

مبادئ وأساسيات

الذرة atom :

هي أصغر جزء من العنصر يمكن أن يدخل في التفاعلات دون أن ينقسم . وذرات العنصر الواحد متشابهة، بمعنى أن العناصر تختلف عن بعضها البعض باختلاف ذراتها. أمثلة : ذرة أكسجين O، ذرة نحاس Cu ، ذرة زئبق Hg، ذرة كربون C.

الجزئي Molecule :

أصغر جزء من المادة (عنصراً أو مركباً) ويمكن أن يوجد على حالة انفراد وتتضح فيه خواص المادة. أقسام الجزيئات :

(أ) جزيئات أحادية الذرة Mono Atomic Molecules :

وهي الجزيئات التي تحتوي على ذرة واحدة فقط مثل الغازات الخاملة. أمثالها : جزيء هيليوم He، جزيء نيون Ne ، جزيء أرجون Ar ، جزيء كريبتون Kr.

وهذا يعني أنه يمكن القول على الرمز (He): ذرة هيليوم أو جزيء هيليوم وكذلك على بقية الغازات الخاملة.

(ب) جزيئات ثنائية الذرات Diatomic Molecules :

وهي الجزيئات التي تحتوي على ذرتين فقط. وهي سبعة جزيئات : جزيء الهيدروجين H₂ ، جزيء الأكسجين O₂ ، جزيء النيتروجين N₂، جزيء فلور F₂، جزيء كلور Cl₂ ، جزيء بروم Br₂ ، جزيء يود I₂.

(ج) جزيئات عديدة الذرات Polyatomic Molecules :

وهي التي تحتوي على أكثر من ذرتين. أمثلة : جزيء الأوزون O₃ ، جزيء الكبريت S₈ ، جزيء الفسفور P₄.

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د. عماد بن عبد الله الهزاري

(د) جزيئات المركبات : Molecules of Compounds

وهي التي تحوي ذرات من نوع مختلف. ومثالها : جزيء الماء H_2O ، جزي الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$.

خواص المادة Properties of Matter

الخواص الفيزيائية : Physical Properties

هي صفات المادة التي يمكن إدراكها بالحواس.

مثالها :

اللون – الطعم – الرائحة – درجة الغليان – درجة التجمد – اللمعان – الكثافة – الوزن – الحجم .

الخواص الكيميائية : Chemical Properties

هي صفات المادة التي تتضح عندما تدخل المادة في تفاعل كيميائي.

مثالها :

النشاط التفاعلي – الحموضة.

تغيرات المادة Change of Matter

التغير الفيزيائي : Physical Change

هو دون ظاهري يحدث للمادة دون أن يفقدها هويتها.

أمثلة على التغيرات الفيزيائية :

غليان الماء – تجمد الماء – ذوبان السكر في الماء – انصهار الثلج – تكثف الماء – كسر الزجاج – تحول المادة من حالة صلبة الى سائلة الى غازية والعكس.

التغير الكيميائي : Chemical Change

هو تغير يحدث للمادة فيحولها من مادة الى أخرى ذات خواص مختلفة عن الأخرى.

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د/ عمربن عبد الله الهزاري

أمثلة على التغيرات الكيميائية :

احتراق الفحم – انفجار قنبلة – الحليب الفاسد – صدأ الحديد.

الوزن الذري (Atomic Weight (Aw)

من المعلوم أن الذرات صغيرة جداً، فوزن ذرة الهيدروجين على سبيل المثال يساوي 1.67×10^{-24} g، ووزن ذرة الأكسجين يساوي (2.66×10^{-23}) g. وبذلك فإن التعامل مع هذه الأرقام الصغيرة جداً أمر غاية في الصعوبة، ولذلك فمن المناسب مقارنة أوزان الذرات ببعضها البعض، وقد نتج عن هذه المقارنة أوزان نسبية للذرات، فمثلاً الأوزان النسبية للذرات هي (H, C, O) هي على التوالي (1, 12, 16) وقد وضع لها وحدة تسمى وحدة الكتلة الذرية atomic mass unit ويرمز لها اختصاراً (a m u) فمثلاً :

الوزن الذري (الكتلة الذرية) للهيدروجين H : 1 amu

الوزن الذري (الكتلة الذرية) للأكسجين O : 16 amu

ولقد وجد أن وحدة الوزن الذري تتناسب مع الأوزان الفعلية للذرات وأن وحدة الوزن الذري (a m u) تساوي : 1.661×10^{-24} g

تعريف الوزن الذري :

هو معدل كتلة ذرات العنصر بالنسبة لكتلة ذرة الكربون $^{12}_6\text{C}$ والتي حددت بـ 12 وحدة كتلة ذرية (a m u) أو تختصر بـ (u).

الوزن الذري للعنصر = (الوزن الذري لنظيره الأول × نسبة وجوده) + (الوزن الذري لنظيره الثاني × نسبة وجوده) +

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د. عماد بن عبد الله الهزاري

مثال (١)

ذرات الكلور توجد في الطبيعة كما يلي :

كلور ^{35}Cl بنسبة % 75.4 ، كلور ^{37}Cl يوجد بنسبة % 24.6

فما الكتلة الذرية (A_w) للكلور؟

الحل

$$A_{w_{\text{Cl}}} = \left(\frac{75.4}{100} \times 35 \right) + \left(\frac{24.6}{100} \times 37 \right) = 35.49 \text{ u}$$

الوزن الجزيئي ووزن الصيغة

Molecular Weight and Formula Weight

تعريف الوزن الجزيئي Molecular Weight :

هو مجموع الأوزان الذرية المكونة للجزيء، ويرمز له بالرمز M_w . ويستخدم الوزن الجزيئي للمركبات التي توجد على هيئة جزيئات في الطبيعة، والتي تمثلها المركبات

التساهمية، مثل مركب سكر الجلوكوز $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

تعريف وزن الصيغة Formula Weight :

هو مجموع الأوزان الذرية للذرات المكونة للصيغة، ويرمز له بالرمز F_w . ويستخدم وزن الصيغة للمركبات التي توجد على هيئة أيونات أو جزيئات في الطبيعة، ومن الأمثلة على المركبات التي تحتوي على أيونات : المركبات الأيونية مثل مركب ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) NaCl .

مثال (٢)

أوجد الوزن الجزيئي Mw للجزيئات التالية :

N_2 , NO , C_2H_6 , N_2O_4 , $C_8H_{18}O_4N_2S$, CO_2 , H_2O_2 , $Ca(NO_3)_2$,
 $Al_2(CO_3)_3$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $C_8H_{10}N_4O_2$, $C_6H_{12}O_6$, H_2SO_4 , C_2H_5OH ,
 $Zn(NO_3)_2$.

علمًا بأن الأوزان الذرية :

($H = 1$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$, $Mg = 24.3$, $Al = 27$, $S = 32.1$,
 $Ca = 40.1$, $Zn = 65.4$)

الحل

$$Mw_{N_2} = (2 \times 14) = 28 \text{ amu}$$

$$Mw_{NO} = (14) + (16) = 30 \text{ amu}$$

$$Mw_{C_2H_6} = (2 \times 12) + (6 \times 1) = 30 \text{ amu}$$

$$Mw_{N_2O_4} = (2 \times 14) + (4 \times 16) = 92 \text{ amu}$$

$$Mw_{C_8H_{18}O_4N_2S} = (8 \times 12) + (18 \times 1) + (4 \times 16) + (2 \times 14) + (32) = 238 \text{ amu}$$

$$Mw_{CO_2} = (12) + (2 \times 16) = 44 \text{ amu}$$

$$Mw_{H_2O_2} = (2 \times 1) + (2 \times 16) = 34 \text{ amu}$$

$$Mw_{Ca(NO_3)_2} = (40.1) + 2((14) + (3 \times 16)) = 164.1 \text{ amu}$$

$$Mw_{Al_2(CO_3)_3} = (2 \times 27) + 3((12) + (3 \times 16)) = 234 \text{ amu}$$

$$Mw_{MgSO_4 \cdot 7H_2O} = (24.3) + (32.1) + (4 \times 16) + 7((2 \times 1) + (16)) = 246.4 \text{ amu}$$

$$Mw_{C_8H_{10}N_4O_2} = (8 \times 12) + (10 \times 1) + (4 \times 14) + (2 \times 16) = 194 \text{ amu}$$

$$Mw_{C_6H_{12}O_6} = (6 \times 12) + (12 \times 1) + (6 \times 16) = 180 \text{ amu}$$

$$Mw_{H_2SO_4} = (2 \times 1) + (32.1) + (4 \times 16) = 98.1 \text{ amu}$$

$$Mw_{C_2H_5OH} = (2 \times 12) + (5 \times 1) + (16) + (1) = 46 \text{ amu}$$

$$Mw_{Zn(NO_3)_2} = (65.4) + 2((14) + (3 \times 16)) = 189.4 \text{ amu}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (٣)

أوجد وزن الصيغة Fw لما يلي : NaCl, Na₂SO₄
 الأوزان الذرية : (Cl = 35.5, S = 32, Na = 23, O = 16)

الحل

$$Fw_{NaCl} = 23 + 35.5 = 58.5 \text{ amu}$$

$$Fw_{Na_2SO_4} = (2 \times 23) + 32 + (4 \times 16) = 142 \text{ amu}$$

كثير من المراجع تستخدم مصطلح الوزن الجزيئي ليشمل أيضاً وزن الصيغة للمركبات الأيونية والتساهمية وذلك للتبسيط.

The mole المول

تعريفه : المول هو الكمية التي تحتوي على عدد أفوجادرو (N_A) من الذرات أو الجزيئات أو الأيونات ... الخ

عدد أفوجادرو (N_A)

المول الواحد من أي مادة (سواءً جزيئات، ذرات، أيونات.....) يحوي على عدد أفوجادرو منها ($N_A = 6.022 \times 10^{23}$).

$$N_A = 6.022 \times 10^{23}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

ونظراً لأنه يصعب حساب الوزن الذري لذرة واحدة وذلك لصغرهما، لذلك فمن المناسب أن نضخم الكمية حتى يمكن أن نتعامل معها وذلك بأخذ مول من الذرات أو الجزيئات أي عدد أفوجادرو من الذرات أو الجزيئات.

أمثلة توضيحية :

- مول واحد من جزيئات الأكسجين (O_2) يحتوي على 6.022×10^{23}
 - مول واحد من ذرات الأكسجين (O) يحتوي على 6.022×10^{23} من ذرات الأكسجين.
- وقد وجد عملياً أن وزن المول بالجرامات يساوي الوزن الذري من الذرات، ويساوي الوزن الجزيئي من المركبات عديداً.

الكتلة المولية Molar Mass

هي كتلة مول واحد من الذرات أو الجزيئات أو الأيونات، ووحدتها g/mol

وإذا كان المراد حسابه هو الوزن الجزيئي لمول من الجزيئات فإن له الوزن بوحدة (amu) إلا أن وحدة الوزن حينئذ هي g/mol بدلاً من amu ويطلق على الوزن حينئذ بالكتلة المولية (الوزن المولي).

مثال (٤)

أوجد الوزن الجزيئي Mw لمول واحد من الجزيئات التالية بوحدة g/mol

N_2 , NO , C_2H_6 , N_2O_4 , $C_8H_{18}O_4N_2S$, CO_2 , H_2O_2 , $Ca(NO_3)_2$, $Al_2(CO_3)_3$,
 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $C_8H_{10}N_4O_2$, $C_6H_{12}O_6$, H_2SO_4 , C_2H_5OH , $Zn(NO_3)_2$.

علماً بأن الأوزان الذرية :

(H = 1, C = 12, N = 14, O = 16, Mg = 24.3, Al = 27, S = 32.1,

Ca = 40.1, Zn = 65.4)

الحل

$$Mw_{N_2} = (2 \times 14) = 28 \text{ g/mol}$$

$$Mw_{NO} = (14) + (16) = 30 \text{ g/mol}$$

$$Mw_{C_2H_6} = (2 \times 12) + (6 \times 1) = 30 \text{ g/mol}$$

$$Mw_{N_2O_4} = (2 \times 14) + (4 \times 16) = 92 \text{ g/mol}$$

$$Mw_{C_8H_{18}O_4N_2S} = (8 \times 12) + (18 \times 1) + (4 \times 16) + (2 \times 14) + (32.1) = 238.1 \text{ g/mol}$$

$$Mw_{CO_2} = (12) + (2 \times 16) = 44 \text{ g/mol}$$

$$Mw_{H_2O_2} = (2 \times 1) + (2 \times 16) = 34 \text{ g/mol}$$

$$Mw_{Ca(NO_3)_2} = (40.1) + 2((14) + (3 \times 16)) = 164.1 \text{ g/mol}$$

$$Mw_{Al_2(CO_3)_3} = (2 \times 27) + 3((12) + (3 \times 16)) = 234 \text{ g/mol}$$

$$Mw_{MgSO_4 \cdot 7H_2O} = (24.3) + (32.1) + (4 \times 16) + 7((2 \times 1) + (16)) = 246.4 \text{ g/mol}$$

$$Mw_{C_8H_{10}N_4O_2} = (8 \times 12) + (10 \times 1) + (4 \times 14) + (2 \times 16) = 194 \text{ g/mol}$$

$$Mw_{C_6H_{12}O_6} = (6 \times 12) + (12 \times 1) + (6 \times 16) = 180 \text{ g/mol}$$

$$Mw_{H_2SO_4} = (2 \times 1) + (32.1) + (4 \times 16) = 98.1 \text{ g/mol}$$

$$Mw_{C_2H_5OH} = (2 \times 12) + (5 \times 1) + (16) + (1) = 46 \text{ g/mol}$$

$$Mw_{Zn(NO_3)_2} = (65.4) + 2((14 + 3 \times 16)) = 189.4 \text{ g/mol}$$

وبالنسبة لمول من الذرات الأحادية مثل (K, Ar, Ne, Al, Fe,.....) فإن الوزن لمول منها يطلق عليه الوزن الذري ورمزه Aw .

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (هـ)

احسب عدد الذرات (K, S, O) الموجودة في مول واحد من K_2SO_4 .

الحل

مول واحد من K_2SO_4 يحوي 6.022×10^{23} molecules

• عدد ذرات البوتاسيوم K الموجودة في مول واحد من K_2SO_4 :

$$2 \times 6.022 \times 10^{23} = 1.2046 \times 10^{24} \text{ atoms}$$

• عدد ذرات الكبريت S الموجودة في مول واحد من K_2SO_4 يساوي :

$$1 \times 6.022 \times 10^{23} \text{ atoms}$$

• عدد ذرات الأكسجين O الموجودة في مول واحد من K_2SO_4 :

$$4 \times 6.022 \times 10^{23} = 2.4092 \times 10^{24} \text{ atoms of O}$$

عدد ذرات الأكسجين O	عدد ذرات الكبريت S	عدد ذرات البوتاسيوم K	عدد جزيئات K_2SO_4	عدد مولات K_2SO_4
$4 \times 6.022 \times 10^{23}$	6.022×10^{23}	$2 \times 6.022 \times 10^{23}$	6.022×10^{23}	1 mol
$2 \times (4 \times 6.022 \times 10^{23})$	$2 \times (6.022 \times 10^{23})$	$2 \times (2 \times 6.022 \times 10^{23})$	$2 \times 6.022 \times 10^{23}$	2 mol
$3 \times (4 \times 6.022 \times 10^{23})$	$2 \times (6.022 \times 10^{23})$	$3 \times (2 \times 6.022 \times 10^{23})$	$3 \times 6.022 \times 10^{23}$	3 mol

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

طرق حساب عدد المولات

(١) عدد المولات = وزن المادة بوحدة الجرام (g) مقسوماً على الوزن الجزيئي للمول

$$n = \frac{m \text{ (g)}}{M_w \text{ (g/mol)}}$$

حيث :

n : عدد المولات

m : وزن المادة بالجرام

M_w : الوزن الجزيئي المولي بوحدة g/mol

(٢) عدد المولات = عدد الجزيئات (أو الذرات أو الأيونات) مقسوماً على عدد أفوجادرو

$$n = \frac{N \text{ (atoms, molecules, ions)}}{N_A} = \frac{N}{6.022 \times 10^{23}}$$

ومنه يمكن حساب عدد الجزيئات N :

عدد الجزيئات = عدد المولات × عدد أفوجادرو

$$N = n N_A$$

(٣) عدد المولات = التركيز بالمولارية مضروباً في حجم المحلول بوحدة اللتر

$$n = M V(L)$$

حيث :

M : التركيز بالمولارية mol/L

V : حجم المحلول باللتر

وعند استخدام وحدة (ml or cm³) بدلاً من وحدة اللتر فإنه لا بد من تحويلها الى وحدة

اللتر بالقسمة على 1000 أي :

$$n = M \times \left(\frac{V_{\text{ml or cm}^3}}{1000} \right)$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (٦)

ما عدد مولات NaHCO_3 في عينة وزنها 420 g؟
 علماً بأن الكتل الذرية : (H = 1, C = 12, O = 16, Na = 23)

الحل

$$Mw_{\text{NaHCO}_3} = 23 + 1 + 12 + (3 \times 16) = 84 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{NaHCO}_3} = \frac{m}{Mw} = \frac{420 \text{ g}}{84 \text{ g mol}^{-1}} = 5 \text{ mol}$$

مثال (٧)

احسب عدد مولات (1500 molecules) من سكر السكروز $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ؟

الحل

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{1500}{6.022 \times 10^{23}} = 2.49 \times 10^{-21} \text{ mol}$$

مثال (٨)

ما وزن (0.2 mol) من الكافئين ($\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$)
 علماً بأن الوزن الذري : (H = 1, C = 12, N = 14, O = 16)

الحل

نحسب الوزن الجزيئي أولاً :

$$Mw_{\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2} = (8 \times 12) + (10 \times 1) + (4 \times 14) + (2 \times 16) = 194 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{Mw}$$

$$m = n Mw$$

$$m = 0.2 \times 194 = 38$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

مثال (٩)

احسب عدد جزيئات 1.2 mol من أكسيد السيليكون (SiO₂).

الحل

$$N = n \cdot N_A$$

$$N = 1.2 \times 6.02 \times 10^{23} = 7.22 \times 10^{23} \text{ molecules}$$

مثال (١٠)

كم عدد جزيئات (18 g) من سكر الجلوكوز (C₆H₁₂O₆)؟

علمًا بأن الأوزان الذرية : (H = 1, C = 12, O = 16)

الحل

$$Mw_{C_6H_{12}O_6} = (6 \times 12) + (12 \times 1) + (6 \times 16) + (6 \times 16) = 180 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{Mw} = \frac{18}{180} = 0.1 \text{ mol}$$

$$N = n \times N_A$$

$$\Rightarrow N = 0.1 \times 6.022 \times 10^{23} = 6.022 \times 10^{22} \text{ molecules}$$

مثال (١١)

ما عدد مولات (48 g) مما يلي :

(أ) ذرات الأكسجين (O)

(ب) جزيئات الأكسجين (O₂)

(ج) جزيئات الأوزون (O₃).

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

الحل

أ) الكتلة الذرية للأكسجين : ($A_{wO} = 16 \text{ g/mol}$) حيث الرمز A_w يعني الكتلة الذرية (atomic weight)

وبالتالي فإن عدد المولات (n) لذرات الأكسجين :

$$n = \frac{m_o}{A_{wO}} = \frac{48}{16} = 3 \text{ mol}$$

ب) الوزن الجزيئي للأكسجين O_2 :

$$M_{wO_2} = 2 \times 16 = 32 \text{ g/mol}$$

وبالتالي فعدد المولات لجزيئات الأكسجين :

$$n_{O_2} = \frac{m_{O_2}}{M_{wO_2}} = \frac{48}{32} = 1.5 \text{ mol}$$

ج) الوزن الجزيئي للأوزون (O_3) :

$$M_{wO_3} = 3 \times 16 = 48 \text{ g/mol}$$

وبالتالي فعدد المولات لجزيئات الأوزون :

$$n_{O_3} = \frac{m_{O_3}}{M_{wO_3}} = \frac{48 \text{ g}}{48 \text{ g/mol}} = 1 \text{ mol}$$

مثال (١٢)

ما وزن ذرة الأكسجين بالكيلوجرام؟ (الكتلة الذرية $O = 16$)

علماً بأن عدد أفوجادرو ($N_A = 6.022 \times 10^{23}$)

الحل

نوجد عدد المولات من العلاقة :

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

$$n_{\text{O}} = \frac{N}{N_{\text{A}}} = \frac{1 \text{ atom}}{6.022 \times 10^{23} \text{ atoms mol}^{-1}} = 1.66 \times 10^{-24} \text{ mol}$$

ويمكن حساب الوزن لهذه المولات من العلاقة :

$$m = n A_w$$

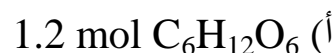
$$m = 1.66 \times 10^{-24} \text{ mol} \times 16 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m = 2.66 \times 10^{-23} \text{ g}$$

$$m = \frac{2.66 \times 10^{-23} \text{ g}}{1000 \text{ g Kg}^{-1}} = 2.66 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

مثال (١٣)

احسب عدد ذرات أو جزيئات أو أيونات ما يلي :



علماً بأن عدد أفوجادرو ($N_{\text{A}} = 6.022 \times 10^{23}$)

الحل

(أ) عدد الجزيئات C₆H₁₂O₆ الموجودة في 1.2 mol

$$n = \frac{N}{N_{\text{A}}}$$

$$N = n N_{\text{A}}$$

$$N = 1.2 \text{ mol} \times 6.022 \times 10^{23} \text{ molecules mol}^{-1}$$

$$N = 7.2 \times 10^{23} \text{ molecules}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

(ب) عدد الذرات الموجودة في (20 g Ca) :

$$n_{\text{Ca}} = \frac{N_{\text{atoms}}}{N_A}$$

$$N_{\text{atoms}} = n_{\text{Ca}} \times N_A$$

$$N_{\text{atoms}} = \frac{m_{\text{Ca}}}{A_w} \times N_A$$

$$N_{\text{atoms}} = \left(\frac{20 \text{ g}}{40 \text{ g mol}^{-1}} \right) \times 6.023 \times 10^{23}$$

$$N_{\text{atoms}} = 3.01 \times 10^{23} \text{ atoms}$$

(ج) عدد أيونات الهيدروكسيد الموجودة في 0.5 mol من أيونات الهيدروكسيد

$$n_{\text{OH}^-} = \frac{N_{\text{OH}^-}}{N_A}$$

$$N_{\text{OH}^-} = n_{\text{OH}^-} \times N_A$$

$$N_{\text{OH}^-} = 0.5 \times 6.022 \times 10^{23}$$

$$N_{\text{OH}^-} = 3.01 \times 10^{23} \text{ ions}$$

مثال (١٤)

أي العينات التالية يحتوي على عدد أكبر من الكبريت (S) :

(أ) $8 \times 10^{23} \text{ atoms}$

(ب) 0.2 mol (S)

(ج) 5 g (S)

علماً بأن عدد أفوجادرو ($N_A = 6.022 \times 10^{23}$)

الحل

للمقارنة فإن الفقرتين ب، ج تحول وحداتها الى ذرات كما يلي :

(ب) عدد الذرات الموجودة في 0.2 mol of (S) :

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

$$n_s = \frac{N_{\text{atoms}}}{N_A}$$

$$N_{\text{atoms}} = n_s \times N_A$$

$$N_{\text{atoms}} = 0.2 \text{ mol} \times 6.022 \times 10^{23} \text{ atoms mol}^{-1}$$

$$N_{\text{atoms}} = 1.2 \times 10^{23} \text{ atoms}$$

(ج) 5 g of (S) :

$$n_s = \frac{N_{\text{atoms}}}{N_A}$$

$$N_{\text{atoms}} = n_s \times N_A$$

$$N_{\text{atoms}} = \left(\frac{m_s}{A_{w_s}} \right) \times N_A$$

$$N_{\text{atoms}} = \left(\frac{5 \text{ g}}{32 \text{ g mol}^{-1}} \right) \times 6.022 \times 10^{23}$$

$$N_{\text{atoms}} = 0.94 \times 10^{23} \text{ atoms}$$

وبالتالي فالعينة بالفقرة أ تحتوي على العدد الأكبر من الذرات.

تعريف المحلول solution :

مزيغ متجانس مكون من مذيب كتلته (m_1) ، ومن مذاب كتلته (m_2) .

تعريف تركيز المحلول:

كمية المادة المذابة في كمية معينة من المحلول.

المحلول المخفف والمركز :

المحلول المخفف (diluted solution) هو:

المحلول الذي تكون فيه كمية المادة المذابة قليلة.

المحلول المركز (concentrated solution) :

هو المحلول الذي تكون فيه كمية المادة المذابة كبيرة.

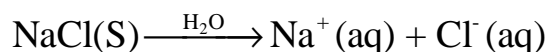
الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د/ عم بن عبد الله الهزاري

صور المادة المذابة في المحلول :

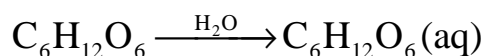
(١) على هيئة أيونات (محاليل اليكترولينية) :

مثالها : ملح الطعام (NaCl) عند ذوبانه في الماء يتفكك الى أيونات :



(٢) على هيئة جزيئات (محاليل غير اليكترولينية) :

مثالها سكر الجلوكوز عند ذوبانه في الماء يتفكك الى جزيئات :



أنواع المحاليل السائلة :

(١) محلول غاز في سائل : مثل غاز الأوكسجين المذاب في البحار والأنهار.

(٢) محلول سائل في سائل : مثل الكحول في الماء

(٣) محلول صلب في سائل : مثل ملح الطعام في الماء.

طرق التعبير عن التركيز

METHODS OF EXPRESSING CONCENTRATION

يعبر عن التركيز بعدة طرق منها :

(١) النسبة المئوية الوزنية

(٢) الكسر المولي

(٣) المولالية

(٤) المولارية

(٥) العيارية

وهناك طرق أقل استخداماً ومنها :

(١) النسبة المئوية الحجمية

(٢) قوة المحلول

(٣) النسبة المئوية المولية

(٤) المعايرة.

أولاً / النسبة المئوية الوزنية للمذاب Weight Percentage

تعرف النسبة المئوية الوزنية للمذاب بأنها :

كتلة المادة المذابة مقاسة بالجرامات الموجودة في مائة جرام من المحلول (عدد الجرامات

من المذاب في 100 g من المحلول).

ويمكن صياغتها رياضياً كما يلي :

$$100 \times \frac{\text{وزن المذاب } (m_2)}{\text{وزن المحلول } (m_{sol})} = \text{النسبة المئوية الوزنية للمذاب}$$

$$W t \%_{m_2} = \frac{m_2}{m_{sol}} \times 100$$

$$100 \times \frac{\text{وزن المذاب } (m_1)}{\text{وزن المحلول } (m_{sol})} = \text{النسبة المئوية الوزنية للمذيب}$$

$$W t \%_{m_1} = \frac{m_1}{m_{sol}} \times 100$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

حيث :

m_1 : كتلة المذيب (m_{solvent}) بوحدة الجرام

m_2 : كتلة المذاب (m_{solute}) بوحدة الجرام

m_{sol} : كتلة المحلول بوحدة الجرام.

$Wt \%_{m_2}$: النسبة المئوية الوزنية للمذاب (solute).

$Wt \%_{m_1}$: النسبة المئوية الوزنية للمذيب (solvent).

وكتلة المحلول (m_{sol}) عبارة عن مجموع كتلتي المذاب (m_2) والمذيب (m_1) :

$$m_{\text{sol}} = m_1 + m_2$$

ويمكن حساب كتلة المحلول من كثافة المحلول إذا عرف حجم المحلول، باستخدام العلاقة التالية :

$$d_{\text{sol}} = \frac{m_{\text{sol}}}{V_{\text{sol}}}$$

$$m_{\text{sol}} = d_{\text{sol}} \cdot V_{\text{sol}}$$

حيث :

d_{sol} : كثافة المحلول بوحدة (g/ml) أو بوحدة (g/L)

m_{sol} : كتلة المحلول بوحدة الجرام (g) .

V_{sol} : حجم المحلول بوحدة الملتر (ml) أو السننتيمتر المكعب (cm^3) أو الدسيمتر

المكعب (dm^3) أو بوحدة اللتر (L) أو المتر المكعب (m^3)

والعلاقة بين وحدات الحجم هذه :

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ L} = 1 \times 10^6 \text{ cm}^3 = 1 \times 10^6 \text{ ml}$$

$$\Rightarrow (1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L}) \text{ and } (1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3)$$

مثال (١٥)

احسب النسبة المئوية الوزنية لمادة كلوريد الصوديوم (NaCl) (ملح الطعام) حينما يذاب منها (43 g) في (108 g) من الماء؟

الحل

بتطبيق العلاقة :

$$\text{Wt \%}_{\text{solute}} = \frac{m_2}{m_{\text{sol}}} \times 100$$

$$\text{Wt \%}_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{m_{\text{Sol}}} \times 100$$

$$\text{Wt \%}_{\text{NaCl}} = \frac{43 \text{ g}}{(43 \text{ g} + 108 \text{ g})} \times 100$$

$$\text{Wt \%}_{\text{NaCl}} = 28.5 \%$$

على أنه إذا كان لدينا محلول مؤلف من مذيب ومذاب فإنه يمكن معرفة النسبة المئوية للمذيب إذا عرفت النسبة المئوية للمذاب، والعكس صحيح :

$$\text{Wt\%}_{\text{solvent}} = 100 - \text{Wt\%}_{\text{solute}}$$

$$\text{Wt\%}_{\text{solute}} = 100 - \text{Wt\%}_{\text{solvent}}$$

مثال (١٦)

احضر محلول بإذابة 1.25 g من الإيثانول C₂H₅OH في 11.6 g من الماء H₂O، احسب :

(أ) النسبة المئوية الوزنية للإيثانول.

(ب) النسبة المئوية الوزنية للماء.

الحل

نحسب أولاً كتلة المحلول حيث :

كتلة المحلول = كتلة المذيب (H₂O) + كتلة المذاب (C₂H₅OH)

$$m_{\text{sol}} = m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}$$

$$m_{\text{sol}} = 11.6 \text{ g} + 1.25 \text{ g} = 12.85 \text{ g}$$

(أ) حساب النسبة المئوية للمذاب C₂H₅OH :

$$\text{Wt}\%_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = \frac{m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}}{m_{\text{sol}}} \times 100$$

$$\text{Wt}\%_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = \frac{1.25}{12.85} \times 100 = 9.73\%$$

(ب) حساب النسبة المئوية للمذيب H₂O :

$$\text{Wt}\%_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{sol}}} \times 100$$

$$\text{Wt}\%_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{11.6}{12.85} \times 100$$

$$\text{Wt}\%_{\text{H}_2\text{O}} = 90.27\%$$

ويمكن حساب النسبة المئوية للمذيب مباشرة من العلاقة :

$$\text{Wt}\%_{\text{solvent}} = 100 - \text{Wt}\%_{\text{solute}}$$

$$\text{Wt}\%_{\text{solvent}} = 100 - 9.73$$

$$\text{Wt}\%_{\text{solvent}} = 90.27\%$$

ويمكن من خلال معرفة النسبة المئوية للمذاب تحديد كتلته إذا عرفت كتلة المحلول.

مثال (١٧)

احسب كتلة هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) الموجود في (300 g) من محلول تركيزه (35.7% NaOH).

الحل

بتطبيق العلاقة :

$$\text{Wt \%}_{\text{solute}} = \frac{m_2}{m_{\text{sol}}} \times 100$$

$$\text{Wt \%}_{\text{NaOH}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{m_{\text{sol}}} \times 100$$

$$m_{\text{NaOH}} \times 100 = \text{Wt \%}_{\text{NaOH}} \times m_{\text{sol}}$$

$$m_{\text{NaOH}} = \frac{\text{Wt \%}_{\text{NaOH}} \times m_{\text{sol}}}{100}$$

$$m_{\text{NaOH}} = \frac{35.7 \times 300 \text{ g}}{100} = 107.1 \text{ g}$$

مثال (١٨)

يراد عمل محلول مائي من السكروز ذي تركيز قدره % 24 وزناً، فكم جراماً من السكروز والماء يجب استخدامها للحصول على كيلوجرام من المحلول.

الحل

$$m_{\text{sol}} = 1 \text{ Kg} = 1000 \text{ g}$$

$$\text{Wt \%} = \frac{m_2}{m_{\text{sol}}} \times 100$$

$$m_2 = \frac{\text{Wt \%} \times m_{\text{sol}}}{100}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

وبالتالي فإن وزن السكروز :

$$m_{\text{sucrose}} = \frac{\text{Wt \%} \times m_{\text{sol}}}{100}$$

$$m_{\text{sucrose}} = \frac{24 \times 1000}{100} = 240 \text{ g}$$

وهذه هي كتلة المذاب (m_2)، وبالتالي يمكن حساب كتلة المذيب كما يلي :

$$m_{\text{sol}} = m_1 + m_2$$

$$m_1 = m_{\text{sol}} - m_2$$

$$m_1 = 1000 - 240 = 760 \text{ g}$$

مثال (١٩)

احسب عدد مولات HCl الموجودة في 5 cm^3 من حمض الكلور المركز الذي كثافته (1.19 g/cm^3) ويحتوي على 37.23% بالوزن. علماً بأن الأوزان الذرية :
(H = 1, Cl = 35.5)

الحل

نوجد من كثافة المحلول كتلة المحلول كما يلي :

$$d_{\text{sol}} = \left(\frac{m_{\text{sol}}}{V_{\text{sol}}} \right)$$

$$m_{\text{sol}} = d_{\text{sol}} \times V_{\text{sol}}$$

$$m_{\text{sol}} = (1.19 \text{ g/cm}^3) \times (5 \text{ cm}^3)$$

$$m_{\text{sol}} = 5.95 \text{ g}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د/ عم بن عبد الله الهزاري

ومن قانون النسبة المئوية الوزنية يمكن حساب كتلة المذاب (m_2) كما يلي :

$$Wt \% = \frac{m_2}{m_{sol}} \times 100$$

$$m_2 = \frac{Wt \% \times m_{sol}}{100}$$

$$m_{HCl} = \frac{37.23 \times 5.95}{100}$$

$$m_{HCl} = 2.215g$$

وبالتالي يمكن حساب عدد مولات HCl :

$$n_{HCl} = \frac{m_{HCl}}{Mw_{HCl}}$$

$$n_{HCl} = \frac{2.215}{(1 + 35.5)}$$

$$n_{HCl} = 0.06 \text{ mol}$$

مثال (٢٠)

حمض الكبريت المركز (1.84 g/ml) يحتوي على 98 % وزناً احسب حجم حمض الكبريت المركز الذي يحتوي على 40 g من H_2SO_4 النقي.

الحل

أولاً / نحسب كتلة المحلول m_{sol} :

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

$$\text{Wt \%} = \frac{m_2}{m_{\text{sol}}} \times 100$$

$$m_{\text{sol}} = \frac{m_2 \times 100}{\text{Wt \%}}$$

$$m_{\text{sol}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times 100}{\text{Wt \%}}$$

$$m_{\text{sol}} = \frac{40 \times 100}{98} = 40.82 \text{ g}$$

وبالتالي فإن حجم المحلول V_{sol} :

$$d_{\text{sol}} = \frac{m_{\text{sol}}}{V_{\text{sol}}}$$

$$V_{\text{sol}} = \frac{m_{\text{sol}}}{d_{\text{sol}}}$$

$$V_{\text{sol}} = \frac{40.82 \text{ g}}{1.84 \text{ g ml}^{-1}}$$

$$V_{\text{sol}} = 22.185 \text{ ml}$$

مثال (٢١)

ما حجم حمض النيتريك المخفف كثافته 1.11 g/cm^3 حيث أن النسبة المئوية الوزنية لـ

HNO_3 هي 19 % يحتوي على 10 g من HNO_3

الحل

تحل بنفس خطوات المسألة السابقة.

والجواب النهائي :

$$V_{\text{sol}} = V_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 47.414 \text{ cm}^3$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د. عمر بن عبد الله الهزاري

مثال (٢٢)

كم جراماً من الماء والملح تلزم لتكوين 70 g من محلول نسبته 17.9% وزناً.

الحل

الجواب : (12.53 g, 57.47 g)

مثال (٢٣)

كم عدد جرامات 5% بالوزن من محلول كلوريد الصوديوم NaCl للحصول على 3.2 g

NaCl

الحل

الجواب : 64 g

مثال (٢٤)

حمض الكبريت المركز ذو الكثافة (1.84 g/ml) يحتوي على 98% وزناً، احسب حجم حمض الكبريت المركز الذي يحتوي على 40 g من H₂SO₄ النقي.

الحل

الجواب : 22.185 ml

ثانياً / الكسر المولي (الكسر الجزيئي) Mole Fraction

تعريف الكسر المولي :

الكسر المولي هو النسبة بين عدد مولات أحد مكونات المحلول (n) الى مجموع مولات كل مكوناته (n_t).

وبفرض أن لدينا ثلاث مواد (A, B, C) وعدد مولات هذه المواد (n_A, n_B, n_C) فإن الكسر المولي للمواد هو :

$$X_A = \frac{n_A}{n_t} \quad , \quad X_B = \frac{n_B}{n_t} \quad , \quad X_C = \frac{n_C}{n_t}$$

ومجموع هذه الكسور المولية يساوي دائماً الواحد الصحيح :

$$\begin{aligned} \sum X &= 1 \\ X_A + X_B + X_C \\ \frac{n_A}{n_t} + \frac{n_B}{n_t} + \frac{n_C}{n_t} &= \frac{n_t}{n_t} = 1 \end{aligned}$$

وقبل الخوض في بعض التطبيقات للكسر المولي، فإننا سنذكر فيما يلي بطرق حساب عدد المولات.

يمكن حساب عدد المولات بطرق عدة منها ما يتعلق بعدد الجزيئات أو التركيز بالمولية أو العيارية أو المولية، إلا أن أبسط الطرق هي تحويل الجرامات الى مولات باتباع العلاقة التالية :

$$n = \frac{m}{Mw}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

حيث M_w هو عبارة الوزن الجزيئي المولي (molecular weight) الذي يعرف بأنه مجموع الكتل الذرية المولفة للجزيء بوحدة g/mol كما سبق ذكره.

مثال (٢٥)

احسب :

(أ) الوزن الجزيئي لنترات الخارصين $Zn(NO_3)_2$ إذا علمت أن الكتل الذرية :
($Zn = 65.4, N = 14, O = 16$).

(ب) احسب عدد المولات لـ $127 g$ من نترات الخارصين $Zn(NO_3)_2$.

الحل

(أ) حساب الوزن الجزيئي لنترات الخارصين $Zn(NO_3)_2$:

$$M_w_{Zn(NO_3)_2} = (65.4) + (2 \times 14) + (2 \times 3 \times 16) = 189.4 g/mol$$

(ب) حساب عدد المولات :

$$n_{Zn(NO_3)_2} = \frac{m_{Zn(NO_3)_2}}{M_w_{Zn(NO_3)_2}}$$

$$n_{Zn(NO_3)_2} = \frac{127g}{189.4 g/mol} = 0.67 mol$$

مثال (٢٦)

احسب الكسر المولي للماء (H_2O)، و لـ $NaCl$ في محلول يحتوي على ($0.735 mol$) من كلوريد الصوديوم و ($6 mol$) من الماء.

الحل

نحسب عدد المولات الكلي n_t :

$$n_t = n_{\text{NaCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$n_t = 0.735 + 6$$

$$n_t = 6.735 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_t} = \frac{6}{6.735} = 0.89$$

$$X_{\text{NaCl}} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{n_t} = \frac{0.735}{6.735} = 0.11$$

ويمكن حساب الكسر المولي لـ NaCl بطريقة أخرى، وهي :

$$\sum X = 1$$

$$X_{\text{H}_2\text{O}} + X_{\text{NaCl}} = 1$$

$$X_{\text{NaCl}} = 1 - X_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$X_{\text{NaCl}} = 1 - 0.89$$

$$X_{\text{NaCl}} = 0.11$$

مثال (٢٧)

ما الكسر المولي لكلوريد الصوديوم في محلول يحتوي على 5 mol من كلوريد الصوديوم مذاب في كيلوجرام من الماء. (الكتل الذرية : $\text{H} = 1, \text{O} = 16$).

الحل

نوجد عدد مولات الماء :

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د/ عم بن عبد الله الهزاري

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \left(\frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{Mw_{\text{H}_2\text{O}}} \right)$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1000 \text{ g}}{(2 \times 1 + 16)} = \frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 55.55 \text{ mol}$$

وبالتالي فإن عدد المولات الكلي :

$$n_t = n_{\text{NaCl}} + n_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$n_t = 5 + 55.55 = 60.55 \text{ mol}$$

ولحساب الكسر المولي لكلوريد الصوديوم :

$$X_{\text{NaCl}} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{n_t}$$

$$X_{\text{NaCl}} = \frac{5}{60.55} = 0.0826$$

مثال (٢٨)

احسب الكسر المولي لحمض الفوسفور H_3PO_4 في محلول يحتوي على 12.25 g من حمض الفوسفور مذاب في 90 g من الماء.

(علماً بأن الكتل الذرية : $\text{O} = 16, \text{H} = 1, \text{P} = 31$)

الحل

نوجد أولاً عدد المولات لكل من المذيب والمذاب ثم العدد الكلي للمولات :

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د/ عم بن عبد الله الهزاري

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{Mw_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{90}{(2 \times 1 + 16)} = \frac{90}{18} = 5 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{m_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{Mw_{\text{H}_3\text{PO}_4}}$$

$$n_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{12.25}{(3 \times 1 + 31 + 4 \times 16)} = \frac{12.25}{98} = 0.125 \text{ mol}$$

$$n_t = n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{H}_3\text{PO}_4}$$

$$n_t = 5 + 0.125 = 5.125 \text{ mol}$$

وبالتالي فإن الكسر المولي لحمض الفسفور :

$$X_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{n_{\text{H}_3\text{PO}_4}}{n_t}$$

$$X_{\text{H}_3\text{PO}_4} = \frac{0.125}{5.125} = 0.0244$$

مثال (٢٩)

إذا أذيب هيدروكسيد الصوديوم NaOH في الماء احسب الكسور المولية للمذاب والمذيب في محلول تركيزه 32% وزناً. (علماً بأن الكتل الذرية : H = 1, O = 16, Na = 23)

الحل

بما أنه لم يعطي أي وزن للمحلول، فسنفرض أن وزن المحلول يساوي 100 g وبالتالي فإن وزن المذاب الذي نسبته 32% هو 32 g وبالتالي فإن وزن المذيب :

$$m_{\text{sol}} = m_1 + m_2$$

$$m_{\text{sol}} = m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{NaOH}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{sol}} - m_{\text{NaOH}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 100 - 32 = 68 \text{ g}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

ثم نحسب عدد المولات كما يلي :

أولاً / عدد مولات الماء :

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{Mw_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{68 \text{ g}}{(2 \times 1 + 16)}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{68 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = 3.78 \text{ mol}$$

ثانياً / عدد مولات هيدروكسيد الصوديوم :

$$n_{\text{NaOH}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{Mw_{\text{NaOH}}}$$

$$n_{\text{NaOH}} = \frac{32 \text{ g}}{(23 + 16 + 1)}$$

$$n_{\text{NaOH}} = \frac{32 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}}$$

$$n_{\text{NaOH}} = 0.8 \text{ mol}$$

ويكون عدد المولات الكلي :

$$n_t = n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{NaOH}}$$

$$n_t = 3.78 + 0.8$$

$$n_t = 4.58 \text{ mol}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

وبالتالي فإن الكسر المولي للمذاب والمذيب :

$$X_{H_2O} = \frac{n_{H_2O}}{n_t}$$

$$X_{H_2O} = \frac{3.78}{4.58} = 0.825$$

$$X_{NaOH} = \frac{n_{NaOH}}{n_t}$$

$$X_{NaOH} = \frac{0.8}{4.58} = 0.175$$

ومجموع الكسور المولية لا بد وأن يساوي واحد :

$$X_{H_2O} + X_{NaOH}$$

$$0.825 + 0.175 = 1.00$$

مثال (٣٠)

إذا كان الكسر المولي لملاح الطعام في المحلول المائي هو (0.3).

احسب النسبة المئوية الوزنية % Wt

(علماً بأن الكتل الذرية : Na = 23, Cl = 35.5, O = 16, H = 1)

الحل

لم نعط في هذه المسألة عدد المولات للمذيب والمذاب. لذلك سنفرض أن عدد المولات

الكلية للمحلول يساوي واحد، وعدد مولات ملح الطعام يساوي ($n_{NaCl} = 0.3 \text{ mol}$)

وحيث أن عدد مولات المذيب:

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

$$n_t = n_{H_2O} + n_{NaCl}$$

$$n_{H_2O} = n_t - n_{NaCl}$$

$$n_{H_2O} = 1 - 0.3$$

$$n_{H_2O} = 0.7 \text{ mol}$$

ويكون وزن NaCl بالجرامات كما يلي :

$$n_{NaCl} = \frac{m_{NaCl}}{Mw_{NaCl}}$$

$$m_{NaCl} = n_{NaCl} \times Mw_{NaCl}$$

$$m_{NaCl} = 0.3 \times (23 + 35.5)$$

$$m_{NaCl} = 0.3 \times 58.5 = 17.55 \text{ g}$$

ووزن الماء H₂O بالجرامات هو :

$$n_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{Mw_{H_2O}}$$

$$m_{H_2O} = n_{H_2O} \times Mw_{H_2O}$$

$$m_{H_2O} = 0.7 \times (2 \times 1 + 16)$$

$$m_{H_2O} = 0.7 \times 18$$

$$m_{H_2O} = 12.6 \text{ g}$$

ويصبح وزن المحلول (m_{sol}) :

$$m_{sol} = m_{H_2O} + m_{NaCl}$$

$$m_{sol} = 12.6 + 17.55$$

$$m_{sol} = 30.15 \text{ g}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

وبالتالي فإنه يمكن حساب النسبة المئوية الوزنية للمذاب كما يلي :

$$\text{Wt \%} = \frac{m_2}{m_{\text{sol}}} \times 100$$

$$\text{Wt \%}_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{m_{\text{sol}}} \times 100$$

$$\text{Wt \%}_{\text{NaCl}} = \frac{17.55}{30.15} \times 100$$

$$\text{Wt \%}_{\text{NaCl}} = 58.21 \%$$

مثال (٣١)

أذيب 19.6 g من حمض الفوسفور H_3PO_4 في كمية من الماء بحيث يصبح وزن

المحلول 200 g احسب الكسر المولي للمذاب والمذيب (الأوزان الذرية : $\text{H} = 1, \text{O} = 16, \text{P} = 31$)

16, P = 31

الحل

الجواب : (0.98, 0.02)

مثال (٣٢)

إذا أذيب هيدروكسيد الصوديوم في الماء احسب الكسور المولية للمذاب والمذيب في

محلول تركيزه 32% وزناً (الأوزان الذرية : $\text{H} = 1, \text{O} = 16, \text{Na} = 23$).

الحل

الجواب : (0.825 , 0.175)

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د. عمر بن عبد الله الهزاري

مثال (٣٣)

إذا كان الكسر المولي لملح الطعام في المحلول المائي هو 0.3 ، احسب النسبة المئوية الوزنية ، علماً بأن الكتل الذرية : (H = 1, O = 16, Na = 23)

الحل

الجواب : 58.2%

ثالثاً / المولالية (التركيز الجزيئي الوزني)

Molality

(الجزيئية الوزنية).

تعريفها :

هي عدد مولات المادة المذابة في كيلوجرام من المذيب.
والصيغة الرياضية لها :

$$\text{المولالية} = \frac{\text{عدد مولات المذاب } (n_2)}{\text{وزن المذيب } (m_1) \text{ Kg}}$$

$$m = \frac{n_2}{m_{1(\text{Kg})}}$$

ووحدة المولالية هي مولال (molal) أو mol/Kg

حيث:

m : المولالية، ورمز لها بحرف مائل تمييزاً لها عن رمز الكتلة (m)

n₂ : عدد مولات المذاب

m₁ : كتلة المذيب بوحدة الكيلوجرام.

والعلاقة بين الجرام والكيلو جرام هي :

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د. عم بن عبد الله الهزاري

ويمكن استخدام وحدة الجرام في قانون المولالية بحيث يصبح القانون :

$$\text{المولالية} = \frac{\text{عدد مولات المذاب (n}_2\text{)}}{\text{وزن المذيب g (m}_1\text{)}} \times 1000$$

$$m = \frac{n_2}{m_1(\text{g})} \times 1000$$

مثال (٣٤)

احسب التركيز بالمولالية لمحلول تم تحضيره بإذابة (2 mol) من حمض الكلور في 800 g من الماء.

الحل

$$\text{molality} = \frac{n_1}{m_2} \times 1000$$

$$\text{molality} = \frac{2}{800} \times 1000 = 2.5 \text{ molal}$$

مثال (٣٥)

عند إذابة 20 g من كلوريد الصوديوم NaCl في كمية من الماء بحيث تصبح كتلة المحلول 90 g احسب مولالية المحلول. (الأوزان الذرية: Na = 23, Cl = 35.5).

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

الحل

$$Mw_{NaCl} = 23 + 35.5 = 58.5 \text{ g/mol}$$

$$n_{NaCl} = \frac{m}{Mw} = \frac{20}{58.5} = 0.34 \text{ mol}$$

$$m_2 = m_{sol.} - m_1$$

$$m_2 = 90 - 20 = 70 \text{ g}$$

$$\text{molality} = \frac{n_1}{m_2} \times 1000$$

$$\text{molality} = \frac{0.34}{70} \times 1000 = 4.86 \text{ molal}$$

مثال (٣٦)

ما وزن كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$ التي يلزم إذابتها في 350 g من الماء لتكوين محلول تركيزه (0.3 molal)؟

الأوزان الذرية : (H = 1, N = 14, O = 16, S = 32)

الحل

$$m_{(NH_4)_2SO_4} = 13.86 \text{ g} \quad \text{الجواب :}$$

مثال (٣٧)

احسب تركيز كلوريد الصوديوم (NaCl) بوحدة المولالية، إذا أذيب منه 43 g في 108 g من الماء (H_2O) . (علماً بأن الكتل الذرية : Na = 23, Cl = 35.5).

الحل

نوجد أولاً عدد مولات NaCl ثم نعوض بها في قانون المولالية كما يلي :

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمربن عبدالله الهزاري

$$n_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{Mw_{\text{NaCl}}}$$

$$n_{\text{NaCl}} = \frac{43}{(23 + 35.45)} = 0.74 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow \text{molality (m)} = \frac{n_2 \times 1000}{m_1(\text{g})}$$

$$m = \frac{n_{\text{NaCl}} \times 1000}{m_{\text{H}_2\text{O}}(\text{g})}$$

$$m = \frac{0.74 \times 1000}{108}$$

$$m = 6.8 \text{ molal} \quad (\text{or } 6.8 \text{ mol Kg}^{-1})$$

مثال (٣٨)

ما تركيز محلول بالمولالية حضر بإذابة (0.1 mol) من مادة ما في لتر من الماء.
(كثافة الماء = 1g/cm³)

الحل

نوجد من معطيات الكثافة والحجم للماء كتلة الماء :

$$d_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = d_{\text{H}_2\text{O}} \times V_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = (1\text{g/cm}^3) \times (1000 \text{ cm}^3)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ g}$$

$$\Rightarrow \text{molality} = \frac{n_2}{m_{\text{H}_2\text{O}}(\text{g})} \times 1000$$

$$m = \frac{0.1 \times 1000}{1000} = 0.1 \text{ molal}$$

مثال (٣٩)

حضر محلول بإذابة 15 g من كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 في 125 g من الماء ، احسب التركيز بالمولالية، (علماً بأن الكتل الذرية : $\text{Na} = 23, \text{O} = 16, \text{S} = 32$).

الحل

نوجد عدد مولات المذاب (كبريتات الصوديوم Na_2SO_4) كما يلي :

$$n_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{Mw_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}$$

$$n_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = \frac{15}{(2 \times 23 + 32 + 4 \times 16)}$$

$$n_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = \frac{15}{142}$$

$$n_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 0.106 \text{ mol}$$

وبالتالي لحساب المولالية :

$$m = \frac{n_2}{m_2(\text{g})} \times 1000$$

$$m = \frac{n_{\text{Na}_2\text{SO}_4}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} \times 1000$$

$$m = \frac{0.106}{125} \times 1000 = 0.84 \text{ molal}$$

مثال (٤٠)

كم جراماً من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ يلزم إذابته في 150 g من الماء لتحضير محلول تركيزه 0.2 molal (الأوزان الذرية : C = 12, O = 16, H = 1).

الحل

نحسب عدد مولات الجلوكوز :

$$m = \frac{n_2}{m_1} \times 1000$$

$$n_2 = \frac{m \cdot m_1}{1000}$$

$$n_{C_6H_{12}O_6} = \frac{m \cdot m_{H_2O}}{1000}$$

$$n_{C_6H_{12}O_6} = \frac{(0.2 \text{ molal}) \times 150 \text{ g}}{1000}$$

$$n_{C_6H_{12}O_6} = 0.03 \text{ mol}$$

ومن ثم نحسب وزن الجلوكوز :

$$n_{C_6H_{12}O_6} = \frac{m_{C_6H_{12}O_6}}{Mw_{C_6H_{12}O_6}}$$

$$m_{C_6H_{12}O_6} = n_{C_6H_{12}O_6} \times Mw_{C_6H_{12}O_6}$$

$$m_{C_6H_{12}O_6} = 0.03 \times (6 \times 12 + 12 + 6 \times 16)$$

$$m_{C_6H_{12}O_6} = 0.03 \times 180 = 5.4 \text{ g}$$

مثال (٤١)

احسب الكسور المولية لمذاب ومذيب في محلول مائي لهيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيزه 0.2 molal (علماً بأن الكتل الذرية : H = 1, O = 16)

الحل

لم نعط في المسألة أي وزن للمذيب والمذاب، والتركيز هنا بوحدة المولالية وهو يساوي (0.2 molal) وهو يعني 0.2 mol من المذاب في 1000 g من المذيب.
وبالتالي فإن عدد مولات المذاب ($n_{\text{NaOH}} = 0.2 \text{ mol}$)

بينما عدد مولات المذيب :

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{Mw_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1000 \text{ g}}{(2 \times 1 + 16)}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1000}{18} = 55.56 \text{ mol}$$

وبالتالي فعدد المولات الكلي :

$$n_t = n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{NaOH}}$$

$$n_t = 0.2 + 55.56$$

$$n_t = 55.76 \text{ mol}$$

وبالتالي فإن الكسور المولية للمذاب والمذيب :

$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_t} = \frac{55.56}{55.76} = 0.9964$$

$$X_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{n_t} = \frac{0.2}{55.76} = 0.0036$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (٤٢)

يحتوي محلول على 57.5 cm^3 من الكحول الإيثيلي $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ و 600 cm^3 بنزين C_6H_6 ، فما مولالية المحلول علماً بأن كثافة الكحول 0.8 g/cm^3 وللبنزين 0.9 g/cm^3 (علماً بأن الكتل الذرية : $\text{C} = 12, \text{H} = 1, \text{O} = 16$).

الحل

نوجد كتلة كل مادة من كثافتها وحجمها كما يلي :

كتلة الكحول الإيثيلي :

$$d_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = \frac{m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}}{V_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}}$$

$$m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = d_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} \times V_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}$$

$$m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 0.8 \text{ g cm}^{-3} \times 57.5 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 46 \text{ g}$$

كتلة البنزين :

$$d_{\text{C}_6\text{H}_6} = \frac{m_{\text{C}_6\text{H}_6}}{V_{\text{C}_6\text{H}_6}}$$

$$m_{\text{C}_6\text{H}_6} = d_{\text{C}_6\text{H}_6} \times V_{\text{C}_6\text{H}_6}$$

$$m_{\text{C}_6\text{H}_6} = 0.9 \text{ g cm}^{-3} \times 600 \text{ cm}^3$$

$$m_{\text{C}_6\text{H}_6} = 540 \text{ g}$$

وبالتالي نجد عدد مولات المذاب (الكحول الميثيلي والذي حجمه أقل) :

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

$$n_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = \frac{m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}}{Mw_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}}$$

$$n_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = \frac{46 \text{ g}}{(2 \times 12 + 5 + 16 + 1)}$$

$$n_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = \frac{46 \text{ g}}{46 \text{ g mol}^{-1}} = 1 \text{ mol}$$

وبالتالي فإن المولالية :

$$m = \frac{n_2}{m_1} \times 1000$$

$$m = \frac{n_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}}{m_{\text{C}_6\text{H}_6}} \times 1000$$

$$m = \frac{1}{540} \times 1000$$

$$m = 1.85 \text{ molal}$$

مثال (٤٣)

احسب المولالية لمحلول مكون من (938 g) من حمض الكبريت في 200 ml من المحلول ذي الكثافة (1.2 g/ml)، (الأوزان الذرية : H = 1, O = 16, S = 32)

الحل

الجواب : m = 0.43 molal

مثال (٤٤)

احسب الجزيئية الوزنية (المولالية) لمحلول هيدروكسيد الصوديوم المائي NaOH عندما تكون النسبة المئوية الوزنية لـ NaOH (14%). (الأوزان الذرية : H = 1, O = 16, Na = 23)

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

الحل

بفرض أن وزن المحلول ($m_{\text{sol}} = 100 \text{ g}$) فإن :

$$\text{Molality} = 4.07 \text{ molal}$$

مثال (٤٥)

محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH المائي تركيزه (40 % وزناً)

احسب ما يلي :

أ) التركيز بالمولالية

ب) الكسر المولي للمذاب

ج) الكسر المولي للمذيب

(علماً بأن الكتل الذرية : $H = 1, O = 16, K = 39$)

الحل

الجواب :

$$\text{أ) المولالية} = 11.9 \text{ molal} \quad \text{ب) } X_{\text{KOH}} = 0.177 \quad \text{ج) } X_{\text{H}_2\text{O}} = 0.823$$

ملحوظة :

في السؤال السابق لم يذكر كتلة المذاب والمذيب لذلك فرضنا أن كتلة المحلول تساوي

100 g ، وبما أن النسبة المئوية الوزنية للمذاب 40% فبالتالي كتلته تساوي 40 g لأن

كتلة المحلول تساوي 100 g

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

مثال (٤٦)

لديك محلول مائي للسكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ فإذا علمت أن الكسر المولي للسكروز 0.25 احسب :

(أ) التركيز بالمولالية
(ب) النسبة المئوية الوزنية
(علماً بأن الكتل الذرية : $C = 12, H = 1, O = 16$).

الحل

(أ) الجواب : 18.52 molal (ب) الجواب : Wt% = 86.36 %

مثال (٤٧)

محلول مائي لحمض الخل CH_3COOH تركيزه 10.2 molal احسب :
(١) الكسر المولي للمذاب والمذيب (٢) النسبة المئوية الوزنية للحمض.

الحل

بفرض أن وزن المذيب 1000 g

(أ) $X_{CH_3COOH} = 0.155, X_{H_2O} = 0.845$ (ب) Wt % = 37.97

مثال (٤٨)

محلول مائي لنترات الصوديوم $NaNO_3$ ، الكسر المولي لنترات الصوديوم فيه 0.45، احسب التركيز بالمولالية. (افرض أن عدد مولات المحلول = 1 mol)

الحل

المولالية = 45.45 molal

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

رابعاً / المولارية (التركيز الجزيئي الحجمي)

Molarity

(الجزيئية الحجمية)

تعريف المولارية : المولارية هي عدد المولات المذابة في لتر من المحلول.
صيغتها الرياضية :

$$\text{المولارية} = \frac{\text{عدد مولات المذاب (n}_2\text{)}}{\text{حجم المحلول باللتر (V}_{\text{sol}}\text{(L))}}$$

$$\text{Molarity (M)} = \frac{n_2}{V_{\text{sol}}\text{(L)}}$$

حيث V_{sol} : هي حجم المحلول باللتر.



دورق محدود السعة

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

ويمكن صياغة القانون السابق بالتعبير عن حجم المحلول بالملتر أو السنتمتر المكعب cm^3 كما يلي :

$$\text{Molarity (M)} = \frac{n_2}{V_{\text{sol (ml, cm}^3)}} \times 1000$$

وتكون وحدة المولارية هي مولار (molar) وتختصر بالرمز (M) أو mol/L (وبدون العلامة (/) تكتب الوحدة mol/L كالتالي : (mol L^{-1}))

ونظراً لأن $1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$ فإن وحدة المولارية يمكن أن تكون : $1 \text{ mol L}^{-1} = 1 \text{ mol dm}^{-3}$

ويمكن من القانون $(M) = \frac{n_2}{V_{\text{sol (L)}}$ اشتقاق عدة قوانين كما يلي :

$$M = \frac{n_2}{V_{\text{sol (L)}}$$

$$n_2 = M \cdot V_{\text{sol(L)}}$$

$$\frac{m_2}{Mw_2} = M \cdot V_{\text{sol}}$$

$$m_2 = \underbrace{M \cdot V_{\text{sol}}}_{\text{number of moles}} \cdot Mw_2$$

وتعتبر العلاقة الأخيرة : $m = M \cdot V_{\text{sol(L)}} \cdot Mw$ من العلاقات الهامة في تحضير محاليل ذات تراكيز معينة من المواد الصلبة.

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د/ عم بن عبد الله الهزاري

العلاقة بين المولارية والنسبة المئوية الوزنية والكثافة لحلول

$$M = \frac{\left(\frac{Wt \%}{100} \right) \times d \times 1000}{M_w}$$

حيث :

Wt % : النسبة المئوية الوزنية

d : كثافة المحلول بوحدة (g/ml)

M : المولارية بوحدة mol /L

M_w : الوزن الجزيئي بوحدة (g/mol).

مثال (٤٩)

ما مولارية محلول يحتوي على 3 mol من سكر الجلوكوز (C₆H₁₂O₆) مذاب في كمية من الماء بحيث يصبح حجم المحلول 750 ml؟

الحل

$$M = \frac{n}{V} \times 1000$$

$$M = \frac{3}{750} \times 1000 = 4 \text{ mol/L}$$

مثال (٥٠)

محلول مائي حجمه 200 cm³ يحتوي على 2 g من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) احسب المولارية لهذا المحلول. الأوزان الذرية : (H = 1, O = 16, Na = 23).

الحل

$$Mw_{NaOH} = 40 + 16 + 1 = 40 \text{ g/mol}$$

$$n_{NaOH} = \frac{m}{Mw} = \frac{2}{40} = 0.05 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V} \times 1000 = \frac{0.05}{200} \times 1000 = 0.25 \text{ mol L}^{-1}$$

مثال (٥١)

احسب التركيز بالمولارية (mol/L) لمحلول يحتوي على 20 g من سكر القصب $C_{12}H_{22}O_{11}$ مذاب في (125 g) من الماء علماً بأن كثافة المحلول 1.02 g/ml الأوزان الذرية : (H = 1, C = 12, O = 16)

الحل

$$Mw_{C_{12}H_{22}O_{11}} = (12 \times 12) + (22 \times 1) + (11 \times 16) = 342 \text{ g/mol}$$

$$n_{C_{12}H_{22}O_{11}} = \frac{m}{Mw} = \frac{20}{342} = 0.0585 \text{ mol}$$

$$m_{sol} = m_1 + m_2 \quad \therefore m_{sol} = 20 + 125 = 145 \text{ g}$$

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{d} = \frac{145}{1.02} = 142.157 \text{ ml}$$

$$M = \frac{n}{V} \times 1000 = \frac{0.0585}{142.157} \times 1000 = 0.412 \text{ molar}$$

مثال (٥٢)

احسب مولارية محلول كلوريد الصوديوم في الماء إذا أذيب منه (0.735 mol) في كمية من الماء بحيث يصبح حجم المحلول (650 ml).

الحل

بتطبيق العلاقة :

$$M = \frac{n_2}{V_{\text{sol (ml)}}} \times 1000$$

$$M = \frac{0.735}{650} \times 1000$$

$$M = 1.13 \text{ mol/L}$$

$$M = 1.13 \text{ molar (M)}$$

مثال (٥٣)

احسب مولارية محلول مكون من 2 mol من كلوريد الكالسيوم (CaCl_2) مذاب في كمية من الماء بحيث أصبح حجم المحلول 2 L

الحل

الحجم في المسألة باللتر لذلك نطبق العلاقة :

$$M = \frac{n_2}{V_{\text{sol}}}$$

$$M = \frac{n_{\text{CaCl}_2}}{V_{\text{sol}}} = \frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ L}} = 1 \text{ mol / L}$$

مثال (٥٤)

احسب مولارية محلول مكون من 2 mol من كلوريد الكالسيوم CaCl_2 مذاب في كمية من الماء بحيث أصبح حجم المحلول 500 ml

الحل

الحجم المعطى بوحدة (ml) لذلك نطبق في العلاقة التالية :

$$M = \frac{n_2}{V_{\text{sol}}(\text{ml})} \times 1000$$

$$M = \frac{n_{\text{CaCl}_2}}{V_{\text{sol}}(\text{ml})} \times 1000$$

$$M = \frac{2 \text{ mol}}{500 \text{ ml}} \times 1000$$

$$M = 4 \text{ mol/L (or 4 molar)}$$

مثال (٥٥)

إذا أذيب 12 g من هيدروكسيد الصوديوم NaOH في كمية كافية من الماء لتعطي محلولاً حجمه 510 ml ، احسب مولارية المحلول.

الحل

$$M = \frac{n_2}{V \text{ ml}} \times 1000$$

$$M = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{ml}}} \times 1000$$

$$M = \left(\frac{12 \text{ g}}{40 \text{ g mol}^{-1}} \right) \times 1000 \left(\frac{\text{ml}}{\text{L}} \right)$$

$$M = 0.588 \text{ mol/L}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (٥٦)

محلول حجمه 300 ml فإذا كان المحلول يحتوي من سكر الجلوكوز على :
 $(3.01 \times 10^{23}$ molecules) فاحسب مولارية المحلول.
 علماً بأن عدد أفوجادرو $(N_A = 6.022 \times 10^{23}$

الحل

نوجد أولاً عدد المولات :

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{3.01 \times 10^{23}}{6.022 \times 10^{23}} = 0.500 \text{ mol}$$

ومن ثم فإن المولارية :

$$M = \frac{n}{V} \times 1000$$

$$M = \frac{0.500 \text{ mol}}{300 \text{ ml}} \times 1000$$

$$M = 1.67 \text{ mol/L} \quad (\text{or } 1.67 \text{ molar}), \quad (\text{or } 1.67 \text{ M})$$

مثال (٥٧)

كم جراماً من كبريتات البوتاسيوم (K_2SO_4) تلزم لتحضير 500 ml من محلول تركيزه
 (0.3 M)، علماً بأن الكتل الذرية : (O = 16, S = 32, K = 39).

الحل

$$M = \frac{n_2}{V_{ml}} \times 1000$$

$$M = \frac{n_{K_2SO_4}}{V_{ml}} \times 1000$$

$$M = \frac{\left(\frac{m_{K_2SO_4}}{Mw_{K_2SO_4}} \right) \times 1000}{V_{ml}}$$

$$M = \frac{m_{K_2SO_4} \times 1000}{Mw_{K_2SO_4} V_{ml}}$$

$$m_{K_2SO_4} = \frac{M \times Mw_{K_2SO_4} \times V_{ml}}{1000}$$

$$m_{K_2SO_4} = \frac{0.3 \times (2 \times 39 + 32 + 4 \times 16) \times 500}{1000}$$

$$m_{K_2SO_4} = \frac{0.3 \times 174 \times 500}{1000}$$

$$m_{K_2SO_4} = 26.1 \text{ g}$$

مثال (٥٨)

عند إذابة 9 mol من كلوريد الصوديوم (NaCl) في 80 mol من الماء. احسب مولارية المحلول، علماً بأن كثافة المحلول هي 1.3 g/ml (علماً بأن الكتل الذرية : Na = 23, Cl = 35.5)

الحل

نوجد من المولات وزن كلوريد الصوديوم ووزن الماء كما يلي :

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

$$n_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{Mw_{\text{NaCl}}}$$

$$m_{\text{NaCl}} = n_{\text{NaCl}} \times Mw_{\text{NaCl}}$$

$$m_{\text{NaCl}} = 9 \times (23 + 35.5) = 9 \times 58.5 = 526.5 \text{ g}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{Mw_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}_2\text{O}} \times Mw_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 80 \times (2 \times 1 + 16) = 80 \times 18 = 1440 \text{ g}$$

ويكون وزن المحلول :

$$m_{\text{sol}} = m_{\text{NaCl}} + m_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$m_{\text{sol}} = 526.5 + 1440$$

$$m_{\text{sol}} = 1966.5 \text{ g}$$

وبالتالي فإنه يمكن حساب حجم المحلول من كثافته كما يلي :

$$d_{\text{sol}} = \frac{m_{\text{sol}}}{V_{\text{sol}}}$$

$$V_{\text{sol}} = \frac{m_{\text{sol}}}{d_{\text{sol}}}$$

$$V_{\text{sol}} = \frac{1966.5 \text{ g}}{1.3 \text{ g ml}^{-1}} = 1512.69 \text{ ml}$$

ومنه فإن مولارية المحلول :

$$M = \frac{n_2}{V_{\text{sol}} \text{ ml}} \times 1000$$

$$M = \frac{n_{\text{NaCl}}}{V_{\text{sol}} \text{ ml}} \times 1000$$

$$M = \frac{9}{1512.69} \times 1000 = 5.95 \text{ mol L}^{-1}$$

مثال (٥٩)

احسب الحجم بالملتر لمحلول تركيزه (0.12 M) ويحتوي على (0.00756 mol) من (HClO₄)

الحل

$$M = \frac{n}{V_{\text{sol}}(\text{ml})} \times 1000$$

$$V = \frac{n}{M} \times 1000$$

$$V_{\text{sol}} = \frac{0.00756}{0.12} \times 1000 = 63 \text{ ml}$$

مثال (٦٠)

محلول من كبريتات النحاس II (CuSO₄) في الماء تركيزه (0.22 M) احسب الآتي :

(أ) عدد مولات كبريتات النحاس II في حجم من المحلول قدره (125 cm³)

(ب) كتلة كبريتات النحاس II الموجودة في لتر واحد من المحلول.

(ج) حجم المحلول الذي يحتوي على مول واحد من كبريتات النحاس II

علماً بأن الكتل الذرية (O = 16, S = 32.1, Cu = 63.5)

الحل

(أ) حساب عدد مولات CuSO₄ في حجم المحلول (125 cm³) :

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

$$M = \frac{n_2}{V_{\text{sol}} (\text{cm}^3)} \times 1000$$

$$M = \frac{n_{\text{CuSO}_4}}{V_{\text{sol}} (\text{cm}^3)} \times 1000$$

$$n_{\text{CuSO}_4} = \frac{M \cdot V_{\text{sol}} (\text{cm}^3)}{1000}$$

$$n_{\text{CuSO}_4} = \frac{0.22 \times 125}{1000} = 0.0275 \text{ mol}$$

(ب) كتلة كبريتات النحاس الموجودة في لتر واحد من المحلول :

$$M = \frac{n_2}{V_{\text{sol}} (\text{L})}$$

$$M = \frac{n_{\text{CuSO}_4}}{V_{\text{sol}} (\text{L})}$$

$$n_{\text{CuSO}_4} = M \cdot V_{\text{sol}} (\text{L})$$

$$\left(\frac{m_{\text{CuSO}_4}}{Mw_{\text{CuSO}_4}} \right) = M \cdot V_{\text{sol}} (\text{L})$$

$$m_{\text{CuSO}_4} = M \times Mw_{\text{CuSO}_4} \times V_{\text{sol}} (\text{L})$$

$$m_{\text{CuSO}_4} = 0.22 \times (63.5 + 32.1 + 4 \times 16) \times 1 = 35.112 \text{ g}$$

(ج) حجم المحلول المحتوي على مول واحد من كبريتات النحاس CuSO_4 :

$$M = \frac{n_{\text{CuSO}_4}}{V_{\text{sol}} (\text{cm}^3)} \times 1000$$

$$V_{\text{sol}} (\text{cm}^3) = \frac{n_{\text{CuSO}_4}}{M} \times 1000$$

$$V_{\text{sol}} (\text{cm}^3) = \frac{1 \text{ mol}}{0.22 \text{ M}} \times 1000 = 4545.45 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{sol}} (\text{cm}^3) = 4.55 \text{ L}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (٦١)

كم تكون كتلة برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ اللازمة لتحضير 300 ml من محلول برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ الذي مولاريتته 0.35 molar

الحل

$$M = \frac{n}{V} \times 1000$$

$$0.35 = \frac{n}{300} \times 1000$$

$$n = \frac{0.35 \times 300}{1000} = 0.105 \text{ mol}$$

$$Mw_{KMnO_4} = 39 + 55 + (4 \times 16) = 158 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{Mw}$$

$$0.105 = \frac{m}{158} \Rightarrow m = 0.105 \times 158 = 16.59 \text{ g}$$

مثال (٦٢)

احسب مولارية محلول حمض الكبريتيك الذي كثافته 1.2 g/ml ويحتوي على 30 % بالوزن من حمض الكبريتيك H_2SO_4 ، علماً بأن الأوزان الذرية :

$$(H = 1, O = 16, S = 32)$$

الحل

بتطبيق العلاقة التي تربط بين المولارية والنسبة المئوية الوزنية والكثافة :

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

$$M = \frac{\left(\frac{\%}{100}\right) \times d \times 1000}{Mw_{H_2SO_4}}$$

$$M = \frac{\left(\frac{30}{100}\right) \times 1.2 \text{ g ml}^{-1} \times 1000}{(2 \times 1) + 32 + (4 \times 16)}$$

$$M = \frac{0.3 \times 1.2 \times 1000}{98} = 3.67 \text{ molar}$$

مثال (٦٣)

احسب النسبة المئوية الوزنية لمحلول كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 الذي تركيزه 0.2 M وكثافته (1.1 g/cm^3) . الوزن الذري : (H = 1, O = 16, S = 32, K = 39)

الحل

$$M = \frac{\left(\frac{Wt\%}{100}\right) \times d \times 1000}{Mw_{K_2SO_4}}$$

$$0.2 = \frac{\left(\frac{Wt\%}{100}\right) \times 1.1 \text{ g ml}^{-1} \times 1000}{(2 \times 39) + 32 + (4 \times 16)}$$

$$\left(\frac{Wt\%}{100}\right) = \frac{0.2 \times 174}{1.1 \times 1000}$$

$$Wt\% = \frac{0.2 \times 174 \times 100}{1.1 \times 1000}$$

$$Wt\% = 3.16 \%$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (٦٤)

محلول مائي للأمونيا (30%) وزناً كثافته 0.982 g/cm^3 فاحسب :
 أ) الكسر المولي للأمونيا NH_3 (ب) مولارية المحلول.
 علماً بأن الكتل الذرية : (O = 16, H = 1, N = 14)

الحل

أ) الجواب : 0.312 ب) الجواب : $M = 17.33 \text{ mol/L}$

مثال (٦٥)

أذيب 168 g من كبريتات الخارصين ZnSO_4 في 395 g من الماء H_2O لينتج محلولاً حجمه 0.41 L من المحلول.

فإذا علمت أن الكتل الذرية (Zn = 65.4, S = 32.1, O = 16)

احسب ما يلي :

أ) المولالية

ب) النسبة المئوية الوزنية

ج) المولارية

د) الكسر المولي للمذيب والمذاب

الحل

أ) الجواب : 2.63 molal
 ب) الجواب : $\text{Wt}\% = 29.84 \%$
 ج) الجواب : $M = 2.537 \text{ molar}$
 د) الكسر المولي للمذاب : $X_{\text{ZnSO}_4} = 0.045$
 الكسر المولي للمذيب : $X_{\text{H}_2\text{O}} = 0.955$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (٦٦)

محلول مكون من (20 g H₂SO₄) في (80 g H₂O) فإذا كانت كثافة المحلول :
1.143 g/ml فاحسب ما يلي :

(أ) المولالية

(ب) النسبة المئوية الوزنية

(ج) المولارية

(د) الكسر المولي للمذيب والمذاب

علمًا بأن الكتل الذرية: (H = 1, O = 16, S = 32.1).

الحل

(أ) الجواب : $m = 2.55 \text{ molal}$

(ب) الجواب : $\text{Wt \%} = 20 \%$

(ج) الجواب : $M = 2.33 \text{ molar}$

(د) الجواب : $X_{\text{H}_2\text{O}} = 0.956$ ، $X_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0.044$

العلاقة بين المولارية والنسبة المئوية الوزنية والكثافة :

$$\frac{\text{المولارية} \times \text{النسبة المئوية الوزنية} \times 1000}{\text{الوزن الجزيئي للمذاب} \times 100} = \text{الكثافة}$$

$$M = \frac{\text{Wt \%} \times d \times 1000}{M_w \times 100}$$

حيث وحدة الكثافة (d) في هذا القانون (g/cm³) أو (g/ml)

خامساً / العيارية (التركيزي العياري) Normality

تعريف العيارية :

هي عدد الأوزان المكافئة الجرامية (Eq) من المادة المذابة الموجودة في لتر من المحلول (V_{sol}).

ويصاغ هذا القانون رياضياً كما يلي :

$$\begin{aligned} \text{العيارية (N)} &= \frac{\text{عدد المكافئات الجرامية للمذاب } Eq_2}{\text{حجم المحلول باللتر } (L) V_{sol}} \\ N &= \frac{Eq_2}{V_{sol}(L)} \\ \text{or } N &= \frac{Eq_2}{V_{sol}(\text{cm}^3, \text{ml})} \times 1000 \end{aligned}$$

حيث (Eq_2) عدد المكافئات الجرامية للمادة المذابة.

ولكن كيف نحسب عدد المكافئات الجرامية (Eq) ؟

يمكن حساب عدد المكافئات الجرامية (Eq) بقسمة وزن المادة بالجرام على الوزن المكافئ (Ew) بالعلاقة التالية :

$$Eq = \frac{m_2}{Ew}$$

حيث Ew : الوزن المكافئ للمادة المذابة، والذي يمكن حسابه من العلاقة التالية :

$$Ew = \frac{Mw}{n_{(H^+, OH^-, \bar{e})}}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د. عمر بن عبد الله الهزاري

حيث n : تعبر عن عدد المولات من وحدات أيونات الهيدروجين (H^+) أو الهيدروكسيد (OH^-) أو عدد الإلكترونات المشاركة في تفاعلات الأكسدة والإختزال.

الوزن المكافئ للحمض :

هو كمية الحمض التي تعطي عند تفككها مولاً واحداً من أيونات الهيدروجين (H^+).

الوزن المكافئ للقاعدة :

هو كمية القاعدة التي تعطي عند تفككها كمولاً واحداً من أيونات الهيدروكسيد (OH^-).

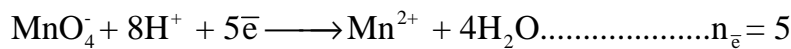
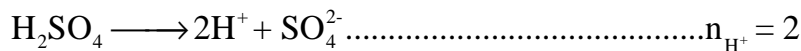
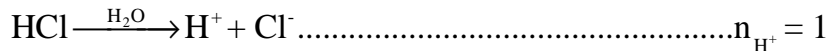
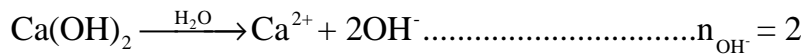
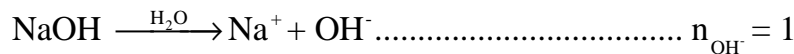
الوزن المكافئ للملح :

هو كمية الملح التي تفقد عند الأكسدة وتكتسب عند الإختزال مولاً واحداً من الإلكترونات.

مثال توضيحي :

- مول واحد من حمض الكبريتيك (H_2SO_4) يحوي على مولين (2 moles) من أيونات الهيدروجين (H^+).
- مول واحد من قاعدة هيدروكسيد الصوديوم ($NaOH$) يحوي مولاً واحداً من أيونات الهيدروكسيد (OH^-).
- مول واحد من هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ يحوي مولين من أيونات الهيدروكسيد.

والأمثلة التالية توضح ذلك :

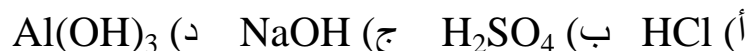


الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (٦٧)

احسب الوزن المكافئ للمواد التالية :



علماً بأن الأوزان الذرية : (H= 1, O = 16, Na = 23, Al = 27, S = 32, Cl =

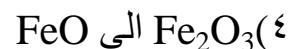
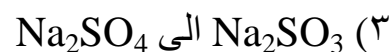
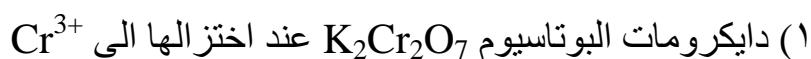
35.5)

الحل

الوزن المكافئ $E_w = \frac{M_w}{n_{(H^+, OH^-)}}$	عدد مولات (H ⁺ , OH ⁻) الناجمة عن التفكك	تفكك المادة	الوزن الجزيئي	المادة
36.5 g	1	HCl → H ⁺ + Cl ⁻	36.5	HCl
49 g	2	H ₂ SO ₄ → 2H ⁺ + SO ₄ ²⁻	98	H ₂ SO ₄
40 g	1	NaOH → Na ⁺ + OH ⁻	40	NaOH
26 g	3	Al(OH) ₃ → Al ³⁺ + 3OH ⁻	78	Al(OH) ₃

مثال (٦٨)

احسب الوزن المكافئ لكل مما يلي :



الأوزان الذرية :

.(O = 16, K = 39, Cr = 52, Mn = 55, Na = 23, S = 32, Fe = 56)

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

الحل

الوزن المكافئ $E_w = \frac{M_w}{n_e}$	عدد مولات الإلكترونات المستهلكة أو الناتجة	تفاعل الأكسدة أو الإختزال	الوزن الجزيئي	المادة
49 g	6 e	$\begin{array}{c} 2(+1) \quad 12 \quad 7(-2) \quad \quad \quad 2(+3) \\ K_2 Cr_2 O_7 \longrightarrow 2Cr^{3+} \\ 2Cr^{+6} + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} \end{array}$	294 g/mol	$K_2Cr_2O_7$

الوزن المكافئ $E_w = \frac{M_w}{n_e}$	عدد مولات الإلكترونات المستهلكة أو الناتجة	تفاعل الأكسدة أو الإختزال	الوزن الجزيئي	المادة
52.67 g	3e	$\begin{array}{c} +1 \quad +7 \quad 4(-2) \quad \quad \quad +4 \quad 2(-2) \\ K Mn O_4 \longrightarrow Mn O_2 \\ Mn^{+7} + 3e^- \longrightarrow Mn^{+4} \end{array}$	158 g/mol	$KMnO_4$
63 g	2e	$\begin{array}{c} 2(+1) \quad +4 \quad 3(-2) \quad \quad \quad 2(+1) \quad +6 \quad 4(-2) \\ Na_2 S O_3 \longrightarrow Na_2 S O_4 \\ +4 \quad \quad \quad +6 \\ S \longrightarrow S + 2e^- \end{array}$	126 g/mol	Na_2SO_3
80 g	2e	$\begin{array}{c} +6 \quad 3(-2) \quad \quad \quad +2 \quad -2 \\ Fe_2 O_3 \longrightarrow 2Fe O \\ 2Fe^{3+} + 2e^- \longrightarrow 2Fe^{2+} \end{array}$	160 g/mol	Fe_2O_3

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمربن عبدالله الهزاري

العلاقة بين المولية (M) والعيارية (N)

$$N = M \times n_{(H^+, OH^-, e)}$$

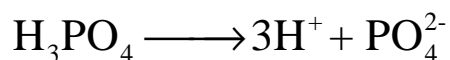
العلاقة بين عدد المكافئات الجرامية (Eq) وعدد المولات (n)

$$Eq = n_{(mol)} \times n_{(H^+, OH^-, e)}$$

مثال (٦٩)

أوجد عدد الأوزان المكافئة ($3 \text{ mol H}_3\text{PO}_4$)

الحل



$$Eq = n_{\text{H}_3\text{PO}_4} \times n_{\text{H}^+}$$

$$Eq = 3 \times 3 = 9 \text{ eq}$$

مثال (٧٠)

احسب عيارية محلول NaOH الذي يحتوي على 16 g من NaOH في 400 ml من المحلول، علماً بأن الكتل الذرية : (Na = 23, O = 16, H = 1).

الحل

$$N = \frac{Eq_2}{V_{sol} (ml)} \times 1000$$

$$N = \frac{Eq_{NaOH}}{V_{sol} (ml)} \times 1000$$

$$N = \frac{\left(\frac{m_{NaOH}}{Ew_{NaOH}} \right)}{V_{sol} (ml)} \times 1000$$

$$N = \frac{\left(\frac{m_{NaOH}}{\left(\frac{Mw_{NaOH}}{n_{OH^-}} \right)} \right)}{V_{sol}(ml)} \times 1000$$

$$N = \frac{\left(\frac{16}{\left(\frac{23+16+1}{1} \right)} \right)}{400} \times 1000$$

$$N = \frac{0.4}{400} \times 1000 = 1 \text{ N} \quad (1 \text{ normal, } 1 \text{ Eq/L})$$

مثال (٧١)

احسب عدد الأوزان المكافئة (Eq) لمذاب موجود في نصف لتر من محلول تركيزه (0.25 N)

الحل

$$N = \frac{Eq_2}{V_{sol} (L)}$$

$$Eq_2 = N \times V_{sol} (L)$$

$$Eq_2 = 0.25 \times 0.5$$

$$Eq_2 = 0.125 \text{ eq}$$

مثال (٧٢)

أجر التحويلات التالية :

أ) 6.2 mol من Ca(OH)_2 الى أوزان مكافئة (Eq)

ب) 0.4 eq من H_2SO_4 الى مولات

ج) 7 g من KOH الى أوزان مكافئة

د) 10 eq من Mg(OH)_2 الى جرامات.

علماً بأن الكتل الذرية :

$$(K = 39, Mg = 24.3, O = 16, H = 1, Ca = 40.1, K = 39)$$

الحل

أ) تحويل 6.2 mol من Ca(OH)_2 الى أوزان مكافئة :

$$\text{Eq}_{\text{Ca(OH)}_2} = n_{\text{Ca(OH)}_2} \times n_{\text{OH}^-}$$

$$\text{Eq}_{\text{Ca(OH)}_2} = 6.2 \times 2$$

$$\text{Eq}_{\text{Ca(OH)}_2} = 12.4 \text{ eq}$$

ب) تحويل 0.4 eq من H_2SO_4 الى أوزان مكافئة :

$$\text{Eq}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times n_{\text{H}^+}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{\text{Eq}_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{n_{\text{H}^+}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{0.4}{2} = 0.2 \text{ mol}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

(ج) تحويل 7 g من KOH الى أوزان مكافئة :

$$Eq_{(KOH)} = \frac{m_{KOH}}{Ew_{KOH}}$$

$$Eq_{(KOH)} = \frac{m_{KOH}}{\frac{Mw_{KOH}}{n_{OH^-}}}$$

$$Eq_{(KOH)} = \frac{7}{\frac{(39 + 16 + 1)}{1}}$$

$$Eq_{(KOH)} = 0.125 \text{ eq}$$

(د) 10 eq من Mg(OH)₂ الى جرامات :

$$Eq_{Mg(OH)_2} = \frac{m_{Mg(OH)_2}}{Ew_{Mg(OH)_2}}$$

$$m_{Mg(OH)_2} = Eq_{Mg(OH)_2} \times Ew_{Mg(OH)_2}$$

$$m_{Mg(OH)_2} = Eq_{Mg(OH)_2} \times \left(\frac{Mw_{Mg(OH)_2}}{n_{OH^-}} \right)$$

$$m_{Mg(OH)_2} = 10 \times \left(\frac{24.3 + 2(16 + 1)}{2} \right)$$

$$m_{Mg(OH)_2} = 291.5 \text{ g}$$

مثال (٧٣)

احسب عيارية (N) محلول كلوريد الصوديوم في الماء إذ أذيب منه (0.735 eq) في كمية من الماء بحيث يصبح حجم المحلول (650 ml).

الحل

$$N = \frac{Eq}{V_{ml}} \times 1000$$

$$N = \frac{0.735}{650} \times 1000$$

$$N = 1.13 \text{ normal (or } 1.13N, 1.13 \text{ eq L}^{-1}\text{)}$$

مثال (٧٤)

احسب التركيز بالعيارية لحمض H_3PO_4 تركيزه 0.3 M؟

الحل

$$N = M \times n_{(H^+, OH^-, e^-)}$$

$$N = 0.3 \times 3 = 0.9 N$$

مثال (٧٥)

احسب عيارية محلول HCl في الماء إذا أذيب (0.5 eq HCl) في كمية من الماء بحيث يصبح حجم المحلول (500 ml)؟

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

الحل

$$N = \frac{Eq}{V} \times 1000$$

$$N = \frac{0.5}{500} \times 1000 = 1 \text{ N}$$

مثال (٧٦)

احسب عيارية المحلول الناتج عن إذابة 19.5 g من H₂SO₄ في الماء ليتكون محلول حجمه 800 ml (علماً بأن الأوزان الذرية (H = 1, O = 16, S = 32)).

الحل

$$Mw_{H_2SO_4} = (2 \times 1) + 32 + (4 \times 16) = 98 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{Mw} = \frac{19.6}{98} = 0.2 \text{ mol}$$

$$Eq = n_{H_2SO_4} \times n_{H^+} = 0.2 \times 2 = 0.4 \text{ eq}$$

$$N = \frac{Eq}{V} \times 1000 = \frac{0.4}{800} \times 1000 = 0.5 \text{ N}$$

مثال (٧٧)

كم جراماً من هيدروكسيد الصوديوم الذي يوجد في 500 ml من محلول NaOH عياريته 0.0412 N، علماً بأن الأوزان الذرية : (H = 1, O = 16, Na = 23).

الحل

$$N = M n_{OH^-}$$

$$M = \frac{N}{n_{OH^-}} = \frac{0.0412}{1} = 0.0412 \text{ M}$$

$$\therefore M = \frac{n_{NaOH}}{V} \times 1000$$

$$\Rightarrow n_{NaOH} = \frac{M \cdot V}{1000} = \frac{0.0412 \times 500}{1000} = 0.0206 \text{ mol}$$

$$\therefore n = \frac{m}{M_w}$$

$$\Rightarrow m = n M_w = 0.0206 \times 40 = 0.824 \text{ g}$$

مثال (٧٨)

احسب حجم محلول هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ الذي تركيزه (0.23 N) ويحتوي على 20 g من هيدروكسيد الصوديوم. علماً بأن الأوزان الذرية : (H = 1, O = 16, Ca = 40).

الحل

الجواب : $V = 2347.83 \text{ ml}$

التخفيف Diluting

وفيه تتم إضافة المزيد من المذيب الى محلول ذي تركيز معين وبالتالي فإن تركيز المحلول يقل بسبب زيادة الحجم. إلا أن كمية المذاب تظل كما هي قبل وبعد التخفيف، وبالتالي فعدد المولات قبل التخفيف يساوي عدد المولات بعد التخفيف. ونعلم أن عدد المولات يحسب من حاصل ضرب التركيز بالمولارية (M) في حجم المحلول باللتر أو بالملتر.

القانون :

$$\underbrace{M_1 V_1}_{\text{قبل التخفيف}} = \underbrace{M_2 V_2}_{\text{بعد التخفيف}}$$

حيث :

M_1 : تركيز المحلول الابتدائي (قبل التخفيف)

M_2 : تركيز المحلول النهائي (بعد التخفيف – بعد إضافة مزيد من المذيب)

V_1 : حجم المحلول الابتدائي (قبل التخفيف – قبل إضافة المذيب)

V_2 : حجم المحلول النهائي (بعد التخفيف – بعد إضافة المذيب).

مثال (٧٩)

عند تخفيف 250 ml من حمض الكلور المركز الذي تركيزه 11 M الى حجم قدره 500 ml، فكم يكون التركيز بالمولارية للمحلول النهائي؟

الحل

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{11 \times 250}{500} = 5.5 \text{ M}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د/ عمر بن عبد الله الهزاري

مثال (٨٠)

أراد كيميائي تخفيف 50 ml من (3.5 M H₂SO₄) الى (2 M H₂SO₄) فألى أي حجم يجب أن يخفف.

الحل

بتطبيق قانون التخفيف :

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$3.5 \text{ M} \times 50 \text{ ml} = 2 \text{ M} \times V_2$$

$$V_2 = \frac{3.5 \text{ M} \times 50 \text{ ml}}{2 \text{ M}} = 87.5 \text{ ml}$$

مثال (٨١)

50 ml من محلول معين تركيزه 0.2 M أضيف إليه كمية من الماء حجمها 20 ml، احسب المولارية للمحلول الجديد.

الحل

حجم المحلول بعد التخفيف (V₂) = حجم المحلول قبل التخفيف (V₁) + حجم الماء المضاف

$$V_2 = 50 + 20 = 70 \text{ ml}$$

ولحساب التركيز المولاري بعد التخفيف :

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.2 \times 50}{70} = 0.14 \text{ M}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (٨٢)

إذا كان لدينا 250 ml من محلول تركيزه 1.25 M فكم حجم الماء الذي يلزم إضافته لتكوين محلول تركيزه 0.5 M؟

الحل

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{M_1 V_1}{M_2}$$

$$V_2 = \frac{1.25 \times 250}{0.5} = 625 \text{ ml}$$

حجم الماء المضاف = حجم المحلول بعد التخفيف – حجم المحلول قبل التخفيف

$$V_{H_2O} = 625 - 250 = 375 \text{ ml}$$

مثال (٨٣)

احسب حجم ووزن هيدروكسيد الصوديوم NaOH المركز الذي تركيزه 80 % وكثافته 1.42 g/ml الذي يلزم لتحضير 200 ml من المحلول الذي يبلغ تركيزه 8 M؟
الأوزان الذرية : (H = 1, O = 16, Na = 23)

الحل

$$Mw_{NaOH} = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ g/mol}$$

نحسب مولارية المحلول المركز من العلاقة :

$$M = \frac{\left(\frac{Wt\%}{100}\right) \times d \times 1000}{Mw_{NaOH}}$$

$$M = \frac{\left(\frac{80}{100}\right) \times 1.42 \times 1000}{40}$$

$$M = 28.4 \text{ molar}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د. عمر بن عبد الله الهزاري

ولحساب حجم محلول NaOH المركز (V_1) :

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{M_2 V_2}{M_1} = \frac{8 \times 200}{28.4} = 56.34 \text{ ml}$$

ولحساب الوزن نتبع قانون الكثافة :

$$d = \frac{m}{V}$$

$$m = d \times V$$

$$m = 1.42 \times 56.34 = 80 \text{ g}$$

مثال (٨٤)

0.5 L من HClO_4 الذي تركيزه 2.5 M أضيف إليه 0.8 L من HClO_4 الذي تركيزه 3.7 M وخفف المحلول حتى أصبح حجمه 6.31 L ما مولارية المحلول الناتج.

الحل

نوجد عدد مولات كل محلول على حدة أولاً ثم نجمع أعداد مولات المحلولين :

$$n = M V \Rightarrow n = 2.5 \times 0.5 = 1.25 \text{ mol}$$

$$n = M V \Rightarrow n = 3.7 \times 0.8 = 2.96 \text{ mol}$$

$$n_t = 1.25 + 2.96 = 4.21 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V} = \frac{4.21}{6.31} = 0.667 \text{ molar}$$

مثال (٨٥)

احسب التركيز النهائي لمحلول حمض الكبريت H_2SO_4 إذا كان المحلول ناتج عن مزج 50 ml من (0.5 M H_2SO_4) مع 75 ml من (0.25 M H_2SO_4) . افرض الحجم النهائي للمزيج 125 ml

الحل

في هذه الحالة تم التخفيف لكن صاحبتة زيادة في عدد المولات لأن الإضافة هنا إضافة محلول وليست إضافة مذيب، لذلك فإننا نوجد عدد مولات الحمض في كلا المحلولين ثم نجمع هذه المولات كما يلي :

$$M = \frac{n}{V \text{ (ml)}} \times 1000$$

$$\Rightarrow n_1 = \frac{M_1 V_1}{1000}$$

$$n_1 = \frac{0.5 \times 50}{1000} = 0.025 \text{ mol}$$

$$n_2 = \frac{M_2 V_2}{1000}$$

$$n_2 = \frac{0.25 \times 75}{1000} = 0.01875$$

وبالتالي فمجموع عدد المولات في المحلولين الأول والثاني (n_1, n_2) :

$$n_t = n_1 + n_2$$

$$n_t = 0.025 + 0.01875$$

$$n_t = 0.04375 \text{ mol}$$

والحجم الكلي للمحلولين بعد مزجهما :

$$V_t = V_1 + V_2$$

$$V_t = 50 \text{ ml} + 75 \text{ ml}$$

$$V_t = 125 \text{ ml}$$

$$V_t = \frac{125 \text{ ml}}{1000} = 0.125 \text{ L}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمربن عبدالله الهزاري

وبالتالي فإن التركيز النهائي للمحلول الناتج عن مزج المحلولين :

$$M = \frac{n}{V}$$

$$M = \frac{0.04375 \text{ mol}}{125 \text{ ml}} \times 1000$$

$$M = 0.35 \text{ molar}$$

مثال (٨٦)

كم مللتراً من الماء يجب أن تضاف الى 250 ml من محلول حامض الكبريتيك (H_2SO_4) الذي تركيزه (19.6 %) وزناً، وكثافته 1.96 g/ml لكي نحصل على

محلول تركيزه 2 M

(الكتل الذرية : H = 1, O = 16, S = 32.1)

الحل

أولاً / نحسب التركيز الابتدائي بالمولارية باتباع الخطوات التالية :

(أ) نوجد وزن المحلول الابتدائي من النسبة المئوية الوزنية كما يلي :

$$Wt\% = \frac{m_2}{m_{sol}} \times 100$$

$$Wt\%_{H_2SO_4} = \frac{m_{H_2SO_4}}{m_{sol}} \times 100$$

$$Wt\%_{H_2SO_4} = \frac{m_{H_2SO_4}}{d_{sol} \times V_{sol}} \times 100$$

$$19.6 = \frac{m_{H_2SO_4}}{1.96 \text{ g/ml} \times 250 \text{ ml}} \times 100$$

$$m_{H_2SO_4} = \frac{19.6 \times 1.96 \times 250}{100} = 96.04 \text{ g}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

وبالتالي يمكن حساب عدد المولات لهذا الوزن من الحمض كما يلي :

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{Mw_{\text{H}_2\text{SO}_4}}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{96.04}{(2 \times 1 + 32.1 + 4 \times 16)}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0.979 \text{ mol}$$

وبالتالي فإنه يمكن حساب مولارية المحلول (التركيز الأولي) كما يلي :

$$M = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V(\text{ml})} \times 1000$$

$$M = \frac{0.979}{250 \text{ ml}} \times 1000$$

$$M = 3.92$$

وهذا التركيز هو (M_1) (التركيز الابتدائي).

وبالتالي لحساب الحجم من الماء اللازم إضافته للمحلول السابق لتخفيفه الى تركيز

$$(M_2 = 2)$$

نحسب V_2 والتي تعبر عن الحجم النهائي بعد الإضافة :

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{M_1 V_1}{M_2}$$

$$V_2 = \frac{3.92 \times 250}{2}$$

$$V_2 = 490 \text{ ml}$$

وبالتالي فإن حجم الماء الذي تمت إضافته هو :

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = V_2 - V_1$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 490 - 250$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 240 \text{ ml}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د. عم بن عبد الله الهزاري

ملحوظة :

يمكن أن نوجد قانوناً لحساب المولارية من خلال معرفة النسبة المئوية الوزنية ومعرفة الكثافة كما يلي:

$$M = \frac{Wt\% \times d \times 1000}{Mw \times 100}$$

$$M = \frac{19.6 \times 1.96 \times 1000}{98 \times 100}$$

$$M = 3.92 \text{ molar}$$

وهي نفس النتيجة السابقة لكنها بقانون شامل للخطوات وأسهل في التطبيق.

مثال (٨٧)

ما حجم 95% وزناً من الكحول الإيثيلي كثافته 0.809 g/cm^3 التي تستخدم لإعداد 150 cm^3 من 30% وزناً من الكحول الإيثيلي كثافته 0.957 g/cm^3 (علماً بأن الكتل الذرية : C = 12, H = 1, O = 16)

الحل

أولاً / نوجد تركيز المحلول (مولاريتته) قبل التخفيف (M_1) :

$$M_1 = \frac{Wt\% \times d \times 1000}{Mw_{C_2H_5OH} \times 100}$$

$$M_1 = \frac{95 \times 0.809 \times 1000}{(2 \times 12 + 5 \times 1 + 16 + 1) \times 100}$$

$$M_1 = 16.7 \text{ molar}$$

ثانياً : تركيز المحلول (مولاريتته) بعد التخفيف :

$$M_2 = \frac{Wt\% \times d \times 1000}{Mw_{C_2H_5OH} \times 100}$$

$$M_2 = \frac{30 \times 0.957 \times 1000}{(2 \times 12 + 5 \times 1 + 16 + 1) \times 100}$$

$$M_2 = 6.24 \text{ molar}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

ولمعرفة الحجم اللازم أخذه من المحلول المركز (M_1) اللازم لإعداد 150 cm^3 من المحلول المخفف ذي التركيز (M_2) فإننا نتبع قانون التخفيف :

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{M_2 V_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{6.24 \text{ molar} \times 150 \text{ cm}^3}{16.7 \text{ molar}}$$

$$V_1 = 56.05 \text{ cm}^3$$

ويمكن إيجاد الحجم اللازم أخذه من المحلول المركز لتحضير المحلول المخفف كما يلي :

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$V_1 = \frac{M_2 V_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{M_2 V_2}{\frac{\text{Wt\%} \times d \times 1000}{M_w \times 100}}$$

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2 \times M_w \times 100}{\text{Wt\%} \times d \times 1000}$$

$$V_1 = \frac{6.24 \times 150 \times 46 \times 100}{95 \times 0.809 \times 1000} = 56.02 \text{ cm}^3$$

وهي نفس النتيجة السابقة تقريباً.

مثال (٨٨)

كم مللتر من الماء يجب أن تضاف الى 50 ml من حامض النيتريك (HNO_3) المركز الذي تركيزه 69.8% وزناً وكثافته 1.42 g/ml لنحصل على محلول مخفف للحامض تركيزه 19% وزناً وكثافته 1.11 g/ml ؟

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

الحل

يحل بمثل خطوات السؤال السابق (مثال ٤٧).

الجواب النهائي : $V_{H_2O} = 184.78 \text{ ml}$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د/ عم بن عبد الله الهزاري

طرق أخرى للتعبير عن التركيز :

هناك طرق أخرى للتعبير عن التركيز إلا أنها أقل استخداماً من الطرق السابقة ومنها :

(١) النسبة المئوية الحجمية Volume Percentage :

هي حجم المذاب بالملتر الموجود في 100 ml من المحلول.

أو هي حجم المذاب بالتر الموجود في 100 L من المحلول.

$$\text{النسبة المئوية الحجمية} = \frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100$$

$$V\% = \frac{V_2}{V_{\text{sol}}} \times 100$$

V_2 : حجم المذاب، V_{sol} : حجم المحلول

ملحوظة :

(١) بسبب أن القانون هو عبارة عن حاصل قسمة حجم على حجم فإن وحدة الحجم ليست محددة.

(٢) سنفرض أن حجم المحلول هو عبارة عن مجموع حجمي المذيب والمذاب، وذلك لأنه في بعض الحالات قد يقل أو يزيد عن مجموع حجمي المذاب (V_2) والمذيب (V_1) وهذا ما سنوضحه في موضعه من فصل المحاليل (الفصل الخامس).

مثال (٨٩)

محلول حجمه 90 ml، احسب حجم الميثانول (CH_3OH) اللازم لعمل محلول النسبة المئوية له 13% حجماً؟

الحل

$$V\% = \frac{V_2}{V_{\text{sol}}} \times 100$$

$$V_2 = \frac{V\% \times V_{\text{sol}}}{100}$$

$$V_2 = \frac{90 \times 13}{100} = 11.7 \text{ ml}$$

مثال (٩٠)

كم مللتر من الماء يلزم لعمل محلول النسبة المئوية فيه 17% حجماً ويحتوي على 500 L من الكحول المذاب؟

الحل

$$V\% = \frac{V_2}{V_{\text{sol}}} \times 100$$

$$V_{\text{sol}} = \frac{V_2}{V\%} \times 100$$

$$V_{\text{sol}} = \frac{500}{17} \times 100 = 2941.18 \text{ ml}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

٢) قوة المحلول (S): Strength

هي عدد الجرامات المذابة الموجودة في لتر من المحلول.

$$S \text{ (g/L)} = M \times Mw$$

$$S \text{ (g/L)} = N \times Eq$$

مثال (٩١)

محلول هيدروكسيد صوديوم NaOH عياريته 0.2 N فاحسب قوة المحلول (S).

علماً بأن الأوزان الذرية : (H = 1, O = 16, Na = 32)

الحل

$$S = N \times Ew$$

$$S = N \times \left(\frac{Mw}{n_{OH^-}} \right)$$

$$S = 0.2 \times \left(\frac{40}{1} \right) = 8 \text{ g/L}$$

مثال (٩٢)

محلول حمض الكبريت H₂SO₄ تركيزه 0.5 M فاحسب قوة المحلول.

علماً بأن الأوزان الذرية : (H = 1, O = 16, Na = 23).

الحل

$$S = M \times Mw$$

$$S = 0.5 \times 98 = 49 \text{ g/L}$$

مثال (٩٣)

إذا أذيب 25 g من نترات الفضة AgNO_3 في 150 g من الماء، فإذا أصبح حجم المحلول 130 ml، فاحسب قوة المحلول. علماً بأن الأوزان الذرية :
(N = 14, O = 16, Ag = 108)

الحل

$$M_w_{\text{AgNO}_3} = 108 + 14 + (3 \times 16) = 170 \text{ g/mol}$$

$$n = \frac{m}{M_w} = \frac{25}{170} = 0.147 \text{ mol}$$

$$M = \frac{n}{V} \times 1000$$

$$M = \frac{0.147}{130} \times 1000 = 1.13 \text{ M}$$

$$S = M \times M_w$$

$$S = 1.13 \times 170 = 192.1 \text{ g/L}$$

٣) النسبة المئوية المولية Mole Fraction Percentage

هي عدد المولات من المذاب في 100 مول من المحلول

$$X \% = \frac{n_2}{n_{\text{sol}}} \times 100$$

مثال (٩٤)

إذا أذيب 2 mol من نترات الفضة AgNO_3 في 9 mol من الماء، فاحسب النسبة المئوية الجزيئية (المولية).

الحل

$$n_{\text{sol}} = 2 + 9 = 11 \text{ mol}$$

$$X\% = \frac{n_2}{n_{\text{sol}}} \times 100 = \frac{2}{11} \times 100 = 18.18 \%$$

مثال (٩٥)

إذا أذيب 20 g من كلوريد الصوديوم NaCl في 180 g من الماء، فاحسب النسبة المئوية الجزيئية (المولية).

الحل

$$Mw_{\text{NaCl}} = 23 + 35.5 = 58.5 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{NaCl}} = \frac{m}{Mw} = \frac{20}{58.5} = 0.34 \text{ mol}$$

$$Mw_{\text{H}_2\text{O}} = (2 \times 1) + 16 = 18 \text{ g/mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m}{Mw} = \frac{180}{18} = 10 \text{ mol}$$

$$n_{\text{sol}} = 0.34 + 10 = 10.34$$

$$X\% = \frac{n_2}{n_{\text{sol}}} \times 100 = \frac{0.34}{10.34} \times 100 = 3.29 \%$$

تركيز المواد النقية

Concentration of Pure Substances

قوانين التركيز السابقة تعبر عن الكمية الموجودة من مادة ما في كمية من مادة أخرى أو في كمية من المحلول، لكن كيف يمكن لمادة نقية أن يكون لها تركيز وهي منفردة؟

النسبة المئوية الوزنية والكسر المولي للمادة النقية

الكسر المولي لأي مادة نقية لا بد وأن يساوي الوحدة مهما كانت كميتها، وحتى النسبة المئوية الوزنية للمادة النقية يجب هي الأخرى أن تساوي الوحدة مهما كانت كميتها إذ أنها عبارة عن النسبة بين كتلة المادة وكتلة كل مكونات المحلول فإذا كانت المادة نقية فستكون حتماً هذه النسبة (100 %).

ولكن هل المادة عندما تكون نقية يجوز أن نسأل عن كسرها المولي أو عن نسبتها المئوية في المحلول؟ والجواب، لا، لأنه لا يوجد محلول أساساً، إلا أنه من الناحية الرياضية يمكن التوصل إلى أن ذلك يساوي الوحدة.

مثال (٩٦)

احسب الكسر لمولي للماء في كمية من الماء كتلتها كيلوجرام واحد.

الحل

$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_t}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m}{M_w} = \frac{1000\text{g}}{18 \text{ g mol}^{-1}} = 55.55 \text{ mol}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

وبما أنه لا يوجد سوى الماء فإن :

$$n_t = 55.55 \text{ mol}$$

$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_t} = \frac{55.55}{55.55} = 1$$

مثال (٩٧)

ما الكسر المولي لمالح الطعام (NaCl) ؟

الحل

حيث أنه لا يوجد سواه فإن :

$$n_{\text{NaCl}} = n_t$$

$$X_{\text{NaCl}} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{n_t} = 1$$

مولارية المادة النقية

المولارية هي عدد المولات من المذاب في لتر من المحلول، وبما أن المادة نقية فالمقصود بالمولارية سيكون عندئذ عدد مولات المادة في لتر منها.
وبما أن عدد مولات أي مادة كانت (n) يحسب كما يلي :

$$n = \frac{m \text{ (g)}}{M_w \text{ (g/mol)}}$$

أي كتلتها بالجرام على كتلتها المولية بالجرام لكل مول فإن مولارية المادة النقية تتطلب معرفة كتلة اللتر من هذه المادة بوحدة الجرام، أي معرفة كثافتها (d) بوحدة الجرام لكل لتر (g/L) ، إضافة الى الوزن الجزيئي (Mw) ومنه فإن :

$$\text{مولارية المادة النقية} = \frac{\text{كتلة لتر من المادة بالجرامات}}{\text{الوزن الجزيئي بالجرام لكل مول}}$$

$$\text{molarity, } M = \frac{d \text{ g L}^{-1}}{M_w \text{ g mol}^{-1}}$$

$$M = \frac{d}{M_w} \text{ mol L}^{-1}$$

ومنه فإن مولارية أي مادة نقية تساوي حاصل قسمة (d) أي كثافتها محسوبة بكتلة لتر منها بوحدة الجرام (g/L) على Mw أي كتلتها المولية محسوبة بكتلة مول منها بوحدة الجرام (g/mol) أيضاً.
وبما أن (d) تساوي دائماً مقداراً ثابتاً لا يتغير إلا بتغير درجة الحرارة و (Mw) تساوي دائماً مقداراً ثابتاً أيضاً فإن مولارية أي مادة نقية ستساوي هي الأخرى مقداراً لا يتغير إلا بتغير درجة الحرارة فقط.

مثال (٩٨)

ما مولارية الماء عند (25 °C) مفترضاً أن كثافته تساوي عند هذه الدرجة (1 g/cm³)

الحل

$$\text{molarity} = \frac{d \text{ (g/L)}}{M_w \text{ (g/mol)}}$$

حيث (d) هي الكثافة بوحدة (g/L) فإذا كانت كتلة (1 cm³) من الماء عند هذه الدرجة الحرارية تساوي (1 g) فإن :

$$d = 1000 \text{ g/L}$$

$$M_w = 18 \text{ g/mol}$$

$$\text{molarity} = \frac{d \text{ (g/L)}}{M_w \text{ (g/mol)}}$$

$$M = \frac{1000 \text{ g L}^{-1}}{18 \text{ g mol}^{-1}}$$

$$M = 55.55 \text{ mol/L}$$

مولالية المادة النقية

المولالية هي عدد المولات في واحد كيلوجرام من المذيب، وبما أن المادة نقية فالمقصود بمولاليتها عندئذ هو عدد مولات كيلوجرام واحد منها، وبما أن عدد الجرامات لكل كيلو جرام يساوي (1000 g/Kg) فإن :

$$\text{molality} = \frac{1000 \text{ g kg}^{-1}}{M_w \text{ g mol}^{-1}}$$

$$m = \frac{1000}{M_w} \text{ mol kg}^{-1}$$

$$m = \frac{1000}{M_w} \text{ molal}$$

وبما أن الوزن الجزيئي للمادة ثابت دائماً، فإن مولالية المادة النقية يساوي دائماً مقداراً ثابتاً ولا يتغير عند أي ظرف كان.

مثال (٩٩)

ما مولالية (1 L) من الماء عند (25 °C) ؟

الحل

بما أن الماء موجود في المثال نقياً فإن مولاليته لن تعتمد على حجمه ولا على درجة الحرارة بل فقط على وزنه الجزيئي حيث :

$$\text{molality} = \frac{1000}{18} = 55.55 \text{ molal}$$

وبمقارنة المثالين السابقين يمكن ملاحظة أن المولارية لا تساوي المولالية إلا في الحالات التي تساوي فيها كتلة اللتر من المادة (1000 g).

إن تركيز أي مادة نقية يساوي دائماً مقداراً ثابتاً لهذه المادة مهما كانت الظروف ما عدا حينما يقاس التركيز بالمولارية فإنه سيختلف باختلاف درجة الحرارة.

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د/ عم بن عبد الله الهزاري

النظام الدولي للوحدات SI Units

تمكن المؤتمر الدولي للموازين والمقاييس في عام ١٩٦٠م من اعتماد نظام قياس دولي مستنبط أساساً من النظام المترى.

الوحدات الأساسية Basic Units

وهي سبع وحدات أساسية تستخدم لقياس الكميات الفيزيائية :

رمز الوحدة	وحدة القياس	اسم الكمية
m	المتر	الطول
Kg	كيلوغرام	الكتلة
s	ثانية	الزمن
K	كلفن	درجة الحرارة
mol	مول	كمية المادة
A	أمبير	التيار الكهربى
cd	قنديلة	شدة الوميض

الوحدات المشتقة Derived Units

وهي وحدات مشتقة من الوحدة الأساسية ومنها :

رمز الوحدة	وحدة القياس	اسم الكمية
-	m^2	المساحة (area)
-	m^3	الحجم (volume)
-	m/s	السرعة (velocity)
d	kg/m^3	الكثافة (density)
Pa	$kg/m.s^2$	*الضغط (pressure)
J	$kg m^2/s^2$	الشغل والطاقة (work and energy)
N	$kg . m/s^2$	القوة (force)

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

* **الضغط** : عبارة عن القوة المؤثرة على وحدة المساحة :

$$P = \frac{F}{A} = \frac{N}{A} = \frac{m \cdot g^*}{A} = \frac{(kg) (m/s^2)}{m^2} = \frac{(kg \ m \ s^{-2})^*}{m^2} = kg \ m^{-1} \ s^{-2} \text{ (or } kg/m \ s^2)$$

* g تعني عجلة الجاذبية الأرضية والتي تساوي (9.81 m/s²) أو (981 cm/s²)

* (kg m s⁻²) هي (N/m²) وهي ما يعرف بالباسكال.

بعض البادئات المستخدمة في الوحدات الدولية (SI)

Value القيمة	Symbol الرمز	Prefix البادئة
10 ⁻¹	d	ديسي (deci-)
10 ⁻²	c	سنتي (centi-)
10 ⁻³	m	ملي (milli-)
10 ⁻⁶	μ	ميكرو (micro-)
10 ⁻⁹	n	نانو (nano-)
10 ⁻¹²	p	بيكو (pico-)
10 ⁻¹⁵	f	فيمتو (femto-)
10 ³	k	كيلو (kilo-)
10 ⁶	M	ميغا (Mega-)
10 ⁹	G	غيغا (giga-)
10 ¹²	T	ترا (Tera-)

معلومات عن بعض الوحدات

: Length الطول

$$1 \text{ km} = 1 \times 10^3 \text{ m}$$

$$1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1 \times 10^3 \text{ mm} = 1 \times 10^6 \mu\text{m} = 1 \times 10^9 \text{ nm} = 1 \times 10^{10} \text{ \AA}$$

$$1 \text{ \AA} = 1 \times 10^{-8} \text{ cm} = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$$

: Volume الحجم

$$1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3, \quad 1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3, \quad 1 \text{ L} = 1000 \text{ ml} = 1000 \text{ cm}^3, \quad 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} = 1000 \text{ dm}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} = 1000 \text{ dm}^3 = 1 \times 10^6 \text{ ml} = 1 \times 10^6 \text{ cm}^3 = 1 \times 10^9 \text{ mm}^3$$

: Mass الكتلة

$$1 \text{ g} = 1 \times 10^3 \text{ mg} = 1 \times 10^6 \mu\text{g}, \quad 1 \text{ Kg} = 1 \times 10^3 \text{ g} = 1 \times 10^6 \text{ mg} = 1 \times 10^9 \mu\text{g}$$

: Temperature درجة الحرارة

$$K = ^\circ\text{C} + 273, \quad ^\circ\text{C} = \frac{^\circ\text{F} - 32}{1.8}$$

Pressure الضغط

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cm Hg} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ torr} = 101325 \text{ Pa} = 101.325 \text{ kPa}$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

• جدول السلسلة المترية لقياس الأطوال

بالقسمة على 10

ملم (mm)	سم (cm)	دسم (dm)	م (m)	دكم (Dm)	هكم (Hm)	كم (km)
----------	---------	----------	-------	----------	----------	---------

بالضرب في 10

• جدول السلسلة المترية لقياس المساحات

بالقسمة على 100

ملم ² (mm ²)	سم ² (cm ²)	دسم ² (dm ²)	م ² (m ²)	دكم ² (Dm ²)	هكم ² (Hm ²)	كم ² (km ²)
-------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

بالضرب في 100

• جدول السلسلة المترية لقياس الحجم

بالقسمة على 1000

ملم ³ (mm ³)	سم ³ (cm ³)	دسم ³ (dm ³)	م ³ (m ³)	دكم ³ (Dm ³)	هكم ³ (Hm ³)	كم ³ (km ³)
-------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

بالضرب في 1000

تطبيقات محلولة وغير محلولة على فصل التراكيز

مثال (١٠٠)

يحتوي محلول مائي على 121.8 g من نترات الخارصين $Zn(NO_3)_2$ في لتر من المحلول الذي تبلغ كثافته 1.107 g/ml

احسب :

(أ) النسبة المئوية الوزنية لنترات الخارصين في المحلول

(ب) مولالية المحلول

(ج) الكسر المولي لنترات الخارصين والماء.

(د) مولارية المحلول.

علماً بأن الكتل الذرية ($Zn = 65, N = 14, O = 16, H = 1$).

الحل

المعطيات في المسألة :

وزن المذاب (m_2) نترات الخارصين $Zn(NO_3)_2$ = 121.8 g

حجم المحلول = 1 L = 1000 ml

كثافة المحلول $d_{sol} = 1.107$ g/ml

أولاً / نحسب كتلة المحلول ومنها نحسب كتلة المذيب كما يلي :

$$d_{sol} = \frac{m_{sol}}{V_{sol}}$$

$$m_{sol} = d_{sol} \cdot V_{sol}$$

$$m_{sol} = 1.107 (g \text{ ml}^{-1}) \times 1000 (ml)$$

$$m_{sol} = 1107g$$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

وتحسب كتلة المذيب m_{H_2O} من العلاقة :

$$m_{sol} = m_{H_2O} + m_{Zn(NO_3)_2}$$

$$m_{H_2O} = m_{sol} - m_{Zn(NO_3)_2}$$

$$m_{H_2O} = 1107 - 121.8$$

$$m_{H_2O} = 985.2 \text{ g}$$

(أ) حساب النسبة المئوية الوزنية لنترات الخارصين في المحلول :

$$\% Zn(NO_3)_2 = \frac{m_{Zn(NO_3)_2} \times 100}{m_{sol}}$$

$$\% Zn(NO_3)_2 = \frac{121.8 \times 100}{1107}$$

$$\% Zn(NO_3)_2 = 11\%$$

(ب) حساب مولالية المحلول :

$$m = \frac{n_2 \times 1000}{m_1 \text{ g}}$$

$$m = \frac{n_{Zn(NO_3)_2} \times 1000}{m_{H_2O}}$$

$$m = \frac{\left(\frac{m_{Zn(NO_3)_2}}{Mw_{Zn(NO_3)_2}} \right) \times 1000}{m_{H_2O}}$$

$$m = \frac{\left(\frac{121.8}{(65 + 2(14 + 3 \times 16))} \right) \times 1000}{985.2 \text{ g}}$$

$$m = \frac{\left(\frac{121.8}{189} \right) \times 1000}{985.2}$$

$$m = 0.65 \text{ molal (or } 0.65 \text{ mol Kg}^{-1}\text{)}$$

ج) حساب الكسر المولي لنترات الخارصين :

نحسب أولاً عدد مولات الماء وعدد مولات نترات الخارصين ثم المجموع الكلي للمولات ومنه نحسب الكسر المولي لنترات الخارصين كما يلي :

$$n_{\text{Zn(NO}_3)_2} = \frac{m_{\text{Zn(NO}_3)_2}}{Mw_{\text{Zn(NO}_3)_2}} = \frac{121.8}{189} = 0.64 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{Mw_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{985.2}{18} = 54.73 \text{ mol}$$

$$n_t = n_{\text{Zn(NO}_3)_2} + n_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$n_t = 0.64 + 54.73$$

$$n_t = 55.37$$

ومنه فإن الكسر المولي لكل من نترات الخارصين (المذاب) والماء (المذيب) هو :

$$X_{\text{Zn(NO}_3)_2} = \frac{n_{\text{Zn(NO}_3)_2}}{n_t} = \frac{0.64}{55.37} = 0.012$$

$$X_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_t} = \frac{54.73}{55.37} = 0.988$$

$$X_t = X_{\text{H}_2\text{O}} + X_{\text{Zn(NO}_3)_2}$$

$$X_t = 0.012 + 0.988 = 1$$

د) حساب مولارية المحلول :

$$M = \frac{n_{\text{Zn(NO}_3)_2}}{V_L}$$

$$M = \frac{0.64}{1} = 0.64 \text{ molar (or } 0.64 \text{ mol/L)}$$

مثال (١٠١)

ما هي مولالية محلول مائي للسكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ الذي تركيزه 12.5% وزناً سكروز؟
(علماً بأن الكتل الذرية : C = 12, H = 1, O = 16)

الحل

في هذه المسألة لم يشر الى كتلة المحلول، وإنما فقط أشير الى النسبة المئوية للمذاب في هذا المحلول، لذلك سنفترض أن هذه النسبة بالجرامات تعادل 12.5 g ، وأن وزن المحلول يساوي 100 g وبالتالي فوزن المذيب (الماء) يعادل :

$$m_{\text{sol}} = m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{sol}} - m_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 100 - 12.5$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 87.5 \text{ g}$$

ثم نحسب عدد مولات المذاب كما يلي :

$$n_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = \frac{m_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}}{Mw_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}}$$

$$n_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = \frac{12.5}{(12 \times 12 + 22 \times 1 + 11 \times 16)}$$

$$n_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = \frac{12.5}{342}$$

$$n_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}} = 0.036 \text{ mol}$$

وبالتالي فإن مولالية المحلول :

$$m = \frac{n_{\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}}$$

$$m = \frac{0.036}{87.5 \times 10^{-3}}$$

$$m = 0.411 \text{ molal}$$

مثال (١٠٢)

محلول حجمه 150 ml يحتوي على 93 g من $C_2H_4(OH)_2$ فما هي مولارية المحلول؟ (علماً بأن الكتل الذرية : $C = 12, H = 1, O = 16$).

الحل

نحسب أولاً عدد المولات :

$$n_{C_2H_4(OH)_2} = \frac{m_{C_2H_4(OH)_2}}{Mw_{C_2H_4(OH)_2}}$$

$$n_{C_2H_4(OH)_2} = \frac{93}{2 \times 12 + 4 \times 1 + 2(16 + 1)}$$

$$n_{C_2H_4(OH)_2} = \frac{93}{62}$$

$$n_{C_2H_4(OH)_2} = 1.5 \text{ mol}$$

وتكون مولارية المحلول :

$$M = \frac{n_{C_2H_4(OH)_2} \times 1000}{V_{ml}}$$

$$M = \frac{1.5 \text{ mol} \times 1000 (\text{ml L}^{-1})}{150 \text{ ml}}$$

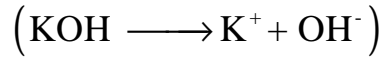
$$M = 10 \text{ M (or } 10 \text{ mol L}^{-1}\text{)}$$

مثال (١٠٣)

كم جراماً من هيدروكسيد البوتاسيوم KOH يلزم لتحضير 500 ml من 0.400 N من هيدروكسيد البوتاسيوم لاستخدامه في تفاعلات المعايرة. (علماً بأن الكتل الذرية : $K = 39.1, O = 16, H = 1$)

الحل

نتبع العلاقة التالية لحساب وزن المادة الصلبة من KOH لتحضير التركيز المطلوب :



$$n_{OH^-} = 1$$

$$E_w = \frac{M_w}{n_{H^+}}$$

$$E_w = \frac{(39.1 + 16 + 1)}{1}$$

$$E_w = 56.1$$

وبالتالي لحساب الوزن المكافئ لهيدروكسيد البوتاسيوم :

$$m = N \times V_L \times E_w$$

$$m = 0.400 \times (500 \times 10^{-3}) \times 56.1$$

$$m = 0.400 \times 0.5 \times 56.1$$

$$m = 11.22 \text{ g}$$

مثال (١٠٤)

ما وزن بروميد الكالسيوم $CaBr_2$ اللازم لتحضير (150 ml) من محلول بتركيز 3.5

(mol/L)؟ (علماً بأن الكتل الذرية : Ca = 40.1, Br = 80)

الحل

الجواب : 105 g

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (١٠٥)

احسب مولالية محلول حضر بإذابة (1.0 g) من الفينول (C_6H_5OH) في (50 g) من الماء؟ (علماً بأن الكتل الذرية : $C = 12, H = 1, O = 16$).

الحل

الجواب : (0.22 molal)

مثال (١٠٦)

كم جراماً من هيدروكسيد البوتاسيوم KOH يلزم لتحضير (400 ml) من محلول تركيزه (0.12 M)؟ (علماً بأن الكتل الذرية : $K = 39.1, O = 16, H = 1$).

الحل

الجواب : 2.69 g

مثال (١٠٧)

ما مولارية محلول من كلوريد الصوديوم إذا كان يحتوي على (12 g) من NaCl في 750 ml من المحلول؟ (الكتل الذرية : $Na = 23, Cl = 35.5$).

الحل

الجواب : (0.27 M or 0.27 mol L⁻¹)

مثال (١٠٨)

كم جراماً من هيدروكسيد البوتاسيوم KOH يلزم لتحضير 500 ml من 0.400 N من هيدروكسيد البوتاسيوم لاستخدامه في تفاعلات المعايرة؟ (الكتل الذرية : $K = 39.1$, $O = 16$, $H = 1$)

الحل

الجواب : 11.2 g

مثال (١٠٩)

احسب مولالية والكسر المولي لمادة السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ في محلول تركيزه 67%؟ (الكتل الذرية : $C = 12$, $H = 1$, $O = 16$)

الحل

الجواب : المولالية = 5.96 molal ، الكسر المولي للسكروز = 0.097

مثال (١١٠)

احسب مولارية محلول حضر بإذابة (195 g) من حمض الكبريتيك (H_2SO_4) في 875 cm^3 (الكتل الذرية : $H = 1$, $S = 32.1$, $O = 16$)

الحل

الجواب : 2.27 mol /L

مثال (١١١)

كم جراماً من كبريتات المغنسيوم المائية $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ تلزم لتحضير محلول حجمه 500 cm^3 مولاريتها (0.150 M). (الكتل الذرية : $O = 16, H = 1, S = 32.1, Mg = 24.3$)

الحل

الجواب : 18.5 g

مثال (١١٢)

كم جراماً من كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 يلزم لتحضير 1.0 L من 0.500 M كبريتات بوتاسيوم؟ (الكتل الذرية : $O = 16, S = 32.1, K = 39.1$)

الحل

الجواب : 87.2 g

مثال (١١٣)

كم جراماً من كبريتات الألومينيوم $Al_2(SO_4)_3$ يلزم لتحضير 300 ml من محلول كبريتات الألومينيوم $Al_2(SO_4)_3$ تركيزه 0.200 M؟ (الكتل الذرية : $O = 16, S = 32.1, Al = 27$)

الحل

الجواب : 20.5 g

مثال (١١٤)

احسب مولارية محلول إذا أذيب 12 g من هيدروكسيد الصوديوم NaOH في كمية كافية من الماء ليعطي محلولاً حجمه 500 ml؟ (الكتل الذرية : Na = 23, O = 16, H = 1)

الحل

الجواب : 0.60 mol L^{-1}

مثال (١١٥)

كم جراماً من محلول حمض النيتريك HNO_3 المركز يجب استخدامه لتحضير 250 ml من (0.2 M HNO_3) علماً بأن محلول الحمض المركز يحتوي على % 70 من HNO_3 وزناً؟

(ب) إذا كانت كثافة محلول حمض النيتريك المركز 1.42 g/L، فما هو الحجم الذي يجب استخدامه؟

(الكتل الذرية : H = 1, N = 14, O = 16).

الحل

الجواب : (أ) 45.0 g من HNO_3 المركز (ب) 31.7 ml من HNO_3 المركز.

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (١١٦)

ما مولارية حمض الهيدروكلوريك HCl المركز إذا كان المحلول يحتوي على % 37.0 (HCl وزناً، إذا كانت كثافة المحلول 1.18 g/ml؟ (الكتل الذرية : H = 1, Cl = 35.5)

الحل

الجواب : 12.0 M

مثال (١١٧)

ما مولالية محلول % 12.5 من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ في الماء؟ (الكتل الذرية : C = 12, H = 1, O = 16)

الحل

الجواب : 0.794 molal

مثال (١١٨)

ما مولالية محلول تركيزه 0.500 M من السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ في الماء؟ كثافة المحلول تساوي (1.064 g/ml) ، الوزن الجزيئي للسكروز يساوي 342.3 g/mol

(الكتل الذرية : C = 12, H = 1, O = 16)

الحل

الجواب : 0.560 molal

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

مثال (١١٩)

كم جراماً من نترات الفضة AgNO_3 يجب أن يستخدم لتحضير محلول 250 ml من 0.600 M من نترات الفضة؟ (الكتل الذرية : $\text{Ag} = 108, \text{N} = 14, \text{O} = 16$)

الحل

الجواب : 25.5 g من نترات الفضة.

مثال (١٢٠)

يحتوي محلول على 186 g من الجليكول $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ في اللتر، ما مولارية المحلول؟ (الكتل الذرية : $\text{C} = 12, \text{H} = 1, \text{O} = 16$)

الحل

الجواب : 3 mol/L

مثال (١٢١)

محلول من حمض الفورميك (HCOOH) تركيزه 23.6 M وكثافته 1.20 g/ml فما هو تركيز المحلول بالنسبة المئوية الوزنية؟ (الكتل الذرية : $\text{C} = 12, \text{H} = 1, \text{O} = 16$)

الحل

الجواب : 90.5 %

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد / د. عمر بن عبد الله الهزاري

مثال (١٢٢)

ما حجم حمض الخل المركز اللازم لتحضير 250 ml من محلول تركيز حمض الخل (CH₃COOH) فيه (6.00 M)؟
(الكتل الذرية : C = 12, H = 1, O = 16)

الحل

الجواب : 85.7 ml

مثال (١٢٣)

احسب كثافة محلول مائي من كربونات البوتاسيوم (K₂CO₃) الذي مولاليته تبلغ 3.10 molal ومولارته 2.82 M؟ (الكتل الذرية : K = 39.1, C = 12, O = 16)

الحل

الجواب : 1.30 g/ml

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

اختر الإجابة الصحيحة في الأمثلة التالية

تطبيقات على الوحدات:

مثال (١٢٤)

وحدة الطاقة في النظام الدولي هي :

- (أ) الباسكال Pa (ب) الجول J (ج) النيوتن N (د) الكالفن K .

مثال (١٢٥)

أبعاد وحدة الباسكال هي :

- (أ) km^{-2} (ب) $\text{kg m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ (ج) $\text{kg m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ (د) $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

مثال (١٢٦)

$5 \times 10^3 \text{ }^\circ\text{A}$ يساوي

- (أ) 5 kg (ب) $5 \times 10^{-9} \mu\text{s}$ (ج) $7.05 \times 10^3 \text{ L}$ (د) 500 nm

مثال (١٢٧)

درجة الحرارة (200 K) تساوي بوحدة الدرجة المئوية :

- (أ) - 110 (ب) - 73 (ج) - 273 (د) لا توجد إجابة صحيحة

مثال (١٢٨)

القيمة 7.2 km/h تساوي بوحدة (m/s) :

- (أ) 1200 (ب) 72000 (ج) 20.0 (د) لا توجد إجابة صحيحة

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (١٢٩)

0.998 g/cm^3 تساوي بوحدة g/L :

أ) 9.98 ب) 99.8 ج) 998 د) لا توجد إجابة صحيحة

تطبيقات على حسابات المول والجزيئات والذرات :

مثال (١٣٠)

يطلق على كمية المادة التي تحتوي على عدد أفوجادرو :

أ) الكسر المولي ب) المولارية ج) المول د) المولالية.

مثال (١٣١)

إذا علمت أن : (الوزن الذري لـ O = 16) فإن كتلة ذرة الأكسجين بالكيلوجرام تساوي :

أ) 6.022×10^{-23} ب) 2.66×10^{-26} ج) 16 د) 1.06×10^{-2}

مثال (١٣٢)

إذا علمت أن ($A_{WNa} = 23$) فإن عدد ذرات الصوديوم الموجودة في (0.01 g) من العنصر تساوي :

أ) 2.62×10^{20} ب) 6.02×10^{23} ج) 23 د) 1.38×10^{25}

مثال (١٣٣)

مول واحد من الهيليوم يحتوي على :

أ) 4 atom ب) 3 molecule ج) 6.02×10^{23} د) 6.022×10^{23} atom

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (١٣٤)

(١٠) أي العبارات التالية غير صحيحة بالنسبة لـ 16g من غاز الميثان CH_4 :

(أ) تمثل مولاً واحداً من الميثان	(ب) تمثل الميثان الذي يحتوي على (12 g) من الكربون
(ج) تحتوي على 9.63×10^{24} جزيء من الميثان	(د) تحتوي على 2.4×10^{24} ذرة من الهيدروجين

مثال (١٣٥)

إذا علمت أن الأوزان الذرية ($O = 16, S = 32$) فإن عدد الجزيئات الموجودة في (100 g) من (SO_2) يساوي :

(أ) 2.023×10^{-23} (ب) 7.525×10^{23} (ج) 15×10^{24} (د) 1.5×10^{23}

مثال (١٣٦)

إذا علمت أن الأوزان الذرية ($O = 16, Mg = 24.3, P = 31$) فإن عدد المولات الموجودة في (2 g) من فوسفات المغنسيوم $Mg_3(PO_4)_2$:

(أ) 7.61×10^{-3} (ب) 7.61×10^{-4} (ج) 7.61×10^{-2} (د) 7.61×10^{-1}

مثال (١٣٧)

عدد مولات الكبريت إذا كان عدد ذراته 1×10^{23} :

(أ) 0.2 (ب) 0.17 (ج) 2 (د) 1.7

مثال (١٣٨)

إذا علمت أن الأوزان الذرية ($H = 1, C = 12, N = 14, O = 16$)

فأي مما يلي يحتوي على عدد أقل من الجزيئات :

(أ) 10 g NH_3 (ب) 10g CO_2 (ج) 10 g H_2 (د) 10 g H_2O

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (١٣٩)

إذا علمت أن الأوزان الذرية : (Na = 23, Al = 27, Fe = 55.8, Zn = 65.4) فأبي مما يلي يحتوي على عدد أكبر من الذرات :

(أ) 10 g Na (ب) 10 g Al (ج) 10 g Fe (د) 10 g Zn

مثال (١٤٠)

إذا علمت أن الأوزان الذرية : (H = 1, Al = 27, Ni = 58.7, Hg = 200.6) فإذا كان لديك عينة من الألومنيوم تزن 26.98 g فإنها تحتوي على نفس عدد مولات :

(أ) 58.69 g Ni (ب) 3.0 g (ج) 60 g Hg (د) لا شيء مما سبق

مثال (١٤١)

إذا علمت أن ($A_{wCa} = 40.1$) فإن وزن 0.036 mol من الكالسيوم هو :

(أ) 1.44 g (ب) 0.9 g (ج) 0.007 g (د) 7.2 g

مثال (١٤٢)

الوزن الذري للأكسجين = 16 وللهيدروجين = 1 (فإن عدد جزيئات غاز الهيدروجين الذي يزن 2 g تساوي عدد الجزيئات الموجودة في :

(أ) 16 g O₂ (ب) 32 g O₂ (ج) 8 g O₂ (د) لا شيء مما سبق

تطبيقات على النسبة المئوية الوزنية

مثال (١٤٣)

النسبة المئوية الوزنية لكربونات البوتاسيوم (K_2CO_3) في محلول متكون من إذابة 15

(g) من كربونات البوتاسيوم في (60 g) من الماء هي :

(أ) 14.77 (ب) 75 (ج) 45 (د) لا شيء مما سبق

مثال (١٤٤)

عدد الجرامات من كلوريد الصوديوم الموجود في 60 g من محلول تركيزه % 15 هي :

(أ) 75 g (ب) 9 g (ج) 45 g (د) لا شيء مما سبق

مثال (١٤٥)

يراد عمل محلول مائي من السكروز ذي تركيز قدره % 24.8 وزناً فإن الوزن اللازم من

الماء الذي يجب استخدامه للحصول على كيلوجرام من المحلول هو :

(أ) 760 (ب) 760 kg (ج) 240 g (د) 240 kg

مثال (١٤٦)

أذيب (10 g) من KOH في 900 g من الماء. وأصبح حجم المحلول 904.7 ml ومنه

فإن النسبة المئوية الوزنية لمادة KOH في المحلول هي :

(أ) $\frac{10}{910} \times 100$ (ب) $\frac{900}{910} \times 100$ (ج) $\frac{10}{900} \times 100$ (د) $\frac{10}{904.7} \times 100$

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عمر بن عبد الله الهزاري

تطبيقات على الكسر المولي

مثال (١٤٧)

إذا علمت أن الأوزان الذرية : $(H = 1, O = 16)$ ، وعند إذابة (6 mol) من (NaCl) في (36 g) من الماء فإن الكسر المولي للملح هو :

- (أ) 25 (ب) 1.0 (ج) 0.14 (د) 0.75

مثال (١٤٨)

إذا علمت أن الأوزان الذرية : $(H = 1, O = 16)$ ، فإن الكسر المولي للأكسجين في مزيج يحتوي على (4 g) من الأكسجين و (1 g) من الهيدروجين هو :

- (أ) 0.8 (ب) 0.2 (ج) 0.5 (د) 0.6

مثال (١٤٩)

لمحلول مكون من مادتين يمكن حساب الكسر المولي للمذاب من :

- (أ) كثافة المحلول (ب) تركيز المحلول
(ج) الوزن الجزيئي للمذاب والمذيب (د) الكسر المولي للمذيب

مثال (١٥٠)

إذا علمت أن الأوزان الذرية $(Xe = 131.3, He = 4)$ ، فإن الكسر المولي لغاز الهيليوم (He) في مخلوط يتكون من (50 g) من غاز الهيليوم و (50 g) من غاز الزينون (Xe) يساوي :

- (أ) 1.000 (ب) 0.500 (ج) 0.970 (د) لا شيء مما سبق

مثال (١٥١)

حضر محلول بإذابة (25 g) من مادة (A) وزنها الجزيئي (125 g/mol) في (75 g) من الماء فكان الكسر المولي لمادة (A) مساوياً :

أ) 4.58×10^{-2} ب) 4.58×10^{-3} ج) 42.58×10^{-2} د) 8.58×10^{-4}

تطبيقات على المولارية

مثال (١٥٢)

المولارية هي عدد المولات المذابة في :

أ) 1 kg من المحلول ب) 1 kg من المذيب ج) 1 L من المحلول د) 1 L من المذيب

مثال (١٥٣)

إذا علمت أن الأوزان الذرية (N = 14, O = 16, Ag = 107.9)، فإذا أذيب (9.1 g) من نترات الفضة $AgNO_3$ في الماء، ثم أضيفت زيادة من الماء ليصبح حجم المحلول

500 ml، ما مولارية محلول $AgNO_3$

أ) 0.669 M ب) 0.309 M ج) 0.193 د) 0.107 M

مثال (١٥٤)

إذا علمت أن الأوزان الذرية (H = 1, O = 16, S = 32)، فإن عدد جرامات حمض الكبريتيك (H_2SO_4) اللازمة لتحضير (375 ml) من الحمض تركيزه (3.00 M) هي :

أ) 0.669 M ب) 0.309 M ج) 0.193 د) 0.107 M

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (١٥٥)

الحجم بالملتر من محلول (HClO_4) الذي تركيزه (0.12 M) ويحتوي على 0.00756 mol من HClO_4 هو :

أ) 63 ب) 0.94 ج) 16.67 د) لاشيء مما سبق

مثال (١٥٦)

حجم 3.0 molar من حمض الكلور HCl الذي يحتوي 0.8 mol هو :

أ) 3.75 L ب) 266.7 ml ج) 0.267 ml د) 417 ml

مثال (١٥٧)

إذا علمت أن الأوزان الذرية : (H = 1, C = 12, O = 16) ، وبالتالي فإن تركيز

محلول مائي من $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ حجمه (1.35 L) ويحتوي على (127 g) منه تساوي :

أ) 2.04 M ب) 3.2 M ج) 4.6 M د) 1.27 M

تطبيقات على التخفيف

مثال (١٥٨)

عند تخفيف 250 ml من حامض الهيدروكلوريك المركز الذي تركيزه 11 M الى حجم قدره 500 ml، فإن التركيز بالمولارية للمحلول النهائي يكون :

(أ) 5.5 M (ب) 250 M (ج) 0.02 M (د) 11 M

مثال (١٥٩)

50 ml من محلول معين تركيزه 0.2 M أضيف إليه كمية من الماء حجمها 20 ml فإن المولارية للمحلول الجديد هي :

(أ) 2 M (ب) 44 M (ج) 0.55 M (د) 0.14 M

مثال (١٦٠)

إذا علمت الأوزان الذرية التالية : (H = 1, O = 16, Na = 23)، وزن هيدروكسيد الصوديوم NaOH المركز الذي تركيزه 80% وزناً وكثافته 1.42 g/ml الذي يلزم لتحضير 200 ml من المحلول الذي يبلغ تركيزه 8 M هو :

(أ) 20 g (ب) 40 g (ج) 80 g (د) 160 g

مثال (١٦١)

0.5 L كم HClO₄ الذي تركيزه 2.5 M أضيف إليه 0.8 L من HClO₄ الذي تركيزه 3.7 M، افرض أن الحجم الكلي للمحلول 6.31 L فإن مولارية المحلول الناتج هي :

(أ) 2.96 M (ب) 4.21 M (ج) 0.667 M (د) 1.25 M

الفصل الأول : طرق التعبير عن التركيز

إعداد د/ عم بن عبد الله الهزاري

مثال (١٦١)

الحجم اللازم من محلول حمض الكلور المركز الذي تركيزه (12 M) لتحضير (25 ml) من محلول حمض الكلور الذي تركيزه (1.5 M) :

أ) 3.125 ml ب) 2.125 ml ج) 4.124 ml د) 5.125 ml

مثال (١٦٢)

الحجم اللازم من محلول حمض الكلور الذي تركيزه (2 M) لتحضير (1 L) من محلول حمض الكلور الذي تركيزه (0.2 M) :

أ) 10 L ب) 50 ml ج) 100 ml د) 1 L

تطبيقات على العيارية

مثال (١٦٣)

ما عدد جرامات ($0.8 \text{ eq H}_3\text{PO}_4$) :

أ) 26.136 g ب) 32.67 g ج) 98 g د) 1.6 g

مثال (١٦٤)

التركيز بالعيارية لحمض الفوسفور H_3PO_4 تركيزه 0.3 M هو :

أ) 0.1 N ب) 0.9 N ج) 0.1 N د) 0.15 N

مثال (١٦٥)

إذا علمت الأوزان الذرية التالية : ($\text{H} = 1, \text{O} = 16, \text{S} = 32$)

فإن عيارية المحلول الناتج عن إذابة 19.5 g من H_2SO_4 في الماء ليتكون محلول حجمه 800 ml هو :

أ) 0.1 N ب) 0.5 N ج) 1 N د) 100 N

مثال (١٦٦)

إذا علمت الأوزان الذرية التالية ($\text{O} = 16, \text{K} = 39, \text{Mn} = 55$) ، فإن وزن KMnO_4 اللازمة لعمل 80 cm^3 من محلول برمنجنات البوتاسيوم الذي تركيزه 0.125 N (ناتج التفاعل Mn^{2+}).

أ) 155 g ب) 0.316 g ج) 0.025 g د) 5 g