

Samodzielne Laboratorium Chemii



Praktyczne aspekty realizacji definicji jednostki miary **mola** – schemat spójności pomiarowej a użytkownicy przyrządów pomiarowych.

Władysław Kozłowski

the 14th CGPM (1971, Resolution 3)

1. The mole is the amount of substance of a system which contains as many elementary entities as there are atoms in 0.012 kilogram of carbon 12; its symbol is "mol".

2. When the mole is used, the elementary entities must be specified and may be atoms, molecules, ions, electrons, other particles, or specified groups of such particles.

the CIPM approved the report of the CCU (1980):

In this definition, it is understood that unbound atoms of carbon 12, at rest and in their ground state, are referred to.

la 14^e CGPM (1971, Résolution 3)

1. La mole est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12 ; son symbole est « mol ».

2. Lorsqu'on emploie la mole, les entités élémentaires doivent être spécifiées et peuvent être des atomes, des molécules, des ions, des électrons, d'autres particules ou des groupements spécifiés de telles particules.

le Comité international a approuvé le rapport du CCU (1980) qui précisait:

Dans cette définition, il est entendu que l'on se réfère à des atomes de carbone 12 non liés, au repos et dans leur état fondamental.

DEFINICJA AKTUALNA (1971 i 1980)

1. Mol to liczność materii układu zawierającego liczbę cząstek równą liczbie atomów w masie 0,012 kilograma węgla 12C;
2. Przy używaniu mola należy określić rodzaj cząstek elementarnych, którymi mogą być atomy, cząsteczki, jony, elektrony, inne cząstki lub wyspecyfikowane grupy takich cząstek.

W definicji zakłada się, że niezwiązane chemicznie atomy węgla 12C znajdują się w spoczynku i w stanie podstawowym.



the 26th CGPM (2018, Resolution 1)

The mole, symbol mol, is the SI unit of **amount of substance**. One mole contains exactly $6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ elementary entities. This number is the fixed numerical value of the Avogadro constant, N_A , when expressed in the unit mol⁻¹ and is called the Avogadro number. The **amount of substance**, symbol n , of a system is a measure of the number of specified elementary entities. An elementary entity may be an atom, a molecule, an ion, an electron, any other particle or specified group of particles.

La mole, symbole mol, est l'unité de **quantité de matière** du SI. Une mole contient exactement $6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ entités élémentaires. Ce nombre, appelé « nombre d'Avogadro », correspond à la valeur numérique fixée de la constante d'Avogadro, N_A , lorsqu'elle est exprimée en mol⁻¹. La **quantité de matière**, symbole n , d'un système est une représentation du nombre d'entités élémentaires spécifiées. Une entité élémentaire peut être un atome, une molécule, un ion, un électron, ou toute autre particule ou groupement spécifié de particules.



Amadeo Avogadro (1776 – 1856)

Mol, oznaczenie mol, jest to jednostka **liczności materii** w SI. 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 mol⁻¹ i zwana jest liczbą Avogadra.

Liczność materii, 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

$$n = N / N_A$$

N – liczba obiektów elementarnych substancji X w próbce

$$n = m / A_r(X) \cdot M_u$$

m – masa obiektów elementarnych,

$A_r(X)$ – względna masa atomowa lub cząsteczkowa X ,

M_u – stała masy molowej.

PROJEKT AVOGADRO

International Avogadro Coordination – 2004 -2011

PTB, NMIA, NMIJ, NIST, NPL, INRIM, IRRM

International Avogadro Project – 2012

BIPM, INRIM, NMIA, NMIJ



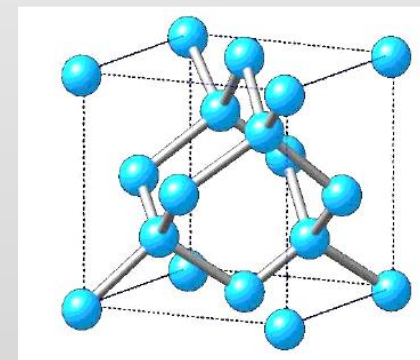
$$N_A = \frac{n \cdot M_{Si} \cdot V_{Si}}{m_{Si} \cdot a^3}$$

V_{Si} – objętość kryształu

$n = 8$ – ilość atomów na jednostkową komórkę kryształu Si

a – stała sieciowa sześcienniej komórki elementarnej Si 28

M_{Si} – masa atomowa Si



OBIEKTY ELEMENTARNE (przykłady)

- atomy
- jony
- cząsteczki
- rodniki
- elektrony, pozytrony
- fotony
- neutrino

WIELKOŚĆ (terminologia)

- w definicji → liczność materii
- w praktyce
chemicznej → *liczba moli X (ilość substancji)*
liczba moli atomów H
liczba moli cząsteczek H₂

JEDNOSTKI (przykłady)

- ilość moli: mol
- ułamek molowy: mol/mol
- stężenie: mol/m³
- zawartość: mol/kg

METODĄ PODSTAWOWĄ pomiaru jest metoda

- posiadająca najwyższą metrologiczną jakość,
- której działanie może być całkowicie opisane i zrozumiane,
- dla której kompletne wyrażenie niepewności może być wyrażone w jednostkach układu SI.

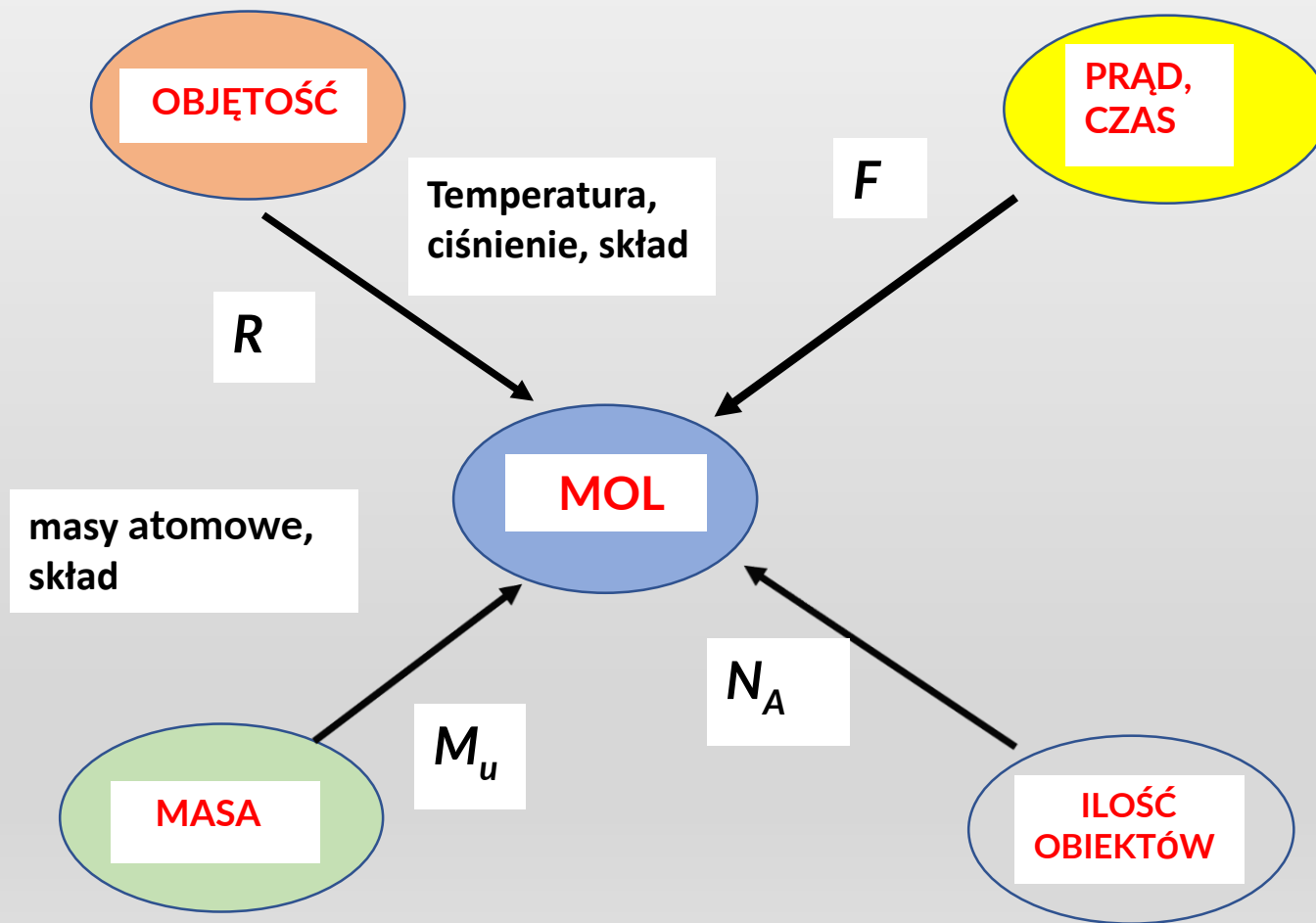
PIERWOTNY MATERIAŁ ODNIESIENIA

materiał odniesienia posiadający najwyższą metrologiczną jakość i którego wartość została wyznaczona za pomocą metody podstawowej.

wg. *CCQM CIPM (Komitet Doradczy ds. Liczności Materii Międzynarodowego Komitetu Miar) - 1995*

REALIZACJA JEDNOSTKI LICZNOŚCI MATERII – MOLA

Metody podstawowe



1. MONOKRYSTAŁ KRZEMU WZBOGACONY w izotop ^{28}Si

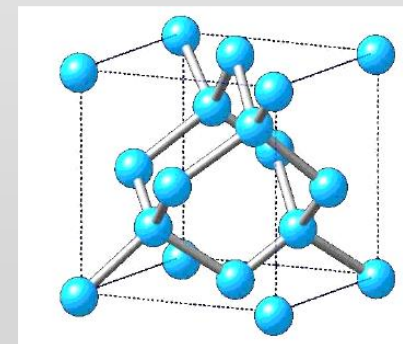
- wyznaczenie ilości atomów krzemu w czystym monokryształe Si

$$N = 8 V_{\text{Si}} / a(^{28}\text{Si})^3$$

- ilość moli ^{28}Si

$$n = 8 V_s / (a(^{28}\text{Si})^3 N_A)$$

$$u < 2 \times 10^{-8}$$



2. METODA GRAWIMETRYCZNA

$$m_{pr} = m_{pow} \cdot b = W \cdot \frac{\left(1 - \frac{d_{pow}}{d_{odw}}\right)}{\left(1 - \frac{d_{pow}}{d}\right)}$$

$$N = \frac{w(X)m}{m_a(X)} = \frac{w(X)m}{A_r(X)m_u}$$

N – ilość obiektów w substancji X

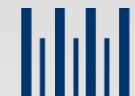
$w(X)$ – ułamek masowy X w próbce o masie m

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{w(X)m}{A_r(X)N_A m_u} = \frac{w(X)m}{A_r(X)M_u}$$

$A_r(X)$ – masa atomowa lub cząsteczkowa X

M_u – stała masy molowej

$$u \approx 10^{-6}$$



3. RÓWNANIE STANU GAZU

$$pV = nRT \left[1 + B(T) \left(\frac{n}{V} \right) + \dots \right]$$

p - ciśnienie,

V - objętość,

T - temperatura,

$R = N_A \cdot k$ - stała gazowa (k - stała gazowa),

$B(T)$ - współczynnik wirialny.

4. ELEKTROLIZA (METODA KULOMETRYCZNA)

$$N = \frac{Q}{ze}$$

N – liczba obiektów, które przereagowały na elektrodzie

$Q = i \cdot t$ – ładunek elektryczny

z – wartościowość

e – elementarny ładunek elektryczny

$$n = \frac{Q}{zN_A e} = \frac{Q}{zF}$$

n – ilość moli

$F = N_A \cdot e$ – stała Faradaya

SPÓJNOŚĆ POMIAROWA (POWIĄZANIE Z WZORCAMI POMIAROWYMI)

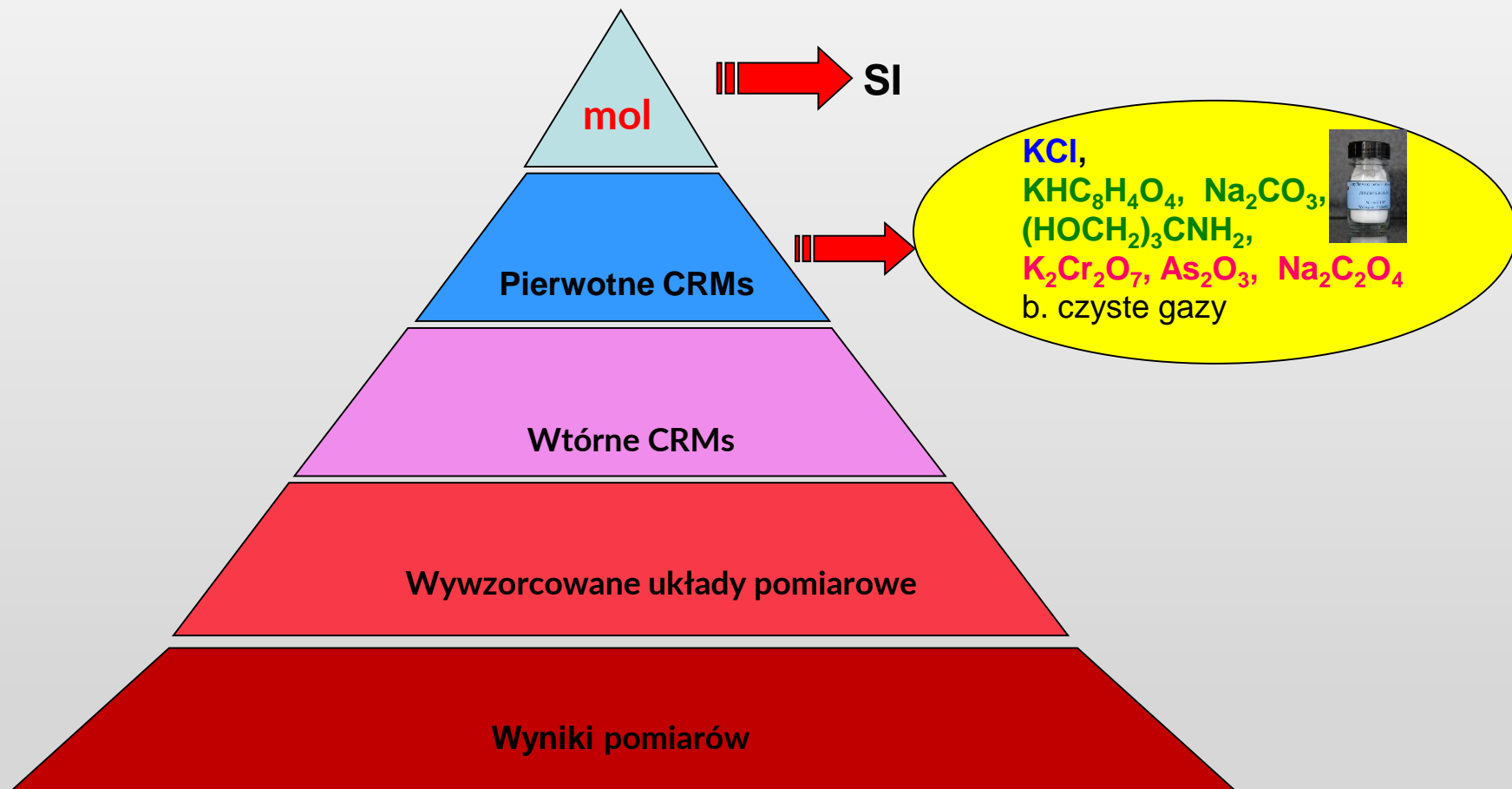
właściwość wyniku pomiaru, przy której wynik może być związany z odniesieniem poprzez udokumentowany, nieprzerwany łańcuch wzorcowań, z których każde wnosi swój udział do niepewności pomiaru.

wg p. 2.41 i p. 2.43 PKN-ISO Guide 99: 2010

SPÓJNOŚĆ POMIAROWA

- odnosi się do wartości wielkości odniesienia wzorców pomiarowych i wyników pomiarów; nie odnosi się do organizacji dostarczających wyniki
- wymaga nieprzerwanego łańcucha powiązań w odniesieniu do ustalonych wzorców, mających określone niepewności
- jeśli odniesienie do jednostek układu SI nie jest możliwe i/lub nie ma zastosowania: powiązanie do uzgodnionych wzorców umownych, do CRMs (dostarczane przez kompetentnych i uznanych międzynarodowo producentów), do uzgodnionych (międzynarodowo) metod pomiarowych

m.in. wg p. 2.41 i p. 2.43 PKN-ISO Guide 99: 2010



Dziękuję Państwu za uwagę !!!