

UDALJENOST U OTVORENOME PROSTORU

Učenik: Sanja Kelemen

Mentor: Sanela Jukić, prof. matematike

Datum: 14.3.2015.

Uvod

Moj zadatak bio je saznati kako astronomi mjere udaljenosti u otvorenome prostoru tj. udaljenost između planeta, zvijezda itd. te izračunati udaljenost. Astronomi danas, zahvaljujući napretku znanosti, mogu to izračunati radarom ili laserskim zrakama, ali i različitim metodama.

Jedna od njih je paralaksa koja je poznata od davnine, a koristi se i danas. Na njoj su temeljena prva precizna mjerenja, a ona se zasniva na istodobnom mjerenju koordinata nebeskog tijela s dva različita stajališta na Zemlji te označava prividan pomak nebeskog tijela opažan iz dvaju različitih smjerova. Triangulacija je također jedna od metoda za mjerenje udaljenosti u otvorenome prostoru. To je zapravo određivanje položaja točaka u trigonometrijskoj mreži trokuta koje se provodi mjerenjem kutova među stranicama pojedinih trokuta, uz određivanje duljine najmanje jedne od stranica trokuta.

Izabrala sam izračunati udaljenost između Zemlje, Venere i Marsa. Zbog nedostatka aparature te nemogućnosti provođenja paralakse i triangulacije, udaljenosti ću izračunati po Prvom Keplerovom zakonu te ću, uz pomoć nastavnice, konstruirati udaljenosti koristeći GeoGebru.

Prvi Keplerov zakon

Od Ptolomeja do Kopernika astronomi su smatrali da su putanje planeta kružnice, ili se mogu predstaviti u obliku super pozicija kružnih gibanja. To je bilo osnovano na filozofskim uvjerenjima da je kružno gibanje savršeni oblik gibanja koje je Bog kao takvo izabrao za gibanja planeta. Johannes Kepler 1609. iznio je stav da su orbite planeta elipse.

Prvi Keplerov zakon glasi:

„Planeti se oko Sunca kreću po eliptičnim putanjama; u zajedničkom žarištu tih elipsa nalazi se Sunce“, što znači da su staze planeta elipse u čijem je žarištu Sunce.

Što je zapravo elipsa?

Elipsa je zatvorena krivulja određena dvjema poluosima: velikom (oznaka: a) i malom (oznaka: b). Veličina i izduženost elipse određena je velikom poluosu i ekscentricitetom (ili eliptičnošću, oznaka: e ; krajnje pojednostavljeno, ekscentricitet je odstupanje od centra). Velika poluos ujedno je i srednja udaljenost točke na elipsi od jednog žarišta (planeta od Sunca). Sa smanjenjem ekscentriciteta elipsa prelazi u kružnicu, a njezina velika poluos prelazi u polumjer kružnice. Ulogu srednje udaljenosti tada ima sam polumjer kružnice. Važno je napomenuti da, kao što kružnica ima jednu važnu točku koja se naziva središte, elipsa ima dvije takve točke koje se nazivaju žarišta.

Elementi planetarnih staza Zemlje, Venere i Marsa (planetarne staze zapravo su elipse)

ZEMLJA: velika os: $a = 149.6 \cdot 10^6 \text{ km}$

numerički ekscentricitet: $\varepsilon = 0.017$

linearni ekscentricitet: $\varepsilon = e/a$

$\Rightarrow e = \varepsilon \cdot a$

$e = 2.5432 \cdot 10^6 \text{ km}$

VENERA: velika os: $a = 108.2 \cdot 10^6 \text{ km}$

numerički ekscentricitet: $\varepsilon = 0.007$

linearni ekscentricitet: $e = \varepsilon \cdot a$

$e = 0.007 \cdot 108.2 \cdot 10^6 \text{ km}$

$e = 0.7574 \cdot 10^6 \text{ km}$

kut inklinacije: 3.4°

MARS: velika os: $a = 227.9 \cdot 10^6 \text{ km}$

numerički ekscentricitet: $\varepsilon = 0.094$

linearni ekscentricitet: $e = \varepsilon \cdot a$

$$e = 0.094 \cdot 227.9 \cdot 10^6 \text{ km}$$

$$e = 21.4226$$

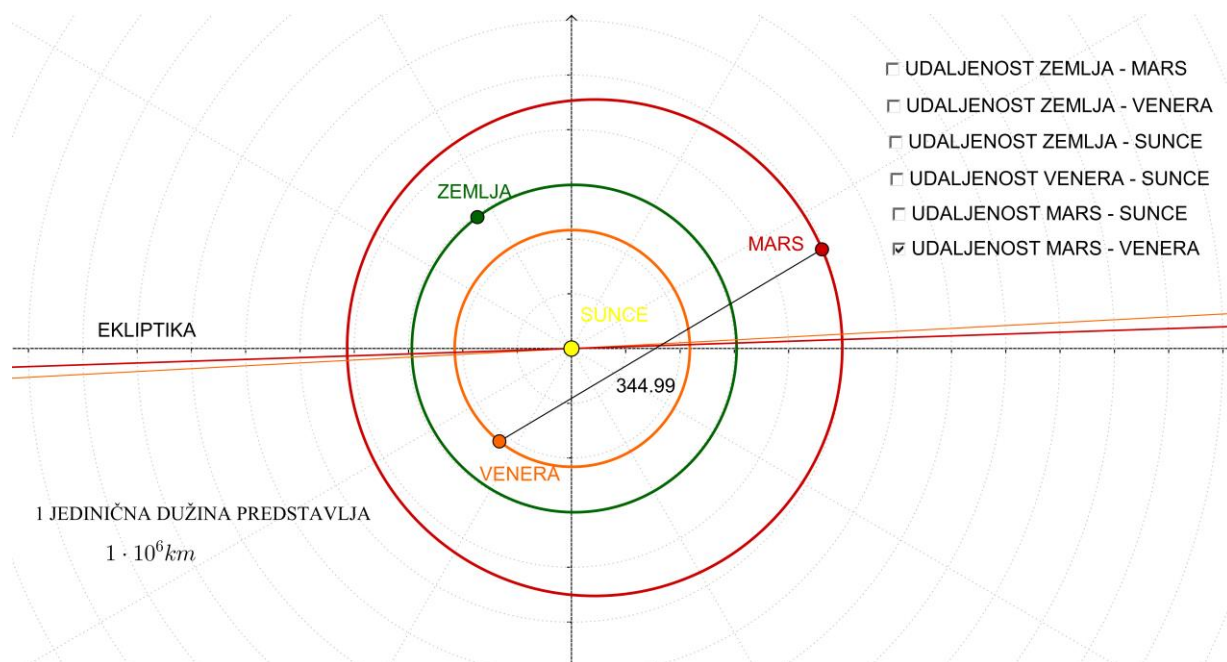
kut inklinacije: 1.9° /s ravninom eliptike

(inklinacija je kut između zadane ravnine i referentne ravnine)

Veličine planetarnih staza pojedinog člana Sunčevog sustava, pa tako i Zemlje, Venere i Marsa, neprestano se mijenjaju. To je zbog toga što se velika poluos (linija koja povezuje perihel i afel), nazvana još i linija apsida, ne podudara s linijom koja povezuje zimsku i ljetnu točku. Razlika se stalno povećava jer se velika poluos zakreće u liniji putanje; zakreće se u smjeru gibanja Zemlje, pa Zemlji treba više vremena da ponovno stigne u perihel, nego što joj treba da ponovi svoj položaj prema zvijezdama.

Elementi planetarnih staza su promjenjivi, stoga su u tablici navedene približne vrijednosti za neko razdoblje:

Planet	Velika os a ($\cdot 10^6 \text{ km}$)	Numerički ekscentricitet ε	Linearni ekscentricitet e ($\cdot 10^6 \text{ km}$)	Kut inklinacije $^\circ$
Zemlja	149.6	0.017	2.5432	0
Venera	108.2	0.007	0.7574	3.4
Mars	227.9	0.094	21.4226	1.9

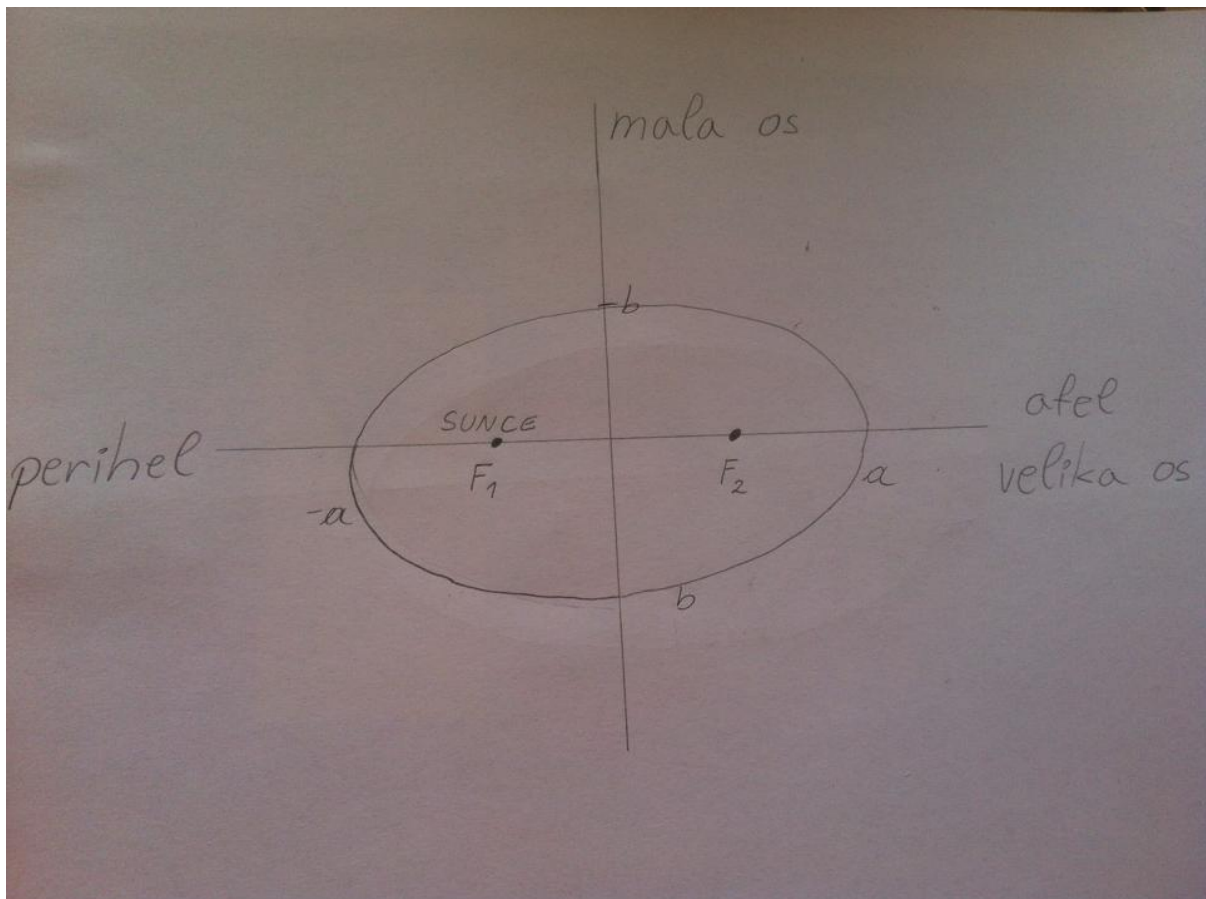


konstrukcija u GeoGebri

Većina planeta ima slabo izdužene planetarne putanje (staze) koje je na maloj konstrukciji okom teško razlikovati od kružnice, što je vidljivo na slici iznad.

Na ovoj konstrukciji 1 jedinična dužina predstavlja $1 \cdot 10^6 \text{ km}$ što znači da je udaljenost između Venere i Marsa $344.99 \cdot 10^6 \text{ km}$.

Mjerna jedinica za udaljenost između planeta je astronomska jedinica, popularno zvana „astronomski metar“. Astronomi stoga veliku pažnju posvećuju tome da što preciznije odrede vrijednost jedne astronomske jedinice. Trenutno prihvaćena vrijednost je $149\,597\,870\,691 \pm 30 \text{ m}$ (približno 150 milijuna kilometara).



skica eliptičke putanje svakog od planeta

Na ovoj skici žarišta elipse su F_1 i F_2 .

F_1 ovdje prikazuje fokus u kojem se nalazi Sunce. Perihel je položaj nekog planeta na svojoj eliptičnoj putanji kada je najbliži Suncu.

Suprotno od toga, afel je točka u kojoj je planet na svojoj eliptičnoj putanji najudaljeniji od Sunca.

Pogreška u mjerenju

Na *skici eliptičke putanje svakog od planeta* pretpostavljeno je da je svakom navedenom planetu fokus F_1 Sunce što ne mora biti, može Sunce biti i u fokusu F_2 pa se tada udaljenosti znatno mijenjaju.

Kako su sve putanje stavljene u jednu ravninu zanemarili smo nagnutost staza u odnosu na stazu Zemlje te se i tada udaljenosti opet mijenjaju.

Zaključak

U ovih mjesec dana mi smo istraživali sve moguće načine kako bismo izračunali udaljenosti između Zemlje, Venere i Marsa. Pošto u našoj školi predmet astronomije ne postoji, bilo je jako teško shvatiti o čemu se tu radi te sve istražiti i izračunati. Ali ipak, zanimljivo je sam izračunati koliko je planet na kojem mi živimo udaljen on Venere, Marsa te Sunca, iako je to samo približna vrijednost.

Pošto teleskop i ostalu potrebnu aparaturu te određene mogućnosti za poznate metode nemamo, došli smo do zaključka da bismo mogli izračunati udaljenost pomoću Prvog Keplerovog zakona, što smo i učinili.

Zahvaljujući Johannesu Kepleru koji je prije 406 godina iznio svoj stav da su staze planeta elipse u čijem je žarištu Sunce, mi smo u ovih mjesec dana po Prvom Keplerovom zakonu izračunali približnu udaljenost između Zemlje, Venere i Marsa. Podatke o velikoj osi, numeričkom ekscentricitetu te kutu inklinacije pronašli smo u raznoj literaturi, a linearni ekscentritet izračunali smo po formuli: $\epsilon = e/a$ te po izvedenoj formuli $e = \epsilon * a$. Sve te vrijednosti su zapravo samo približne jer se veličine planetarnih staza stalno mijenjaju. Ti podatci pomogli su nam pri konstrukciji u GeoGebri koja također nije potpuno točna zbog *Pogreške u mjerenju* (objašnjeno u ulomku iznad).

Točnije i preciznije rezultate dobili bismo da smo putanje konstruirali u trodimenzionalnom koordinatnom sustavu.

Ove rezultate možemo smatrati samo približnim vrijednostima i koristiti ih za uočavanje promjene u udaljenostima u odnosu na trenutni položaj planeta prema Suncu ili Zemlji!

U privitku Vam šaljem aplet približnih vrijednosti mogućih udaljenosti Zemlje, Venere i Marsa po Prvom Keplerovom zakonu koji sam izradila zajedno s nastavnicom (u gornjem desnom kutu stavljajte kvačice na određenu udaljenost za koju želite da se prikaže).

Literatura

- wikipedia
- Vladis Vujnović: "Astronomija", Školska knjiga, 1989.
- te mnoge ostale web stranice