

# Maj 2019, LAB - Laboratoria > Aparatura > Badania

Opublikowane przez : Adam Żeberkiewicz

## W czasopiśmie LAB ukazał się artykuł Aleksandry Gadomskiej na temat redefinicji układu SI.



### Redefinicja SI

Aleksandra Gadomska

Główne wyzwania współczesnego świata, przed którymi stojemy dzisiaj, są mierzalne. Mierzymy świat w sekundach, metrach, kilogramach czy amperach. W przytaczającej większości krajów stosujemy do tego Międzynarodowy Układ Jednostek Miar (SI), który scala niemal cały świat w spójną metrologiczną całość. Spójna jednolita metrologia dba o nasze zdrowie, środowisko, wymianę handlową, naukę, technikę i bezpieczeństwo. Przez współczesną metrologia pojawia się jednak nowe wyzwanie w postaci redefinicji SI, która sprawi, że metrologia gotowa będzie sprostać wymaganiom nowoczesności XXI wieku.

**Dlaczego? W jakim celu? Co dzięki temu zyskamy?** Każdy, kto słyszy hasło „redefinicja SI” na pewno stawia sobie takie pytania. Aby zrozumieć, dlaczego jest to tak ważne i rewolucyjne, posłużymy się przykładowo jednostkami czasu i długości. W dziedzinach tych sytuacja jest niezwykle komfortowa i wiele innych dziedzin metrologicznych patrzyło przez lata z zdumieniem i niechęcią na odwzorowanie jednostek miar tych właśnie wielkości. „Metrologiczny komfort” związany z tymi jednostkami jest możliwy dzięki wykorzystaniu do ich określenia stałych podstawowych. W dziedzinie czasu jednostką miary – sekunda – zdefiniowana jest jako ściśle określona liczba okresów promieniowania powstającego podczas zmiany stanu energetycznego atomu cezu-133, a w dziedzinie długości – metr – zdefiniowany jest z pomocą naturalnej własności światła.

W dziedzinach metrologii opartych na stałych podoba się znaczenie ułatwienie. Długość w czasie i częstotliwość jest tu najlepszym przykładem prostoty wykonania takich porównań, gdyż wykorzystuje się wzorce pierwotne oparte na oscylacjach zdatnych porównań (czy to poprzez licząc światłowodowe, czy satelitarne systemy nawigacji satelitarnej, czy też geostacjonarne satelity telekomunikacyjne), w każdym momencie możemy pomóc nasz wzorzec z innymi wzorcami z całego świata, bo prosty wymienić je pliki z danymi i możemy to realizować praktycznie na bieżąco.

Zupełnie przeciwna sytuacja jest w dziedzinie masy, gdzie wzorzec kilograma jest ostatnim wzorcem materialnym (arbitrarnym wzorcem materialnym) (arbitrarnym wzorcem materialnym) „ostatnim młokiem” jest niewielkim wałkiem wykonanym z dużą dokładnością, jeśli chodzi o wymiary geometryczne, ze stopu platyny i irydu. Wzorzec międzynarodowej jednostki masy ukuwra się w piwnicach w Sévres, szczelnie zamknięty przed wpływem czynników zewnętrznych. Takie same wałeczki są w posiadaniu wszystkich krajów zrzeszonych Konwencji metryczną i stanowią ich wzorce państwowe. Skąd więc możemy mieć pewność, że wykonany i wywzorcowany wzorzec masy przechowywany przez kilkadziesiąt lat, choć ściśle zamknięty w jak najlepszych warunkach, waży wciąż kilogram? Aby zagwarantować spójność pomiarową w tej dziedzinie, nawiązujemy się międzynarodowe porównania wszystkich wzorców państwowych z wzorcem międzynarodowym. Można sobie wyobrazić na jaką skalę jest to przedsięwzięcie. Dość powiedzieć, że tak porównania wykonywane są średnio co kilkadziesiąt lat. Pomimo najstaranniejszej opieki rozróżnianej nad centymy wałkami, obserwuje się zmiany ich masy spowodowane czy to osadzeniem się na nich różnych cząstek obecnych w powietrzu, czy też erozji wywołanej również różnymi składnikami powietrza.

Sytuacja, zupełnie inna, choć nie tak skomplikowana jak w przypadku masy, istnieje również w dziedzinie wielkości elektrycznych. Niemal każdy na lekcjach fizyki słyszał o definicji ampera opartej na dwóch nieskorczonych długich przewodnikach o znikomym przekroju. Obecnie odwzorowanie jednostki miary prądu elektrycznego zgodnie z tą definicją nie jest realizowane w praktyce. Do tego celu wykorzystuje się realizację jednostki miary napięcia elektrycznego wykorzystująccej zjawisko Josephsona oraz realizację jednostki miary rezystancji opartej na kwantowym zjawisku Halla. Rozwiązaniem opisanym (oczywiście tylko częściowo) problemów metrologicznych

przy czym sekunda zdefiniowana jest za pomocą częstotliwości cesowej  $\Delta\nu_{Cs}$ . **Kilogram** – oznaczenie kg, jest to jednostka SI masy. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej stałej Plancka  $h$ , wynoszącej  $6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ , wyrażonej w jednostce  $J \cdot s$ , przy czym metr i sekunda zdefiniowane są za pomocą  $c$  i  $\Delta\nu_{Cs}$ . **Amper** – oznaczenie A, jest to jednostka SI prądu elektrycznego. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej ładunku elementarnego  $e$ , wynoszącej  $1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ , wyrażonej w jednostce C, która jest równa A s, gdzie sekunda zdefiniowana jest za pomocą  $\Delta\nu_{Cs}$ . **Kelwin** – oznaczenie K, jest to jednostka SI temperatury termodynamicznej. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej stałej Boltzmanna  $k$ , wynoszącej  $1,380\ 649 \times 10^{-23}$ , wyrażonej w jednostce  $J \cdot K^{-1}$ ,  $540 \times 10^3$  Hz,  $k_B$  wynoszącej 683, wyrażonej w jednostce  $lm \cdot W^{-1}$ , która jest równa  $cd \cdot sr \cdot W^{-1}$  lub  $cd \cdot sr \cdot kg^{-1} \cdot m^3 \cdot s^{-3}$ , gdzie kilogram, metr i sekunda są zdefiniowane za pomocą  $h$ ,  $c$  i  $\Delta\nu_{Cs}$ . **Mol** – oznaczenie mol, jest to jednostka SI ilości substancji. Jeden mol zawiera dokładnie  $6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$  obiektów elementarnych. Liczba ta jest ustaloną wartością liczbową stałej Avogadra  $N_A$  wyrażonej w jednostce  $mol^{-1}$  i jest nazywana liczbą Avogadra. Ilość substancji, symbol  $n$ , układu jest miarą liczby obiektów elementarnych danego rodzaju. Obiektem elementarnym może być atom, cząsteczka, jon, elektron, każda inna cząstka lub danego rodzaju grupa cząstek. **Kandela** – oznaczenie cd, jest to jednostka SI światłości w określonym kierunku. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej skuteczności świetlnej

monochromatycznego promieniowania o częstotliwości  $\nu$ , wyrażonej w jednostce  $s^{-1}$ ,  $K_{cd}$  wynoszącej 683, wyrażonej w jednostce  $lm \cdot W^{-1}$ , która jest równa  $cd \cdot sr \cdot kg^{-1} \cdot m^3 \cdot s^{-3}$ , gdzie kilogram, metr i sekunda są zdefiniowane za pomocą  $h$ ,  $c$  i  $\Delta\nu_{Cs}$ . **Co się zmieni?** Jest to kolejne niezwykle ważne pytanie w kontekście nadchodzących zmian i zapewne pojawia się zaraz po pytaniu o celowość redefinicji. Dla przytaczającej większości ludzi nie zmieni się zupełnie tak samo, pobierając dokładne taki sam prąd jak zdrowego człowieka nadal będzie wynosiła  $36,6^\circ C$ , a podczas ważenia mąki potrzebnej do upieczenia szarlotki, waga kuchenna nadal będzie wskazywać te same gramy.

„Nowe” SI wśród uczniów i nauczycieli Uczniowie oraz nauczyciele, w szczególności na niższych poziomach edukacji, są grupą, która najprawdopodobniej najbardziej odczucie konsekwencji rewolucji. Choć już z niektórymi obecnymi definicjami pojawiają się pewne problemy interpretacyjne (jak choćby definicja Ampera o nieskorczonych długich przewodnikach, czy definicja sekundy wymagająca pewnego wprowadzenia w budowę atomów), to wszystkie nowe definicje otrzymały brzemienie opierające jednostki miary o stałe podstawowe. Takie sformułowanie definicji jest przede wszystkim bardziej wymagające i telek-

