

# PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik **18** (1990/1991)

Številka 1

Strani 50-55

Marijan Prosen:

## PARALAKSA

Ključne besede: astronomija.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/18/1023-Prosen.pdf>

© 1990 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

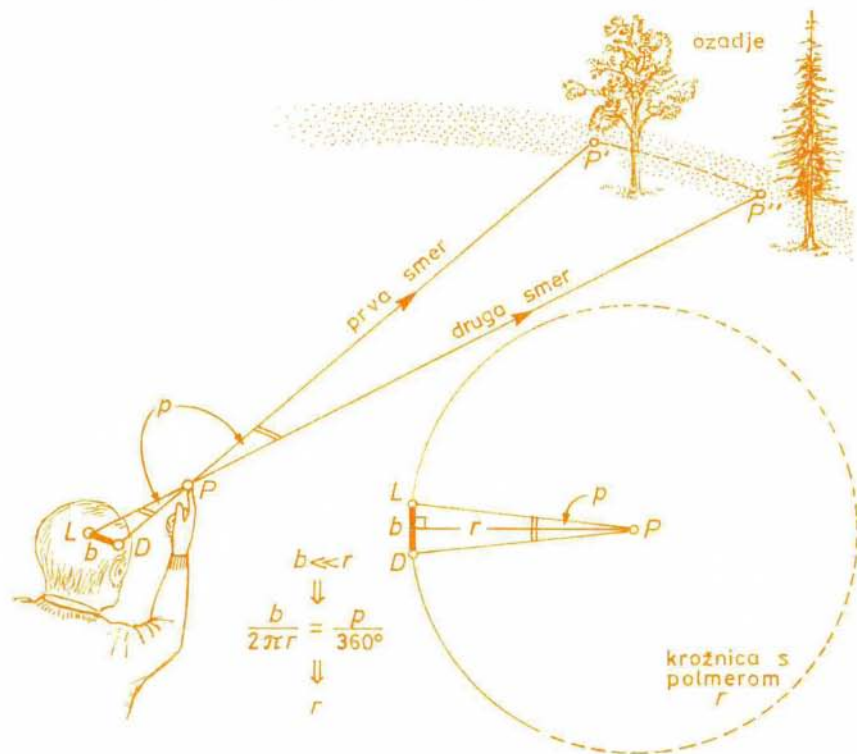
© 2009 DMFA - založništvo

Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

# ASTRONOMIJA

## PARALAKSA

Poglej na predse iztegnjeni prst roke najprej z desnim, nato pa z levim očesom. Glave ne premikaj. Na steni sobe ali na ozadju oddaljenih predmetov vidiš prst v različnih smereh. Opisano spremembo smeri merimo s kotom, ki ima vrh v opazovanem prstu, kraka pa sta usmerjena k očema. Temu kotu rečemo *paralaksa* (iz grške besede *parallaxis* - menjava, sprememba,



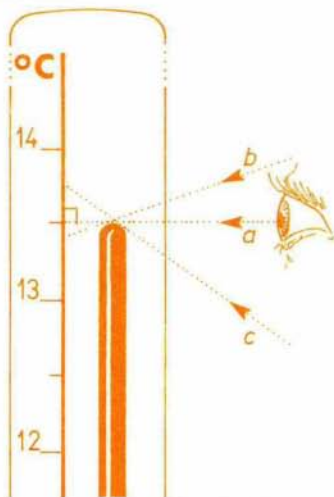
Slika 1. K ugotavljanju paralakse.  $P$  prst (opazovano telo),  $D$  desno oko (prvo opazovališče),  $L$  levo oko (drugo opazovališče),  $P'$  navidezna lega prsta na ozadju, če ga gledamo z desnim očesom,  $P''$  navidezna lega prsta na ozadju, če ga gledamo z levim očesom,  $|DL| = b$  baza,  $\sphericalangle DPL = \sphericalangle P'PP'' = p$  paralaksa prsta (opazovanega telesa),  $r$  oddaljenost (razdalja). Ker je  $b$  dosti manjši od  $r$ , lahko vzamemo  $b$  kar za lok na krožnici s polmerom  $r$ , če loku pripada središčni kot  $p$ . Sestavimo enačbo  $p/360^\circ = b/(2\pi r)$ , ki pove, da sta si paralaksa in oddaljenost obratno sorazmerni količini. Če  $p$  izmerimo, lahko pri znani bazi  $b$  določimo  $r$ .

odstopanje), razmiku med očema pa *baza* (slika 1). Namesto očes si lahko mislimo opazovališči, namesto prsta pa oddaljeno telo, ki ga opazujemo iz obeh opazovališč. Paralaksa je torej kot, v katerem iz oddaljenega telesa vidimo izbrano bazo, pravokotno na zorno smer.

Če primikamo prst očesoma, se paralaksa večja, če ga odmikamo, se manjša. Ta preprost poskus s prstom nas pripelje na misel, da sta si paralaksa in oddaljenost (razdalja) telesa obratno sorazmerni. O tem nas prepriča enačba, ki smo jo zapisali v besedilo pod sliko 1.

Izračunajmo paralakso prsta, ki ga držimo v oddaljenosti  $r = 50$  cm od očes, če je razmik med očesoma  $b = 6$  cm. V enačbo vstavimo podatke in dobimo  $p = b \cdot 360^\circ / (2\pi r) = 6 \text{ cm} \cdot 360^\circ / (2 \cdot 3,14 \cdot 50) \text{ cm} = 6,9^\circ$ . Ali zasledimo to paralakso? Seveda jo, saj naše oko loči mnogo manjše kote od izračunanega. (Čim manjši kot med dvema razmaknjenima točkama ločimo, boljša je ločljivost našega očesa. Ločljivost človeškega očesa je nekaj kotnih minut.)

Ločljivost najboljšega očesa je  $1'$  (ena kotna minuta). Recimo, da nimamo najboljših oči. Naj bo ločljivost našega očesa okoli  $3'$ . Koliko meri oddaljenost točkastega telesa, da pri gledanju enkrat z enim, drugič z drugim očesom še zaznamo navidezni premik telesa glede na oddaljene predmete, da torej zasledimo njegovo paralakso? Postavimo  $p = 3'$ ,  $b = 6$  cm in izračunamo oddaljenost  $r = 6 \text{ cm} \cdot 360 \cdot 60' / (2 \cdot 3,14 \cdot 3') = 68,8$  m. Če bi gledali točkasto telo v razdalji večji od 68,8 m najprej z enim in nato z drugim očesom, ne bi več zaznali njegove paralakse. Zasledili pa bi jo, če bi povečali bazo, če bi opazovali dano točko iz dveh bolj razmaknjenih opazovališč, kot sta razmaknjeni očesi. (Naredi ta poskus.) Z večjo bazo torej lahko ugotovimo večjo oddaljenost telesa. Tak način merjenja oddaljenosti uporabljajo v



Slika 2. Pri natančnem odčitavanju skale nekaterih merilnikov moramo paziti na paralakso. NI vseeno, kako odbiramo vrednost. Pravilno odčitavamo tako, da gledamo vedno z enim očesom in pravokotno na skalo; *a* - pravilno odčitavanje, *b, c* - nepravilno.



Refraktor z odprtino 60 cm na sproulskem observatoriju (ZDA) je med najbolj znanimi daljnogledi, s katerim na fotografski način merijo paralakse zvezd. Dosegli so natančnost meritev pod  $0,005''$  (pet tisočink kotne sekunde).

geodeziji, vojski (daljinomer) in predvsem v astronomiji. Ogledali si bomo omenjeni način merjenja v astronomiji.

Če bi iz dveh zelo razmaknjenih krajev na zemeljskem površju istočasno opazovali ali pa fotografirali Luno ali kak planet, bi ju na ozadju zvezdnega neba zaznali v različnih legah. Če pa bi na tak način opazovali zvezde, ne bi zasledili spremembe njihovih leg. To pomeni, da je za Luno in druga telesa Osončja (planete, komete, meteorje itn.) izbrana baza na zemeljskem površju dovolj velika, da bi z njo določili oddaljenost teh teles, za zvezde pa premajhna. Sklepamo tudi: Ker ne ugotovimo navideznega premika zvezd, morajo biti zvezde vsekakor mnogo dalj od nas, kot so Luna in planeti.

Res je. Spremembo lege kake bližnje zvezde glede na mnogo bolj oddaljene bi zaznali šele, če bi jo opazovali iz dveh zelo razmaknjenih leg Zemlje na njeni poti okrog Sonca. Pri zelo oddaljenih zvezdah pa tudi tega ne bi mogli zaslediti. Torej so zvezde zares zelo daleč.

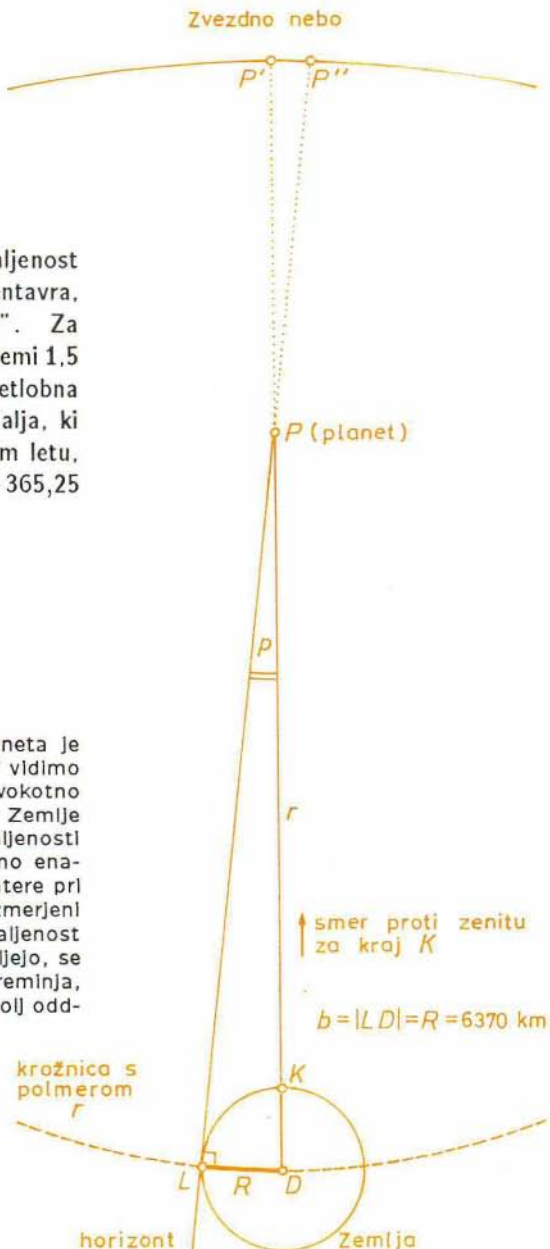
Za določanje oddaljenosti teles Osončja jemljemo za bazo kar polmer Zemlje. Kot, v katerem je iz planeta (ali kakega drugega telesa Osončja) viden polmer Zemlje, pravokotno na zorno smer, je (dnevna) *paralaksa planeta* (slika 3). Paralakso planeta bi načeloma ugotovili takole: Planet bi opazovali istočasno iz dveh krajev, ki ležita na istem poldnevniku. Za prvi kraj  $L$  bi bil planet na obzorju, v drugem kraju  $K$  pa bi ga videli v zenitu. Kot med smerema od obeh opazovališč proti planetu je enak paralaksi planeta. Ko torej določijo (fotografirajo) legi planeta glede na zvezde, ugotovijo kot med legama - to je paralakso planeta, oddaljenost planeta pa izračunajo iz enačbe, ki je zapisana pod sliko 3.

Za vajo izračunaj oddaljenost planeta Marsa od Zemlje v trenutku, ko je bila njegova paralaksa  $18''$ . Za polmer Zemlje vzemi 6370 km. (Rezultat:  $7,3 \cdot 10^7$  km)

Pri merjenju oddaljenosti zvezd pa vzamemo mnogo večjo bazo, kot je polmer Zemlje. Za bazo vzamemo polmer krožnice, po kateri kroži Zemlja okrog Sonca (slika 4). Kot, v katerem bi iz zvezde videli polmer zemeljske krožnice ali kar razdaljo med Soncem in Zemljo, pravokotno na zorno smer, imenujemo (letno) *paralakso zvezde*. Paralakso bližnje zvezde določijo takole: Zvezdo opazujejo (fotografirajo) v časovnem presledku pol leta, ko je Zemlja v nasprotnih legah na svoji krožnici okrog Sonca. Ugotovijo smeri, v katerih vidijo zvezdo glede na ozadje zvezdnega neba iz obeh leg Zemlje. Polovični kot med obema smerema pa je enak paralaksi zvezde. Izkazalo se je, da je za večino zvezd še ta baza premajhna. Uporabna je le za določevanje oddaljenosti najbližjih zvezd.

Za vajo izračunaj oddaljenost najbližje zvezde Proksime Kentavra, če je njena paralaksa  $0,75''$ . Za polmer zemeljske krožnice vzemi  $1,5 \cdot 10^8$  km. (Rezultat: 4,3 svetlobna leta. Svetlobno leto je razdalja, ki jo prepotuje svetloba v enem letu, to je  $3 \cdot 10^8$  m/s  $\cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365,25$  s =  $9,5 \cdot 10^{12}$  km.)

Slika 3. Paralaksa planeta je kot  $p$ , v katerem iz planeta  $P$  vidimo polmer Zemlje  $R$ , ki stoji pravokotno na zorni smeri. Ker je polmer Zemlje neprimerno manjši od oddaljenosti planeta, spet lahko sestavimo enačbo  $p/360^\circ = R/(2\pi r)$ , iz katere pri znanem  $R = 6370$  km in izmerjeni paralaksi  $p$  izračunamo oddaljenost  $r$  planeta. Ker se planeti gibljejo, se njihova paralaksa stalno spreminja, pri bližnjih planetih bolj, pri bolj oddaljenih pa manj.



ozadje zvezdnega neba

Slika 4. Paralaksa zvezde je kot  $p$ , v katerem bi iz zvezde videli polmer zemeljske krožnice  $a$ , ki stoji pravokotno na zorno smer. Ker je  $a$  skrajno majhen v primerjavi z  $r$ , spet velja enačba  $p/360^\circ = a/(2\pi r)$ , iz katere pri znanem  $a = 1,5 \cdot 10^8$  km in izmerjeni paralaksi  $p$  izračunamo oddaljenost  $r$  zvezde. Zaradi velikanskih oddaljenosti imajo zvezde zelo majhno paralakso (vse so pod  $1''$ ). Zato je zvezdno paralakso izredno težko izmeriti. Prvo zvezdno paralakso in s tem oddaljenost zvezde so astronomi izmerili šele pred 150 leti.

Z najbolj zmogljivimi daljnogledmi danes izmerijo še zvezdno paralakso  $0,005''$  in s tem oddaljenost zvezd do okoli 650 svetlobnih let. (Prepričaj se o tem z računom.) Večje oddaljenosti zvezd merijo na druge načine. O tem pa je *Presek* pisal pred kratkim.

Marijan Prosen

