

Brat WAWRZYNIEC PODWAPIŃSKI

ZEGARMISTRZOSTWO

część 4



**CZAS
KOSMOGRAFIA
ZEGARY SŁONECZNE**

NIEPOKALANOW

1950

ZEGARMISTRZOSTWO

Pierwsza strona okładki przedstawia symbolicznie zasadę konstrukcji i działania poziomego zegara słonecznego. Szczegółowy opis tego zagadnienia znajduje się na stronach 53—67.

TEGOŻ AUTORA

drukiem — z dziedziny zegarmistrzowskiej

Artykuły:

- „Zegary w starożytności“ — w „Mechaniku“ z 1946 r. na str. 155—156.
- „Początki zegara mechaniczno-kołowego“ — w „Mechaniku“ z 1946 r. na str. 234.
- „Zegary Sredniowiecza“ — w „Mechaniku“ z 1946 r. na str. 275.
- „O czasomierzach“ w Kalendarzu „Rycerza Niepokalanej“ z 1947 r. na str. 63—64.
- „Ulepszenia w zegarach (od 1400 do 1700 r.)“ — w „Mechaniku“ z 1947 r. na str. 67—68.
- „Udoskonalenia i wynalazki od 1700 r. do czasów obecnych“ — w „Mechaniku“ z 1947 r. na str. 338—341.
- Zbiorowy artykuł dyskusyjny o fachowych zagadnieniach zegarmistrzowskich — w „Problemach“ z 1947 r. na str. 359.
- „Normalizacja w zegarmistrzostwie“ — w „Wiadomościach PKN“ z 1949 r. na 245—246 str.
- „Naciąg samoczynny (automat) w zegarku naręcznym“ — w miesięczniku „Horyzonty Techniki“ z 1949 r. na 364 str.
- „Wychwyt chronometry“ — w „Horyzontach Techniki“ z 1950 r. na 140—141 str.
- „Zegary wieżowe rozpowszechniają się od X wieku“ — w „Przyjacielu Rzemieślnika“ z 22.6.1950 r. na 12 str.
- „Służba czasu“ — w „Horyzontach Techniki“ z 1950 r. na 395—399 str.

Opracowania:

- „Historia, nauka i praca zegarmistrzowska“. Stron 110, 55 ilustracji. Wyd. Niepokalanów — 1948 i 1950 r.
- „Materiałoznawstwo zegarmistrzowskie i części zamienne“. Stron 192, 221 ilustracji i 21 tabl. Wyd. Niepokalanów — 1948 i 1950 r.
- „Maszyny, narzędzia i przybory zegarmistrza“. Stron 310, 537 ilustracji. Wyd. Niepokalanów — 1949 r.

Brat WAWRZYNIEC MARIA ALEKSANDER PODWAPIŃSKI
franciszkanin — mistrz zegarmistrzowski

ZEGARMISTRZOSTWO

PRAKTYCZNY PODRĘCZNIK FACHOWY

CZĘŚĆ CZWARTA

**CZAS, KOSMOGRAFIA
I ZEGARY SŁONECZNE**

(POCZĄTEK TEORII ZEGARM.)



NIEPOKALANÓW 1950

Przy tej części „Zegarmistrzostwa“ współpracowali z autorem:

Prof. Bielicki Maciej

Inż. Borzęcki Feliks

Inż. Dobraczyński Aleksander

Prof. Litwin Edmund

Inż. Podwapiński Władysław

Prof. Wieniawski Stanisław

SPIS TREŚCI

Tytuły	1, 3
Tegoż autora — drukiem...	2
Współpracownicy	4
Spis treści	5
Plan części następnych	8
Zamiast wstępu — ważność i podział teorii zegarmistrzowskiej	9

I. O CZASIE

A. POJĘCIA OGÓLNE

1. Co to jest czas 11
2. Wartość czasu 12
3. Mierzenie czasu 13
4. Trochę kosmografii 14

Gwiazdy. Gwiazdy stałe. Ciała niebieskie. Gwiazdy wygasłe. Ks. Mikołaj Kopernik. Planety. Odległości planet od Słońca (str. 15). Wielkości porównawcze w naszej „rodzinie” słonecznej. Planetoidy (16). Rok świetlny. Układ galaktyczny (17). Droga mleczna. Mgławice pozagalaktyczne.

B. PODZIAŁ CZASU

1. Rok 19
2. Pory roku 20
3. Miesiąc i tydzień 22
4. Dzień — doba 23
5. Godzina, minuta, sekunda 25

C. RODZAJE CZASU

1. Czas słoneczny prawdziwy i kąt godzinny 26

Widnokrąg. Horyzont. Półkula niebieska. Płaszczyzna równika (str. 27). Miejscowy południk niebieski. Oś świata.

	Koło godzinne (28). Kąt godzinny. Czas słoneczny prawdziwy.	
2.	Czas gwiazdowy i regulowanie zegarów według gwiazd	29
	Kulminacja górna albo górowanie. Kulminacja dolna albo dołowanie. Dlaczego czas gwiazdowy różni się od czasu słonecznego (str. 30). Regulowanie zegarów (31).	
3.	Czas średni słoneczny i równanie czasu	31
	Słońce średnie. Czas cywilny (str. 32).	
4.	Czas miejscowy i strefowy	33
	Strefy (str. 34). Czas zachodnio-europejski albo uniwersalny. Czas środkowo-europejski. Czas wschodnio-europejski. Granica daty.	
5.	Czas sezonowy (letni, zimowy)	35
6.	Przeliczanie czasu	35
D.	SŁUŻBA CZASU	
1.	Rola obserwatoriów astronomicznych	38
2.	Centralizacja służby czasu	38
3.	Rodzaje radiowych sygnałów czasu	40
4.	Regulacja zegarów sygnałami radiowymi	42
5.	Zegary telewizyjne	43
6.	Inne sygnały czasu	43
	Spadające kule. Znaki świetlne (str. 44) Sygnały telefoniczne. Zegarynka.	
E.	O CZASOMIERZACH W OGÓLNOŚCI	46
	II. CZASOMIERZE SŁONECZNE I GWIAZDOWE	
A.	OGÓLNI	
1.	Aktualność zalety i wady	49
2.	Rys historyczny	50
B.	BUDOWA ZEGARÓW SŁONECZNYCH	
1.	Konstrukcja tarcz	
a.	Zasady ogólne	53
	Kąt godzinny Słońca. Koła godzinne. Kąty dla cie-	

nia wskazówki (str. 54). Zegary równikowe. Przenośne zegary słoneczne. Zegary pionowe lub poziome (55). Zegary skośne lub pochyłe.

- b. Metoda wykreślna 55
- c. Metoda mechaniczna 58
- d. Metoda trygonometryczna 59
- 2. Wyznaczanie miejscowego południka 60
 - a. Przy pomocy Słońca 61
 - b. Przy pomocy gwiazd 62
- 3. Ustawianie tarcz 64
- 4. Ustawianie wskazówek 66

C. RODZAJE ZEGARÓW SŁONECZNYCH

- 1. Stałe zegary słoneczne 68

Gnomon. Skafe. Poziome zegary słoneczne (str. 69). Pionowe zegary słoneczne (70). Uniwersalny zegar słoneczny. Kuliste zegary (71). Krzyżowe zegary. Heliochronometry. Bezpośrednie zegary słoneczne. Zegary odblaskowe.
- 2. Przenośne i równikowe zegary słoneczne 71

Równikowe zegary słoneczne (str. 72). Słupki gnomoniczne (73). Pierścieniowe zegary słoneczne. Pierścienkowe zegary słoneczne. Dzieńno-nocne zegary (74). „Naręczny” zegarek słoneczny.
- 3. Zegary gwiazdowe 76

III. RÓŻNE

- Zakończenie 77
- Literatura 78
- Skorowidz alfabetyczny 79
- Szczegóły następnej części „Zegarmistrzostwa” 80

Plan części następnych...

Treść następnych tomów — w ewolucyjnej kolejności zagadnień planowana jest następująco:

Konstrukcja i działanie czasomierzy mechanicznych — dalszy ciąg teorii (zegary: wieżowe, uliczne, domowe, pojazdowe i zegarki noszone),
technologia zegarmistrzowska (sposoby pracy),
rysunki i obliczenia zegarmistrzowskie,
wykonywanie narzędzi zegarmistrzowskich, części zamiennych i modeli,
technika naprawy zegarów,
technika naprawy zegarków,
zegary elektryczne (konstrukcja, działanie i naprawa),
czasomierze skomplikowane (konstrukcja, działanie i naprawa),
zegarmistrzowskie sprawy ogólne i handlowe,
polskie słownictwo zegarmistrzowskie,
szczegółowe plany nauczania zegarmistrzostwa,
egzamin czeladniczy i mistrzowski,
organizacja i sposoby seryjnej (fabrycznej) wytwórczości czasomierzy.

ZAMIAST WSTĘPU

Ważność i podział teorii zegarmistrzowskiej

Było to dosyć dawno. Zostałem przyjęty — jeszcze jako czeladnik — do pracy w pewnym zakładzie zegarmistrzowskim. Wyznaczono mi miejsce robocze, a szef pracowni daje mi na początek mały zegarek naręczny, w którym „wszystko jest w porządku, tylko czasem się zatrzymuje...”

Rozłożyłem swe narzędzia i wziąłem się planowo do badania zegarka. Po godzinie odkryłem błąd w wychwycie, usunąłem go i prosię szefa o dalszą robotę.

Zdumienie ogarnęło niektórych pracowników... Jak to? To myśmy się wszyscy nad tym zegarkiem tak długo męczyli, a tu tak szybko błąd znaleziono?

Gdy wyjaśniłem, gdzie leżała przyczyna zatrzymywania się zegarka, jak ją odkryłem i usunąłem, wówczas poznali wszyscy i przekonali się jak ważna jest należyta znajomość teorii zegarmistrzowskiej, jak doniosłą rolę odgrywa ona, zwłaszcza w naszym zawodzie, jak podstawowe jest to, by wiedzieć jakie są zasady konstrukcyjne poszczególnych części czasomierzy i jak one powinny współdziałać, by niezawodnie spełniały swą rolę.

Prawda, bardzo ważna jest wprawa i znajomość sposobów napraw (co będzie omówione później — po teorii, w dalszych tomach „Zegarmistrzostwa”), ale łatwiej naprawić mechanizm bez dostatecznej wprawy i praktyki, niż bez znajomości zasad konstrukcji i działania czasomierzy. Tak, **teoria to podstawa i najważniejsza część umiejętności zegarmistrzowskiej.**

Po trzech wstępnych częściach „Zegarmistrzostwa”, które mówiły nam o historii „godziniarstwa”, materiałoznawstwie i narzędziach,

przystępujemy z kolei do „rozgryzania” teorii. By łatwiej to przeprowadzić podzielimy ją na następujące działy zasadnicze:

- I. O czasie,
- II. O czasomierzach słonecznych,
- III. O czasomierzach mechanicznych (zegary publiczne, domowe, pojazdowe i zegarki noszone),
- IV. O czasomierzach elektrycznych,
- V. O czasomierzach kwarcowych i atomowych,
- VI. O czasomierzach specjalnych i skomplikowanych.

Ze względu na ważność zagadnień i ogrom materiału, sprawy powyższe będą omówione w kilku oddzielnych częściach „Zegarmistrzostwa”, by — ze szkodą dla opisywanych tematów — zbytnio się nie streszczać. Części te będą stanowiły — podobnie jak dotychczas — każda oddzielną całość.

I. O CZASIE

A. POJĘCIA OGÓLNE

1. Co to jest czas

„I stał się wieczór i zaranek,
dzień jeden“ (Rodz. 1, 5).

Na ogół dużo mówi się o czasie — znamy jego wartość, wiemy że trzeba go wykorzystywać, bo przemijająca chwila, już nigdy nie wraca — ale co to jest właściwie **czas**? Jeżeli usiłujemy określić to pojęcie, to przekonujemy się, że dziwnie trudno je zdefiniować, pomimo, że słowo czas jest tak często i ogólnie stosowane. Co więcej, wszyscy wiemy dokładnie, co ono oznacza, tylko nie możemy go określić. Nie wiadomo czy istnieje inne pojęcie tak dobrze znane, również często spotykane, a przy tym takie nieuchwytnie.

W istocie **pojęcie czasu** jest poważnym zagadnieniem filozoficznym. Św. Augustyn — Doktor Kościoła św., jeden z największych filozofów V wieku — w swoich „Wyznaniach“ szeroko się rozwodzi nad pojęciem i sposobem mierzenia czasu. Rozróżnia czas teraźniejszy, przeszły i przyszły, porównuje dłuższe okresy czasu z krótszymi, a jednak, czym jest czas, pojąć nie może. Nad tym zagadnieniem różni filozofowie zastanawiają się w dalszym ciągu, definiując czas z psychicznego albo technicznego punktu widzenia, lub omawiając jego względność (C a r r e l, E i n s t e i n). A przecież nawet najprymitywniejsze objawy życia społecznego są nie do pomyślenia bez pojęcia czasu.

Gdy mamy szczupłe mieszkanie, szukamy większego, lecz gdy jest nam ciasno w czasie i nie mamy wolnej chwili, wówczas musimy dostosować swoje zajęcia do czasu, bo czasu do naszych wymagań dopasować się nie da.

2. Wartość czasu

Dawniej czas nie był tak ceniony jak obecnie. Dziś ludzie żyją inaczej, bardziej się śpieszą, korzystają z coraz to szybszych sposobów przenoszenia się z miejsca na miejsce, wynajdują coraz to lepsze sposoby porozumiewania się na dalekie odległości i coraz to doskonalsze metody działania, aby w każdym odcinku czasu zmieścić jak najwięcej wykonanej pracy. Słuszne więc są zdania:

„Czas jest najdroższym skarbem człowieka. Czas to więcej niż pieniądze — to życie. Czas stracony, stracony został bezpowrotnie, na zawsze. Strata czasu jest największym marnotrawstwem bogactw. Wartość człowieka zależy od tego, w jaki sposób wykorzystuje swój czas. Marnowanie czasu, to marnowanie własnego życia, to czyn karygodny w stosunku do społeczności. Mądrze i sumiennie zużytkowany czas podnosi też dobrobyt i bogactwo. Należy więc obchodzić się z czasem oszczędnie, nie marnować go i wyzyskiwać każdą chwilę”.

Wypowiedzi powyższe mogą się jednak wydawać zbyt teoretyczne, abstrakcyjne i filozoficzne. Zrozumiemy je lepiej gdy rozważymy, że nowoczesny ustrój społeczny przy obecnym rozwoju nauki, techniki, komunikacji, przemysłu i handlu, tworzy niezmiernie skomplikowany aparat, którego sprawność i wydajność zależy od dokładności i precyzji działania jego części składowych scharmonizowanych w czasie. Dlatego tak ważne jest hasło doby obecnej: „tempo i dokładny czas!”

3. Mierzenie czasu

Miarą długości jest przeważnie metr, objętości — litr, masy — kilogram itd.; służą one jako jednostki porównawcze do mierzenia przedmiotów materialnych, które poznajemy naszymi zmysłami. Natomiast czas obserwowany przez nas w przyrodzie nie ma własnego bytu; nie jest ani widoczny, ani słyszalny, ani też poznawalny innymi ludzkimi zmysłami. Jest tylko sposobem istnienia przedmiotów. Dlatego więc czasomierze są tak urządzone, ażeby swymi wskazówkami lub dźwiękami uzmysławiały nam przepływanie tego czasu.

Przy tym należy pamiętać, że wszystkimi czasomierzami obliczamy czas tylko na podstawie wzajemnej umowy, czyli metodą konwencjonalną. Mierzmy czas różnymi aparatami, nie dbając o to, czym on jest; czy przepływa obok nas, czy przez nas; czy życie nasze przebiega w czasie, czy też czas jest tylko naszym sposobem ujmowania życia.

Podobnie jak rozwijały się i ulepszały różne jednostki miernicze, tak samo i jednostki miary czasu stawały się coraz to dokładniejsze. U ludzi pierwotnych najważniejszymi i najłatwiej poznawalnymi odcinkami czasu były — dzięki Słońcu — dni i noc, dalej pory roku, a wreszcie — okresy roczne. Fazy Księżyca również były podstawą do wyznaczania okresów czasu. Dla rybaków zamieszkujących wybrzeża z bardzo wysokimi przyływami morza czas księżycowy do dziś jest ważniejszy od słonecznego. Swój tryb życia, godziny snu i posiłków określają rytmem przyływów. W miarę rozwoju cywilizacji nauczył się człowiek obserwować położenie Słońca w czasie dnia i położenie gwiazd w nocy, co umożliwiło już podział doby na mniejsze odcinki.

Zanim jednak przystąpimy do omawiania wzajemnej zależności tych odcinków oraz właściwego podziału i sposobu mierzenia czasu, musimy wspomnieć nieco o ciałach niebieskich i ich obrotach, czyli o kosmografii. To częściowe — przynajmniej wstępne — poznanie tej pięknej nauki rozszerzy nasze wiadomości i zaznajomi nas nieco z otoczeniem, z którego astronomowie czerpią dla nas wzorce czasu.

4. Trochę kosmografii

Na pogodnym niebie widzimy nocą **gwiazdy**, które różnią się nie tylko swą jasnością, ale i rodzajem świecenia. Przede wszystkim zauważyć można, że niektóre gwiazdy wydają się mrugające, podczas gdy inne promieniają spokojnym, łagodnym światłem. Mrugające gwiazdy są to tzw. **gwiazdy stałe**, czyli słońca, które wobec olbrzymich odległości od naszej Ziemi wyglądają tylko jak punkciki. „Mrugają” one, gdyż bardzo wąski stożek ich promieni świetlnych łatwo podlega zmianom jasności i barwy, przechodząc przez warstwy atmosfery ziemskiej.

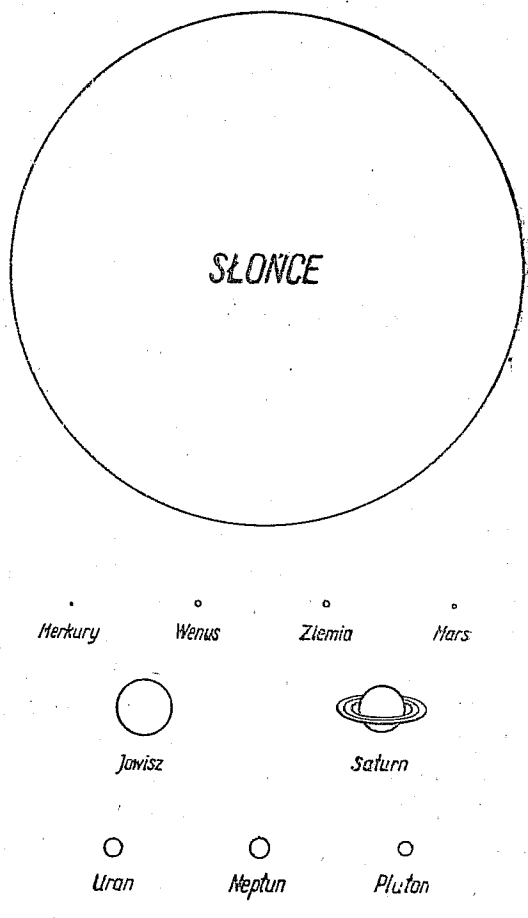
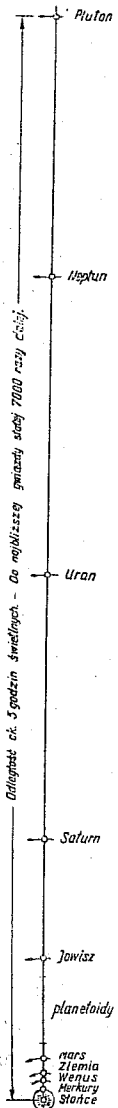
Inne **ciała niebieskie**, które promieniają spokojnym, łagodnym światłem, są to **planety**, dużo bliżej nas położone i związane ruchami z naszym Słońcem, podobnie jak Ziemia. Nie posiadają one własnego promieniowania, a widoczne są dlatego, że odbijają otrzymane światło od Słońca.

Dawniej astronomowie wyobrażali sobie Ziemię jako punkt stały **wszehświata** z krążącymi naokoło niej wszystkimi ciałami niebieskimi. Dopiero w 1543 r. nasz rodak, ks. Mikołaj Kopernik, „wstrzymał Słońce, a poruszył Ziemię”.

W porównaniu do olbrzymich odległości, gwiazdy stałe, łącznie z naszym Słońcem, zmieniają wzajemne położenia bardzo niewiele w długich nawet okresach czasu, a stąd wydają się być nieruchome względem siebie na sklepieniu niebieskim i dlatego nazywamy je stałymi; planety zaś, do których i Ziemia należy, krążą naokoło naszego Słońca, szybko zmieniając swe pozorne położenie między gwiazdami stałymi.

Warto przy tej okazji rozpatrzeć bliżej choćby jedno tylko zagadnienie astronomiczne, a mianowicie odległości, na jakie napotykamy badając niebo. Ziemia i inne planety naszego **układu słonecznego** tworzą jakby rodzinę ciał niebieskich, której ojcem jest **Słońce**.

Najbliżej Słońca krąży najmniejsza planeta, tj. **Merkury**, oddalona od niego około 58 milionów km (rys. 2), dalej **Wenus** — około



Rys. 1. Wielkości porównawcze w naszej „rodzinie” słonecznej

Rys. 2. Odległości planet od Słońca.

108 milionów km, potem **Ziemia** — 149,5 miliona km, następnie **Mars** w odległości 228 milionów km od Słońca, **Jowisz** 778 milionów km, **Saturn** 1426 milionów km, dalej **Uran** 2868 milionów km, potem **Neptun** — 4494 miliony km i wreszcie **Pluton** w odległości 5897 milionów km.

Oprócz wymienionych planet w naszym układzie słonecznym znajdują się jeszcze inne drobniejsze ciała, tzw. **planetoidy**, które można zauważyć dopiero przy pomocy bardzo silnych teleskopów, oraz roje **meteorów**, widocznych w postaci tzw. gwiazd spadających podczas ich spalania się w naszej atmosferze, a nawet uderzających o powierzchnię Ziemi (**meteoryty**). Krążą wreszcie w naszym układzie słonecznym lub przylatują do niego **kometry**, obserwowane nieraz jako wspaniałe zjawiska niebieskie.

Podobnie jak nasza Ziemia i inne planety posiadają swoje **księżyce** (satelity), często w ilości kilku sztuk (Ziemia ma jeden).

Gdyby nawet poza naszym układem słonecznym nic więcej nie istniało, to i tak odległości te wprawiłyby nas w zdumienie, mimo że jeszcze operujemy dobrze znanymi nam kilometrami. W dalszych naszych rozważaniach ta miara już nam nie wystarczy, musimy więc posługiwać się inną miarą, olbrzymią, astronomiczną, tj. **rokiem świetlnym**. Cóż to jest takiego? Wiemy, że światło przebywa przestrzeń z szybkością 300 000 km na sekundę. Otóż drogę, którą światło przebiega w ciągu roku, nazywamy rokiem świetlnym, a wynosi ona 10 bilionów km (jedyńka z trzynastu zerami).

Najbliższa nam gwiazda stała („mrugająca“) „**Proxima Centauri**“, jest od nas oddalona o przeszło 4 lata świetlne, tzn. że między nami a tą gwiazdą jest olbrzymia przestrzeń (41 bilionów km), o której możemy mieć tylko mgliste pojęcie. Wyobraźmy sobie jednak, że ze Słońca wyrusza samolot i to o najnowocześniejszym napędzie odrzutowym, lecący bez przerwy z szybkością tysiąc kilometrów na godzinę. Dotrze on do Ziemi po 17 latach. Na Plutonie, najdalszej planecie naszego układu słonecznego, znalazłby się po 670 latach, a do najbliższej gwiazdy, doleciałby po około 4 800 000 lat.

Nasz układ galaktyczny — jako zbiorowisko słońc — gwiazd stałych, w skład którego wchodzi także i nasze Słońce ze swymi planetami — jest widziany w postaci drogi mlecznej i zawiera około 4 miliardy gwiazd, które tworzą olbrzymi okrąg o promieniu 125 tysięcy lat świetlnych. Zespołów podobnych do układu galaktycznego naliczono dotychczas przeszło dwa miliony. Układy te zostały nazwane **mgławicami pozagalaktycznymi**. Przeciętna odległość między tymi mgławicami wynosi około dwa miliony lat świetlnych. Najbliższa mgławica pozagalaktyczna jest odległa od nas o 850 tysięcy lat świetlnych. Najdalsze zaś mgławice, według Hubbli'a, znajdują się w odległości około 140 milionów lat świetlnych. Mgławicom zaś, rejestrującym się bardzo słabo na fotografiach teleskopowych, niektórzy astronomowie przypisują zawrotne odległości, bo niemal 500 milionów lat świetlnych.

Jakże bliską sąsiadką wydaje się nam teraz gwiazda Proxima Centauri w porównaniu z tą ostatnią odległością; a można mieć nadzieję, że stopniowe zwiększanie zasięgu teleskopów, zaprowadzi nas głębiej w przestrzeń i rozwiąże nam jeszcze niejedną zagadkę wszechświata.

B. PODZIAŁ CZASU

1. Rok

Droga Ziemi dookoła Słońca ma kształt elipsy bardzo zbliżonej do koła, w której ognisku znajduje się Słońce. Mała oś tej elipsy jest krótsza zaledwie o $1/60$ od dużej osi. Ta nieznaczna różnica, bo wynosząca „tylko” 5 000 000 km, pozwala nam — dla uproszczenia — rysować drogę Ziemi w kształcie koła. Czas obiegu Ziemi dookoła Słońca wynosi przeszło jeden **rok kalendarzowy** (prawie ćwierć dnia więcej) dokładnie zaś 365,2422, czyli 365 dni, 5 godzin, 48 minut i 46 sekund (rok zwrotnikowy) ¹⁾.

Gdybyśmy zatem początek każdego roku chcieli uzależnić od Słońca, to musiałby on się zaczynać zawsze o innej godzinie (z różnicą 5 godzin i prawie 49 minut). Już Rzymianie zauważyli tę niedogodność. Ażeby te różnice wyrównać, postanowili w 44 r. przed Chr., że co czwarty rok będzie rokiem — jak to my teraz mówimy — przestępnym, a więc będzie zawierał 366 dni. Taki podział czasu nazwano od reformatora Juliusza Cezara — **kalendarzem juliańskim**, według którego rok wynosił 365,25 dnia. Kalendarz ten jeszcze do dzisiaj zachował się u wyznawców Kościoła grecko-katolickiego i prawosławnego.

Mimo dodania co czwarty rok jednego dnia, błąd w rachubie czasu nie został całkiem usunięty, gdyż z powodu brakujących 11 minut i 14 sekund, różnica wynosiła co 128 lat, jeden dzień (bez 8 sekund). W 1582 r. błąd ten (od Soboru Nicejskiego w 325 r.) był już tak duży, że rok kalendarzowy, różnił się od roku astronomicznego blisko o 10 dni. Wobec tego papież Grzegorz XIII postanowił wprowadzić nowe ulepszenie kalendarza. W tym celu najpierw wyrównał zaległość w ten sposób, że dzień po czwartym październiku 1582 r. oznaczył

¹⁾ Należy przy tym zwrócić uwagę, że niektóre podręczniki zagraniczne czas ten określają na 365 dni, 5 godzin, 44 minuty i 46 sekund.

B. PODZIAŁ CZASU

1. Rok

Droga Ziemi dookoła Słońca ma kształt elipsy bardzo zbliżonej do koła, w której ognisku znajduje się Słońce. Mała oś tej elipsy jest krótsza zaledwie o $1/60$ od dużej osi. Ta nieznaczna różnica, bo wynosząca „tylko” 5 000 000 km, pozwala nam — dla uproszczenia — rysować drogę Ziemi w kształcie koła. Czas obiegu Ziemi dookoła Słońca wynosi przeszło jeden **rok kalendarzowy** (prawie ćwierć dnia więcej) dokładnie zaś 365,2422, czyli 365 dni, 5 godzin, 48 minut i 46 sekund (rok zwrotnikowy) ¹⁾.

Gdybyśmy zatem początek każdego roku chcieli uzależnić od Słońca, to musiałby on się zaczynać zawsze o innej godzinie (z różnicą 5 godzin i prawie 49 minut). Już Rzymianie zauważyli tę niedogodność. Ażeby te różnice wyrównać, postanowili w 44 r. przed Chr., że co czwarty rok będzie rokiem — jak to my teraz mówimy — przestępnym, a więc będzie zawierał 366 dni. Taki podział czasu nazwano od reformatora Juliusza Cezara — **kalendarzem juliańskim**, według którego rok wynosił 365,25 dnia. Kalendarz ten jeszcze do dzisiaj zachował się u wyznawców Kościoła grecko-katolickiego i prawosławnego.

Mimo dodania co czwarty rok jednego dnia, błąd w rachubie czasu nie został całkiem usunięty, gdyż z powodu brakujących 11 minut i 14 sekund, różnica wynosiła co 128 lat, jeden dzień (bez 8 sekund). W 1582 r. błąd ten (od Soboru Nicejskiego w 325 r.) był już tak duży, że rok kalendarzowy, różnił się od roku astronomicznego blisko o 10 dni. Wobec tego papież Grzegorz XIII postanowił wprowadzić nowe ulepszenie kalendarza. W tym celu najpierw wyrównał zaległość w ten sposób, że dzień po czwartym października 1582 r. oznaczył

¹⁾ Należy przy tym zwrócić uwagę, że niektóre podręczniki zagraniczne czas ten określają na 365 dni, 5 godzin, 44 minuty i 46 sekund.

na 15 października. Następnie, aby zapobiec ponownemu powstawaniu tego błędu, Papież zdecydował, że dni przestępne stosowane dotychczas co cztery lata, będą opuszczane w takich latach, których liczba wyrażona jest całymi setkami, z wyjątkiem tych stuleci, które wyrażone są liczbą podzielną przez 400. Tak zreformowany kalendarz został ogólnie przyjęty i do dziś jest stosowany pod nazwą **kalendarza gregoriańskiego**. Wprawdzie i po tej reformie co 3333 lata przybywa jeden dzień, ale tym będą się martwić następne pokolenia za 1400 lat...

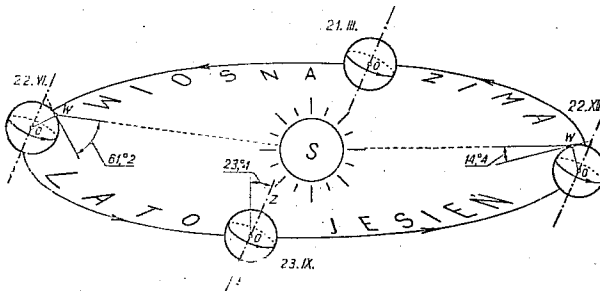
Mimo, że trwanie okresu rocznego zostało unormowane w zadowalający sposób, to jednak podział samego roku na miesiące wykazuje pewne niedogodności. Na przykład, różna ilość dni w poszczególnych miesiącach, a przede wszystkim zbyt częsta niezgodność dat z nazwami dni tygodnia, wskutek czego doroczne święta przypadają zmiennie w różnych dniach. Te i inne jeszcze przyczyny są powodem wielu projektów, by dotychczasowy kalendarz i pod tym względem unormować.

2. Pory roku

Słońce S (rys. 3) znajduje się w ognisku elipsy, która stanowi drogę rocznego krążenia Ziemi dookoła Słońca. Oś obrotu Ziemi ($z-z'$) jest nachylona stale w jednym kierunku — około $23^{\circ},4$. Wskutek tego nachylenia w jednym półroczu jest bardziej oświetlona i ogrzana półkula północna, a w drugim półroczu półkula południowa. Dlatego też dnia 22 czerwca promienie słoneczne padają np. na Warszawę pod kątem około 61° , a dnia 22 grudnia pod kątem około 14° . Stąd właśnie pochodzą zmiany temperatury, powodujące cztery pory roku.

Skutkiem nachylenia osi ziemskiej jest jeszcze i to — co przez zwykłą obserwację stale stwierdzamy — że dni w zimie są krótsze, a noce dłuższe, i na odwrót, w lecie dni są dłuższe a noce krótsze, a zatem tylko dwa razy w roku zdarza się, że dzień i noc są sobie równe. Jest to tak zwane wiosenne **porównanie dnia z nocą (równonoc wiosenna)**, przypadająca na dzień 21 marca i jesienne — 23 września

trys. 3). Najkrótszy zaś dzień przypada 22 grudnia, a najdłuższy 22 czerwca. Dni te są właśnie astronomicznymi granicami poszczególnych pór roku: **wiosny, lata, jesieni i zimy**.



Rys. 3. Ruch Ziemi dokoła Słońca

Rozróżniamy pory roku astronomiczne i meteorologiczne. Wyróżnianie meteorologicznych pór roku jest tym uzasadnione, że najcieplejsze dni nie przypadają na dni najdłuższe, a najzimniejsze na najkrótsze. Wiemy bowiem, że w naszej strefie umiarkowanej największe zimna przypadają na połowę stycznia, a największe upały na połowę lipca. Im bliżej bieguna, tym zimy stają się dłuższe, a lata krótsze, również pory przejściowe (wiosna i jesień) są krótkotrwałe. W okolicach zaś międzyzwrotnikowych, wobec jednakowej długości dni i braku silniejszych wahań temperatury, podział na cztery pory roku zastępuje się podziałem na dwie pory: deszczową i suchą.

Ogólnie stwierdzić należy, że ruch Ziemi dokoła Słońca jest bardzo skomplikowany, albowiem obraca się ona wokół swej osi, i tą osią zakreśla w ciągu 26 000 lat stożek (precesja), którego obwód prawie co 19 lat jest załamany (nutacja), i z całym układem słonecznym wędruje gdzieś w przestrzeń, a prócz tego wykonuje wiele innych ruchów (samych ruchów głównych 13). Słusznie zatem może się ktoś dziwić, że nasza Ziemia jest tak niestała, a ruchem swym przypomina niespokojnie wirującego bączka.

3. Miesiąc i tydzień

Już od najdawniejszych czasów dzielono rok na 10, 12 lub 13 części, nazywając te odcinki czasu miesiącami (Słowo *miesiąc* pochodzi od dawnej nazwy Księżyc). Możliwe, że pobudką do tego podziału był Księżyc, lecz można również przypuszczać, że pewien wpływ miały tu tzw. **znaki zodiaku**.

Co to są znaki zodiaku? Śledząc pozorny ruch Słońca po niebie (**ekliptyce**) można zauważyć, że przebiega ono na tle pewnych grup gwiazd. Starożytni uczeni odróżnili 12 takich gwiazdozbiorów i nadali im nazwy, przeważnie zwierząt: Baran, Byk, Bliźnięta, Rak, Lew, Panna, Waga, Niedźwiadek, Strzelec, Koziorożec, Wodnik i Ryby. I dziś jeszcze mówi się np.: „Słońce wstępuje w znak Barana”, chociaż wiemy, że zawdzięczamy to ruchowi Ziemi.

Możemy rozróżnić różne długości miesiąca zależnie od obserwowania ruchu Księżyc lub pozornego ruchu Słońca. Okres czasu pomiędzy nowiami księżyca, czyli tzw. **miesiąc synodyczny**, wynosi 29 dni, 12 godzin, 44 minuty i 2 sekundy. Natomiast średni **miesiąc kalendarzowy**, jako 1/12 część roku zwrotnikowego ma 30 dni, 10 godzin, 29 minut i 3,8 sekundy. Wynika stąd, że przy skrupulatnym podziale, początek każdego miesiąca wypadałby w coraz to innej porze dnia, co w życiu praktycznym byłoby niewygodne. Wobec tego przyjęto, że nasze miesiące kalendarzowe liczą 30 lub 31, a luty 28 lub 29 całych dni. Ta niejednakowa ilość dni w poszczególnych miesiącach przy obecnej ich ilości jest nieunikniona, ponieważ ilość dni w roku nie dzieli się bez reszty przez ilość miesięcy. Stałoby się to możliwe, gdyby rok posiadał np. 5 miesięcy ($365 \text{ dni} : 5 = 73 \text{ dni}$).

Tydzień jest okresem czasu składającym się z siedmiu dni.

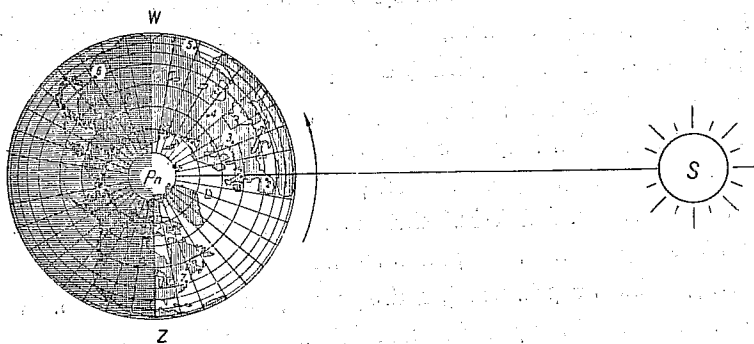
Taki podział miesiąca na okresy siedmiodniowe pojawia się już od najdawniejszych czasów w rachubie żydowskiej, mimo że poszczególne dni tygodnia nie posiadały jeszcze swoich nazw.

Niektóre ludy tworzyły przez jakiś czas tygodnie po 10 dni, np. Rzymianie, ale już w 325 r. po Chr. przyjęli tydzień siedmiodniowy.

4. Dzień — doba

Dzień jest jednostką czasu, w jakim Ziemia wykonuje jeden obrót dookoła swej osi. Wyraz dzień może oznaczać czas przebywania Słońca nad widnokresem, albo okres całego obrotu Ziemi naokoło swej osi. Jednak w pewnych wypadkach właściwiej jest dzień i noc nazywać **dobą**.

Długość doby ustalamy na podstawie obserwacji Słońca, a czasem i gwiazd, przez stwierdzenie dwóch kolejnych punktów najwyższego ich wzniesienia na niebie. Dla Słońca punktem tym będzie południe. Oczywiście, wzniesienia te muszą być obserwowane z jednego i tego samego południka.



Rys. 4. Dzień słoneczny na kuli ziemskiej

Południkami nazywamy wyobrażalne linie, przecinające równik i przechodzące przez obydwa bieguny. **Równik** natomiast jest to linia dzieląca Ziemię na półkulę północną i południową. Koła leżące równoległe do równika i zmniejszające się stopniowo w miarę zbliżania się do biegunów nazywają się **równoleżnikami**. Wszystkie te linie tworzą tzw. **siatkę geograficzną**.

Moment południa oraz długość dnia wyjaśnia rys. 4: Widzimy tu Ziemię od strony bieguna północnego, narysowaną — dla ułatwienia — w chwili równania dnia z nocą. Cień kuli ziemskiej dotyka

obydwóch biegunów. Kierunek obrotu Ziemi zaznaczony jest strzałką. Pogrubiona część linii, łączącej Słońce z osią (środkiem) Ziemi Pn , oznacza południk przechodzący przez miejscowość Greenwich (Grynicz) koło Londynu. Od tego południka na wschód i zachód, mamy narysowane inne południki w odstępach 10-stopniowych.

Dalsze punkty zaznaczone na tym rysunku wskazują nam inne miejscowości, mianowicie: punkt 2 oznacza Madryt, 3 — Warszawę, 4 — Moskwę, 5 — Bombaj, 6 — Pekin i 7 — Nowy Jork. Jak strzałka wskazuje, Ziemia obraca się z zachodu na wschód. W ten sposób wszystkie południki po kolei ustawiają się na wprost Słońca i wówczas na każdym z nich jest południe. Linia prosta przeciągnięta od środka Słońca do środka Ziemi wskazuje nam na południk danej miejscowości, czyli podaje moment, kiedy Słońce nad daną miejscowością znajduje się w **kulminacji górnej**, a więc jest tam wtedy południe.

Podczas gdy w Greenwich jest południe, w Madrycie nastąpi ono nieco później, Pekin leży w cieniu, a więc jest tam noc; w Bombaju, Moskwie i Warszawie południe już przeminęło, natomiast w N. Jorku jest dopiero ranek. Jeżeli zaś dwie miejscowości leżą na tym samym południku, to południe nastąpi tam równocześnie, choćby miejscowości te leżały, jedna na północnej, a druga na południowej półkuli. Wskutek obrotu Ziemi dany południk znajduje się co 24 godziny na wprost Słońca i ten właśnie okres czasu nazywamy **dobą słoneczną**.

Natomiast jeden obrót Ziemi dokoła swej osi, obserwowany w stosunku do jakiejś gwiazdy, tworzy **dobę gwiazdową**, która jest krótsza o 3 minuty i 56 sekund od doby słonecznej (rys. 7), wynosi więc 23 godz. 56 min. i 4 sek. czasu średniego słonecznego. Doba gwiazdowa ma jednak tę ważną zaletę, że jest zawsze jednakowa oraz że obserwacja obranej gwiazdy, stale przechodzącej jako ostry punkt przez nitkę pajęczą okularu teleskopu, daje za każdym obrotem Ziemi, odcinek czasu o tyle jednakowej długości o ile wynosi dokładność jej obrotu.

Doba słoneczna nie jest wygodną jednostką czasu dlatego, że jej długość w ciągu roku stale się zmienia. Doba gwiazdowa, mimo że jest stale jednakowa, też nie znajduje zastosowania w życiu codziennym, ponieważ jej początek przypada na różne pory dnia i nocy. Aby więc zachować związek rachuby czasu ze Słońcem i jednocześnie ujednostajnić długość doby wprowadzono **średnią dobę słoneczną**. Obliczono ją w ten sposób, że rok słoneczny podzielono dokładnie na 365,2422 średnich dni słonecznych, które są podstawową jednostką czasu wskazywanego przez nasze zegary mechaniczne.

5. Godzina, minuta, sekunda

O powstaniu pojęcia godziny nie mamy dokładnych wiadomości. Pierwotny podział dnia czyniony był tylko na: ranek, południe, wieczór i noc. Aryjczycy dzielili dobę na 8 części. Natomiast ludy wschodnie i inne o rzymskiej kulturze do XV w. dzieliły dzień bez względu na jego długość, tak w lecie jak i w zimie, na 12 godzin, i noc, tj. od zachodu do wschodu Słońca, również na 12 godzin. Wskutek tego dzienne godziny w lecie były dłuższe od godzin nocnych, w zimie zaś odwrotnie. W Babilonii znany był podział doby na 24 odcinki. Astronomowie od dawna dzielą dobę na 24 godziny.

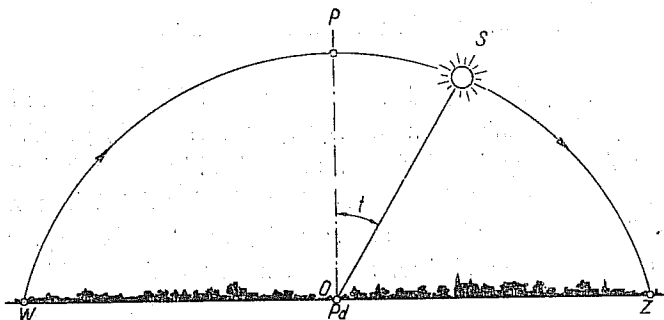
W obecnych czasach dobę rozpoczynamy o północy i dzielimy ją na 24 godziny. Godzina zaś dzieli się na 60 minut, minuta na 60 sekund. Zatem doba składa się 1440 minut, albo 86 400 sekund. Skrótem do oznaczania godzin jest mała litera h (hora), minut — mała litera m, a sekund — s, pisanych za liczbą nieco wyżej, np.: 2^h, 15^m, 31^s.

Począwszy od Rewolucji Francuskiej usiłowano już niejednokrotnie wprowadzić **dziesiątny podział dnia**, tzn. podzielić dzień na 10 lub 20 godzin, godzinę na 100 minut, a minutę na 100 sekund. Czyniono to w celu ułatwienia pracy przy obliczeniach. System ten utrzymał się jednak tylko w chronometrażu przemysłowym.

C. RODZAJE CZASU

1. Czas słoneczny prawdziwy i kąt godzinny

Podstawą zwykłej rachuby czasu jest pozorny ruch dzienny Słońca, ponieważ ono reguluje prawie cały tryb naszego życia. Jednak dokładne wyznaczenie czasu wymaga badania i rejestrowania ruchów Słońca i gwiazd, czym zajmują się astronomowie. Ponieważ w ich sposobie mierzenia czasu spotykamy się z pewnymi pojęciami, które wiążą się z konstrukcją zegarów słonecznych, dlatego chociaż pokrótce i w sposób prosty warto o tym wspomnieć.



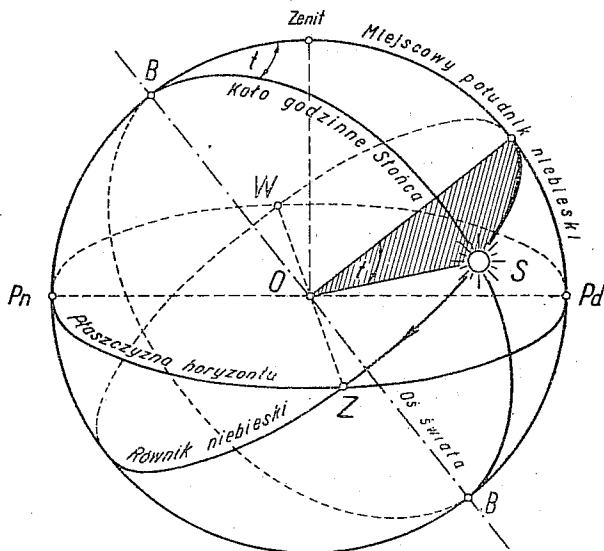
Rys. 5. Sposób mierzenia pozornej drogi Słońca

Widzimy codziennie, że Słońce wschodzi zza widnokregu (rys. 5), wznosi się coraz wyżej po niebie osiągając najwyższy punkt P w południe, po czym zniża się stopniowo i znika za horyzontem. W ten sposób obserwujemy całą drogę Słońca w postaci łuku.

Gdybyśmy więc chcieli oznaczyć pewną część tej drogi, np: od południa w stronę zachodu do punktu S (rys. 5), to możemy ją określić wielkością kąta t , który zawarty jest pomiędzy południkiem niebieskim, a linią łączącą punkt S z miejscem obserwacji O .

Wyobraźmy sobie teraz, że płaszczyzna naszego horyzontu (rysunek 5) jest przedłużona aż do zetknięcia się ze sferą niebieską, którą widzimy nad sobą w kształcie półkuli wytworzonej przez naszą

wyobrażnię. Pod nami zaś znajduje się druga podobna półkula. Przyjmujemy, że promień tej kuli jest bardzo wielki w stosunku do naszej Ziemi. **Płaszczyzna równika**, podobnie jak horyzont, sięga aż do kuli niebieskiej. W ten sposób wyobrażony układ przestrzeni wszechświata będzie wyglądał jak na rys. 6.



Rys. 6. Kąt godzinny Słońca w przestrzeni wszechświata

Oprócz wspomnianej płaszczyzny horyzontu i płaszczyzny równika niebieskiego umieszczonych w kuli niebieskiej, widzimy tu jeszcze **miejscowy południk niebieski** w kształcie łuku. Płaszczyzna tego południka przecina wzdłuż **oś światła** oraz **miejsce obserwacji O**.

Płaszczyznę południka niebieskiego możemy sobie wyobrazić jako prostą ścianę, wystawioną na miejscowym południku Ziemi, czyli dokładnie w kierunku północ-południe, a sięgającą aż do sfery niebieskiej.

Położenie Słońca *S* narysowane jest w czasie porównania dnia z nocą, a więc znajduje się ono na równiku niebieskim, tzn. że pro-

mienie Słońca padają wtedy prostopadle na równik Ziemi. Oczywiście. Ziemi tu nie widać, gdyż, jak wspomnieliśmy, jej wielkość, w stosunku do całej narysowanej tu kuli niebieskiej, jest bardzo mała.

Chcąc teraz wyznaczyć pewną część drogi Słońca od miejscowego południka, czyli od południa do punktu S (rys. 6), w kierunku zachodu Z , przeprowadzamy przez Słońce S i oś świata płaszczyznę, której przecięcie się ze sferą niebieską daje odpowiednie **koło godzinne Słońca**.

W ten sposób otrzymaliśmy kąt dwuścienny t , zawarty pomiędzy płaszczyzną południka niebieskiego i płaszczyzną koła godzinnego, który nazywa się **kątem godzinnym Słońca**. Kąt ten, przedstawiony na rys. 6 jako zakresowany wycinek, określa nam długość drogi Słońca, którą wyobraża pogrubiona część równika niebieskiego.

Ponieważ wiemy, że ruch dzienny Słońca wystarcza nam do wyznaczania czasu, dlatego możemy teraz stwierdzić, że ten właśnie kąt godzinny Słońca jest miarą czasu. Stopniowo jak Słońce pozornie posuwa się po niebie, kąt ten stale wzrasta, podobnie jak stale płynie czas.

Może się jednak nasunąć wątpliwość, czy kąt godzinny nie zmienia się, zależnie od wyższego położenia Słońca na niebie w lecie, lub niższego w zimie. Otóż astronomowie stwierdzili, że każda pozycja Słońca na niebie pozwala wyznaczyć odpowiednie koło godzinne i dlatego kąt godzinny jest powszechnie używaną miarą czasu.

Jeżeli więc mówiliśmy, że dobą słoneczną prawdziwą jest okres czasu pomiędzy dwoma kolejnymi punktami kulminacyjnymi Słońca, to kąt godzinny Słońca w czasie doby będzie wzrastał od 0° do 360° , i będzie miarą **czasu słonecznego prawdziwego**. Ponieważ doba dzieli się na 24 godziny, więc jednej godzinie odpowiada kąt godzinny $= 15^\circ$ ($360^\circ : 24 = 15^\circ$). Dlatego wielkość kąta godzinnego liczy się nie w stopniach lecz w godzinach. Możemy więc teraz powiedzieć, że czas słoneczny prawdziwy jest to kąt godzinny Słońca (prawdziwego) liczony od 0^h do 24^h .

2. Czas gwiazdowy i regulowanie zegarów według gwiazd

Wskutek obrotowego ruchu Ziemi dokoła swej osi możemy obserwować nie tylko pozorny ruch Słońca po niebie, ale także ruch gwiazd, a raczej całego sklepienia niebieskiego. Obserwując gwiazdy widzimy, że niektóre z nich zakreślają na niebie podobne łuki jak Słońce, a inne, znajdujące się na północnej części nieba, zataczają koła. Wszystkie jednak osiągają swe największe wzniesienie nad miejscowym południkiem, czyli znajdują się wtedy w **kulminacji górnej**, albo **górują**. Natomiast te gwiazdy, które zataczają koła, dochodzą do najniższego położenia nad miejscowym południkiem i ten moment nazywamy **kulminacją dolną** albo **dołowaniem**. Każde więc przejście niezmiernie odległej gwiazdy przez miejscowy południk może służyć jako początek dziennej rachuby czasu, który wówczas będzie się nazywał **czasem gwiazdowym**.

Czas gwiazdowy przyjmujemy i mierzymy tak samo jako pewien kąt godzinny danej gwiazdy, licząc np. od jej górnej kulminacji. Wyznaczenie odcinka drogi tej gwiazdy, czyli jej kąta godzinnego, będzie się przedstawiało podobnie jak na rys. 6, odnoszącym się do Słońca.

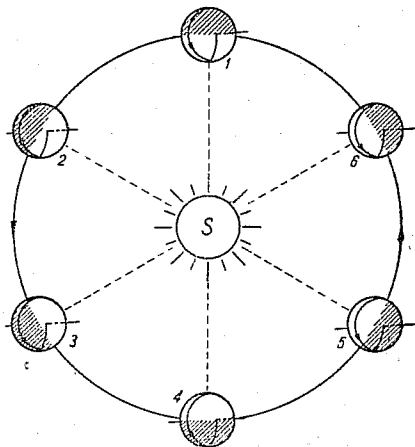
Należy jeszcze zaznaczyć, że astronomowie liczą czas od pewnego obranego na niebie punktu (równonocy wiosennej), aby uniknąć nawet najmniejszych niedokładności wskutek nieznacznych zmian, jakie zachodzą w ciągu roku w położeniu gwiazd na niebie.

Jednak pomiędzy czasem gwiazdowym, a słonecznym istnieje jak wiemy znaczna różnica. Wyjaśnienie tej różnicy przedstawia rys. 7.

Ziemia obracając się naokoło swej osi równocześnie krąży dookoła Słońca, tak że obróciwszy się o pełny obrót (tj. 360°), dany południk ziemski nie dochodzi jeszcze na wprost Słońca, ale pozostaje mu do przebycia taki odcinek, o jaki Ziemia postąpiła w swej drodze, tj. około 1° .

Na rys. 7 widzimy Słońce *S* i Ziemię w sześciu pozycjach. Wychoząc z pozycji I mamy narysowany — od osi w kierunku Słońca — jeden południk, który po pełnym obrocie Ziemi, znowu powraca do

tego samego miejsca. Jeżeli więc Ziemia w swej podróży naokoło Słońca obróci się np. 60 razy, to przyjdzie do pozycji 2, w której południk ten, mający w pierwszej pozycji akurat południe, teraz w pozycji drugiej ma poranek, a więc jeszcze spory odcinek drogi do przebycia do pozycji południowej. Po dalszych 60 obrotach (pozycja 3) różnica ta jeszcze się powiększy i południk nasz pogrążony będzie jeszcze w ciemnościach nocnych. Po upływie pół roku widzimy przy



Rys. 7. Dlaczego czas gwiazdowy różni się od czasu słonecznego?

pozycji 4, że na południku tym jest dopiero północ. W pozycji 5 i 6 południk nasz jeszcze bardziej się opóźnił, tak że gdy Ziemia doszła do swego punktu wyjściowego, tj. do pozycji 1, straciliśmy w roku słonecznym jeden dzień, a Ziemia w rzeczywistości zrobiła w międzyczasie 366 i ćwierć obrotu, podczas gdy dany południk na Ziemi był oświetlony przez Słońce tylko 365 razy.

Wynika więc z tego, że Ziemia w każdej dobie słonecznej robi nieco więcej aniżeli jeden obrót, bo 361° ; natomiast długość doby gwiazdowej jest ściśle równa czasowi, w jakim Ziemia wykonywa jeden obrót, tj. 360° . W tym właśnie leży przyczyna różnicy między czasem słonecznym a gwiazdowym.

Czas gwiazdowy może również służyć zegarmistrzom do **regulacji zegarów wzorcowych**, a zwłaszcza wtedy, gdy nie mają możliwości

korzystania z sygnałów radiowych. Co prawda opisany sposób jest bardzo prymitywny, a jednak dosyć dokładny.

Otóż w kawałku czarnego papieru należy zrobić małą dziurkę, papier ten nakleić na szybę okna od strony południowej i obserwować moment zniknięcia jednej z jasnych gwiazd stałych za jakimś odległym przedmiotem, np. za wysoką kamienicą lub za krawędzią wieży, oddalonej około 50 — 100 m.

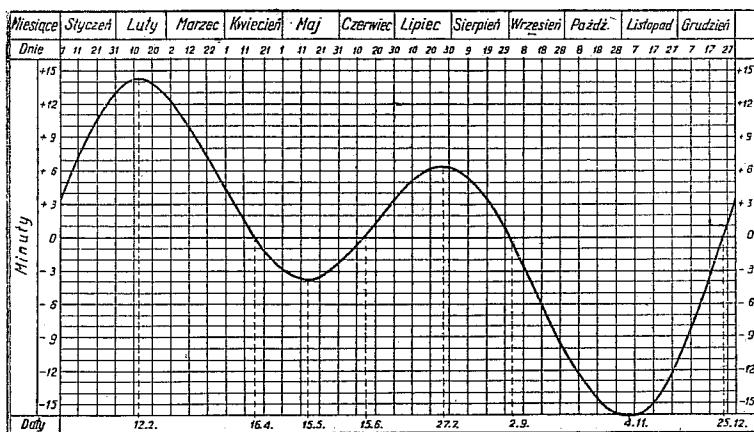
Przed upływem doby należy znowu obserwować zniknięcie tej samej gwiazdy za obranym przedmiotem. Moment następnego zniknięcia powinien nastąpić po 23 godzinach, 56 minutach i 4 sekundach. Z tą właśnie chwilą należy porównać swój warsztatowy chronometr. Jeżeli więc dnia poprzedniego gwiazda zniknęła gdy regulowany zegarek wskazywał $22^h 16^m 26^s$, to dziś powinien w tym samym momencie wskazywać $22^h 12^m 30^s$. Następnego dnia należy chwilę obserwacji znowu przyspieszyć o 3 minuty i 56 sekund i tak codziennie aż do uzyskania zadowalającej dokładności regulowanego zegara wzorcowego.

3. Czas średni słoneczny i równanie czasu

Jak to już wyżej wspomniano, dni słoneczne z powodu różnych przyczyn nie są równe. Największa różnica powstaje wskutek ukośnego nachylenia osi ziemskiej. No, ale przynajmniej doby słoneczne powinny być jednakowej długości. Gdzież tam! Postępowe krążenie Ziemi naokoło Słońca nie po kole lecz po elipsie i to ze zmienną prędkością, jak również nachylenie płaszczyzny równika ziemskiego do płaszczyzny ekliptyki pod dość znacznym kątem ($23^{\circ}4'$) powoduje niejednostajne zmiany kąta godzinowego Słońca i dlatego doby słoneczne prawdziwe nie są ściśle jednakowe między sobą. Należy więc wprowadzić pewne poprawki, aby otrzymać czas, który nadawałby się do powszechnego użytku. W tym celu wprowadzono pewien punkt fikcyjny, czyli tzw. **słońce średnie**, i przyjęto, że ten punkt posuwa się jednostajnie po równiku niebieskim ze stałą prędkością, równą

średniej prędkości Słońca prawdziwego w ciągu roku zwrotnikowego. W ten sposób uzmysłowane słońce średnie wskazuje **czas średni słoneczny**, który jest powszechnie używany i wskazywany przez wszystkie zegary mechaniczne. Miarą czasu średniego jest tak samo kąt godzinny wprowadzonego słońca średniego i w taki też sposób jak dobę prawdziwą słoneczną ustala się dobę średnią słoneczną.

Dawniej w rachubie astronomicznej początek doby średniej przy padał na południe, w odróżnieniu od **czasu cywilnego**, którego początek znaczone o północy. Obecnie jako początek doby średniej przyjmuje się powszechnie północ.



Rys. 8. Wykres równania czasu w ciągu roku

Długość średniej doby słonecznej jest zawsze jednakowa, doby zaś prawdziwej zmienna, stąd różnica między czasem prawdziwym a średnim podlega wahaniom, osiągając cztery razy w ciągu roku wartość zero, tzn. że wówczas doby te trwają jednakowo długo, a mianowicie: 16 kwietnia, 15 czerwca, 2 września i 25 grudnia. We wszystkie inne dni roku wielkość tej różnicy zawiera się w granicach co najwyżej kilkunastu minut. Ta właśnie różnica między czasem

słonecznym prawdziwym a średnim nazywa się **równaniem czasu**. Na rys 8 widzimy przebieg równania czasu w ciągu roku.

Wyszukana na tym wykresie wielkość równania czasu w poszczególnym dniu umożliwi nam przeliczenie czasu słonecznego prawdziwego na czas średni lub też odwrotnie.

Aby otrzymać czas średni, należy do czasu prawdziwego słonecznego dodać lub odjąć równanie czasu (dodać algebraicznie), zależnie od znaku (+ lub —) znajdującego się na tym wykresie. Natomiast przy przeliczaniu czasu średniego na prawdziwy słoneczny należy działać odwrotnie.

Jeżeli nie zależy komuś na sekundowej dokładności w przeliczaniu czasu, może posłużyć się powyższym wykresem. W przeciwnym razie należy wiedzieć, że równanie czasu posiada również co roku sekundowe różnice. Chcąc zatem być skrupulatnym, należałoby nabyć sobie np. „Tablice matematyczno-fizyczne” Wł. Wójtowicza lub „Rocznik Astronomiczny”¹⁾, w których podane są różnice w równaniach czasu na każdy dzień danego roku.

4. Czas miejscowy i strefowy

W dotychczasowych naszych rozważaniach o czasie, tak słonecznym jak i gwiazdowym, mówiliśmy zawsze o **czasie miejscowym**. W każdym bowiem przypadku przyjmowaliśmy czas jako kąt godzinny, liczony od miejscowego południka. Na każdym zaś południku Ziemi jest w danej chwili inny czas miejscowy, co zresztą zauważyliśmy już przy omawianiu doby słonecznej.

Dawniej zegary wskazywały tylko czas, odpowiadający południkowi danego miejsca, czyli czas miejscowy średni słoneczny; w ten

¹⁾ „Rocznik Astronomiczny” wydawany jest co roku przez Geodezyjny Instytut Naukowo-Badawczy przy Głównym Urzędzie Pomiarów Kraju, w Warszawie.

sposób zegary położone nawet na niewiele odległych od siebie południkach miały w tej samej chwili różne wskazania.

Przy słabym rozwoju współczesnej komunikacji było to jeszcze możliwe. Z końcem ubiegłego stulecia, prawie każde państwo miało już swój czas, zwykle taki, jaki wskazywał południk, na którym leżała stolica. Mimo pewnego postępu było to jednak jeszcze niezupełnie praktyczne. Rozwój stosunków między krajami zmusił do bardziej międzynarodowego unormowania tej sprawy. Przyjęto więc w 1884 r., że Greenwich leży na południku zerowym, całą zaś kulę ziemską podzielono na 24 strefy cało-godzinowe (a zatem jedna godzina obejmuje 15 południków odległych jeden od drugiego o 1° , tj. o 4 minuty). Tyle też (15°) mniej więcej wynosi strefa (segment), w której obowiązuje ta sama godzina.

Pierwszą strefę, liczy się od południka zerowego — na wschód i na zachód — po połowie. Czas obowiązujący w tej strefie nazywa się **czasem zachodnio-europejskim** albo **uniwersalnym**. Do niej należą: Anglia, Francja, Hiszpania, Portugalia, Marokko i inne. W Polsce obowiązuje **czas** następnej strefy i nosi on nazwę **środkowo-europejskiego**. Należą tu również: Watykan, Szwajcaria, Niemcy, Jugosławia, Afryka Równikowa itd. Trzecia grupa krajów, jak np. część Związku Radz., Rumunia, Bułgaria, Palestyna, Kongo itd. ma **czas wschodnio-europejski**. Tak więc, gdy np. w Londynie jest południe, to w Warszawie pierwsza godzina, a w Bukareszcie druga.

Najwięcej, bo aż 10 stref obejmuje Związek Radziecki. Gdy w Londynie jest północ, to na zachodniej granicy ZSSR jest 3 godz. nad ranem, a na wschodniej — już 12 w południe.

Podróżny jadący np. z Greenwich na zachód, powinien cofać swój zegarek o godzinę co każdą strefę; jadący zaś na wschód powinien posuwać zegarek o godzinę naprzód. Przy przekroczeniu strefy dwunastej, zegarki naszych podróżnych powinny wskazywać tę samą godzinę, lecz daty ich będą się różniły o 1 dobę. Tak zwana „**granica daty**” jest linią umowną, pokrywającą się z grubszą z południkiem 180° .

5. Czas sezonowy (letni, zimowy)

Ze względów oszczędnościowych w niektórych krajach przesuwane są zegary na okres letni o jedną godzinę naprzód. Chodzi tu bowiem o to, by ludzie wcześniej wstawali, mieli o godzinę więcej słońca, a szli wcześniej spać i oszczędzali energię świetlną i ciepłą. Czas sezonowy, zaprojektowany w 1912 r. przez W. Willeta, wprowadzony został po raz pierwszy w 1916 r.

Daty zmian czasu zimowego i letniego nie są dotąd ustalone. Komitet Koordynacyjny Międzynarodowej Komisji Kontroli zaleca, by przejście czasu zimowego na letni przypadło w третią sobotę kwietnia o północy, na zimowy zaś — w pierwszą sobotę października.

Czas sezonowy stosowało się i w Polsce, wskutek czego naszym czasem letnim był czas wschodnio-europejski. Jednak dnia 8.10.49, Rada Ministrów uchwaliła, że Polska w 1950 r. już nie będzie wprowadzała czasu letniego, lecz zachowany będzie stale czas środkowo-europejski, czyli dotychczasowy czas zimowy.

6. Przeliczanie czasu

Wiemy już, że istnieją na Ziemi różne rodzaje czasu oraz poznaliśmy ich wzajemną zależność między sobą. Możemy więc teraz łatwo przeliczać czas słoneczny prawdziwy na średni lub odwrotnie, zależnie od potrzeby.

Ażeby ze wskazań zegara słonecznego, który wskazuje miejscowy czas słoneczny prawdziwy, otrzymać obowiązujący w Polsce czas środkowo-europejski, należy wprowadzić trzy poprawki:

1. Odjąć długość geograficzną miejsca, w którym znajduje się dany zegar, przez co uzyskamy czas słoneczny prawdziwy w Green-

wich. Długość geograficzną wyszukujemy na mapie i zamieniamy na minuty, wiedząc że $1^\circ = 4^m$ a potem dopiero odejmujemy (długość geogr. wschodnią odejmujemy, zachodnią dodajemy).

2. Uwzględnić równanie czasu (patrz wykres na rys. 8), które zależnie od znaku — lub + odejmujemy lub dodajemy do czasu słonecznego prawdziwego i otrzymujemy wtedy czas średni słoneczny w Greenwich.

3. Dodać różnicę czasu strefowego, która dla czasu obowiązującego w Polsce wynosi 1^h .

Przykład zastosowania tych poprawek dla zegara słonecznego np. w Niepokalanowie dnia 20 sierpnia 1949 r. będzie się przedstawiał następująco:

Zegar słoneczny w Niepokalanowie wskazuje	12^h 00^m
odejmujemy różnicę długości geograf. od Greenwich	
20° 5 (20° 5. 4 ^m = 1 ^h 22 ^m)	<u>1 22</u>
otrzymaliśmy czas słoneczny prawdziwy w Greenwich	10^h 38^m
równanie czasu dn. 20 sierpnia wg wykresu wynosi	
okragło	<u>+ 3^m</u>
czas średni słoneczny w Greenwich wynosi	10^h 41^m
dodajemy różnicę czasu strefowego	<u>+ 1 00</u>
otrzymaliśmy czas średni strefowy	11^h 41^m

A zatem dn. 20 sierpnia, gdy w Niepokalanowie zegar słoneczny wskazywał godz. 12, w całej Polsce była godz. 11. min. 41.

Podobnie będzie wyglądało obliczenie, jeżeli chcemy się dowiedzieć o której godzinie, według czasu środkowo-europejskiego, wskazywanego przez dobrze idący zegarek, nastąpi prawdziwe południe słoneczne np. w Warszawie dnia 20 lutego.

Prawdziwy czas słoneczny w Warszawie	12 ^h 00 ^m
mniej różnica 21° od Greenwich ($21^\circ \cdot 4^m = 1^h 24^m$)	- 1 24
równanie czasu dn. 20 lutego, (patrz wykres), wynosi	<u>10^h 36^m</u>
prawdziwy czas słoneczny w Greenwich wynosi w tym czasie	+ 14
więc średni czas słoneczny w Greenwich będzie	10 ^h 50 ^m
ponieważ czas środkowo-europejski jest wcześniejszy od czasu uniwersalnego o 1 ^h , więc dodajemy	<u>+ 1 00</u>
	11 ^h 50 ^m

Zatem, w chwili gdy Słońce znajdzie się w południku Warszawy dnia 20 lutego, dobrze idący zegarek wskaże godzinę 11 min. 50.

Natomiast gdy chcemy się dowiedzieć, jaki jest czas prawdziwy słoneczny w Warszawie dn. 15 maja o godz. 8 min. 25, liczymy w ten

sposób:

Czas strefowy w Warszawie	8 ^h 25 ^m
minus różnica czasu środkowo-europejskiego i uniwersaln.	- 1 00
czas uniwersalny (w Greenwich)	<u>7^h 25^m</u>
równanie czasu dn. 15 maja wynosi - 4 ^m więc piszemy +	4
czas słoneczny prawdziwy (w Greenwich)	<u>7^h 29^m</u>
plus długość geograficzna Warszawy	+ 1 24
Czas słoneczny prawdziwy w Warszawie	8 ^h 53 ^m

A więc dn. 15 maja o godz. 8 min. 25 czas słoneczny prawdziwy w Warszawie wynosi 8^h 53^m

D. SŁUŻBA CZASU

1. Rola obserwatoriów astronomicznych

Zagadnienie dokładnego czasu ma pod względem naukowym, przemysłowym i społecznym tak doniosłe znaczenie, że w każdym kraju czynione są starania, by tę sprawę rozwiązać jak najlepiej.

Mimo ostatnich wynalazków w postaci zegarów kwarcowych i atomowych, które pozwalają na bardzo dokładne wyznaczanie czasu, jednak Ziemia nasza, jako zegar astronomiczny, jest nadal podstawą w służbie dokładnego czasu. Obserwatoria astronomiczne od wielu lat wyspecjalizowały się w określaniu pozycji Ziemi w stosunku do gwiazd, a tym samym w ustalaniu właściwego czasu.

Obecnie obserwatoria astronomiczne posiadają precyzyjne zegary mechaniczne, np. systemu Rieflera, Shortta („Free Pendulum”) albo ostatnio zegary kwarcowe, przy pomocy których można w każdej chwili podawać dokładny czas. Bardzo równomierny chód tych zegarów sprawdzany jest podczas pogodnych wieczorów przez obserwacje astronomiczne, co umożliwia wykrycie powstałych z czasem odchyleń, spowodowanych zmianami temperatury lub przyczynami zachodzącymi w samych zegarach, jak zaprószczenie, wysychanie oliwy itp.

2. Centralizacja służby czasu

Przed kilkudziesięciu laty każde obserwatorium astronomiczne musiało prowadzić własne obserwacje, a zatem i własną służbę czasu. Było to bardzo uciążliwe i nieekonomiczne, wymagało bowiem specjalnych, a kosztownych przyrządów, nieużywanych do innych badań, i często pochłaniało całkowicie czas jednego lub kilku astronomów, którzy oczywiście nie mogli już poświęcać się innym badaniom.

Zasadnicze zmiany zaszły w tej pracy przed pierwszą wojną światową z chwilą uruchomienia radiostacji. Powstała wówczas myśl ograniczenia badawczej służby czasu do kilku specjalnych obserwatoriów, które przekazywałyby w określonych chwilach podczas doby jakies sygnały radiowe. Inne obserwatoria odbierałyby te sygnały i miałyby w ten sposób możliwość sprawdzenia swych zegarów bez znużących obserwacji i bez większego kłopotu.

Zwołano więc międzynarodową konferencję w październiku 1912 r. i umówiono się, że począwszy od 1.1.1913 r. regularne sygnały czasu dla innych obserwatoriów będzie nadawać w Europie stacja na wieży Eiffla w Paryżu i radiostacja Nauen (Niemcy). Trochę później zaczęły nadawać podobne sygnały stacje: Bordeaux (Francja), Rugby (Anglia) i inne.

Ogólny nadzór nad sygnałami czasu ma specjalna instytucja, tj. Międzynarodowe Biuro Czasu (Bureau International de l'Heure) w Paryżu, z którą współpracuje obecnie 14 obserwatoriów rozrzuconych po całej kuli ziemskiej. Obserwatoria te przyjmują i rejestrują wszystkie nadawane sygnały, porównują je ze swoimi zegarami, których wskazania opierają się na własnych obserwacjach i tą drogą wyznaczają poprawki sygnałów. Wyniki swych sprawdzeń nadsyłają do Międzynarodowego Biura Czasu, w którym ze wszystkich tych danych wyznacza się ostatecznie poprawki ogłaszane później w Biuletynie Czasu (Bulletin Horaire). Poprawki te nie przekraczają normalnie kilku setnych części sekundy.

Ostatnio w Obserwatorium w Greenwich zastosowano nowe urządzenie do ciągłej kontroli wskazań zegarów kwarcowych, oraz do porównywania tych wskazań z sygnałami czasu odbieranymi przez radio. Urządzenia te są jakby licznikami czasu zbudowanymi na zasadzie częstotliwości prądu zmiennego. Im większa jest częstotliwość użytego prądu, tym większa będzie dokładność pomiaru. Przy zastosowaniu prądu o częstotliwości około 1000 cykli na sekundę można uzyskać dokładność pomiaru, wyrażoną w milisekundach (1 milisekunda = 0,001 sekundy), a przy prądzie o częstotliwości kilkuset

tysięcy cykli na sekundę dokładność ta dochodzić może do kilku mikrosekund (1 mikrosekunda = 0,000001 sekundy).

W Polsce czuwanie nad dokładnością czasu skupia się obecnie w Głównym Urzędzie Miar (GUM) w Warszawie przy ul. Elektoralskiej 2. Wśród różnych działów znajduje się tu „Pracownia Czasu” wyposażona w najdokładniejsze czasomierze, jak: chronometry, zegary Shortta, Leroy'a i zegary kwarcowe, z których jeden jest już naszej, polskiej produkcji.

Pracownia Czasu w GUM przejęła część przedwojennej funkcji obserwatoriów astronomicznych, mianowicie, zachowanie dokładnego czasu. Obecnie może ona wykazać różnice w chodzie innych zegarów wynoszące nawet 0,001 sekundy. Sprawdzanie takie można przeprowadzić na miejscu, drogą radiową lub przy pomocy specjalnych połączeń.

Możemy być dumni, że po tak strasznych zniszczeniach ostatniej wojny, polska Pracownia Czasu jest lepiej wyposażona od wielu zagranicznych i inne państwa już biorą ją za wzór.

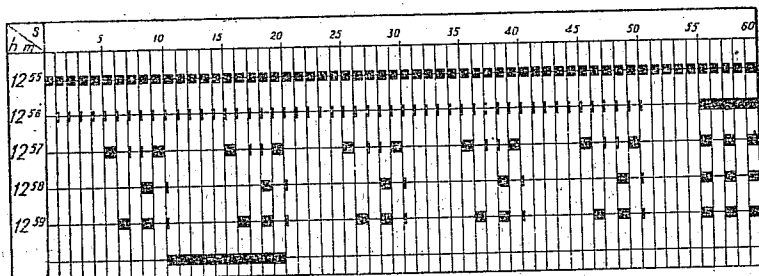
3. Rodzaje radiowych sygnałów czasu

Rozróżnić można dwa rodzaje radiowych sygnałów czasu, tj. naukowe sygnały między obserwatoriami a Biurem Czasu i sygnały popularne, nadawane przez krajowe rozgłośnie radiofoniczne, dla potrzeb praktycznych.

Naukowe sygnały można by podzielić również na dwa rodzaje. Pierwszy, mniej dokładny, znany jest pod nazwą sygnału „Onogo”. Nazwa ta pochodzi stąd, że używane są jako sygnały — znaki alfabetu Morsego odpowiadające literom o-n-o-g-o. Schematyczne ujęcie tego sygnału, trwającego wraz z przygotowaniem pięć minut, widzimy na rys. 9.

Drugi sygnał naukowy, tzw. rytmiczny, trwa również 5 minut (z Waszyngtonu i Tokio — całą godzinę). Całkowite minuty oznaczane są

kreskami, pomiędzy którymi przypada po 60 kropek. System ten umożliwia w sposób prosty porównać słuchowo te sygnały z tikami zegara sekundowego metodą tzw. koincydencji, która pozwala na wyznaczenie poprawek zegara z dokładnością do jednej setnej sekundy. Jeżeli sygnały te przyjmuje się nie słuchowo lecz na przyrządzie samopiszącym, można wskazać dokładność do jednej tysięcznej sekundy.



Rys. 9. Schemat sygnału czasu „Onogo”

Jak wyżej wspomnieliśmy, krajowe rozgłośnie radiofoniczne nadają dla życia praktycznego uproszczone sygnały czasu. Dotychczas każdy prawie kraj nadaje inny rodzaj takich sygnałów. Polskie Radio np. rozpoczęło nadawanie sygnałów z Obserwatorium Uniwersyteitu Warszawskiego od dnia 1.10.1928 r., obecnie zaś nadaje się z Obserwatorium Krakowskiego. Dokładność takich sygnałów jest znacznie mniejsza i dostosowana do potrzeb praktycznych, w granicach od jednej do kilku dziesiątych sekundy.

Sygnały te nadawane są o godzinie 12 i składają się z pewnej ilości krótkich dźwięków, z których ostatni oznacza zapowiedzianą godzinę. W ten sposób każdy słuchacz radia może, z dostateczną dla niego dokładnością, codziennie sprawdzić swój zegarek.

4. Regulacja zegarów sygnałami radiowymi

Niezależnie od sygnałów czasu „chwytanych” przez normalne odbiorniki radiowe, udało się jeszcze przed wojną czynność tę zautomatyzować w ten sposób, że sygnały te, wysyłane przez poszczególne radiostacje astronomiczne, regulują samoczynnie zegary zaopatrzone w odpowiednie aparaty.

Zasada samoczynnej regulacji zegarów polega na tym, że wysyłane sygnały czasu „Onogo” powodują krótkie impulsy elektryczne działające na aparat odbiorczy, w którym zamiast głośnika znajduje się czuły elektromagnes. Wzmocnione odpowiednio impulsy przyciągają jakby kotwicę zegarka i przez odpowiednią przekładnię doregulowują chód odnośnego zegara do otrzymywanych sygnałów. Samo przesuwanie wskazówek jest powodowane siłą napędową sprężyny zegara. Aparat odbiorczy wyłącza się automatycznie z chwilą zakończenia sygnałów, lub gdy impulsy są za słabe. Omówiony powyżej system odnosi się do zegarów o elektrycznym naciągu sprężyny.

Przy drugim systemie elektrycznym używa się również sygnałów czasu „Onogo”, tylko impulsy te w odmienny sposób zastosowano do synchronizacji wskazówek regulowanego zegara. Dla dokładnego odbioru sygnałów czasu, aparat radionadawczy jest nastawiony tylko na długie fale, na których są nadawane sygnały czasu o godzinie pierwszej w nocy.

Trzecia metoda, mająca wielu zwolenników, to tzw. system „Ato-Radiola”. Przystosowana jest ona nie do sygnałów czasu „Onogo”, lecz do specjalnych sygnałów, które co godzina miały być nadawane przez stacje krajowe w minutowych przerwach między zwykłymi audycjami. Sygnały te miałyby służyć do regulacji zwykłych zegarów pokojowych, zaopatrzonych w specjalne urządzenie mikrofonowe, w którym przez odpowiednie urządzenia stykowe z membraną głośnika powodowałyby synchronizację, a tym samym regulację danych zegarów.

5. Zegary telewizyjne

Również przed ostatnią wojną zgłoszony został patent na zespolone zegary telewizyjne. Wynalazca tego oryginalnego urządzenia chciałby zegary mechaniczne zastąpić obrazami telewizyjnymi, a dźwięki zegarów — głośnikami. Proponuje więc zbudowanie w każdym większym mieście telewizyjnej stacji nadawczej, której jedynym zadaniem byłoby stałe przesyłanie efektywnego widoku tarczy dobrze idącego zegara. Stacja ta byłaby włączona do normalnej sieci świetlnej i połączona z odbiorczymi aparatami telewizyjnymi w kształcie zegarów, na których byłby uwidoczniony obraz centralnego zegara.

Aparat ten przez użycie odpowiedniego przełącznika, mógłby być według życzenia przełączany na antenę, albo na przewody świetlne, tak że albo słychać by było sygnały czasu, albo na tarczy aparatu byłby widoczny ów zegar telewizyjny. Połączenie tego zegara z odpowiednim głośnikiem umożliwiłoby nadto słuchanie dźwięków wybijanych godzin. Ponieważ nowoczesne aparaty odbiorcze pracują bez baterii, dlatego koszty nie byłyby duże.

W razie rozpowszechnienia tego pomysłu, uzgodnienie czasu w całym kraju byłoby istotnie bez zarzutu, tym więcej że usterki w odbiorze nie wpływałyby na dokładność czasu. Gorzej jednak gdyby centralne stacje telewizyjno-nadawcze się psuły, bo wówczas wszyscy odbiorcy byłiby, w pewnych chwilach, „bez czasu”.

6. Inne sygnały czasu

Na przestrzeni niedawnych dziesiątków lat dokładny czas był nadawany w różny sposób. Najstarszą metodą były tzw. **spadające kule**. Jasną kulę podnoszono przed daną godziną na wysoką wieżę i punktualnie o tej godzinie puszczano w dół. Sposób ten można było stosować tylko w miejscowościach posiadających obserwatoria astronomiczne. W miastach portowych korzystały z tych sygnałów przede

wszystkim okręty, do regulacji swych chronometrów. To epokowe ulepszenie sposobu regulacji zegarów okrętowych zapoczątkowano jeszcze w 1833 r. przez Obserwatorium w Greenwich.

Oprócz tego w niektórych portach były dawane, również w oznaczonych godzinach, **znaki świetlne**, według których regulowano chronometry okrętowe. U nas sygnały takie nadawane były jeszcze przed ostatnią wojną z wieży Urzędu Morskiego w Gdyni.

W niektórych krajach znany był sposób regulowania zegarów „**według armaty**”. Codziennie o godzinie 12 w południe rozlegał się z wałów fortecznych wystrzał armatni, a mieszkańcy danej okolicy sprawdzali według niego punktualność swych zegarów. Oczywiście sposób ten nie był dokładny, ponieważ między wystrzałem a momentem usłyszenia go miało kilka i więcej sekund, zależnie od odległości, wskutek czego wszystkie zegary nastawiane według tych sygnałów szły trochę później.

Gęsta sieć telefoniczna i telegraficzna umożliwiała — jeszcze przed rozpowszechnieniem radia — nadawanie **telefonicznych sygnałów** czasu do biur i urzędów. Sygnały te były zwykle słyszalne jako dźwięki specjalnych dzwonów. Stosowano je zwłaszcza w kolejnictwie.

Inny rodzaj sygnałów był znany przed wojną również w Polsce. Polegał on na tym, że w centrali telefonicznej zainstalowana była specjalna aparatura, tzw. **zegarynka**, będąca jakby odmianą gramofonu. Można było wywołać ją z któregośkolwiek telefonu i uzyskać czas z minutową dokładnością. Zaletą zegarynki jest to, że podaje czas w każdej chwili, podczas gdy sygnały radiowe są tylko w określonych godzinach.

Obecnie w Warszawie zegarynka znowu jest uruchomiona i można ją wywołać numerem telef. 8-91-80.

Podobna zegarynka znajduje się obecnie w Moskwie, a urządzona jest w następujący sposób. W radiostacji znajduje się specjalna aparatura, systemu inż. **S z o r y n y**, połączona z zegarem astrono-

micznym, który nadaje centrali telefonicznej dokładny czas za pomocą taśmy filmu dźwiękowego. Na tej taśmie, długości około 1000 m, zapisane są słowami: godziny, minuty i sekundy z przerwami co 15 sekund.

Inną odmianą zegarynki była aparatura, która po wykręceniu jej numeru na aparacie telefonicznym, odpowiadała: „Trzeci sygnał będzie (tą a tą) godziną, minutą i sekundą”; po czym następowały trzy uderzenia, które określały czas z sekundową dokładnością.

E. O CZASOMIERZACH W OGÓLNOŚCI

Wyznaczaniem dokładnego czasu zajmują się obserwatoria astronomiczne. Obserwacje oparte na zjawiskach astronomicznych, służą do określania przeważnie dłuższych okresów czasu, np. doby lub roku. Natomiast do wyznaczania mniejszych odcinków czasu bieżącego, mianowicie: godzin, minut i sekund, oraz w celu zachowania raz zmierzonego czasu i określania danej chwili służą wszelkiego rodzaju **czasomierze**, czyli **zegary** i **zegarki**. Stąd przeznaczenie zegara jest jasno określone.

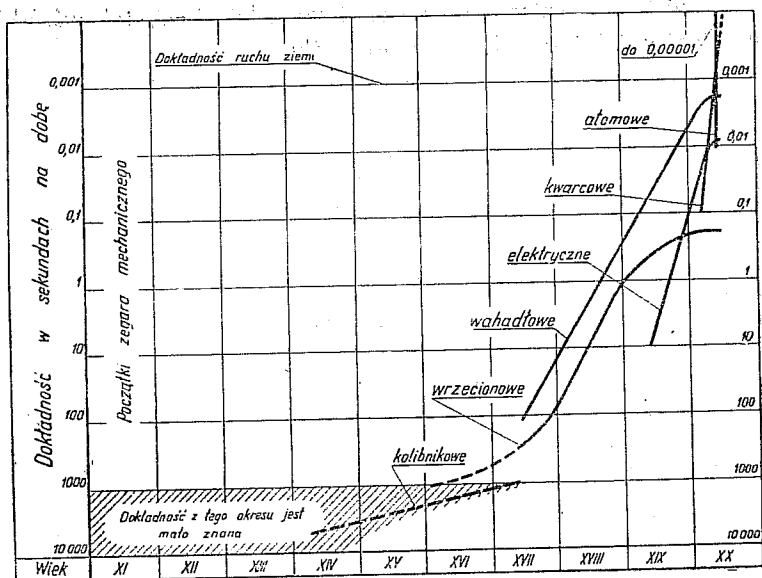
Jeżeli więc zegar ma być miernikiem czasu, którego wartość jest wprost nieoceniona, to jakież postawimy mu wymagania, aby zadowalająco wypełniał swój cel?

Wprawdzie dawnemu człowiekowi wystarczyło określenie położenia Słońca na niebie samym tylko wzrokiem, aby zorientować się w czasie, ale dziś szuka człowiek nie tylko czasomierza, ale coraz lepszego czasomierza.

Im bardziej komplikuje się życie ludzkie, tym większą rolę odgrywa w nim czasomierz. Jest nawet takie powiedzenie, że „zegar oszczędza czas, a przez to przedłuża życie”. Takie mniemanie jest może zbyt przecenione, ale przeglądanie historii zegarmistrzowskiej przekonywa nas, że człowiek ustawicznie troszczy się o udoskonalenie swych czasomierzy.

Począwszy od zegarów słonecznych i wodnych, poprzez zegary piaskowe, oliwne i inne prymitywy, aż do zegarów mechanicznych o różnych konstrukcjach, dokładność ich chodu stale się podnosi (rys. 10). Lecz i to jeszcze człowiekowi nie wystarcza. Zaprzęga więc w służbę czasu najnowsze zdobycze elektrotechniki w postaci różnego rodzaju zegarów elektrycznych. W ostatnich zaś latach osiąga wprost rekordowe wyniki dokładności zegarów kwarcowych i atomowych, których wskazania czasu przewyższają już nawet dokładność ruchu Ziemi.

Wykres przedstawiony na rys. 10, a oparty na źródłowych danych, wyraźnie nam przedstawia, że dokładność zegara kolebnikowego (1—26 = część I, str. 26) wynosiła w połowie XIV w. około dwóch godzin na dobę (ok. 7000 sekund). Po sześciu zaś wiekach budujemy zegary kwarcowe i atomowe chodzące z dokładnością milionowych części sekundy na dobę.



Rys. 10. Dokładność czasomierzy w ciągu wieków

Pomiędzy poszczególnymi grupami zegarów są istotne różnice w samej ich konstrukcji. Jedne oparte są na zasadzie posuwania się cienia (zegary słoneczne), inne na przepływie ciał sypkich lub cieczy (klepsydry), a jeszcze inne na okresowych drganiach mechanicznych.

○ czasomierzach bezchwytowych, stosowanych od zamierzchłych czasów aż do chwili obecnej, pisaliśmy już w pierwszej części „Zegarmistrzostwa”. Była tam mowa o zegarach wodnych, piaskowych,

oliwnych; o świecy i nasmołowanym sznurku, a nawet o kwiatkach, pianiu koguta itd. Nie będziemy zatem już tych opisów powtarzali. W dalszych zaś częściach „Zegarmistrzostwa” omówimy kolejno **czasomierze mechaniczne, elektryczne, kwarcowe, atomowe, specjalne i skomplikowane**. Natomiast w dalszym ciągu tej części chcemy opowiedzieć coś więcej o wciąż jeszcze aktualnych zegarach słonecznych, tym bardziej, że w ostatnich czasach daje się znowu zauważyć większe zainteresowanie tymi zagadnieniami, tak wśród zegarmistrzów, jak i wśród szerszego ogółu.

II. CZASOMIERZE SŁONECZNE I GWIAZDOWE

A. OGÓLNE

1. Aktualność, zalety i wady

Może się komuś wydawać, że — wobec stosowania specjalnych przyrządów do wyznaczania czasu gwiazdowego, wobec chronometrów, radia, zegara kwarcowego, a ostatnio nawet zegara atomowego — że zegar słoneczny jest już anachronizmem. A jednak — zegar słoneczny, urządzony według wymogów nauki, może wskazywać czas z dokładnością do kilkunastu sekund, oczywiście po uwzględnieniu równania czasu. Gdyby taki zegar wskazywał czas z dokładnością tylko do jednej minuty, to i tak wystarczyłoby to do naszych potrzeb codziennych przy regulowaniu zegarów i zegarków.

Jeden z najwybitniejszych znawców tej dziedziny — dr Feliks P r z y p k o w s k i — w jednym ze swych naukowych artykułów z 1948 r. stwierdza:

„Zegary słoneczne powinny być umieszczane na ścianach kościołów i szkół, na budynkach zarządów gminnych lub spółdzielni z warunkiem, że jako przyrządy miary czasu, muszą być wykonane ze znajomością rzeczy. Stanowią one poza tym doskonały motyw zdobniczy w architekturze budynku oraz pobudzają myśl do zastanowienia się nad budową wszechświata, co potęguje jeszcze często umieszczona na nich odpowiednia sentencja natury filozoficznej”.

Normalne zegary słoneczne, widywane na niektórych budowlach, nie odznaczają się jednak taką precyzyjnością wykonania i nie posiadają gęściejszych podziałek niż półgodzinne lub kwadransowe¹⁾, dlatego ich wskazania czasu nie dorównują dokładności naszych mechanicznych zegarków. Gdyby nawet zegar słoneczny dokładnie wskazywał czas słoneczny prawdziwy (taki czas wskazują wszystkie zegary słoneczne), to i tak przeliczenie jego wskazań na czas strefowy średni i uwzględnienie równania czasu nie dla każdego byłoby dostępne; korzystanie zaś z tabelek jest trochę uciążliwe. Ta niedogodność przy korzystaniu z zegarów słonecznych powoduje ich stopniowe zanikanie. Obecnie możemy mieć pewną korzyść z zegara słonecznego tylko tam, gdzie nie ma innych sposobów oznaczania czasu.

Ponieważ jednak zegar słoneczny nie ginie bezpowrotnie, owszem, wciąż jeszcze spotykamy go obok zegarów mechanicznych, dlatego warto będzie poznać jego historię i szczegóły konstrukcyjne.

2. Rys historyczny

Uzupełniając historię zegarów słonecznych, zamieszczoną w pierwszej części „Zegarmistrzostwa”, należy dodać, że już Biblia wspomina w kilku miejscach o zegarze słonecznym (za króla Judy Achaas, w VIII w. przed Chryst.). Aztekowie, Inkasi, Hindusi znali prawidła gnomoniczne. Starożytne Chiny i Babilonia zajmowały się również nauką gnomoniki. Grecy także szeroko zajmowali się tą umiejętnością i od nich to pochodzi słowo gnomonika tj. nauka o konstrukcji zegarów słonecznych zwana również horologiofacją.

Jeszcze przed narodzeniem Chrystusa znano w Rzymie aż 13 typów zegarów słonecznych, a niektóre z nich były bardzo skomplikowane. Mimo, że w całym państwie rzymskim zegary słoneczne tak się rozpowszechniły, to jednak sami Rzymianie nie dokonali żadnych ulep-

1) Niektóre zegary poziome posiadają jeszcze gęściejsze podziałki np. o odstępach pięciominutowych (rys. 19).

szeń w ich konstrukcjach. Zasadniczą zmianę wprowadzili Arabowie zastępując prosty pręt **gnomona** wskazówką równoległą do osi Ziemi.

Wprowadzenie tej wskazówki zwanej **połosem**, jest dużym ulepszeniem w stosunku do typów poprzednich, które posługiwały się cieniem końca pionowego gnomonu, lub odpowiedniego ostrza. Wskaźnikiem czasu jest tu bowiem nie punkt przesuwający się na podziałce w rozmaity sposób, zależnie od pory roku, lecz linia cienia, której położenie zależy tylko od pory dnia, a nie od miesiący.

Gdy u Arabów gnomonika była już na wysokim poziomie, Europa dopiero próbowała pierwszych swych kroków w tej dziedzinie. Wiek XV i następane doprowadziły gnomonikę do szczytu rozwoju. Każdy prawie astronom wówczas ją uprawiał, a między innymi i nasz rodak, ks. Mikołaj K o p e r n i k, którego dziełem jest zegar słoneczny na zamku w Olsztynie.

Stan taki sprzyjał rozwojowi zegarów słonecznych. W XVII i XVIII wieku miasta Augsburg i Paryż zasłynęły masową produkcją kieszonkowych zegarów słonecznych.

Do budowy zegarów słonecznych wystawionych na działanie atmosferyczne używano materiałów trwałych, jak np. kamienia, brązu, ołowiu. Na murach zaś malowano farbą tempera lub rysowano w różnobarwnych warstwach tynku (system *s g r a f f i t o*). Kieszonkowe zegary słoneczne wyrabiano przeważnie z kości słoniowej, złoczonego srebra i srebrzonego brązu, mosiądzu, lub też rysowano na pergaminie lub papierze i przyklejano do drewna. Z tej produkcji słynęła do 1850 r. także wytwórnia w Norymberdze.

Najstarszy ślad polskich gnomonów mamy z roku 1476, przechowywany w British Museum. Jest to praca Mikołaja W o d k i, pierwszego nauczyciela astronomii Mikołaja Kopernika.

Jan K o c h a n o w s k i wspomina o zegarze słonecznym w jednej ze swych fraszek. Zasady urządzania zegarów słonecznych opisuje S ł u p s k i w 1618 r. W Akademii zamojskiej wykładano „horoografię” jako oddzielny przedmiot. Gnomonika była wykładana na

Uniwersytecie krakowskim około 1630 r. O gnomonice pisze również wielu autorów, a między innymi ks. Tomasz Kowalski.

Zegary słoneczne wyrabiali u nas A. Węgrzynowicz, Morawski, optyk Piki i wielu innych.

Na ogół mało się wie o tym, że największy w Europie zbiór zegarów słonecznych znajduje się obecnie w Polsce. Posiada go dr Feliks Przepkowski w Jędrzejowie. W Stolicy naszej utrzymuje się jeszcze dotychczas kilka zegarów słonecznych, a mianowicie: pionowy na kościele OO. Marianów na Bielanach, a zaraz obok poziomy; przed Pałacem Łazienkowskim, w Ogrodzie Saskim, na głazie narzutowym w Parku Łazienkowskim i inne.

B. BUDOWA ZEGARÓW SŁONECZNYCH

1. Konstrukcja tarcz

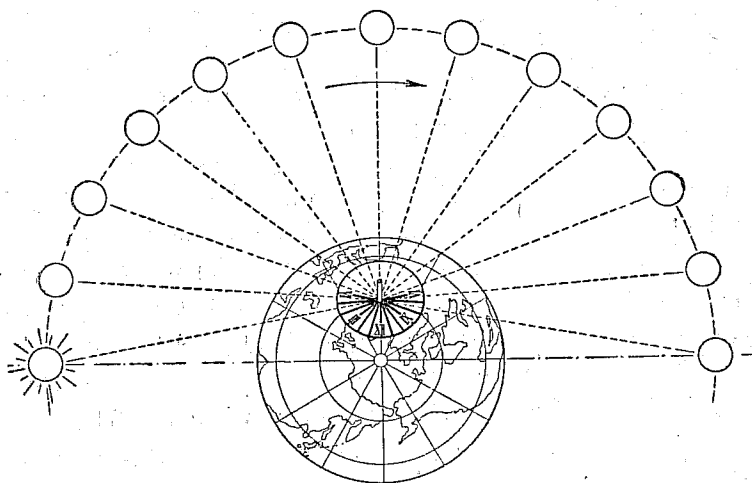
a. Zasady ogólne

Zauważono już od dawna, że odpowiednio do pozornego ruchu Słońca po niebie, posuwa się cień przedmiotów znajdujących się w świetle słonecznym. Obserwacja posuwającego się cienia jest bardzo łatwa i dla wszystkich dostępna, dlatego na tej zasadzie zaczęto budować czasomierze. Zegar słoneczny jest więc urządzeniem, które cieniem rzucanym przez wskazówkę umieszczoną w świetle słonecznym, oznacza pozycję słońca, czyli wskazuje dany czas. Wynika stąd, że wskazania zegarów słonecznych określają czas słoneczny prawdziwy (zwykle miejscowy).

Sposób działania zegara słonecznego wyjaśnia rys. 11. Widzimy tu tarczę zegara ustawioną poziomo w pewnym miejscu kuli ziemskiej. W środku tarczy znajduje się pionowy słupek - **gnomon**, który rzuca cień na tarczę z każdej pozycji Słońca, narysowanego tu w odstępach jednogodzinnych. W starożytności określano czas za pomocą takich zegarów z długości cienia, nie zwracając uwagi na jego przesunięcia kątowe. Dopiero później wprowadzono tarczę z podziałką i wskazówkę równoległą do osi Ziemi, czyli tzw. **połos**, jakie dotychczas są stosowane w zegarach słonecznych.

Posługując się w dalszym ciągu rys. 11 wyjaśnimy zasadę działania tych zegarów. W celu łatwiejszego zrozumienia przyjmujemy, że Słońce krąży wokół Ziemi, obiegając ją jeden raz w ciągu doby. Ponieważ doba ma 24 godziny, dzielimy więc to koło słoneczne na 24 części. Każdy taki wycinek zawiera kąt o rozwartości 15° ($360 : 24 = 15^\circ$) i wyznacza zmianę kąta godzinowego Słońca o 1 godzinę, a płaszczyzny przeprowadzone przez ramiona tych kątów i oś obrotu Ziemi (oś świata) dają na sferze koła godzinne (patrz również rysunek 6).

Na tarczy zegara słonecznego musimy więc wyznaczyć dla każdej godziny poszczególne kąty dla cienia wskazówki, które pokrywałyby się z odpowiednimi kątami godzinnymi Słońca.



Rys. 11. Zasady działania zegara słonecznego

Wiemy jednak, że promienie słoneczne niejednakowo padają na całą kulę ziemską, a nawet dla tego samego miejsca na Ziemi są zmiany w kierunkach tych promieni powtarzające się co dobę i co rok. Dlatego też zbudowanie zegara słonecznego polega na wyszukaniu odpowiednich kątów dla cienia wskazówki w danej miejscowości. Oprócz tego w celu zachowania stałej zależności kierunku cienia od kąta godzinnego Słońca, pomimo zmian pozycji (deklinacji) Słońca, wskazówka powinna się znajdować w płaszczyźnie koła godzinowego Słońca, i ma być zawsze równoległa do osi Ziemi.

Gdyby tarcza, na którą pada cień wskazówki, była ustawiona równoległe do płaszczyzny równika, kąty pomiędzy kierunkami cienia na niej byłyby oczywiście równe odpowiednim zmianom kątów godzinnych Słońca. Na tej właśnie zasadzie budowane są **zegary równikowe** i wszystkie inne **przenośne zegary słoneczne**.

Najczęściej jednak budowane są zegary pionowe lub poziome, a bardzo rzadko zegary skośne lub pochyle. Nazwy te wskazują na ustawienie tarczy, które może być różne, zależnie od położenia danego budynku lub tylko ściany, na której znajduje się zegar słoneczny.

Położenie zegara pionowego lub poziomego nie wymaga objaśnień. Natomiast zegar skośny będzie wtedy, gdy jego tarcza odchylona jest od kierunku wschód - zachód, tzn. umieszczona jest na ścianie takiego budynku, który stoi skośnie do wspomnianego kierunku. Gdy zaś tarcza zegara odchylona jest od poziomu (lub pionu) w kierunku północnym lub południowym, wówczas nazywamy go zegarem pochylonym.

Konstrukcja więc wszystkich zegarów słonecznych sprowadza się do rozwiązania podstawowego zadania: oznaczenia przecięć płaszczyzn kół godzinnych z jakąkolwiek równą czy krzywą powierzchnią, na której ma być umieszczona tarcza danego zegara. Linie tych przecięć są szukanymi kątami cienia wskazówki dla poszczególnych godzin i tworzą podziałkę tarczy. Rozwiązanie tego zadania można uzyskać na drodze wykreślnej, mechanicznej, lub trygonometrycznej.

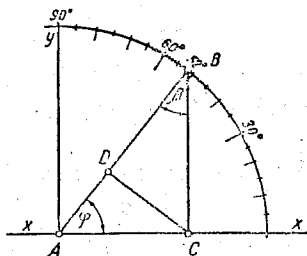
b. Metoda wykreślna

Najczęściej stosowana i poniekąd najłatwiejsza jest metoda wykreślna. Przy opisie tej metody zamieszczamy potrzebne rysunki z odpowiednimi oznaczeniami oraz kolejne, a szczegółowe wyjaśnienia w celu udostępnienia tego tematu szerszemu ogółowi zegarmistrzów. Wymiarów nie podajemy, gdyż wpiery należy wykonać szkic, a potem — odpowiednio do tarczy zegara — go powiększyć.

Wtępną czynnością będzie narysowanie tzw. kwadrantu (rys. 12), który stanowi podstawę do wykreślania tarcz zegarów słonecznych.

Rysujemy więc linię prostą, poziomą x (rys. 12). Do niej prowadzimy prostopadłą y , która przecina ją w punkcie A . Z tego punktu zataczamy łuk pomiędzy prostymi x , y o dowolnym promieniu. Na tym łuku mamy oznaczyć kąt szerokości geograficznej miejsca, dla którego projektujemy zegar.

Następnie wyszukujemy na mapie, na którym stopniu szerokości geograficznej (licząc od równika w stronę bieguna) leży miejscowość, dla której projektujemy nasz zegar słoneczny. Tak Warszawa jak i Niepokalanów leżą na 52° szerokości geograficznej (nie biorąc pod uwagę ułamków stopnia) i dla tych właśnie miejscowości będziemy ten zegar wykreślali.



Rys. 12. Kwadrant jako podstawa do konstrukcji zegarów słonecznych

Teraz przy pomocy kątomierza odliczamy na łuku naszego kwadrantu 52 stopnie, zaznaczamy ten punkt literą B i łączymy linią z punktem A .

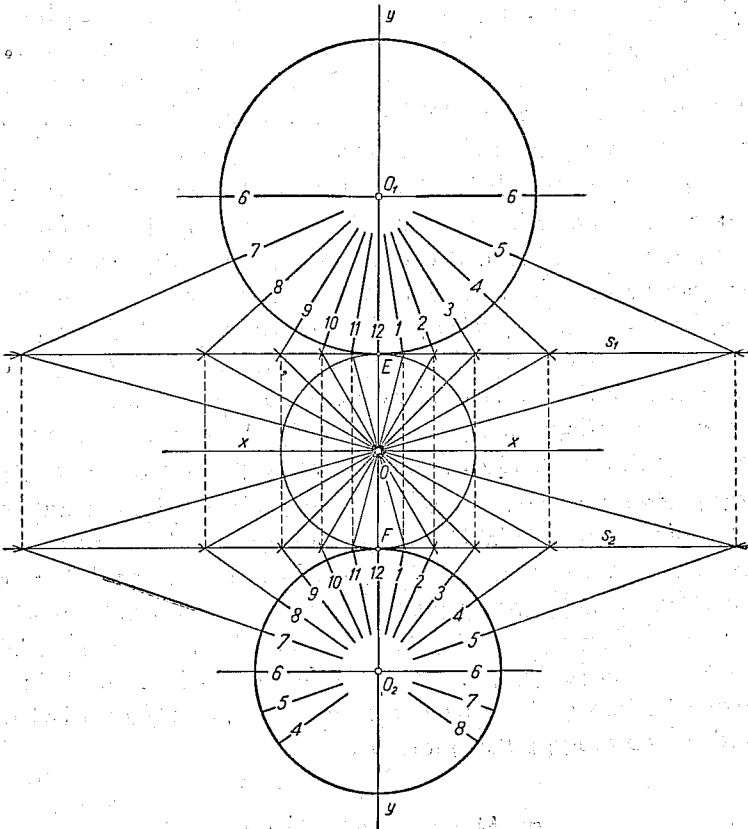
Z tego samego punktu B prowadzimy prostopadłą do linii Ax przecinając ją w punkcie C . Następnie z punktu C wyprowadzamy prostopadłą do linii AB i punkt przecięcia się oznaczamy literą D .

W rezultacie otrzymaliśmy dwa trójkąty: trójkąt BCD dla pionowego zegara słonecznego i trójkąt ADC dla zegara poziomego. Trójkąty te służą za podstawę do wykreślania tarcz zegarów słonecznych, a oprócz tego wyobrażają ustawienie wskazówek na tych tarczach, dlatego nazwiemy je **trójkątami podstawowymi**.

Dla zegara pionowego bok BC (z trójkąta BCD) będzie promieniem tarczy. Bok zaś BD oznacza kierunek ustawienia wskazówki, zamocowanej zwykle w murze końcem B . Bok ten (BD) oznacza również południk biegnący przez daną miejscowość. Kąt β jest zawsze dopełnieniem kąta φ do kąta prostego czyli do 90° . W tym przypadku (tj. dla W-wy, N-wa, Sochaczewa itd.) kąt β wynosi 38° , a kąt φ 52° .

Dla zegara poziomego bok AC (z trójkąta ADC) będzie promieniem tarczy, wskazując zarazem kierunek jej ustawienia (poziomo). Wska-

zówkę i kierunek jej ustawienia pod kątem φ od poziomu wskazuje bok AD , który rzuca cień na tarczę. Wspólny bok obydwu trójkątów CD , leżący na tzw. linii równikowej, będzie promieniem pomocniczego koła godzinowego przy wykreślaniu obydwu zegarów.



Rys. 13. Sposób wykreślania tarcz zegarów słonecznych

Przystąpimy teraz do rysowania tarcz. Kreślić będziemy linie potrzebne tak dla zegara pionowego jak i poziomego.

Rysujemy więc linię prostą x (rys. 13). Przecinamy ją w punkcie O linią prostopadłą y . Odmierzamy cyrklem na kwadrancie (rys. 12)

odległość CD i tą rozwarością zataczamy koło z punktu O . Punkty przecięcia się koła z linią y oznaczamy literami E oraz F . Przez te dwa punkty przeprowadzamy dwie linie s_1, s_2 styczne do tego koła, które będą równoległe do linii x . Następnie każdą czwartą część koła dzielimy na 6 równych części; w ten sposób całe koło będzie podzielone na 24 kąty godzinne. Przez naznaczone na kole punkty i środek koła O prowadzimy linie proste, które powinny przecinać obydwie linie styczne s_1, s_2 . W ten sposób otrzymaliśmy szkielet do konstrukcji tarcz zegarów słonecznych.

Teraz przystępujemy do kreślenia tarczy pionowego zegara słonecznego. W tym celu bierzemy cyrklem z kwadrantu (rys. 12) odległość BC , tą rozwarością cyrkla odmierzamy na linii y odcinek EO_1 i z tego punktu zataczamy koło. Następnie z tego samego punktu O , łączymy liniami prostymi punkty przecięć na linii stycznej s_1 utworzone przez linie ukośne wyprowadzone z punktu O . W końcu przeprowadzamy przez punkt O_1 linię równoległą do stycznej s_1 . Wszystkie linie w tym kole dają nam poszczególne kąty dla cienia wskazówki o oznaczonych na rys. 13 godzinach i tworzą połowę tarczy zegara.

Tarczę zegara poziomego wykreślamy podobnie biorąc za promień tej tarczy odpowiedni bok drugiego trójkąta. W tym przypadku bierzemy z kwadrantu odcinek AC , odmierzamy go na linii y od punktu F zaznaczając nowy punkt O_2 . Z tego punktu zataczamy tą samą rozwarością cyrkla koło, dzielimy je, podobnie jak poprzednie, liniami łączącymi punkty przecięcia stycznej s_2 ze środkiem koła O_2 . Brakujące jeszcze godziny uzupełniamy przez przedłużenie linii danej godziny na drugą połowę tarczy.

c. Metoda mechaniczna

Tą metodą można by nazwać wykreślanie tarcz zegarów słonecznych np. przy pomocy przyrządu, tzw. **gnomonografu**, wynalezione go jeszcze w 1843 r. przez naszego rodaka Wojciecha **J a s t r z ę b s k i e g o**.

Można także posłużyć się i innymi bardzo prymitywnymi sposobami, zwłaszcza jeśli nie chodzi o większą dokładność.

Jednym z takich sposobów byłoby bezpośrednie naznaczenie cienia na ścianie budynku. W tym celu potrzebny jest szklany lub celuloidowy krążek, podzielony promieniowo czarnymi liniami na 24 równe wycinki odpowiadające kątom godzinnym Słońca. W środku tego krążka powinien być osadzony sztywno i prostopadłe do niego, prosty pręt, wyobrażający wskazówkę. Wyznaczanie podziałki na tarczy projektowanego zegara słonecznego, tym właśnie krążkiem, polega na ustawieniu na ścianie wspomnianego pręta, oczywiście razem z krążkiem, pod tym samym kątem, pod jakim będzie ustawiona wskazówka. Następnie w dzień pogodny, w momencie południa należy poznać miejsca cienia każdej linii krążka, przez co uzyska się potrzebną podziałkę tarczy. Tym sposobem można wyznaczać tarcze zegarów słonecznych pionowych i poziomych, a nawet skośnych lub pochyłych.

d. Metoda trygonometryczna

Wyznaczanie poszczególnych kątów cienia wskazówki (odstępów podziałki) dla tarczy zegara słonecznego metodą trygonometryczną polega na obliczeniu tych kątów według następujących wzorów:

dla zegara pionowego: $\operatorname{tg} T = \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} t$

dla zegara poziomego: $\operatorname{tg} T = \sin \varphi \cdot \operatorname{tg} t$

gdzie T oznacza kąt cienia wskazówki, liczony od linii godz. 12, do linii szukanej godziny,

φ kąt szerokości geograficznej miejsca, dla którego robimy zegar,

t kąt godzinny Słońca liczony od południa, czyli od godz. 12.

Z rys. 13 widzimy, że podziałki zegarów pionowych i poziomych ułożone są symetrycznie po obu stronach linii południka, oznaczającej godzinę 12. Dlatego wystarczy obliczyć podziałki na jedną połowę tarczy i odpowiednio przenieść na drugą połowę.

Dla zegarów pochyłych i skośnych wzory są bardziej skomplikowane.

Jeżeli tarcza zegara skośnego swoją częścią zachodnią odchylna jest od kierunku wschód — zachód w stronę północy, to kąty podziałki można obliczyć ze wzoru:

$$\operatorname{ctg} T = \frac{\cos \alpha}{\cos \varphi} \operatorname{ctg} t \pm \sin \alpha \operatorname{tg} \varphi$$

gdzie α oznacza kąt odchylenia tarczy zegara od kierunku wschód-zachód, a pozostałe oznaczenia jak wyżej.

Dla godzin przedpołudniowych stosujemy znak —, a dla popołudniowych znak +. Jeżeli tarcza odchylna jest w stronę przeciwną należy znaki we wzorze odpowiednio zmienić.

Podziałki zegarów skośnych nie są symetryczne. Ta część skali, która wysunięta jest w stronę południa, posiada podziałki godzin z gęszczeniem, a część odchylna w stronę północy — rozszerzone. Dlatego należy obliczyć podziałki dla obydwu stron.

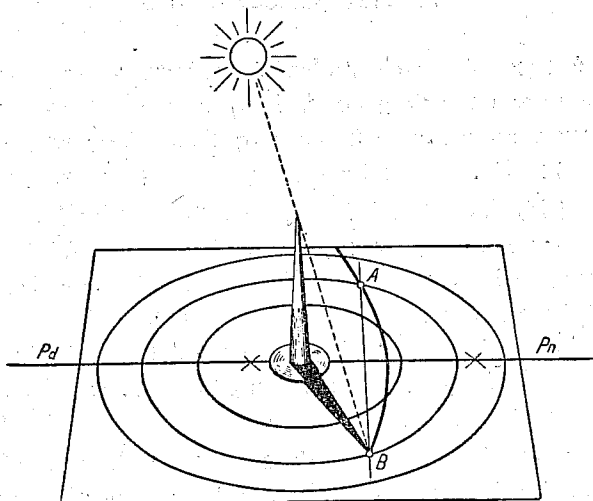
2. Wyznaczanie miejscowego południka

Z konstrukcji zegara słonecznego widzimy, że zależy on całkowicie od Słońca, a jednocześnie związany jest ściśle z miejscowym południkiem. Dlatego też należyte ustawienie tarczy i wskazówki zegara słonecznego w dużej mierze zależy od dokładnego wyznaczenia danego południka. Nie wystarczą w tym przypadku różne orientacyjne sposoby szukania kierunku północy, np.: za pomocą zegarka, busoli lub inne, którymi posługują się zabłąkani wędrowcy, ale należy oprzeć się na bardziej ścisłych metodach.

Podajemy tu niektóre sposoby wyznaczania południka, które — aczkolwiek nie najdokładniejsze — jednak w zupełności odpowiadają naszemu celowi.

a. Przy pomocy Słońca

Południk miejscowy możemy wyznaczyć przez obserwację długości cienia i to bez specjalnych przyrządów. W tym celu na równym i nieruchomym stole, ustawionym w miejscu dostępnym dla Słońca (najlepiej przed ścianą, na której ma być umieszczony zegar), przypinamy kartkę białej tektury lub kartonu i rysujemy na niej kilka kół (współśrodkowych) z jednego punktu (rys. 14). Na tym punkcie usta-



Rys. 14. Wyznaczanie południka przy pomocy Słońca

wiamy pionowo, ostro zakończony słupek (gnomon) długości 5—6 cm i zaraz po wschodzie Słońca obserwujemy cień rzucany przez ten słupek. Gdy sam koniec tego cienia znajdzie się na jednym z nakreślonych kół, znaczymy na nim punkt *A* — najlepiej przez nadziurkowanie. Następnie, gdy przed zachodem Słońca cień końca słupka znajdzie się na tym samym kole, znaczymy drugi punkt *B*. Po usunięciu słupka dzielimy konstrukcyjnie odcinek *AB* na połowę; linia dzieląca go i przechodząca przez środek koła wskazuje szukany kierunek miejscowego południka, co uwidocznione jest na rys. 14.

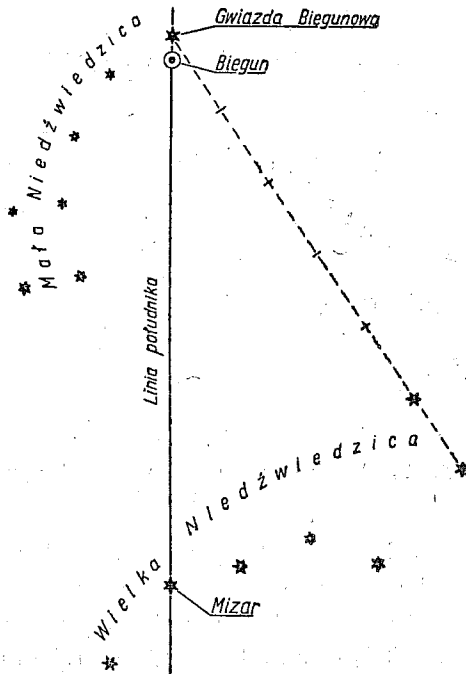
W ten sposób wyznaczony południk będzie już dosyć dokładnie wskazywał kierunek północ-południe, lecz wskutek zmian deklinacji Słońca, byłyby tu, jak wiemy, małe różnice zależnie od dnia. Dlatego najlepiej jest taki eksperyment przeprowadzać w końcowych dniach czerwca lub grudnia, gdyż w tym czasie deklinacja Słońca ulega najmniejszym zmianom.

b. Przy pomocy gwiazd

Również bez większych trudności możemy wyznaczyć południk miejscowy przy pomocy gwiazd. Jednym z takich sposobów może być orientacja na gwiazdę Biegunową (Polarną — w gwiazdozbiornie Małej Niedźwiedzicy) i gwiazdę Mizar (ξ w gwiazdozbiornie Wielkiej Niedźwiedzicy). Dlatego na dwie gwiazdy, gdyż gwiazda Biegunowa nie znajduje się dokładnie w samym środku bieguna niebieskiego, lecz oddalona jest od niego mniej więcej 1 stopień (o 2 tarcze księżycy) wskutek czego nie zawsze dokładnie wskazuje północ. Obydwie zaś gwiazdy dwa razy na dobę znajdują się równocześnie nad południkiem: jedna w tym czasie jest w kulminacji dolnej, druga w górnej (rys. 15).

Aby wyznaczyć ten moment bez specjalnych aparatów, można posłużyć się bardzo prostym sposobem. Do deszczułki długości około jednego metra przywiązujemy na obu jej końcach dwa cienkie sznurki obciążając je ciężarkami. W środku deszczułki wbijamy gwoździć i tym samym gwoździem przybijamy ją do górnej części futryny okna wychodzącego na północ. Deszczułka powinna obracać się na gwoździu bez trudności, jednak nie za luźno. Zwisające ciężarki umieszczamy w jakichkolwiek naczyniach z wodą celem uspokojenia wahań. Następnie ustawiamy deszczułkę tak, by z grubsza przeciąć obydwa sznurkami gwiazdę Biegunową i oczekujemy chwili, w której na linii tego podwójnego pionu znajdzie się Mizar. W październiku np. będzie ten moment około północy, w listopadzie późno wieczorem. W tym czasie gwiazda Biegunowa góruje, a Mizar dołuje

w linii południka. Gdy obydwie gwiazdy są dokładnie w pionie, nastawiamy deszczułkę tak, by sznurki możliwie dokładnie je przecięły.

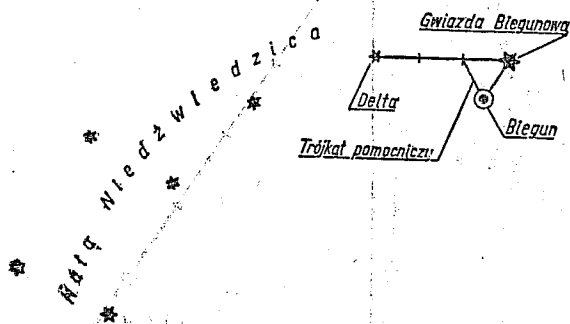


Rys. 15. Wyznaczanie południka przy pomocy gwiazd: Biegunowej i Mizara

Ustalony w ten sposób kierunek północ-południe wskazuje dość dokładnie południk miejscowy. Naturalnie, do wykonania tej obserwacji z mieszkania, konieczne jest okno z widokiem na północ, w przeciwnym razie można to samo przeprowadzić pod gołym niebem, na odpowiednio przygotowanym rusztowaniu w celu umocowania deszczki.

Drugą zasadę, na podstawie której możemy wyznaczyć biegun północny, a tym samym kierunek południka, jest określenie tegoż bieguna w stosunku do dwóch najbliższych, większych gwiazd.

Jak wiemy na końcu ogona Małej Niedźwiedzicy znajduje się gwiazda Biegunowa (rys. 16). Przed nią w tym samym ogonie jest gwiazda oznaczona literą δ (Delta). Dzielimy więc bez żadnych przyrządów po prostu „na oko”, odległość między gwiazdą Biegunową a Delta na trzy części, jak to widzimy na rys. 16. Na takiej jednej



Rys. 16. Wyznaczanie rzeczywistego bieguna pomocniczym trójkątem

trzeciej odległości od gwiazdy biegunowej uzmysławiamy sobie równoboczny trójkąt, którego wierzchołek (zwrócony zawsze ku środkowi wygięcia ogona) wskazuje biegun północny. Obserwacja tego rodzaju może być praktykowana o każdej porze roku i nocy, jeśli oczywiście niebo jest pogodne.

3. Ustawianie tarcz

Dokładność wskazań zegara słonecznego zależy w równej mierze tak od należytego wyznaczenia na tarczy poszczególnych kątów dla cienia wskazówki, jak też i od właściwego umieszczenia tarczy i wskazówki na przeznaczonym miejscu. Dlatego jeszcze przed obliczaniem lub wykreślaniem szkicu tarczy, należy ustalić, jakie będzie położenie tarczy projektowanego czasomierza.

Przy zegarze poziomym nie będzie tu większych trudności. Należy

tylko sprawdzić poziomnicą powierzchnię, na której ma być umieszczona tarcza, a potem według wyznaczonego południka nakreślić linię środkową, pokrywającą się z tymże południkiem. Następnie od tej linii wyznaczyć poszczególne kąty cienia wskazówki dla każdej godziny z przygotowanego obliczenia lub szkicu. Dobrze byłoby również zaznaczyć odstępów po pół godziny i po 15 minut, co przy większych tarczach jest bardzo pożądane.

Jeżeli miejsce wyznaczania południka znajduje się w pewnym odaleniu od budowanego zegara, należy odpowiednio przedłużyć linię południka i ewentualnie równoległo przesunąć, nie zmieniając jej kierunku.

Cień wskazówki padający na tę środkową linię tarczy będzie wskazywał godzinę 12 miejscowego czasu słonecznego prawdziwego. Taki też czas wskazują wszystkie zegary słoneczne. Aby więc uzyskać strefowy czas średni, należy zawsze wprowadzać trzy poprawki, o czym mówiliśmy już przy przeliczaniu czasu. Można by więc tak ustawić godziny na tarczy, aby cień wskazywał czas strefowy prawdziwy, a wtedy do uzyskania czasu średniego strefowego wystarczyłoby uwzględnić tylko równanie czasu. W tym celu należy obliczyć różnicę między czasem miejscowym a strefowym i o tyle minut przesunąć odpowiednio wszystkie godziny na tarczy. Poprawki takie dobrze byłoby wprowadzać u wszystkich zegarów słonecznych, a szczególnie w tych miejscowościach, w których różnica między czasem miejscowym a strefowym jest stosunkowo duża.

Również pożądane jest umieszczenie na tarczy wartości równania czasu na cały rok, przynajmniej w dziesięciodniowych odstępach, jak to widzimy na rys. 19.

Podobnie będzie wyglądało ustawianie tarczy zegara pionowego, jeżeli po sprawdzeniu okaże się, że ściana budynku, na której ma być umieszczony zegar, jest dokładnie pionowa i stoi prostopadle do wyznaczonej linii południka. Trudno natomiast obrócić ścianę budynku, gdy stoi ona nieco skośnie. W takim przypadku obliczenie i wykreślenie tarczy jest bardziej skomplikowane. Można by jednak po-

służyć się wyżej opisaną metodą mechaniczną, która, chociaż nie najdokładniejsza, jednak do zastosowania jest stosunkowo łatwa.

Jeżeli zaś odchylenie ściany budynku od kierunku wschód-zachód (prostopadłego do południka) jest bardzo małe, można wówczas wyznaczyć tarczę jak dla normalnego zegara pionowego i przy budowaniu zegara odpowiednio tarczę od ściany odchylić, lub — jeśli zegar ma się znajdować bezpośrednio na murze — miejsce dla tarczy wyrównać tynkiem.

Takie wypadki zdarzają się jednak bardzo rzadko, gdyż najczęściej budowane są poziome zegary słoneczne, które przy budowie nie sprawiają takich trudności, a wydają się praktyczniejsze, ponieważ można na nich robić spostrzeżenia w ciągu całego czasu przebywania Słońca nad horyzontem.

4. Ustawianie wskazówki

Wskazówką zegara słonecznego nazywamy pręt rzucający cień na tarczę i wskazujący daną godzinę. Wskazówką tą może być również jeden bok trójkąta. Bywają także wskazówki z krążkiem na końcu, w którym znajduje się mały otwór, a czas wskazuje tu promień słoneczny przechodzący przez ten otwór (rys. 1 — 4).

Z zasad konstrukcji zegarów słonecznych wynika, że wskazówka tych zegarów ma być zawsze równoległa do osi Ziemi. Aby więc spełnić ten warunek przy zegarze poziomym, należy wskazówkę ustawić pochyło od poziomu pod kątem szerokości geograficznej danego miejsca. Przy wyznaczaniu tarczy metodą wykreślną kąt ten oznaczony literą φ otrzymamy z konstrukcji kwadrantu (rys. 12, trójkąt ABC). (Dla Warszawy i Niepokalanowa będzie to kąt 52° , gdyż na tym stopniu szerokości geograficznej leżą te miejscowości).

Natomiast przy zegarze pionowym kąt odchylenia wskazówki od ściany ma być dopełnieniem kąta szerokości geograficznej do 90° . (Patrz kwadrant rys. 12, trójkąt BCD , kąt β ; dla Warszawy i Niepokalanowa wynosi on 38°).

Ustawiając wskazówkę należy jeszcze zwrócić uwagę, aby pokrywała się dokładnie z płaszczyzną miejscowego południka, a nie była wychylona w bok — ani na prawo ani na lewo. U zegarów pionowych i poziomych ustawienie wskazówki w płaszczyźnie południka nie nastęrcza większych trudności, gdyż po obydwu stronach wskazówki mają być kąty proste, ponieważ płaszczyzna południka jest prostopadła do tarczy zegara.

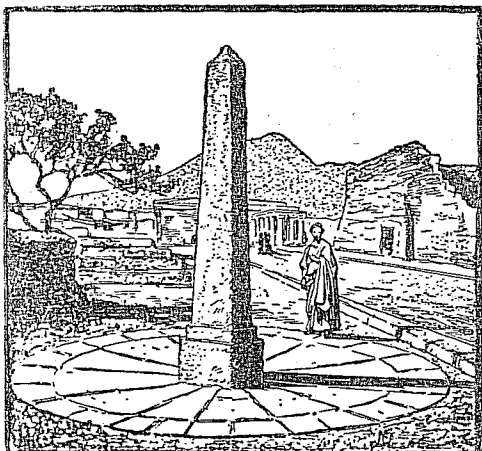
Natomiast u zegarów skośnych, płaszczyzna południka nie biegnie prostopadle do tarczy zegara. Aby więc zachować wspomniany warunek równoległości wskazówki do osi Ziemi, należy odchylić wskazówkę od powierzchni tarczy w bok o tyle stopni, o ile skośna jest tarcza zegara względem kierunku wschód-zachód.

Doświadczalnym sprawdzianem właściwego ustawienia wskazówki może być obserwacja jej cienia w momencie południa. Wówczas cień wskazówki powinien padać na linię południka tj. na godz. 12.

C. RODZAJE ZEGARÓW SŁONECZNYCH

Istnieje dużo odmian zegarów słonecznych. Jedne różnią się między sobą już samą konstrukcją, inne — chociaż na tej samej zasadzie zbudowane — posiadają charakterystyczne kształty, lub zbudowane są z rzadko spotykanych materiałów itp.

Całą tę różnorodność można by podzielić na zegary stałe i przenośne, czyli równikowe.



Rys. 17. Gnomon w starożytnym Rzymie.

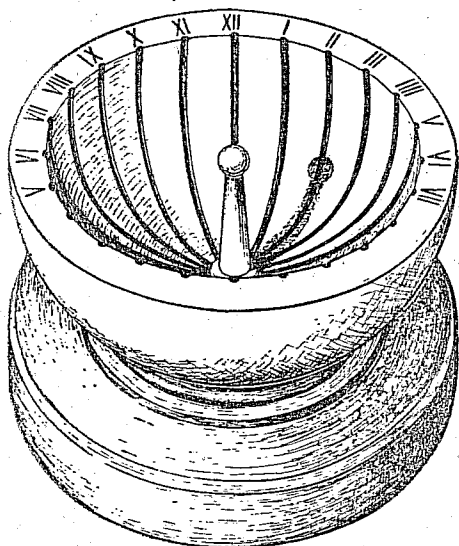
Oprócz tego istnieją zegary gwiazdowe i księżycowe, a nawet uniwersalne. Poniżej zamieszczamy rysunki i opisy niektórych bardziej ciekawych okazów z tej dziedziny.

1. Stałe zegary słoneczne

Najprostszym i najstarszym zegarem słonecznym jest tzw. **gnomon** (rys. 17). Jest to pionowy słupek lub pręt postawiony na płaskiej powierzchni, z której odczytujemy czas obserwując kierunek i długość cienia. (Patrz również rys. 11).

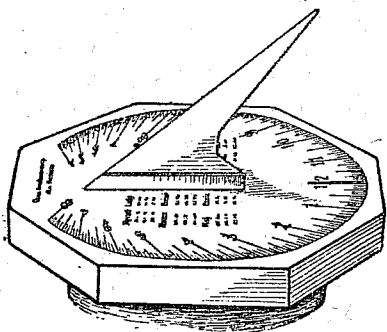
Innym rodzajem antycznego zegara słonecznego jest tzw. **skafe** (Skaphe, Heliotropion, rys. 18). Różni się tym od gnomona, że cień

słupka pada tu na wklęsłą półkulę zwróconą do zenitu, tak że koniec cienia, rzucanego przez słupkę na tę powierzchnię, jest odzwierciedleniem pozornej drogi Słońca po niebie.



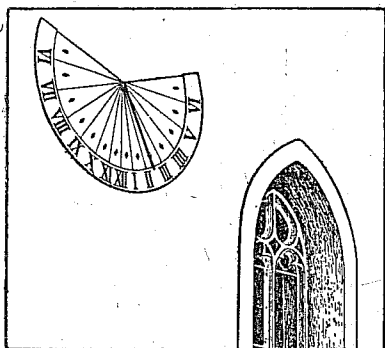
Rys. 18. Skafe

Zauważyć należy, że między dawnymi a nowszymi zegarami słonecznymi istnieje zasadnicza różnica. Zegary antyczne posiadają na tarczy podziałkę o równych odstępach i wskazówkę ustawioną

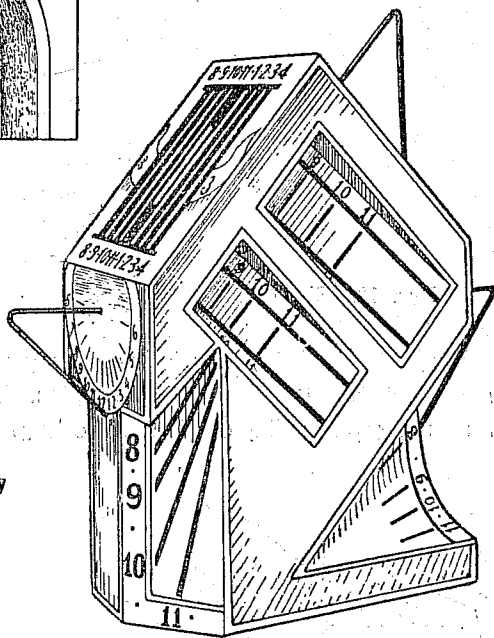


Rys. 19. Poziomy zegar słoneczny przed Pałmiarnią w Poznaniu

pionowo do poziomej tarczy, nowsze zaś zegary słoneczne, o nachy-
 lonej wskazówce (równoległej do osi Ziemi), mają niejednakową po-
 działkę i wskazują jak wiemy godziny czasu słonecznego prawdzi-
 wego.



Rys. 20. Pionowy zegar
z XVII stulecia



Rys. 21. Uniwersalny
zegar słoneczny

W ostatnich czasach najczęściej spotykanymi zegarami słoneczny-
 mi są **poziome zegary** (Horizontal Sonnenuhren) i **pionowe zegary**
 (Vertikal Sonnenuhren).

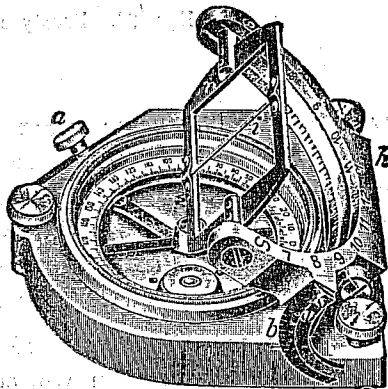
Uniwersalny lub kombinowany zegar słoneczny (Universalsonnen-
uhr, rys. 21) posiada kilka tarcz na jednej bryle, zwróconych w róż-
nych kierunkach.

Oprócz wyżej wyszczególnionych zegarów słonecznych można
jeszcze wymienić kuliste zegary (Kugelsonnenuhren), krzyżowe zegary
(Cruxhorologa), heliochronometry, oraz wiele innych.

Wszystkie wyżej podane rodzaje zegarów słonecznych można
określić jako bezpośrednie zegary słoneczne, podczas gdy zegary
odbłaskowe (refleksyjne), w których promień słoneczny odbija się
od zwierciadła i dopiero wtedy pada na podziałkę (budował je także
ks. M. K o p e r n i k), są jeszcze rzadziej spotykane, więc nie bę-
dziemy się wdawali w bliższe ich opisy.

2. Przenośne i równikowe zegary słoneczne

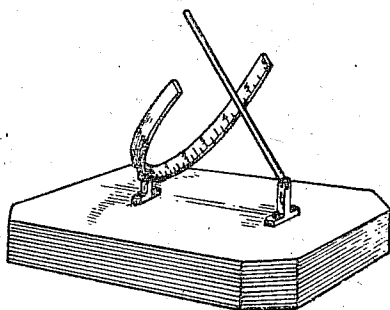
Jako przenośne zegary słoneczne należy rozumieć takie, które
mogą wskazywać właściwy czas na każdym miejscu Ziemi. Budowane
są więc w ten sposób, że dają się doregulować do każdej szerokości
geograficznej. Oczywiście, zegary takie są obecnie budowane z trwa-



Rys. 22. Przenośny zegar słoneczny używany przy podróżach
naukowo-badawczych.

tych materiałów, dokładnie i precyzyjnie, a używane są tam gdzie inne sprawdziany czasu, jak np. sygnały przez radio, są utrudnione. Trudności te mogą powstawać, np. z braku prądu elektrycznego do odbiorników radiowych lub przy ich uszkodzeniu.

Zegar podróżny, widoczny na rys. 22, posiada podwójną skalę godzin h tak, by mógł być użyty na północnej i południowej półkuli ziemskiej. Jako wskazówka służy napięty drut i , w ramce metalowej r . Podziałka b , na łuku widocznym w przedniej części zegara, służy do nastawiania na odpowiednią szerokość geograficzną. Na dnie widzimy okrągłą poziomnicę i radełkowaną śrubkę a , oraz inne, które umożliwiają dokładnie poziome ustawienie zegara.



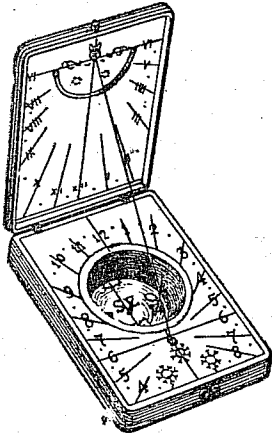
Rys. 23. Prosty zegar równikowy

Znane są zegary słoneczne budowane przez wytwórnię Zeiss'a i Fuessa. Są to równikowe zegary słoneczne, przy których podziałka godzin leży w płaszczyźnie równoległej do równika, podczas gdy wskazówka rzucająca cień jest równoległa do osi ziemskiej. Są to zarówno zegary stawiane na masywnych postumentach jak również przenośne, a nawet kieszonkowe zegary podróżne.

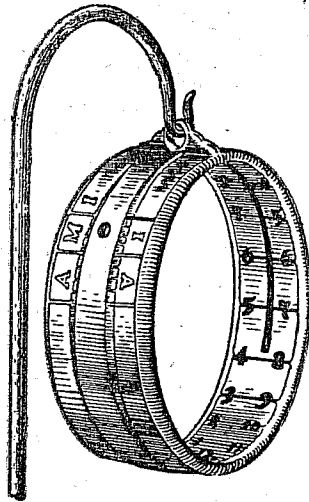
Bardzo prosty zegar słoneczny o konstrukcji równikowej widzimy na rys. 23. Podziałka jest tu umieszczona wewnątrz cylindrycznie wygiętej sztabki, umocowanej suwliwie w celu umożliwienia nastawiania zegara na czas strefowy. Oprócz tego zegar ten może być ze-

garem przenośnym, gdyż wskazówkę można nachylać odpowiednio do szerokości geograficznej miejsca, a potem doregulować pochYLE-
nie „podkowy” podziałki, która zawsze powinna być prostopadła do
wskazówki.

Słupki gnomoniczne (Gnomon Säulen, Cylindri horarii) są inną od-
mianą przenośnych zegarów słonecznych, które określają czas przy
pomocy wskazówki umieszczonej na wierzchu słupka. Cień wska-
zówki rzucający na obwód słupka wskazuje daną godzinę. Po użyciu,
wskazówkę chowa się do wnętrza cylindra.



Rys. 24. Kompas norymberski,
czyli pionowo-poziomy zegar
słoneczno-księżycowy

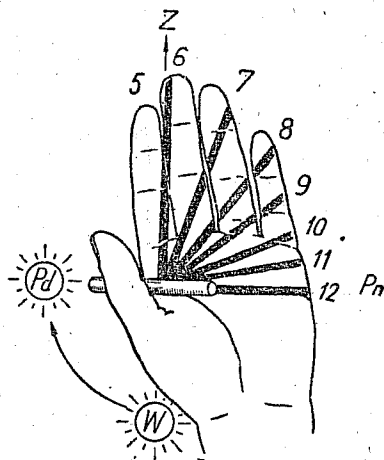


Rys. 25. Pierścieniowy zegar słoneczny

Pierścieniowe zegary słoneczne (Universalringe, rys. 25) oraz pierś-
cinkowe zegary słoneczne (Sonnenringe) są obecnie rzadko spoty-
kane. W celu zmierzenia czasu, wieszka się taki zegar na nitce lub od-
powiednio wygiętym pręciku, za przymocowaną do pierścienia usz-
ko, skierowując otwór mieszczący się na obwodzie, ku Słońcu. Pro-
mień słoneczny wpadający przez ten otwór wskazuje godzinę na po-
działce znajdującej się wewnątrz pierścienia.

Dodać należy że pierścień ten jest podwójny: w jednym (wierzchnim) jest otwór, a w drugim — na którym znajduje się podziałka — jest wycięcie wzdłuż połowy pierścienia. Przed mierzeniem czasu należy przesunąć zewnętrzny pierścień odpowiednio do dnia i miesiąca.

Dziennie-nocne zegary (Tag- und Nachturen) są tak urządzone, że przy ich pomocy można określić godziny nie tylko od światła słonecznego, ale i od księżycowego.



Rys. 26. „Naręczny zegarek“ słoneczny
Czarne linie przedstawiają poszczególne godziny, rzucające cieniem patyka

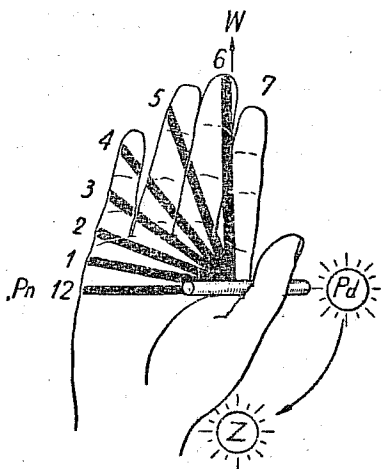
Najprostszym zegarem przenośnym jest „naręczny zegarek“ słoneczny, który nic nie kosztuje i każdy może go sobie w ciągu jednej chwili sporządzić, gdyż za cały „mechanizm“ służy tu tylko kawałek pręcika, lub choćby źdźbło słomy.

Jak więc należy się takim „zegarkiem“ posługiwać?

W przedpołudniowych godzinach należy lewą dłoń odwrócić do góry, ustawić ją poziomo, zwrócić końcami palców w stronę zachodu

du. Między duży palec (kciuk) a kostkę palca wskazującego, przy tzw. linii serca, włożyć kawałek cienkiego patyka, wyobrażający „wskazówkę”, który lekko dociśnięty, nachyla się pod kątem około 50° , a więc prawie tyle ile wynosi szerokość geograficzna środkowej Polski. I zegarek gotów...

Czas miejscowy słoneczny odczytuje się w ten sposób, że gdy cień „wskazówki” pada na palec wskazujący, jest godzina 5 rano, na palec środkowy — godzina 6. itd. jak to wskazano na rys. 26.

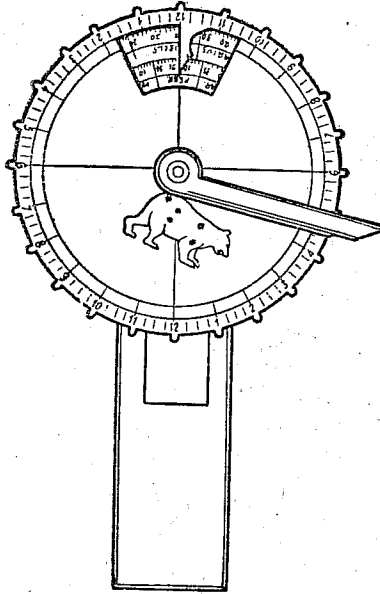


Rys. 27. Tarcza „naręcznego zegarka” słonecznego w godzinach popołudniowych

Od godziny 12 w południe, należy „tarczę” zmienić i wskazówkę przelożyć do prawej ręki, zwracając ją przy odczytywaniu godziny, palcami w stronę wschodu.

3. Zegary gwiazdowe.

Zegar gwiazdowy (Horometr, Nocturnalium, Noctilabium, Sternuhr, rys. 28) służy do oznaczania godzin w nocy. Składa się zwykle z czterech koncentrycznych krążków i jednej wskazówki.



Rys. 28. Zegar gwiazdowy

Używając tego zegara należy wpierw małą wskazówkę nastawić na dany dzień, przez pokręcenie jednego z krążków. Następnie trzymając go w ręku ustawia się tak wskazówkę, by ostatnie dwie gwiazdy Wielkiej Niedźwiedzicy i Biegunową na niebie, łączyła w jedną linię. Liczymy teraz wystające na obwodzie tarczy występy, od środka rączki do wskazówki (od lewej strony do prawej). Liczba występow wskazuje ilość godzin.

III. R Ó Ź N E

ZAKOŃCZENIE

Podaliśmy w krótkim zarysie podstawowe wiadomości o czasie. Tak zwięźle wyjaśnienia samego pojęcia czasu, jak i samą kosmografię staraliśmy się ująć w najprostszej formie, kierując się względami praktycznego ich zastosowania w świecie zegarmistrzowskim. Z tego też względu pominieliśmy filozoficzne rozważania nad samą istotą czasu, a zajęliśmy się tylko czasem fizycznym, zwracając przy tym szczególną uwagę na sposób jego mierzenia. Jest bowiem konieczne, by zegarmistrz budujący czy konserwujący czasomierze, posiadał również przynajmniej podstawowe wiadomości z teorii czasu, odmierzanego za pomocą tych właśnie czasomierzy.

Znaczenia teorii zegarów słonecznych podkreślać specjalnie nie potrzeba, gdyż widzimy, że sposób wyznaczania czasu ściśle z nią się zająbia. Mimo więc niewielkiego zastosowania praktycznego samych zegarów słonecznych, poznanie zasady ich budowy pozwala łatwiej zrozumieć niejedno zagadnienie w sposobach mierzenia czasu.

Mamy więc nadzieję, że i ta część „Zegarmistrzostwa” spełni swoją rolę, przygotowując zarazem Czytelników do chętnego studiowania dalszych wiadomości teoretycznych z dziedziny zegarmistrzostwa.

Następne części okażą się o tyle ciekawsze, że będą omawiać zegary mechaniczne, od wieżowych począwszy, a skończywszy na zegarkach noszonych, tj. kieszonkowych, naręcznych i pierścienkowych, z którymi zegarmistrze codziennie się stykają.

LITERATURA

użyta przy opracowaniu 4 części „Zegarmistrzostwa”

W j ę z y k u p o l s k i m:

- Carrel Alexis Dr: „Człowiek istota nieznaną” — Kraków 1936.
Gadomski Jan: „Kosmografia” — Warszawa 1931.
Groszek Leon: „Wychwył Grahama” — Poznań 1947.
Kępiński F. Dr Prof.: „Rocznik Astronomiczny” — Warszawa 1946—9.
Koebeke Fryderyk: „Nowoczesne wyznaczenie czasu” — Poznań 1949.
Opolski Antoni: „Ziemia jako zegar astronomiczny” — Wrocław 1948.
Opolski Antoni: „Kalendarz i jego dzieje” — Wrocław 1948.
Moreux Teofil: „Tajemnica Bytu” — Poznań 1925.
„Urania” (czasopismo astronomiczne) — Kraków 1948 i 1949.

W j ę z y k a c h o b e c y c h:

- „The Bell System Technical Journal” — New York 1948.
Bock Dr: „Grundlagen und Technik der Zeitmessung” — Berlin 1917.
Bassermann-Jordan Dr: „Uhren” — Berlin 1920.
Bassermann-Jordan Dr: „Alte Uhren und ihre Meister” — Leipzig 1926.
Krause Arthur Dr: „Himmelskunde für Jedermann” — Stuttgart 1941.
Krumm G. A.: „Leitfaden für den Uhrmacher Fahhunterricht” — Berlin 1929.
Lavest R.: „Grundlegende Kenntnisse der Uhrmacherei” — Biel 1947.
Sievert Hermann: „Leitfaden für die Uhrmacherlehre” — Berlin 1938.
Stuker P. Dr: „Der Himmel im Bild” — Stuttgart 1942.
Thiesen F.: „Die Synchronuhren” — Berlin 1937.
Thomas Oswald: „Astronomie” — Salzburg 1942.
Thornayne Arthur: „Everybody's Watches” — London 1946.
„Deutscher Uhrmacher-Kalender” — Berlin 1940.
„Journal Suisse d'Horlogerie”, miesięcznik — Lausanne 1945.
„Schweizerische Uhrmacher-Zeitung”, miesięcznik — Lausanne 1947.

SKOROWIDZ ALFABETYCZNY

Liczba oznacza stronę. Numeracja stron poprzedzona jedynką, dwójką itd. z łącznikiem oznacza, że dane zagadnienie opisane jest również w pierwszej, drugiej lub trzeciej oraz w czwartej części „Zegarmistrzostwa“.

- C**
ciała niebieskie 14
czas 11
„ cywilny 32
„ gwiazdowy 29
„ letni 1—41, 4—35
„ miejscowy 33
„ sezonowy 35
„ słoneczny prawdziwy 28, 33, 65
„ średni słoneczny 31, 33, 65
„ śródkiem - europejski 34
„ uniwersalny 34
„ wschodnio - europejski 34
„ zachodnio - europejski 34
„ zimowy 35
czasomierz 46
- D**
doba 23
„ gwiazdowa 24
„ słoneczna 24 32
„ średnia 25, 32
dokładność czasomierzy 47
dołowanie gwiazd 29
dzień 23
- E**
ekliptyka 22
- G**
galaktyka 17
gnomon 51, 53, 68, 73
gnomonika 50
gnomonograf 58
godzina 25
górowanie gwiazd 29
granica daty 34
gwiazda Biegunowa 62
gwiazdy 14, 16, 29, 62
- H**
heliochronometr 71
historia zegarów słonecznych
1—16, 4—50
- horołogiografia 50
horyzont 26
- K**
kalendarz gregoriański 1—28, 4—20
„ juliański 1—28, 4—19
kąt godzinny 27, 28, 33, 53
kolo godzinne 28, 53
komety 16
kosmografia 14
księżyc 16
kulminacja dolna 29, 62
„ górna 24, 29, 62
kwadrant 55
- M**
meteory 16
mierzenie czasu 13, 28, 32
miesiąc 22
„ kalendarzowy 22
„ synodyczny 22
minuta 25
- O**
obserwatoria astronomiczne 38, 46
oś świata 27
- P**
planetoidy 16
planety 14
podział czasu 19
pojęcie czasu 11
poios 51
południk 23
„ miejscowy 29, 60
„ niebieski 26
porównanie dnia z nocą 20
pory roku 20
„Pracownia czasu“ 40
przełączanie czasu 35
- R**
regulacja zegarów 30, 42
rodzaje czasu 26

rok kalendarzowy 19
„ przesępny 19
„ świeilny 16
równonoc 20, 29
równanie czasu 32, 65
równik 23

„ niebieski 27
równoleżnik 23
ruch Ziemi 21, 29, 31, 46

S

segment, p. strefa godzinowa
sekunda 25
strefa niebieska 26
siatka geograficzna 23
skafie 68
słońce 14, 26
„ średnie 31
służba czasu 38
strefa godzinowa 34
sygnały czasu 1—40, 4—39

T

tarcza zegara słonecznego 55, 64
teoria zegarmistrzowska 9
tydzień 22

W

wartość czasu 12
widnokrąg 26

wskazówka zegara słonecznego 51,
53, 65
wszechświat 14

Z

zegar 1—16, 4—46
„ astronomiczny 38
„ atomowy 3—274, 4—38
„ gwiazdowy 68, 76
„ księżycowy 68, 73
„ kwarcowy 38
„ mechaniczny 38, 77
„ słoneczny 49
„ „ bezpośredni 71
„ „ naręczny 74
„ „ odbiaskowy 71
„ „ pierścieniowy 73
„ „ pierścinkowy 73
„ „ pionowy 55, 70
„ „ pochylony 55
„ „ poziomy 55 70
„ „ przenośny 71
„ „ refleksyjny p. zegar
„ „ odbiaskowy
„ „ równikowy 54, 72
„ „ skośny 55
„ „ uniwersalny 70
„ telewizyjny 43
zegarek noszony 1—29, 4—46
zegarynka 1—41, 4—44
ziemia 14, 29
znaki zodiaku 22

SZCZEGÓŁY NASTĘPNEJ CZĘŚCI

PIĄTA CZĘŚĆ „ZEGARMISTRZOSTWA“ — jako dalszy ciąg teorii zegarmistrzowskiej — będzie obejmować zasady konstrukcji i działania wielkich zegarów mechanicznych, tj. wieżowych, ulicznych i dworcowych.

Tytuły ważniejszych rozdziałów będą następujące:

I. Podstawowe wiadomości o czasomierzach mechanicznych (istota, rodzaje i podziały oraz zasadnicze prawa mechaniki).

II. Zegary wieżowe (wiadomości wstępne, napędy, naciągi, przekładnie chodu i zazębienie, pędnie i rozrzady, przekładnie wskazań, urządzenia nastawcze, pomocnicze napędy wychwytywów, wychwyty, regulatory, tarcze i wskazówki, mechanizmy bicia, obudowy, elektryfikacja, instalowanie).

III. Zegary dworcowe i uliczne.