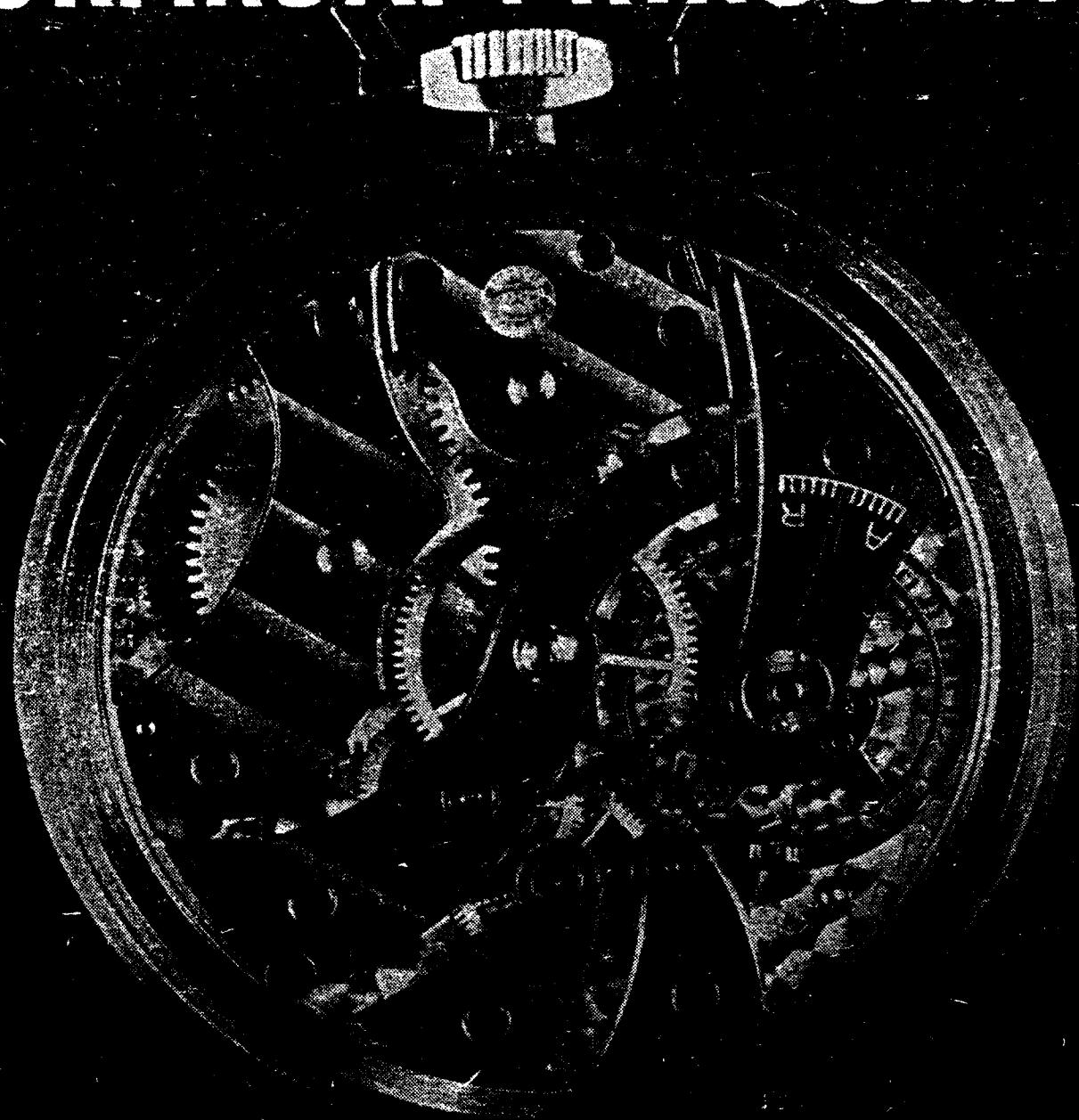


JOSIP IVANKOVIĆ

URARSKI PRIRUČNIK



ZAGREB
1947

JOSIP IVANKOVIĆ

URARSKI PRIRUČNIK
ZA IZOBRAZBU STRUČNIH KADROVA

ZAGREB 1947

IZDANJE NAKLADNOG ZAVODA HRVATSKE
REDAKCIJA MINISTARSTVA INDUSTRIJE I RUDARSTVA N. R. H.
ODJEL ZA STRUČNO ŠKOLSTVO

Ovu je knjigu odobrilo
Ministarstvo industrije i rudarstva
Narodne Republike Hrvatske

P R E D G O V O R

Ovime upućujem svojim drugovima urarima prvi priručnik urarske struke na našem jeziku. Cilj mi je, da ovom svojom knjigom pomognem nastojanju oko podizanja urarske struke, a nadam se, da će ovaj priručnik biti od koristi u izobrazbi novih urarskih kadrova.

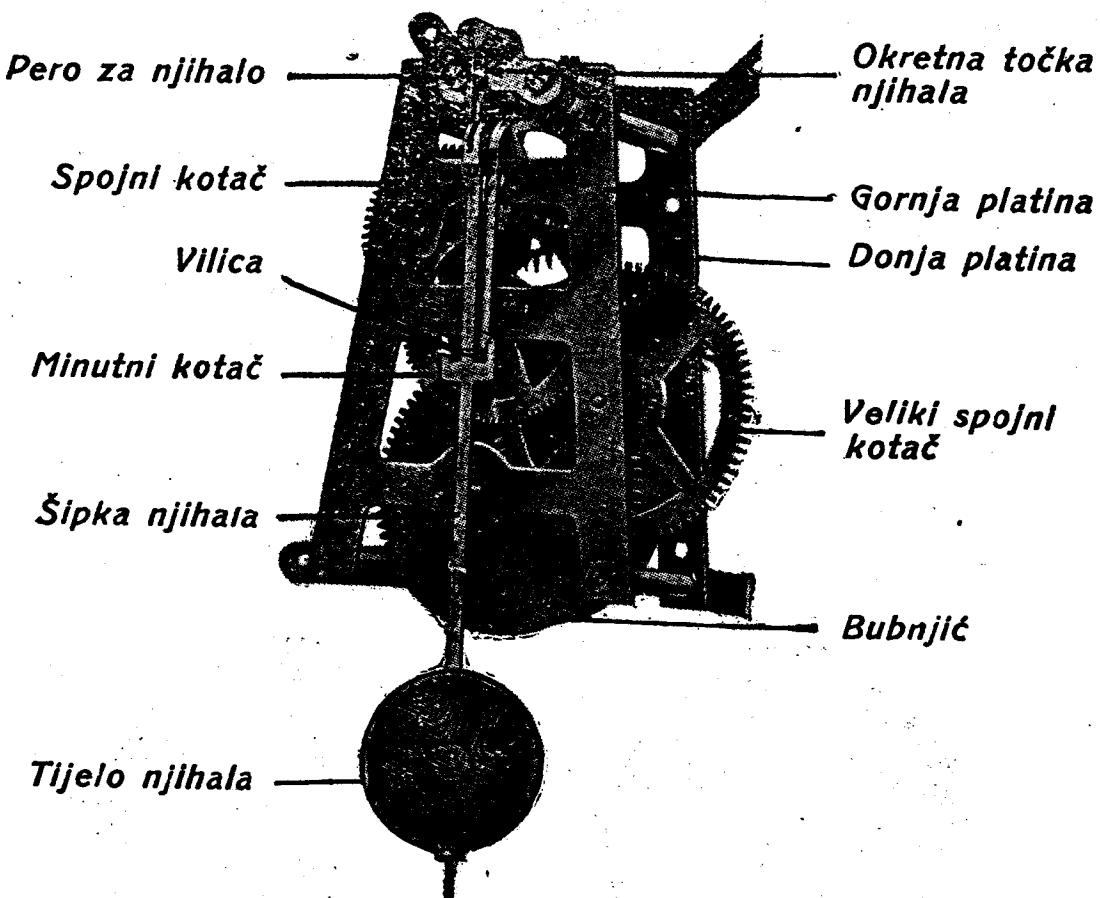
Jedan među težim zadacima u radu bilo je pitanje urarske terminologije. Taj problem u ovoj knjizi nije potpuno riješen, ali je to ipak prvi pokušaj u stvaranju naših stručnih urarskih termina. Ovim pokušajem treba nastaviti, da bi se problem potpuno riješio. Molim svoje drugove urare i sve one, koji se bave urarskom struškom, da bi me obavijestili usmeno ili pisменно o svim stručnim nedostacima ovog mog priručnika, a naročito što se tiče stručne terminologije, da bi jednog dana dobili potpuniji i bolji urarski priručnik.

Zahvaljujem drugovima dru ing. Oskaru Heimu, prof. Tehničkog fakulteta u Zagrebu, i ing. Borisu Černeu, prof. Tehničke škole u Zagrebu, koji su mi mnogo pomogli svojim stručnim znanjem i savjetima pri stručnom pregledu ovoga mog priručnika.

Pisac

1. OPĆI OPIS SATA

Sat je mehanička naprava, koja broji i pokazuje jednake vremenske razmake. Bitni dio sata je **hodni regulator** (Regulateur, Gangregler), koji, kad je pomaknut iz svoga položaja mirovanja, neprekidno opetuje kružno gibanje amo i tamo u jednakom vremenskom trajanju. Kružno gibanje hodnog regulatora amo i tamo zovemo **njihanjem**. Njihaj je mjera, kojom sat mjeri vrijeme, koje prolazi.

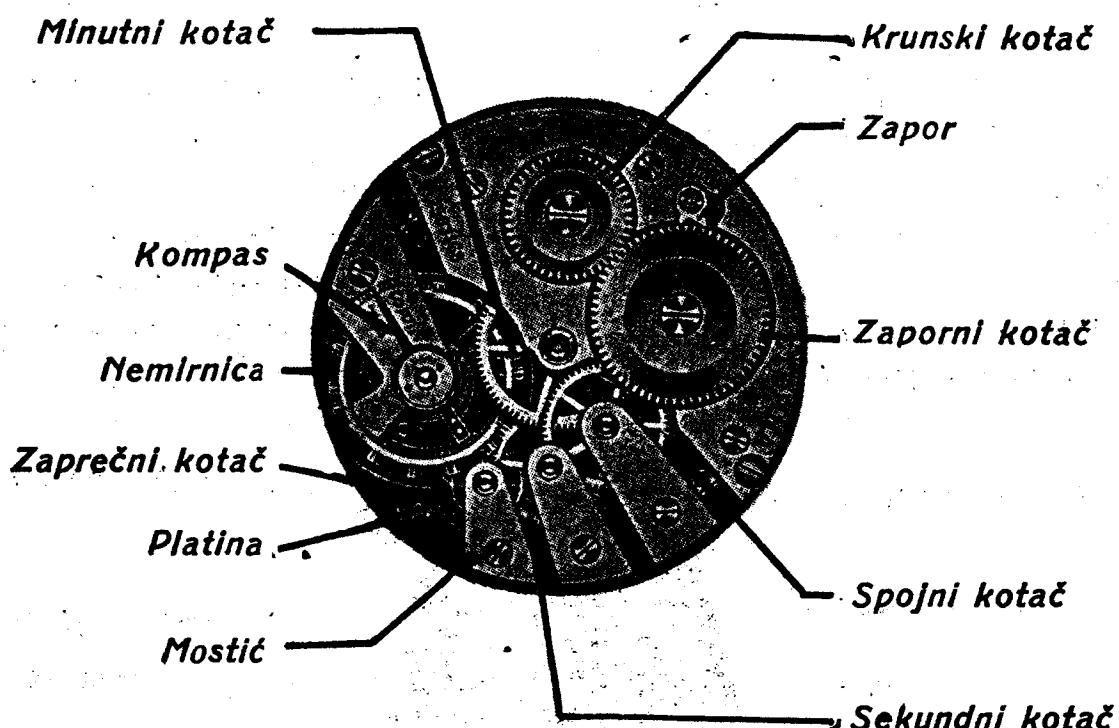


Sl. 1. Stroj zidnoga sata

Kod sobnih i toranjskih satova hodni regulator je **njihalo** (vidi sl. 1), a kod džepnih i ručnih satova **nemirnica** ili **balanca** (vidi sl. 2).

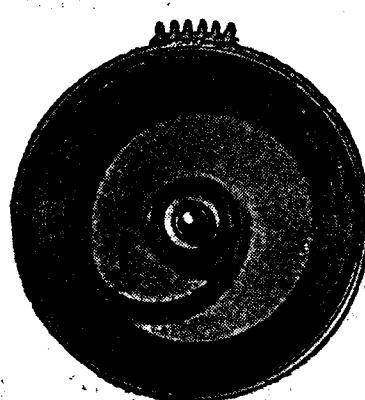
Njihanje hodnog regulatora broje strojni kotači, koji su spojeni s pogonom kazala, te pomoću kazaljki pokazuju vrijeme na brojčanoj ploči.

Strojni kotači (sl. 2.) za pogon hodnog regulatora, koji se pojedinačno zovu minutni kotač (Grande moyenne, Minuten-

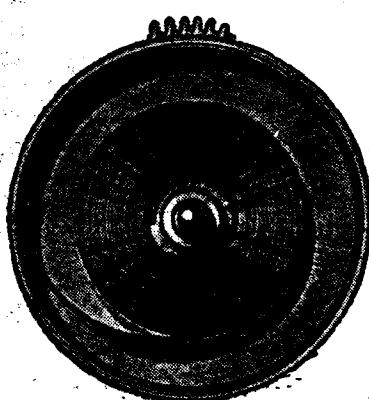


Sl. 2. Stroj džepnog sata (stražnja strana)

rad), spojni kotač (Petite moyenne, Kleinbodenrad) i sekundni kotač (Roue de champ, Sekundenrad), dovode nagomilanu energiju od navita pera ili utega, koji su izvor snage, do zapreke (Échappement, Hemmung).

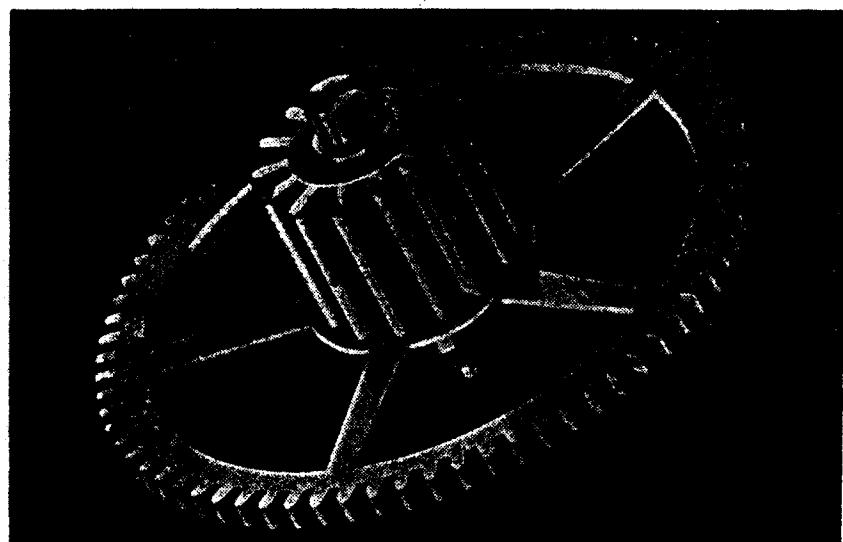


Sl. 3. Bubnjić s pogonskim perom

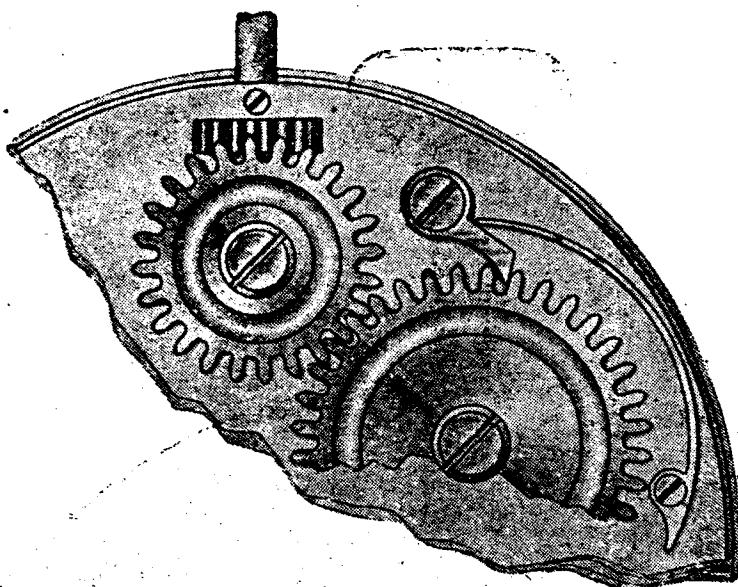


Sl. 4. Navito pero u bubnjiću

Pero se nalazi u bubenjiću (sl. 3), koji kod osamdnevnih satova hvata u veliki spojni kotač (Roue intermediaire, Zwischenrad) (sl. 1) a kod jednodnevnih satova hvata u minutni kotač (sl. 2). Kad je pero navito (sl. 4), okreće strojne kotače. Se-



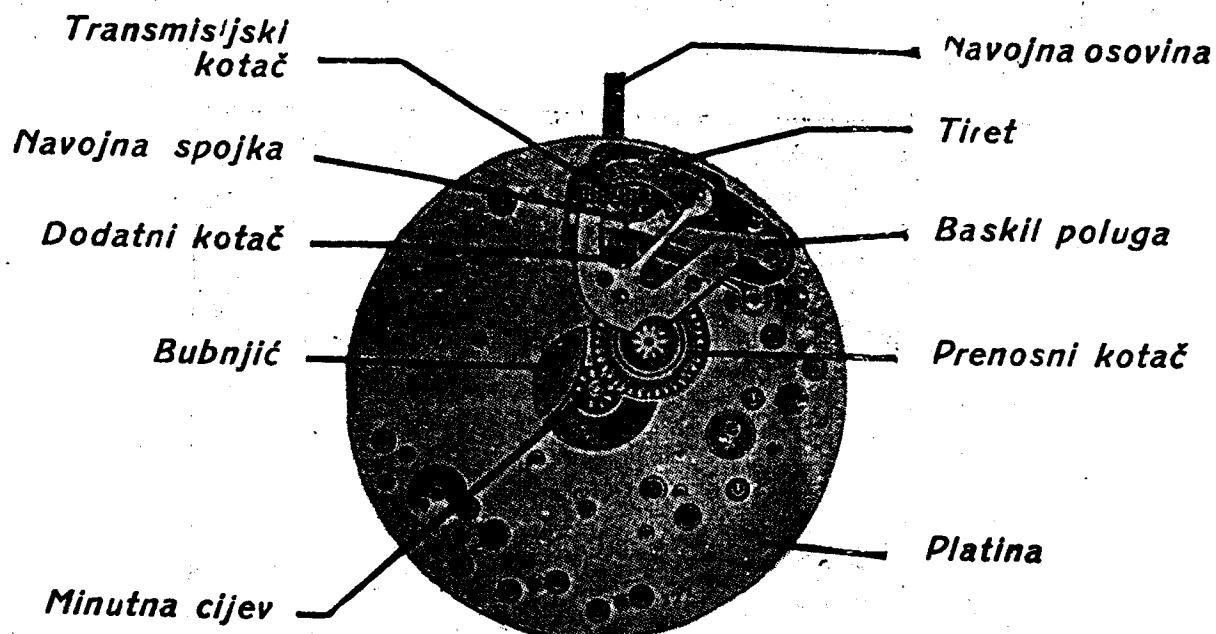
Sl. 5. Kotač s vretenkom



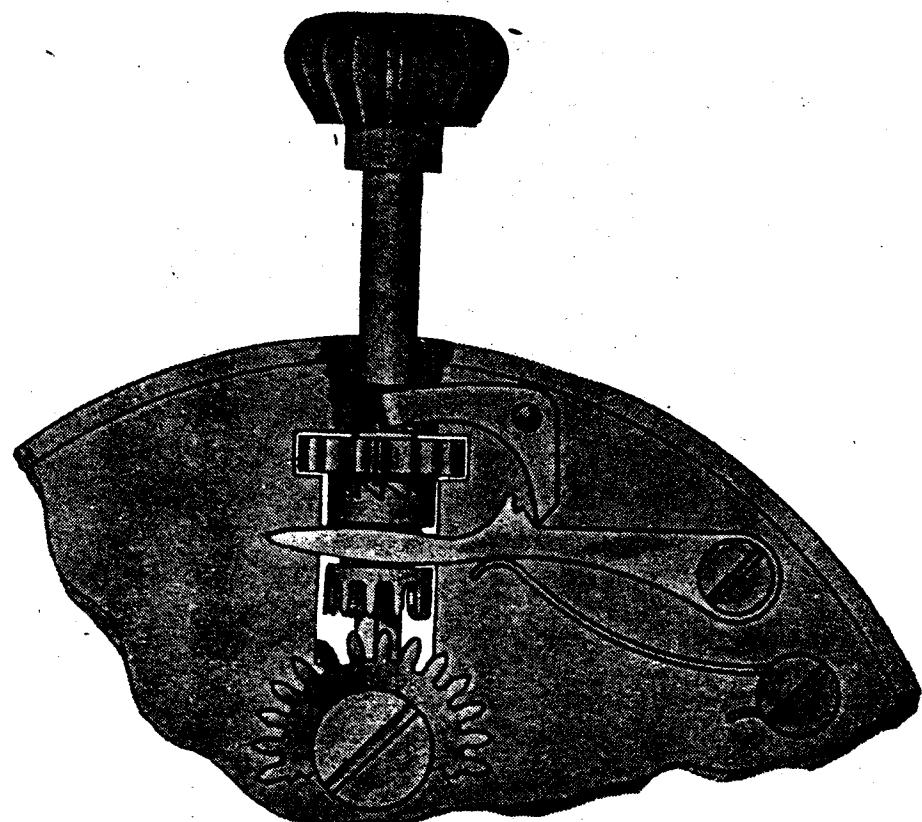
Sl. 6. Zaporni i krunski kotač

kundni kotač hvata u zaprečni kotač, koji je spojen sa zaprekom. Zapreka je onaj dio u satu, koji sprečava, da strojni kotači kod navitog pera ili utega ne isteku u jednom naletu, te ujedno omogućuju strojnim kotačima, da, hodnom regulatoru u malim odsjecima vremena dovode potrebnu pogonsku

energiju i da ga održe u stalmom njihanju. Taj prijenos na hodni regulator putem zapreke zovemo **impulsem**.



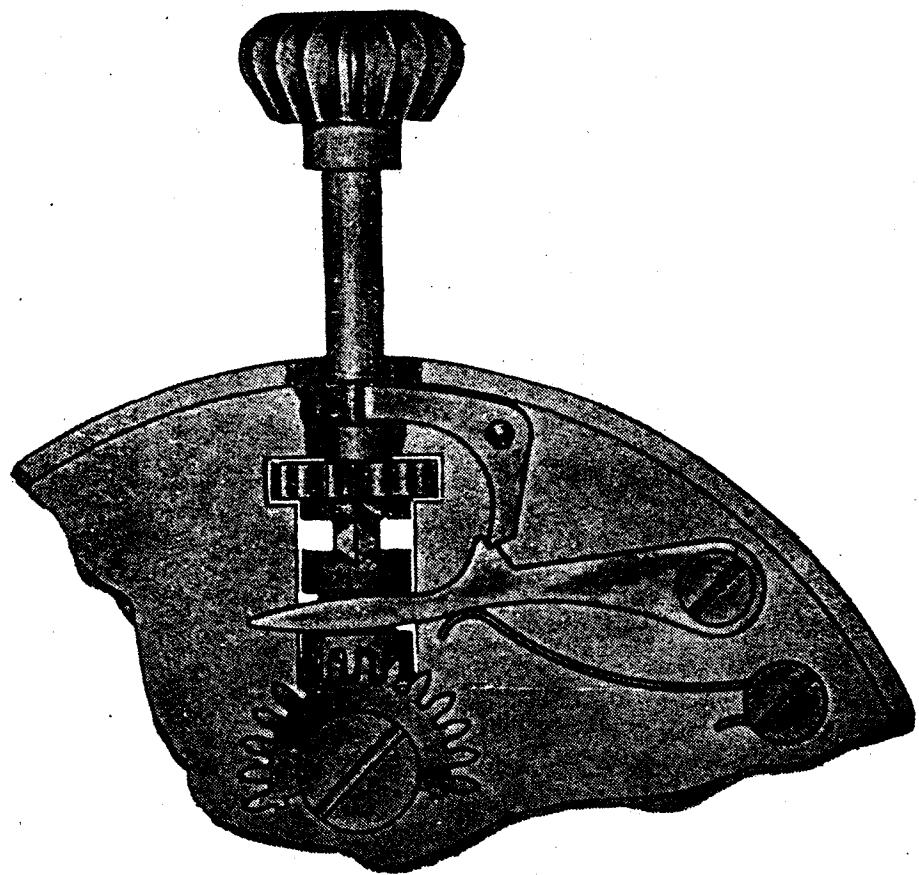
Sl. 7. Stroj džepnoga sata (prednja strana)



Sl. 8. Navojni kotači (faza navijanja)

Za pogon toranjskih satova upotrebljava se uteg (sl. 13.), za kućne satove uteg ili pero, a za džepne i ručne satove upotrebljava se pero (sl. 3 i 4).

Strojni kotači (vidi sl. 5) sastoje se od osovina, na kojima su izrađeni zupčanici, koje zovemo vretenke. Na vretenkama sjede kotači. Vretenke su izrađene od čelika, a kotači od mjedi. Na oba kraja osovina izrađeni su vrškovi (Pivot, Zapfen). Vrškovi se okreću u ležajima. Kod velikih satova ležaji se nalaze



Sl. 9. Navojni kotači (faza ravnjanja kazala)

u platinama (sl. 1). Kod džepnih i ručnih satova donji ležaji nalaze se u platini, a gornji u mostićima (sl. 2). Platine i mostići napravljeni su od mjedi. Mostići su pričvršćeni na platinu vijcima. Kod boljih satova umetnuti su u platinu i mostiće kameni ležaji radi smanjenja trenja.

Na osovinu bubenjića (vidi sl. 2 i 6) nalazi se zaporni kotač (Rochet de barillet, Sperrrad). U zupce zapornoga kotača hvata zapor (Masse, Sperrkegel), koji sprečava, da se odvine navito

pero. **Krunski kotač** (Roue de couronne, Kronrad) spaja zaporni kotač s navojnim kotačima.

Osovina minutnoga kotača produljena je kroz donji ležaj u platini (sl. 7), te na njoj sjedi **minutna cijev** (Chaussée, Viertelrohr). Minutna cijev spaja okretaje strojnih kotača s pogonom kazala na taj način, da okreće **prenosni kotač** (Minuterie, Wechselrad), čija vretenka okreće **satni kotač** (Canon, Stundenerad), koji se nalazi na minutnoj cijevi. Minutna cijev, prenosni kotač s vretenkom i satni kotač sačinjavaju pogon kazala.

Džepni i ručni satovi navijaju se pomoću krune, koja se nalazi na navojnoj osovini. Ispod brojčane ploče (vidi sl. 7 i 8), nalazi se na navojnoj osovini **transmisijski kotač** (Pignon de remontoir, Transmissionsrad) i **navojna spojka** (Pignon coulant, Rainurerad). Navojna osovina pričvršćena je polugom, koju zovemo **Tiret** (Trette, Trettehebel), koja omogućuje ravnanje kazaljka. Tiret hvata u **Baskilovu polugu**, koje se prednji dio nalazi u žlijebu navojne spojke. Kod ravnanja kazala navojna spojka zahvaća dodatni kotač, koji je spojen s prenosnim kotačem (Dodatni kotač = Renvoi, Zeigerstellungsrad).

Stroj sata nalazi se u kućištu. Kućišta džepnih i ručnih satova dijele se na tri dijela, i to: srednji dio kućišta, poklopac i oboruč sa stakлом.

2. ZAKONI MEHANIKE U URARSTVU

Tijelo, koje miruje, suprotstavlja onoj sili, koja ga hoće pokrenuti, otpor. Isto tako tijelo, koje se giblje, nastoji da zadrži to gibanje. To svojstvo tijela nazivamo **tromost**. Što je veća tromost, kažemo, da tijelo ima to veću masu. Prema tome masa je otpor, koji tijelo pruža protiv promjene gibanja. Što je masa manja, to je taj otpor manji. Kod veće mase raste u istom omjeru i otpor.

Iskustvo nas uči, da se nijedno tijelo ne pokreće samo od sebe. Svaki uzrok, koji svladava otpor tromosti pokrenuvši tijelo, koje miruje, ili koji zaustavlja gibanje tijela, zove se **sila**.

Prema tome sila je uzrok promjene gibanja. Razlikujemo sile, koje podržavaju gibanje, i sile, koje koče gibanje. Silu, koja koči gibanje, zovemo **otporom**. Sila trenja se uvijek protivi gibanju.

Ako na neko tijelo, koje miruje, djeluju dvije jednakе su-protne sile, tijelo će ostati u mirovanju. Ako je jedna sila veća, tada će se tijelo kretati pod djelovanjem sile, koja je ostala nakon odbitka druge sile.

Sila, koja digne tijelo od 1 kg 1 metar visoko, vrši radnju od 1 kilogrammetra. Radnja je prema tome umnožak sile s pre-valjenim putem, a mjeri se u kilogrammetrima. Ako sila digne neko tijelo od 4 kg 6 metara visoko, izvršit će radnju od $4 \times 6 = 24$ kgm.

Kod sata glavni otpor je trenje. Trenje nastaje, kad dvije plohe klize pod pritiskom jedna po drugoj. To je onda suho trenje. Trenje se pojačava pritiskom na te plohe, bez obzira na njihovu veličinu, jer se kod većih ploha pritisak razdjeli na veću površinu. Osim toga ovisi suho trenje o kvaliteti površina, koje se dodiruju.

Ulje stavljeno između dodirnih površina smanjuje trenje, jer pretvara suho trenje između kovinā u tekuće trenje između čestica tekućine, koje može biti znatno manje. Ulje prema tome uzrokuje jedan drugi otpor, koji potječe od trenja unutar če-stica tekućine i koji je ovisan o žilavosti, odnosno gustoći upotrebljena ulja. Otpor, koji stvara sloj ulja, raste s brzinom gibanja, žilavošću ulja i s veličinom ploha, koje klize jedna po drugoj. Prema tome ulje može djelovati povoljno, a ako je izabранo suviše žilavo ulje, može djelovati i štetno. Ali obzirom na to, da je uz dobar izbor ulja otpor trenja mnogo manji, uljenjem ipak postizavamo cilj, a to je smanjenje i izjednačenje trenja. Osim toga ulje čuva od trošenja dijelove, koji se pod pritiskom dodiruju.

Kad se podigne uteg kod sata ili navije pero, nagomila se u utegu ili peru **energija**. Energija je sposobnost vršenja radnje. Količina energije, koja se nalazi u podignutom utegu ili navitom peru, jednaka je radnji, koju smo morali izvršiti, da podignemo uteg ili navijemo pero. Taj uteg ili pero mogu na račun ener-

gije, koja je u njim sadržana, vršiti radnju, koja se sastoji u tome, da tjeraju strojne kotače i drže u stalnom gibanju hodni regulator svladavajući sve otpore, koji se kod toga javljaju.

Tijelo, koje se giblje, posjeduje također jednu vrstu energije, koja se očituje time, što takovo tijelo može također vršiti radnju. Ta energija, koja potječe od gibanja, zove se **energija gibanja** (kinetička energija). Prema tome i hodni regulator, kad je u pokretu, ima energiju gibanja. Ta je najveća, kad hodni regulator prolazi kroz **mrtvu točku njihaja**. Mrtva točka njihaja isto je što i **položaj mirovanja**, t. j. položaj njihala ili nemirnice, kad sat stoji. Energija gibanja, koju ima hodni regulator, troši se na iskopčavanje zapreke i na svladavanje otpora i trenja, na koje hodni regulator nailazi u svom njihanju.

3. NJIHALO

Zadaću, koju ima hodni regulator, najbolje ispunjuje njihalo, jer je njegov hod najjednostavniji i najjednoličniji. Gibanje njihala nastaje uslijed djelovanja sile teže, kada se njihalo pomakne iz položaja mirovanja.

Ako njihalo, koje miruje, pomaknemo iz vertikalnog položaja, ono će se uslijed djelovanja sile teže nastojati vratiti u svoj najdublji položaj. Prilikom povratka u najniži položaj imat će njihalo svoju najveću brzinu. Svako tijelo, koje se giblje, nastoji radi tromosti svoje mase da održi to gibanje; stoga će se njihalo iz svoga najdubljeg položaja gibati dalje na protivnu stranu. Sila teže usporavat će njihalo u tom gibanju, dok ono ne stane. Sada će njihalo ponoviti gibanje iznova na protivnu stranu. Kad bi bilo moguće objesiti njihalo bez trenja i u zrakopraznom prostoru, ono bi se neprestano njihalo.

Njihalo se sastoji od šipke njihala i tijela njihala. Šipka njihala pravi se u urarstvu od drva ili kovine, a tijelo njihala od kovine. Njihalo, koje radi u zrakopraznom prostoru ima cilindričan oblik, a ono koje radi u prostoru ispunjenu zrakom, ima oblik leće, jer tako lakše svladava otpor zraka.

Jedan njihaj amo i tamo zovemo punim njihajem, a njihaj samo amo ili tamo polunjihajem.

Trajanje jednog polunjihaja ovisi o duljini njihala. Ova se duljina mjeri od težišta njihala do njegove točke okretanja. Skraćivanjem duljine šipke njihala skraćuje se vrijeme trajanja njihaja, a produljenjem ono se povećava. Broj njihaja u stani-vitom vremenu ovisi prema tome o duljini samog njihala. Ali skraćivanjem njihala ne povećava se broj njihaja u istom raz-mjeru, već raste sa kvadratom. Iz toga slijedi, da se duljine dvaju njihala odnose međusobno obratno od kvadrata broja njihovih polu-njihaja.

Na pr. ako se duljine dvaju njihala odnose kao 2:3, to će se brojevi njihovih njihaja za isto vrijeme odnositi kao 9:4.

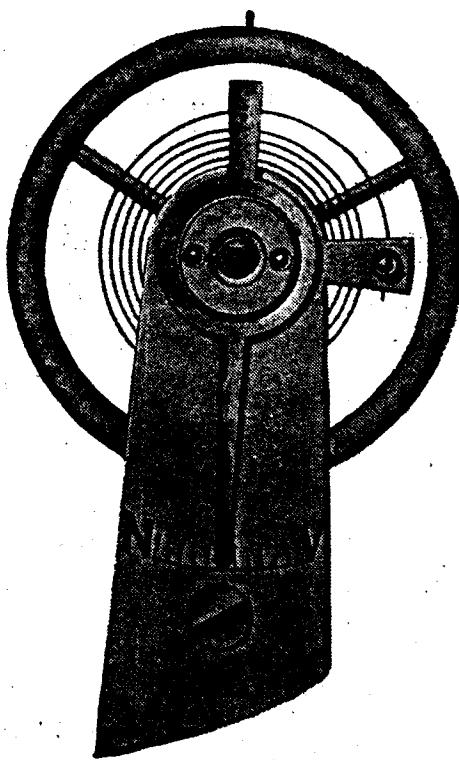
Duljine se njihala ustanovljuju matematički. Duljina sekund-nog njihala, koje pravi 60 polunjihaja u minuti iznosi 994 mm (otprilike jedan metar). Kad znamo duljinu njihala s određenim brojem polunjihaja u minuti, lako ćemo izračunati duljinu njihala za svaki drugi broj polunjihaja u minuti. Na pr. treba iz-računati duljinu njihala, koje u minuti pravi 84 polunjihaja: broj njihaja sekundnog njihala odnosi se prema traženom njihalu kao 60:84 ili skraćeno 5:7. Duljine njihala odnose se obr-nuto od kvadrata tih brojeva, dakle kao 49:25. Prema tome, ako sekundno njihalo razdijelimo na 49 dijelova, ima traženo njihalo 25 istih dijelova. Pošto je duljina sekundnog njihala 994 mm iznosit će taj dio $994:49$ mm, a traženo njihalo mora imati 25 istih dijelova. Prema tome duljina traženog njihala iznosi $994 : 49 \times 25 = 507$ m.

Duljina se njihala mjeri od njegova težišta do okretne točke. Težište njihala nalazi se otprilike u sredini leće, a okretna točka u produljenoj sidrenoj osovini (v. sl. 1.).

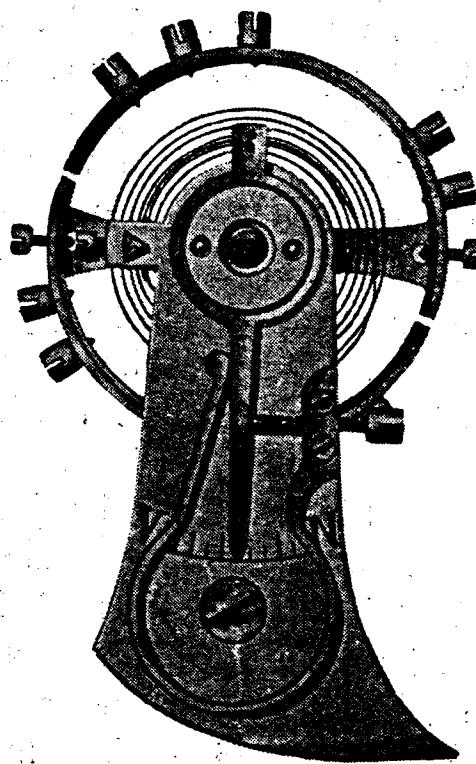
4. NEMIRNICA ILI BALANCA

Nemirnica, koja kod džepnih i ručnih satova zamjenjuje njihalo, mora u svom njihanju biti potpuno neovisna od sile teže i zato mora biti tako izjednačena, da njen težište pada u njenu os. Sili teže kod njihala odgovara kod nemirnice sile, koja na-

staje uslijed napetosti elastične spirale, a duljini njihala odgovara promjer nemirnice. Obzirom na mali promjer nemirnice u omjeru prema duljini njihala, ona pravi veći broj njihaja i mnogo veći kružni zaokret. Nemirnici cilindarskog sata (vidi sl. 10.) potrebno je tri četvrtine zaokreta, a nemirnici sidrenog sata (vidi sl. 11) skoro jedan i četvrt zaokreta. Da se to postigne, potrebna je nemirnici, mnogo veća pogonska energija nego za njihalo, jer čitava težina nemirnice leži na vrškovima osovina (vidi sl. 12),



Sl. 10. Nemirnica cilindarskog sata



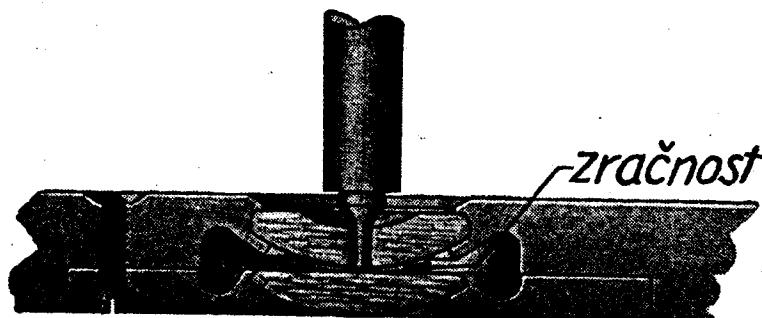
Sl. 11. Nemirnica sidrenoga sata

što prouzrokuje mnogo veće trenje, nego što nastaje na mjestu vješanja njihala (sl. 1).

Od nemirnice se zahtijeva, da bude potpuno izjednačena, t. j. da u svakom položaju jednakoj djeluje na zapreku. Kad nemirnicu umetnemo bez spirale u sat, a sat u vertikalnom položaju okrećemo, ona se ne smije pomaknuti sama od sebe ni u jednom položaju, u koji god sat okrenemo. Kad bi nemirnica imala ekscentrično težište, djelovala bi u raznim položajima kao

njihalo, a trajanje njihaja ovisjelo bi o položaju težišta. Nemirnicu izjednačimo na jednoj posebnoj spravi s dvije vodoravne oštice od čelika ili ahata, koju nazivamo »vaga«. Vrškove nemirnice položimo na oštice vase i pazimo da li će se nemirnica njihatiti na oštricama. Izjednačena nemirnica ne će se njihatiti, nego će nakon nekoliko okretaja stati.

Težina je nemirnice ograničena. Prelagana, kao i premalena, nemirnica lakše podliježe raznim smetnjama, a njezini njihaji su preveliki. Preteška, kao i prevelika nemirnica ima tu pogrešku, da se dade lako zaustaviti, a teško pokrenuti. Osim toga na njihaje nemirnice utječe jakost spirale. Nemirnica s jačom spiralom njihat će se brže nego isto takova sa slabijom spiralom.



Sl. 12. Vršak u ležaju i na poklopnom kamenu

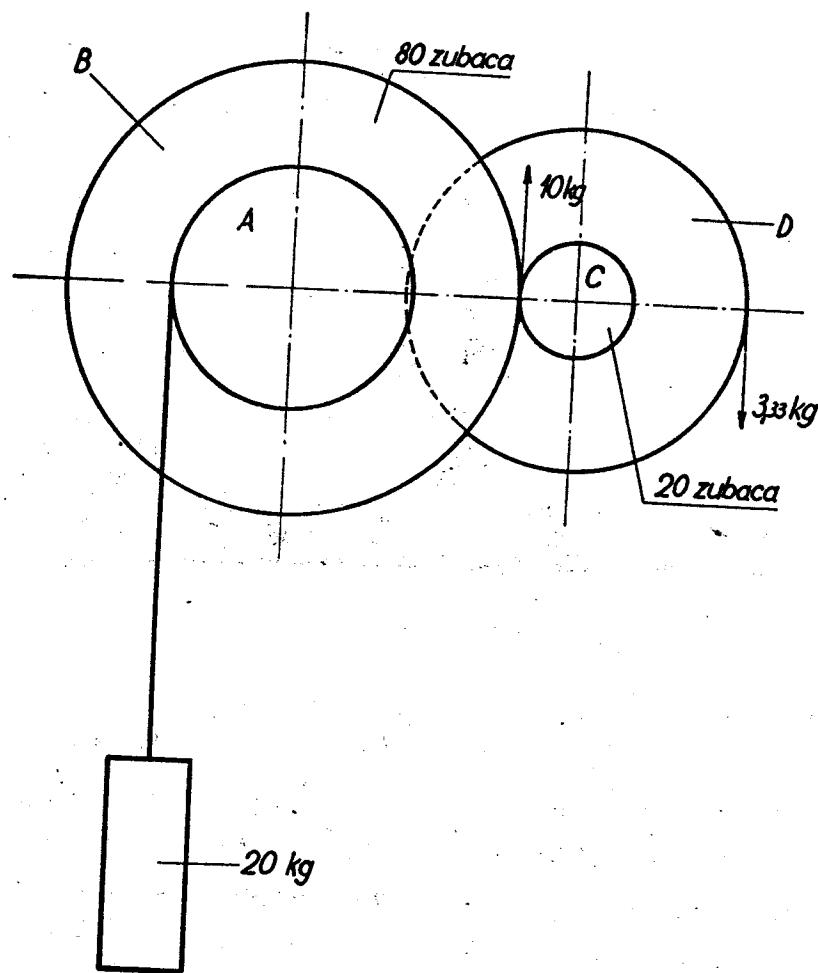
Veća i teža nemirnica ima veći momenat tromosti. Smanjivanjem veličine nemirnice smanjuje se i momenat tromosti, a time se povećava veličina i broj njihaja. Radi toga treba kod sasvim malih satova povećati promjer nemirnice, ili ako to radi skučenosti prostora nije moguće, treba povećati broj njihaja na sat. Sat s povećanim brojem njihaja ne može nikada postići onu jednoličnost u hodu, koju postizava sat s normalnim brojem njihaja, a to je 18.000 polunjihaja u jednom satu.

5. STROJNI KOTAČI

Kod satova potreban je takav način prijenosa gibanja od jedne osovine na drugu, da se gonjena osovina okreće brže od pogonske, t. j. one koja goni. To postizavamo upotrebom zupčanika, kojeg u urarstvu nazivamo kotačem i vretenke (Roues

et Pignons, Die Räder und Triebe) slika 5. Vretenkom nazivamo kotač s manje od 20 zubaca. Ako se kotač odnosi naprema vretenki koju goni kao $4 : 1$, to će se vretenka okrenuti četiri puta, dok se kotač okreće jedan put.

Na bubenju A obješen je uteg od 20 kg. Na istoj osovini sjedi kotač sa 80 zubaca. Zbog djelovanja utega okretat će se kotač, dok se uže potpunoma ne odvije. Ako želimo, da se to ne do-



Sl. 13. Prijenos energije s jedne osovine na drugu

godi, moramo na zubac kotača B djelovati nekom silom, koja sprečava okretanje kotača. Iz iskustva znamo, da će sila biti manja nego što je težina utega. Tražena sila odnosi se prema težini utega obrnuto kao polumjeri kotača. Ako se polumjer bubenja spram polumjera kotača B odnosi kao $1 : 2$, odnosit će se težina utega spram sile na kotaču B kao $2 : 1$. To znači, da će sila na kotaču B biti jednakā polovici težine utega, t. j. 10 kg.

Tom silom djelovat će kotač B na vretenku C, koja ima 20 zubaca. Dok se kotač B okrene jedamput, okrenut će se vretenka 4 puta. Broj se okretaja ovakovim izborom prijenosa povećava.

Silu od 10 kg, a koja potječe od djelovanja utega, prenosi kotač B na vretenku C. Neka na osovini vretenke C sjedi kotač D i neka se polumjeri njihovi odnose kao 1 : 3, sila na zupcu D spram sile na zupcu vretenke C odnosit će se obrnuto, t. j. 3 : 1. To znači, da će sila na zupcu vretenke biti tri puta veća od sile na zupcu kotača D. Pošto je vretenka C primila silu od 10 kg, iznosit će sila na zupcu kotača D jednu trećinu, t. j. $10 : 3 = 3.33$.

Na temelju izloženog može se napisati ovo općenito pravilo: **U onom istom omjeru, po kojem se kotačima povećava broj okretaja, smanjuje se prenesena sila.**

Na tom načelu djeluju strojni kotači sata, koji iz navitoga pera ili utega dovode nagomilanu energiju do zapreke. Kako strojni kotači približavanjem k zapreci sve više povećavaju broj okreta, to u istom omjeru gube od sile. Radi toga je ta sila, dok dođe do zapreke, vrlo malena. Važno je, da bude dovoljna, da nadvlada trenje i otpor hodnog regulatora te da ga održava u stalnom njihanju.

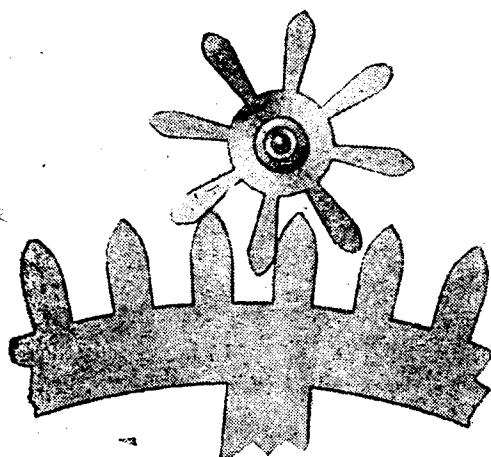
6. ZAHVATI

Pod zahvatom razumijevamo zajedničko kretanje dvaju ozubljenih kotača, koji svojim zupcima zahvataju jedan u drugi. Opća svrha zahvata je prijenos kružnoga gibanja s jedne osovine na drugu, ili prijenos kružnoga gibanja u pravocrtno. Treba li okretanje neke osovine prenijeti na drugu paralelnu osovinu i to tako, da se druga okreće u obratnom smjeru, trebamo dva ozubljena kotača. Zahvat takovih kotača zovemo **čeonim zahvatom** (sl. 14.). Ova se vrsta zahvata upotrebljava najviše u urarstvu, jer najbolje odgovara svrsi strojnih kotača, a najlakše se izrađuju.

Kao preteče kotača sa zupcima možemo smatrati okrugle ploče, kojih se grubi obodi međusobno pod pritiskom dodiruju.

Okrećemo li jednu od ovih ploča, okretat će se uslijed trenja i druga oko svoje osi, ako je međusobni pritisak dovoljno jak. To bi bio najjednostavniji jednolični prijenos brzine i sile kod kružnoga gibanja, no taj bi način prijenosa vršio na vrškove osovina tako jaki bočni pritisak, da je upotreba takvog prijenosa za satove isključena. Trebalo je pronaći neki drugi način prijenosa, a to je riješeno na taj način, da su na obodu kotača izrađene izbočine, koje zovemo **zupcima**. Zupci hvataju u **ozubine** (zubne šupljine) gonjenoga kotača (vretenke), te ga time okreću.

Upotrebom zubaca nestali su obodi okruglih ploča, ali je trebalo zadržati njihov jednoličan prijenos brzine i snage. Pre-



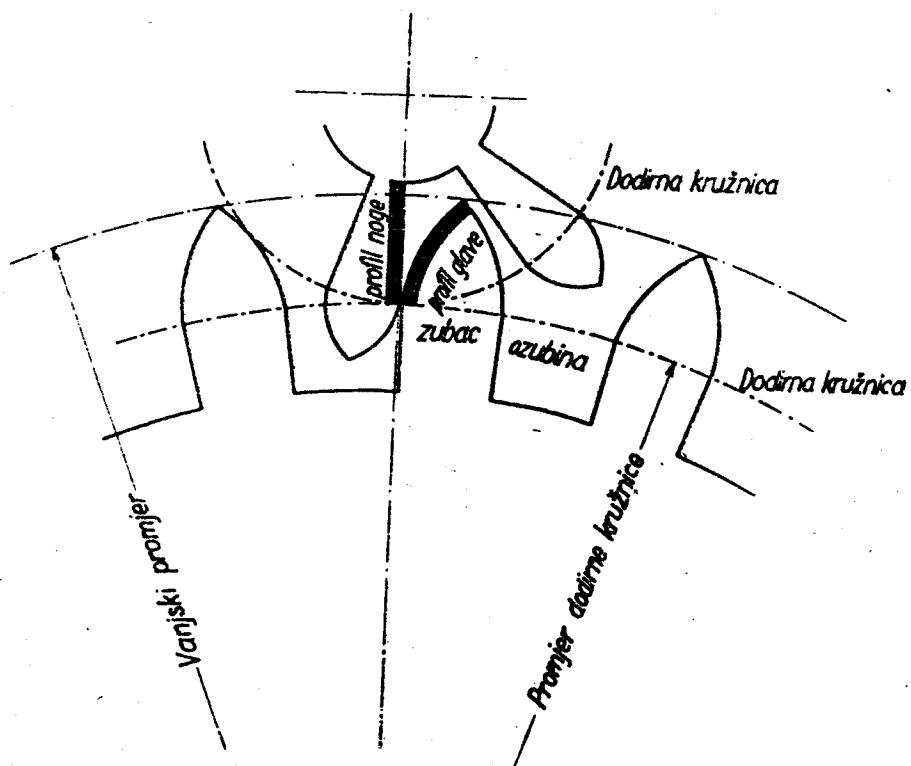
Sl. 14. Čoni zahvat

ma tome moraju se i ozubljeni kotači okretati isto tako, kao da se valjaju na zamišljenim kružnicama, na kojima se kotači međusobno dodiruju. Te zamišljene kružnice nazivljemo **dodirnim** ili **diobenim kružnicama**. Promjer tih kružnica zovemo **diobenim promjerom**, na razliku od **vanjskoga promjera** (punoga promjera) kotača (v. sl. 15.).

Kod pogonskoga kotača dodiruje **profil glave zupca**, koji leži izvan dodirne kružnice, **profil noge zupca** gonjenoga kotača, koji leži u dodirnoj kružnici (sl. 15.). Kod satova u većini slučajeva kotač goni vretenku. Profilu noge zupca vretenke daje se oblik pravca, koji je usmjeren prema središtu vretenke. Da kod zahvata bude prijenos jednoličan, profil glave kotačeva zupca mora imati zakrivljeni oblik, koji se dobiva posebnom kon-

strukcijom. Budući, da je zahvat zupčanika kod sata iskorišćen samo od središnjice (v. sl. 16.), to profil glave zupca vretenke može imati bilo koji oblik, koji ne sprečava slobodno odvijanje zahvata. Kako je već spomenuto, profil noge kotačeva zupca obično je ravan i usmjeren prema središtu kotača. Profil glave zupca vretenke dobivao je prije okrugli oblik, dok mu se danas iz praktičnih razloga daje šiljasti oblik zupca.

Konstrukcija profila glave kotačeva zupca izrađuje se pomoću **cikloidnih krivulja**. Postanak tih krivulja dade se razjasniti



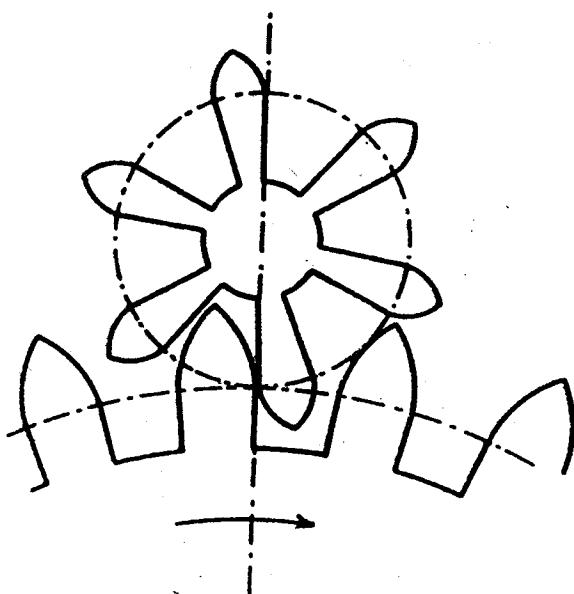
Sl. 15. Nazivi detalja kod čeonoga zahvata

na taj način, da zamislimo jednu okruglu ploču, koja se valja po obodu neke druge ploče. Jedna točka njenog oboda opisat će kod punog okreta krivulju, koja se zove **epicikloida** (tabla I.). Kada se na unutarnjoj strani neke kružnice valja manja ploča, to će jedna točka njenog oboda opisati krivulju, koja se zove **hipocikloida**.

Prije je spomenuto, da su preteče kotača sa zupcima bile okrugle ploče, kojih su se obodi pod pritiskom dodirali, te da je

trebalo zadržati njihov jednoličan prijenos snage i brzine. Budući da epicikloida i hipocikloida nastaju valjanjem jedne okrugle ploče po drugoj, odnosno u drugoj, to zupcima, koji imaju oblik po epicikloidi i hipocikloidi, najbolje postizavamo taj cilj, a to je jednoličan prijenos snage i brzine. Početni dio epicikloide je oblik, koji treba da dobije profil glave pogonskoga kotača kod čeonih zahvata (tabla I). Hipocikloida daje oblik profilu noge zupca vretenke.

Epicikloida i hipocikloida moraju biti izvedene istom kružnicom, i to tako, da se kod epicikloide okreće na vanjskoj diobenoj kružnici kotača, a kod hipocikloide ista kružnica na nu-



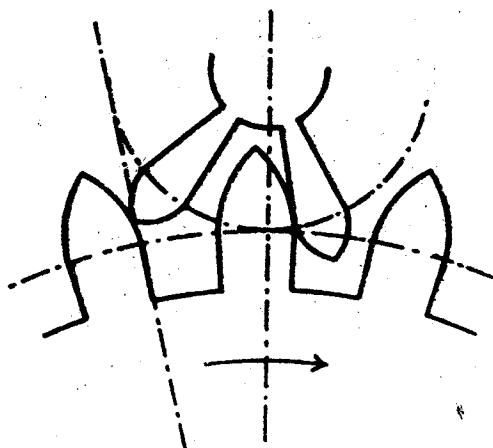
Sl. 16. Zahvat na središnjici

tarnjoj diobenoj kružnici vretenke. Promjer ove kružnice mora iznositi polumjer diobenog promjera vretenke, jer u tom slučaju hipocikloida postaje pravac. Time se je postiglo, da profil noge zupca vretenke dobije ravnii oblik usmjeren prema središtu vretenke. Na taj način izrađeni zupci su jači, i jednostavnija im je proizvodnja.

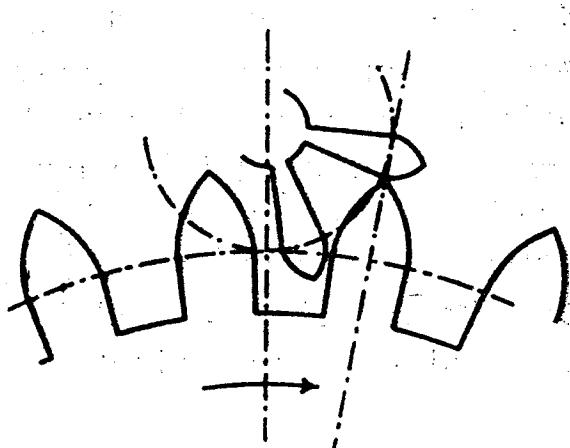
Zahvat kotača i vretenke, kojih zupci su dobili oblik prema cikloidnim krivuljama, mora početi na središnjici (sl. 16.). Prvi dodir zubne glave kotača i zubne noge vretenke mora se održati

na ravnoj crti, koju zamišljamo kroz središte kotača i vretenke. Ta se crta zove **središnjica**. Zahvat zupca prije središnjice popraćen je t. zv. ulaznim trenjem, koje može prouzročiti, da sat stane (sl. 17.). Zahvat iza središnjice uzrokuje blaže trenje, koje se zove izlazno trenje (sl. 18.).

Zubac pogonskoga kotača vodi zubac vretenke za stanoviti dio okreta kotača. To vodstvo ovisi o broju zubaca vretenke. Ako vretenka ima 10 zubaca, svaki njen zubac mora biti vođen najmanje za deseti dio opsega vretenke. Opseg vretenke iznosi 360 stupnjeva, a deseti dio 36 stupnjeva. Kod vretenke od 6 zubaca vodstvo iznosi šesti dio opsega, a to je 60 stupnjeva. Što



Sl. 17. Zahvat prije središnjice



Sl. 18. Zahvat iza središnjice

manje zubaca ima vretenka, to će dulje biti vodstvo, što uzrokuje pogoršanje zahvata. To je razlog, zašto se vretenka s manje od 6 zubaca ne upotrebljava kod sata. Vretenka s više zubaca ima bolji zahvat od one s manje zubaca, te se radi toga kod preciznih satova uzimaju vretenke s 10 i 12 zubaca.

Da bi se izbjeglo preveliko udaljivanje vodstva od središnjice, zahvat se tako konstruira, da vodstvo počinje nešto prije središnjice, a završi isto toliko ranije iza središnjice.

Osim zubaca izrađenih prema cikloidnim krivuljama, ima također takovih, koji su izrađeni prema evolventama. Evolventa je krivulja, koju opisuje jedna točka pravca, kad se on valja po kružnici. Upotreba evolventnog ozubljenja u urarstvu je pri-

lično rijetka, a glavni razlog je taj, što je izrada zupca vretenke prema evolventi previše zapletena.

Zahvat može imati ove pogreške:

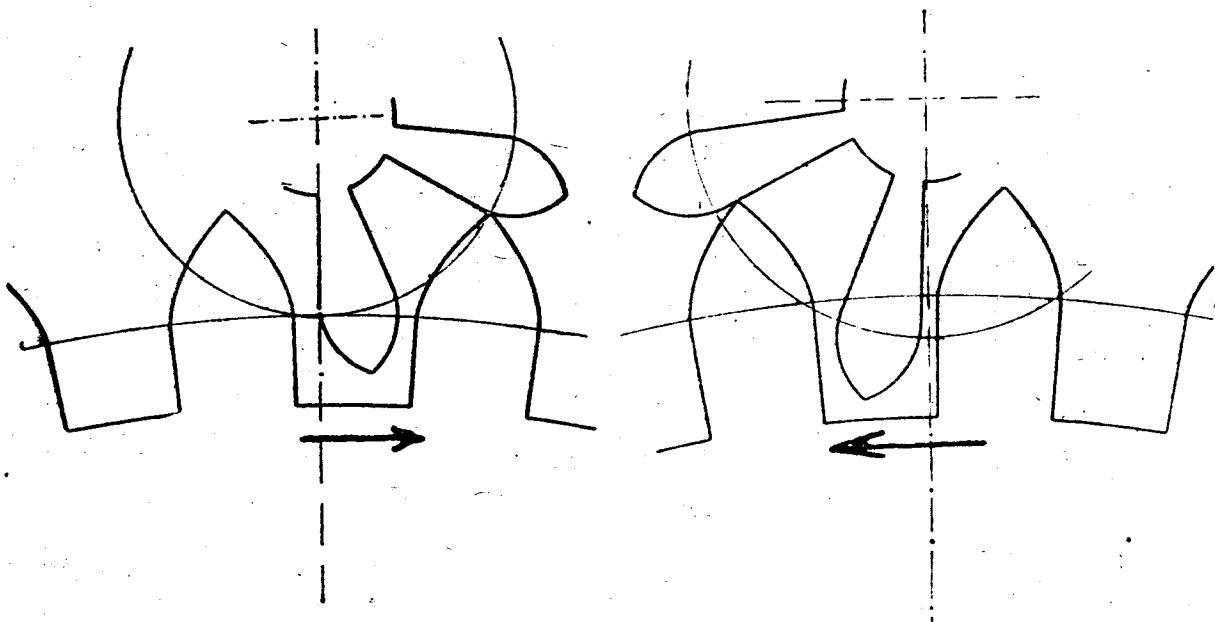
a) Zahvat s padom. Uzrok može biti duboki zahvat ili pre-mala vretenka.

b) Zahvat s udarom. Uzrok može biti plitki zahvat ili pre-velika vretenka.

c) Zupci kotača nemaju u ozubinama dovoljno ili uopće zračnosti.

d) Nejednaki zahvat.

a) Pogrešni se zahvat očituje time, da se kod ulaza i izlaza svakog pojedinog zupca osjeti neki trzaj. Važno je ustanoviti, da li taj trzaj potječe od zahvata s padom ili od zahvata s udarom. Tu smo potpuno prepunu osjećanju. Zahvat treba sasvim polagano ispitivati okrećući kotač i vretenku najviše za 1 do 2 zupca u sekundi i točno paziti. Osjetimo li kod svakog zupca trzaj, zatim glatko micanje, za kojim slijedi micanje kotača bez doticaja sa zupcima vretenke (t. j. kotač je napravio jedan mali dio okreta, dok je vretenka mirovala), u tom slučaju trzanje po-tječe od zahvata s padom. Ta se pogreška zove zahvat s padom



Sl. 19. Zahvat s padom, premalena vretenka

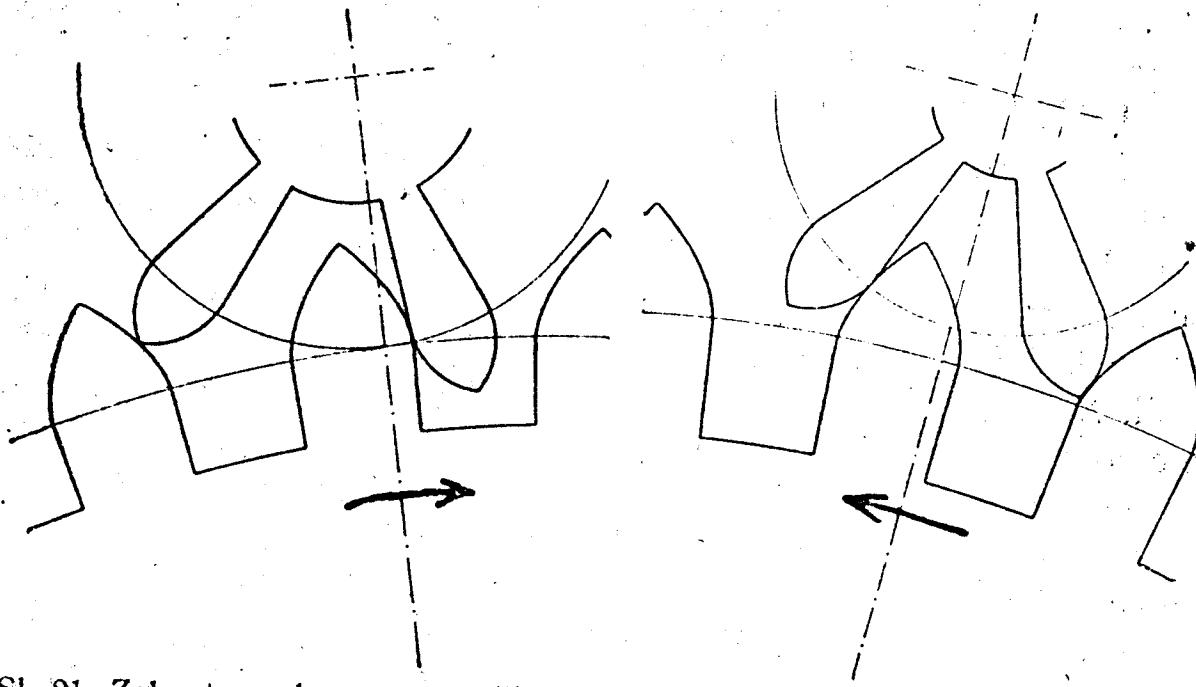
Sl. 20. Zahvat s padom, preduboki zahvat

radi toga, jer kad jedan zubac završi vodstvo, drugi zubac prije nego započne vodstvo, s malim padom legne na slijedeći zubac (v. sl. 19. i 20.).

Zahvat s padom može nastati od dva uzroka: ili je vretenka premalena, t. j. njen razmak zubaca je manji nego razmak zubaca kod kotača, kao na slici 19., ili je zahvat predubok, t. j. da se dodirne kružnice sijeku kao na sl. 20. U najgorem slučaju može biti i oboje. Treba dakle ustanoviti, o kojem se slučaju radi. Najbrže možemo to ustanoviti mjerenjem vretenke mikrometrom, a ako ga nema, desetinskim mjerilom. Ustanovimo li, da je vretenka premalena, ne ćemo se dulje njome zadržavati, nego umetnuti novu, propisnu. Točan promjer može se naći izračunavanjem, ili prema tablicama za veličine kotača i vretenaka, koje njima pripadaju. Ustanovimo li, da je veličina vretenke propisna, znači, da je zahvat predubok. Propisno bi bilo, da se u tom slučaju razmaknu ležaji za onoliko, za koliko je zahvat predubok. Kako je to kod kamenih ležaja nemoguće, moramo zubac kotača na glodalici (Wälzmaschine) dublje urezati, ali tako, da ni u kojem slučaju **zupce ne stanjimo!** Time će pad nestati i zahvat će se odvijati potpuno glatko. Zahvat s padom može samo u iznimnom slučaju dovesti do zastoja sata. Inače mu je posljedica neredoviti prijenos i gubitak sile, što uzrokuje netočnost sata. Kod zahvata s padom nastaje t. zv. izlazno trenje (sl. 18.).

b) Kod ispitivanja zahvata s udarom osjetimo također kod svakoga zupca trzaj, ali na to ne slijedi glatko micanje, niti skok kotača bez dodira sa zupcima vretenke, nego osjetimo neki jači otpor, jer se zubac nasadi. Zatim otprilike polovinu puta od jednoga zupca do drugoga ide malo lakše, ali bez glatkog micanja, da odmah na to osjetimo opet jači otpor. U tom slučaju radi se o zahvatu s udarom (v. sl. 21. i 22.).

Zahvat s udarom je vrlo opasan. Njega uzrokuje **prevelika vretenka**, t. j. razmak zubaca kod vretenke je veći nego kod kotača, kao na slici 21. ili **preplitki zahvat**, t. j. dodirne kružnice se ne dodiruju, kao na slici 22. Takav zahvat može dovesti do zastoja čak i na bubnjiću (Barillet, Federhaus). Kako se kod zahvata s udarom pogonski zubac nasadi na zubac vretenke, to će



Sl. 21. Zahvat s udarom, prevelika vretenka

Sl. 22. Zahvat s udarom, preplitki zahvat

on toliko čvršće sjediti, koliko je veća sila, koja ga goni. Ako pogreška nije tolika, da se zubac nasadi, ipak nastaje tako veliko ulazno trenje (sl. 17.), koje može dovesti do zastoja sata.

Prouzrokuje li tu pogrešku preplitki zahvat, propisno bi bilo približiti ležaje, no budući to iz prije navedenih razloga nije moguće, pomoći ćemo se tako, da kotač malo ispružimo valjanjem ili umetnemo novi, veći.

Prouzrokuje li zahvat s udarom prevelika vretenka, treba umetnuti manju, a ako time nastaje preplitki zahvat, moramo umetnuti i veći kotač, koji odgovara vretenci.

c) Ispravan zahvat mora u svakom položaju kotača i vretenke imati dovoljno zubne zračnosti. Zubnu zračnost ispitati ćemo tako, da vretenku držimo pritiskom šiljastog drvca na gornji ležaj tako, da se ne može micati, a kotač pritisnemo na siljenim drvcem prema vretenci i okrećemo. Micanjem kotača amo i tamo ispitujemo, da li zupci kotača u svakom položaju vretenke imaju zračnosti. Ako na nekim mjestima ima zračnosti, a na nekima nema, znak je, da kotač nije potpuno okrugao. Radi opreznosti treba, prije nego se na kotaču išta radi, pregledati, da li su svi zupci jednako debeli i dugački.

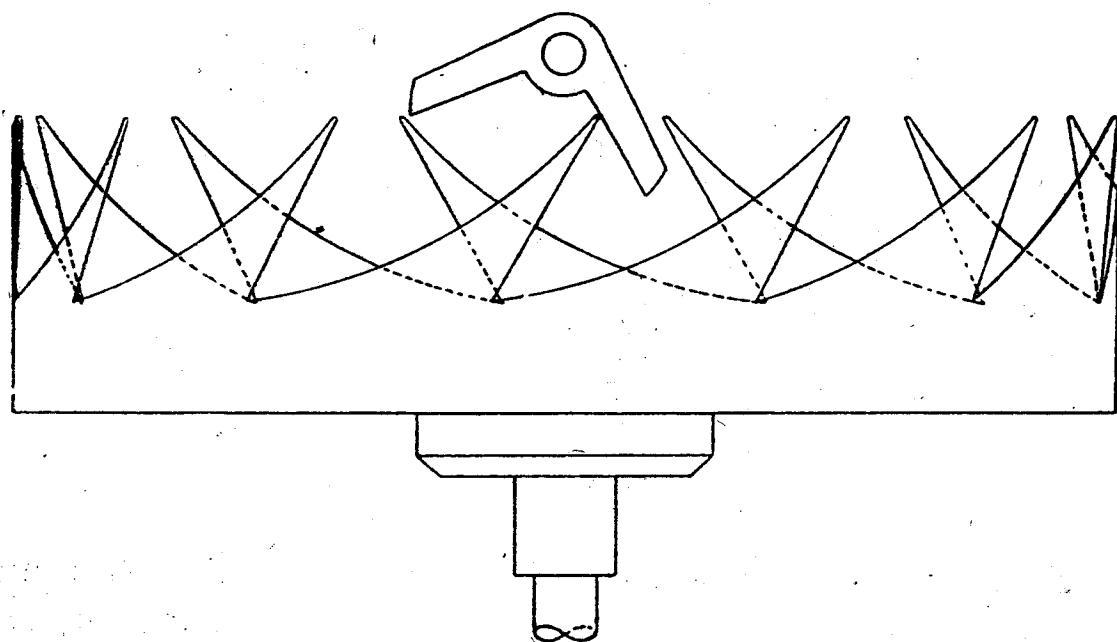
Ako je zahvat inače u redu, a nema dovoljno zračnosti, to nije znak, da je zahvat predubok, te bi se smanjivanjem kotača zahvat pogoršao. U takvom slučaju treba zupce **tanje izglodati**, a da se zuba glava ne skrati. Kod ručnih satova treba osobito paziti na obilnu zuba zračnost, jer su izložene većoj nečistoći od džepnih. Premalo zuba zračnosti dovodi kod ručnih satova do čestoga zastoja sata.

d) Nejednaki zahvat nastaje, ako su kotač ili vretenka ekscentrični. Tu ne pomaže drugo nego mijenjati neispravni dio.

7. ZAPREKE

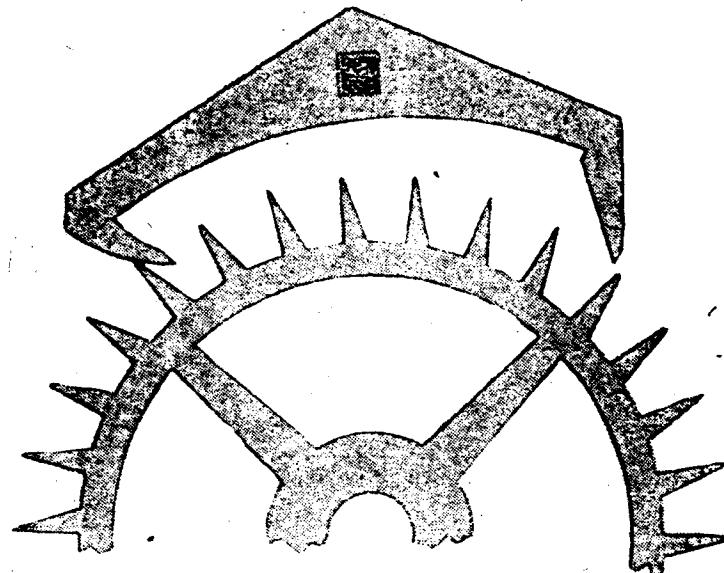
(Échappement, Hemmung)

Zapreka je ona naprava, koja sprečava, da strojni kotači kod navita pera ili utega ne isteku u jednom naletu. To je jedan od najdomišljatijih izuma čovječanstva. Između nekih 250 poznatih zapreka razlikujemo tri veće skupine: **Povratne zapreke**, **zapreke s mirovanjem** i **slobodne zapreke**. U prvu skupinu spadaju **vretenasta zapreka** (sl. 23.). (Échappement à verge, Spindel-

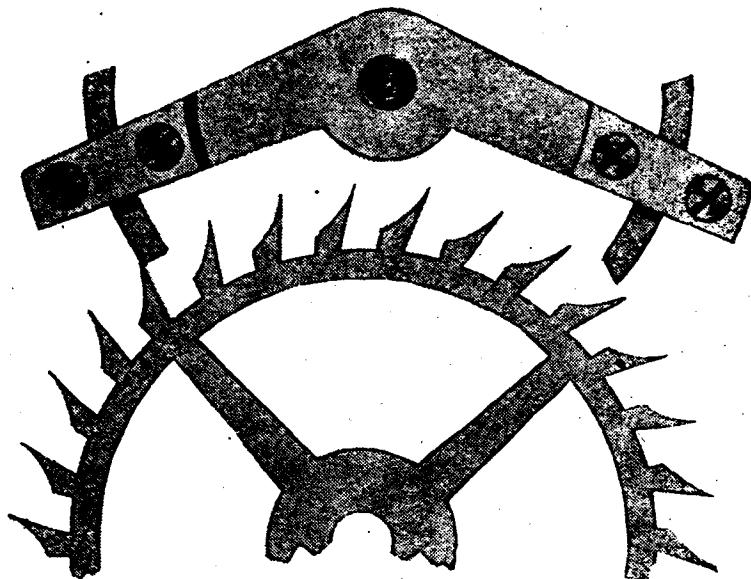


Sl. 23. Vretenasta zapreka

hemmung) i **kukasta zapreka** (sl. 24., Échappement à recul, Hackenhemmung), u drugu **Grahamova zapreka** (sl. 25.), **cilindarska zapreka** (sl. 26.) i **dupleks zapreka** (sl. 27.). U treću skupinu spadaju **kronometarska zapreka** (sl. 28.) i **slobodna sidrena zapreka** (sl. 29.) (Échappement à ancre, Ankerhemmung).



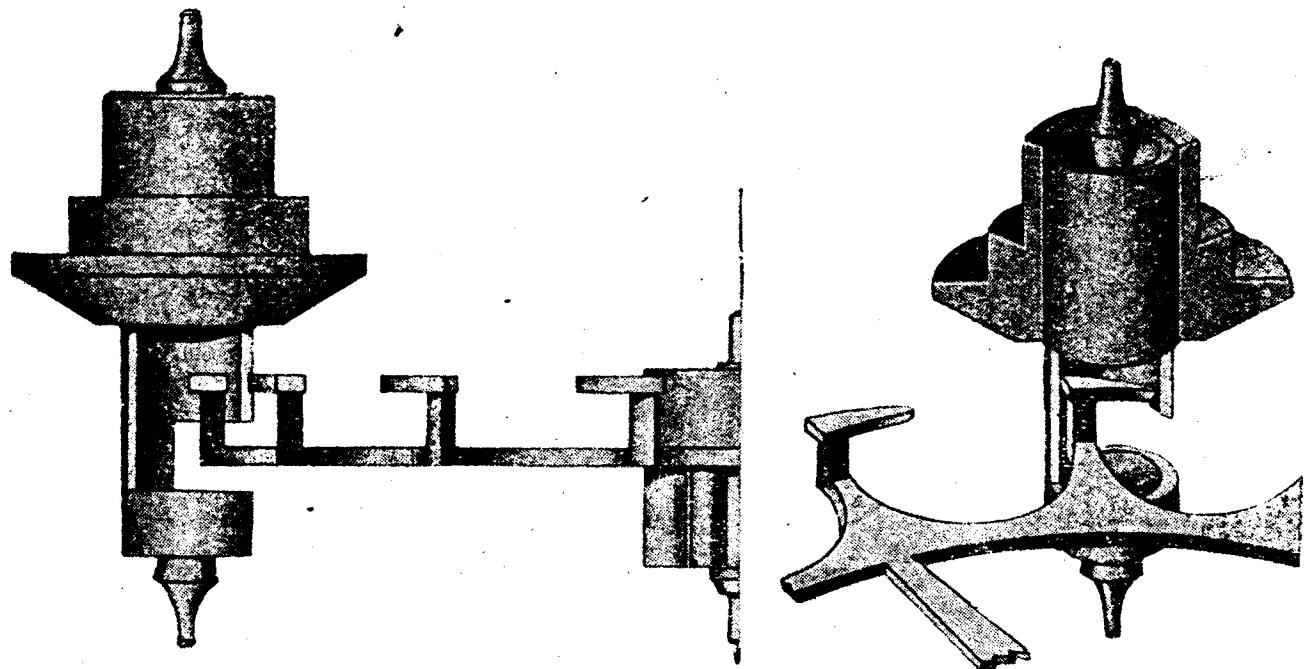
Sl. 24. Kukasta zapreka



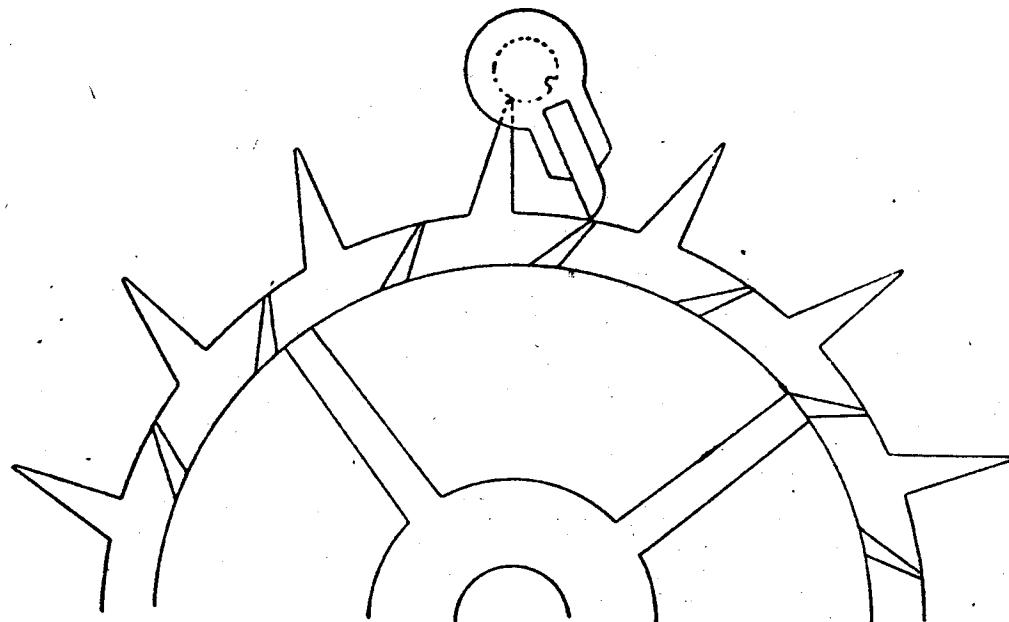
Sl. 25. Grahamova zapreka

Zapreke za toranske i sobne satove su povratne ili s mirovanjem, a za džepne i ručne satove su zapreke s mirovanjem ili slobodne.

Toranjski i sobni satovi imaju vretenastu, kukastu ili Grahamovu zapreku, a džepni i ručni satovi imaju vretenastu, cilindarsku, dupleks, kronometarsku ili slobodnu sidrenu zapreku.



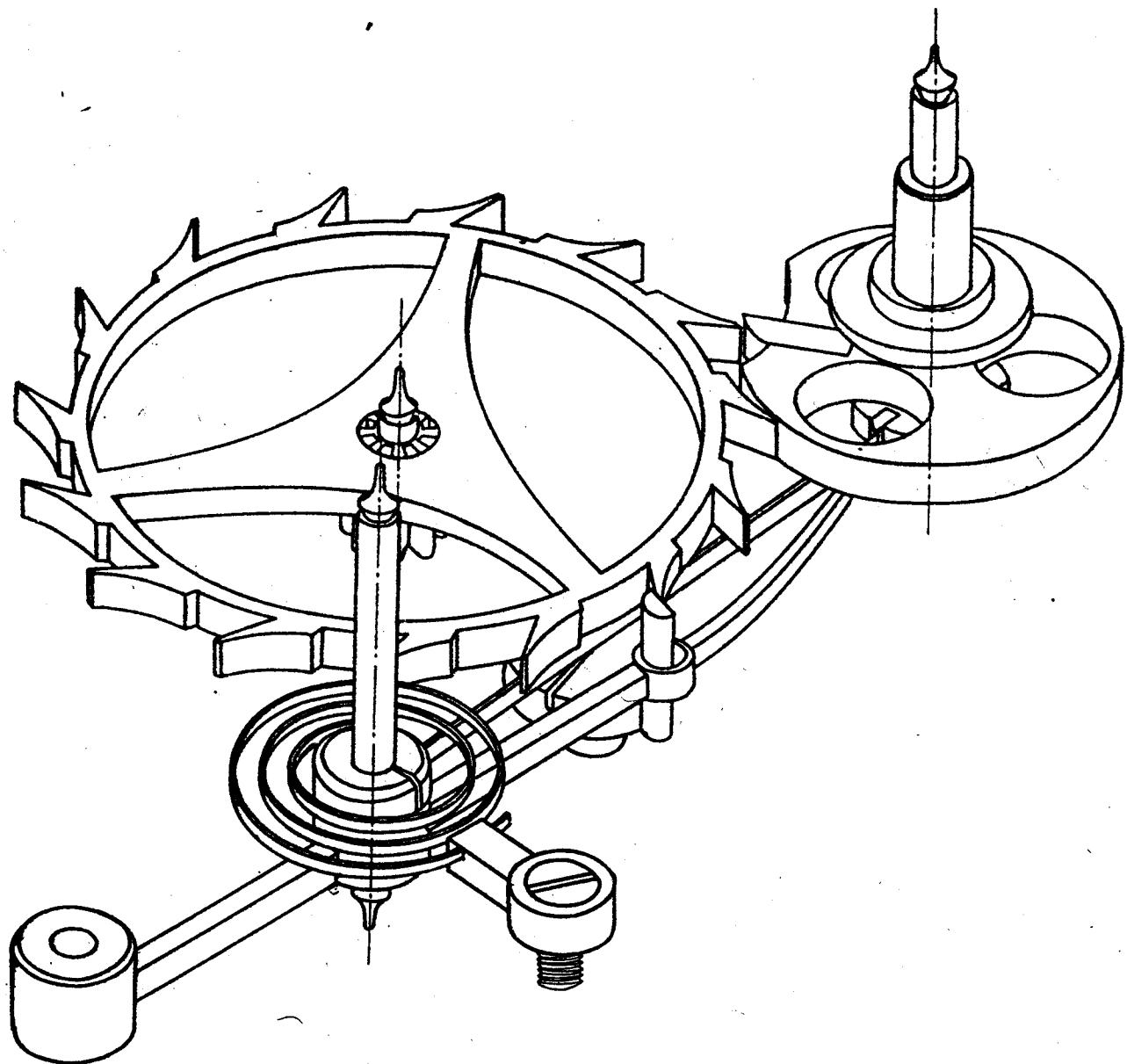
Sl. 26. Cilindarska zapreka



Sl. 27. Dupleks-zapreka

Najstarija je vretenasta zapreka, koja se danas više ne proizvodi. Dokazano je, da je izrađivana već u 14. stoljeću, a prestala se proizvoditi početkom 19. stoljeća.

Kukastu zapreku izumio je god. 1676. dr. Robert Hook, ali se je u urarstvu počela upotrebljavati istom god. 1680. Ova se zapreka upotrebljava još i danas za jeftinije njihalice.



Sl. 28. Kronometarska zapreka

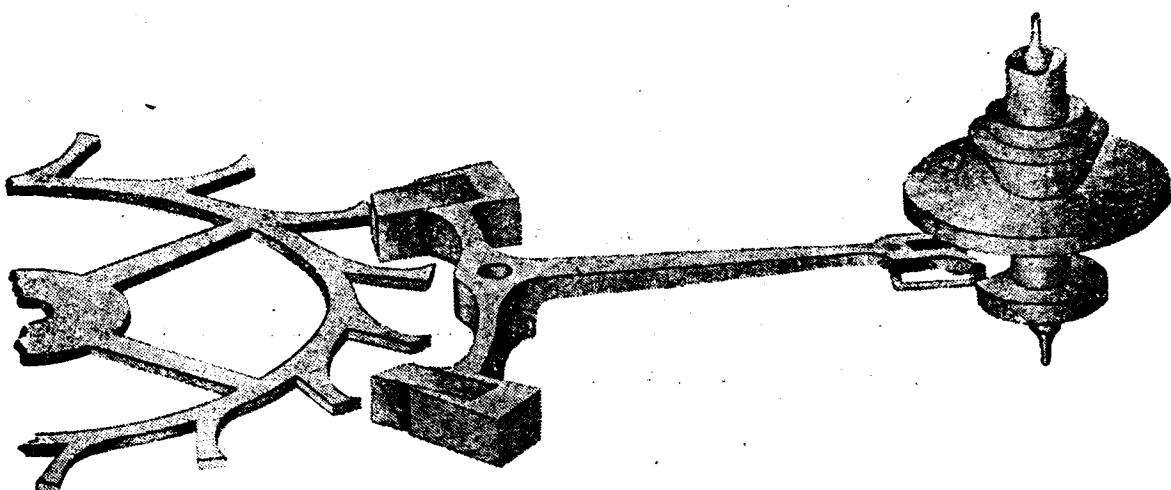
Grahamova zapreka s mirovanjem upotrebljava se i danas za bolje njihalice, a postižu se njome vrlo dobri rezultati. Izumio ju je god. 1715. George Graham.

Cilindarska zapreka je najstarija zapreka za džepne i ručne satove, koja se još i danas proizvodi. Izumio ju je god. 1710. Thomas Tompion.

Dupleks zapreka, koja je temelj kronometarske zapreke, danas se više ne proizvodi. Izumio ju je god. 1724. Jean Baptiste Dutertre.

Kronometarska zapreka, koju je izumio god. 1769. Pierre Le Roy, još je i danas zapreka za one satove, od kojih se traži velika točnost. Do danas nije pronađena ni jedna zapreka, koja bi nadmašila rezultate, koji se postižu kronometarskom zaprekom. Jedina joj je mana, da nije prikladna za džepne i ručne satove.

Slobodna sidrena zapreka, koju je izumio god. 1750. Thomas Mudge, najpoznatija je i najviše upotrebljavana zapreka za



Sl. 29. Sidrena zapreka

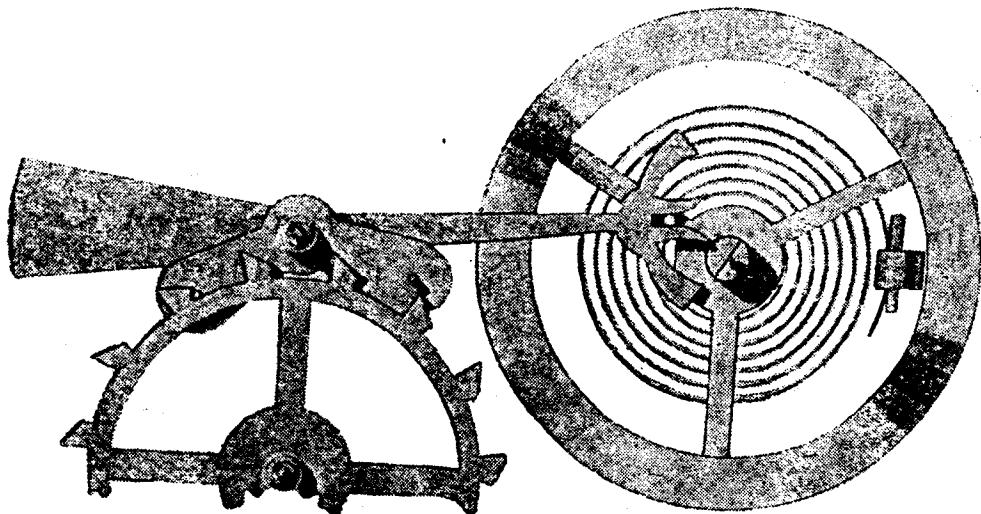
džepne i ručne satove. Ta se zapreka dijeli u tri vrste i to: sidrena zapreka sa zaticima (sl. 30.), (*Échappement à goupilles*, Stiftankerhemung), engleska sidrena zapreka (sl. 38.) i švicarska sidrena zapreka (sl. 29.).

Sidrena zapreka sa zaticima upotrebljava se kod jeftinih džepnih i ručnih satova te budilica radi jeftinoće proizvodnje.

Englesku sidrenu zapreku upotrebljavaju jedino još engleski proizvođači satova, a poznata je po svojim šiljastim zupcima sidrenoga kotača.

Švicarska sidrena zapreka poznata je po svojim posebno konstruiranim zupcima sidrenoga kotača. To je zapreka, kojom se postižu najbolji rezultati kod džepnih i ručnih satova.

Treba upamititi razliku između »zatreke« i »hoda«. Ne može se govoriti o cilindarskom hodu ili o sidrenom hodu. Hod sata označuje, da li sat kasni ili brza, ili da li sat ima slabih hod. Ali



Sl. 30. Sidrena zapreka sa zaticima

ako govorimo o sistemu sata, onda treba govoriti o cilindarskoj zapreci, sidrenoj zapreci i t. d.

a) Kukasta zapreka (sl. 31.)

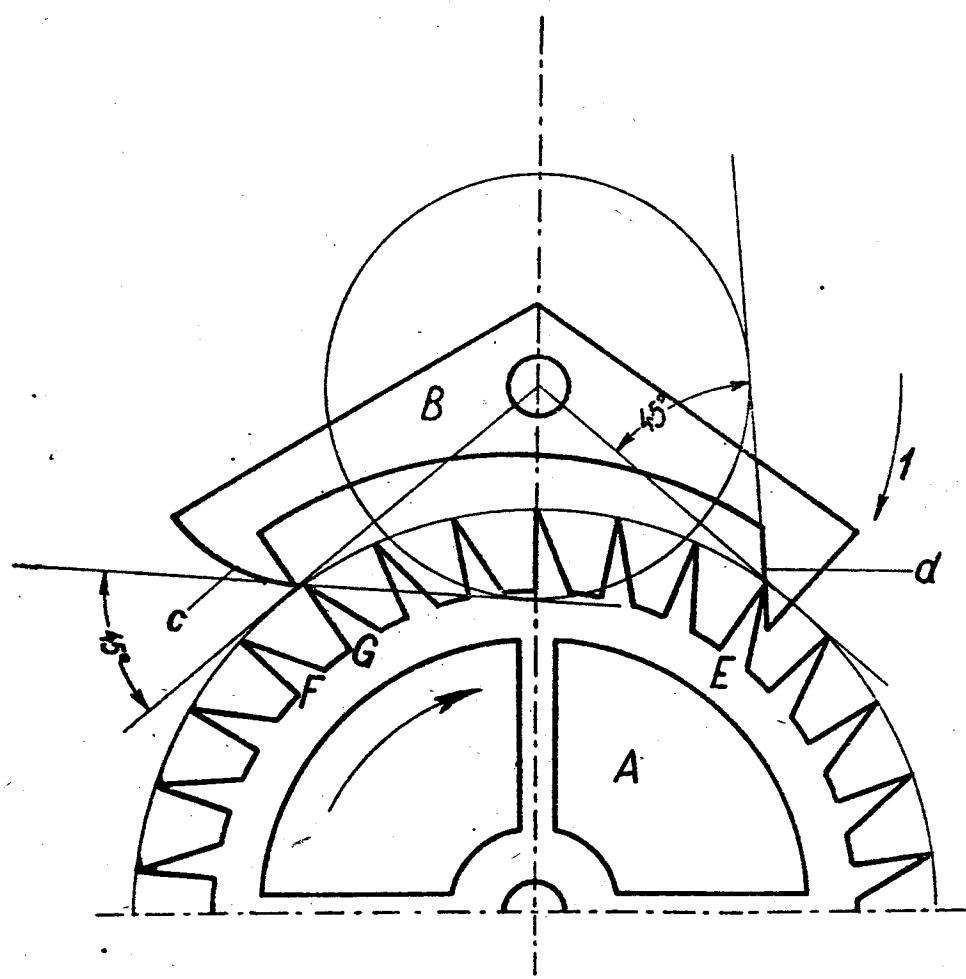
(Dr. Robert Hook 1676.)

Najstarija zapreka za njihalice, koja se danas proizvodi, jest kukasta zapreka. Ova zapreka sastoji se od zaprečnoga kotača A, koji ima natrag nagnute šiljaste zupce, i jedne dvokračne poluge B u obliku kuke, koju zovemo sidro. Krakovi sidra imaju na svojim završnim krajevima dvije kose plohe c i d, koje se zovu plohe dizanja.

Zubac E zaprečnoga kotača klizi po izlaznoj plohi dizanja d, te ju odmiče od kotača. Kad se ploha dizanja d odmiče od kotača, ulazna ploha dizanja c ulazi među zupce F i G. Kad zubac E otpadne od plohe d, zubac F legne na plohu c.

Na osovini sidra čvrsto sjedi vilica, koja hvata u šipku njihala, te tako spaja njihalo sa sidrom i sa strojem sata (v. sl. 1.). Kad zubac zaprečnoga kotača klizi po plohi dizanja te odmiče sidro, vilica povuče šipku njihala, koja se u njoj nalazi (v. sl. 1.), te je potisne u njenom smjeru njihanja.

U času kad zubac E padne na plohu d, sidro spojeno s njihalom, giblje se u protivnom smjeru okretanja zaprečnoga kotača.



Sl. 31. Kukasta zapreka

tača (v. strelicu 1.). Od časa kad zubac padne na plohu dizanja pa do časa povratka njihala, ploha dizanja gura kotač natrag. Ovo povratno gibanje zaprečnoga kotača moraju slijediti svi strojni kotači, a posljedica je: gubitak energije gibanja njihala kod svakog polunjihaja. Iz ovih se razloga kukasta zapreka zove zapreka s povratnim gibanjem.

Kad je zubac E pao na plohu dizanja **d**, njihalo nije još u svom njihanju došlo do svoje povratne točke njihaja. Ono klijanje, koje zubac E pravi od časa, kad padne na plohu **d**, pa do povratne točke njihaja, zove se **dopunsko dizanje**. Onaj dio njihaja, koje njihalo pravi od časa, kad zubac E padne na plohu **d**, pa do svoje povratne točke njihaja, zove se **dopunski njihaj**. Klizanje zupca E po plohi dizanja **d** zove se **dizanje sidra**.

Kad je zubac G otpao od plohe dizanja **c**, kotač je napravio mali skok, nakon kojega je zubac E pao na plohu dizanja **d**. Taj skok kotača zove se **pad**. Kod ispravnoga sidra i zaprečnoga kotača pad mora biti na ulaznom i na izlaznom kraku jednak. Ako razmagnemo ležaje, opazit ćemo, da pad na izlaznom kraku postaje veći, a na ulaznom ostaje skoro isti; zato moramo pad ravnati odmicanjem ili primicanjem ležaja uvijek prema izlaznom kraku. Ako je pad na ulaznom kraku premalen, to je znak, da je sidro preusko. Ako je pad na ulaznom kraku prevelik, sidro je preširoko. Kod preuskog sidra izbrusimo nutarnju plohu ulaznoga kraka. Preširoko sidro treba savijanjem stisnuti. Obzirom na to da je sidro od čelika, treba ga najprije usijati, a nakon ispravka opet kaliti. Pošto smo sidro svinuli na propisnu širinu, prije nego ga kalimo, pregledat ćemo, u kojem smjeru leže plohe dizanja. Taj smjer je onda ispravan, ako plohe dizanja dodiruju u svom produljenju isti krug povučen oko ležaja sidra. Ili ako zamislimo iz središta ležaja sidra povučenu crtu na obod zaprečnoga kotača, ploha dizanja i zamišljena crta prave kut od 45° stupnjeva. Budući da je to polovina pravoga kuta, to se sa malo prakse lako ustanovi pogrešan nagib ploha dizanja. Pogrešan nagib ispravi se brušenjem ili, ako to vrijednost sata dopušta, napravi se novo sidro.

Radi ispravnoga djelovanja zapreke mora zaprečni kotač biti potpuno okrugao i ravan. Svaka neravnost kotača dovodi do nejednakog pada i mijenjanja veličine njihaja. Razlozi neravnosti kotača mogu biti ovi: svinuta osovina ili yrškovi; nejednaka duljina zubaca; krivo bušena rupa u kotaču; prevelika rupa, tako da se kod pričvršćenja na osovinu kotač pomakne postrance. Od gore navedenih pogrešaka samo nejednaka du-

Ijina zubaca može se brušenjem na tokarskom stolu ispraviti, jer bi taj način ispravljanja pogreške, kod svih drugih razloga, doveo do toga, da zubni šiljci ne bi bili svuda međusobno u jednakoj udaljenosti. To bi dovelo do nejednakog pada. Prije nego se zupci kotača na tokarskom stolu brušenjem izjednače, treba dakle točno ustanoviti razlog pogreške.

Zupci zaprečnoga kotača ne smiju biti sasvim šiljasti, nego moraju na vrhu imati neku širinu, tako da se lako ne svinu.

Vilica ne smije biti preširoka. Šipka njihala mora pristajati u vilicu s jedva osjetljivom zračnošću. Široka vilica pravi jedan dio svoga pokreta bez dodira sa šipkom njihala. Taj dio pokreta znači gubitak na impulsu.

Gibanje njihala u vilici mora proizvesti što manje trenja. To je slučaj onda, kad se okretna točka njihala i sidra nalaze u istoj visini. Okretna točka sidra nalazi se u u njegovoj osovinu, a okretna točka njihala (sl. 1.) nalazi se u visini točke svijanja pera, na kojem njihalo visi. Točka svijanja pera nalazi se u $\frac{1}{3}$ njegove duljine ispod točke pričvršćenja.

Da bi izradili novo sidro za kukastu zapreku, moramo najprije izmjeriti mjerilom na povlak (Calibre à coulisse, Schublehre) vanjski promjer zaprečnoga kotača, zatim izbrojimo zupce. Kružnicu, koja ima 360 stupnjeva, razdijelimo brojem zubaca te dobijemo razdiobu u stupnjevima ili korak. Sada odredimo, koliko zubnih razmaka treba iznositi širina sidra. To ustanovimo tako, da odredimo, preko koliko zubaca mora sidro hvatati, kad zubac leži na ulaznoj plohi dizanja. To može biti od $4\frac{1}{2}$ do $7\frac{1}{2}$ zubaca. Od isto toliko zubnih razmaka ili koraka je širina sidra. Najčešće se uzima za zidne njihalice širina od $6\frac{1}{2}$ koraka. Dizanje sidra iznosi 5 do 6 stupnjeva, a isto toliko iznosi i dopunsko dizanje. Za kotač, koji ima promjer od 50 mm i 30 zubaca, trebamo sidro sa $6\frac{1}{2}$ koraka (zubnih razmaka). Dizanje i dopunsko dizanje uzet ćemo sa 6 stupnjeva.

Primjer: za konstrukciju sidra trebamo ove podatke:

1. korak (razdiobu) u stupnjevima,
2. širinu sidra,

3. vodstvo, koje je 0,4 koraka (zubnog razmaka) u stupnjevima,

4. udaljenost ležaja,
5. nutarnji i vanjski promjer sidra,
6. veličinu plohe dizanja,
7. kružnicu dizanja i
8. visinu sidra.

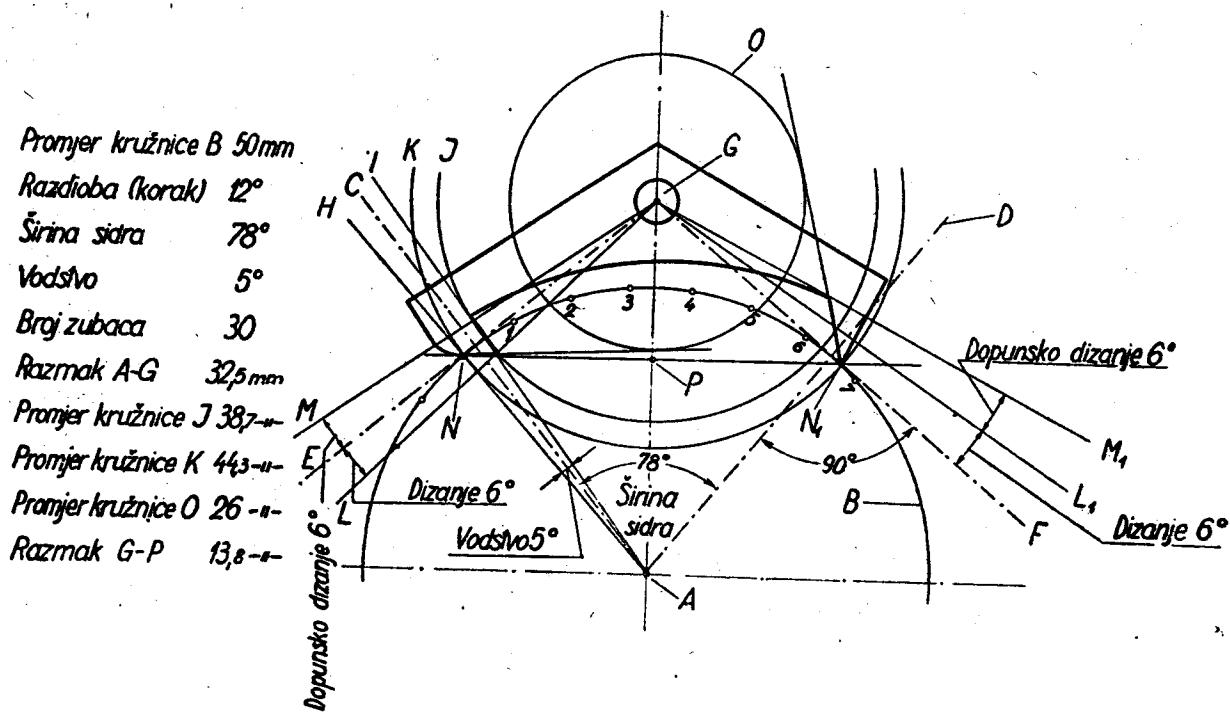
Sve tražene podatke dobit ćemo risanjem u povećanom omjeru na pr. 3 : 1.

$$\text{Korak} = \frac{\text{opseg kružnice u stupnjevima}}{\text{broj zubaca}} = \frac{360}{30} = \\ = 12 \text{ stupnjeva je korak}$$

Širina sidra je $6\frac{1}{2} \times 12 = 78$ stupnjeva.

Vodstvo je 0,4 koraka u stupnjevima = $0,4 \times 12 = 4,8$ zaokruženo 5 stupnjeva.

- Oko okretne točke A zaprečnoga kotača povučemo kružnicu B u veličini punog promjera kotača te ju razdijelimo središnjicom (sl. 32.). Od središta A povučemo pravac A—C i A—D pod



Sl. 32. Konstrukcija kukastog sidra

kutom od 78 stupnjeva tako, da ga raspolavlja središnjica. U sjecištu pravca A—C i A—D s kružnicom B povučemo tangente G—E i G—F. Točka G, na kojoj se tangente sijeku na središnjici, jest okretna točka sidra. Izmjerimo li udaljenost točke A do točke G i razdijelimo sa tri (radi mjerila 3 : 1), dobit ćemo udaljenost ležaja.

Udaljenost točke A do G = $97,5 : 3 = 32,5$ mm je udaljenost ležaja.

S točke A, s obje strane pravca A—C povučemo pravce A—H i A—I pod kutom od $2\frac{1}{2}$ stupnja. Kroz točke, gdje pravci A—H i A—I sijeku kružnicu B, povučemo oko središta sidra G, kružnice J i K. Promjer kružnica razdijelimo s tri te dobijemo nutarnji i vanjski promjer sidra.

Promjer nutarnje kružnice $116 : 3 = 38,7$ mm je nutarnji promjer sidra.

Promjer vanjske kružnice $133 : 3 = 44,3$ mm je vanjski promjer sidra.

Na točku G, s obje strane tangente G—E, povučemo pod kutovima od 6 stupnjeva crte L i M. Crta L označuje 6 stupnjeva dizanja, a crta M 6 stupnjeva dopunskog dizanja. Na tangenti G—F nalaze se pravci G—L i G—M koji označuju dizanje odnosno dopunsko dizanje iznad tangente F. Pomoću ovih pravaca odredimo smjer plohe dizanja sidra. Točka N, na kojoj se sijeku kružnice B i K, spoji se s točkom, na kojoj se sijeku kružnica J i pravac dizanja G—L, tako dobijemo smjer ulazne plohe dizanja. Točka N1, na kojoj se sijeku kružnice B i K, spoje se s točkom, na kojoj se sijeku kružnica J i pravac L1, tako dobijemo smjer izlazne plohe dizanja. Izlaznu plohu dizanja produžimo u ravnom pravcu do pravca dopunskog dizanja G—M1. Ulazna ploha dizanja mora biti zaobljena na dijelu dopunskog dizanja, jer bi inače povratno gibanje zaprečnoga kotača bilo na ulaznom kraku jače nego na izlaznom.

Kod točno izvedena crteža moraju plohe dizanja u svom produljenju leći na istu kružnicu dizanja O, t. j. plohe dizanja leže na tangentama kružnice dizanja.

Promjer kružnice $O = 78 : 3 = 26$ mm i to je promjer kružnice dizanja.

Sada još preostaje izračunati visinu sidra. Točka N i N₁ spoje se ravnom crtom. Udaljenost točke G do točke P, koje leže na središnjici, označuje visinu sidra, a to je:

udaljenost točke G do točke P = $41,5 : 3 = 13,8 \text{ mm}$; to je visina sidra.

U položaju sidra na slici jedan zubac zaprečnoga kotača leži na ulaznom dizanju kod točke N, a šest zubaca obuhvaća sidro.

Razmak između dva zupca odgovara jednom koraku ili razdiobi. Na slici jedna razdioba iznosi 12 stupnjeva. Na kružnici B, u razmaku od 12 stupnjeva označimo točke od 1 do 7. Svaka točka označuje šiljak zupca zaprečnoga kotača. Ako je slika ispravna, onda se 6 točaka nalazi unutar sidra, a 7. točka tik iza točke N₁. Razmak od točke N₁ do točke 7 označuje veličinu pada na izlaznom kraku.

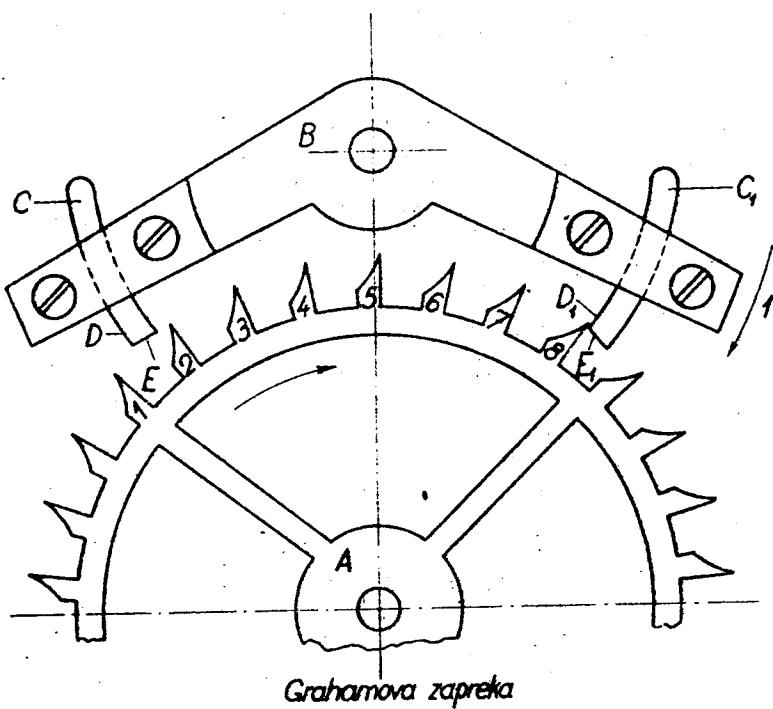
Na taj smo način risanjem dobili sve mjere, koje su nam potrebne za izradbu sidra. Uzmemo čeličnu ploču, kojoj jedan obod ispilimo ravno. U udaljenosti 13,8 mm od oboda označimo okretnu točku sidra. Oko te točke povučemo kružnicu dizanja 0 i kružnice nutarnjeg i vanjskog promjera sidra. Od točke N i N₁ povučemo tangente na kružnicu dizanja. Iza toga nacrtamo šiljastim predmetom oblik sidra te ga ispilimo. Najprije izbušimo rupu G, a zatim ispilimo nutarnji dio sidra i plohe dizanja. Sad se sidro može privremeno umetnuti na osovinu i iskušati u satu. Ako je dizanje i pad u redu, izvadimo ga opet te posvema dovršimo.

b) Grahamova zapreka (sl. 33.)

(George Graham 1715.)

Njihalice, od kojih se traži velika točnost, ne smiju imati povratno gibanje. Njihaji treba da su mali i da se odvijaju u granicama, u kojima su razlike vremenskog trajanja njihaja što manje. Najpoznatija zapreka za njihalice bez povratnoga gibanja po svom izumitelju prozvana je **Grahamova zapreka**.

Ova se zapreka sastoji od zaprečnoga kotača A, koji ima naprijed nagnute šiljaste zupce, nadalje od sidra B, koje mjesto kosih ploha, kakove ima sidro kukaste zapreke, ima **sidrene lukove**: ulazni sidreni luk C i izlazni sidreni luk C₁. Sidreni lukovi imaju plohe mirovanja D i plohe dizanja E. U nacrtanom položaju zubac 8 zaprečnoga kotača leži u fazi na izlaznoj plohi mirovanja. Njihalo spojeno sa sidrom njiše se u smjeru strelice 1. Kod toga njihaja zubac 8 klizi po plohi mirovanja i kotač miruje, pa se radi toga ova ploha zove ploha mirovanja, a radi



Sl. 33. Grahamova zapreka

toga mirovanja kotača za vrijeme dopunskog njihaja zove se ova zapreka **zaprekom s mirovanjem**. Kod povratnog njihaja zubac 8 kliznuti će po plohi dizanja E, prebaciti sidro na drugu stranu te dati njihalu impuls (pokretnu silu). Prema tome, impuls nastaje klizanjem zupca zaprečnoga kotača po plohi dizanja, kad zaprečni kotač prenosi pogonsku energiju na hodni regulator — u ovom slučaju njihalo, koje time dobije energiju gibanja. Zubac 8 na to otpadne od izlazne plohe dizanja, a zubac 1 leći će s malim padom na ulaznu plohu mirovanja D.

Sidro Grahamove zapreke je od mjedi, a sidreni lukovi od čelika. Sidreni lukovi nalaze se u urezima sidra, a drži ih čelična ploča pričvršćena vijcima.

Ako je pad u redu, t. j. jednak na ulaznom i na izlaznom sidrenom luku, a zubac sidrenoga kotača padne preduboko ili preplitko na plohu mirovanja, to se može ispraviti samo pomicanjem sidrenog luka na sidru. Kod većine Grahamovih zapreka pomičan je jedan ležaj sidrene osovine, tako da se micanjem može mijenjati udaljenost sidra od sidrenoga kotača. Pogrešno je dubinu mirovanja ispraviti primicanjem ili odmicanjem pomičnog ležaja. Primicanjem sidra sidrenom kotaču povećava se pad na izlaznom sidrenom luku, a odmicanjem smanjuje se pad na ulaznom sidrenom luku. Prema tome, pad se mora izjednaciti na objema lukovima pomicanjem ležaja sidrene osovine, a pogrešno mirovanje, t. j. kad zubac padne preduboko ili preplitko na plohu mirovanja, može se ispraviti samo pomicanjem sidrenih lukova na sidru. Ako mirovanje nije na objema lukovima jednako, treba brušenjem povećati nagib na plohi dizanja onog sidrenog luka, na kojem je mirovanje dublje.

Ako hoćemo skratiti dizanje radi velikog njihaja njihala, onda moramo smanjiti brušenjem nagib na plohi dizanja onog sidrenog luka, na kojem je mirovanje plitko.

Sidro za Grahamovu zapreku izrađuje se na sličan način kao i sidro za kukastu zapreku. Sve potrebne mjere dobiju se risanjem u povećanom mjerilu na pr. 4 : 1. Primjer: promjer zaprečnoga kotača 47 mm, broj zubaca 30, širina sidra $7\frac{1}{2}$ koraka (zubnih razmaka), dizanje 2 stupnja, a mirovanje 1 stupanj.

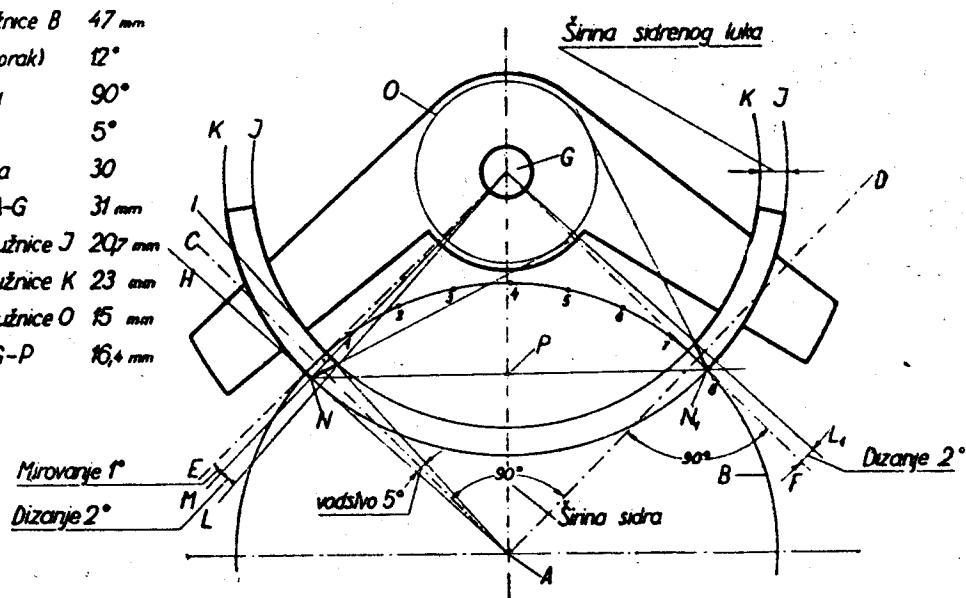
Tražimo:

1. korak (razdioba) u stupnjevima,
2. širinu sidra,
3. vodstvo (0,4 koraka u stupnjevima),
4. razmak ležaja,
5. nutarnji i vanjski promjer sidra,
6. širinu sidrenih lukova,
7. nagib ploha dizanja,

8. promjer kružnice dizanja i
9. visinu sidra.

1. Korak = $\frac{360}{30} = 12$ stupnjeva je korak.
2. Širina sidra je $7,5 \times 12 = 90$ stupnjeva.
3. Vodstvo je 0,4 koraka (zubnog razmaka) ili $0,4 \times 12 = 4,8$ zaokruženo 5 stupnjeva.
4. Oko okretne točke zaprečnoga kotača A povučemo polukružnicu B, koja označuje puni promjer kotača, te ju razdijelimo središnjicom (sl. 34.). Od točke A povučemo pravac A—C i A—D pod kutom od 90 stupnjeva, koji raspolovljuje središnjica. Na

Promjer kružnice B	47 mm
Razdoba (korak)	12°
Širina sidra	90°
Vodstvo	5°
Broj zubaca	30
Razmak A-G	31 mm
Promjer kružnice J	207 mm
Promjer kružnice K	23 mm
Promjer kružnice O	15 mm
Razmak G-P	16,4 mm



Sl. 34. Konstrukcija Grahamova sidra

točke, na kojima crte A—C i A—D sijeku kružnicu B, povučemo tangente. Točka G, na kojoj se tangente sijeku na središnjici, okretna je točka sidra. Izmjerimo razmak točke A od točke G, razdijelimo taj razmak sa 4 (radi mjerila 4 : 1), tako dobijemo razmak ležaja.

Razmak točke A do G = $124 : 4 = 31$ mm je razmak ležaja.

5. Na točku A, s obje strane pravca A—C povučemo pravce A—H i A—I pod kutom od $2\frac{1}{2}$ stupnja. Kroz točke, gdje pravci

A—H i A—I sijeku kružnicu B, povučemo oko okretne točke sidra G kružnice J i K, koje zovemo sidrene kružnice. Polumjer kružnica u nacrtu razdijelimo sa četiri te dobijemo nutarnji i vanjski polumjer sidra.

Polumjer kružnice $J = 82,8 : 4 = 20,7 \text{ mm}$ je **nutarnji polumjer sidra**.

Polumjer kružnice $K = 92 : 4 = 23 \text{ mm}$ je **vanjski polumjer sidra**.

6. Razlika između polumjera kružnica K i $J = 23 - 20,7 = 2,3 \text{ mm}$ je **širina sidrenih lukova**.

7. Na točku G ispod tangente G—E povučemo pod kutom od 1 stupnja pravac mirovanja G—M, a ispod njega pod kutom od 2 stupnja pravac dizanja G—L. Na izlaznom kraku povučemo pravac dizanja G—L₁ iznad tangente F. Pomoću ovih pravaca odredimo smjer ploha dizanja sidrenih lukova. Točka N, u kojoj se sijeku kružnica K sa pravcem dizanja G—M, spoji se s točkom, na kojoj se sijeku kružnica J s pravcem dizanja G—L. Tako smo dobili **nagib ulazne plohe dizanja**. Točka N₁, na kojoj se sijeku kružnica B sa kružnicom K, spoji se s točkom, na kojoj se sijeku kružnica J i pravac dizanja L₁. Sada smo dobili **nagib izlazne plohe dizanja**.

Oblik sidrenih lukova dobijemo pomoću sidrenih kružnica J i K, a nagib ploha dizanja dobijemo pomoću pravaca dizanja i sidrenih kružnica.

8. Kod točno izrađene slike moraju plohe dizanja u svom produljenju leći na kružnicu dizanja O. Plohe dizanja leže na tangentama kružnice O.

Promjer kružnice $O = 60 : 4 = 15 \text{ mm}$ je **promjer kružnice dizanja**.

9. Točke N i N₁ spoje se pravcem.

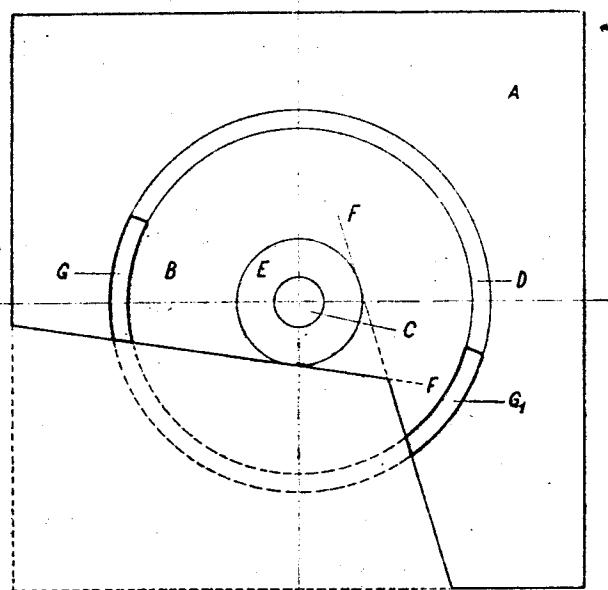
Razmak točke P do točke G $= 65,6 : 4 = 16,4 \text{ mm}$ je **visina sidra**.

Na kružnici B označimo u razmacima od 12 stupnjeva točke od 1 do 8, koje označuju šiljke zubaca zaprečnoga kotača. Ako je slika ispravna, mora se točka 8 nalaziti tik iza točke N₁.

Kad smo risanjem dobili sve potrebne mjere, možemo izraditi novo sidro; izradit ćemo ga od mjedi, a sidrene lukove od čelika:

Najprije istokarimo dvije tanke mјedene ploče, koje će nam služiti za šablonu; prva mora imati promjer kružnice dizanja (15 mm), a druga mora imati veličinu nutarnje sidrene kružnice (20,7 mm). Točno u sredini izbušimo im rupu debljine osovine sidra. Iza toga priredimo tokarski nož, prema kraju stanjen, čija oštrica mora imati širinu sidrenih lukova (2,3 mm).

Uzmemo četverouglastu ploču od mјedi A (sl. 35.), od 5 do 6 mm debljine, a nešto većeg promjera od vanjske sidrene kružnice. Ploču pričvrstimo u tokarski stol, izbušimo rupu iste debljine kao na okruglim pločama. Ploču B, koja ima veličinu



Sl. 35. Izradba sidrenih lukova Grahamova sidra

nutarnje sidrene kružnice, pričvrstimo zatikom C, koji točno pristaje u izbušene rupe, na ploču A. Tokarskim nožem širine sidrenih lukova istokarimo na ploči A, tik uz ploču B, žlijeb D, otprilike 3 mm dubok. Sada izvadimo ploču iz tokarskog stola te mjesto ploče B pričvrstimo zatikom ploču dizanja E. Pomoću ravnala povučemo na ploču E oštrim šiljkom dvije tangente F, koje daju nagib plohe dizanja. U pravcu tangenata izrežemo ploču (punktirani dio), a odrezane plohe ispitimo ravno u pravom kutu s površinom ploče A.

Uzmemo komad čelika, dovoljno debela, svinemo ga u kolut te ga zavarimo sa srebrom. Nakon toga šelakom pričvrstimo ga na mјedenu ploču tokarskog stola te ga iznutra tokarimo tako, da u njega pristaje sidrena kružnica B. Zatim ga tokarimo izvana tako, da pristaje u žlijeb D ploče A. U debljini od tri mm odrežemo ga. Iz toga koluta, koji točno pristaje u žlijeb, izrežemo dva komada potrebne duljine G i G1. Umetnemo ih u žlijeb tako, da malo proviruju na odrezanim mjestima žlijeba, te ih šelakom pričvrstimo. Sada ispilimo plohe dizanja, a izrezane strane ploče A daju nam pravac. Nakon toga dovršimo sidrene lukove kašljenjem i poliranjem.

Sidro izradimo na isti način kao i ploču A. Urežemo žlijeb tako duboko, da se sidreni lukovi nalaze malo iznad površine sidra. Nakon toga izrežemo oblik sidra, a sidrene lukove pričvrstimo čeličnom pločom pomoću vijaka.

c) Cilindarska zapreka (Tabla II.)

(Thomas Tompion 1710.)

Ova zapreka dobila je ime po svojoj šupljoj, djelomično otvorenoj cilindričnoj osovini hodnog regulatora. Krajevi osovine zatvoreni su tamponima, na kojima su izrađeni vrškovi. Ovu osovinu zovemo **cilindrom**. Cilindar hvata u zupce cilindarskoga kotača te tako sprečava, da sat ne isteče u jednom náletu. Nazivi pojedinih dijelova cilindra jesu:

- | | |
|-------------------------|-------------------|
| 1. gornji dio cilindra, | 5. gornji tampon, |
| 2. donji dio cilindra, | 6. donji tampon, |
| 3. vrat cilindra, | 7. ulazna usna, |
| 4. prolaz (pasaža), | 8. izlazna usna. |

Nazivi pojedinih dijelova cilindarskog kotača jesu:

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 9. zubna ploha, | 12. stražnji zubni šiljak, |
| 10. ploha dizanja, | 13. zubni nosač sa stupom, |
| 11. prednji zubni šiljak, | 14. vijenac kotača. |

Na velikoj cijevi cilindra, koji je od čelika, sjedi stepeničasta cijev od mjedi, koja se zove vitka (15). Na svom donjem dijelu vitka ima nosač za nemirnicu (16), njen srednji dio je nasadnik za nemirnicu (17), a gornji dio nasadnik za spiralni valjak (18).

Navito pero goni preko strojnih kotača cilindarski kotač u smjeru kazala na satu. U nacrtanom položaju prednji zubni šiljak leži na vanjskoj stijeni cilindra, u fazi na ulaznom mirovanju. Kotač se u toj fazi ne može micati (tabla II., faza A). Kad se cilindar okreće u istom smjeru sa cilindarskim kotačem, klizne prednji zubni šiljak, a odmah nato i ploha dizanja po ulaznoj usni, te time cilindru dade impuls (faza B). Impuls nastaje **dizanjem**. Dizanjem nazivljemo klizanje po plohi dizanja. Zubac sada legne s malim padom na nutarnju stijenu cilindra, na izlazno mirovanje (faza C). Pod uplivom impulsa i spirale, cilindar se s nemirnicom okreće u istom smjeru dalje. Cilindarski kotač miruje, a prednji zubni šiljak klizi sada po nutarnjoj stijeni cilindra (faza D). Nato slijedi okretanje nemirnice i cilindra u protivnom smjeru, dok prednji zubni šiljak (faza E) i ploha dizanja (faza F) ne kliznu po izlaznoj usni. Sada slijedeći zubac s malim padom legne na ulazno mirovanje (faza G). Kod toga je cilindar opet dobio impuls, te se s nemirnicom u istom smjeru okreće dalje, a prednji zubni šiljak klizi sada po vanjskoj stijeni cilindra (faza H). Kod ponovnog povratka cilindra i nemirnice počinju opisane faze iznova (faza A).

Obzirom na to, da je cilindar ujedno osovina hodnog regulatora, potrebno je omogućiti mu što veće okretanje, pa je radi toga na cilindru ispod ploha dizanja napravljen izrez, koji zovemo prolazom (pasažom). Pasaža omogućuje, da zubni nosač sa stupom cilindarskoga kotača može prolaziti kroz cilindar. Prolaz zubnog nosača mora biti u sredini izreza pasaža.

Promjer nemirnice mora stajati u stanovitom omjeru prema cilindru. Ustanovljeno je, da se najbolji rezultati postizavaju s omjerom 16 : 1. To znači: ako cilindar ima promjer od 1 mm, potrebna je nemirnica s promjerom od 16 mm. Propisnu veličinu nemirnice prepoznat ćemo po tom, što zubne plohe cilindarskog kotača leže tik uz vijenac nemirnice.

Promjer cilindarskoga kotača s 15 zubaca jednak je udaljenosti ležaja cilindarskoga kotača i cilindra pomnoženoj sa 2.032. Ako udaljenost ležaja iznosi na pr. 4,5 mm, promjer cilindarskog kotača bit će $4,5 \times 2.032 = 9,14$ mm.

Prema tome, promjer cilindra jednak je promjeru cilindarskoga kotača pomnoženom sa 0,1171. Ako cilindarski kotač ima na pr. promjer 9,14 mm, promjer cilindra bit će $9,14 \times 0,1171 = 1,07$ mm.

Veličina njihaja nemirnice kod cilindarske zapreke ograničena je i ne smije iznositi više od 270—300 stupnjeva, a to je tri četvrtine do pet šestina punoga kruga.

Sa cilindarskom zaprekom ne može se postići ona točnost, koja se postiže sidrenom zaprekom. Njihaji nemirnice cilindarskog sata nisu slobodni, jer je cilindar u stalnom dodiru sa zupcima cilindarskoga kotača. Radi trenja, koje kod toga nastaje, njihaji nemirnice imaju manju energiju gibanja, manje kinetičke energije, te su stoga izloženi raznim vanjskim uplivima, koji sprečavaju njeno jednolično njihanje. Ovo se trenje još povećava, kad kod niže temperature gustoća ulja postaje veća i kad se ulje s vremenom zgusne. Sat sa cilindarskom zaprekom, koji je u granicama mogućnosti bio točno reguliran, zaostaje sa zgusnutim uljem i do 15 minuta na dan.

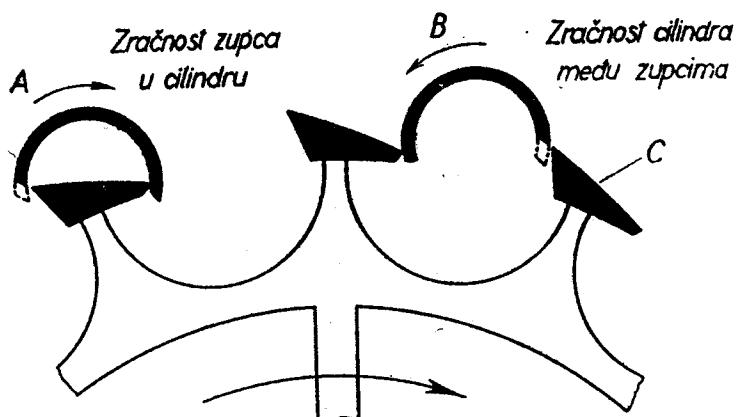
Cilindarski satovi proizvode se uza sve to još radi toga, što ova zapreka izjednačuje sama bar donekle onu razliku u trenju, koja nastaje od promjenljivosti sile pera kod odmotavanja. Slično kao kod njihala, morali bi mali njihaji nemirnice biti brži nego veliki. Prema tome morao bi sat kod slabije napetosti pera prema koncu odmotavanja ići brže i obratno, ali, budući da kod jače napetosti pera zubac cilindarskoga kotača jače pritiska na cilindar, nastaje kočenje velikih njihaja tako, da u stanovitim granicama napetosti pera ostaju njihaji nemirnice približno jednako veliki.

Još jedna prednost ove zapreke je njena jednostavnost, i kod približno točne izradbe može kod džepnog sata dati dobre rezultate. Kod ručnog sata naišla je ova zapreka na opće odbijanje radi njene slabe sposobnosti reguliranja. Obzirom naime

na sitnost i skučenost prostora ne mogu se ovi dijelovi izraditi u takovoj točnosti, koja bi omogućila jednolični hod. Proizvodi se još jedino radi jeftinoće proizvodnje.

Kod repasaže ili popravka treba paziti, da se cilindar i vrškovi okreću potpuno ravno. Cilindar, koji se okreće ekscentrično, prouzrokuje micanje cilindarskog kotača naprijed i natrag za vrijeme, dok njegov prednji zubni šiljak leži na vanjskoj ili nutarnjoj stijeni cilindra, a to sprečava jednolični hod.

Zatim treba pregledati dubinu mirovanja. Dubinu mirovanja kod propisnog cilindarskoga kotača ispravna je u onom slučaju, ako sredina plohe dizanja prolazi kroz središte cilindra (sl. 36c). To nije moguće ustanoviti gledanjem ni mjeranjem,



Sl. 36. Ispitivanje zračnosti kod cilindarske zapreke

nego jedino prema trajanju mirovanja: Pod vijenac nemirnice, pošto smo izvadili spiralu, podmetnemo komadić papira tako, da se sama ne može micati. Nemirnicu polako okrećemo i pazimo, kada će prednji zubni šiljak pasti na ulazno mirovanje. Na to okrećemo nemirnicu u protivnom smjeru i pazimo na treći odozgo cilindarski kotač, za koju smo veličinu okreta pomakli nemirnicu, dok se kotač počeo micati. To je onaj tren, kad prednji zubni šiljak klizne po ulaznoj usni. Mirovanje mora iznositi 5—10 stupnjeva, a to je otprilike 20-ti dio promjera nemirnice. Za toliko smo morali pomaknuti nemirnicu od trena, kad je prednji zubni šiljak pao na ulazno mirovanje, pa do trena, kad se je kotač počeo micati. Na isti način iskušamo

izlazno mirovanje. Ako, nakon pada zupca na mirovanje, s micanjem nemirnice i cilindarski kotač stupa odmah u kretanje, onda je to znak, da je mirovanje preplitko. Plitko mirovanje isto je što i plitki hod. Obratno, ako nakon pada zupca na mirovanje moramo pomaknuti nemirnicu za veći stupanj okreta, prije nego kotač stupa u kretanje, mirovanje je preduboko.

Plitko mirovanje uzrokuje male njihaje nemirnice i nejednoličan hod. Posljedica jeste nemogućnost reguliranja. Duboko mirovanje uzrokuje, da se nemirnica dade lako zaustaviti, te vanjski uplivи često dovode do zastoja sata.

Pošto smo ustanovili dubinu mirovanja, pregledat ćemo pad i zračnost zupca u cilindru, te cilindra između zubaca (sl. 36.). Da ustanovimo zračnost zupca u cilindru, okretat ćemo polako nemirnicu, dok zubac s ulaznog mirovanja ne padne na izlazno mirovanje (A). Zatim, sasvim malo okrenemo nemirnicu natrag te, držeći čvrsto nemirnicu, kušamo micanjem kotača amo i tamo, da li zubac, koji se u tom položaju nalazi u cilindru, ima zračnosti. Nato polako okrećemo nemirnicu, dok slijedeći zubac padne na ulazno mirovanje (B), te opet sasvim malo okrenemo nemirnicu natrag i micanjem kotača amo i tamo ustanovimo, da li cilindar, koji se u tom položaju nalazi između dva zupca, ima zračnosti. Ima li u oba položaja malo zračnosti, zapreka je u tom pogledu u redu, a time je u redu i pad. Padom zovemo onaj mali skok, koji žubac napravi, kad s ulaznog mirovanja padne na izlazno ili s izlaznog na ulazno mirovanje.

Ako zubac u cilindru ima premalo zračnosti, a cilindar između zubaca ima propisnu zračnost, znak je, da je stijena cilindra predebela. S takvim cilindrom ne može se postići dobar hod, te ga treba svakako izmijeniti.

Previše zračnosti između zubaca, a premalo u cilindru znak je, da je cilindar premalen.

Premalo zračnosti između zubaca, a previše u cilindru znak je, da je cilindar prevelik.

Ako je pogreška tolika, da zubac unutra ili vani zapinje, treba mjeranjem cilindra i cilindarskoga kotača ustanoviti, da li je njihov međusobni odnos veličine u redu. Ustanovimo li, da

je taj odnos u redu, onda su zupci kotača predugački, te ih treba skratiti. Kratiti se smije samo prednji zubni šiljak, i to tako, da nakon skraćenja ima opet svoj prijašnji oblik. To se postizava na taj način, da se šiljak brusi iznutra koso prema vani. Tako izbrušene šiljke zubaca treba dobro polirati, inače sat neredovito zaostaje, a to je pogreška mnogih cilindarskih satova, koji već iz tvornice dodu s nepoliranim zupcima, koji uzrokuju takovo trenje, da se sat uopće ne može regulirati.

Stražnji zubni šiljak smije se kratiti samo u slučaju, kad je dizanje prejako uslijed velikog nagiba plohe dizanja, pa nemirnica ima preveliki njihaj. Pogrešno je ispraviti preveliki njihaj nemirnice umetanjem slabijeg pera, jer sila, kojom se cilindarski kotač okreće, ne dostaje da nemirnicu pokrene u gibanje, kad sat navijemo, i kod ravnjanja kazala natrag sat stane. Kod prejaka dizanja treba izbrisuti **stražnji zubni šiljak**, i to iznutra koso prema vani, jer se kraćenjem plohe dizanja skraćuje faza dizanja.

Preslabo dizanje nastaje, ako plohe dizanja imaju premali nagib. Ispraviti se može samo mijenjanjem kotača.

Kod novih cilindarskih satova ustanovljujemo ispravnost hoda na taj način, da pritisnemo minutni kotač u njegovu smjeru okretanja. Pod tim pritiskom mora se nemirnica sve jače i jače njihati, dok ne udari u **odbojni zatik**, koji se nalazi na mostiću za nemirnicu te ograničuje njen gibanje. U ovom slučaju je hod sata ispravan. Ako sat kod jakoga pritiska stane ili nemirnica pravi male usporene njihaje, zapreka je neispravna, t. j. odnos veličine cilindra i cilindarskoga kotača nije ispravan, ili je neispravan oblik zubaca cilindarskoga kotača. U najviše slučajeva nailazi se kod novih cilindarskih satova na **nedovoljno polirane zubne šiljke i plohe dizanja cilindarskoga kotača**. Ako se i nakon poliranja navedenih dijelova pojavljuje ista pogreška, ne ćemo takvim satom postići niti minimum upotrebljivosti, jer će već kratko vrijeme nakon repasaže ili popravka sve više zaostajati. Razlog tome je neispravan odnos veličine zaprečnih dijelova.

d) Sidrena zapreka (Tabla III.)

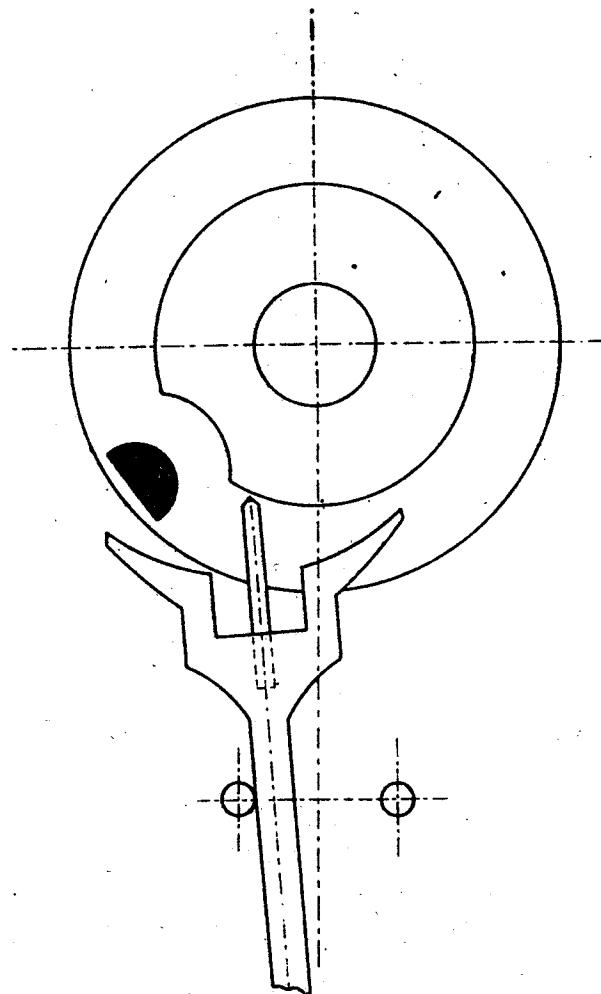
(Thomas Mudge 1750.)

Sidrena zapreka sastoji se od sidrenoga kotača A, koji pomoći sidra B, prenosi impulse na hodni regulator. Sidro ima s jedne strane dva kamena, ulazni sidreni kamen C i izlazni sidreni kamen D, a s druge strane vilicu E, koja ima na svom srednjem dijelu urez. Na osovini nemirnice sjedi mala ploča, koju zovemo pokretnom pločom (F) ili »plato«.. Na njoj je okomito naprema dolje pričvršćen zatik od rubina (ili čelika), koji zovemo pokretnim kamenom (G), koji s jedva osjetljivom zračnošću pristaje u urez vilice.

Kad se pokretna ploča okreće u istom smjeru sa sidrenim kotačem, leži jedan zubac kotača na plohi h izlaznog mirovanja sidrenoga kamena D. Kad pokretni kamen zahvati u urez vilice, povuče je sa sobom. Kod toga se izlazni sidreni kamen odmakne od zupca sidrenoga kotača, koji klizne na plohu dizanja izlaznog sidrenoga kamena i/l. Ovu fazu zovemo **iskopčavanjem**. Nakon iskopčavanja zubac sidrenoga kotača klizi po plohi dizanja sidrenoga kamena te prebacuje sidro na drugu stranu. Klizanje zupca po plohi dizanja zovemo **dizanjem**. Kad se zbog dizanja sidro prebaci na drugu stranu, udari bočna strana ureza vilice pokretni kamen, koji se u tom položaju nalazi u urezu vilice i potjera ga u njegovu smjeru okretanja. Ovu fazu zovemo **impulsom**. Nakon dizanja zubac kotača otpadne od izlaznog kamena, a drugi jedan zubac legne s malim padom na plohu ulaznog mirovanja h. Vilica je sada stigla do graničnog zatika J, na kojem ostaje ležati. Pokretni kamen napustio je urez vilice i okreće se s nemirnicom dalje. Od toga trena nemirnica se okreće potpuno slobodno, bez ikakve veze sa zaprekom. U povratku, pod uplivom spirale povećava nemirnica brzinu i tren prije, nego postigne maksimum brzine, uđe pokretni kamen sada sa suprotne strane u urez vilice te ju povuče sa sobom. Kod toga pokretni kamen iskopča zubac s ulaznog mirovanja, koji dizanjem ponovno daje impuls nemirnici preko pokretnoga ka-

mena. Vilica je opet stigla do graničnog zatika. Sada je slijedeći zubac legao na izlazno mirovanje. Kod ponovnog povratka nemirnice opetuju se opisane faze iznova.

Na osovini nemirnice, spojena s pokretnom pločom, nalazi se manja ploča s malom udubinom, koju zovemo **osiguračem** (K). Na vilici, u sredini ispod njena ureza, nalazi se **sidreni zatik** L, koji u trenu prolaza pokretnoga kamena kroz vilicu ulazi u



Sl. 37. Pokretna ploča i vilica

udubinu osigurača te omogućuje prolaz pokretnoga kamena. U svakom drugom položaju sidreni zatik legne na obod osigurača te spriječi, da vilica izvrši samostalno iskopčanje uslijed potresa ili udarca sa strane na sat. Samostalno iskopčanje imalo bi za posljedicu, da nemirnica udari u vanjski dio vilice i stane. U takvom slučaju kažemo, da je nemirnica preskočila.

Kad vilica leži na jednom od graničnih zatika, koji ograničuju veličinu gibanja sidra, mora sidreni zatik stajati sasvim blizu oboda osigurača, ali ga ne smije ni u jednom položaju doticati. Zračnost između njih smije biti samo tolika, da je ne nestane kod pomicanja osovina, radi bočne zračnosti vrškova u ležajima (sl. 37.).

Pokretni kamen smije biti samo toliko dugačak, da ne struže po sidrenom zatiku, nego da slobodno prolazi iznad njega uzimajući u obzir i visinsku zračnost nemirnice (v. sl. 29.).

U položaju, kad vilica leži na graničnom zatiku, ona mora biti osigurana, da se ne bi sama od sebe pomakla. Već kod malog pomaka strugao bi sidreni zatik po osiguraču i time kočio nemirnicu u njenu slobodnom njihanju. Radi toga ne smiju biti plohe mirovanja sidrenoga kamena u radijalnom smjeru sidrenoga kotača, već moraju biti nagnute, i to: ulazna ploha mirovanja 12 stupnjeva, a izlazna ploha mirovanja $13\frac{1}{2}$ stupnjeva, u smjeru okretanja sidrenoga kotača (tabla III.).

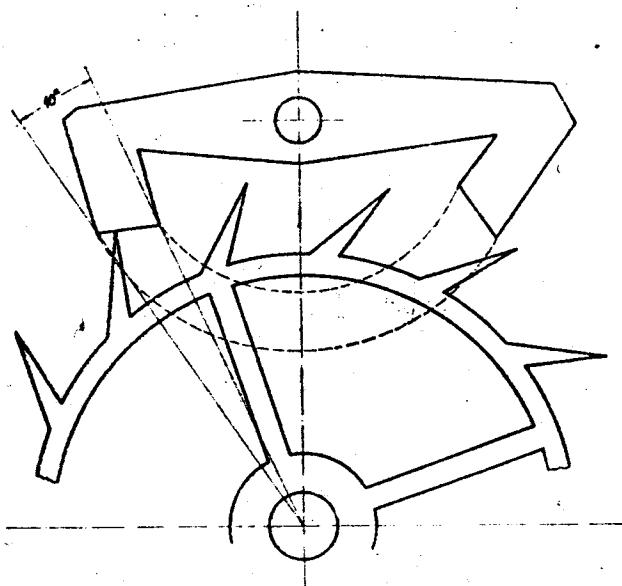
Uslijed toga nagiba pritiska zubac sidrenoga kotača u fazama mirovanja sidro na granični zatik. Ovakovo osiguranje vilice zove se **privlačljivost**, a nagib sidrenih kamena **privlačni kut**. Bez ove sile privlačenja nije moguće skladno djelovanje svih zaprečnih dijelova.

Kad zubac sidrenoga kotača padne na plohu mirovanja, ne smije istodobno vilica leći na granični zatik, nego mora biti od njega sasvim malo udaljena. Ono gibanje, koje vilica pravi od trena kad zubac padne na plohu mirovanja pa do graničnog zatika, zove se **mrtvo gibanje sidra** (tabla III/1), koje osigurava, da svaki zubac kod iskopčanja otpadne od plohe dizanja. To gibanje mora biti što kraće, da ne oteščava pokretnoj ploči iskopčavanje, jer sila, koju na to troši, izgubljena je za nemirnicu.

Od trena kad nemirnica dobije impuls i pokretni kamen **izide iz vilice**, nemirnica je u svom okretu potpuno slobodna do časa, kad kod povratnog okreta pokretni kamen opet uđe u vilicu. Osim ovog dijela okreta ostaje nemirnica za čitavo vrijeme trajanja njihaja slobodna od svakog upliva pogonske sile stroja, te osim trenja u ležajima i otpora zraka nema da sva-

dava nikakvi drugi otpor. Iz ovih razloga nazivamo sidrenu zapreku slobodnom zaprekom.

Najstarija slobodna zapreka je engleska sidrena zapreka (sl. 38). Sidreni kotač takove zapreke ima šiljaste zupce, a sidreni kameni su umetnuti sa strane u sidro (sl. 39.), tako da odozgo nisu vidljivi. Većina tih zapreka ima **istokračno sidro** (vidi sl. 38). Istokračno sidro ima tu lošu stranu, da obje plohe mirovanja nisu u istoj udaljenosti od središnje točke okretanja sidra. Udaljenost plohe mirovanja ulaznoga kamena od središta sidra veća je od udaljenosti plohe mirovanja izlaznoga kamena.



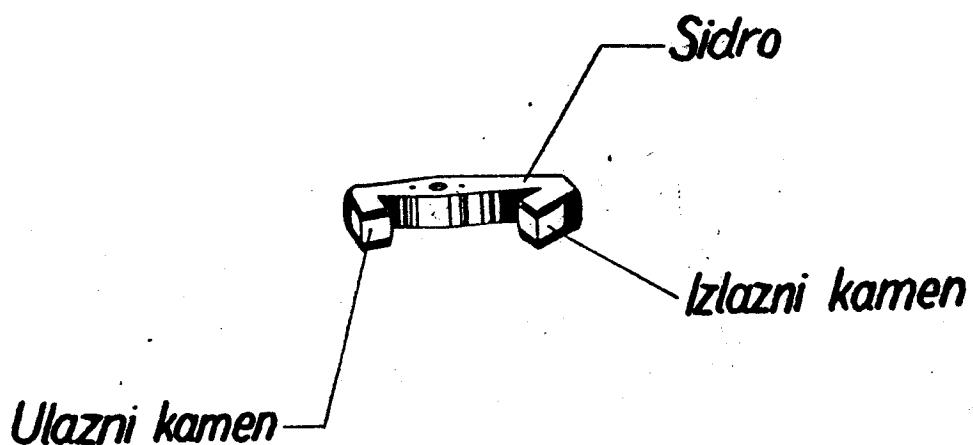
Sl. 38. Engleska sidrena zapreka

Radi toga troši nemirnica za iskopčavanje ulaznoga kamenja više sile negoli za iskopčavanje izlaznoga kamenja, jer ulazni kamen mora kod iskopčavanja napraviti veći pokret od izlaznoga, čime pruža veći otpor. Da bi se otpor kod iskopčavanja izjednačio, treba da bude udaljenost obiju ploha mirovanja od središta sidra jednako velika. To se postizava tako, da se ulazni krak za polovicu širine sidrenoga kamenja skrati, a izlazni za toliko produlji. Time dobivamo **raznokračno sidro** (tabla III).

Kod iskopčavanja, prije negoli zubac napusti mirovanje, mora se sidro okrenuti za jedan i pol stupnja, a za toliko se suprotni sidreni kamen pomakne u ozubinu kotača. Kako kod

toga sidreni kamen uslijed privlačnoga kuta potjera kotač za mali pokret natrag, to se sidreni kamen sasvim približi stražnjem profilu zupca. Stoga zubac sidrenoga kotača kod engleske sidrene zapreke mora biti vrlo tanak i dugačak. Takav se kotač lako ošteti, pa je i to jedan razlog, da se danas ova zapreka malo upotrebljava.

U Švicarskoj, a kasnije i u Glashütte, počeli su praviti sidrene kotače s ploham dizanja na zupcima (vidi sl. 29). Glavna razlika između engleske i švicarske sidrene zapreke je ta, što se kod ove posljednje dizanje ne vrši samo na sidrenim kamenima nego i na zupcima sidrenoga kotača, pa su ovi radi toga širi i otporniji. Širina plohe dizanja zupca omogućuje, da se

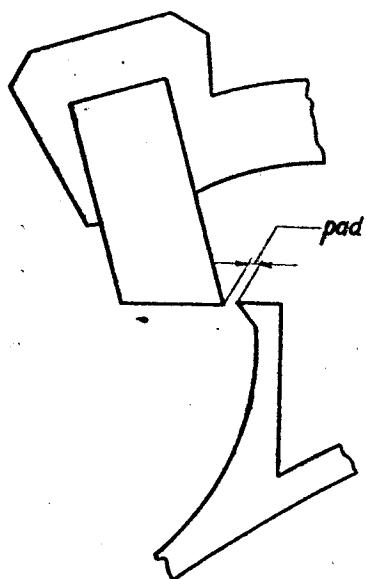


Sl. 39. Sidreni kameni umetnuti u sidro sa strane

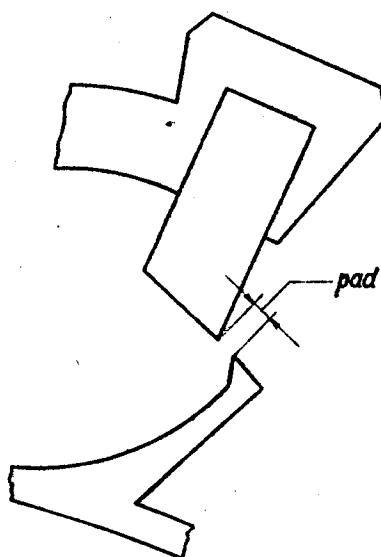
zubac ureže koso sa stražnje strane, čime se postiže, slobodno micanje sidrenoga kamena u ozubinama kotača. Nadalje je time omogućeno, da se **pad** smanji. Padom nazivamo onaj mali skok, koji kotač napravi, kad jedan zubac otpadne od plohe dizanja sidrenoga kamena, a drugi padne na plohu mirovanja drugoga sidrenoga kamena (sl. 40 i 41). Sila, koja je upotrebljena za pokret kotača za vrijeme tog skoka, za zapreku je izgubljena, te treba nastojati, da taj skok bude što kraći. To je sa švicarskom zaprekom omogućeno. Smanjivanje pada omogućilo je povećanje dizanja, koje kod engleske sidrene zapreke iznosi 10 stupnjeva, a kod švicarske 11 stupnjeva. Kako se kod engleske sidrene zapreke dizanje vrši samo na sidrenom kamenu,

to navedenih 10 stupnjeva označuje ujedno širinu sidrenoga kamena (sl. 38). Kod švicarske sidrene zapreke razdijeljeno je dizanje na sidreni kamen i zubac, i to tako, da $6\frac{1}{2}$ stupnjeva otpada na kamen, a $4\frac{1}{2}$ na plohu dizanja zupca (tabla III).

Kod švicarske sidrene zapreke umetnuti su kameni u sidro od gore prema dolje, te su vidljivi. Takvo sidro zove se **sidro s vidljivim kamenima** (sl. 29), za razliku od sidra, koje ima umetnute kamene sa strane tako, da se ne vide a zove se **sidro s pokritim kamenima** (slika 39).



Sl. 40. Pad na ulaznom sidrenom kamenu

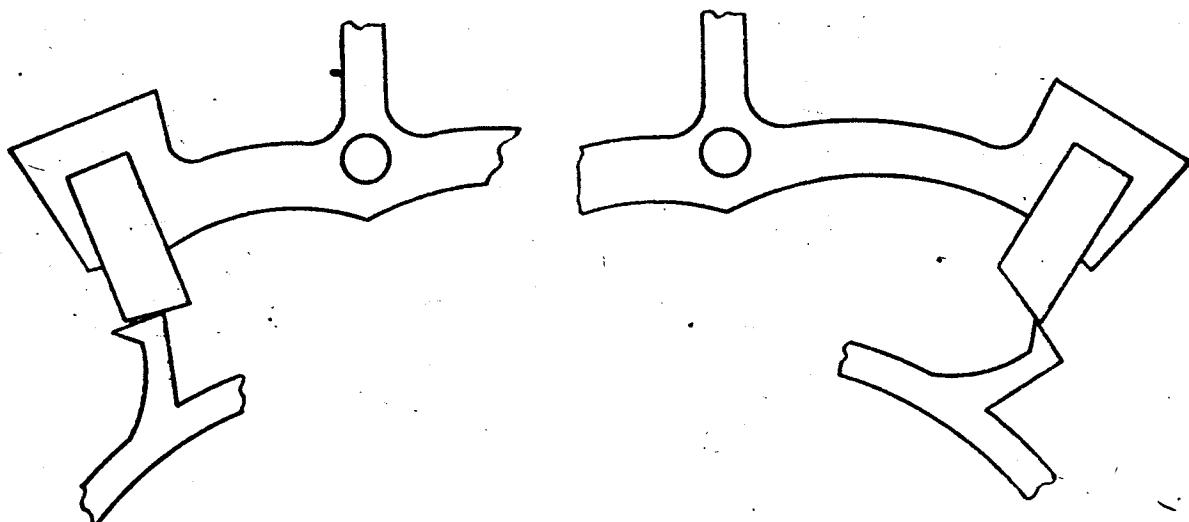


Sl. 41. Pad na izlaznom sidrenom kamenu

Pad iznosi kod švicarske sidrene zapreke otprilike 1 stupanj, te mora biti na objema kamenima jednak. Ako je na **ulaznom kamenu pad manji**, a na **izlaznom veći**, to je znak, da je **sidro preusko**. Ako je na **ulaznom kamenu pad veći**, a na **izlaznom manji**, sidro je **preširoko**. Kad je na objema kamenima pad prevelik, to je znak, da su sidreni kameni pretanki prema širini zupčanih ploha. Ako je pad na objema kamenima premalen, onda su sidreni kameni predebeli.

Klizanje zupca kotača za vrijeme faze dizanja mora uslijediti tako, da prednji zubni šiljak kliže po plohi dizanja kamena, a stražnji šiljak mora biti sa jedva primjetljivom zrač-

nošću (sl. 42), udaljen od plohe dizanja kamena. Tek prema koncu faze dizanja smiju se obje plohe nalaziti u jednom pravcu (slika 43). Kod takvoga klizanja sakupi se ulje između ploha dizanja zupca i kamena, a kad prednji šiljak sidrenoga kamena klizne po plohi dizanja zupca, obriše s njega ulje, koje onda ostane na njemu te se opet razdijeli po plohi dizanja kamena. Ako se kod dizanja obje plohe poklope (slika 44), nastaje takvo lijepljenje uslijed adhezije, da je svako reguliranje sata nemoguće. Posljedica toga je također skori zastoj sata. Ovakovo klizanje je osobito opasno za ručne satove, koji već par mjeseci



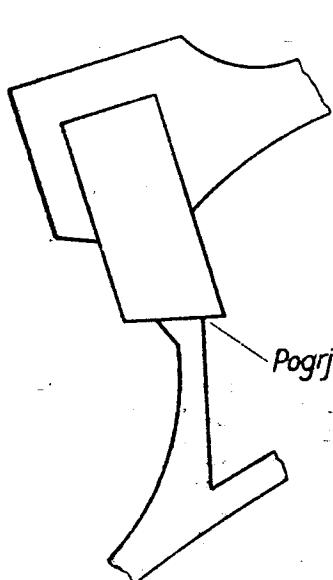
Sl. 42. Ispravno klizanje na ulaznom sidrenom kamenu

Sl. 43. Ispravno klizanje na izlaznom sidrenom kamenu

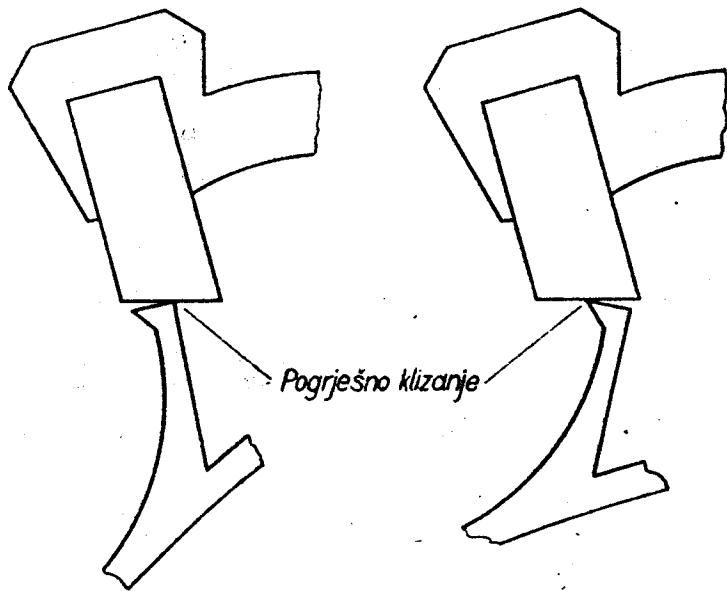
nakon čišćenja počinju sve više i više zaostajati. Takav sat, koji je nakon čišćenja imao sasvim čisti zvuk, čini se, da sad udara, kao da nemirnica u nešto struže. Razlog je tome prije spomenuto pogrešno klizanje. Uzrok tomu zvuku može biti i nedovoljno polirani urez vilice, na što treba naročito paziti, jer skoro svi ručni satovi sa čeličnim sidrom, osim najfinijih, imaju navedenu pogrešku. Kod repasaže ili popravka treba ureze takovih vilica polirati tankim, mekanim perom od njihala. Prije poliranja treba ustanoviti, nije li moguće sidro od mjedi, jer ga u tom slučaju moramo oprezno polirati, da ne bi raširili urez vilica, te time prouzrokovali novu pogrešku.

Razlog prije navedenom pogrešnom klizanju za vrijeme faze dizanja jest — ako su inače pad i privlačivost u redu, — krivi nagib plohe dizanja kamena. Ispraviti se može samo mijenjanjem kamena.

Kod sidrenog sata treba paziti, da dijelovi zapreke, t. j. sidreni kotač, sidro i nemirnica, nemaju previše bočne i visinske zračnosti. Bočna zračnost je ona, koju ima vršak u samom ležaju, a smije iznositi kod nemirnice 6—10 stup. (vidi sl. 46). Visinska zračnost je ona, koju osovina ima između gornjeg i donjeg ležaja, a smije biti samo tolika, kolik je promjer vrška.



Sl. 44. Pogrješno klizanje,
plohe se poklope



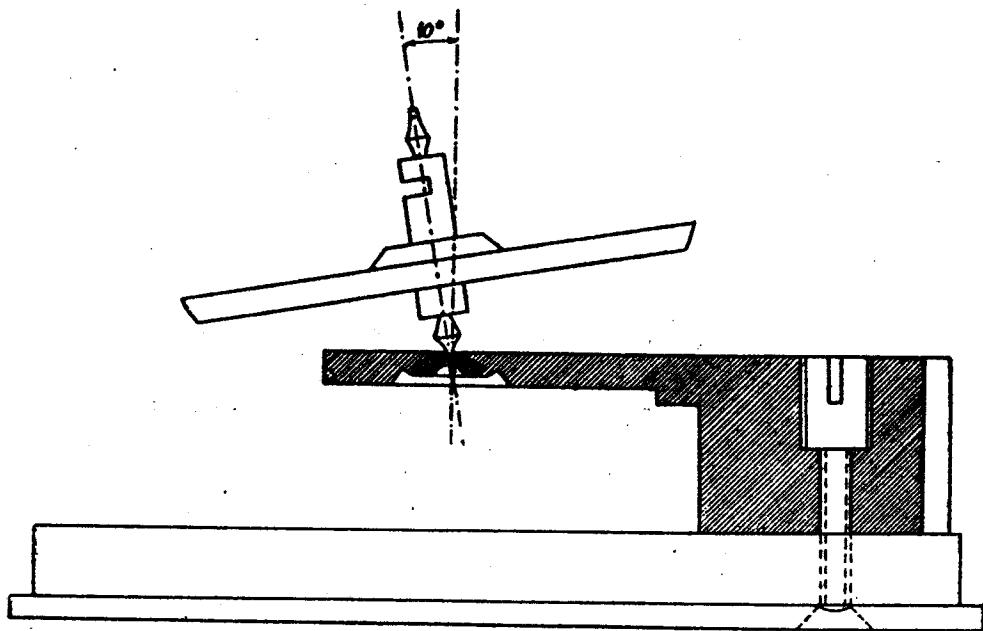
Sl. 45. Dvije vrste pogrešnoga
klizanja

Bočnu zračnost iskušamo tako, da vršak nemirnice umetnemo s obratne strane u ležaj, t. j. s one strane gdje su poklopni kameni, te pazimo, koliki će nagib zauzeti nemirnica (sl. 46). Ona mora kod okretanja na svim stranama imati isti nagib od sredine, a to je kod sidrenog sata 6 do 7 stupnjeva, a kod cilindarskog sata 8 do 10 stupnjeva (slika 46). Ako taj nagib nije na sve strane jednak, a vršak je ispravan, onda ili ležajni kamen nije ravno umetnut, ili mu je rupa krivo bušena. U tom slučaju treba kamen izmijeniti. Bočna zračnost ne smije ni u kojem slučaju biti tolika, da nemirnica kod iskušavanja legne na platinu ili mostić.

Bočna zračnost pokretnoga kamena u vilici smije biti jeda osjetljiva. Previše bočne zračnosti, t. j. u slučaju ako je urez vilice preširok, dovodi do smanjivanja impulsa.

Radi pravilnog djelovanja svih zaprečnih dijelova mora kod ručnih satova bočna i visinska zračnost biti obilatija od gore navedenog.

Veličina nemirnice kod sidrenih satova propisna je onda, kad vijenac nemirnice seže do polovice razmaka između ležaja sidra i sidrenoga kotača. Obzirom na to, da je kod ručnih satova, manjih od 12 linija, t. j. 27 mm promjera, radi skučenosti pro-



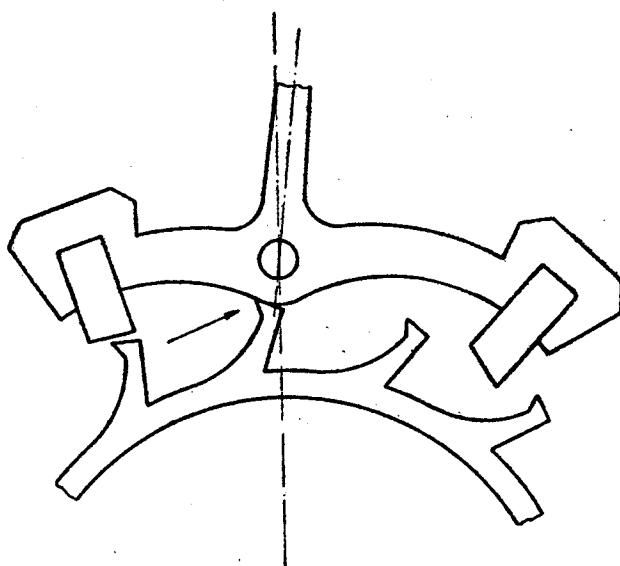
Sl. 46. Ispitivanje bočne zračnosti

stora to teško postići, nemirnica kod malo kojeg ručnog sata ispunjava taj uvjet. To je jedan od glavnih razloga, što se sa ručnim satovima ne postizavaju oni rezultati kao sa džepnima. Kod džepnih satova proizvođači se također ne drže uvijek toga propisa, iz trgovачkih razloga, iako je to na štetu točnosti sata. Kod sidrenog sata je svaka pojedinost važna, pa i najmanja nepravilnost dovodi do težih posljedica tako, da pogrešan sidreni sat daje slabije rezultate nego ispravan cilindarski sat.

Česta je pogreška kod novih satova sa sidrenom zaprekom, da kod dizanja vilica legne prije na granični zatik, negoli zubac sidrenoga kotača otpadne od sidrenoga kamena. Ta se pogreška

očituje tako, da sat nekad stane i sam opet krene, a teško je uloviti ga u momentu kad stoji. Kad mičemo sidro, svi zupci otpadnu od sidrenih kameni, ali ako našiljenim drvcem pritisnemo u urez vilice tako, da sidro približimo sidrenom kotaču, opazit ćemo, da pojedini zupci zapnu. U tom slučaju treba malo odmaknuti granični zatik. Ovu pogrešku može prouzročiti i preduboko mirovanje, t.j. ako zubac sidrenoga kotača padne preduboko na plohu mirovanja.

Ako je zahvat dubok između sidrenoga kotača i sidrenih kameni, treba to ispraviti tako, da se **oba sidrena kamena gurnu**



Sl. 47. Zubac sidrenoga kotača struže u sidro

dublje u sidro. Kad bismo na jednom kamenu ispravili zahvat, postigli bismo također svrhu, ali bismo prouzrokovali novu pogrešku. Mrtvo gibanje ne bi bilo više na objema stranama jednak: na jednom graničnom zatiku bilo bi veće, a na drugom manje i ne bi se odvijalo u istoj udaljenosti od središnjice. Kod plitkoga zahvata treba isto tako **izvući oba sidrena kamena**. Samo ako je pogreška vrlo mala, može se ispraviti samo pomicanjem jednoga kamena.

Može biti slučaj, da je zahvat na jednom kamenu ispravan, a na drugom dubok. U tom slučaju neispravan je nagib jedne plohe dizanja sidrenoga kamena. Prema klizanju zupca po plohi

dizanja ustanovit ćemo, koji je kamen pogrešan, i izmijenit ćemo ga.

Kod pregleda zapreke treba paziti, da stražnji šiljci zubaca sidrenoga kotača na stružu u sidro, i to na izbočini oko rupe za osovinu sidra (slika 47.). To iskušamo također na taj način, da našiljenim drvcem pritisnemo sidro prema sidrenom kotaču te micanjem sidra amo i tamo pazimo, da li koji zubac zapinje u nutrini sidra.

Kod vrlo uskih, dugoljastih strojeva (Baguette) izrezana je platina tako, da se zupci prenosnoga kotača (Minuterie, Wechselrad), nalaze ispod ulaznog sidrenog kamena. Treba paziti, da na zupcima prenosnoga kotača nema nikakvih neravnosti, u koje bi kamen strugao. Isto tako ne smije na sidrenom kamenu biti izbočina od šelaka, koja bi strugala u prenosni kotač. To su pogreške, koje je vrlo teško otkriti, a očituju se velikim zaostajanjem sata, koji stane i sam opet kreće.

Slobodna sidrena zapreka sa zaticima

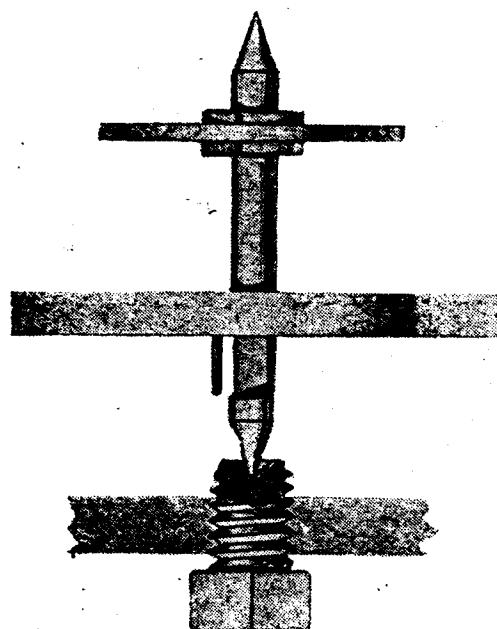
(Tabla IV. i sl. 48.).

Sidreni kotač A slobodne sidrene zapreke sa zaticima ima niske široke zupce, na kojima su kose, naprijed nagnute plohe dizanja B. Okomito na sidro umetnuti su ulazni i izlazni sidreni zatik C i C₁, koji zamjenjuju sidrene kamene. Radi toga se dizanje izvršava kod ove zapreke samo na zupcima kotača. Pokret sidra ne ograničuju granični zatici, nego vijenac A1 sidrenoga kotača. Plohe mirovanja D ne nalaze se u radijalnom smjeru sidrenoga kotača, nego su nagnute u njegovu smjeru okretanja otprilike za 18 stupnjeva.

Na slici nalazi se izlazni sidreni zatik C₁ u fazi dizanja, te klizi po plohi dizanja zupca. U toj fazi pokretni zatik E nalazi se u vilici a, ploha dizanja zupca 4 prebaci sidro na drugu stranu. Bočna strana ureza vilice udari pokretni zatik, koji se nalazi na nemirnici, te ju potjera u njenom okretnom smjeru. Sada je zubac 4 otpao od izlaznog sidrenog zatika, a zubac 1 legao je

s malim padom na ulazni sidreni zatik. Obzirom na nagib plohe mirovanja, zubac privuče sidreni zatik do vijenca kotača tako, da se vilica odmakne od osovine nemirnice, koja je nakon toga slobodna u svom njihaju.

Zapreke sa zaticima imaju mjesto pokretne ploče, u većini slučajeva, samo navedeni pokretni zatik (slika 48), koji se nalazi pričvršćen na prečki nemirnice, i to u takvom položaju, da se nalazi točno ispred izreza na osovini nemirnice (sl. 30). Izrez na osovini nemirnice omogućuje gibanje vilice u fazi iskopča-

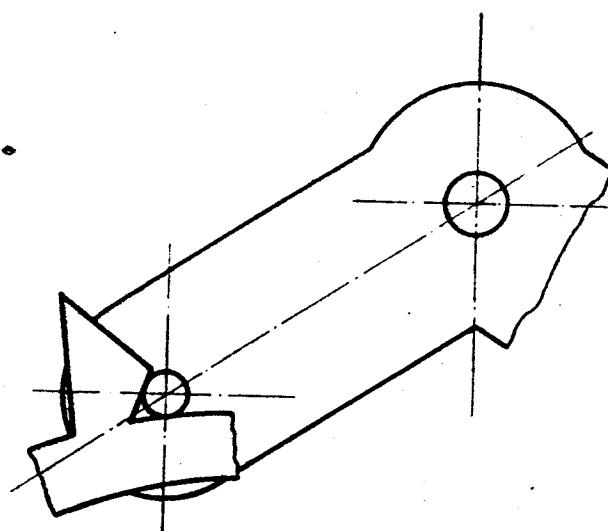


Sl. 48. Nemirnica sidrene zapreke sa zaticima

vanja. U svakom drugom položaju nutarnji šiljci vilice legnu na osovinu te onemogućuju samostalno iskopčavanje. Vanjski šiljci vilice ograničuju njihaje nemirnice.

Kod popravka zapreke sa zaticima treba postupati isto kao i kod sidrene zapreke. Iskušati treba privlačljivost, pregledati pad i mrtvo gibanje. Privlačljivost je ovisna o veličini privlačnoga kuta i o debљini sidrenih zatika. Kad sidro, koje leži u fazi mirovanja, pomaknemo tako da sidreni zatik klizi po plohi mirovanja, a ispustimo ga prije nego priđe na plohu dizanja, ono mora uslijed privlačne sile opet skočiti u svoj prijašnji do-

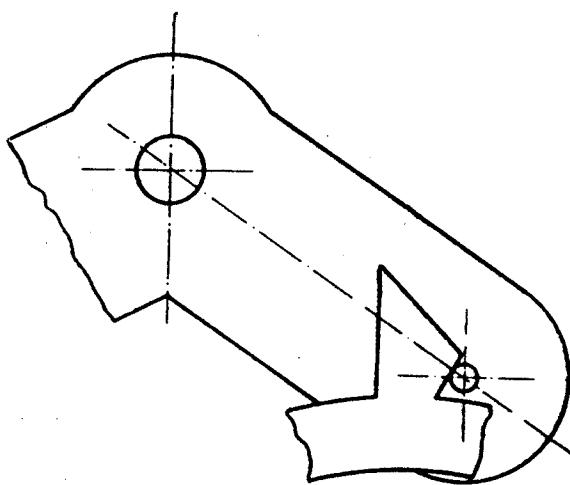
ložaj. Kod debelih sidrenih zatika (sl. 49) »privlačna sila« ne može zbog jačega trenja ispravno djelovati, a to je česti razlog zastoja sata s takvom zaprekom. Obzirom na to, da su plohe mirovanja, koje se nalaze na zupcima zaprečnoga kotača niske, to je i mrtvo gibanje ovisno o debljini sidrenih zatika. Mrtvo gibanje zove se onaj pokret, koji sidro napravi od časa kad zubac s plohom mirovanja padne na sidreni zatik (slika 50), do časa kad uslijed sile privlačenja sidreni zatik legne na vijenac kotača (slika 51). Kad bi sidreni zatik bio još jedan put tako debeo, mrvoga gibanja ne bi bilo, ali ni sat ne bi išao, jer



Sl. 49. Debeli sidreni zatik

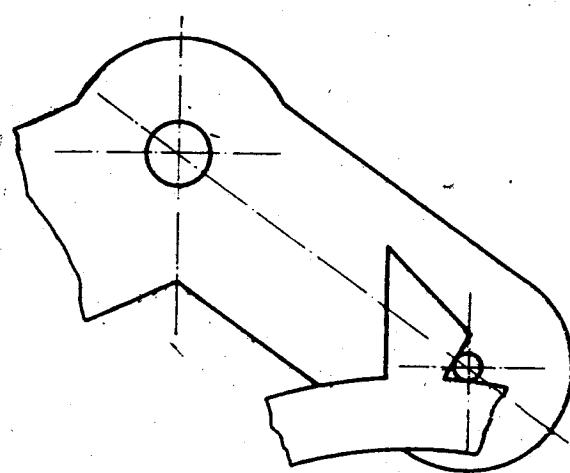
mrvvo gibanje omogućuje, da svaki zubac otpadne od sidrenoga zatika. Slika 50 prikazuje nam momenat pada zupca na sidreni zatik, i to s ispravnom dubinom mirovanja. Na slici 51 mirovanje je preduboko. Zubac zaprečnog kotača pao je svojom plohom mirovanja tako duboko na sidreni zatik, da nije ostalo zračnosti za mrvvo gibanje. Slika 52. prikazuje nam plitko mirovanje. Zubac je pao na sam ugao između plohe dizanja i plohe mirovanja tako, da ploha mirovanja ne može privući sidreni zatik, koji radi toga klizne na plohu dizanja. Plitko kao i duboko mirovanje treba ispraviti, jer dovode do zastoja sata. Dubina mirovanja označuje zahvat između sidrenoga kotača i sidra, te

se može govoriti i o plitkom ili dubokom zahvatu sidra. Plitki ili duboki zahvat sidra ispravi se savijanjem sidrenih zatika.



Sl. 50. Ispravni zahvat sidra kod zapreke sa zaticima

Pad mora biti na objema zaticima jednak, a ovisan je o razmaku sidrenih zatika. Ako je pad na izlaznom zatiku veći, treba savijanjem zatika povećati njihov međusobni razmak. Ako

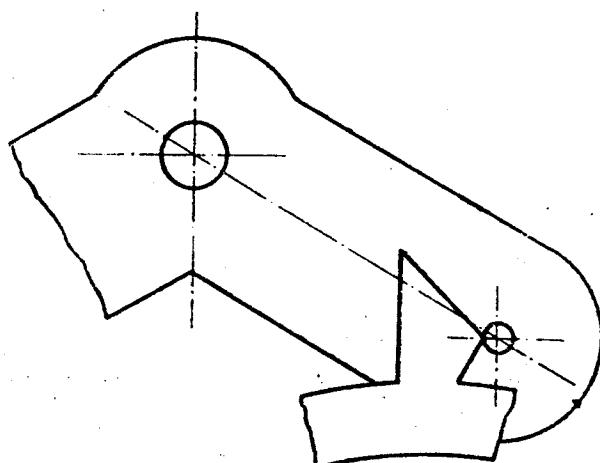


Sl. 51. Duboki zahvat sidra kod zapreke sa zaticima

je pad na ulaznom zatiku veći, treba savijanjem umanjiti njihov međusobni razmak. Važno je, da onaj dio zatika, koji hvata u

zupce zaprečnoga kotača, ostane i nakon savijanja u okomitom položaju. To se postiže koljenčastim savijanjem.

Zaprečni zataci su od čelika te moraju biti čim tanji i dobro polirani. Ako je i zaprečni kotač od čelika, onda treba zupce dobro napoljiti, jer je trenje najjače među onim plohamama, koje su od istog materijala.



Sl. 52. Plitki zahvat sidra kod zapreke sa zaticima

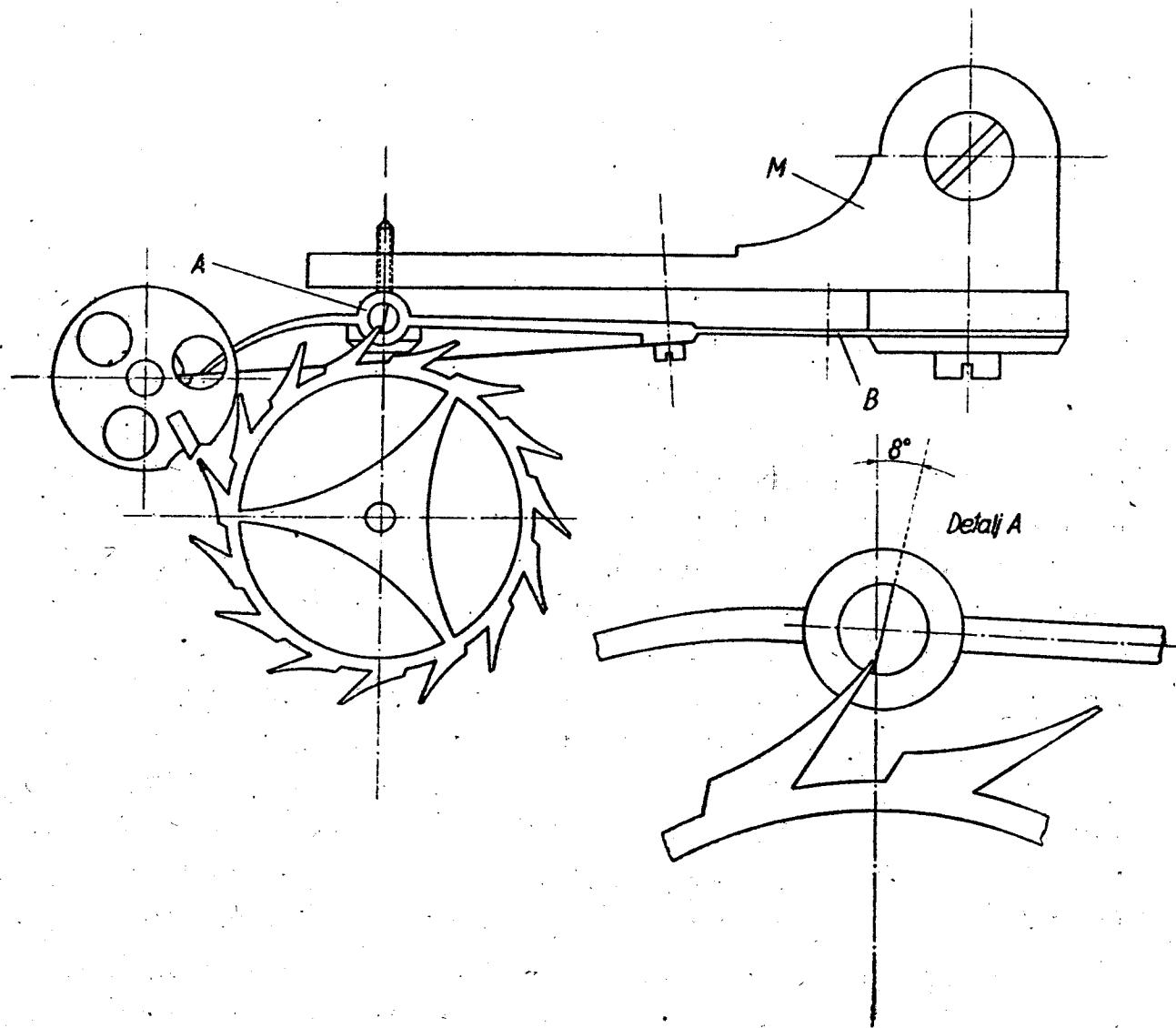
Kronometarska zapreka (Tabla V.)

(Pierre Le Roy)

Od svih do sada opisanih zapreka najbolje rezultate postizava kronometarska zapreka. Zaprečni kotač ove zapreke prenosi izravno kod svakog lijevog polunjhaja impulse na hodni regulator. Za vrijeme trajanja desnog polunjhaja hodni je regulator potpuno slobodan od svakog upliva zapreke. Prema konstrukciji razlikujemo **kronometarsku zapreku s polugom** (tabla V.) i **kronometarsku zapreku s perom** (sl. 53.).

Zaprečni kotač kronometarske zapreke ima šiljaste, naprijed nagnute zupce, a zove se kronometarski kotač. Kod kronometarske zapreke s polugom (tabla V.) u fazi mirovanja, zubac 1 kronometarskoga kotača leži na polucilindričnom kamenu

mirovanja A, koji je pričvršćen na poluzi mirovanja B. Zaprečna poluga mirovanja B čvrsto sjedi na osovini a, te se njiše među ležajima. Mala spirala b, koja je pričvršćena na osovini a, pritiska polugu s kamenom mirovanja među zupce kronometarskoga kotača.



Sl. 53. Kronometarska zapreka s perom

Razlika između kronometarske zapreke na polugu i kronometarske zapreke na pero (sl. 53) je ta, da se kod ove posljednje kamen mirovanja ne nalazi na zaprečnoj poluzi mirovanja, koja se njiše među ležajima, nego na **kronometarskom zaprečnom peru B**, koje čvrsto sjedi na jednom mostiću M. Obje vrste kronometarskih zapreka djeluju na isti način.

Na osovini nemirnice c, (tabla V) sjedi ploča dizanja C, na kojoj se nalazi kamen dizanja D, koji u prikazanom položaju uz malu zračnost prolazi između zubaca kronometarskoga kotača 2 i 3. Ispod ploče dizanja, na osovini nemirnice sjedi ploča iskopčavanja E, na kojoj se nalazi kamen iskopčavanja F. Na polugu mirovanja pričvršćeno je tanko, zlatno pero iskopčavanja G (tako se zove, jer je izrađeno od zlata), koje seže do kamena iskopčavanja F. Kod kronometarske zapreke s perom zlatno pero iskopčavanja pričvršćeno je na zaprečno pero. Kod svakog lijevog polunjihaja nemirnice kamen iskopčavanja F udari u zlatno pero iskopčavanja G, te ga povuče sa sobom. Kod toga se poluga mirovanja B pomakla, a kamen mirovanja A odmaknuo se od zupca 1, koji je na njemu ležao, tako da je kronometarski kotač sada slobodan. On u svom okretanju udari sa zupcem 3 u kamen dizanja D, koji se u toj fazi nalazi ispred zupca, te ga potjera u njegovu smjeru okretanja. Sada je nemirnica dobila impuls, te je za ostalo vrijeme trajanja njihaja potpuno slobodna od utjecaja zapreke. Kamen mirovanja F ispušto je međutim polugu mirovanja B, koja je uslijed djelovanja spirale skočila u svoj prijašnji položaj. Zubac 2 legao je na to s malim padom na kamen mirovanja A. Kod povratnog njihaja nemirnice kamen iskopčavanja udari s vanjske strane u zlatno pero te ga malo odmakne od poluge mirovanja i odmah ispusti. Nemirnica opet dovršava svoj njihaj bez ikakvog upliva zapreke. Kod opetovana lijevog njihaja, u času prolaza kamena dizanja D, kroz središnjicu ležaja nemirnice i kronometarskog kotača ponavlja se iskopčavanje i dizanje iznova.

Dubina zahvata kronometarskoga kotača u kamen mirovanja regulira se pomoću ekscentričnog vijka H. Ploha kamena mirovanja ima nagib od 8 stupnjeva tako, da je mirovanje zupca osigurano »privlačljivošću«. Dubina mirovanja t. j. **pad zupca na kamen mirovanja**, iznosi kod kronometarske zapreke s polugom jednu i pol širine zubnoga šiljka kronometarskoga kotača, a kod zapreke s perom dvije širine šiljka zupca. Zupci kronometarskoga kotača moraju imati takav nagib, da sa šiljkom udare u plohu kamena dizanja, a nikako ne smije prednji profil

zupca udariti u šiljak kama dizanja. Nagib prednjeg profila zupca je otprilike 33 stupnja.

Obod ploče dizanja C služi kao osigurač, jer u slučaju samostalnog iskopčavanja zubac kronometarskog kotača legne na obod ploče dizanja. Ploča dizanja ima radi svojega velikog promjera tri veće rupe, tako da bude lakša.

Kronometarski kotač i pero iskopčavanja moraju biti od mјedenih ili zlatnih slitina, a kameni mirovanja, dizanja i iskopčavnja moraju biti od dragoga kamenja. Radi toga ne treba i ne smiju se uljiti zaprečni dijelovi, a to je velika prednost kronometarske zapreke prema drugim zaprekama, jer nije ovisna o promjenljivosti stanja ulja. Ako su navedeni dijelovi od čelika, treba ih izmijeniti.

Kod pregleda i popravka kronometra treba postupati vrlo savjesno, pa ako se ne raspolaže s dovoljno znanja, bolje je prepustiti popravak kronometra iskusnom stručnjaku.

Svaki put, kad se kod popravka ili pregleda izvadi mostić s nemirnicom, treba iskopčati pogonsko pero. Mnogo je kronometara uništeno radi toga, jer se nije osigurao kronometarski kotač prije vađenja nemirnice. Kod vađenja nemirnice poluga se mirovanja odmakne od kronometarskog kotača, koji uslijed djelovanja pogonske sile može u svom okretanju prebiti kamen mirovanja i šiljke svojih zubaca.

Kad zubac 3 padne na kamen dizanja D, kamen iskopčavanja F ne smije istodobno ispustiti pero iskopčavanja G, nego tek nakon što nemirnica napravi još jedan mali pokret, otprilike 1 mm. Ako ga ispusti istodobno, onda treba pero iskopčavnja produljiti prema kamenu iskopčavanja. Ako nemirnica mora napraviti veći pokret od navedenog, prije nego kamen iskopčavanja ispusti pero G, treba pero skratiti. Kamen dizanja D mora stajati u takvom kutu prema kamenu iskopčavanja F, da, kad zubac 1 otpadne od kamena mirovanja A, šiljak zupca 3 mora stajati sasvim blizu iza kamena dizanja D. Između njih je dovoljna tolika zračnost, da ne padne prednji profil, nego šiljak zupca na kamen dizanja. U takvom slučaju iskorišćeno je dizanje u najvećoj mjeri. Ako je zračnost veća, treba okrenuti

na osovini ploču dizanja C prema ploči iskopčavanja E, tako da se kameni dizanja i iskopčavanja međusobno udalje. Ako kod iskopčavanja, kad žubac 1 otpadne od kamena mirovanja A, žubac 3 stoji ispred kamena dizanja D, t. j. u položaju na slici, djelovanje zapreke je nemoguće, jer zubac 3, mjesto da legne na plohu dizanja, udari u udubinu ploče dizanja. U takvom slučaju treba ploču dizanja tako okrenuti, da se kameni dizanja i iskopčavanja međusobno približe. Ploča iskopčavanja sploštena je na dvije strane tako, da se može čvrsto primiti kod okretanja. U fazi mirovanja ploča dizanja C mora se s malom zračnošću okrećati između žubaca 2 i 3. Tu zračnost treba ispitati između svih žubaca.

Kad zubac 3 otpadne od kamena dizanja D, zubac 2 mora pasti s malim padom na kamen mirovanja A. Ako je taj pad velik, treba izvući (produljiti) kamen dizanja D, a ako je pad premalen, treba kamen D skratiti.

Kamen iskopčavanja F ne smije strugati u završni dio poluge mirovanja B, na kojem leži naslonjeno pero iskopčavanja G. Najosjetljivija točka kronometra je zahvat kamena iskopčavanja F u pero iskopčavanja G. Taj zahvat mora početi malo iza središnjice. Vodstvo mora biti tako veliko, da se kamen mirovanja za dvije dubine mirovanja odmakne od kronometarskoga kotača. Ako zahvat počinje prije središnjice, treba malo izbrusiti završni dio poluge mirovanja B, na kojem leži pero iskopčavanja G.

Spiralu zaprečne poluge mirovanja, koja ima 4 do 6 zavoja veličine spirale srednjeg ručnog sata, treba napeti za jednu osminu zavoja. Kod kronometarske zapreke na pero zaprečno pero mora biti napeto za 10 do 15 stupnjeva.

Spiralu na nemirnici treba tako postaviti, da, kad nemirnica stoji na mrtvoj točki, kamen iskopčavanja F mora stajati uz zlatno pero G.

Njihaji nemirnice ne smiju biti veći od 540 stupnjeva, a najbolji se rezultati postizavaju s veličinom njihaja od 440 stupnjeva, jer je kod te veličine njihaja nemirnica skoro neosjetljiva na neizjednačenost težišta.

Uza sve prednosti kronometarska zapreka ipak nije podešna kod satova, koji se nose. Obzirom na to, da se dizanje izvršava samo u jednom pravcu te da je nemirnica kod kronometra teža negoli kod sidrene zapreke, kronometar se dade lako ustaviti uslijed potresa ili udarca sa strane na sat. Osim toga, ako se nemirnica prejako zanjiše, t. j. preko 540 stupnjeva, onda ona u jednom njihaju izvrši dva puta iskopčavanje. Ova pogreška zove se galopiranje kronometra, a posljedica je, da sat brza. Ova se pogreška može spriječiti zasebnom napravom kod velikih pronometara. Okomito na prečku nemirnice umetnut je jedan zatik. Okomito prema dolje na mostiću nemirnice su umetnuta dva zatika, jedan uz drugi. Razmak među njima je toliki, da zatik na nemirnici prolazi kod njihanja nemirnice između zatika na mostiću. Na najvećem zavoju spirale pričvršćen je jedan zatik vodoravno s površinom spirale u takvom položaju, da, kad nemirnica postigne stanovitu veličinu njihaja, koju ne smije prekoračiti radi galopiranja, zatik na spirali dođe pred zatike na mostiću. Zbog toga zatik nemirnice ne može proći kroz zatike na mostiću, nego udari u zatik spirale i odbije se natrag. Ovakovu napravu mogu imati samo kronometri s teškom nemirnicom, koja ima dovoljno čvrstu spiralu, da se na nju može pričvrstiti zatik.

Kronometarska zapreka na pero postizava veću točnost od kronometarske zapreke na polugu, jer je mnogo jednostavnija. Kod nje otpada trenje i bočna zračnost ležaja osovine zaprečne poluge, kao i ovisnost o stanju ulja u istim ležajima. Nadalje ne treba posebne spirale, jer zaprečno pero samo zamjenjuje djelovanje spirale.

Loše su joj strane, da se uslijed vibriranja zaprečnog pera lako izvrši samostalno iskopčanje. Osim toga, zaprečno pero ne djeluje u svim položajima, koje sat može zauzeti, jednako na zapreku, poradi neizjednačenosti težine. To oteščava reguliranje razlike u položajima. Zaprečno pero je vrlo osjetljivo, te se lako ošteti.

Radi navedenog, upotrebljava se kronometarska zapreka na pero većinom kod pomorskih kronometara, koji su obješeni na

Kardanovoj napravi. Kardanova naprava omogućuje, da se kromometar nalazi uvijek u horizontalnom položaju bez obzira na valjanje broda.

Prednosti kromometarske zapreke na polugu jesu, da se poluga mirovanja dade tako izjednačiti, da joj težište pada u njenu osovinu, što omogućuje postizavanje točnosti u raznim položajima. Osim toga oteščano je samostalno iskopčavanje zbog ravnoteže poluge mirovanja i zbog djelovanja spirale. Zato je kromometarska zapreka na polugu podesnija za satove, koji se nose.

Neke kromometarske zapreke na polugu imaju na poluzi mirovanja mjesto spirale produljeno zlatno pero. Završni dio pera nalazi se u urezu platine tako savit, da pritiska polugu mirovanja među zupce kromometarskoga kotača.

8. SPIRALA

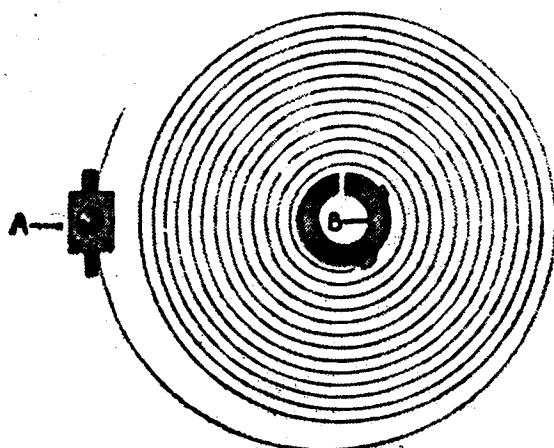
(Christan Huygens 1658.)

O spirali, t. j. o njenoj tvrdoći, elastičnosti, ispravnoj jakosti (dimenziji) i obliku posljednjeg zavoja ovisi točnost svakoga sata. Dobra je ona spirala, koja se dade razvući za dvostruku visinu svoga promjera, a da nakon toga bude opet vodoravna, a njeni zavoji svuda jednako međusobno udaljeni. Najmanja točka rde na spirali smanjuje njenu sposobnost održanja jednoličnog djelovanja, jer je spirala na mjestu izgriženom od rde slabija.

Spirala se mora okretati potpuno centrično, a na nemirnici mora ležati sasvim vodoravno. To ćemo iskušati tako, da nemirnicu sa spiralom umetnemo u šestar za ravnjanja (Calibre, Rundlaufzirkel), te okrećući nemirnicu, promatramo sa strane spiralu. Ako opazimo, da se spirala kod okretanja diže i spušta, znak je, da ne leži vodoravno, zato ćemo ravnanjem prvoga spiralnoga zavoja to ispraviti. Zatim, gledajući koso na spiralu, pazimo, da li se okreće centrično. To možemo ustanoviti samo na nutarnjim zavojima, jer se vanjski zavoji razvuku kod okre-

tanja prema vani. Iako zavoji spirale nisu pravilne kružnice, ipak se vježbom može ustanoviti, da li se spirala okreće centrično ili ne. U slučaju potrebe ta se pogreška također ispravi na prvom zavoju spirale, kod spiralnog valjka, na kojem je spirala pričvršćena. Spirala se mora okretati potpuno jednolično obzirom na to, da su svi njeni zavoji međusobno jednak razmaknuti. Opazimo li, da se zavoji, gledani koso od gore, dižu i spuštaju, znak je, da prva polovina zavoja oko spiralnog valjka nije propisno savinuta, te samo na tom dijelu zavoja smijemo to izravnati.

Koliko zavoja mora imati spirala, ovisi o gustoći njenih zavoja. Kod cilindarskog sata bolja je rijetka spirala sa 8 do



Sl. 54. Plosnata spirala

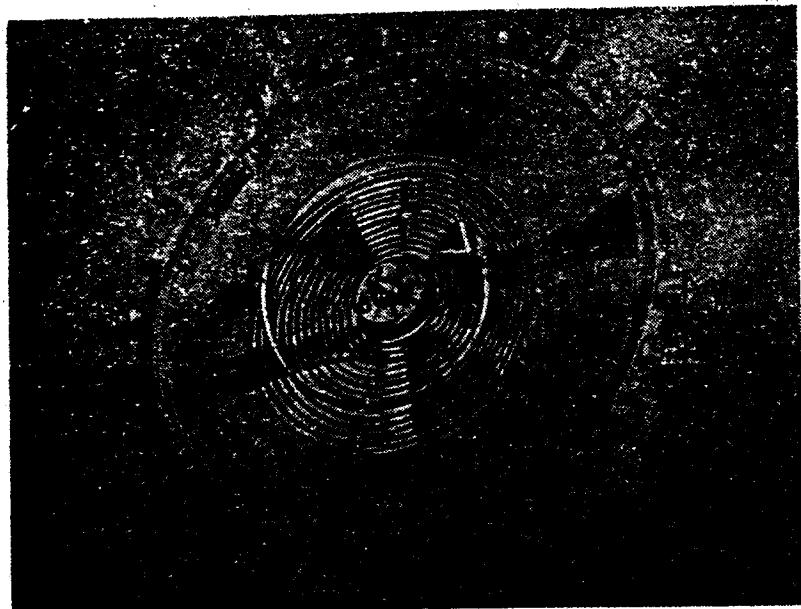
9 zavoja. Plosnata spirala (sl. 54.) sidrenog sata treba 11 do 12 zavoja. Jako gusta spirala sa 13 do 15 zavoja ima već svojstvo tijela s vlastitom težinom, koja prouzrokuje mnoge neredovitosti sata u raznim položajima, osobito kod nošenja, kada je sat izložen raznim potresima.

Promjer Breguetove spirale (sl. 55) smije iznositi najviše $\frac{2}{3}$ promjera nemirnice. Breguetovom spiralom zovemo onu, kod koje je posljednji zavoj gore savinut, te se nalazi iznad ostalih zavoja, za razliku od plosnate spirale, kod koje se svi zavoji nalaze u istoj površini.

Na mostiću nemirnice nalazi se kompas (regulator vidi sliku 2), koji služi za reguliranje malih razlika hoda. Na kompasu

se nalazi spiralna vilica, u kojoj se nalazi posljednji zavoj spirale. Kraj spirale pričvršćen je na **spiralni trupac** (vidi sliku 54/A i 55/A), koji je umetnut na mostić za nemirnicu. Prvi zavoj spirale pričvršćen je na **spiralni valjak** (vidi sliku 54/B), koji sjedi na osovinu nemirnice (vidi sliku 55/B).

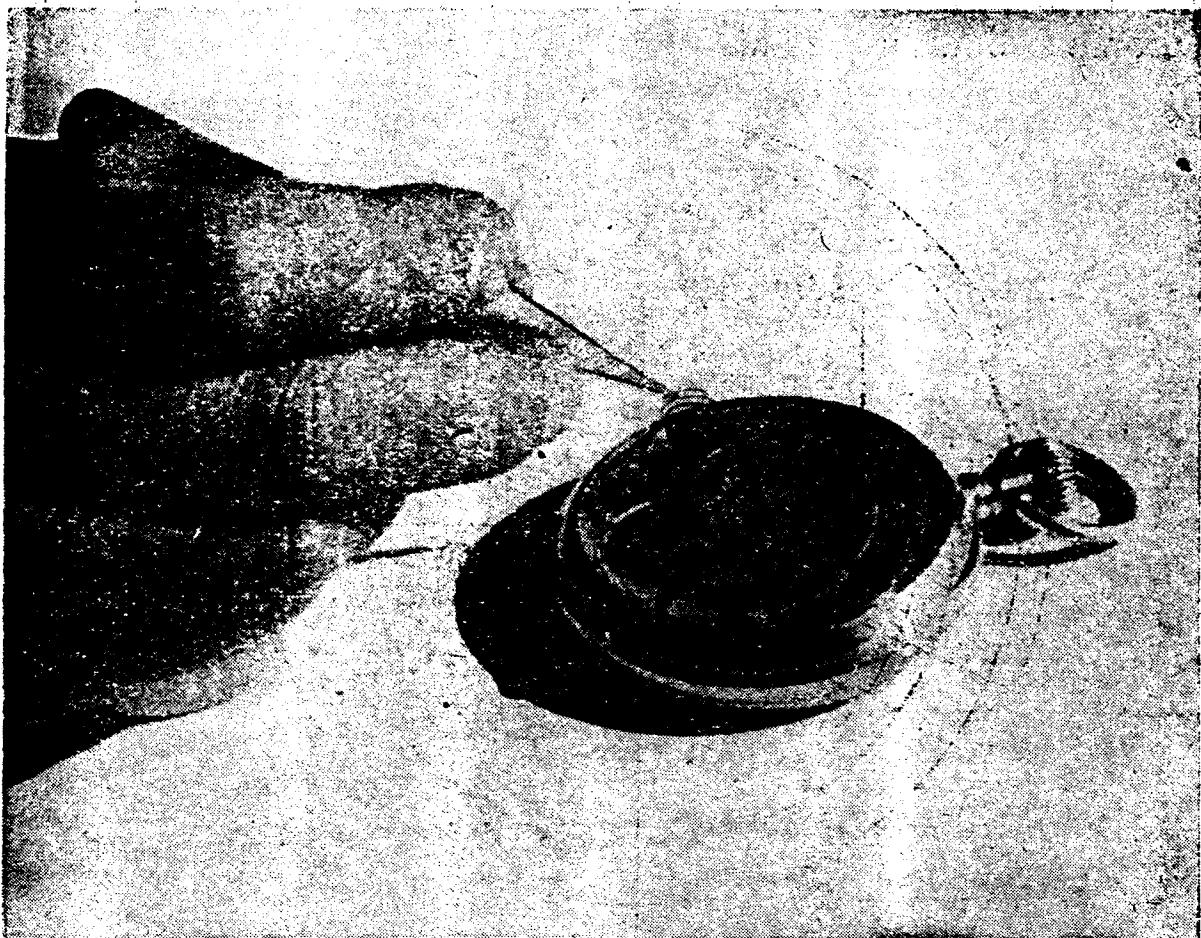
Kod umetanja nove spirale moramo najprije ustanoviti, da li nemirnica ima pravilan broj njihaja u minuti, t. j. 300 polunjihaja. To je slučaj onda, ako zaprečni kotač ima 15 zubaca, a broj zubaca sekundnog kotača odnosi se prema vreteni zaprečnog kotača kao 10:1, na pr. ako kod vretenke sa 6 zubaca



Sl. 55. Breguetova spirala

kotač ima 60 zubaca. Pošto smo to ustanovili, uzet ćemo jednu spiralu, za koju mislimo da će odgovarati, te ćemo je pritisnuti njenim nutarnjim zavojem na spiralni valjak, koji smo prethodno metnuli na osovinu nemirnice. Kako je nutarnji zavoj obično manji od promjera valjka, to spirala privremeno dovoljno drži, da je možemo iskušati. Nakon toga položimo donji vršak nemirnice na staklo, te uzevši spiralu na zadnjem zavoju, povučemo ju uvis tako, da donji vršak leži na staklu, ali da nemirnica lebdi. Nemirnicu zanjišemo, a njene njihaje uspostavljemo s njihajima nemirnice nekog drugog sata s istim bro-

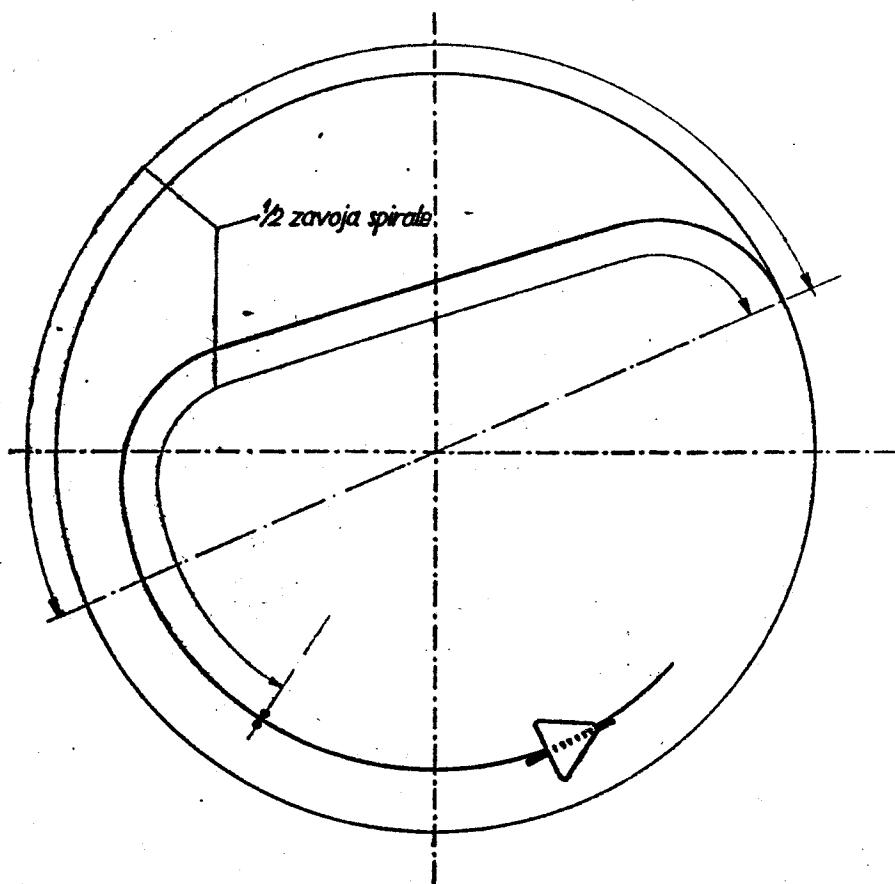
jem njihaja u minuti. Još je bolje, ako imamo sat, kojemu smo sa stražnje strane umjesto poklopca napravili obruč sa staklom, te nemirnicu s novom spiralom postavimo okomito nad nemirnicu ovog sata. S malo vježbe mogu se ustanoviti najmanje razlike među njihajima obiju nemirnica te pronaći prava duljina spirale.



Sl. 56. Brojenje njihaja kod umetanja nove spirale

Kod sata, koji nema pravilan broj njihaja, ne možemo uspoređivati njihaje, jer nemamo drugog sata s istim brojem njihaja. Kod takvog sata moramo njihaje brojiti. Pošto smo izračunali broj njihaja u minuti, uzmemو nemirnicu s novo izabranom spiralom te je položimo na staklo točnoga sata sa sekundnim kazalom (slika 56). Povukavši spiralu uvis, zanjišemo nemirnicu te čekamo dok sekundno kazalo dode na dulju crtu, t. j. kod 5, 10, 15 i t. d. sekunda. Kod jedne crte počnemo bro-

jiti njihaje te već nakon 20 sekunda brojenja ustanovimo, da li nam nemirnica pravi onoliko njihaja, koliko je potrebno. Nakon kratkog iskušavanja pronađemo točnu duljinu spirale. Ako nakon jednoga minuta brojenja vidimo, da nemirnica pravi potrebnii broj njihaja, dodamo toj duljini još $1/8$ zavoja za plosnatu spiralu, a za Breguetovu spiralu, duljinu od spiralne vilice do spiralnog trupca (vidi sl. 57). Kod mjerjenja moramo paziti, da kompas bude u sredini.

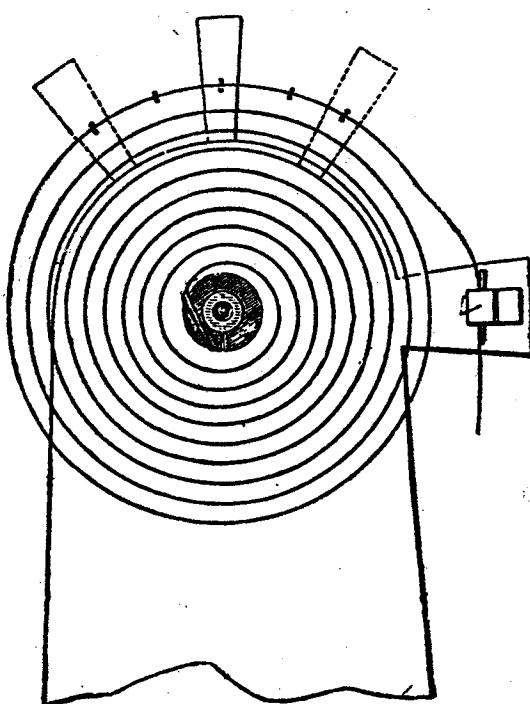


Sl. 57. Phillipsova krivulja sa spiralnom vilicom i spiralnim trupcem

Kompas je kod sata nužno zlo, od kojega kod običnih satova ne možemo odustati; zato moramo nastojati, da loše posljedice, koje prouzrokuje spiralna vilica, svedemo na najmanju moguću mjeru.

Kad za vrijeme hoda promatramo plosnatu spiralu, i to onaj dio, koji se nalazi između vilice i spiralnog trupca, opazit ćemo, da kod svakog onog njihaja, kad se spirala širi, nastoji se navedeni dio spirale svinuti prema spiralnom valjku. Kod njihaja,

kada se spirala uvija, nastoji se navedeni dio svinuti prema vani, i to na polovini razmaka između spiralnog trupca i vilice. Ako kompas pomaknemo na plus, t. j. da sat brže ide, to svijanje bit će još jače, i obrnuto, ako kompas pomaknemo bliže trupcu, bit će slabije. Promatraljući zavoje spirale, opazit ćemo kod svih onih, koji se nalaze u trokutu između spiralnog trupca, vilice i spiralnog valjka, isto svijanje. To znači, da cijela jedna strana spirale vrši povremeni pritisak na vrškove. Samo djelovanje spirale također je neispravno, jer se njeni zavoji iz navedenih razloga nejednako odvijaju. Raširimo li vilicu tako, da spirala .

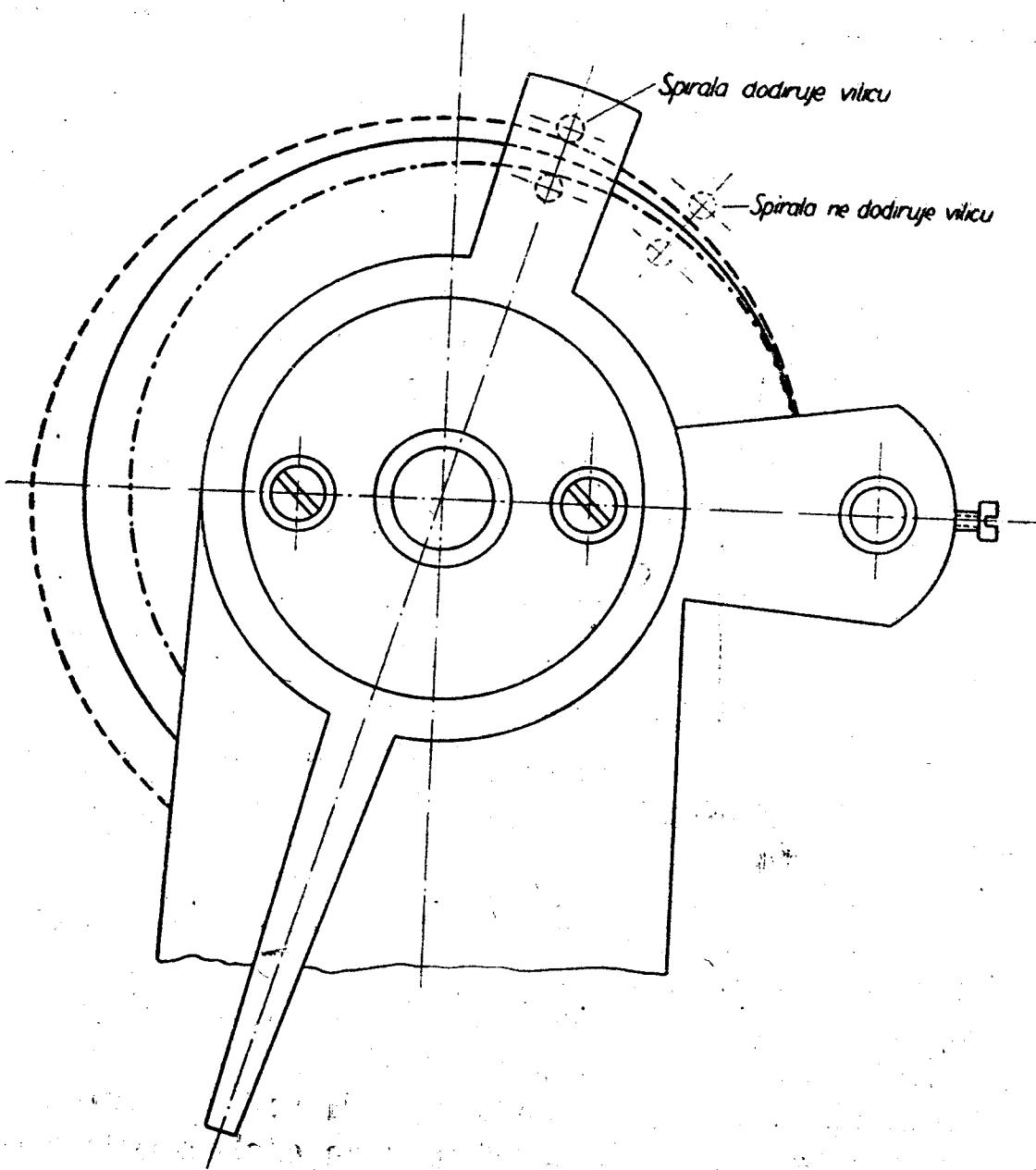


Sl. 58. Ispravan položaj spirale u vilici

u njoj jače igra, opazit ćemo, da se je time to svijanje smanjilo: Prema tome bi izgledalo, da je kod plosnate spirale potrebna široka vilica, ali to je pogrešno, jer široka vilica dovodi do druge, teže pogreške.

Kad nemirnica miruje, mora ovaj zavoj spirale, koji se nalazi u vilici, biti točno u sredini između oba zatika vilice, i to u svim položajima, koje može kompas zauzeti (slika 58). Čim se nemirnica zanjiše, spirala će u vilici igrati. Ako je vilica široka, kod malih njihaja ne će onaj zavoj spirale, koji se nalazi

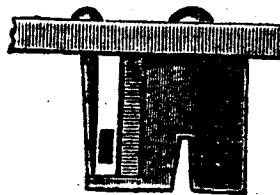
u vilici uopće dodirivati vilicu, a to znači, da na nemirnicu djeluje puna duljina spirale. Kod velikih njihaja udarat će zavoj spirale u oba zatika, što znači, da ne djeluje više puna duljina spirale, nego samo duljina do vilice. Posljedica široke vilice je ova: kod početka njihaja djeluje na nemirnicu puna duljina spirale; zato su njihaji usporeni. Kad nemirnica postigne stanovitu veličinu njihaja, stupa u djelovanje vilica, koja spiralu krati, te time ubrzava njihaje. Dakle, kod jednog te istog njihaja dje-



SI. 59. Djelovanje široke vilice

luju na nemirnicu dvije duljine spirale. Razumljivo je, da s takvim djelovanjem spirale sat ne može imati jednoličan hod. Ako kod sata sa širokom vilicom kompas pomaknemo na minus, t. j. da sat polaganje ide, onaj dio zavoja spirale, koji se nalazi u vilici, ne će vilicu uopće dodirivati. Kad pomičemo kompas natrag prema sredini, doći ćemo do jedne točke, kod koje će zavoj spirale opet udarati u vilicu. Do te točke smo kompas micali, a da uopće nije djelovao, a sada će odjednom djelovati više nego što je potrebno. Kod sata sa širokom vilicom kompas djeluje ili previše ili uopće ne djeluje (vidi sl. 59).

Iz dosada navedenog može se zaključiti, da je za točnost sata bolje, da spirala u vilici uopće ne igra. Radi svijanja onog dijela zavoja između trupca i vilice bolje je opet, da spirala igra u vilici. Stoga treba uzeti kompromisno rješenje, a to je, da plosnata spirala mora igrati u vilici, ali samo za jednu svoju deb-



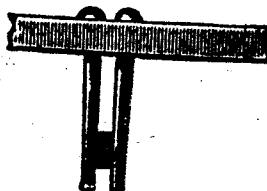
Sl. 60. Igranje plosnate spirale u vilici

ljinu (slika 60), a sat ćećmo tako regulirati, da kompas stoji pomaknut na minus, t. j. da **spiralna vilica bude primaknuta spiralnom trupcu**, jer time manji dio spirale stoji pod uplivom vilice. To je jedini način, da se sa plosnatom spiralom postignu oni rezultati, koje sat prema svojoj kvaliteti može dati. Pravilo je dakle: **igranje plosnate spirale u vilici smije biti jedva vidljivo, a mora biti jednako u svim položajima, koje može kompas zauzeti.**

Ni u kojem slučaju ne smije se sat regulirati tako, da se širi vilica, ako sat brza. Isto tako ne smije se kod sata, koji zaostaje, regulirati na taj način, da se zavoj spirale svine tako, da leži na nutarnjem zatiku vilice te da ne igra. Isto onako, kako zadnji zavoj pritiska na vilicu, tako cijela spirala pritiska s iste strane na vrškove. O tome se možemo lako uvjeriti, ako

spiralu, pošto smo je skinuli s nemirnice, pričvrstimo natrag na mostić, ali da njen zadnji zavoj ne umetnemo u vilicu. Spirala će zauzeti takav položaj na mostiću, da se spiralni valjak neće nalaziti centrično nad ležajem, kako bi morao, nego pomaknut na stranu. Ako pomislimo, da osovina drži spiralu u položaju nad ležajem, a spirala nastoji zauzeti ekscentričan položaj, razumljivo je, da spirala vrši na vrškove vrlo štetan pritisak. Prema tome spiralni valjak mora i bez osovine zauzeti takav položaj, da njegovo središte pada u središte ležaja, a zavoj, koji se nalazi u vilici, mora igrati za jednu svoju debljinu, u svim položajima kompasa. To pravilo vrijedi samo za plosnatu spiralu.

Kod Breguetove spirale stvar je sasvim drugačija. Kako je njen zadnji zavoj svinut iznad ostalog dijela spirale, njegova je udaljenost od spiralnog valjka smanjena; stoga onaj dio spi-

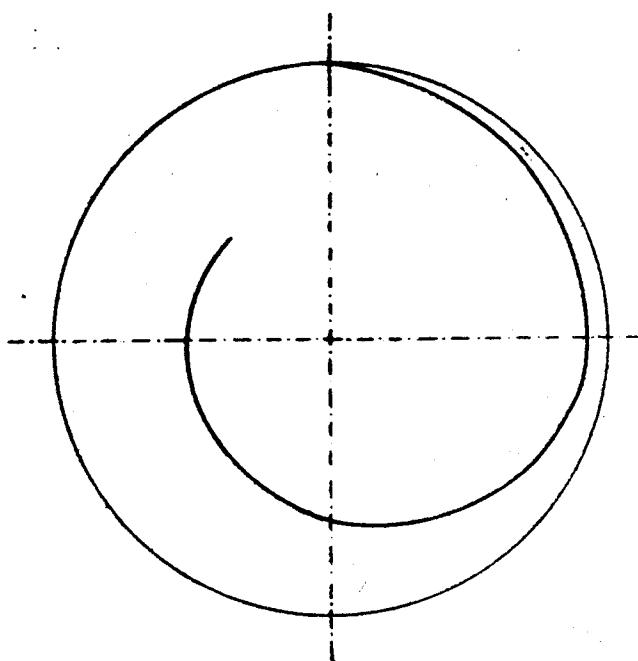


Sl. 61. Igranje Bregue-tove spirale u vilici

rale, koji se nalazi u vilici, pravi mnogo manji pokret negoli isti dio kod plosnate spirale, te bi pogreška, da spirala djelomično uopće ne dodiruje vilicu, došla još jače do izražaja. To je prvi razlog, da **Breguetova spirala ne smije u vilici ni malo igrati**, te se niti s jakom lupom ne smije opaziti najmanji pokret zavoja u vilici (slika 61). Spirala ne smije biti ni ukliješćena. Kad zavoj spirale, koji se nalazi u vilici, pomaknemo gore ili dolje, mora sam od sebe skočiti u svoj prijašnji položaj, ali igrati u vilici ne smije. Isto tako, kad nemirnica miruje, a kompas pomičemo, ne smije spirala mijenjati položaj.

Plosnatom spiralom možemo postići **izokronizam** samo kod neke stanovite duljine, koju je teško ustanoviti. Izokronizam je svojstvo nemirnice ili njihala, da u određenim granicama veliki i mali njihaji imadu jednak trajanje njihaja.

Kod Breguetove spirale postizava se izokronizam pomoću oblika gore savinutog zavoja spirale, koji se zove **završna krivulja**. Prije se je postizavao izokronizam na taj način, da se je mijenjao taj oblik, dok se nije postigao željeni rezultat. Danas se toj krivulji omah daje oblik, koji udovoljava zahtjevima za postignuće izokronizma ustanovljenim u drugoj polovini prošloga stoljeća od Phillipsa te se mnogo lakše postizavaju dobri rezultati. Prema Phillipsovom načelu izrađene su tablice sa slikama svih mogućih završnih krivulja, a nazivljemo ih **Phillipsovim krivuljama** (slika 57 i 62). Duljina jedne takve krivulje iz-

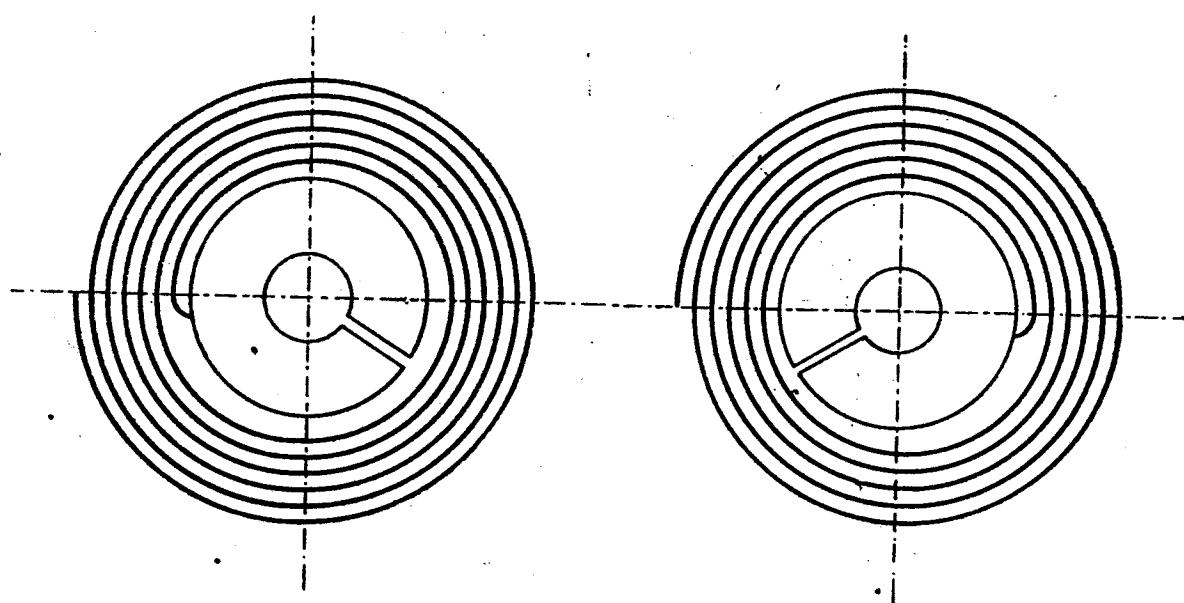


Sl. 62. Phillipsova krivulja

nosi od mjesta, gdje je svinuta gore, pa do vilice, polovicu zadnjeg zavoja spirale, te je to njena duljina djelovanja. Kod pravljenja Breguetove spirale moramo stoga uzeti točno polovicu zadnjeg zavoja, a tome još pridodamo duljinu od vilice do točke pričvršćenja u spiralnom trupcu (vidi sl. 57). Kako je teoretska krivulja izračunana do vilice, a ne do njene točke pričvršćenja, to je ovo drugi razlog, da spirala ne smije ni malo igrati u vilici. Kompas se također ne smije micati iz sredine, ako ne želimo uništiti izokronizam. Isto se tako ne smije mijenjati po volji oblik završne krivulje, jer je njen oblik napravljen

prema točno izračunanim teoretskim tablicama za završne krivulje.

Budući da spirala, kad sat zauzme okomiti položaj, svojom težinom djeluje na nemirnicu, to treba njeni težište tako izravnati, da pada u njeno središte. Ova se ravnoteža postizava prvo pomoću završne krivulje, i drugo, da se kod desne motane spirale (slika 63), točka pričvršćenja prvog zavoja kod spiralnog valjka nalazi s lijeve strane, a kod lijevo motane spirale (slika 64), s desne strane. Kod džepnog sata taj položaj ustavlja se.



Sl. 63. Točka pričvršćenja desno
motane spirale

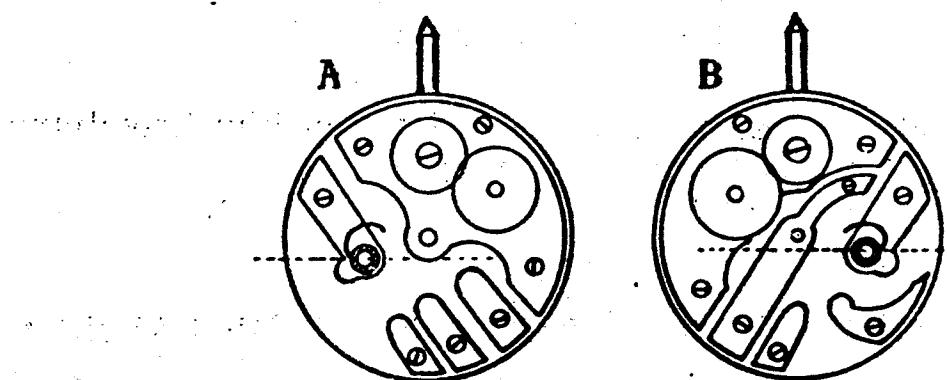
Sl. 64. Točka pričvršćenja lijevo
motane spirale

novit ćemo tako, da sat postavimo u okomit (vertikalni) položaj, a nemirnicu zaustavimo. Kroz središte površine spirale zamislimo crtu. Prva polovina zavoja spirale oko spiralnog valjka mora se nalaziti s gornje strane zamišljene crte (slika 65). Vertikalni položaj kod džepnog sata je položaj s navojnom osovinom okrenutom gore, a to je položaj, koji sat ima, kad je nošen u džepu. Kod ručnih satova, radi čestog mijenjanja položaja, ne može se taj položaj ustanoviti, pa je i to jedna loša strana ručnih satova.

Razumljivo je, da se kod sata sa tako izračunatom završnom krivuljom i mjestom pričvršćenja ne smije sat uopće

spiralizirati jer bismo time uništili izokronizam, nego se svaka razlika mora ispraviti na nemirnici tako, da se nemirnicu oteža ili olakša dodavanjem ili oduzimanjem pločica za otežanje. (Spiralizirati — to je u uredstvu uobičajena riječ, kojom se izražava kraćenje ili produljivanje spirale).

Kod krönometra upotrebljava se cilindrična spirala, sl. 60., kod koje i početni i završni zavoj ima oblik određen prema propisanoj teoretskoj krivulji radi postignuća izokronizma. Izokronizam postizava se tako, da spomenute krivulje omogućuju koncentrično odvijanje svih zavoja spirale za vrijeme njihaja nemirnice. Time se spirala nalazi u svim položajima u istoj udaljenosti od središta, dok se kod neteoretski oblikovanih krivulja

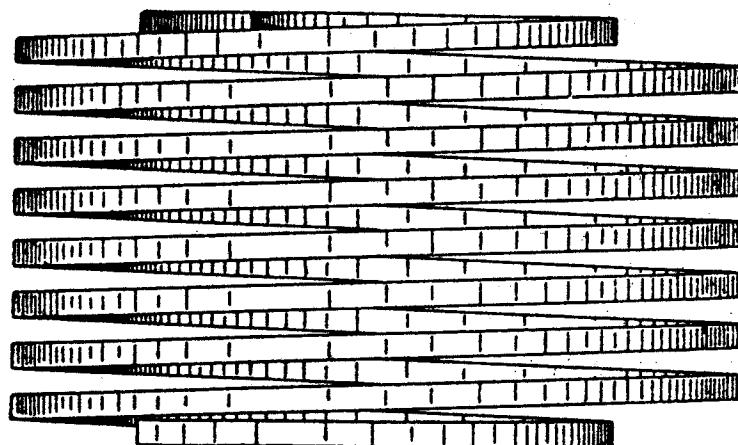


Sl. 65. Vertikalni položaj sata

spirala ekscentrično odvija te prenosi težište spirale izvan osi nemirnice, a to se očituje kao i neizjednačena nemirnica. Kod cilindrične spirale ne nalaze se njeni zavoji u istoj razini, nego jedan iznad drugoga u istoj udaljenosti od središta. Njen promjer iznosi $\frac{1}{3}$ promjera nemirnice. Od navedenih spirala postizavaju se najbolji rezultati sa cilindričnom spiralom.

Njihaji nemirnice, kako je spomenuto onda su izokronični, kad i veliki i mali njihaji traju isto vrijeme. Svako vanjsko djelovanje na nemirnicu, kao iskopčavanje ili impuls, mijenja trajanje njihaja. Ovaj utjecaj je najslabiji, ako nastaje na srednjici između ležaja sidra i nemirnice, gdje za vrijeme njihaja nemirnica postizava najveću brzinu. Impuls prije srednjice i

otpor iza središnjice ubrzavaju njihaj. Impuls iza središnjice, otpor prije središnjice i trenje usporavaju njihaj. Sve ovo navedeno onemogućuje izokronizam, a kako se ti štetni uzroci



Sl. 66. Cilindrična spirala

ne mogu u cijelosti odstraniti, to se niti teoretskim krivuljama ne može postići savršeno jednolični hod.

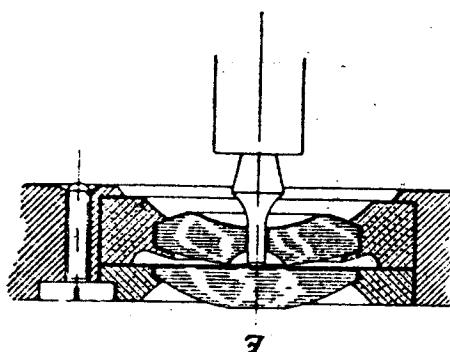
9. REGULIRANJE SATA U OKOMITOM I VODORAVNOM POLOŽAJU

Poznata je činjenica, da sat, koji je točno reguliran u vodoravnom položaju, t. j. kad leži, zaostaje u okomitom položaju, t. j. kad visi. Najčešći razlog je nejednako izjednačena nemirnica, koja time dobiva svojstvo njihala. Daljnji razlog je trenje u ležajima. U okomitom položaju okreću se oba vrška s najvećim svojim polumjerom u ležajima, pod pritiskom čitave težine nemirnice, te dodiruju ležaj u čitavoj njegovoј dubini. U vodoravnom položaju težina nemirnice leži na zaobljenom kraju vrška (v. sl. 67.), koji se okreće na poklopnom kamenu, te tako uzrokuje mnogo manje trenje, dok se lagani dodir s bočnim stranama ležajnih rupa izvršava skoro bez pritiska, te kao trenje uopće ne dolazi u obzir. Nadalje spirala, osobito plošnata, kojoj se zavoji eksentrično odvijaju, djeluje u okomitom položaju

kao neizjednačena nemirnica. Ako je spiralni valjak previše izrezan ili raširen, vijenac nemirnice, koji se nalazi na strani izreza valjka, olakšan je. Posljedica toga je u okomitom položaju dje-lovanje neizjednačene nemirnice. Nadalje, ako poklopni kamen leži sasvim bez zračnosti na ležajnom kamenu, to se kraj vrška povremeno okreće u nutrini rupe.

Svaki se bolji sat mora regulirati bar u dva položaja, jer što koristi najpreciznije reguliranje u sekundama u jednom položaju, ako u drugom pravi razlike u minutima?

Nemirnicu treba sasvim točno izjednačiti i izravnati tako, da bude savršeno vodoravna i okrugla. Zatim treba paziti, da spiralni valjak bude potpuno stisnut, a završnom zavoju spirale

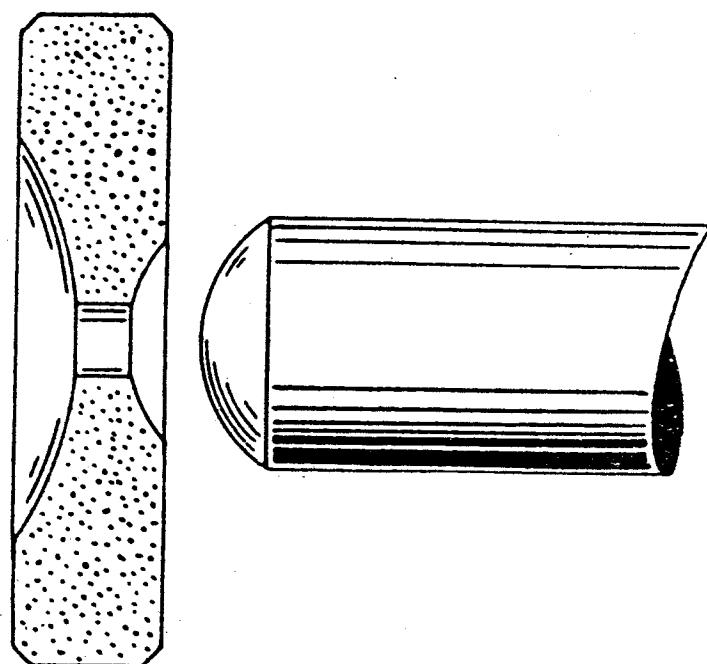


Sl. 67. S dvije strane udubljeni kamen

treba dati oblik koncentrične krivulje, koju spiralna vilica zahtjeva i koja je opisana u poglaviju spirale. Svi ostali zavoji spirale moraju biti, kad nemirnica stoji na mrtvoj točki, međusobno jednakо udaljeni oko valjka tako, da se u granicama mogućnosti plosnate spirale centrično odvijaju. Kod Breguetove spirale mora se postići potpuno centrično odvijanje spirale. Nadalje treba nastojati izjednačiti trenje vrškova u oba položaja, i to po mogućnosti smanjenjem trenja u okomitom položaju. Ležajne rupe moraju biti potpuno glatke i okrugle, te dovoljno udubljene. Najnoviji satovi imaju udubljene ležajne kamene za osovinu nemirnice s obje strane. S unutarnje strane je udubina, koja prima ulje, a s vanjske, t. j. kod poklopnoga kamen, ima sasvim mala udubina radi smanjenja trenja (v. sl. 67.), te radi boljeg održanja.

ulja u ležaju. Kod satova, pogotovu ručnih, smanjiti treba trenje u okomitom položaju također i na taj način, da bakrenim zatikom, koji treba na kraju zaobliti, pomoću ulja i dijamantina, kružnim pokretima amo i tamo, napravimo na stražnjoj strani ležajnoga kamena malu udubinu, koju nakon toga poliramo istim praškom i tvrdim drvcem (sl. 68.).

Pošto smo tako smanjili trenje u okomitom položaju, mora se povećati trenje u vodoravnom položaju. To se može postići samo na zaobljenom kraju vrška, koji treba tako izbru-



Sl. 68. Kako se može udubiti kamen

siti, da dobije ravnu plohu, kojom će se povećati trenje. Kako se okretanje vrška izvršava amo i tamo na nauljenoj površini, to je trenje, koje uslijed toga nastaje, znatno, a to je baš ono, što u ovom slučaju treba.

Izbrusiti krajeve vrška može se na dva načina: ili se nemirnica umetne u spravu za poliranje vrškova, koja se zove »žako«, te vršku napravimo ravnu plohu ravnim pokretima poliranja, ili se čvrstom pincetom primi osovina nemirnice tako, da nemirnica leži sa strane na pinceti. Sada se položi vršak na

turpiju za poliranje i ravnim pokretima ruke amo i tamo, pod lakim pritiskom, izbrusi se vršak ravno. Nemirnica i turpija daju mjerilo za okomito držanje osovine za vrijeme brušenja. Na ovaj način može se prilično izjednačiti trenje u oba položaja. Ako se nakon toga ustanovi, da sat u okomitom položaju još zaostaje, to znači, da osim bočnog trenja u ležajima mora postojati još jedan razlog zaostajanju, a to je da nemirnica nije potpuno izjednačena, kad se okreće u ležajima. Ona se ne okreće pod istim okolnostima u ležaju, kao kad leži na oštricama vase. Budući da je mjerodavna izjednačenost nemirnice, kad se okreće u ležajima, to se mora, pošto se ustanovi, da sat u okomitom položaju još zaostaje, nemirnicu malo otežati s donje strane. Kad je sat u okomitom položaju, treba zaustaviti nemirnicu, da stoji na mrtvoj točki. Onaj vijak, koji je vijencu nemirnice sada u najnižem položaju, treba otežati. Većina nemirnica ima četiri vijka za reguliranje (sl. 73 C). Kod takove se nemirnice izvije malo vijak, koji se nalazi s donje strane. Nakon toga, u većini slučajeva, sat ide u oba položaja jednako.

Važno je, da nemirnica pravi njihaj od 440 stupnjeva, jer je kod ove veličine njihaja nemirnica neosjetljiva na neizjednačenost težišta. Kod većih njihaja od navedenih, ekscentrično težište djeluje obratno od djelovanja kod malih njihaja; stoga, ako nemirnica pravi veće njihaje od 440 stupnjeva, mora se umetnuti slabije pogonsko pero.

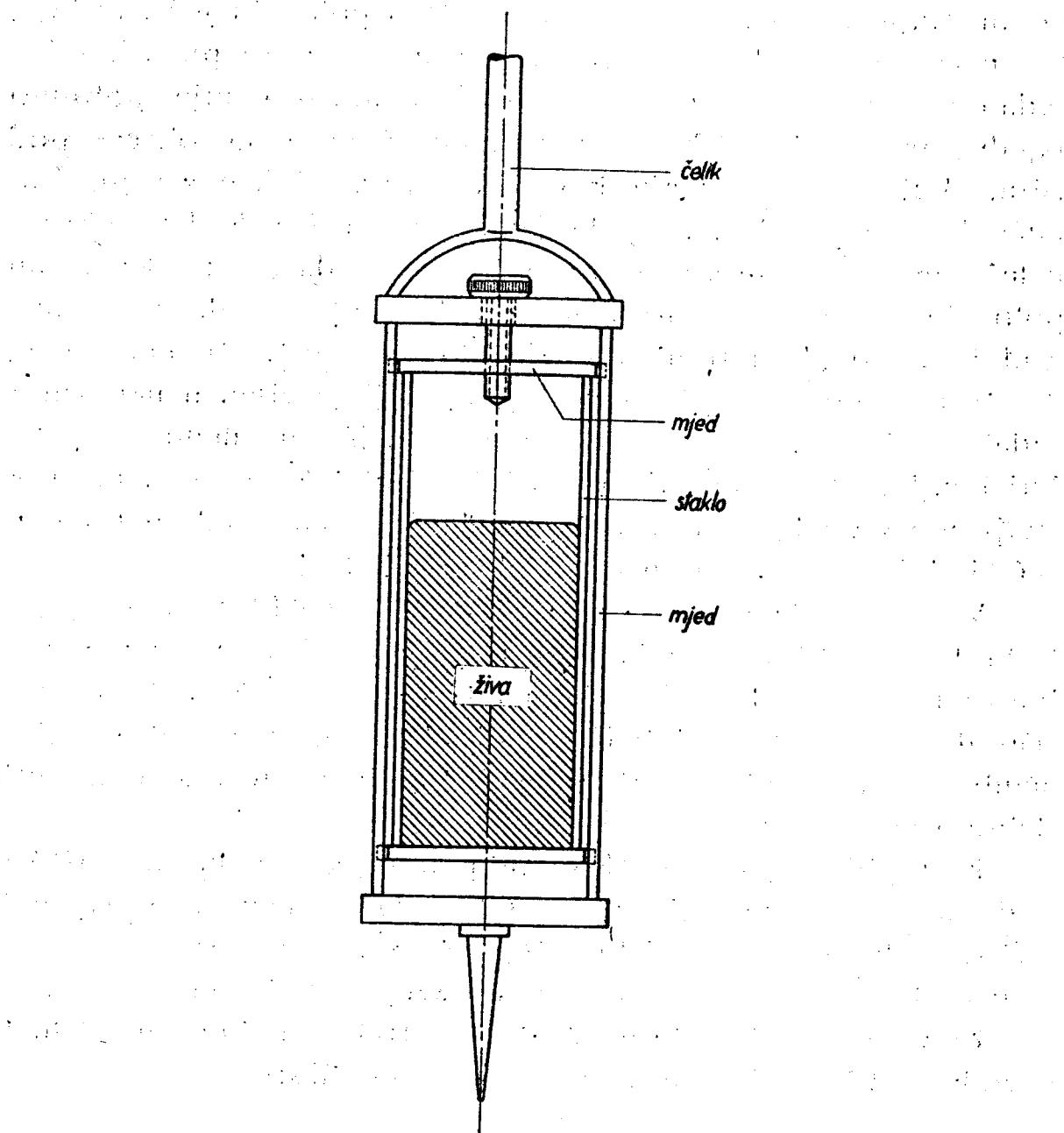
Kod džepnog cilindarskog sata može se izjednačiti razlika hoda u navedenim položajima tako, da se nemirnici napravi težište s donje strane. Nakon toga će sat u vertikalnom položaju ići brže, jer će nemirnica imati svojstvo njihala.

Kod reguliranja sata u položajima treba za osnov uzeti hod u vodoravnom položaju, te po njemu regulirati.

10. UTJECAJ TEMPERATURE NA HOD SATA

Kod satova s njihalom, s povišenjem temperature produžuje se šipka njihala, te uslijed toga sat zaostaje. S padanjem temperature šipka se njihala skraćuje, te sat brza. To mijenjanje

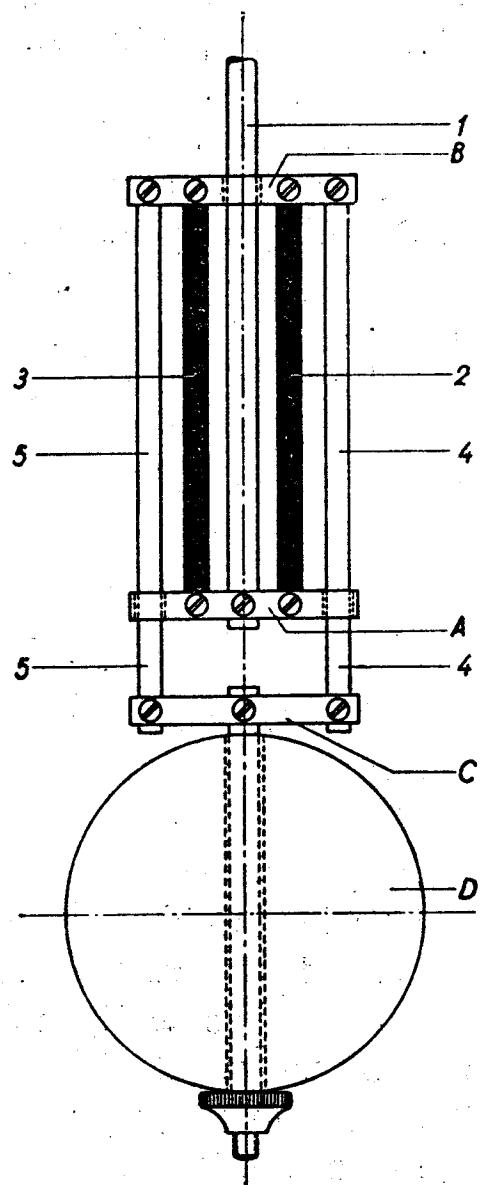
hoda nastaje uslijed rastezanja kovine, koje prouzrokuje, da težište njihala mijenja visinu svoga položaja. Da bi se postigao jednolični hod, potrebno je, da težište njihala bude u istoj udaljenosti od točke pričvršćenja njihala, bez obzira na promjenu



Sl. 69. Njihalo sa živom

temperature. To se postiže posebnom kompenzacionom napravom. Prema tome je zadaća kompenzacione naprave ta, da omogući, da težište njihala ne mijenja visinu položaja, bez obzira na rastezanje kovine.

George Graham je 1721. prvi kušao ispraviti utjecaj temperature sa svojim kompenzacionim njihalom sa živom (sl. 69.). Na šipku njihala bila je pričvršćena staklena cilindrična cijev, djelomično napunjena živom. Kad bi se uslijed toplinskog ra-



Sl. 70. Rešetkasto kompenzaciono njihalo

stezanja produljila šipka njihala, i time se pomaklo težište u smjeru prema dolje, digla bi se također živa u staklenoj cijevi, čime je pomaknuto njen težište u smjeru prema gore. Na taj način bi se izjednačila ona nastala razlika u duljini šipke njihala. Budući da živa u staklenoj cijevi polaganje od čelične šipke

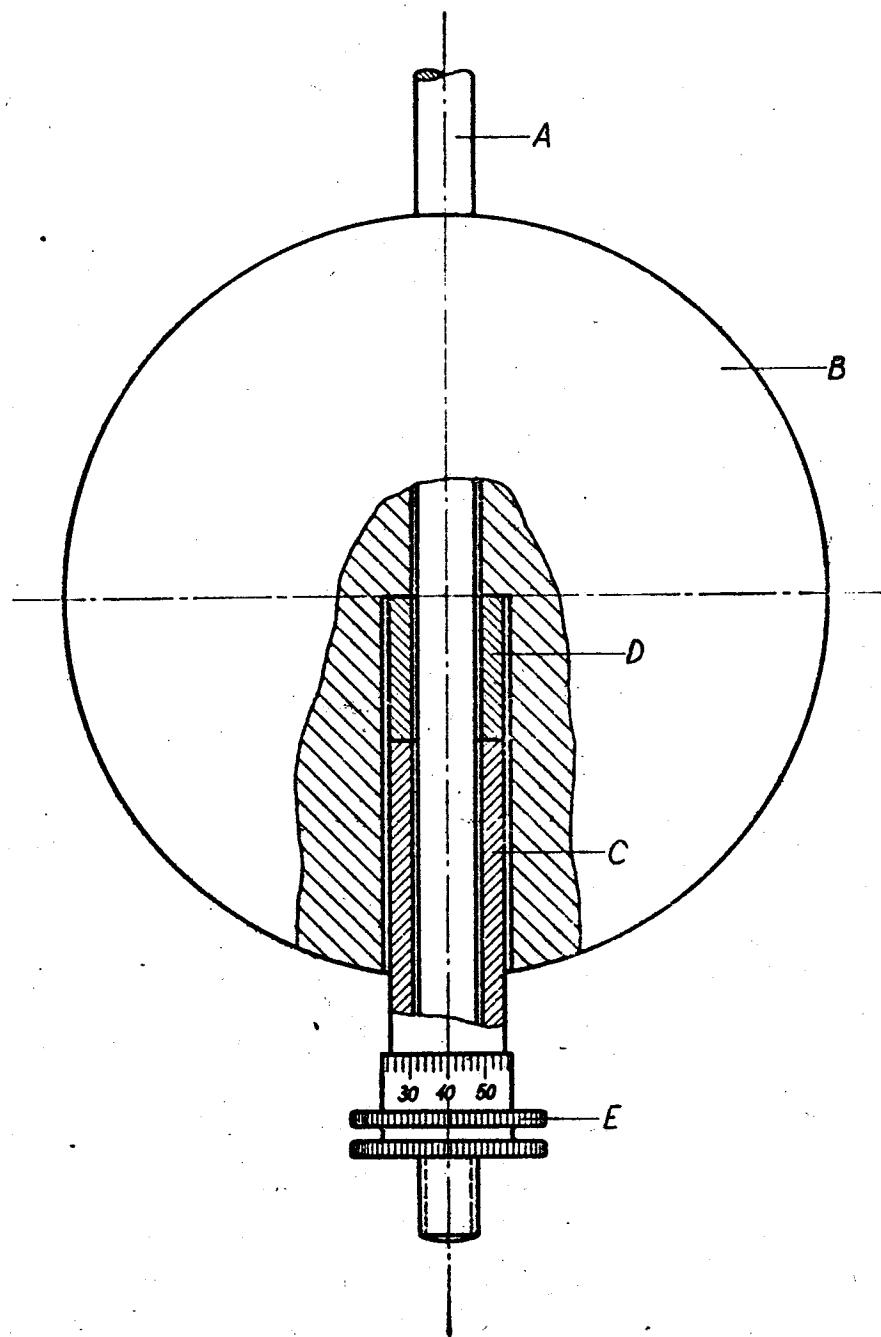
reagira na promjenu temperature, takovo kompenzaciono njihalo nije postiglo željeni rezultat. Ako se, mjesto jedne cijevi, živa razdijeli u dvije cijevi, postiže se brže djelovanje žive.

God. 1726. sagradio je John Harrison rešetkasto kompenzaciono njihalo (sl. 70.). To se njihalo sastoji od čelične šipke njihala 1, koje je pričvršćeno na prečku A, a slobodno prolazi kroz prečku B. Prečka A i B spojene su mјedenim šipkama 2 i 3. Prečka C, na kojoj je pričvršćeno tijelo njihala D, spojena je s prečkom B s dvije čelične šipke 4 i 5. Šipke 4 i 5, koje su čvrsto spojene na prečku B i C, slobodno prolaze kroz prečku A. Uslijed toplinskog rastezanja rastegnu se čelične šipke 1, 4 i 5, i to prema dolje. Mјedene šipke 2 i 3 rastegnu se istodobno prema gore te dignu prečku B, koja je pomicna na šipki 1. Budući da je prečka C čvrsto spojena s prečkom B, to se istodobno digne i ona, a taj pokret mora slijediti i tijelo njihala, koje visi na prečki C. Odnos duljine mјedenih i čeličnih šipki mora biti takav, da koliko se tijelo njihala uslijed toplinskog rastezanja spusti, točno onoliko se mora uslijed rastezanja mјedenih šipki dognuti. Na taj način ne mijenja se udaljenost težišta njihala od njegove točke pričvršćenja. Umjesto tri čelične i dvije mјedene šipke, može ova kompenzaciona rešetka biti sastavljena od 5 čeličnih i 4 mјedene šipke.

Kod jeftinijih satova postižu se sasma dobri rezultati drvenom šipkom i olovnim tijelom njihala, s obzirom na to, da se drvo neznatno rasteže uslijed topline. Drvene šipke treba pokostiti i politirati. Vrlo je dobro, da se šipka impregnira rastaljnim parafinom, tako da se očuva od djelovanja vlage.

Definitivni rezultati na tom polju postignuti su istom koncem prošloga stoljeća, i to nakon što je god. 1897. Dr. Guillaume, ravnatelj internacionalnog ureda za mjere i utege u Sèvres-u kraj Pariza, pronašao slitinu, koja ima vrlo malo toplinsko rastezanje. To je poznati **invar nikalni čelik**, koji se sastoji od 64,3% čelika i 35,7% nikla. Pokusima je ustanovljeno, da je ova slitina vrlo prikladna, da se od nje prave šipke za njihala. Da bi se ispravila nejednakost napetosti, koju ima taj materijal, kad dolazi iz ljevaonice, podvrgava se on posebnu načinu hlađenja.

Nakon što su šipke njihala izrađene i providene narezom, ugriju se i drže u temperaturi od 180 stupnjeva. Ta se temperatura postepeno snizuje kroz više dana, dok ne padne na temperaturu



Sl. 71. Rieflerovo kompenzaciono njihalo

radionice. Šipke, koje su na taj način izrađene, jedva još pokažuju tragove nejednakosti rastezljivosti.

Upotrebivši takav materijal, sagradio je Dr. Riefler jedno od najsavršenijih kompenzacionih njihala, poznato pod imenom

»Rieflerovo njihalo od nikalnog čelika«. Ovo njihalo sastoji se od masivne šipke njihala A (sl. 71.), tijela njihala B, koje je izrađeno ili u obliku leće ili cilindrično, prema tome, da li će njihalo raditi pod utjecajem zraka ili u zrakopraznom prostoru. Nadalje sastoji se njihalo od dviju 10 cm dugih kompenzacionih cijevi, jedna od poniklane mјedi (C), a druga od čelika (D). Rastezljivost kompenzacionih cijevi mora stajati u točnom omjeru s rastezanjem šipke njihala. To se postigne pravilnim odnosom dužine čelične i mјedene cijevi. Ako treba pojačati djelovanje kompenzacije, produlji se mјedena cijev, a skrati čelična. Obrnuto, ako treba smanjiti djelovanje kompenzacije, produlji se čelična cijev, a skrati mјedena cijev.

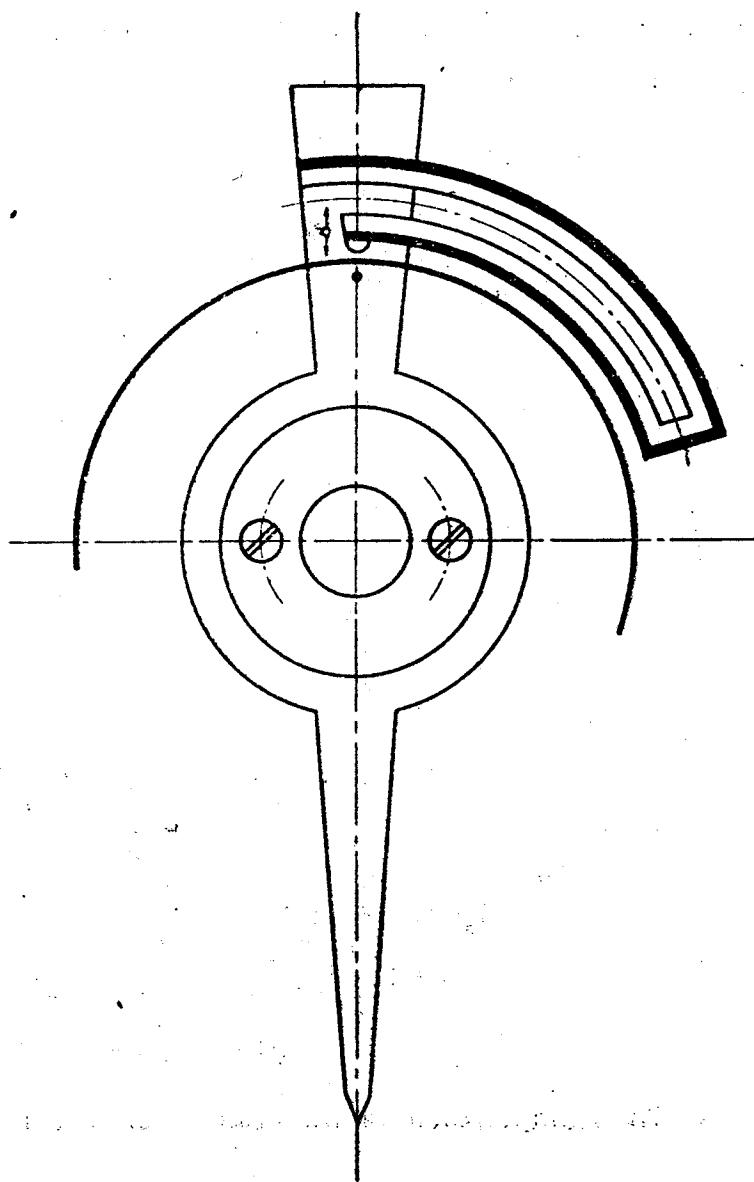
Kompenzacione cijevi nataknute su na šipku njihala, a drži ih vijak za reguliranje E. Kad se uslijed toplinskog rastezanja šipka njihala produlji, rastegnu se istodobno kompenzacione cijevi. Budući da one leže na vijke za reguliranje, mogu se rastegnuti samo prema gore. Tijelo njihala leži točno u svojoj sredini na kompenzacionim cijevima, koje, kad se cijevi rastegnu prema gore, dignu tijelo njihala pa na taj način izjednače nastalu razliku u duljini šipke njihala.

Vijak za reguliranje razdijeljen je na sto dijelova. Jedan puni okret vijke mijenja trajanje njihaja za 40 sekunda, a jedna crta djeluje za 0,4 sekunde. Ako je promjer leće 18 cm, a debljina 6 cm, onda takovo sekundno njihalo teži ukupno 7,35 kg.

Takovim njihalom postignuti su sjajni rezultati, a upotrebjava se i u znanstvene svrhe.

Prema dosada navedenom vidljivo je, da glavni uzrok promjene hoda kod raznih temperatura nastaje uslijed rastezanja kovine. A kako djeluje temperatura na ručne i džepne satove? Ustanovljeno je, da samo jedan stupanj promjene u temperaturi pravi kod sata razliku od 11 sekunda u 24 sata. Dugo se je smatralo, da je uzrok navedene razlike rastezanje spirale i nemirnice, t. j. da se spirala i nemirnica u toplini rastegnu i povećaju. Proračunima i domišljatim pokusima, na pr. s nemirnicom i spiralom od stakla, koje ima vrlo malu rastezljivost, dokazano je, da rastezljivost kovine samo u malom postotku djeluje na ra-

zliku u hodu kod raznih temperatura. Spirala se u toplini produži, ali postane također šira i deblja, a to znači, da postaje jača. Pa zašto sat ipak u toplini zaostaje? Glavni razlog promjene hoda u raznim temperaturama nastaje zbog **promjene**

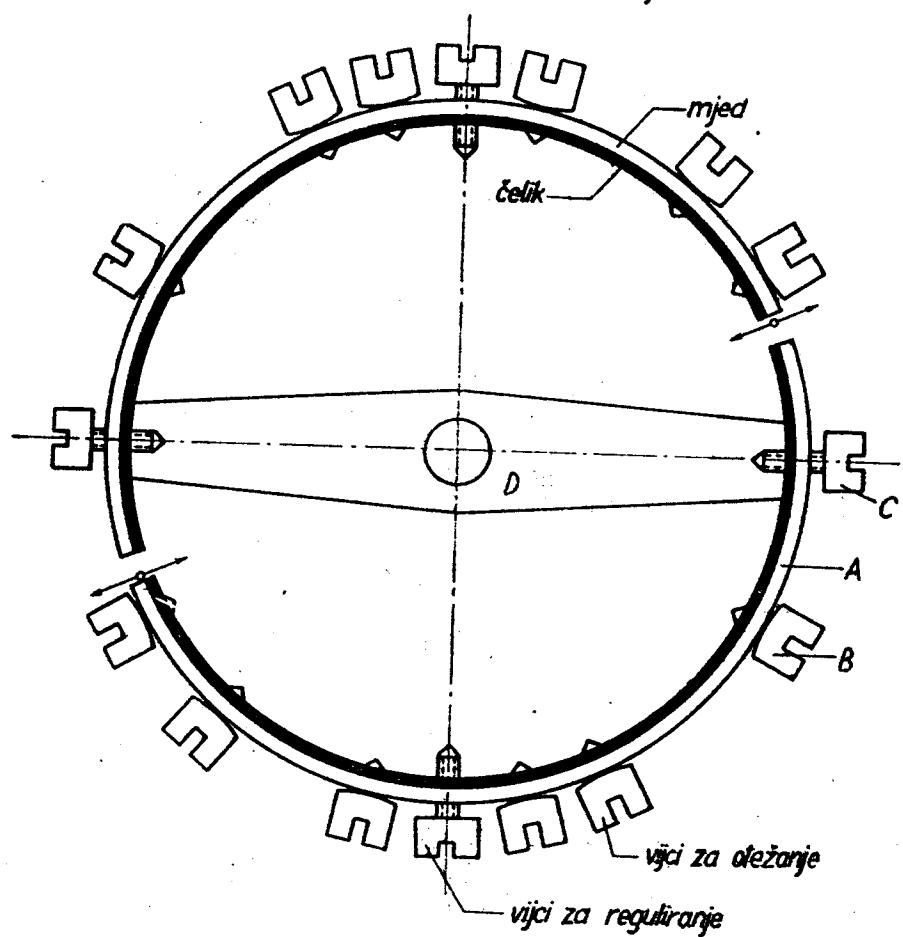


Sl. 72. Kompenzacioni luk na kompasu

elastičnosti spirale. Obzirom na to, da se elastičnost spirale u hladnoći povećava, spirala s padanjem temperature postaje elastičnija, jača, i sat brza. Obrnuto, sa dizanjem temperature spirala gubi od elastičnosti, t. j. postaje slabija, i sat zaostaje. Od

11 sekunda razlike u 24 sata, otpada 9 sekunda na promjenu elastičnosti spirale, a samo 2 sekunde na rastezanje kovine.

Prve pokuse, da to djelovanje temperature na spiralu izjednači, pravio je Breguet s kompenzacionim lukom na kompasu, takozvanom polukompenzacijom (sl. 72.). Ta naprava djelovala je tako, da se je vilica spirale u hladnoći otvarala, tako da spirala u njoj jače igra, a u toplini vilica bi se zatvarala, tako da

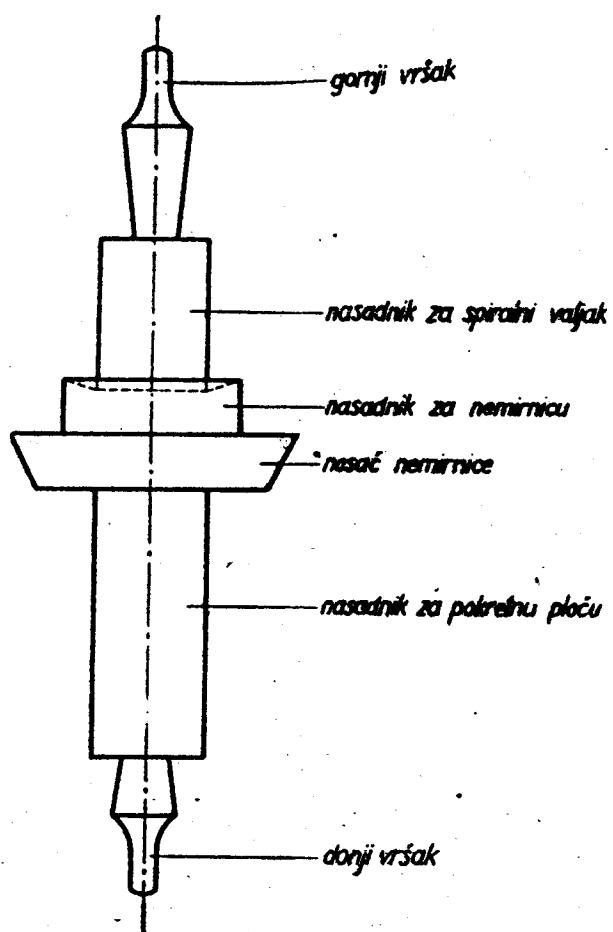


Sl. 73. Kompenzaciona bimetallná nemirnica

spirala manje igra. Djelovanje ove naprave zasniva se na nejednakoj rastezljivosti čelika i mjeđi, od kojih je luk sastavljen. Takav način kompenziranja mogao je zadovoljavati samo, dok se je sa satovima računalo na minute, jer je za preciznije reguliranje nastajala pogreška široke vilice, koja je opisana u poglavljiju spirale. Mnoge ure, koje je Breguet sagradio do 1815., imaju ovakovu polukompenzaciju.

Kompenzacionu nemirnicu, kakovu danas imamo, a zovemo je **bimetalnom** nemirnicom, izumio je god. 1754. londonski urar John Harrison, ali se počela upotrebljavati tek poslije 1800. Prema drugim izvorima, ovu nemirnicu izumio je John Arnold 1772. god.

Kod bimetalne kompenzacione nemirnice (sl. 73.), koju nazivamo i klasičnom, najvažniji dio je vijenac nemirnice A, koji je providjen vijcima za otežanje B i četiri vijka za reguliranje C.



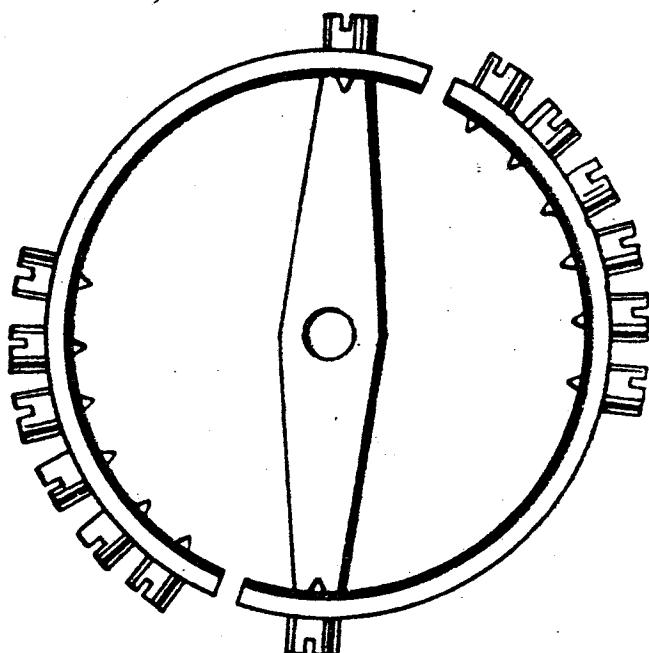
Sl. 74. Osovina za nemirnicu

Vijenac se sastoji od dva koluta, koji su pajani (lotani) jedan na drugoga, nutarnji od čelika, a vanjski od mjedi. Vijenac je na dva mesta prerezan, da može mijenjati oblik. Vijenac je spojen prečkom D.

Kod povišenja temperature mqed, koja se rasteže jače od čelika, svine na prerezanim mjestima vijenac prema sredini. Kod

toga se vijci nemirnice, koji su kod finih satova od kovine s većom specifičnom težinom od mjedi, n. pr. od zlata, približe središtu nemirnice, te se time smanji njen promjer. Gubitak elastičnosti spirale uslijed povišenja temperature izjednačen je smanjenjem promjera nemirnice. Na taj je način utjecaj temperature kompenziran.

S padanjem temperature mjesec, koja se steže jače od čelika, svine na rezanim mjestima vijenac prema vani, t. j. udalji ga od središta, te se tako poveća promjer nemirnice. Pojačana elatičnost spirale uslijed pada temperature izjednačena je povećanjem promjera nemirnice.

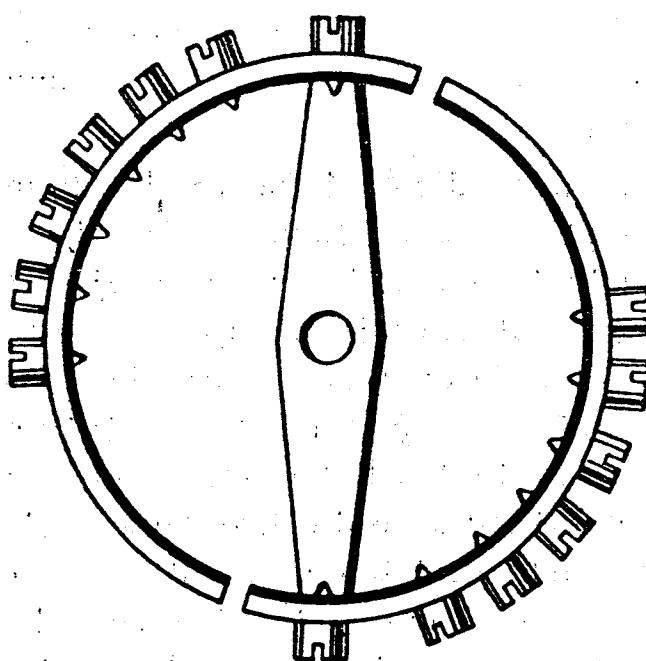


Sl. 75. Maksimum kompenzacije

stičnost spirale uslijed pada temperature izjednačena je povećanjem promjera nemirnice.

Ako se vijci za otežanje premjeste prema rezanom dijelu vijenca, sl. 75., postizava se jače djelovanje kompenzacije i obratno, ako se vijci premjeste prema prečki sl. 76., smanjuje se djelovanje kompenzacije. Kod reguliranja sata pri raznim temperaturama vijci se tako dugo premještaju na jednu ili drugu stranu, prema potrebi, dok se ne postigne točnost u temperaturama od 0 do 35 stupnjeva. To je granica, do koje se može izjednačiti s takvom kompenzacijom upliv temperature na sat, a to je za građansku upotrebu dovoljno. Razumljivo je, da se

kod kompenzacione nemirnice i spirale, koja njoj pripada, a koja je u tvornici uz mnogo truda i gubitka vremena regulirana, ne smije ništa mijenjati. Treba također znati, da svaka prevezana nemirnica nema to djelovanje izjednačenja i da nije dovoljno, da na poklopcu sata piše, da sat ima kompenzacionu nemirnicu. To se radi većinom u reklamne svrhe, a samo kod dobro izrađenog sata isplati se kompenziranje. Za postignuće dovoljne kompenzacije potrebno je, da onaj dio vijenca, koji se u toplini približuje središtu, bude providjen dovoljno teškim



Sl. 76. Minimum kompenzacije

vijcima, a i sam vijenac nemirnice ne smije biti prelagan. Ova kompenzaciona naprava treba da djeluje točno onoliko, koliko spirala gubi od elastičnosti.

Sat s takovom kompenzacionom nemirnicom zaostaje, u temperaturi nižoj od nule i višoj od 35 stupnjeva. Satovi, koji su građeni za vrlo niske ili vrlo visoke temperature, providjeni su još pomoćnom kompenzacijom, s kojom urar rijetko ima posla.

Da se izbjegne ovako skupo i osjetljivo kompenziranje, kuhalo se taj problem riješiti na drugi način. Umjesto da se kom-

penzira utjecaj temperature, kušalo se taj utjecaj odstraniti. Obzirom na to, da utjecaj temperature djeluje na elastičnost spirale, nastojalo se pronaći kovinsku slitinu za pravljenje spirala, na koju temperatura ne bi utjecala. Ta slitina poznata je pod imenom »Elinvar« (elasticite invariable, što znači elastičnost nepromjenljiva), a pronašao ju je Dr. Guillaume. S takvom elinvar spiralom i s neprerezanom monometalnom nemirnicom od invar-čelika postignuto je mnogo, ali nije ipak postignuta točnost bimetalne nemirnice. (Svaka prezvana nemirnica je bimetala ili dvometalna, a neprerezana monometalna ili jednometalna). Kod starijih satova nailazimo često na bimetalne nemirnice koje nisu prezane. Takove nemirnice nemaju kompenzacionog djelovanja.

Budući da se je uvidjelo, da su prednosti monometalne nemirnice velike, (a te su jednostavni proizvod, mogućnost izrade toga sistema da bude neosjetljiv na utjecaj magnetizma, da ne rđa, a osobito jednostavniji i jeftiniji način reguliranja, lakši i brži rad kod mijenjanja osovine), nastojalo se pronaći način, da se s monometalnom nemirnicom postigne točnost bimetalne nemirnice. To se postiglo berilijevom ferromagnetskom slitinom. S tom slitinom pravljeni su pokusi, te su se počele praviti od te slitine spirale poznate pod imenom »nivarox« (ne varie pas et ne ruoille pas, što znači: nepromjenljiva i ne rđa). S takvom spiralom, s nemirnicom i zaprekom iz berilijeve bronce postigli su se isti rezultati kao sa bimetalnom nemirnicom. Većina satova proizvedenih posljednjih godina ima takvu nemirnicu koja se odlikuje lijepom bakrenastom bojom i nivarox-spiralom.

Na nivarox-spiralu ne djeluje magnetsko polje. Sat s običnom čeličnom spiralom stane već u magnetskom polju kod 60 do 80 gausa (gaus je mjera za jakost magnetskog polja). Sat s elinvar-spiralom stane kod 200 gausa, a već u slabijem magnetskom polju mijenja hod. Sat s nivarox-spiralom ide još točno kod 500 gausa, a stane istom kod 800 gausa. Osim toga ima nivarox visoku elastičnost, ne rđa i ne podliježe utjecaju temperature. Njenim izumom učinjen je velik korak naprijed u cilju što jednostavnijeg ispravljanja utjecaja temperature na sat.

11. UTJECAJ MAGNETIZMA I DEMAGNETIZIRANJA SATA

Obzirom na sve veću rasprostranjenost električnih naprava oni satovi, koji nisu antimagnetični, izloženi su opasnosti magnetiziranja.

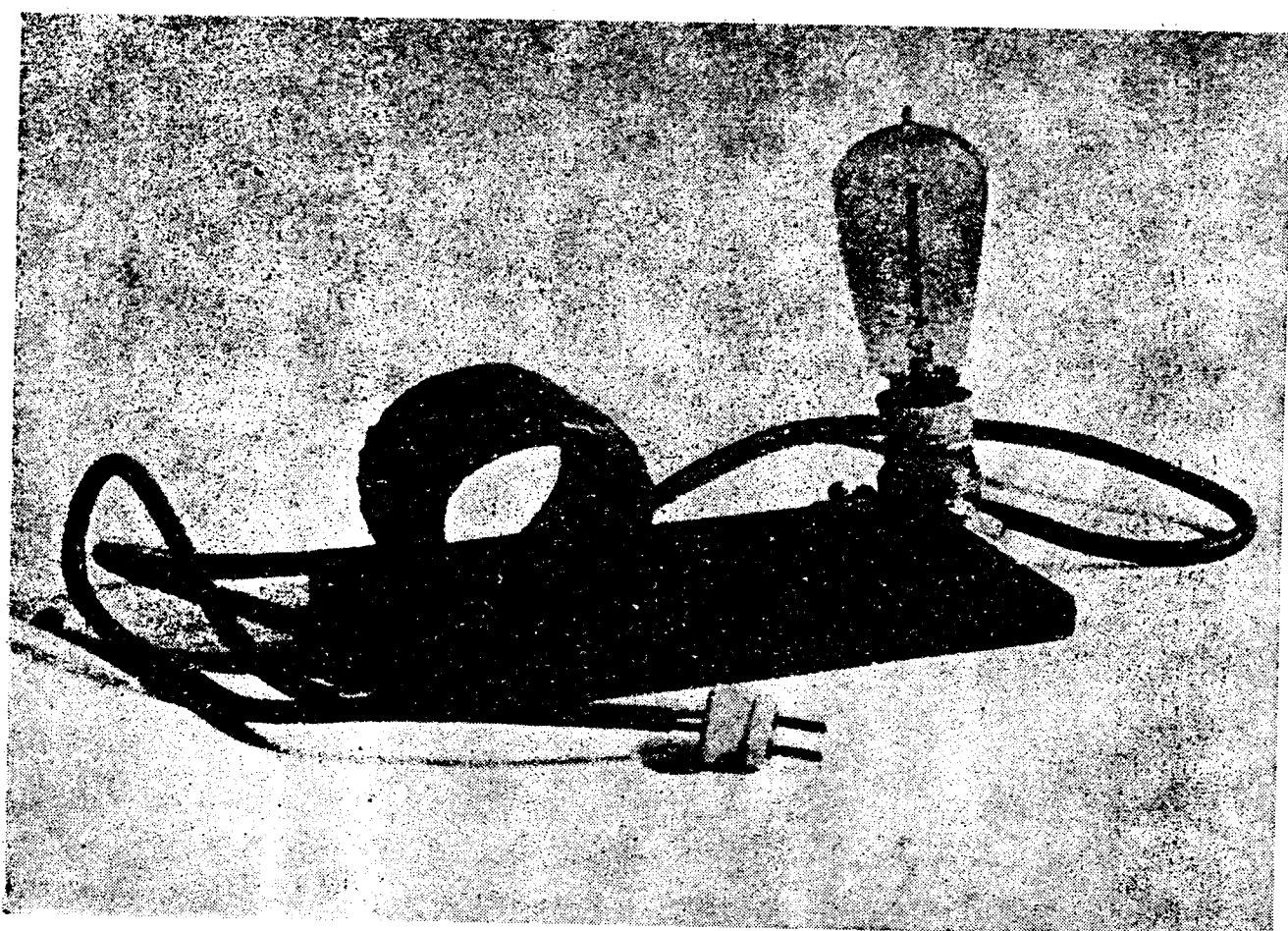
Kod sata, najviše podliježe utjecaju magnetskog polja nemirnica. Prema smjeru, u kojem se nemirnica magnetizirala, razlikujemo dva glavna stanja: magnetiziranje u pravcu prečke nemirnice i okomito na nju. Kao svaki magnet, tako i nemirnica, ako je magnetizirana, podliježe utjecaju Zemljina magnetskog polja. Taj se utjecaj očituje kao djelovanje nemirnice s ekscentričnim težištem. U raznim položajima nemirnice prema magnetskim polovima zemljinog magnetizma, mijenja se položaj težišta, a uslijed toga i trajanje njihaja. U većini slučajeva njihaji su usporeni i sat zaostaje. Kod satova sa čeličnim zaprečnim dijelovima, na pr. kod cilindarskog sata, jako magnetizirani sat stane.

Kod popravka moramo svaki sat iskušati, da li je magnetičan. U tu svrhu potrebna nam je mala busola (**magnetska igla**), koju položimo na mostić nemirnice. Ako sat nije magnetičan, mirovat će busola; u protivnom slučaju, slijedit će igla busole njihaje nemirnice. Da li je sat magnetiziran, možemo iskušati i na taj način: objesimo sat tako, da je brojčana ploča okrenuta na zapad, te kontroliramo točnost hoda. Nakon 24 sata objesimo sat tako, da je brojčana ploča okrenuta na istok. Već kod malo magnetizirane nemirnice opazit ćemo razliku u hodu.

Poništavanje magnetizma (demagnetiziranje) sata je vrlo jednostavno, ako imamo izmjeničnu struju, jer magnetsko izmjenično polje poništava magnetizam. Kod demagnetiziranja nije potrebno sat razložiti. Pod vijenac nemirnice podmetnemo komadić papira tako, da sat stoji. Sada **najprije ukopčamo aparat**, a zatim umetnemo sat u njega tako, da sat u nutrini (u solenoidu) visi, i ostavimo ga otprilike 15 minuta pod utjecajem aparatua. Nakon toga okrenemo sat za 90 stupnjeva te ga pustimo dalnjih 15 minuta u aparatuu. Ako smo objesili sat naj-

prije takо u aparatu, да је бројка 12 била окренута горе, окренут ćemo га сада тако, да или бројка 3 или 9 буде окренута горе.

Nakon тога извадит ćemo полако сат из апарата те га од њега одалећити. Истом пошто smo сат одалећили од апарата, smijemo апарат ископчati. Сада опет испитамо магнетском igлом (busolom), te ako smo ispravno поступали, видјет ćemo, da je сат потпуно демагнетизиран.



Sl. 77. Aparat za demagnetiziranje

Za demagnetiziranje на овај начин потребан је апарат, у који је добро да се пред отпор ukopčа ћарулja (види сл. 77). У таквом случају не треба се бојати, да ћица погори, кад оставимо ukopčан апарат дуже времена, jer ћарулja služи као осигураč.

Mnogi demagnetiziraju сат тако, да га пар пута на kratko vrijeme zagnjure u solenoid i odmah izvade. На тај начин је врло тешко потпуно поништити magnetizam.

12. ČIŠĆENJE I ULJENJE SATA

Često se događa, da sat, koji je temeljito čišćen i uljen, već nakon 4 do 6 nedjelja stane ili počinje jako zaostajati. Nakon pregleda ustanovit ćemo, da se ulje potpuno isušilo. Obično se u takvom slučaju svali krivnja na ulje. Da li je zbilja samo ulje krivo?

Najprije da vidimo, koja je svrha ulja i kakovo ono mora biti. Svrha je ulja smanjiti i izjednačiti trenje, te očuvati od trošenja dijelove, koji se pod pritiskom dodiruju. Ulje, koje u tu svrhu upotrebljavamo, mora imati veliku klizavost, čime se smanjuje trenje, postojanost i sposobnost, da se održi na istom mjestu u obliku kapljice, t. j. da se ne razlige.

Na ulje, koje se nalazi u satu, djeluje:

1. zrak, svjetlo i toplina,
2. nedovoljno ili loše čišćenje nauljenih dijelova,
3. stanje površine vrškova i ležaja, koji se dodiruju,
4. kakvoća materijala.

Ovi utjecaji djeluju tako, da se ulje zgusne i pozeleni, ili se razlige i isuši.

Ulje, koje u urarstvu upotrebljavamo, može biti **mineralno, životinjsko ili sintetičko**.

Mineralna ulja dobivamo iz zemnog ulja ili raznih ugljenih katrana. Mineralna ulja, koja se uglavnom sastoje iz spoja ugljika i vodika, kada su dobro rafinirana, imaju izvanredno svojstvo održanja, t. j. opiru se rastvaranju. Loše im je svojstvo, da se razlijevaju u sasvim tankom sloju oko ležaja i penju na osovinu tako, da ležaj ostane za kratko vrijeme isušen i izložen pojачanom trenju. U takvom slučaju govorimo o **ishlapljenju ulja**, ali ulje se zapravo razlilo po okolini, te se nalazi тамо, где nije potrebno. Osim toga **imaju mineralna ulja i malu klizavost**. Zato čista mineralna ulja nisu pogodna za uljenje sata.

Životinjska ulja, koja se u urarstvu najviše upotrebljavaju, zovu se **koštana ulja**. Dobivaju se uglavnom od žlijezda, koje izlučuju mast iz nožnih papaka goveda ili ovna. Ova masna ulja odlikuju se velikom klizavošću i održanjem u obliku kapljice u

ležaju, t. j. ne razlivaju se. Loša im je strana, da su lako pokvarljiva. Lako se spajaju s kisikom te mijenjaju svoj prijašnji sastav. Zrak, vлага, sastavina i kvaliteta materijala, na kojoj se ulje nalazi, kao i ostaci neprikladnih sredstava čišćenja, ostaci starog ulja, sve to pospješuje rastvaranje ulja, koje se tada zgusne u smolastu masu. Osovine se u ležajima zaližepe, te sat konačno stane.

Masna ulja, koja daju najbolje rezultate, obzirom na klizavost i nerazljevanje, obzirom na pokvarljivost najlošija su.

Mineralna ulja, koja su loša obzirom na klizavost i razljevanje, imaju najbolju održivost.

Radi toga je došlo do kompromisnog rješenja: do ulja, koja su mješavine životinjskih i mineralnih ulja te koja daju relativno najbolje rezultate.

Mješavina, u kojoj je više životinjskog ulja, ima veću klizavost i veću sposobnost nerazljevanja, ali je lakše pokvarljivo. Mješavina sa više mineralnog ulja povećava otpor proti rastvaranju, ali se lakše razlije. Savršeno mazivo ne možemo dobiti niti mješavinom.

Sintetična ulja su umjetni spojevi, kojima je dodano otprilike 10% životinjskog ulja. Ova ulja imaju manju klizavost, ali se ne razljevaju, neosjetljiva su na štetne uplove zraka i materijala i ne zgusnu se. Jedina im je za sada još mana, da rastvaraju caponlak, kojim su **lakirani dijelovi sata**, te postanu ljepiva. Već se radi na jednoj vrsti laka, koga sintetična ulja ne rastvaraju, te će onda biti uklonjen i taj nedostatak sintetičnih ulja. Kod satova, koji rade u kamenim ležajima, ova ulja daju najbolje rezultate i sve više istiskuju životinjska ulja. Radi slabe klizavosti ne mogu se upotrebiti jedino za mazanje ploha dizanja kod zapreke.

Za uljenje sata nije dovoljna samo jedna vrsta ulja. Za osovine, koje se brže okreću pod manjim pritiskom, treba rijedje ulje (osovina spojnog, sekundnog i sidrenoga kotača). Za minutnu osovinu i osovinu bubenjića potrebno je gusto ulje, a za navojne dijelove potrebna je mast. Prema tome trebamo:

- 1. Ulje za zapreke** za zapreke ručnih i džepnih satova, te za sve ležaje satova manjih od 6 linija (**1 linija = 2.26 mm**);
- 2. Ulje za ručne satove,** za ležaje strojnih kotača kod satova većih od 6 linija;
- 3. Ulje za džepne satove,** za ležaje strojnih kotača kod džepnih satova;
- 4. ulje za njihalice,** za zapreke velikih satova;
- 5. ulje za zidne satove,** za ležaje strojnih kotača kod velikih satova, te za uljenje pera kod ručnih i džepnih satova.

Radi što boljeg održanja ulja, koje imamo na skladištu, potrebno je boćice s uljem držati čvrsto zatvorene na hladnom, suhom i mračnom mjestu. Kod upotrebe treba iz boćice kapnuti u pliticu za ulje samo onoliko, koliko je potrebno za najviše osam dana. Prije toga treba pliticu dobro očistiti, jer prašina, metalna piljevina i nečistoća pospješuju rastvaranje ulja.

Sat se smije uljiti istom onda, kad je potpuno uređen te ga više ne treba rastavljati. Pero se namaže tako, da se pincetom primi između masnog papira, te se namaže po cijeloj duljini. Ležaji bubenjića (Le barillet, Federhaus) ulje se iznutra, prije samog zatvaranja bubenjića. Ležaj osovine bubenjića i minutni ležaj ulji se izvana. Ležaji strojnih kotača ulje se tako, da se ulje ne razlije po cijeloj površini kamena te da ne dođe u doticaj sa mjerdi. Mjer privuče ulje k sebi, a ležaj bi za kratko vrijeme ostao suh. U ležaje, koje uljimo izvana, ne smije se metnuti više ulja, nego što stane u vanjsku udubinu ležaja. Uljenje ležaja s poklopnim kamenima vrši se tako, da se kapljica ulja, nakon što je poklopni kamen pričvršćen, metne u udubinu ležaja i probode čistim čeličnim šiljkom, te tako ulje pritisne u ležaj i na poklopni kamen. Nakon toga kontrolira se jakom lúpom, da li je 2/3 ležaja ispunjeno uljem. Nikako se ne smije probosti samim vrškom dotičnog ležaja. Da bismo uspjeli pritisnuti kapljicu ulja u ležaj i na poklopni kamen, potrebno je nekoliko pokušaja. Ustanovljeno je, da se lakše uspije, ako ležaj

okrenemo i probodemo prema gore. Iako ovakav način uljenja zahtijeva mnogo strpljivosti i možda malo veći gubitak vremena, ipak se isplati, jer ležaj nemirnice uljen na ovaj način ima mnogo veću sposobnost održanja ulja, a to je glavni preduvjet za jednoličnost hoda. Kod sidra se donji ležaj ulji kao i ležaji strojnih kotača. Gornji ležaj se ne ulji, nego se gornji vršak, prije nego se umetne sidro u sat, masnim drvcem malo ovlaži tako, da sasvim tanki sloj masnoće ostane na vršku, koji ga štiti od rđanja. Isto se tako ovlaži i vilica sidra, ako je od čelika. Zareka ulji se tako, da se jedva vidljiva kapljica ulja metne na ulazni kamen. Nato pomaknemo sidreni kotač za nekoliko zubaca te ponovno nauljimo malo ulazni kamen. To operujemo dotle, do nisu svi zupci masni. Izravno uljenje zubaca ne dovodi do uspjeha, jer se ulje razlije po površini kotača, a plohe dizanja ostanu naskoro suhe. Gornji ležaj spojnoga kotača (vidi sl. 2.), (Petite moyenne, Bodenrad), treba oprezno uljiti, da ne bi ulje, ako ga je previše, došlo među zupce spojne vretenke, odakle bi ga zupci minutnoga kotača prenesli na spiralu.

Za ispravno uljenje potrebno nam je četiri do pet mazalica u debljinama od 0.2 do 1 mm. Mazalica ne smije biti od mjedi, jer mjes pospješuje rastvaranje ulja, nego iz plemenitih kovina, nikla ili novog srebra. Mazalica mora na kraju biti zaobljena, te dobro ispolirana (izglađena).

Kod uljenja metalnih površina masnim ili mineralnim uljima stupaju u djelovanje privlačne sile molekula ulja i molekula kovinskih površina tako, da se međusobno privlače. Radi toga nije moguće ulje samo obrisati, jer uvijek ostane tanka naslaga, koja se drži kovine. Kod čišćenja sata treba ostatke starog ulja potpuno odstraniti, jer je održanje ulja moguće samo na savršeno čistoj podlozi. Benzinom se to vrlo teško postiže, jer benzin ne rastvara zgušnuta ulja, a kod čišćenja se uglavnom i radi o odstranjenju starog ulja. Budući da je čišćenje benzinom najpraktičnije i najbrže, to se može samo najfinijim benzinom postići svrha, i to na ovaj način: svi se dijelovi najprije očiste u jednoj posudi za benzин. To je takozvano predčišćenje. Iza toga

metnu se dijelovi u drugu posudu sa čistim benzinom te se po drugi put očiste. Nakon što su se sada drvcem dobro očistili ležaji isperu se čistim (96%) alkoholom svi dijelovi, na koje dolazi ulje.

Ispiranje čistim alkoholom potrebno je radi odstranjenja eventualnih ostataka benzina ili sredstva kojim smo čistili sat, a koje, ako ga ne odstranimo, pospješuje rastvaranje ulja; zato je ispiranje alkoholom nakon čišćenja veoma važno radi održanja ulja.

Dijelovi sata ne smiju se držati dulje vremena u alkoholu, jer alkohol rastvara lak. Dovoljno je samo isprati.

Sat, koji je bio uljen sintetičnim uljem, ne može se čistiti benzinom, jer benzin sintetična ulja ne rastvara. Takav sat treba čistiti benzolom ili toluolom. Toluol je tekućina, koja se dobiva destilacijom ugljena. Kako su danas sva ulja sintetična ili bar mješavine sintetičnog s drugim uljima, to je najbolje čistiti satove toluolom ili benzolom na gore opisani način. Kod čišćenja u drugoj posudi za čišćenje mora se uvijek nalaziti čista tekućina. Upotrebljena tekućina iz druge posude dolazi u prvu za predčišćenje.

Kvalitet benzina ispitati ćemo tako, da par kapljica metnemo na čisto staklo i pustimo, da ishlapi. Nakon toga možemo lupom lako ustanoviti kvalitet, jer od čistog benzina ne smije na staklu ostati nikakav trag.

Mnogi čiste satove vodenim rastopinama, t. j. tekućinom, koja se sastoји od pet dijelova vode, dva dijela salmijaka i tri dijela sapunskog špirita (spiritus saponatus). Za jednu litru takve tekućine moramo uzeti 5 dcl vode, 2 dcl salmijaka i 3 dcl sapunskog špirita. Dijelove rastavljenog sata metnemo u malo cijedilo te sve zajedno metnemo 10 minuta u navedenu tekućinu. Nakon toga pod vodovodom dobro isperemo dijelove rastavljenog sata i to tako, da pustimo vodu teći u cijedilo. Zatim se u alkoholu isperu svi dijelovi te vrućim zrakom osuše (Fönapparat). Može se sušiti i u finoj piljevini, ali kod toga postoji opasnost od ostatka piljevinske prašine, koja pospješuje rastvaranje ulja.

Nemirnica i spirala ne čiste se u toj rastopini. Spirala se opere u eteru i dobro osuši. Nemirnicu metnemo u 5% rastopinu cijankalija, a nakon toga isperemo je u vodi i alkoholu.

Najvažnije je kod čišćenja, da svaki onaj dio, koji se ima naujiti, bude ispran u alkoholu. Jedino pranje alkoholom odstranjuje i posljednje tragove tekućine, kojom smo čistili, sa metalne površine.

Za čišćenje ručnih i džepnih satova ne smije se upotrebljavati kreda, jer dere. Ona može služiti samo za čišćenje četke, ali se i s ove mora odstraniti svaki i najmanji prašak krede.

Sat, koji je bio uljen, može se naknadno uljiti bez čišćenja samo istim uljem, kojim je sat prvi put bio uljen. Ako uljimo drugim uljem, ulje se u ležaju nakon kratka vremena pokvari.

Najteže je čistiti satove, koji dugo vremena stoje, kao i satove onih ljudi, koji rade u takvom poslu ili imaju takav znoj, da kod njih kovina oksidira. Kod takovih satova treba drvcem očistiti dobro površinu i ležaj kamena.

Mnogi smatraju, da je nepotrebno sat temeljito i pažljivo čistiti. Misle, da, ako je sat inače dobro popravljen, čišćenje je sporedno, no to je velika pogreška, osobito kod ručnih satova. Istina je, da će površno očišćen sat rijetko stati radi nečistoće u zahвату kotača, ali posljedica površnog čišćenja je ta, da će se ulje zgusnuti ili ishlapiti, pa će to dovesti najprije do zaostajanja, a konačno i do zastoja sata. Radi toga, kada se sat uz velik gubitak vremena temeljito popravlja, ne smije se ni čišćenju sata dati neko manje značenje, jer inače nam je užaludan sav trud i gubitak vremena oko popravka sata.

13. O MATERIJALU

U proizvodnji satova upotrebljavaju se uglavnom ove kovine: čelik, mqed, bakar, nikal, cinak ili tutija, olovo, zlato, srebro i double, a osim kovina još i dragi, poludragi i sintetičko kamenje.

Čelik

Iz željezne rudače dobiva se u visokim temperaturama bijelo sirovo željezo. Iz ovog se željeza posebnim postupkom dobiva čelik. Nekad se pravila razlika između kovkog željeza i čelika. Kako se ne može točno odrediti granica između kovkog željeza i čelika, naziva se danas željezo do 1,7% sadržine ugljika, čelik. Kod toga se čelik s manjim postotkom ugljika (0,02 do 0,3%) ne da kaliti i naziva se **mekani čelik**, dok se onaj, koji sadrži 0,5 do 1,7% ugljika, dade kaliti i naziva se **tvrdi čelik**.

Raznim dodacima mogu se dobre osobine čelika još i povećati. Takvi se čelici zovu **legirani čelici**. Glavni su dodaci, nikal i krom, u pojedinačnim ili skupnim slitinama. Ovakvi se čelici nazivaju i **plemeniti čelici**.

Prednosti čelika jesu: mogućnost postizavanja potrebne tvrdoće kaljenjem i mogućnost oplemenjivanja, t. j. poboljšanje svojstava.

Mogućnost kaljenja ovisna je o količini ugljika. Svaka promjena postotka ugljika mijenja kvalitet čelika. Radi toga treba kod kaljenja paziti, da se čelik kod grijanja ne razbijeli, jer tada izgori ugljik, te čelik postane neupotrebljiv. Dio, koji kallimo, treba najprije polagano grijati, a onda sve brže. Predugo grijanje također umanjuje kakvoću čelika, jer se ugljik spaja s kisikom. Kod kaljenja raznih malih peraca, svrdla ili osovina, uputno je umetnuti ih u zatvorenu cijev, napunjenu sodom i prashinom drvenog ugljena. Kod većih predmeta kaliti se ne smije u svježoj hladnoj vodi. Voda mora biti odstajala te mora imati temperaturu radionice. Kaljenjem u takvoj vodi postizavamo tvrdoću stakla i više. Ako nam je potrebna blaža tvrdoća, kalit ćemo u ulju i masti. Legirane čelike smije se kaliti samo u ulju. Kod kaljenja kakvog duljeg predmeta moramo paziti, da ga okomito zagnjurimo u tekućinu za kaljenje, da se ne iskrivi. Ako ga bacimo vodoravno u tekućinu, donji dio, koji prije dode u tekućinu, prije se ohladi te se stisne i uslijed toga se svine gornji, još vrući dio. Kad zagnjurimo predmet u tekućinu, moramo ga živahno micati amo i tamo, da postignemo jedno-

ličnu tvrdoću. Da nam predmet ostane bijel, namazat ćemo ga prije grijanja sapunom.

Čelik je najbolje kaljen, kad se ugrije na 760 do 900 stupnjeva. Tamno crvena boja odgovara temperaturi otprilike od 700 stupnjeva, crvena boja trešnje 800 stupnjeva, svjetlocrvena 850 stupnjeva, žutkasto crvena 1000 stupnjeva, žuta boja 1200 stupnjeva, a razbijeljeno otprilike 1300 stupnjeva.

Najpoznatije vrste plemenitog čelika jesu srebrni ili okrugli precizni čelik, koji sadrži 1.1% ugljika i najviše 0.05% fosfora i sumpora, a upotrebljava se za pravljenje osovina, i čelik, koji ne rđa, od 20% kroma, 12% nikla, 1.4% ugljika i ostatak željeza. Upotrebljava se za pravljenje kućišta za satove.

Od čelika se prave za satove vijci, poluge, zaprečni kotači, osovine, vretenke i sidra.

Mjed

Osim čelika, kod satova se najviše upotrebljava mjed. Mjed je slitina bakra i cinka, i to: valjana mjed sa 58 do 67% bakra i više i ostatak cinka, lijevana mjed sa 63 do 67% bakra i ostatak cinka sa dodatkom olova, te tombak sa 72 do 95% bakra i ostatak cinka.

Od mjadi se prave kotači, platine, navojne krune, kazaljke i kućišta.

Bakar

Iz bakra se prave brojčane ploče, koje se pocakle, te noge za brojčane ploče. Obzirom na to da je bakar dobar vodič topline, od njega se prave pajala (Lötkolben).

Nikal

Nikal se upotrebljava radi svoje bijele boje i lijepog sjaja za poniklanje alata i kućišta za satove. Odlikuje se otpornošću protiv vlage i znoja, te postojanošću u sjaju, koji se ne gubi.

Tutija

Tutija ili cinak upotrebljava se radi svoje velike toplinske rastezljivosti (koeficijent rastezljivosti za 1 stupanj razlike u temperaturi 0.0000297, naprma čeliku 0.0000117 i mjadi 0.0000184) za izradbu kompenzacionih šibaka kod rešetkastog kompenzacionog njihala. Kod jeftinijih budilica i zidnih satova tutija zamjenjuje mjad, jer je

mnogo jeftinija. Isto tako nailazimo na dijelove izrađene iz tutej kod raznih električnih satova.

Olovo

Olovo se upotrebljava radi svoje velike specifične težine (11.4) za punjenje utega i raznih njihala.

Novo srebro

Slitina od bakra, sa 25% nikla, 15% cinka zove se **Novo srebro**. Od njega se prave kućišta, turpije za poliranje, gong-štapići, koji se odlikuju krasnim zvukom i mazalice (Ölgeber).

Bijelo zlato

Slitina zlata sa otprilike 10% cinka i 15% nikla zove se **bijelo zlato**. Odlikuje se velikom tvrdoćom, te se u uporabi ne troši tako brzo kao žuto zlato. Dodatkom čelika ova slitina još povećava tvrdoću i otpornost. Iz bijelog zlata prave se kućišta za satove i razni ukrasni predmeti.

Invar čelik

Slitina od 64.3% čelika i 35.7% nikla je **Invar-čelik**. Upotrebljava se za pravljenje šibaka za njihalo obzirom na njegovo neznatno toplinsko rastezanje.

Elinvar čelik

Slitina čelika, nikla, volframa, mangana i kroma zove se **Elinvar-čelik**. Iz ove se slitine prave spirale obzirom na dobro svojstvo održanja elastičnosti i nepromjenljivosti u temperaturama od -10 do + 50 stupnjeva.

Berilijske slitine.

Umjesto čelika i mjedi danas se sve više upotrebljavaju **Berilijske slitine**. Berilij je lagana kovina, koja se lako legira s teškim kovinama. Za satove se upotrebljava kao **Berilijska bronca**, i to 98% bakra i 2% berilija. Iz ove se slitine prave monometalne nemirnice, sidra, sidreni i razni drugi kotači, ležaji, razna perca i navojne osovine. Ova se slitina odlikuje velikom tvrdoćom i elastičnošću, neznatnim toplinskim rastezanjem, te je izvrsna podloga za održanje ulja. Od berilijske slitine, zvane **kontracid**, prave se navojna pera, koja se odlikuju time, da nakon upotrebe dobi-

vaju veću pruživost, t. j. kad ostare, postaju pruživija, za razliku od čeličnih, koja omlohave. Velika im je prednost u tome, što ne rđaju. Berilijeva slitina **Nivarox**, koja se sastoji od 30% nikla, 61% čelika, 7% molibdena i kroma, te 2% berilija, upotrebljava se za pravljenje spirala, koje nemaju nikakvog toplinskog rastezanja, ne rđaju i ne mogu postati magnetične. Nivarox-spirala i nemirnica iz berilijeve bronce nadomjestile su s istim rezultatima skupu kompenzacionu nemirnicu. Nemirnica iz berilijeve bronce veoma je tvrda, te kod popravka i mijenjanja osovine nije izvršena opasnosti, da uslijed nestručnog baranja bude iskvarena, a kako nije prezvana, otpada i onaj mukotrpni posao oko ravnanja kompenzacije. S ležajima iz berilijeve bronce postizavaju se vrlo dobri rezultati, ali njihovoj upotrebi u urarstvu stoji na putu poznata boja rubina, koji se smatra temeljem kvalitete sata.

Zlato

Kod satova upotrebljavaju se također plemenite kovine zlato i srebro. Od zlata se prave kućišta za satove, koja se odlikuju lijepom žutom bojom. Od vlažnog zraka ne potamne i imaju veliku sposobnost poliranja.

Radi svoje velike specifične težine 19.5 (bakar 8.85) prave se prema potrebi od zlata vijci za otežanje nemirnice, kojima postižemo jače djelovanje kompenzacione naprave. Od zlata prave se također kolutići za otežanje vijaka nemirnice, te razne kazaljke. Kod finih satova prave se od valjanog zlata zaprečni kotači, koji se daju savršeno polirati, ne rđaju i ne postaju magnetični.

U slitini sa srebrom i bakrom postaje zlato valjanjem gipko i pruživo. Od takvog se zlata prave kronometarska zaprečna pera.

Zlatu se može legiranjem dati razne boje. Slitina sa više dodatka srebra, a manje bakra, ima bijedožutu boju. Slitina s više dodatka bakra, a manje srebra, ima crvenkastu boju.

Od svih kovina zlato ima najveću rastezljivost tako, da se dade razvući u sasvim tanke lističe. Ovo svojstvo zlata upotrebljava se za izradu **Duble-kovine**. Na ploču iz neplemenite

kovine zavari se jednostrano ili dvostruko tanka zlatna ploča. Valjanjem se dobiva sasvim tanka duble-ploča, na kojoj je nerazdvojivo spojena podloga sa zlatnom naslagom. Kao podloga uzima se većinom tombak. Naslaga zlata na duble-kovini mjeri se mikronima (1 mikron = 1/1000 mm). Duble imaju svojstvo i izgled plemenite kovine, a trajnost mu je ovisna o debljini zlatne naslage.

Zlato upotrebljavamo također za pozlatu raznih dijelova sata, da sačuvaju čim dulje lijepi izgled (kotači, platine, mostiči i kućišta). Kod finijih satova ovi se dijelovi pozlaćuju u vatri pomoću žive, ali se najčešće upotrebljava galvanski način elektrolitskog pozlaćivanja.

Zlato se rastvara samo u rastopini od 3 dijela solne kiseline i jednog dijela dušične kiseline, takozvane zlatotopke.

Srebro Srebro se upotrebljava za pravljenje kućišta i za posrebrivanje prije navedenih dijelova sata. Obzirom na to, da je srebro dobar vodič elektricitete, upotrebljava se za kontakte u električnim satovima.

Srebro je osjetljivo na sumporne spojeve, te pod njihovim utjecajem pocrni (oksidira), a to se najčešće događa kod ljudi, kojima znoj sadrži sumpora. Tako oksidirano srebro čisti se rastopinom salmijaka.

Osim kovina imamo u satovima također dragi, poludragi i sintetično kamenje. Najviše se upotrebljava rubin, ali katkada i dijamant, te safir. Prednost dragoga kamenja je velika tvrdoća i mogućnost savršenoga poliranja. Najtvrdi je dijamant (tvrdoća 10), koji se sastoji od ugljika. Upotrebljava se samo kod najfinijih satova.

Safir i rubin su korundi (tvrdoća 9), a sastoje se od kristalizirane gline. Rubin ima još primjesu kromova oksida, koja mu daje crvenu boju. Rubin je najpoznatiji kamen za satove i najviše se upotrebljava.

Kod jeftinijih satova upotrebljava se granat ili almandin (tvrdoća $6\frac{1}{2}$ do $7\frac{1}{2}$) radi slične boje s rubinom.

Danas se sve više upotrebljava sintetično kamenje, i to rubin ili safir. Ovi se po sastavu ni u čemu ne razlikuju od

naravnih i imaju savršeno jednoličnu tvrdoću. Za razliku od naravnih nemaju one jedva vidljive pogreške, mjeđuriće i pukotine, koje, ako se nalaze u samoj stijeni ležaja, uništavaju vršak.

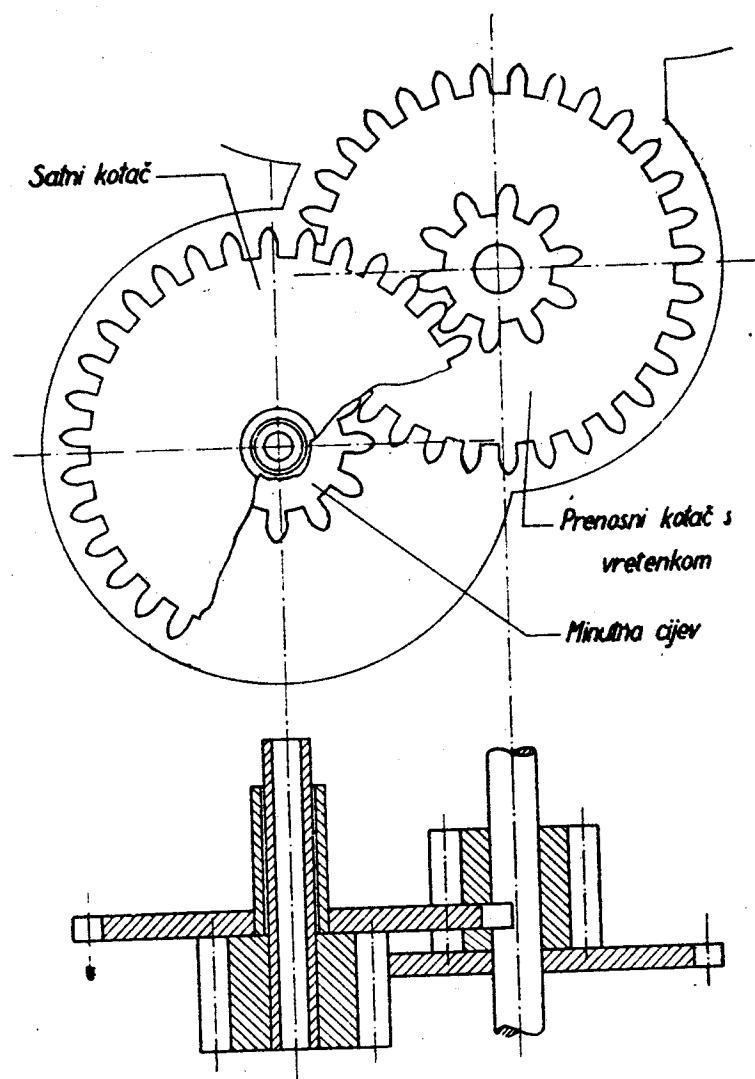
Sintetični rubin dobiva se kod visoke temperature od 2000 stupnjeva od gline, kojoj se radi dobivanja crvene boje dodaje kromov oksid. Safir se pravi na isti način, samo bez kromova oksida, te je njegova masa radi toga gušća i prikladnija za postignuće glatkoće i gustoće, radi boljeg održanja ulja. Iako je za ležaje u satovima sintetični safir bolji od rubina, ipak se rubin više upotrebljava radi svoje poznate boje.

14. PRORAČUN BROJA ZUBACA POGONA KAZALA

Pogon kazala (vidi sl. 78) sastoji se iz minutne cijevi (Chaussee, Viertelrohr), koja nosi minutnu kazaljku, prenosnoga kotača (Minuterie, Wechselrad), prenosne vretenke i satnoga kotača (Canon, Stundenrad), koji nosi satnu kazaljku.

Minutna cijev sjedi na produljenoj osovini minutnoga kotača, koji se u jednom satu okreće jedan put. Prema tome i minutna cijev, koja sjedi na minutnom kotaču, okreće se u jednom satu jedan put. Satni se kotač okreće u 12 sati jedan put. To znači, da, dok se satni kotač okreće jedan put, minutna cijev mora se okrenuti 12 puta. Taj prijenos, koji iznosi 1:12, postignemo tako, da između minutne cijevi i satnoga kotača umetnemo prenosni kotač i prenosnu vretenku. Zupci minutne cijevi hvataju u zupce prenosnoga kotača, a zupci prenosne vretenke u zupce satnoga kotača. Na taj smo način prijenos 1:12 razdijeliti u dva prijenosa, i to prvi između minutne cijevi i prenosnoga kotača, a drugi između prenosne vretenke i satnoga kotača. Važno je, da produkt obaju prijenosa iznosi 12, a kombinacije mogu biti razne. Na pr. 2×6 , 3×4 , 2.5×4.8 , 3.2×3.75 i t. d. Ako uzmemmo prijenos između prenosnoga kotača i minutne cijevi 1:3, moramo prijenos između satnoga kotača

i prenosne vretenke uzeti 1:4, jer produkt obaju prijenosa mora iznositi 1:12.



Sl. 78. Pogon kazala

a) Kontrola ispravnosti proračuna pogona kazala

Kontrola ispravnosti proračuna kazalnog stroja je ova. Broj zubaca satnoga kotača pomnoži se s brojem zubaca prenosnoga kotača, a broj zubaca minutne cijevi pomnoži se s brojem zubaca prenosne vretenke. Prvi produkt razdijeli se s drugim, a kvocijent mora biti brojka 12. (Produkt je rezultat množenja, a kvocijent rezultat dijeljenja. Na pr. $20 \times 5 = 100$. 100 je

proekt. $100 : 20 = 5$. Pet je kvocijent). U takvom slučaju je proračun pogona kazala u redu, a ako dobijemo bilo koji drugi broj, tada je pogrešan. Primjer: minutna cijev ima 10 zubaca, prenosni kotač 24, vretenka 6, satni kotač 30 zubaca.

Pomnožimo broj zubaca satnoga kotača

s brojem zubaca prenosnoga kotača . . . $30 \times 24 = 720$

Pomnožimo broj zubaca minutne cijevi

s brojem zubaca prenosne vretenke . . . $10 \times 6 = 60$

Prvi produkt razdijelimo drugim prouktom $720 : 60 = 12$

Budući da je kvocijent 12, proračun pogona kazala je u redu.

Ili:

Označimo broj zubaca minutne cijevi sa . . . z_1

" " " prenosnoga kotača sa . . . Z_1

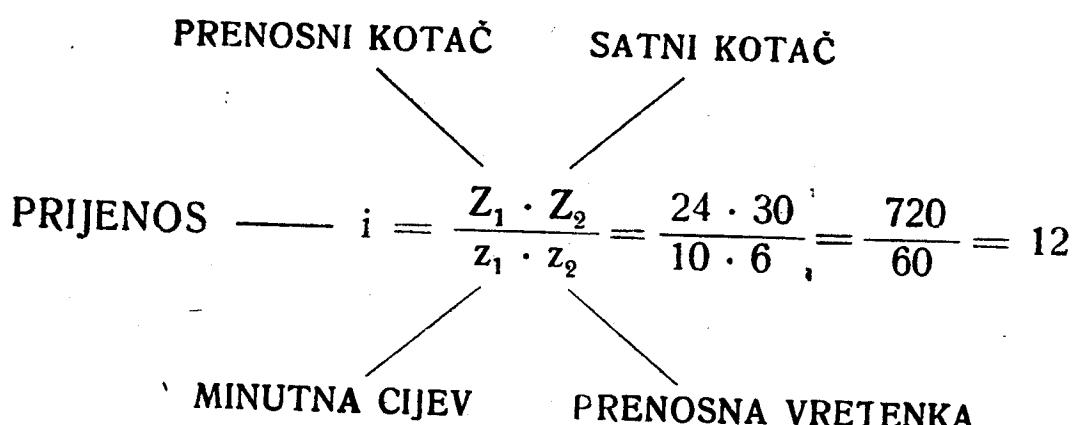
" " " prenosne vretenke sa . . . z_2

" " " satnoga kotača sa . . . Z_2

" " " a ukupni prijenos 12:1 sa . . . i

Kontrola ispravnosti proračuna pogona kazala tada glasi:

$$\frac{Z_1 \cdot Z_2}{z_1 \cdot z_2} = i$$



b) Postupak za izračunavanje broja zubaca minutne cijevi

Postupak za izračunavanje broja zubaca minutne cijevi je ovaj: pomnoži se broj zubaca satnoga kotača brojem zubaca prenosnoga kotača zatim broj zubaca prenosne vretenke bro-

jem 12. Prvi produkt razdijeli se drugim, a kvocijent je broj zubaca minutne cijevi.

Primjer: satni kotač 36, prenosni kotač i prenosna vretenka 24 : 8. Traži se minutna cijev. $Z_1 = 24$, $z_2 = 8$, $Z_2 = 36$, traži se z_1 .

Pomnožimo broj zubaca satnoga kotača

s brojem zubaca prenosnoga kotača . . . $36 \times 24 = 864$

Pomožimo broj zubaca prenosne vretenke

$$\text{problem 12} \quad \dots \quad 8 \times 12 = 96$$

Prvi produkt razdijelimo drugim produktom . $864 : 96 = 9$

Kvocijent je broj zubaca minutne cijevi, u ovom slučaju 9 zubaca.

$$z = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{24 \cdot 36}{864} = 9 \text{ (z}_1 = 9 \text{ zubaca)}$$

$$z_1 = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{i \cdot z_3} = \frac{24 \cdot 36}{12 \cdot 8} = \frac{864}{96} = 9 \text{ (z}_1 = 9 \text{ zubaca)}$$

c) Postupak za izračunavanje broja zubaca satnoga kotača

Postupak za izračunavanje broja zubaca satnoga kotača je ovaj: pomnoži se broj zubaca minutne cijevi brojem zubaca prenosne vretenke i brojem 12. Produkt se razdijeli brojem zubaca prenosnoga kotača, a kvocijent je broj zubaca satnoga kotača.

Primjer: minutna cijev 15, prenosni kotač i prenosna vrećenka 30 : 8. Traži se satni kotač. $z_1 = 15$, $Z_1 = 30$, $z_2 = 8$, traži se Z_2 .

Pomnožimo broj zubaca minutne cijevi brojem zubaca prenosne vretenke i brojem 12...

$$15 \times 8 = 120 \times 12 = 1440.$$

Produkt razdijelimo brojem zubaca prenosnoga kotača

$$1440 : 30 = 48.$$

Kvocijent je broj zubaca satnoga kotača, u ovom slučaju
48 zubaca, ili

$$Z_2 = \frac{z_1 \cdot z_3 \cdot i}{Z_1} = \frac{15 \cdot 8 \cdot 12}{30} = \frac{1440}{30} = 48 \quad (Z_2 = 48 \text{ zubaca})$$

d) Postupak za izračunavanje broja zubaca prenosnoga kotača

Postupak za izračunavanje broja zubaca prenosnoga kotača je slijedeći: pomnoži se broj zubaca minutne cijevi brojem zubaca prenosne vretenke i brojem prenosa 12. Produkt razdijeli se brojem zubaca satnoga kotača, a kvocijent je broj zubaca prenosnoga kotača.

Primjer: minutna cijev 12, prenosna vretenka 12, satni kotač 54. Traži se prenosni kotač. $z_1 = 12$, $z_2 = 12$, $Z_2 = 54$. Traži se Z_1 . Pomnožimo broj zubaca minutne cijevi brojem zubaca prenosne vretenke i brojem 12...

$$12 \times 12 = 144 \times 12 = 1728.$$

Prodot razdijelimo brojem zubaca satnoga kotača

$$1728 : 54 = 32.$$

Kvocijent je broj zubaca prenosnoga kotača u ovom slučaju 32 zupca, ili

$$Z_1 = \frac{z_1 \cdot z_2 \cdot i}{Z_2} = \frac{12 \cdot 12 \cdot 12}{54} = \frac{1728}{54} = 32 \quad (Z_2 = 32 \text{ zupca})$$

e) Postupak za izračunavanje broja zubaca prenosne vretenke

Postupak za izračunavanje broja zubaca prenosne vretenke je ovaj: pomnoži se broj zubaca prenosnoga kotača brojem zubaca satnoga kotača. Broj zubaca minutne cijevi pomnoži se brojem prenosa 12. Prvi produkt razdijeli se drugim, a kvocijent je broj zubaca prenosne vretenke.

Primjer: minutna cijev 10, prenosni kotač 32, satni kotač 45. Traži se prenosna vretenka. $z_1 = 10$, $Z_1 = 32$, $Z_2 = 45$, traži se z_2 .

Pomnožimo broj zubaca prenosnoga kotača
brojem zubaca satnoga kotača

$$32 \times 45 = 1440$$

Pomnožimo broj zubaca prenosne vretenke
brojem 12

$$10 \times 12 = 120$$

Prvi produkt razdijelimo drugim produktom $1440 : 120 = 12$

Kvocijent je broj zubaca prenosne vretenke, u ovom slučaju 12 zubaca, ili

$$z_2 = \frac{Z_1 \cdot Z_2}{z_1 \cdot i} = \frac{32 \cdot 45}{10 \cdot 12} = \frac{1440}{120} = 12 \quad (z_2 = 12 \text{ zubaca})$$

f) Postupak za izračunavanje broja zubaca prenosnoga kotača i vretenke

Postupak za izračunavanje broja zubaca prenosnoga kotača i vretenke je ovaj: moramo pronaći njihov međusobni odnos zubaca, t. j. koliko puta više zubaca mora imati prenosni kotač od prenosne vretenke. To izračunamo na slijedeći način: broj zubaca minutne cijevi pomnožimo brojem prijenosa. Produkt razdijelimo brojem zubaca satnoga kotača. Kvocijent je odnos zubaca prenosnoga kotača prema prenosnoj vretenci, t. j. vretenka mora imati toliko puta manje zubaca.

I. primjer. Minutna cijev 10, satni kotač 40. Traži se prenosni kotač i vretenka. $z_1 = 10$, $Z_2 = 40$, traži se odnos $Z_1 : z_2$.

Pomnožimo broj zubaca minutne cijevi brojem

$$\text{prijenosa (12)} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad 10 \times 12 = 120$$

Prodot razdijelimo brojem zubaca satnoga

$$\text{kotača} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad 120 : 40 = 3$$

Kvocijent je odnos broja zubaca prenosnoga kotača prema prenosnoj vretenci. To znači, da prenosni kotač mora imati 3 puta više zubaca od prenosne vretenke. To može biti 24 : 8, 30 : 10, 45 : 15 i t. d. Prema gustoći zubaca ostalih kotača lako možemo ustanoviti, koji je broj zubaca od navedenih potreban u našem slučaju, ili

$$\begin{aligned} \text{Odnos } Z_1 : z_2 &= \frac{z_1 \cdot i}{Z_2} = \frac{10 \cdot 12}{40} = \frac{120}{40} = \\ &= 3 \quad (\text{odnos } Z_1 : z_2 = 3 : 1) \end{aligned}$$

Može se dogoditi, da je odnos između zubaca prenošnoga kotača i vretenke broj s razlomcima. Način izračunavanja ostaje isti.

II. primjer: minutna cijev 8, satni kotač 30. Traži se prenosni kotač i prenosna vretenka. $z_1 = 8$, $Z_2 = 30$. Traži se odnos $Z_1 : z_2$.

Pomnožimo broj zubaca minutne cijevi brojem prijenosa 12 $8 \times 12 = 96$

Proizvod razdijelimo brojem zubaca satnoga kotača $96 : 30 = 3,2$

Prema tome, prenosni kotač mora imati 3,2 puta više zubaca od prenosne vretenke, a to je $32 : 10$. Prenosni kotač mora imati 32 zupca, a prenosna vretenka 10 zubaca, ili

$$\text{Odnos } Z_1 : z_2 = \frac{z_1 \cdot i}{Z_2} = \frac{8 \cdot 12}{30} = \frac{96}{30} = \\ = 3,2 \text{ (odnos } Z_1 : z_2 = 3,2 : 1)$$

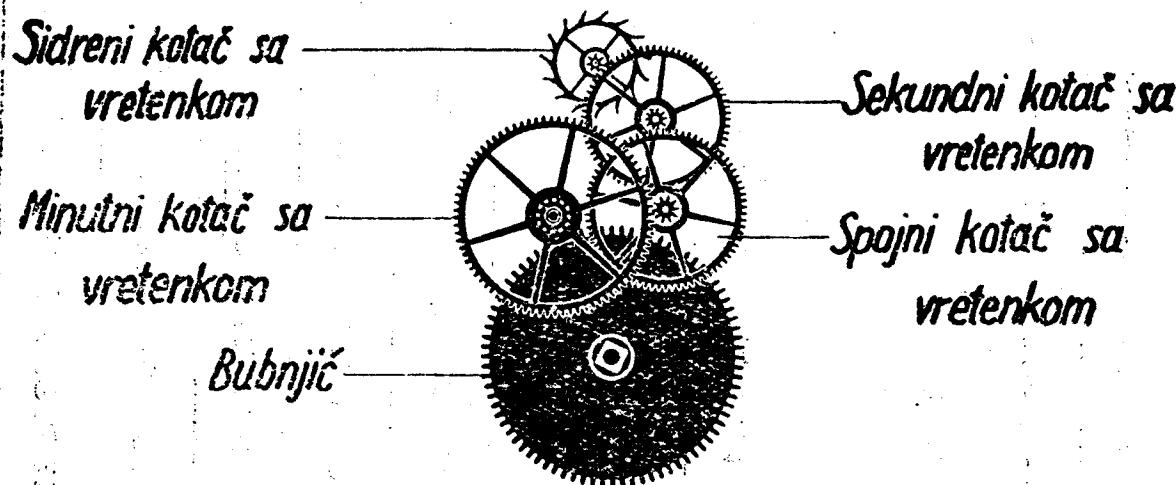
g) T A B L I C A
o broju zubaca pogona kazala.

BROJ ZUBACA:				BROJ ZUBACA:				BROJ ZUBACA:			
minutna cijev	prenosna vretenka	prenosni kotač	satni kotač	minutna cijev	prenosna vretenka	prenosni kotač	satni kotač	minutna cijev	prenosna vretenka	prenosni kotač	satni kotač
6	7	21	24	10	6	24	30	14	9	27	56
6	8	21	24	10	7	21	40	14	9	28	54
6	9	24	24	10	7	24	35	14	9	36	42
6	10	24	27	10	7	28	30	14	10	30	56
6	12	24	30	10	7	35	24	14	10	35	48
6	12	24	36	10	8	32	40	14	10	40	42
6	14	21	32	10	8	30	32	14	12	42	40
6	14	21	48	10	9	24	45	14	12	32	63
6	14	24	42	10	9	24	40	14	12	36	56
6	14	28	35	10	9	27	40	14	12	42	48
7	6	21	24	10	9	30	36	14	12	48	42
7	7	21	28	10	10	24	50	14	14	42	56
7	8	21	32	10	10	25	48	14	14	48	49
7	8	24	28	10	12	30	40	15	8	30	48
7	8	28	24	10	12	32	48	15	8	32	45
7	9	21	36	10	12	36	45	15	9	36	40
7	9	27	28	10	12	36	40	15	9	30	54
7	9	28	27	10	12	36	40	15	10	45	86
7	10	21	40	11	6	22	36	15	12	36	50
7	10	24	35					15	12	40	45
7	10	28	30					15	12	45	60
8	6	24	24	12	6	24	36	15	9	36	54
7	7	21	32	12	7	21	42	15	9	45	48
7	7	24	28	12	7	24	36	15	14	42	60
7	7	28	24	12	8	24	32	15	14	45	63
7	7	32	32	12	8	24	36	15	15	50	60
7	8	24	36	12	9	24	32	15	15	45	56
7	8	27	32	12	9	24	36	15	16	45	64
7	8	32	27	12	9	24	48	15	16	48	60
7	9	24	40	12	10	30	48	16	8	24	64
7	10	30	32	12	10	36	40	16	8	32	68
7	10	32	30	12	10	36	48	16	10	32	64
7	12	24	48	12	12	32	54	16	12	40	48
7	12	32	36	12	12	32	54	16	12	36	64
7	12	36	32	12	12	32	54	16	12	48	64
8	6	24	27	12	14	42	48	16	14	42	64
7	7	21	24	12	14	36	48	16	14	48	56
7	7	27	36	12	14	36	54	16	15	45	64
7	8	24	36	12	15	40	48	16	15	48	60
7	8	27	32	12	15	40	48	16	16	48	64
7	8	32	27	12	15	40	48	16	16	48	64
7	9	24	36	12	15	45	48	16	20	64	60
7	9	27	32	12	15	48	48	18	10	45	48
7	9	36	27	12	15	48	48	18	12	48	54
7	10	24	40	13	8	26	48	18	15	54	60
7	10	30	32	13	8	26	48	18	22	72	66
7	12	24	54	14	6	24	42	20	24	80	72
7	12	27	48	14	6	28	36	21	12	56	54
7	12	36	36	14	7	24	42	24	10	48	60
7	12	36	36	14	8	28	48	24	12	6+	90
9	6	24	27	14	8	28	42	24	12	72	100
6	7	21	36	14	8	28	42	25			
6	7	27	32	14	8	28	42	25			
6	7	32	27	14	8	28	42	25			
6	8	24	48	14	8	32	42	25			
6	8	32	36	14	8	32	42	25			
6	9	27	36	14	8	32	42	25			
6	9	36	27	14	8	32	42	25			
6	10	24	45	14	7	24	36	26			
6	10	27	40	14	7	24	36	26			
6	10	30	36	14	8	28	42	26			
6	12	24	54	14	8	28	42	26			
6	12	27	48	14	8	32	42	26			
6	12	36	36	14	8	32	42	26			
7	6	21	27	13	8	26	48	27			
7	7	21	32	13	8	26	48	27			
7	7	27	36	13	8	26	48	27			
7	8	24	40	13	8	26	48	27			
7	8	32	36	13	8	26	48	27			
7	9	27	36	13	8	26	48	27			
7	9	36	27	13	8	26	48	27			
7	10	24	45	13	8	28	42	28			
7	10	27	40	13	8	28	42	28			
7	10	30	36	13	8	28	42	28			
7	12	24	54	13	8	28	42	28			
7	12	27	48	13	8	32	42	28			
7	12	36	36	13	8	32	42	28			
8	6	24	27	14	8	28	42	29			
7	7	21	32	14	8	28	42	29			
7	7	27	36	14	8	28	42	29			
7	8	24	40	14	8	28	42	29			
7	8	32	36	14	8	28	42	29			
7	9	27	36	14	8	28	42	29			
7	9	36	27	14	8	28	42	29			
7	10	24	45	14	8	32	42	29			
7	10	27	40	14	8	32	42	29			
7	10	30	36	14	8	32	42	29			
7	12	24	54	14	8	32	42	29			
7	12	27	48	14	8	32	42	29			
7	12	36	36	14	8	32	42	29			
8	6	24	27	15	8	28	42	30			
7	7	21	32	15	8	28	42	30			
7	7	27	36	15	8	28	42	30			
7	8	24	40	15	8	28	42	30			
7	8	32	36	15	8	28	42	30			
7	9	27	36	15	8	28	42	30			
7	9	36	27	15	8	28	42	30			
7	10	24	45	15	8	32	42	30			
7	10	27	40	15	8	32	42	30			
7	10	30	36	15	8	32	42	30			
7	12	24	54	15	8	32	42	30			
7	12	27	48	15	8	32	42	30			
7	12	36	36	15	8	32	42	30			
8	6	24	27	16	8	28	42	31			
7	7	21	32	16	8	28	42	31			
7	7	27	36	16	8	28	42	31			
7	8	24	40	16	8	28	42	31			
7	8	32	36	16	8	28	42	31			
7	9	27	36	16	8	28	42	31			
7	9	36	27	16	8	28	42	31			
7	10	24	45	16	8	32	42	31			
7	10	27	40	16	8	32	42	31			
7	10	30	36	16	8	32	42	31			
7	12	24	54	16	8	32	42	31			
7	12	27	48	16	8	32	42	31			
7	12	36	36	16	8	32	42	31			
8	6	24	27	17	8	28	42	32			
7	7	21	32	17	8	28	42	32			
7	7	27	36	17	8	28	42	32			
7	8	24	40	17	8	28	42	32			
7	8	32	36	17	8	28	42	32			
7	9	27	36	17	8	28	42	32			
7	9	36	27	17	8	28	42	32			
7	10	24	45	17	8	32	42	32			
7	10	27	40	17	8	32	42	32			
7	10	30	36	17	8	32	42	32			
7	12	24	54	17	8	32	42	32			
7	12	27	48	17	8	32	42	32			
7	12	36	36	17	8	32	42	32			
8	6	24	27	18	8	2					

h) Proračun broja zubaca strojnih kotača

Strojni kotači sastoje se iz sekundnoga kotača s vretenkom, spojnoga kotača sa spojnom vretenkom (Petite moyenne, Kleinbodenrad) i iz minutnoga kotača s minutnom vretenkom (vidi sliku 79.).

Kod satova, kod kojih nemirnica pravi 150 punih njihaja ili 300 polunjihaja u minuti, a to je kod sata s pravilnim brojem njihaja, zaprečni kotač ima 15 zubaca. Kako se kod svakog punog njihaja zaprečni kotač pomakne za jedan zubac, to će se zaprečni kotač okrenuti u minuti 10 puta. Dok se zaprečni kotač



Sl. 79. Strojni kotači

okrene 10 puta, okrenut će se sekundni kotač jedan put. To znači, da sekundni kotač mora imati 10 puta više zubaca od vretenke zaprečnoga kotača. Ako vretenka imade 6 zubaca, kotač mora imati 60 zubaca, obratno, ako sekundni kotač ima 70 zubaca, zaprečna vretenka mora imati 7 zubaca.

Dok se minutni kotač okrene jedan put, sekundna se vretenka okrene 60 puta. Treba dakle prijenos, koji iznosi $1 : 60$, razdijeliti između sekundne vretenke i spojnoga kotača, te spojne vretenke i minutnoga kotača.

Ima satova, kod kojih zaprečni kotač ima 12, 13 ili 14 zubaca. Kod ovakovih satova sekundni se kotač ne okrene u jednom satu 60 puta. To su satovi s nepravilnim brojem njihaja, a

koji nemaju sekundnoga kazala. Ako nam treba broj zubaca za pojedini kotač ili vretenku, poslužit ćemo se tablicom o broju njihaja.

Kod satova s pravilnim brojem njihaja i sekundnim kotačem, koji u jednom satu pravi 60 okretaja, broj zubaca pojednoga kotača ili vretenke naći ćemo prema izračunavanjima, koja slijede.

i) Postupak za izračunavanje broja zubaca sekundne vretenke

Postupak za izračunavanje broja zubaca sekundne vretenke je ovaj: pomnoži se broj zubaca minutnoga kotača brojem zubaca spojnoga kotača, a broj zubaca spojne vretenke pomnoži se brojem 60. Prvi produkt razdijeli se drugim, a kvocijent je broj zubaca sekundne vretenke.

Primjer: minutni kotač 80 zubaca, spojni kotač 75 zubaca, a vretenka 10 zubaca. Traži se broj zubaca sekundne vretenke. Pomnožimo broj zubaca minutnoga kotača

$$\text{brojem zubaca spojnoga kotača} \dots \quad 80 \times 75 = 6000$$

Pomnožimo broj zubaca spojne vretenke

$$\text{brojem } 60 \dots \quad 10 \times 60 = 600$$

Prvi produkt razdijelimo drugim produkтом $6000 : 600 = 10$

Kvocijent je broj zubaca sekundne vretenke, a to je 10 zubaca ili

označimo broj zubaca sekundne vretenke sa z_3

“ “ “ spojnoga kotača sa z_3

“ “ “ spojne vretenke sa z_4

“ “ “ minutnoga kotača sa z_4

a ukupni prijenos t. j. $60 : 1$ sa i

$$i = \frac{Z_3}{z_3} \cdot \frac{Z_4}{z_4}$$

$$z_3 = \frac{Z_3 \cdot Z_4}{i \cdot z_4} = \frac{75 \cdot 80}{60 \cdot 10} = \frac{6000}{600} = 10 \quad (z_3 = 10 \text{ zubaca})$$

j) Postupak za izračunavanje broja zubaca minutnoga kotača

Postupak za izračunvanje broja zubaca minutnoga kotača je ovaj: broj zubaca sekundne vretenke pomnoži se brojem zubaca spojne vretenke i brojem 60. Produkt se razdijeli brojem zubaca spojnoga kotača, a kvocijent je broj zubaca minutnoga kotača.

Primjer: sekundna vretenka 10, spojni kotač 75, a vretenka 12 zubaca. Traži se minutni kotač. $z_3 = 10$, $Z_3 = 75$, $z_4 = 12$. Traži se Z_4 .

Pomnožimo broj zubaca sekundne vretenke brojem zubaca spojne vretenke i brojem 60 $10 \times 12 = 120 \times 60 = 7200$. Produkt se razdijeli brojem zubaca spojnoga kotača

Kvocijent je broj zubaca minutnoga kotača, a to je 96 zubača ili

$$Z_4 = \frac{z_3 \cdot z_4 \cdot i}{Z_3} = \frac{10 \cdot 12 \cdot 60}{75} = \frac{7200}{75} = 96 \quad (Z_4 = 96 \text{ zubača})$$

k) Postupak za izračunavanje broja zubaca spojnoga kotača

Postupak za izračunavanje broja zubaca spojnoga kotača je ovaj: pomnoži se broj zubaca sekundne vretenke brojem zubaca spojne vretenke i brojem prijenosa 60. Produkt se razdijeli brojem zubaca minutnoga kotača, a kvocijent je broj zubaca spojnoga kotača.

Primjer: sekundna vretenka 8, spojna vretenka 10, minutni kotač 75. Traži se spojni kotač. $z_3 = 8$, $z_4 = 10$, $Z_3 = 75$. Traži se Z_4 .

Pomnožimo broj zubaca sekundne vretenke brojem zubaca spojne vretenke i brojem 60

$$8 \times 10 = 80 \times 60 = 4800.$$

Prodot razdijelimo brojem zubaca minutnoga kotača

$$4800 : 75 = 64.$$

Kvocijent je broj zubaca spojnoga kotača, u ovom slučaju 64 zupca ili

$$Z_3 = \frac{z_3 \cdot z_4 \cdot i}{Z_4} = \frac{8 \cdot 10 \cdot 60}{75} = \frac{4800}{75} = 64 \quad (Z_3 = 64 \text{ zupca})$$

i) Postupak za izračunavanje broja zubaca spojne vretenke

Postupak za izračunavanje broja zubaca spojne vretenke je ovaj: pomnožimo broj zubaca spojnoga kotača brojem zubaca minutnoga kotača, a broj zubaca sekundne vretenke pomnožimo brojem prijenosa 60. Prvi produkt razdijelimo drugim proizvodom, a kvocijent je broj zubaca spojne vretenke.

Primjer: sekundna vretenka 8, spojni kotač 60, minutni kotač 80. Traži se broj zubaca spojne vretenke. $z_3 = 8$, $Z_3 = 60$, $Z_4 = 80$. Traži se z_4 .

Pomnožimo broj zubaca spojnoga kotača
brojem zubaca minutnoga kotača . . .

$$60 \times 80 = 4800$$

Pomnožimo broj zubaca sekundne vretenke
brojem 60

$$8 \times 60 = 480$$

Prvi produkt razdijelimo drugim proizvodom $4800 : 480 = 10$

Kvocijent je broj zubaca spojne vretenke, u ovom slučaju 10 zubaca ili

$$z_4 = \frac{Z_3 \cdot Z_4}{z_3 \cdot i} = \frac{60 \cdot 80}{8 \cdot 60} = \frac{4800}{480} = 10 \quad (z_4 = 10 \text{ zubaca})$$

m) Postupak za izračunavanje broja zubaca spojnoga kotača i vretenke

Postupak za izračunavanje broja zubaca spojnoga kotača i spojne vretenke je ovaj: treba pronaći njihov međusobni odnos zubaca, t. j. koliko puta više zubaca mora imati spojni kotač od spojne vretenke. To izračunavamo na ovaj način. Broj zubaca sekundne vretenke pomnožimo prijenosom. Produkt razdijelimo

brojem zubaca minutnoga kotača. Kvocijent je odnos zubaca prenosnoga kotača prema prenosnoj vretenci, t. j. vretenka mora imati toliko puta manje zubaca od kotača.

I. primjer: sekundna vretenka 8, minutni kotač 64. Traži se odnos broja zubaca spojnoga kotača prema broju zubaca vretenke. $Z_3 = 8$, $Z_4 = 64$. Traži se odnos $Z_3 : Z_4$.
Pomnožimo broj zubaca sekundne vretenke

brojem prijenosa (60) $8 \times 60 = 480$
 Produkt razdijelimo brojem zubaca minutnoga
 kotača 480 : 64 = 7,5

Kvocijent je odnos broja zubaca spojnoga kotača prema spojnoj vretenci To znači, da spojni kotač mora imati 7,5 puta više zubaca od spojne vretenke. To može biti $75 : 10$ ili $60 : 8$. Obzirom na to, da spojni kotač ima uvijek manje zubaca od minutnoga kotača, to ćemo u ovom slučaju uzeti spojni kotač sa 60 zubaca, jer minutni kotač ima 64 zupca, a spojnu vretenku sa 8 zubaca ili

$$\text{Odnos } Z_3 : z_4 = \frac{z_3 \cdot i}{Z_4} = \frac{8 \cdot 60}{64} = \frac{480}{64} = \\ = 75 \text{ (odnos } Z_3 : z_4 = 7.5)$$

II. primjer: sekundna vretenka 10, minutni kotač 96. Traži se odnos spojnoga kotača i spojne vretenke. $z_3 = 10$, $z_4 = 96$. Traži se odnos $z_3 : z_4$.

Pomnožimo broj zubaca sekundne vretenke

brojem prijenosa (60) $10 \times 60 = 600$
 Produkt razdijelimo brojem zubaca minutnoga kotača 600 : 60 =

Prema tome mora spojni kotač imati 6,25 puta više zubaca od spojne vretenke, a to je: spojni kotač 75 zubaca, a spojna vretenka 12 zubaca ili

$$\text{Odnos } Z_3 : z_4 = \frac{z_3 \cdot i}{Z_4} = \frac{10 \cdot 60}{96} = \frac{600}{96} = 6.25 \text{ (odnos } Z_3 : z_4 = 6.25)$$

n) Postupak za izračunavanje broja njihaja u minutu kod satova s nepravilnim brojem njihaja

Postupak za izračunavanje broja njihaja u minutu kod satova s nepravilnim brojem njihaja, t. j. kod onih satova koji imaju više ili manje od 150 punih njihaja u minutu je ovaj: pomnoži se međusobno broj zubaca svih strojnih kotača (t. j. minutni, spojni, sekundni i sidreni kotač), zatim se pomnoži međusobno broj zubaca svih strojnih kotača (t. j. minutni, spojni, sekundni i sidreni kotač), zatim se pomnoži međusobno broj zubaca spojne, sekundne i vretenke sidrenoga kotača. Prvi produkt razdijeli se drugim produkтом a kvocijent je broj njihaja u jednom satu. Sad razdijelimo taj broj još sa 60 te dobijemo broj njihaja u minutu.

Primjer:

minutni kotač	58	spojna vretenka	6
spojni kotač	50	sekundna vretenka	6
sekundni kotač	48	vretenka sidrenoga kotača .	6
sidreni kotač	15		

Pomnožimo brojeve zubaca kotača:

$$58 \times 50 \times 48 \times 15 = 2088000$$

Pomnožimo brojeve zubaca vretenke:

$$6 \times 6 \times 6 = 216$$

Prvi produkt razdijelimo drugim : $20088000 : 216 = 9666$.

Kvocijent je broj njihaja u jednom satu i zato ga dijelimo sa 60:

$$9666 : 60 = 161,11$$

Sada je kvocijent broj njihaja u minuti, a to je 161,11 njihaja ili

$$\text{Skraćeno: } \frac{58 \cdot 50 \cdot 48 \cdot 15}{6 \cdot 6 \cdot 6 \cdot 60} = 161.11$$

TABLICA O BROJU NJIHAJA
**kod satova s nepravilnim brojem njihaja i kod satova, kod kojih sekundni
kotač ne pravi 60 okretaja na sat.**

Broj zubača							Punih njihaja u minuti
minutni kotač	spojna vretenka	spojni kotač	sekundna vretenka	sekundni kotač	zaprečna vretenka	zaprečni kotač	
54	6	50	6	48	6	15	150
54	6	50	6	50	6	15	156
54	6	52	6	52	6	15	169
56	6	50	6	50	6	15	162
56	6	52	6	48	6	13	140
56	6	52	6	50	6	13	146
56	6	52	6	50	6	14	157
56	6	52	6	50	6	15	168.5
56	6	52	6	52	6	13	151.5
56	6	52	6	52	6	15	177.5
56	6	54	6	48	6	15	168
56	6	54	6	50	6	13	151.5
58	6	54	6	50	6	15	175
58	6	54	6	52	6	15	182
58	6	48	6	48	6	15	154.5
58	6	49	6	50	6	15	164.5
58	6	50	6	43	6	15	166
58	6	52	6	50	6	13	151
58	6	52	6	50	6	14	163
58	6	52	6	50	6	15	174.5
58	6	54	6	50	6	15	181
58	6	54	6	54	6	13	176
60	6	48	6	48	6	15	160
60	6	48	6	50	6	15	166.5
60	6	49	6	49	6	15	163
60	6	50	6	50	6	13	150.5
60	6	54	6	48	6	15	180
60	6	54	6	50	6	12	150
60	6	54	6	50	6	13	162.5
60	6	54	6	50	6	14	175
60	6	54	6	50	6	15	184.5
60	6	55	6	48	6	15	183
60	6	56	6	54	6	13	182
60	7	54	6	52	6	15	167
63	7	52	6	50	6	15	162.5
63	7	56	7	54	6	15	162
70	7	56	7	56	7	14	149.5
52	8	60	6	60	6	14	151.5
60	8	54	6	54	6	15	162
60	8	56	6	54	6	15	157.5
64	8	60	7	50	6	15	166.5
64	8	53	7	54	6	15	149
66	8	64	8	60	6	15	165
72	10	56	6	56	6	15	155.5
96	10	90	12	80	10	15	150

Ovom tablicom poslužit ćemo se kod umetanja nove spirale ili kod traženja broja zubača nestalog kotača ili vretenke.

15. KRATKA POVIJEST RAZVOJA SATA

Ljudi su već u najstarije vrijeme osjećali potrebu da mjere vrijeme. U tu svrhu gradili bi, okomito na razinu zemlje, tanke visoke stupove te prema duljini i položaju sjena tih stupova ustanovili bi, koje je doba dana. Znanost je dala tim stupovima grčko ime »gnomoni«, što znači pokazivači. Gnomoni su bili najstariji i najprimitivniji način mjerjenja vremena. Iz ovih gnomona razvile su se sunčane ure, koje su već omogućivale mnogo točniju razdiobu vremena i bile sve do konca 13. stoljeća jedine javne ure.

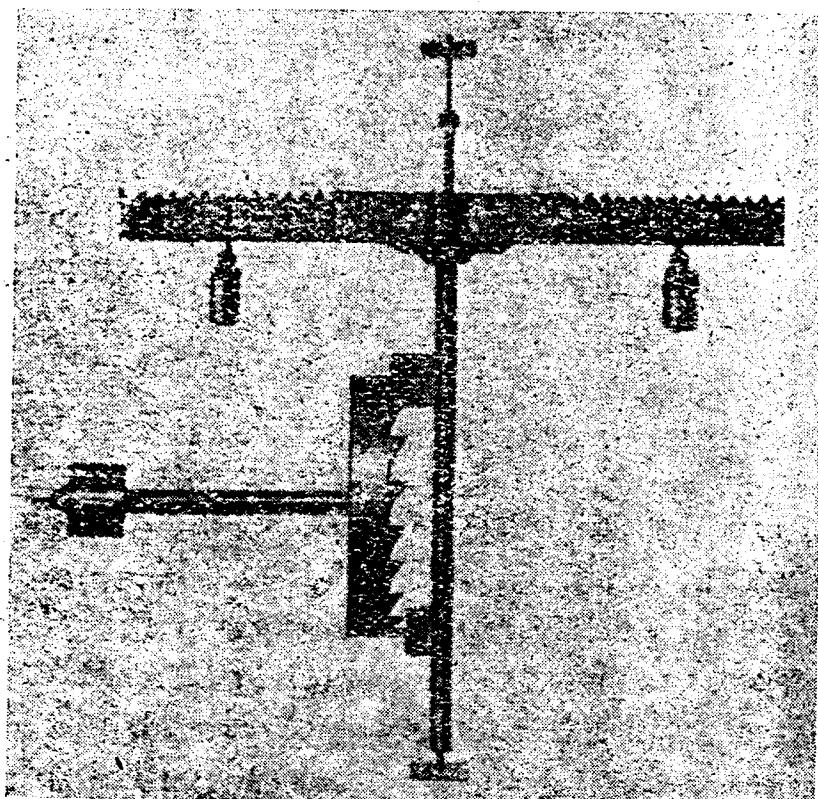
Prvu sunčanu uru sagradio je godine 640. pr. n. e. povjesničar Berossos u Babilonu. Taj je pronalazak grčki filozof Anaximandros donio god. 550. pr. n. e. u Grčku. Iz Grčke donio je prvu sunčanu uru u Rim god. 293. pr. n. e. rimski konsul Papius Cursor. U Srednju Evropu donio je prvu sunčanu uru tek god. 1450. Peuerbach.

Osim sunčanih ura, koje su bile javne ure, imali su stari narodi i kućne ure. To su bile pješčane, uljane i vodene ure. Naročito su bile omiljene i vrlo rasprostranjene vodene ure, koje su bile umjetnički izrađivane, izbijale su i imale pomicne figure. Krasnu vodenu uru s izbijanjem i pomicnim figurama poklonio je god. 807. poznati bagdadski kalif Harun Al Rašid Karlu Velikomu. Taj se sat još i danas čuva u jednom muzeju.

Nemamo nikakvih dokaza, da su stari narodi imali ili poznivali mehaničke ure, te da li im je bila poznata upotreba koča sa zupcima, t. j. zahvata. To je već i radi toga nevjerojatno, jer su računali po temporalnom vremenu. Mi danas računamo po ekvinocijalnom vremenu. Po ekvinocijalnom vremenu dan i noć dijeli se u dva puta po dvanaest jednakih ekvinocijalnih sati, koje brojimo od ponoći do podne i od podne do ponoći. Sve do 14. stoljeća računalo se je, po primjeru starog Orijenta, po temporalnom vremenu, t. j. dan i noć se je dijelila u dva puta po dvanaest nejednakih temporalnih sati, brojeći od izlaza do zalaza sunca i od zalaza do izlaza sunca. Takav temporalni sat imao je u raznoj godišnjoj dobi i raznu duljinu trajanja, na

primjer ljeti 12 sati dana bilo je mnogo dulje nego 12 sati noći. Taj način brojenja nestao je tek u 14. stoljeću, kad su se pojavile prve mehaničke ure.

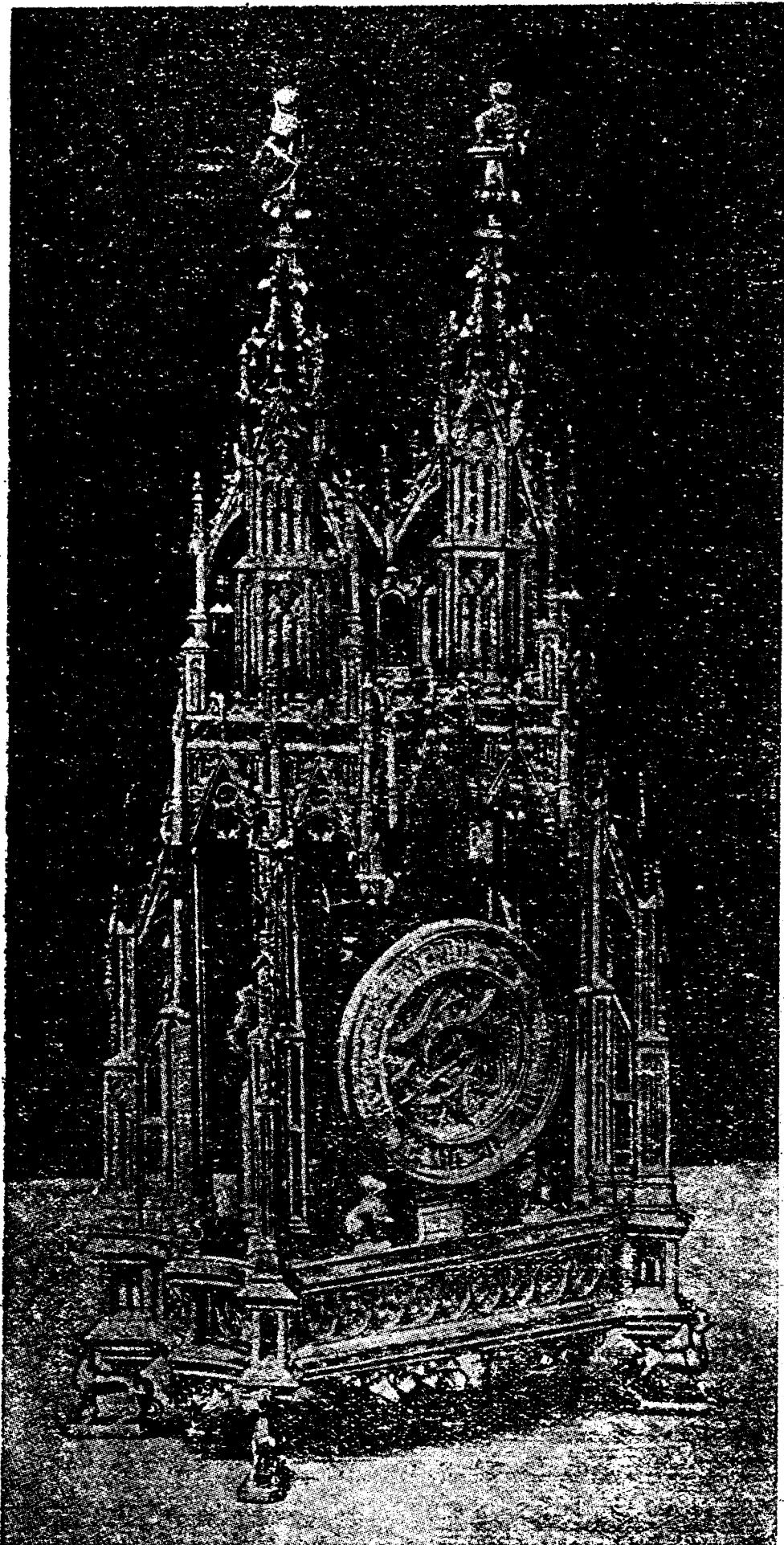
Izum mehaničke ure, a ujedno i vretenaste zapreke, pripisuje se Gerbertu de Aurillacu, koji je kasnije izabran za papu Silvestra II. Smatran je najučenijim čovjekom svojega doba, a živio je od god. 947. do 1003. O tome drugoga dokaza nema nego citat u knjizi, koju je izdao god. 997. na latinskom jeziku



Sl. 80. Vagasta zapreka (Foliot)

njemački biskup i kroničar Thiethmar. U tom citatu navodi se, da je opat Gerbert u Magdenburgu gradio satove, a gradio ih je dobro zato, jer je spravama promatrao zvijezde, koje vode pomorce na njihovim putovanjima.

Dokazano najstarija mehanička ura, koja je izbijala ekvinočijalne satove, sagrađena je 1336. u Milanu. God. 1344. sa-gradio je Jacopo Dondi javni sat u Padovi, koji je izbijao. God. 1348. dobio je London svoju prvu javnu uru. Godine 1370. sa-gradio je Lotarinžanin Henrick Wick za pariški dvorski toranj



Sl. 81. Gotski sat Filipa Dobrog Burgundskog

sat, koji se još i danas smatra za pravo remek-djelo jednog strog majstora.

Ovi prvi mehanički satovi bili su još vrlo primitivno građeni. Imali su vretenastu zapreku i foliot (sl. 80.), a uteg je bio obični probušeni kamen. Imali su samo jednu kazaljku za satove, a više se od njih nije ni tražilo. Obično je na tornju uz mehanički sat bio i sunčani sat, tako da se je za sunčanih dana mogao mehanički sat naravnati prema sunčanom satu.

Historijski podaci iz god. 1404. kažu nam, da je u Moskvi na jednoj kuli Kremlja stajao javni sat, koji je izbijao. Potanji podaci o ranijem dobu nažalost ne postoje. Taj poznati prvi javni sat zamijenjen je kasnije satom sa 30 zvona, a kad je god. 1636. toranj izgorio, sagrađen je novi toranj s prekrasnim satom, koji je nazvan »divom svijeta«.

Oko god. 1400. dolazi do izuma pera za pogon sata. Izumitelj je nepoznat. Dugo se smatralo, da je Peter Henlein izumitelj pera, ali pošto je pronađen jedan sat gonjen perom, a koji potječe iz god. 1430 (sl. 81.), uvidjelo se, da je to pogrešno. Tu se radi o satu, koji u historiji razvoja urarske tehnike igra veliku ulogu. To je gotski sat Filipa Dobrog Burgundskoga, sagrađen između 1429. do 1435. To je najstariji sačuvan sat gonjen perom. Ima vretenastu zapreku, izbijaju, a nekad je imao i tri pomicne figure. Taj sat je važan kao dokaz za utvrđenje činjenice, da se je pero upotrebljavalo za pogon sata oko god. 1430. Peter Henlein smatrana je graditeljem prvoga džepnog sata, držeći da je on izumio pero, ali je to mišljenje pronalaskom toga sata oborenno. U razvoju povijesti sata postojala je praznina, manjkao je prijelaz između toranjskih ili velikih sobnih ura i malih džepnih i stolnih ura. Tu prazninu u prijelazu proizvodnje od velikih na male satove ispunio je taj sat. Oko toga sata, t. j. o njegovoj autentičnosti vodile su se polemike za i protiv preko 80 godina. Sat se nalazio u privatnom posjedu u Beču, a vlasnik nije nikome dopuštao da sat pregleda. Istom poslije njegove smrti god. 1926. predan je sat na stručni pregled učenjacima, prvim evropskim kapacitetima za utvrđivanje starosti i autentičnosti. Nedvojbeno je ustanovljeno, da je sat sagrađen između god. 1429. i 1435. Tako je završena dugogodišnja polemika oko toga sata. Ne zna se, tko je taj sat gradio, ali se zna, kad ga

je netko gradio, a to je bilo čitavih pedeset godina prije nego se Henlein rodio.

Time je Henleinu osporeno, da je on izumio pero, a također i prvenstvo gradenja džepnih ura. Da li je već netko prije njega pravio džepne ure, do danas nije poznato. Stoga mnogi smatraju, da je Henlein zbilja bio prvi, koji ih je radio. Sačuvane nemamo do danas niti jedne od Henleinovih džepnih ura, jedino imamo nekoliko njegovih stolnih ura i par raznih automata. Jedini dokaz, da ih je zbilja radio, jeste citat u knjizi, koju je izdao god. 1511. na latinskom jeziku Jochan Cohläus. Bio je to opis njemačkih gradova, pa opisujući Nürnberg, pisac među ostalim navodi, da nürnbergski bravari Peter Hele na čudo matematičara pravi od malo željeza satove s puno kotača, koji idu u svakom položaju, pa čak i kada se nose u džepu, a nije im potreban nikakav uteg.

Kako su te prve džepne ure izgledale, ne znamo, ali smatramo, da se nisu mnogo razlikovale od tadašnjih stolnih ura gonjenih perom. To znači, da su to bile cilindrične kutije, otpri-like kao naše današnje kontrolne ure za čuvare, nešto manjeg promjera, ali deblje (sl. 82.). Imale su vretenastu zapreku sa žlijastom nemirnicom i bez ikakve naprave za reguliranje. Mjesto spirale služila je četina. Bile su sasvim od željeza, svi dijelovi bili su pričvršćeni zaticima, a pokazivale su samo satove.

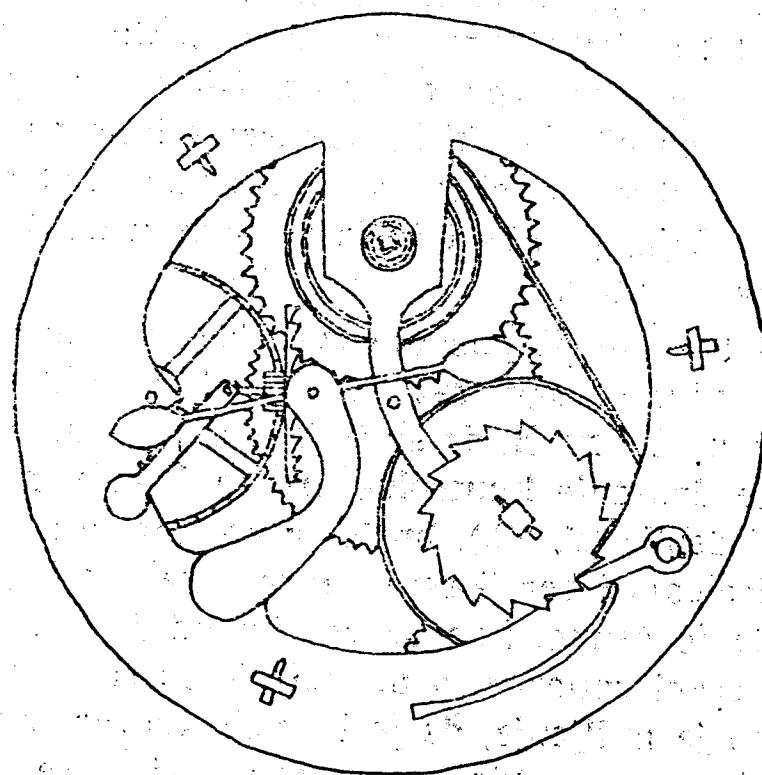
Pogrešno je mišljenje, da je Henlein tvorac čuvenih satova poznatih pod imenom »nürnbergška jaja«. Ti su se satovi počeli izrađivati tek poslije njegove smrti, i to oko god. 1550. dok je on živio od god. 1480. do 1542.

Oko god. 1530. počeli su se izrađivati vijci, i to rukom. Do konca 16. stoljeća spoj između bubenjića i puža bila je struna, koju je tek onda zamijenio lanac. Nekako u isto doba, t. j. oko god. 1600. pojavile su se i prve džepne budilice.

God. 1656. slavni nizozemski filozof, matematičar i astronom Christian Huygens, sagradio je prvi sat s njihalom. Imao je vretenastu zapreku. Isti taj slavni čovjek izumio je dvije godine kasnije, t. j. 1658., spiralu, koja je istom oko god. 1690. zamijenila u satovima četinu.

God. 1676. izumio je Barlow napravu za ponavljanje (repeatir) pri izbijanju satova zidnih i džepnih ura. Taj su izum kasnije usavršili Englez Quare i Francuz Julien Le Roy.

God. 1676. izumio je dr. Robert Hook kukastu zapreku, koju je u urarstvu prvi upotrebio god. 1680. William Clement. Upotrebotom njihala i kukaste zapreke toliko se poboljšala točnost satova, da je od toga vremena postala redovitom uporaba minutne kazaljke, i to s današnjim rasporedom kazaljka, t. j.



Sl. 82. Džepni sat iz god. 1530.

obje kazaljke na istom brojčaniku. Do toga vremena je rijetko koji sat imao minutnu kazaljku, i to onda na vlastitom brojčaniku, tako da je jedan brojčanik pokazivao satove, a drugi minute.

God. 1700. je Švicarac Facio u Londonu prvi put upotrebio bušene rubine, za ležaje osovina.

God. 1710. izumio je Thomas Tompion cilindarsku zapreku. Kod njega je izučio urarski zanat poznati urar i učenjak George Graham, koji je cilindarsku zapreku poboljšao. Tu zapreku su

kasnije usavršili poznati urari Berthoud i Jürgensen, tako da se je nepromijenjena održala do današnjeg dana.

Prije spomenuti George Graham, koji je živio od 1673. do 1751., izumio je god. 1715. prvu zapreku s mirovanjem za njihalice, koja je još i danas najviše upotrebljavana zapreka za velike satove, a poznata pod imenom »Grahamova zapreka«. God. 1721. sagradio je Graham prvo kompenzaciono njihalo sa životom.

Kod Grahama izučio je urarski zanat Thomas Mudge, koji je god. 1750. izumio prvu slobodnu zapreku za džepni sat, poznatu pod imenom »engleska sidrena zapreka«. Od toga vremena postala je, opet radi povećane točnosti satova, redovitom upotreba sekundnoga kazala.

God. 1772. napravio je opat Hautefeuille džepni sat sa sidrenom zaprekom na grablje. Na osovini nemirnice bila je mjesto pokretne ploče vretenka, a sidro je mjesto vilice imalo grablje, koje su hvatale u vretenku.

God. 1730. sagradio je Anton Ketterer u Schwarzwaldu prvi sat »kukavicu«.

God. 1741. izumio je francuski urar Amant zapreku sa zaticima za velike satove. Ta se zapreka još i danas upotrebljava za toranske satove.

God. 1724. izumio je Francuz Jean Baptiste Dutertre dupleks-zapreku, koju je 1759 usavršio Pierre Le Roy, jedan od najčuvenijih francuskih urara; on je 1769. izumio kronometarsku zapreku i sagradio prvi brodski kronometar.

Kronometarsku zapreku usavršili su kasnije poznati urari Breguet, Berthoud i Earnshaw, te John Arnold, koji je godine 1775. izumio cilindričnu spiralu za kronometre i dao patentirati svoju kronometarsku zapreku s perom i sa kompenzacionom nemirnicom. Osnovao je prvu tvornicu kronometara.

Dupleks-zapreka, koja je bila preteča kronometarske zapreke, danas se više ne izrađuje. Kronometarska zapreka, kojoj je Earnshaw dao konačan oblik, a koju je John Arnold dao patentirati, ostala je nepromijenjena do današnjeg dana.

God. 1714. raspisala je engleska vlada nagradu od 20.000 funti onome, tko napravi sat, koji za mjesec dana putovanja po moru ne bude imao razliku veću od dvije minute. Tu je nagradu dobio tek god. 1761. poznati londonski urar John Harrison svojim satom »Timekeeper«, koji je na historijskom putovanju na Jamaiku i natrag na brodu »Deptford« u 161 dan napravio razliku od 5 sekunda. Isti urar je još god. 1726. izumio rešetkasto kompenzaciono njihalo, a god. 1735. izumio je prvu kompenzacionu nemirnicu za džepni sat. God. 1750. izumio je protuzapor, t. j. napravu koja goni sat za vrijeme navijanja.

Oko godine 1800. pojavio se vrlo poznati pariški urar Breguet sa svojim izumima: cilindrom s umetnutim kamenom, gore savinutom spiralom »Breguet-spiralom«, polukompenzacionim lukom na kompasu, napravom za osiguranje sata protiv udarača i t. d.

Abraham Louis Breguet rođen je 1747. u Neuchatelju, umro 1823. u Parizu. Bio je jedan od najboljih francuskih urara i mehaničara. Urarski zanat izučio je u Versaillesu, a u Parizu studirao je matematiku. Njegovi radovi i istraživanja još se i danas cijene, a ure, koje je on napravio, čuvaju se kao znamenitosti po raznim muzejima.

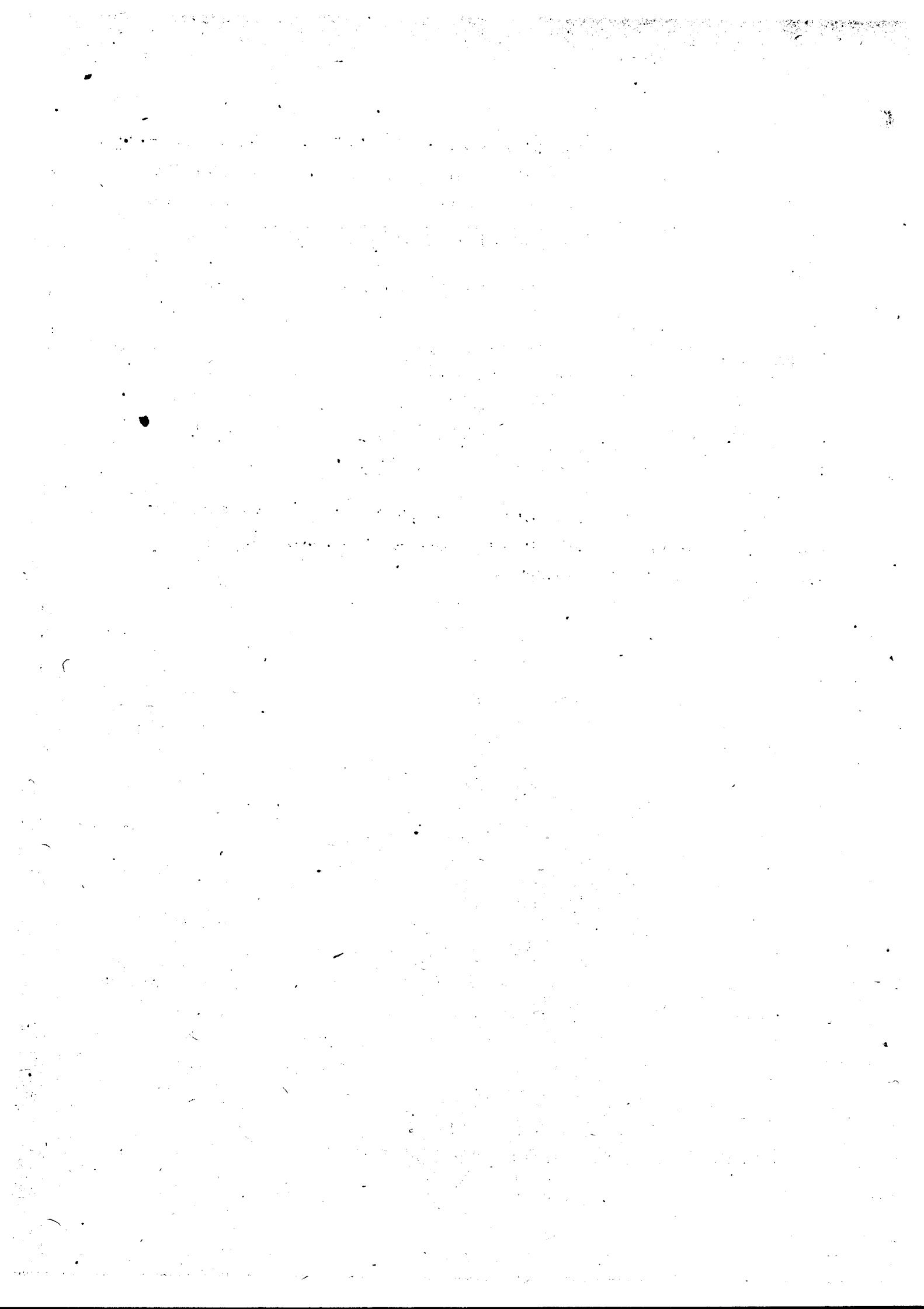
Do god. 1842. navijali se satovi posebnim ključićem, dok nije iste godine Adrien Philippe sagradio prvi sat sa remontoirnavigojem, to jest današnjim načinom navijanja, prema nacrtima prije spomenutog Bregueta.

Polovinom prošlog stoljeća počela se sve više i više razvijati tvornička proizvodnja satova, koja je naskoro prisilila urare, da od proizvođača umjetnika, jer svaki je urar onda bio smatrani umjetnikom, postanu samo popravljači ili monteri tvornički izrađenih satova. Tako je nestao umjetni obrt, koji je 500 godina bio jedan od vrlo uvaženih obrta i kojim su se bavili mnogi učenjaci.

Urari manjih ura nazivani su u 15. i početkom 16. stoljeća bravari, vrlo rijetko uz to još i urari. Peter Henlein na primjer upisan je samo u knjizi umrlih kao urar, inače svuda kao bravari. Ti urari bravari, koji su u početku urarstva izradivali svako-

vrsne kućne ure, pripadali su sve do god. 1565. bravarskom cehu; kod kojeg su morali polagati i svoj majstorski ispit. Tek ove godine t. j. 1565. osnovan je prvi urarski ceh, koji je propisao, da svaki urar, koji hoće postati majstor, mora u roku od godinu dana izraditi dva sata: jedan stajaći sat s izbijanjem svakih četvrt sata, koji s jedne strane pokazuje 24 sata na jednom brojčaniku, a četvrtine sata na drugom brojčaniku i k tome sve mjesečeve mjene; na drugoj strani trebao je da pokazuje godišnji kalendar i duljinu dana. Drugi sat trebao je biti takav, da se nosi oko vrata, s budilicom i izbijanjem svih 12 sati. Naskoro je vrijeme izradbe skraćeno na 8 mjeseci, a zahtjevi povećani. Sat, koji se nosi oko vrata, morao je izbijati 24 sata i pokazivati minute.

Urari toranjskih ura bili su do god. 1699. slobodni umjetnici, te nisu uopće trebali polagati majstorskog ispita, a tek onda su priključeni urarskom cehu.



STRUČNA PITANJA I ODGOVORI IZ URARSKE STRUKE

1. Što je sat i koja mu je svrha?

Sat je mehanička naprava, kojoj je svrha da broji i pokazuje jednake vremenske razmake.

2. Od kćijih se glavnih dijelova sastoji mehanizam (stroj) sata?

Mehanizam ili stroj sata sastoji se od pera ili utega — koji su izvor snage, strojnih kotača, zapreke i pogona kazala.

3. Što nazivamo kod sata njihajem?

Njihajem nazivamo ono kružno gibanje amo i tamo, koje izvršava hodni regulator, kad je pomaknut iz svoga položaja mirovanja.

4. Kako nazivamo tijelo, koje kod sata vrši njihaje?

Tijelo, koje kod sata vrši njihaje, nazivamo hodni regulator. Ovaj je kod sobnih i toranjskih satova njihalo, a kod ručnih i džepnih satova, nemirnica.

5. Kad se hodni regulator nalazi u položaju mirovanja?

Hodni se regulator nalazi u položaju mirovanja onda, kad sat stoji. Položaj mirovanja zove se također mrtva točka njihaja.

6. Što je njihalo?

Njihalo je tijelo, slobodno obješeno izvan svog težišta.

7. Kako nastaje gibanje njihala?

Gibanje njihala nastaje uslijed djelovanja sile teže, kada se njihalo pomakne iz položaja mirovanja.

8. Kako se odnose međusobno duljine dvaju njihala?

Duljine dvaju njihala odnose se međusobno obratno od kvadrata broja njihovih polunjihaja.

9. Kolika je duljina sekundnog njihala?

Duljina sekundnog njihala je 994 mm.

10. Koje sile prouzrokuju gibanje nemirnice?

Gibanje nemirnice prouzrokuje sila, koja nastaje uslijed napetosti elastične spirale, kada se nemirnica pomakne iz početnog mirovanja.

11. Gdje se mora nalaziti težište potpuno izjednačene nemirnice?

Težište potpuno izjednačene nemirnice mora se nalaziti u njenoj osi.

12. Zašto nemirnica ne smije imati ekscentričan položaj težišta?

Nemirnica ne smije imati ekscentričan položaj težišta, jer bi u raznim položajima sata imala djelovanje kao njihalo.

13. Koje su posljedice ekscentričnog težišta?

Posljedice ekscentričnog težišta jesu mijenjanje veličine njihaja u raznim položajima, a time i mijenjanje trajanja jednoga njihaja. To dovodi do razlike u hodu između okomitog i vodoravnog položaja sata.

14. Koja je nemirnica monometalna, a koja bimetalna?

Monometalna je ona nemirnica, koja je napravljena samo od jednog metala. Bimetalna je ona, koja je sastavljena od dva različita metala, n. pr. od čelika i mjedi. Svaka rezana nemirnica je bimetalna, a neprerezana monometalna.

15. Što je tromost?

Tromost je svojstvo tijela, da pruža otpor onoj sili, koja ga hće pokrenuti, ili kad je tijelo u gibanju, da nastoji, da to gibanje zadrži.

16. Što razumijevamo pod masom tijela?

Pod masom tijela razumijevamo otpor, koji tijelo pruža protiv promjene gibanja. Što je masa manja; to je i otpor manji, a kod veće mase raste u istom omjeru i otpor.

17. Što je sila?

Sila je uzrok promjene gibanja, jer svladava otpor tromosti te pokreće tijelo, koje miruje, ili zaustavlja gibanje tijela.

18. Kako razlikujemo sile u urarstvu?

Razlikujemo sile, koje podržavaju gibanje, i sile, koje koče gibanje.

19. *Kako zovemo silu, koja koči gibanje?*

Silu, koja koči gibanje, zovemo otporom.

20. *Koji je kod sata glavni otpor?*

Glavni otpor kod sata je trenje.

21. *Kako nastaje trenje kod sata?*

Trenje nastaje, kada dvije plohe pod pritiskom klize jedna po drugoj.

22. *Čemu je trenje proporcionalno?*

Trenje je proporcionalno pritisku bez obzira na veličinu ploha, koje se dodiruju.

23. *Osim pritiska što još djeluje na trenje?*

Osim pritiska na trenje djeluju također kakvoća površina, koje se dodiruju.

24. *Na koji način smanjujemo trenje?*

Trenje smanjujemo uljenjem, jer ulje pretvara suho trenje između kovina u trenje tekućine.

25. *Kakao otpor prouzrokuje ulje?*

Ulje prouzrokuje otpor, koji nastaje uslijed trenja unutar čestica tekućine.

26. *O čemu je ovisno tekuće trenje?*

Tekuće trenje ovisno je o veličini ploha, koje se dodiruju, o žilavosti i gustoći ulja i o brzini gibanja.

27. *Što je radnja u mehanici?*

Radnja u mehanici je umnožak sile sa prevaljenim putem.

28. *Kako se mjeri u mehanici radnja?*

Radnja se u mehanici mjeri na kilogrammetre.

29. *Što je jedan kilogrammetar?*

Jedan kilogrammetar je ona radnja koja se izvrši kad se tijelo od 1 kg digne 1 metar visoko.

30. *Što je energija?*

Energija je sposobnost za izvršenje neke radnje.

31. *Kakovu energiju ima hodni regulator, kad je u pokretu?*

Kad je hodni regulator u pokretu, ima energiju gibanja?

32. *Kad je energija gibanja najjača kod hodnog regulatora?*

Energija gibanja najjača je, kad hodni regulator prolazi kroz mrtvu točku njihaja ili položaj mirovanja.

33. *Što je mrtva točka njihaja ili položaj mirovanja?*

Mrtva točka njihaja ili položaj mirovanja je položaj njihaja ili nemirnice, kad sat stoji.

34. *Na što troši hodni regulator energiju gibanja?*

Hodni regulator troši energiju gibanja na svladavanje svih otpora trenja, na koje nailazi u svom njihaju.

35. *Koju svrhu imaju strojni kotači?*

Svrha strojnih kotača je, da dovode zapreci iz navita pera ili utega nagomilanu energiju.

36. *Kakav nam je način prijenosa potreban kod strojnih kotača?*

Kod strojnih kotača potreban nam je takav način prijenosa, da se gonjena osovina okreće brže od pogonske.

37. *Na koji način postizavamo takav prijenos?*

Takav prijenos postizavamo upotrebom ozubljenih kotača i vretenke.

38. *Koje kotače nazivamo vretenkama?*

Sve kotače sa manje od dvadeset zubača nazivom vretenkama.

39. *Koja je svrha zahvata?*

Svrha je zahvata, da prenosi kružno gibanje s jedne osovine na drugu.

40. *Koji zahvat zovemo čeonim zahvatom?*

Čeoni zahvat zove se zahvat onih kotača, čije osovine su paralelne.

41. *Što je diobena kružnica?*

Diobena kružnica je zamišljena kružnica, na kojima se kotači međusobno dodiruju.

42. *Kako nazivamo pojedine dijelove profila zubača?*

Kod zubača imamo profil glave, koji leži izvan diobene kružnice i profil noge, koja leži unutar diobene kružnice.

43. *Kako se zovu šupljine među zupcima?*

Šupljine među zupcima zovu se ozubine ili zubne šupljine.

44. *Na koji način pronalazimo ispravan oblik zubača?*

Ispravan oblik zubača pronalazimo pomoću cikloidnih krvulja.

45. Kako nastaju i kako se zovu različne cikloidne krivulje?

Ako zamislimo okruglu ploču, koja se na ravnalu valja, jedna točka njena oboda opisat će kod punog okreta krivulju, koja se zove ortocikloida. Ako se okrugla ploča valja, mjesto po ravnalu, po obodu neke druge ploče, opisat će krivulju, koja se zove epicikloida. Kada se okrugla ploča valja na nutarnjoj strani neke kružnice, jedna će točka njena oboda opisati krivulju, koja se zove hipocikloida.

46. Kada upotrebljavamo epicikloidu, a kada hipocikloidu?

Kod konstrukcije profila zubne glave pogonskoga kotača upotrebljavamo epickiloidu, a kod konstrukcije profila noge gonjenog kotača upotrebljavamo hipocikloidu. Prema tome su svi profili zubne glave zubaca strojnih kotača dobili oblik po epicikloidi, a profili noge zubaca vretenke po hipocikloidi. Kod pogona kazala je obratno. Obzirom na to, da vretenka goni kotač, konstruirani su profili zubne glave zubaca kotača po hipocikloidi, a profili noge zubaca vretenke po epicikloidi.

47. Koju prednost imaju zupci izrađeni prema cikloidnim krivuljama?

Zupci izrađeni prema cikloidnim krivuljama omogućuju kod zahvata jednolični prijenos sile i gibanja, koji se mora izvršavati na središnjici između pogonskog i gonjena kotača.

48. Što nazivamo vodstvom kod zahvata?

Vodstvom kod zahvata nazivamo onaj dio okreta, dok jedan zubac pogonskog kotača vodi zubac gonjena kotača.

49. Koliko stupnjeva iznosi vodstvo kod vretenke sa 10 zubaca?

Vodstvo kod vretenke sa 10 zubaca iznosi deseti dio opsega vretenke u stupnjevima. Opseg vretenke iznosi 360 stupnjeva, a deseti dio 36 stupnjeva.

50. Koje pogreške može imati zahvat?

Zahvat može imati ove pogreške: a) zahvat s padom, a prouzrokuju ga duboki zahvat ili premala vretenka, b) zahvat s udarom, a prouzrokuju ga plitki zahvat ili prevelika vretenka, c) zupci kotača nemaju dozubinama dovoljno ili uopće zračnosti i d) nejednaki zahvat.

51. *Kako se očituje pogrešan zahvat?*

Pogrešan zahvat očituje se trzanjem.

52. *Kako ćemo ispraviti nedovoljnu zračnost zubaca?*

Nedovoljnu zračnost zubaca ispraviti ćemo tako, da glodalicom zupce stanjimo tako, da kotač ne smanjimo u promjeru.

53. *Kako se pri iskušavanju razlikuje zahvat s padom od zahvata s udarom?*

Kod zahvata s padom osjećamo pri iskušavanju kod svakog zupca trzaj, zatim glatko micanje, na koje slijedi micanje kotača bez doticaja sa zupcima vretenke. Kotač je napravio jedan mali dio okreta, dok je vretenka mirovala. Kod zahvata s udarom osjetimo također kod svakog zupca trzaj, zatim neki otpor, jer se zubac nasadi, ali bez glatkog micanja i skoka kotača.

54. *Da li može sat koji ima zahvat s padom stati?*

Sat, koji ima zahvat s padom, može stati samo, ako se nalazi u zahvatu sekundnoga kotača, jer u stanovitim položajima onemogućuje sidrenom kotaču kod iskopčavanja potrebno povratno gibanje, pa se sidro ne može pomaknuti. Inače mu je posljedica neredoviti prijenos sile i gibanja.

55. *Koja je posljedica zahvata s udarom?*

Najčešća posljedica zahvata s udarom je zastoj sata.

56. *Kako ćemo ispraviti duboki zahvat?*

Duboki zahvat ispraviti ćemo tako da, kotač glodalicom smanjimo, a da zupce ne stanjimo.

57. *Kako ćemo ispraviti zahvat s udarom?*

Ako zahvat s udarom nastane od plitkog zahvata, morali bismo približiti ležaje. Kako to kod kamenih ležaja nije moguće, pomoći ćemo se tako, da kotač malo ispružimo valjanjem ili umetnemo veći. Prouzrokuje li pogrešku prevelika vretenka, moramo umetnuti manju, a kako time nastaje preplitak zahvat, moramo umetnuti i veći kotač, koji odgovara vretencu.

58. *Kad nastaje kod zahvata ulazno, a kad izlazno trenje?*

Ulazno trenje nastaje, kad vodstvo počinje prije središnjice. To je slučaj kod prevelike vretenke ili plitkog zahvata. Izlazno trenje nastaje, kad vodstvo počinje iz središnjice, a to nastaje

kod premale vretenke ili dubokog zahvata. Kod zahvata s udaljom nastaje ulazno trenje, a kod zahvata s padom izlazno trenje.

59. Koje je trenje kod zahvata opasnije?

Ulagno je trenje opasnije, jer pri svladavanju otpora ulaznoga trenja nastaje toliki gubitak sile, da sat u većini slučajeva stane.

60. Da li se postigne bolji zahvat s vretenkom s više ili s manje zubaca?

S vretenkom s više zubaca postigne se bolji zahvat, jer se vodstvo ne udaljuje mnogo od središnjice; zato bolji satovi imaju vretenke sa deset i dvanaest zubaca.

61. Koja pogreška nastaje kod vretenke s manje od 10 zubaca?

Kod vretenke s manje od 10 zubaca svaki zubac vretenke mora se toliko voditi pogonskim zupcem, da se vodstvo previše ne udaljuje od središnjice. Zato se kod satova ne mogu upotrebljavati vretenke s manje od 6 zubaca.

62. Što je zapreka?

Zapreka je ona naprava, koja sprečava, da strojni kotači kod navita pera ili utega ne isteku u jednom naletu, te koja hodnom regulatoru dovodi potrebnu pogonsku energiju i drži ga u stalnom gibanju.

63. U koliko skupina dijelimo zapreke i kako se zovu?

Dijelimo ih u tri skupine, i to: zapreke s povratnim gibanjem, zapreke s mirovanjem i slobodne zapreke. Zapreke s povratnim gibanjem jesu vretenasta i kukasta zapreka. Zapreke s mirovanjem su Grahamova, cilindarska i dupleks-zapreka, a slobodne su zapreke kronometarska i sidrena zapreka.

64. Koje se od navedenih zapreka ne proizvode više?

Danas se ne proizvode više vretenasta i dupleks-zapreka.

65. Koja je razlika između zapreke s mirovanjem i slobodne zapreke?

Kod zapreke s mirovanjem hodni je regulator u stalnom dodiru sa zupcima zaprečnoga kotača, pa su radi toga njegovi nijihaji ograničeni. Kod slobodne zapreke djelovanje zaprečnoga

kotača na hodni regulator ograničeno je na kratki odsjek okreta za vrijeme prijenosa impulsa. Za ostalo vrijeme trajanja njihaja hodni je regulator potpuno slobodan od upliva zapreke.

66. Što djeluje na mijenjanje trenja između zupca zaprečnoga kotača i zapreke, kod zapreka s mirovanjem?

Na mijenjanje trenja djeluje mijenjanje sile pera kod odmotavanja, promjenljivost stanja ulja kod raznih temperatura i nečistoće na mjestima trenja.

67. Koje slobodne sidrene zapreke poznajemo i kako se razlikuju?

Poznajemo sidrenu zapreku sa zaticima, te englesku i švicarsku sidrenu zapreku. Razlikuju se prema fazama dizanja, koje se izvršuje kod sidrene zapreke sa zaticima samo na zupcima sidrenoga kotača, kod engleske sidrene zapreke samo na sidrenim kamenima, a kod švicarske sidrene zapreke na zupcima sidrenoga kotača i na sidrenim kaménima.

68. Koje su prednosti engleske sidrene zapreke, a koje loše strane?

Prednost ove zapreke je preglednost i lako namještanje, a loše su strane dugački i tanki šiljasti zupci sidrenoga kotača, koji se lako svinu, i veći pad.

69. Koja je prednost švicarske sidrene zapreke pred sidrenom zaprekom sa zaticima?

Kod zapreke sa zaticima dizanje se izvršuje na plohama dizanja zubaca sidrenoga kotača, i to posredstvom čeličnog zatika. Kod toga nastaje veće trenje nego pri dizanju, koje se kod švicarske sidrene zapreke izvršava na zupcima sidrenoga kotača i sidrenim kamenima od rubina. Time se faza dizanja produžuje, a pad i trenje smanjuje.

70. Koja je najstarija zapreka, koja se danas još proizvodi?

Najstarija zapreka, koja se danas još proizvodi, jeste kukasta zapreka za njihalice.

71. Od kojih se dijelova sastoji kukasta zapreka?

Kukasta zapreka sastoji se od sidrenoga kotača, koji ima natrag nagnute šiljaste zupce, i dvokračne poluge, koju zovemo

sidro. Sidro ima na svojim završnim krajevima dvije kose plohe, koje se zovu plohe dizanja.

72. Koja je loša strana kukaste zapreke?

Kod kukaste zapreke, uslijed povratna gibanja sidrenoga kotača, njihalo je pod stalnim uplivom pogonske sile strojnih kotača; Stoga mijenja se veličina i trajanje njihaja zbog promjenljivosti sile, koja djeluje na sidreni kotač. Osim toga, ova zapreka zahtijeva velike njihaje, kojima se ne može postići jednoličnost hoda.

73. Kako ćemo ustanoviti, da je sidro preusko?

Ako je pad na ulaznom kraku sidra premalen, onda je sidro preusko.

74. Kako ćemo ustanoviti, da je sidro preširoko?

Ako je pad na ulaznom kraku prevelik, onda je sidro preširoko.

75. Kada leže plohe dizanja u ispravnom smjeru?

Plohe dizanja leže onda u ispravnom smjeru, ako u svom produljenju dodiruju isti krug povučen oko ležaja sidra.

76. Koja pogreška nastaje kod preširoke vilice?

Kod preširoke vilice, za vrijeme prijenosa impulsa vilica napravi jedan dio svoga pokreta bez dodira sa šipkom njihala. Taj dio pokreta je gubitak na impulsu.

77. Gdje se mora nalaziti okretna točka njihala?

Okretna točka njihala mora se nalaziti u istoj visini s okretnom točkom sidra. U tom slučaju trenje, koje šipka njihala proizvede u vilici, svede se na minimum. Okretna točka njihala nalazi se za $1/3$ duljine pera, na kojem njihalo visi, ispod njegove točke pričvršćenja.

78. Da li je način vješanja njihala ovisan o težini njihala?

Način vješanja njihala ovisan je o njegovoj težini. Na svili može višjeti samo lagano njihalo, jer kod težeg njihala nastaje takovo trenje među vlakancima svile, da sat stane. Zato treba teška njihala vješati na tanko pero, koje omogućuje, da se težina njihala povećava u stanovitim granicama, a da se ne mora povećati pogonska sila.

79. Koja je prednost Grahamove zapreke?

Prednost ove zapreke je ta, da nema povratnoga gibanja i da se njome postižu mali njihaji, koji su potrebni za veličinu njihaja, u kojima su razlike vremenskoga trajanja njihaja neznatne.

80. Od kojih se dijelova sastoji Grahamova zapreka?

Ova se zapreka sastoji od sidrenoga kotača, koji ima naprijed nagnute šiljaste zupce, i od sidra. Sidro ima ulazi i izlazni sidreni luk. Sidreni lukovi imaju plohe mirovanja u koncentričnom luku na okretnu točku sidra i plohe dizanja.

81. Zašto se Grahamova zapreka zove zapreka s mirovanjem?

Kad zubac sidrenoga kotača padne na plohu mirovanja, ostaje na njoj mirovati za sve vrijeme dopunskog njihaja, bez obzira na veličinu njihaja. Radi toga mirovanja za vrijeme dopunskog njihaja zove se zapreka s mirovanjem.

82. Što se postizava primicanjem ili odmicanjem pomicnog ležaja sidrene osovine?

Primicanjem ležaja povećava se pad na izlaznom sidrenom luku, a odmicanjem ležaja smanjuje se pad na ulaznom sidrenom luku. Pogrešno je dubinu mirovanja ispravljati pomicanjem ležaja.

83. Kako se ispravlja dubina mirovanja?

Dubina mirovanja ispravlja se pomicanjem sidrenih lukova. Ako je mirovanje na jednom luku dublje nego na drugom, treba izbrisiti jači nagib na plohi dizanja onoga sidrenog luka, na kojem je mirovanje preduboko.

84. Koji je uzrok preslabom ili prejakom njihanju njihala?

Kod premalog njihaja imadu plohe dizanja premalen nagib, koji treba brušenjem povećati. Kod prevelikog njihaja imadu plohe dizanja preveliki nagib, koji treba brušenjem smanjiti.

85. Koje su nam mjere potrebne za izradu sidra Grahamove zapreke?

Za izradu sidra Grahamove zapreke trebamo ove mjere:

Razdiobu, širinu sidra, vodstvo u stupnjevima, razmak ležaja, nutarnji i vanjski promjer sidra, nagib ploha dizanja, širinu sidrenih lukova, promjer kružnice dizanja i visinu sidra.

86. Koja je sličnost između cilindarske i Grahamove zapreke?

Cilindar je sličan sidru Grahamove zapreke, koje hvata samo preko jednog zupca. Osim toga obje zapreke jesu zapreke s mirovanjem.

87. Kako se nazivaju pojedini dijelovi cilindra i cilindarskoga kotača?

Dijelovi cilindra jesu: gornji i donji tampon, gornji i donji dio cilindra, ulazna i izlazna usna, pasaža i vrat cilindra. Dijelovi cilindarskoga kotača jesu: zubna ploha, ploha dizanja, prednji i stražnji zubni šiljak, zubni nosač sa stupom i vijenac kotača.

88. Što nazivamo pasažom?

Pasažom nazivamo onaj izrez na cilindru, koji omogućuje prolaz zubnom nosaču, a nemirnici omogućuje veći okret.

89. Kako se izračunava promjer cilindarskoga kotača?

Promjer cilindarskoga kotača dobije se, kad se razmak ležaja između cilindra i cilindarskog kotača pomnoži sa 2.032.

90. Kako se izračunava promjer cilindra?

Promjer cilindra dobije se, kad se promjer cilindarskoga kotača pomnoži sa 0.1171.

91. Koji je omjer pravilan između nemirnice i cilindra?

Pravilan omjer između nemirnice i cilindra je 16 : 1. Ako cilindar ima 0.5 mm promjera, nemirnica mora imati 8 mm promjera.

92. Ako udaljenost ležaja iznosi 5 mm, koje promjere imaju dijelovi cilindarske zapreke?

Promjer cilindarskoga kotača dobijemo kad udaljenost ležaja pomnožimo sa 2.032, prema tome $5 \times 2.032 = 10.16$ mm. Promjer cilindra dobijemo, ako promjer cilindarskoga kotača pomnožimo sa 0.1171 prema tome $10.16 \times 0.1171 = 1.19$ mm. Promjer nemirnice dobijemo, ako promjer cilindra pomnožimo sa 16, prema tome $1.19 \times 16 = 19.04$ mm. Kod udaljenosti ležaja od 5 mm imamo promjer cilindarskoga kotača 10.16 mm, promjer cilindra 1.19 mm i promjer nemirnice 19.04 mm.

93. Koju veličinu njihala smije imati nemirnica kod cilindarske zapreke?

Veličina njihaja nemirnice kod cilindarske zapreke ne smije iznositi više od tri četvrtine do pet šestina okreta, a to je 270 do 300 stupnjeva.

94. Koje su još posljedice stalnog pritiska cilindarskog kotača na cilindar?

Stalni pritisak cilindarskog kotača na cilindar umanjuje uslijed trenja energiju gibanja nemirnice, pa je radi toga nemirnica jače izložena štetnim vanjskim utjecajima.

95. Na koji način izjednačuje cilindarska zapreka veličinu njihaja nemirnice kod raznih napetosti pera?

Kod jače napetosti pera zubac cilindarskoga kotača jače pritiska na cilindar tako, da nastaje kočenje velikih njihaja. Kod slabije napetosti pera zubac slabije pritiska na cilindar te omogućuje veće njihaje. Radi toga ostaju njihaji nemirnice, u stanovitim granicama napetosti pera, približno jednako veliki.

96. Zašto je nagib plohe dizanja cilindarskoga kotača veći kod ručnih, a manji kod džepnih satova?

Promjeri nemirnice i bubenjiča stoje u stanovitom odnosu s veličinom platine. Smanjivanjem platine promjer se nemirnice jače smanjuje od gubitka jakosti pera; zato je pogonska sila pera kod ručnih satova, u omjeru prema veličini nemirnice, jača te treba kod ovih povećati nagib plohe dizanja, jer se time smanjuje energija gibanja cilindarskoga kotača.

97. Kada je mirovanje kod cilindarske zapreke propisno?

Mirovanje je teorijski onda propisno, kad središte plohe dizanja prolazi kroz središte cilindra.

98. Kako se praktički ustanavljuje dubina mirovanja?

Kad zubac cilindarskoga kotača padne na plohu mirovanja cilindra, polagano okrećemo nemirnicu u protivnom smjeru. Cilindarski kotač ne smije istodobno s nemirnicom stupiti u pokret, nego tek što smo nemirnicu okrenuli za jedan mali dio okreta. Ako nakon pada zupca na mirovanje micanjem nemirnice i cilindarski kotač stupi odmah u kretanje, onda je mirovanje plitko. Obratno, ako cilindarski kotač kreće tek onda, pošto smo nemirnicu pomaknuli za veći dio okreta, mirovanje je duboko.

99. *Koje su posljedice dubokog, a koje plitkog mirovanja?*

Kod zapreke s dubokim mirovanjem nemirnica se dade lako zaustaviti, što dovodi do iznenadnog zastoja sata kod jačega trzaja ili skoka. Kako takav sat opet sam kreće, očituje se to s neredovitim zaostajanjem. Posljedice plitkog mirovanja su mali i nejednaki njihaji nemirnice, koji prouzrokuju nejednolični hod, a time nemogućnost reguliranja sata.

100. *Kako možemo ustanoviti, da li je stijena cilindra predebela?*

Ako zubac cilindarskog kotača ima u cilindru premalo zračnosti, a cilindar među zupcima cilindarskoga kotača dovoljno, onda je stijena cilindra predebela.

101. *Koliko smije najviše iznositi debljina stijene cilindra?*

Debljina stijene cilindra smije iznositi najviše $1/10$ promjera cilindra.

102. *Kako možemo ustanoviti, da li je cilindar premalen ili prevelik?*

Ako zubač cilindarskoga kotača ima u cilindru premalo zračnosti, a cilindar između zubaca dovoljno, onda je cilindar premalen. Ako zubac ima u cilindru previše zračnosti, a cilindar između zubaca premalo, onda je cilindar prevelik.

103. *Kako možemo ustanoviti, da li su zupci cilindarskoga kotača kratki?*

Ako cilindar među zupcima ima previše zračnosti, a i zupci u cilindru imaju također previše zračnosti, onda su zupci cilindarskoga kotača prekratki, te treba bezuvjetno promijeniti kotač.

104. *Kako se smije kratiti zupce cilindarskoga kotača, ako su dugački?*

Kratiti se smije samo prednji zubni šiljak, iznutra koso prema vani, a nakon toga dobro polirati.

105. *U kojem se slučaju smije kratiti stražnji zubni šiljak?*

Stražnji zubni šiljak smije se kratiti samo onda, ako je dizanje prejako, a to je u onom slučaju, ako nemirnica ima veći njihaj od dopuštenoga.

106. *Koji je razlog preslabom dizanju i kako se može ispraviti?*

Razlog preslabom dizanju je preniska ploha dizanja, t. j. kad ima premali nagib. Ispraviti se može samo mijenjanjem kotača.

107. *Kako možemo kod novog cilindarskog sata ustanoviti da li je oblik i odnos promjera cilindra i cilindarskoga kotača ispravan?*

Minutni kotač pritisnut ćemo našiljenim drvcem u njegovom okretnom smjeru. Pod tim pritiskom nemirnica mora praviti sve veće njihaje, dok ne udari u odbojni zatik. U tom slučaju je sat s te strane u redu. Ako se pod pritiskom nemirnica jedva njiše, ili čak stane, dijelovi zapreke su neispravni. Ako, nakon što smo polirali na cilindarskom kotaču plohe dizanja i prednje zubne šiljke, sat pod pritiskom još uvijek stane, omjer ili oblik dijelova zapreke je neispravan. Takav je sat nemoguće regulirati.

108. *Koji je razlog, da cilindarski sat, koji je bio točno reguliran, naskoro poslije popravka počinje zaostajati?*

Razlog je ove pogreške ili zgusnuto ulje na plohamu dizanja cilindarskoga kotača, ili nedovoljno polirani zubi šiljci i plohe dizanja na cilindarskom kotaču, a može biti i mekani, slabo polirani cilindar.

109. *Koji su razlozi, da se cilindarski satovi još uvijek proizvode, iako imaju manju sposobnost održanja točnosti od satova sa sidrenom zaprekom?*

Cilindarski sat daje približno dobre rezultate i onda, ako ima čak i pogrešnu zapreku, dok sidrena zapreka daje dobre rezultate samo u potpuno ispravnom stanju i u dobroj izradbi. Nadalje proizvodna cijena cilindarskog sata mnogo je niža od sidrenog sata. Osim toga cilindarska zapreka, u stanovitim granicama napetosti pera, sama izjednačuje veličinu njihaja nemirnice.

110. *Koja je razlika između slobodne sidrene zapreke i cilindarske zapreke?*

Kod cilindarske zapreke nemirnica je pod stalnim uplivom zapreke, jer su zupci cilindarskoga kotača u stalnom dodiru sa cilindrom, pa je stoga nemirnica izložena štetnim vanjskim uplivima. Kod slobodne sidrene zapreke upliv pogonske sile stroja na nemirnicu ograničen je na kratki odsjek za vrijeme dizanja, dok je za ostalo vrijeme trajanja njihaja nemirnica potpuno slobodna.

111. Koji su sastavni dijelovi slobodne sidrene zapreke?

Sastavni dijelovi slobodne sidrene zapreke su ovi: sidreni kotač i sidro, koje s jedne strane nosi ulazni i izlazni sidreni kamen, a s druge strane vilicu. U sredini ispod ureza vilice nalazi se sidreni zatik. Na osovini nemirnice nalazi se pokretna ploča s pokretnim kamenom. Čvrsto spojena s pokretnom pločom, nalazi se ispod nje manja ploča, koja se zove osigurač.

112. Koju širinu mora imati pokretni kamen?

Pokretni kamen mora biti tako širok, da s jedva osjetljivom zračnošću pristaje u urez vilice.

113. Koje su plohe sidrenih kamena važne za funkciju zapreke?

Za funkciju zapreke važne su ploha mirovanja i ploha dizanja.

114. U čemu se razlikuju sidreni kameni od sidrenih lukova Grahamove zapreke?

Plohe mirovanja sidrenih lukova zaokružene su u koncentričnom luku oko okretne točke sidra. Plohe mirovanja sidrenih kamena su ravne.

115. Što nazivljemo iskopčavanjem?

Iskopčavanjem zovemo onu fazu, kad pokretni kamen u svom okretu uđe u urez vilice te ju povuče sa sobom. Zubac sidrenoga kotača, koji leži na plohi mirovanja sidrenoga kamena kod toga se iskopča, te klizne na plohu dizanja.

116. Kako nastaje dizanje?

Dizanje nastaje, kad zubac sidrenoga kotača klizi po plohi dizanja sidrenoga kamena.

117. Kako nastaje impuls?

Impuls nastaje, kad zubac sidrenoga kotača klizi po plohi dizanja sidrenoga kamena te pri tom prebacuje sidro na drugu

stranu. Bočna strana vilice udari u pokretni kamen, koji se u toj fazi nalazi u urezu vilice, te ga potjera u njegovom smjeru okretanja. Na taj način dobila je nemirnica impuls.

118. Što nazivljemo padom?

Padom nazivljemo onaj mali skok sidrenoga kotača, kad jedan zubac otpadne od plohe dizanja sidrenoga kamena, a drugi zubac padne na plohu mirovanja drugoga sidrenoga kamena.

119. Čemu služi granični zatik?

Granični zatik ograničuje veličinu gibanja sidra te sprečava, da zubac sidrenoga kotača padne pre duboko na plohu mirovanja sidrenoga kamena.

120. Koju svrhu ima osigurač?

Svrha je osigurača, da u skupnom djelovanju sa sidrenim zatikom onemogućuje sidru da izvrši samostalno iskopčanje, uslijed udarca ili pada sata, nakon čega bi pokretni kamen, mjesto da uđe u urez vilice, udario u nju s vanjske strane i doveo nemirnicu do zastoja.

121. Kolika treba biti zračnost između osigurača i sidrenog zatika?

Zračnost između osigurača i sidrenog zatika treba biti najmanje tolika, da se kod pomicanja osovina radi bočne zračnosti vrškova u ležajima ne dotaknu.

122. Što je privlačni kut?

Plohe mirovanja sidrenoga kamena ne leže u radijalnom smjeru sidrenoga kotača, već su nagnute, i to ulazna ploha za 12 stupnjeva, a izlazna ploha za $13\frac{1}{2}$ stupnjeva. Ovaj nagib ploha mirovanja sidrenih kamena zove se privlačni kut.

123. Zašto ima izlazna ploha mirovanja sidrenoga kamena veći nagib od ulazne plohe mirovanja?

Za vrijeme faze iskopčavanja privlačni kutovi ne ostaju u istom odnosu prema kotaču, nego se ulazni privlačni kut povećava za $1\frac{1}{2}$ stupnja, a izlazni se za toliko smanjuje. Radi toga bi iskopčavanje ulaznoga kamena proizvelo veći otpor nego iskopčavanje izlaznoga kamena. Da se taj otpor približno izjednači, daje se izlaznom kamenu veći nagib.

124. Što je privlačljivost i koja joj je svrha?

Kad zubac sidrenoga kotača padne na plohu mirovanja, uslijed djelovanja privlačnoga kuta pritišće sidro na granični zatik, tako da se samostalno ne može pomaknuti; to se djelovanje zove privlačljivost. Svrha joj je, da sprečava, da sidreni zatik legne na obod osigurača, čime bi sprečavao slobodni njihaj nemirnice.

125. Što nazivamo mrtvim gibanjem sidra i koja mu je svrha?

Mrtvim gibanjem sidra zovemo onaj dio gibanja, koje sidro napravi od časa kad zubac sidrenoga kotača padne na plohu mirovanja, pa do graničnog zatika. Mrtvo gibanje sidra osigurava, da svaki zubac sidrenoga kotača otpadne od sidrenoga kamena. Budući da nemirnica mora sidro za isti dio gibanja izvlačiti natrag, to je energija, koju nemirnica na to troši, za nju izgubljena; zato mora mrtvo gibanje sidra biti što kraće.

126. Koja je loša strana istokračnog sidra?

Loša je strana istokračnog sidra, što se ploha mirovanja ulaznoga kamena nalazi u većoj udaljenosti od okretne točke sidra nego ploha mirovanja izlaznoga kamena. Radi toga troši nemirnica za iskopčavanje ulaznoga kamena više energije negoli za iskopčavanje izlaznoga kamena.

127. Koja je prednost raznokračnog sidra?

Prednost raznokračnog sidra je ta, što se obje plohe mirovanja sidrenih kamena nalaze u istoj udaljenosti od okretne točke sidra, te nemirnica ima na objema stranama kod iskopčavanja da svlada isti otpor. To se postigne tako, da se je ulazni krak sidra skratio za polovinu širine sidrenoga kamena, a izlazni krak za toliko produljio.

128. Koje zapreke imaju istokračno sidro?

Istokračno sidro imaju starije engleske sidrene zapreke.

129. Koliko stupnjeva iznosi dizanje kod sidrenih zapreka?

Dizanje kod engleske sidrene zapreke iznosi 10 stupnjeva, a kod švicarske 11 stupnjeva. Kod engleske sidrene zapreke 10 stupnjeva dizanja nalazi se na plohama dizanja sidrenih kamena. Kod švicarske sidrene zapreke dizanje je razdijeljeno i to $6\frac{1}{2}$

stupnjeva nalazi se na sidrenom kamenu, a $4\frac{1}{2}$ na plohi dizanja zupca sidrenog kotača.

130. *Kako možemo ustanoviti, da li je sidro preusko ili preširoko?*

Ako je pad na ulaznom sidrenom kamenu manji nego na izlaznom, sidro je preusko. Ako je pad na ulaznom sidrenom kamenu veći nego na izlaznom, onda je sidro preširoko.

131. *U čemu je pogreška, ako je pad na objema sidrenim kamenima premalen ili prevelik?*

Ako je pad na objema sidrenim kamenima premalen, znak je, da su sidreni kameni predebeli, a ako je pad na objema kamenima prevelik, kameni su pretanki.

132. *Kako mora uslijediti klizanje zupca po plohi dizanja?*

Klizanje mora uslijediti tako, da prednji zubni šiljak klizi po plohi dizanja, a stražnji mora biti od nje udaljen s jedva primjetljivom zračnošću. Tek prema koncu dizanja smiju se obje plohe nalaziti u istoj crti. Plohe dizanja se ni u kojem slučaju ne smiju poklopiti.

133. *Koji je uzrok nepravilnom klizanju ploha dizanja?*

Uzrok nepravilnom klizanju ploha dizanja je krivi nagib plohe dizanja sidrenoga kamena. Ispraviti se može samo mijenjanjem kamena.

134. *Kolika smije biti visinska zračnost osovine nemirnice kod sidrene zapreke?*

Visinska zračnost osovine nemirnice smije biti tolika, kolik je promjer vrška.

135. *Kolika smije biti bočna zračnost osovine nemirnice i kako se iskušava?*

Bočna zračnost osovine nemirnice smije iznositi 6 stupnjeva, a kod cilindra 8 do 10 stupnjeva. Iskušava se tako, da se nemirnica umetne s protivne strane u ležaj, te se pazi, koliki nagib zauzme kod toga. Nemirnica nikako se ne smije toliko nagnuti, da legne na platinu.

136. *Koja je veličina nemirnice propisna kod sidrenih satova?*

Veličina nemirnice kod sidrenih satova propisna je onda, kad vijenac nemirnice seže do polovine razmaka između ležaja sidra i sidrenoga kotača.

137. *Koji je uzrok zvuku, kod kojega nam se čini, da nemirnica u nešto udara?*

Uzrok zvuku, kod kojega nam se čini, da nemirnica u nešto udara, jeste nedovoljno polirani urez vilice, ili nepravilno klizanje zupca po plohi dizanja, t. j. kad se plohe poklope, ili isušenje ulja.

138. *Na što treba naročito paziti, prije nego se polira urez vilice?*

Prije nego se polira urez vilice, treba paziti, da li je sidro iz mjedi, jer bismo, ako je iz mjedi, poliranjem povećali urez vilice i prouzrokovali drugu pogrešku. Nepolirani su u većini slučajeva samo urezi čeličnih vilica.

139. *Na koji će se način ispraviti duboki ili plitki zahvat između zubaca sidrenoga kotača i sidrenih kameni?*

Ako je zahvat dubok, treba oba sidrena kamena gurnuti dublje u sidro. Ako je zahvat plitak, onda treba izvući oba sidrena kamena. Samo ako je pogreška vrlo mala, može se ispraviti micanjem samo jednoga kamena.

140. *Koja je pogreška, ako je zahvat dubok samo na jednom kamenu?*

Ako je zahvat dubok samo na jednom kamenu, neispravan je nagib plohe dizanja jednoga sidrenoga kamena. Koji je kamen pogrešan, ustanovit ćemo prema klizanju zupca po plohi dizanja kamena.

141. *Kako razlikujemo prema konstrukciji kronometarsku zapreku?*

Prema konstrukciji razlikujemo kronometarsku zapreku s perom i kronometarsku zapreku s polugom.

142. *Od kojih se dijelova sastoji kronometarska zapreka?*

Kronometarska zapreka sastoji se od kronometarskog kotača, poluge mirovanja, na kojoj se nalazi polucilindričan kamen mirovanja, ploče dizanja, koja nosi kamen dizanja, ploče iskop-

čavanja, koja nosi kamen iskopčavanja, i zlatno pero iskopčavanja, koje je pričvršćeno na polugu mirovanja.

143. Koje su prednosti kronometarske zapreke?

Prednost kronometarske zapreke je ta, da kronometarski kotač prenosi impuls izravno na nemirnicu, i to kod svakog drugog polunjihaja, tako da je nemirnica skoro potpuno slobodna u svom njihaju. Nadalje, obzirom na to da su zaprečni dijelovi kronometarske zapreke od zlatnih slitina, ne treba ove dijelove uljiti. Radi toga nije kronometarska zapreka ovisna o stanju ulja na najosjetljivijim mjestima zapreke.

144. Na što treba naročito paziti kod popravka kronometra?

Kod popravka kronometra ne smije se zaboraviti: svaki put, prije nego se mostić nemirnice izvadi, iskopčati pogonsko pero. To je važno radi toga, da se kronometarski kotač ne ošteti, ako ga pustimo isteći, te da ne prebije u svom okretanju kamen mirovanja.

145. Na koji se način izvršava iskopčavanje kod kronometarske zapreke?

Iskopčavanje kod kronometarske zapreke izvršava se tako, da pokretni kamen u svom lijevom njihaju povuče sa sobom zlatno pero iskopčavanja, koje leži na polugi mirovanja. Kod toga kamen mirovanja odmakne se od zupca kronometarskoga kotača, koji je onda slobodan u svom okretu.

146. Kako se izvršava dizanje kod kronometarske zapreke?

Kad je kronometarski kotač slobodan u svom okretu, udari u kamen dizanja te ga potjera u njegovu smjeru okretanja.

147. Kako treba umetnuti spiralu na nemirnicu?

Spiralu treba umetnuti tako na nemirnicu da, kad nemirnica stoji na mrvovoj točki, kamen iskopčavanja mora stajati uz zlatno pero iskopčavanja.

148. Što nazivamo kod kronometra galopiranjem?

Kad nemirnica u jednom njihaju izvrši dva puta iskopčavanje, onda to zovemo galopiranjem kronometra.

149. Kako se može spriječiti galopiranje kronometra?

Galopiranje kronometra može se spriječiti posebnom napravom na spirali i nemirnici.

150. Zašto kronometarska zapreka nije podesna za satove koji se nose?

Kronometarska zapreka nije podesna za satove, koji se nose, radi toga, jer se nemirnica kronometra dade lako zaustaviti, a sama se ne može zanjihati, jer prima impulse samo u jednom smjeru. Osim toga kod nošenja očituje se pogreška galopiranja, koja se može ispraviti samo kod većih masivnih kronometara, a ti opet nisu prikladni da se nose.

151. Kako ćemo prepoznati spiralu dobre kvalitete?

Spiralu dobre kvalitete prepoznaćemo po tom, što se ona dade razvući za dvostruku visinu svoga promjera, a da nakon toga bude opet potpuno vodoravna, a njeni zavoji međusobno jednako udaljeni.

152. Kako iskušavamo spiralu, da li na nemirnici leži potpuno vodoravno, te da li je centrirana?

Spiralu s nemirnicom umetnemo u šestar za ravnanje, te promatrajući sa strane spiralu, dok se nemirnica okreće u šestaru, lako možemo opaziti, da li leži vodoravno. Ako se spirala kod okretanja diže i spušta, onda ne leži vodoravno. Zatim gledajući na spiralu koso odozgo, pazimo, da li ona oko spiralnoga valjka okreće jednolično, t. j. da li je centrirana. Ako spirala ne leži vodoravno ili ako nije centrirana, smije se ta pogreška ispraviti samo na prvom zavoju oko spiralnog valjka.

153. Koliko zavoja smije imati spirala?

Kod cilindarske zapreke dovoljno je, da spirala ima 8 do 9 zavoja, a kod sidrene zapreke 11 do 12 zavoja.

154. Kolik smije biti promjer Breguetove spirale, a kolik promjer cilindrične spirale?

Promjer Breguetove spirale smije iznositi najviše $\frac{2}{3}$ promjera nemirnice, a promjer cilindrične spirale najviše $\frac{1}{3}$ promjera nemirnice.

155. Koje još posljedice prouzrokuje kompas?

Kompas sprečava pravilno djelovanje spirale, jer onaj dio spirale, koji se nalazi u trokutu između spiralne vilice, spiralnog trupca i spiralnog valjka, ne može se pravilno odvijati. Osim toga vrši taj dio spirale još i štetan pritisak na vrškove.

156. Koje su posljedice široke spiralne vilice?

Kod malih njihaja spirala uopće ne dodiruje spiralnu vilicu, te nemirnica radi pod uplivom pune duljine spirale. Kod velikih njihaja posljednji zavoj tuče u oba zatika vilice, tako da je spirala skraćena. Posljedica toga je, da za vrijeme jednog te istog njihaja djeluju na nemirnicu dvije duljine spirale: na prvi dio njihaja djeluje puna duljina spirale, a na ostali dio duljina do vilice. Takvo djelovanje vilice onemogućuje jednolični hod.

157. Koju širinu smije imati vilica kod plosnate spirale?

Vilica kod plosnate spirale smije biti samo toliko široka, da spirala igra u njoj za jednu svoju debljinu.

158. Kako mora biti svinut završni zavoj spirale?

Kad nemirnica stoji na mrtvoj točki, mora zavoj spirale, koji se nalazi u vilici, stojati u sredini između oba zatika, i to u svim položajima, koje može zauzeti kompas. Čim nemirnica krene, spirala mora igrati u vilici.

159. Kad je spirala dobro centrirana?

Spirala je onda dobro centrirana, kad spiralu bez nemirnice pričvrstimo na mostić, a spiralni valjak onda leži točno u sredini nad ležajem.

160. Koje su posljedice necentrirane spirale?

Ako spiralni valjak ne leži točno nad središtem ležaja, osvina nemirnice mora vući spiralu u središte. Spirala opet nastoji zauzeti ekscentričan položaj. Kod toga nastaje vrlo štetan pritisak sa strane na vrškove, koji onemogućuje jednoličan hod.

161. Zašto je kod sata sa plosnatom spiralom bolje, da kompas stoji pomaknut na minus?

Kad kompas stoji pomaknut na minus, manji dio spirale stoji pod štetnim uplivom kompasa.

162. Da li Breguetova spirala smije igrati u vilici?

Breguetova spirala ne smije igrati u vilici. Ni s najjačom lupom ne smije se opaziti nikakvo gibanje spirale u vilici, ali spirala ne smije biti ni uklješćena.

163. Kolika je duljina gore savinuta završnog zavoja spirale?

Duljna gore savinuta završnog zavoja spirale iznosi do vilice polovicu vanjskog zavoja. Ovoj duljini doda se još duljina od spiralne vilice do spiralnoga trupca, kad kompas stoji u sredini.

164. Što je izokronizam?

Izokronizam je svojstvo njihala ili nemirnice, da između stanovito određenih granica pravi velike i male njihaje u jednako vremenskom trajanju.

165. Da li se sa plosnatom spiralom može postići izokronizam?

Sa plosnatom spiralom može se postići izokronizam samo kod stanovite duljine spirale, koju je vrlo teško ustanoviti.

166. Kako se postizava izokronizam Breguetovom spiralom?

Izokronizam postizava se Breguetovom spiralom pomoću njena gore savinuta završnog zavoja.

167. Što je i kakav oblik mora imati Phillipsova završna krivulja?

Phillips je još u prošlom stoljeću postavio pravilo, prema kojemu se izračunava teoretski oblik završne krivulje, kojom se postizava izokronizam. Prema tomu pravilu izrađene su tablice sa slikama svih mogućih krivulja za sve veličine spirala. Prema tim slikama dobivaju oblik završne krivulje svih Breguetovih spirala, a zovemo ih Phillipsovim krivuljama.

168. Da li se smije kod sata sa Breguetovom spiralom micati kompas iz sredine?

Budući da je završna krivulja izračunana do spiralne vilice, a iznosi točno polovicu vanjskog zavoja, to bismo, mičući kompas, završnu krivulju produljili ili skratili i tako uništili izokronizam. Zato se kompas kod sata s Breguetovom spiralom ne smije micati iz sredine, nego se svaka razlika mora regulirati na nemirnici. To je također razlog, da završni zavoj ne smije igrati u vilici.

169. Kako se postizava, da težiste spirale padne u njen središte?

To se postizava položajem pričvršćenja spirale u valjku i teoretskom završnom krivuljom.

170. Kako se ustanavljuje točka pričvršćenja spirale u valjku radi postignuća ravnoteže spirale?

Točka pričvršćenja kod desno motane spirale mora se nalaziti lijevo, a kod lijevo motane spirale, desno. Taj položaj ustanovit ćemo tako, da sat postavimo u okomiti položaj, t. j. s navojnom osovinom okrenutom gore, a nemirnicu zaustavimo tako, da stoji na mrtvoj točki. Kroz središte površine spirale zamislimo vodoravnu crtu. Prva polovina spirale oko spiralnog valjka mora se nalaziti s gornje strane zamišljene crte.

171. Što uništava izokronizam?

Izokronizam uništava svako vanjsko djelovanje na hodni regulator, n. pr. iskopčavanje, impuls, trenje i t. d.

172. Koji su glavni razlozi razlike u hodu između okomitog i vodoravnog položaja sata?

Glavni razlozi ove razlike u hodu nastaju uslijed nejednaka trenja u raznim položajima, neizjednačene nemirnice, preveć izrezana spiralnog valjka i neizjednačene spirale.

173. Kojom se veličinom njihaja postizavaju najbolji rezultati?

Najbolji se rezultati postizavaju njihajima nemirnice od 440 stupnjeva, jer je kod ove veličine njihaja nemirnica skoro neosjetljiva na neizjednačnost težišta.

174. Koji je glavni razlog razlike u hodu kod raznih temperatura?

Glavni razlog razlike u hodu kod raznih temperatura je promjena elastičnosti spirale. U hladnoći spirala postaje elastičnija, to jest jača, a u toplini gubi od elastičnosti, to jest spirala postaje slabija.

175. Koliko djeluje temperatura na sat?

Pokusima je ustanovljeno, da samo 1 stupanj razlike u temperaturi pravi kod sata razliku od 11 sekunda u 24 sata. Od toga otpada 2 sekunde na rastezanje kovine, a 9 sekunda na promjenu elastičnosti spirale.

176. Čime se utjecaj temperature na sat kompenzira?

Utjecaj temperature kompenzira se kompenzacionom nemirnicom.

177. Od kojih se dijelova sastoje kompenzaciona nemirnica?

Kompenzaciona nemirnica sastoji se od vijenca, koji je sastavljen od dva koluta, koji su pajani jedan na drugoga. Nutarjni je od čelika, a vanjski od mjedi. Vjenac je spojen prečkom i na dva mesta prerezan tako, da može mijenjati veličinu promjera. Vjenac je provđen vijcima za otežanje.

178. Kako djeluje kompenzaciona nemirnica?

Kod povišenja temperature mjed, koja se rasteže jače od čelika, svine na prerezanim mjestima vjenac prema sredini. Na taj se način promjer nemirnice smanjio i izravnao onaj gubitak od elastičnosti spirale.

179. Na koji se način postizava jače ili slabije djelovanje kompenzacione nemirnice?

Ako se vijci za otežanje premjeste prema prerezanom dijelu vjenca, postizava se jače djelovanje kompenzacije; obratno, ako se vijci premjeste prema prečki, smanjuje se djelovanje kompenzacije. Kad se na taj način ne može postići dovoljno djelovanje kompenzacije, treba umetnuti vijke od metala s većom specifičnom težinom, na pr. od zlata.

180. Od kojih se kovina prave monometalne nemirnice i spirale, koje nisu osjetljive na temperaturu?

Monometalne nemirnice i spirale, koje nisu osjetljive na temperaturu, prave se od berilijevih slitina.

181. Koja je svrha ulja i kakovo mora biti?

Svrha je ulja smanjiti i izjednačiti trenje, te očuvati od trošenja dijelove, koji se pod pritiskom dodiruju.

182. Što djeluje na ulje, koje se nalazi u satu?

Na ulje, koje se nalazi u satu, djeluje zrak, svjetlo i toplina, nedovoljno ili loše čišćenje nauljenih dijelova, stanje površine vrškova i ležaja, koji se dodiruju, i kakvoća materijala.

183. Kako djeluju navedeni utjecaji na ulje?

Navedeni utjecaji djeluju na ulje tako, da se ulje zgusne ili ishlapi.

184. *Na koji način ulje smanjuje trenje?*

Ulje smanjuje trenje tako, da suho trenje između kovine pretvara u trenje tekućine, jer rastavlja metalne plohe, koje se pod pritiskom dodiruju.

185. *Kakova ulja upotrebljavamo za uljenje satova?*

Za uljenje satova upotrebljavamo mineralna, životinjska i sintetična ulja.

186. *Od čega se dobiva mineralno ulje?*

Mineralno ulje dobiva se od zemnog ulja i od raznih ugljennih katrana.

187. *Koje su prednosti, a koje loše strane mineralnog ulja?*

Prednost mineralnog ulja je vanredno svojstvo održanja, t. j. ne kvari se, a loša mu je strana, da se razlije u sasvim tankom sloju po čitavoj okolini i penje se na osovinu. Posljedica toga je isušenje ležaja.

188. *Od čega se dobiva životinjsko ulje?*

Životinjsko ulje dobiva se iz žljezda, koje izlučuju mast, od nožnih papaka i gnjata goveda ili ovna.

189. *Koje su prednosti, a koje loše stane životinjskog ulja?*

Prednosti životinjskog ulja jesu velika klizavost i održanje u obliku kapljice na jednom mjestu, a loša mu je strana vrlo laka pokvarljivost.

190. *Kako dobivamo sintetička ulja?*

Sintetička ulja dobivamo umjetnim spojevima, kojima je dodano otprilike 10% životinjskog ulja radi povećanja klizavosti.

191. *Koje su prednosti, a koje loše strane sintetičkog ulja?*

Prednosti sintetičkog ulja jesu velika postojanost, t. j. ne kvari se lako, i održanje u obliku kapljice na jednom mjestu, a loša mu je strana slaba klizavost.

192. *Da li je za uljenje sata dovoljna jedna vrsta ulja?*

Za uljenje sata nije dovoljna jedna vrsta ulja, jer za osovine, koje se brže okreću, uz manji pritisak potrebno je rjeđe ulje. Za osovine, koje se polako okreću uz veći pritisak, treba gusto ulje. Za navojne dijelove treba najgušće ulje ili mast.

193. *Koje vrste ulja upotrebljavamo za satove?*

Za uljenje satova upotrebljavamo: ulje za zapreke ručnih i džepnih satova, koje se također upotrebljava za uljenje svih ležaja kod satova manjih od 6 linija ili 14 mm; ulje za ručne satove za ležaje strojnih kotača kod satova većih od 6 linija; ulje za džepne satove, za ležaje strojnih kotača kod džepnih satova; ulje za njihalice, za uljenje zapreka kod velikih satova; ulje za zidne satove, za uljenje ležaja strojnih kotača kod velikih satova i za mazanje pera kod ručnih i džepnih satova.

194. Kako moramo spremiti boćice s uljem?

Boćice s uljem moramo držati čvrsto zatvorene na hladnom, suhom i mračnom mjestu.

195. Koliko nam je mazalica potrebno za ispravno uljenje?

Za ispravno uljenje potrebno nam je četiri do pet mazalica u debljinama od 0,2 do 1 mm.

196. Od koje kovine smiju biti mazalice?

Mazalice smiju biti od nikla, novoga srebra ili od plemenitih kovina. Ne smiju biti od mjedi, jer čestice mjedi pospješuju rastvaranje ulja.

197. Koji je preduvjet za dobro održanje ulja u ležajima?

Preduvjet za dobro održanje ulja u ležajima jest, da dijelovi, koji se ulje, budu savršeno čisti od ostataka starog ulja i sredstava, kojim smo čistili sat.

198. Na koji se način mora čistiti sat?

Sat se mora čistiti u dva čišćenja, i to predčišćenje s benzином, benzolom ili toluolom, te nakon toga još jedno čišćenje s istom tekućinom, ali čistom. Konačno treba sve isprati čistim alkoholom, koji definitivno odstranjuje ostatke tekućine, kojom smo čistili, a ti bi ostaci pospješili rastvaranje ulja.

199. Da li se sat, koji je uljen sintetičkim uljem, može čistiti benzinom?

Sat, koji je uljen sintetičkim uljem, ne može se čistiti benzином, jer benzin sintetička ulja ne rastapa. Čistiti treba benzolom ili toluolom, ili prati vodenim mješavinama.

200. Koje su posljedice lošeg čišćenja?

Posljedice su lošeg čišćenja, da se ulje iz ležaja pod utjecajem ostataka starog ulja ili nečistoće razlije i penje na oso-

vinu, a u tom slučaju govorimo o ishlapljivanju ulja, ili se upali i pretvori u smolastu masu, a tada govorimo o zgušćivanju ulja.

201. *Od kojih se materijala prave satovi?*

Satovi se prave uglavnom od čelika i mjedi.

202. *Koja je razlika između tvrdog i mekanog čelika?*

Tvrdi čelik, koji sadrži 0,5 do 1,7% ugljika, dade se kaliti, a mekani čelik, koji sadrži 0,02 do 0,3% ugljika, ne da se kaliti. Mekani čelik nekad se je nazivao kovko željezo.

203. *Koje su prednosti čelika?*

Prednosti čelika su mogućnost postizavanja potrebne tvrdoće kaljenjem i mogućnost oplemenjivanja, t. j. poboljšavanje syojstava.

204. *Do koje temperature treba čelik ugrijati kod kaljenja?*

Čelik treba ugrijati kod kaljenja do temperature od 760 do 900 stupnjeva. Toj temperaturi odgovara svjetlocrvena boja trešnje. Kaljenjem kod niže temperature ne postizava se dovoljna tvrdoća, a ako čelik razbijelimo, izgori ugljik, koji se u njemu nalazi, te čelik postane neupotrebljiv.

205. *Koji se dijelovi sata prave od čelika?*

Od čelika se prave vijci, poluge, osovine, sidra, zaprečni i sidreni kotači, spirale, pera i vretenke.

206. *Što je mjes i koje vrste mjesi poznajemo?*

Mjes je slitina bakra i cinka, i to valjana mjes sa 58% do 67% bakra i ostatak cinka, lijevana mjes sa 63% do 67% bakra i ostatak cinka s dodatkom olova, te tombak sa 72% do 95% bakra i ostatak cinka.

207. *Koji se dijelovi sata prave od mjeri?*

Od mjesi se prave platine, kotači, sidra, kazaljke, navojne krune i kućišta za satove.

208. *Što je novo srebro i zašto se upotrebljava?*

Novo srebro je slitina bakra s 25% nikla i 15% cinka. Upotrebljava se za pravljenje kućišta, turpija za poliranje, mazalica i gong-štapića, koji se odlikuju krasnim zvukom.

209. *Što je invar-čelik i zašto se upotrebljava?*

Invar-čelik je slitina od 64,3% čelika i 35,7% nikla. Upotrebljava se za pravljenje šibaka za njihalo obzirom na njegovo neznatno toplinsko raštezanje.

210. Što je Elinvar-čelik i zašto se upotrebljava?

Elinvar je slitina od čelika, nikla, volframa, mangana i kroma. Upotrebljava se za pravljenje spirala obzirom na dobro svojstvo održanja elastičnosti i nepromjenljivosti u temperaturama od —10 do +50 stupnjeva.

211. Koje beriljeve slitine poznajemo i zašto ih upotrebljavamo?

Poznajemo beriljevu broncu od 98% bakra i 2% berilija. Od ove slitine prave se monometalne nemirnice, sidra, sidreni i razni drugi kotači, ležaji i razna perca. Nadalje poznajemo kontracid-slitinu, od koje se prave navojna pera. Od beriljeve sline Nivarox prave se spirale.

212. Koje su prednosti beriljevih slitina?

Prednosti beriljevih slitina jesu: ne rđaju, neosjetljive su na magnetizam i promjenu temperature, izvrsna su podloga za ulje. Pera iz beriljeve slitine odlikuju se velikom tvrdoćom i pruživošću, koja se nakon upotrebe još povećava.

213. Koji se dijelovi sata prave od zlata?

Od zlata se prave kućišta, vijci za otežanje nemirnice, kolutići za otežanje vijaka nemirnice, kazaljke, zaprečni kotači, sidra i kronometarska zaprečna pera. Zlato se također upotrebljava za pozlatu platina, mostića, kotača i kućišta.

214. Što je duble-kovina i kako se pravi?

Duble je dvostruka kovina, koja ima podlogu od neplemenite kovine, na koju je zavarena jednostrano ili dvostrano tanka zlatna ploča. Valjanjem se dobiva sasvim tanka duble-ploča, na kojoj je nerazdvojivo spojena podloga sa zlatnom naslagom. Trajnost mu je ovisna o debljini zlatne naslage.

215. Koje su prednosti kamenih ležaja?

Prednosti kamenih ležaja jesu: velika tvrdoća i mogućnost savršenog poliranja, čime se umanjuje trenje.

216. Kako se pravi sintetičko kamenje?

Sintetičko se kamenje pravi od gline kod temperature od 2000 stupnjeva.

217. Da li sintetičko kamenje dostizava prednosti prirodnoga kamenja?

Sintetičko kamenje, ako je propisno izrađeno, čak i nadmašuje, kao kameni ležaj, prirodno kamenje, jer nema one jedva vidljive pogreške, mjehuriće i pukotine, koje su svojstvene prirodnom kamenju. Te pogreške uništavaju vršak i povećavaju trenje, ako se nalaze u samoj stijeni ležaja.

218. Koji su sastavni dijelovi pogona kazala?

Sastavni dijelovi pogona kazala jesu: minutna cijev, prenosni kotač s vretenkom i satni kotač.

219. Koliki prijenos ima pogon kazala?

Pogon kazala ima prijenos $12 : 1$, jer, dok se minutna cijev okreće 12 puta, satni se kotač okreće jedan put.

220. Kako se kontrolira ispravnost proračuna pogona kazala?

Kontrolira se ispravnost proračuna pogona kazala ovako: pomnoži se broj zubaca satnoga kotača brojem zubaca prenosnoga kotača, a broj zubaca minutne cijevi pomnoži se brojem zubaca prenosne vretenke. Prvi produkt razdijeli se drugim, a kvocijent mora biti brojka 12.

221. Kako se izračunava broj zubaca minutne cijevi?

Pomnoži se broj zubaca satnoga kotača brojem zubaca prenosnoga kotača, zatim broj zubaca prenosne vretenke brojem 12. Prvi produkt razdijeli se drugim, a kvocijent je broj zubaca minutne cijevi.

222. Kako se izračunava broj zubaca satnoga kotača?

Pomnoži se broj zubaca minutne cijevi brojem zubaca prenosne vretenke i brojem 12. Produkt se razdijeli brojem zubaca prenosnoga kotača, a kvocijent je broj zubaca satnog kotača.

223. Kako se izračunava broj zubaca prenosnog kotača?

Pomnoži se broj zubaca minutne cijevi brojem zubaca prenosne vretenke i brojem 12. Produkt se razdijeli brojem zubaca satnoga kotača, a kvocijent je broj zubaca prenosnoga kotača.

224. Kako se izračunava broj zubaca prenosne vretenke?

Pomnoži se broj zubaca prenosnoga kotača brojem zubaca satnoga kotača, zatim pomnožimo broj zubaca minutne cijevi brojem 12. Prvi produkt razdijeli se drugim, a kvocijent je broj zubaca prenosne vretenke.

225. Kako se izračunava broj zubaca prenosnoga kotača i vretenke?

Izračunamo, koliko puta više zubaca mora imati prenosni kotač od prenosne vretenke. To izračunamo tako, da broj zubaca minutne cijevi pomnožimo brojem prijenosa 12. Produkt razdijelimo brojem zubaca satnoga kotača. Kvocijent je odnos zubaca prenosnoga kotača prema broju zubaca prenosne vretenke.

226. Koji su sastavni dijelovi strojnih kotača?

Sastavni dijelovi strojnih kotača jesu: bubenjić s perom, minutni kotač s vretenkom, spojni kotač, spojna vretenka, sekundni kotač i sekundna vretenka.

227. Kako se izračunava broj zubaca sekundnoga kotača kotača kod sata, koji pravi 300 polunjihaja u minuti?

Broj zubaca sekundnoga kotača kod sata, koji pravi 300 polunjihaja u minuti, izračunava se tako, da se broj zubaca zaprečne vretenke pomnoži s deset, a produkt je broj zubaca sekundnoga kotača.

228. Kako se izračunava broj zubaca zaprečne vretenke kod sata, koji pravi 300 polunjihaja u minuti?

Broj zubaca zaprečne vretenke kod sata, koji pravi 300 polunjihaja u minuti, izračunava se tako, da se broj zubaca sekundnoga kotača razdijeli s deset, a kvocijent je broj zubaca zaprečne vretenke.

229. Kako se izračunava broj zubaca sekundne vretenke?

Pomnoži se broj zubaca minutnoga kotača s brojem zubaca spojnoga kotača, a broj zubaca spojne vretenke pomnoži se prenosnim brojem 60. Prvi produkt razdijeli se drugim, a kvocijent je broj zubaca sekundne vretenke.

230. Kako se izračunava broj zubaca minutnoga kotača?

Pomnoži se broj zubaca sekundne vretenke brojem zubaca spojne vretenke i brojem prijenosa 60. Produkt se razdijeli bro-

jem zubaca spojnoga kotača, a kvocijent je broj zubaca minutnoga kotača.

231. Kako se izračunava broj zubaca spojnoga kotača?

Pomnoži se broj zubaca sekundne vretenke brojem zubaca spojne vretenke i brojem prenosa 60. Produkt se razdijeli brojem zubaca minutnoga kotača, a kvocijent je broj zubaca spojnoga kotača.

232. Kako se izračunava broj zubaca spojne vretenke?

Pomnoži se broj zubaca spojnoga kotača brojem zubaca minutnoga kotača, a broj zubaca spojne vretenke pomnoži se brojem prenosa 60. Prvi produkt razdijeli se drugim, a kvocijent je broj zubaca spojne vretenke.

233. Kako se izračunava broj zubaca spojnoga kotača i vretenke?

Izračunamo, koliko puta više zubaca mora imati spojni kotač od spojne vretenke. To izračunamo tako, da broj zubaca sekundne vretenke pomnožimo brojem prenosa 60. Produkt razdijelimo brojem zubaca minutnoga kotača. Kvocijent je odnos zubaca spojnoga kotača prema broju zubaca spojne vretenke.

234. Kako se izračunava broj njihaja u minuti kod satova s nepravilnim brojem njihaja?

Pomnoži se međusobno broj zubaca minutnog, spojnog, sekundnog i sidrenoga kotača, a zatim se pomnoži međusobno broj zubaca spojne, sekundne i vretenke sidrena kotača. Prvi produkt razdijeli se drugim produkтом, a kvocijent je broj njihaja u jednom satu. Sad razdijelimo taj broj još sa 60, te dobijemo broj njihaja u minuti.

235. Koja je razlika između računanja po temporalnom vremenu i ekvinocijalnom vremenu?

Računajući po temporalnom vremenu dan i noć su se dijelili u dva puta po dvanaest nejednakih temporalnih sati, koje su brojili od izlaza do zalaza sunca i od zalaza do izlaza sunca. Po ovom načinu brojenja duljina jednog sata bila je ovisna o duljini dana. Trajanje jednog sata ljeti bilo je dulje od trajanja jednog sata zimi.

Kod računanja po ekvinocijalnom vremenu dan i noć se dijeli u dva puta po dvanaest jednakih ekvinocijalnih sati, koje brojimo od ponoći do podne i od podne do ponoći.

236. Zašto je s izumom mehaničkoga sata prestalo računanje po temporalnom vremenu?

Mehanički sat može dijeliti vrijeme samo u dijelove jednako vremenskog trajanja, a to je moguće samo kod računanja po ekvinocijalnom vremenu.

237. Kad je sagrađena najstarija mehanička ura?

Najstarija mehanička ura sagrađena je 1336. u Milanu.

238. Koji je najstariji sačuvani sat gonjen perom?

Najstariji sačuvan sat gonjen perom je gotski sat Filipa Dobroga Burgundskog sagrađen između 1429. do 1435.

239. Kad je napravljen prvi džepni sat?

Smatra se, da je prvi džepni sat napravljen god. 1510.

240. Tko je napravio prvu njihalicu?

Prvu njihalicu napravio je slavni nizozemski astronom Huygens (čitaj Hojžens) god. 1656.

241. Tko je izumio spiralu?

Spiralu je izumio graditelj prve njihalice Huygens god. 1658.

242. Tko je izumio kukastu zapreku?

Kukastu zapreku izumio je dr. Robert Hook oko god. 1676., a u urarstvu je prvi upotrebio ovu zapreku William Clement god. 1680.

243. Tko je izumio cilindarsku zapreku?

Cilindarsku zapreku izumio je Thomas Tompion god. 1710.

244. Tko je izumio prvu zapreku s mirovanjem na njihalice?

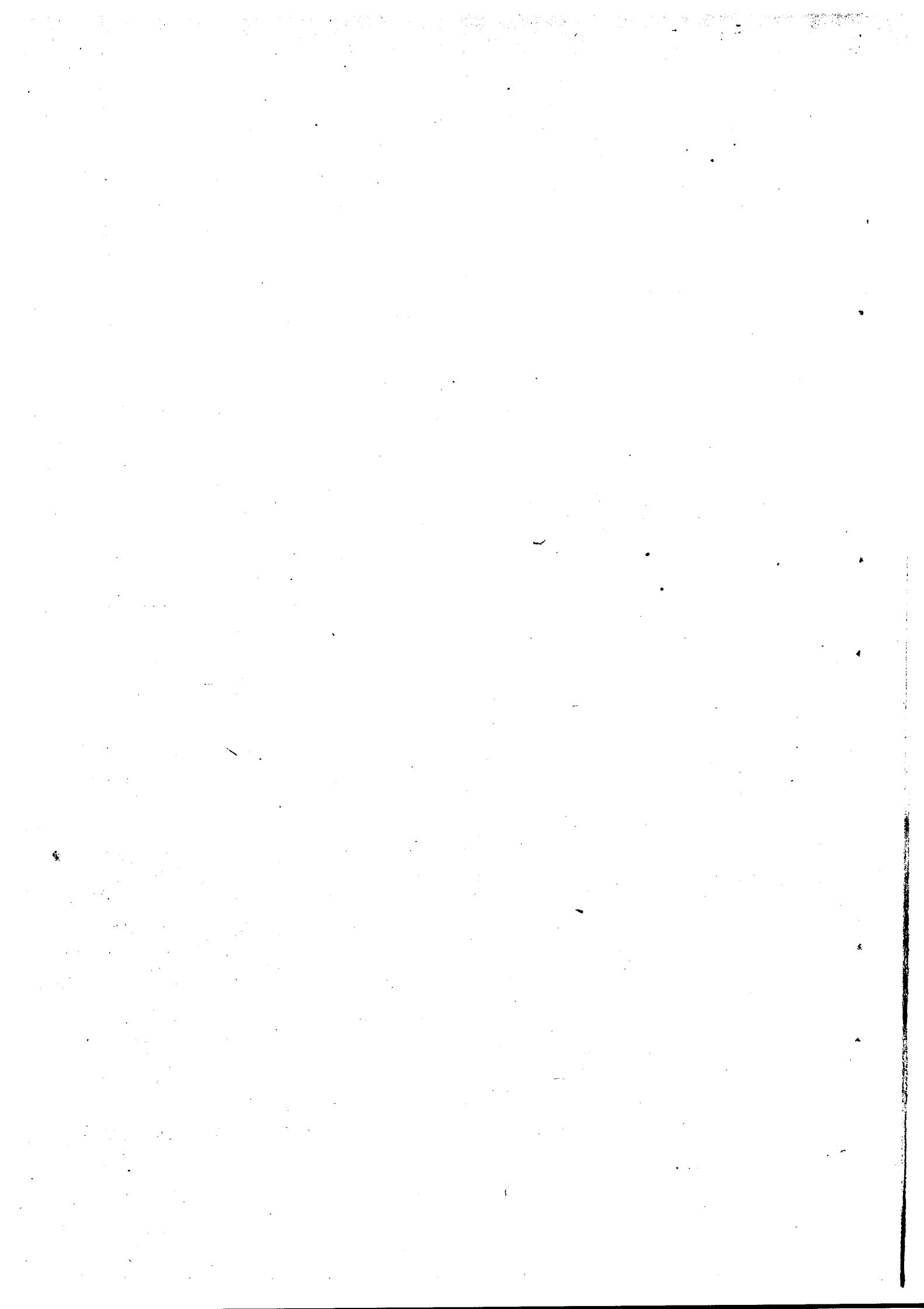
Prvu zapreku s mirovanjem za njihalice izumio je George Graham (čitaj Grehem) god. 1715. Ova se zapreka po izumitelju zove Grahamova zapreka.

245. Tko je izumio englesku sidrenu zapreku?

Englesku sidrenu zapreku izumio je Thomas Mudge (čitaj Madž) god. 1750.

246. Tko je izumio kronometarsku zapreku?

Kronometarsku zapreku izumio je Pierre Le Roy (čitaj Roa) god. 1769.



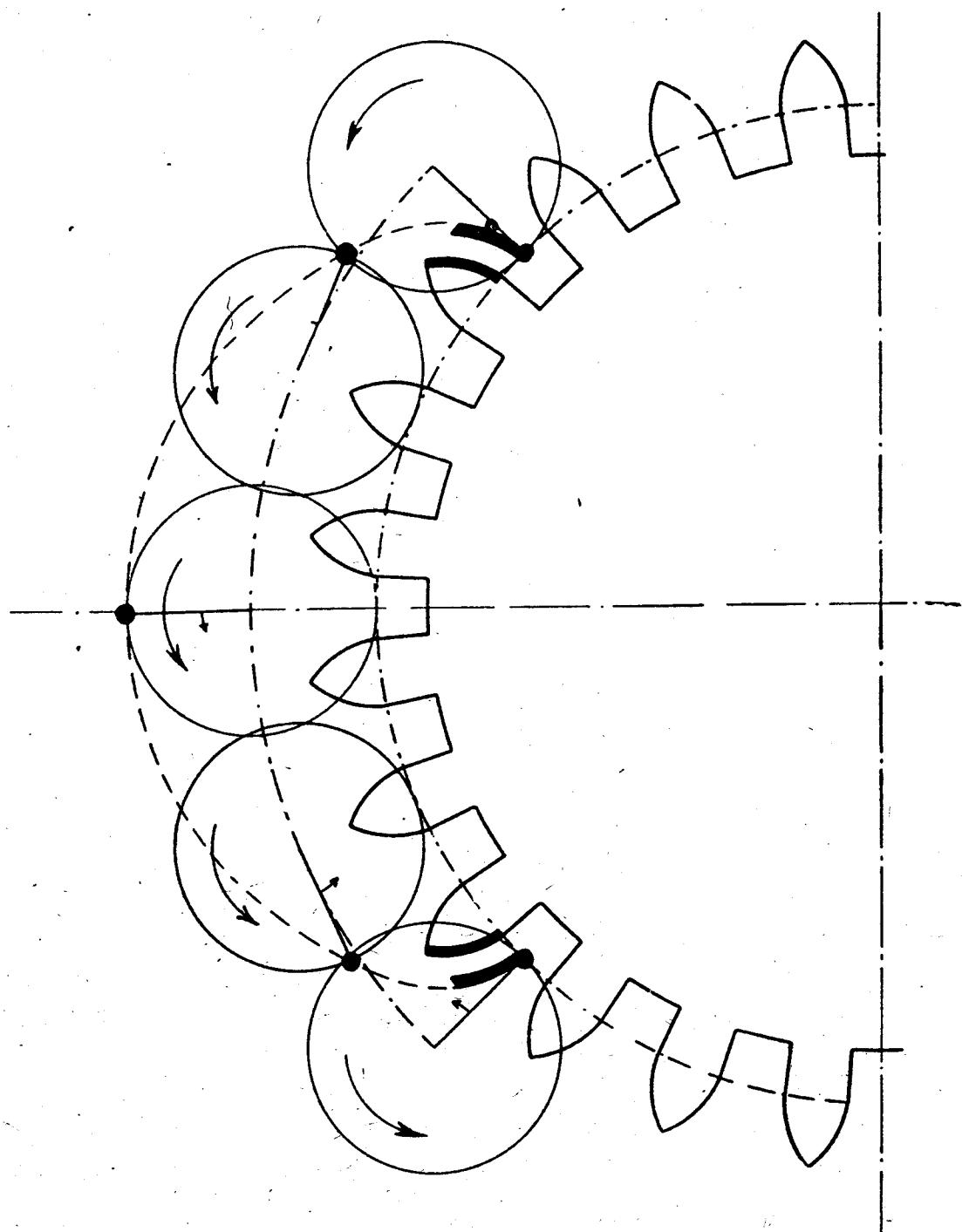
SADRŽAJ

Predgovor	3
1. Opći opis sata	5
2. Zakoni mehanike u urarstvu	10
3. Njihalo	12
4. Nemirnica ili balanca	13
5. Strojni kotači	15
6. Zahvati	17
7. Zatrepe	25
a) Kukasta zatrepa	30
b) Grahamova zatrepa	36
c) Cilindarska zatrepa	42
d) Sidrena zatrepa	48
Slobodna sidrena zatrepa sa zaticima	58
Kronometarska zatrepa	62
8. Spirala	68
9. Reguliranje sata u okomitom i vodoravnom položaju	80
10. Utjecaj temperature na hod sata	83
11. Utjecaj magnetizma i demagnetiziranje sata	95
12. Čišćenje i uljenje sata	97
13. O materijalu	102
14. Proračun broja zubaca pogona kazala	108
a) Kontrola ispravnosti proračuna pogona kazala	109
b) Postupak za izračunavanje broja zubaca minutne cijevi	110
c) Postupak za izračunavanje broja zubaca satnoga kotača	111
d) Postupak za izračunavanje broja zubaca prenosnoga kotača	112
e) Postupak za izračunavanje broja zubaca prenosne vretenke	112
f) Postupak za izračunavanje broja zubaca prenosnog kotača i vretenke	113
g) Tablica o broju zubaca pogona kazala	115
h) Proračun broj zubaca strojnih kotača	116
i) Postupak za izračunavanje broja zubaca sekundne vretenke	117
j) Postupak za izračunavanje broja zubaca minutnoga kotača	118
k) Postupak za izračunavanje broja zubaca spojnoga kotača	118

l) Postupak za izračunavanje broja zubaca spojne vretenke . . .	119
m) Postupak za izračunavanje broja zubaca spojnoga kotača i vretenke	119
n) Postupak za izračunavanje broj njihaja u minuti kod satova s nepravilnim brojem njihaja	121
15. Kratka povijest razvoja sata	123
Stručna pitanja i odgovori iz urarske struke	133—165

Za izdavača dr. E. Musić — Tehnička redakcija Zlatko Orban. — Naklada
5000 primjeraka — Tisak Nakladnog zavoda Hrvatske, Zagreb, Frankopanska 26.

Tabla I. Cikloidna krivulja (postanak epicikloide)



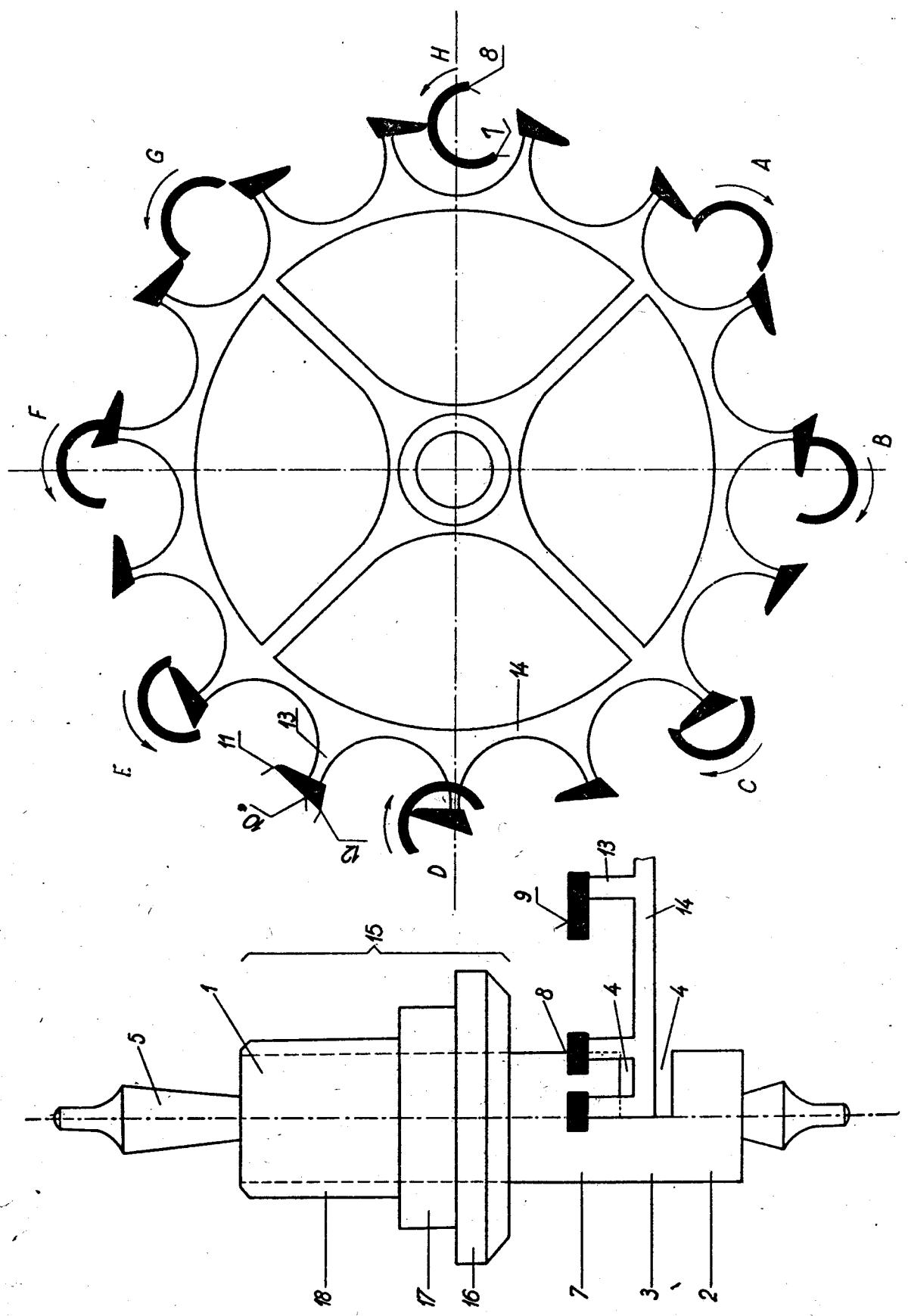


Tabla II. Cilindarska zapreka

III AUSTRI

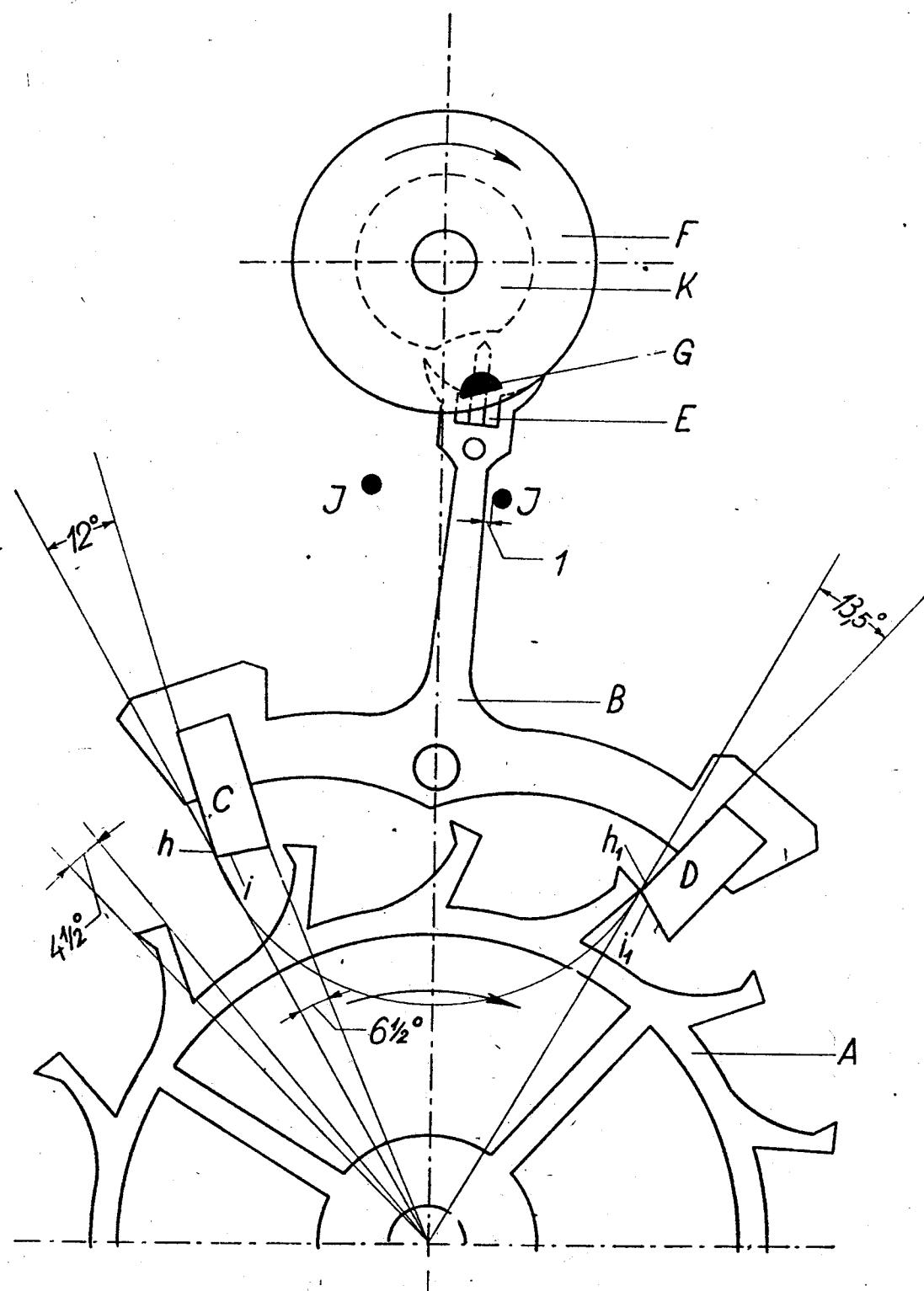


Tabla III. Sidrena zapreka

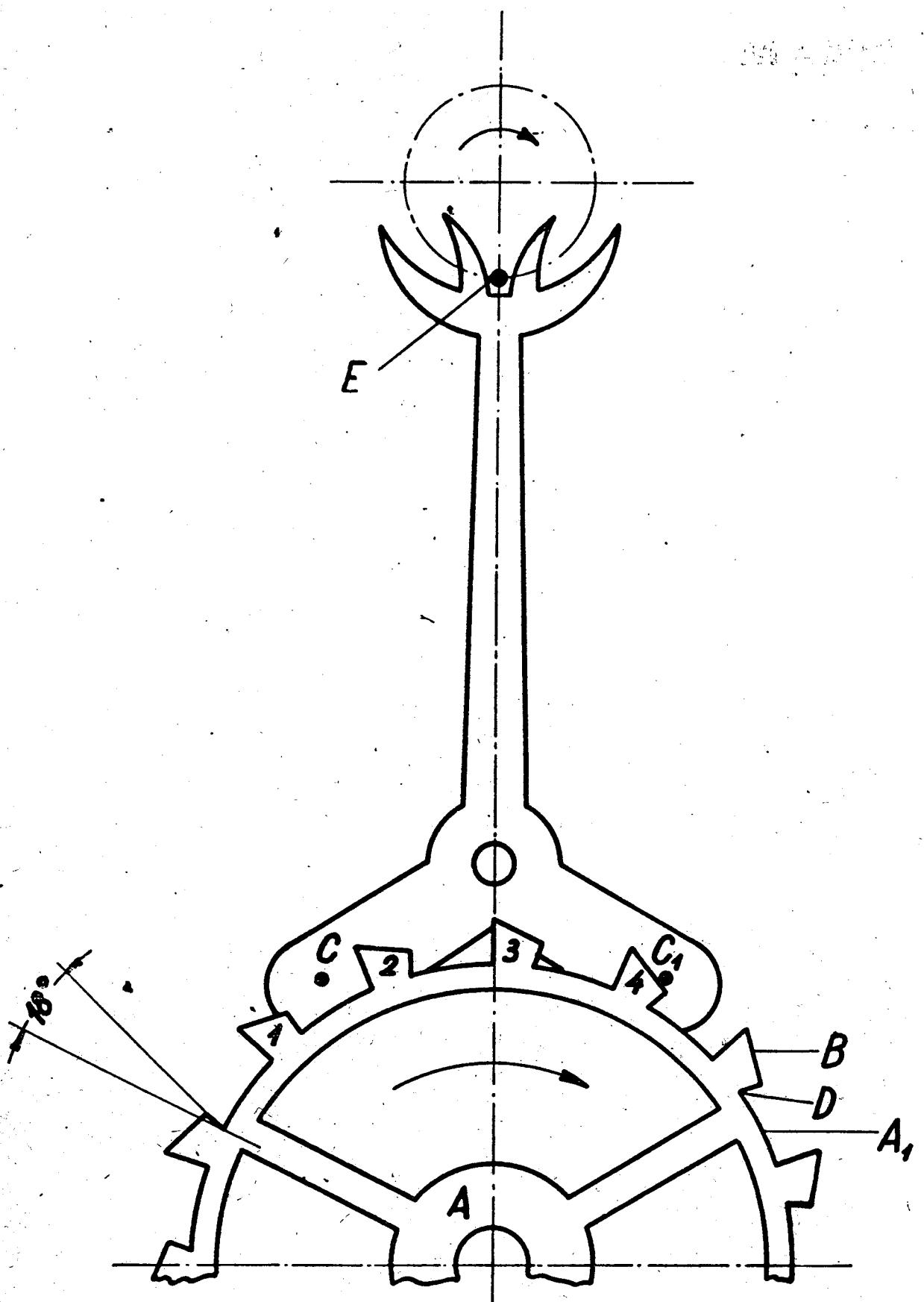


Tabla IV. Sidrena zapreka sa zaticima

Tabla V. Kronometarska zapreka

