

# JEDNOSTKI MIAR

## Jednostki podstawowe układu SI

Wielkość	Jednostka		Definicja jednostki
	nazwa	skrót	
długość	metr	m	Metr to odległość, którą przebywa światło w próżni w czasie równym $1/299\,792\,458$ części sekundy
masa	kilogram	kg	Kilogram to masa wzorca tej jednostki masy przechowywanego w Międzynarodowym Biurze Miar w Sèvres pod Paryżem
czas	sekunda	s	Sekunda to czas równy ilości $9\,192\,631\,770$ okresów promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma nadsubtelnymi poziomami $f=3$ i $f=4$ stanu podstawowego ${}^2_{s_{1/2}}$ atomu cezu ${}^{133}\text{Cs}$
natężenie prądu elektrycznego <sup>*1</sup>	amper	A	Amper to natężenie prądu elektrycznego stałego, który płynąc w dwóch równoległych, nieskończenie długich przewodach o znikomo małym przekroju kołowym, umieszczonych w próżni w odległości $1\text{ m}$ od siebie, wywołałby między tymi przewodami siłę $2 \cdot 10^{-7}\text{ N}$ na każdy metr ich długości
temperatura <sup>*2</sup>	kelwin	K	Kelwin to $1/273,16$ część temperatury termodynamicznej punktu potrójnego wody.
ilość materii	mol	mol	Mol to taka ilość materii, w której liczba elementów strukturalnych (cząstek) jest równa liczbie atomów zawartych w masie $0,012\text{ kg}$ czystego nuklidu węgla ${}^{12}\text{C}$ . (Wymaga każdorazowo zdefiniowania obiektu cząstka - mogą to być atomy, molekuły, jony, elektrony lub inne określone grupy cząstek)
światłość <sup>*3</sup>	kandela	cd	Kandela to światłość, jaką ma w określonym kierunku źródło emitujące promieniowanie monochromatyczne o częstotliwości $540 \cdot 10^{12}\text{ Hz}$ ( $555\text{ nm}$ ) i którego natężenie w tym kierunku jest równe $(1/683)\text{ W/sr}$

<sup>\*1</sup> Wielkość (natężenie prądu elektrycznego) zdefiniowana jest jako szybkość przepływu ładunku elektrycznego przez wybrany element powierzchni, czyli miarą tej wielkości fizycznej jest: (ilość przepływającego ładunku) / (czas przepływu ładunku).

<sup>\*2</sup> Obok temperatury wyrażonej w skali Kelvina (oznaczenie  $T$ ) dopuszczone jest wyrażanie temperatury w skali Celsjusza (oznaczenie  $t$ ) określonej przez formułę  $t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15$ . Wymiar stopnia Celsjusza jest równy wymiarowi stopnia Kelvina ( $\Delta t/^{\circ}\text{C} = 1 = \Delta T/\text{K}$ ).

<sup>\*3</sup> Wielkość światłość zdefiniowana jest jako ilość energii emitowanej przez źródło w zadanym kierunku przypadającej na jednostkę czasu oraz na jednostkę kąta bryłowego w kierunku emisji.

## Jednostki pozaukładowe, uzupełniające układ SI

Wielkość	Jednostka		Definicja jednostki
	nazwa	skrót	
kąt płaski	radian <sup>*</sup>	rad	jeden radian ( $1\text{ rad}$ ) jest równy kątowi środkowemu opartemu na łuku o długości równej promieniowi okręgu
kąt bryłowy	steradian <sup>*</sup>	sr	jeden steradian ( $1\text{ sr}$ ) jest równy kątowi przestrzennemu z wierzchołkiem w środku sfery, wycinającemu z powierzchni sfery obszar, którego pole powierzchni jest równe polu powierzchni kwadratu o boku równym promieniowi sfery.

<sup>\*</sup> Jednostki *radian* i *steradian* są bezwymiarowe, w takim znaczeniu, że zgodnie z definicjami kąta płaskiego i bryłowego, iloczyn tych jednostek z inną jednostką nie powoduje jej zmiany:  
 (długość łuku okręgu w metrach) = (miara łukowa kąta w radianach) · (promień okręgu w metrach)  
 oraz  
 (powierzchnia wycinka sfery w  $\text{m}^2$ ) = (miara kąta bryłowego w sr) · (kwadrat promienia sfery w  $\text{m}^2$ )

### Jednostki pozaukładowe stosowane na równi z jednostkami SI

Wielkość	Jednostka		Związek z jednostkami układu SI	
	nazwa	skrót		
masa	tona	t	1 t = 10 <sup>3</sup> kg	
	j.m.a.	u	1 u = 1,660 538 782 · 10 <sup>-27</sup> kg	Jednostka masy atomowej jest równa 1/12 części masy atomowej nuklidu węgla <sup>12</sup> C
czas	minuta	min	1 min = 60 s	
	godzina	h	1 h = 60 min = 3600 s	
	doba	d	1 d = 24 h = 86400 s	
kąt płaski	stopień	...°	1° = (π/180) rad = 1,745329 · 10 <sup>-2</sup> rad (1 rad = 57°17'44,8'')	
	minuta	...'	1' = 1°/60 = 2,908 882 · 10 <sup>-4</sup> rad	
	sekunda	...''	1'' = 1'/60 = 4,648 137 · 10 <sup>-6</sup> rad	
	obrót, kąt pełny		360° = 2 · π rad	
objętość	litr	l	1 l = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> (jeden litr równy jest objętości sześcianu o boku 10 cm)	
powierzchnia	hektar	ha	1 ha = 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> (jeden hektar to 100 arów)	
	ar	a	1 a = 10 <sup>2</sup> m <sup>2</sup> (jeden ar jest równy polu powierzchni kwadratu o boku 10 m)	
energia	elektronowolt	eV	1 eV = 1,602 176 487 · 10 <sup>-19</sup> J	1 eV = energii kinetycznej uzyskanej przez elektron przechodzący przez różnicę potencjału 1 V w próżni

### Jednostki porównywania wartości w dziesiętnej skali względnej oraz logarytmicznej

Skala	Jednostka		Definicja jednostki	
	nazwa	skrót	wartość liczbowa	opis
dziesiętna	procent	%	1% = 0,01 = 10 <sup>-2</sup>	Wyraża bezwymiarowy iloraz wielkości fizycznej X i wielkości X <sub>0</sub> o takim samym wymiarze, będącej wartością odniesienia.
	promil	‰	1‰ = 0,1% = 0,001 = 10 <sup>-3</sup>	
	część milionowa	ppm	1 ppm = 10 <sup>-6</sup>	
logarytmiczna	bel	B	1 B = log <sub>10</sub> $\frac{P}{P_0}$ jeśli P = 10 <sup>1</sup> · P <sub>0</sub>	Miarą porównania jest logarytm dziesiętny ilorazu jednoimiennych wielkości <u>energetycznych</u> P oraz P <sub>0</sub> . Wzrost o 1 bel odpowiada 10-krotnemu wzrostowi, natomiast wzrost o 1 decybel odpowiada 10 <sup>0,1</sup> = 1,26-krotnemu wzrostowi.
	decybel	dB	1 dB = 0,1 B jeśli P = 10 <sup>0,1</sup> · P <sub>0</sub>	

### Inne, wybrane jednostki pozaukładowe

Wielkość	Jednostka		Związek z jednostkami układu SI	
	nazwa	skrót		
długość	angstrom	Å	1 Å = 10 <sup>-10</sup> m (np. promień orbity Bohra w atomie wodoru a <sub>0</sub> ≈ 0,529 Å)	
	jedn. astronom.	AU	1,495 978 706 60 · 10 <sup>11</sup> m (średnia odległość Ziemia - Słońce = 1 AU)	
czas	rok		1 rok = 365,25 d (rok juliański, natomiast rok gregoriański = 365,2425 d)	
ciśnienie	milimetr słupa rtęci	mmHg	1 mmHg = 133,3224 Pa (wartość dokładna)	
	bar	bar	1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa	
	atmosfera	atm	1 atm = 101325 Pa = 1,01325 · 10 <sup>5</sup> Pa (atmosfera fizyczna; w. dokładna)	
ładunek elektr.	amperogodzina	Ah	1 Ah = 3600 C = 3,6 · 10 <sup>3</sup> C	
ilość ciepła, energia	kaloria	cal	1 cal = 4,1858 J (kaloria międzynarod.; dokładna wartość)	
energia	watogodzina	Wh	1 Wh = 3600 J = 3,6 · 10 <sup>3</sup> J (natomiast popularna 1 kWh = 3,6 · 10 <sup>6</sup> J)	
moc	koń mechaniczny	KM	1 KM = 735,499 W (różna od wartości 1 HP = 745,700 W)	

## Definicje jednostek wybranych wielkości fizycznych w układzie SI

Nazwa wielkości fizycznej	Przykładowy symbol wielkości	Nazwa jednostki	Symbol jednostki w układzie SI	Podstawa definicji jednostki
<b>Czas, przestrzeń; ruch, siła, energia</b>				
Odległość; przemieszczenie	$\vec{s}, \Delta\vec{s}$	metr	m	jednostka podstawowa układu SI
Masa	$m$	kilogram	kg	jednostka podstawowa układu SI
Czas; interwał czasu	$t, \Delta t$	sekunda	s	jednostka podstawowa układu SI
Pole powierzchni	$S$		$m^2$	np. $S = \pi \cdot r^2$ dla koła o promieniu $r$
Objętość	$V$		$m^3$	np. $V = a^3$ dla sześcianu o boku $a$
Częstotliwość	$f, \nu$	herc	$\text{Hz} = \frac{1}{s}$	np. $f = \frac{1}{T}$ , gdzie $T$ jest okresem oscylacji
Prędkość	$\vec{v}$		$\frac{m}{s}$	$\vec{v} = \frac{d\vec{s}}{dt}$
Przyspieszenie	$\vec{a}$		$\frac{m}{s^2}$	$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$
Prędkość kątowna; częstość kołowa	$\omega$		$\frac{rd}{s}$	$\omega = \frac{d\alpha}{dt}$ lub $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ( $\alpha$ – kąt w radianach; $T$ – okres oscylacji)
Pęd	$\vec{p}$		$\text{kg} \cdot \frac{m}{s}$	$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$
Siła	$\vec{F}$	niuton	$\text{N} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{s^2}$	$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ (zgodnie z II prawem Newtona)
Praca, energia, ilość ciepła	$W, E, Q$	dżul	$\text{J} = \text{N} \cdot \text{m} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{s^2}$	$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{s}$ , $\Delta W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{s}$
Moc	$P$	wat	$\text{W} = \frac{\text{J}}{s}$	$P = \frac{dW}{dt}$ lub $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$ lub $P = U \cdot I$
Ciśnienie	$p$	paskal	$\text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{\text{kg}}{s^2 \cdot \text{m}}$	$p = \frac{F_{\text{skł.}\perp\text{pow}}}{S}$
<b>Elektryczność i magnetyzm</b>				
Natężenie prądu elektrycznego	$I$	amper	A	jednostka podstawowa układu SI
Ładunek elektryczny	$q$	kulomb	$\text{C} = \text{A} \cdot \text{s}$	$q = I \cdot t$ (np. dla prądu stałego)
Natężenie pola elektrycznego	$\vec{E}$		$\frac{\text{N}}{\text{C}} = \frac{\text{V}}{\text{m}}$	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ lub $\vec{E} = \text{grad} \varphi$
Indukcja pola elektrycznego	$\vec{D}$		$\frac{\text{C}}{\text{m}^2}$	$\oiint \vec{D} \cdot \vec{n} \cdot dS = q$ (prawo Gaussa)
Indukcja pola magnetycznego	$\vec{B}$	tesla	$\text{T} = \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} = \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2}$	$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$ lub $\Phi_B = \int_S \vec{B} \cdot \vec{n} \cdot dS$
Natężenie pola magnetycznego	$\vec{H}$		$\frac{\text{A}}{\text{m}}$	$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I$ (prawo Ampere'a)
Potencjał pola elektrycznego; napięcie	$\varphi, U$	wolt	$\text{V} = \frac{\text{J}}{\text{C}} = \frac{\text{W}}{\text{A}}$	$\Delta W = q \cdot \Delta\varphi$ lub $P = U \cdot I$
Moc prądu elektrycznego	$P$	wat	W	$P = U \cdot I$
Pojemność elektryczna przewodnika, kondensatora	$C$	farad	$\text{F} = \frac{\text{C}}{\text{V}}$	$C = \frac{q}{U}$
Strumień pola magnetycznego	$\Phi_B$	weber	$\text{Wb} = \text{V} \cdot \text{s} = \text{T} \cdot \text{m}^2$	$U_{\text{ind}} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$ lub $\Phi_B = \int_S \vec{B} \cdot \vec{n} \cdot dS$

Nazwa wielkości fizycznej	Przykładowy symbol wielkości	Nazwa jednostki	Symbol jednostki w układzie SI	Podstawa definicji jednostki
Indukcyjność	$L$	henr	$H = \frac{V \cdot s}{A} = \frac{Wb}{A}$	$U_{\text{samoiind}} = -L \cdot \frac{dI}{dt}$ lub $\Phi_B = L \cdot I$
Rezystancja; opór elektryczny	$R$	om	$\Omega = \frac{V}{A}$	$I = \frac{U}{R}$ (zgodnie z prawem Ohma)
Przewodność elektryczna	$G$	siemens	$S = \frac{1}{\Omega} = \frac{A}{V}$	$G = \frac{1}{R}$
Gęstość prądu elektrycznego	$j$		$\frac{A}{m^2}$	$\Delta I = j \cdot \Delta S_{\perp}$ ( $\Delta S_{\perp}$ - pow. $\perp$ przepływu prądu)
Opór właściwy	$\rho$		$\frac{\Omega}{m}$	$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$ ( $l$ - długość, $S$ - przekrój przew.)
<b>Przepływ energii; radiometria</b>				
Gęstość energii	$u$		$\frac{J}{m^3}$	$u = \frac{\Delta E}{\Delta V}$ ( $\Delta E$ - energia w objętości $\Delta V$ )
Strumień energii	$\Phi$	wat	W	$\Phi = \frac{\Delta E}{\Delta t}$ ( $\Delta E$ - energia w czasie $\Delta t$ )
Gęstość strumienia energii	$S, \vec{S}$		$\frac{W}{m^2}$	$S = u \cdot c$ lub $\frac{\partial u}{\partial t} = -\text{div } \vec{S}$ ( $c$ - pędk. św.)
<b>Zjawiska cieplne; termodynamika</b>				
Temperatura Kelvina	$T$	kelwin	K	jednostka podstawowa układu SI
Temperatura Celsjusza	$t$	stopień celsjusza	°C	$t_{(°C)} = T_{(K)} - 273,15 \text{ K}$ (ale $\Delta t = 1^{\circ}\text{C} = 1 \text{ K}$ )
Ciepło molowe; pojemność cieplna na 1 mol	$C$		$\frac{J}{\text{mol} \cdot \text{K}}$	$\Delta Q = n \cdot C \cdot \Delta T$ , gdzie $n$ oznacza liczbę moli materii, $\Delta T$ - zmianę temperatury
Ciepło właściwe; pojemność cieplna na 1 kg	$c$		$\frac{J}{\text{kg} \cdot \text{K}}$	$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ , gdzie $m$ oznacza masę, natomiast $\Delta T$ - zmianę temperatury
Entropia	$S$		$\frac{J}{K}$	$\Delta S = \frac{Q}{T}$
Współczynnik temperaturowy zmian liniowych	$\alpha, \beta$		$\frac{1}{K}$	$\frac{\Delta x}{x} = 1 + \alpha \cdot \Delta T$ ( $x$ - długość, objęt., opór)
<b>Optyka, fotometria</b>				
Współczynnik załamania światła (bezwzgl.)	$n$		1	$n_{\text{osr}} = c_0 / c_{\text{osr}}$ ( $c_{\text{osr}}$ - prędkość światła w osr.)
Zdolność zbierająca soczewki	$Z$	dioptria	$D = \frac{1}{m}$	$Z = \frac{1}{f}$ ( $f$ - ogniskowa soczewki)
Światłość	$I$	kandela	cd	jednostka podst. układu SI 1 cd = (1/683) W/ sr
Strumień świetlny	$\Phi$	lumen	lm = cd · sr	$\Delta \Phi = I \cdot \Delta \Omega$ ( $\Delta \Omega$ oznacza kąt bryłowy)
Oświetlenie (Natężenie)	$E$	lux	$\text{lx} = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$	$E = \frac{\Delta \Phi}{\Delta S_{\perp}}$ ( $\Delta S_{\perp}$ - powierzchnia oświetlana)
Luminancja (jaskrawość świetlna)	$L$	nit	$\text{nt} = \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$	$L = \frac{\Delta I}{\Delta S_{\perp}}$ ( $\Delta S_{\perp}$ - powierzchnia świecąca)
<b>Radiometria, dozymetria</b>				
Aktywność źródła promieniotwórczego	$A$	bekerele	$\text{Bq} = \frac{1}{s}$	$A(t) = \left  \frac{dN(t)}{dt} \right $ ( $N(t)$ - liczba jąder w chwili $t$ )
Dawka pochłonięta	$D$	grej	$\text{Gy} = \frac{J}{\text{kg}}$	$D = \frac{\Delta E}{\Delta m}$ ( $\Delta E$ - energia pochłonięta)

## STAŁE FIZYCZNE

### Stałe fizyczne określone wyborem jednostek podstawowych SI

Prędkość światła w próżni	$c_0 = 299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	Wynika z definicji jednostki metr (1m): $c_0 = 1\text{m}/(1\text{s}/299\,792\,458)$
Przenikalność magnetyczna próżni	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$	Zgodnie z definicją ampera (1A) oraz wzorem na siłę oddziaływania dwóch równoległych przewodów: $F = \mu_0 \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{2\pi \cdot r} \cdot l$ , gdzie $I_1 = I_2 = 1 \text{ A}$ ; $r = l = 1 \text{ m}$
Przenikalność elektryczna próżni	$\epsilon_0 = 8,854\,187\,817 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$	Wartość obliczona zgodnie ze wzorem określającym prędkość fal elektromagnetycznych w próżni: $c_0 = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} \Rightarrow \epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 \cdot c_0^2}$
Liczba Avogadro	$N_A = 6,022\,141\,79 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	Liczba atomów zawartych w masie 0,012 kg czystego nuklidu węgla $^{12}\text{C}$ ; równa także (0,001 kg) / (1 u)

### Wybrane stałe fizyczne – tabela wartości

Stała grawitacji	$G = 6,674\,28(67) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$
Stała Plancka	$h = 6,626\,068\,96(33) \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Ładunek elementarny	$e = 1,602\,176\,487(40) \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Impedancja próżni $Z_0 = \mu_0 \cdot c_0 = 1 / (\epsilon_0 \cdot c_0)$	$Z_0 = 376,730\,313\,461 \dots \Omega$
W teorii elektromagnetyzmu (zgodnie z r. Maxwella) gęstość strumienia energii $S$ fali elektromagnetycznej w próżni (wartość wektora Poytinga), wynosi:	$S = \epsilon_0 \cdot c_0 \cdot E^2 = \frac{E^2}{Z_0}$
Stała struktury subtelnej $\alpha = e^2 / (2 \cdot h \cdot c_0 \cdot \epsilon_0)$	$\alpha = 7,297\,352\,5376(50) \cdot 10^{-3}$
Promień Bohra $a_0 = \epsilon_0 \cdot h^2 / (\pi \cdot e^2 \cdot m_e)$	$a_0 = 0,529\,177\,208\,59(36) \cdot 10^{-10} \text{ m}$
Zgodnie z postulatem Bohra $m_e \cdot v_0 \cdot a_0 = h / (2 \cdot \pi)$ prędkość $v_0$ elektronu na pierwszej orbicie w porównaniu z prędkością światła daje wartość stałej $\alpha$	$\frac{v_0}{c_0} = \alpha$
Masa elektronu	$m_e = 9,109\,382\,15(45) \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Energia spoczynkowa elektronu zgodnie ze wzorem Einsteina $E_0 = m_e \cdot c_0^2$	$E_0 = m_e \cdot c_0^2 = 0,510\,998\,910(13) \text{ MeV}$
Klasyczny promień elektronu $r_e = \alpha^2 \cdot a_0$	$r_e = 2,817\,940\,2894(58) \cdot 10^{-15} \text{ m}$
Masa protonu	$m_p = 1,672\,621\,637(83) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Masa neutronu	$m_n = 1,674\,927\,211(84) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Masa atomowa (jednostka) $m_u = 1 \text{ u} = (1/12) \cdot m(^{12}\text{C})$	$m_u = 1,660\,538\,782(83) \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Liczba Avogadro $N_A = (0,001 \text{ kg}) / (1 \text{ u})$	$N_A = 6,022\,141\,79(30) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Stała Faradaya $F = N_A \cdot e$	$F = 96\,485,3399(24) \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
Stała Boltzmana	$k = 1,380\,6504(24) \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
Stała gazowa $R = N_A \cdot k$	$R = 8,314\,472(15) \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Stała Stefana – Boltzmana $\sigma = (2 \cdot \pi^5 / 15) \cdot k^4 / (h^3 \cdot c_0^2)$	$\sigma = 5,670\,400(40) \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$
Masa Ziemi	$M_Z = 5,9723(9) \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Średni równikowy promień Ziemi	$R_Z = 6,378\,14 \cdot 10^6 \text{ m}$
Przyspieszenie grawitacyjne ziemskie (standardowe)	$g = 9,806\,65 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$
Masa Słońca	$M_\odot = 1,988\,44(30) \cdot 10^{30} \text{ kg}$
Stała słoneczna (gęstość strum. energii słonecznej na Ziemi)	$S_\odot = (1367 \pm 2) \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
Jasność Słońca (całkowity strumień energii (moc) fotonów)	$\Phi_\odot = 4 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot S_\odot = (3,846 \pm 0,008) \cdot 10^{26} \text{ W}$

## Przedrostki tworzące dziesiętne wielokrotności oraz części ułamkowe jednostek

Symbol	Mnożnik dziesiętny	Nazwa
Y	$10^{24}$	jotta
Z	$10^{21}$	zetta
E	$10^{18}$	eksa
P	$10^{15}$	peta
T	$10^{12}$	tera
G	$10^9$	giga
M	$10^6$	mega
k	$10^3$	kilo
h	$10^2$	hekto
da	$10^1$	deka
	1	
d	$10^{-1}$	decy
c	$10^{-2}$	centy
m	$10^{-3}$	mili
$\mu$	$10^{-6}$	mikro
n	$10^{-9}$	nano
p	$10^{-12}$	piko
f	$10^{-15}$	femto
a	$10^{-18}$	atto
z	$10^{-21}$	zepto
y	$10^{-24}$	jokto

### Kilka reguł potęgowania liczby 10

Reguła	Przykład
$10^0 = 1$	$10^{-4} \cdot 10^4 = 10^0 = 1$
$10^p = \underbrace{10 \cdot 10 \cdot \dots \cdot 10}_p$ p razy	$1000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3$ , $100\ 000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^5$
$\frac{1}{10^p} = 10^{-p}$ oraz $\frac{1}{10^{-p}} = 10^p$	$0,0001 = \frac{1}{10000} = \frac{1}{10^4} = 10^{-4}$ , $\frac{1}{0,01} = \frac{1}{10^{-2}} = 10^2$
$10^a \cdot 10^b = 10^{a+b}$ oraz $\frac{10^a}{10^b} = 10^{a-b}$	$10^2 \cdot 10^4 = 10^{2+4} = 10^6$ , $\frac{10^9}{10^4} = 10^{9-4} = 10^5$ , $10^3 \cdot 10^{-5} = 10^{3+(-5)} = 10^{-2}$ , $\frac{10^2}{10^{-7}} = 10^{2-(-7)} = 10^9$
$(10^a)^b = 10^{a \cdot b}$	$(10^3)^2 = 10^6$ , $(10^4)^{-3} = 10^{-12}$ , $(10^{-4})^{-2} = 10^8$
$\sqrt[a]{10^b} = (10^b)^{\frac{1}{a}} = 10^{\frac{b}{a}}$	$\sqrt[3]{10^{12}} = 10^{\frac{12}{3}} = 10^4$

## Układ okresowy pierwiastków

Grupa IA Litowce												VIII A Helowce					
1 H 1.008 Wodór											5 B 10.81 Bor	6 C 12.011 Węgiel	7 N 14.006 Azot	8 O 15.999 Tlen	9 F 18.998 Fluor	10 Ne 20.179 Neon	
3 Li 6.941 Lit	4 Be 9.012 Beryl											13 Al 26.981 Glin	14 Si 28.085 Krzem	15 P 30.974 Fosfor	16 S 32.06 Siarka	17 Cl 35.453 Chlor	18 Ar 39.948 Argon
11 Na 22.989 Sód	12 Mg 24.305 Magnez	III B Skandowce	IV B Tytanowce	V B Wanadowce	VI B Chromowce	VII B Manganowce	VIII B Żelazowce i Platynowce			IB Miedziowce	IIB Cynkowce						
19 K 39.089 Potas	20 Ca 40.08 Wapń	21 K 44.956 Skand	22 Ti 47.90 Tytan	23 V 50.952 Wanad	24 Cr 51.996 Chrom	25 Mn 54.938 Mangan	26 Fe 55.847 Żelazo	27 Co 58.933 Kobalt	28 Ni 58.70 Nikiel	29 Cu 63.546 Miedź	30 Zn 65.38 Cynk	31 Ga 69.72 Gal	32 Ge 72.59 German	33 As 74.921 Arsen	34 Se 78.96 Selen	35 Br 79.904 Brom	36 Kr 83.80 Krypton
37 Rb 85.467 Rubid	38 Sr 87.62 Stront	39 Y 88.906 Itr	40 Zr 91.22 Cyrkon	41 Nb 92.906 Niob	42 Mo 95.94 Molibden	43 Tc 98.906 Technet	44 Ru 101.07 Ruten	45 Rh 102.905 Rod	46 Pd 106.4 Pallad	47 Ag 107.868 Srebro	48 Cd 112.41 Kadm	49 In 114.82 Ind	50 Sn 118.69 Cyna	51 Sb 121.75 Antymon	52 Te 127.60 Tellur	53 I 126.904 Jod	54 Xe 131.30 Ksenon
55 Cs 132.905 Cez	56 Ba 137.33 Bar	57 La 138.905 Lantan	72 Hf 178.49 Hafn	73 Ta 180.948 Tantal	74 W 183.85 Wolfram	75 Re 186.20 Ren	76 Os 190.2 Osm	77 Ir 192.22 Iryd	78 Pt 195.09 Platyna	79 Au 196.966 Złoto	80 Hg 200.59 Rtęć	81 Tl 204.37 Tal	82 Pb 207.2 Ołów	83 Bi 208.980 Bismut	84 Po 208.982 Polon	85 At 209.987 Astat	86 Rn 220.017 Radon
87 Fr 223.02 Frans	88 Ra 226.025 Rad	89 Ac 227.028 Aktyn															
Lantanowce		58 Ce 140.12 Cer	59 Pr 140.907 Prazeodym	60 Nd 144.24 Neodym	61 Pm 145 Promet	62 Sm 150.35 Samar	63 Eu 151.96 Europ	64 Gd 157.25 Gadolin	65 Tb 158.925 Terb	66 Dy 162.50 Dysproz	67 Ho 164.930 Holm	68 Er 167.26 Erb	69 Tu 168.934 Tul	70 Yb 173.04 Iterb	71 Lu 174.967 Lutet		
Aktynowce		90 Th 232.038 Tor	91 Pa 231.036 Protaktyn	92 U 238.029 Uran	93 Np 237.048 Neptun	94 Pu 244 Pluton	95 Am 243.061 Ameryk	96 Cm 247 Kiur	97 Bk 247.07 Berkel	98 Cf 251 Kaliforn	99 Es 254.088 Einstein	100 Fm 253	101 Md 255 Mendelew	102 No 254 Nobel	103 Lr 257 Lorens		

### Układ okresowy pierwiastków

liczba atomowa

symbol

masa atomowa

nazwa