طرق التعبير عن التراكيز

هنالك نوعين من الوحدات التي يتم استخدامها للتعبير عن التراكيز :-

* الأولى وحدات تعتمد على وزن المحلول (مثل المولالية (M Molality و التركيز بالنسبة المئوية الوزنية (Weight Percentage Conc. %W/W) وهذا النوع من الوحدات يستخدم في التجارب التي تحتاج الى دقة عالية .
* النوع الثاني من الوحدات يعتمد على حجم المحلول (المولارية ، العيارية ، وكذلك التركيز الوزني = (وزن المذاب / حجم المحلول باللتر) ويستخدم هذا النوع بشكل أكثر شيوعاً .

ومن أهم طرق التعبير عن التركيز مايلي :

1. الفورمالية (التركيز الفورمالي) Formality (F)
2. المولالية (التركيز المولالي) Molality (M)
3. المولارية (التركيز المولاري) Molality (M)
4. النورمالية (العيارية) Normality (N)
5. التركيز بالجزء بالمليون Part Per Million (PPM)
6. التركيز بالنسبة المئوية %W/W Weight Percentage Concentration
7. التركيز بالنسبة المئوية الحجمية %V/V Volume Percentage Conc.

1. الفورمالية (التركيز الفورمالي) Formality (F)

وتمثل عدد أوزان الصيغة الغرامية Formula Weight للمادة المذابة في لتر واحد من المذيب أو المحلول ويمكن أن تقاس بوحدات (g.FW/Liter) أو (m.FW/ml) اعتمادا" على وحدات الحجم (اللتر أو المليلتر).

أ. للمواد الصلبة Solids

$$F = \frac{\text{عدد أوزان الصيغة}}{\text{حجم المذيب باللتر}} = \frac{Wt / F.Wt}{V(L)} \quad (\text{بوحدات g.FW/Liter})$$

ويمكن ان تقاس الفورمالية بوحدات (m.Fw/ml) باستخدام العلاقة التالية

$$F = \frac{Wt}{F.wt} \times \frac{1000}{V(ml)} \quad (\text{بوحدات m.FW/ml})$$

ب. أما المواد السائلة Liquids

$$F = \frac{\% \times (d \text{ or Sp. Gr.}) \times 1000}{g\ F.Wt}$$

حيث أن :

Wt	تمثل وزن المذاب بالغرام
V	تمثل حجم المحلول
d	تمثل كثافة السائل
Sp. Gr	تمثل الوزن النوعي للسائل
g F.Wt	تمثل وزن الصيغة الغرامي
%	تمثل النسبة المئوية لنقاوة السائل

معادلة التخفيف $F_1 \times V_1$ (قبل التخفيف) $= F_2 \times V_2$ (بعد التخفيف)

مثال : أذيب 4.57 g من $BaCl_2 .2H_2O$ (F.wt = 244)في 250 ml . احسب التركيز الفورمالي لكل من $BaCl_2 .2H_2O$ و ايون Cl^- ؟

الحل :

$$F = \frac{Wt}{F.wt} \times \frac{1000}{V(ml)}$$

$$F\ (BaCl_2 .2H_2O) = \frac{4.57\ gm}{244} \times \frac{1000}{250ml} = 0.074\ \frac{m\ fw}{ml}$$

$$F(Cl^-)\ 2 \times F\ (BaCl2.2H2O) = 2 \times 0.074 = 0.1498\ (F)\ \frac{m\ fw}{ml}$$

مثال : تم إذابة 0.1753 غم من كلوريد الصوديوم NaCl في كمية كافية من الماء ليعطي 240 مل . أحسب فورمالية المحلول ؟

ج: F.Wt. of NaCl = 58.44

$$F = \frac{Wt}{F.wt} \times \frac{1000}{V(ml)}$$

$$F = \frac{0.1753}{58.44} \times \frac{1000}{240} = 0.0125\ mfw/ml$$

واجب : حضر 100 ml من Na_2SO_4 (0.1 F) من المادة النقية Na_2SO_4 ؟.

2 .المولالية (التركيز المولالي) Molality (M)

وتمثل عدد مولات المذاب في 1000 غم من المذيب .وتقاس بوحدات مللي مول/ غم أو مول / كغم.

$$Molality = \frac{Wt(gm)}{M.Wt} \times \frac{1000}{Wt.\ of\ Solvent\ (gm\ or\ kg)}$$

مثال : احسب مولالية محلول 10% وزناً (% w/w) NaOH إذا أخذنا 100 غم من المحلول ؟

الحل: M.Wt. of NaOH = 40 gm/mole

بما إن تركيز محلول NaOH هو 10% w/w فهذا يعني أن :

كل 100غم من المحلول تحتوي على (10غم NaOH + 90 غم H_2O)

$$Molality = \frac{Wt(gm)}{M.Wt} \times \frac{1000}{Wt.\ of\ Solvent\ (gm\ or\ kg)}$$

$$Molality = \frac{10}{40} \times \frac{1000}{0.9\ kg} = 2.778\ Mole/kg$$

3. المولارية (التركيز المولاري) :- Molarity (M)

هو عدد مولات (أوزان جزيئية) المذاب في لتر واحد (ديسمتر^3 d^3) من المحلول. وتقاس المولارية بوحدات الـ (مول / لتر) أو (مول . لتر$^{-1}$) أو (مولاري)(Mole/liter or Mole.liter^{-1}) أو M ويرمز لها [| قوس مربع. ويحسب كما يأتي:

$$\text{Molarity} = \frac{\text{Moles of solute(n)}}{\text{Volume of Solution(L)}}$$

$$n = \frac{\text{Wt . of solute (gm)}}{\text{M.Wt. of solute}}$$

$$1\text{Liter} = 1000\ \text{ml} = 1000\ \text{cm}^3$$

بالنسبة للمواد الصلبة Solids

$$\text{Molarity} = \frac{\text{Wt(gm)}}{\text{M.Wt}} \times \frac{1000}{\text{V(ml or cm}^3\text{)}}$$

أما المواد السائلة Liquids

$$M = \frac{\% \times (\text{d or Sp. Gr.}) \times 1000}{\text{M.Wt}}$$

معادلة التخفيف $M_1 \times V_1$ (قبل التخفيف) $= M_2 \times V_2$ (بعد التخفيف)

مثال:- أذيب 5.3 غم من كاربونات الصوديوم Na_2CO_3 في الماء المقطر ثم أكمل الحجم الى ربع لتر . احسب مولارية المحلول ؟ علماً إن الأوزان الذرية Na=23 O=16 C=12

الحل:- يحسب الوزن الجزيئي لكاربونات الصوديوم كما يأتي :

Na_2CO_3 = (23×2) + (12 ×1) + (16×3) = 106 غم\مول

$$n = \frac{\text{Wt.}}{\text{M.Wt.}} = \frac{5.3}{106}$$

1Liter = 1000ml →1/4L=250 ml

$$\text{Molarity} = \frac{\text{Moles of solute(n)}}{\text{Volume of Solution(L)}} = \frac{5.3/106}{1/4}$$

ويمكن أن يحل باستخدام العلاقة التالية :

$$\text{Molarity} = \frac{\text{Wt(gm)}}{\text{M.Wt}} \times \frac{1000}{\text{V. of solution(ml or cm}^3\text{)}}$$

$$M = \frac{5.3}{106} \times \frac{1000}{250} = 0.2 \quad \text{Mole/liter}$$

مثال واجب:- احسب مولارية محلول يحتوي 100 مل منه على 0.001 مول من KOH ؟

كيفية تحضير محاليل ذات تراكيز مولارية معينة:-

$$\text{Molarity} = \frac{\text{Wt(gm)}}{\text{M.Wt}} \times \frac{1000}{\text{V. of solution(ml or cm}^3\text{)}}$$

مثال// ما وزن هيدروكسيد الصوديوم اللازم لتحضير نصف لتر من محلول 0.1 مولاري ، علماً إن و.ذ H=1 ، O=16 ، Na=23 ؟

ج// و.ج NaOH = 1 × 1 + 1 × 16 + 1 × 23 = 40 غم/مول

$$\frac{\text{و}}{40} \times \frac{1000}{500\text{ml}} = 0.1 \leftarrow \text{و} = 2\text{ gm من NaOH}$$

نأخذ 2غم من هيدروكسيد الصوديوم ونخففه بالماء المقطر الى نصف لتر .

واجب:-

1. كم مل من حامض HCl بتركيز 10 مولاري يجب إضافته الى لتر من الماء المقطر لجعل تركيز المحلول 0.01 مولاري ؟
2. احسب مولارية المحلول الناتج من إضافة 1مل من محلول 5 مولاري من H_2SO_4 الى لتر من الماء المقطر؟ (ج: 0.005 مولاري)

مثال// احسب التركيز المولاري لمحلول حامض الكبريتيك إذا علمت إن نسبته المئوية 98% ووزنه النوعي 1.84 sp.gr ؟

$$M = \frac{\% \times \text{sp.gr} \times 1000}{\text{M.Wt}} = \frac{100 \times 1.84 \times 1000}{\frac{98}{}{98}} = 18.4 \frac{\text{m.mole}}{\text{ml}} \text{ (M)}$$

مثال// احسب حجم محلول الأمونيا المركزة الواجب سحبه لتحضير محلول تركيزه 0.1 مولاري وحجمه 500مل علماً إن الوزن النوعي 0.90 والنسبة المئوية 28% ؟

$(M_1 \times V_1)$ محلول مركز = $(M_2 \times V_2)$ محلول مخفف

$$\frac{\% \times \text{sp.gr} \times 1000}{\text{M.Wt}} \times V = 0.1 \times 500$$

$$\frac{\frac{28}{}{17} \times 100 \times 0.90 \times 1000}{} \times V_1 = 0.1 \times 500 \quad \rightarrow V_1 = 3.33 \text{ ml}$$

4.النورمالية (العيارية) Normality (N)

وهي عدد المكافئات الغرامية للمادة المذابة في لتر واحد من المحلول وتقاس بوحدات مكافئ غرامي /لتر (g. eq./L). ويرمز لها بالرمز N .

$$\text{Normality} = \frac{\text{No. of Gram Equivalents of the Solute}}{\text{Volume of Solution(L)}}$$

$$\text{No. of Gramm Equivalents} = \frac{\text{Wt.}}{\text{gm Eq. Wt.}}$$

ولذلك تكون العيارية هي عدد غرامات المادة المذابة في لتر واحد من المحلول مقسوما" على الوزن المكافئ الغرامي للمذاب . ويمكن تمثيل ذلك بالعلاقة التالية :

ت. للمواد الصلبة Solids

$$N = \frac{\text{Wt(gm)}}{\text{Eq.Wt}} \times \frac{1000}{\text{V(ml or cm}^3\text{)}}$$

ث. للسوائل Liquids

$$N = \frac{\% \times (\text{d or Sp. Gr.}) \times 1000}{\text{Eq.Wt}}$$

معادلة التخفيف $N_1 \times V_1$ (قبل التخفيف) $= N_2 \times V_2$ (بعد التخفيف)

مثال : احسب مولارية وعيارية محلول يحتوي على 10.6 غم من كاربونات الصوديوم Na_2CO_3 في لتر واحد من محلوله المائي ؟

الحل: M.Wt. of Na_2CO_3 = 106 gm/mole

أ. بالنسبة للمولارية :

$$M = \frac{\text{Wt(gm)}}{\text{M.Wt}} \times \frac{1000}{\text{V. of solution(ml)}}$$

$$M = \frac{10.6}{106} \times \frac{1000}{1000} = 0.1 \text{ Mole/L (Molar)}$$

ب. بالنسبة للعيارية :

$$N = \frac{\text{Wt(gm)}}{\text{Eq.Wt}} \times \frac{1000}{\text{V(ml)}}$$

$$\text{Eq. Wt. of } Na_2CO_3 = \frac{\text{M.Wt}}{2 \times 1} = 106/2 = 53$$

$$N = \frac{10.6}{53} \times \frac{1000}{1000} = 0.2 \text{ N} \quad (\text{g.eq / L})$$

مثال : احسب عدد غرامات المادة المذابة في :

أ. واحد لتر من محلول $0.2\ N\ Ba(OH)_2$.

الحل :

$$\text{Eq. Wt. of } Ba(OH)_2 = \frac{\text{M.Wt.}}{2} = 171.4/2 = 85.7$$

$$N = \frac{\text{Wt(gm)}}{\text{Eq.Wt.}} \times \frac{1000}{\text{V(ml)}}$$

$$0.2 = \frac{\text{Wt(gm)}}{85.7} \times \frac{1000}{1000}$$

$$\text{Wt.} = 17.14 \text{ gm } Ba(OH)_2$$

ب. 5 لتر من محلول $0.2\ N\ NaOH$.

$$\text{Eq. Wt. of NaOH} = \frac{\text{M.Wt}}{1} = 40/1 = 40$$

$$N = \frac{\text{Wt(gm)}}{\text{Eq.Wt.}} \times \frac{1000}{\text{V(ml)}}$$

$$0.2 = \frac{\text{Wt(gm)}}{40} \times \frac{1000}{5000}$$

$$\text{Wt.} = 40 \text{ gm NaOH}$$

مثال// ما عدد المكافئات الغرامية لحامض الكبريتيك الذي يحتوي اللتر منه على 49غم منه ؟

الوزن المكافئ $\text{Eq. wt} = \frac{\text{Wt}}{\text{عدد المكافئات}}$

عدد المكافئات الغرامية $\text{No. Eq.} = \frac{\text{wt. gm}}{\text{Eq. wt}} = \frac{49}{49} = 1$

مثال// ما عيارية حامض الهيدروكلوريك HCl الذي يحتوي اللتر الواحد من محلوله على 37,413غم من غاز HCl ؟

$$N = \frac{\text{wt. in L}}{\text{Eq. wt}} = \frac{\text{وزن المذاب في لتر}}{\text{الوزن المكافئ}} = \frac{37.413}{36.5} = 1.025 \text{ Eq/L (N)}$$

مثال// جد السنتمترات المكعبة (ملليترات) من حامض الكبريتيك المركز الذي كثافته (وزنه النوعي) 1.84 والذي تكون نسبة الحامض فيه 96% اللازمة لتحضير 5لتر من حامض الكبريتيك الذي عياريته 0.1N ؟

$$N = \frac{\% \times sp.gr \times 1000}{M.wt} = \frac{100 \times 1.84 \times 1000}{\frac{98}{2}} = 36.04\ N\ (\frac{mEq.}{ml})$$

$(N_1\ V_1)_{conc.} = (N_2\ V_2)_{diln.}$

$36.04 \times V_1 = 0.1 \times 5000$

$V_1 = 13.8\ ml$

((العلاقة بين المولارية والعيارية))

$$N = M \times Eq$$

مثال// احسب عيارية محلول $Bi(NO_3)_3$ الذي مولاريته 0.2 مولاري ؟

$N = M \times Eq$

$N = 3 \times 0.2 = 0.6\ N$

مثال// احسب مولارية محلول $Al_2(SO_4)_3$ الذي عياريته 0.3 N . ؟

5. **التركيز بالنسبة المئوية الوزنية** Weight Percentage Conc. %W/W

التركيز المئوي الوزني أو النسبة المئوية الوزنية %w/w هو عدد غرامات المذاب في 100 غم من المحلول .

$$\%W/W = \frac{\text{Wt. of Solute}}{\text{Wt. of Solution}} \times 100$$

مثال// احسب النسبة المئوية الوزنية لمحلول حضر بإذابة 5,0غم من نترات الفضة في 100مل من الماء مفترضاً كثافة الماء تساوي (1غم/سم^3) ؟

$$\frac{wt}{wt}\% = \frac{\text{wt. gm (solute)}}{\text{wt. gm (solution)}} \times 100$$

$$\frac{wt}{wt}\% = \frac{5.0\ gm}{5.0gm + 100ml \times 1gm/ml} \times 100 = 4.76\ \%$$

6. **التركيز بالنسبة المئوية الحجمية** Volume Percentage Conc. %V/V

التركيز المئوي الحجمي أو النسبة المئوية الحجمية %v/v هو عدد ملليلترات المذاب في 100 مل من المحلول .

$$V/V\% = \frac{\text{V. of Solute(ml)}}{\text{V. of Solution(ml)}} \times 100$$

مثال// احسب النسبة المئوية الحجمية لمحلول حضر بإذابة 50,0 مل من الكحول المثيلي إلى 200مل من الماء مع الافتراض إن الحجوم قابلة للإضافة ؟

$$\frac{V}{V}\% = \frac{50.0}{50.0 + 200} \times 100 = 20\ \%$$

7. **التركيز بالنسبة المئوية للوزن /الحجم** W/V Percentage Conc. %W/V

$$\%W/V = \frac{\text{Wt. of Solute(gm)}}{\text{V. of Solution(ml)}} \times 100$$

مثال: احسب مولارية محلول NaCl إذا كانت النسبة المئوية للوزن/الحجم w/v%تساوي 0.85% ؟

الحل: M.Wt. of NaCl = 58.5 gm/mole

بما ان w/v% تعني عدد غرامات المذاب في 100مل من المحلول لذلك فان 100 مل من المحلول يحتوي على 0.85 غم من NaCl

أو أن يتم استخدام العلاقة التالية :

$$\%W/V = \frac{\text{Wt. of Solute(gm)}}{\text{V. of Solution(ml)}} \times 100$$

ويتم بعدها حساب المولارية من العلاقة التالية :

$$M = \frac{\text{Wt(gm)}}{\text{M.Wt}} \times \frac{1000}{\text{V. of solution(ml)}}$$

$$M = \frac{0.85}{58.5} \times \frac{1000}{100} = 0.145 \text{ Mole/L (Molar)}$$

مثال// ما عدد غرامات NaCl الذي يحتوي حجم مقداره 500مل من محلول السلاين الاعتيادي الذي نسبة الوزن الى الحجم فيه 0,859 % ؟

8. **التركيز بالجزء لكل مليون** Part Per Million Conc. ppm

$$ppm = \frac{\text{Wt. of Solute}}{\text{V. of Solution (ml)}} \times 1000000$$

ويقاس بوحدات(mg/L , microgram /ml , microgram µg /gm , ppm)

مثال: تم إذابة 16 غم من HNO_3 في 84 مل من الماء ليعطي محلول16% . ماهو التركيز بوحدات الـ ppm ؟

الحل :

إن محلول16% HNO_3 يعني انه يتكون من (16غم HNO_3 +84غم H_2O)

$$ppm = \frac{\text{Wt. of Solute}}{\text{V. of Solution (ml)}} \times 1000000$$

$$ppm = \frac{16}{85} \times 1000000 = 10^6 \times 0.1905 \text{ (µg /ml) or (mg/L)}$$

9. **التركيز بالجزء لكل بليون** Part Per Billion Conc. ppb

$$ppb = \frac{\text{Wt. of Solute}}{\text{V. of Solution (ml)}} \times 1000000000$$

ويقاس بوحدات (µg/L ,microgram nanogram ng/ml , nanogram ng/ml)

الكسر المولي : **Mole Fraction (X)**

هو النسبة بين عدد مولات المذاب أو المذيب إلى العدد الكلي لمولات المذاب والمذيب .

$$X\ (\text{Solute}) = \frac{n\ (\text{Solute})}{n\ (\text{Solute}) + n\ (\text{Solvent})}$$

$$X\ (\text{Solvent}) = \frac{n\ (\text{Solvent})}{n\ (\text{Solute}) + n\ (\text{Solvent})}$$

$$X\ (\text{Solute}) + X\ (\text{Solvent}) = 1$$

مثال (1) :

احسب الكسر المولي لمكونات المحلول المكون من إذابة 20 غم من هيدروكسيد الصوديوم في 500 مل من الماء ؟

الحل :

عدد مولات $NaOH = \frac{20}{40} = 0.5$ مول

عدد مولات الماء $= \frac{500}{18} = 27.8$ مول

الكسر المولي لـ $NaOH = \frac{0.5}{0.5+27.8} = 0.0176$

الكسر المولي للماء $1 - 0.0176 = 0.983$

أو التعويض في القانون $\frac{27.8}{0.5+27.8} = 0.983$

مثال : لديك محلول ($C_6H_{12}O_6$ +ماء) وكان تركيز السكر فيه(15% by weight) . احسب وزن السكر والكسر المولي له ؟