

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 4 (1976/1977)

Številka 1

Strani 26-31

Karel Šmigoc:

MERJENJE S SENCO

Ključne besede: astronomija.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/4/4-1-Smigoc.pdf>

© 1976 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

MERJENJE S SENCO

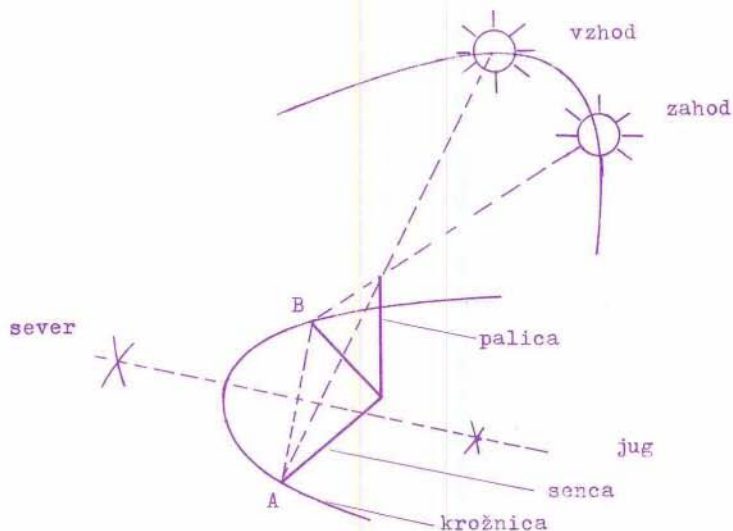
Živimo v času, ko se velika znanstvena odkritja pojavljajo v razmeroma kratkih časovnih presledkih. Zradi hitrega razvoja znanosti in tehnike nastanejo že v dobi človekovega življenja velike spremembe.

Nasprotno pa so bili prvi koraki v znanosti pred tisoč in tisoč leti zelo počasni. Velika odkritja so si sledila v razdobjih, ki so včasih presegla stoletja ali več. Kljub takratnemu počasnemu napredku so prišli naši predniki, posebno Egipčani in Stari Grki, v znanosti zelo daleč. Posebno nas preseneča, da so z enostavnimi sredstvi in napravami dosegli tako natančne rezultate, ki z malimi spremembami veljajo še danes. Oglejmo si, kako so znali Stari Grki uporabiti senco od Sonca osvetljene palice za svoje meritve.

1. DOLOČANJE SMERI SEVER - JUG

Severno smer na Zemlji določamo z magnetno iglo. Za natančno določitev severa moramo poznati magnetno deklinacijo. Zelo enostavno in točno pa lahko določimo severno smer s pomočjo vrtenja Zemlje okoli njene osi.

Vrtenje Zemlje se kaže opazovalcu na Zemlji kot vrtenje Sonca in ostalih zvezd okoli Zemlje. Zaradi zemeljskega vrtenja vziđe zjutraj Sonce na vzhodu, napravi svojo dnevno pot na nebu in zaide zvečer na zahodu. Hkrati s Soncem se spreminja tudi senca: njena dolžina in smer. Vemo, da je približno ob 12 uri senca palice najkrajša. Tedaj je senca usmerjena natančno proti severu. Ker se senca opoldne zelo počasi spreminja, je težko določiti lego, ko je njena dolžina najkrajša. Zato si pomagamo takole: Z vrstico, katere en konec privežemo na palico, začrtamo krog okoli palice. Senca se bo dotaknila kroga enkrat dopoldne in enkrat popoldne. Če tako dobljeni točki na obodu kroga zvežemo z daljico in načrtamo simetralo te daljice, leži smer sever - jug v smeri te simetrale (sl. 1).



Sl. 1. Določanje smeri sever - jug

2. MERJENJE ČASA

Tudi za merjenje časa izkoriščamo dnevno vrtenje Zemlje okoli osi (in njeno letno gibanje okoli Sonca). Zaradi vrtenja Zemlje se lega nebesnih teles glede na meridian kraja neprestano spreminja. Spremembe lege teles na nebu nam pomagajo, da lahko ugotovimo, za kolikšen kot se Zemlja zasuče okoli osi. Ker je razporeditev delovnega časa ljudi povezana z menjavanjem dneva in noči, določamo v vsakdanjem življenju čas po legi Sonca in ne po legi zvezd na nebu.

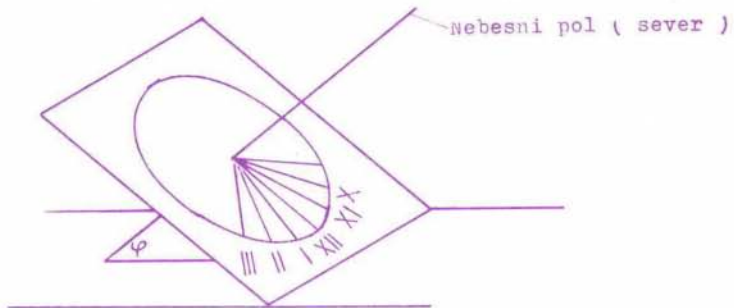
Čas, ki je določen po legi Sonca, imenujemo pravi Sončev čas. Pravemu sončnemu dnevni odgovarja časovni presledek med dvema zgornjima kulminacijama Sonca, to je 24 Sončevih ur.

Pravi Sončev čas kaže sončna ura. To je v nebesni pol usmerjena palica, katere senca se kot urni kazalec premika na podlagi, ki leži v ravnini nebesnega ekvatorja. Kot, ki ga oklepa senca z meridianom, je časovni kot Sonca. Eni Sončevi uri odgovarja časovni kot 15° .

Glede na lego ravnine, v kateri opisuje senca palice časovne kote, delimo sončne ure na ekvatorialne, horizontalne in vertikalne. Najbolj natančna in enostavna je ekvatorialna sončna ura, ki jo bomo natančneje opisali.

Zamislimo si, da odstranimo od naše Zemlje obe polobli tako, da ostane samo ravnina ekvatorja in os, okoli katere se vrtil Zemlja. Če bi opazovali gibanje sence, ki nastane od Zemljine osi na ravnini ekvatorja, bi ugotovili, da se giblje senca enakomerno in sicer tako, da opiše vsako uro časovni kot 15° . Postavimo na površini Zemlje ravnino, ki je vzporedna ravnini ekvatorja in jo prebodimo s palico, ki je vzporedna z Zemljino vrtilno osjo. Ker je razdalja med obema osema zelo majhna v primerjavi z razdaljo Zemlje od Sonca, bomo opazili na tej ravnini prav tako enakomerno gibanje sence palice, kot na ekvatorski ravnini. Iz vsega opisanega sledi konstrukcija ekvatorialne sončne ure (sl.2).

Na primerno velik karton ali leseno ploščo načrtamo krog s polmerom 25 do 30 cm in ga razdelimo na 24 enakih delov, torej po 15° . Tako razdelitev napravimo na obeh straneh kartona, ker bo v zimskem času senca spodaj, v letnem pa zgoraj ravnine kartona. Ker deluje sončna ura samo, kadar sije Sonce, nanesimo na našo številčnico samo dopoldanske in popoldanske ure. Nato za-



Sl. 2. Ekvatorialna sončna ura

bodemo skozi središče kroga primerno dolgo palico in jo usmerimo proti nebesnemu polu. To napravimo tako, da nagnemo ravnino kartona za kot, ki je enak geografski širini našega kraja in usmerimo palico proti severu. Smer sever - jug določimo tako, kot smo povedali zgoraj pod 1.

Iz tako opisane ekvatorialne sončne ure so izvedene horizontalne in vertikalne sončne ure. Čeprav te pogosteje srečujemo, posebno vertikalne na pročeljih starih zgradb in cerkva, so manj natančne. To predvsem zato, ker pri njih ne ustreza vsaki

uri kot 15° . Razdelitev je težavnejša in zato tudi natančnost manjša.

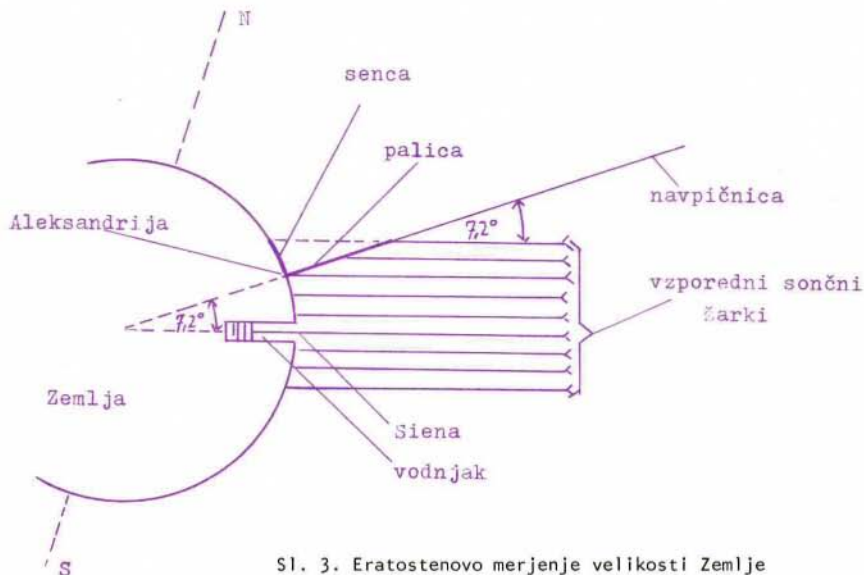
Sončne ure so kot merilne naprave že davno tonile v pozabo. Vendar so nekatere sončne ure dragocen kulturni spomenik. Skozi stoletja so bile sončne ure hvaležen predmet za slikarske umetnike. Razni motivi na številčnicah teh ur nam pričajo o kulturi in umetniškem okusu naših prednikov. Najlepše izdelane sončne ure najdemo na proceljih raznih stavb v alpskih deželah (Koroška).

3. MERJENJE VELIKOSTI ZEMLJE

Ko so se Stari Grki prepričali, da je Zemlja okrogla, se je takoj pojavilo vprašanje o njeni velikosti. Prvo pomembno meritev velikosti Zemlje je napravil Eratosten okoli leta 230 p.n.š.

Eratosten je bil predstojnik znamenite knjižnice v Aleksandriji. V nekem spisu je našel podatke, da je v mestu Sieni, tam, kjer je danes Assuan, globok vodnjak, v katerem se enkrat v letu, to je 21. junija, zrcali Sonce. To ugotovitev je izkoristil Eratosten za merjenje polmera Zemlje.

Siena leži okrog 800 km južno od Aleksandrije. V času, ko se zrcali Sonce v Sieni na dnu vodnjaka, je Sonce ravno v zenitu. Polmer Zemlje, ki spaja Sieno s središčem Zemlje, je v tem trenutku točno v podaljšku žarkov, ki prihajajo od Sonca. Zaradi velike oddaljenosti Zemlje od Sonca (okrog 150 milijonov kilometrov) so sončni žarki, ki padajo na Zemljo v Aleksandriji, vzporedni žarkom v Sieni. V Sieni se omenjenega dne opoldne ne vidi senca predmetov. Čim bolj pa se odmaknemo proti severu ali jugu, tem daljša postaja senca. Tako je Eratosten iz dolžine sence, ki jo je izmeril v Aleksandriji, ko je bilo v Sieni Sonce v zenitu, izračunal kot, ki ga oklepajo sončni žarki z navpičnico. Ta kot je znašal $7,2^{\circ}$. Enak kot oklepata tudi polmera, ki spajata Aleksandrijo in Sieno s središčem Zemlje. Od tu dalje je kratka pot do rezultata: Kotu $7,2^{\circ}$ ustreza na površini Zemlje razdalja 800 km, polnemu kotu pa obseg Zemlje, ki ga iščemo. Račun pokaže, da je obseg Zemlje 50 krat večji od razdalje med Sieno in Aleksandrijo, to je 40 tisoč kilometrov. Iz takrat znane razdalje med Sieno in Aleksandrijo je dobil Eratosten za premer Zemlje 12650 km, kar se zelo malo razlikuje od danes poznane vrednosti (sl. 3).



Sl. 3. Eratostenovo merjenje velikosti Zemlje

4. MERJENJE VIŠINE

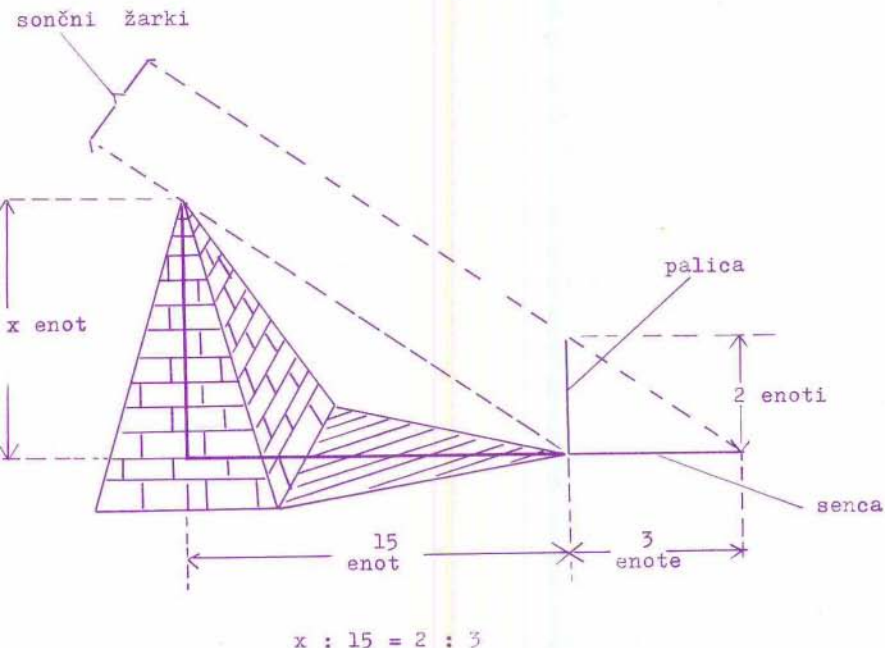
Tudi uporaba sence za merjenje višin predmetov je bila že poznana Starim Grkom. V zgodovini znanosti je zapisano, da je Tales iz Mileta izmeril tako višino Keopsove piramide v Egiptu.

Talesa uvrščamo med prve in najpomembnejše grške matematike. Rodil se je v Miletu okoli leta 624 p.n.š. in je živel približno do leta 546 p.n.š. Trgovski opravki in verjetno tudi želja za znanjem so ga pripeljali v Egipt in Babilonijo. Od egipčanskih svečenikov se je Tales verjetno naučil precej geometrije, pri Babiloncih pa je zvedel, kako se napoveduje sončni mrk. Ko se je vrnil v svoj rojstni kraj Milet, si je pridobil velik ugled med svojimi sodobniki z napovedjo sončnega mrka. Zgodovinarji pripovedujejo, da je sončni mrk nastopil prav v trenutku, ko so se bojevali Medijci in Ligijsci. Ker je nastala med bojevanjem popolna tema, so si razlagali, da je to želja bogov in so sklenili mir. Zaradi podobnih Talesovih uspehov so ga sodobniki proglasili za enega izmed sedmih grških modrijanov.

Zgodovinar Plutarh pripoveduje, kako velik vtis je napravil Tales na egipčanskega kralja Amasisa, ko je izmeril višino Keopsove piramide brez kakšnega posebnega pribora.

Tales je takole meril: Vlegel se je v pesek in odmeril dolžino svojega lastnega telesa. Nato se je postavil na en kraj izmerjene dolžine in čakal tako dolgo, dokler ni bila njegova senca tako dolga kot izmerjena dolžina njegovega telesa. V istem trenutku je bila višina piramide enaka dolžini njene sence. Ker so bili svečeniki zelo začudeni nad enostavnostjo meritve, je Tales nadaljeval:

"Višino piramide lahko določim tudi ob katerem koli času dneva. Potrebno je samo, da zabodem palico v zemljo in primer-



Sl. 4. Talesovo merjenje višine piramide

jam njeno dolžino z dolžino njene sence. Enaka primerjava mora veljati potem tudi med višino piramide in njeno senco".

Danes se temu ne čudimo več, ker poznamo podobnost in podobne trikotnike. Vendar je to lep primer, na katerem lahko vidimo, v kakšnih okoliščinah in s kakšnimi skromnimi sredstvi so nastajali prvi temelji današnje znanosti.

Karel Šmigoc
