रसायन विज्ञान में मोल संकल्पना एवं उसका उपयोग

डॉ0 अमर श्रीवास्तव

एसोशिएट प्रोफेसर, रसायन विज्ञान विभाग

डी.ए.वी. कॉलेज, कानपुर– 208001

ई मेलः asri1406@gmail.com

रसायन विज्ञान में 'मोल संकल्पना' एक अत्यन्त उपयोगी एवं रोचक संकल्पना है। इसका उपयोग रासायनिक गणनाओं में बहुतायत से होता है। परन्तु उपयोगी एवं रोचक होने के साथ ही यह विषय विद्यार्थियों के लिए कठिन एवं उलझन में डालने वाला माना जाता है, यद्यपि यह अत्यन्त सरल है। इसके कारण उन्हें गणनाओं में कठिनाई होती है।

मोल संकल्पना क्या है ?

आमतौर पर हम दैनिक गतिविधियों में दर्जन, ग्रास या रिम आदि शब्द 12, 144, 500 आदि संख्याओं को व्यक्त करने के लिए करते है। परमाणु एवं अणु अत्यधिक सूक्ष्म कण होते हैं तथा पदार्थ की न्यूनतम मात्रा में भी इनकी संख्या अत्यधिक होती है। इस वृहद संख्या को व्यक्त करने के लिए 'मोल' मात्रक का उपयोग किया जाता है। यह पद लैटिन शब्द 'मोल' से लिया गया है जिसका अर्थ 'ढेर' या 'संचय' होता है।

इसका उपयोग सर्वप्रथम विल्हेम ओस्टवाल्ड के द्वारा 1894 मे किया गया था। किसी पदार्थ को अणुओं या परमाणुओं का ढ़ेर माना जा सकता है।

विल्हेम ओस्टवाल्ड

Resolution 3 of the 14th CGPM (1971)

SI unit of amount of substance (mole)*

The 14th Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM),
considering the advice of the International Union of Pure and Applied Physics, of the International Union of Pure and Applied Chemistry, and of the International Organization for Standardization, concerning the need to define a unit of amount of substance,

Decides

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.

3. The mole is a base unit of the Système International d'Unités.

मोल पदार्थ की वह मात्रा है जिसमें किसी पदार्थ के उतने ही कण (अणु/परमाणु/आयन/इलेक्ट्रॉन आदि) उपस्थित हों जितने कार्बन के ^{12}C समस्थानिक के **0.012 Kg** (या **12 g**) मात्रा में उपस्थित होते हैं।

- जब भी 'मोल' शब्द का प्रयोग किया जाए तो उसके साथ अणु/परमाणु/आयन/इलेक्ट्रान या अन्य कण, इसका स्पष्ट उल्लेख अवश्य करना चाहिए।

- किसी पदार्थ की मात्रा को मापने के लिए SI सिस्टम में 1971 से मोल को एक मूल राशि के रूप में स्वीकार किया गया है। इसे mol (n) द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

^{12}C के एक परमाणु का द्रव्यमान $1.992648 \times 10^{-23} g$ (मास स्पेट्रोमीटर से ज्ञात) पाया गया है तथा ^{12}C के एक मोल का द्रव्यमान $12g$ होता है। अतः इस मात्रा में ^{12}C परमाणुओं की संख्या होगी–

$$= \frac{12\ g/mol}{1.992648 \times 10^{-23}\ g}$$

$$= 6.0221367 \times 10^{23} \text{ परमाणु/मोल}$$

अतः किसी पदार्थ की 1 मोल मात्रा में 6.022×10^{23} कण होते हैं।

इस वृहद संख्या को इटली के महान वैज्ञानिक एमीडो आवोगाद्रो के सम्मान में आवोगाद्रो संख्या या आवोगाद्रो स्थिरांक N_A कहते हैं। अतः N_A का अर्थ 6.022×10^{23} कण होते है।

एमीडो आवोगाद्रो

यह ध्यान देने योग्य बात है कि पदार्थ की एक मोल मात्रा में कणों की संख्या सदैव समान रहती है चाहे पदार्थ कोई भी हो।

जैसे CH_4 के 16g या CO_2 के 44g में अणुओं की संख्या या ^{12}C परमाणु के 12g में ^{12}C परमाणुओं की संख्या सदैव 6.022×10^{23} होती है । उपर्युक्त उदाहरणों में सभी पदार्थों की एक मोल मात्रा ली गयी है।

मोलर द्रव्यमान

पदार्थ की 1 मोल मात्रा का द्रव्यमान ग्राम में व्यक्त करने पर यह मोलर द्रव्यमान कहलाता है। जैसे

H_2 अणु का आण्विक द्रव्यमान = 2 amu (या 2 u)

H_2 अणु का मोलर द्रव्यमान = 2 g/mol

यह भी ध्यान देने योग्य बात है कि किसी पदार्थ का मोलर द्रव्यमान उसमें उपस्थित समस्थानिकों पर निर्भर करता है।

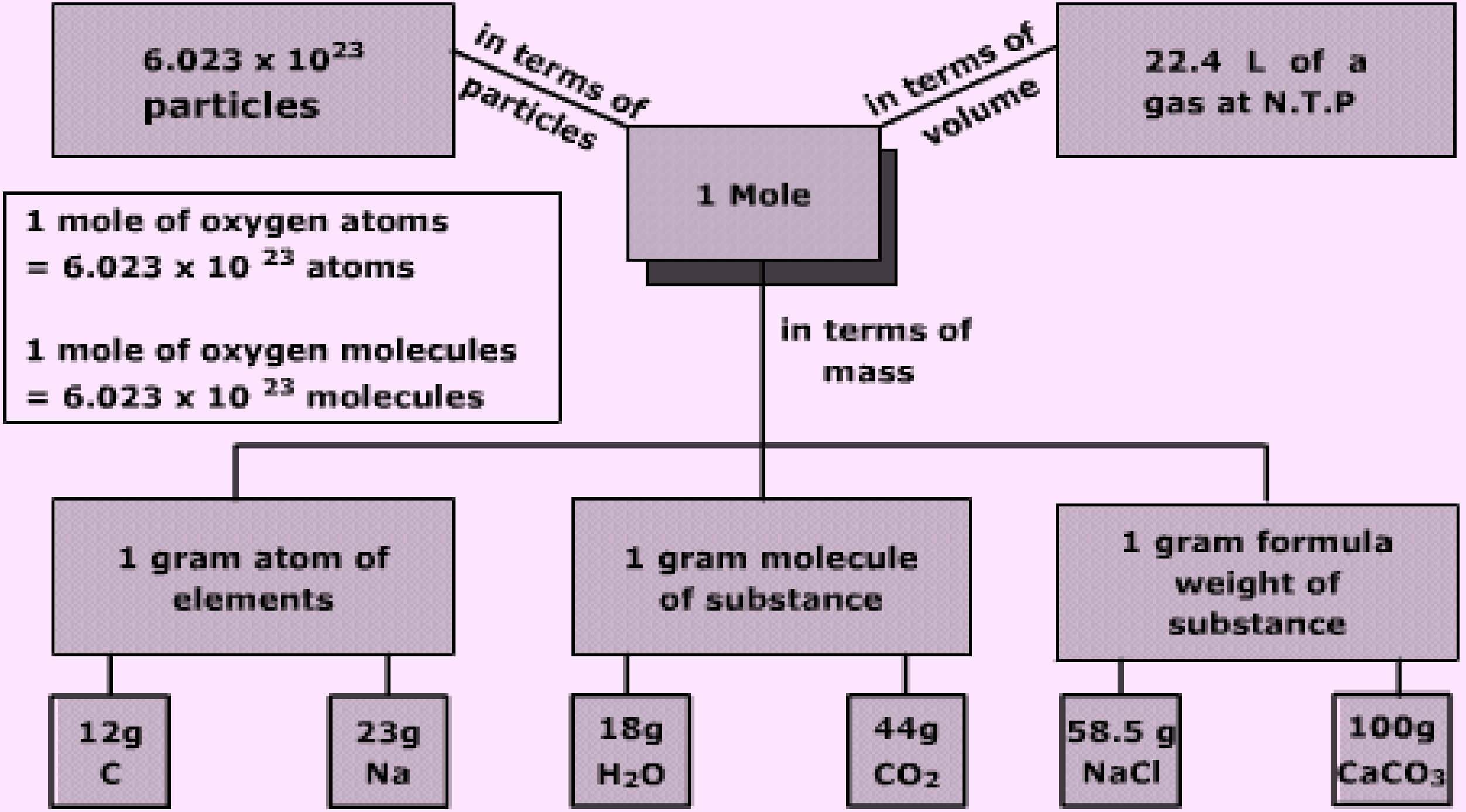
जैसे Cl_2 का मोलर द्रव्यमान 70g होगा यदि यह अणु दोनों ^{35}Cl परमाणुओं से निर्मित हो, परन्तु एक ^{35}Cl एवं एक ^{37}Cl परमाणुओं से निर्मित होने पर मोलर द्रव्यमान 72g तथा दोनों ^{37}Cl परमाणुओं से निर्मित होने पर 74g होगा।

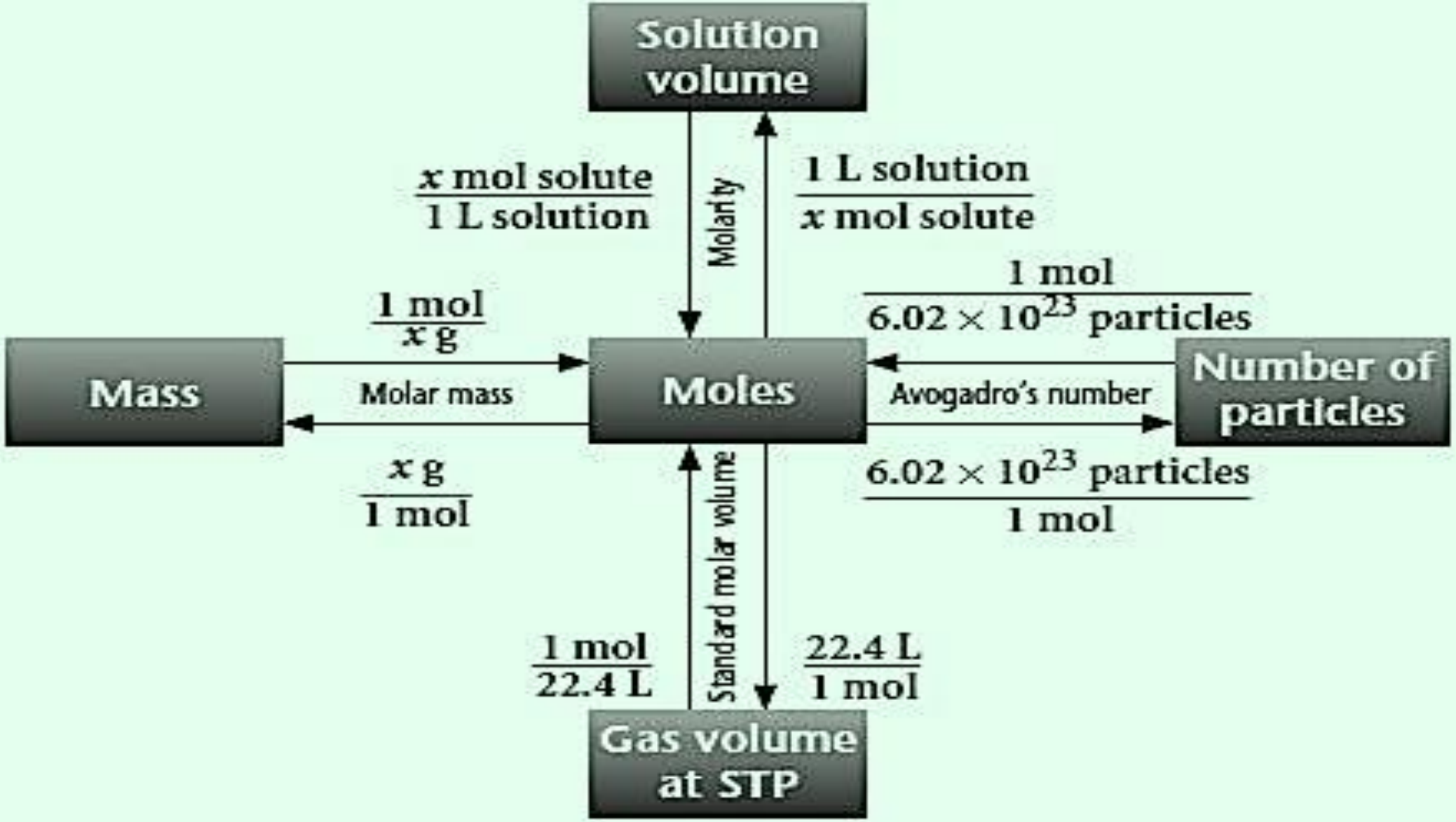
चूँकि प्रकृति में ^{35}Cl : ^{37}Cl का अनुपात 3:1 होता है, अतः Cl परमाणु का भार औसत परमाण्विक द्रव्यमान 35.5g माना जाता है। अतः आंकिक गणनाओं में सामान्य रूप से Cl_2 का मोलर द्रव्यमान 71g लिया जाता है।

मोल, द्रव्यमान, कण तथा आयतन में अंतर-संबंध

मोल संकल्पना की सहायता से हम किसी पदार्थ के दिए द्रव्यमान में उपस्थित मोलों की संख्या या एक परमाणु/अणु का द्रव्यमान ज्ञात कर सकते है। अर्थात् मोल–कण या द्रव्यमान–कण संबंध ज्ञात किए जा सकते हैं। उदाहरण के लिए,

- 1 मोल पदार्थ = 6.022×10^{23} कण (अणु/परमाणु/आयन आदि)
- 1 मोल पदार्थ = अणु/परमाणु का मोलर द्रव्यमान
- 1 मोल आदर्श गैसीय पदार्थ = STP पर 22.4 L घेरा गया आयतन


6.023 x 10^23 particles
in terms of particles
in terms of volume
22.4 L of a gas at N.T.P
1 Mole
1 mole of oxygen atoms
= 6.023 x 10 23 atoms
1 mole of oxygen molecules
= 6.023 x 10 23 molecules
in terms of mass
1 gram atom of elements
1 gram molecule of substance
1 gram formula weight of substance
12g C
23g Na
18g H2O
44g CO2
58.5 g NaCl
100g CaCO3


Solution volume
$\frac{x \text{ mol solute}}{1 \text{ L solution}}$
Molarity
$\frac{1 \text{ L solution}}{x \text{ mol solute}}$
$\frac{1 \text{ mol}}{x \text{ g}}$
$\frac{1 \text{ mol}}{6.02 \times 10^{23} \text{ particles}}$
Mass
Molar mass
Moles
Avogadro's number
Number of particles
$\frac{x \text{ g}}{1 \text{ mol}}$
$\frac{6.02 \times 10^{23} \text{ particles}}{1 \text{ mol}}$
$\frac{1 \text{ mol}}{22.4 \text{ L}}$
Standard molar volume
$\frac{22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}}$
Gas volume at STP

मोल संकल्पना का उपयोग

- विलयनों की सान्द्रता ज्ञात करने में
- रासायनिक बलगतिकी में
- रासायनिक साम्यावस्था में
- आयनिक साम्यावस्था में
- प्रकाश रसायन में
- विद्युत रसायन में
- अणुसंख्यक गुणधर्म में
- रासायनिक स्टॉइकियोमीटरी में, आदि

सम्भवतः सभी क्षेत्रों में.....

विलयनों की सान्द्रता

मोल संकल्पना की सहायता से विलयनों की सान्द्रता भी ज्ञात की जा सकती है। घर से लेकर प्रयोगशालाओं तक में चलने वाली अधिकांश अभिक्रियाएँ विलयन में होती है। अतः किसी विलयन में उपस्थित पदार्थों की मात्रा, जिसे विलयन की सान्द्रता कहते हैं, की जानकारी होनी आवश्यक है। विलयन की सान्द्रता अनेक प्रकार से प्रकट की जा सकती है। जैसे– (1) मोलरता (2) फॉर्मलता (3) मोललता (4) मोल प्रभाज (5) नार्मलता, आदि

इन सान्द्रता मात्रकों को समझने के लिए मोल की जानकारी आवश्यक है।

1- मोलरता (M) (Molarity)

यह सर्वाधिक प्रचलित सान्द्रता मात्रक है।

"किसी दिये गये ताप पर 1 लीटर विलयन में उपस्थित विलेय पदार्थ के मोलों की संख्या विलयन की मोलरता कहलाती है।"

$$\text{मोलरता } (\mathrm{M}) = \frac{\text{विलेय के मोलों की संख्या}}{\text{विलयन का आयतन (लीटर में)}}$$

अतः मोलरता को "मोल प्रति लीटर" सान्द्रता माना जा सकता है।

- यह सान्द्रता मात्रक तापमान पर निर्भर करती है। क्योंकि आयतन ताप पर निर्भर करता है।

- यदि विलयन की मोलरता 1M अर्थात् 1 मोल प्रति लीटर है तो ऐसा विलयन मोलर विलयन कहलाता है। इसी प्रकार M/10 या M/100 विलयन को क्रमशः डेसी मोलर या सेंटी मोलर विलयन कहा जाता है।

2- फॉर्मलता (F) (Formality)

मोलरता के समान ही आयनिक यौगिकों के लिये फॉर्मलता का प्रयोग किया जाता है।

"किसी दिये गये ताप पर 1 लीटर विलयन में उपस्थित किसी आयनिक पदार्थ के ग्राम सूत्र द्रव्यमान (Gram Formula Mass), विलयन की फॉर्मलता कहलाती है।"

$$\text{Formality (F)} = \frac{\text{आयनिक विलेय के ग्राम सूत्र द्रव्यमानों की संख्या}}{\text{विलयन का आयतन (लीटर में)}}$$

- यह सान्द्रता मात्रक भी तापमान पर निर्भर करती है।
- यदि विलयन की फॉर्मलता 1F है तो ऐसा विलयन फॉर्मल विलयन कहलाता है।

3- मोललता (m) (molality)

"1Kg विलायक में धुलित विलेय के मोलों की संख्या, विलयन की मोललता कहलाती है।"

$$\textbf{मोललता } (m) = \frac{\text{विलेय के मोलों की संख्या}}{\text{विलायक का द्रव्यमान (Kg में)}}$$

- यह सान्द्रता मात्रक भी तापमान पर निर्भर नही करती है।
- यदि विलयन की **मोललता** 1m है तो ऐसा विलयन मोलल विलयन कहलाता है।

4- मोल प्रभाज (X) (Mole fraction)

"विलयन के किसी घटक का मोल प्रभाज उस घटक के मोलों की संख्या तथा विलयन में उपस्थित कुल मोलों की संख्या का अनुपात होता है"

$$\text{विलेय A का मोल प्रभाज } (X_A) = \frac{\text{विलेय A के मोलों की संख्या}}{\text{विलयन में उपस्थित कुल मोलों की संख्या}}$$

इसी प्रकार, विलायक B का मोल प्रभाज (X_B)

$$= \frac{\text{विलायक B के मोलों की संख्या}}{\text{विलयन में उपस्थित कुल मोलों की संख्या}}$$

स्पष्ट है $X_A + X_B = 1$

अतः विलयन में उपस्थित सभी घटकों के मोल प्रभाजों का योग 1 होता है।

$X_A + X_B + X_C + \ldots\ldots\ldots = 1$

- अनुपात होने के कारण मोल प्रभाज का कोई मात्रक या इकाई नही होती है।
- यह तापमान पर निर्भर नही करता है।

5. नार्मलता (N) (Normality)

किसी विलयन की सान्द्रता व्यक्त करने हेतु यह एक अत्यन्त महत्वपूर्ण मात्रक है।

"किसी दिये गये ताप पर 1 लीटर विलयन में उपस्थित विलेय के 1 ग्राम तुल्यांकी भारों (gram equivalent weights) की संख्या विलयन की नार्मलता कहलाती है।"

$$\text{नार्मलता (N)} = \frac{\text{विलेय के ग्राम तुल्यांकी भारों की संख्या}}{\text{विलयन का आयतन (लीटर में)}}$$

- यह सान्द्रता मात्रक तापमान पर निर्भर करता है।
- यदि विलयन की नार्मलता 1N है तो ऐसा विलयन नार्मल विलयन कहलाता है।

पदार्थों का तुल्यांकी भार

विभिन्न पदार्थों का तुल्यांकी भार निम्न प्रकार से ज्ञात किया जा सकता है

- अम्ल का तुल्यांकी भार $= \dfrac{\text{अम्ल का अणुभार}}{\text{अम्ल की क्षारकता}}$

उदाहरण के लिये,

H_2SO_4 का तुल्यांकी भार $= \dfrac{\text{अणुभार}}{2}$

- क्षार का तुल्यांकी भार $=$ $\dfrac{\text{क्षार का अणुभार}}{\text{क्षार की अम्लता}}$

उदाहरण के लिये, $Ca(OH)_2$ का तुल्यांकी भार $=$ $\dfrac{\text{अणुभार}}{2}$

- लवण का तुल्यांकी भार $=$ $\dfrac{\text{लवण का सूत्रभार}}{\text{धनायन या ऋणायन का कुल आवेश}}$

उदाहरण के लिये, $FeCl_3$ का तुल्यांकी भार $=$ $\dfrac{\text{अणुभार}}{3}$

- ऑक्सीकारकों / अपचायकों का तुल्यांकी भार

$$= \frac{\text{ऑक्सीकारक / अपचायक का अणुभार}}{\text{एक अणु में ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन}}$$

उदाहरण के लिये,

$$\mathbf{2KMnO_4 + 5H_2C_2O_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_4 + 10CO_2 + K_2SO_4 + 8H_2O}$$

+7 **+3** **+2** **+4**

Mn के ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन : $7 - 2 = \mathbf{5}$ इकाई

अतः $KMnO_4$ का तुल्यांकी भार $= \frac{\text{अणुभार}}{\mathbf{5}}$

C के ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन : $4 - 3 = \mathbf{1}$ इकाई या एक अणु में **2** इकाई

अतः $H_2C_2O_4$ का तुल्यांकी भार $= \dfrac{\text{अणुभार}}{\mathbf{2}}$

अन्य उदाहरण के लिये,

$$\mathbf{2KMnO_4 + KBr + H_2O \rightarrow 2MnO_2 + KBrO_3 + 2KOH}$$

+7 **-1** **+4** **+5**

Mn के ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन : $7 - 4 = \mathbf{3}$ इकाई

अतः $KMnO_4$ का तुल्यांकी भार $= \dfrac{\text{अणुभार}}{\mathbf{3}}$

Br के ऑक्सीकरण संख्या में परिवर्तन : $5 - (-1) = \mathbf{6}$ इकाई

अतः KBr का तुल्यांकी भार $= \dfrac{\text{अणुभार}}{\mathbf{6}}$

उपर्युक्त उदाहरणों से स्पष्ट है कि ऑक्सीकारकों एवं अपचायकों का ग्राम तुल्यांकी भार परिवर्तनीय होता है तथा यह अभिक्रिया विशेष पर निर्भर करता है।

विलयन की मोलरता एवं नार्मलता में सम्बन्ध

मोलरता x विलेय का अणुभार = नार्मलता x विलेय का तुल्यांकी भार

$$\text{नार्मलता} = \text{मोलरता} \times \frac{\text{विलेय का अणुभार}}{\text{विलेय का तुल्यांकी भार}}$$

विद्युत रसायन विज्ञान (Electro Chemistry) में मोल संकल्पना की उपयोगिता

विद्युत रसायन विज्ञान में आवेश की मात्रा को फैराडे (Faraday, F) से निरुपित करते है। यह एक मोल आवेश को व्यक्त करता है।

1 इलेक्ट्रॉन पर आवेश $= 1.6 \times 10^{-19}$ कूलाम्ब

1 मोल इलेक्ट्रॉन पर आवेश $= 1.6 \times 10^{-19} \times 6.022 \times 10^{23}$

$= 96487$ कूलाम्ब प्रति मोल

$= 1$ फैराडे

1F = 96487 कूलाम्ब प्रति मोल

प्रकाश रसायन विज्ञान (Photo Chemistry) में मोल संकल्पना की उपयोगिता

प्रकाश रसायन विज्ञान में प्रकाश ऊर्जा की मात्रा को आइन्स्टीन (Einstein, E) से निरुपित करते हैं। यह एक मोल ऊर्जा की मात्रा को व्यक्त करता है।

1 फोटॉन की ऊर्जा $= h\nu$

1 मोल फोटॉन की ऊर्जा $= N_A h\nu$

$= 1$ आइन्स्टीन

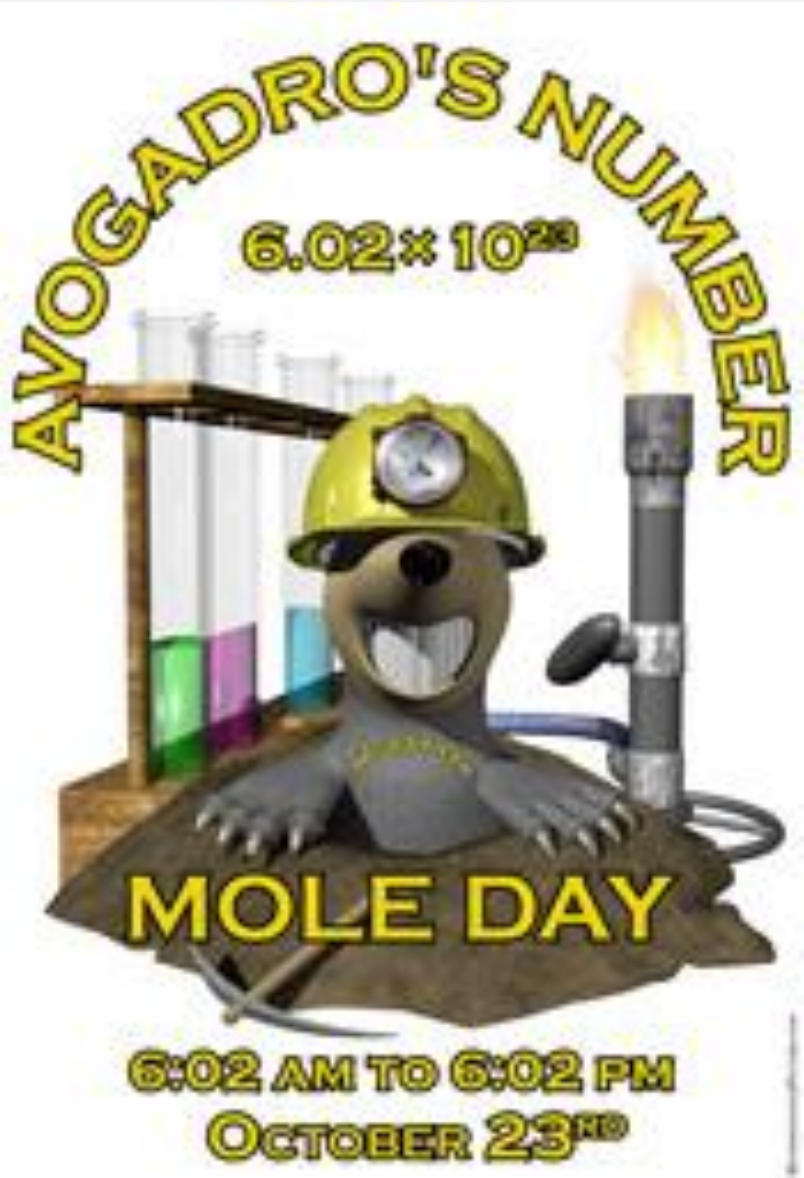
मोल संकल्पना के उपयोगिता की सूची अत्यन्त लम्बी है। विज्ञान की सभी शाखाओं, विशेष रूप से रसायन विज्ञान की सभी शाखाओं—कार्बनिक, अकार्बनिक, भौतिक, विश्लेषणात्मक, बलगतिकी, रासायनिक एवं आयनिक साम्यावस्था, प्रकाश रसायन, विद्युत रसायन आदि सभी क्षेत्रों में इसका ज्ञान अपरिहार्य है।

अतः कठिन एवं उलझाऊ प्रतीत होने वाला यह विषय अत्यन्त सरल एवं अत्यन्त रोचक है।

जाते–जाते.....

मोल की खोज पर अनेक वैज्ञानिकों द्वारा **23 अक्टूबर** को प्रतिवर्ष **मोल दिवस** के रूप में मनाया जाता है।

(विशेष रूप से 6:02 a.m. से 6:02 p.m. तक)



धन्यवाद