

Sekunda - co nowego?

Autor : Aleksandra Gadomska
Opublikowane przez : Sebastian Margalski



„Która godzina?” – to jedno z najczęściej zadawanych pytań chyba w każdym języku na świecie. Upływający czas, którego nie sposób cofnąć, od wieków frapuje ludzkość. Przywitajmy naszego marcowego bohatera – sekundę – podstawową jednostkę czasu w SI.

Krótką historia czasu

Już od czasów starożytnych ludzkość szukała sposobów, aby zmierzyć czas. W sposób naturalny wyznaczała go obracająca się wokół własnej osi Ziemia, tworząc naturalny podział na noc i dzień, a ruch Ziemi wokół słońca i zmieniające się w związku z nim pory roku determinowały rok. Zaawansowana astronomicznie cywilizacja starożytnych Egipcjan wykorzystywała obserwacje gwiazdozbiorów, które regularnie przesuwają się po nocnym niebie, oraz zegary słoneczne w dzień, aby podzielić dobę na mniejsze, mierzalne części. Podział doby na 12 godzin nocnych i 12 godzin dziennych to raczej zasługa Sumerów, którzy dobrze znali zalety liczby 12, ze względu na podział – dzieli

się bez reszty przez 2, 3, 4 i 6. Sumerowie do liczenia wykorzystywali nie palce, a stawy w palcach (bez kciuka), których w każdej ręce jest 12. Podział doby na 24 równe godziny, zawdzięczamy najprawdopodobniej starożytnym Babilończykom. Im też pośrednio zawdzięczamy podział godziny na minuty i sekundy w systemie podwielokrotności liczby 60. W cywilizacji tej system oparty na wielokrotności liczby 60 stosowano również w geometrii, skąd do dziś stosuje się wymyślony przez Babilończyków podział koła na 360 stopni. W II wieku naszej ery Ptolemeusz, wprowadził do systemu kartograficznego pojęcia szerokości geograficznej i długości geograficznej wyrażanych w stopniach kątowych oraz upowszechnił podział stopnia kąтового na 60 równych części, zwanych „parsminutaminor” (mała malutka część – czyli minuta kąтова), i dalej każdą z tych części na kolejne 60 równych części, zwanych „pars minuta secunda” (druga malutka część – czyli sekunda kąтова). Na początku XI wieku naszej ery perski astronom Al.-Biruni zastosował ten sam system do wyznaczenia okresu obiegu Księżyca wokół Ziemi, dzieląc godzinę m.in. na minuty i sekundy w systemie sześćdziesiątym.

Zegarki, zegary, zegareczki... od słonecznych do optycznych

Pomiary czasu mają również swoją długą historię. Pierwsze zegary to zegary słoneczne, w których czas odmierzany jest przesuwającym się cieniem rzucanym przez gnomon. Wersji zegarów było wiele, początkowo były to wielkie egipskie obeliski, z czasem coraz mniejsze, aż do wersji przenośnych i kieszonkowych. Zegary te jednak miały wiele wad, nie odmierzały czasu w nocy, a ich konstrukcja zależała również od szerokości geograficznej i związanej z nią wysokością słońca nad horyzontem. Kolejną konstrukcją był zegar wodny, w którym czas odmierzany jest upływem wody, jednak i to rozwiązanie nie było doskonałe, woda nie wypływała bowiem z niego równomiernie.

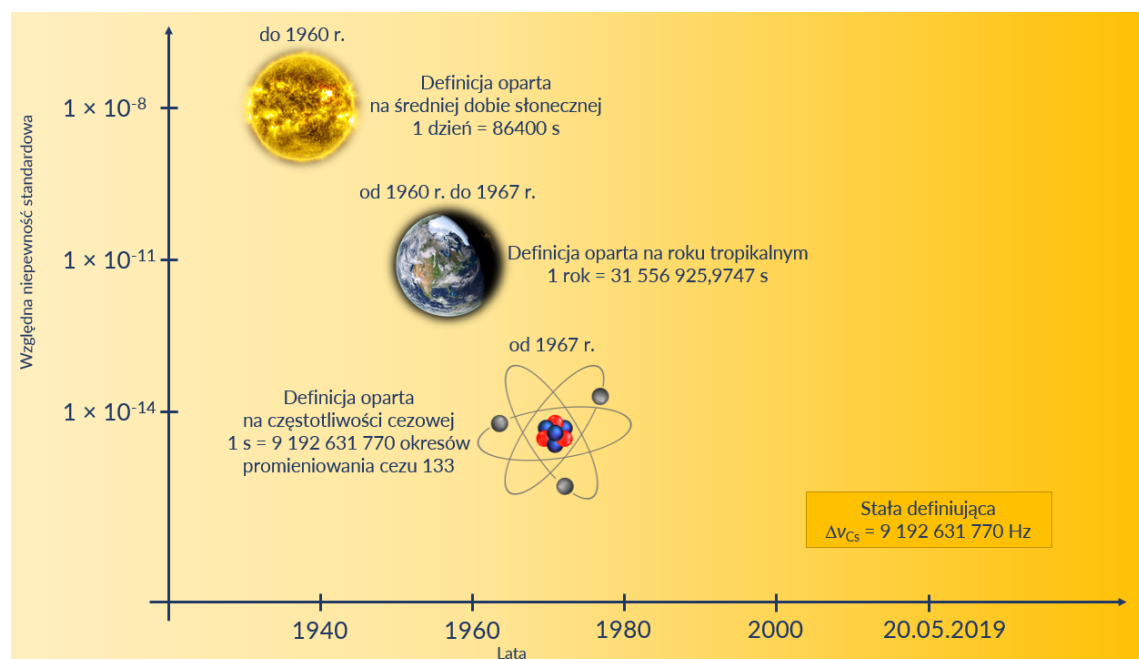
Kolejne rozwiązania to zegary mechaniczne, które pojawiły się w Europie około XIII-XIV wieku. W zegarach mechanicznych źródłem ruchu jest energia mechaniczna, zmagazynowana w sprężynie lub obciążniku. Zanim pojawiły się pierwsze zegary kwarcowe, warto wspomnieć o zegarze Shortta, w którym dwa układy wahadłowe (podstawowy i pomocniczy) sprzężone były ze sobą elektrycznie, a elektromagnesy regulowały wahania zegara pomocniczego. Początek ery kwarcu datowany jest na lata 30. XX wieku. Kryształ kwarcu jest piezoelektrykiem, jego drganiom mechanicznym towarzyszą zmiany wartości napięcia elektrycznego dokładnie o tej samej częstotliwości. Typowe zwykłe zegary kwarcowe mogą pomylić się o ok. 0,5 s na dobę (o tyle zegar może przyspieszyć lub opóźnić swoje wskazanie w ciągu doby). Najlepsze generatory kwarcowe w odpowiednich warunkach mogą pomylić się o ok. 1 s na 20-30 lat.

Po erze kwarcu nastąpiła era atomu. Zegar atomowy to taki, którego działanie opiera się na zjawiskach kwantowych zachodzących w atomach. Zjawiska te dopuszczają

jedynie skokowe zmiany energii o ustalonych wartościach, zmianom tym towarzyszy promieniowanie elektromagnetyczne o ustalonej częstotliwości (np. promieniowanie optyczne, czyli światło widzialne, promieniowanie mikrofalowe). W każdym zegarze atomowym bezpośrednim źródłem wzorcowych sygnałów czasu i częstotliwości jest precyzyjny, utrzymywany w stałej temperaturze, kontrolowany elektrycznie kryształ kwarcu, którego drgania elektromechaniczne sprzężone są z konkretną zmianą stanu kwantowego atomu.

Obecnie najbardziej rozpowszechnionym rozwiązaniem w precyzyjnych pomiarach czasu są zegary cezowe. Częstotliwość cezoza to częstotliwość z pasma mikrofalowego, wynosząca nieco ponad 9 GHz. Wykorzystuje się również zegary, których częstotliwość występuje w paśmie optycznym, a ich częstotliwość wyrażamy w terahercach ($1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz}$!). Zegary optyczne są to zegary najnowszej generacji, których technologia jest ciągle tworzona i udoskonalana. W teorii zegary optyczne mogą pomylić się o 1 s na ok. 30 mld lat, choć obecnie istniejące zegary optyczne jeszcze tego nie potrafią.

Definicja sekundy – jak się zmieniała



Do roku 1960 definicja sekundy oparta była o średnią dobę słoneczną. 1 sekunda wynosiła dokładnie 1/86 400 średniej doby słonecznej. W roku 1956 Międzynarodowy Komitet Miar (CIPM) zaproponował nową definicję sekundy w odniesieniu do roku zwrotnikowego. W roku 1960 Generalna Konferencja Miar (CGPM) formalnie przyjęła nową definicję sekundy, w której zależność była następująca: 1 rok zwrotnikowy to dokładnie 31 556 925,9747 s.

W roku 1967 nastąpiła rewolucja w definicji sekundy. Ustanowiono wtedy definicję

sekundy, która obowiązuje do dziś:

sekunda - czas równy 9 192 631 770 okresom promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego atomu cezu 133.

Jeśli zastanowimy się nad tymi definicjami to widzimy pewną zależność. Dawniej sekunda wyznaczana była jako ułamek większej części (np. doby czy roku) obecnie doba i rok powstają z sumowania ze sobą wielu sekund, minut i godzin.

Dokładnie 20 maja 2019 r. sekunda [otrzymała nową definicję](#) o następującym brzmieniu:

sekunda, oznaczenie s, jest to jednostka SI czasu. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej częstotliwości cezowej $\Delta\nu_{\text{Cs}}$, to jest częstotliwości nadsubtelnego przejścia w atomach cezu 133 w niezaburzonym stanie podstawowym, wynoszącej 9 192 631 770, wyrażonej w jednostce Hz, która jest równa s^{-1} .

Jaka to różnica? Z punktu widzenia technicznego - żadna. Nadal będziemy wykorzystywać mikrofalowe promieniowanie w atomach cezu o ściśle określonej częstotliwości do wyznaczania sekundy. Jednak formułę definicji przebudowano w taki sposób, aby po redefinicji wszystkie definicje podstawowych jednostek SI otrzymały spójne brzmienie.

Metrologia czasu

Pomiary czasu są dziedziną, która bardzo szybko się rozwija, a czas jest najdokładniej mierzoną wielkością na świecie. Pomiary czasu są wykorzystywane powszechnie, cała nasza współczesna cywilizacja jest silnie zależna od czasu. Rozpoczęcie pracy, lekcji, godziny otwarcia sklepów, banków, rozkłady jazdy pociągów – to wszystko oparte jest na pomiarach czasu, jednak są to obszary życia, w których bardzo duża dokładność pomiaru czasu tak naprawdę nie jest wymagana.

Jeśli jednak spojrzymy w sektor usług bankowych, giełdowych, telekomunikację, Internet czy nawigację satelitarną, to precyzja w wyznaczaniu czasu nabiera większego znaczenia. Zwłaszcza w kontekście lawinowo rosnącej liczby połączeń telekomunikacyjnych oraz ilości danych przesyłanych w każdej sekundzie przez sieć. Gdyby nie dokładne odmierzenie czasu, moglibyśmy zabiłdzić przy korzystaniu z GPS, dodzwonić się nie do tej osoby co trzeba przy wykonywaniu połączeń telefonicznych, nie moglibyśmy wykonać przelewu bankowego przez Internet czy bezproblemowo przesłać większej ilości danych e-mailem.

Bardzo dokładny czas jest również wykorzystywany do odtwarzania i pomiarów innych wielkości, np. przy wyznaczaniu częstotliwości promieniowania laserowego dla potrzeb pomiarów długości czy odtwarzania wzorcowego napięcia elektrycznego stałego w oparciu o tzw. efekt Josephsona. Na niższym poziomie dokładności, pomiary czasu wykorzystujemy dla potrzeb pomiarów lepkości, prędkości, w pracy zegarmistrza, czy przy realizacji procedur pobierania próbek. Sekunda dba również o bezpieczeństwo naszych portfeli – pomiary energii elektrycznej, wody, ciepła, gazu, na podstawie których wyznaczone są rachunki za ich zużycie w każdym domu, zawierają w sobie pomiary czasu. Każdy z nas styka się więc z pomiarem czasu na co dzień, na więcej sposobów niż mogłoby się wydawać.

Skale czasu – cóż to takiego

Ze względu na systemy łączności, Internet, systemy satelitarne, międzynarodowe połączenia lotnicze i kolejowe, a także i na badania naukowe, wygodnie jest, aby na całej Ziemi była jednolita ciągła skala czasu. Zegary atomowe i optyczne mogą wyznaczać czas bardzo precyzyjnie, jednak pojedynczy wzorzec nie jest wystarczająco dokładny, aby wyznaczać czas dla całego świata. Aby ustalić jednolitą skalę czasu, postanowiono więc uśrednić wskazania wielu takich zegarów. Skala czasu oparta na takim „grupowym wzorcu czasu” nazwana została międzynarodową skalą czasu atomowego (TAI) a jej tworzenie koordynowane jest przez Międzynarodowe Biuro Miar w Paryżu (BIPM).

Ponieważ zjawiska astronomiczne związane z ruchem obrotowym i obiegowym Ziemi oraz zjawiska atomowe nie są ze sobą bezpośrednio powiązane, między czasem atomowym TAI a czasem astronomicznym pojawiły się rozbieżności. Oparty na

okresie obrotu Ziemi wokół własnej osi czas uniwersalny średni (UT1) podlega wszystkim nieregularnościom związanym z mechaniką ruchu Ziemi, Księżyca i innych ciał niebieskich. Pojawiła się zatem potrzeba koordynacji czasu atomowego z czasem słonecznym i tak powstał uniwersalny czas koordynowany UTC – atomowy czas TAI przesunięty o całkowitą liczbę sekund, koordynowany do średniego czasu słonecznego na południku zerowym. W 1972 roku podjęto decyzję, że czas UTC będzie podstawą we wszystkich krajach do wyznaczania czasu urzędowego. W ten sposób zachowano dobrodziejstwo równości i niezmienności jednostki miary czasu, ale też i zgodność z czasem astronomicznym, co ma duże znaczenie w klasycznej nawigacji morskiej.

Czas letni a naturalny czas zimowy – po co nam zmiany czasu?

W wielu krajach od wiosny do jesieni świt przypada bardzo wcześnie i w większości przypadków, kiedy się budzimy, jest już jasno. Poprzez odpowiednią zmianę czasu i wprowadzenie tzw. czasu letniego możemy lepiej wykorzystać światło dnia słonecznego. Budząc się godzinę wcześniej, wciąż robimy to po wschodzie słońca, ale wieczorem korzystamy z naturalnego światła o godzinę dłużej. Wbrew powszechnej opinii dotyczy to nie tylko oszczędności na oświetleniu, ale sprzyja również zwiększeniu aktywności ruchowej i rekreacji na świeżym powietrzu, turystyki. Służy także podniesieniu bezpieczeństwa poprzez zmniejszenie liczby wypadków z udziałem pieszych i rowerzystów w okresie zmierzchu.

Z drugiej jednak strony dwukrotne w ciągu roku zmiany czasu z letniego na zimowy i z zimowego na letni rozregulowują nasz zegar biologiczny. W związku z tym w zeszłym (2018) roku Unia Europejska przeprowadziła konsultacje w sprawie zniesienia zmian czasu. W ankiecie ponad 80 % respondentów ze wszystkich krajów europejskich opowiedziało się za zniesieniem zmian czasu. Kto wie, być może zbliżająca się zmiana czasu, przypadająca na ostatnią niedzielę marca, będzie jedną z tych ostatnich?

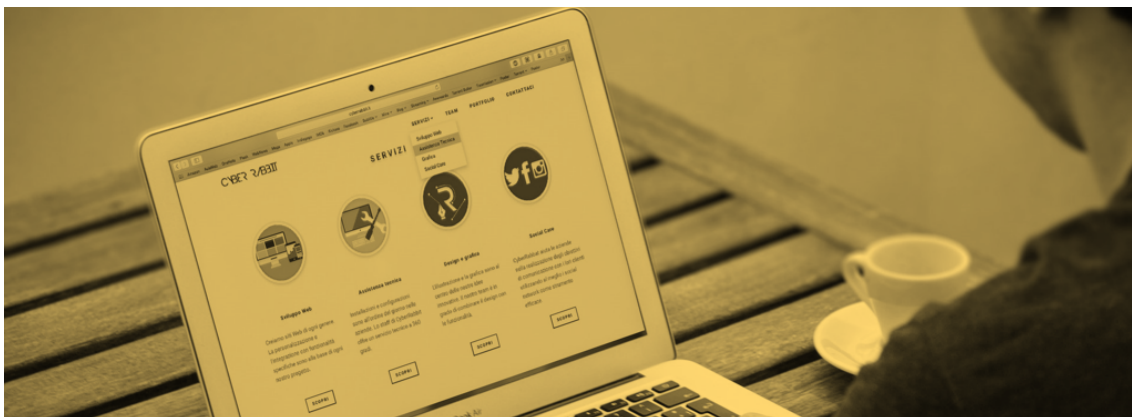
Czy wiesz, że:

Rok zwrotnikowy, związany z obiegiem Ziemi wokół słońca, trwa dokładnie 365,242... dnia, czyli 365 pełnych dni i prawie $\frac{1}{4}$ dnia! To dodatkowe "prawie" powoduje, że choć zwykły rok trwa 365 dni, to, aby zrównać rok kalendarzowy z rokiem zwrotnikowym, co 4 lata mamy rok przestępny trwający 366 dni, za wyjątkiem lat podzielnych przez 100, chyba że są podzielne przez 400. Proste, prawda! Przykładowo rok 1900 nie był rokiem przestępnym, bo był podzielny przez 100, ale niepodzielny przez 400. Natomiast rok 2000 już był rokiem przestępnym - ze względu na podzielność przez 400.

Czasami minuta ma 61 sekund, a dodana 61. sekunda nosi nazwę sekundy

przestępnej! Ma to miejsce w niektórych latach 30 czerwca lub 31 grudnia, kiedy to Międzynarodowe Służby Ruchu Obrotowego Ziemi i Systemów Odniesienia podejmują decyzję, by zsynchronizować skokowo czas atomowy z czasem słonecznym. Ostatnia dłuższa minuta miała miejsce 31 grudnia 2016 roku.

12 marca 2019 roku obchodziliśmy trzydziestolecie www (World Wide Web). 30 lat (od 12.03.1989 do 12.03.2019) to dokładnie 946 684 800 s



W ciągu jednej sekundy na świecie:

- publikowanych jest ponad 8 000 Tweetów
- przesyłanych jest około 900 zdjęć na Instagrama
- wykonuje się niemal 4 000 połączeń Skype
- realizuje się więcej niż 70 000 wyszukiwań w serwisie Google
- wyświetlanych jest co najmniej 75 000 filmów na Youtube
- wysyła się nie mniej niż 2 500 000 e-maili
- ruch internetowy to ponad 65 000 GB danych

źródło: <http://www.internetlivestats.com/one-second/>

dostęp: 13.03.2019