



Główny  
Urząd  
Miar

dokładnie  
**100** lat  
1919-2019



2019

# Redefinicje jednostek miar SI

dr inż. Paweł Fotowicz



[gum.gov.pl](http://gum.gov.pl)

# 26. Generalna Konferencija Miar



16 listopada 2018 roku

# Międzynarodowy Układ Jednostek Miar SI



# Podstawowe jednostki SI i stałe

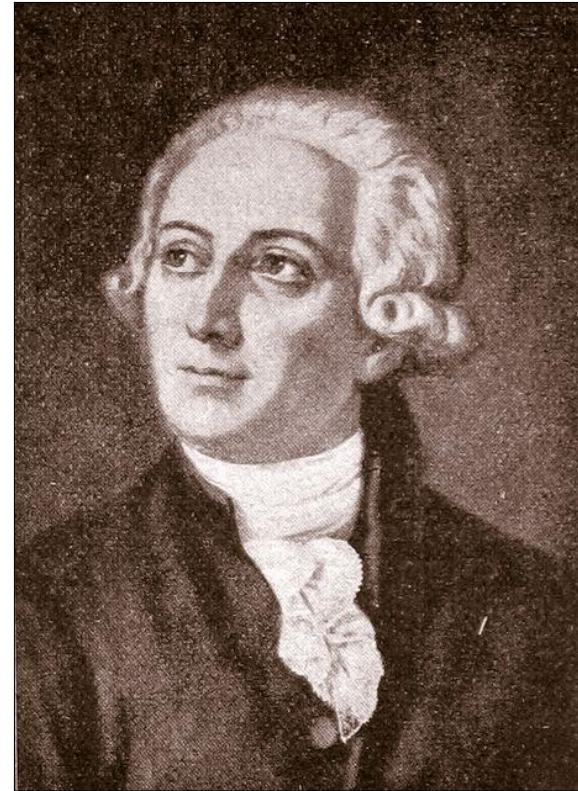
sekunda	s	$\Delta \nu_{Cs}$	częstotliwość cezowa
metr	m	$c$	prędkość światła
kilogram	kg	$h$	stała Plancka
amper	A	$e$	ładunek elementarny
kelwin	K	$k$	stała Boltzmannna
mol	mol	$N_A$	stała Avogadra
kandela	cd	$K_{cd}$	skuteczność świetlna

# System metryczny



**Pierre Simon de Laplace**

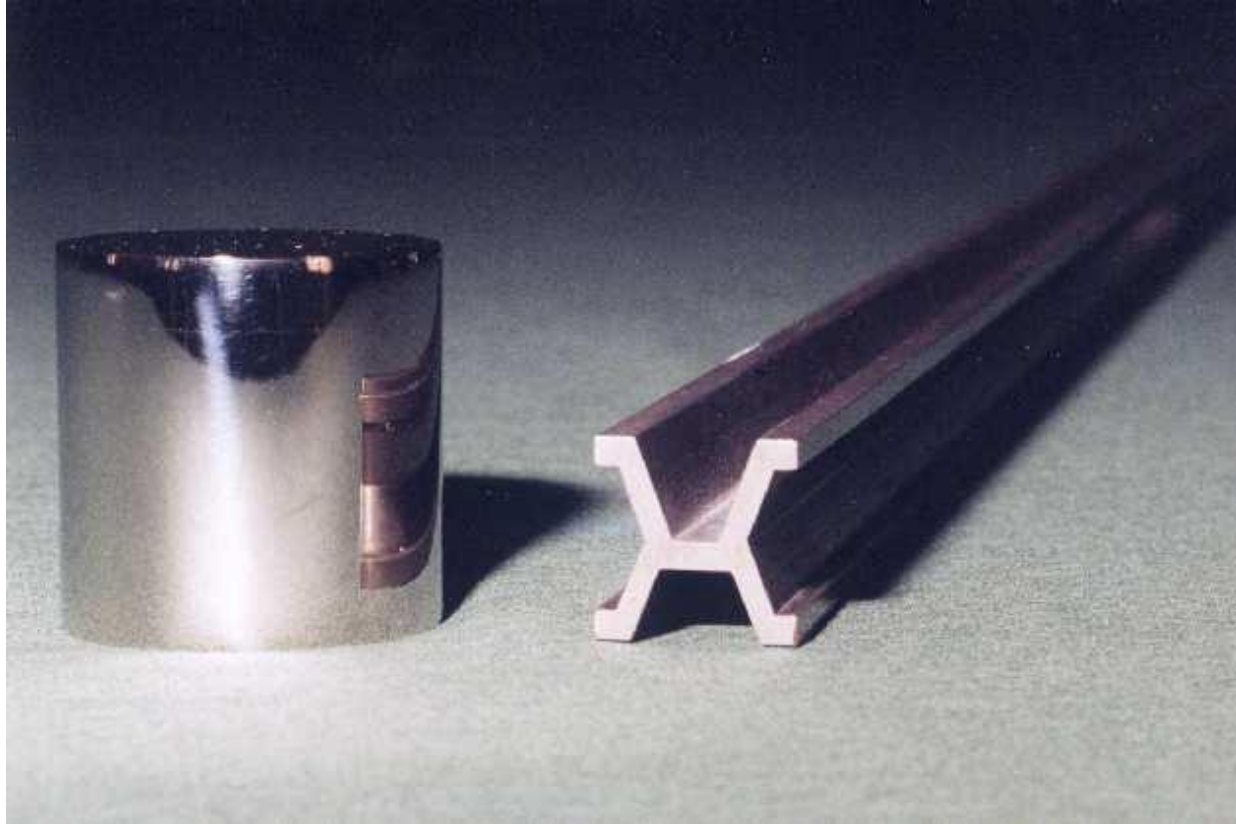
**1749 - 1827**



**Antoine Laurent de Lavoisier**

**1743 - 1794**

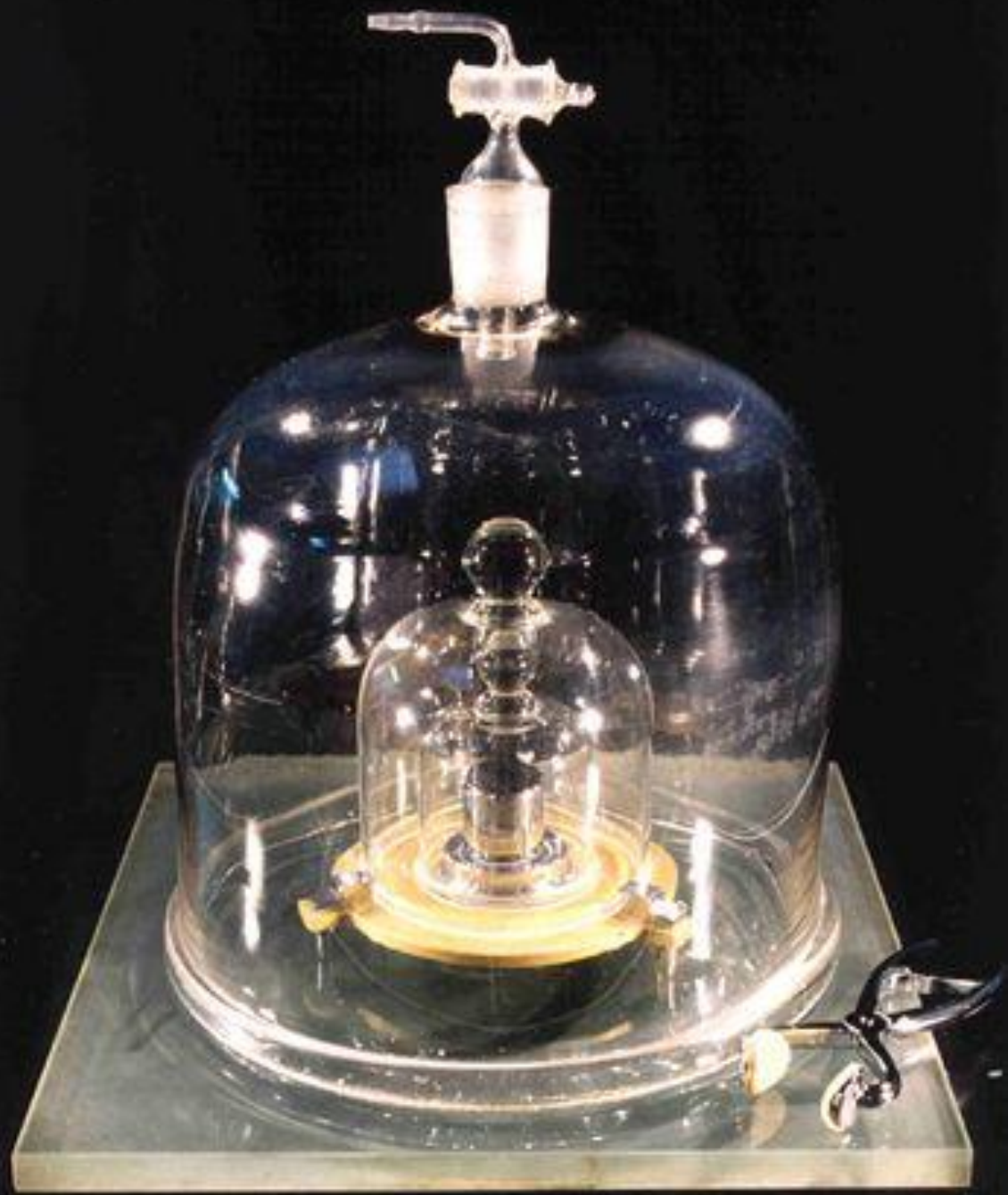
# Konwencja metryczna – 20 maja 1875



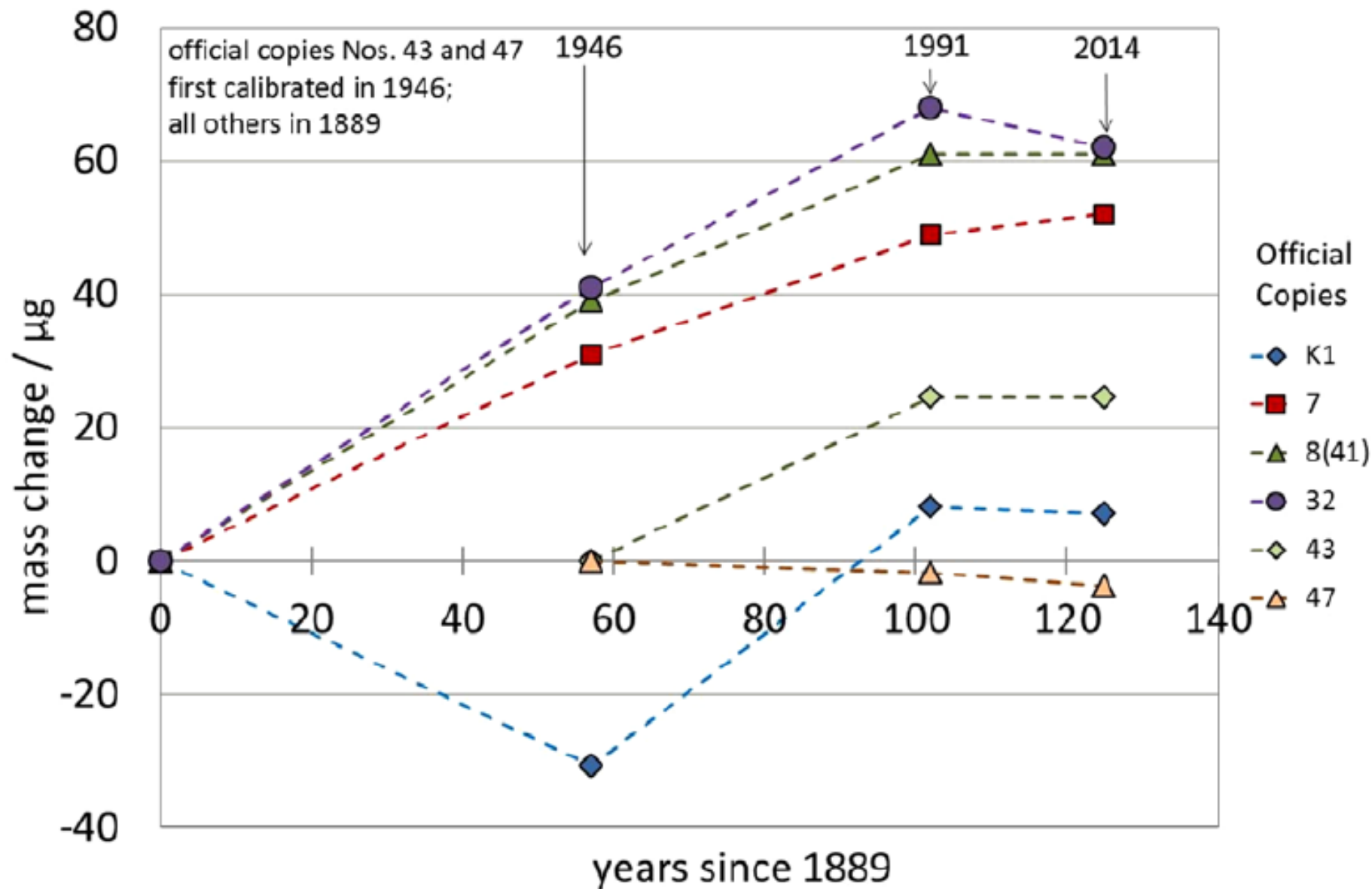
1889

# Definicje metra

1. **metr** – jedna dziesięciomilionowa połowy południka przechodzącego przez Paryż, zawartego między równikiem i biegunem północnym – uchwała Francuskiego Zgromadzenia Narodowego z 1791 r.
2. **metr** – odległość w temperaturze 0 °C dwóch krańców ograniczających metr archiwalny – przechowywany we francuskim archiwum państwowym od 1799 r.
3. **metr** – odległość między osiami dwóch głównych kresek naciętych na wzorcu, uznanym przez I Generalną Konferencję Miar za międzynarodowy prototyp metra, gdy wzorzec ten znajduje się w temperaturze 0 °C – uchwała I Generalnej Konferencji Miar z 1889 r.
4. **metr** – długość równa 1650763,73 długości fali w próżni promieniowania odpowiadającego przejściu między poziomami  $2p_{10}$  a  $5d_5$  atomu  $^{86}\text{Kr}$  – uchwała XI Generalnej Konferencji Miar z 1960 r.
5. **metr** – długość drogi przebytej w próżni przez światło w czasie  $1/299\,792\,458$  sekundy – uchwała XVII Generalnej Konferencji Miar z 1983 r.







# Ewolucja systemu metrycznego

- 1791 – pierwsza definicja metra
- 1795 – przyjęcie nomenklatury: metr, ar, litr i gram
- 1799 – pierwszy wzorzec metra i kilograma
- 1832 – Gauss postuluje spójny system miar oparty na milimetrze, gramie i sekundzie
- 1860 – Maxwell i Thomson proponują spójny system obejmujący podstawowe i pochodne jednostki miar
- 1874 – koncepcja systemu CGS opartego na centymetrze, gramie i sekundzie i użyciu prefiksu dla oznaczania jednostek pod- i wielokrotnych
- 1875 – Konwencja Metryczna
- 1880 – rozszerzenie systemu CGS o jednostki elektryczne jak om, wolt i amper
- 1889 – międzynarodowe wzorce metra i kilograma i spójny system MKS oparty na metrze, kilogramie i sekundzie
- 1901 – Giorgi proponuje spójny system oparty na metrze, kilogramie, sekundzie i amperze
- 1921 – rozszerzenie zakresu Konwencji Metrycznej na dalsze obszary metrologiczne
- 1946 – przyjęcie systemu MKSA opartego na metrze, kilogramie, sekundzie i amperze
- 1954 – rozszerzenie systemu miar o podstawowe jednostki kelwin i kandela
- 1960 – międzynarodowy układ jednostek miar SI, nowa definicja metra
- 1971 – rozszerzenie systemu miar o podstawową jednostkę mol
- 1983 – definicja metra w oparciu o prędkość światła
- 2019 – nowy SI w oparciu o stałe podstawowe

**sekunda**, oznaczenie s, jest to jednostka SI czasu. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej częstotliwości cezowej  $\Delta \nu_{\text{Cs}}$ , to jest częstotliwości nadsubtelnego przejścia w atomach cezu 133 w niezaburzonym stanie podstawowym, wynoszącej 9 192 631 770, wyrażonej w jednostce Hz, która jest równa  $\text{s}^{-1}$

$$1 \text{ s} = \frac{9192631770}{\Delta \nu_{\text{Cs}}}$$

$$\Delta \nu_{\text{Cs}} = 9192631770 \text{ Hz}$$

**metr**, oznaczenie m, jest to jednostka SI długości. Jest ona zdefiniowana poprzez przyjęcie ustalonej wartości liczbowej prędkości światła w próżni  $c$ , wynoszącej 299 792 458, wyrażonej w jednostce  $\text{m s}^{-1}$ , przy czym sekunda zdefiniowana jest za pomocą częstotliwości cezowej  $\Delta\nu_{\text{Cs}}$

$$1 \text{ m} = \left( \frac{c}{299792458} \right) \text{ s}$$

$$1 \text{ m} = \frac{9192631770}{299792458} \frac{c}{\Delta\nu_{\text{Cs}}} \approx 30,663319 \frac{c}{\Delta\nu_{\text{Cs}}}$$

$$c = 299792458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

**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 s, która jest równa  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$ , przy czym metr i sekunda zdefiniowane są za pomocą  $c$  i  $\Delta \nu_{\text{Cs}}$

$$1 \text{ kg} = \left( \frac{h}{6,62607015} \right) 10^{34} \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}$$

$$1 \text{ kg} = \frac{(299792458)^2}{(6,62607015)(9192631770)} 10^{34} \frac{h \cdot \Delta \nu_{\text{Cs}}}{c^2} \approx 1,4755214 \cdot 10^{40} \frac{h \cdot \Delta \nu_{\text{Cs}}}{c^2}$$

$$h = 6,62607015 \cdot 10^{-34} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

**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  $\Delta \nu_{Cs}$

$$1\text{ A} = \left( \frac{e}{1,602176634} \right) 10^{19}\text{ s}^{-1}$$

$$1\text{ A} = \frac{1}{(1,602176634)(9192631770)} 10^{19} e \cdot \Delta \nu_{Cs} \approx 6,789687 \cdot 10^8 e \cdot \Delta \nu_{Cs}$$

$$e = 1,602176634 \cdot 10^{-19}\text{ A}\cdot\text{s}$$

**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  $\text{J K}^{-1}$ , która jest równa  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-2} \text{K}^{-1}$ , gdzie kilogram, metr i sekunda zdefiniowane są za pomocą  $h$ ,  $c$  i  $\Delta \nu_{\text{Cs}}$

$$1 \text{ K} = \left( \frac{1,380649}{k} \right) 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

$$1 \text{ K} = \frac{1,380649}{(6,62607015)(9192631770)} 10^{11} \frac{h \cdot \Delta \nu_{\text{Cs}}}{k} \approx 2,2666653 \frac{h \cdot \Delta \nu_{\text{Cs}}}{k}$$

$$k = 1,380649 \cdot 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

**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  $\text{mol}^{-1}$  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

$$1 \text{ mol} = \left( \frac{6,02214076}{N_A} \right) 10^{23}$$

$$N_A = 6,02214076 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$



**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 540 THz,  $K_{\text{cd}}$ , wynoszącej 683, wyrażonej w jednostce  $\text{lm W}^{-1}$ , która jest równa  $\text{cd sr kg}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^3$ , gdzie kilogram, metr i sekunda są zdefiniowane za pomocą  $h$ ,  $c$  i  $\Delta \nu_{\text{Cs}}$

$$1 \text{ cd} = \left( \frac{K_{\text{cd}}}{683} \right) \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{sr}^{-1}$$

$$1 \text{ cd} = \frac{1}{683 (6,62607015)(9192631770)^2} 10^{34} K_{\text{cd}} \cdot h \cdot (\Delta \nu_{\text{Cs}})^2 \approx 2,614830 \cdot 10^{10} K_{\text{cd}} \cdot h \cdot (\Delta \nu_{\text{Cs}})^2$$

$$K_{\text{cd}} = 683 \text{ cd} \cdot \text{sr} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^3$$

# Redefinicja jednostek miar SI

