

Wzorce czasu



Literatura:

A.Weintrit: Jednostki miar wczoraj i dziś. Przegląd systemów miar i wag na lądzie i na morzu

HISTORIA POMIARU CZASU

Pierwszym przyrządem służącym do wyznaczania czasu był **gnomon**, wynaleziony prawdopodobnie przez Chińczyków około 2500 roku p.n.e. (według niektórych źródeł gnomon użyty po raz pierwszy około 3000, a nawet 4000 roku p.n.e.), Wykorzystywany m.in. w miastach chińskich, egipskich i babilońskich.



Gnomon – pionowo ustawiony pręt lub słup, u którego podstawy oznaczono umowne jednostki czasu. Przesuwający się w ciągu dnia cień pełnił rolę wskazówki, która wyznaczała czas.

HISTORIA POMIARU CZASU

Około roku 2000 p.n.e. Egipcjanie wprowadzili przenośne **zegary słoneczne**, a także inne podobne instrumenty, oparte nie na kierunku padającego cienia, ale na jego długości. Natomiast w porze nocnej czas ustalano na podstawie zegarów gwiazdowych.



Zegary słoneczne przeszły znaczną ewolucję i w formie zmodyfikowanej są używane do dzisiaj. Różnica polega na tym, że pręt w stosunku do tarczy nie jest ustawiony pionowo, lecz nachylony pod kątem zależnym od szerokości geograficznej

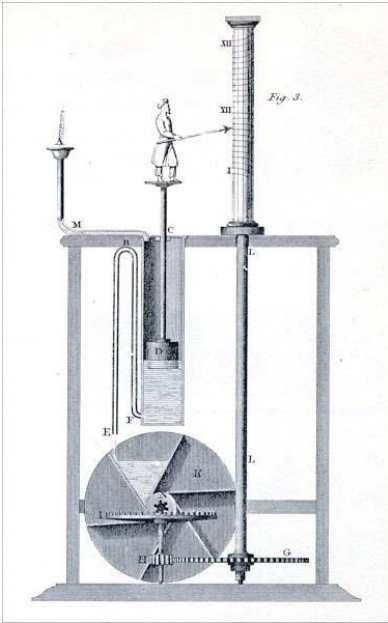
HISTORIA POMIARU CZASU

Prawdopodobnie pierwszym instrumentem, który umożliwiał określenie czasu bez względu na porę doby, był **zegar wodny**. Data powstania zegarów wodnych nie jest dokładnie ustalona. W Babilonie i w Egipcie stosowane były od 16 wieku p.n.e. Niektóre źródła podają, że zegary wodne wykorzystywane były w Chinach już od 4000 roku p.n.e.

Zegar wodny składał się z naczynia z którego (lub do którego) poprzez otwór denny wyciekała (lub nalewała się) woda. Dokładność zegara nie była duża, gdyż przepływ wody zależał od wysokości słupa wody w naczyniu.



HISTORIA POMIARU CZASU



Poprawiana i ulepszane zegary wodne przetrwały do początku XIV wieku. Prawdopodobnie w tym samym czasie powstał zegar piaskowy. Był to instrument oparty na tej samej zasadzie, co zegar wodny, w którym miejsce wody zajął piasek. Zegary piaskowe odznaczały się większą precyzją, ponieważ nie zależała ona od ilości piasku w naczyniu

Istotną zmianę w konstrukcji zegarów wnieśli Grecy. Polegała ona na tym, że nowy zegar, nazywany **klepsydrą**, miał ściśle określony czas pracy, wynoszący zwykle od kilku do kilkunastu minut.



HISTORIA POMIARU CZASU

Inną odmianą całodobowego instrumentu pomiaru czasu był używany początkowo w Chinach **zegar ogniowy**. Początkowo rolę zegara pełniła paląca się świeca, na której oznaczono podziałkę, lub lampa oliwna (miarą czasu był opadający w zbiorniku poziom oliwy). Później były to rowki wypełniane łatwopalnym proszkiem. Okres jego spalania wyznaczał upływ czasu. Zegary te podobnie jak wodne, charakteryzowała stosunkowo mała dokładność.

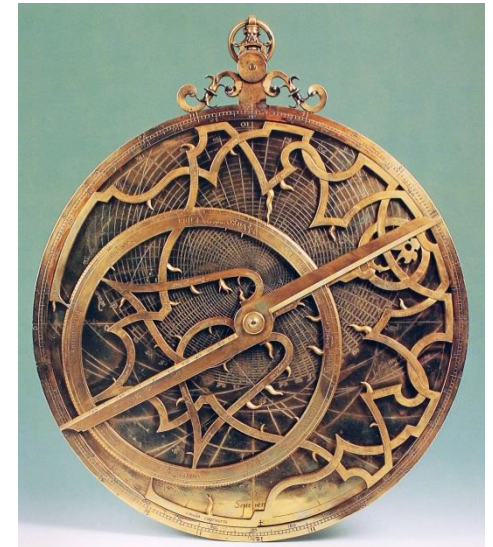


HISTORIA POMIARU CZASU

Wspaniałym osiągnięciem naukowym i technicznym starożytnej Grecji było wynalezienie prawdopodobnie przez Hipparcha (180-120 p.n.e.) **astrolabium**. Składał się on z kilku koncentrycznych kręgów początkowo drewnianych, później miedzianych, mosiężnych, a nawet srebrnych.



Astrolabium jest modelem rzutów nieba na płaską powierzchnię i pokazuje pozycję obiektów nieba w określonym czasie lub dacie widocznych z danej szerokości geograficznej na powierzchni Ziemi



HISTORIA POMIARU CZASU

Na początku XIV wieku pojawiły się nowe instrumenty pomiaru czasu – **zegary mechaniczne**, w których źródłem ruchu była energia mechaniczna zawarta w sprężynie lub obciążniku. Za wynalazcę zegara mechanicznego uchodzi uczony chiński Liang Lingzan (724r.), a według innych źródeł – Gerbert z Aurillac, francuski matematyk i astronom (od 999r. papież Sylwester II). Jeszcze inne źródła podają, że pierwszy zegar mechaniczny napędzany ciężarem skonstruowany został w połowie IX wieku przez włoskiego księdza Pacificusa.

Najstarsze zegary:

Katedra Salisbury (1386) – uważany za najstarszy działający zegar

Katedra Beauvais (1305) – również uważany za najstarszy działający zegar



HISTORIA POMIARU CZASU

Od momentu pojawienia się zegarów wieżowych czyniono starania w kierunku ich miniaturyzacji – stworzenia zegara domowego. Wczesne zegary domowe (XV wiek) miały przeważnie budowę ażurową, ukazującą mechanizm i działały w oparciu o ten sam mechanizm co zegary wieżowe (obciążnik).



Duże znaczenie w dziedzinie pomiaru czasu miało wprowadzenie nowego rodzaju napędu – sprężyny. Stało się to około wiek po wynalezieniu zegara wieżowego. Najstarszy znany zegar wykonany został w 1435 roku dla Filipa Dobrego, księcia Burgundii

HISTORIA POMIARU CZASU

Zegary mechaniczne noszone zaczęły konstruować około roku 1510 w Norymberdze Peter Henlein (wg innych źródeł około 1518r. Francuz J. Couldray)

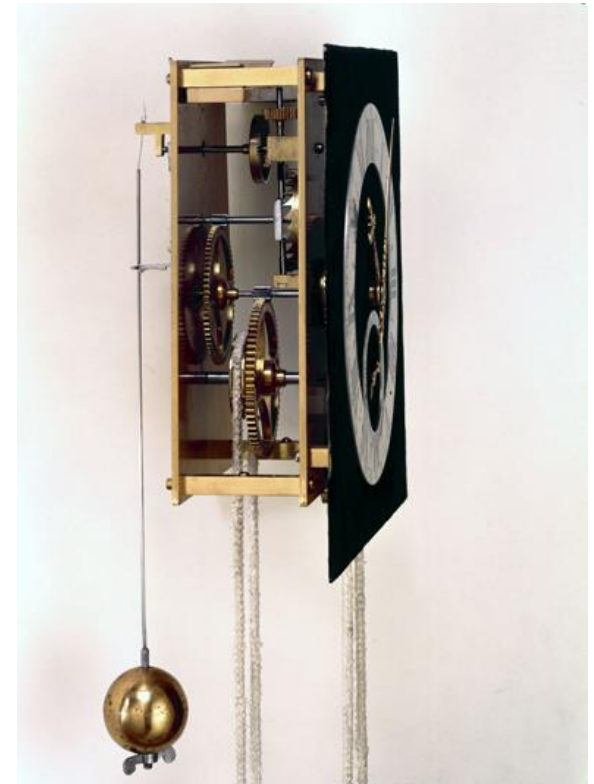


HISTORIA POMIARU CZASU

Istotny postęp w dziedzinie konstrukcji czasomierzy nastąpił dopiero w drugiej połowie XVII wieku. Zawdzięczamy to pracom holenderskiego uczonego Christiaanowi Huyghensowi (1629-1695). Jest on uważany za wynalazcę instrumentu nowego typu – zegara wahadłowego (1656).

Na ograniczenia w zastosowaniu tego zegara do określania długości geograficznej na morzu wpływ miały:

- mała dokładność wykonania kół zębatach,
- zakłócenia wahań spowodowane tym, że wahadło nie zwisało swobodnie,
- zmiana długości wahadła wywołana zmianami temperatury.



HISTORIA POMIARU CZASU

Znaczące wyniki prac nad zegarem, spełniającym warunki pracy na morzu i pozwalającym wyznaczyć z dużą dokładnością długość geograficzną dowolnego miejsca, osiągnął Anglik John Harrison (1693-1776). Prace nad pierwszym zegarem spełniającym warunki pracy na morzu trwały 5 lat i ukończone zostały w 1735 roku.

W trakcie kolejnych prac powstawały kolejne zegary:

H1 – (1730-1735)

H2 & H3 - (1737-1759)

H4 - (1755-1759)



HISTORIA POMIARU CZASU

Dzisiaj: zegary kwarcowe



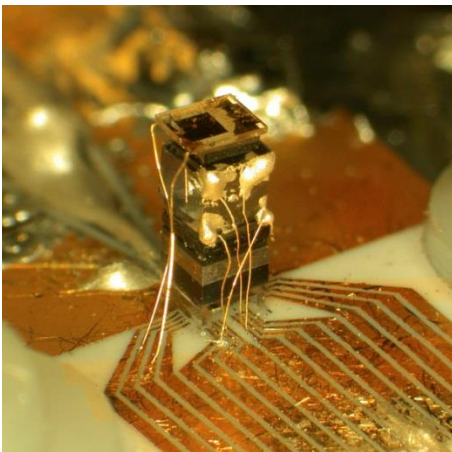
Zegar kwarcowy - zegar, w którym do odmierzania czasu wykorzystuje się drgający kryształ kwarcu. Drgania kryształu są zliczane przez układy cyfrowe, które pokazują aktualny czas na wyświetlaczu zegarka. Rezonator kwarcowy wytwarza sygnał o precyzyjnie ustalonej częstotliwości, przez co zegary kwarcowe są co najmniej o rząd wielkości dokładniejsze od zegarów mechanicznych.

HISTORIA POMIARU CZASU

Dzisiaj: zegary kwarcowe, zegary atomowe, zegary pulsarowe



Zegar atomowy – rodzaj zegara, którego działanie opiera się na zliczaniu okresów atomowego wzorca częstotliwości.



Współcześnie najdokładniejsze zegary atomowe bazują np. na związkach cezu. Dokładność takich zegarów dochodzi do 10^{-18} , co oznacza 1 sekundę w ciągu wieku Wszechświata.

HISTORIA POMIARU CZASU

Dzisiaj: zegary atomowe

GPS CONSTELLATION STATUS FOR 01/04/2017

Plane	Slot	SVN	PRN	Block-Type	Clock	Outage Date	Nanu-Type	Nanu-Subject
F	1	41	14	IIR	RB			
F	2	55	15	IIR-M	RB			
F	3	68	9	IIF	RB			
F	4	60	23	IIR	RB			
F	5	70	32	IIF	RB			
F	6	43	13	IIR	RB			
E	1	69	3	IIF	RB	10 JAN 2017	FCSTDV	2016076 - SVN69 (PRN03) FORECAST OUTAGE JDAY 010/1515 - JDAY 011/0315
E	2	73	10	IIF	RB			
E	3	50	5	IIR-M	RB			
E	4	54	18	IIR	RB			
E	6	47	22	IIR	RB			
D	1	61	2	IIR	RB			
D	2	63	1	IIF	RB			
D	3	45	21	IIR	RB			
D	4	67	6	IIF	RB			
D	5	46	11	IIR	RB			
C	1	57	29	IIR-M	RB			
C	2	66	27	IIF	RB			
C	3	72	8	IIF	CS			
C	4	53	17	IIR-M	RB			
C	5	59	19	IIR	RB			
B	1	56	16	IIR	RB			
B	2	62	25	IIF	RB			
B	3	44	28	IIR	RB			
B	4	58	12	IIR-M	RB			
B	5	71	26	IIF	RB			
B	6	51	20	IIR	RB			
A	1	65	24	IIF	CS			
A	2	52	31	IIR-M	RB			
A	3	64	30	IIF	RB			
A	4	48	7	IIR-M	RB			



W systemach satelitarnych GPS, GLONASS źródłem czasu jest zegar atomowy znajdujący się w satelicie systemu. Względny oszczędnościowe sprawiły, że po roku 2000 coraz częściej na pokładach satelitów montuje się tańsze zegary rubidowe. Ich dziesięciokrotnie niższa cena oraz czterokrotnie dłuższy czas eksploatacji mają decydujące znaczenie ekonomiczne.

HISTORIA POMIARU CZASU

Dzisiaj: zegary pulsarowe



Zegar pulsarowy – zegar, którego działanie opiera się na zliczaniu impulsów fal radiowych emitowanych z dużą regularnością okresu przez pulsary.

Pierwszy na świecie zegar pulsarowy został zainstalowany w Gdańsku, w kościele pw. św. Katarzyny Aleksandryjskiej.

Sygnał pulsarowy umożliwia stukrotną poprawę dokładności zegarów atomowych.



POJĘCIE CZASU

Czas efemeryd – jest wyznaczony przez obserwację położeń Księżyca, planet i mechanikę nieba. Jedną z odmian czasu efemeryd jest tzw. czas ziemski mierzony na powierzchni wirującej geoidy.

Czas gwiazdowy – czas wyznaczony tempem rotacji sfery niebieskiej. Definiuje się go jako kąt godzinny punktu równonocy wiosennej (punktu Barana). Jest on zawsze równy rektascensji obiektu astronomicznego, który znajduje się w danej chwili w południku lokalnym. Czas gwiazdowy należy do czasów lokalnych, w różnych miejscach Ziemi występuje różny czas gwiazdowy.

Rektascensja - kąt dwuścienny pomiędzy płaszczyzną koła godzinnego punktu równonocy wiosennej (rektascensja równa 0h) a płaszczyzną koła godzinnego obiektu. Rektascensję nalicza się w kierunku na wschód, zgodnym z rocznym ruchem Słońca. Przyjmuje ona wartości z zakresu od 0h do 24h.

POJĘCIE CZASU

Czas słoneczny – czas wynikający bezpośrednio z pozycji Słońca na niebie. Istnieją dwa rodzaje czasu słonecznego: prawdziwy i średni.

Prawdziwy czas słoneczny definiowany jest jako kąt godzinny Słońca powiększony o 12 godzin.

Określone według czasu słonecznego południe prawdziwe następuje zawsze podczas górowania Słońca, gdy znajduje się ono nad lokalnym południkiem ziemskim, a północ podczas dołowania Słońca.

POJĘCIE CZASU

Czas prawdziwy słoneczny okazuje się być czasem płynącym niejednostajnie. Istnieją dwa powody dla których kąt godzinny Słońca nie narasta jednostajnie w czasie.

- Pierwszy związany jest z faktem, że Słońce na niebie porusza się po ekliptyce, która jest nachylona względem równika niebieskiego, co powoduje, że jego ruch rzutowany na płaszczyznę równika niebieskiego jest ruchem niejednostajnym.
- Drugi powód wynika z ekscentryczności orbity ziemskiej, co powoduje, że ruch Słońca po samej ekliptyce jest także niejednostajny. Do tego występują wahania prędkości obrotowej Ziemi.

POJĘCIE CZASU

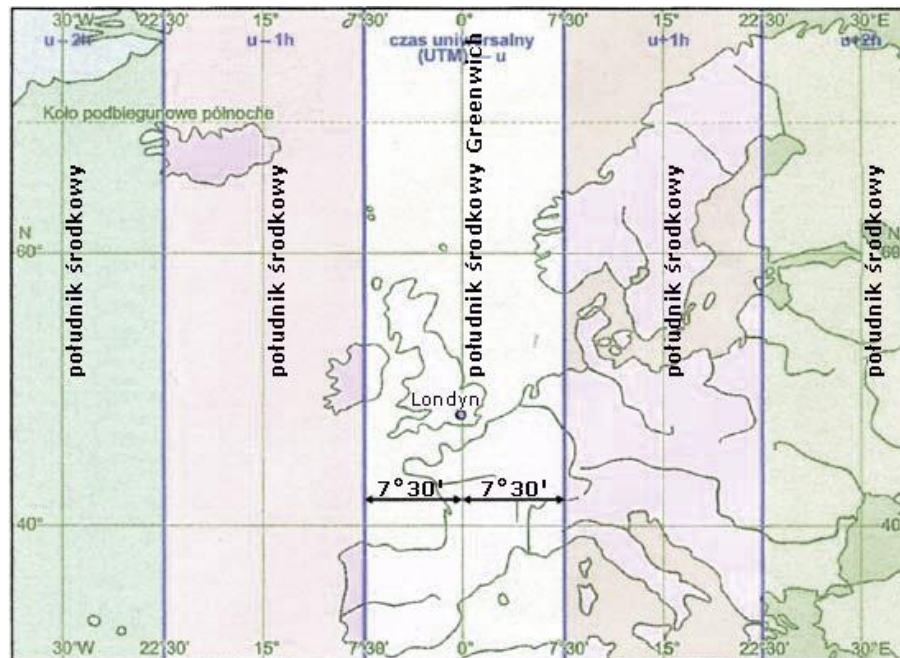
Aby uniknąć efektów niejednostajności prawdziwego czasu słonecznego wprowadza się jego postać uśrednioną, średni czas słoneczny, który jest definiowany jako kąt godzinny Słońca średniego powiększony o 12 godzin. Słońce średnie jest tutaj punktem matematycznym poruszającym się w sposób jednostajny po równiku niebieskim. Używany przez nas w życiu codziennym czas urzędowy jest oparty właśnie o średni czas słoneczny.

POJĘCIE CZASU

Czas słoneczny jest o tyle wygodny, że do jego pomiaru wystarczy obserwacja ruchu Słońca. Ten sposób pomiaru okazał się jednak niedostateczny wobec coraz szybszego przemieszczania się ludzi. Aby uzyskać bieżący czas lokalny, osoby podróżujące na wschód lub zachód musiałyby przestawiać zegarki o minutę (do przodu w przypadku podróży na wschód i do tyłu, w przypadku podróży na zachód) na każde ćwierć stopnia długości geograficznej, czyli co około 28 km w przypadku okolic równika, a na średnich szerokościach geograficznych, jak np. w Polsce - co około 19 km. Wobec tej niedogodności wprowadzony został czas strefowy.

POJĘCIE CZASU

Czas strefowy – wprowadzony w roku 1884. Kula Ziemska podzielona została na 24 strefy czasowe – wytyczone obszary powierzchni pomiędzy południkami oddległymi od siebie o 15° . W każdej strefie obowiązuje jednakowy czas, który jest równy średniemu czasowi słonecznemu południka przechodzącego przez środek strefy.



POJĘCIE CZASU

Czas uniwersalny – (UT) czas słoneczny średni na południku zerowym, za który przyjęto południk przechodzący przez obserwatorium astronomiczne w miejscowości Greenwich.

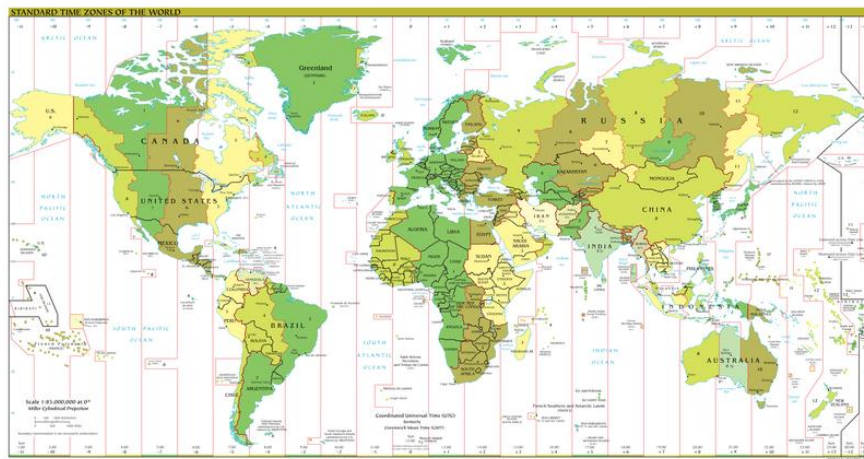


POJĘCIE CZASU

Czas urzędowy – umowny czas obowiązujący na jakimś obszarze, najczęściej państwa.

W większości krajów czas urzędowy odpowiada czasowi strefowemu odpowiedniej strefy czasowej.

W niektórych państwach, ze względu na oszczędność energii wprowadza się urzędowo czas letni przesunięty najczęściej o godzinę w stosunku do czasu zimowego.



SKALE CZASOWE

TAI – (TAI, fr. Temps Atomique International, ang. International Atomic Time)

TAI jest podstawowym systemem czasu, do którego odniesione są wszystkie obecnie stosowane systemy czasu. Monitorowany jest on w sposób ciągły od 1972 roku przez BIH Międzynarodowe Biuro Czasu (fr. Bureau International de l'Heure, ang. International Time Bureau), a następnie od 1988 roku – przez BIPM Międzynarodowe Biuro Miar i Wag, (fr. Bureau international des poids et mesures). TAI jest oparty na wzorcu atomowym (niezwiązanym z ruchem Ziemi) i odmierza go obecnie ponad 200 zsynchronizowanych zegarów atomowych, rozmieszczonych w laboratoriach ponad 30 krajów świata. Jednostką skali TAI jest sekunda czasu atomowego równa sekundzie efemerydalnej, przyjęta za podstawową jednostkę czasu międzynarodowego systemu jednostek SI. Czas atomowy został zatem wyskalowany do związanego z epoką 1900.0 czasu astronomicznego efemerydalnego. Sekundzie SI odpowiada dokładnie sekunda czasu atomowego uzyskiwana na geoidzie podlegającej obrotowi wraz z Ziemią.

POJĘCIE CZASU

Uniwersalny czas koordynowany – (UTC) wzorcowy czas ustalany na podstawie TAI (Temps Atomique International), uwzględniający nieregularność ruchu obrotowego Ziemi i koordynowany względem czasu słonecznego tak, aby zapewnić, że Słońce średnio w ciągu roku przechodzi nad południkiem Greenwich o godz. 1200 UTC, z dokładnością nie mniejszą niż 0,9s.

SKALE CZASOWE

GPST

Niezależne od TAI są systemy czasu atomowego utworzone dla potrzeb globalnych systemów nawigacyjnych. Czas GPS (GPST) jest czasem atomowym używanym w systemie globalnej nawigacji satelitarnej GPS. Podstawą skali czasu GPS są atomowe zegary pokładowe umieszczone na satelitach GPS, zegary atomowe znajdujące się w ośrodkach sterowania systemem GPS oraz zegary atomowe US Naval Observatory. Skala GPST jest bardzo zbliżona do skali czasu TAI i zsynchronizowana ze skalą UTC na epokę 1980 styczeń 6 0^h UTC, co jest powodem stałej różnicy 19 s pomiędzy tymi skalami. Dodatkowa poprawka C0, zmienna w czasie i publikowana w biuletynie T BIPM, wynika z korzystania w obu systemach z różnych zegarów atomowych. Nie przekracza ona 50 ns.

Początkowy czas GPS wyznaczany był przez zegary atomowe cezowo-rubidowe, obecnie stosowane są masery wodorowe. Pozwoliło to zwiększyć dokładność wyznaczenia czasu z 10^{-7} do $10^{-10} \text{ s}/_{24\text{h}}$.

SKALE CZASOWE - Zestawienie

local	2016-12-19 11:31:01	Monday	day 354	timezone UTC+1
UTC	2016-12-19 10:31:01	Monday	day 354	MJD 57741.43820
GPS	2016-12-19 10:31:18	week 1928	124278 s	cycle 1 week 0904 day 1
Loran	2016-12-19 10:31:27	GRI 9940	408 s until	next TOC 10:37:49 UTC
TAI	2016-12-19 10:31:37	Monday	day 354	36 leap seconds

<http://www.leapsecond.com/java/gpsclock.htm>

Current time of each standard

The table below shows the current time according mentioned standards:

UTC	2016-12-19 10:32:32
GPS	2016-12-19 10:32:49
LORAN	2016-12-19 10:32:58
TAI	2016-12-19 10:33:08

<http://www.ipses.com/eng/In-depth-analysis/Standard-of-time-definition>

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ