

## الفصل الرابع: تفاعلات الأكسدة والاختزال

### 4-1 الأكسدة والاختزال Oxidation and Reduction

الفكرة الرئيسية: يعد تفاعل الأكسدة والاختزال تفاعلين متكاملين، إذ تتأكسد ذرة وتختزل أخرى.

### انتقال الإلكترون وتفاعل الأكسدة والاختزال

التعريف القديم للأكسدة: هو عملية اتحاد المادة مع الأكسجين.

تعريف عملية الأكسدة: هي عملية فقدان الذرة للإلكترونات. مثل:  $\text{Na (s)} \longrightarrow \text{Na}^+ \text{(aq)} + \text{e}^-$

تعريف عملية الاختزال: هي عملية اكتساب الذرة للإلكترونات. مثل:  $\text{Zn}^{++} \text{(aq)} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Zn (s)}$

تفاعل الأكسدة والاختزال: هو التفاعل الذي تنتقل فيه الإلكترونات من إحدى الذرات إلى الأخرى.

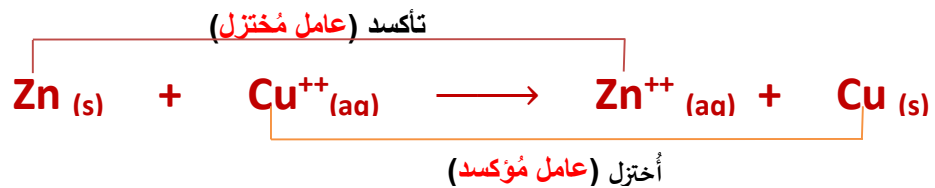
إذا فالأكسدة والاختزال عمليتان مترافقتان متكاملتان، فلا يحدث تفاعل أكسدة إلا إذا حدث تفاعل اختزال. مثال التفاعل

التالي:  $\text{Zn (s)} + \text{Cu}^{++} \text{(aq)} \longrightarrow \text{Zn}^{++} \text{(aq)} + \text{Cu (s)}$

### العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة

العامل المؤكسد: هو المادة التي تحدث لها عملية الاختزال (تكتسب إلكترونات).

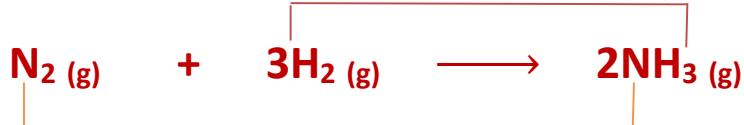
العامل المختزل: هو المادة التي تحدث لها عملية الأكسدة (تفقد إلكترونات).



### تفاعلات الأكسدة والاختزال والكهروسالبية:

التفاعلات الجزيئية لا تتضمن أيونات أو انتقالاً للإلكترونات فالمتفاعلات والنواتج جميعها مركبات جزيئية ومع ذلك تعد تفاعلات أكسدة واختزال، فعند حدوث هذا النوع من التفاعلات فإن الذرة الأعلى كهروسالبية هي التي تجذب الإلكترونات الرابطة بشكل أكبر وبالتالي يمكن اعتبارها اكتسبت الإلكترونات (حدث لها عملية اختزال) وبالتالي تعتبر عامل مؤكسد، أما الذرة الأقل كهروسالبية فيمكن اعتبارها فقدت الإلكترونات (حدث لها عملية أكسدة) وبالتالي تعتبر عامل مختزل.

$\text{H}_2$  أقل كهروسالبية لذلك تحدث له عملية أكسدة (عامل مختزل)



$\text{N}_2$  أعلى كهروسالبية لذلك تحدث عملية اختزال (عامل مؤكسد)

**الكهروسالبية** →

	1	2		13	14	15	16	17	18
<b>H</b>									
1									
2	Li	Be	Al				O	F	
3	Na	Mg					Cl		
4	K	Ca					Br		
5	Rb	Sr					I		
6	Cs	Ba							
7									

↑ **الكهروسالبية**

   عامل مختزل         عامل مؤكسد

**الشكل 4-4** تزداد كهروسالبية العناصر من اليسار إلى اليمين عبر الجدول الدوري، وتقل بالاتجاه نحو أسفل عبر المجموعة الواحدة. وتعدّ العناصر ذات الكهروسالبية المنخفضة عوامل مختزلة قوية، والعناصر ذات الكهروسالبية المرتفعة عوامل مؤكسدة قوية.

**توقع** أي العناصر يمكن أن تكون الأقوى كعوامل مؤكسدة، وأيها الأقوى كعوامل مختزلة؟

### مسائل تدريبية

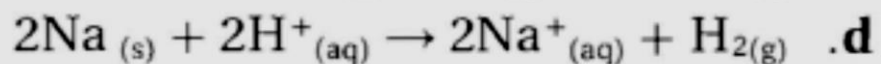
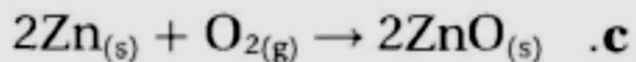
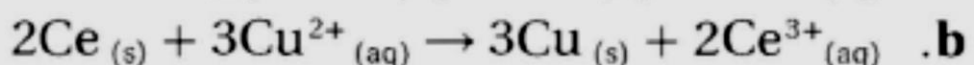
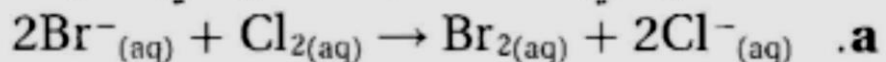
1. حدّد التغيرات، في كل مما يلي سواء أكانت أكسدة أم اختزالاً؟ وتذكر أن  $e^-$  هو رمز الإلكترون:



في النوع من الاسئلة إذا كانت الإلكترونات مادة ناتجة يكون التفاعل أكسدة وإذا كانت متفاعل يكون اختزال:

a. اختزال      b. أكسدة      c. أكسدة      d. اختزال.

2. حدّد العناصر التي تأكسدت والعناصر التي اختزلت في العمليات الآتية:



يمكن التحديد من خلال الكهروسالبية فالذرة الأعلى كهروسالبية تختزل والذرة الأقل كهروسالبية تتأكسد

أو من خلال التغير في الشحنة فالذرة التي تكتسب تحدث لها عملية اختزال والذرة التي تفقد يحدث لها أكسدة

a. الكلور (Cl) اختزل والبروم (Br) تأكسد.      b. النحاس (Cu) اختزل والسلينيوم (Ce) تأكسد.

c. الاكسجين (O) اختزل والخاصين (Zn) تأكسد.      d. الهيدروجين (H) اختزل والصوديوم (Na) تأكسد.

## مسائل تدريبية

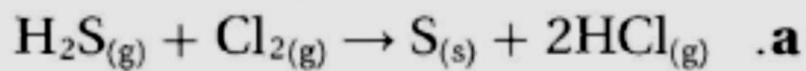
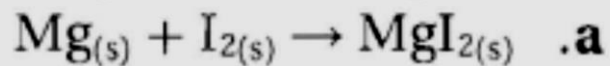
3. حدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:



هنا الذرة التي تكتسب تكون عامل مُؤكسد والذرة التي تفقد تكون عامل مُختزل.

الفضة (Ag) عامل مُؤكسد، والحديد (Fe) عامل مُختزل.

4. حدّد العامل المؤكسد والعامل المختزل في التفاعل الآتي:



هنا الذرة الأعلى كهروسالبية تكون عامل مُؤكسد والذرة الأقل كهروسالبية تكون عامل مُختزل.

a. اليود (I) عامل مُؤكسد ، والمغنيسيوم (Mg) عامل مُختزل. b. الكلور (Cl) عامل مُؤكسد، والكبريت (S) عامل مُختزل.

### تحديد أعداد التأكسد Determining Oxidation Numbers

عدد التأكسد للذرة: هو عدد الإلكترونات التي تفقدها أو تكتسبها ذرة العنصر أثناء التفاعل الكيميائي.

#### قواعد تحديد أعداد التأكسد للعناصر:

1- عدد التأكسد للعناصر النقية (غير متحدة) يساوي صفر مثل:  $\text{Na}$  ,  $\text{Cl}_2$  ,  $\text{O}_2$  ,  $\text{Ca}$  ... الخ

2- عدد التأكسد لأيونات العناصر يساوي الشحنة التي يحملها الأيون مثل:  $\text{Na}^+$  عدد التأكسد (+1) ،  $\text{Ca}^{++}$  عدد التأكسد (+2) ،  $\text{O}^{2-}$  عدد التأكسد (-2) ،  $\text{Cl}^-$  عدد التأكسد (-1).

3- عدد التأكسد لعناصر المجموعة الأولى (الفلزات القلوية) في جميع مركباتها يساوي (+1).

4- عدد التأكسد لعناصر المجموعة الثانية (الفلزات القلوية الأرضية) في جميع مركباتها يساوي (+2).

5- عدد التأكسد لعناصر المجموعة (13) يساوي (+3) مثل الألومينيوم Al.

6- عدد التأكسد للهيدروجين يساوي (+1) في جميع مركباته ما عدا في مركباته مع الفلزات (الهيدريدات) فإنه يساوي (-1)

مثل:  $\text{LiH}$  ،  $\text{MgH}_2$  ،  $\text{CaH}_2$  ،  $\text{NaH}$ .

7- عدد التأكسد للأكسجين يساوي (-2) في جميع مركباته ما عدا في فوق الأكاسيد فإنه يساوي (-1) مثل: فوق أكسيد الصوديوم  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ، فوق أكسيد الهيدروجين  $\text{H}_2\text{O}_2$  فوق أكسيد البوتاسيوم  $\text{K}_2\text{O}_2$ ... الخ ، وكذلك في مركباته مع الفلور فإنه يأخذ أعداد تأكسد موجبة وغير محددة.

8- عدد التأكسد للفلور في جميع مركباته يساوي (-1).

9- عدد التأكسد للهالوجينات (المجموعة 17) – ما عدا الفلور – في جميع مركباتها يساوي (-1) ما عدا في مركباتها مع الأكسجين فإنها تأخذ أعداد تأكسد موجبة وغير محددة.

10- تحسب أعداد التأكسد المتغيرة للعناصر في المركبات على أساس:

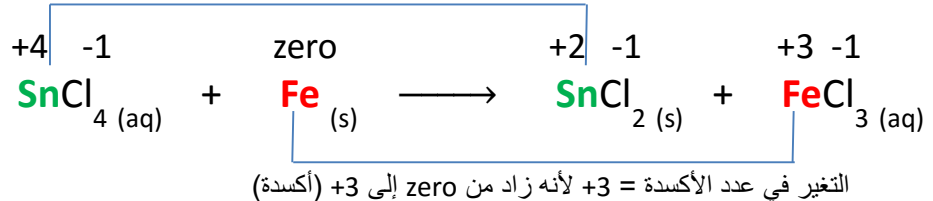
(أ) مجموع أعداد التأكسد للعناصر في المركبات المتعادلة يساوي صفر مثل  $\text{KMnO}_4$ .

(ب) مجموع أعداد التأكسد للعناصر في المجموعات الأيونية يساوي شحنة المجموعة مثل:  $\text{MnO}_4^-$  يكون مجموع أعداد التأكسد للعناصر في هذه المجموعة يساوي (-1) و  $\text{NH}_4^+$  يكون مجموع أعداد التأكسد لعناصر هذه المجموعة (+1).

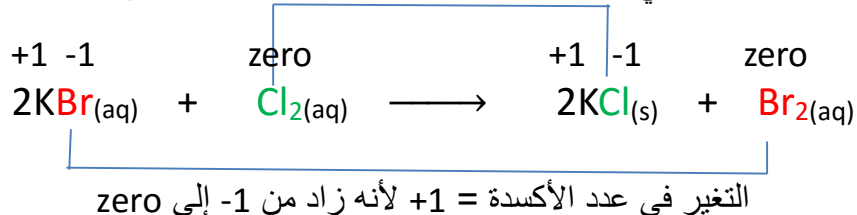
### أعداد التأكسد في تفاعلات الأكسدة والاختزال Oxidation Numbers in Redox Reactions

لتحديد المواد التي تأكسدت والمواد التي اختزلت في التفاعل يجب حساب عدد التأكسد لجميع العناصر في التفاعل الكيميائي، وعندها فإن ذرة العنصر التي حدثت زيادة في عدد أكسدها فإنها تأكسدت أما ذرة العنصر التي حدث نقص في عدد أكسدها فإنها أختزلت، أما ذرات العناصر التي لم يحدث تغير في عدد أكسدها فإنها تعتبر أيونات متفرجة.

التغير في عدد الأكسدة = -2 - لأنه نقص من 4 إلى +2 (اختزال)



التغير في عدد الأكسدة = -1 - لأنه نقص من zero إلى -1



## مسائل تدريبية

5. حدّد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بلون داكن في الصيغ الجزيئية الآتية:  
 .a.  $\text{NaClO}_4$  .b.  $\text{AlPO}_4$  .c.  $\text{HNO}_2$
6. حدّد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بلون داكن في صيغ الأيونات الآتية:  
 .a.  $\text{NH}_4^+$  .b.  $\text{AsO}_4^{3-}$  .c.  $\text{CrO}_4^{2-}$
7. حدّد عدد التأكسد للنيتروجين في الجزيئات والأيونات الآتية:  
 .a.  $\text{NH}_3$  .b.  $\text{KCN}$  .c.  $\text{N}_2\text{H}_4$
8. تحفيز حدّد التغير الكلي في عدد تأكسد كلّ من العناصر في معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:  
 .a.  $\text{C}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)}$   
 .b.  $\text{Cl}_{2(g)} + \text{ZnI}_{2(s)} \rightarrow \text{ZnCl}_{2(s)} + \text{I}_{2(s)}$   
 .c.  $\text{CdO}_{(g)} + \text{CO}_{(g)} \rightarrow \text{Cd}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$

حل بعض التدريبات السابقة:

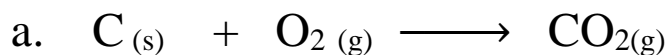
$$5. a. n_{\text{Na}} + n_{\text{Cl}} + 4(n_{\text{O}}) = 0 \implies +1 + n_{\text{Cl}} + 4(-2) = 0 \implies +1 + n_{\text{Cl}} - 8 = 0 \implies n_{\text{Cl}} = +7$$

$$6. b. n_{\text{As}} + 4(n_{\text{O}}) = -3 \implies n_{\text{As}} + 4(-2) = -3 \implies n_{\text{As}} - 8 = -3 \implies n_{\text{As}} = +5$$

$$7. c. 2n_{\text{N}} + 4(n_{\text{H}}) = 0 \implies 2n_{\text{N}} + 4(+1) = 0 \implies 2n_{\text{N}} + 4 = 0 \implies n_{\text{N}} = \frac{+4}{2} = +2$$

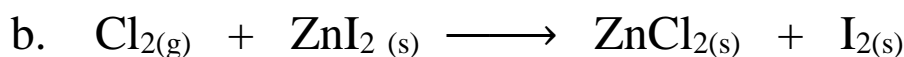
8. لتحديد التغير في عدد التأكسد للعناصر نحسب عدد التأكسد للعنصر في المواد المتفاعلة والمواد الناتجة

zero          zero          +4 -2



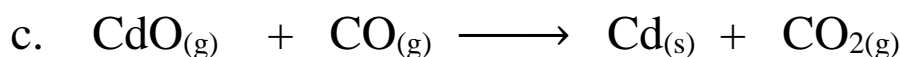
التغير في عدد التأكسد للأكسجين (O) = -2 ، التغير في عدد التأكسد للكربون (C) = +4

zero          +2 -1          +2 -1          zero



التغير في عدد التأكسد للكلور (Cl) = -1 ، التغير في عدد التأكسد لليود (I) = +1

+2 -2          +2 -2          zero          +4 -2



التغير في عدد التأكسد للكاديوم (Cd) = -2 ، التغير في عدد التأكسد للكربون (C) = +2

## 4-2 وزن معادلات الأكسدة والاختزال Balancing Redox Reactions

**الفكرة الرئيسية:** تصبح معادلات الأكسدة والاختزال موزونة عندما تكون الزيادة الكلية في أعداد التأكسد مساوية لانخفاض الكلي في أعداد التأكسد للذرات الداخلة في التفاعل.

**أولاً: طريقة عدد التأكسد The Oxidation – Number Method**

تدريب 16 ص 146 في الكتاب: استعمل طريقة عدد التأكسد في وزن معادلة الأكسدة والاختزال الآتية:

**الحل**

- تحديد أعداد التأكسد لجميع ذرات العناصر في المعادلة:



- تحديد الذرات التي تأكسدت والذرات التي أختزلت:

Fe تأكسد لأن عدد التأكسد له زاد من صفر إلى +3 و Sn أختزل لأن عدد التأكسد له نقص من +4 إلى +2

- تحديد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي أختزلت:

التغير في عدد الأكسدة Sn = -2 و Fe = +3

- مساواة التغير في أعداد التأكسد بالضرب في معاملات مناسبة:  
نضرب تفاعل الأكسدة  $\times 2$  ، وتفاعل الاختزال  $\times 3$  لينتج:



- استعمال الطريقة التقليدية في وزن المعادلة الكيميائية الكلية إذا احتاج الأمر ذلك:  
التفاعل موزون ولا نحتاج الطريقة التقليدية.

**وزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية الكلية Balancing Net Ionic Redox Equations**

يفضل الكيميائيين في بعض الأحيان التعبير عن تفاعلات الأكسدة والاختزال بأبسط ما يمكن فإذا نظرنا إلى المعادلة الكيميائية الموزونة التالية:



يمكن كتابة المعادلة السابقة على شكل معادلة أيونية كالتالي:



يمكن اختصار المعادلة الأيونية بعد إجراء بعض الاختصارات وحذف الأيونات المتفرجة كالتالي:



وعند كتابة المعادلة السابقة بشكل غير موازن ينتج:



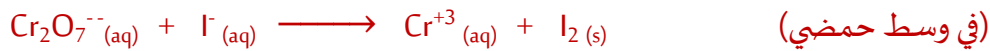
يمكن التعبير عن التفاعل بطريقة توضح فقط المواد التي تأكسدت والتي أختزلت كالتالي:



تحدث بعض تفاعلات الأكسدة والاختزال في وسط حمضي وبعضها يحدث في وسط قاعدي واختلاف الوسط يؤثر على وزن الهيدروجين كما سنرى

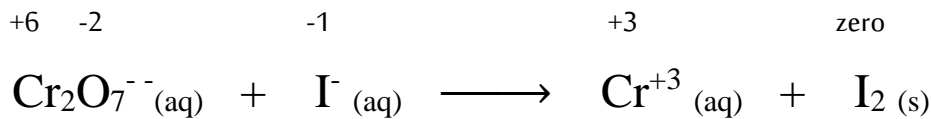
(أ) وزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية الكلية بطريقة أعداد التأكسد في وسط حمضي:

تدريب 20 ص 148 في الكتاب: استعمل طريقة عدد التأكسد في وزن المعادلة الأيونية الكلية الآتية:



### الحل

- تحديد أعداد التأكسد لجميع ذرات العناصر في المعادلة:



- نحدد الذرات التي تأكسدت والذرات التي أختزلت:

اليود (I) تأكسد لأن عدد التأكسد له ازداد من -1 إلى صفر ، والكروم (Cr) اختزل لأن عدد التأكسد له نقص من +6 إلى +3

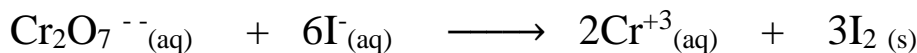
- نحدد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي أختزلت:

التغير في عدد التأكسد لليود = +1 ، والتغير في عدد التأكسد للكروم = -3

- وزن الذرات والشحنات:  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{--}_{(aq)} + 2\text{I}^{-}_{(aq)} \longrightarrow 2\text{Cr}^{+3}_{(aq)} + \text{I}_2(s)$

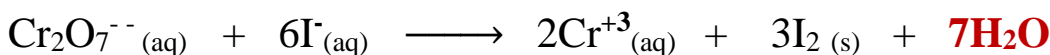
وبالتالي تصبح عدد الإلكترونات المفقودة  $2e^{-}$  وعدد الإلكترونات المكتسبة  $6e^{-}$

- مساوات قيم التغير في عدد التأكسد بضرب تفاعل الأكسدة  $\times 3$ :



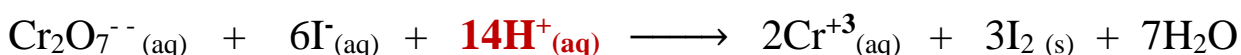
- وزن الأكسجين:

يوزن الأكسجين بإضافة جزيء ماء عن كل ذرة أكسجين ناقصة:



- وزن الهيدروجين في وسط حمضي:

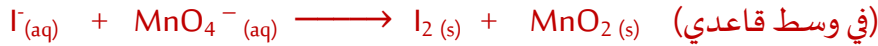
يوزن الهيدروجين في الوسط الحمضي بإضافة أيون هيدروجين ( $\text{H}^{+}$ ) عن كل ذرة هيدروجين ناقصة:





(ب) وزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية الكلية بطريقة أعداد التأكسد في وسط قاعدي:

تدريب 22 ص 148 في الكتاب: استعمل طريقة عدد التأكسد في وزن المعادلة الأيونية الكلية التالية:



### الحل

- تحديد أعداد التأكسد لجميع ذرات العناصر في المعادلة:



- نحدد الذرات التي تأكسدت والذرات التي أختزلت:

اليود (I) تأكسد لأن عدد التأكسد له ازداد من -1 إلى صفر ، والمنجنيز (Mn) اختزل لأن عدد التأكسد له نقص من +7 إلى +4

- نحدد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي أختزلت:

التغير في عدد التأكسد لليود = +1 ، والتغير في عدد التأكسد للمنجنيز = -3

- وزن الذرات والشحنات:



ليصبح عدد الإلكترونات المفقودة  $2e^-$  وتبقى عدد الإلكترونات المكتسبة كما هي  $3e^-$

- مساوات قيم التغير في عدد التأكسد بضرب تفاعل الأكسدة  $3 \times$  وضرب تفاعل الاختزال  $2 \times$ :



- وزن الأكسجين: بإضافة جزيء ماء عن كل ذرة أكسجين في الجهة التي ينقصها الأكسجين:



- وزن الهيدروجين في وسط قاعدي:

يوزن الهيدروجين في الوسط القاعدي بإضافة جزيء ماء عن كل ذرة هيدروجين في الجهة التي ينقصها الهيدروجين وأيون هيدروكسيد  $\text{OH}^-$  في جهة الزيادة في ذرات الهيدروجين مع إجراء الاختصارات اللازمة:



بعد الاختصار:  $6\text{I}^-_{(\text{aq})} + 2\text{MnO}_4^-_{(\text{aq})} + \cancel{8\text{H}_2\text{O}} \longrightarrow 3\text{I}_2(\text{s}) + 2\text{MnO}_2(\text{s}) + \cancel{4\text{H}_2\text{O}} + 8\text{OH}^-$

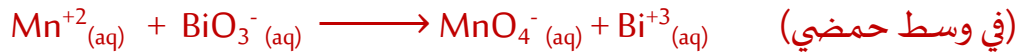
ينتج:  $6\text{I}^-_{(\text{aq})} + 2\text{MnO}_4^-_{(\text{aq})} + 4\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{I}_2(\text{s}) + 2\text{MnO}_2(\text{s}) + 8\text{OH}^-$



## ثانياً: وزن معادلة الأكسدة والاختزال باستعمال طريقة نصف التفاعل

## Balancing Redox Reactions Using Half – Reactions

(أ) وزن معادلات الأكسدة والاختزال بطريقة نصف التفاعل في وسط حمضي:  
تدريب 24 ص 151 في الكتاب: استعمل طريقة نصف التفاعل لوزن معادلة الأكسدة والاختزال الآتية:

الحل

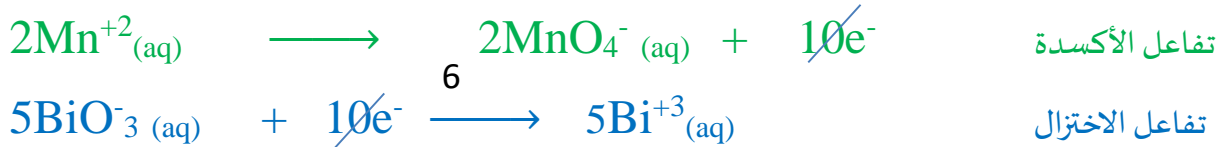
- تحديد أعداد التأكسد لجميع ذرات العناصر في المعادلة:



- نحدد الذرات التي تأكسدت والذرات التي أختزلت:  
المنجنيز (Mn) تأكسد لأن عدد التأكسد له زاد من +2 إلى +7 ، والبزموت (Bi) أختزل لأن عدد التأكسد له نقص من +5 إلى +3
- نحدد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي أختزلت:  
التغير في عدد التأكسد للمنجنيز = +5 ، والتغير في عدد التأكسد للبزموت = -2
- كتابة نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية الكلية:



- وزن الذرات والشحنات: (موزونة).
- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة بالضرب في معاملات مناسبة:  
نضرب معادلة الأكسدة  $\times 2$  ومعادلة الاختزال  $\times 5$  ثم جمع التفاعلين بعد إجراء الاختصار اللازمة



- وزن الأكسجين:

يتم وزن الأكسجين بإضافة جزيء ماء عن كل ذرة أكسجين ناقصة:



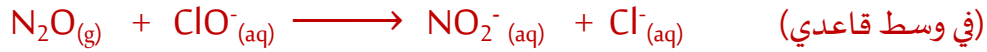
- وزن الهيدروجين في وسط حمضي:

يوازن الهيدروجين في الوسط الحمضي بإضافة أيون هيدروجين ( $\text{H}^{+}$ ) عن كل ذرة هيدروجين ناقصة:



ب) وزن معادلات الأكسدة والاختزال بطريقة نصف التفاعل في وسط قاعدي:

تدريب 25 ص 151 في الكتاب: استعمل طريقة نصف التفاعل لوزن معادلة الأكسدة والاختزال الآتية:



### الحل

- تحديد أعداد التأكسد لجميع ذرات العناصر في المعادلة:



- نحدد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت:

النيتروجين (N) تأكسد لأن عدد التأكسد له ازداد من +1 إلى +3، والكلور (Cl) اختزل لأن عدد التأكسد له نقص من +1 إلى -1

- نحدد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختزلت:

التغير في عدد التأكسد للنيتروجين = +2 ، والتغير في عدد التأكسد للكلور = -2

- وزن الذرات والشحنات:



- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة بالضرب في معاملات مناسبة:

نضرب تفاعل الاختزال  $\times 2$  ثم نجمع تفاعل الأكسدة والاختزال حسب الطريقة المتبعة:



- وزن الأكسجين: يوازن الأكسجين بإضافة جزيء ماء عن كل ذرة أكسجين في الجهة التي ينقصها الأكسجين:



- وزن الهيدروجين في وسط قاعدي:

يوازن الهيدروجين في الوسط القاعدي بإضافة جزيء ماء ( $\text{H}_2\text{O}$ ) عن كل ذرة هيدروجين في الجهة التي ينقصها الهيدروجين وايون هيدروكسيد ( $\text{OH}^-$ ) إلى نفس جهة الزيادة في الهيدروجين:

