



SI јединица количине супстанце *mol*



Група за метрологију у хемији
Јелена Бебић



Појам и претходна дефиниција мола

Мол је једна од седам основних јединица Међународног система јединица (SI).

Мол (симбол: mol) је количина супстанце која садржи онолико елементарних честица (атома, молекула, електрона или јона) колико има атома у 12 грама угљениковог изотопа C-12.

(више неважећа дефиниција)

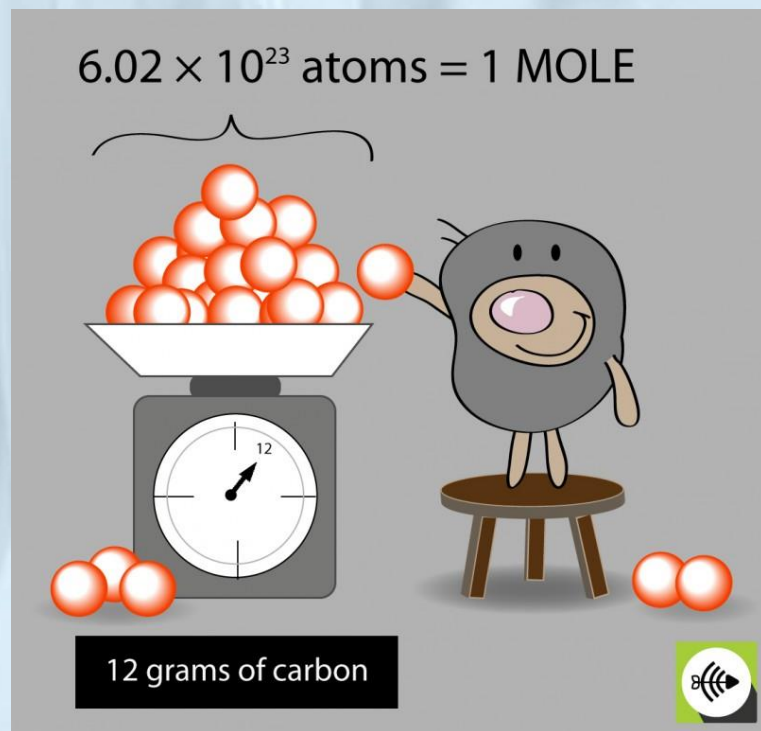




Авогадрова константа

- SI јединица ***mol*** такође одређује и вредност универзалне константе која повезује број честица (атома, молекула, јона и др.) са количином супстанце за било који узорак.
- Ова природна константа је позната као **Авогадрова константа**.

Авогадрова константа је у ствари број молекула у 1 ***молу*** супстанце и званично је била дефинисана као број атома C-12 у 12 g ове супстанце. Авогадрова константа има приближну вредност од $6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$





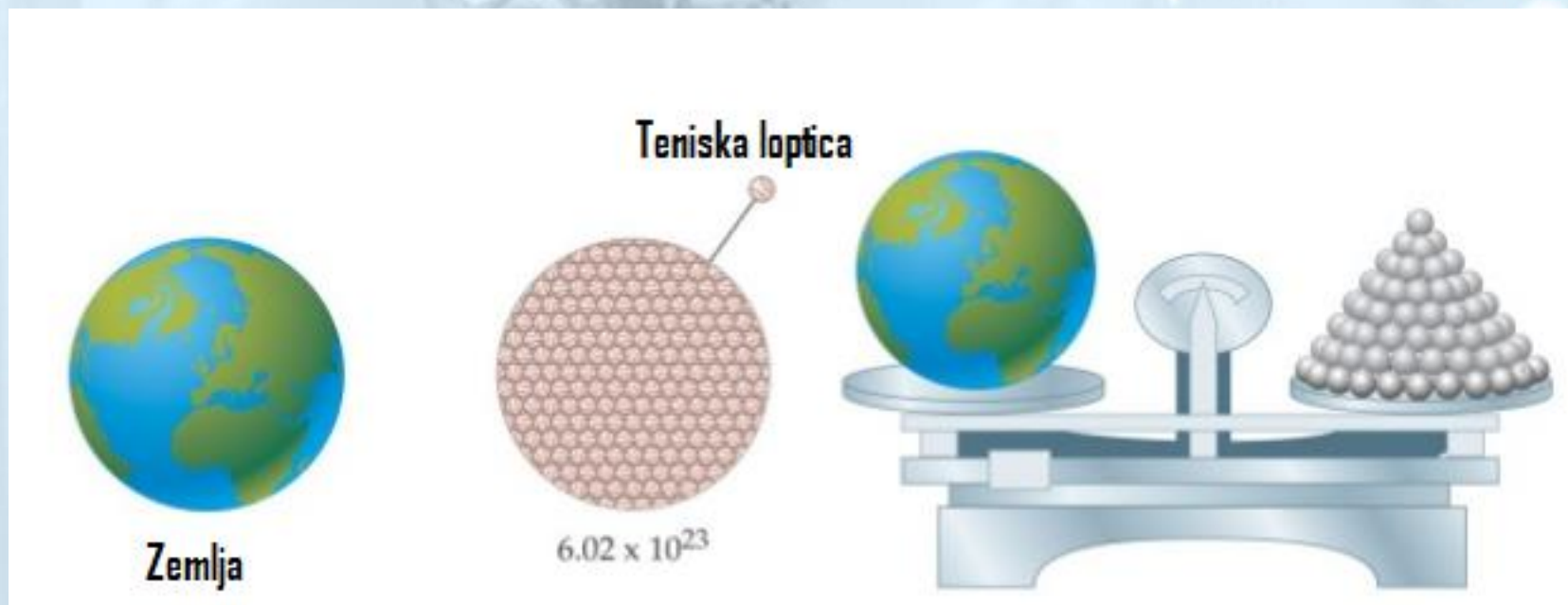
Историјат Авогадрове константе

- Ова природна константа названа је по Италијану Амедеу Авогадру, адвокату и хемичару који је живео од краја XVIII до половине XIX века.
- Он је први изнео хипотезу да једнаке запремине гаса на истој температури и притиску имају исти број атома, за било који гас.
- Тек почетком прошлог века одлучено је да се број молекула у једном грам-молекулу **кисеоника** назове “Авогадров број”, што је након увођења мола у SI систем 1971. године, промењено у “Авогардову константу”





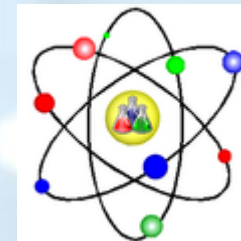
Колико је велики 1 mol?



- Запремина коју заузима 1 mol тениских лоптица одговара величини планете Земље
- Маса 1 mol-а олимпијских кугли одговара маси планете Земље



Историјат мола



- Технички, Авогадро није измислио мол.
- Термин мол појављује се први пут 1902. године када је изражавао молекуларну тежину супстанце у грамима као скраћеница немачке речи за молекул.
- До 1959. године био је дефинисан преко кисеониковог изотопа 16
- 1967. године бива дефинисан преко угљеника 12, што је и дефиниција која је важила до 20.5.2019.
- 1971. на седници CGPM је званично уведен у SI систем
- Међународни комитет за тегове и мере, 1980. године, тада важећу дефиницију допунио је објашњењем да су угљеникови атоми невезани, слободни и у свом основном стању.



Ревизија мола – нова дефиниција

- Већ 20 година, међународна заједница ради на модерној дефиницији мола.
- Разлог: сада имамо много боље мерење Авогадрове константе која је врло блиско повезана са молем.
- Од ове године, један мол ће садржати тачно $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$ елементарних честица.
- **Нова дефиниција мола примењује се од 20.5.2019. године**

Мол (симбол: mol) је SI јединица за количину супстанце. Један мол садржи тачно $6,022\,140\,76 \times 10^{23}$ елементарних честица. Овај број је фиксна бројна вредност Авогадрове константе, N_A , изражен у mol^{-1} и назива се Авогадров број.

**РЕДЕФИНИЦИЈОМ ЈЕДИНИЦЕ mol ОНА ПОСТАЈЕ НЕЗАВИСНА ОД
МАСЕ!!**



Ревизија SI јединице mol

Мерна несигурност

По претходном SI систему	По новом SI систему
Моларна маса угљеника C-12	Авогадрова константа

Претходна дефиниција (1971)

Мол је количина супстанце која садржи онолико елементарних честица (атома, молекула, електрона или јона) колико има атома у 12 грама угљениковог изотопа C-12.

$$\begin{aligned} M(X) &= A_r(X) \times M_u \\ M(X) &= m(X) \times N_A \\ m(X) &= A_r(X) m_u \\ m_u &= m(^{12}\text{C})/12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u(M_u) &= 0 \\ u(N_A) &= 2 \times 10^{-8} \end{aligned}$$

Нова дефиниција (2019)

Мол је јединица за количину супстанце састављене од елементарних честица која садржи онолико елементарних честица (атома, молекула, електрона или јона) чија је нумеричка вредност дефинисана Авогадровом константом и има вредност $6,022\,140\,76 \times 10^{23} \text{ 1/mol}$.

$$\begin{aligned} M(X) &= A_r(X) \times M_u \\ M(X) &= m(X) \times N_A \\ n(X) &= M_x / M(X) \\ n(X) &= N(X) / N_A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u(M_u) &< 4 \times 10^{-9} \\ u(N_A) &= 0 \end{aligned}$$



Следивост у хемији и „Mise en pratique“ mol-a

Следивост



Трансфер еталон Т

Трансфер раствор, $U_{rel} < 1,0 \%$

$w_t(E)$



Примарни еталон

Примарни раствор S, $U_{rel} < 0,05 \%$

$w_s(E)$

Чиста супстанца, $U_{rel} < 0,01 \%$

w_{pur}



SI

kg i mol

„N_A“-Авогадрова константа

Примарни ниво

Сертифицирани мерни поступак

Трансфер еталон Т
 $c(X) = n(X)/V_{\text{раствора}}$

Тачност процедуре мерења

Гравиметријска процедура

Квантификација

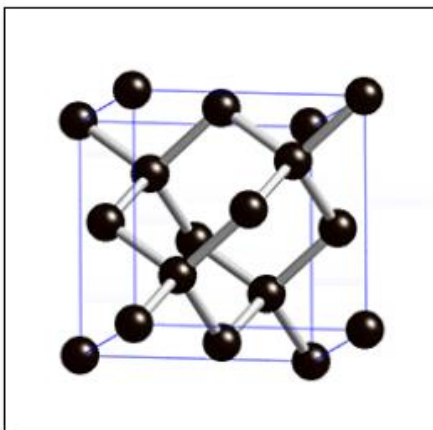
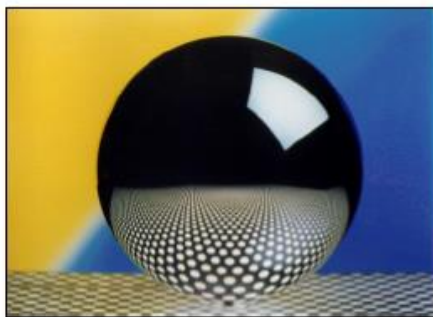
Одређивање чистоће

Идентификација

Примарни еталон
 $n(X) = M_x / M(X) \times R(X)$

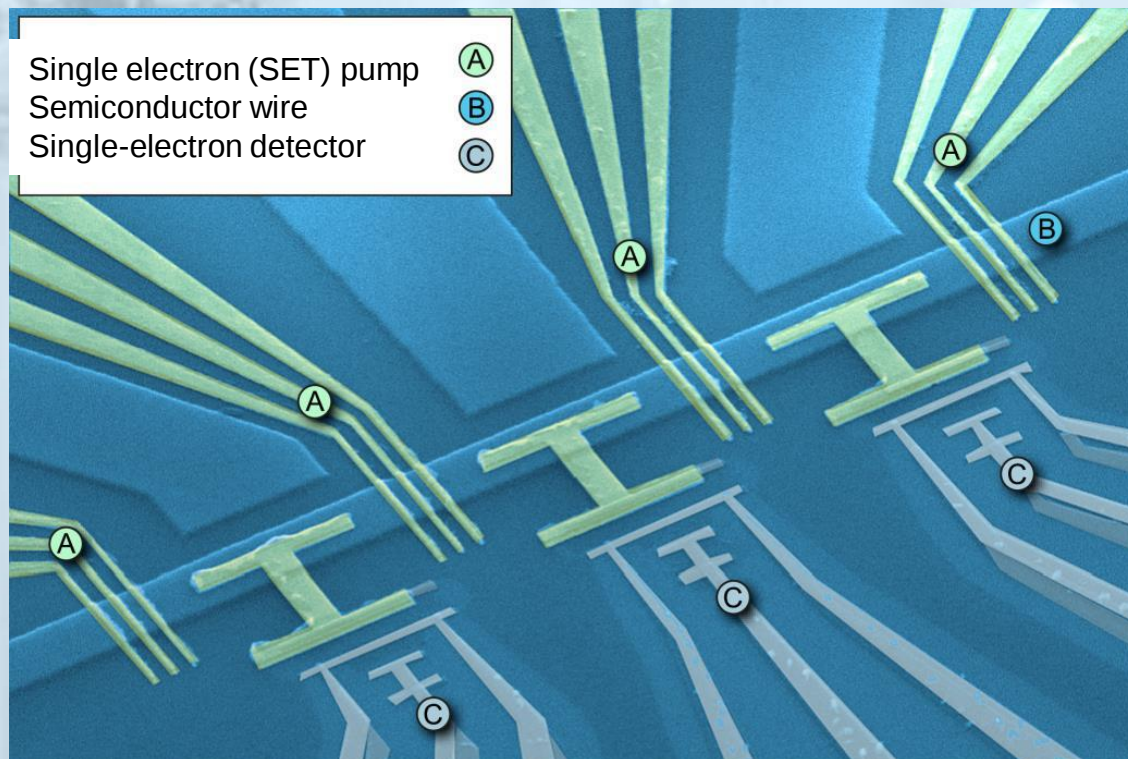


Предложен начин мерења Авогадрове константе



<http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/2003/MP1.crystals/MP1.crystals.html>

преко сфере силицијума ^{28}Si



Бројањем електрона у
проводничој линији SET уређајем



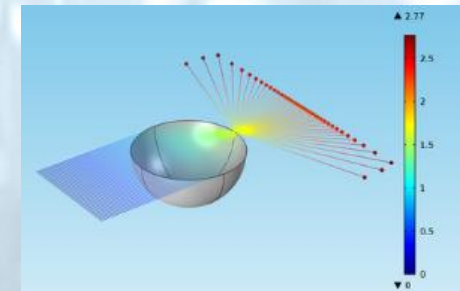
Међународна Авогадро сарадња (IAC) преко сфере силицијума ^{28}Si



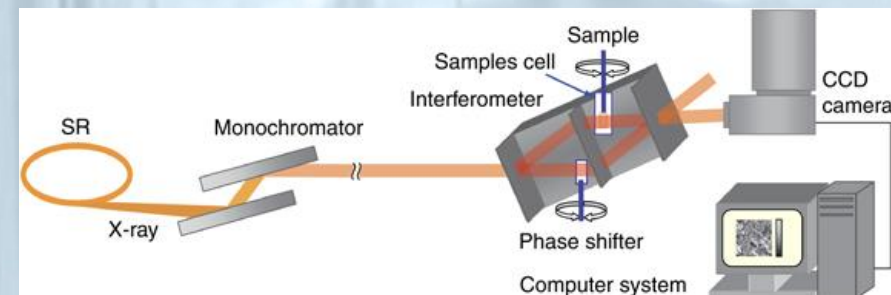
Мултиколектор ICPMS

$$N_A = \frac{8 \times M \times V_{\text{sphere}}}{m_{\text{sphere}} \times a^3}$$

Оптички сферни интерферометар



Масени компаратор



X-Ray интерферометар



...након примене редефиниције мола

$$N_A h = \frac{c A_r(e) M_u \alpha^2}{2 R_\infty}$$

$$n = \frac{N}{N_A}$$

N_A -Авогадрова константа

h -Планкова константа

c -брзина светлости

α -структурна константа

R -Ридбергова константа

e -елементарно наелектрисање

M_u -моларна масена константа
($1 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$)

c , h , N_A –константе чије су вредности фиксирани дефиницијом m , kg и mol -а

α и R - остају независне мерне величине

A_r и M_u - зависне мерне величине од α и R

Редефиницијом јединице mol она постаје независна од масе!!!!



Веза између макроскопских и микроскопских светова

- Нова дефиниција мола омогућава тачнија хемијска мерења, нарочито код малих концентрација, што ће бити од великог значаја за развој иновативне технологије у будућности.
- Тачнија хемијска мерења са малом несигурношћу пружиће могућност тачнијих мерења састава атмосфере у градским срединама, односно мерење гасова у ваздуху биће поузданије. Тиме се омогућавају предуслови за развој многих научних и индустријских области у којима се врше хемијска мерења.



Тачнија
мерења

За здравију
планету, за сва
времена и све
људе





Хвала на пажњи!!!!