

TEMA
MESECA
ČAS

MERJENJE ČASA

Na čas lahko gledamo na množico načinov. Včasih z njim v milijardah let štejemo starost zvezd, včasih pa v pikosekundah merimo trajanje laserskih impulzov. Včasih se o njem zamislimo pred ogledalom, ko ugledamo kdo ve kdaj narisano novo brazdo na licu. Koliko ga je? Koliko ga je še? Za obraz v ogledalu in tiste okrog. Najpogosteje za takšna razmišljanja nimamo časa. Ali nas kaj priganja, do jutri, do zvečer ... ali pa nas zanima, kdaj bo kosilo, koliko časa imamo do odhoda vlaka ali čez koliko časa pride oseba, ki jo dolgo pričakujemo. Hote ali nehote je naše najbolj pogosto vprašanje: »Koliko je ura?«

BESEDILO: SAŠO AVSEC

Mag. SAŠO AVSEC je fizik, ki z Geo sodeluje že skoraj četrt stoletja, in sicer s prispevki s področij znanosti in tehnike, ki nam (vsaj tako upa) služita in pomagata v vsakdanjem življenju.

Številne starodavne civilizacije so se za določanje dnevnega časa in datuma zanašale na opazovanje astronomskih teles, predvsem Sonca in Lune. V Mezopotamiji in starem Egiptu so pred približno 4000 leti razdelili svetli del dneva na 12 ur in ravno toliko ur je imela noč; podoben sistem so imela ljudstva Srednje Amerike. Tak seksagezimalni sistem za merjenje dnevnega časa se je danes uveljavil po vsem svetu. Prve koledarje so ljudje ustvarili že pred nekaj deset tisoč leti, ko so si zapisovali lunine faze ali letne čase ali število pretečenih dni od enega do drugega letnega časa. Tedanji lovci in nabiralci so bili namreč od podnebja močno odvisni, saj so se plodovi in plen premikali ali celo izginili. V številnih krajih sveta (npr. Stonehenge v Angliji) so z različnimi predmeti, npr. kamnitimi stebri, postavili priprave, ki so omogočale napovedovanje prihoda posameznih letnih časov.

PRVE URE

Za natančnejše merjenje časa so stare civilizacije uporabljale **sončne ure**. Najstarejšo so našli v Egiptu in je izdelana iz skrilavca. Tudi visoki obeliski so bili v starem Egiptu okrog leta 3500 pr. n. št. uporabljeni kot kazalec sončne ure; ti so okrog sebe metali senco, njena konica pa je padala na časovne oznake na tleh. Iz teh so lahko razbrali tudi nastop obeh solsticijev. Egipčanske sončne ure so imele dan razdeljen na 10 delov, dve uri sta bili dodani za čas jutranjega svita in dve za čas večer-

nega mraka, obdobji, ki ju niso mogli všteti v pravi dan. Z 10 urami noči je bil dan dolg 24 ur.

Čeprav so sončne ure relativno natančne, so odvisne od Sonca; ponoči in ob oblačnem vremenu so neuporabne. Egipčani so zato za merjenje časa razvili številne druge priprave, npr. **vodne in peščene ure**, poleg tega pa so se čas naučili meriti iz zvezd. Najstarejši opis vodne ure so našli v grobnici egipčanskega dvornega uradnika Amenemeta iz 16. stoletja pr. n. št., v kateri je prikazan kot njen izumitelj. Obstaja vrsta izvedb vodnih ur; iz enih voda izteka, v druge priteka. Egipčani pa so verjetno izumili tudi vrsto peščenih ure, pri kateri pesek s konstantno hitrostjo teče skozi luknjico iz ene posode v drugo.

V antični Grčiji so se veliko uporabljale vodne ure ali **klepsidre**. Uvedel jih je filozof Platon, ki je tudi izumil vodno budilko. Vsebovala je svinčne kroglice, potopljene v visoki posodi, ki se je napolnjena nagnila, svinčne kroglice pa so padle na bakrene plošče. Hrup naj bi zbudil Platonove študente v njegovi Akademiji. Grki in Rimljani so takšne vodne ure uporabljali na sodiščih, z njimi pa so merili čas, ki je bil odmerjen posameznemu govorniku.

Čeprav so bile klepsidre bolj uporabne od sončnih ur, saj so delovale v zaprtih prostorih, ponoči in ob oblačnem vremenu, niso bile tako natančne, Grki pa so stalno iskali načine za njihovo izboljšanje. Dodali so kazalce za lažje odčitavanje in natančno skalo, a glavni problem je bil

tlak vode v posodi. Ta je odvisen od višine vodnega stolpca v posodi, od njega pa je odvisna hitrost iztekanja vode. Konična oblika posode, ki je zgoraj razširjena, to težavo nekoliko odpravi. A nerešen problem je bil vpliv temperature vode. Ta teče počasneje, če je hladna, in hitreje, ko je topla.

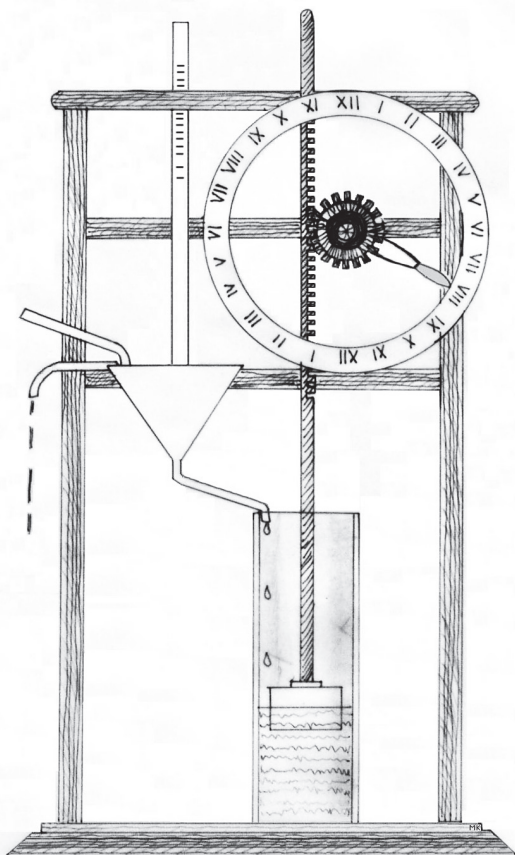
Sončne ure so dolgo prikazovale točen čas samo tam, kjer so bile narejene in nameščene. Prvo sončno uro so v Rimu postavili leta 264 pr. n. št., ko so jo zaplenili v sicilskem mestu Catania. A žal je skoraj sto let kazala napačen čas, saj njene oznake niso bile primerne za zemljepisno dolžino Rima. Šele matematik in astronom Teodozij je izdelal tako univerzalno sončno uro, da jo je bilo mogoče uporabiti povsod po svetu.

Mehanizem sončnih in vodnih ur

Sončne ure prikazujejo trenutni čas, vodne (in peščene) pa merijo časovne intervale, ki so minili od nekega znanega trenutka, navadno poldneva, in jih mora nekdo šteti. Od hitrosti obračanja peščenih ure in praznjenja vodne ure je odvisna natančnost merjenja dnevnega časa. Po takem načelu še danes delujejo vse mehanske in elektronske ure: vanje enakomerno doteka energija, neki mehanizem pa jo mora razsekati na čim bolj enakomerne časovne intervale. Drug mehanizem mora te intervale šteti.



Pred izumom ur so za določanje časa uporabljali urni kvadrant. Vsaka geografska širina je morala imeti svoj urni kvadrant, prilagojen nanjo (in s tem na lego sonca na nebu). Eno stran kvadranta je uporabnik usmeril proti soncu, takrat pa se je premaknila vrvica, pritrjena v središču, in nakazala približen čas. Na ilustracijah Ptolemej pri uporabi kvadranta; s tem, koz eno roko drži kvadrant, z drugo pa kaže v tla, torej na zemljo, je želel nakazati soodvisnost geografije od astronomije. Fotografija: Syntaxis



Dokazi prvih pravih ur – vodnih ur – prihajajo iz Egipta, in sicer iz 15. stoletja pr. n. št., čeprav nekateri trdijo, da naj bi se na Kitajskem pojavile kar 4000 let pred Kristusom. Ilustracija: PD OMA

Perzijske vodne ure (fenjaan) iz leta okrog 500 pr. n. št. so bile namenjene temu, da so zagotovile pravično in natančno razdeljevanje namakalne vode iz vodnjakov. Bile so presenetljivo natančne, saj je bilo odmerjanje skopih količin vode zelo pomembno. Ob vsaki sta dežurala dva zanesljiva upravitelja. V veliki posodi je plavala manjša skleda z luknjico. Ko se je skleda napolnila, je potonila. Upravitelj jo je izpraznil in položil nazaj na gladino, število potopov pa je beležil s kamenčki. Zadnje takšno uro so uporabljali še leta 1965.

SVEČNE URE

Čas lahko merimo z različnimi fizikalnimi pojavi, med drugim tudi z enakomernim gorenjem. Natančno izdelane sveče enake dolžine in premera so se uporabljale na Kitajskem okrog leta 520, predvsem za merjenje časa ponoči. Na Japonskem so takšne sveče uporabljali do 10. stoletja, v Evropi pa šele od 9. stoletja naprej, njihovo uvedbo pa pripisujejo angleškemu kralju Alfredu Velikemu. Uro je sestavljalo šest voščenih sveč, dolgih po 30 cm, ki so imele na vsakih 2,5 cm vrezano oznako. Sveča je gorela 4 ure, tako da je vsaka oznaka pomenila 20 minut. Postavljali so jih v stekleno škatlo, ki je preprečila ugašanje zaradi vetra in drugih vplivov. Namesto sveč so uporabili tudi kitovo olje v posodici, ki je izgorevalo enakomerneje in ni oddajalo saj, mera za pretečeni čas pa je bila gladina olja.

URA S KADILOM

Na Daljnem vzhodu so kot pripravo za merjenje časa uporabljali paličice s kadilom, ki so bile oblikovane na več različnih načinov, nekatere so uporabljali pri verskih obredih. Na Kitajskem in Japonskem so se pojavile okrog 6. stoletja. Kadilo je gorelo zelo enakomerno in brez plamena, zato so bile takšne ure natančnejše od svečnih in tudi varnejše za uporabo v zaprtih prostorih. Imele so različne oblike, s katerimi so merili različno dolge intervale, od 12 ur pa vse do 1 meseca. Za najdaljša obdobja je

**Na Japonskem so do leta 1924
gejše plačevali po številu
kadilnih paličic, ki so se
porabile med obiskom.**

bila osnova zvita v spiralo. V kadilo so na določenih mestih dodali snovi, ki so z bliskom ali pokom označile neki trenutek. Na Japonskem so vse do leta 1924 gejše plačevali po številu kadilnih paličic, ki so se porabile med obiskom.

URE Z ZOBNIKI IN ZASKOČNIM MEHANIZMOM

Obračanje peščene ure in polnjenje vodne sta opravili, ki močno otežita njuno uporabo in zmanjšata zanesljivost. Zamisli o tem, da bi uro gnal vodni tok, je v 7. stoletju uresničil kitajski matematik Yi Xing. Enakomeren tok vode je tekel na lopatice, ki so vrtele kolo, in ga v enem dnevu zavrtelo za poln obrat. Mehanizem je bil dovolj močan, da je vrtel obroča z vrisanima Soncem in Luno, ki sta se ciklično vrtela. Kovinski figurici sta ob določenem času udarjali na zvon in boben. Težavo je povzročalo zmrzovanje vode pozimi, zato je Zhang Sixun leta 976 uporabil živo srebro, ki ne zmrzne do -39°C . A takšna ura se zanaša na enakomeren tok vode ali druge tekočine, česar ni lahko zagotoviti.

Prvo uro z zobniki, s katerimi je bilo mogoče spreminjati hitrost vrtenja kazalcev, je v 11. stoletju izumil arabski učenjak Ibn Khalaf al-Mu-

**Prvo uro z nihalom je leta 1656
izdelal nizozemski učenjak
Christiaan Huygens. Njegove
starejše izvedbe so se v enem
dnevu zmotile za minuto,
poznejše pa le še za 10 sekund.**

radi v današnji Španiji. Uro je gnala voda, njen kompleksni zobniški mehanizem pa do 14. stoletja ni imel tekmeča. Približno v istem času je

kitajski astronom Su Song izdelal vodno gnano uro, v kateri je bil prvič uporabljen verižni pogon, kakršnega poznamo na današnjih kolesih.

Kljub tem iznajdbam so sončne ure še naprej razvijali in do podrobnosti razvili muslimanski astronomi, ki so leta 1371 uvedli dan z enako dolgimi urami v vseh letnih časih. Njihov konstruktor Ibn al-Shatir je ugotovil, da je treba kazalec namestiti vzporedno z Zemljino osjo. To spoznanje se je v Evropi uveljavilo šele slabih sto let pozneje. Uvedba enako dolgih ur in spoznanje o heliocentričnem sistemu sta nekoliko spremenila sončne ure in pojavile so se povsod po Evropi.

Odkrivanje novih svetov in kartografiranje Zemlje je zahtevalo drugačne ure, ki delujejo neodvisno od vremena. Portugalski pomorščak Magellan je zato na svoji poti okrog sveta leta 1522 uporabljal 18 peščenih ur. Te so se na ladjah uporabljale vse od 11. stoletja in so bile koristno navigacijsko dopolnilo kompasu.

MEHANSKE URE

Uro lahko poganja tudi utež, ki jo je treba občasno dvigniti. Utež na vrvi vrti kolesce z ostrimi zobci. Vanje sega majhna premična ploščica (sidro), ki jo premika nihalo. V eni legi nihala sidro prepreči vrtenje kolesca, v drugi pa mu sprosti vrtenje. Kolesce se tako ne vrti enakomerno, ampak po drobnih korakih, kar pri starih urah slišimo kot tiktakanje. Hitrost tiktakanja oz. vrtenja ure določa nemirka. To je mehansko nihalo,

Minute in sekunde

Zgodnje ure niso prikazovale minut in sekund. Ura z minutnim kazalcem je omenjena v nekem rokopisu iz leta 1475, ure, ki so poleg minut kazale tudi sekunde, pa so se v 15. stoletju pojavile v Nemčiji.

1967

Leto, ko so z atomsko uro definirali časovno enoto sekundo.

ki ga sestavljata utež in ravna ali spiralna vzmet, od natančnosti nihanja nemirke pa je odvisna natančnost ure. Ker je nemirka kovinska, se pri spremembah temperature krči in širi, zato se spreminja hitrost njenega nihanja; temperatura je nekoč močno vplivala na delovanje ur.

Iznajdbo mehanskega urnega mehanizma pripisujejo kitajskemu uradniku Liang Lingzanu in menihu Yi Xingu. A mehanske ure se na Zahodu niso uporabljale vse do 14. stoletja. Prvi srednjeveški evropski urarji so bili krščanski menihi, ki so ure potrebovali za usklajevanje dnevnih molitev in opravil; njihovi urniki so bili namreč strogo določeni. Ko so se začele pojavljati mehanske ure, jih

Mehanske ure se na Zahodu niso uporabljale vse do 14. stoletja.

je bilo treba naviti dvakrat na dan, da se je zagotovila natančnost. Pomembni trenutki so se oznanjali z zvonovi, ki so jih sprva poganjali ročno, pozneje pa so zvonjenje sprožile ure same.

Menda se je prvi poskus izdelave mehanske ure v nemškem mestu Magdeburg zgodil že okrog leta 996. Naredil jo je menih, ki je pozneje postal papež Silvester II. Ura na katedrali v Salisburyju datira v leto 1386 in še vedno deluje z vsemi originalnimi deli, a nima številčnice, saj je bila namenjena temu, da ob določenem času zvoni. Peter Lightfoot, menih iz 14. stoletja, je okrog leta 1390 izdelal eno najstarejših ur, ki so jo pozneje opremili z nihalom in zaskočnim mehanizmom, da so izboljšali njeno natančnost, danes pa si jo je mogoče ogledati v Londonskem muzeju znanosti (London's Science Museum), in še vedno deluje. Podobne astronomske ure ali horologi najdemo v Pragi, Münchnu in številnih starih evropskih mestih.

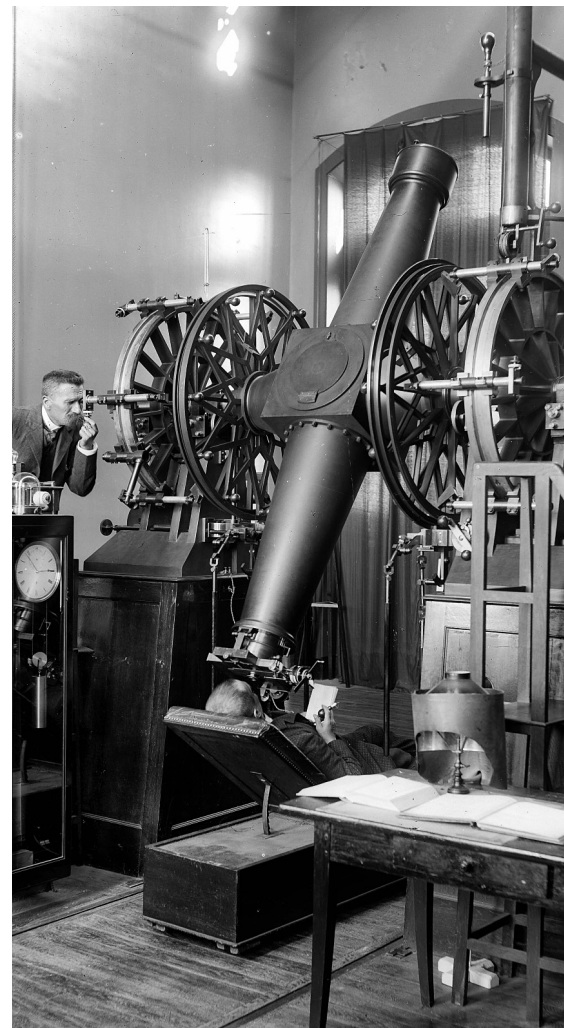
Za posvetno merjenje časa so se ure uveljavljale šele okrog 15. stoletja. Gradnja gradov in cerkva je bila

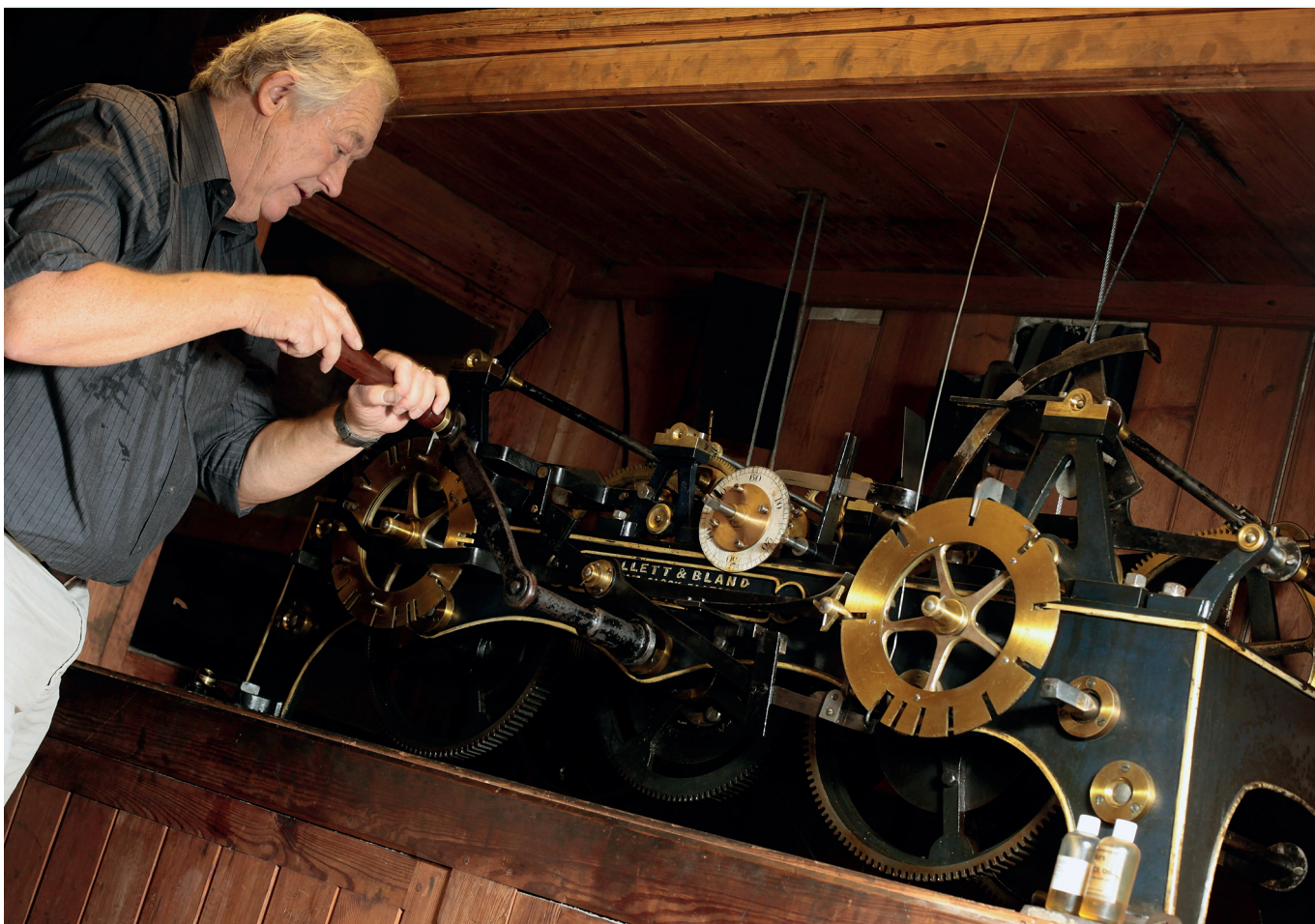


Fotografija: Breguet

Merjenje natančnega časa s kronografom v observatoriju Besanson v Franciji ter kronometer, ki so ga popotniki in pomorščaki uporabljali za navigacijo.

Fotografija: Guliver/Getty Images





Urarji

Poklicni urarji so se razvili iz ključavničarjev in draguljarjev, urarstvo pa se je v nekaj desetletjih iz obrti spremenilo v industrijo. Francoski urarji, npr. Le Roy, so bili vodilni oblikovalci ohišij in ornamentalnih ur. Le Roy je izumil poseben povratni mehanizem, ki je povečal natančnost ur, in je izdelal več kot 3500 ur. Tekmovanje in rivalstvo, ki je izhajalo iz njegovih izumov, je spodbudilo raziskovalce k iskanju novih metod merjenja časa. V Nemčiji sta bili urarski središči Nürnberg in Augsburg, urarji v Schwarzwaldju pa so se specializirali za izdelavo lesenih ur s kukavico. Angleži so prevladali v 17. in 18. stoletju, Švica pa se je kot urarsko središče uveljavila po prihodu hugenotskih obrtnikov ter v 19. stoletju zasedla vodilno mesto na svetu.

Leta 2010 so takole še poslednjič na roko pognali najstarejšo neprekinjeno delujočo mehansko uro na svetu iz katedrale v britanskem Somersetu. Ročno so jo navijali vse od leta 1380, leta 2010 pa so njen ročni mehanizem nadomestili z avtomatskim elektromotorjem. Na ogled je v Londonskem muzeju znanosti. *Fotografija: Guliver/Getty Images*

povezana tudi z izdelavo in namestitvijo ure na stolpu, ki je z zvonom označevala značilne dele dneva. Znana je ura na Trgu svetega Marka v Benetkah, ki jo je leta 1493 izdelal urar Gian Carlo Rainieri, v istem obdobju (okrog leta 1490 jo je izdelal urar Jan Ruže) pa je nastala tudi astronomska ura v Pragi.

URA Z NIHALOM

Razvoj mehanskih ur je vodil do njihovega zmanjšanja. V 15. stoletju so se pojavile sobne ure, v 16. pa tudi osebne ure. Leta 1580 je italijanski učenjak Galileo Galilej raziskoval enakomerno nihanje nihala in razmišljal, da bi se z njim dalo regulirati hitrost vrtenja ure. A prvo uro z nihalom je leta 1656 izdelal nizozemski učenjak Christiaan Huygens. Njegove starejše izvedbe so se v enem dnevu zmotile za minuto, poznejše pa le še za 10 se-

kund. 18 let po izumu ure z nihalom (1675) je Huygens izdelal še nemirko s spiralno vzmetjo za žepne ure. Ta je nadomestila ravno vzmet, ki jo je uporabil Anglež Robert Hooke, in zmanjšala napako žepnih ur na nekaj minut v enem dnevu.

K razvoju ure z nihalom so v 17. in 18. stoletju močno prispevali jezuiti. Pri umerjanju natančnega sekundnega nihala je jezuit Giovanni Battista Riccioli prepričal devet menihov, da so vsak dan prešteli 86.400 nihajev.

Srce sodobne ure z nihalom je zaskočni mehanizem s sidrom in kotvico, nastal okrog leta 1670. Njeno nihalo je približno 1 m dolga letev, ki zaniha enkrat v sekundi. A tudi ta ima svojo slabost: hitrost nihanja takšne ure je odvisna od lokalnega zemeljskega pospeška. Dokler je ura na enem mestu, s tem ni težav. Pri plovbi po morju in iskanju novih ozemelj

pa se Zemljin pospešek spreminja, zato za pomorščake ni bila uporabna.

ZAPESTNE URE

Ob začetku 20. stoletja so se pojavila letala, merjenje časa na njih pa je postavilo povsem nove zahteve. Pionir letalstva Alberto Santos-Dumont je predlagal prijatelju, francoskemu urarju Louisu Cartieru, naj izdelava uro, ki bi bila uporabna tudi v letalu. Zapestno uro je sicer že leta 1868 izdelalo švicarsko podjetje Patek Philippe, a le kot žensko zapestnico in predvsem za okras. Ker so bile žepne ure za uporabo v letalih neprimerne, je Cartier izdelal prvo moško zapestno uro Santos.

Ko so bitke v 20. stoletju postale bolj zapletene in je bilo treba koordinirati napade, so ure postale nepogrešljiv del oficirske opreme. Začela se je množična proizvodnja vojaških ur.

Zapestne ure so postale priljubljene v prvi svetovni vojni, saj so bile mnogo primernejše od žepnih. Žepna ura je bila med srednjim razredom že močno razširjena, zato so odličniki kupovali zapestne ure, artilerijski in pehotni oficirji pa so se zanašali nanje. Ko so bitke postale bolj zapletene in je bilo treba koordinirati napade, so ure postale nepogrešljiv del oficirske opreme. Začela se je množična proizvodnja vojaških ur. V drugi svetovni vojni je bila ura A-11 izredno priljubljena med ameriški letalci, saj je imela preprosto črno ozadje in dobro vidne bele številke.

MORNARIŠKI KRONOMETER

Velika težava pri odkrivanju novih ozemelj in določanju položaja na morju je bila zemljepisna dolžina. Medtem ko je mogoče širino zlahka določiti iz lege Sonca na nebu, za dolžino ni takšnih pripomočkov. Potrebna je natančna ura, ki med plovbo meri čas neodvisno od vseh zunanjih vplivov – temperature, zrač-



Eno prvih žepnih ur iz leta 1510 pripisujejo urarju Petru Henleinu. Takšne ure so se nosile pritrjene na oblačila. Fotografija: Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg

nega tlaka in gravitacijskega pospeška. Britanska vlada je zato razpisala natečaj za izdelavo dovolj natančne ure. Nagrado, t. i. Longitude Prize, je leta 1759 prejel izumitelj John Harrison iz Yorkshira. Njegova ura je bila iz kovinskih zlitin, ki se pri spreminjanju temperature ne krčijo ali raztezajo, zato je nihanje nemirke nemoteno. Odtlej so ladijske posadke pred odhodom čez ocean kalibrirale svoje kronometre v observatoriju v Greenwichu, med plovbo pa so lahko s primerjavo kronometra z lokalnim poldnevom določale zemljepisno dolžino.

KVARČNI OSCILATORJI

Kristal kremena (*angl.* quartz) ima zanimivo lastnost – piezoelektričnost, ki sta jo leta 1880 odkrila Jacques in Pierre Curie. Če nanj pritismo električno napetost, se skrči, ko jo odmaknemo, pa se vrne v prvotno lego, pri tem pa rahlo zaniha.

Med nihanjem odda šibko napetost. Na podlagi tega je Walter G. Cady leta 1921 izdelal prvi kvarčni oscila-

Decimalne ure

Kmalu po francoski revoluciji, okrog leta 1794, je francoska vlada skušala uvesti decimalne ure, pri katerih je bil dan razdeljen na 10 ur, vsaka pa je imela 100 minut. Astronom in matematik Laplace je med drugim spremenil številčnico svoje ure na decimalni čas. A stroški zamenjave vseh ur v državi so preprečili, da bi se uveljavila decimalna številčnica. Decimalna ura je bila praktična samo za astronome, za navadne ljudi pa je bila ena najbolj nepriljubljenih sprememb, povezanih z uvedbo metričnega sistema, zato so jo opustili.



Atomska ura v Nacionalnem fizikalnem laboratoriju v Veliki Britaniji; visoka je 2,5 metra.
Fotografija: National Physical Laboratory, United Kingdom

tor. V kristal je poslal kratek električni impulz in ta se je skrčil. Ko se je razširil v prvotno obliko, je oddal šibko električno napetost. To je zaznalo elektronsko vezje in kristalu ponovno poslalo impulz; dobil je električno nihanje. Frekvenca tega nihanja je odvisna od velikosti kristala in je zelo stabilna. Ker kristal niha zelo hitro (od tisoč do 100 milijonov nihajev v sekundi), je potreben hiter elektronski števec impulzov. Te spremeni v številke in jih prikaže na zaslonu. Tako sta Warrenarrison in J. W. Horton leta 1927 pri Bell Telephone Laboratories izdelala prvo kvarčno uro. Ta je bila sprva velika in okorna, primerna samo za laboratorijsko merjenje časa. Že leta 1932 so s kvarčno uro lahko izmerili spremembe v hitrosti vrtenja Zemlje. S pojavom polprevodniških tranzistorjev leta 1948 so se kvarčne ure v nekaj letih razvile v majhne in natančne merilnike časa in njego-

ve sorodne vrednosti, frekvence. Leta 1969 je japonska družba Seiko izdelala prvo zapestno uro s kremenovim kristalom, potem pa so se takšne ure zaradi natančnosti in nizke cene močno razširile. Kvarčne kristale uporabljamo povsod – v urah, radijskih in TV-sprejemnikih, v vseh napravah zabavne elektronike, mobilnih telefonih, daljinskih upravljalnikih, računalnikih, merilnikih krvnega tlaka, regulatorjih temperature ... Vse do leta 1960 je časovni standard v razvitih državah temeljil na kvarčnih urah, ki so jih izpodrinile šele natančnejše atomske ure.

ATOMSKE URE

Najnatančnejše priprave za merjenje časa so danes atomske ure. Ker se v več tisoč letih zmotijo samo za nekaj sekund, se uporabljajo za kalibracijo drugih ur in merjenje časa. Prvo so izdelali že leta 1949. Temeljala je na absorpcijski črti molekule

le amonijaka, pri današnjih pa uporabljajo lastnosti spina cezijevega atoma. Zaradi njegove natančnosti so leta 1967 definirali osnovno časovno enoto, sekundo. Mednarodni sistem enot tako določa sekundo kot 9.192.631.770 nihajev sevanja, ki ustreza prehodu med dvema elektronskima spinskima energijskima nivojema osnovnega stanja cezijevega izotopa ^{133}Cs . To si težko predstavljamo, saj 9 milijard nihajev v sekundi ne more nihče prešteti. Lahko pa to prešteje elektronika.

Zanašanje na atome je zelo smiselno, saj so povsod po svetu enaki. Na njihove lastnosti vpliva zelo malo zunanjih dejavnikov, ki jih ne bi mogli izločiti. Zato se atomske ure uporabljajo povsod po svetu. Z njimi sinhronizirajo elektroenergetska omrežja, vlake, umerjajo radijske oddajnike, uporabljajo pa jih tudi na navigacijskih satelitih, npr. GPS ali Galileo, ki morajo biti med seboj čim bolj usklajeni, saj je od tega odvisna natančnost določanja našega položaja na Zemlji. Današnje cezijeve atomske ure se v 200 milijonih let zmotijo za eno sekundo!

1 SEKUNDA

Za toliko se današnje atomske ure zmotijo v 200 milijonih let.

Zakaj takšno natančnost sploh potrebujemo? Saj naše življenje traja komaj dve milijardi sekund, ki bi jih hiter računalnik preštel v četrtini sekunde. Pač uporabimo, kar imamo, in razmišljamo o tem, česa še nimamo. Ali je to prav ali ne, pa bo pokazal čas.

Različne atomske ure

Atomske ure lahko vsebujejo tudi kake druge elemente. Ure z vodikom ali rubidijem so še bolj stabilne od cezijeve, a le na kratek čas. Vodikove so manjše in porabijo manj energije, rubidijeve pa so cenejše.