

PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 15 (1987/1988)

Številka 5

Strani 294-297, XIX

Marijan Prosen:

ZANIMIVA OPAZOVANJA Z GNOMONOM

Ključne besede: astronomija, senca, gnomon.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/15/909-Prosen.pdf>

© 1988 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

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

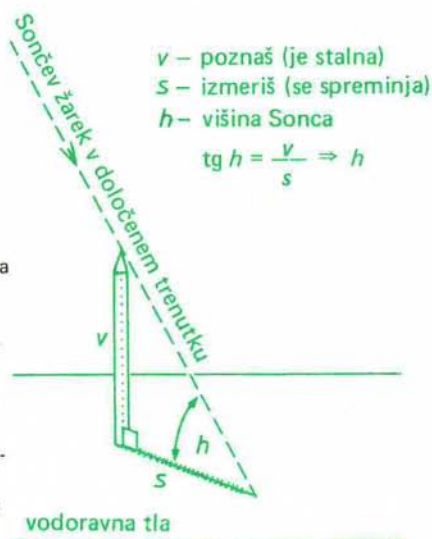
ZANIMIVA OPAZOVANJA Z GNOMONOM

Gnomon je brez dvoma ena najstarejših astronomskih naprav za merjenje višine Sonca in časa. Gnomon je v bistvu navpična, zgoraj ošiljena palica (kol, steber, stolp), ki v sončnem vremenu meče senco na vodoravna tla (slika 1).

Med dnevom se višina Sonca spreminja. Ko Sonce vzide, je njegova višina nič. Nato se dviga, njegova višina se veča in je največja okoli poldne, ko je Sonce v naših krajih na južni strani neba. Potem se spušča, njegova višina se manjša in je ob zahodu nič. Poleti se Sonce dvigne mnogo višje nad obzorje kot pozimi. Tako je višina Sonca opoldne v poletnem času dosti večja od opoldanske višine pozimi.

Stari narodi so z gnomonom večinoma merili opoldansko višino Sonca v različnih dneh med letom, predvsem v dneh solsticijev, to je v dneh, ko se začne poletje (okoli 22.6.) in zima (okoli 22.12.), ko je višina Sonca opoldne največja in najmanjša.

Naj bo a opoldanska višina Sonca na dan poletnega solsticija, β pa opoldanska višina Sonca na dan zimskega solsticija (slika 2). S slike 2 ugotoviš, da je aritmetična sredina teh višin, to je $\frac{1}{2}(a + \beta)$, enaka naklonskemu kotu ze-



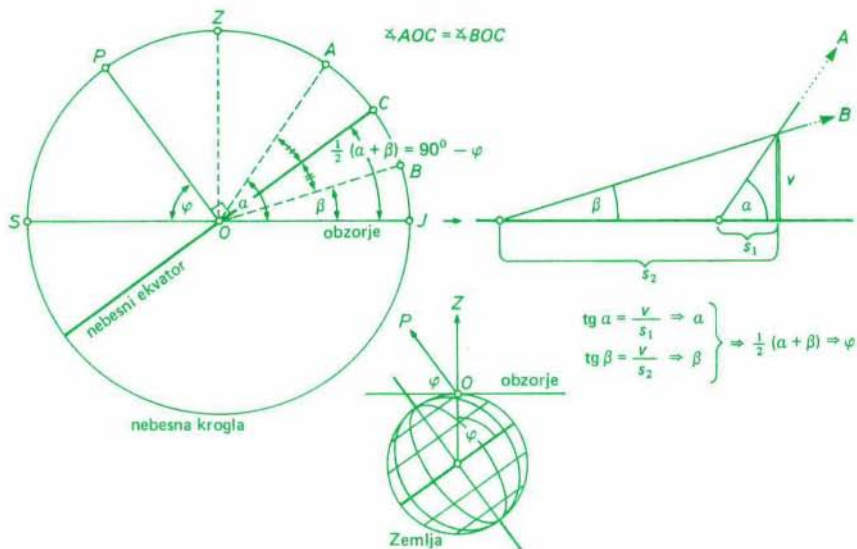
Slika 1. Najenostavnejši gnomon je navpična ravna palica, ki meče senco na vodoravno tla. Palica in njena senca sestavljata pravokotni trikotnik. Pri znani višini gnomona v in izmerjeni dolžini sence s ugotoviš višino Sonca h v poljubnem trenutku takole: Pravokotni trikotnik s katetama v in s narišeš v zmanjšanem merilu in s kotomerom izmeriš kot h med kateto s in hipotenuzo. Natančneje pa višino Sonca izračunaš s kotno funkcijo $\operatorname{tg} h = v/s$.

meljskega oziroma nebesnega ekvatorja k obzorju. Ker pa je ta kot tudi $90^{\circ} - \varphi$, kjer pomeni φ zemljepisno širino kraja, velja enačba $\frac{1}{2}(a + \beta) = 90^{\circ} - \varphi$. Iz nje sledi $\varphi = 90^{\circ} - \frac{1}{2}(a + \beta)$.

Če imaš možnost, predvsem pa potrpljenje in še srečo s sončnim vremenom, na opisani način ugotovi φ svojega domačega kraja. Potrebuješ le dve meritvi višine Sonca a in β , ki pa sta časovno (na žalost) kar pol leta narazen.

Če med letom pozorno meriš dolžino opoldanske sence, lahko ugotoviš, katerega dne je senca najkrajša in katerega dne je najdaljša. Tako lahko sam ugotoviš datum solsticijev in tudi dolžino (število dni) leta. (Tisti dan, ko je senca opoldne najkrajša, označiš za poletni solsticij. Čas med dvema takima zaporednima dogodkoma pa ti da dolžino leta.)

Merjenja z gnomonom so preprosta. So pa tem natančnejša, čim višji je gnomon. Zato so v preteklosti gradili visoke gnomone (obeliske). Če bi bilo Sonce točkasto svetilo, bi bile sence predmetov na Zemlji ostre. Toda Sonce sveti kot okrogel svetlobni izvir, zato so sence razmazane. Ker konec sence, ki



Slika 2. Lega Sonca opoldne na dan poletnega solsticija (A), lega Sonca opoldne na dan zimskega solsticija (B) in lega Sonca opoldne na dan enakonočja (C) za kraj O z zemljepisno širino φ . P – severni nebesni pol, Z – zenit, v – višina gnomona, s_1 – dolžina sence ob letnem solsticiju, s_2 – dolžina sence ob zimskem solsticiju.

Ker je višina severnega nebesnega pola (to je kot SOP) za kak kraj enaka zemljepisni širini φ kraja, iz slike izpelješ, da je kot, ki ga ravnina nebesnega ekvatorja oklepa z ravnino obzorja, enak $90^{\circ} - \varphi = \frac{1}{2}(a + \beta)$.

jo meče gnomon, ni oster, so na nekaterih gnomonih na vrhu pritrdili navpično ploščo z odprtino. Sončna svetloba, ki je šla skozi odprtino, je na vodoravnih tleh oblikovala svetlo liso, od katere so merili razdaljo do podnožja (dolžino sence) gnomona.

Najstarejša opazovanja z gnomonom segajo v čas nekaj tisočletij pred našim štetjem. Stari Babilonci in Egipčani so na ploščadih postavljali kamnite obeliske, ki niso bili le arhitektski dosežek takratne civilizacije in za okras, ampak so služili tudi kot gnomoni. Z njimi so na primer določevali čas dneva (po smeri sence) in dneve leta (po dolžini sence opoldan). V Egiptu so okoli leta 1000 pr.n.š. postavili gnomon v obliki obeliska z višino 35 m. Za časa vladavine vojskovodje Avgusta so ta gnomon prepeljali v Rim in z njim ugotavljali trenutek poldneva. Na pekinškem astronomskem observatoriju so v 8. stoletju opazovali senco 13 m visokega gnomona, znameniti uzbekistanski astronom Ulugbek pa je v 15. stol. uporabljal 50 m visok gnomon. Najvišji gnomon so postavili v 15. stol. na kupoli stolnice v Firencah. Skupaj z zgradbo je bila njegova višina kar 90 m.

Tudi ti lahko opazuješ z gnomonom [★]. Meritve opravljaj na prostem ali pa doma npr. v sončni sobi, na balkonu, terasi. Na prostem uporabljaj en do dva metra visoko navpično palico, doma pa kar svinčnik (pletilko, paličko, večji žebelj). Zapiči ga navpično v ravno ploščico (iz kartona, lesa, plastike), to pa postavi na vodoravno podlago.

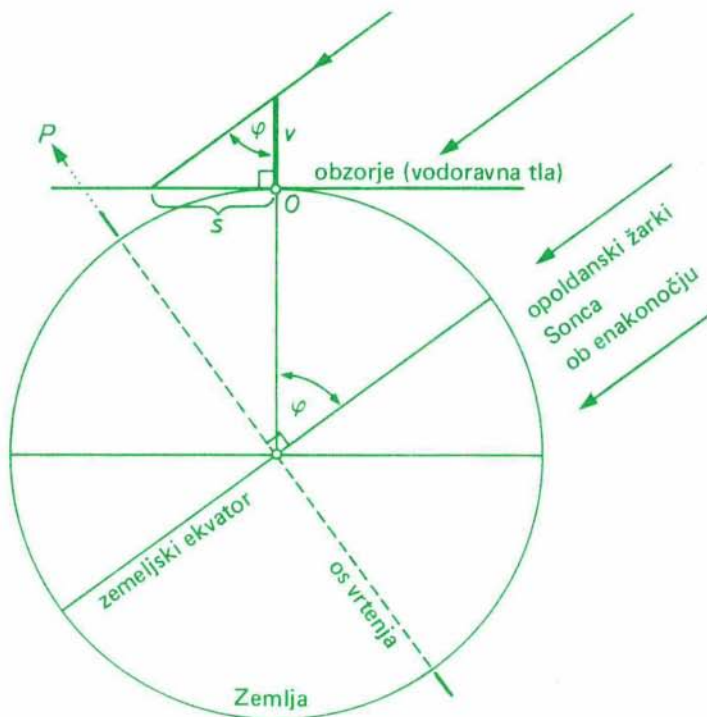
Predlagamo, da iz kartona izrežeš kvadrat s stranico 25 cm. V središče kvadrata namesti pod pravim kotom leseno paličko, še prej pa nariši krožnico (ali pa več krožnic) s središčem v središču kvadrata. Nato postavi kvadrat s paličko na vodoravno mizo. Kvadrata ne premikaj. Zabeleži lego (točko), kjer se konec sence palice dotakne krožnice pred poldnevom in po njem. Nastalo tetivo razpolovi. Razpolovišče tetive poveži s središčem kvadrata in tako dobiš *poldnevnico* – premico, ki leži na vodoravni ravnini v smeri sever – jug. Ko pade senca tvojega gnomona na poldnevnico, ugotoviš opoldansko višino Sonca h_0 kakega sončnega dne takole (glej sliko 1):

Slika 3. Nenavaden gnomon, ki so ga zgradili v začetku 18. stoletja v Indiji. (Glej III stran ovitka)

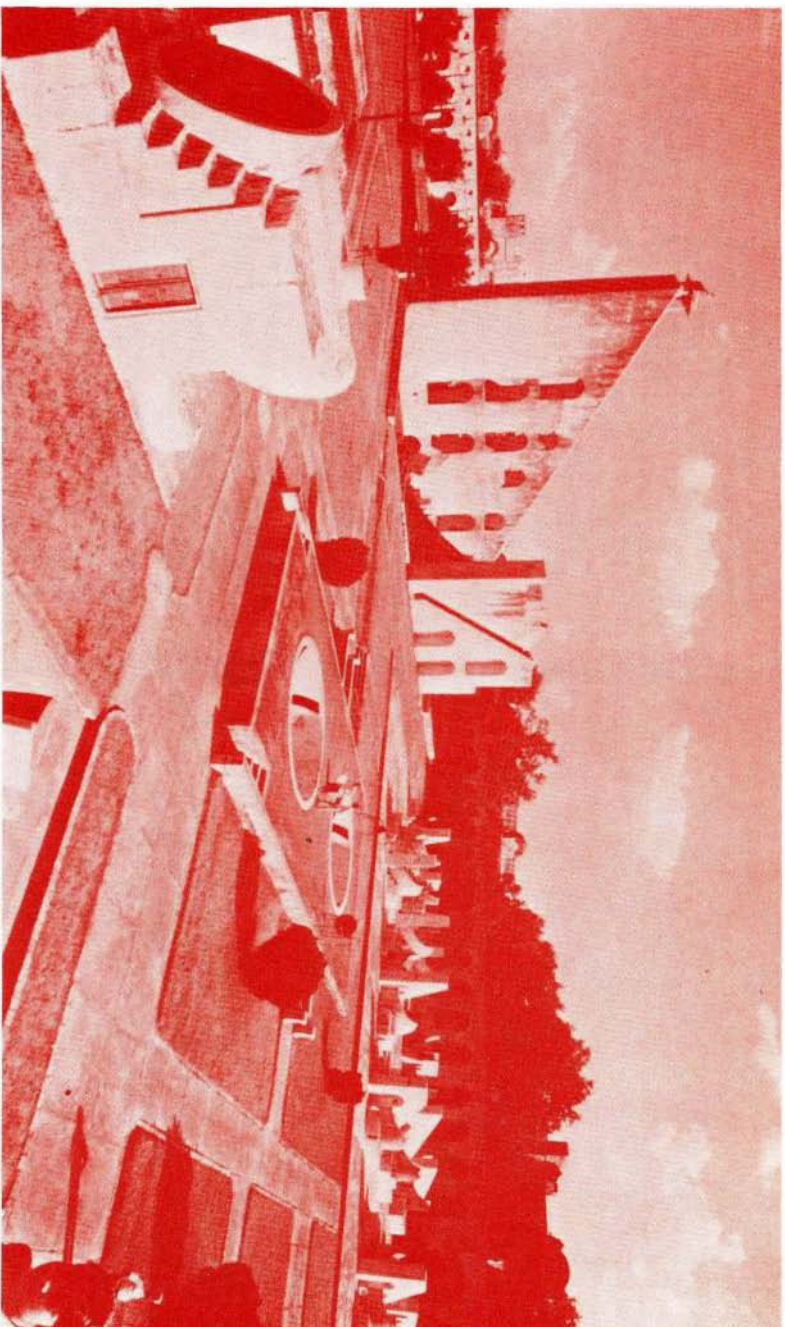
★ Glej: M. Prosen, *Astronomska opazovanja*, Presekova knjižnica 3 (1978), str. 228; *Opazujem Sonce in Luno*, MK, Ljubljana 1987, str. 14; *Preprost sončni višinomer*, Presek 13 (1985/86), št. 3, str. 153.

Znano je: višina gnomona $v = \dots\dots$ mm
 Meritve: dolžina opoldanske sence $s = \dots\dots$ mm
 Račun: $\operatorname{tg} h_0 = v/s = \dots\dots \rightarrow h_0 = \dots\dots^\circ$

V stari Grčiji so ob enakonočjih z gnomonom določevali zemljepisno širino φ iz kvocienta opoldanske dolžine sence s in višine v gnomona po enačbi $\operatorname{tg} \varphi = s/v$. Dokaži, da velja ta enačba. V pomoč tale napotek. Ob enakonočjih padajo Sončevi žarki pravokotno na os vrtenja Zemlje. Poskusi tudi ti po gornjem načinu ugotoviti zemljepisno širino svojega kraja.



Slika prikazuje Zemljo na dan enakonočja opoldne, ko je Sonce za kraj O z zemljepisno širino φ najvišje nad obzorjem. Sončevi žarki padajo pravokotno na zemeljsko vrtilno os. S slike sledi $\operatorname{tg} \varphi = s/v$. Zapisano enačbo lahko izpelješ tudi iz slike 2 na strani , kjer upoštevaš da je C lega Sonca opoldne na dan enakonočja. Višina Sonca opoldne za ta dan je $h = 90^\circ - \varphi$. Sledi $\operatorname{ctg} h = \operatorname{tg} \varphi = s/v$.



Pogled na del observatorija, zgrajenega v Jaipuru (Indija) v prvi polovici 18. stoletja. Tu niso postavili nobenega daljnogleda, ampak same zidane opazovalne naprave, imenovane jantre. Zadej vidimo stolpe Samrat Jantre — ogromne ekvatorialne sončne ure s 27 m visokim zidanim gnomonom. Zadej desno je skupina 12 gnomonov, večjih kot človek. Levo je jantra za določevanje enakonočja, v sredini pa sta na dvignjeni ploščadi dve "skledi" za opazovanje navideznega gibanja Sonca. (Glej članek na strani 294.)