

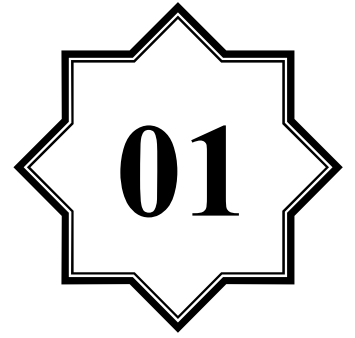
سلسلة دروس و تمارين في مادة العلوم الفيزيائية - ثالثة ثانوي

إعداد الأستاذ : فرقاني فارس

# عروض نظري و تمارين

من التطورات الرتبة ٥

المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في محلول مائي



الشعب : علوم تجريبية  
رياضيات ، تقني رياضي

\*\*\*\*\*

[www.sites.google.com/site/faresfergani](http://www.sites.google.com/site/faresfergani)

السنة الدراسية : 2014/2015

# 01

المحتوى المفاهيمي :

## مفاهيم أساسية في الكيمياء

### الفرد الكيميائي و النوع الكيميائي

#### • الفرد الكيميائي و النوع الكيميائي :

- نطلق اسم الفرد الكيميائي على كل الدقائق المجهرية المكونة للمادة سواء كان جزيئا أو ذرة أو شاردة .....
- النوع الكيميائي هو مجموعة من الأفراد الكيميائية المتماثلة ( جزيئات ، شوارد ، ذرات .... ) نتعامل معها على المستوى العياني .

#### أمثلة :

- جزيء الماء ← فرد كيميائي .
- غاز الأكسجين ← نوع كيميائي .
- ذرة الكربون ← فرد كيميائي .
- محلول الصود ← نوع كيميائي .
- شريط نحاس ← نوع كيميائي .
- شاردة الكلور ← فرد كيميائي .

## المقادير المولية

### ● مفهوم المول و عدد أفوقادور :

- الكيميائيون في حياتهم اليومية يتعاملون مع أعدادا كبيرة جدا لما يتعلق الأمر بالأفراد الكيميائية (ذرات ، جزيئات ، شوارد ..... ) و لتجنب هذه الأعداد الكبيرة جدا ، فكروا في تغيير سلم التداول ، فاختاروا وحدة جديدة تدعى المول (mol) تختزل من خلالها الأرقام الكبيرة جدا للأفراد الكيميائية .
- المول هو كمية من المادة قدرها 1 mol تحتوي على العدد  $10^{23} \cdot 6.02$  من الأفراد الكيميائية لهذه المادة ، و نفس هذا العدد يمثل عدد الذرات الموجودة في 12 g من الكربون  $^{12}\text{C}$  .
- يسمى العدد  $10^{23} \cdot 6.02$  عدد أفوقادور ، يرمز له بالرمز  $N_A$  ، فالمول إذن هو كمية من المادة تحتوي على عدد أفوقادور من الأفراد الكيميائية لهذه المادة .

### ● الكتلة المولية الذرية لعنصر كيميائي :

- الكتلة المولية الذرية لعنصر كيميائي X التي يرمز لها بـ M و حدها الغرام على المول (g/mol) ، هي كتلة 1 مول (1mol) من ذرات هذا العنصر أي كتلة  $10^{23} \cdot 6.02$  (عدد أفوقادور) من ذرات هذا العنصر .
- الكتلة المولية الذرية لبعض العناصر الكيميائية :

الكتلة المولية M $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$	العنصر الكيميائي		
	العدد الكتلي A	الرمز	الإسم
12	12	C	الكربون
1	1	H	الهيدروجين
16	16	O	الأكسجين
14	14	N	الآزوت
11	11	Na	الصوديوم
35.5	37 ، 35	Cl	الكلور

### ● الكتلة المولية الجزيئية :

- الكتلة المولية الجزيئية لنوع كيميائي هي كتلة 1 mol من جزيئات هذا النوع الكيميائي يرمز لها أيضا بـ M و حدها g/mol .
  - تساوي الكتلة المولية الجزيئية لنوع كيميائي مجموع الكتل المولية الذرية للعناصر الكيميائية المكونة للنوع الكيميائي بحيث كل كتلة مولية مضروبة في عدد ذرات كل عنصر موجود في جزيء هذا النوع الكيميائي .
- أمثلة :

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 2 M(\text{H}) + M(\text{O})$$

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

$$M(\text{CO}_2) = M(\text{C}) + 2 M(\text{O})$$

$$M(\text{CO}_2) = (12) + (2 \cdot 16) = 44 \text{ g/mol}$$

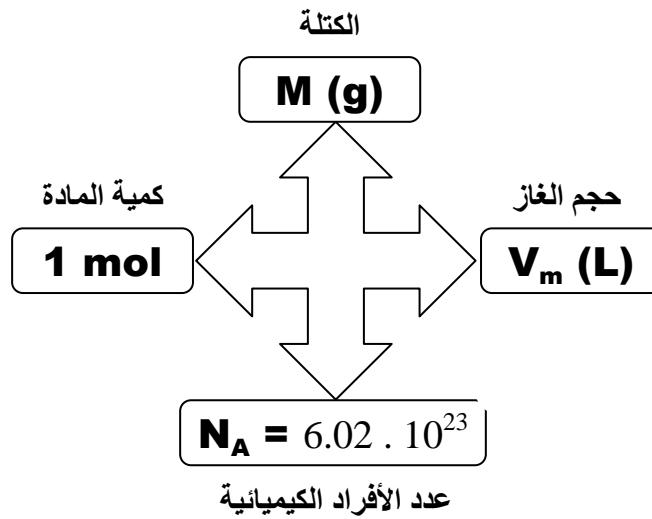
### • الحجم المولي لغاز :

- الحجم المولي لغاز الذي هو حجم 1mol من هذا الغاز يرمز له بـ  $V_M$  و وحدته اللتر على المول (L/mol)
- في الشروط النظامية أين يكون الضغط مساوي للضغط الجوي العادي (  $P = 1 \text{ atm}$  ) ، و درجة الحرارة المساوية لـ  $0^\circ\text{C}$  يكون الحجم المولي مساوي لـ  $22.4 \text{ L/mol}$  أي :

$$V_M = 22.4 \text{ L/mol}$$

### ملاحظة :

يمكن تلخيص ما قلناه سابقا في المخطط التالي :



### • تعيين كمية المادة لعينة من نوع كيميائي :

- نوع كيميائي معرف بكتلته  $m$  :

نعلم أن مولا واحدا لأي عينة من نوع كيميائي  $X$  كتلتها بالغرام هي الكتلة المولية  $M$  ، و عليه لحساب كمية المادة الموجودة في كتلة معينة  $m$  من نفس النوع الكيميائي نستعمل القاعدة الثلاثية كما يلي :

$$\begin{cases} 1 \text{ mol (X)} \rightarrow M_X \text{ g} \\ n \text{ mol (X)} \rightarrow m_X \text{ g} \end{cases}$$

و منه يكون :

$$n_X = \frac{m_X}{M(X)}$$

- نوع كيميائي معرف بعدد أفراد الكيميائية  $y$  :

نعلم أن مولا واحدا لأي عينة من نوع كيميائي  $X$  يحتوي على  $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$  جزيء من هذا النوع الكيميائي ، و عليه لحساب كمية المادة الموجودة في عدد معين  $y$  من جزيئات نفس النوع الكيميائي نستعمل القاعدة الثلاثية كما يلي :

$$\begin{cases} 1 \text{ mol (X)} \rightarrow N_A \text{ جزيء} \\ n \text{ mol (X)} \rightarrow y \text{ جزيء} \end{cases}$$

و منه يكون :

$$n_X = \frac{y}{N_A}$$

- نوع كيميائي غازي معرف بحجمه  $V_{gaz}$  :

نعلم أن مولا واحدا لأي عينة من نوع كيميائي X حجمها  $V_M$  ، و عليه لحساب كمية المادة الموجودة في حجم معين  $V_{gaz}$  من نفس النوع الكيميائي نستعمل القاعدة الثلاثية كما يلي :

$$\begin{cases} 1 \text{ mol (X)} \rightarrow V_M L \\ n \text{ mol (X)} \rightarrow V_{gaz} L \end{cases}$$

و منه يكون :

$$n_X = \frac{V_{gaz}}{V_M}$$

- نوع كيميائي سائل معرف بحجمه  $V_L$  :

الكتلة الحجمية لنوع كيميائي سائل X ، هي حاصل قسمة كتلة عينة منه m على الحجم V لنفس العينة ، يعبر عنها

$$\rho_X = \frac{m_X}{V_X} \text{ : بالعلاقة .}$$

ومنه :

$$m_X = \rho_X V_X$$

$$\text{لدينا سابقا : } n_X = \frac{m_X}{M} \text{ ومنه يصبح :}$$

$$n_X = \frac{\rho_X V_X}{M}$$

ملاحظة :

يمكن دمج العلاقات السابقة في علاقة واحدة كما يلي :

$$n_X = \frac{m_X}{M} = \frac{V_{gaz}}{V_M} = \frac{y}{N_A} = \frac{\rho_X \cdot V_X}{M}$$

### التمرين (1) :

المعطيات :

$$M(H) = 1 \text{ g/mol} , M(C) = 12 \text{ g/mol} , M(O) = 16 \text{ g/mol} , M(N) = 14 \text{ g/mol}$$

$$\rho(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1050 \text{ g/L} , \rho(\text{air}) = 1.29 \text{ g/L}$$

الجزء الأول

النشادر هو غاز صيغته  $\text{NH}_3$  .

- 1- أحسب كتلته المولية الجزيئية .
- 2- ما هي كمية المادة الموجودة في g 0.68 من النشادر .
- 3- ما هي كمية المادة الموجودة في L 15.68 من غاز النشادر في الشرطين النظاميين .
- 4- أحسب كتلة L 8.96 من غاز النشادر في الشرطين النظاميين .
- 5- أحسب كتلة جزيء واحد من النشادر .

الجزء الثاني :

حمض الخل هو سائل صيغته الجزيئية  $\text{CH}_3\text{COOH}$  .

- 1- أحسب كتلته المولية .
- 2- ما هي كمية المادة في mL 200 من حمض الخل .
- 3- ما هو عدد الجزيئات في mL 1 من حمض الخل .

الجزء الثالث :

أكمل الجدول التالي :

النوع الكيميائي	الطبيعة	الكتلة المولية M(g/mol)	كمية المادة n(mol)	الكتلة m(g)	عدد الأفراد Y	الحجم V(L)
$\text{NH}_3$	غاز		0.1			
$\text{CH}_3\text{COOH}$	سائل			12		
Fe	صلب	56			$1.806 \cdot 10^{23}$	////////
$\text{CH}_4$	غاز					8.96
$\text{H}_2\text{O}$	سائل					$9 \cdot 10^{-3}$
Na	صلب	23	0.6			////////

الأجوبة :الجزء الأول

1- الكتلة المولية لـ  $\text{NH}_3$  :

$$M(\text{NH}_3) = M(\text{N}) + 3M(\text{H})$$

$$M(\text{NH}_3) = 14 + (3 \cdot 1) = 17 \text{ g/mol}$$

2- كمية المادة في g 0.68 من  $\text{NH}_3$  :

$$n(\text{NH}_3) = \frac{m(\text{NH}_3)}{M}$$

$$n(\text{NH}_3) = \frac{0.68}{17} = 0.04 \text{ mol}$$

3- كمية المادة في L 15.68 من  $\text{NH}_3$  في الشرطين النظاميين :

$$n(\text{NH}_3) = \frac{V(\text{NH}_3)}{V_M}$$

$$n(\text{NH}_3) = \frac{15.68}{22.4} = 0.7 \text{ mol}$$

4- كتلة 8.96 L من  $\text{NH}_3$  في الشرطين النظاميين :

$$\frac{m(\text{NH}_3)}{M(\text{NH}_3)} = \frac{V(\text{NH}_3)}{V_M} \rightarrow m(\text{NH}_3) = \frac{V(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3)}{V_M}$$

$$m(\text{NH}_3) = \frac{8.96 \cdot 17}{22.4} = 6.8 \text{ g}$$

5- كتلة جزيء واحد من النشادر :

$$\frac{m(\text{NH}_3)}{M} = \frac{Y}{N_A}$$

$$\frac{m(\text{NH}_3)}{M} = \frac{1}{N_A} \rightarrow m(\text{NH}_3) = \frac{M}{N_A}$$

$$m(\text{NH}_3) = \frac{17}{6.02 \cdot 10^{23}} = 2.82 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

الجزء الثاني :

1- الكتلة المولية لحمض الخل :

$$M(\text{CH}_3\text{COOH}) = M(\text{C}) + 3M(\text{H}) + M(\text{C}) + 2M(\text{O}) + M(\text{H})$$

$$M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 12 + (3 \cdot 1) + 12 + (2 \cdot 16) + 1 = 60 \text{ g/mol}$$

2- كمية المادة في 200 mL من حمض الخل :

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{\rho \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH})}{M}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{1050 \cdot 0.2}{60} = 3.5 \text{ mol}$$

3- عدد الجزيئات في 1 mL من حمض الخل :

$$\frac{Y}{N_A} = \frac{\rho \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH})}{M} \rightarrow Y = \frac{N_A \cdot \rho \cdot V(\text{CH}_3\text{COOH})}{M}$$

$$Y = \frac{6.02 \cdot 10^{23} \cdot 1050 \cdot 10^{-3}}{60} = 1.05 \cdot 10^{22}$$

الجزء الثالث :

إكمال الجدول التالي :

النوع الكيميائي	الطبيعة	الكتلة المولية M(g/mol)	كمية المادة n(mol)	الكتلة m(g)	عدد الأفراد Y	الحجم V(L)
$\text{NH}_3$	غاز	17	0.1	1.7	$6.020 \cdot 10^{22}$	2.24
$\text{CH}_3\text{COOH}$	سائل	60	0.2	12	$1.204 \cdot 10^{23}$	$1.14 \cdot 10^{-2}$
Fe	صلب	56	0.3	16.8	$1.806 \cdot 10^{23}$	////////
$\text{CH}_4$	غاز	16	0.4	6.4	$2.408 \cdot 10^{23}$	8.96
$\text{H}_2\text{O}$	سائل	18	0.5	9	$3.010 \cdot 10^{23}$	$9 \cdot 10^{-3}$
Na	صلب	23	0.6	13.8	$3.612 \cdot 10^{23}$	////////

## الكتلة الحمية و الكثافة

### • الكتلة الحمية لنوع كيميائي (صلب ، سائل ، غاز) :

- الكتلة الحمية التي يرمز لها بـ  $\rho$  لنوع كيميائي (صلب أو سائل أو غاز) ، هي حاصل قسمة كتلة عينة من هذا النوع الكيميائي على الحجم  $V$  لنفس العينة  $V$  ، و نكتب :

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

- تقدر الكتلة الحمية عادة بالغرام على اللتر (g/L) و يمكن أيضا أن تقدر بـ ( $\text{kg/m}^3$ ) .....

- إذا أخذنا كمية من غاز قدرها 1 mol ، تكون كتلتها  $m = M$  ( الكتلة المولية للغاز ) ، و حجمها  $V = V_M$  ( الحجم المولي ) و عليه يمكن كتابة عبارة الكتلة الحمية لغاز كما يلي :

$$\rho_{\text{gaz}} = \frac{M_{(\text{gaz})}}{V_M}$$

### • كثافة جسم صلب أو سائل :

- تقاس الكثافة التي يرمز لها بـ  $d$  لنوع كيميائي  $X$  ( صلب أو سائل ) بالنسبة للماء ، و تساوي حاصل الكتلة الحمية للنوع الكيميائي  $X$  على الكتلة الحمية للماء  $\text{H}_2\text{O}$  ، و نكتب :

$$d = \frac{\rho_{(X)}}{\rho_{(\text{H}_2\text{O})}}$$

- لا تقدر الكثافة بوحدة .

- تعرف أيضا كثافة نوع كيميائي (صلب أو سائل) بالنسبة للماء على أنها حاصل قسمة كتلة عينة من هذا النوع الكيميائي على كتلة عينة أخرى من الماء لها نفس الحجم .

### • كثافة نوع كيميائي غازي :

- تقاس كثافة نوع كيميائي غازي بالنسبة للهواء ، و تساوي حاصل الكتلة الحمية للنوع الكيميائي  $X$  على الكتلة الحمية للهواء التي تقدر بـ 1.29 g/L و نكتب :

$$d = \frac{\rho_{(\text{gaz})}}{\rho_{(\text{air})}}$$

- تعرف أيضا كثافة نوع كيميائي (غازي) بالنسبة للهواء على أنها حاصل قسمة كتلة عينة من هذا النوع الكيميائي على كتلة عينة أخرى من الهواء لها نفس الحجم ، و عليه نكتب :

$$d = \frac{\frac{m_{\text{gaz}}}{V}}{\frac{m_{\text{air}}}{V}}$$

و إذا أخذنا  $V = 22.4 \text{ L}$  من الغاز و  $22.4 \text{ L}$  من الهواء و كلاهما مقاسين في الشرطين النظاميين أين يكون الحجم المولي مساوي لـ  $V_M = 22.4 \text{ l/mol}$  يكون :

$$m(\text{gaz}) = M_{\text{gaz}}$$

$$m(\text{air}) = \rho_{\text{air}} \cdot 22.4 \approx 29 \text{ g}$$

يصبح لدينا :

$$d = \frac{\frac{m_{\text{gaz}}}{V}}{\frac{m_{\text{air}}}{V}} = \frac{\frac{M_{\text{gaz}}}{22.4}}{\frac{29}{22.4}}$$

ومنه :

$$d = \frac{M_{\text{gaz}}}{29}$$

و هي عبارة كثافة غاز في الشرطين النظاميين .

**ملاحظة :**

نتعامل مع أبخرة الأنواع الكيميائية مثلما نتعامل مع الغازات تماما .

## التمرين (2) :

1- البروبان هو غاز صيغته الجزيئية  $\text{C}_3\text{H}_8$  ، و حمض الخل هو سائل صيغته الجزيئية  $\text{CH}_3\text{COOH}$  . أوجد ما يلي :

- الكتلة المولية الجزيئية لغاز البروبان و كذا الكتلة المولية لحمض الخل .
- الكتلة الحجمية لغاز البروبان و بطريقتين مختلفتين أوجد كثافة غاز البروبان في الشرطين النظاميين .
- الكتلة الحجمية لحمض الخل .

يعطى :  $d(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.05$  ،  $\rho_{\text{air}} = 1.29 \text{ g/L}$  ،  $\rho(\text{H}_2\text{O}) = 1000 \text{ g/L}$  .

2- نوع كيميائي (A) صيغته الجزيئية من الشكل  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  و كثافة بخاره بالنسبة للهواء هي  $d = 2.55$  . أ- أحسب الكتلة المولية للنوع الكيميائي A .

ب- عبر عن الكتلة المولية للنوع الكيميائي بدلالة n ( عدد ذرات الكربون ) .

ج- استنتج قيمة n و اكتب الصيغة الجزيئية المجملية للنوع الكيميائي A .

يعطى :  $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$  ،  $M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$  ،  $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$  .

**الأجوبة :**

1- أ- الكتلة المولية الجزيئية لغاز البروبان و الكتلة المولية لحمض الخل :

$$\bullet M(\text{C}_3\text{H}_8) = 3M(\text{C}) + 8M(\text{H})$$

$$M(\text{C}_3\text{H}_8) = (3 \cdot 12) + (8 \cdot 1) = 44 \text{ g/mol}$$



•  $M(\text{CH}_3\text{COOH}) = M(\text{C}) + 3M(\text{H}) + M(\text{C}) + 2M(\text{O}) + M(\text{H})$   
 $M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 12 + (3 \cdot 1) + 12 + (2 \cdot 16) + 1 = 60 \text{ g/mol}$

ب- الكتلة الحجمية لغاز البروبان :

$$\rho(\text{C}_3\text{H}_8) = \frac{M(\text{C}_3\text{H}_8)}{V_M} = \frac{44}{22.4} = 1.96 \text{ g/L}$$

- كثافة غاز البروبان :

الطريقة الأولى :

بما أن البروبان عبارة عن غاز يكون :

$$d = \frac{\rho(\text{C}_3\text{H}_8)}{\rho(\text{air})} \rightarrow d = \frac{1.96}{1.29} = 1.52$$

الطريقة الثانية :

$$d = \frac{M(\text{C}_3\text{H}_8)}{29} \rightarrow d = \frac{44}{29} = 1.52$$

ج- الكتلة الحجمية لحمض الخل :

بما أن حمض الخل عبارة عن سائل يكون :

$$d = \frac{\rho(\text{CH}_3\text{COOH})}{\rho(\text{H}_2\text{O})} \rightarrow \rho(\text{CH}_3\text{COOH}) = d \cdot \rho(\text{H}_2\text{O})$$

$$\rho(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1.05 \cdot 1000 = 1050 \text{ g/L}$$

2- أ- الكتلة المولية للنوع الكيميائي A :

$$d = \frac{M(A)}{29} \rightarrow M(A) = d \cdot 29$$

$$M(A) = 2.55 \cdot 29 \approx 74 \text{ g/mol}$$

ب- عبارة الكتلة المولية للنوع الكيميائي بدلالة n :

$$M(A) = M(\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2) = n M(\text{C}) + 2n M(\text{H}) + 2 M(\text{O})$$

$$M(A) = (n \cdot 12) + (2n \cdot 1) + (2 \cdot 16)$$

$$M(A) = 12n + 2n + 32 \rightarrow M(A) = 14n + 32$$

ج- قيمة n و الصيغة الجزيئية المجملية للنوع الكيميائي A :

مما سبق :

$$M(A) = 74 \text{ g/mol}$$

$$M(A) = 14n + 32$$

بالمطابقة :

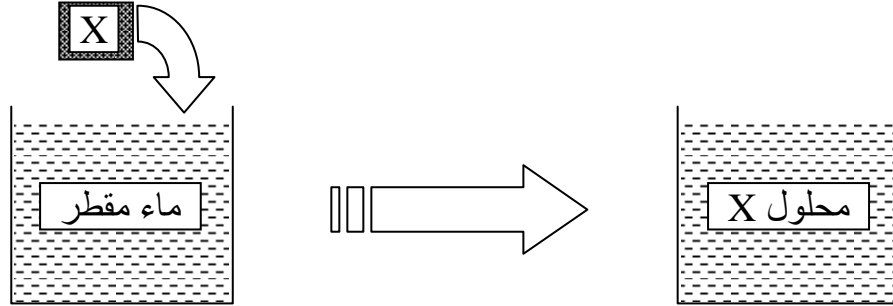
$$14n + 32 = 74 \rightarrow n = \frac{74 - 32}{14} = 3$$

و منه فالصيغة المجملية للنوع الكيميائي (A) هي  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ .

## المحاليل المائية و تراكيزها

### • المحلول المائي و التركيز المولي :

- نحصل على محلول كيميائي لنوع كيميائي X بخل (إذابة) كمية من هذا النوع الكيميائي في حجم معين من الماء المقطر (مذيب).



- حجم المحلول الناتج مساوي لحجم المذيب ( يهمل الزيادة في الحجم أثناء الانحلال ) .  
 - يتميز المحلول المائي المتحصل عليه بمقدار فيزيائي يدعى التركيز المولي ، يرمز له بـ C و وحدته المول على اللتر (mol/L) ، و هو يساوي حاصل قسمة كمية مادة النوع الكيميائي المنحل X (المذاب) ، على حجم الماء المقطر (المذيب) و نكتب :

$$C = \frac{n_X}{V}$$

- يمكن قول أن التركيز المولي لمحلول مائي هو كمية مادة النوع الكيميائي المنحل X في 1L من هذا المحلول .

### • التركيز الكتلي لمحلول مائي :

التركيز الكتلي الذي يرمز له بـ  $C_m$  ووحدته الغرام على اللتر ( g /L ) لمحلول مائي لنوع كيميائي X هو حاصل قسمة كتلة النوع الكيميائي X المنحل على حجم الماء المقطر (المذيب) أي :

$$C_m = \frac{m_X}{V}$$

- يمكن قول أن التركيز الكتلي  $C_m$  لمحلول مائي هو كتلة النوع الكيميائي المنحل X في 1L من هذا المحلول .

### • العلاقة بين التركيز المولي C و التركيز الكتلي $C_m$ :

لدينا :  $C_m = \frac{m_X}{V}$  و لدينا أيضا :

$$n_X = \frac{m_X}{M} \rightarrow m_X = M \cdot n_X$$

ومنه تصبح عبارة  $C_m$  كما يلي :

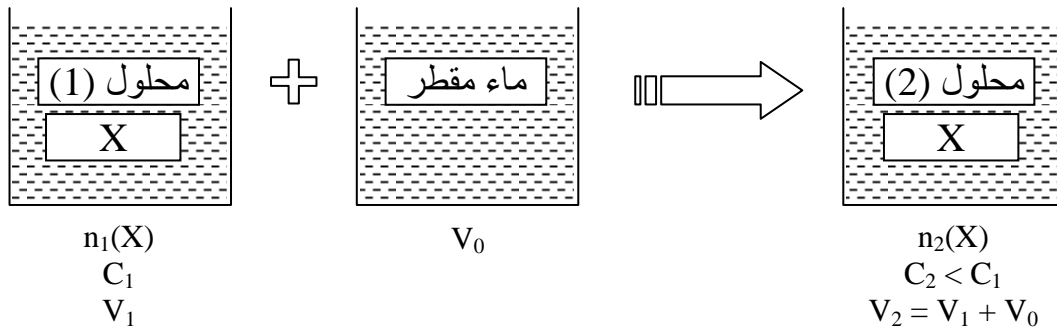
$$C_m = \frac{M \cdot n_X}{V} = M \frac{n_X}{V}$$

وحيث أن :  $C = \frac{n_X}{V}$  يمكن كتابة العلاقة التالية :

$$C_m = M.C \leftrightarrow C = \frac{C_m}{M}$$

### • تمديده (تخفيف) محلول :

- تمديد محلول تركيزه المولي  $C_1$  أو تخفيفه هو إضافة الماء المقطر إليه للحصول على محلول جديد تركيزه المولي  $C_2$  يكون أقل من تركيز المحلول الأصلي ، أي  $C_2 < C_1$  .



- أثناء التمديد لا يحدث تفاعل كيميائي لذلك لا يحدث تغير في كمية مادة النوع الكيميائي المنحل أثناء التمديد ، بمعنى إذا كان كمية مادة النوع الكيميائي في المحلول الأصلي هي  $n_1$  ، و كانت كمية مادة نفس النوع الكيميائي في المحلول الممدد هي  $n_2$  يكون :

$$n_1 = n_2 \rightarrow C_1 V_1 = C_2 V_2$$

- تسمى هذه العلاقة بقانون التمديد .

### • معامل التمديد f :

- تمديد محلول f مرة (f معامل التمديد) يعني إضافة الماء المقطر إليه حتى يصبح حجمه مساوي f ضعف من الحجم الابتدائي ، بمعنى ، إذا كان  $V_1$  هو حجم المحلول الابتدائي و  $V_2$  هو حجم المحلول الممدد يكون :

$$V_2 = f V_1$$

- بتطبيق قانون التمديد السابق يمكن كتابة :

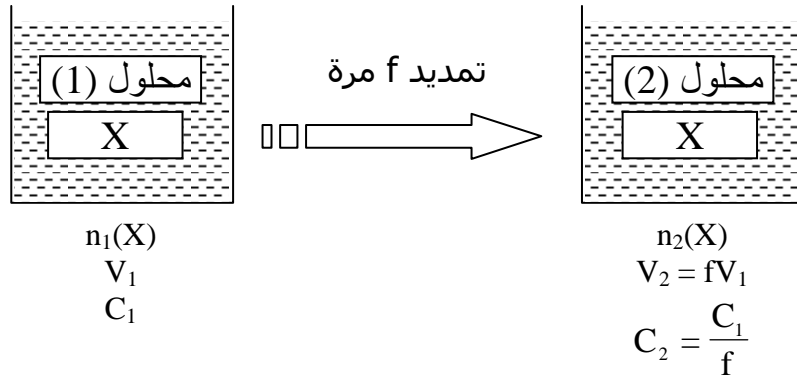
$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$C_1 V_1 = C_2 (f V_1)$$

إذن :

$$C_2 = \frac{C_1}{f}$$

- يمكن تلخيص ما قلناه في الشكل التالي :



- يمكن كتابة عبارة معامل التمديد كما يلي :

$$f = \frac{V_2}{V_1} = \frac{C_1}{C_2}$$

**مثال :**

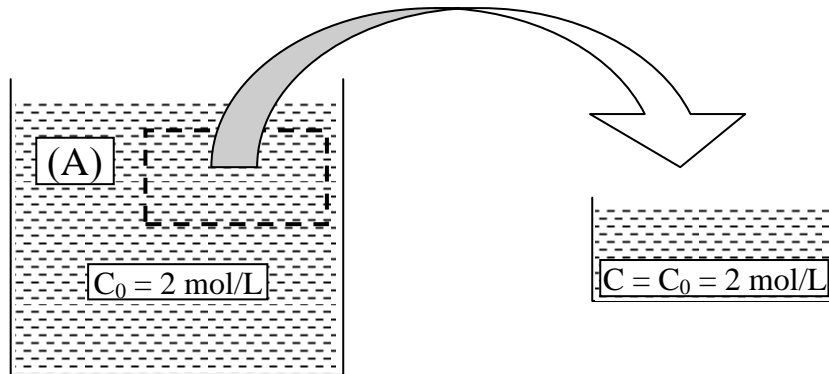
لدينا محلول (A) تركيزه المولي  $C_1 = 2 \text{ mol/L}$  ، عندما نأخذ عينة منه و نمددها 100 مرة نحصل على محلول جديد تركيزه المولي  $C_2$  حيث :

$$C_2 = \frac{C_1}{100} = \frac{2}{100} = 0.02 \text{ mol/L}$$

**ملاحظة مهمة :**

عندما نأخذ عينة من محلول (A) تركيزه المولي  $C_1$  يكون التركيز المولي للعينة هو نفسه التركيز المولي للمحلول (A) الذي أخذت منه العينة أي  $C_1$  .

**مثال :**



### التمرين (3) :

لتحضير محلول (B) لهيدروكسيد الصوديوم NaOH قمنا بخل 4 g من هيدروكسيد الصوديوم النقي في 200 mL من الماء المقطر .

- 1- أوجد التركيز المولي للمحلول (B) .
- 2- أوجد بطريقتين مختلفتين التركيز الكتلي للمحلول (B) .
- 3- ما هي كمية مادة NaOH المنحلة في 50 mL من المحلول (B) .

4- نأخذ 10 mL من المحلول (B) و نضيف لها 90 mL من الماء المقطر .  
أ- كيف تسمى هذه العملية .

ب- ما هو حجم المحلول الجديد ، استنتج معامل التمديد f .

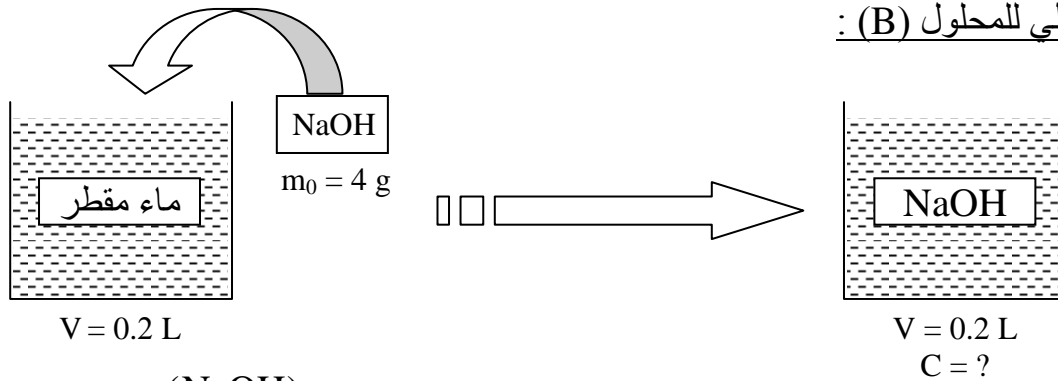
ج- أوجد بطريقتين مختلفتين التركيز المولي للمحلول الجديد .

5- نأخذ 10 mL أخرى من المحلول (B) و نضيف لها 0.4 g من هيدروكسيد الصوديوم NaOH . أوجد التركيز المولي للمحلول الجديد .  
يعطى :

$$M(\text{Na}) = 23 \text{ g/mol} , M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol} , M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$$

### الأجوبة :

1- التركيز المولي للمحلول (B) :



$$C = \frac{n_0(\text{NaOH})}{V} = \frac{\frac{m_0(\text{NaOH})}{M}}{V} = \frac{m_0(\text{NaOH})}{M \cdot V}$$

$$\bullet M(\text{NaOH}) = 23 + 26 + 1 = 40 \text{ g/mol}$$

$$\bullet C = \frac{4}{40 \cdot 0.2} = 0.5 \text{ mol/L}$$

2- التركيز الكتلي للمحلول (B) :  
الطريقة الأولى :

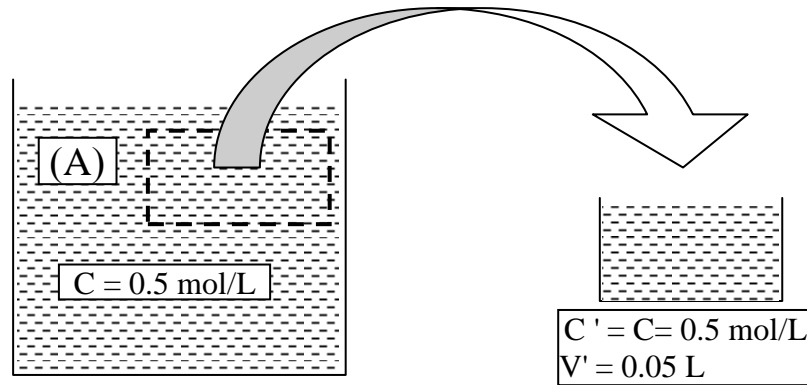
$$C_m = \frac{m_0}{V}$$

$$C_m = \frac{4}{0.2} = 20 \text{ g/L}$$

الطريقة الثانية :

$$C_m = M \cdot C = 40 \cdot 0.5 = 20 \text{ g/L}$$

## 3- كمية مادة NaOH المنحلة في 50 mL من المحلول (B) :



$$n'(\text{NaOH}) = C' \cdot V' = 0.5 \cdot 0.05 = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

4- أ- تسمى هذه العملية بالتمديد .

ب- حجم المحلول الجديد :

باعتبار  $V_1$  ،  $V_2$  هو حجم المحلول قبل التمديد و بعده على الترتيب ،  $V_0$  حجم الماء المقطر المضاف يكون :

$$V_2 = V_1 + V_0 = 0.01 + 0.09 = 0.1 \text{ L}$$

معامل التمديد :

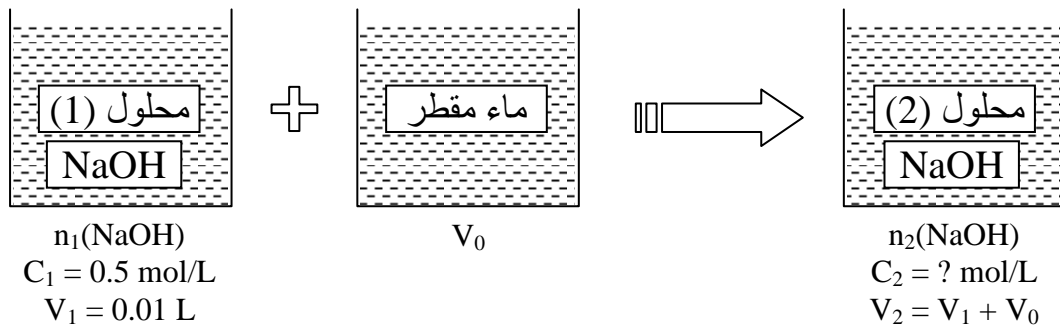
عندما نمدد المحلول  $f$  مرة يكون حجمه الجديد (  $f$  ضعف ) الحجم المحلول الابتدائي أي :

$$V_2 = f V_1 \rightarrow f = \frac{V_2}{V_1}$$

$$f = \frac{0.1}{0.01} = 10$$

ج- تركيز المحلول الجديد :

الطريقة الأولى :



- أثناء التمديد لا تتغير كمية المادة لذا يكون :

$$n_2(\text{NaOH}) = n_1(\text{NaOH})$$

$$C_2 V_2 = C_1 V_1$$

$$C_2 (V_1 + V_0) = C_1 V_1 \rightarrow C_2 = \frac{C_1 V_1}{(V_1 + V_0)}$$

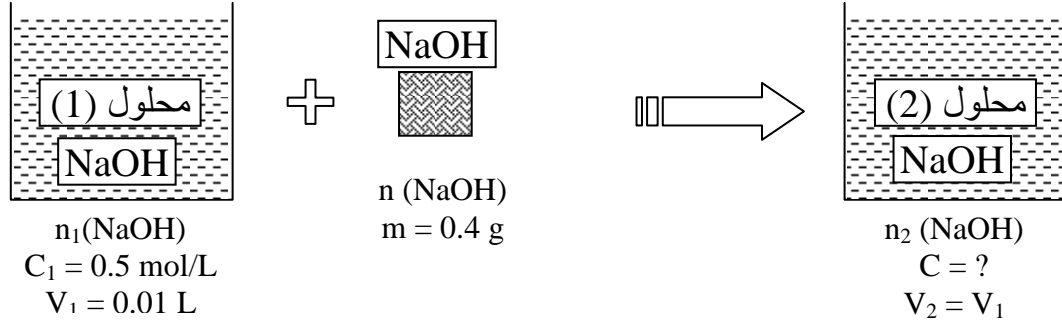
$$C_2 = \frac{0.5 \cdot 0.01}{0.01 + 0.09} = 0.05 \text{ mol/L}$$

الطريقة الثانية :

عندما نمدد المحلول 10 مرات يكون :

$$C_2 = \frac{C_1}{10} = \frac{0.5}{10} = 0.05 \text{ mol/L}$$

5- تركيز المحلول الجديد :



في هذه الحالة لا يحدث تفاعل و عليه فإن كمية مادة NaOH في المحلول الجديد (B) مساوية لكمية مادة NaOH الموجودة في المحلول الابتدائي (A) مضاف إليها كمية مادة NaOH الموجود في الكتلة المضافة أي :

$$n_2(\text{NaOH}) = n_1(\text{NaOH}) + n(\text{NaOH})$$

$$C_2 V_2 = C_1 V_1 + \frac{m(\text{NaOH})}{M} \rightarrow C_2 = \frac{C_1 V_1 + \frac{m(\text{NaOH})}{M}}{V_1} \quad (V_2 = V_1)$$

$$C_2 = \frac{(0.5 \cdot 0.01) + \frac{0.4}{40}}{0.01} = 1.5 \text{ mol/L}$$

#### التمرين (4) :

للحصول على محلول (A) لكلور الهيدروجين تركيزه المولي  $C = 2 \text{ mol/L}$  ، قمنا عند الشرطين النظاميين بحل حجم  $V_{(\text{HCl})}$  من غاز كلور الهيدروجين في 100 mL من الماء المقطر .

1- أوجد قيمة  $V_{(\text{HCl})}$  .

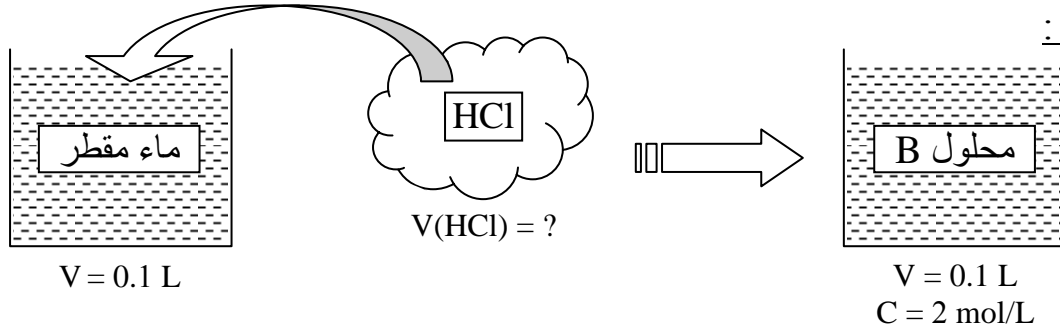
2- أوجد حجم الماء المقطر اللازم إضافته إلى 10 mL من المحلول (A) حتى نحصل على محلول تركيزه المولي 0.5 mol/L .

3- ما هو حجم غاز كلور الهيدروجين اللازم إضافته في الشرطين النظاميين إلى 10 mL من المحلول (A) حتى نحصل على محلول لكلور الهيدروجين تركيزه المولي 3 mol/L .

4- نأخذ 10 mL من المحلول (A) و نضيف لها 40 mL من محلول آخر لكلور الهيدروجين تركيزه المولي 1 mol/L . أوجد تركيز المحلول الجديد .

5- انطلاقاً من المحلول (A) السابق و عن طريق التمديد نريد تحضير عينة من المحلول (A) حجمها  $V_2 = 20 \text{ mL}$  و تركيزها المولي  $C_2 = 0.5 \text{ mol/L}$  . صف البروتوكول التجريبي اللازم لذلك .

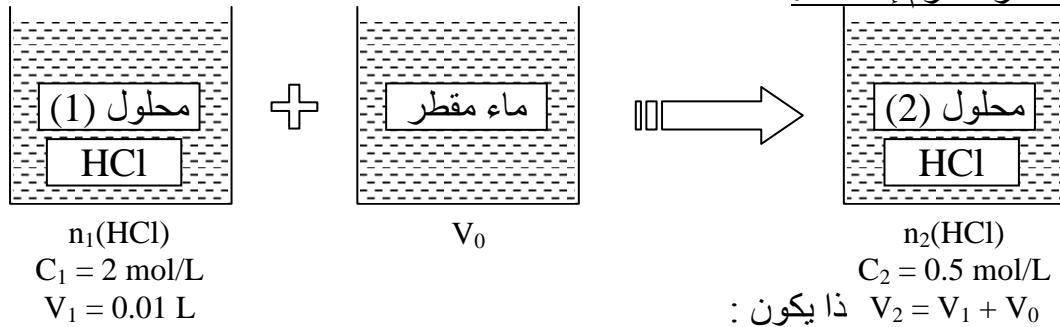
## الاجوبة :

1- قيمة  $V_{(HCl)}$  :

$$C = \frac{n_0(HCl)}{V} = \frac{V_{(HCl)}}{V_M} = \frac{V_{(HCl)}}{V_M \cdot V} \rightarrow V_{(HCl)} = C \cdot V_M \cdot V$$

$$V_{(HCl)} = 2 \cdot 22.4 \cdot 0.1 = 4.48 \text{ L}$$

## 2- حجم الماء المقطر اللازم إضافته :



$$n_2(HCl) = n_1(HCl)$$

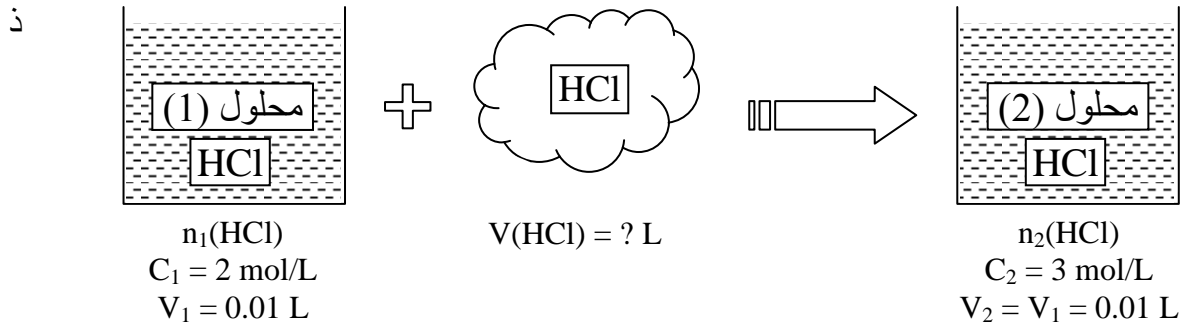
$$C_2 V_2 = C_1 V_1$$

$$C_2 (V_1 + V_0) = C_1 V_1$$

$$V_1 + V_0 = \frac{C_1 V_1}{C_2} \rightarrow V_0 = \frac{C_1 V_1}{C_2} - V_1$$

$$V_0 = \frac{2 \cdot 0.01}{0.5} - 0.01 = 0.03 \text{ L} = 30 \text{ mL}$$

## 3- حجم كلور الهيدروجين اللازم إضافته :



لا يحدث تفاعل كيميائي في هذه الحالة لذا تكون كمية مادة  $HCl$  في المحلول الجديد مساوية لكمية  $HCl$  في المحلول الابتدائي مضاف إليها كمية  $HCl$  في الغاز المضاف و عليه :



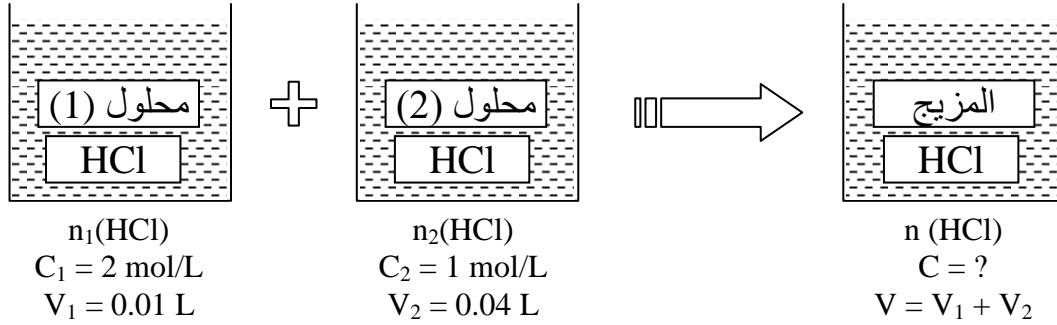
$$n_2(\text{HCl}) = n_1(\text{HCl}) + n(\text{HCl})$$

$$C_2 V_2 = C_1 V_1 + \frac{V(\text{HCl})}{V_M}$$

$$\frac{V(\text{HCl})}{V_M} = C_2 V_2 - C_1 V_1 \rightarrow V(\text{HCl}) = V_M (C_2 V_2 - C_1 V_1)$$

$$V(\text{HCl}) = 22.4 ((3.0.01) - (2.0.01)) = 0.224 \text{ L}$$

4- تركيز المحلول الجديد :



بما أنه لم يحدث تحول كيميائي بين المحلولين (1) ، (2) يكون :

$$n(\text{HCl}) = n_1(\text{HCl}) + n_2(\text{HCl})$$

$$C (V_1 + V_2) = C_1 V_1 + C_2 V_2 \rightarrow C = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

$$C = \frac{(2.0.01) + (1.0.04)}{0.01+0.04} = 1.2 \text{ mol/L}$$

5- البروتوكول التجريبي :

- نحسب أولاً حجم محلول (HCl) اللازم أخذه من المحلول (A) و ليكن  $V_1$  .

- أثناء التمديد لا تتغير كمية المادة لذا يكون :

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \rightarrow V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1}$$

$$V_1 = \frac{0.5.0.02}{2} = 5.10^{-3} \text{ L} = 5 \text{ mL}$$

و هو الحجم اللازم أخذه من المحلول (A) و يخضع لاحقاً إلى التمديد .

- بواسطة ماصة عيارية نأخذ 5 mL من المحلول (A) و نضعها في حوجة عيارية سعتها 20 mL ، ثم نضيف لها الماء المقطر إلى غاية بلوغ التدريجة 20 mL ، نكون بذلك قد حضرنا 20 mL من محلول كلور الهيدروجين ذو تركيز مولي  $C = 0.5 \text{ mol/L}$  .

## التحول الكيميائي و التفاعل الكيميائي

### • التحول الكيميائي :

- نقول أنه حدث تحول كيميائي في جملة كيميائية ما ، إذا حدث تغير في حالة هذه الجملة ، كاختفاء أنواع كيميائية و ظهور أنواع كيميائية جديدة .

## • التفاعل الكيميائي :

- التفاعل الكيميائي هو نموذج للتحويل الكيميائي يتم على المستوى المجهرى ، أي يتم بين أفراد الأنواع الكيميائية ، كارتباط فرد كيميائي (ذرة ، جزيء ، شاردة ...) أو أكثر لنوع كيميائي ، مع فرد كيميائي أو أكثر لنوع كيميائي آخر قصد تشكيل فرد كيميائي جديد لنوع كيميائي آخر .

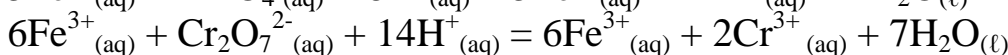
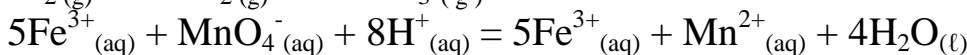
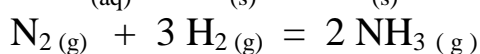
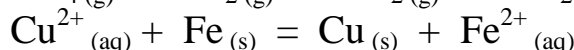
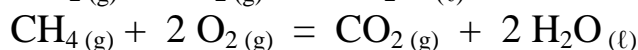
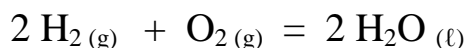
- يعبر عن التفاعل الكيميائي بمعادلة تسمى **معادلة التفاعل الكيميائي** ، و التي تتكون من طرفين ، الأول يكون على اليسار و فيه تكتب رموز و صيغ الأفراد الكيميائية المختلفة خلال التفاعل الكيميائي و التي تسمى **متفاعلات** ، الطرف الثاني يكون على اليمين و فيه تكتب رموز و صيغ الأفراد الكيميائية المتشكلة خلال التفاعل الكيميائي و التي تسمى **نواتج** ، و بين الطرفين الأول و الثاني يوضع رمز تساوي (=) تبين جهة التفاعل التي تكون اصطلاحاً من اليسار إلى اليمين .

- ترفق رموز و صيغ المتفاعلات و النواتج الرموز التالية و التي تدل على حالة المتفاعلات و النواتج .

( s ← صلب ) ، ( l ← سائل ) ، ( g ← غاز ) ، ( aq ← شاردة أو محلول ) .

- لكي يتحقق ما يسمى بمبدأ انحفاظ العنصر الكيميائي (عدد ذرات كل عنصر قبل التفاعل الكيميائي مساوي لعدد ذرات نفس العنصر بعد التفاعل الكيميائي) ، و مبدأ انحفاظ الشحنة (مجموع شحن الأفراد الكيميائية المتفاعلة مساوي لمجموع شحن الأفراد الكيميائية الناتجة) ، توضع أمام صيغ و رموز الأنواع الكيميائية معاملات (أرقام) تدعى **المعاملات الستوكيومترية** ، بحيث تكون هذه المعاملات أصغر عدد طبيعي ممكن، ونحصل بذلك على الشكل النهائي لمعادلة التفاعل الكيميائي .

## أمثلة:

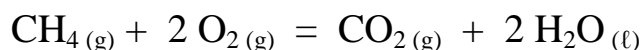


## تقدم التفاعل و جدول التقدم

### • مفهوم تقدم التفاعل :

من أجل متابعة تحول كيميائي لجملة في المستوى العياني من حالة ابتدائية إلى نهائية يقترح الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية " IUAPC " وسيلة تدعى تقدم التفاعل x (مقدراً بالمول mol) والذي يمكن توضيحه كالتالي :

- نعتبر التحويل الكيميائي المتمثل في احتراق الميثان بغاز الأكسجين و النمذج بالمعادلة الكيميائية التالية :



من هذه المعادلة يمكن قول ما يلي :

- على المستوى المجهرى :

■ لو حدث التفاعل مرة : يختفي 1 جزيء من  $\text{CH}_4$  ، 2 جزيء من  $\text{O}_2$  ، ليتشكل 1 جزيء من  $\text{CO}_2$  ، 2 جزيء من الماء .

■ لو حدث التفاعل 2 مرة : يختفي 2 جزيء من  $\text{CH}_4$  ، 4 جزيء من  $\text{O}_2$  ، ليتشكل 2 جزيء من  $\text{CO}_2$  ، 4 جزيء من الماء .

■ لو حدث التفاعل 3 مرة : يختفي 3 جزئ من  $\text{CH}_4$  ، 6 جزئ من  $\text{O}_2$  ، ليتشكل 3 جزئ من  $\text{CO}_2$  ، 6 جزئ من الماء .

- على المستوى العياني :

■ لو حدث التفاعل  $N_A$  مرة : يختفي  $(N_A)$  جزئ من  $\text{CH}_4$  ،  $(2N_A)$  جزئ من  $\text{O}_2$  ، ليتشكل  $(N_A)$  جزئ من  $\text{CO}_2$  ،  $(2N_A)$  جزئ من الماء .

أو : يختفي  $(1 \text{ mol})$  جزئ من  $\text{CH}_4$  ،  $(2 \text{ mol})$  جزئ من  $\text{O}_2$  ليتشكل  $(1 \text{ mol})$  جزئ من  $\text{CO}_2$  ،  $(2 \text{ mol})$  جزئ من الماء .

■ لو حدث التفاعل  $(2 N_A)$  مرة : يختفي  $(2 \text{ mol})$  جزئ من  $\text{CH}_4$  ،  $(4 \text{ mol})$  جزئ من  $\text{O}_2$  ليتشكل  $(2 \text{ mol})$  جزئ من  $\text{CO}_2$  ،  $(4 \text{ mol})$  جزئ من الماء .

■ لو حدث التفاعل  $(3 N_A)$  مرة : يختفي  $(3 \text{ mol})$  جزئ من  $\text{CH}_4$  ،  $(6 \text{ mol})$  جزئ من  $\text{O}_2$  ليتشكل  $(3 \text{ mol})$  جزئ من  $\text{CO}_2$  ،  $(6 \text{ mol})$  جزئ من الماء .



■ لو حدث التفاعل  $(x N_A)$  مرة : يختفي  $(x \text{ mol})$  جزئ من  $\text{CH}_4$  ،  $(2x \text{ mol})$  جزئ من  $\text{O}_2$  ، ليتشكل  $(x \text{ mol})$  جزئ من  $\text{CO}_2$  ،  $(2x \text{ mol})$  جزئ من الماء .

يدعى المقدار  $x$  تقدم التفاعل

و هو يمثل عدد مرات حدوث التفاعل السابق مقدرا بـ (أفوقادرو مرة) أي بالمول (mol) و يستعمل في المستوى العياني فقط .

### ● جدول التقدم و التقدم النهائي :

- جدول التقدم هو عبارة عن جدول وصفي للجملة يمكن من خلاله تناول الحصيلة الكمية من حالة ابتدائية إلى حالة نهائية ، مروراً بحالة انتقالية لحظية كما موضح في المثال التالي :

حالة الجملة	التقدم $x$ (mol)	$\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) = 2 \text{NH}_3(\text{g})$		
الحالة الابتدائية $t = 0$	0	1	4	0
الحالة الانتقالية $t$	$x$	$1 - x$	$4 - 3x$	$2x$
الحالة النهائية $t_f$	$x_f$	$1 - x_f$	$4 - 3x_f$	$2x_f$

- يعبر جدول التقدم على كميات المادة للأنواع الكيميائية المتواجدة في الجملة الكيميائية (متفاعلات و نواتج) في لحظة معينة من التحول الكيميائي .

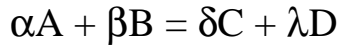
- يسمى العدد الأعظمي لمرات حدوث التفاعل مقدر بأفوقادرو مرة (أو بالمول) بالتقدم الأعظمي ، يرمز له بـ  $x_{\text{max}}$  ، و يسمى المتفاعل الذي اختفى كلياً و الذي كان سبب في توقف تطور التحول الكيميائي بالمتفاعل المحد .

- إذا توقف تطور التحول الكيميائي بسبب اختفاء كلي لأحد المتفاعلات يكون التقدم النهائي  $x_f$  مساوي للتقدم الأعظمي  $x_{max}$  و يقال عن هذا التحول الكيميائي أنه تام ، بينما إذا لم يختفي أحد من المتفاعلات كلياً عندما يتوقف تطور التحول الكيميائي يكون التقدم النهائي  $x_f$  أقل من التقدم الأعظمي  $x_{max}$  ، و يقال عن هذا التحول الكيميائي أنه غير تام ، يمكن اختصار هذا القول فيما يلي :

• تفاعل تام  $\leftarrow x_f = x_{max}$  .

• تفاعل غير تام  $\leftarrow x_f < x_{max}$  .

- إذا اختفت كل المتفاعلات كلياً في نهاية التفاعل يقال عن التحول الكيميائي أنه في الشروط الستوكيومترية .  
- في التفاعل المعبر عنه بالمعادلة الكيميائية التالية :



يمكن إثبات أن التحول الكيميائي المنمذج بهذا التفاعل يكون في الشروط الستوكيومترية إذا تحقق :

$$\frac{n_0(A)}{\alpha} = \frac{n_0(B)}{\beta}$$

### التمرين (5) :

نسخن سلكاً من الحديد Fe حتى الاحمرار ، ثم ندخله بسرعة داخل قارورة تحتوي على غاز الكلور  $Cl_2$  ، نلاحظ تشكل دخان يميز كلور الحديد الثلاثي  $FeCl_3$  .

1- أكتب معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج لهذا التحول الكيميائي .

2- نعتبر الجملة الكيميائية تتكون في الحالة الابتدائية من 44.8 g من الحديد ، و 20.16 L من غاز الكلور  $Cl_2$  مقاس في الشرطين النظاميين .

أ- أحسب كمية مادة كل من الحديد و غاز الكلور في الحالة الابتدائية .

ب- بين إن كان هذا التحول الكيميائي في الشروط الستوكيومترية أم لا .

ج- مثل جدول تقدم التفاعل لهذا التحول الكيميائي ، ثم عين التقدم النهائي و المتفاعل المحد إن وجد .

3- ما هي الأنواع الكيميائية المتواجد في الجملة الكيميائية عند نهاية التفاعل .

4- أوجد ما يلي في نهاية التفاعل :

أ- كتلة كلور الحديد الثلاثي الناتج .

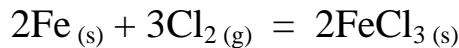
ب- كتلة الحديد المتبقي .

ج- حجم غاز كلور الهيدروجين المتفاعل في الشرطين النظاميين .

يعطى :  $M(Fe) = 56 \text{ g/mol}$  ،  $M(Cl) = 35.5 \text{ g/mol}$  .

### الأجوبة :

1- معادلة التفاعل :



2- أ- كمية مادة  $Fe$  ،  $Cl_2$  في الحالة الابتدائية :

$$\square n_0(Fe) = \frac{m}{M} = \frac{44.8}{56} = 0.8 \text{ mol}$$

$$\square n_0(Cl_2) = \frac{V(Cl_2)}{V_M} = \frac{20.16}{22.4} = 0.9 \text{ mol}$$

ب- إثبات أن التحول في الشروط الستوكيومترية أم لا :  
يكون التحول الكيميائي المنمذج بالمعادلة السابقة في الشروط الستوكيومترية إذا تحقق :

$$\frac{n_0(\text{Fe})}{2} = \frac{n_0(\text{Cl}_2)}{3}$$

مما سبق :

- $n_0(\text{Fe}) = 0.8 \text{ mol} \rightarrow \frac{n_0(\text{Fe})}{2} = 0.4 \text{ mol}$
- $n_0(\text{Cl}_2) = 0.9 \text{ mol} \rightarrow \frac{n_0(\text{Cl}_2)}{3} = 0.3 \text{ mol}$

نلاحظ :  $\frac{n_0(\text{Fe})}{2} \neq \frac{n_0(\text{Cl}_2)}{3}$  ، إذن التفاعل المنمذج بالمعادلة السابقة ليس في الشروط الستوكيومترية .  
ج- جدول التقدم :

حالة الجملة	التقدم	$2\text{Fe}_{(s)} + 3\text{Cl}_{2(g)} = 2\text{FeCl}_3$		
ابتدائية	$x = 0$	0.8	0.9	0
انتقالية	$x$	$0.8 - 2x$	$0.9 - 3x$	$2x$
نهائية	$x_f$	$0.8 - 2x_f$	$0.9 - 3x_f$	$2x_f$

• التقدم النهائي :  
- إذا اختفى Fe كلياً :

$$0.8 - 2x = 0 \rightarrow x = 0.4 \text{ mol}$$

- إذا اختفى  $\text{Cl}_2$  كلياً :

$$0.9 - 3x = 0 \rightarrow x = 0.3 \text{ mol}$$

إذن  $x_{\max} = x_f = 0.3 \text{ mol}$  و المتفاعل المحد هو  $\text{Cl}_2$  .

3- الأنواع الكيميائية المتواجدة في الجملة و كتلتها :  
الأنواع الكيميائية :

- كلور الحديد الثلاثي  $\text{FeCl}_3$  الناتج .
- الحديد Fe المتبقي من التفاعل .

4- أ- كتلة كلور الحديد الثلاثي الناتج في نهاية التفاعل :

من جدول التقدم كمية مادة كلور الحديد الثلاثي الناتج في نهاية التفاعل هي :

$$x_f(\text{FeCl}_3) = 2 x_f = 2 \cdot 0.3 = 0.6 \text{ mol}$$

لدينا :

$$n_f(\text{FeCl}_3) = \frac{m_f(\text{FeCl}_3)}{M}$$

و منه :

$$m_f(\text{FeCl}_3) = n_f(\text{FeCl}_3) \cdot M(\text{FeCl}_3)$$

- $M(\text{FeCl}_3) = 25 + (3 \cdot 35.5) = 162.5 \text{ g/mol}$
- $m_f(\text{FeCl}_3) = 0.6 \times 162.5 = 97.5 \text{ g}$

ب- كتلة الحديد المتبقي في نهاية التفاعل :

من جدول التقدم أيضا كمية مادة الحديد المتبقي في نهاية التفاعل هي :

$$n_f(\text{Fe}) = 0.8 - 2x_f = 0.8 - (2 \cdot 0.3) = 0.2 \text{ mol}$$

لدينا :

$$n_f(\text{Fe}) = \frac{m_f(\text{Fe})}{M}$$

و منه :

$$m_f(\text{Fe}) = n_f(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe})$$

$$m_f(\text{Fe}) = 0.2 \cdot 56 = 11.2 \text{ g}$$

ب- حجم غاز الكلور المتفاعل في نهاية التفاعل :

من جدول التقدم كمية مادة غاز الكلور المتفاعلة في نهاية التفاعل هي :

$$n_f(\text{Cl}_2) = 3x_f = 3 \cdot 0.3 = 0.9 \text{ mol}$$

لدينا :

$$n_f(\text{Cl}_2) = \frac{V(\text{Cl}_2)}{V_M}$$

و منه :

$$V(\text{Cl}_2) = n_f(\text{Cl}_2) \cdot M(\text{Cl}_2)$$

$$\bullet M(\text{Cl}_2) = (2 \cdot 35.5) = 71 \text{ g/mol}$$

$$\bullet V_f(\text{Cl}_2) = 0.9 \cdot 22.4 = 20.16 \text{ L}$$

## التركيز المولي لمحلول بشوارده

### • التركيز المولي لمحلول بشوارده :

نعتبر نوع كيميائي شاردي صيغته من الشكل  $A_\alpha B_\beta$  ، ينحل في حجم  $V$  من الماء المقطر ، التفاعل الكيميائي النمذج لهذا الانحلال يعبر عنه بالمعادلة الكيميائية التالية :



إذا كانت  $n_0$  هي كمية المادة للنوع الكيميائي  $A_\alpha B_\beta$  المنحلة في حجم  $V$  من الماء المقطر يعبر عن التركيز المولي للمحلول الناتج بالعلاقة :

$$C = \frac{n_0}{V}$$

- يعرف التركيز المولي للمحلول الناتج بالشوارد  $A^{n+}$  ،  $B^{m-}$  و الذي يرمز له على الترتيب بـ  $[A^{n+}]$  ،  $[B^{m-}]$  بالعلاقة :

$$[A^{n+}] = \frac{n(A^{n+})}{V} , \quad [B^{m-}] = \frac{n(B^{m-})}{V}$$

حيث  $n(A^{n+})$  ،  $n(B^{m-})$  هي كمية مادة كل من  $A^{n+}$  و  $B^{m-}$  في المحلول الناتج .

### • العلاقة بين التركيز المولي للمحلول بالتركيز المولي للمحلول بشوارده :

نمثل جدول التقدم للتفاعل المنمذج لانحلال النوع الكيميائي  $A_\alpha B_\beta$  في الماء المقطر (التحول السابق) .

الحالة	التقدم	$A_\alpha B_\beta = \alpha A^{n+} + \beta B^{m-}$		
ابتدائية	$x = 0$	$n_0$	0	0
انتقالية	$x$	$n_0 - x$	$\alpha x$	$\beta x$
نهائية	$x_f$	$n_0 - x_f$	$\alpha x_f$	$\beta x_f$

- لدينا :

$$C = \frac{n_0}{V}$$

$$[A^{n+}] = \frac{n(A^{n+})}{V} \rightarrow [A^{n+}] = \frac{\alpha x_f}{V}$$

$$[B^{m-}] = \frac{n(B^{m-})}{V} \rightarrow [B^{m-}] = \frac{\beta x_f}{V}$$

من جدول التقدم و في حالة أن التفاعل تام بمعنى النوع الكيميائي  $A_\alpha B_\beta$  انحل كلياً في الماء يكون :

$$n_0 - x_f = 0 \rightarrow x_f = n_0$$

ليصبح :

$$[A^{n+}] = \frac{\alpha x_f}{V} \rightarrow [A^{n+}] = \frac{\alpha n_0}{V} = \alpha \frac{n_0}{V} \rightarrow [A^{n+}] = \alpha C$$

$$[B^{m-}] = \frac{\beta x_f}{V} \rightarrow [B^{m-}] = \frac{\beta n_0}{V} = \beta \frac{n_0}{V} \rightarrow [B^{m-}] = \beta C$$

نتيجة :

في محلول مائي شاردي نقي تركيزه المولي  $C$  و صيغة الشاردية  $(\alpha A^{n+} + \beta B^{m-})$  يكون :

$$[A^{n+}] = \alpha C , [B^{m-}] = \beta C$$

مثال-1 :

محلول كبريتات الحديد الثلاثي  $(2Fe^{3+} + 3SO_4^{2-})$  ، تركيزه المولي  $C = 0.2 \text{ mol/L}$  ، في هذا المحلول يكون :

$$[Fe^{3+}] = 2 C = 2 \cdot 0.2 = 0.4 \text{ mol/L}$$

$$[SO_4^{2-}] = 3 C = 3 \cdot 0.2 = 0.6 \text{ mol/L}$$

مثال-2 :

محلول حمض كلور الهيدروجين  $(H_3O^+ + Cl^-)$  ، تركيزه  $C = 0.5 \text{ mol/L}$  ، في هذا المحلول يكون :

$$[H_3O^+] = C = 0.5 \text{ mol/L}$$

$$[Cl^-] = C = 0.5 \text{ mol/L}$$

## التمرين (6) :

أكتب الصيغة الشاردية و الصيغة الإحصائية (المجملة) للأنواع الكيميائية التالية : كلور الصوديوم ، هيدروكسيد الكالسيوم ، هيدروكسيد الصوديوم ، هيدروكسيد الحديد الثنائي ، هيدروكسيد الحديد الثلاثي ، نترات البوتاسيوم ، برمنغنات البوتاسيوم ، ثنائي كرومات البوتاسيوم ، كبريتات الحديد الثلاثي ، بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم ، ثيوكبريتات الصوديوم .

الشاردة	اسمها	الشاردة	اسمها
$\text{Na}^+$	الصوديوم	$\text{Cl}^-$	الكلور
$\text{K}^+$	البوتاسيوم	$\text{NO}_3^-$	النترات
$\text{Ca}^{2+}$	الكالسيوم	$\text{MnO}_4^-$	البرمنغنات
$\text{Fe}^{2+}$	الحديد الثنائي	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	ثنائي الكرومات
$\text{Fe}^{3+}$	الحديد الثلاثي	$\text{SO}_4^{2-}$	الكبريتات
$\text{NH}_4^+$	الأمونيوم	$\text{HO}^-$	الهيدروكسيد
$\text{Na}^+$	الصوديوم	$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$	البيروكسوديكبريتات
		$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	الثيوكبريتات

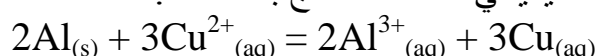
## الأجوبة :

الصيغة الشاردية و الإحصائية للمحالييل :

اسم النوع الكيميائي	الصيغة الشاردية	الصيغة المجملة
كلور الصوديوم	$(\text{Na}^+ + \text{Cl}^-)$	$\text{NaCl}$
هيدروكسيد الكالسيوم	$(\text{Ca}^{2+} + 2\text{HO}^-)$	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
هيدروكسيد الصوديوم	$(\text{Na}^+ + \text{HO}^-)$	$\text{NaOH}$
هيدروكسيد الحديد الثنائي	$(\text{Fe}^{2+} + 2\text{HO}^-)$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$
هيدروكسيد الحديد الثلاثي	$(\text{Fe}^{3+} + 3\text{HO}^-)$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$
نترات البوتاسيوم	$(\text{K}^+ + \text{NO}_3^-)$	$\text{KNO}_3$
برمنغنات البوتاسيوم	$(\text{K}^+ + \text{MnO}_4^-)$	$\text{KMnO}_4$
ثنائي كرومات البوتاسيوم	$(2\text{K}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
كبريتات الحديد الثلاثي	$(2\text{Fe}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-})$	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
بيروكسوديكبريتات البوتاسيوم	$(2\text{K}^+ + \text{S}_2\text{O}_8^{2-})$	$\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$
ثيوكبريتات الصوديوم	$(2\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-})$	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

## التمرين (7) :

لدينا محلول من كبريتات النحاس  $(\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-})$  ذو اللون الأزرق حجمه 600 mL ، تركيزه المولي  $C = 0.6 \text{ mol/L}$  ، أدخلنا فيه صفيحة من الألمنيوم  $\text{Al}$  كتلتها  $m = 13.5 \text{ g}$  . نلاحظ حدوث تحول كيميائي مرفق باختفاء كلي للون الأزرق . التحول الكيميائي الحادث نمذج بالمعادلة :



- 1- على ماذا يدل اختفاء اللون الأزرق .
- 2- أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل .
- 3- أوجد مقدار التقدم النهائي  $x_f$  محدد التفاعل المحد .



4- اعتمادا على جدول التقدم أوجد في نهاية التفاعل :

أ- كتلة النحاس المترسبة .

ب- كتلة الألمنيوم المتفاعلة .

ج- تركيز المحلول الناتج بالشوارد  $Al^{3+}$  .

يعطى :  $M(Al) = 27 \text{ g/mol}$  ،  $M(Cu) = 63.5 \text{ g/mol}$  .

**الأجوبة :**

1- يدل اختفاء اللون الأزرق على اختفاء كلي لشوارد النحاس  $Cu^{2+}$  (أصل هذا اللون) .

2- جدول التقدم :

حالة الجملة	التقدم	$2Al_{(s)} + 3Cu^{2+}_{(aq)} = 2Al_{(s)} + 3Cu_{(s)}$			
ابتدائية	$x = 0$	0.5	0.36	0	0
انتقالية	$x$	$0.5 - 2x$	$0.36 - 3x$	$2x$	$3x$
نهائية	$x_f$	$0.58 - 2x_f$	$0.36 - 3x_f$	$2x_f$	$3x_f$

$$n_0(Cu^{2+}) = [Cu^{2+}]V = CV = 0.6 \cdot 0.6 = 0.6 \text{ mol}$$

$$n_0(Al) = \frac{m(Al)}{M} = \frac{13.5}{27} = 0.5 \text{ mol}$$

3- مقدار التقدم النهائي و المتفاعل المحد :

- إذا اختفى Al كليا :

$$0.5 - 2x = 0 \rightarrow x = 0.25$$

- إذا اختفى  $Cu^{2+}$  كليا :

$$0.36 - 3x = 0 \rightarrow x = 0.12 \text{ mol}$$

إذن :  $x_{\max} = x_f = 0.12 \text{ mol}$  و المتفاعل المحد هو  $Cu^{2+}$  .

4- أ- كتلة النحاس المترسبة :

من جدول التقدم كمية مادة النحاس المترسبة في نهاية التفاعل هي :

$$n_f(Cu) = 3x_f = 3 \cdot 0.12 = 0.36 \text{ mol}$$

و منه :

$$n_f(Cu) = \frac{m_f(Cu)}{M} \rightarrow m_f(Cu) = n_f(Cu) \cdot M(Cu)$$

$$m_f(Cu) = 0.36 \cdot 63.5 = 22.86 \text{ g}$$

ب- كتلة الألمنيوم المتفاعلة :

من جدول التقدم كمية مادة الألمنيوم المتفاعلة في نهاية التفاعل هي :

$$n_f(Al) = 2x_f = 2 \cdot 0.12 = 0.24 \text{ mol}$$

و منه :

$$n_f(Al) = \frac{m_f(Al)}{M} \rightarrow m_f(Al) = n_f(Al) \cdot M(Al)$$

$$m_f(Al) = 0.24 \cdot 27 = 6.48 \text{ g}$$

ج- تركيز المحلول الناتج بالشوارد  $[Al^{3+}]_f$  في نهاية التفاعل :

$$[Al^{3+}]_f = \frac{n_f(Al^{3+})}{V} \quad (V = 600 \text{ mL} = 0.6 \text{ L})$$

من جدول التقدم كمية مادة شوارد الألمنيوم المتشكلة عند نهاية التفاعل هي :

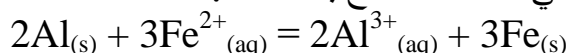
$$n_f(Al^{3+}) = 2x_f = 2 \cdot 0.12 = 0.24 \text{ mol}$$

بالتعويض في عبارة  $[Al^{3+}]_f$  نجد :

$$[Al^{3+}]_f = \frac{0.24}{0.6} = 0.4 \text{ mol/L}$$

### التمرين (8) :

لدينا محلول من كبريتات الحديد الثنائي  $(Fe^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}_{(aq)})$  حجمه 200 mL ، تركيزه المولي  $C_0$  ، أدخلنا فيه صفيحة من الألمنيوم Al كتلتها  $m_0$  . نلاحظ حدوث تحول كيميائي مرفق باختفاء كلي للون الأخضر المميز لشوارد الحديد الثنائي  $Fe^{2+}$  كما نلاحظ أيضا اختفاء كلي لقطعة الألمنيوم و تشكل راسب نزنه بعد ترشيح المحلول الناتج فنجد  $m = 6.72 \text{ g}$  . التحول الكيميائي الحادث نمذج بالمعادلة :



- 1- على ماذا يدل اختفاء اللون الأخضر .
- 2- أنشئ جدول التقدم لهذا التفاعل .
- 3- هل يوجد متفاعل محد ؟ أوجد مقدار التقدم النهائي  $x_f$  .
- 4- اعتمادا على جدول التقدم أوجد :  
أ- كتلة الألمنيوم الابتدائية  $m_0$  .  
ب- التركيز المولي  $C_0$  لمحلول كبريتات الحديد الثنائي .  
ج- تركيز المحلول الناتج بالشوارد  $Al^{3+}$  و بالشوارد  $SO_4^{2-}$  في نهاية التفاعل .  
يعطى :  $M(Al) = 27 \text{ g/mol}$  ،  $M(Fe) = 56 \text{ g/mol}$  .

### الأجوبة :

1- يدل اختفاء اللون الأخضر على اختفاء كلي لشوارد الحديد الثنائي  $Fe^{2+}$  أصل هذا اللون .

2- جدول التقدم :

حالة الجملة	التقدم	$2Al_{(s)} + 3Fe^{3+}_{(aq)} = 2Al^{3+}_{(aq)} + 3Fe_{(s)}$			
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(Al)$	$n_0(Fe^{3+})$	0	0
انتقالية	$x$	$n_0(Al) - 2x$	$n_0(Fe^{3+}) - 2x$	$2x$	$3x$
نهائية	$x_f = x_{max}$	$n_0(Al) - 2x_f$	$n_0(Fe^{3+}) - 2x_f$	$2x_f$	$3x_f$

3- المتفاعل المحد :

- لا يوجد متفاعل محد لأن كل من المتفاعلين  $Al$  و  $Fe^{2+}$  اختفى كلياً في نهاية التفاعل أي أن التحول الكيميائي الحادث في الشروط الستوكيومترية .

• التقدم النهائي :

النوع الكيميائي الذي قمنا بترشيحه هو النوع الكيميائي المترسب في نهاية التفاعل هو الحديد (لأن الألمنيوم اختفى كلياً) ، لذا كتلة الحديد المترسبة في نهاية التفاعل هي :  $m_f(Fe) = 6.72 \text{ g}$  و لدينا :

$$n_f(\text{Fe}) = \frac{m_f(\text{Fe})}{M(\text{Fe})} = \frac{6.72}{56} = 0.12 \text{ mol}$$

من جدول التقدم و عند نهاية التفاعل يكون :

$$n_f(\text{Fe}) = 3x_f \rightarrow x_f = \frac{n_f(\text{Fe})}{3}$$

$$x_f = \frac{0.12}{3} = 0.04 \text{ mol}$$

4- أ- كتلة الألمنيوم الابتدائية :

الألمنيوم اختفى كلياً في نهاية التفاعل لذا يكون من جدول التقدم :

$$n_0(\text{Al}) - 2x_f = 0 \rightarrow n_0(\text{Al}) = 2 \cdot 0.04 = 0.08 \text{ mol}$$

و لدينا :

$$n_0(\text{Al}) = \frac{m_0}{M} \rightarrow m_0 = n_0(\text{Al}) \cdot M$$

$$m_0 = 0.08 \cdot 27 = 2.16 \text{ g}$$

ب- التركيز  $C_0$  لمحلول كبريتات الحديد الثنائي :

بما أن شوارد الحديد الثنائي اختفت كلياً في نهاية التفاعل يكون من جدول التقدم :

$$n_0(\text{Fe}^{3+}) - 3x_f = 0 \rightarrow n_0(\text{Fe}^{3+}) = 3x_f = 3 \cdot 0.04 = 0.12 \text{ mol}$$

و لدينا :

$$n_0(\text{Fe}^{3+}) = [\text{Fe}^{3+}]_0 V = C_0 V \rightarrow C_0 = \frac{n_0(\text{Fe}^{3+})}{V}$$

$$C_0 = \frac{0.12}{0.2} = 0.6 \text{ mol/L}$$

ج- التركيز المولي للمحلول الناتج بالشوارد  $\text{SO}_4^{2-}$  ،  $\text{Al}^{3+}$  :

$$\bullet [\text{Al}^{3+}] = \frac{n_f(\text{Al}^{3+})}{V}$$

من جدول التقدم كمية مادة شوارد الألمنيوم الناتجة عند نهاية التفاعل هي :

$$n_f(\text{Al}^{3+}) = 2x_f = 2 \cdot 0.04 = 0.08 \text{ mol}$$

- حجم المحلول أثناء التحول الكيميائي لا يتغير و يبقى على حاله كما كان في الحالة الابتدائية أي  $V = 0.2 \text{ L}$  ومنه :

$$[\text{Al}^{3+}]_f = \frac{0.08}{0.2} = 0.4 \text{ mol/L}$$

$$\bullet [\text{SO}_4^{2-}]_f = \frac{n_f(\text{SO}_4^{2-})}{V}$$

شوارد  $\text{SO}_4^{2-}$  لم تدخل إلى التفاعل و عليه فإن كمية مادة  $\text{SO}_4^{2-}$  في نهاية التفاعل هي نفسها كمية مادة  $\text{SO}_4^{2-}$  في الحالة الابتدائية لذا يكون :

$$n_f(\text{SO}_4^{2-}) = n_0(\text{SO}_4^{2-}) = [\text{SO}_4^{2-}]_0 V = C_0 V$$

يصبح لدينا :

$$[SO_4^{2-}]_0 = \frac{C_0 V}{V} = C_0 = 0.6 \text{ mol/L}$$

## قانون الغاز المثالي

### • قانون الغاز المثالي :

إذا شغل غاز مثالي حجم  $V$  تحت ضغط  $P$  و درجة حرارة مطلقة  $T$  ، و كانت كمية مادة هذا الغاز هي  $n$  فإنه يعبر عن هذه المقادير بالعلاقة :

$$P V = n R T$$

تسمى هذه العلاقة بقانون الغاز المثالي ، حيث  $R$  الثابت العام للغازات المثالية و المقدر بـ  $8.31 \text{ SI}$  .  
ملاحظة :

- في قانون الغاز المثالي يقدر الضغط بالباسكال (Pa) ، الحجم  $V$  بالمتر مكعب ( $m^3$ ) ، كمية المادة  $n$  بالمول (mol) ، درجة الحرارة المطلقة  $T$  بالكلفن ( $^{\circ}K$ ) علماً أن  $(T^{\circ}K = \theta^{\circ}C + 273)$  .
- نذكر بوحدات أخرى للضغط :
- البار (Bar) حيث :  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$  .
- الضغط الجوي (atm) حيث :  $1 \text{ atm} = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  .

### • عبارة الحجم المولي لغاز في شروط كيفية من الضغط و درجة الحرارة :

الحجم المولي  $V_M$  هو حجم  $1 \text{ mol}$  ( $n = 1$ ) من أي غاز ، بالتعويض في قانون الغاز المثالي نجد :

$$P V_M = R T$$

ومنه :

$$V_M = \frac{R T}{P}$$

### مثال :

نقيس الحجم المولي لغاز في شروط يكون فيها الضغط  $P = 2 \text{ atm}$  ، و درجة الحرارة  $27^{\circ}C$  .

$$V_M = \frac{8.31 (27 + 273)}{2 \cdot 1.013 \cdot 10^5} = 1.23 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 = 12.3 \text{ L}$$

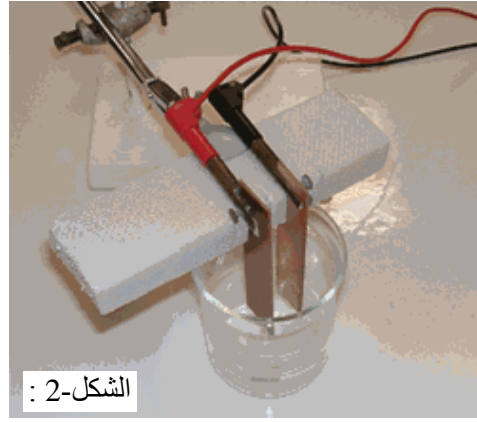
## ناقلية محلول شاردي

### ● الناقلية G لمحلول مائي شاردي :

- يكون المحلول المائي ناقل للتيار الكهربائي إذا كان يحتوي على شوارد موجبة و شوارد سالبة ، و تزداد ناقلية هذا المحلول للتيار الكهربائي كلما كان تركيزه بهذه الشوارد أكبر .
- يعبر عن ناقلية المحلول للتيار الكهربائي بمقدار يدعى **الناقلية** يرمز له بـ  $G$  ووحدته في نظام الوحدات الدولية السيمنس ( $S$ ) ، حيث يكون المحلول ناقل للتيار الكهربائي أكثر كلما كان  $G$  أكبر .
- لقياس الناقلية  $G$  لمحلول ما نقوم بحصر جزء (حجم) من هذا المحلول بين صفيحتين معدنيتين متماثلتين مساحة سطح كل منها  $S$  وتفصل بينهما مسافة  $L$  ، ثم نطبق عليهما بواسطة مولد من نوع GBF توترا كهربائيا .



الشكل-1 :



الشكل-2 :

- تسمى جملة الصفيحتين المذكورتين و الفضاء (الحجم) المحدد بينهما **خلية** قياس الناقلية (الشكل-2) و تدعى هاتين الصفيحتين بلبوسي الخلية .
- تتميز الخلية بثابت يدعى ثابت الخلية ، يرمز له بـ  $K$  و وحدته المتر ( $m$ ) و يعبر عنه بالعلاقة :

$$K = \frac{S}{L}$$

- حيث :  $S$  مساحة سطح أحد لبوسي الخلية تقدر بـ ( $m^2$ ) ، و  $L$  البعد بين لبوسي الخلية يقدر بـ ( $m$ ) .
- إذا كانت  $U$  هي قيمة التوتر الذي يشير إليه مقياس الفولط الموصول على التفرع مع خلية قياس الناقلية ، و  $I$  هي قيمة شدة التيار التي يشير إليها مقياس الأمبير الموصول على التسلسل مع خلية قياس الناقلية ، يعبر عن ناقلية المحلول بالعلاقة التالية :

$$G = \frac{I}{U}$$

### ● المقاومة R :

- تعرف مقاومة محلول مائي شاردي و التي يرمز لها بـ  $R$  ووحدتها الأوم ( $\Omega$ ) على أنها مقلوب الناقلية  $G$  لهذا المحلول أي :

$$R = \frac{1}{G} = \frac{U}{I}$$

### ● الناقلية النوعية $\sigma$ لمحلول شاردي :

- تجريبيا يمكن إثبات أن ناقلية محلول  $G$  تتناسب طرديا مع ثابت الخلية  $K$  أي :  $G = a K$  ، ثابت التناسب  $a$  هو ثابت يميز المحلول يدعى الناقلية النوعية للمحلول يرمز لها بـ  $\sigma$  ووحدتها السيمنس على المتر (S/m) و نكتب :

$$G = \sigma K$$

### ● الناقلية النوعية المولية $\lambda$ :

- تجريبيا يمكن إثبات أن الناقلية النوعية لمحلول  $\sigma$  تتناسب طرديا مع التركيز المولي  $C$  لهذا المحلول أي  $\delta = a C$  ، ثابت التناسب  $a$  هو ثابت يميز المحلول يدعى الناقلية النوعية المولية للنوع الكيميائي المنحل في المحلول يرمز له بـ  $\lambda$  و وحدته  $S.m^2/mol$  و نكتب :

$$\sigma = \lambda C$$

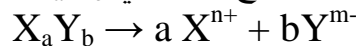
حيث  $C$  التركيز المولي للمحلول و يقدر بـ  $(mol/m^3)$  . (نذكر أن :  $1mol/L = 10^3 mol/m^3$ ) .

### ● الناقلية النوعية المولية للشاردة الموجبة $\lambda(X^{n+})$ وللشاردة السالبة $\lambda(Y^{m-})$ :

في محلول شاردي يحتوي على الشوارد  $X^{n+}$  ،  $Y^{m-}$  ..... سواء دخلت في التفاعل (تظهر في المعادلة الكيميائية) أم لم تدخل في التفاعل (لا تظهر في المعادلة الكيميائية) تعطى عبارة الناقلية النوعية  $\sigma$  لهذا المحلول بعلاقة أخرى بدلالة الناقلية النوعية المولية الشاردية  $\lambda(X^{n+})$  ،  $\lambda(Y^{m-})$  ..... للشوارد  $(X^{n+})$  ،  $(Y^{m-})$  ..... كما يلي :

$$\sigma = \lambda C = \lambda(X^{n+})[X^{n+}] + \lambda(Y^{m-})[Y^{m-}] + \dots\dots\dots$$

- إذا كان لدينا محلول مائي نقي ناتج عن انحلال النوع الكيميائي  $X_a Y_b$  في الماء و وفق المعادلة :



فإنه يعبر عن الناقلية النوعية المولية  $\lambda$  بدلالة الناقلية النوعية المولية الشاردية  $\lambda(X^{n+})$  ،  $\lambda(Y^{m-})$  كما يلي :

$$\lambda = a\lambda(X^{n+}) + b\lambda(Y^{m-})$$

### مثال :

$Fe_2(SO_4)_3(s) = 2Fe^{3+}_{(aq)} + 3SO_4^{2-}_{(aq)}$	$NaCl(s) = Na^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$
$\lambda = 2\lambda(Fe^{3+}) + 3\lambda(SO_4^{2-})$	$\lambda = \lambda(Na^{+}) + \lambda(Cl^{-})$

- نذكر أنه في محلول ذو الصيغه الشاردية  $(aX^{n+} + bY^{m-})$  و التركيز المولي  $C$  و الذي نحصل عليه بحل كمية من النوع الكيميائي  $X_a Y_b$  في حجم  $V$  من الماء المقطر يكون :

$$C = \frac{n(X_a Y_b)}{V}$$

$$[X^{n+}] = \frac{n(X^{n+})}{V} = a C$$

$$[Y^{m-}] = \frac{n(Y^{m-})}{V} = b C$$

### • جدول قيم الناقلية النوعية المولية لبعض الشوارد في درجة الحرارة العادية 25° c :

شوارد سالبة		شوارد موجبة	
$\lambda(\text{mS.m}^2/\text{mol})$	الصيغة	$\lambda(\text{mS.m}^2/\text{mol})$	الصيغة
19.9	$\text{OH}^-$	35.0	$\text{H}_3\text{O}^+$
7.63	$\text{Cl}^-$	5.01	$\text{Na}^+$
7.81	$\text{Br}^-$	7.35	$\text{K}^+$
7.70	$\text{I}^-$	6.19	$\text{Ag}^+$
7.14	$\text{NO}_3^-$	11.9	$\text{Ca}^{2+}$

### التمرين (9) :

1- حول من  $\text{mol/L}$  إلى  $\text{mol/m}^3$  التركيز:  $C_1 = 0.0025 \text{ mol/L}$  ، ثم حول من  $\text{mol/m}^3$  إلى  $\text{mol/L}$  التركيز :  $C_2 = 1200 \text{ mol/m}^3$ .

### الأجوبة :

### التحويل :

- $C_1 = 0.0025 \text{ mol/L} = 0.0025 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0.0025 \frac{1\text{mol}}{10^{-3} \text{ m}^3} = \frac{0.0025.1}{10^{-3}} \text{ mol/m}^3 = 2.5 \text{ mol/m}^3$
- $C_2 = 1200 \text{ mol/m}^3 = 1200 \frac{\text{mol}}{\text{m}^3} = 1200 \frac{\text{mol}}{10^3 \text{ L}} = \frac{1200}{10^3} \text{ mol/L} = 1.2 \text{ mol/L}$

### التمرين (10) :

لدينا خلية قياس الناقلية البعد بين لبوسيهها  $L = 1 \text{ cm}$  و مساحة سطح أحد لبوسيهها المتماثلين  $S = 1 \text{ cm}^2$ .

- 1- أحسب ثابت الخلية  $K$ .
- 2- بواسطة هذه الخلية قمنا بقياس الناقلية لمحلول شاردي تركيزه المولي  $C$  فوجدنا  $G = 1.034 \text{ mS}$ .  
أ- ما هي القيمة التي يشير إليها مقياس الأمبير إذا علمت أن مقياس الفولط يشير إلى القيمة  $U = 5V$ .  
ب- استنتج قيمة مقاومة المحلول  $R$ .  
ج- أحسب الناقلية النوعية  $\delta$  لهذا المحلول.
- د- إذا علمت أن هذا المحلول هو هيدروكسيد الكالسيوم  $(\text{Ca}^{2+} + 2\text{HO}^-)$ . أوجد التركيز المولي لهذا المحلول مقدرا بـ  $\text{mol/L}$ .

ج- أحسب الناقلية النوعية المولية  $\lambda$  لهيدروكسيد الكالسيوم بطريقتين مختلفتين.

يعطى :

$$\lambda(\text{Ca}^{2+}) = 11.9 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2/\text{mol}$$

$$\lambda(\text{OH}^-) = 19.9 \cdot 10^{-3} \text{ S.m}^2/\text{mol}$$

**الأجوبة :**

1- ثابت الخلية :

$$K = \frac{S}{L}$$

$$K = \frac{10^{-4}(\text{m}^2)}{10^{-2}(\text{m})} = 10^{-2} \text{ m}$$

2- أ- القيمة التي يشير إليها مقياس الأمبير :

$$G = \frac{I}{U} \rightarrow I = G.U$$

$$I = 1.034 \cdot 10^{-3} \cdot 5 = 5.17 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 5.17 \text{ mA}$$

ب- قيمة مقاومة المحلول :

$$U = RI \rightarrow R = \frac{U}{I}$$

$$R = \frac{5}{5.17 \cdot 10^{-3}} = 967.11 \Omega$$

ج- الناقلية النوعية :

$$\delta = \frac{G}{K} \rightarrow \delta = \frac{1.034 \cdot 10^{-3}}{10^{-2}} = 0.1034 \text{ S/m}$$

د- قيمة التركيز المولي :

$$\sigma = \lambda(\text{Ca}^{2+}) [\text{Ca}^{2+}] + \lambda(\text{HO}^-) [\text{HO}^-]$$

$$\sigma = \lambda(\text{Ca}^{2+}) (C) + \lambda(\text{HO}^-) (2C)$$

$$\sigma = (\lambda(\text{Ca}^{2+}) + 2\lambda(\text{HO}^-)) C \rightarrow C = \frac{\sigma}{\lambda(\text{Ca}^{2+}) + 2\lambda(\text{HO}^-)}$$

$$C = \frac{0.1034}{11.9 \cdot 10^{-3} + (2 \cdot 19.9 \cdot 10^{-3})} = 2 \text{ mol/m}^3 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

هـ- الناقلية النوعية المولية  $\lambda$  :

الطريقة (1) :

$$\lambda = \lambda(\text{Ca}^{2+}) + 2\lambda(\text{HO}^-)$$

$$\lambda = 11.9 \cdot 10^{-3} + (2 \cdot 19.9 \cdot 10^{-3}) = 5.147 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^2/\text{mol}$$

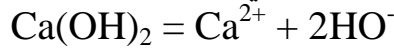
الطريقة (2) :

$$\sigma = \lambda C \rightarrow \lambda = \frac{\sigma}{C} \rightarrow \lambda = \frac{0.1034}{2} = 5.147 \cdot 10^{-2} \text{ S.m}^2/\text{mol}$$



**التمرين (11) :**

1- نحل كمية من هيدروكسيد الكالسيوم  $\text{Ca(OH)}_2$  في الماء المقطر فنحصل على محلول حجمه  $V$  وتركيزه المولي  $C$  ، التفاعل الكيميائي المنمذج للتحول الكيميائي الحادث يعبر عنه بالمعادلة :



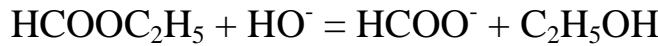
أ- مثل جدول التقدم المنمذج لهذا التفاعل .

ب- أكتب عبارة الناقلية النوعية  $\sigma$  للمحلول الناتج :

• بدلالة الناقلية  $G$  للمحلول و الثابت  $k$  للخلية .

• بدلالة التقدم  $x$  و الناقلية المولية الشاردية  $\lambda(\text{HO}^-)$  ، و الناقلية المولية الشاردية  $\lambda(\text{Ca}^{2+})$  .

2- نضيف كمية قدرها  $n_0$  من ميثانوات الإيثيل  $\text{HCOOC}_2\text{H}_5$  إلى محلول هيدروكسيد الكالسيوم السابق ، يحدث تحول كيميائي ينمذج بمعادلة التفاعل الكيميائي التالية :



أ- مثل جدول التقدم لهذا التفاعل .

ب- أثبت أن عبارة الناقلية النوعية  $\sigma$  للمحلول الناتج هي من الشكل :  $\sigma = a x + b$  ، حيث  $a$  ،  $b$  ثابتين يطلب كتابة عبارتهما .

**المعارة أكسدة-إرجاع****• مفهوم تفاعل الأكسدة و الإرجاع و الأكسدة الإرجاعية :**

- الأكسدة : هو كل تفاعل كيميائي يحدث فيه فقدان إلكترون أو أكثر من طرف فرد كيميائي .

- الإرجاع : هو كل تفاعل كيميائي يحدث فيه إكتساب إلكترون أو أكثر من طرف فرد كيميائي .

- المرجع : هو الفرد الكيميائي الذي يفقد الإلكترونات في تفاعل الأكسدة .

- المؤكسد : هو الفرد الكيميائي الذي يكتسب الإلكترونات في تفاعل الإرجاع .

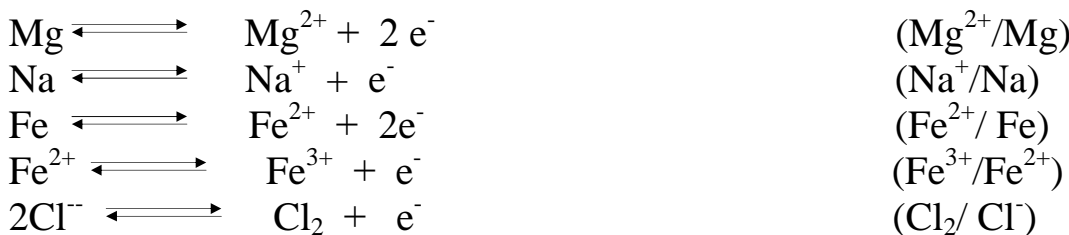
- الأكسدة الإرجاعية : هو كل تفاعل كيميائي يحدث فيه تبادل إلكتروني بين المرجع و المؤكسد حيث يفقد المرجع إلكترون أو أكثر ليلتقطه المؤكسد .

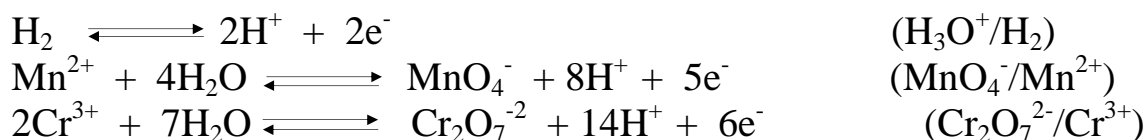
**ملاحظة :**

تفاعلي الأكسدة و الإرجاع يحدثان في آن واحد و لا يحدث تفاعل أكسدة بدون إرجاع كما لا يحدث تفاعل إرجاع دون تفاعل أكسدة .

**• مفهوم الثنائية مؤكسد - مرجع (مر/مؤ) :**

في الحالة العامة يرمز للثنائية مؤكسد - مرجع بالرمز (مر / مؤ ) حيث (مر) هو المرجع ، و (مؤ) هو المؤكسد وهذه الثنائية توافقها معادلة نصفية إلكترونية تكون من الشكل :

**• أمثلة عن الثنائيات (مر/مؤ) :**



ملاحظة :

- إن حدوث الأكسدة الإرجاعية الواردة في المثالين الأخيرين لا تتم وفق ذلك إلا في وجود وسط حمضي ، لذا ظهرت في المعادلة النصفية الإلكترونية الشاردة  $\text{H}^+$  .

### • كيفية كتابة معادلة الأكسدة الإرجاعية :

لكتابة معادلة الأكسدة الإرجاعية في وسط حمضي نتبع الخطوات التالية :

- نقسم معادلة الأكسدة الإرجاعية إلى معادلتين نصفيتين إحداها أكسدة و الأخرى إرجاع .
- نوازن في كل معادلة نصفية الذرات التي عانت الأكسدة و الذرات التي عانت الإرجاع (الذرات الأساسية ، أي الذرات ما عدا الأكسجين و الهيدروجين) .
- نوازن في كل معادلة نصفية ذرات الأكسجين و ذلك بإضافة جزيئة ماء  $\text{H}_2\text{O}$  واحدة مقابل كل ذرة أكسجين ناقصة في الطرف الذي يحتوي على العدد الأصغر من ذرات الأكسجين.
- نوازن في كل معادلة نصفية ذرات الهيدروجين و ذلك بإضافة شاردة هيدروجين  $\text{H}^+$  مقابل كل ذرة هيدروجين ناقصة في المكان المناسب ، و يمكن أيضا إضافة شاردة هيدرونيوم ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) مقابل كل ذرة هيدروجين ناقصة في الطرف الذي يحتوي على العدد الأصغر من ذرات الهيدروجين ، و في نفس الوقت نضيف و بنفس العدد جزيئات الماء  $\text{H}_2\text{O}$  إلى الطرف الآخر .
- لتحقيق مبدأ انحفاظ الشحنة ( مجموع الشحنات قبل التفاعل مساوي لمجموع الشحنات بعد التفاعل) ، نوازن في كل معادلة نصفية الشحنات و ذلك بإضافة عدد مناسب من الإلكترونات في الطرف الذي يحتوي على قيمة شحنة أكبر .
- بهدف الحصول على عدد الإلكترونات المفقودة في تفاعل الأكسدة مساوي لعدد الإلكترونات المكتسبة في تفاعل الإرجاع نضرب طرفي معادلة الأكسدة في عدد مناسب و طرفي معادلة الإرجاع في عدد مناسب آخر ، و بجمع المعادلتين الناتجتين طرفا إلى طرف ، نحصل على معادلة الأكسدة الإرجاعية .

### • أمثلة عن تفاعلات الأكسدة الإرجاعية في وسط حمضي :

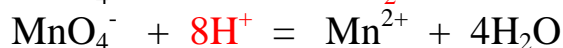
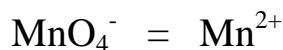
**مثال- 1 :** ارجاع شاردة البرمنغنات  $\text{MnO}_4^-$  بواسطة شاردة الحديد الثلاثي  $\text{Fe}^{2+}$  :

■ التثائيات (مر/مؤ) الداخلة في التفاعل هي :  $(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+})$  ،  $(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+})$  :

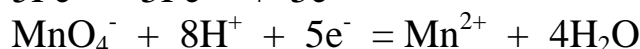
- في هذا التفاعل تتأكسدت شوارد الحديد الثنائي  $\text{Fe}^{2+}$  إلى شوارد الحديد الثلاثي وفق معادلة الأكسدة التالية :

$$\text{Fe}^{2+} = \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$$

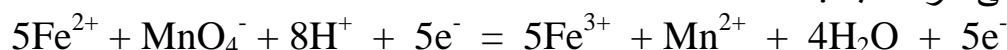
- في الوقت الذي تتأكسد فيه شوارد الحديد الثنائي ، ترجع شوارد البرمنغنات  $\text{MnO}_4^-$  إلى شوارد المنغنيز  $\text{Mn}^{2+}$  وفق معادلة الإرجاع ذات الخطوات التالية :



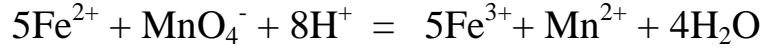
- بضرب طرفي معادلة الأكسدة في العدد (5) و طرفي معادلة الإرجاع في العدد (1) نجد :



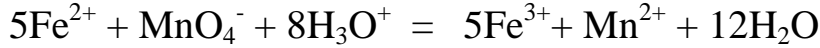
- بجمع المعادلتين الناتجتين طرف إلى طرف نجد :



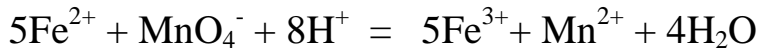
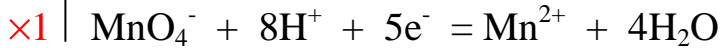
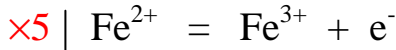
و باختزال عدد الإلكترونات نحصل على معادلة الأكسدة الإرجاعية التالية :



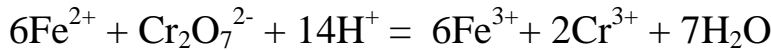
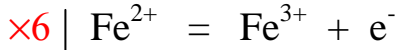
- إذا وازنا ذرات الهيدروجين بشوارد الهيدرونيوم  $\text{H}_3\text{O}^+$  باتتبع نفس الخطوات نحصل على المعادلة التالية :



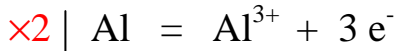
نكتب باختصار المعادلات كما يلي :



**مثال- 2 :** إرجاع شوارد ثنائي الكرومات  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  ، إلى شاردة الكروم  $\text{Cr}^{3+}$  ، بواسطة الحديد الثنائي  $\text{Fe}^{2+}$  :  
 ▪ الثنائيات (مر/مؤ) الداخلة في التفاعل هي :  $(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+})$  ،  $(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+})$  :



**مثال- 3 :** (إرجاع شاردة الهيدرونيوم  $\text{H}_3\text{O}^+$  إلى جزيء غاز الهيدروجين  $\text{H}_2$  بواسطة الألمنيوم  $\text{Al}$ )  
 ▪ الثنائيات (مر/مؤ) الداخلة في التفاعل هي :  $(\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2)$  ،  $(\text{Al}^{3+}/\text{Al})$  :



### • الهدف من المعايرة اللونية :

- تهدف طريقة المعايرة بصفة عامة إلى تحديد كمية المادة لنوع كيميائي في أحد المحاليل التالية : محلول حمضي ، محلول أساسي ، محلول مؤكسد ، محلول مرجع .

- بتحديد كمية المادة يمكن تحديد مقادير أخرى مثل تركيز المحلول المائي ، كتلة النوع الكيميائي المنحل ، ناقلية المحلول .....

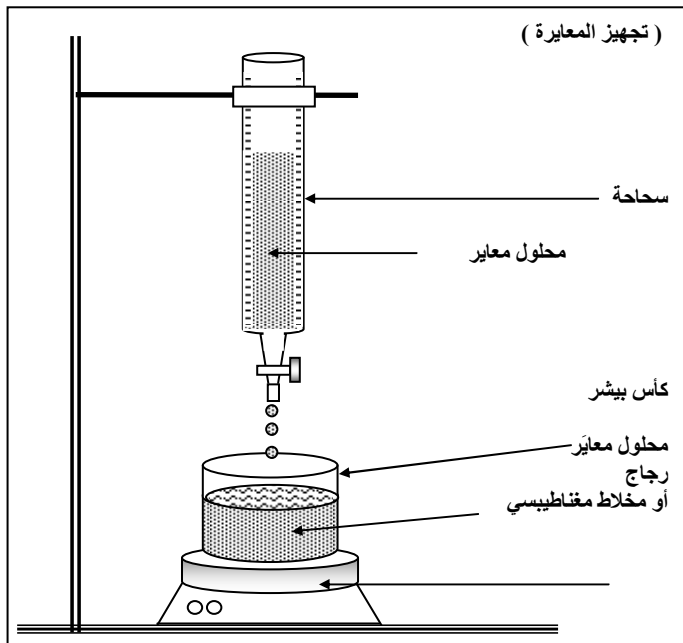
- يوضح الشكل التالي التجهيز المستعمل للمعايرة ، و المتكون أساسا من :

▪ كأس بيشر يحتوي على المحلول المراد معايرة و الذي يسمى **محلول معاير** .

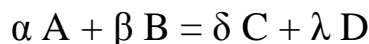
▪ سحاحة تحتوي على المحلول المستعمل في المعايرة و الذي يسمى **محلول معاير** .

▪ رجاج أو مخلوط مغناطيسي يستعمل لخلط المزيج المتحصل عليه في كأس بيشر .

- أثناء المعايرة نضيف تدريجيا بواسطة السحاحة المحلول المعاير إلى المحلول المعاير الموجود بالكأس بيشر إلى غاية



بلوغ ما يسمى نقطة التكافؤ ، و عند التكافؤ يكون التفاعل المنمذج للمعايرة في الشروط الستوكيومترية ، أي تتفاعل كل كمية مادة المتفاعل في المحلول المعايير مع كل كمية مادة المتفاعل في المحلول المعايير المضاف .  
- نكشف على التكافؤ في المعايرة اللونية بتغير لون المتفاعل في المحلول المعايير ، أو بتغير لون نوع كيميائي نضيفه إلى المحلول المعايير .  
- نعتبر أن التفاعل المنمذج للمعايرة من الشكل :



نمثل جدول التقدم لتفاعل المعايرة :

المرحلة	التقدم	$\alpha A + \beta B = \delta C + \lambda D$			
ابتدائية	$x = 0$	$n_{0A}$	$n_{0B}$	0	0
انتقالية	$x$	$n_{0A} - \alpha x$	$n_{0B} - \beta x$	$\delta x$	$\lambda x$
تكافؤ	$x = x_E$	$n_{0A} - \alpha x_E$	$n_{0B} - \beta x_E$	$\delta x_E$	$\lambda x_E$

حيث :  $x_E$  هو مقدار التقدم عند حدوث التكافؤ ،  $n_{0A}$  هي كمية مادة النوع الكيميائي المنحلة في المحلول المعايير ،  
 $n_{0B}$  هي كمية مادة النوع الكيميائي المنحلة في المحلول المعايير .  
- عند التكافؤ يكون التفاعل في الشروط الستوكيومترية لذا يكون :

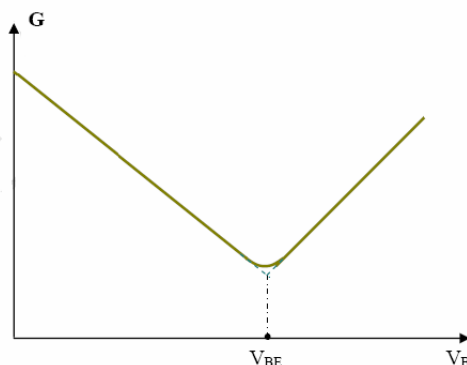
$$n_{0A} - \alpha x_E = 0 \rightarrow x_E = \frac{n_{0A}}{\alpha}$$

$$n_{0B} - \beta x_E = 0 \rightarrow x_E = \frac{n_{0B}}{\beta}$$

المطابقة نجد :

$$\frac{n_{0A}}{\alpha} = \frac{n_{0B}}{\beta} \leftrightarrow \frac{[A]_0 V_A}{\alpha} = \frac{[B]_0 V_{BE}}{\beta}$$

حيث :  $V_A$  هو حجم المحلول المعايير ، و  $V_{BE}$  هو حجم المحلول المعايير المضاف عند التكافؤ .  
- هناك أنواع من المعايرة نتطرق في درسنا هذا إلى نوعين هما : المعايرة اللونية و المعايرة بواسطة الناقلية .  
- في المعايرة بواسطة الناقلية نرفق إلى التجهيز السابق جهاز قياس الناقلية ، و أثناء المعايرة نقوم بقياس الناقلية للمزيج الموجود في البشير و ذلك عند كل إضافة ، نسجل النتائج في جدول ثم نرسم المخطط البياني  $G = f(V_B)$  الذي يعبر عن تغيرات ناقلية المزيج بدلالة حجم المحلول المعايير . و عند التكافؤ تبلغ الناقلية قيمة حدية (الشكل) .



## التمرين (12) :

نعاير 20 mL من محلول كبريتات الحديد الثنائي ( $\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ ) تركيزه المولي  $C_1$  (مجهول) بمحلول برمنغنات البوتاسيوم ( $\text{K}^+ + \text{MnO}_4^-$ ) تركيزه المولي  $C_2 = 0.2 \text{ mol/L}$  ، نلاحظ اختفاء اللون الأخضر المميز لشوارد الحديد الثنائي بعد إضافة  $V_2 = 5 \text{ mL}$  من محلول برمنغنات البوتاسيوم .

- 1- أرسم شكل تخطيطي لعملية المعايرة محددًا عليه البيانات اللازمة .
- 2- على ماذا يدل اختفاء اللون الأخضر .
- 3- اكتب معادلة تفاعل الأكسدة الإرجاعية المنمذج للمعايرة علما أن الشائيتين (مر/مؤ) الداخلتين في التفاعل هما :  $(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+})$  ،  $(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+})$

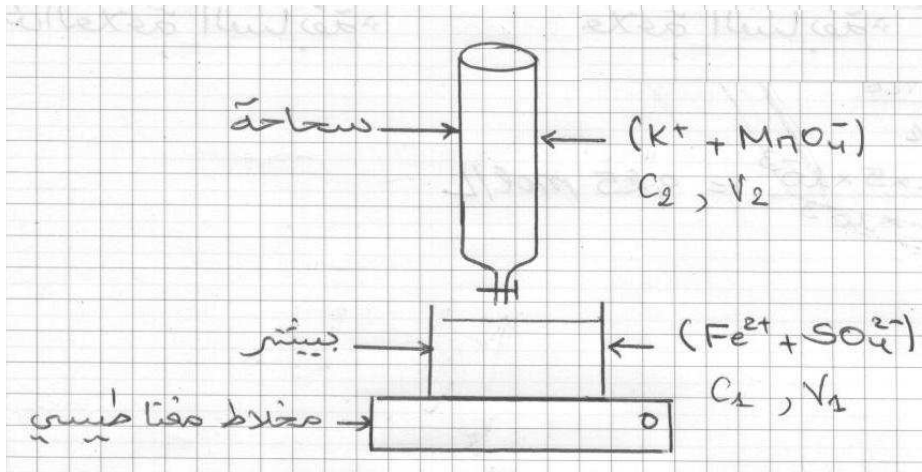
4- مثل جدول التقدم للتفاعل .

5- اعتمادا على جدول التقدم أوجد العلاقة بين  $C_1$  ،  $C_2$  ،  $V_1$  ،  $V_2$  . علما أن  $V_{2E}$  هو حجم محلول برمنغنات البوتاسيوم اللازم للتكافؤ .

6- أوجد قيمة  $C_1$  التركيز المولي لمحلول كبريتات الحديد الثنائي الذي قمنا بمعايرته .

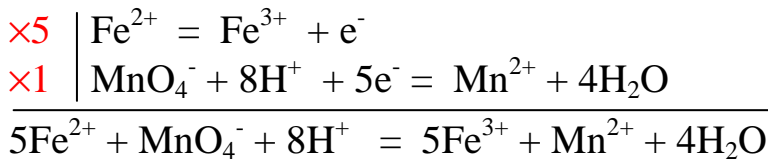
## الأجوبة :

1- الرسم التخطيطي للمعايرة :



2- يدل اختفاء اللون الأخضر على اختفاء كلي لشوارد الحديد الثنائي  $\text{Fe}^{2+}$  أصل هذا اللون .

3- معادلة التفاعل :



4- جدول التقدم :

الحالة	التقدم	$5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ = 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$					
ابتدائية	$x = 0$	$n_0(\text{Fe}^{2+})$	$n_0(\text{MnO}_4^-)$	زيادة	0	0	زيادة
انتقالية	$x$	$n_0(\text{Fe}^{2+}) - 5x$	$n_0(\text{MnO}_4^-) - x$	زيادة	$5x$	$x$	زيادة
تكافؤ	$x_E$	$n_0(\text{Fe}^{2+}) - 5x_E$	$n_0(\text{MnO}_4^-) - x_E$	زيادة	$5x_E$	$x_E$	زيادة

5- العلاقة بين  $V_{2E}$  ،  $V_2$  ،  $V_1$  ،  $C_1$  :

عند التكافؤ يكون التحول الكيميائي الحادث أثناء المعايرة في الشروط الستوكيومترية ، لذا يكون :

$$n_0(\text{Fe}^{2+}) - 5x_E = 0 \rightarrow x_E = \frac{n_0(\text{Fe}^{2+})}{5} \dots\dots\dots (1)$$

$$n_0(\text{MnO}_4^-) - x_E = 0 \rightarrow x_E = n_0(\text{MnO}_4^-) \dots\dots\dots (2)$$

من (1) ، (2) :

$$\frac{n_0(\text{Fe}^{2+})}{5} = n_0(\text{MnO}_4^-) \rightarrow \frac{C_1 V_1}{5} = C_2 V_{2E} \rightarrow C_1 V_1 = 5 C_2 V_{2E}$$

6- قيمة  $C_1$  :

من العلاقة السابقة نكتب :

$$C_1 = \frac{5 C_2 V_{2E}}{V_1} \rightarrow C_1 = \frac{5 \cdot 0,2 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-3}} = 0,25 \text{ mol/L}$$

### التمرين (13) :

1- لتحضير محلول (A) لثنائي كرومات البوتاسيوم ( $2\text{K}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) ، قمنا بحل 2.94 g من ثنائي كرومات البوتاسيوم النقي  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  في 100 mL من الماء المقطر .  
أ- أكتب معادلة انحلال ثنائي كرومات البوتاسيوم في الماء المقطر .

ب- أوجد التركيز  $C_0$  للمحلول الناتج :

يعطى :  $M(\text{Cr}) = 52 \text{ g/mol}$  ،  $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$  ،  $M(\text{K}) = 39 \text{ g/mol}$  .

2- للتأكد من قيمة التركيز  $C_0$  السابقة نأخذ 10 mL من المحلول السابق و نمددها 10 مرات فنحصل على محلول ممدد تركيزه المولي  $C_1$  ، نأخذ  $V_1 = 20 \text{ mL}$  من هذا المحلول الممدد و نعايرها بمحلول كبريتات الحديد الثنائي ( $\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ ) تركيزه المولي  $C_2 = 0.2 \text{ mol/L}$  ، نلاحظ أنه يلزم للتكافؤ إضافة  $V_2 = 6 \text{ mL}$  من محلول كبريتات الحديد الثنائي .

أ- أكتب معادلة التفاعل المنمذج لتفاعل المعايرة إذا علمت أن الشائيتين (مر/مؤ) الداخلتين في التفاعل هما :  
 $(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+})$  ،  $(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+})$

ب- أوجد التركيز المولي  $C_1$  للمحلول الممدد المعاير ثم استنتج التركيز المولي  $C_0$  للمحلول (A) الابتدائي .

### الأجوبة :

1- أ- معادلة انحلال  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  :



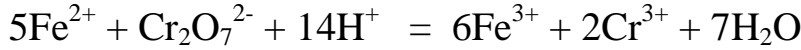
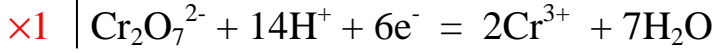
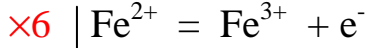
ب- التركيز المولي  $C_0$  للمحلول الناتج :

$$C_0 = \frac{n_0(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)}{V} = \frac{m_0}{M \cdot V} = \frac{m_0}{M \cdot V}$$

$$M = (2 \cdot 39) + (2 \cdot 52) + (7 \cdot 16) = 294 \text{ g/mol}$$

$$C_0 = \frac{2,94}{294 \cdot 0,1} = 0.1 \text{ mol/L}$$

2- أ- معادلة التفاعل :



ب- التركيز  $C_1$  للمحلول الممدد و التركيز  $C_0$  للمحلول الابتدائي :  
عند التكافؤ :

$$\frac{n_0(\text{Fe}^{3+})}{6} = n_0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})$$

$$\frac{C_2 V_{2E}}{6} = C_1 V_1 \rightarrow C_1 = \frac{C_2 V_{2E}}{6 V_1}$$

$$C_1 = \frac{0.2 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 10^{-2} \text{ mol/L}$$

و كون أن المحلول الممدد المعايير مدد 10 مرات يكون :

$$C_1 = \frac{C_0}{10} \rightarrow C_0 = 10 C_1 = 10 \cdot 10^{-2} = 0.1 \text{ mol/L}$$

و هي نفس النتيجة المتحصل عليها سابقا .