

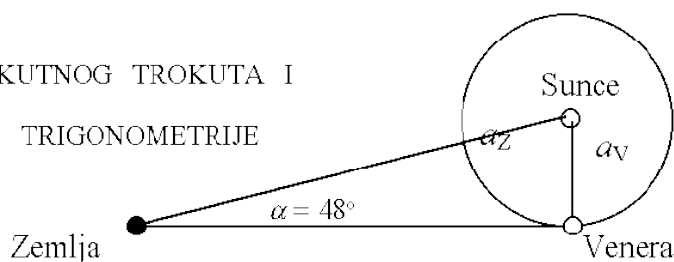
JEDNA METODA ODREĐIVANJA UDALJENOSTI JUPITERA

Priradio: Prof.dr.sc. Vladis Vujnović

Udaljenosti planeta od Sunca prvi je odredio Kopernik tako da je za jedinicu udaljenosti uzeo udaljenost Zemlje od Sunca. Pritom je utvrdio da je za mjerenje donjih planeta dovoljno mjeriti samo najveću elongaciju – a to znači najveći kutni otklon planeta od Sunca. Tako za Veneru, koja ima najveći kut 47° izlazi, $a_V = 0,73 a_Z$. Postupak je rastumačen slikom 1.

METODA PRAVOKUTNOG TROKUTA I

$$\frac{a_V}{a_Z} = \sin \alpha = 0,73 \quad \text{TRIGONOMETRIJE}$$



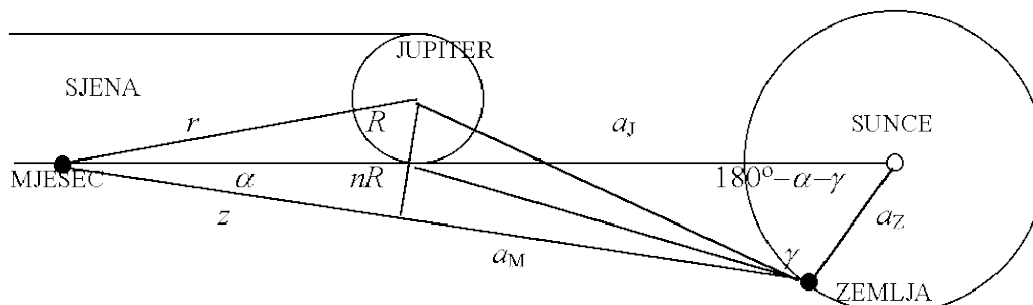
Slika 1.

Za mjerenje udaljenost gornjih planeta od Sunca, postupak je znatno složeniji. Pomišljamo da bi najbolje bilo otputovati na Jupiter pa s njega izmjeriti koliki je Zemljin najveći kutni otklon od Sunca! Tada bismo mogli iskoristiti isti postupak kao što ga koristimo na Zemlji za Veneru. Zar je to zaista moguće?!

Moguće je ako iskoristimo Jupiterove mjesece. Oni se oko Jupitera gibaju u ravnini njegova ekvatora koji se praktički nalazi u ravnini ekliptike, pa osim što zalaze za Jupiter, i izlaze iza njega (okultacije), često ulaze i izlaze iz njegove sjene. Opažanje mjeseca u trenutku izlaska iz Jupiterove sjene omogućuje nam da ustanovimo kut α pod kojim bi se s položaja Jupitera vidio razmak između Zemlje i Sunca (sl. 2).

Promatranje u bilo koje doba godine.

Sa Zemlje se mjeri položaj mjeseca u odnosu na središte Jupitera i ocjenjuje njegova udaljenost $R+nR$ od Jupiterova središta – tamo gdje mjesec izlazi iz sjene; određujemo koliko je radijusa daleko od središta.



Slika 2.

Kut α je kut u pravokutnom trokutu kojemu je suprotna kateta nR , a priležeća kateta z , pa se stoga daje odrediti trigonometrijskim izrazom:

$$\tan \alpha = \frac{nR}{z}.$$

Veličinu z računamo Pitagorinim poučkom iz pravokutnog trokuta kojemu je hipotenuza polumjer staze satelita, r :

$$z^2 = r^2 - (nR + R)^2$$

Ukoliko sve veličine mjerimo jedinicama Jupiterova polumjera R , tada vrijedi:

$$\left(\frac{z}{R}\right)^2 = \left(\frac{r}{R}\right)^2 - (n + 1)^2, \text{ a također i } \tan \alpha = \frac{n}{z/R}.$$

Poznavanjem kuta α određuje se u načelu udaljenost Jupiterova mjeseca do Sunca, a zapravo i samog Jupitera do Sunca, a_J , jer je satelit toliko blizu Jupitera, da se zapravo razlika njihovog položaja može zanemariti. (Zaista, najudaljeniji galilejanski satelit, Callisto je od Jupitera udaljen 1,9 mil. km, a Jupiter od Sunca 780 mil. km.) Budući da promatramo u bilo koje doba godine, mi ne znamo, nalazi li se Zemlja u onom položaju na stazi kada je kut γ jednak pravom kutu.

No i tada se daje odrediti udaljenost a_J ili udaljenost mjeseca od Zemlje, a_M . Naime, za kosokutni trokut vrijedi trigonometrijski izraz:

$$\frac{a_J}{a_Z} = \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha}, \frac{a_M}{a_Z} = \frac{\sin(180^\circ - \alpha - \gamma)}{\sin \alpha}.$$

Praktično je sada pitanje kako da se odredi kut γ . To je kutni razmak na nebu između Sunca i Jupitera. Zamislimo nekoliko mogućnosti! Kada se Jupiter i Sunce vide istodobno na nebu, kut između njih može se izmjeriti kutomjerom. Ako se ne vide istodobno, već Jupiter izlazi nakon što je Sunce zašlo, treba mjeriti vrijeme između njihova prolaska meridijanom (smjerom juga). Ako Jupiter kasni 6 sati (četvrtina dana), to znači da je kut između njih nešto veći od pravog kuta. (Kako je Sunčev dan duži oko 4 min od zvjezdanog dana, to je četvrtina okreta duža 1 min.) Treća mogućnost je upotreba tablica iz biltena Bolid. U tom su biltenu za svaki dan zapisane rektascenzije Sunca i Jupitera, a njihova razlika jednaka je razlici kutova u vremenskoj mjeri.

Promatranje kada je Zemlja u maksimalnoj elongaciji

Kada je kut između Sunca i Jupitera pravi kut, planet se nalazi u tzv. kvadraturi. Tada su formule jednostavnije, jer je γ pravi kut. Vidjeli smo da postoje načini kako odrediti taj kut. Promatrač ne može samo poželjeti da se radi o pravom kutu, već to treba dočekati. Svake godine Jupiter mora biti u kvadraturi; njegova sinodička godina traje 399 dana.

primjer: Uzmimo da smo sigurni kako je Jupiter u kvadraturi, istočnoj ili zapadnoj. Opažamo Io kako izlazi iz sjene i nalazimo da je za jedan Jupiterov polumjer udaljen od ruba planeta:

$$n = 1$$

Io ima polumjer staze $r = 5,9 R$

$$\begin{aligned} z &= 4,8 R \\ \tan \alpha &= \frac{1}{4,8}, \alpha = 11,8^\circ \\ \frac{a_J}{a_Z} &= \frac{1}{\sin \alpha} = 4,9, \frac{a_M}{a_Z} = \frac{\sin(90^\circ - \alpha)}{\sin \alpha} = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \cot \alpha = 4,8 \end{aligned}$$

Apsolutna pogreška za a_J je (5,2-4,9) $a_J = 0,3 a_J$ (a_J = astronomska jedinica), a relativna pogreška je $0,3/5,2 = 0,058$ ili oko 6 %.

Zaključak

Za provođenje mjerenja kojim ćemo odrediti udaljenost Jupitera od Sunca treba:

- opažati izlazak Jupiterova satelita iz sjene
- odrediti kutnu udaljenost Jupitera od Sunca
- ustanoviti polumjer staze satelita mjeren Jupiterovim polumjerom.

Vidimo da za određivanje udaljenosti Jupiterova mjeseca odnosno Jupitera od Sunca treba poznavati udaljenost mjeseca od Jupitera r , što činimo uz pomoć knjiških podataka. Trebalo bi razmisliti, može li se iz naših vlastitih mjerenja, i kako, odrediti polumjer staze satelita mjeren veličinom Jupitera!!!

(Na Državnom natjecanju iz astronomije 2002. godine ovu je metodu za mjerenje udaljenosti Jupitera prikazao Gaj Tomaš, 8. r. OŠ *I.Kukuljević*, Valpovo i Astronomsko društvo *Anonymus*. Pokazao je kako se kut α osim računom, može odrediti i grafički. Da bi se grafičkim putem odredio omjer udaljenosti Jupitera i Zemlje od Sunca, potrebno je nacrtati kosokutni ili pravokutni trokut s točnim kutovima, a omjer stranica odrediti mjereći dužinu stranica u bilo kojim jedinicama.)