

**Wielkości fizyczne**  
**Układ jednostek SI**  
**Analiza wymiarowa**

*Tadeusz M. Molenda*

**Instytut Fizyki, Uniwersytet Szczeciński**

**Wielkość fizyczna** – właściwość fizyczna ciała lub zjawiska, którą można wyznaczyć jakościowo i ilościowo, czyli można porównać jakościowo i ilościowo z taką samą właściwością innych ciał lub zjawisk (można zmierzyć).

**Wartość wielkości fizycznej** – iloczyn liczby, zwanej liczbową wartością wielkości  $A$  i oznaczanej przez  $\{A\}$ , określającej ile jednostek miary zawiera wielkość  $A$ , oraz jednostki miary wielkości  $A$  oznaczanej przez  $[A]$ :

$$A = \{A\} [A]$$

między  $\{A\}$  i  $[A]$  nie stawiamy symbolu iloczynu – kropki, stosujemy odstęp – półpauzę (odstęp na jedną spację) za wyjątkiem oznaczeń miar kąta płaskiego: stopnia –  $^\circ$ , minuty –  $'$  i sekundy –  $''$

np.  $s = 5 \text{ m}$  oznacza, że  $\{s\} = 5$ ,  $[s] = \text{m}$

**Jednostka miary** – dokładnie określona wartość danej wielkości fizycznej, której liczbową wartość przyjęto umownie równą jedności np. 1 m ( jeden metr), 1 s (jedna sekunda). Służy do porównywania ze sobą innych wartości tej samej wielkości fizycznej.

**Jednostki miar** pochodzące od nazwisk uczonych zapisuje się w transkrypcji fonetycznej małą literą i podlegają one regułom deklinacji, np. sześć woltów, pięć amperów, dwa dzule itp.

**Symbol (oznaczenie) jednostki miary** – znak umowny oznaczający jednostkę miary, np. m – symbol metra, N – symbol niutona.

Symbole jednostek miar pochodzące od nazwisk uczonych zapisuje się dużą literą (dotyczy pierwszej litery nazwiska), np. C – kulomb, Hz – herc ale  $\Omega$  – om od Ohma.

**Oznaczenia jednostek** drukuje się taką czcionką, jak cały tekst, natomiast ***oznaczenia wielkości fizycznych*** i wszelkich ich wskaźników, powinny być drukowane ***czcionką szeryfową***.

**Wartości liczbowe** wielkości fizycznych piszemy **czcionką prostą**, np. 5 m, 1200 W itd.

**Symbole jednostek** miar piszemy drukiem prostym i literami małymi za wyjątkiem gdy pochodzą od nazwisk, np. A (amper).

- Samą nazwę jednostki zapisujemy zawsze małą literą, np. niuton (N), metr (m).
- **Symbol jednostki** nie jest skrótem, lecz wielkością matematyczną. Operacjami matematycznymi nie można działać na nazwy jednostek. Można zapisać np. metr na sekundę, ale nie metr/sekunda.
- **Nie należy pisać** 1 metr lecz 1 m, nie 5 kilogramów lecz 5 kg (pomijając teksty popularne).

**Oznaczenia jednostki** należy używać łącznie z wartością liczbową

i jest to

podstawowa forma zapisu.

Informację: „napięcie wynosi 230 V”,

należy napisać właśnie w ten sposób.

Wyjątkowo, w tekście dla laików albo w celu objaśnienia poprawnej wymowy, lub też w tekście literackim albo w prasie, można napisać:

„napięcie wynosi dwieście trzydzieści pięć woltów”

albo „napięcie wynosi 230 woltów”.

**Oznaczenie jednostki** bez wartości liczbowej, ale łącznie z oznaczeniem właściwej wielkości fizycznej, może się pojawić w samym tekście naukowym, a w szczególności przy objaśnianiu oznaczeń wielkości fizycznych występujących we wzorach, w nagłówkach tablic, przy osiach wykresów.

**Patrz: Literatura – poz. 9, 2, 5**

Zapisując wartość dowolnej wielkości fizycznej,

wolno użyć tylko jednej jednostki,

np. długość rury wynosi  $l = 11,385$  m.

***Niedopuszczalny jest zapis:  $l = 11$  m 38 cm 5 mm.***

## Podział wielkości fizycznych

**Skalarna wielkość fizyczna** – ....., np.  $t, m, s,$

Symbole wielkości fizycznych skalarnych ***piszemy kursywą***.

**Wektorowa wielkość fizyczna** – ....., np.  $\mathbf{v}, \mathbf{F}$  lub

Symbole wielkości fizycznych wektorowych piszemy:  $\vec{v}, \vec{F}$

– zwykłymi literami z jedną strzałką nad literą

(w niektórych podręcznikach jest zapis kursywą i taki możemy stosować);

– lub literami pochyłymi pogrubionymi (bez strzałki), np.  $\mathbf{F}$ .

# Wielkości fizyczne, ich zapis, oznaczenia

$$W = \{W\} [W]$$

np.

$$v = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad F = 5 \text{ N} \quad (F\_=\_5\_N)$$

$v, F$  – czcionka pochyła; 5, N – czcionka prosta

**a nie:**  $F = 5 [\text{N}]$ ,  $F = 5\text{N}$ ,  $F=5\text{N}$ ,  $F = 5 N$ ,  $F = 5 = 5 \text{ N}$

**i nie:** pięć N czy 5 niutonów

**lecz:** pięć niutonów

**i nie:**  $\pi, \sin, \cos$  **lecz:**  $\pi, \sin, \cos$

Uwaga: odstępu między wartością liczbową a jednostką nie stosuje się dla tradycyjnych jednostek miar kąta płaskiego - stopnia, minuty i sekundy.



# WZORY FIZYCZNE

## Równanie definicyjne

Szybkość średnia,  $v$  – skalarna wielkość fizyczna informująca o przebytej drodze w jednostce czasu, równa stosunkowi przebytej drogi do czasu, w którym została przebyta:

$$v = \frac{s}{t} \quad \text{lub} \quad v = \frac{\Delta s}{\Delta t} .$$

Jednostka szybkości, prędkości – metr na sekundę, m/s  
prędkość z jaką poruszający się punkt przebywa drogę długości 1 m w czasie 1 s.

$$[v] = \frac{[s]}{[t]} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

# Międzynarodowy Układ Jednostek Miar SI

**Układ SI jest dziesiętnym systemem metrycznym opartym na siedmiu wielkościach podstawowych i ich jednostkach**

Jednostki w układzie SI dzielą się na **podstawowe** i **pochodne**

*Międzynarodowy układ jednostek miar SI został ustanowiony przez XI Generalną Konferencję Miar w Paryżu w 1960 roku.*

***W Polsce układ SI obowiązuje od 1966.***

*(Rozporządzeniem Rady Ministrów - Dziennik Ustaw Nr 25 z dnia 30 czerwca 1966, poz.154.).*

***Obecnie został oficjalnie przyjęty przez wszystkie kraje świata za wyjątkiem Stanów Zjednoczonych, Liberii i Birmy .***

**Obowiązujące obecnie przepisy w RP:**

**Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 listopada 2006 r. w sprawie legalnych jednostek miar.**

**Dz. U. nr 225, poz. 1638;**

**Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 stycznia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie legalnych jednostek miar. Dz. U. nr 9, poz. 61.**

## Bibliografia

1. *The International System of Units (SI)*, 8th edition, BIPM, S`evres, 2006;  
[http://www.bipm.org/utis/common/pdf/si\\_brochure\\_8\\_en.pdf](http://www.bipm.org/utis/common/pdf/si_brochure_8_en.pdf);  
SI Brochure: *The International System of Units (SI)* [8th edition, 2006; updated in 2014];  
[www.bipm.org/en/publications/si-brochure/](http://www.bipm.org/en/publications/si-brochure/)
2. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 listopada 2006 r. w sprawie legalnych jednostek miar.  
Dz. U. nr 225, poz. 1638;  
Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 stycznia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie legalnych jednostek miar. Dz. U. nr 9, poz. 61.
3. Nelson R.A.: *Guide for Metric Practice, Physics Today*, August 1996, BG 15; August 1998, BG 13;  
[http://www.public.iastate.edu/~bkh/teaching/518/metric\\_practice.pdf](http://www.public.iastate.edu/~bkh/teaching/518/metric_practice.pdf)
4. Błażejowski S.: *Najważniejsze jednostki miar*. PWT, Warszawa 1960.
5. Massalski J. M., Studnicki J.: *Legalne jednostki miar i stałe fizyczne*. Wyd. IV, poprawione i poszerzone. PWN, Warszawa 1999.
6. Massalski J.: *Praktyka stosowania SI. Fizyka w szkole* nr 3, 150 (1998); *O układzie SI i symbolach, Postępy Fizyki* 48, 227 (1997).
7. Molenda T. M.: *Wytyczne do zapisu zadań z olimpiady fizycznej*. <http://of.szc.pl/index.php?strona=16>
8. Molenda T. M.: *O nieprawidłowościach w oznaczeniach wielkości fizycznych i pojęciu ciepła*; Problemy dydaktyki fizyki, Krośnice-Wrocław 2011. ISDN 978-83-7432-732-9, str. 169 – 174; [http://dydaktyka.fizyka.szc.pl/pdf/pdf\\_161.pdf](http://dydaktyka.fizyka.szc.pl/pdf/pdf_161.pdf)
9. Musiał E.: *Pisownia oraz wymowa nazw i oznaczeń jednostek miar*.  
[http://redinpe.d2.pl/attachments/article/231/INPE\\_175-176-art\\_01.pdf](http://redinpe.d2.pl/attachments/article/231/INPE_175-176-art_01.pdf)

# Wielkości podstawowe i ich jednostki

Obecnie układ SI zawiera 7 jednostek podstawowych

Nr	Wielkość fizyczna		Jednostka		
	Nazwa	Symbol (oznaczenie)	Nazwa	Symbol (oznaczenie)	Wymiar (oznacz.)
1.	długość	$l, L, s, b, h, r, d$	metr	m	L
2.	masa	$m, M$	kilogram	kg	M
3.	czas	$t (T)$	sekunda	s	T
4.	natężenie prądu elektrycznego	$I$	amper	A	I
5.	temperatura	$T (\theta)$	kelwin	K	$\Theta$
6.	światłość	$I (J)$	kandela	cd	J
7.	liczność materii	$n, \nu$	mol	mol	N

$l$  - długość,  $L$  - długość krzywej,  $s$  - droga,  
 $b$  - szerokość,  $h$  - wysokość,  $r$  - promień,  $d$  - średnica

Wszystkie pozostałe jednostki wielkości fizycznych  
to **jednostki pochodne**

- wyrażane za pomocą jednostek podstawowych,  
np. za pomocą **metra i sekundy** (prędkość, przyspieszenie)
- posiadające własne nazwy:  
np. **niuton - N, dżul - J, wat - W, luks - lx, lumen - lm, itp.**  
lub nie posiadające własnej nazwy.

Uwaga: do 1995 r. **radian i steradian** stanowiły tzw. jednostki uzupełniające.

Nazwa	Symbol (oznaczenie)	Nazwa jednostki	oznaczenie jednostki	wyrażenie - jednostki podstawowe
kąt płaski	$\alpha, \beta, \gamma, \theta$	radian	rad	$m m^{-1} = 1$
kąt bryłowy	$\vartheta, \varphi, \omega, \Omega$	steradian	sr	$m^2 m^{-2} = 1$

## **Jednostki główne**

są to jednostki podstawowe SI oraz te jednostki pochodne SI, które wynikają wprost z równań definicyjnych, a nie są jednostkami krotnymi (nie są dziesiętnymi wielokrotnościami ani podwielokrotnościami).

*Jednostki główne*, poza stopniem Celsjusza, mają nazwy jednowyrazowe. Oznaczenia jednostek miar, których nazwy upamiętniają wybitnych uczonych bądź wynalazców i pochodzą od ich nazwiska, pisze się dużą literą. W oznaczeniach dwuliterowych tylko pierwsza litera jest duża.

Pisownia i wymowa nazw jednostek jest uregulowana przez przepisy i/lub normy krajowe w oparciu o zasady pisowni właściwe dla danego języka.

W każdym języku nazwa jednostki miar jest rzeczownikiem pospolitym i należy ją pisać, jak inne rzeczowniki pospolite, małą literą, o ile ogólne reguły pisowni nie stanowią inaczej.

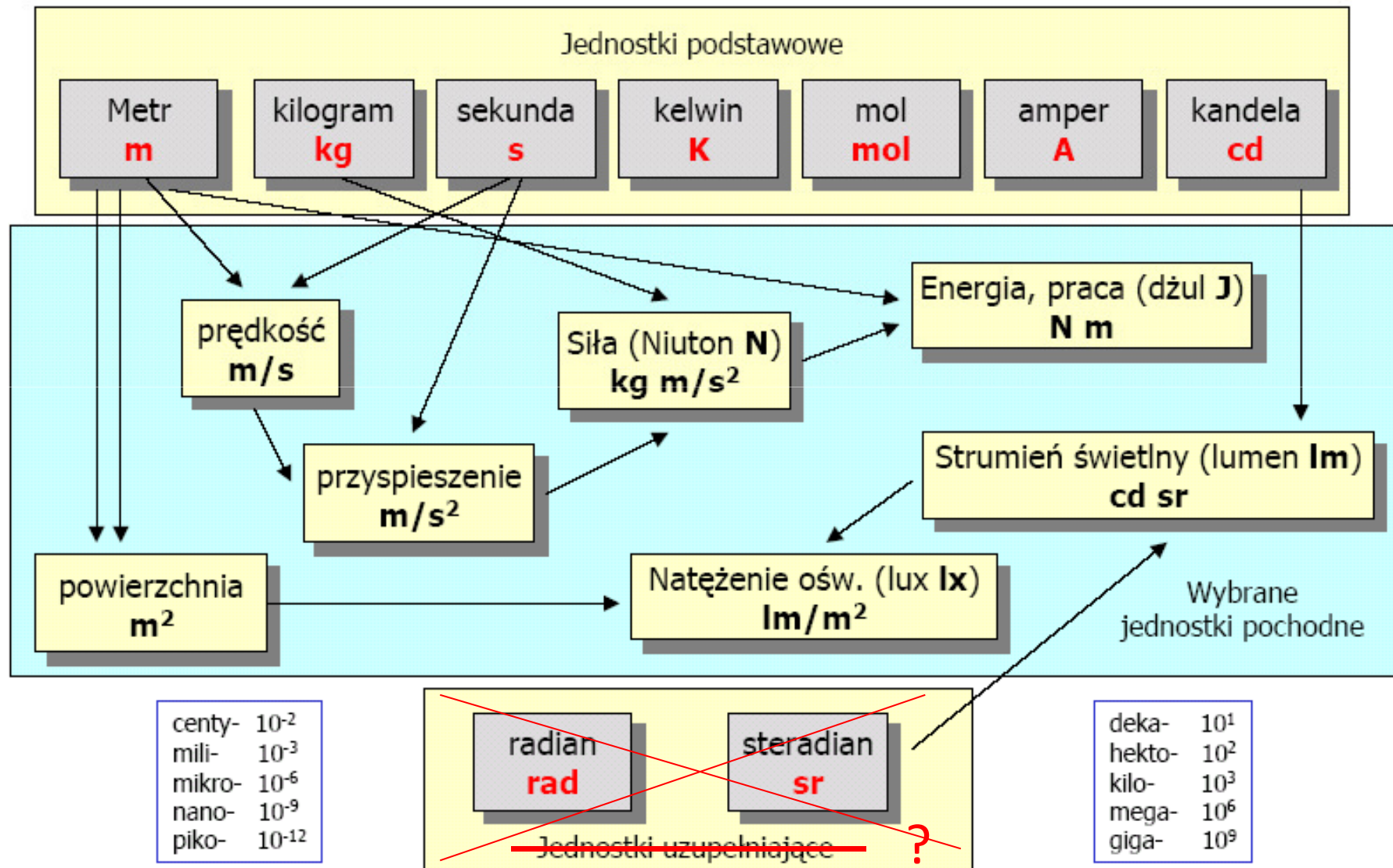
Nazwy jednostek odmienia się według zasad deklinacji polskiej.

W języku polskim obowiązuje pisownia fonetyczna nazw jednostek, czyli sposób pisania wyrazów zgodny z ich wymową i z użyciem wyłącznie liter alfabetu polskiego. W druku nazwy jednostek powinny mieć czcionkę prostą (antykwę).

Określone w normach i przepisach nazwy oraz oznaczenia jednostek miar są nietykalne, nie wolno ich zniekształcać

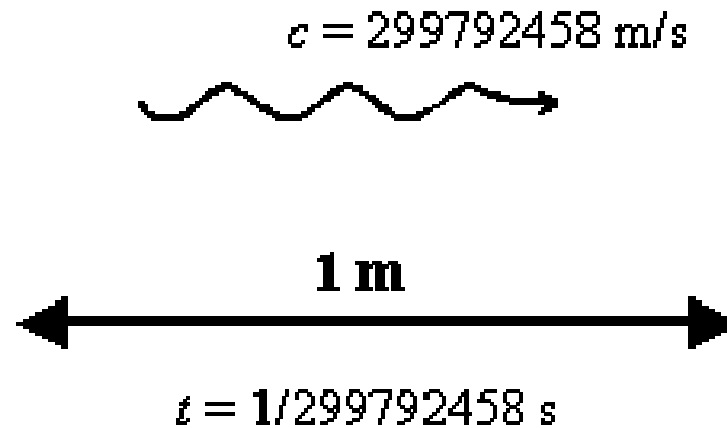
# Międzynarodowy układ jednostek miar SI (*Systeme International*)<sub>franc.</sub>

Wartość wielkości = liczba x jednostka  
np.:  
7,34 kg, 230 m<sup>2</sup>, 4,21 A, 45 m/s, 0,4 V



## Definicje jednostek wielkości podstawowych

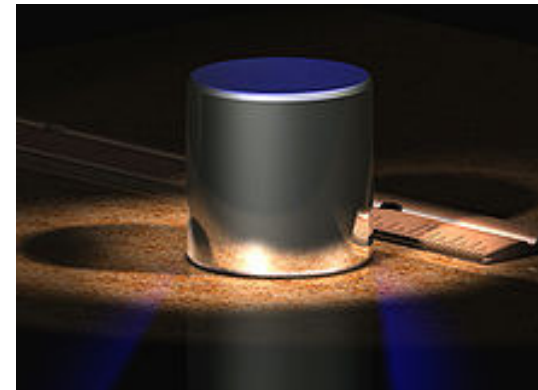
**1 m (jeden metr)** jest równy drodze jaką przebywa w próżni światło w ciągu czasu  $1/299792458$  s.





**Kilogram** - jest masą wzorca tej jednostki przechowywanego w Międzynarodowym Biurze Miar w Sèvres pod Paryżem.

Jest to masa walca o wysokości i średnicy podstawy **39 mm** wykonany ze stopu **platyny z irydem**. Wzorzec kilograma został zatwierdzony uchwałą I Generalnej Konferencji Miar w 1889 r.



Jest to obecnie jedyna jednostka podstawowa posiadająca przedrostek (kilo), i jedyna, dla której podstawą definicji jest określony przedmiot, a nie odwołanie się do stałych fizycznych.

**Sekunda (s)** - czas równy 9 192 631 770 okresom promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma poziomami  $F = 3$  i  $F = 4$  struktury nadsubtelnej stanu podstawowego  $S_{1/2}$  atomu cezu  $^{133}\text{Cs}$  (powyższa definicja odnosi się do atomu cezu w spoczynku w temperaturze 0 K). Definicja ta, obowiązująca od 1967 r., została ustalona przez XIII Generalną Konferencję Miar. Poprzednio sekundę definiowano jako  $1/31\,556\,925,9747$  część roku zwrotnikowego 1900 (XI Generalna Konferencja Miar z 1960 r.) lub  $1/86400$  część doby (do 1960 r.).

**Amper (A)** – prąd elektryczny niezmienny, który płynąc w dwóch równoległych prostoliniowych, nieskończenie długich przewodach o przekroju kołowym znikomo małym, umieszczonych w próżni w odległości 1 m od siebie - wywołuje między tymi przewodami siłę oddziaływań równą  $2 \times 10^{-7}$  N na każdy metr długości.

**Kelwin (K)** - jest to  $1/273,16$  część temperatury termodynamicznej punktu potrójnego wody, której skład izotopowy charakteryzuje się następującymi stosunkami licznosci materii: ...

Stosuje się do wyrażania temperatury termodynamicznej i różnicy temperatur.

**Punkt potrójny** - stan, w jakim dana substancja może istnieć w trzech stanach skupienia równocześnie w równowadze termodynamicznej.

Temperatura w kelwinach = Temperatura w stopniach Celsjusza + 273,15

$$\text{Temp. } t \text{ w } ^\circ\text{C} = \text{temp. } T \text{ w K} - 273,15 \quad t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15$$

**Mol (mol)** - jest to liczność (ilość) materii układu zawierającego liczbę cząstek jest równą liczbie atomów w masie 0,012 kg  $^{12}\text{C}$  (węgiel 12); przy stosowaniu mola należy określić rodzaj cząstek, którymi mogą być: atomy, cząsteczki, jony, elektrony, inne cząstki lub określone zespoły takich cząstek;. występująca gdy liczba w jednym molu znajduje się  $6,022140857(74) \cdot 10^{23}$  cząstek. Liczba ta jest nazywana **stałą Avogadra**.

**Kandela (cd)** – światłość źródła emitującego w określonym kierunku promieniowanie monochromatyczne o częstotliwości  $540 \cdot 10^{12}$  herców i o natężeniu promieniowania w tym kierunku równym  $1/683$  wata na steradian.

# Przykłady wielkości i jednostek pochodnych

- **Niuton, N – jednostka siły**

**1 N (jeden niuton) jest siłą, która w kierunku jej działania ciała o masie 1 kg nadaje przyspieszenie 1 m/s<sup>2</sup> (jeden metr na kwadrat sekundy)**

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} = 1 \text{ m kg s}^{-2}$$

- **Dżul, J – jednostka pracy, energii i ciepła**

**1 J (jeden dżul) jest równy pracy wykonanej przez siłę 1 N (jednego niutona), gdy przesunięcie wynosi 1 m (jeden metr), a kierunek i zwroty siły i przesunięcia są zgodne**

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} = 1 \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-2}$$

**Definicje – patrz T.Molenda, J.Stelmach: Fizyka dla ... (prościej, jaśniej)**

# Zapis jednostek złożonych

**Jednostki złożone**, tworzone jako ilorazy jednostek miar, można zapisywać na trzy sposoby:

- 1) w postaci ułamka z kreską ułamkową skośną (ukośnikiem prawym) – wówczas mianownik zawierający więcej niż jedno oznaczenie jednostki miary ujmuje się w nawias;
- 2) w postaci ułamka z kreską ułamkową poziomą;
- 3) w postaci iloczynu potęg jednostek miar.

**Oznaczenia jednostek** miar złożonych, tworzonych jako iloczyny jednostek miar, można zapisać:

- 1) **stosując znak mnożenia**, w postaci kropki umieszczanej w połowie wysokości wiersza, pomiędzy oznaczeniami jednostek miar tworzących jednostkę złożoną;
- 2) **oddzielając** oznaczenia jednostek miar pojedynczym odstępem.

W uzasadnionych przypadkach, a w szczególności w maszynopisach, dopuszcza się pisanie kropki na dole wiersza.

## Przykłady

Jednostkę współczynnika rozszerzalności objętościowej można zapisać następująco:

$$1/K \quad \text{lub} \quad \frac{1}{K} \quad \text{lub} \quad K^{-1}$$

i wymawia się odpowiednio:

jeden na kelwin, jeden na kelwin, kelwin do potęgi minus jeden.

Jednostkę przyspieszenia można zapisać następująco:

$$m/s^2 \quad \text{lub} \quad \frac{m}{s^2} \quad \text{lub} \quad m \cdot s^{-2}$$

i wymawia się odpowiednio:

metr na kwadrat sekundy, metr na kwadrat sekundy, metr razy sekunda do potęgi minus drugiej.

Jednostkę współczynnika przewodności cieplnej (konduktywności cieplnej)

można zapisać następująco:

$$W/(m \cdot K) \quad \text{lub} \quad \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{lub} \quad W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$$

i wymawia się odpowiednio:

wat na metr i kelwin, wat na metr i kelwin

bądź wat razy metr do potęgi minus jeden i razy kelwin do potęgi minus jeden.

Warto zwrócić uwagę, że w dwóch pierwszych zapisach brak znaku mnożenia, przy niewyraźnej spacji, mógłby prowadzić do mylnej interpretacji – wat na milikelwin.

## Przedrostki wielokrotne i podwielokrotne układu SI

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

Wiele wykładników liczby dziesięć zostało nazwanych aby ułatwić opis wielkości np.

*femtosekundowy impuls optyczny* zamiast **0, 000 000 000 000 001 sekundowy impuls** 23

## Przykłady

Yg – jottagram, Zm – zettametr, EB – eksabajt, Ps – petasekunda,  
Tm – terametr, GHz – gigaherc, MHz – megaherc, kcal – kilokaloria,  
hl – hektolitr, dag – dekagram, m – metr, g – gram, dm – decymetr,  
cm – centymetr, mm – milimetr,  $\mu\text{m}$  – mikrometr, nF – nanofarad,  
pF – pikofarad, fm – femtometr, as – attosekunda, zN – zeptoniuton,  
yg – juktogram

**Wyjątki: *nie stosujemy przedrostków do jednostek kąta rad, sr***

**Jednostki Plancka np.: czas Plancka  $\sim 10^{-44}$  s, długość Plancka  $\sim 10^{-35}$  m**

$$t_P = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} \quad l_P = ct_P = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}}$$



## Przeliczenie - jednostki gęstości

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,001 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1 \frac{\frac{1}{1000} \text{kg}}{\frac{1}{1000000} \text{m}^3} = \frac{1}{1000} \cdot 1000000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

gęstość wody = 999,8 kg/m<sup>3</sup>

Przeliczenia patrz np. <http://miary.hoga.pl/>

Z def. kąta płaskiego (TMM, JS)

**Radian (rad)** – jednostka miary łukowej kąta płaskiego, a ponadto niemianowana jednostka pochodna układu SI, zdefiniowana jako równość długości  $l$  łuku okręgu o środku w wierzchołku kąta i jego promienia  $r$ .

$$360^\circ = 2\pi \text{ rad}$$

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} \approx 57,3^\circ$$

$$\alpha \text{ (rad)} = \frac{\alpha (^\circ) \cdot \pi}{180^\circ} \text{ rad}$$

Kilogram siła, kG	1 kG = 9,81 N
Kaloria, cal;	1 cal = 4,1868 J
Kilowatogodzina, kWh;	1 kWh = 3 600 000 J
Koń mechaniczny, KM;	1 KM = 735,5 W

CGS, MKSA

**Znaku mnożenia nie używa się** w pisowni oznaczeń jednostek o nazwach jednowyrazowych oraz ich krotności, np.: watogodzina (Wh, kWh, MWh, GWh), amperogodzina (Ah), lumenogodzina (lmh), niutonometr (Nm), omometr ( $\Omega$ m).

Oznaczenie „kV” należy wymawiać „ka-we”, a nie „ka-fau”,  
oznaczenie „kVA” należy wymawiać „ka-we-a”, a nie „ka-fau-a”.  
W nazwie „simens” należy wymawiać „s” bez zmiękczenia,  
jak w słowie „sinus”.

Wymawianie litery „v” jako „we” to staranna polska wymowa,  
jednak wg słownika można wymieniać inaczej.

## **Wybrane jednostki fotometryczne**

**Lumen, lm (od łac. lumen – światło)**

**jest to strumień świetlny wysyłany w kąt bryłowy 1 sr przez punktowe źródło światła o światłości 1 cd.**

**Luks, lx (od łac. lux – światło)**

**jest to natężenie oświetlenia wytworzone przez strumień świetlny 1 lm na powierzchni 1 m<sup>2</sup>.**

**kandela, cd (od łac. candela – świeca)**

## **Dioptria**

**– jednostka miary zdolności zbierającej układu optycznego, legalna, nienależąca do układu SI (pozaukładowa), stosowana w optyce (jednostka miary stosowana wyłącznie w specjalnych dziedzinach).**

**Legalność jednostki oznacza, że można jej używać, natomiast nie została ona uznana za jednostkę pochodną w układzie SI.**

**Obecnie nie jest używany żaden skrót dioptrii.**

**Dawniej stosowano oznaczenia D, dpt, δ.**

**Wymiarem dioptrii jest odwrotność metra.**

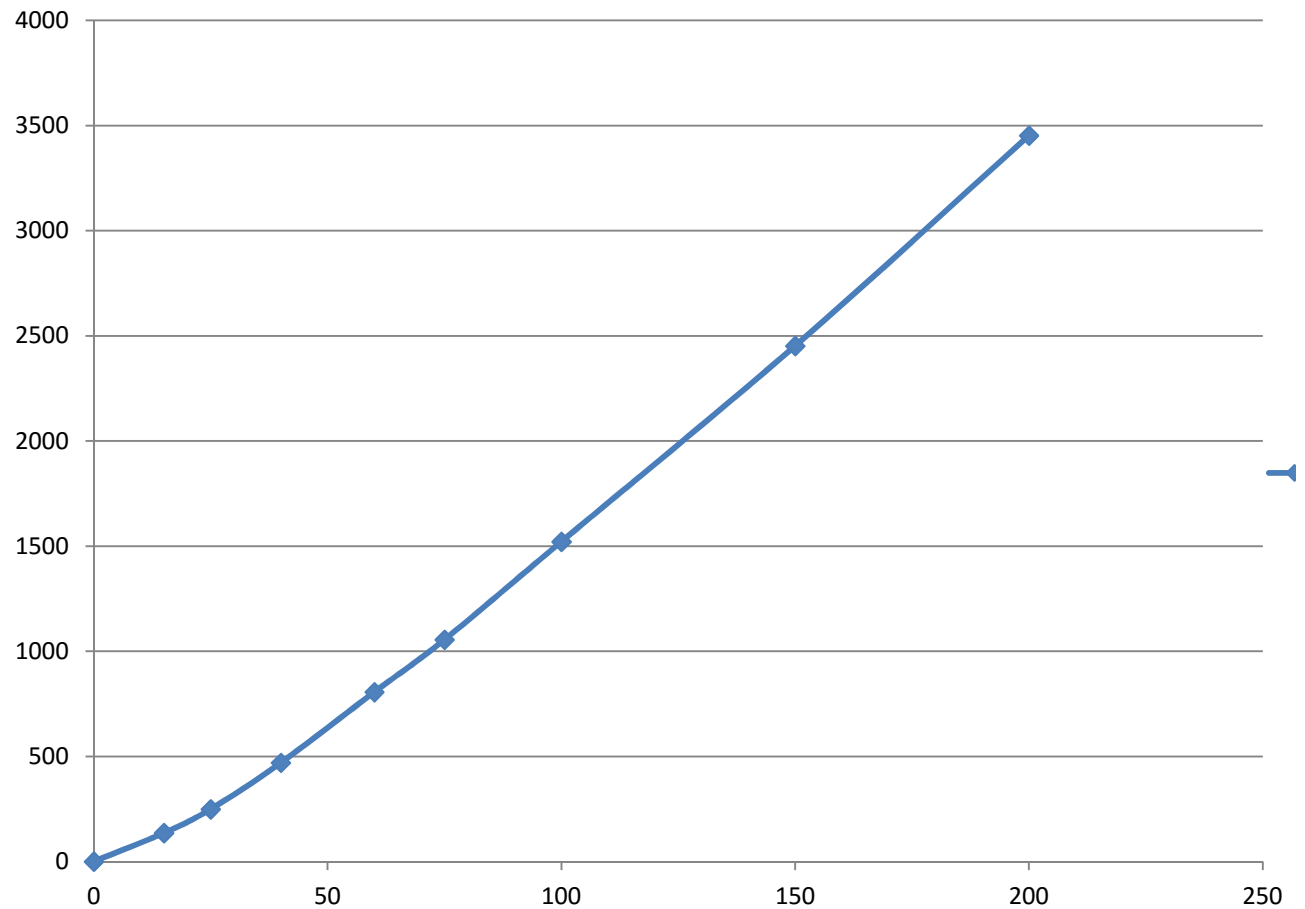
$$\text{dioptria} = \frac{1}{\text{m}}$$

$$1 \text{ dioptria} = 1 \text{ m}^{-1}$$

<b>Znamionowy strumień świetlny lampy (<math>\Phi</math>), która ma zastąpić żarówkę, lm</b>			<b>Deklarowana moc równoważnej żarówki</b>
<b>Świetlówka kompaktowa</b>	<b>Żarówka halogenowa</b>	<b>LED i inne lampy</b>	<b>W</b>
<b>125</b>	<b>119</b>	<b>136</b>	<b>15</b>
<b>229</b>	<b>217</b>	<b>249</b>	<b>25</b>
<b>432</b>	<b>410</b>	<b>470</b>	<b>40</b>
<b>741</b>	<b>702</b>	<b>806</b>	<b>60</b>
<b>970</b>	<b>920</b>	<b>1055</b>	<b>75</b>
<b>1398</b>	<b>1326</b>	<b>1521</b>	<b>100</b>
<b>2253</b>	<b>2137</b>	<b>2452</b>	<b>150</b>
<b>3172</b>	<b>3009</b>	<b>3452</b>	<b>200</b>

## strumień świetlny Led, lm

Moc żar.	Led
W	lm
0	0
15	136
25	249
40	470
60	806
75	1 055
100	1 521
150	2 452
200	3 452



**Moc zwykłej żarówki, W**

## Wybrane jednostki pozaukładowe

### Jednostki miar o specjalnych nazwach i oznaczeniach

Wielkość	jednostka	symbol	Relacje, Def. podst jedn SI
objętość	<b>litr</b>	<b>l, L*</b>	$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ m}^3$
masa	<b>tona</b>	<b>t</b>	$1 \text{ t} = 1\,000 \text{ kg}$
czas	godzina	h	$1 \text{ h} = 3\,600 \text{ s}$
prędkość	km/h	km/h	$1 \text{ km/h} = 1/3,6 \text{ m/s}$
	atmosfera	atm	$1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa} = 760 \text{ Tr}$
	tor	Tr	$1 \text{ Tr} = 133 \text{ Pa}$
	mmHg	mmHg	$1 \text{ mmHg} = 1 \text{ Tr}$
	<b>bar</b>	bar	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
	mmH <sub>2</sub> O	mmH <sub>2</sub> O	$1 \text{ mmH}_2\text{O} = 9,81 \text{ Pa}$
kąt płaski	stopień	°	$1^\circ = 0,01745 \text{ rad}$

Upowszechnia się ozn. „L”. W Polsce od 2010 r. – tylko „l”.



# Jednostki ciśnienia

Jednostka wyjściowa	Pascal	Bar	atmosfera techniczna	atmosfera fizyczna	Tor, mm Hg	mmH <sub>2</sub> O	Psi
	1 Pa	1 bar	1 at	1 atm	1 Tr, 1 mmHg	1 mmH <sub>2</sub> O	1 psi
1 Pa	1	10 <sup>-5</sup>	1,02·10 <sup>-5</sup>	9,869·10 <sup>-6</sup>	7,50·10 <sup>-3</sup>	0,102	1,45·10 <sup>-4</sup>
1 bar	10 <sup>5</sup>	1	1,02	0,9869	750	10 197,4	14,50
1 at	98 066,5	0,9807	1	0,9678	735,6	10 000,03	735,6
1 atm	101 325	1,013	1,033	1	760	10 332,6	14,7
1 Tr, mm Hg	133,322	1,333·10 <sup>-3</sup>	13,595·10 <sup>-4</sup>	13,595·10 <sup>-4</sup>	1	13,595	13,6
1 mm H <sub>2</sub> O	9,806	9,806·10 <sup>-5</sup>	1,00·10 <sup>-4</sup>	9,678·10 <sup>-5</sup>	7,356·10 <sup>-2</sup>	1	7,36·10 <sup>-2</sup>
1 psi	6894,757	6894,757	7,031·10 <sup>2</sup>	6,805·10 <sup>-2</sup>	6,89·10 <sup>-3</sup>	7,03·10 <sup>2</sup>	1

**1 atm** czyli atmosfera fizyczna z definicji wynosi 1013,25 hPa.

Atmosfera techniczna - ozn. at, z kolei odpowiada naciskowi 1 kg na powierzchnię 1 cm<sup>2</sup> gdy przyspieszenie ziemskie ma wartość standardową 9,80665 m/s<sup>2</sup>.

Stąd: 1 at = 98066,5 Pa.

**Tor, Tr** zdefiniowano w ten sposób, że 760 Tr wynosi dokładnie 1 atm. Zatem tor jest praktycznie równoważny ciśnieniu 1 mmHg (dokładnie 1 mmHg = 1,000000142 Tr).

**1 mmHg** czyli milimetr słupa rtęci jest ciśnieniem wywieranym przez słup rtęci o wysokości 1 mm i o gęstości 13,5951 g/cm<sup>3</sup> gdy przyspieszenie ziemskie ma wartość standardową 9,80665 m/s<sup>2</sup>. W przybliżeniu 1 atm = 760 mmHg.

**1 mmH<sub>2</sub>O** czyli milimetr słupa wody odpowiada ciśnieniu wywieranemu przez słup wody o wysokości 1 mm gdy przyspieszenie ziemskie ma wartość standardową 9,80665 m/s<sup>2</sup>.

**psi** czyli funt siła na cal kwadratowy (pound per square inch) odpowiada naciskowi jednego funta na powierzchnię cala kwadratowego gdy przyspieszenie ziemskie ma wartość standardową 9,80665 m/s<sup>2</sup>. W przybliżeniu 1 psi = 6895 Pa.

## Z analizy wymiarowej

Każda jednostka wielkości fizycznej może być wyrażona jedynie poprzez siedem podstawowych jednostek miar w SI.

Każdą pozostałą wielkość fizyczną możemy wyrazić za pomocą tych jednostek podstawowych. Jednostki podstawowe oznaczają się literami (początkowymi od angielskich wyrazów): długość – L, masa – M, czas – T itd.

Wymiar jednostki pochodnej, oznaczonej przez Maxwella jako  $[A]$ , wyraża się przez wymiar jednostek podstawowych w postaci iloczynu ich potęg, gdzie potęgi są liczbami wymiernymi, które mogą być zarówno liczbami dodatnimi, ujemnymi, jak i równymi zero.

### Zasada jednorodności wymiarowej

(sformułowanej jeszcze przez Fouriera) w prostszej formie:

wszystkie równania opisujące dowolne zjawisko fizyczne mają taką postać, że wchodzące w jego skład człony mają jednakowe wymiary (są w postaci jednomianu), a argumenty funkcji trygonometrycznych, logarytmicznych, wykładniczych itp., są bezwymiarowe.

Wielkość fizyczną możemy zapisać w postaci (jednomianu)

$$A = C \prod_j A_j^{a_j}$$

gdzie –  $A_j$  – wielkości fizyczne,  $a_j$  – nieznane współczynniki liczbowe

**Przykład 1.** Znaleźć okres wahań wahadła matematycznego.

Wypiszmy wielkości fizyczne określające sobą okres wahań wahadła.

Wygodnie jest je zapisać w tabeli:

<b>Wielkość fizyczna</b>	<b>Oznaczenie</b>	<b>Wymiar</b>
Okres wahań	$t$	T (s)
Masa wahadła	$m$	M (kg)
Przyśpieszenie ziemskie	$g$	$LT^{-2}$ ( $m\ s^{-2}$ )
Długość wahadła	$l$	L (m)
Kąt wychylenia	$\varphi$	

Zależność funkcyjna między tymi wielkościami jest następująca

$$t = f(m, g, l, \varphi).$$

Z zasady jednorodności wymiarowej zależność tą piszemy w postaci jednomianu

$$t = C m^a g^b l^c \varphi^d$$

Równanie wymiarowe ma postać:

$$[t] = [C m^a g^b l^c \varphi^d] = [C][m^a][g^b][l^c][\varphi^d] = [m]^a [g]^b [l]^c$$

$$[t] = T = M^\alpha (LT^{-2})^b L^c$$

lub dla zapisu na jednostkach

$$s = kg^\alpha (m\ s^{-2})^b m^c$$

Z warunku, że wykładniki potęg przy jednostkach podstawowych w obu częściach równania

$$s = \text{kg}^a (\text{m s}^{-2})^b \text{m}^c$$

czyli 
$$\text{m}^0 \text{kg}^0 \text{s}^1 = \text{m}^{b+c} \text{kg}^a \text{s}^{-2b}$$

są sobie równe, uzyskujemy następujący układ równań:

dla wykładników przy L (m):  $0 = b + c$

dla wykładników przy M (kg):  $0 = a$

dla wykładników przy T (s):  $1 = -2b$

Stąd

$$b = -\frac{1}{2} \quad c = -b$$

Zatem

$$C = 2\pi \quad t = C \sqrt{\frac{l}{g}}$$

**Analiza wymiarowa** jest skuteczną i szybką metoda otrzymywania wzorów.

Wstępne jej zastosowanie w sposób widoczny informuje nas o związkach zachodzących między występującymi wielkościami w danym zjawisku.

Przeprowadzając ścisłą analizę tego zjawiska lub wykonując eksperyment, możemy się skupić na wielkościach istotnych dla jego przebiegu.

Ponadto, w wielu przypadkach, gdy nie jesteśmy pewni co do słuszności danego wzoru, możemy się upewnić stosując tę metodę. Możliwość szybkiego sprawdzenia poprawności wzoru uchroni znających tę metodę od częstokroć nieprawidłowego ich wypisywania

**kryterium konieczne poprawności wzoru,**

często stosowane przy rozwiązywaniu zadania.