

Stąły rozwój nauk fizyczno-chemicznych i technicznych powoduje odkrywanie zarówno nowych zjawisk fizycznych, jak i formułowanie odpowiednich zależności między nowo odkrytymi a znanymi już zjawiskami. Wskutek tego pojawiły się w ciągu wieków i pojawiają się nadal coraz to nowe różnego rodzaju wielkości fizyczne oraz przynależne im jednostki miar.

Jednostki miar są przede wszystkim przedmiotem zainteresowania rozwijającej się obecnie dynamicznie gałęzi nauki, zwanej metrologią. Ten szybki i wszechstronny rozwój metrologii spowodowany jest żywiołowym wprost rozwojem innych gałęzi wiedzy. Metrologia współczesna obejmuje swym zakresem wszystkie rodzaje pomiarów – ze wszystkich dziedzin nauki i wiedzy. Spośród wielu zagadnień będących obiektem zainteresowań metrologii jednym z ważniejszych jest ustalanie zasad tworzenia odpowiednich układów jednostek miar.

Istnienie różnych układów jednostek miar powoduje, że jednostki miar tych samych wielkości fizycznych mogą mieć, w zależności od układu, zarówno różnorodne wymiary, jak i różnorodne nazwy. Jest to zjawisko wysoce niepożądane, zwłaszcza obecnie, gdy wiele najrozmaitszych dziedzin wiedzy przenika się wzajemnie, bądź też kojarzy się często w jedną nową gałąź nauki.

Aby tej różnorodności w oznaczeniach miar uniknąć, już dość dawno podjęto pracę nad utworzeniem uniwersalnego układu jednostek miar, który by w sposób możliwie optymalny uwzględniał potrzeby i istotę wszystkich nauk fizyczno-chemicznych i technicznych. Układ taki, jako **Międzynarodowy Układ Jednostek Miar** (Système International d'Unités), zwany również w skrócie **Układem SI**, postanowiono przyjąć w 1960 roku na XI Generalnej Konferencji Miar. Uchwał tej Konferencji zobowiązywały się również przestrzegać międzynarodowe organizacje, np. Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO), Rada Wzajemnej Pomocy Gospodarczej (RWPG) itp.

Oto postanowienia Konferencji określające bliżej Międzynarodowy Układ Jednostek Miar (Układ SI):

1. Ustala się 7 podstawowych jednostek miar: metr, kilogram, sekunda, amper, kelwin, mol i kandela; jednostki te podporządkowane są odpowiednio 7 wybranym podstawowym wielkościom fizycznym: długości, masie, czasowi, natężeniu prądu

elektrycznego, temperaturze, liczności materii i światłości.

2. Ustala się 2 uzupełniające jednostki miar: radian i steradian; pierwszy dla pomiarów kąta płaskiego, drugi dla pomiarów kąta bryłowego.

3. Pochodne jednostki miar podporządkowane właściwym wielkościom pochodnym tworzy się na podstawie odpowiednich praw fizycznych formułujących zależności między wielkościami podstawowymi, uwzględniając zasadę spójności jednostek*.

Analizując dobór jednostek podstawowych i uzupełniających można stwierdzić, że:

1. Trzy jednostki podstawowe: metr, kilogram i sekunda umożliwiają utworzenie jednostek pochodnych dla wszystkich wielkości mechanicznych.

2. Cztery pozostałe jednostki podstawowe: amper, kelwin, mól i kandela, dodawane pojedynczo lub łącznie do pierwszej grupy jednostek – umożliwiają utworzenie wszelkich jednostek pochodnych dla wielkości elektrycznych, magnetycznych, cieplnych, świetlnych itp.

3. Jednostki uzupełniające: radian i steradian nie wchodzi do grupy jednostek podstawowych; mają wymiar L^0 , czyli równy 1 i nie zależą od wyboru jednostek podstawowych.

Wprowadzenie układu SI

Jest sprawą oczywistą, że zmiana jakiegokolwiek przyjętego przez społeczeństwo i stosowanego układu miar jest zagadnieniem bardzo skomplikowanym organizacyjnie i dość kosztownym, jednakże im później będą wprowadzane te zmiany, tym operacja zmiany będzie bardziej kosztowna i kłopotliwa. Prace przygotowawcze do wprowadzenia układu SI w Polsce trwają już kilka lat. Do chwili obecnej były to prace przygotowujące i obejmowały na ogół wydawanie odpowiednich aktów prawnych** ustalających legalne jednostki miar i opracowanie odpowiednich programów wprowadzenia układu SI.

* Termin „spójność jednostek” oznacza, że zależności między jednostkami układu wyrażają się wzorami, w których współczynniki liczbowe (przeliczeniowe) są zawsze równe jedności.

** Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 października 1975 r. w sprawie ustalenia legalnych jednostek miar (Dz. U. Nr 35, poz. 192) oraz Zarządzenie Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacji i Miar z dnia 5 stycznia 1976 r. w sprawie ustalenia definicji, nazw i oznaczeń jednostek miar (M.P. Nr 4, poz. 19).

Jedną z poważniejszych prac było właśnie opracowanie tych programów. Każdy Czytelnik z łatwością wyobrazi sobie, przed jakim skomplikowanym problemem stoi grupa ludzi odpowiedzialnych za wprowadzenie układu SI, gdyż działanie to musi objąć takie zagadnienia, jak:

1. Zorganizowanie i prowadzenie informacji popularyzującej układ SI z wykorzystaniem środków masowego przekazu, wydawnictw książkowych oraz doskonalenia i doskonalenia kwalifikacji zawodowych w różnych formach.
2. Aktualizacja norm i innych dokumentów techniczno-normatywnych wydanych przed dniem 1 stycznia 1977 r.
3. Wydawanie przewidzianych do dalszego użytku podręczników, katalogów, tablic i innych materiałów, w których będą stosowane wyłącznie jednostki SI lub inne legalne jednostki miar.
4. Przewzorcowanie lub wymiana narzędzi pomiarowych.

Odrębnym zagadnieniem jest wprowadzenie układu SI do: statystyki gospodarczej i sprawozdawczości, dokumentacji naukowej i technicznej, produkcji wyrobów oraz obrotu towarowego i usług.

Prace te mają być zakończone w roku 1979.

Zmiany jednostek miar

Każdego Czytelnika na pewno najbardziej zainteresuje, jakie zmiany powoduje wprowadzenie układu SI. Zmiany te są dwojakiego rodzaju, a mianowicie: są to zmiany oznaczeń (symboli) lub zmiany nazwy jednostki miary i zmiany jednostek miary. Do zmian pierwszego rodzaju należy np. zmiana nazwy mikron (μ) na mikrometr (μm).

Zmiany drugiego rodzaju – to np. likwidacja jednostek takich, jak mila morska, kabel, stopa, cal.

Podobne problemy, jak dotyczące jednostek długości, wynikają też przy określeniu i oznaczeniu innych jednostek, np. spośród jednos-

tek powierzchni znika ar, spośród jednostek objętości – tona rejestrowa i stopa sześcienna, z jednostek prędkości kątovej – obrót na sekundę (lub minutę, godzinę); z jednostek masy – kwintal, karat. Dalsze dokładne wymienianie zanudziłoby Czytelników, gdyż

Tablica 1. Wykaz zmian nazw i oznaczeń częściowej stosowanych jednostek miar (x – oznacza dokonaną zmianę)

Lp.	Dotychczas stosowana jednostka miary		Dokonana zmiana		Nazwa lub oznaczenie w układzie SI		Uwagi
	Nazwa	Oznaczenie	Nazwa	Oznaczenie	Nazwa	Oznaczenie	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	dekametr	dkm		x	dekametr	dam	łepkość dynamiczna
2	decymetr	dcm		x	decymetr	dm	
3	mikron	μ		x	mikrometr	μm	
4	decymetr kwadratowy	dcm ²		x	decymetr kwadratowy	dm ²	
5	decymetr sześcienny	dcm ³	x		decymetr sześcienny	dm ³	
6	sekunda	sek, s	x	x	sekunda	s	
7	godzina	godz, h	x	x	godzina	h	
8	dekagram	dkg	x	x	dekagram	dag	
9	niutonosekunda na metr kwadr.	N.s/m ²	x	x	paskalosekunda	Pa.s	
10	watosekunda	W.s	x	x	dżul	J	
11	nit	nt	x	x	kandela na metr kwadratowy	cd/m ²	
12	stilb	sb	x	x	kilokandela na metr kwadratowy	kcd/m ²	
13	om razy milimetr kwadrat. na metr	Ω mm ² /m	x	x	kwadratowy mikroomometr	μΩ/m	

Tablica 2. Wykaz zmian częściowej stosowanych jednostek miar

Lp.	Jednostka stosowana dotychczas		Nowa jednostka w układzie SI		Relacja pomiędzy jednostką stosowaną dotychczas a jednostką układu SI
	Nazwa	Oznaczenie	Nazwa	Oznaczenie	
1	2	3	4	5	6
1	angstrom	Å	nanometr	nm	1 Å = 10 ⁻¹⁰ m
2	mila morska	Mm	kilometr	km	1 mila morska = 1,852 km
3	stopa	ft	metr	m	1 ft = 3,048 · 10 ⁻¹ m
4	cal, inch	in. lub	milimetr	mm	1 cal = 2,54 · 10 ⁻² m
5	ar	a	metr kwadratowy	m ²	1 a = 10 ² m ²
6	tona rejestrowa	RT	metr sześcienny	m ³	1 RT = 2,83168 m ³
7	obrot	obr	radian	rad	1 obr = 2π rad ≈ 0,628319 · 10 rad
8	kwintal	q	kilogram	kg	1 q = 10 ² kg
9	karat	kr	gram	g	1 kr = 0,2 g
10	obrot na sekundę	obr/s	radian na sekundę	rad/s	1 obr/s = 2 rad/s
11	obrot na minutę	obr/min	radian na sekundę	rad/s	1 obr/min = $\frac{2\pi}{60}$ rad/s
12	obrot na kwadrat sekundy	obr/s ²	radian na kwadrat sekundy	rad/s ²	1 obr/s ² = 2π rad/s ²
13	tona siła	T	kiloniuton	kN	1 T = 0,980655 · 10 kN
14	kilogram siła	kG	niuton	N	1 kG = 0,980655 · 10 ² N
15	kilopond	kp	niuton	N	1 kp = 0,980655 · 10 ² N
16	dyna	dyn	mikroniuton	μN	1 dyn = 10 μN
17	milibar	mbar	kilopaskal	kPa	1 mbar = 0,1 kPa
18	kon mechaniczny	KM	kilowat	kW	1 KM = 0,73549875 kW
19	kaloria	cal	dżul	J	1 cal = 0,41868 · 10 J
20	neper	Np	decybel	dB	1 Np = 8,685890 dB
21	ersted	Oe	amper na metr	A/m	1 Oe = $\frac{2\pi}{10}$ · 10 ² A/m ≈ 0,795775 · 10 ² A/m
22	gilbert	Gb	amper	A	1 Gb = $\frac{2}{\pi}$ · 10 A ≈ 0,795775 A
23	gaus	Gs	militesla	mT	1 Gs = 0,1 mT
24	makswel	Mx	nanoweber	nWb	1 Mx = 10 nWb
25	omocentymetr	Ωcm	miliomometr	mΩ.m	1 Ω cm = 10 mΩ.m
26	erg na sekundę	erg/s	mikrowat	μW	1 erg/s = 10 ⁻¹¹ μW

zmian jest bardzo dużo i znika wiele tak lubianych jednostek, jak dyna, milimetr słupa rtęci, atmosfera, bar (milibar) czy koń mechaniczny.

Dokładniej tę sytuację zilustrują tablice 1 i 2, które zawierają wykaz zmian niektórych części spotykanych jednostek miar.

Wzajemne zależności jednostek

W obecnym, przejściowym okresie, gdy mamy do czynienia zarówno z jednostkami miar układu SI, jak również z ogromną liczbą jednostek miar rozmaitych układów, należy zwrócić baczna uwagę na wzajemne zależności jednostek jednorodnych, na ich współczynniki przeliczeniowe oraz wymiary.

Aby zobrazować te przejściowe trudności, związane z wprowadzaniem układu SI, prześledzimy kilka przykładów liczbowych.

Przykład 1. Zamienić 120 KM (koni mechanicznych) na kilowaty (kW).

$$\begin{aligned} 1 \text{ KM} &= 7,355 \cdot 10^2 \text{ W}; 1 \text{ W} = 10^{-3} \text{ kW} \\ 1 \text{ KM} &= 7,355 \cdot 10^2 \cdot 10^{-3} \text{ kW} = 0,7355 \text{ kW} \\ 120 \text{ KM} &= 120 \cdot 0,7355 \text{ kW} = 88,26 \text{ kW} \end{aligned}$$

Przykład 2. Silnik spalinowy o mocy 50 KM napędzał przez 4 godziny prądnicę prądu elektrycznego. Obliczyć, jaką energię wyrażoną w dżulach (J) przekazała ta prądnica do sieci?

$$\begin{aligned} 1 \text{ KM h} &= 2,647 \ 795 \cdot 10^6 \text{ J} \\ E &= 50 \text{ KM} \cdot 4 \text{ h} = 200 \text{ KM h} = \\ &= 200 \cdot 2,647 \ 795 \cdot 10^6 \text{ J} = 5,29560 \cdot 10^8 \text{ J} \\ E &= 529,56 \text{ MJ} \end{aligned}$$

Przykład 3. Wyrazić ciśnienie 50 kG/cm² w paskalach (Pa):

$$\begin{aligned} 1 \text{ N/m}^2 &= 1 \text{ Pa} \\ 1 \text{ kG/cm}^2 &= 98 \ 066,5 \text{ N/m}^2 = 98 \ 066,5 \text{ Pa} \\ 50 \text{ kG/cm}^2 &= 50 \cdot 98 \ 066,5 \text{ Pa} = 4 \ 903 \ 325 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Przykład 4. Wyrazić ciśnienie 760 milimetrów słupa rtęci (mm Hg) w kilopaskalach (kPa):

$$\begin{aligned} 1 \text{ mm Hg} &= 1,333 \ 224 \cdot 10^{-1} \text{ kPa} \\ 760 \text{ mm Hg} &= 760 \cdot 1,333 \ 224 \cdot 10^{-1} \text{ kPa} = \\ &= 101,325 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Przykład 5. Wyrazić ciśnienie 1000 milibarów (mbar) w kilopaskalach (kPa):

$$\begin{aligned} 1 \text{ mbar} &= 0,1 \text{ kPa}; 1 \text{ mbar} = 10^2 \text{ Pa} \\ 1000 \cdot 0,1 \text{ kPa} &= 100 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Niedługo będzie trudno czytać stare gazety, bo co na przykład zrozumie w przyszłości czytelnik znający tylko układ SI, kiedy przeczyta następującą wiadomość: „Elektrociepłownia dostarczyła miastu 200 gigakalorii (Gcal)”. Dla niego oczywistą, jasną i zrozumiałą informacją będzie takie zdanie: „Elektrociepłownia dostarczyła miastu $83,736 \cdot 10^{10} \text{ J}$ ” (lub inaczej: 837,36 gigadzuli, gdyż $1 \text{ Gcal} = 0,41868 \cdot 10^{10} \text{ J}$).

Konsekwencje wprowadzenia układu SI

Decyzja wprowadzenia w życie układu SI powoduje szereg konsekwencji organizacyjnych, technicznych i gospodarczych. Istnieje konieczność aktualizacji wielu podręczników, tablic matematyczno-fizycznych, norm i katalogów.

Szczególnie ważnym i trudnym zagadnieniem jest przewzorcowanie lub wymiana ogromnej liczby przyrządów pomiarowych. Wyraźnie występuje to w wielkich zakładach produkcyjnych typu rafinerii czy fabryk chemicznych, w których znajdują się dziesiątki tysięcy manometrów, wiele tachometrów i silników. Z nieco innym problemem spotkamy się w stocznicach, gdzie obowiązującą jednostką będzie metr sześcienny, który zastąpi tonę rejestrową, a przelicznik wynosi: 1 tona rejestrowa $\approx 2,83168 \text{ m}^3$.

Istotną sprawą, lecz może mniej wyczuwalną dla ogółu Czytelników, jest zagadnienie wymiany wielu przyrządów stosowanych w laboratoriach badawczych. Na przykład zlikwidowanie jednostki neper na korzyść decybelą pociąga za sobą konieczność wymiany setek przyrządów pomiarowych stosowanych w telekomunikacji.

A więc, jak widzimy, pełne wprowadzenie w życie układu SI jest ogromnym przedsięwzięciem gospodarczym, wymagającym współdziałania wielu działów gospodarki narodowej, nauki i techniki, i przede wszystkim dobrej organizacji.

Mgr inż. Adam Górski