

# PRESEK

List za mlade matematike, fizike, astronome in računalnikarje

ISSN 0351-6652

Letnik 13 (1985/1986)

Številka 4

Strani 218-223, XIII, XVI

Andrej Čadež:

## SONČNE URE

Ključne besede: astronomija.

Elektronska verzija: <http://www.presek.si/13/790-Cadez.pdf>

© 1986 Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije

© 2010 DMFA - založništvo

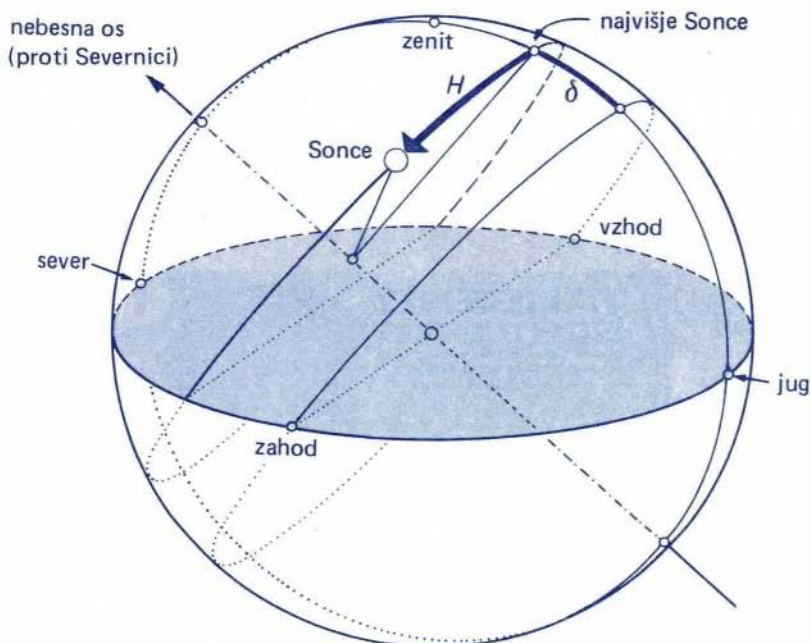
Vse pravice pridržane. Razmnoževanje ali reproduciranje celote ali posameznih delov brez poprejšnjega dovoljenja založnika ni dovoljeno.

# ASTRONOMIJA

## SONČNE URE

Kaže, da je senca res zanimiva, saj bo tole na željo naše bralke Jasne Gregorič že tretji prispevek v Preseku, ki se z njo ukvarja. Sončna ura je instrument, ki izkorišča spreminjanje sence za določanje časa. Še pred dvesto leti je bila sončna ura edina ura, po kateri so se ljudje vsak dan ravnali. Današnje dobre ure so nadomestile sončne ure šele takrat, ko so postale dovolj poceni in z razvojem radiofonije, ko je nastala možnost enotnega naravnavanja ur. Sončne ure zato danes niso več pomembni instrumenti, še vedno pa lahko občudujemo njihovo umetniško izdelavo in so lep okras v parkih ali na javnih stavbah.

Na sliki 1 si oglejmo navidezno potovanje Sonca po nebu od jutra do večera. Zdi se, da se nebo in z njim Sonce enakomerno vrti okrog nebesne osi od vzhoda proti zahodu. Kot zasuka ali časovni kot, ki je na sliki označen s  $H$ , je prav dobro merilo za čas, saj naredi Sonce ravno en obrat v dnevu in je vsak

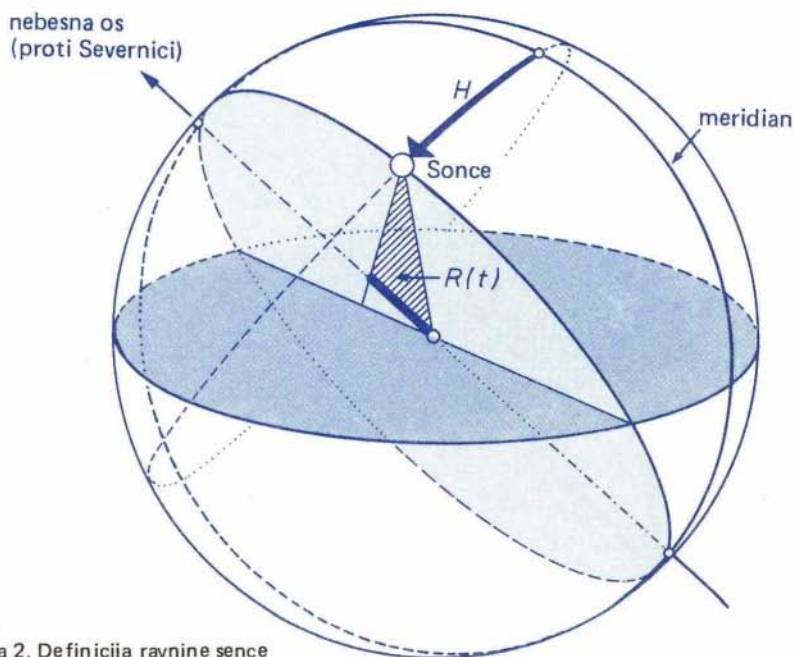


Slika 1. Nebesna krogla in dnevno gibanje Sonca.

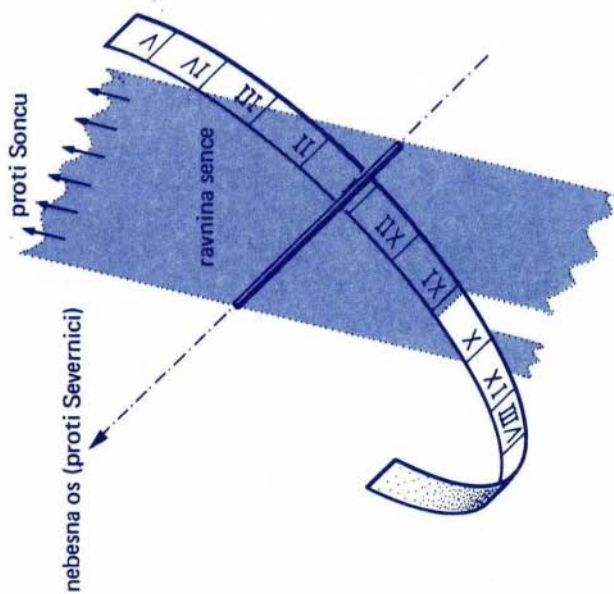
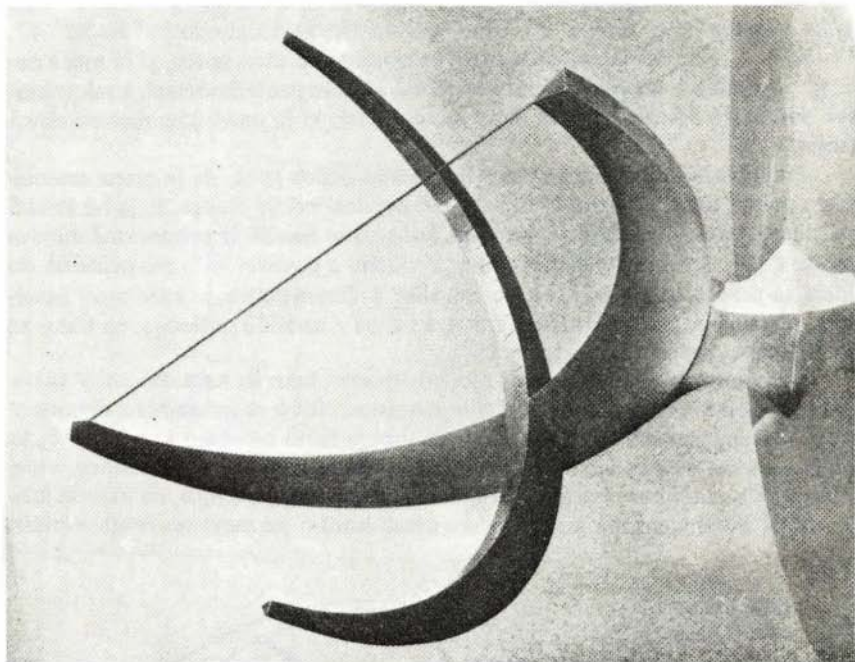
dan opoldne Sonce najvišje na nebu. Kot  $H$  je opoldne  $0^{\circ}$ , do 13 h se poveča za  $1/24$  polnega kota, torej je  $15^{\circ}$ , ob 14 h naraste za nadaljnjih  $15^{\circ}$  na  $30^{\circ}$  itd. Kot  $H$  in z njim čas je najlažje meriti, če opazujemo smer sence, ki jo meče palica, vzporedna z nebesno osjo, to je palica, ki kaže proti Severnici. Vsak trenutek definirata Sonce in palica neko ravnino  $R(t)$ , ki jo imenujemo ravnina sence (slika 2).

Prednost ravnine sence s tako usmerjeno palico je ta, da je njena orientacija odvisna samo od kota  $H$  in prav nič od deklinacije Sonca, to je od kota  $\delta$  na sliki 1, ki se med letom spreminja, kot smo se naučili iz prispevka Zanimiva senca v prvi letošnji številki Preseka. V skladu s povedanim hitro pridemo do ideje za preprosto sončno uro kot na sliki 3. Senco palice, ki kaže proti Severnici, opazujemo na polkrožnem traku, s palico v središču polkroga, na traku pa so značke za polne ure na vsakih  $15^{\circ}$ .

Našo sončno uro lahko tudi moderniziramo, tako da kaže datum. V ta namen se spomnimo že omenjene Zanimive sence. Kot  $\delta$  se spreminja z datumom in to moramo izkoristiti. Naša palica in sončni žarki oklepajo kot  $90^{\circ} + \delta$ , to pa je tudi kot med palico in daljico, ki povezuje vrh palice z vrhom sence – glej sliko 4. Na sončni uri moramo torej dodatno označiti polkroge, na katerih ležijo točke s konstantnim kotom  $\delta$ , vsakemu kotu  $\delta$  pa moramo znati pripisati



Slika 2. Definicija ravnine sence



Slika 3a. Ideja za preprosto sončno uro. (zgoraj)

Slika 3b. Sončna ura Heryja Moora na Timesovem trgu v Londonu. (desno)

datum. Velikost kota  $\delta$  za različne datume lahko izračunamo po naslednji formuli:

$$\sin \delta = \sin \epsilon \cdot \sin \lambda$$

Tukaj je  $\epsilon$  ( $= 23,5^\circ$ ) kot med ravnino ekvatorja in ravnino ekliptike,  $\lambda$  pa je kot, ki ga oklepa trenutna smer Zemlja – Sonce s smerjo Zemlja – Sonce na prvi pomladni dan. Ta kot je odvisen od datuma in se približno izraža takole:

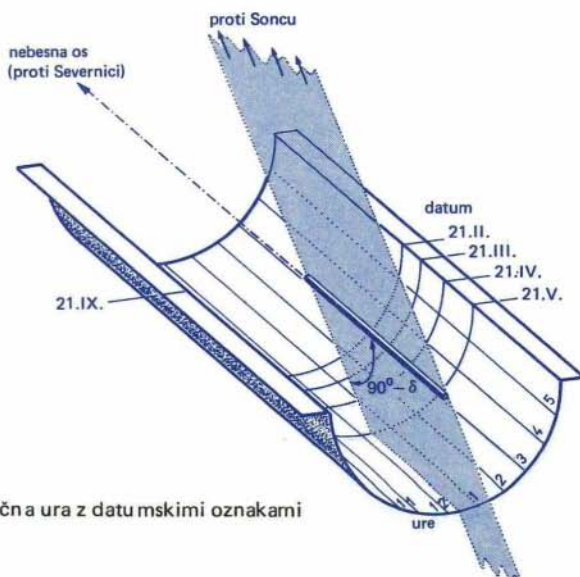
$$\lambda = 360^\circ \cdot (t - t_0) / T_0$$

Pri tem je  $t$  zaporedna številka dneva v letu,  $t_0$  zaporedna številka prvega pomladnega dne ( $t_0 = 80$ ),  $T_0$  pa število dni v letu –  $T_0 = 365$ .

Sončna ura, ki smo jo pravkar opisali, ni najbolj pogosto v rabi, ker je izdelava in nastavitev polvalja ali polkrogle, na katerega meče palica senco, kar zahtevna. Zelo priljubljene in pogosto lepo izdelane so sončne ure na južnih stenah stavb. Palica, ki meče senco, je zopet usmerjena proti Severnici, zato da je ravnina sence odvisna samo od časovnega kota ( $H$ ) in ne od datuma. Senca leži na presečišču ravnine sence z ravnino stene. Izraz za tangens kota med senco in navpičnico pa lahko zapišemo takole:

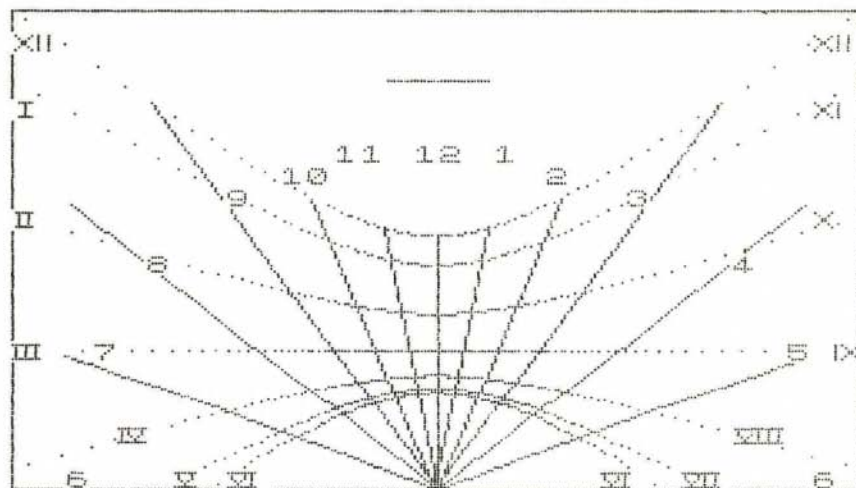
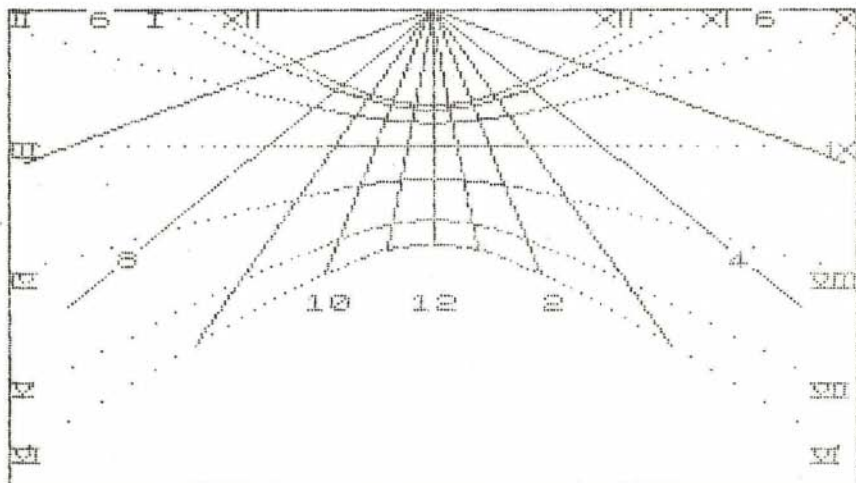
$$\text{tg}(C) = \cos(\varphi) \cdot \text{tg}(H)$$

Tu je ( $\varphi$ ) geografska širina kraja, kjer stoji sončna ura oziroma kot med smerjo



Slika 4a. Sončna ura z datumskimi oznakami

Slika 5a. Sončna ura na južni steni za Ljubljano ( $\varphi = 46^\circ$ ). Z arabskimi številkami so označene ure, z rimskimi pa črte po katerih se giblje senca približno 21. v označenem mesecu. (E naindvajseti je bil izbran zato, ker je na ta datum enakonočje.) Dolžina police je označena z vodoravno daljico na sliki 6. Palica je zapičena v sečišču urnih premic in oklepa s premico za dvanajsto uro kot  $44^\circ$ .



Slika 6. Navpična sončna ura za Ljubljano. Oznake so podobne kot na sliki 5.

proti nebesnemu polu in vodoravno ravnino. Za Ljubljano je  $\varphi$  približno  $46^\circ$ . Dolžina sence pa je pri tej sončni uri odvisna tako od deklinacije Sonca – to je od datuma – kot od časovnega kota. Tudi izraz za dolžino sence ( $l_s$ ) navedimo brez dokaza:

$$l_s = l_{palice} \cdot \sqrt{[1 + \cos^2(H) \cdot \operatorname{tg}^2(\varphi)]} / [\operatorname{tg}(\varphi) \cdot \cos(H) - \operatorname{tg}(\delta)]$$

(Tisti med vami, ki so se kdaj ukvarjali s stožnicami, bodo ugotovili, da opiše konec sence vsak dan ravno stožnico – če je produkt  $\operatorname{tg}(\varphi) \cdot \operatorname{ctg}(\delta)$  za ta dan po absolutni vrednosti manjši od 1, je to elipsa, drugače pa hiperbola. Na prvi pomladni dan, ko je  $\delta = 0$ , se krivulje izrodijo v premico.) Na sliki 5 je narisana sončna ura na južni steni, ki smo jo izračunali po gornjih formulah.

V kakšnem parku pa bi bilo lepo postaviti pokončno sončno uro. Palica, ki naj bo tudi tu usmerjena proti nebesnemu tečaju (proti Severnici), meče senco na vodoravno ravnino. Opoldne bo kazala senca proti severu, zjutraj proti zahodu in zvečer proti vzhodu. Kot med senco in smerjo proti severu (S) v tem primeru izrazimo takole:

$$\operatorname{tg}(S) = \cos(\varphi) \cdot \operatorname{tg}(H)$$

Dolžina sence, ki je odvisna od datuma in ure, pa se izraža takole:

$$l_s = l_{palice} \cdot \sqrt{1 + \cos^2(H) \cdot \operatorname{tg}^2(\varphi)} / [\operatorname{ctg}(\varphi) \cdot \cos(H) + \operatorname{tg}(\delta)]$$

Pokončna sončna ura za Ljubljano je na sliki 6.

Za konec pa še opozorilo. Sončne ure, kot smo jih opisali, kažejo tekoimenovani *pravi sončni čas*, ki pa se ne ujema povsem z našo uro. Glavni vzrok za neskladje tiči v tem, da je zemeljska os nagnjena glede na ravnino gibanja Zemlje okrog Sonca. To se odraža na navideznem gibanju Sonca med zvezdami. Če bi mogli videti zvezde podnevi, bi opazili, da opiše Sonce med njimi v enem letu krog, ki oklepa kot  $23,5^\circ$  z ekvatorjem. Ker je hitrost navideznega gibanja po tem krogu približno konstantna, se komponenta hitrosti Sonca vzdolž ekvatorja spreminja. Spomladi in jeseni, ko navidezna pot Sonca seka ekvator pod kotom  $23,5^\circ$ , je hitrost Sonca vzdolž ekvatorja nekaj manjša kot poleti in pozimi, ko je gibanje Sonca vzporedno z ekvatorjem. Zato so sončni dnevi poleti in pozimi za nekaj sekund daljši kot spomladi in jeseni. Ker tečejo današnje ure enakomerno, so Francozi pred dvesto leti hkrati z reformo mer uvedli reformo časa. *Povprečni sončni čas*, ki je sedaj v rabi, teče enakomerno in sicer tako, da je število povprečnih sončnih ur v enem letu natanko enako številu pravih sončnih ur v letu. Razlika med pravim in povprečnim sončnim časom lahko znese do 20 minut. To razliko imenujemo *časovna enačba* in jo najdemo tabelirano npr. v Presekovih efemeridah Naše nebo.

Slika 4b



SONČNE URE — glej članek str. 218

Slika 3c: Stara sončna ura za natančno določanje pravega sončnega časa; Sončni žarki, ki gredo skozi luknjico v ploščici z datumi osvetljuje časovno skalo, če postavimo luknjico na pravi datum. (Iz zbirke starih instrumentov na observatoriju na Golovcu, ki jo je ustvaril prof. Dominik.) (glej 1. stran ovitka)

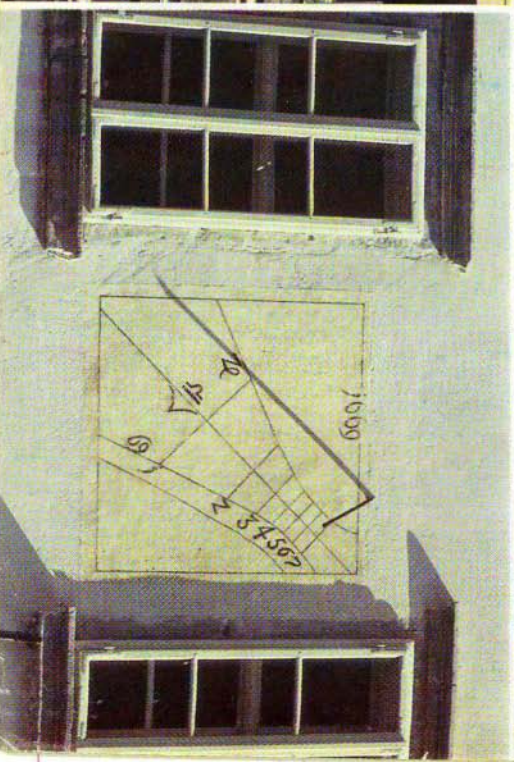
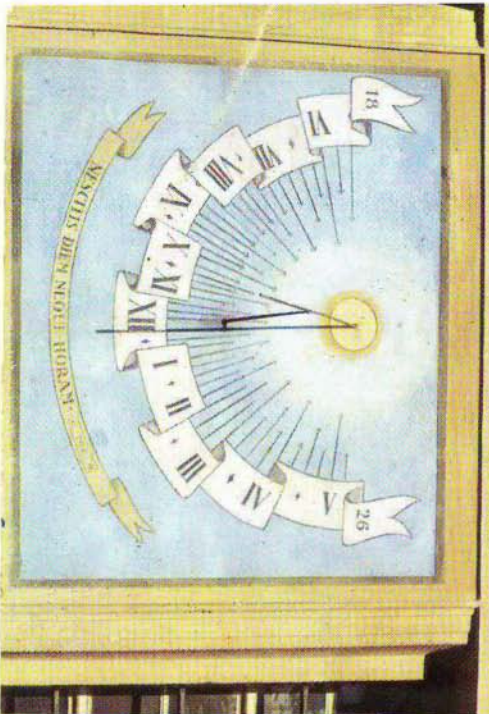
Slika 4b: Sončna ura za domačo rabo iz 1861. (Iz zbirke starih instrumentov na observatoriju na Golovcu.)

Slika 5b: Sončna ura na južni steni ljubljanske stolnice — nima datumskih oznak.

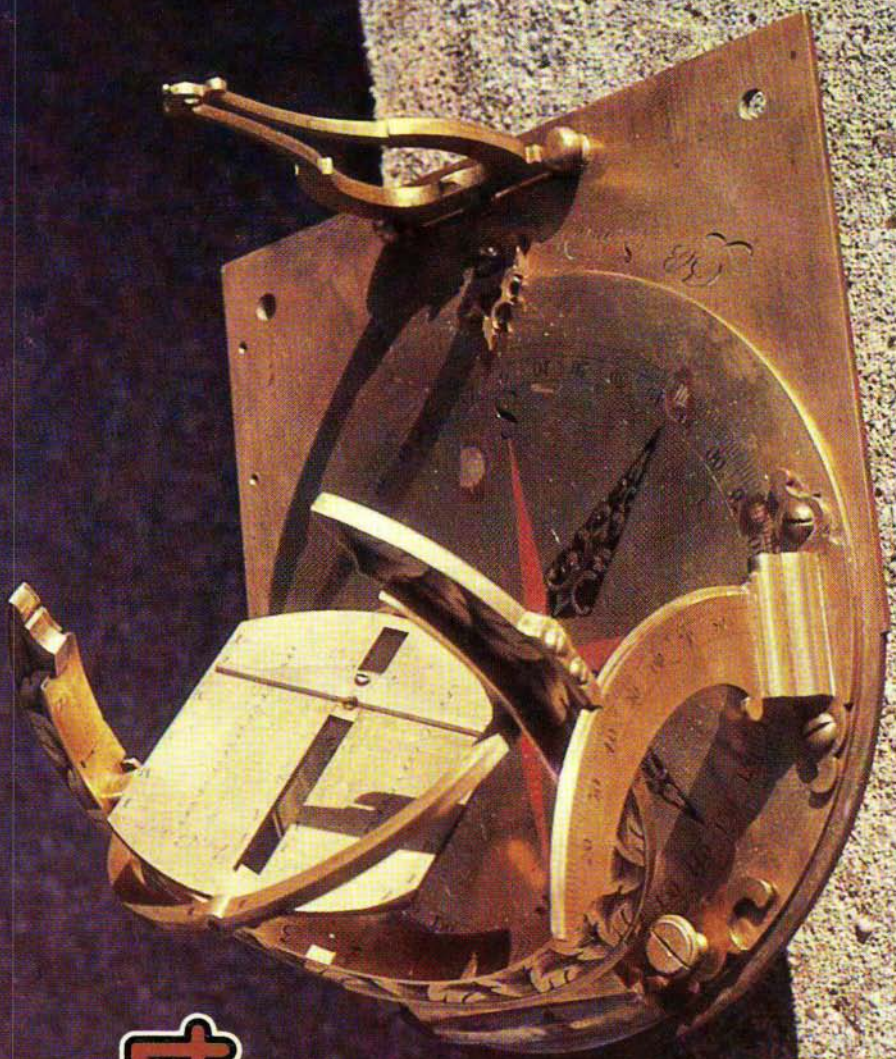
Slika 5c: Sončna ura na zapadni steni grada Bistra, v katerem je sedaj Tehniški muzej. Kako se čita ta ura puščamo v premislek bistremu bralcu.

Slika 5c

Slika 5b







4

അക്ഷര