

# Wspólne miary – 55 lat SI z nami!

## Common units of measurement – for 55 years SI has been with us!



**Karol Markiewicz** (redaktor naczelny)

Almost unbelievable but we have been living together with the SI for 55 years already (1960–2015). This system allows to metrologists, scientists, pharmacists, entrepreneurs and consumers etc. all over the World to communicate in the common language in measuring for many different purposes. Starting from 1875 the BIPM has coordinated the common work to unify all base units of the SI. The kilogram remains as the last unit defined by a material artefact. The evolution (redefinition of all base units of the SI) is going to be ended soon. This article focuses your attention on the progressing evolution of the SI and its unquestionable importance for the ongoing development of the humankind. For a very long time Poland (GUM) has also been present in the Metrology World. Our country joined the Metre Convention in 1925 and we are in the SI zone.

W 1960 r., w czasie obrad 11. Generalnej Konferencji Miar (CGPM), czyli najwyższego organu Konwencji Metrycznej, podjęto uchwałę nr 12 o przyjęciu układu jednostek miar pod nazwą Międzynarodowy Układ Jednostek Miar – SI. Wtedy do jednostek podstawowych zaliczone zostały: metr, kilogram, sekunda, amper, kelwin i kandela.

Na mocy uchwały 14. CGPM w 1971 r., do układu SI dołączył mol.

Tworzenie układu miar metrycznych podjęto pod koniec XVIII w., a metr i kilogram zaczęły wypierać

tradycyjne miary (np. łokieć koronny, wiedeński, czy funt). Prace nad wspólnym systemem miar były kontynuowane od początków funkcjonowania Międzynarodowego Biura Miar (BIPM), utworzonego na mocy podpisanej w 1875 r. w Paryżu, Konwencji Metrycznej. To kolejny jubileusz przypadający w 2015 r. – 140 rocznica zawarcia Konwencji Metrycznej. System metryczny datowany jest od czasów Rewolucji Francuskiej i oparty był na dwóch podstawowych jednostkach miar: kilogramie i metrze. Po raz pierwszy nowe międzynarodowe prototypy metra i kilograma zostały formalnie

64

ONZIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES. 87			
Système International d'Unités			
RÉSOLUTION 12			
La Onzième Conférence Générale des Poids et Mesures,			
CONSIDÉRANT			
la résolution 6 de la Dixième Conférence Générale des Poids et Mesures par laquelle elle a adopté les six unités devant servir de base à l'établissement d'un système pratique de mesure pour les relations internationales :			
Longueur.....	mètre	m	
Masse.....	kilogramme	kg	
Temps.....	seconde	s	
Intensité de courant électrique.....	ampère	A	
Température thermodynamique.....	degré Kelvin	°K	
Intensité lumineuse.....	candela	cd	
la résolution 3 adoptée par le Comité International des Poids et Mesures en 1956,			
les recommandations adoptées par le Comité International des Poids et Mesures en 1958 concernant l'abréviation du nom de ce système et les préfixes pour la formation des multiples et sous-multiples des unités,			
DÉCIDE :			
1° le système fondé sur les six unités de base ci-dessus est désigné sous le nom de Système International d'Unités ;			
2° l'abréviation internationale du nom de ce Système est : SI ;			
3° les noms des multiples et sous-multiples des unités sont formés au moyen des préfixes suivants :			
Facteur par lequel l'unité est multipliée		Facteur par lequel l'unité est multipliée	
1 000 000 000 000 = 10 <sup>12</sup>	téra T	0,1 = 10 <sup>-1</sup>	déci d
1 000 000 000 = 10 <sup>9</sup>	giga G	0,01 = 10 <sup>-2</sup>	centi c
1 000 000 = 10 <sup>6</sup>	méga M	0,001 = 10 <sup>-3</sup>	milli m
1 000 = 10 <sup>3</sup>	kilo k	0,000 001 = 10 <sup>-6</sup>	micro µ
100 = 10 <sup>2</sup>	hecto h	0,000 000 001 = 10 <sup>-9</sup>	nano n
10 = 10 <sup>1</sup>	déca da	0,000 000 000 001 = 10 <sup>-12</sup>	picose p
4° sont employées dans ce Système les unités ci-dessous, sans préjudice d'autres unités qu'on pourrait ajouter à l'avenir			
Unités supplémentaires			
Angle plan.....	radian	rad	
Angle solide.....	stéradian	sr	
Unités dérivées			
Superficie.....	mètre carré	m <sup>2</sup>	
Volume.....	mètre cube	m <sup>3</sup>	
Fréquence.....	hertz	Hz	1/s
Masse volumique (densité).....	kilogramme par mètre cube	kg/m <sup>3</sup>	

88 ONZIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES.			
Vitesse.....	mètre par seconde	m/s	
Vitesse angulaire.....	radian par seconde	rad/s	
Accélération.....	mètre par seconde carrée	m/s <sup>2</sup>	
Accélération angulaire.....	radian par seconde carrée	rad/s <sup>2</sup>	
Force.....	newton	N	kg.m/s <sup>2</sup>
Pression (tension mécanique).....	newton par mètre carré	N/m <sup>2</sup>	
Viscosité cinématique.....	mètre carré par seconde	m <sup>2</sup> /s	
Viscosité dynamique.....	newton-seconde par mètre carré	N.s/m <sup>2</sup>	
Travail, énergie, quantité de chaleur.....	joule	J	N.m
Puissance.....	watt	W	J/s
Quantité d'électricité.....	coulomb	C	A.s
Tension électrique, différence de potentiel,			
force électromotrice.....	volt	V	W/A
Intensité de champ électrique.....	volt par mètre	V/m	
Résistance électrique.....	ohm	Ω	V/A
Capacité électrique.....	farad	F	A.s/V
Flux d'induction magnétique.....	weber	Wb	V.s
Inductance.....	henry	H	V.s/A
Induction magnétique.....	tesla	T	Wb/m <sup>2</sup>
Intensité de champ magnétique.....	ampère par mètre	A/m	
Force magnétomotrice.....	ampère	A	
Flux lumineux.....	lumen	lm	cd.sr
Luminance.....	candela par mètre carré	cd/m <sup>2</sup>	
Éclairement.....	lux	lx	lm/m <sup>2</sup>

Tekst uchwały ustanawiającej układ SI – 1960 r.

Wielkość podstawowa	Jednostka podstawowa	Oznaczenie jednostki	Definicja
długość	metr	m	Długość drogi przebytej w próżni przez światło w czasie 1/299 792 458 sekundy.
masa	kilogram	kg	Masa równa masie międzynarodowego prototypu kilograma (docelowo definicja będzie oparta na stałej Plancka).
czas	sekunda	s	Czas trwania 9 192 631 770 okresów promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma nadsztylnymi poziomami stanu podstawowego atomu cezu 133.
prąd elektryczny	amper	A	Elektryczny prąd stały, który płynąc w dwóch równoległych, prostoliniowych przewodnikach o nieskończonej długości i pomijalnie małym przekroju poprzecznym kołowym, umieszczonych w odległości 1 metra od siebie w próżni, wywołuje między tymi przewodnikami siłę o wartości $2 \cdot 10^{-7}$ niutona na metr długości przewodu (docelowo definicja będzie związana z ładunkiem elementarnym).
temperatura termodynamiczna	kelwin	K	To 1/273,16 temperatury termodynamicznej punktu potrójnego wody (docelowo definicja będzie oparta na stałej Boltzmanna).
liczność materii	mol	mol	Liczność materii układu, która zawiera tyle podstawowych indywidualów, ile jest atomów w 0,012 kg węgla 12. Przy stosowaniu jednostki mol trzeba określić podstawowe indywiduala: atomy, cząsteczki, jony, elektrony, inne cząstki lub określone grupy takich cząstek (docelowo definicja będzie oparta na stałej Avogadra).
światłość	kandela	cd	Światłość źródła emitującego w określonym kierunku promieniowanie monochromatyczne o częstotliwości $540 \cdot 10^{12}$ herców i natężeniu promieniowania 1/683 wata na steradian.

przyjęte uchwałą na obradach 1. Generalnej Konferencji Miar w 1889 r. Razem z astronomiczną sekundą utworzyły pierwszy system, tzw. układ MKS – **metr, kilogram, sekunda**. Polska, już w 1925 r., a więc tuż po odzyskaniu niepodległości, przystąpiła do Konwencji Metrycznej. Tak, to kolejna tegoroczna okrągła rocznica – nasz kraj jest członkiem Konwencji już **90** lat.

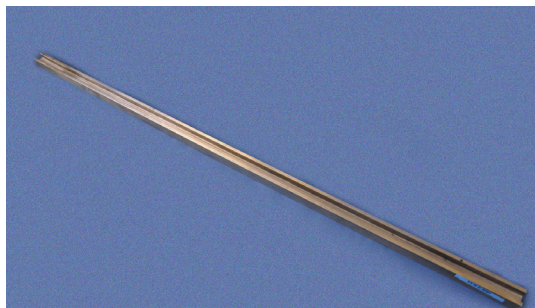
Od 1889 r. system miar Konwencji Metrycznej ewoluował i dziś używamy **7 podstawowych jednostek SI**.

System SI jest systemem uznawanym w społeczności międzynarodowej. Obecnie stosuje go większość krajów świata. Choć przykładowo w USA używane są takie jednostki jak: mila, stopa czy galon. To, że w pewnych krajach legalne lub funkcjonujące obok nich są jednostki spoza SI, jak np.: minuta, godzina, dzień, litr, tona, bar, dyna, wynika często z powodów historycznych, zwyczajowych. Znanym przykładem jest powszechne użycie mil i stóp na potrzeby lotnictwa i żeglugi morskiej. Wynika to zarówno z umów międzynarodowych (np. Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym z 1944 r.) jak i z polskiego Prawa o miarach. Zgodnie z brzmieniem ust. 2 art. 6 Prawa o miarach: „jednostki miar inne niż legalne jednostki mogą być stosowane, na mocy porozumień międzynarodowych, w transporcie morskim, lotniczym i kolejowym.”

Jednakże użycie jednostek miar SI powinno być powszechne wśród np. naukowców. Umożliwiają one bowiem międzynarodowy dialog, ułatwiają krzewienie nauki oraz rozwój technologii i m.in. z tych powodów są rekomendowane do stosowania przez BIPM. Zawsze, gdy z jakichś powodów stosowane są jednostki spoza SI, należy przytaczać przelicznik na odpowiednią jednostkę SI. Dotyczy to także handlu i kiedy kupujemy np. telewizor, to obok przekątnej ekranu w calach, na opakowaniu podana jest także przekątna w centymetrach (podwielokrotność 1 m).

Co ciekawe, prace metrologów nad układem SI trwają nadal. Od lat dokonuje się ewolucja układu SI, także w zakresie definicji jego jednostek. Przyczynia się do tego m.in. coraz szybszy postęp techniczny. W efekcie, jednostki miar są definiowane w oparciu już nie o materialne wzorce odniesienia, a przy pomocy uniwersalnych stałych fizycznych. Przykładowo metr, jako podstawowa jednostka długości układu SI, nie jest już definiowany za pomocą wzorca materialnego, a w oparciu o wartość prędkości światła w próżni.

Podobny proces czeka kilogram, który nadal odzorowywany jest dzięki materialnemu wzorcowi tzw. IPK (International Prototype of the Kilogram), Międzynarodowemu Prototypowi Kilograma przechowywa-



Państwowy wzorzec jednostki miary długości 1 m, stosowany w GUM w latach 1927–1944



Państwowy wzorzec jednostki miary długości, stosowany obecnie w GUM

nego w BIPM, w Sèvres pod Paryżem. Jednostka masy jest obecnie ostatnią z jednostek podstawowych układu SI definiowaną za pomocą artefaktu (wzorca materialnego). To wzorzec pierwotny, od którego dzięki łańcuchowi wzorcowań, zapewniona jest spójność (pomiarowa) pomiarów masy, w zasadzie na całym świecie. W Polsce, w GUM, przechowujemy NPK (National Prototype of the Kilogram) o numerze 51. To walec o wysokości i średnicy równej 39,17 mm, wykonany ze stopu platyny (90 %) i irydu (10 %). Od niego z kolei przekazujemy, w drodze szeregu wzorcowań, jednostkę masy do kolejnych wzorców odniesienia, i tak aż do odważników oraz wag sklepowych i przemysłowych. Dzięki m.in. temu, kupując np. 1 kg owoców mamy pewność, że płacimy za 1 kg towaru, z dozwoloną oczywiście dokładnością, a metrolog powiedziałby – z błędem nieprzekraczającym największego błędu dopuszczalnego.

O redefinicji jednostki masy ostatecznie zdecydowała Generalna Konferencja Miar w 2014 r. W „nowym” SI 4 podstawowe jednostki: kilogram, amper, kelwin i mol, będą zdefiniowane na nowo, w oparciu o stałe fizyczne, odpowiednio: stałą Plancka ( $h$ ), ładunek elementarny ( $e$ ), stałą Boltzmanna ( $k_B$ ) oraz stałą Avogadra ( $N_A$ ).

W przypadku omawianego już kilograma, zakłada się, że nowa definicja jednostki miary masy zostanie zatwierdzona w 2018 r. i będzie oparta na stałej Plancka (więcej informacji w artykułach w dziale: Technika i pomiary). Prace nad redefinicją układu SI, zmierzające do ujednolicenia sposobów odtwarzania podstawowych jednostek miar powinny zakończyć się do 2018 r. Ten proces, raczej ewolucji niż rewolucji, choć tempo zmian przyspiesza, pokazuje determinację międzynarodowego środowiska metrologów, którzy konsekwentnie, od ponad wieku, prowadzą wspólne prace w sposób zorganizowany, aby podstawowe jednostki miar były zu-

nifikowane, powszechne, dostępne dla każdego i zrozumiałe dla wszystkich interesariuszy. Jest to konieczne i uzasadnione, bo układ SI umożliwi metrologom, ale i architektom, farmaceutom, inżynierom budowlanym, przedsiębiorcom, czy konsumentom, posługiwanie się tym samym językiem, przy dokonywaniu pomiarów na bardzo różny użytek.

### Literatura

- [1] A concise summary of the International System of Units, the SI. Broszura Komitetu Doradczego ds. Jednostek (CCU) przy Międzynarodowym Komitecie Miar (CIPM). BIPM 2006 ([www.bipm.org](http://www.bipm.org)).
- [2] Uchwała nr 12 podjęta przez 11. Generalną Konferencję Miar [w:] Comptes Rendus de la 11e CGPM (1960) p. 87 (<http://www.bipm.org/en/CGPM/db/11/12/>).
- [3] Uchwała nr 1 podjęta przez 25. Generalną Konferencję Miar (<http://www.bipm.org/en/CGPM/db/25/1/>).
- [4] Borzymiński J., *Międzynarodowa terminologia metrologiczna* [w:] Polska Administracja Miar. Vademecum. GUM, Warszawa 2015.
- [5] Borzymiński J., *Od starożytności do rewolucji. Łokieć, metr i nie tylko*. [w:] Metrologia i Probiernictwo. Nr 1-2, GUM, Warszawa 2014.
- [6] Ossowski R. L., *Przegląd aktualnej wiedzy na temat prowadzonych badań nad redefinicją jednostki masy*. [w:] Metrologia i Probiernictwo. Nr 1-2, GUM, Warszawa 2014.
- [7] Ruśkowska P., Mosiądz M., Popiołek W., Mroczka J., *Kwantowy układ jednostek miar SI – Ewolucja czy rewolucja?* [w:] Problemy metrologii elektronicznej i fotonicznej 7. Praca zbiorowa pod red. prof. J. Mroczki. Oficyna Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 2014.
- [8] Żeberkiewicz A., *Redefinicja nieunikniona* (wywiad z p. Wojciechem Wiśniewskim, opiekunem państwowego wzorca jednostki masy w GUM). [w:] Metrologia i Probiernictwo. Nr 4, GUM, Warszawa 2014.