumenti. Trdil je, da enako velja tudi za človeški glas.

Na področju astronomije se je ukvarjal s problemom velikosti vesolja. Zanj je neomejeno.

Matematično je obdelal teorijo harmonije. Ko je raziskoval lastnosti frekvence, je ugotovil, da glasbene intervale ni mogoče kar razdeliti na enaki polovici. Oktave ni mogoče razdeliti na dve enaki polovici, ampak na kvarto in kvinto. Prav tako kvarte ne na dve enaki polovci, ampak na dva cela tona in

ostanek. Celega tona ni mogoče razdeliti na dve enaki tonski polovici. V tem smislu je nekakšen utemeljitelj pravilne intonacije.

Svojo mladost in zrelo dobo (380–350 pr. n. št.) je preživel v času, ko je bil Tarent eno najmogočnejših mest po peloponeški vojni, ko se je znašel na strani zmagovalcev. Političnemu delu se je najverjetneje posvetil šele v zreli dobi. Tedaj je bil sedem let zapored izvoljen za stratega mesta. Tarentčani so morali spremeniti zakon, ki je onemogočal večletno opravljanje te dolžnosti. To priča o visokem mnenju, ki so ga o njemu imeli Tarentčani.

Izkazal se je tudi kot izvrsten vojskovodja. Nikoli ni doživel poraza. Pod njegovim vodstvom je Tarent podjarmil Mesape v "peti" Italije in Lukance v srednji Italiji, osvojil pokrajino Messino na Siciliji in še nekaj pokrajin v Apuliji. Prevlada Tarenta se je razširila na številne polise v južni Italiji s ključnimi vplivi na polju umetnosti, religije in ekonomije. Arhit je bil tudi vodja ene od konfederacij italskih Grkov.

V svoji politični karieri se je posvetil razvoju ekonomije, kulture in umetnosti. Predlagal je različne zakone s ciljem, da se enakomerneje porazdeli materialno bogastvo, pri čemer je uporabil svoja načela matematičke harmonije.

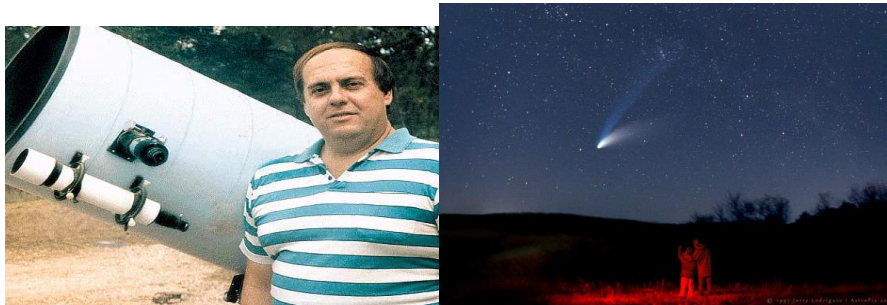
Nekateri raziskovalci zgodovine utemeljeno trdijo, da je bil Arhit Platonu vzor za njegovega idealnega vladarja-filozofa in da je vplival na Platonovo politično filozofijo, kakor je predstavljena v delu *Država*.

Bopp

Marsikdo se še dobro spominja zelo svetlega in košatega kometa Hale-Bopp, ki je vso spomlad leta 1997 krasil naše nočno nebo. V začetku januarja letos je v 69. letu umrl njegov soodkritelj, ameriški ljubiteljski astronom in manager za konstrukcije materialov, Thomas Bopp (1949–2018).

Rodil se je v Denverju (Kolorado, ZDA). Z družino se je kmalu preselil v Youngstone v Ohio, kjer je leta 1967 zaključil visoko šolo in pozneje tam tudi management na državni univerzi. Od leta 1980 do smrti je živel v Phoenixu v Arizoni, kjer je bil na koncu strokovni vodja v tovarni materialov za konstrukcije.

V astronomijo ga je uvedel njegov oče. Že kot triletni otrok je skupaj z očetom s stopnic domače hiše opazoval utrinke. Oče ga je navduševal nad astronomijo in mu pripovedoval zgodbe o ozvezdijih, zvezdah, planetih itn. Pri desetih je dobil svoj prvi 10-cm reflektor in z njim opazoval zvezdno nebo. Malo je pogledal tudi na študij astronomije na univerzi, a ni dokončal. Vmes je nekoliko opazoval, vendar nič odkril.



Komet Hale-Bopp in njegov soodkritelj.

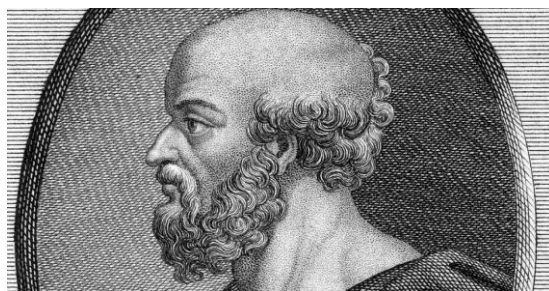
Ponoči 22. 7. 1995 se je Bopp skupaj s prijatelji odpravil v Arizonsko puščavo opazovat nebesne objekte globoko v vesolju. Nenadoma je z daljnogledom opazil neko drobno megličasto pegico tam na nebu, kjer je prej ni bilo. Tako je odkril komet. To je bil prvi komet, ki ga je sploh opazoval, in še opazoval ga je z izposojenim, doma narejenim 44,5-centimetrskim reflektorjem.

Thomas Bopp v astronomiji ni naredil kaj posebnega. Najbolj je znan kot soodkritelj Kometa Hale-Bopp skupaj s poklicnim astronomom Alanom Halejem leta 1995. Oba, Hale in Bopp, sta komet odkrila povsem slučajno in skoraj istočasno. No, Hale malo prej, zato je prvi naveden. Eno samo opazovanje v puščavi in Bopp je postal slaven. Tako se zgodi. Moraš pač biti pravi čas na pravem mestu.

Komet Hale-Bopp bo spet obiskal naše nebo čez 2 500 let.

Eratosten

Da je Zemlja okrogla, so mislili že starogrški misleci v 5. stoletju pr. n. š. Ker se videz zvezdnega neba ne spremeni dosti, če se iz kakega kraja na Zemlji nekoliko premaknemo proti severu ali proti jugu, so sklepali, da je Zemlja zelo majhna glede na ogromno vesolje. Niso se motili. Dokončno misel o okrogli Zemlji je potrdila Magellanova odprava, ki je med letoma 1519 in 1522 s plovbo proti zahodu obplula Zemljo (gl. Magellan).



Eratosten(es) (276 pr.n.št., Kirena, Libija–194 pr.n.št., Aleksandrija).

Študiral je v Atenah in Aleksandriji. Bil je vodja in drugi knjižničar aleksandrijske knjižnice. Izumil je kotomerni inštrument armilo (armilarno sfero), ki so jo astronomi uporabljali vse do 17. stoletja.

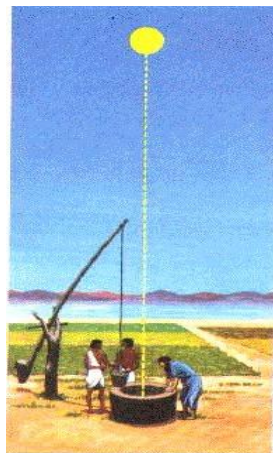
Eratosten, starogrški matematik, astronom, geograf, knjižničar, pesnik, zgodovinar, muzikolog., ki je delal v Aleksandriji in bil Arhimedov prijatelj, je prvi izmeril radij Zemlje. Njegov način merjenja in dobljeni rezultat, ki se malo razlikuje od današnje vrednosti za radij Zemlje, še danes občudujemo.

Eratosten je opazil, da je bilo najdaljšega dne (okoli 21. 6.) Sonce v mestu Asuan natančno nad glavo. Sončevi žarki so padali navpično na tla in predmeti niso imeli senc. V Aleksandriji ob Sredozemskem morju pa so istega dne predmeti metali senco na tla. To pomeni, da Sonce ni natančno nad glavo. Izmeril je, da je bilo Sonce v Aleksandriji navidezno odmaknjeno od navpične smeri nad glavo za $1/50$ polnega kota, to je za $360^\circ \cdot 1/50 = 7,2^\circ$ proti jugu.

Sklepal je takole: Če bi potoval iz Asuana natančno proti severu in nato dalje čez severni Zemljin pol proti južnemu in se vrnil v Asuan, bi obkrožil Zemljo. Opisal bi polni kot 360° in prehodil obseg $2\pi R$ Zemlje, če R pomeni radij Zemlje in $\pi = 3,14\dots$. Če pa bi potoval iz Asuana v Aleksandrijo (kraja ležita približno na istem poldnevniku), bi v isti smeri prehodil le $1/50$ obsega, to je $2\pi R/50$. Razdaljo (krožni lok) med krajema je ocenil na okoli današnjih 850 km.

Iz enačbe $2\pi R/50 = 850$ sledi za radij Zemlje $R = 850 \times 50 \text{ km} / 2\pi = 6\,800$ km. Današnja vrednost Zemljinega polmera pa je okoli 6 400 km (obe vrednosti sta približni). Eratostenova meritev je bila tako dobra, da so njegovo vrednost za radij Zemlje uporabljali vse do 16. stoletja.

Pomembna opomba. Za radij Zemlje, ki ga je izmeril Eratosten, različni avtorji navajajo različne vrednosti, tudi takšne z relativno napako manjšo od 1%, kar je praktično nemogoče (pretiravanje), saj ni niti znano, kakšno dolžinsko enoto je Eratosten uporabil pri merjenju razdalje med Asuanom in Aleksandrijo. Eni govorijo o egipčanskem stadiju (stadionu; okoli 158 m), drugi o atiškem (okoli 185 m; ali tudi okoli 190 m). Znanih je vsaj osem vrst stadijev. Gl. helenski merski sistem. Tu navajamo za radij Zemlje izmerjeno vrednost 6 800 km z okoli 6% relativno napako, kar je dosti verjetnejša vrednost kakor druge natančnejše navedene vrednosti.

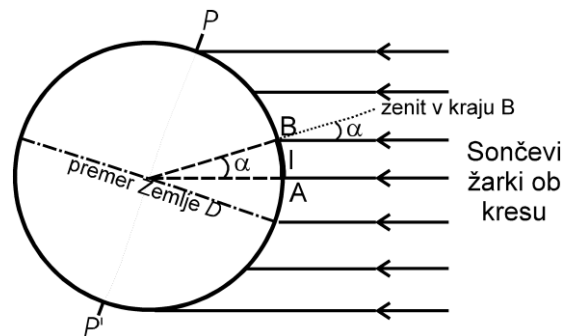


Asuan



Aleksandrija

ob kresu, dne 21.6.



K Eratostenovi meritvi radija Zemlje. V kraju A (Asuan) je Sonce 21. 6. natanko nad glavo (v zenitu) in navpični predmeti nimajo senc, v kraju B (Aleksandrija) pa je istega dne Sonce za kot $\alpha = 1/50$ polnega kota odmaknjeno južno od nadglavišča (kot α je hkrati razlika zemljepisnih širin krajev A in B) in navpični predmeti mečejo sence na vodoravna tla. Radij $R = \frac{1}{2} D$ Zemlje izračunamo iz sorazmerja $2\pi R/l = 360^\circ/\alpha$ pri znanih l (krožni lok oz. razdalja AB) in α .

Heron

Vsak srednješolec se sreča z njegovim obrazcem za ploščino trikotnika. Obrazec je tako preprost, da si ga takoj zapomnimo, čim ga enkrat vidimo napisanega na tabli ali slišimo: Celó težko ga pozabimo, čeprav je pot do njega razmeroma zahtevna.

Vse življenje je živel v Aleksandriji. Eni ga častijo kot največjega aleksandrijskega učenjaka, drugi pa ga imajo za enega najpomembnejših znanstvenikov stare Grčije. Res je naredil veliko uporabnih izumov tako v matematiki in fiziki pa tudi v tehniki in za praktično življenje. Mi ga bomo tu bolje spoznali kot matematika.

Heron (H. iz Aleksandrije ali H. Aleksandrijski) je bil znameniti grški učenjak-enciklopedist. O njegovem življenju vemo malo. Najbolj navajajo, da bil pomemben znanstvenik – mehanik.

Veliko pozornosti je posvetil vprašanju zemljemerstva in praktične uporabe geometrije. V delu *Dioptri* pojasnjuje merjenje zemljišč na osnovi uporabe pravokotnih kotov in opiše nekatere merilne inštrumente, med njimi dioptre, to je naprave, ki so služile za načrtovanje in merjenje kotov na zemljišču (terenu).

Druga njegova knjiga z naslovom *Geometrika* je prinesla seznam obrazcev in nalog iz geometrije. Vsebuje primere za izračun ploščin kvadratov, pravokotnikov in trikotnikov. V njej je o izračunu ploščine trikotnika Heron takole pisal: "Naj ima ena stranica trikotnika dolžino 13 meric vrvice, druga 14 in tretja 15. Da bi dobil ploščino trikotnika, postopaj takole. Seštej $13 + 14 + 15 = 42$, polovica tega je 21. Odštej od tega tri stranice, eno za drugo. Sprva odštej

13 in dobiš 8, potem odštej 14 in ostane 7 in končno 15 in ostane 6. Zdaj zmnoži $21 \times 8 = 168$, to pomnoži s 7 in dobiš 1176, in to pomnožiš še s 6, dobiš 7076. Kvadratni koren tega je 84. No, toliko kvadratnih meric vrvice je ploščina trikotnika."



Heron, starogrški matematik, fizik, geometer in inženir (okoli 10, Aleksandrija—okoli 75 Aleksandrija)

V svojem najpomembnejšem geometrijskem delu *Metrika* dokaže obrazec za ploščino S trikotnika in njegovo praktično uporabo v obliki:

$$S = \sqrt{[s(s-a)(s-b)(s-c)]},$$

kjer so a , b in c dolžine stranic trikotnika, s pa polovica obsega trikotnika: $s = \frac{1}{2}(a+b+c)$. To je znameniti *Heronov obrazec* (formula, enačba) za izračun ploščine trikotnika z znanimi dolžinami stranic. V bistvu je bil obrazec odkrit že v 3. stoletju pr. n. št., saj ga je na primer poznal že Arhimed. Heron ga je le javno (v knjigi) izpeljal in tako populariziral, da je postal vesplošno znan. Preprost Heronov obrazec so nato praktično uporabljali grški, rimljanski, srednjeveški in poznejši zemljemerci in tehniki. Uporabljamo ga še danes.

Leta 30 pr. n. št. je Ptolemajski Egipt postal rimska provinca. Znanost v Aleksandriji je začela usihati. Heron je bil eden zadnjih pomembnih učenjakov v Aleksandriji. Veliko je pisal o mehaniki in geometriji. Opisoval je preprosta orodja (vzvod, škripčevje, kolo, klanec, vijak, klin), s katerimi lahko (vlečno) silo pravilno usmerjamo in uporabimo. Znana je Heronova buča, votla krogla, v katero sta nameščeni in pritrjeni dve zakrivljeni cevi. Ko voda v krogli zavre, para uhaja skozi cevi in zaradi zakona o akciji in reakciji se prične krogla vrteti. To je bil prvi način pretvarjanja toplotne energije pare v mehansko energijo, v gibanje in nekakšen zametek parnega stroja.

O zraku je napisal knjigo, v kateri je dokazal, da je zrak snov in stisljiv. Napisal je tudi knjigo o zrcalih in o svetlobi. Mislil je, da je vid posledica svetlobe, ki jo oddajajo oči in da se svetloba giblje z neskončno hitrostjo.

Za vajo po Heronovem obrazcu izračunajte ploščino trikotnika z dolžino stranic 9 cm, 10 cm in 17 cm. [36 cm^2]

Keops

To je bil egipčanski faraon Kufu, ki so mu stari Grki rekli Keops (vladal ok. 2589–2566 pr.n.š.). Pravijo, da je bil krut in brezobziren. Zgraditi si je dal grobnico v obliki velike piramide. O njej je ostalo veliko zgodb. Še največ v zvezi s Talesovim merjenjem njene višine.

Zgodba

”Tako stoji v puščavskem pesku pod veliko piramido. Eden od svečenikov se smeje in ga vpraša, koliko je visoka piramida faraona Keopsa. Tales nekoliko razmišlja in odgovori, da ne bo ocenil višine na oko, ampak da jo bo izmeril, in to z nobeno posebno pripravo, brez vsakega pomožnega sredstva. Vlegel se je v pesek in odmeril lastno dolžino telesa.



Okoli 2560 pr.n.š.

Keopsova ali Velika piramida je najstarejša in največja piramida v Gizi v Egiptu, grobnica faraona Keopsa. Gradilo jo je 100 000 ljudi 20 let. Je kvadratna piramida z osnovnim robom 229 m in višino 147 m. Je ena od sedmih čudes antičnega sveta.

“Kaj neki namerava?”, so se spraševali svečeniki.

“Postavil se bom preprosto”, pripoveduje Tales, “na en konec te izmerjene dolžine svojega telesa in bom čakal, dokler moja senca ne bo natančno tako dolga, kolikor je dolžina mojega telesa. V tem istem trenutku mora meriti tudi dolžina sence piramide vašega faraona Keopsa natanko toliko korakov, kolikor je piramida visoka.”

Medtem je svečenik, začuden nad neverjetno preprostostjo rešitve, še razmišljal, če to ni morda zgrešeno sklepanje, če to ni kakšna ukana, Tales že dalje govori: “Če pa želite, da vam to višino izmerim v katerem koli času dneva,

potem bom zapičil to palico v pesek. Poglejte – njena senca je zdajle ravno enaka polovici palice. Zato mora zdaj tudi senca piramide meriti polovico njene višine. Treba je le dolžino palice primerjati z dolžino sence in potem, da dobite višino piramide, pomnožiti dolžino sence piramide z dobljenim številom.”

Tako je Tales iz Mileta - Grk iznenadil in navdušil Egipčane. Egipčanski svečeniki so se čudili načinu opazovanja, ki jim je bilo tuje, Grk pa ga je posplošil in rešil zastavljeno mu nalogo“. *Prevod in priredba M. Pr.*

Izračunajmo višino piramide po Talesovem izreku.

V nekem trenutku je dolžina sence Keopsove piramide 103 m, dolžina sence metrske navpične palice pa 70 cm. Koliko meri višina piramide?

Višino x Keopsove piramide dobimo iz sorazmerja: $x/103 \text{ m} = 1 \text{ m}/0,7 \text{ m}$ in $x = 147 \text{ m}$.

Toliko o Talesu, Keopsu in meritvi višine njegove piramide v tem trenutku in na tem mestu.

Kleóstrat

Pri pisanju asterizma Kozlički sem naletel na starogrškega astronoma, za katerega pravijo, da je prvi pokazal na dve zvezdi v ozvezdju Voznik in ju imenoval Haedi (Kozlička). Skupina treh zvezd, Epsilon, Zeta in Eta Voznika, res sestavljajo asterizem, ki mu danes rečemo Kozlički. Dobro je viden s prostimi očmi tik zraven Kapele ali Koze, glavne zvezde Voznika.

Kdo je bil ta astronom? Po čem je bil znan ali znamenit.

To je bil *Kleóstrat* (starogrško Κλεόστρατος ὁ Τενέδιος; K. iz otoka Tened(i)os, zdaj Turčija; okoli 500–okoli 430 pr.n.št.). Najbrž je iz Babilonije v Grčijo prenesel idejo o živalskem krogu z začetkom v Ovnu in Sončev in Lunin koledar. Eni ga imajo za avtorja oktaeterisa (439 pr.n.št.), osemletnega cikla 99 Luninih mesecev z 2922 dnevi v Luninem koledarju. Oktaeteris pomeni periodo osem tropskih let, ko se ponovi enaka Lunina mena na isti dan leta (± 1 do 2 dneva), kar znese ravno 2922 dni.

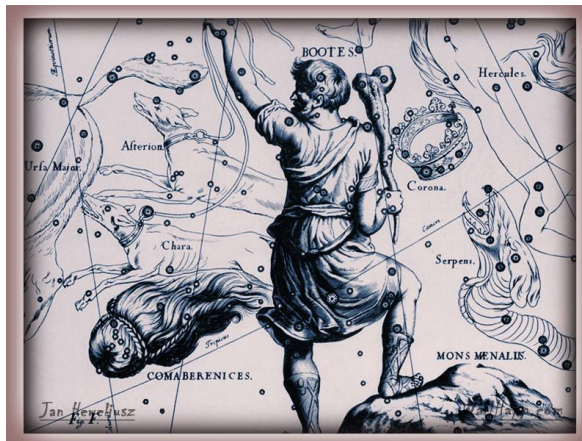
Dejansko je njegov cikel trajal okoli $8 \cdot 365 = 2920$ dni, kar je zelo blizu 99 Luninih sinodskih mesecev: $99 \cdot 29,5 = 2920,5$ dni. Gre za neko povezavo med Luninimi in Sončevimi koledarji. Podoben osemletni cikel je nekoliko pozneje opredelil Evdoks. Nekateri zgodovinarji znanosti celo pripisujejo avtorstvo oktaeterisa Evdoksu (ok. 410–347 p.n.št.). A to ne more biti, saj je živel po Kleóstratu. Moje mnenje je, da je oktaeteris najbrž uvožen iz Babilonije (Kaldeje), saj so ti stari astronomi precej potovali, obiskovali Babilonijo in od tam prinašali številne ideje iz astronomije. Spomnimo se le Talesa iz Mileta (gl. Keops).

Konon

Konon (K. iz Samosa; ok. 280–220 pr. n. st., Aleksandrija) je bil starogrški matematik in astronom. Deloval je v Aleksandriji. Bil je Evklidov učenec in Arhimedov vrstnik - učitelj in prijatelj v Aleksandriji, kjer je Arhimed nekaj časa študiral. Prijatelja sta ostala vse življenje. Arhimed ga je vsesplošno zelo cenil. Kononov sodobnik je bil tudi Eratosten. Menda je le s Kononom in Eratostenom, posebej pa s prvim, napredni Arhimed izmenjeval svoja poglobljena matematična razmišljanja. Nekaj svojih najboljših del je Arhimed poslal Kononu v pismih. Po njegovi smrti se je Arhimed dopisoval z Dositejem, ki je bil Kononov učenec.

Konon se je ukvarjal s stožnicami. Raziskoval je tudi spiralo, ki jo sicer pripisujejo Arhimedu.

V Italiji in na Siciliji je opravljal astronomska opazovanja za sestavo koledarja vremenskih napovedi po zvezdah (parapegma). Takrat je navezal stik z Arhimedom. Potem je odšel v Aleksandrijo, kjer je služil kot dvorni astronom egipčanskemu kralju-faraonu Ptolemaju III Evergetu (vladal 246–221) in z Arhimedom ostal na zvezi vse do konca svojega življenja.



Ozvezdje Berenikini kodri (Coma Berenices), ki ga je naredil Konon.

Okoli leta 245 pr.n.št. je faraon odšel na bojni pohod proti Sirijcem. Njegova žena-faraonica Berenika je darovala svoje bujne zlate lase oziroma kodre (bila je plavolasa) Afroditinemu svetišču, da bi se zahvalila boginji, ker se je njen mož po zmagi srečno vrnil domov. Kodri pa so čez noč izginili. Konon je z lahkoto prepričal zaskrbljeno in žalostno kraljico, da je Afrodita ponesla njene kodre na nebo, kjer odslej visijo kot novo ozvezdje. Pokazal je na težko opazno skupinico zvezd med ozvezdji Volarja, Leva in Device, ki ji do tedaj astronomi še niso posvetili svoje pozornosti. Od takrat dalje je ta skupinica zvezd znana kot ozvezdje *Berenikini kodri* (Coma Berenices). To je prvo zgodovinsko ozvezdje, za katerega vemo, kdaj je nastalo.

Konon je napisal tudi delo v sedmih knjigah *De astrologia* (O astronomiji), ki je vsebovala egipčanska opazovanja Sončevih mrkov, in *Pros*

Thrasysdaion (V odgovor Trasideju), kjer je obravnaval medsebojna presečišča stožnic in presečišča stožnic s krožnicami. Nobeno od teh del se ni ohranilo.

Magellan

Magellan je s plovbo proti zahodu prišel do Azije. Pomorska pot, ki jo je odkril, ni postala pomembna trgovska pot. Po odprtju Panamskega prekopa je sploh izgubila pomen. Je pa Magellanova odprava okrog sveta eden največjih podvigov v zgodovini pomorstva. Šele po tem potovanju je Evropa sprejela misel o obstoju nove celine. Sredi 16. stoletja so na geografskih kartah že vrisani obrisi Amerike.

O Magellanu pišemo tu predvsem zato, ker so v času Magellanove odprave na južni nebesni polkrogli s prostim očesom 'odkrili' dve, pozneje po njem imenovani in nam najbližji galaksiji, Veliki Magellanov oblak in Mali Magellanov oblak. Sta satelita naše Galaksije in ležita v oddaljenosti okoli 180.000 svetlobnih let od nas.

Proti koncu 15. stoletja je nekaj pomembnih odkritij zelo spremenilo pogled na geografijo tedaj znanega sveta. Leta 1487 je portugalski pomorščak Bartolomej Dias z zahodne smeri obplul Afriko in pokazal pot v Indijski ocean. V letu 1492 je Krištof Kolumb prečkal Atlantik in odkril Kubo in Haite. Nato je Vasco da Gama mimo Rta Dobre Nade prijadral s portugalskimi ladjami v Indijo. Leta 1513 pa je Španec Vasco Nunes de Balboa odkril Južno morje, kot so imenovali tisti del Tihega oceana, ki se je zajedal z zahodne strani v Panamsko ožino.

Portugalska in Španija sta bili takrat največji pomorski sili v Evropi. Kot prvi evropski državi sta odkrivali in zavojevali novo odkrite dežele v Afriki, Indiji, Jugovzhodni Aziji. V medsebojni tekmi pri osvajanju novih dežel in s tem odpiranjem novih trgovskih poti, je na prehodu iz 15. v 16. stoletje prednjačila Portugalska. S svojimi osvajalnimi ekspedicijami na južnih morskih poteh je prišla do bajno bogatih pravljličnih Moluških otokov. Na Portugalsko se je stekalo ogromno bogastvo z daljnih dežel vzhoda, kot na primer začimbe, slonova kost in druge dragocenosti, ki so se na evropskih trgih prodajale za zlato.

Pred odkritjem Novega sveta je prevladovalo mišljenje, da se med Pirinejskim polotokom in deželami Vzhoda razprostira en sam brezmejni ocean. Po Kolumbovih plovbah pa se je mnenje spremenilo. "Velikansko celino", za katero so mislili, da je na povsem z ladjami premostljivi razdalji, so sprva imeli za vzhodno obalo Azije. Nato so menili, da ima Novi svet morsko ožino, ki povezuje Atlantik z "Južnim morjem". Skozi ta preliv naj bi po najkrajši poti prišli do Moluških otokov. Glavnemu krmarju španske flote Juanu de Solisu v letih 1515/1516 ni uspelo najti preliva. Ko je s svojimi ladjami plul vzdolž brazilske obale, je odkril le ustja dveh velikih rek Parana in Urugvaja. V

spopadu z Indijanci je bil Solis ubit, njegovo ladjevje pa se je vrnilo v Španijo brez uspeha.

Toda z iskanjem preliva niso prenehali.

Leta 1517 je v Španijo pribežal kapitan portugalske mornarice Fernando Magellan. Pred tem je sodeloval v osvajalskih ekspedicijah, ki so utrjevale portugalsko oblast v Indiji in Maroku. Domov se je vrnil ranjen. Rana v kolenu mu je pustila doživljenjsko šepavost. Ker od svojega vladarja ni dobil pričakovanega zaslužka za dolgoletno vojaško službo in ker tudi njegov projekt morske plovbe v jugozahodni smeri čez Novi svet do otokov začimb ni bil sprejet, se je odločil, da ga predlaga španskemu monarhu Karlu V. Ta je projekt sprejel marca 1518, Magellanu dodelil pet ladij in ga imenoval za admirala ladjevja.



Fernando Magellan (1480 - 1521) - prvi mornar, ki je organiziral in večji del izvedel enega najsmelejših podvigov v zgodovini odkritij - potovanje okrog Zemlje. Vzgojen na portugalskem dvoru je znal dobro matematiko, geografijo in navigacijo, bil pa je tudi vojak. Slika prikazuje opravljeno pot Magellanove ekspedicije. Član posadke je bil tudi italijanski pisatelj Antonio Pigafetta, ki je vodil dnevnik in je kasneje v knjigi opisal potovanje. Astrolabi in kvadranti so bili glavne navigacijske opazovalne naprave, ki so omogočile raziskave še neodkrita sveta. Splet.

Ladjevje so sestavljale razmeroma majhne ladje: Trinidad (admiralska ladja; 110 ton), San Antonio (120 ton), Concepcion (90 ton), Victoria (karavela, 85 ton) in Santiago (75 ton). Priprave na ekspedicijo so trajale več kot eno leto. Dne 10.8.1519 je iz pristanišča Sanlucar ladjevje zapustilo obale Španije. Mornarje je čakalo dolgo potovanje daleč proti zahodu in jugu, kamor še ni priplula nobena evropska ladja. Magellan je bil kot poveljnik narodno mešane posadke s 265 člani zelo trd poveljnik. V kali je zadušil vsako nasprotovanje njegovim zamislim. Na ladjah je vzdrževal železno disciplino.

Težki pogoji prezimovanja so omajali vero v uspeh. Zato je prišlo aprila 1520 do upora v zalivu San Julian na vzhodnih obalah južne Amerike. Upor je Magellan zatrl. Kmalu nato se je na čerh razbil Santiago in potonil. Njegovo posadko so komaj rešili. Ostale ladje so nadaljevale pot vzdolž obale. Prvega novembra so odkrili dolg, ozek in vijugast morski preliv s polno čeri in številnimi otoki. Tu je ekspedicija izgubila še eno ladjo. Uporniki so zajeli San Antonio in z njo pobegnili nazaj v Španijo. Mesec dni se je Magellan s tremi ladjami prebijal po labirintskih vodah tega, danes imenovanega Magellanovega preliva, ko so ga dne 28.11.1520 ladje prebile in vplule v "Južno morje", torej v Tihi ocean.

Nadaljnje potovanje čez "Južno morje" proti zahodu je trajalo skoraj štiri mesece. Bilo je strašno naporno. O izredno težki plovbi po Tihem oceanu piše Pigafetta. V času treh mesecev in 20 dni niso jedli ničesar svežega. Hranili so se s prepečenimi drobtinami, pomešanimi s črvi, pili so rumeno usmrajeno vodo, jedli z morsko vodo prepojeno volovsko kožo in celo žaganje, podgane so imeli za poslastico. Skoraj vsi so dobili skorbut. Prizanesel je le 19 mornarjem. Šele 6.3.1521 po 17 000 km plovbe so Magellanove ladje priplule k cvetočim in gosto naseljenim otokom, ki jih je Magellan poimenoval Landroni (pozneje preimenovani v Marianske otoke). Prebivalci teh otokov so imeli lastnost, da so preprosto kradli vse, kar jim je prišlo pod roke (landron, šp. - tat, kradljivec). Ko so ukradli rešilni čoln, je Magellan odšel na obalo s skupino oboroženih mornarjev, požgal nekaj koč in ubil nekaj domačinov, da je dobil čoln nazaj.

Kmalu nato so se Magellanove ladje obrnile proti jugu k Moluškim otokom in priplule k skupini večjih otokov, danes imenovanih Filipini. Tukaj so naselci govorili v malajskem jeziku. Magellanu je bilo takoj jasno, da je obšel Zemljo in prišel v stari svet k indonezijskim otokom. Vmešal se je v plemensko vojno in 27.4.1521 padel v bitki z domačini.

Magellanu ni uspelo popolnoma uresničiti svoje zamisli, da po poti proti zahodu pride do otokov začimb. Toda zaključiti njegovo začeto delo zdaj ni bilo več težko. Za Filipini so zapluli v morja in potovali mimo otokov, ki so bila že znana Špancem in Portugalcem. Niso pa vedeli, ali je to najkrajša pot iz Španije k Moluškim otokom in ali je v iskanju te poti narejen znanstveni podvig zgodovinskega pomena za ves svet.

Po Magellanovi smrti je postal vodja flote Juan Serrano, a so ga mornarji izdajalsko ubili. Posadka je štela zdaj okoli sto mornarjev, med njimi veliko bolnih. To je bilo premalo mornarjev za tri ladje. Zato so zažgali Conception, ki je bila sploh neprimerna za daljša potovanja.



Veliki in Mali Magellanov oblak, nepravilni - razpršeni majhni galaksiji, spremljevalki naše Galaksije; obiskovalci Avstralije pripovedujejo, da sta oblaka res čudovita. *Splet.*

Tisti, ki so ostali živi, so nadaljevali pot z dvema ladjama. Brez pravega vodstva sta ladji blodili med otoki Malajskega arhipelaga in potrošili za to trikrat več časa, kot pri prehodu Tihega oceana. Dne 8.10.1521 najdejo otoke začimb - Moluške otoke. Tu naložijo velike količine začimb. Ko so ugotovili, da ladja Trinidad pušča vodo, so jo izvlekli na suho in popravili. Odločili so se, da jo napotijo preko Tihega oceana do Paname. Na tej poti nedaleč od Moluških otokov pa so jo zaplenili Portugalci in uničili.

Ekspediciji je ostala le ena sama ladja. Timor je bil zadnji otok, ki ga je januarja 1522 obiskala Victoria, zadnja ladja Magellanove ekspedicije, predno je zapustila labirintu podoben arhipelag in odplula domov. Kapitan te ladje je bil Juan Sebastian Elcanó, bivši krmar Conceptiona. Kakor Magellan je tudi Elcanó razpolagal z izrednim umom in nezlomljivo voljo. Svojo edino karavelo je usmeril čez morje po ogromnem loku, ki je zajel daljni jug Indijskega oceana. Navigacijski instrumenti, ki so jih uporabljali v tej ekspediciji, so vključevali 20 lesenih kvadrantov, 7 astrolabov in 6 parov kompasov. Sicer pa se je moral kapitan Victorije na tem morskem predelu bolj zanašati na svoje izkustvo kot na karte in inštrumente.

Ko so prestali strahoten morski vihar ob Rtu Dobre Nade, je ladja končno zaplula v Atlantik. Dne 6.9.1522 je z vsega 18 preživelimi mornarji priplula k Španski obali. Od glada in boleznih izčrpani, od tropskega sonca ožgani, z vetrovi treh oceanov ošibani, v razpadajočih in razcefranih oblačilih, so stopili na rodno zemljo, vendar pa so zaključili v zgodovini človeštva prvo plovbo okrog sveta.

Kako so sodobniki ocenjevali Magellanovo ekspedicijo? Tako, kot mi danes ocenjujemo, da je bilo to eno največjih geografskih odkritij, tedaj gotovo

niso. Prve znanstvene razprave o Zemljini krogli kot celoti so izrekli šele kakšnih 150 let po Magellanovem potovanju in drugih plovbah okrog Zemlje.

Res pa je, da so se tedaj našli ljudje, ki so znali oceniti prednosti odkritja Magellanove poti v Tihi ocean. Angleški in holandski pirati so izkoriščali Magellanov preliv, da so pogosto prihajali iz Atlantika v Tihi ocean in ropali špansko lastnino na obalah Čila, Peruja in Centralne Amerike. Znanstvenega priznanja za največje odkritje v tem času ni bilo, praktično vrednost pa so izkoriščali večinoma morski roparji.

Če na Magellanovo ekspedicijo pogledamo skozi prizmo časa, lahko s prepričanjem rečemo: ***Kot po naključju se je to potovanje zaključilo z ladjo Victorija - Zmaga.*** Tudi dejansko se je ekspedicija zaključila z znanstveno zmago. Magellanova ekspedicija in kasneje druga krožna potovanja so posredovale osnovno predstavo o našem planetu.

Ta, prva Magellanova plovba okrog sveta, je povzročila revolucijo v geografiji, saj je dokazala, da oceani in morja pokrivajo večji del površja Zemljine krogle. Danes je to splošno znano, nekdanj pa so mislili drugače. Celo Kolumb, vsega dobrih dvajset let pred Magellanovo ekspedicijo, je menil, da kopno sestavlja šest sedmin Zemljine krogle.

Trdno pa so se v znanost usidrala tudi številna druga odkritja Magellana in njegovih sodelavcev, posebno astronomska. Pozornosti teh radovednih ljudi se niso izmuznile številne svetle zvezde, kot sta na primer Kanop (Alfa Ladje Argo – druga najsvetlejša, nam nevidna zvezda) in Ahernar (Alfa Eridana, od nas tudi nevidna zvezda), pa tudi dva zvezdna sistema - galaksiji, ki sta dobili ime Veliki Magellanov oblak in Mali Magellanov oblak.

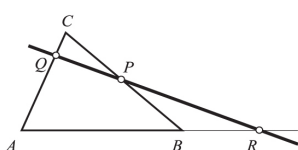
Menelaj

O življenju Menelaja Aleksandrijskega vemo le, da je živel okoli leta 100 in da je bil poleg Herona eden zadnjih velikih učenjakov v Aleksandriji. Verjetno je mladost preživel v Rimu in se potem preselil v Aleksandrijo. V glavnem se je ukvarjal z ravninsko in sferno geometrijo in uporabo geometrije v astronomiji.

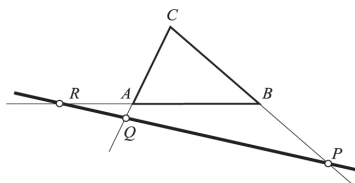
Njegovo delo *Krogla (Sphaerica)* v treh knjigah se je ohranilo v arabskem prevodu. Obravnava geometrijo na krogli skupaj s sfernimi trikotniki, kar pa ni bilo objavljeno v Evklidovih *Elementih*. Razvija teorijo trikotnika v ravnini, definira sferni trikotnik kot trikotnik, katerega stranice so loki velikih krožnic (s središčem v središču krogle), podaja uporabo sferne trigonometrije v astronomiji in objavi svoj znameniti izrek o odsekih, če presekamo ravninski trikotnik s premico. Poznal ga je že Evklid, Menelaj pa ga je razširil in dokazal še za sferni trikotnik.



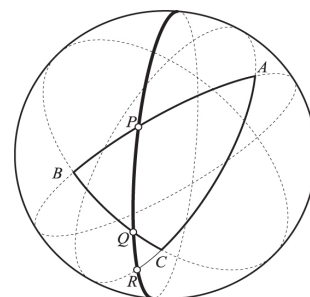
Menelaj (M. iz Aleksandrije, M. Aleksandrijski; okoli 70, ?– okoli 140, Aleksandrija), starogrški matematik in astronom, ki je prvi definiral sferni trikotnik, to je trikotnik na sferi, ki ga omejujejo tri stranice – loki velikih krožnic na sferi. Nekateri ga imajo za očeta sferne trigonometrije.



1



2



3

Menelajev izrek: 1. premica, ki povezuje točke P , Q in R , preseka dve stranici trikotnika in nosilko tretje stranice trikotnika; **2.** premica, ki povezuje točke P , Q i R , gre mimo trikotnika in zunaj njega preseka nosilke vseh treh stranic; **3.** lok glavne krožnice, na katerem ležijo točke P , Q in R preseka dve stranici sfernega trikotnika in krožnico, na kateri leži tretja stranica. Velja: $|AR|/|RB| \times |BP|/|PC| \times |CQ|/|QA| = 1$ (zmnožek razmerij označenih odsekov je ena). To je torej slavni Menelajev izrek, ki je bil sicer znan že v ravninski geometriji Evklidu, Menelaj pa ga je prvi dokazal še v sferni geometriji.

Njegova dela na področju sferne trigonometrije je nadalje razvijal Klavdij Ptolemaj (2. stoletje). V svojem *Almagestu* je navedel dve astronomski opazovanji, ki jih je Menelaj opravil v Rimu januarja in februarja leta 98, ko je

opazoval Lunino zakritje zvezd Spike (Alfa Škorpionja) in Akrab (Beta Škorpionja). Ptolemaj je ti opazovanji uporabil, da je potrdil precesijo enakonočij, to je pojav, ki ga je odkril Hiparh v 2. stoletju pr. n. št. Menelaj je sestavil tudi zvezdni katalog, a več kot to o katalogu ni znanega.

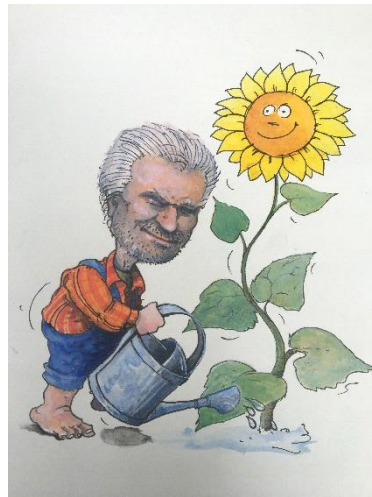
Precej njegovih del so ohranili Arabci, nekaj so jih v 16. stoletju prevedli tudi Evropejci. Njegova dela: *Elementi geometrije*, *Knjiga o trikotniku*, *O poznavanju teže in njene porazdelitve v različnih telesih* pa se niso ohranila.

*

Toliko v e-knjižici *Zvezde nad Joštom*.

Več o življenju in delu svetovnih in nekaj naših astronomov najdete v e-knjigah *Svetovno slavni astronomi* in *Ukvarjali so se tudi z astronomijo*; o pojavih, dogodkih in telesih v vesolju in o nebesnih mitoloških zgodbah v e-knjižicah *Astronomske zgodbe o Luni in Zemlji*, *Zgodbe z zvezdnega neba* in *Gledajo nas izpod neba*; o raziskovanju dolžine sence od Sonca osvetljene palice pa v e-brošuri *Raziskovanje opoldanske sence*.

Posebno dosti mojih spisov iz astronomije je na spletu Knjižnice A. T. Linhart, Radovljica v rubriki *Domoznanstvo*. Včasih se kaka vsebina res tudi ponovi. Ampak bolje to, kot da je sploh ni.



Ilustracija, Edo Podreka, 2002