

Kazimierz Łyczko
emerytowany nauczyciel akademicki

CZAS I JEGO POMIARY

"Czas jest największą mądrością, wszystko ujawni"
Tales z Miletu

Będąc na emeryturze, a zwłaszcza w okresie ostatnich dwóch lat trwającej pandemii sięganie pamięcią do lat minionych, skłaniało do refleksji i wspomnień okresu blisko 50 lat pracy zawodowej w tym 20 lat społecznej działalności w Stowarzyszeniu Wychowanków Politechniki Częstochowskiej.

Wspomnienia te na przestrzeni tych wielu lat wiążą się z nieustannym upływem **czasu**, pojęciem powszechnie używanym, jednak trudnym do zdefiniowania, stanowiącym moje wieloletnie zainteresowanie. Znamienne są słowa wybitnego amerykańskiego fizyka prof. Richarda Philipisa Feynmana **"nawet pomyśleć o definicji jest zbyt trudno"**.

Czas w ujęciu filozoficznym u Arystotelesa - **"czas poznajemy wtedy, gdy potrafimy określić ruch posłużwszy się do tego celu wyrazami „przed” i „po”**. W tomizmie doktrynie św. Tomasza z Akwinu **"to miara wszelkiego ruchu"**, u Immanuela Kanta niemieckiego filozofa rektora uniwersytetu w Królewcu - **"forma naoczności zmysłowej"**, u Henri Bergsona filozofa, noblisty, członka Akademii Francuskiej - **"czyste niepodzielne trwanie"**.

W ujęciu fizycznym czas to obok przestrzeni jeden z dwóch podstawowych elementów konstrukcji świata, wielkość służąca do chronologicznego szeregowania zdarzeń. Wg koncepcji Izaaka Newtona (do połowy XIX w.) **"czas jest wielkością bezwzględną, absolutną niezależną od przestrzeni i czynników zewnętrznych"**. Obecnie przyjmowana koncepcja czasu opiera się na teorii względności Alberta Einsteina, według której **"czas i przestrzeń są traktowane równoprawnie, tworząc czterowymiarową czasoprzestrzeń (czas jest czwartą współrzędną obok współrzędnych przestrzennych)"**.

CZAS TO OBOK PRZESTRZENI JEDEN Z DWÓCH PODSTAWOWYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCJI ŚWIATA, WIELKOŚĆ SŁUŻĄCA DO CHRONOLOGICZNEGO SZEREGOWANIA ZDARZEŃ

Jak powiedział grecki filozof Heraklit z Efezu **„wszystko co nas otacza obdarzone jest przez naturę z ruchem, panta rei, wszystko jest ruchome"**. Dlatego przy pomiarach czasu konieczna jest obserwacja ruchu lecz ruch ten musi być jednostajny lub powtarzający się cyklicznie a zatem czas zależy od zdarzeń a nie zdarzenia od czasu. Geniusz ludzki, choć nie pojął jeszcze i nie ogarnął rozumem tak do końca istoty czasu, zdołał poznać jego tajemnice. Potrafił także znaleźć środki, które pozwoliły człowiekowi zmierzyć każdą przemijającą chwilę.

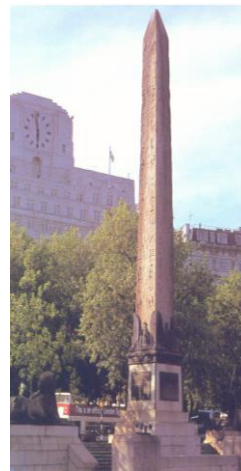
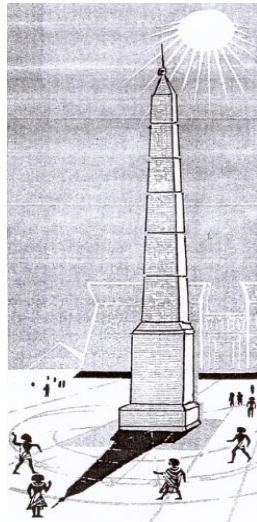
Potrzeba pomiaru czasu ma swoje miejsce kiedy dostrzegana w przyrodzie cykliczność zjawisk człowiek postanowił powiązać z własnym życiem. Wyznaczanie i mierzenie czasu jest konieczne do porządkowania życia na Ziemi, a tym bardziej do przeprowadzania wszelkiego rodzaju badań naukowych i technicznych.

Zegary słoneczne

"Czas to jedyna droga od początku do końca jednokierunkowa"

Kazimierz Matan

Pierwsze notowania tych zjawisk tj. odmierzenia biegu czasu powiązane były z wynikami obserwacji ruchu Słońca i Księżyca. Podejmowane próby pomiaru czasu miały miejsce tam gdzie narodziły się pierwsze cywilizacje: w dorzeczach żyznych rzek Bliskiego Wschodu: Tygrysu, Eufratu, Nilu. Mniej więcej 2÷3 tys. lat p.n.e. w Egipcie, Babilonii, Chinach i Indiach. Dzięki poznaniu w zachowywaniu się cienia przedmiotu czas mierzono wykorzystując zmianę długości i kierunku cienia padającego i przesuwanego wokół pionowego słupa lub pręta ustawionego na płaskim terenie. Był to zwykle strzelisty obelisk, ważący nawet 300 ton, budowany na centralnym placu, dostępny dla wszystkich obywateli, nazwany **gnomonem** (z gr. wskazówka). Obecnie wiele z nich zdobi place różnych stolic świata, np. w Londynie, egipska budowla "Iglica Kleopatry", która 1500 lat p.n.e. stała przed świątynią Heliopolis w Egipcie a obecnie stoi na lewym brzegu Tamizy.



Londyn,
Iglica Kleopatry

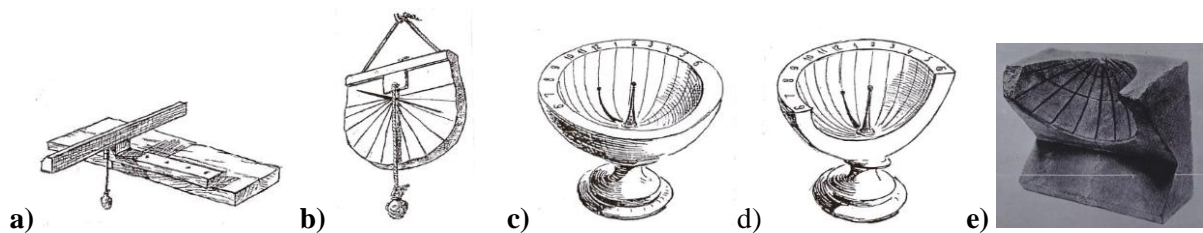


Rzym,
Plac del Popolo

Przegary, pierwsze zegary słoneczne - gnomony

Można zatem powiedzieć, że historia zegara zaczyna się od patyka wbitego w pustynny piasek, którego cień dłuższy lub krótszy w zależności od położenia słońca wyznaczał czas upływającego dnia np. dla podróżującej przez pustynię kilka tysięcy lat temu karawany. Można również przyjąć, że słońce było pierwszym zegarmistrzem a jego promienie wyznaczały dzień i noc, czas pracy i wypoczynku, czas zasiewów i plonów.

Pod koniec drugiego tysiąclecia p.n.e. pojawiły się pierwsze przenośne zegary słoneczne:



Przykłady pierwszych zegarów słonecznych przenośnych

a - jeden z najstarszych (IX w. p.n.e., muzeum w Berlinie) wykonany z zielonego kamienia - łupka składającego się z dwóch listew złożonych w kształcie litery T. Na dłuższej listwie umieszczone są znaki godzin a krótsza swoim cieniem stanowi wskazówkę.

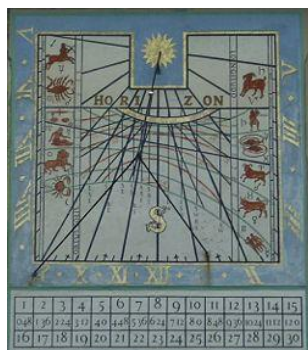
b - w XIII w. p.n.e. pojawiły się zegary słoneczne wertykalne tzn. z tarczą pionową mającą podziałkę i prostopadle ustawionym gnomonem spełniającym funkcję wskazówki. Dopiero w pierwszej połowie XII w. n.e. wprowadzono ukośny gnomon nachylony w taki sposób, by układał się równoległe do osi ziemskiej.

c) - na początku X w. p.n.e. mistrzowie astronomii Babilończycy ustawili pręt gnomonu nie na płaszczyźnie a na dnie naczynia z półkolistą czaszą – koniec cienia był odzwierciedleniem pozornej drogi Słońca po niebie, ten horyzontalny zegar słoneczny nazwano *polosem*.

d) - *skaphe* – to polos ulepszony w III w. p.n.e. przez historyka i astrologa babilońskiego Berossosa, w którym usunięto przednią część czaszy co ułatwiało dostęp i widoczność powierzchni z siatką godzinową.

e) - *skaphe* z Civita Lavinia (Italia)

Zegar słoneczny upowszechnił się od 606 roku po wydaniu przez papieża Sabinianusa nakazów umieszczania tych zegarów na murach kościołów z jednoczesnym ogłaszaniem godzin za pomocą dzwonów. Najstarsze zachowane zegary słoneczne z okresu do IX w. są jeszcze na ścianach kościołów w Bewcastle Cross, Bishopstone w Anglii. W kronice Galla przy okazji opisu napadu Pomorzan w latach 1107 ÷ 1108 wspomniany jest zegar słoneczny na kościele we wsi Spicymierz w gminie Uniejów, natomiast do dziś zachowane zegary, bez wskazówek z XIV w. znajdują się na skarpie kościoła w Stróżyskach wsi w gminie Wronki oraz w Żywcu na zamku Komorowskich, późniejszej własności Habsburgów.



Zegary księżycowe

Jedną z odmian jest *zegar księżycowy* będący odpowiednikiem zegara słonecznego, w którym cień gnomona rzucany przez księżyc pada na powierzchnię z odpowiednimi oznaczeniami umożliwiającymi odczytanie aktualnej godziny. Zegar księżycowy wskazuje poprawną godzinę tylko przy pełni księżyca. Każda noc po pełni księżyca daje 48 minut opóźnienia, zaś każda noc przed pełnią powoduje, że zegar spieszy o 48 min. W niektórych tak jak to widać na przykładzie zegara znajdującego się na Uniwersytecie Cambridge znajduje się tabela umożliwiająca dokonanie poprawek ze względu na fazy księżyca.

Połowa XV wieku, to początek rozkwitu nowoczesnej gnomoniki. Bogata jest historia związana z wertykalnymi zegarami słonecznymi, ich rodzajami i wykonaniem umieszczanych zwykle na reprezentacyjnych budowlach: ratuszach, kościołach, pałacach, itp.



Katedra w Chartres
(śr.Francja) - 1587



Gdańsk,
Ratusz - 1589



Pałac w Wilanowie - 1684
proj.: J. Heweliusz, A. Kochański



Kieżmark, Słowacja
kościół - 1653



Grodków,
Ratusz - 1675



Kraków, ul. Karmelicka 35,
„Dom pod Pajakiem” - 1889

Wertykalne zegary słoneczne

Działalność wybitnych uczonych - konstruktorów, matematyków i astronomów m.in. Peurbacha, Regiomontanus, Gmundena, Dorna, przy współpracy z artystami- rzemieślnikami przyczyniała się do rozwoju i rozpowszechnienia nowych modeli i kształtów zegarów słonecznych. Znaczący wkład w rozwój gnomoniki mają również Polacy.

Pod koniec lat 70-tych XV w. wykładał gnomonikę na uniwersytecie w Boloni Mikołaj Wodka z Kwidzynia, zachował się po nim manuskrypt w British Museum Library w Londynie. Również Marcin Bylica z Olkusza wykładał w Bratysławie i w Budzie a jego zegary słoneczne m.in. na sferze niebieskiej można zobaczyć w Muzeum Jagiellońskim. Mikołaj Kopernik (1517 r.) wynalazł i zastosował metodę refleksji w budowie zegarów słonecznych.

Należy też wspomnieć dwóch braci Zachariasza i Bartłomieja Sculteusa. Pierwszy był autorem zegara na aptece miejskiej w Zgorzelcu a drugi pozostawił po sobie podręcznik gnomoniki będący przed dziełem astronoma Christophorusa Claviusa najlepszym naukowym wykładem w tej dziedzinie.

W drugiej połowie XVI w. działał w Gdańsku Aleksander Glaser, który pozostawił po sobie rozbudowany, malowany na oleju projekt zegara słonecznego z 1588 r. dla Ratusza Głównego Miasta. Stanisław Pułdowski profesor Uniwersytetu Krakowskiego opracował metodę i zbudował ok. 1649 r. urządzenie do kreślenia linii gnomonicznych na wewnętrznej stronie pierścienia.

Astronom Jan Heweliusz (1611-1687) i jezuita Adam Adamandy Kochański (1631-1700) polski uczyony, matematyk i fizyk, wykładowca na uniwersytetach w Moguncji i Florencji, projektanci i wykonawcy zegara ściennego pałacu w Wilanowie z bogatą formą plastyczną indeksów, rzeźbioną i polichromowaną przez budowniczego pałacu Augustyna Locci. Znanym na świecie znawcą i projektantem zegarów słonecznych m.in. dla obserwatorium w Greenwich był historyk sztuki i nauki, dr Tadeusz Przypkowski, jeden z nielicznych gnomoników na świecie zajmujący się obliczeniami i projektami zegarów słonecznych (liczne Jego projekty dla obserwatorium w Greenwich). Największe

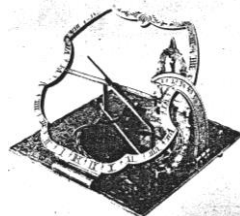
w Polsce i trzecie na świecie po względem liczebności i wagi zbiory zegarów słonecznych i przyrządów astronomicznych znajdują się w muzeum im. Przypkowskich w Jędrzejowie. Prof. Marek Olszewski zidentyfikował osiem zegarów słonecznych na antycznych mozaikach. Również Edward Nadulski, bibliofil, ceniony za granicą badacz, to konstruktor nowych, rekonstruktor i restaurator zegarów słonecznych.



Równikowy Waltersa,
1665, muz. Jędrzejów



Typ paryski XVII w.
Michel Butterfield



Równikowy Graessla
XVIII w. muz.
Jędrzejów



Typ norymberski
H. Troschel, XVII

Zegary przenośne z okresu nowoczesnej gnomoniki

Kilka zegarów można spotkać w miejscu mojego zamieszkania, Częstochowie. Dwa zegary słoneczne opisane: lewy cyframi arabskimi a prawy rzymskimi umieszczonymi znajdują się nad wejściem do Bazyliki Jasnogórskiej. Drugi jest w parku im. Staszica z czarnego szlifowanego granitu będącego częścią cokołu pomnika cara Aleksandra II stojącego w okresie 1889÷1917 r. u stóp Jasnej Góry.



Bazylika Jasnogórska



Park Staszica – 1929
prom. ksiądz B. Mettler



Kamienica, Rondo
Mickiewicza - 1970



Stary Rynek 24
- 1898



Plac Rady Europy - 1997

Zegary słoneczne w Częstochowie

Kolejny znajduje się na południowej ścianie oficyny kamienicy przy Starym Rynku 24, gdzie mieszkał prof. Jerzy Kołakowski organizator i były rektor Politechniki Częstochowskiej. Inne to prywatny zegar na kamienicy przy rondzie Mickiewicza wykonany przez artystę, plastyka Andrzeja Baranowskiego, oraz najnowszy zbudowany w 1997 r. znajduje się przed dworcem PKP na placu Rady Europy, z opinią bardzo dobrze "ustawionego" w odniesieniu do szerokości geograficznej.

Równoległe z rozwojem gnomoniki konstruowano również zegary **wodne** i **ogniowe**, które były niezależne od Słońca i ruchu Ziemi i w dużej mierze pomocne wieczorem i w nocy.

Zegary wodne

"Ludzie którzy nigdy nie mają czasu czynią najmniej"

Georg Hristoph Lichtenberg

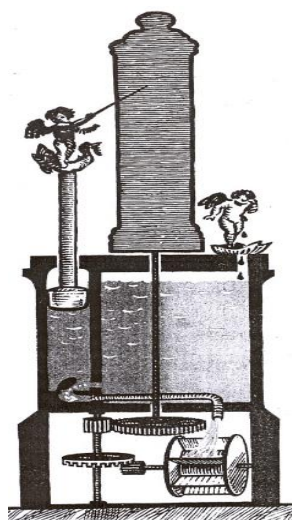
W **zegarach wodnych** bieg czasu określał poziom odpływającej lub dopływającej ilości wody. Najstarszy odnaleziony zegar wodny pochodzący z okresu panowania króla Amenhotepa (1415÷1380 r. p.n.e.) znajduje się w Kairze. Wykonany był z alabastru w kształcie doniczki, z naniesioną wewnątrz podziałką z ujściem przez otwór wydrążony w szlachetnym rodzaju kamieniu osadzonym w dnie naczynia. Zmechanizowany zegar wodny powstał już 300 lat p.n.e. w Egipcie a udoskonalony został w 287 r. p.n.e przez Ktesibiosa greckiego mechanika i wynalazcę z Aleksandrii, nauczyciela Herona. Zegar miał kształt osadzonej na wysokiej podstawie kolumny z dwoma figurkami. Jedna z nich roniła łzy spływające do zbiornika a wzrastający poziom w zbiorniku unosił drugą wskazującą na obracającej kolumnie odpowiednią godzinę.



Egipt XIV p.n.e.
muzeum Kair



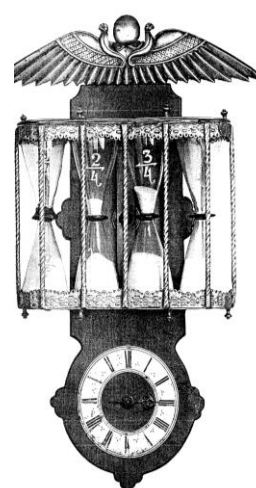
Chiny,
XIV w. p.n.e



Grecja 287 p.n.e.
zegar Ktesibiosa



Klepsydry XVII
muz. Jędrzejów



Klepsydra piaskowa
(1 godz.), XVIII w.
Niemcy

Zegary wodne i piaskowe

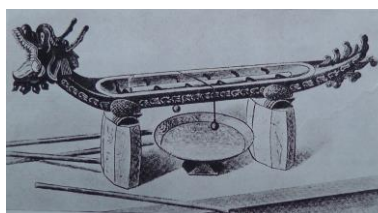
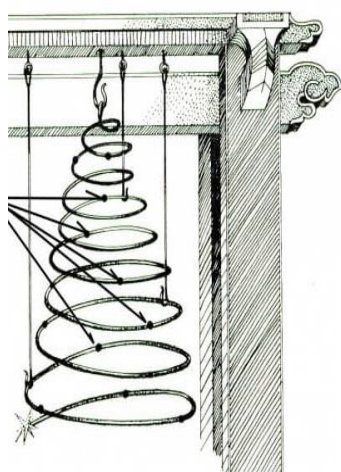
Odmianą zegara wodnego (ok. 422 p.n.e. - Grecja) była klepsydra składająca się zazwyczaj z dwóch pojemników w kształcie stożka o jednakowej objętości, ustawionych piętrowo i połączonych w miejscach styku. Czas odmierzany był przez przeciekający z naczynia do naczynia płyn. W Europie z powodu często pojawiających się ostrych zim woda w klepsydrach została zastąpiona przez piasek lub mieszaninę piasku z miałem z czarnego marmuru kilkakrotnie wygotowanego w winie następnie wysuszonego na słońcu. Często dodawano do tego zmielone skorupy jaj oraz sproszkowany ołów i cynk. Podobno zastosowanie takiej mieszaniny gwarantowało lepszą regularność przesypu między pojemnikami. Klepsydry odmierzają określone odcinki czasu. Cechę tą wykorzystywano m.in. do przyznawania stałego parytetu czasu np. osobom przemawiającym w sądach, czasu trwania służb wartowniczych, godzin lekcyjnych, itp. Wśród zachowanych w Polsce, spotyka się od pojedynczych do czteroczęściowych a w zbiorach europejskich są też takie gdzie liczba naczyń dochodzi do kilkunastu, których ciągłość działania można utrzymać dzięki odwróceniu zegara o 180°.

Zegary ogniowe

"Gość ma zwykle więcej czasu niż gospodarz"

Tadeusz Kotarbiński

W **zegarach ogniowych** pomiar czasu łączono ze zjawiskiem spalania używane w Europie w okresie od XVII do poł. XIX w. Za najdawniejszy zegar ogniowy uchodzi chiński o odmianach: płytka z labiryntem rowków napełnionych proszkiem, który spalając się stopniowo zaznaczał bieg czasu na podziałce. Inne to „zegary wonne” – spiralny pręt z mieszaniny środków palnych i kadzideł nasączonych różnymi aromatami, odpowiednio oznaczony stąd powiedzenie - "powąchaj która godzina". Miarą czasu było również spalanie długich świec wykonanych ze sproszkowanej kory drzewnej, wymieszanej ze smołą z naniesionymi podziałkami godzinowymi wzdłuż świecy.



Zegary ogniowe



Czechy,
I poł. XIX w.



Kraków,
XVIII w.

Odmiana zegarów ogniowych były tzw. "budziki" działające na zasadzie wypalenia odpowiednio wysuniętego elementu, bądź przepalenia się w odpowiednim miejscu nici nasączonej substancją palną co powodowało opadnięcie kulki na blaszany podstawek. Ponadto powszechnie stosowane były zegary oliwne wykorzystujące równomierne wypalanie się cieczy (oliwy) w zbiorniku szklanym. Opadający poziom wypalanej cieczy pokazywał na wyznaczonej skali mijające godziny. Wszystkie wyżej opisane rodzaje zegarów tracąc na znaczeniu, przetrwały do końca XVIII w. dzieląc swój czas z istniejącymi już zegarami mechanicznymi, obecnie pozostają eksponatami muzealnymi, pamiątkami i ozdobami architektonicznymi gmachów, parków, itp.

Zegary mechaniczne

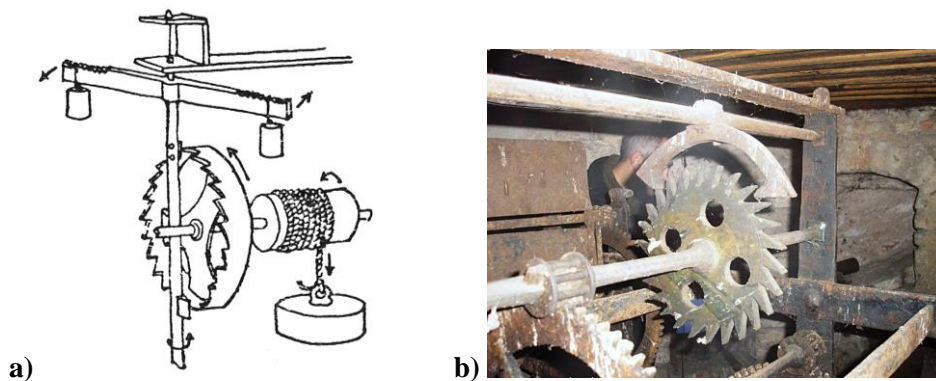
"Największym złodziejem czasu jest własne lenistwo"

Agnieszka Lisak

Prawdziwym przełomem w rozwoju metod odmierzania czasu było wykorzystanie **energii potencjalnej** stanowiącej serce napędu. **Napędem** może być ogromny kamień uwiązany na grubej linie na pewnych wysokościach w zegarach wieżowych, mosiężny obciążnik zwany wagą w zegarach pokojowych wiszących i stojących. Ciężarki zawieszane na sznurach lub łańcuchach owinięte wokół wału, opuszczające się grawitacyjnie wprawiały w ruch bęben, który spełniał funkcję pierwszego stosowanego w praktyce napędu zegara. Np. zegar zbudowany przez Henryka De Wicka w 1368 r.

w Witenbergii był uruchamiany odważnikami o wadze 227 kg opadających z wysokości prawie 10 m. Dziś ten zegar można zobaczyć w Pałacu Sprawiedliwości w Paryżu.

Kolejnym wyzwaniem było stworzenie mechanizmu dla stopniowego uwalniania z napędu, jego niewielkiej części w sposób kontrolowany i cykliczny (w równych odstępach czasu) co powodowało by przesunięcie wskazówki na pewną i powtarzalną w czasie odległość. Umożliwiał to skonstruowany mechanizm nazwany **wychwytem**. Pierwszym wynalazkiem był **wychwył wrzecionowy z regulatorem kolebnikowym**. Mechanizm ten składa się z kołyski (kolebnika) zwalnającej na krótko zapadkę blokującą ruch oscylacyjny, dzięki czemu może ona obracać się o pewien kąt w ściśle określonym czasie. Wychwył oprócz przekazywania impulsów energii z napędu umożliwiając działanie regulatora (kolebnika) powstrzymuje mechanizm od ciągłej pracy (w sensie dosłownym). Z wychwyłu cykliczny ruch obrotowy przekazywany za pomocą przekładni z kołami zębatymi na oś ze wskazówkami.



Pierwsze wychwyty: wrzecionowy (a), kotwicowy zegara wieżowego w Dobrzykach (b)

W Europie po raz pierwszy zegar mechaniczny skonstruował mnich benedyktyński, francuski fizyk, matematyk i mechanik Gilbert (935-1003) pochodzący z miejscowości Aurillas (od 999 r. papież Sylwester II). Najstarszy opis stanowiący dowód na istnienie zegarów mechanicznych we Włoszech w XII w. miał miejsce w Boskiej Komedii Dantego oraz w jego pieśni XXIV „Raju” pochodzącej z lat między 1316 a 1321 r.

Wiek XIV to okres intensywnego rozwoju zegarów, które montowano na wieżach kościołów, frontonach pałaców i ratuszów. Początkowo były to duże o wysokości prawie 18 metrów, wielotonowe proste mechanizmy, z prymitywnie obrobionymi częściami, bez tarcz i wskazówek a godziny, określane wg obrotu kół sygnalizował dzwonnik zatrudniony przy obsłudze zegara. W miarę upływu czasu o coraz większym stopniu skomplikowania mechanizmu dodatkowo z tarczami i wskazówkami. Te bardziej znane, wybrane zegary wieżowe zostały przedstawiono na zdjęciach.

Jednym z pierwszych zachowanych do dziś jest zegar w Wells Cathedral w Anglii datowany na 1325 rok. Zegar z tarczą przedstawiającą geocentryczny widok wszechświata wykonał mnich z opactwa Glastonbury oddalonego zaledwie sześć mil od Wells. Obecnie mechanizm znajduje się w muzeum Nauki w Londynie, gdzie nadal działa.

Największe dzieło średniowiecznego zegarmistrzostwa (Padwa, 1364 r.) to monumentalny zegar, którego twórcą był astronom, matematyk, poeta i lekarz Giovanni de Dondi (autor szczegółowego opisu mechanizmu zegarowego). Zegar pokazywał oprócz godzin i minut także ruchy Słońca, Księżycy, Wenus, Saturna, Marsa, Merkurego i Jowisza, miesiąc i dzień, zawierał również stały kalendarz świąt kościelnych.

Wiarygodne świadectwo istnienia zegara we Wrocławiu pochodzi z 1362 roku kiedy to wrocławski mistrz kowalski Petzold zobowiązał się do końca życia doglądać wielkiego zegara. Kolejna wzmianka pojawia się w 1368 r. w umowie między mistrzem kowalskim Swelbelem a przedstawicielami Opawy,

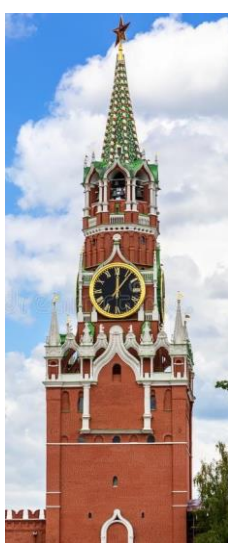
m.in. z zapisem: "Zegar musi być taki jak na Wieży Ratusza" jako wzorzec przyszłego w Opawie. Dokładnie było to 19. III. 1368 r., data ta widnieje na dzwonie wrocławskiego zegara z napisem "Roku Pańskiego 1368 Ja dzwon rzadko ogłaszam rzeczy blache"

Zegar Kremłowski na Spasskiej Wieży jest jednym z najciekawszych przykładów zegara mechanicznego. Zbudowany w 1404 przez mnicha Łazarza, z bardzo skomplikowanym mechanizmem, z czterema cyferblatami, których każdy ma 6 m średnicy. Doskonalony w latach 1491 - 1585. Przerabiany na polecenie Piotra I i Mikołaja I. Kuranty wygrywają hymn Rosji.

W Londynie tarcza zegara na wieży Big Ben zaprojektowana przez Augustusa Pugina, jest osadzona w stalowej ramie o średnicy 7 metrów. Podtrzymują ją 312 kawałków opalizującego szkła. Wskazówka godzinowa ma 2,7 m, a minutowa 4,2 m, rzymskie cyfry mają po 60 cm.



Wrocław, Ratusz,
1368



Moskwa, Kreml,
1404



Londyn, Big
Ben, 1854



Gdańsk, Ratusz,
1457



Wenecja, Wieża
Zegarowa, 1499



Praga, Orloj,
1490



Gniezno, Katedra, ok. 1414



Florence, Katedra Santa
Maria del Fiore, 1443



Gniezno, Katedra,
1433



Paryż, 1370

Zegary wieżowe

Na placu św. Marka w Wenecji w wieży umieszczono w 1499 r. mechanizm zegara astronomicznego projektu Gian Carlo Rainieri. Na szczycie znajdują się dwa posągi Maurów uderzających co godzinę w dzwon. Zegar pokazuje godziny, pory roku, fazy księżyca, położenie słońca w kolejnych znakach zodiaku.

Praski Orloj to średniowieczny zegar astronomiczny zbudowany w 1490 roku znajduje się na południowej ścianie Staromiejskiego Ratusza. Zegar składa się z trzech części: *astronomicznej* pokazującej położenie ciał niebieskich, *kalendarzowej* z medalionami reprezentującymi miesiące oraz *animacyjnej* gdzie pojawiają się ruchome figurki dwunastu apostołów przedstawiające nieuchronność płynącego czasu i symbolikę przemijania ludzkiego życia. Pianie koguta kończy ich pochód.

Podczas zwiedzania Florencji dużym zaskoczeniem dla mnie był zegar w Katedrze Santa Maria del Fiore. Wskazówki tego zegara obracają się w przeciwnym kierunku niż ma to miejsce w zegarach powszechnie stosowanych. Świadczy o tym pokazana na zdjęciu tarcza zegara opisana cyframi.

Zegar na wieży Bazyliki Jasnogórskiej wyposażony jest w największe w Polsce kuranty zbudowane przez belgijską firmę z Maline koło Brukseli. Posiada 37 dzwonów, czyli trzy oktawy z półtonami.

O ile można wierzyć zachowanym przekazom, w Wielkopolsce przed 1376 rokiem powstał zegar na wieży kościoła katedralnego w Gnieźnie, ufundowany przez arcybiskupa Jarosława Skotnickiego (1342÷1376). Jego istnienie poświadcza najdawniejsza notatka w koncjonale po klaryskach z 1418 r., a z kolei w 1455 r. dowiadujemy się, że miał on 24-godzinną tarczę.

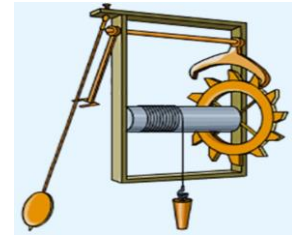
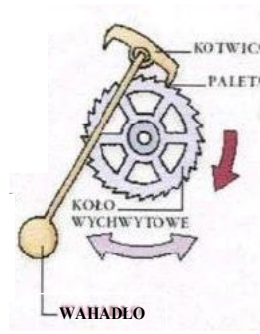
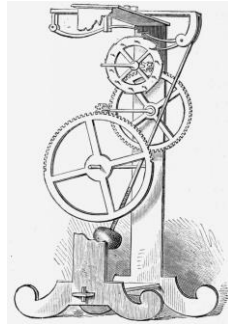
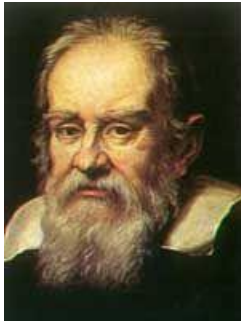
Osobliwy zegar, wykonany wg przekazów świadczących o jego istnieniu w 1433 roku znajduje się na południowej stronie wieży katedralnej w Toruniu. Tarcza skierowana jest w stronę Wisły bowiem zegar miał służyć flisakom docierającym do Torunia w regulacji toku życia na rzece i nabrzeżu portowym. Nazwę Digitus Dei (Palec Boży) zawdzięcza wskazówce zakończonej grotem w kształcie dłoni z palcem wskazującym godzinę. Zegar ma 5 metrów średnicy i waży 300 kg.

Wielowiekowa ewolucja zegara polegała na doskonaleniu jego trzech zasadniczych części: napędu, wychwyty i regulatora. Już w połowie XV wieku ukazują się zegary w których napędem jest *energia skróconej sprężyny* (wstęga stalowa zwinięta w kształt linii spiralnej). Zastąpienie całego układu napędu obciążnikowego sprężyną umożliwiło znaczne zmniejszenie rozmiarów zegarów. Jednym z najstarszych zachowanych mechanizmów sprężynowych w Europie jest zegar pałacowy zbudowany dla Filipa Dobrego burgundzkiego w latach 1429-1435 przez P. Lamberta z Mons i J. Poutina z Brugii znajdujący się obecnie w Germanisches Museum w Norymberdze. Napęd sprężynowy nie poprawił jednak pracy regulatora, niedokładność wskazań dochodziła nadal do kilkudziesięciu minut na dobę.

Ważnym wynalazkiem przyczyniającym się do pomniejszenia i do zwiększenia dokładności było zastąpienie kolebnika *kółkiem zamachowym*. Wynalazek przypisuje się Niemcowi Piterowi Henlein i Francuzowi Juliuszowi Couldrąy, którzy w latach 20-tych XVI w. skonstruowali małe zegary z kółkiem balansowym, zaś rolę obecnego włośa pełniły *dwie szczeciny*.

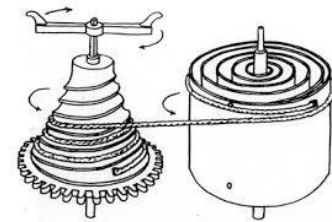
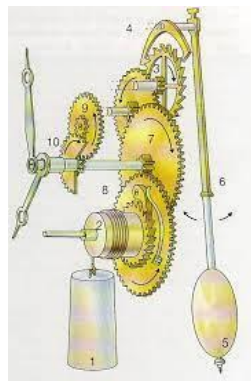
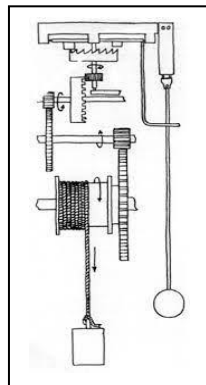
Fundamentem szeregu dalszych udoskonaleń w mechanice zegarowej opartych na zastosowaniu praw poznawczych były wielkie odkrycia Mikołaja Kopernika oraz Galileo Galileusza.

Odkrycia praw ruchu wahadłowego (izochronizmu wahań) dokonał w roku 1583 Galileusz (1564-1642), włoski fizyk, matematyk, i filozof, prof. na Uniwersytetach w Pizie i Padwie. podczas nabożeństwa w katedrze w Pizie. Obserwował żyrandol, który rozkołysany podczas zapalania świec rozpoczął wykonywać ruchy wahadłowe. Galileusz zaczął odmierzać czas poszczególnych wahań odliczając przypadającą na każde wahnienie liczbę uderzeń własnego pulsu. W miarę zmniejszania się obszerności wahań liczba przypadających uderzeń pulsu pozostała taka sama. Stwierdził zatem, że *"okres wahań wahadła jest niezmienny"*. Na podstawie dodatkowych doświadczeń ustalił drugie prawo: *"czas trwania wahań zależy tylko od długości wahadła"*



Galileusz Galilei (1563-1642), zegar Galileusza, zastosowania wahadła

Swoje pomysły do projektu zegara wahadłowego przekazał synowi Wincentemu Galilei. Należy nadmienić, że Galileusz był również wybitnym astronomem, popierającym teorię Kopernika. Za podważanie obowiązującego wówczas poglądu że wszystkie ciała krążą wokół ziemi został potępiony przez kościół, zmuszony do odwołania swych poglądów i skazany na areszt domowy do końca życia. Dopiero 350 lat po jego śmierci 31 października 1992 r. papież Jan Paweł II dokonał pełnej rehabilitacji Galileusza.



Christian Huygens (1629 – 1695), mechanizmy zegara wahadłowego, bęben wyrównawczy

W latach 1656÷57, niezależnie od projektu Galileusza holenderski prof. astronomii i fizyki Christian Huygens, skonstruował działający zegar z **wahadłem** stanowiącym **regulator chodu** zawieszonym początkowo na pojedynczej, później na podwójnej jedwabnej nitce. Zegar ten znajdujący się dziś w Muzeum Nauki w Leidzie wykonał rzemieślnik Salomon Coster. Huygens swoje zegary opisał w książce "Horologium oscillatorium". Kolejnym ulepszeniem zastosowanym przez Czecha Jakuba Zecha w zegarze dla królowej Bony był **bęben wyrównawczy**. Bęben z pomieszczoną wewnątrz sprężyną połączony jest ze ślimakiem stożkowym. Rolą ślimaka jest wyrównywanie siły skręconej sprężyny, która początkowo pracuje zbyt silnie, w miarę zaś rozkręcania słabnie. W wyniku tego udoskonalenia błędy wskazań zmalały do kwadransa na dobę.

Zasługujące na uwagę poszukiwane przez kolekcjonerów są zegary stojące, wiszące i stołowe znanej świebodzińskiej firmy GUSTAW BECKER działającej od połowy XIX w. do 1943 roku. Była to montownia części wytwarzanych metodą chałupniczą w rejonie Srebrna Góra - Wałbrzych - Świebodzice oferująca 72 typy mechanizmów w kilkuset typach obudów drewnianych.

Poniżej przedstawiono wybrane rodzaje zegarów z *regulatorem wahadłowym*.



Podłogowy obciążnikowy



Podłogowy sprężynowy



Wiszący sprężynowy



Wiszący obciążnikowy

Zegary obciążnikowe i sprężynowe z regulatorem wahadłowym



Kartel



Konsolowy



Rocznik



Kartuszowy



Szkieletowy

Zegary sprężynowe z regulatorem wahadłowym

Możliwością regulacji okresu wahań zmianą długości wahadła zwiększono precyzję odmierzenia czasu redukując niedokładność chodu z 15 minut do ok. 20 sekund.

W tym okresie autorem szeregów projektów dotyczących wahadła (np. zawieszka wahadła w postaci paska sprężyny o grubości $0,05 \pm 0,2$ mm) i innych ulepszeń w mechanizmach zegarowych był wspomniany wcześniej ksiądz A.A. Kochański. Pionierem zegara wahadłowego był również Jan Heweliusz z Gdańska, prof. matematyki i astronomii, członek Towarzystwa Królewskiego w Londynie. W 1660 r. ofiarował królowi Janowi Kazimierzowi zegar wahadłowy własnej konstrukcji.

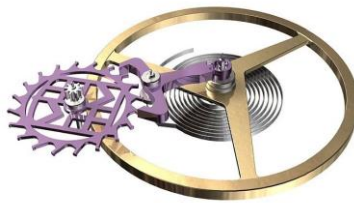
Długość wahadła ma istotny wpływ na jego częstotliwość (ilość oscylacji w jednostce czasu). Zmiana tej długości pod wpływem temperatury otoczenia może spowodować błąd kilku sekund na dobę. Aby tego uniknąć angielski John Harrison (w 1726 r.) zastosował **wahadło z kompensacją temperaturową** z prętem wykonanym z odpowiednio dobranych materiałów o różnym współczynniku rozszerzalności. Takie wahadło nie zmienia swojej długości podczas zmian temperatury. Wprowadzane udoskonalenia i wyższa dokładność wykonania poszczególnych części, sprawiło, że zastosowanie w zegarach wahadła okazało się doskonałym regulatorem po dzień dzisiejszy.

Dalszy rozwój sztuki zegarmistrzowskiej to nowe regulatory chodu i wychwyty dostosowane do napędu z napędem obciążnikowym lub sprężynowym.

Bardzo ważnym wynalazkiem z 1675 r. autorstwa Ch. Huygensa, usprawniającym pracę zegarka mechanicznego, zastępującym kółko zamachowe ze szczecinami był **regulator balansowy** składający się z **kółka zamachowego** i **sprężynki zwrotnej** (włosa). Pod działaniem napędu (głównej sprężyny) koło wychwytowe popycha kotwicę i wprawia balans w ruch. Sprężynka balansu (włos) skręca się i rozkręca co powoduje wahadłowy ruch koła zamachowego balansu. Tego typu rozwiązanie umożliwiło funkcjonowanie zegara bez względu na położenie co ma istotne znaczenie np. w przypadku zegarków kieszonkowych i naręcznych.



Balans

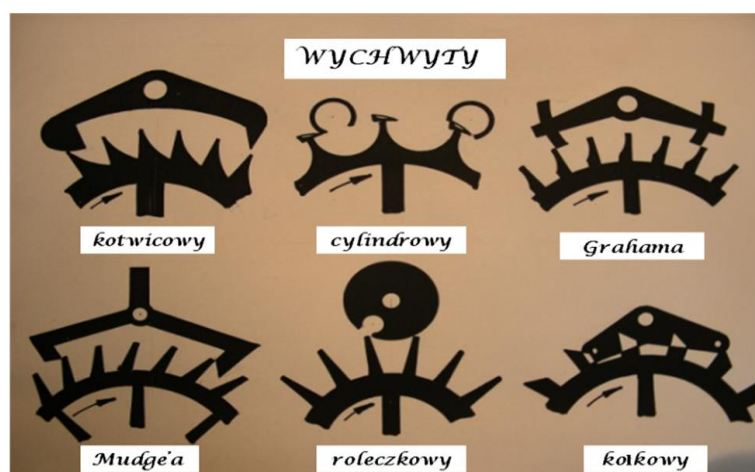


Wychwyty z balensem



Zegar mechaniczny z balensem

Koniec XVII i I połowa XVIII w. to wyjątkowo bogaty okres pod względem wynalazczości **różnego rodzaju wychwyty**: R. Hook (1676), T. Tompion (1695), G. Graham (1715), J. Hautefeuilles (1722), P. Le ROy (1748), T. Mudge (1755).



W 1704 r. Szwajcar Mikołaj Fotio zastosował po raz pierwszy do **łożyskowania czopów wałeczków zegarka twarde kamienie**. W najlepszych zegarkach były to diamenty i niebieskie szafiry, w pozostałych czerwone rubiny, granaty wiśniowego koloru lub wstęgowo zabarwione agaty. Łożyska z

tych materiałów znacznie twardsze od stalowych czopów lepiej konserwują środek smarujący co ma wpływ na trwałość zegarków, dokładność i regularność chodu. Obecnie stosuje się rubiny syntetyczne, które mają równomierną twardość, są łatwiejsze do polerowania, wolne od pęcherzyków i pęknięć.

Każdy z tych wynalazków przyczyniał się do większej precyzji wykonania zegarów, przystosowania ich do różnych sytuacji i potrzeb czego dowodem jest chronometr okrętowy wykonany w 1761 r. przez angiela, samouka, cieślę Johna Harrisona wykazujący tylko 56 sekund błędu na 151 dni podróży z Londynu na Jamajkę. Podobny zegar odmierzał czas na statku Resolution Jamesa Cooka podczas podróży kiedy dotarł aż na Antarktydę. Po wprowadzeniu wychwytu wrzecionowego i urządzenia kompensującego zachwiania chodu przy zmianie temperatury zegar Harrisona umieszczony na statku udającym się na Barbados (1764 r.) po przebyciu 156 dni pomylił się zaledwie o 15 sekund.

Wynalazki te miały również wpływ na różnorodność odmian wyżej przedstawionych zegarów z regulatorem wahadłowym jak również niżej pokazanych *zegarów z regulatorem balansowym*.



Gabinetowy



Kominkowy



Szafkowy stołowy



Szafkowy kwadransowy



Kareciak powozowy



Wieżyczkowy



Szwarcwaldzki



Chronometr okrętowy



Karczmiaak



Kaflowy



Puszkowy



Pektoralik



Ścienny



Obraz

Zegary sprężynowe z balansom

Dzięki wielu wynalazkom stworzono możliwość miniaturyzacji konstrukcji zegarów czego efektem były zegarki kieszonkowe i naręczne, działające dzięki balansowi bez względu na ich położenie. W pierwszym okresie były to zegarki o naciągu manualnym nakręcane za pomocą "główki". Dopiero wprowadzenie wahnika (wynalazek Abrahama Louisa Perreleta w 1777 r. opatentowany w 1932 r. przez Johna Harwoorda) podjęto produkcję zegarków z naciągiem automatycznym. Sprężyna naciągana jest w wyniku obrotów półkolistego wahnika poruszającego się podczas codziennego noszenia zegarka.

Pierwsze kieszonkowe pokazywały tylko godzinę dopiero w 1680 r. dodano minutową a pierwsza sekundowa pojawiła się dziesięć lat później. Zegarek kieszonkowy upowszechnił się gdy Karol II z Anglii wprowadził do ubioru kamizelki. Dla wygody kształt miały spłaszczony z tarczą pokrytą szkłem, a boki zaokrąglone aby ostre krawędzie nie niszczyły odzieży.

Natomiast zegarki naręczne powstały z idei połączenia dwóch rodzajów biżuterii znanych od stuleci bransolet różnego typu i nowych małych zegarków. Jeden z pierwszych zegarków na bransoletce *nie budzący kontrowersji co do jego dokładności wykonano* w latach 1810-1812 przez firmę Abrahama-Louisa Bregueta. Jeden z takich zegarków podarowano m.in. dla królowej Neapolu Karoliny Bonaparte.

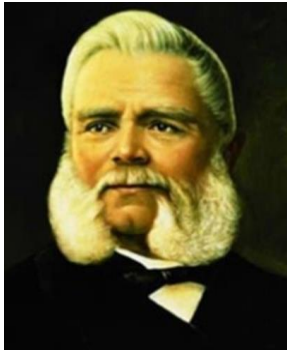
Kolebką firm trudniących się zegarmistrzostwem zegarków naręcznych i kieszonkowych była Szwajcaria, która obecnie jest siedzibą ponad 600 producentów zegarków. Do znanych powszechnie marek zaliczane są: Longines (rok założenia 1832), Patek Philippe (1839), Omega (1848), Tissot (1853), TAG Heuer (1860), Atlantic (1888), Doxa (1889), Rolex (1905), Delbana (1931).



Wybrane marki zegarków kieszonkowych: LONGINES, SERKISOF, LONDON, DOXA



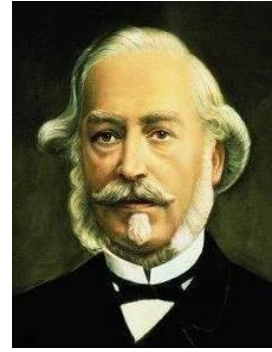
Wybrane marki zegarków naręcznych: TISSOT, ROLEX, LONGINES, OMEGA



Antoni Norbert Patek



Franciszek Czapek



Jean Adrien Philippe

Zupełną arystokracją w zegarmistrzostwie jest manufaktura zegarków powstała w 1839 r. w Genewie. Założyli ją Antoni Norbert Patek uczestnik powstania listopadowego, emigrant z Polski i zegarmistrz pochodzenia czeskiego Franciszek Czapek przyjmując nazwę firmy "Czapek - Patek".

W 1844 r. na wystawie w Paryżu Patek poznał Francuza Jeana Adriena Philippe wynalazcę *remontuara* (1842 r.) - urządzenia pozwalającego nakręcać zegary sprężynowe bez kluczyka za pomocą tzw. "*główki*". Po wygaśnięciu umowy z Czapkem Patek podjął współpracę Philippem i w 1851 r. zmieniła nazwę na „Patek-Philippe”.

Już jako spowinowaceni wspólnicy (teść i zięć) przystąpili do produkcji zegarków z główką naciągową. Firma ugruntowała sobie pozycję przyjmując zasadę: *mniej, wolniej i drożej* okres oczekiwania na zamówienie wynosi około roku. Dodatkowe kształcenie zegarmistrzów w tej firmie trwa od 6-8 lat, średni okres produkcji zegarka 9 miesięcy, z tego 600 godzin zajmuje sama kontrola.



Caliber 89

Z okazji 150-lecia istnienia firma wyprodukowała okolicznościowy zegarek "Caliber 89". Zegarek ma średnicę 8 cm i grubość 4 cm, waży 1,1 kg. Posiada 2 tarcze główne, 8 tarcz mniejszych, 24 wskazówki, 33 funkcje i składa się z 1728 części. Każda część była oddzielnie kontrolowana i ręcznie montowana. Opracowanie koncepcji tego modelu trwało prawie 3 lata a wyprodukowanie 5 lat.



Grandmaster Chime 6300A-010

Najdroższy zegarek świata Grandmaster Chime 6300A-010 z naciągami ręcznym ma kopertę ze szlachetnej stali nierdzewnej, średnicę 47 mm i grubość 16 mm. Posiada dwa cyferblaty: z 18 karatowego złota oraz czarnego hebanu spełniające 20 różnych funkcji. Składa się z 1366 części, wyposażony w 108 sztuk kamieni łożyskujących. Rezerwa chodu wynosi 72 godziny. Projekt, wykonanie i montaż trwał ponad 11 lat. 19 listopada 2019 r. na aukcji "Only Watch" w Genewie zegarek ten został sprzedany za 28,2 mln euro (ok. 125 mln zł).

Zegarki firmy Patek Philippe & Cie kupili m.in.: w 1851 r. królowa Wiktoria by go nosić jako broszkę przy sukni, Piotr Czajkowski, Lew Tołstoj, Maria i Piotr Curie, Albert Einstein, papież Pius XII, Wald Disney, George Foreman, Józef Stalin, Patriarcha Wszechrusi Cyryl, Nicole Sarcozy.

Firmy zegarmistrzowskie prześcigają się w tworzeniu modeli mających wiele wskazań i funkcji ubocznych w postaci stoperów, kurantów, pozytywek, repetycji pozwalającej usłyszeć powtórne bicie poprzedniej godziny, datowników, wiecznych kalendarzy, wschodów i zachodów słońca i księżyca, wskaźników faz księżyca i położenia słońca względem gwiazdozbiorów. Współczesne zegary sprężynowe poza znaczną dokładnością są wodoszczelne, odporne na zmiany temperatury, korozję i wstrząsy. Prestiż firmy wyznaczają również unikalne rozwiązania pod względem konstrukcyjnym np. modele wyróżniające się grubością.



Altiplano Piaget i Citizen Eco-Drive

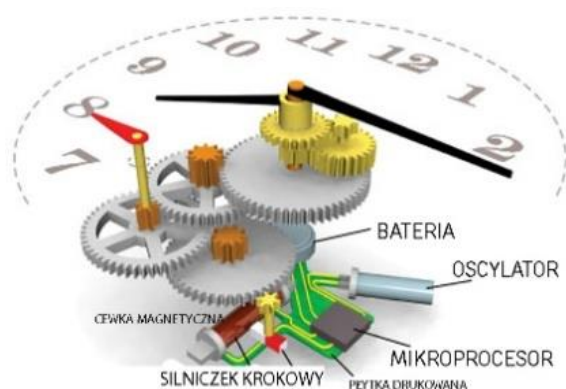
Np. na SIHH 2018 (Międzynarodowych Targach Branży Zegarkowej i Biżuterii) zaprezentowano zegarek mechaniczny model koncepcyjny Altiplano Piaget o grubości 2 mm z ręcznym naciągami. Natomiast zasilany energią słoneczną japoński Citizen Eco-Drive One posiadający mechanizm Caliber 8826 o grubości 1 mm zamknięty jest w kopercie 2,98 mm. Komórka słoneczna umieszczona jest pod tarczą zegarka, przy w pełni naładowanej baterii może pracować nawet 10 miesięcy.

Zegary kwarcowe

" Najwięcej czasu ma człowiek, który niczego na później nie odkłada "

Przysłowia chińskie

W 1880 r. bracia Pierre i Jacques Curie i Walter Guyton Cady odkryli, że niektóre kryształy wykazują zjawisko piezoelektryczne, polegające na pojawieniu się na jego powierzchni ładunków elektrycznych pod wpływem naciskania. We wczesnych latach 20-tych XX w. naukowiec W.G.Cady odkrył, że kryształy kwarcu mogą wibrować ze stałą prędkością po umieszczeniu w polu elektrycznym. Zjawisko to wykorzystał w 1927 r. Brytyjczyk prof. Werren Alvin Marrison przy konstruowaniu w laboratoriach Bell'a pierwszego prototypu zegara kwarcowego który był bardziej precyzyjny od wszystkich mechanicznych czasomierzy. Po jego opatentowaniu w 1929 r. przez następne trzydziestolecie zegary kwarcowe o dużych jeszcze wymiarach były wykorzystywane tylko w laboratoriach. Już w 1932 roku zegarki te były wystarczająco dokładne by zmierzyć niewielkie tygodniowe zmiany w tempie obrotu Ziemi. Za pomocą takiego zegara fizycy Adolf Scheibe i Udfo Adelsberger w 1936 r. stwierdzili nieregularność ruchu wirowania ziemi. W 1958 r. firma Seiko rozpoczęła pracę na stworzenie zegarka kwarcowego. Powstały w ramach Projektu 59A prototyp w spółce Epson przynależnej do firmy Seiko wykorzystano na Olimpiadzie w 1964 r. w Tokio.



Uproszczony schemat budowy zegara kwarcowego. Pierwszy zegar kwarcowy.

Zegarki te czerpią energię z baterii, która wprawia kryształ w drgania o określonej częstotliwości. Drgania kryształu przenoszone są na zintegrowany z kryształem mikroprocesor i są przez niego redukowane. W zegarkach z urządzeniem wskazującym elektromechanicznym wytwarzany jest jeden impuls, który z 32768 drgań na sekundę wywołuje jedno wahnięcie na sekundę. Impuls ten przekazywany jest z rezonatora do silniczka krokowego, który poprzez przekładnię kół zębatych obraca wskazówki zegara. Zasada działania zegarków kwarcowych sprawia, że są one wygodne w obsłudze, nie wymagają nakręcania, a ich serwis sprowadza się najczęściej do wymiany baterii i to najczęściej co 1,5-3 lata. Nie oznacza to jednak, że całkowicie eliminowane będą ze swojego życia, mimo wszystko, zegarki mechaniczne.

Pierwsze kwarcowe zegarki nareczne z rezonatorem kwarcowym wyprodukowano w 1958 r. w Japonii, USA i Szwajcarii. Dopiero zastosowanie miniaturowej wersji wibrującego kryształu Marrisona i tanich półprzewodnikowych układów cyfrowych przyczyniły się do powstania w 1969 r. powszechnie dostępnych analogowych zegarków kwarcowych, stosowanych jako zegary i zegarki

powszechnego użytku o dokładności rzędu 30 sekund w ciągu całego roku. Rok wcześniej George H. Thiess wpadł na pomysł żeby wskazówki zastąpić cyfrowym wyświetlaczem i w roku 1972 na rynek trafił pierwszy zegarek elektroniczny z wyświetlaczem LED (model Pulsar), który z uwagi na wysoki pobór prądu zastąpiono wyświetlaczem ciekłokrystalicznym LCD.



Przykłady zegarków kwarcowych: SEIKO, PIERRE RICAUD, TIMEX, LORUS

Wśród producentów zegarków kwarcowych można wymienić między innymi: szwajcarskie (Atlantic, Adriatica), japońskie (Casio, Orient, Seiko, Citizen, Pulsar, Lorus), amerykańskie (Timex, Anne Klein), duńskie Obaku, niemiecko-francuskie Pierre Ricaud.

Zegarki kwarcowe przez wiele lat były najlepszymi wzorcami czasu. Jednak podlegają one zjawisku starzenia kwarcu, na skutek czego dokładność ulegała zmianie (błąd może wynosić 1 s na 30 lat) co stanowiło przyczynek do intensyfikacji prac projektowych w zakresie prototypów zegarów atomowych.

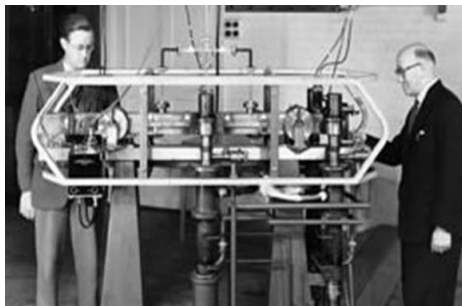
Zegary atomowe

" Czas płynie do przodu, daty pozostają w tyle"

Jadwiga Skibińska- Podbielska

Osiągana dokładność laboratoryjnych zegarów kwarcowych równa 1 milionowej części sekundy nie wystarcza przy rozwiązywaniu współczesnych problemów technicznych i naukowych. Stąd nastąpił rozwój zegarów atomowych w których dla pomiaru czasu wykorzystuje się drgania atomów lub molekuł odmierzające czas z dokładnością do ok. jednej miliardowej części sekundy na dobę. Współcześnie zegary atomowe zbudowane są wg tej samej reguły jak np. zegarek ręczny bowiem składają się z elementu poruszającego się ze stałą częstotliwością oraz mechanizmu liczącego wahnięcia. I tak w zegarze z generatorem cezowym, wykorzystane jest promieniowanie elektromagnetyczne związane ze zmianami poziomu energetycznego atomów cezu 133.

Stwierdzono, że sekundzie czasu odpowiada 9 192 631 770 okresów drgań wewnątrz atomu cezu.

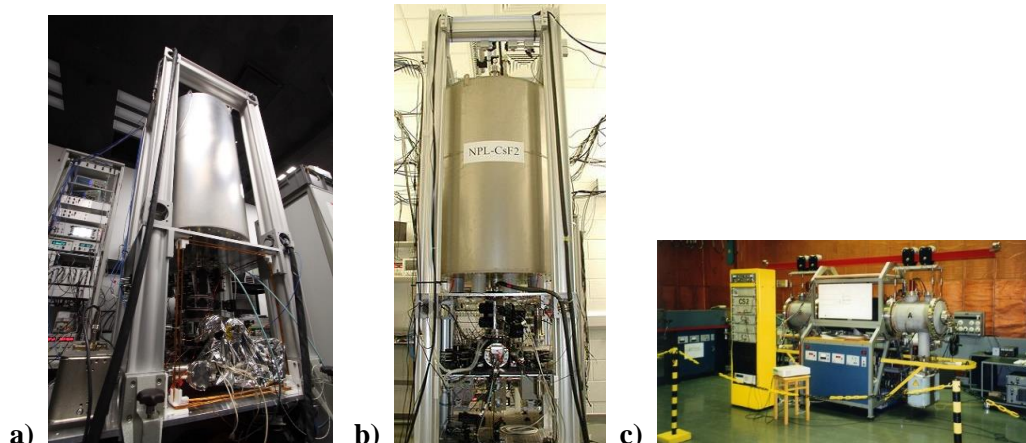


Pierwsze zegary atomowe: amoniakalny i cezowy

Pierwszy zegar atomowy w którym zastały wykorzystane molekuly amoniaku został zbudowany w 1949 r. w US National Bureau of Standards przez E. Condon i H. Lyonsa. Z kolei pierwszy zegar atomowy bazujący na drganiu atomu cezu-133 skonstruowali Luiss Essen i J.V.L. Parry w 1955 r. w angielskim National Physical Laboratory.

W sierpniu 2004 roku, uczeni z National Institute of Standards and technology zademonstrowali miniaturowy zegar atomowy: właściwa część zegara – komora z cezem – ma wielkość ziarna ryżu: średnicę 1,5 mm i długość 4 mm. Cały układ (komora wraz z oprzyrządowaniem : diodą laserową, polatoryzatorami, fotodiodą) zajmuje objętość ok. 1 cm³, i potrzebuje jedynie 75 mW mocy do działania, co czyni go zdolnym do zasilania bateryjnego. Jego dokładność jest tysiąckrotnie wyższa niż zegarów kwarcowych.

W grudniu 2016 r. w Obserwatorium Astrogeodynamicznym CBK PAN w Borowcu pod Poznaniem uruchomiono tzw. fontannę cezową - zegar, który nie traci ani sekundy przez 200 mln lat. Sercem tego zegara jest zespół laserów tworzących tzw. pułapkę magneto-optyczną, w której możliwe jest zamrożenie atomu do temperatury bliskiej zera bezwzględnego i ruch tych zimnych atomów będą monitorowały ultraszybkie lasery.



Zegary atomowe: a - fontanna cezowa ; b - zegar w University of Colorado ; c -zegar Patka

Inny przykład to skonstruowany w Jet Propulsion Laboratory, w Centrum Badawczym NASA zegar atomowy oparty o liniową pułapkę jonową między innymi służący: do systemu pozycjonowania satelitarnego (GPS) ; wykrycia nieregularności w ruchach planet ; jako wzorzec do badań częstotliwości ; nawigacji w lotach międzyplanetarnych.

W uznaniu badań mających istotny wpływ na rozwój techniki związanej z zegarami atomowymi fizycy: francuz A. Kastler (1966 r.) i Amerykanin N. F. Ramsey (1989 r.) otrzymali Nagrody Nobla.

Na każdym etapie rozwoju metod i środków (urządzeń) do pomiaru czasu głównym celem było określenie **jednostki pomiaru czasu**. W zegarze Galileusza sekundę zajmował pełny ruch wahadła, w zegarach kwarcowych sekunda to 32 tys. drgań kryształu, „wahadłem” w atomowych zegarach jest atom pierwiastka cezu uwięziony w polu magnetycznym drga w tempie miliardów razy na sekundę.

Mając na uwadze współczesne potrzeby w wielu dziedzinach współczesnej nauki i techniki przyjęto, że cezowy wzorzec częstotliwości jest już wystarczająco zbadany i dokładny i od 1965 r. sekunda definiowana jest jako czas na wykonanie 9 192 631 770 powtórzeń określonego cyklu w

ruchu elektronów w atomie cezu. Każdy elektron w atomie cezu we wszechświecie zachowuje się tak samo, tak więc wzorzec cezowy jest zarówno uniwersalny jak i odtwarzalny. Definicja sekundy:

Sekunda jest czasem trwania 9 192 631 770 okresów promieniowania odpowiadających przejściu między dwoma nadsuptelnymi poziomami stanu podstawowego atomu cezu 133.

W zależności od wymaganej dokładności pomiaru stosowane są jednostki: **Sekunda** [s],
Decysekunda to $1/10$ sek. [dc]; Centysekunda to $1/100$ s [cs]; Milisekunda to $1/1000$ s = (10^{-3}) s [ms];
Mikrosekunda (10^{-6}) s [μ s] ; Nanosekunda (10^{-9}) s [ns] ; Pikosekunda (10^{-12}) s [ps];
Femtosekunda (10^{-15}) s [fs] ; Attosekunda (10^{-18}) s [as].

***Attosekund w sekundzie jest tyle ile sekund upłynie w ciągu 31,7 mld. lat !!!
tzn. 999 691 200 000 000 000 000 attosekund = 1 sekundzie***

Najważniejszym zastosowaniem dokładnego pomiaru czasu jest Globalny System Lokalizacji, składający się z wielu satelitów wyposażonych w zegary atomowe. Odbierając sygnały przesłane przez co najmniej cztery satelity, oraz znając dokładny czas wysłania sygnałów, obserwator może zlokalizować swoją pozycję na Ziemi z dokładnością do kilkudziesięciu centymetrów.

Dalszy rozwój to zastosowanie w zegarach atomów innych pierwiastków, zjawisk, itp. Między innymi naukowcy z Narodowego Instytutu Standardów i Technologii (NIST) użyli atomu aluminium, który nie jest podatny na pole magnetyczne, odporny na wpływy temperatury. Z kolei uczeni z Massachusetts Institute of Technology do stworzenia najbardziej precyzyjnego zegara atomowego wykorzystali metodę bazującą na zjawisku splątania kwantowego. Najdokładniejsze obecnie konstrukcje w czasie 14 miliardów lat straciłyby zaledwie pół sekundy.

Szczegółowy opis współczesnych rozwiązań przynależy specjalistom w tej dziedzinie i daleko wykracza poza ramy publicystycznego charakteru niniejszego opracowania.

Z jednej strony mamy uzasadnioną dużą satysfakcję z możliwości jakimi dysponuje człowiek w zakresie pomiaru czasu a z drugiej, że ciągle brakuje nam go w życiu zawodowym oraz prywatnym. Sytuacja jest paradoksalna. Nikt nie ma czasu chociaż nigdy w przeszłości ludzie nie mieli go tyle co dziś. W XIX w. dorośli a nawet i dzieci musieli pracować średnio 80 godzin tygodniowo i stopniowo do dzisiejszego dnia tydzień pracy sukcesywnie się skraca, czyli zamiast dużo wolnego czasu jest go ciągle za mało. W dobie systemów komputerowych jesteśmy podporządkowani tzw. kulturze nanosekundowej w której coraz częściej posługujemy się krótkimi sformułowaniami, społeczne kontakty to coraz częstsze suche przekazywanie informacji a znikają np. eleganckie formy grzecznościowe, zaczyna brakować czasu na rozmowę z rodziną, czytanie literatury....

Warto więc przy tym przeznaczyć choćby małą chwilkę na refleksję:

„Tempo tak ale nie zawsze” ; „Idąc wolniej widzi się więcej i lepiej” ; „Jestem suwerenny czasowo”.

Źródła: L.Zajdler – Dzieje zegara, Z. Prószyńska – Dawne zegary, Z. Mrugalski - Czas i urządzenia do jego pomiaru, B.Strojny – Zarys nauki o zegarze, W.Siedlecka – Polskie zegary, L.Infeld – Albert Einstein, K.G.Denbigh – Świat i czas, F.S Zawielski - Czas i jego pomiary, S. Hawkins - Krótka historia czasu, J. Mighell - Zegary, W. Podwapiński - Zegarmistrzostwo cz.I i II, B. Bartnik, W. Podwapiński - Mechanizmy zegarowe, E. Edwards - Zegary, L. Uresova - Zegary, artykuły: P.Kawalerowicza, E.Poskier, T.Haladaja, R.Wejnfelda, M.Graczyk, R.Motasa, strony internetowe, materiały własne.