

Kako se mjeri i kontrolira vrijeme

Boris Franušić

Mi u svakodnevnom životu koristimo mehaničku napravu zvanu sat ili ure, koja nam pokazuje koliko je vremena u određenom trenutku jednog dana. Ali koje značenje imaju kazaljke našeg sata kada pokazuju da je na pr. 7 sati navečer? Zar samo to da mala kazaljka na satu stoji na broju 7? Što znači taj broj? On pokazuje da je poslije podne prošlo 7/24 dana. Ali poslije kakvog podne i kakvog dana?

Čovječanstvo živi u trci s vremenom i poznata je izreka: »Vrijeme je zlato«. Ali kako se definira vrijeme, njegova jedinica i kako se kontrolira. To nije neka materija uzeta kao masa za kilogram, ili kao dužina za metar, pa sporazumno prihvaćena kao jedinica za mjeru. Kada preko radija slušamo znak tačnog vremena, onda je to rad jednog preciznog mehanizma — sata, koji se stalno kontrolira i regulira da pokazuje tačno vrijeme, nađeno pomoću astronomskih osmatranja jednolike rotacije Zemlje u odnosu na druga nebeska tijela.

Još od najstarijih vremena ljudi su promatrajući događaje u prirodi koji su se zbivali jedan poslije drugog spoznali pojam vremena. Sunce i Mjesec bili su prva nebeska tijela s kojim su određivali vremenske pojave na Zemlji. Današnja naša razdioba godine na mjesece potječe od doba kada se dulji razmak vremena mjerio prolaskom Mjeseca kroz sve četiri faze (lunacija), a još dulji vremenski period sadržavao je više lunacija i to je bila Mjesečeva godina.

Tačnija vremenska podjela godine dobila se još u starom vijeku pomoću prividnog godišnjeg gibanja Sunca. Manja vremenska jedinica dan računao se od izlaza ili zalaza Sunca. Kod Babilonaca dan je počinjao sa izlaskom Sunca, dok kod Židova i Grka dan je počinjao sa zalaskom Sunca, što se i danas zadržalo u vjerskom kalendaru Muslimana i Židova. Današnje brojenje početka dana od ponoći potječe od starih Egipćana. Još manji vremenski razmaci mjerili su se pretakanjem tekućine iz jedne posude u drugu. To su bili tzv. vođeni satovi, a vodu je poslije zamijenio pijesak, pa su tako nastali pješčani satovi. Za sunčanih dana period dana mjerio se prema položaju sjene od štapa zabodenog u zemlju. Kasnije se taj primitivni instrument usavršava ucertavanjem razdioba na orijentiranoj plohi i to je Sunčana ura, koja se i danas može vidjeti na zidovima starih kuća, dvoraca, crkava, trgova ili parkova. Dan se dijelio na dan i noć, a svaki taj dio imao je 12 sati. Kako se duljina dana i noći mijenjale, mijenjale su se i vrijednosti duljine sata, što se u Evropi zadržalo do sredine 14. vijeka, a onda se razvitkom građanskog života sve više osjećala potreba razdiobe dana na 24 jednaka sata.

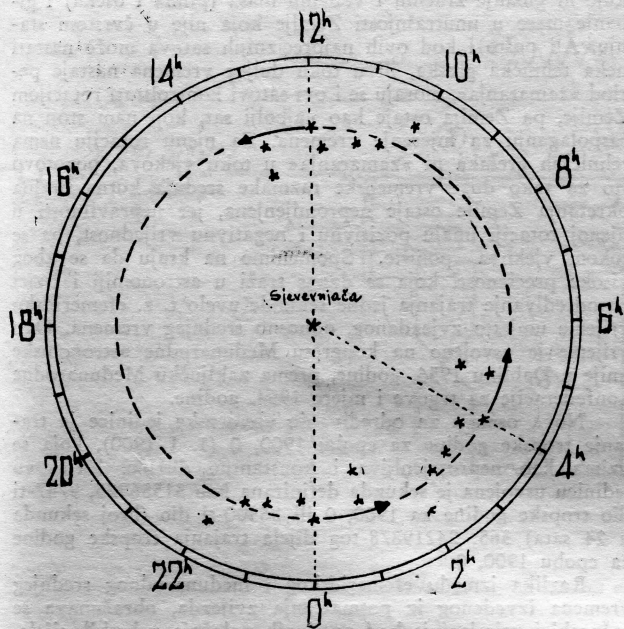
Počimlju se konstruirati mehaničke naprave koje pokazuju jednake razmake vremena u toku dana i to su satovi ili ure koje su tokom vremena evoluirale do današnjih najpreciznijih atomskih satova.

Međutim, tačni intervali vremena mogu se mjeriti samo onda ako u prirodi postoji pojava koja se ravnomjerno, neprekidno i uvijek na isti način ponavlja. Ove uvjete u prirodi ispunjava jedino obrtanje Zemlje oko svoje osi, tj. Zemljina rotacija.

Zemlja se okreće oko svoje osi od zapada prema istoku za 24 sata. Mi sa Zemlje to ne osjećamo, ali nam prividna vrtnja nebeske sfere to dokazuje. Naime, nebeska sfera sa svim tijelima na njoj prividno se okreće od istoka prema zapadu, čiji pun okret traje također 24 sata. Znači da zvijezde izlazeći na istoku i zalazeći na zapadu u jednakim vremenima zakreću se uvijek za iste kuteve na nebu. To se kretanje zvijezda na nebu prati astronomskim durbinima s velikom tačnošću i danas postoji međunarodna služba tačnog vremena s centrom u Parizu, u kojoj je obuhvaćen rad oko tridesetak astronomskih opservatorija na raznim djelovima naše planete. Na opservatorijima postoje precizni satovi i njihov rad se kontrolira prolazom zvijezda kroz meridijan opservatorija. Uzeto je 1538 zvijezda, čiji su položaji precizno određeni u toku stoljeća.

Na slici 1 prikazan je šematski princip rada određivanja tačnog vremena. U sredini je zvijezda Sjevernjača, koju uzimljemo da miruje u neposrednoj blizini pola i ne učestvuje i prividnoj dnevnoj vrtnji neba, dok sve ostale zvijezde učestvuju u prividnoj vrtnji neba kružeći oko Sjevernjače. Na slici je uzeto i najpoznatije zvijezde sjevernog neba Veliki Medvjed, čija je vrtnja jedne zvijezde (Phekda) pokazano iscrtanim krugom u smjeru strijelice. Kad se ta zvijezda nađe u položaju I tada je 0 sati, 0 minuta i 0 sekundi astronomskog ili zvjezdanog vremena, kako je to u astronomiji usvojeno. Zvijezde se okreće oko Sjevernjače ravnomjernom kutnom brzinom, i vrijeme koje protekne dok napravi pun okret od 360° zove se zvjezdani dan. Zvjezdani dan dijelimo na 24 sata, sat na 60 minuta, a minutu na 60 sekundi zvjezdanog vremena. Dakle kutnu mjeru pretvaramo u vremensku, pa mjereći kut određene zvijezde od polažaja I do položaja u trenutku mjerenja određujemo tačno vrijeme za taj trenutak.

Rotacijska os Zemlje nije nepomična u prostoru, već se giba, a pošto se i rektascenzije zvijezda računaju od proljetne tačke, uzimlje se za početak zvjezdanog dana čas gornje kulminacije proljetne tačke, umjesto kulminacije nekih zvijezda stajačica. Proljetna tačka je zamišljena tačka na nebeskoj sferi u kojoj se sijeku nebeski ekvator i ekliptika.



tika. (Krug na nebeskoj sferi po kojem se Sunce prividno giba oko Zemlje).

Kako vidimo na opservatorijima precizni satovi pokazuju tačno zvjezdano vrijeme zahvaljujući ravnomjernoj rotaciji Zemlje. S tim vremenom služe se astronomi, a u našem svakodnevnom životu mi se ne služimo sa zvjezdanim vremenom, jer tokom godine početak zvjezdanog dana se mijenja obzirom na dan i noć, već sunčevim vremenom, jer je naš život i rad vezan uz Sunce. Pravi Sunčev dan je vrijeme između dviju uzastopnih gornjih kulminacija središta Sunca. Gornja kulminacija Sunca je u pravo podne, pa je pravi Sunčev dan vrijeme između pravog podneva dvaju uzastopnih dana. Sunce se među zvjezdama giba, pa i u odnosu na proljetnu tačku. Prema tome Sunce neće kulminirati u dva uzastopna dana sa istom zvijezdom, već će zaostajati za njom iz čega zaključujemo da je pravi Sunčev dan dulji od zvjezdanog dana i to za 3 minute i 56 sekundi. Pravo Sunčevo vrijeme pokazuje i Sunčana ura. Po pravom Sunčevom danu računalo se sve do konca 18 stoljeća. Međutim, ovo vrijeme nije praktično za svakodnevni život, jer se duljina pravog Sunčevog dana tokom godine mijenja. Uzrok je tome što se Sunce nejednoliko prividno giba po ekliptici, (zimi brže, ljeti sporije) i što se ne giba po nebeskom ekvatoru po kojem mjerimo zvjezdano vrijeme, već po ekliptici koja je nagnuta prema ekvatoru za 23,5°.

Potreba da mi na Zemlji imamo tokom čitave godine dane iste duljine navela je ljude da sporazumno uvedu srednje Sunčevo vrijeme bazirano na srednjoj vrijednosti Sunčevog dana u toku jedne godine. Astronomski kongres u Göttingenu 1798. godine usvojio je prijedlog o uvođenju srednjeg Sunčevog vremena i od tada se vrijeme mjeri po zamišljenom srednjem Suncu. Ustvari uvela su se dva zamišljena Sunca koja se jednoliko gibaju jedan po ekvatoru, a jedan po ekliptici. Oni se nikada mnogo ne udaljavaju od pravog Sunca, a tokom godine prednjače ili zaostaju za njim. Vrijeme ophoda im je isto i zajedno krenu i stignu sa pravim Suncem u proljetnu tačku.

Srednji Sunčev dan je vrijeme što proteče između dvije uzastopne donje kulminacije srednjeg Sunca. Duljina tog srednjeg dana je konstantna i taj dan dijelimo na 24 sata, sat na 60 minuta, a minutu na 60 sekundi srednjeg vremena. To je građansko vrijeme koje pokazuju naši satovi a računa se od časa donje kulminacije, tj. od ponoći do ponoći, što je i u astronomiji prihvaćeno od 1925. godine.

Razlika između srednjeg i pravog Sunčevog vremena zove se jednadžba vremena.

Na slici 2 data je krivulja jednadžbe vremena. Samo četiri dana u godini oba vremena se pokapaju i to 15. travnja i 14. lipnja, 1. rujna i 24. prosinca. U svim ostalim danima srednje Sunce prednjači ili kasni za pravim Suncem.

Maksimalnu vrijednost jednadžba vremena ima 2. studenog (16 minuta i 23 sekunde), a najmanju vrijednost 11. veljače (-14 minuta i 20 sekundi).

U početku smo spomenuli godinu, a sad poznavajući vrste dana možemo odrediti vrste godine. Vrijeme koje je potrebno Suncu u svom prividnom gibanju oko Zemlje da se ponovo vrati do iste stajačice, zove se zvjezdano ili siderična godina i iznosi 365,2564 srednja dana ili 366,2564 zvjezdano dana. Ako računamo vrijeme od dva uzastopna prolaza Sunca kroz proljetnu tačku, onda je to tropska godina i iznosi 365,2422 srednja dana ili 366,2422 zvjezdano dana, jer Zemlja u jednom ophodu oko Sunca izvrši jedan okretaj više nego što ima Sunčevih dana, a to je zbog već spomenutog odnosa zvjezdanog i pravog Sunčevog vremena. Kako vidimo tropska godina je kraća od siderične, a uzrok tome je što se proljetna tačka u toku godine zbog precesije pomakne po ekvatoru ususret Suncu za oko 50 lučnih sekundi, dok zvijezde praktično ništa prividno ne promjene svoj položaj.

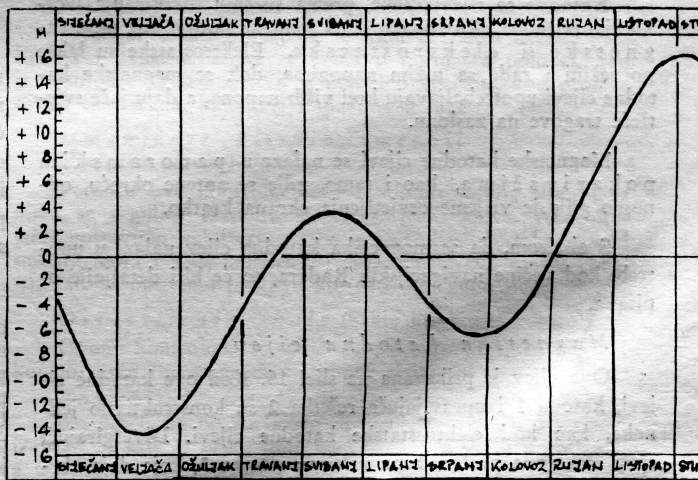
Tropska je godina radi veze s godišnjim dobima za čovjeka najvažnija, te je ona godina na kojoj se osniva kalendar tj. građanska godina sa cijelim brojem od 365 dana ili 366 za prestupne godine.

Sva spomenuta vremena; zvjezdano, pravo i srednje Sunčevo vrijeme vezana su o meridijana u mjestu opažanja, pa se zato zovu mještina vremena. Jedno mjesto koje leži istočno od drugog mjesta imat će više vremena za onoliko sati, minuta i sekundi, koliko mu je geografska dužina veća. Za mjesto na zapadu bit će obratno. Osnovni nul meridijan od kojeg se danas broje geografske dužine je meridijan zvjezdarnice u Greenwichu. Od ovog meridijana podjeljena je naša Zemlja u 24 jednaka sferna dvokuta — vremenske zone koje sve imaju vrijednost od 15° ili 1 sata dužine. To su zonska vremena koja se ipak zbog državnih granica ne kreću strogo po meridijanu dotične zone.

U Evropi imamo tri vremenske zone i to: Zapadnoevropska, čiji je srednji meridijan 0° (Greenwich), Srednje evropska, čiji je srednji meridijan 15° istočno od Grenwicha, a prolazi blizu Senja, te Istočno evropska, čiji je meridijan 30° istočno od Greenwicha.

Srednje vrijeme Zapadno evropske zone je međunarodno srednje vrijeme, dok je Srednje evropsko vrijeme službeno vrijeme u našoj zemlji. Evo tablice usporedbe glavnih vremenskih zona sa Srednje-evropskim vremenom (SEV):

Istočnoaustralsko vrijeme:	SEV + 9 sati
Srednejapansko vrijeme:	SEV + 8 sati
Istočnokinesko primorsko vrijeme:	SEV + 7 sati
Južnokinesko primorsko vrijeme:	SEV + 6 sati
Moskovsko vrijeme:	SEV + 2 sata
Istočnoevropsko vrijeme:	SEV + 1 sat
Zapadnoevropsko vrijeme:	SEV - 1 sat
Atlantic Standard Time:	SEV - 5 sati
Eastern Standard Time:	SEV - 6 sati
Central Standard Time:	SEV - 7 sati
Mountain Standard Time:	SEV - 8 sati
Pacific Standard Time:	SEV - 9 sati
Alaska Standard Time:	SEV - 11 sati
Samoan Standard Time:	SEV - 12 sati



»Zašto je od podne do zalaza Sunca prošlo više vremena nego od izlaza Sunca do podne?« Ovakav ili obratno postavljen upit obično se čuje od znatiželjnih ljudi koji mjere vrijeme po svom satu i računaju da je podne tačna polovica dana. Međutim, poslije upoznavanja srednjeg i mjesnog vremena, odgovor je jasan, tj. pravo je podne polovica dana, ali računato po mjesnom vremenu pravog Sunca, a ne po zonskom vremenu srednjeg Sunca. Da bi znali kad je pravo podne i tačna polovica dana, morali bi znati vrijednost jednadžbe vremena za taj dan i uzeti u obzir vremensku razliku geografske dužine od mjesta osmatranja i središnjeg meridijana dotične zone.

Naši satovi kao svaki mehanizam imaju svoje nedostatke i ne pokazuju uvijek iste vremenske intervale. Zato ih treba stalno kontrolirati i regulirati. Zemlja je osnovni sat, jer se prema njenoj stalnoj i jednolikoj vrtnji upoređuju specijalni satovi na astronomskim opservatorijima, koji se čuvaju u posebnim prostorijama gdje uvijek vlada ista temperatura i pritisak zraka. Ti satovi pokazuju zvjezdano vrijeme, a s ovog se lako prelazi na srednje vrijeme, koje se također održava preciznim satom čije se stanje svakodnevno određuje usporedbom sa zvjezdanim satom. Sa ovakvog sata opservatorije vrijeme predaju radio stanicama, koje ga s većom ili manjom tačnošću emitiraju.

Na brodovima se vode satovi prema dvije vrsti vremena. Za svakodnevni život na brodu upotrebljava se srednje zonsko ili mjesno vrijeme, prema geografskoj dužini na kojoj se brod nalazi. Za potrebe nautičkih računa upotrebljava se srednje vrijeme Greenwicha (međunarodno srednje vrijeme) koje pokazuje specijalni sat — kronometar. Ovaj sat treba da pokazuje što tačnije vrijeme, jer su po srednjem vremenu Greenwicha dati svi potrebni podaci za vođenje navigacije, a po tom vremenu se vrši i radio-telegraf. služba na brodu. Kronometar se svakodnevno kontrolira pomoću specijalnih ritmičkih signala, koje emitiraju radio stanice.

U novije vrijeme opservatorije upotrebljavaju t. z. kvarc sat. To je poseban uređaj sa elektronskim lampama, kojima se 100.000 titraja u sekundi jednog vrlo precizno brušenog kvarcnog kristala pod električnim naponom svodi na jedan električni impuls u razmaka od jedne sekunde. Na nekim opservatorijama upotrebljavaju se atomski satovi što predstavlja najviše dostignuće u preciznosti svih dosadašnjih satova, jer pokazuju tačno vrijeme do milijarditih dijelova jedne sekunde.

Ovi precizni satovi omogućili su astronomima da otkriju kako se Zemlja ne okreće jednoliko. Nejednakost okretanja iznosi svega nekoliko desetihiljaditih dijelova sekunde, a uzro-

kuje ih gibanje zračnih i vodenih masa (plima i oseka) i gibanje mase u unutrašnjosti Zemlje koja nije u čvrstom stanju. Ali pošto i kod ovih najpreciznijih satova može nastati neka tehnička greška, ili u toku duljeg vremena nastaje period »zamaranja«, moraju se i ovi satovi kontrolirati rotacijom Zemlje, pa Zemlja ostaje kao najbolji sat, koji nam stoji na raspolaganju za mjerenje vremena. Za njenu rotaciju nema tehničkih grešaka ni »zamaranja« u toku vjekova, pogotovo što za tako duge vremenske razmake srednja kutna brzina okretanja Zemlje ostaje nepromijenjena, jer nepravilnosti u njenoj rotaciji imaju pozitivnu i negativnu vrijednost, pa se tokom vjekova ponište. Spomenimo na kraju da se zbog visoke preciznosti koja se danas traži u astronomiji i fizici za određivanje trajanja jedne sekunde uvelo t. z. efemeridsko vrijeme umjesto zvjezdanog, odnosno srednjeg vremena. Ovo vrijeme je usvojeno na kongresu Međunarodne astronomske unije u Dublinu 1956. godine, prema zaključku Međunarodne konfederacije za tegove i mjere 1954. godine.

Nova osnova za određivanje vremenske jedinice je trajanje tropske godine za epohu 1900, 0 (1. I 1900), koja se uzima kao nepromjenljiva i konstantne dužine. Za novu jedinicu usvojena je sekunda definirana kao 31556925, 9747-ti dio tropske godine za 1900, 0 ili 86400-ti dio (broj sekunda u 24 sata) 365, 24219878-tog dijela trajanja tropske godine za epohu 1900, 0.

Razlika između efemeridskog i međunarodnog srednjeg vremena izvedenog iz posmatranja zvijezda, obračunava se računski i primjenjuje kod preciznih položaja небеских tijela. Kako ove popravke imaju značaja kod vrlo preciznih mjerenja, srednje Sunčevo vrijeme ostaje i dalje kao svjetsko vrijeme, po kojemu reguliramo naš svakidašnji život.

U članku istog pisca u prošlom broju potkrale su nam se sljedeće greške :

Na strani 122 — desni stubac, u rečenici: »Jedna je zvijezda za jednu veličinu svjetlija od druge«, ne svršava rečenica, već se nastavlja »ako od prve primamo 2,5 puta veću količinu svjetlosti nego od druge.«

Na strani 123 — desni stubac, u rečenici gdje piše »U psu« i »Orionovom psu« treba da stoji »U pasu« i »Orionovom pasu«. U istom stubcu nešto niže u rečenici gdje piše »preko Arctusa« treba da stoji »preko Arcturus«.

N strani 124 — lijevi stubac, u rečenici gdje se spominje zvijezdje Herkul, piše da slični na »slovo N«, a treba da stoji »slovo H«.

Molimo čitaoce da ovo uvažavaju.