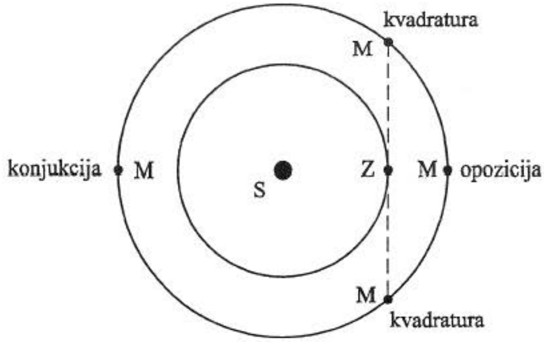
Mars u opoziciji

Matko Milin[1], *Zagreb*

Tijekom ovogodišnje opozicije Mars se primaknuo Zemlji bliže nego ikad u posljednjih 60-tak tisuća godina (vidi prilog u prošlom broju MFL-a). I tijekom listopada Mars će biti vrlo sjajan na nebu; stoga je pravi trenutak za rješavanje par jednostavnih zadataka koji ilustriraju njegovo gibanje oko Sunca.

[1] Autor radi na Institutu "Ruđer Bošković" u Zagrebu, e-mail: mmilin@lnr.irb.hr

1) Koliki je vremenski period između Marsove opozicije i prve sljedeće konjukcije? Period revolucije Marsa oko Sunca iznosi 687 dana.



Slika. Relativni položaji Sunca, Marsa i Zemlje. Kružići kojima su označeni planeti i Sunce nisu na slici predočeni razmjerno ucrtanim putanjama jer bi tada bili vrlo maleni: polumjer Sunca je tek $\approx 0.5\%$ *astronomske jedinice, a Zemljin je polumjer još* ≈ 110 *puta manji.*

Traženi vremenski period jednak je polovici sinodičke godine Marsa (vidi sliku). Sinodička godina S nekog planeta je vremenski period u kojem se ponavlja jednak relativan položaj Sunca, Zemlje i tog planeta. Za vanjske planete računa se pomoću izraza:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{A} - \frac{1}{P}, \tag{1}$$

gdje je A zemaljska godina, a P period revolucije danog planeta oko Sunca (ili tzv. siderička godina). Uvrštavanjem brojeva ($A = 365$ dana, $P = 687$ dana) dobiva se:

$$S = 779 \text{ dana}, \tag{2}$$

pa je vrijeme između opozicije i prve sljedeće konjukcije ≈ 389 dana. Dakle, u rujnu 2004. godine Mars će za promatrača sa Zemlje biti u smjeru Sunca i stoga ga tada neće biti na noćnom nebu. U opoziciji će Mars sljedeći put biti u listopadu 2005. godine. Zbog eliptičnosti putanja u toj će opoziciji Mars biti nešto dalje od Zemlje nego u ovogodišnjoj.

2) Najmanja kutna dimenzija Marsa za promatrača sa Zemlje je $5''$*, a najveća* $25''$*. Iz navedenih podataka treba izračunati udaljenost Marsa od Sunca (izraženu u astronomskim jedinicama). Treba pretpostaviti da su putanje Zemlje i Marsa savršene kružnice.*

Najveću kutnu dimenziju za promatrača na Zemlji Mars ima kad je u opoziciji (vidi sliku) jer je tada najbliže Zemlji. Ako s d označimo udaljenost Marsa od Sunca, tada je udaljenost Marsa od Zemlje u opoziciji jednaka $d - 1$ a.j. (a.j. je astronomska jedinica, tj. udaljenost Zemlje od Sunca). Najmanju kutnu dimenziju Mars ima kad je u konjukciji (vidi sliku); tada je njegova udaljenost od Zemlje dana s $d + 1$ a.j. Kutna dimenzija nekog objekta na nebu obrnuto je razmjerna udaljenosti tog objekta od Zemlje; dakle vrijedi:

$$\frac{d+1}{d-1} = \frac{25''}{5''} = 5. \tag{3}$$

Slijedi:

$$d = \frac{6}{4} \text{ a.j.} = 1.5 \text{ a.j.} \tag{4}$$

3) Mars u opoziciji ima prividan sjaj približno jednak prividnom sjaju nama najbliže zvijezde: α *Kentaura.* α *Kentaura (*α *Cen) je zvijezda slična Suncu u većini svojstava* *(spektru, temperaturi i dr.), ali dva puta većeg apsolutnog sjaja. Izračunajte udaljenost α Kentaura od Sunca izjednačavajući izraze za prividne sjajeve Marsa i α Kentaura. Dodatni potrebni podaci za Mars: albedo $\epsilon = 0.15$ i polumjer $R_M = 3390$ km.*

Označimo ukupnu snagu zračenja Sunca s L_0. Tok zračenja na nekoj udaljenosti r od Sunca dobivamo dijeleći tu snagu s površinom sfere na toj udaljenosti:

$$E_r = \frac{L_0}{4\pi r^2}. \tag{5}$$

Veličina E_r se još naziva solarnom konstantom i na Zemlji ona iznosi 1370 $\mathrm{W/m^2}$. Presjek Marsa je dan s $R_M^2\pi$, pa je stoga ukupna snaga zračenja koje pada na Mars dana s:

$$\frac{\pi R_M^2}{4\pi d^2} \cdot L_0, \tag{6}$$

gdje je d udaljenost Marsa od Sunca izračunata u prethodnom zadatku. Količina zračenja koju Mars odbija dobiva se množenjem ovog izraza s vrijednošću Marsovog albeda ϵ. Dio tog zračenja koje stiže do promatrača na Zemlji dobit ćemo opet dijeljenjem sa $4\pi r^2$, gdje je r udaljenost Zemlje od Marsa u danom trenutku. U opoziciji je ta udaljenost jednaka $d - 1$ a.j., pa je tok zračenja (odbijenog od Marsa) na Zemlji dan s:

$$\epsilon \cdot \frac{\pi R_M^2}{4\pi d^2} \cdot \frac{L_0}{4\pi(d-1)^2}. \tag{7}$$

Količina zračenja koje do Zemlje stiže s α Kentaura dana je s:

$$\frac{L_{\alpha \mathrm{Cen}}}{4\pi r_{\alpha \mathrm{Cen}}^2}, \tag{8}$$

gdje je $r_{\alpha \mathrm{Cen}}$ udaljenost α Kentaura od Zemlje.

Nadalje, u zadatku je dano da je ukupna snaga zračenja Sunca (tj. sjaj) dva puta manji od iste veličine za α Kentaura:

$$L_0 = \frac{L_{\alpha \mathrm{Cen}}}{2}. \tag{9}$$

S druge strane, zadan je i tok zračenja koje na Zemlju stiže s α Kentaura (tj. prividan sjaj) jednak je toku zračenja koje do Zemlje stiže nakon odbijanja od Marsa. Kombiniranjem izraza (7), (8) i (9) dobiva se:

$$\epsilon \frac{\pi R_M^2}{4\pi d^2} \cdot \frac{L_0}{4\pi(d-1)^2} = \frac{2L_0}{4\pi r_{\alpha \mathrm{Cen}}^2}, \tag{10}$$

gdje je r udaljenost α Kentaura od Zemlje. Daljnjim sređivanjem dobivamo:

$$r_{\alpha \mathrm{Cen}}^2 = (d-1)^2 \frac{4d^2}{R_M^2} \cdot \frac{2}{\epsilon}, \tag{11}$$

odnosno:

$$r_{\alpha \mathrm{Cen}} = 3.9 \cdot 10^{16}\ \mathrm{m} = 4.1\ \mathrm{g.s.} \tag{12}$$

Do slične se vrijednosti za udaljenosti ove zvijezde dolazi i drugim, bitno preciznijim metodama. No, ovaj i prethodni zadatak ilustriraju kako se relativno jednostavnim metodama mogu približno odrediti udaljenosti i planeta i najbližih zvijezda.