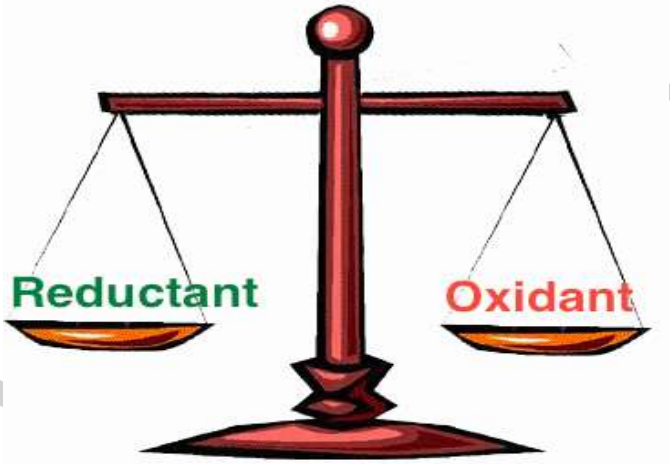
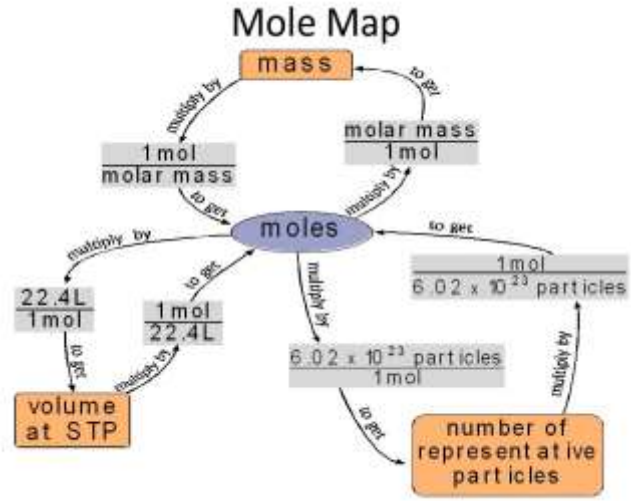
محاضرات مادة الكيمياء للصف الثاني عشر (الفصل الدراسي الأول)

المحاضرة : الثالثة

وزن معادلات التأكسد والاختزال

الحسابات الكيميائية





اعداد / أ . أيوب العويسي

98555079 , 91753932 WhatsApp

وزن معادلات التأكسد والاختزال

يتم وزن معادلات التأكسد والاختزال بطريقتين هما :

١) طريقة أنصاف التفاعلات (التفاعلات النصفية) أو تسمى طريقة الأيون – الإلكترون .

٢) طريقة التغير في أعداد التأكسد .

والوزن يتم في وسطين :

أ ـ الوسط الحمضي : وتظهر فيه أيونات الهيدروجين $\left(H^{+}\right)$.

ب ـ الوسط القاعدي : وتظهر فيه أيونات الهيدروكسيد $\left(OH^{-}\right)$.

١) طريقة التفاعلات النصفية : خطوات الوزن :

١) نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل ، وبذلك يمكن تحديد عمليتي التأكسد والاختزال وكذلك العامل المؤكسد والعامل المختزل .

٢) نقسم التفاعل إلى نصفين ، يمثل أحدهما نصف تفاعل التأكسد ، والأخر نصف تفاعل الاختزال .

٣) نوازن الذرات التي حدث لها تأكسد والذرات التي حدث لها اختزال في كل نصف تفاعل .

٤) نوازن عدد ذرات الأكسجين بإضافة جزيئات الماء $\left(H_2O\right)$ مقابل كل ذرة أكسجين ناقصة إلى الطرف الذي يعاني النقص .

٥) نوازن عدد ذرات الهيدروجين بإضافة أيونات الهيدروجين $\left(H^{+}\right)$ مقابل كل ذرة هيدروجين ناقصة إلى الطرف الذي يعاني النقص .

٦) نوازن الشحنات الكهربائية وذلك بإضافة عدد مناسب من الإلكترونات إلى أحد طرفي المعادلة بحيث يصبح المجموع الجبري للشحنات متساويا على الجانبين .

٧) إذا كان عدد الإلكترونات المفقودة في نصف تفاعل التأكسد لا يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في نصف تفاعل الاختزال ، فإننا نقوم بضرب أنصاف التفاعلات تبادليا بأعداد الالكترونات لجعل عدد الإلكترونات المفقودة في نصف تفاعل التأكسد مساويا لعدد الإلكترونات المكتسبة في نصف تفاعل الاختزال .

٨) نجمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة النهائية الموزونة ، حيث يتم حذف الإلكترونات وبعض المواد المشتركة في الطرفين ، وبذلك نحصل على معادلة كيميائية موزونة في الوسط الحمضي أو المتعادل ينطبق عليها قانون حفظ المادة وقانون حفظ الشحنة .

* **قانون حفظ المادة (بقاء الكتلة):** لا بد أن تكون أعداد الذرات لجميع العناصر في طرفي المعادلة متساوية .

* **قانون حفظ الشحنة (بقاء الشحنة):** لابد أن يكون المجموع الجبري للشحنات الكهربائية على طرفي المعادلة متساويا .

والأمثلة التالية توضح كيفية الوزن في الوسط الحمضي والقاعدي بطريقة التفاعلات النصفية .

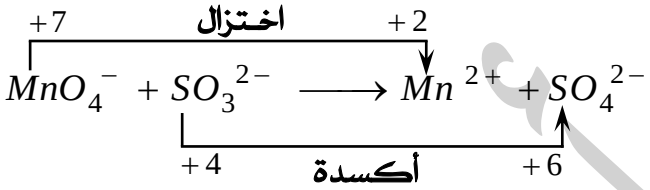
سؤال توضيحي (١) / يتفاعل أيون البيرمنجنات $\left(MnO_4^-\right)$ مع أيون الكبريتيت $\left(SO_3^{2-}\right)$ في الوسط الحمضي كالآتي :

$$MnO_4^- + SO_3^{2-} \longrightarrow Mn^{2+} + SO_4^{2-}$$

وازن معادلة التفاعل في الوسط المذكور بطريقة أنصاف التفاعلات ؟

الحل

- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :



- نقسم التفاعل إلى نصفين :نصف تفاعل تأكسد ، نصف تفاعل اختزال ثم التحقق من وزن الذرات التي يتغير عدد تأكسدها وهي $(S\ ,\ Mn)$:

نصف تفاعل اختزال $\quad MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+}$

نصف تفاعل تأكسد $\quad SO_3^{2-} \longrightarrow SO_4^{2-}$

- وزن الأكسجين وذلك بإضافة جزيئات الماء (H_2O) إلى الطرف الذي ينقصه الأكسجين :

$$MnO_4^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4\,H_2O$$

$$SO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-}$$

- وزن الهيدروجين وذلك بإضافة أيونات الهيدروجين $\left(H^+\right)$ إلى الطرف الذي ينقصه الهيدروجين :

$$MnO_4^- + 8\,H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 4\,H_2O$$

$$SO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2\,H^+$$

- الوزن الكهربائي : وزن الشحنات الكهربائية وذلك بإضافة الإلكترونات $\left(e^-\right)$ إلى الطرف الأكبر في الشحنة .

$$\underbrace{\underbrace{MnO_4^- + 8\,H^+}_{\underbrace{1(-1)+8(+1)}_{+7}} \longrightarrow \underbrace{Mn^{2+} + 4\,H_2O}_{\underbrace{1(+2)+4(0)}_{+2}}}_{(5)}$$

$\therefore$ يجب إضافة $\left(5\,e^-\right)$ إلى الطرف الأكبر في الشحنة (الطرف الأيسر) .

$$\underbrace{\underbrace{SO_3^{2-} + H_2O}_{\underbrace{1(-2)+1(0)}_{-2}} \longrightarrow \underbrace{SO_4^{2-} + 2H^+}_{\underbrace{1(-2)+2(+1)}_{0}}}_{(2)}$$

$\therefore$ يجب إضافة $\left(2\,e^-\right)$ إلى الطرف الأكبر في الشحنة (الطرف الأيمن) .

لذلك تكون أنصاف التفاعلات بعد إضافة الإلكترونات كالآتي :

$$MnO_4^- + 8\,H^+ + 5\,e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4\,H_2O$$

$$SO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2\,H^+ + 2\,e^-$$

- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة بعدد الإلكترونات المكتسبة بالضرب التبادلي :

$$2 \times \left[MnO_4^- + 8\,H^+ + 5\,e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4\,H_2O \right]$$

$$5 \times \left[SO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow SO_4^{2-} + 2\,H^+ + 2\,e^- \right]$$

بعد الضرب تصبح أنصاف التفاعلات كالآتي :

$$2\,MnO_4^- + 16\,H^+ + 10\,e^- \longrightarrow 2\,Mn^{2+} + 8\,H_2O$$

$$5\,SO_3^{2-} + 5\,H_2O \longrightarrow 5\,SO_4^{2-} + 10\,H^+ + 10\,e^-$$

- نجمع نصفي التفاعل ليصبح التفاعل كاملا ، حيث يتم اختصار الإلكترونات من الطرفين واختصار المواد المتشابهة إن وجدت مثل $\left(H^+ \,,\, H_2O \right)$ وذلك للحصول على المعادلة النهائية الموزونة :

$$2\,MnO_4^- + \overbrace{16\,H^+}^{6\,H^+} + 10\,e^- \longrightarrow 2\,Mn^{2+} + \overbrace{8\,H_2O}^{3\,H_2O}$$

$$5\,SO_3^{2-} + 5\,H_2O \longrightarrow 5\,SO_4^{2-} + 10\,H^+ + 10\,e^-$$

$$2\,MnO_4^- + 5\,SO_3^{2-} + 6\,H^+ \longrightarrow 2\,Mn^{2+} + 5\,SO_4^{2-} + 3\,H_2O$$

- وللتحقق من الوزن يجب أن يتحقق في المعادلة النهائية ما يلي :

* قانون حفظ المادة :

عدد الذرات على اليمين	عدد الذرات على اليسار
$Mn = 2$	$Mn = 2$
$S = 5$	$S = 5$
$O = 23$	$O = 23$
$H = 6$	$H = 6$

* قانون حفظ الشحنة :

عدد الشحنات الكهربائية على اليمين	عدد الشحنات الكهربائية على اليسار
$\underbrace{2(+2) + 5(-2) + 3(0)}_{\boxed{-6}}$	$\underbrace{2(-1) + 5(-2) + 6(+1)}_{\boxed{-6}}$

* أن تكون في أبسط صورة :

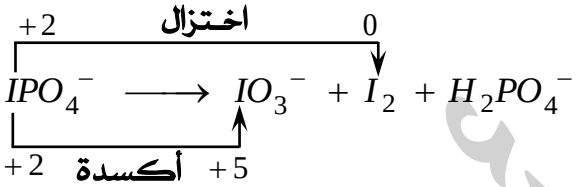
يتضح أن المعادلة النهائية في أبسط صورة .

سؤال توضيحي (٢) / وازن معادلة التفاعل في الوسط الحمضي بطريقة أنصاف التفاعلات :

$$IPO_4^- \longrightarrow IO_3^- + I_2 + H_2PO_4^-$$

الحل

- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :



- نقسم التفاعل إلى نصفين :نصف تفاعل تأكسد ، نصف تفاعل اختزال ثم التحقق من وزن الذرة التي يتغير عدد تأكسدها وهي ذرة اليود (I) :

$IPO_4^- \longrightarrow IO_3^- + H_2PO_4^-$ نصف تفاعل تأكسد

$2IPO_4^- \longrightarrow I_2 + 2H_2PO_4^-$ نصف تفاعل اختزال

- وزن الأكسجين والهيدروجين :

$$IPO_4^- + 3H_2O \longrightarrow IO_3^- + H_2PO_4^- + 4H^+$$

$$2IPO_4^- + 4H^+ \longrightarrow I_2 + 2H_2PO_4^-$$

- وزن الشحنات الكهربائية :

$$IPO_4^- + 3H_2O \longrightarrow IO_3^- + H_2PO_4^- + 4H^+ + 3e^-$$

$$2IPO_4^- + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow I_2 + 2H_2PO_4^-$$

- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة بعدد الإلكترونات المكتسبة بالضرب التبادلي :

$$4 \times \left[IPO_4^- + 3H_2O \longrightarrow IO_3^- + H_2PO_4^- + 4H^+ + 3e^- \right]$$

$$3 \times \left[2IPO_4^- + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow I_2 + 2H_2PO_4^- \right]$$

بعد الضرب تصبح أنصاف التفاعلات كالآتي :

$$4IPO_4^- + 12H_2O \longrightarrow 4IO_3^- + 4H_2PO_4^- + 16H^+ + 12e^-$$

$$6IPO_4^- + 12H^+ + 12e^- \longrightarrow 3I_2 + 6H_2PO_4^-$$

- جمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة النهائية الموزونة :

$$4IPO_4^- + 12H_2O \longrightarrow 4IO_3^- + 4H_2PO_4^- + \overbrace{16H^+}^{4H^+} + 12e^-$$

$$6IPO_4^- + 12H^+ + 12e^- \longrightarrow 3I_2 + 6H_2PO_4^-$$

$$10\,IPO_4^- + 12H_2O \longrightarrow 4IO_3^- + 3I_2 + 10H_2PO_4^- + 4H^+$$

المعادلة في أبسط صورة وموزونة في الوسط الحمضي بسبب وجود أيونات الهيدروجين (H^+) وينطبق عليها قانون حفظ المادة وقانون حفظ الشحنة.

سؤال توضيحي (٣) / وازن معادلة التفاعل التالي بطريقة أنصاف التفاعلات :

$$KBrO_3 + KBr + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + Br_2 + H_2O$$

الحل

ـ نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :

$$\overset{+5}{KBrO_3} + \overset{-1}{KBr} + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + \overset{0}{Br_2} + H_2O$$

أكسدة : $-1 \rightarrow 0$

اختزال : $+5 \rightarrow 0$

ـ نحذف المواد التي لم تشترك في التفاعل (لم يحدث فيها تغير في أعداد التأكسد) :

$$\cancel{K^+_{(aq)}} + BrO^-_{3(aq)} + \cancel{K^+_{(aq)}} + Br^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + \cancel{SO^{2-}_{4(aq)}} \longrightarrow \cancel{2K^+_{(aq)}} + \cancel{SO^{2-}_{4(aq)}} + Br_{2(l)} + H_2O_{(l)}$$

وسط حمضي

∴ **المعادلة المطلوب وزنها هي :** $BrO_3^- + Br^- \longrightarrow Br_2$

ـ نقسم التفاعل إلى نصفين :نصف تفاعل تأكسد ، نصف تفاعل اختزال ثم التحقق من وزن الذرة التي يتغير عدد تأكسدها وهي ذرة البروم (Br) :

نصف تفاعل اختزال $2BrO_3^- \longrightarrow Br_2$

نصف تفاعل تأكسد $2Br^- \longrightarrow Br_2$

ـ وزن الأكسجين والهيدروجين والشحنات الكهربائية :

$$2BrO_3^- + 12H^+ + 10e^- \longrightarrow Br_2 + 6H_2O$$

$$2Br^- \longrightarrow Br_2 + 2e^-$$

ـ مساواة عدد الإلكترونات المفقودة بعدد الإلكترونات المكتسبة وذلك بضرب نصف تفاعل التأكسد في (5) :

$$2BrO_3^- + 12H^+ + 10e^- \longrightarrow Br_2 + 6H_2O$$

$$10Br^- \longrightarrow 5Br_2 + 10e^-$$

ـ جمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة الموزونة :

$$2BrO_3^- + 12H^+ + \cancel{10e^-} \longrightarrow Br_2 + 6H_2O$$

$$10Br^- \longrightarrow 5Br_2 + \cancel{10e^-}$$

$$2BrO_3^- + 10Br^- + 12H^+ \longrightarrow 6Br_2 + 6H_2O$$

$$BrO_3^- + 5Br^- + 6H^+ \longrightarrow 3Br_2 + 3H_2O$$

وعند استعادة المواد المحذوفة تصبح المعادلة النهائية الموزونة كالآتي :

$$KBrO_3 + 5KBr + 3H_2SO_4 \longrightarrow 3K_2SO_4 + 3Br_2 + 3H_2O$$

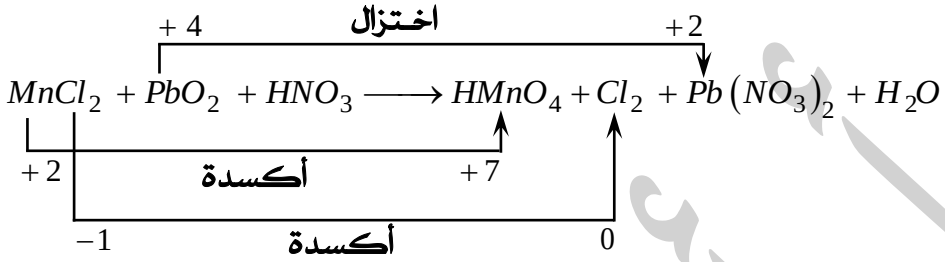
المعادلة في أبسط صورة وينطبق عليها قانون حفظ المادة وقانون حفظ الشحنة.

سؤال توضيحي (٤) / وازن معادلة التفاعل التالي بطريقة أنصاف التفاعلات :

$$MnCl_2 + PbO_2 + HNO_3 \longrightarrow HMnO_4 + Cl_2 + Pb(NO_3)_2 + H_2O$$

الحل

- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :



- نحذف المواد التي لم تشترك في التفاعل (لم يحدث فيها تغير في أعداد التأكسد) وتصبح أنصاف التفاعلات كالآتي :

$MnCl_2 \longrightarrow HMnO_4 + Cl_2$ نصف تفاعل تأكسد

$PbO_2 \longrightarrow Pb^{2+}$ نصف تفاعل اختزال

- وزن الأكسجين والهيدروجين والشحنات الكهربائية :

$$MnCl_2 + 4\,H_2O \longrightarrow HMnO_4 + Cl_2 + 7\,H^+ + 7\,e^-$$

$$PbO_2 + 4\,H^+ + 2\,e^- \longrightarrow Pb^{2+} + 2\,H_2O$$

- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة بعدد الإلكترونات المكتسبة بالضرب التبادلي :

$$2 \times \left[MnCl_2 + 4\,H_2O \longrightarrow HMnO_4 + Cl_2 + 7\,H^+ + 7\,e^- \right]$$

$$7 \times \left[PbO_2 + 4\,H^+ + 2\,e^- \longrightarrow Pb^{2+} + 2\,H_2O \right]$$

- بعد الضرب تصبح أنصاف التفاعلات كالآتي :

$$2\,MnCl_2 + 8\,H_2O \longrightarrow 2\,HMnO_4 + 2\,Cl_2 + 14\,H^+ + 14\,e^-$$

$$7\,PbO_2 + 28\,H^+ + 14\,e^- \longrightarrow 7\,Pb^{2+} + 14\,H_2O$$

- جمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة الموزونة :

$$2\,MnCl_2 + \cancel{8\,H_2O} \longrightarrow 2\,HMnO_4 + 2\,Cl_2 + \cancel{14\,H^+} + \cancel{14\,e^-}$$

$$7\,PbO_2 + \overbrace{\cancel{28\,H^+}}^{14\,H^+} + \cancel{14\,e^-} \longrightarrow 7\,Pb^{2+} + \overbrace{\cancel{14\,H_2O}}^{6\,H_2O}$$

$$2\,MnCl_2 + 7\,PbO_2 + 14\,H^+ \longrightarrow 2\,HMnO_4 + 2\,Cl_2 + 7\,Pb^{2+} + 6\,H_2O$$

وعند استعادة المواد المحذوفة تصبح المعادلة النهائية الموزونة كالآتي :

$$2\,MnCl_2 + 7\,PbO_2 + 14\,HNO_3 \longrightarrow 2\,HMnO_4 + 2\,Cl_2 + 7\,Pb(NO_3)_2 + 6H_2O$$

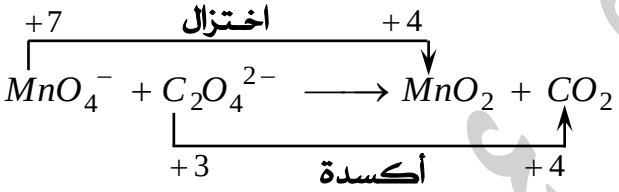
المعادلة في أبسط صورة وينطبق عليها قانون حفظ المادة وقانون حفظ الشحنة.

سؤال توضيحي (٥) / وازن معادلة التفاعل في الوسط القاعدي بطريقة أنصاف التفاعلات:

$$MnO_4^- + C_2O_4^{2-} \longrightarrow MnO_2 + CO_2$$

الحل

- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :



- نقسم التفاعل إلى نصفين : $MnO_4^- \longrightarrow MnO_2$ نصف تفاعل تأكسد

$C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2\,CO_2$ نصف تفاعل اختزال

- وزن الأكسجين والهيدروجين والشحنات الكهربائية :

$$MnO_4^- + 4\,H^+ + 3\,e^- \longrightarrow MnO_2 + 2\,H_2O$$

$$C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2\,CO_2 + 2\,e^-$$

- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة بعدد الإلكترونات المكتسبة بالضرب التبادلي :

$$2 \times \left[MnO_4^- + 4\,H^+ + 3\,e^- \longrightarrow MnO_2 + 2\,H_2O\right]$$

$$3 \times \left[C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2\,CO_2 + 2\,e^-\right]$$

بعد الضرب تصبح أنصاف التفاعلات كالآتي :

$$2\,MnO_4^- + 8\,H^+ + 6\,e^- \longrightarrow 2\,MnO_2 + 4H_2O$$

$$3\,C_2O_4^{2-} \longrightarrow 6\,CO_2 + 6\,e^-$$

- جمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة النهائية الموزونة :

$$2\,MnO_4^- + 8\,H^+ + \cancel{6e^-} \longrightarrow 2\,MnO_2 + 4H_2O$$

$$3\,C_2O_4^{2-} \longrightarrow 6\,CO_2 + \cancel{6e^-}$$

$$2\,MnO_4^- + 3\,C_2O_4^{2-} + 8\,H^+ \longrightarrow 2\,MnO_2 + 6\,CO_2 + 4H_2O$$

للحصول على المعادلة النهائية الموزونة في الوسط القاعدي يتم إضافة أيونات الهيدروكسيد (OH^-) إلى الطرفين بنفس عدد أيونات الهيدروجين (H^+) ، وحيث أنه يوجد لدينا $(8\,H^+)$ لذلك نضيف $(8\,OH^-)$ إلى الطرفين كالآتي :

$$2\,MnO_4^- + 3\,C_2O_4^{2-} + 8\,H^+ + 8OH^- \longrightarrow 2\,MnO_2 + 6\,CO_2 + 4H_2O + 8OH^-$$

وحيث أن : $\boxed{H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O}$ لذلك فإن : $\boxed{8H^+ + 8OH^- \longrightarrow 8\,H_2O}$

$$2\,MnO_4^- + 3\,C_2O_4^{2-} + \overbrace{\cancel{8H_2O}}^{4H_2O} \longrightarrow 2\,MnO_2 + 6\,CO_2 + \cancel{4H_2O} + 8OH^-$$

$$2\,MnO_4^- + 3\,C_2O_4^{2-} + 4\,H_2O \longrightarrow 2\,MnO_2 + 6\,CO_2 + 8OH^-$$

المعادلة في أبسط صورة وموزونة في الوسط القاعدي بسبب وجود أيونات الهيدركسيد (OH^-) وينطبق عليها قانون حفظ المادة وقانون حفظ الشحنة.

والجدير بالذكر أن يمكن وزن المعادلة السابقة في الوسط القاعدي بإضافة أيونات الهيدروكسيد (OH^-) إلى نصفي التفاعل بعد إضافة أيونات الهيدروجين (H^+) كالآتي :

$$MnO_4^- + 4H^+ + 4OH^- + 3e^- \longrightarrow MnO_2 + 2H_2O + 4OH^-$$
$$C_2O_4^{2-} \longrightarrow 2CO_2 + 2e^-$$

- ضرب نصفي التفاعل تبادليا :

$$2MnO_4^- + \overbrace{8H^+ + 8OH^-}^{\overbrace{4H_2O}^{8H_2O}} + 6e^- \longrightarrow 2MnO_2 + 4H_2O + 8OH^-$$
$$3C_2O_4^{2-} \longrightarrow 6CO_2 + 6e^-$$

$$2MnO_4^- + 3C_2O_4^{2-} + 4H_2O \longrightarrow 2MnO_2 + 6CO_2 + 8OH^-$$

وللطالب حرية الاختيار عند الوزن في الوسط القاعدي ، إما أن يضيف أيونات الهيدروكسيد (OH^-) إلى طرفي المعادلة النهائية الموزونة في الوسط الحمضي أو أن يضيف أيونات الهيدروكسيد (OH^-) إلى نصفي التفاعل مباشرة بعد وزن الهيدروجين للحصول على المعادلة النهائية الموزونة في الوسط القاعدي .

سؤال توضيحي (٦) / وازن معادلة التفاعل في الوسط القاعدي بطريقة أنصاف التفاعلات:

$$NO_2^- + Al \longrightarrow NH_3 + AlO_2^-$$

الحل

- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :

$$\overset{0}{Al} \longrightarrow \overset{+3}{AlO_2^-} \quad \text{أكسدة}$$
$$\overset{+3}{NO_2^-} \longrightarrow \overset{-3}{NH_3} \quad \text{اختزال}$$

- نقسم التفاعل إلى نصفين :

$NO_2^- \longrightarrow NH_3$ نصف تفاعل تأكسد

$Al \longrightarrow AlO_2^-$ نصف تفاعل اختزال

$$NO_2^- + 7H^+ + 6e^- \longrightarrow NH_3 + 2H_2O$$
$$2 \times \left[Al + 2H_2O \longrightarrow AlO_2^- + 4H^+ + 3e^- \right]$$

$$NO_2^- + 7H^+ + 6e^- \longrightarrow NH_3 + 2H_2O$$
$$2Al + 4H_2O \longrightarrow 2AlO_2^- + 8H^+ + 6e^-$$

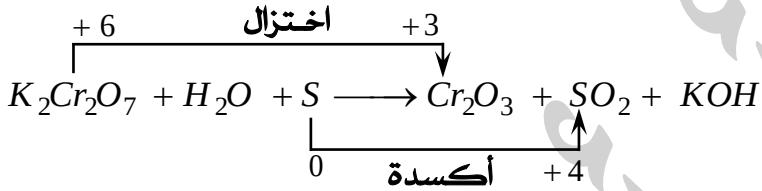
$$NO_2^- + 2Al + 2H_2O \longrightarrow NH_3 + 2AlO_2^- + H^+$$
$$NO_2^- + 2Al + 2H_2O + OH^- \longrightarrow NH_3 + 2AlO_2^- + H^+ + OH^-$$
$$NO_2^- + 2Al + H_2O + OH^- \longrightarrow NH_3 + 2AlO_2^-$$

سؤال توضيحي (٧) / وازن معادلة التفاعل التالي بطريقة أنصاف التفاعلات :

$$K_2Cr_2O_7 + H_2O + S \longrightarrow SO_2 + KOH + Cr_2O_3$$

الحل

- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :



- نحذف المواد التي لم تشترك في التفاعل (لم يحدث فيها تغير في أعداد التأكسد) وتصبح أنصاف التفاعلات كالآتي :

$$Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr_2O_3$$ نصف تفاعل تأكسد

$$S \longrightarrow SO_2$$ نصف تفاعل اختزال

- وزن الأكسجين والهيدروجين والشحنات الكهربائية :

$$Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ + 6e^- \longrightarrow Cr_2O_3 + 4H_2O$$

$$S + 2H_2O \longrightarrow SO_2 + 4H^+ + 4e^-$$

- مساواة عدد الإلكترونات المفقودة بعدد الإلكترونات المكتسبة :

$$2 \times \left[Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ + 6e^- \longrightarrow Cr_2O_3 + 4H_2O \right]$$

$$3 \times \left[S + 2H_2O \longrightarrow SO_2 + 4H^+ + 4e^- \right]$$

- بعد الضرب تصبح أنصاف التفاعلات كالآتي :

$$2Cr_2O_7^{2-} + 16H^+ + 12e^- \longrightarrow 2Cr_2O_3 + 8H_2O$$

$$3S + 6H_2O \longrightarrow 3SO_2 + 12H^+ + 12e^-$$

- جمع نصفي التفاعل للحصول على المعادلة الموزونة :

$$2Cr_2O_7^{2-} + \overbrace{16H^+}^{4H^+} + 12e^- \longrightarrow 2Cr_2O_3 + \overbrace{8H_2O}^{2H_2O}$$

$$3S + 6H_2O \longrightarrow 3SO_2 + 12H^+ + 12e^-$$

$$2Cr_2O_7^{2-} + 3S + 4H^+ \longrightarrow 2Cr_2O_3 + 3SO_2 + 2H_2O$$

$$2Cr_2O_7^{2-} + 3S + 4H^+ + 4OH^- \longrightarrow 2Cr_2O_3 + 3SO_2 + 2H_2O + 4OH^-$$

$$2Cr_2O_7^{2-} + 3S + 2H_2O \longrightarrow 2Cr_2O_3 + 3SO_2 + 4OH^-$$

وعند استعادة المواد المحذوفة تصبح المعادلة النهائية الموزونة كالآتي :

$$2K_2Cr_2O_7 + 2H_2O + 3S \longrightarrow 2Cr_2O_3 + 3SO_2 + 4KOH$$

المعادلة في أبسط صورة وينطبق عليها قانون حفظ المادة وقانون حفظ الشحنة.

أسئلة إضافية

س ـ (١) / ما عدد مولات الإلكترونات التي يفقدها $\left(\frac{1}{2}\right)$ مول من أيون الثيوكبريتات $\left(S_2O_3^{2-}\right)$ عند أكسدته إلى أيون الكبريتات $\left(SO_4^{2-}\right)$ ؟

جـ / $4\ moles\ of\ e^-$

س ـ (٢) / ما عدد مولات الإلكترونات التي يفقدها مول واحد من أيون الكلوريد $\left(Cl^-\right)$ عند أكسدته إلى أيون الكلورات $\left(ClO_3^-\right)$ ؟

جـ / $6\ moles\ of\ e^-$

س ـ (٣) / ما عدد مولات الإلكترونات التي يكتسبها $\left(\frac{1}{3}\right)$ مول من أيون الدايكرومات $\left(Cr_2O_7^{2-}\right)$ عند تحوله إلى أيون الكروم الثلاثي $\left(Cr^{3+}\right)$ ؟

جـ / $2\ moles\ of\ e^-$

س ـ (٤) / ما عدد مولات الإلكترونات التي يكتسبها $\left(\frac{1}{4}\right)$ مول من أكسيد الكلور $\left(Cl_2O_7\right)$ عند اختزاله إلى أيون الكلوريت $\left(ClO_2^-\right)$ ؟

جـ / $2\ moles\ of\ e^-$

س ـ (٥) / يتفاعل أيون البيرمنجنات $\left(MnO_4^-\right)$ مع أيون الأكسالات $\left(C_2O_4^{2-}\right)$ في الوسط الحمضي حسب المعادلة الآتية : $MnO_4^- + C_2O_4^{2-} \longrightarrow Mn^{2+} + CO_2$

أ ـ ما عدد مولات غاز $\left(CO_2\right)$ الناتجة إذا تم اختزال نصف مول من أيون البيرمنجنات $\left(MnO_4^-\right)$ ؟

جـ / $2.5\ moles$

ب ـ ما عدد مولات حمض $\left(HCl\right)$ المضافة إلى التفاعل لاختزال (2) مول من أيون البيرمنجنات $\left(MnO_4^-\right)$ ؟

جـ / $16\ moles$

ج ـ ما عدد مولات حمض $\left(HCl\right)$ المضافة إلى التفاعل لاختزال مول واحد من أيون البيرمنجنات $\left(MnO_4^-\right)$ ؟

جـ / $8\ moles$

د ـ ما عدد مولات حمض $\left(H_2SO_4\right)$ المضافة إلى التفاعل لاختزال (2) مول من أيون البيرمنجنات $\left(MnO_4^-\right)$ ؟

جـ / $8\ moles$

هـ ـ ما عدد مولات حمض $\left(H_2SO_4\right)$ المضافة إلى التفاعل لاختزال (3) مول من أيون البيرمنجنات $\left(MnO_4^-\right)$ ؟

جـ / $12\ moles$

س ـ (٦) / التفاعل التالي يحدث في الوسط الحمضي :

$$Cr_2O_3 + ClO^- \longrightarrow CrO_4^{2-} + Cl^-$$

ما عدد مولات أيونات الكرومات $\left(CrO_4^{2-}\right)$ الناتجة من اختزال (6) مول من أيونات الهيبوكلوريت $\left(ClO^-\right)$ بواسطة أكسيد الكروم الثلاثي $\left(Cr_2O_3\right)$ ؟

جـ / $4\ moles$

س ـ (٧) / وازن معادلات التأكسد – الاختزال التالية في الوسط الحمضي بطريقة أنصاف التفاعلات :

1) $Fe_3O_4 + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{3+} + H_2O$

2) $As_2S_3 + NO_3^- \longrightarrow AsO_4^{3-} + SO_4^{2-} + NO$

3) $KIO_3 + KI + HCl \longrightarrow KCl + I_2 + H_2O$

4) $MnCl_2 + PbO_2 + HNO_3 \longrightarrow HMnO_4 + Cl_2 + Pb(NO_3)_2 + H_2O$

5) $Zn + HNO_3 \longrightarrow Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + H_2O$

6) $H_2O_2 + Cr_2O_7^{2-} \longrightarrow Cr^{3+} + O_2$

7) $SO_2 + Cl_2 \longrightarrow Cl^- + SO_4^{2-}$

8) $Sb_2S_3 + H_2S + NO_3^- \longrightarrow Sb_2S_5 + NO + H_2O$

9) $[Fe(CN)_6]^{4-} + MnO_4^- \longrightarrow Fe^{3+} + CO_2 + NO_3^- + Mn^{2+}$

10) $U(SO_4)_2 + KMnO_4 + H_2O \longrightarrow UO_2SO_4 + MnSO_4 + K_2SO_4 + H_2SO_4$

س ـ (٨) / وازن معادلات التأكسد – الاختزال التالية في الوسط القاعدي بطريقة أنصاف التفاعلات :

1) $AsO_3^{3-} + I_2 \longrightarrow AsO_4^{3-} + I^-$

2) $S^{2-} + CrO_4^{2-} \longrightarrow S + Cr(OH)_3$

3) $ClO^- + Bi_2O_3 \longrightarrow BiO_3^- + Cl^-$

4) $MnO_4^- + IO_3^- \longrightarrow MnO_2 + IO$

5) $ClO^- + Mn(OH)_2 \longrightarrow MnO_2 + Cl^-$

6) $P_4 \longrightarrow PH_3 + H_2PO_4^-$

7) $Bi + Na_2SnO_3 + H_2O \longrightarrow Bi(OH)_3 + Na_2SnO_2$

8) $I_2 \longrightarrow IO_3^- + I^-$

9) $Br_2 \longrightarrow Br^- + BrO_3^-$

10) $CrI_3 + Cl_2 \longrightarrow CrO_4^{2-} + IO_4^- + Cl^-$

٢) طريقة التغير في أعداد التأكسد :

سؤال توضيحي (٨) / وازن معادلة التفاعل في الوسط الحمضي بطريقة التغير في أعداد التأكسد :

$$MnO_4^- + Sn^{2+} \longrightarrow Mn^{2+} + Sn^{4+}$$

الحل

- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :

$$\underset{+7}{MnO_4^-} + \underset{+2}{Sn^{2+}} \longrightarrow \underset{+2}{Mn^{2+}} + \underset{+4}{Sn^{4+}}$$

أكسدة (مقدار التغير = +2)

اختزال (مقدار التغير = −5)

- توضيح الإلكترونات المكتسبة والمفقودة :

$$MnO_4^- + Sn^{2+} \longrightarrow Mn^{2+} + Sn^{4+}$$

$5e^- / Mn$ $\quad$ $2e^- / Sn$

$5e^- / MnO_4^-$ $\quad$ $2e^- / Sn^{2+}$

$\times 2$ $\quad$ $\times 5$

- بعد الضرب تصبح المعادلة كالآتي : $2\,MnO_4^- + 5\,Sn^{2+} \longrightarrow 2\,Mn^{2+} + 5\,Sn^{4+}$

- وزن الهيدروجين والأكسجين :

$$2\,MnO_4^- + 5\,Sn^{2+} + 16\,H^+ \longrightarrow 2\,Mn^{2+} + 5\,Sn^{4+} + 8H_2O$$

∴ المعادلة في أبسط صورة وموزونة في الوسط الحمضي ماديا وكهربائيا .

سؤال توضيحي (٩) / وازن معادلة التفاعل في الوسط الحمضي بطريقة التغير في أعداد التأكسد :

$$ClO_3^- + I_2 \longrightarrow Cl^- + IO_3^-$$

الحل

- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :

$$\underset{+5}{ClO_3^-} + \underset{0}{I_2} \longrightarrow \underset{-1}{Cl^-} + \underset{+5}{IO_3^-}$$

أكسدة (مقدار التغير = +5)

اختزال (مقدار التغير = −6)

- توضيح الإلكترونات المكتسبة والمفقودة :

$$ClO_3^- + I_2 \longrightarrow Cl^- + 2\,IO_3^-$$

$6e^- / Cl$ $\quad$ $5e^- / I$

$6e^- / ClO_3^-$ $\quad$ $10e^- / I_2$

$3e^- / ClO_3^-$ $\quad$ $5e^- / I_2$

$\times 5$ $\quad$ $\times 3$

- بعد الضرب ووزن الهيدروجين والأكسجين تصبح المعادلة النهائية كالآتي :

$$5\,ClO_3^- + 3\,I_2 + 3\,H_2O \longrightarrow 5\,Cl^- + 6\,IO_3^- + 6\,H^+$$

∴ المعادلة في أبسط صورة وموزونة في الوسط الحمضي ماديا وكهربائيا .

سؤال توضيحي (١٠) / وازن معادلة التفاعل في الوسط القاعدي بطريقة التغير في أعداد التأكسد :

$$Cr_2O_7^{2-} + NH_3 \longrightarrow Cr(OH)_3 + NO$$

الحل

- نحسب عدد تأكسد كل عنصر قبل وبعد التفاعل لتحديد عمليتي التأكسد والاختزال :

$$\overset{+6}{Cr_2O_7^{2-}} + \overset{-3}{NH_3} \longrightarrow \overset{+3}{Cr(OH)_3} + \overset{+2}{NO}$$

أكسدة (مقدار التغير = +5)

اختزال (مقدار التغير = −3)

- توضيح الإلكترونات المكتسبة والمفقودة :

$$Cr_2O_7^{2-} + NH_3 \longrightarrow 2\,Cr(OH)_3 + NO$$

$3e^- / Cr$ $\quad$ $5e^- / N$

$6e^- / Cr_2O_7^{2-}$ $\quad$ $5e^- / NH_3$

$\times 5$ $\quad$ $\times 6$

- بعد الضرب تصبح المعادلة كالآتي :

$$5\,Cr_2O_7^{2-} + 6\,NH_3 \longrightarrow 10\,Cr(OH)_3 + 6\,NO$$

- ووزن الهيدروجين والأكسجين :

$$5\,Cr_2O_7^{2-} + 6\,NH_3 + H_2O + 10\,H^+ \longrightarrow 10\,Cr(OH)_3 + 6\,NO$$

- إضافة $(10\,OH^-)$ إلى الطرفين للحصول على المعادلة النهائية المطلوبة :

$$5\,Cr_2O_7^{2-} + 6\,NH_3 + H_2O + 10\,H^+ + 10\,OH^- \longrightarrow 10\,Cr(OH)_3 + 6\,NO + 10\,OH^-$$

$$5\,Cr_2O_7^{2-} + 6\,NH_3 + H_2O + 10\,H_2O \longrightarrow 10\,Cr(OH)_3 + 6\,NO + 10\,OH^-$$

$$5\,Cr_2O_7^{2-} + 6\,NH_3 + 11\,H_2O \longrightarrow 10\,Cr(OH)_3 + 6\,NO + 10\,OH^-$$

∴ **المعادلة في أبسط صورة وموزونة في الوسط القاعدي ماديا وكهربائيا .**

أسئلة إضافية

سـ (١) / وازن معادلات التأكسد – الاختزال التالية في الوسط الحمضي بطريقة التغير في أعداد التأكسد :

1) $S + HNO_3 \longrightarrow SO_2 + NO + H_2O$

2) $MnCl_2 + PbO_2 + HNO_3 \longrightarrow HMnO_4 + Cl_2 + Pb(NO_3)_2 + H_2O$

3) $PbO_2 + MnO + HNO_3 \longrightarrow Pb(NO_3)_2 + HMnO_4 + H_2O$

س (٢) / وازن معادلات التأكسد – الاختزال التالية في الوسط القاعدي بطريقة أنصاف التفاعلات :

1) $MnO_4^- + C_2O_4^{2-} \longrightarrow MnO_2 + CO_2$

2) $KIO_3 + KI + HCl \longrightarrow KCl + I_2 + H_2O$

3) $Fe(OH)_2 + ClO^- \longrightarrow Fe_2O_3 + Cl_2$

4) $Al + NO_2^- \longrightarrow AlO_2^- + NH_3$

5) $ClO^- + Fe(OH)_3 \longrightarrow Cl^- + FeO_4^{2-}$

6) $MnO_4^- + Fe^{2+} \longrightarrow MnO_2 + Fe^{3+}$

7) $Cl_2 + IO_3^- \longrightarrow IO_4^- + Cl^-$

8) $CuO + NH_3 \longrightarrow N_2 + Cu + H_2O$

الحسابات الكيميائية

تعتمد الحسابات الكيميائية لتفاعلات التأكسد والاختزال على ما يلي :

١) معادلة التفاعل الموزونة التي توضح النسبة بين أعداد مولات المواد المتفاعلة والناتجة .

٢) القوانين والعلاقات الرياضية الآتية :

$$n = \frac{m}{Mr} \Leftrightarrow \frac{\text{كتلة المادة } (g)}{\text{الكتلة المولية } (g/mol)} = \text{عدد المولات } (mol)$$

$$M = \frac{n}{V} \Leftrightarrow \frac{\text{عدد المولات } (mol)}{\text{حجم المحلول باللتر } (L)} = \text{تركيز المحلول } (M)$$

ويمكن أيضا استخدام العلاقة التالية مباشرة إعتمادا على المعادلة الموزونة :

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{M_1V_1}{M_2V_2}$$

$$\frac{\frac{m_1}{Mr_1}}{\frac{m_2}{Mr_2}} = \frac{M_1V_1}{M_2V_2} \Rightarrow \frac{m_1\,Mr_2}{m_2\,Mr_1} = \frac{M_1V_1}{M_2V_2}$$

حيث تمثل $(n_2\ ,\ n_1)$ أعدد مولات المواد من المعادلة الموزونة .

سؤال توضيحي (١) / أذيب $(0.76)\ g$ من كبريتات الحديد الثنائي $(FeSO_4)$ في الماء حتى أصبح حجم المحلول $(40)\ mL$ وقد وجد أنه يلزمها $(50)\ mL$ من محلول بيرمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ لأكسدتها في وسط حمضي حسب المعادلة التالية : $Fe^{2+} + MnO_4^- \longrightarrow Fe^{3+} + Mn^{2+}$

احسب مولارية محلول بيرمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ ؟

الحل

- وزن المعادلة ، ثم إجراء العمليات الحسابية :

$$5 \times \left(Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^- \right)$$

$$1 \times \left(MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \longrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \right)$$

$$5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ \longrightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$$

- نحسب عدد مولات كبريتات الحديد $FeSO_4$:

$$\because\ Mr\ (FeSO_4) = 56 + 32 + 4 \times 16 = 152\ g\ /\ mol$$

$$\therefore\ n\ (FeSO_4) = \frac{m}{Mr} = \frac{0.76}{152} = 0.005\ mol$$

- باستخدام النسبة المولية ، نحسب عدد مولات بيرمنجنات البوتاسيوم $(KMnO_4)$ المتفاعلة :

$$\begin{array}{rcl} Fe^{2+} & : & MnO_4^- \\ 5\ mol & : & 1\ mol \\ 0.005\ mol & : & x \end{array}$$

$$\therefore n\left(MnO_4^-\right) = 0.001\ mol$$

- نحسب مولارية بيرمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$:

$$M\ (KMnO_4) = \frac{n}{V\ (L)} = \frac{0.001}{\frac{50}{1000}} = 0.02\ M$$

سؤال توضيحي (٢) / تستخدم أيونات السيريوم الرباعية (IV) لتقدير أيونات الحديد الثنائية (II) في مركباتها حسب المعادلة التالية : $Ce^{4+} + Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + Ce^{3+}$

فإذا وجد أن $(25)\ mL$ من محلول أيونات Fe^{2+} قد لزمها $(15)\ mL$ من محلول أيونات Ce^{4+} الذي تركيزه $(0.125)\ M$ لإتمام عملية الأكسدة ، احسب تركيز محلول Fe^{2+} ؟

الحل

- نحسب عدد مولات أيونات السيريوم Ce^{4+} :

$$n\left(Ce^{4+}\right) = M \times V$$

$$= 0.125 \times \frac{15}{1000} = 0.001875\ mol$$

ـ باستخدام النسبة المولية ، نحسب عدد مولات أيونات الحديد Fe^{2+} المتفاعلة :

$$\begin{aligned} Ce^{4+} &: Fe^{2+} \\ 1\,mol &: 1\,mol \\ 0.001875\,mol &: x \end{aligned}$$

$$\therefore n\left(Fe^{2+}\right) = 0.001875\,mol$$

ـ نحسب تركيز محلول أيونات Fe^{2+} :

$$M\left(Fe^{2+}\right) = \frac{n}{V} = \frac{0.001875}{0.025} = 0.075\,M$$

* **<u>طريقة أخرى</u> :**

$$\begin{aligned} n_1\left(Ce^{4+}\right) &= n_2\left(Fe^{2+}\right) \\ M_1V_1 &= M_2V_2 \\ 0.125\times15 &= M_2\times25 \\ \therefore M_2\left(Fe^{2+}\right) &= 0.075\,M \end{aligned}$$

سؤال توضيحي (٣) / اذيب $(1.24)\,g$ من خام يحتوي على Fe_2O_3 في حمض النيتريك HNO_3 المركز الساخن ، ثم اختزلت أيونات الحديد Fe^{3+} بواسطة كلوريد القصدير الثنائي $SnCl_2$ ، فإذا لزم $(90.4)\,mL$ من محلول بيرمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ تركيزه $(0.02)\,M$ لأكسدة جميع أيونات Fe^{2+} إلى Fe^{3+} في وسط حمضي ، ما النسبة المئوية لكتلة Fe_2O_3 في العينة ؟

الحل

ـ نكتب المعادلات الحادثة :

$$Fe_2O_3 \xrightarrow{HNO_3} 2\,Fe^{3+} + 3\,O^{2-}$$

$$2Fe^{3+} + Sn^{2+} \longrightarrow 2\,Fe^{2+} + Sn^{4+}$$

$$MnO_4^- + 5Fe^{2+} + 8H^+ \longrightarrow Mn^{2+} + 5\,Fe^{3+} + 4\,H_2O$$

ـ نحسب عدد مولات أيونات الحديد Fe^{2+} من خلال النسبة المولية مع محلول البيرمنجنات MnO_4^- :

$$n\left(MnO_4^-\right) = M\times V_{(L)} \Rightarrow 0.02\times\frac{90.4}{1000} = 1.808\times10^{-3}\ mol$$

$$\begin{aligned} MnO_4^- &: Fe^{2+} \\ 1\,mol &: 5\,mol \\ 1.808\times10^{-3}\,mol &: x \end{aligned} \qquad \Rightarrow \therefore n\left(Fe^{2+}\right) = 9.04\times10^{-3}\,mol$$

ومن المعادلة الثالثة نجد أن عدد مولات Fe^{2+} يساوي عدد مولات Fe^{3+} :

$$n\left(Fe^{3+}\right) = n\left(Fe^{2+}\right) = 9.04\times10^{-3}\,mol$$

$$\begin{aligned} Fe^{3+} &: Fe_2O_3 \\ 2\,mol &: 1\,mol \\ 9.04\times10^{-3}\,mol &: x \end{aligned}$$

$$\therefore n\left(Fe_2O_3\right) = 4.52\times10^{-3}\,mol$$

$$\because Mr\left(Fe_2O_3\right) = (2\times56)+(3\times16) = 160\ g/mol$$

$$\therefore m\left(Fe_2O_3\right) = n\times Mr = 4.52\times10^{-3}\times160 = 0.7232\ g$$

$$\therefore \left(Fe_2O_3\right)\% = \frac{0.7232}{1.24}\times100\ \% = 58.3\ \%$$

سؤال توضيحي (٤) / محلول دايكرومات البوتاسيوم $(K_2Cr_2O_7)$ حجمه $(300)\ mL$ وتركيزه $(0.2)M$ تفاعل تماما مع $(150)mL$ من محلول اليود (I_2) في وسط حمضي حسب المعادلة الآتية :

$$Cr_2O_7^{2-} + I_2 \longrightarrow Cr^{3+} + IO_3^-$$

احسب الآتي :

١) مولارية محلول اليود I_2 المستخدم ؟
٢) كتلة دايكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ ؟
٣) مولارية محلول يودات البوتاسيوم KIO_3 الناتج ؟
٤) مولارية محلول أيونات الكروم Cr^{3+} الناتج ؟

الحل

- وزن المعادلة ، ثم إجراء العمليات الحسابية :

$$5 \times \left(Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O\right)$$

$$3 \times \left(I_2 + 6H_2O \longrightarrow 2IO_3^- + 12H^+ + 10e^-\right)$$

$$5Cr_2O_7^{2-} + 3I_2 + 34H^+ \longrightarrow 10Cr^{3+} + 6IO_3^- + 17H_2O$$

١) نحسب عدد مولات محلول الدايكرومات $Cr_2O_7^{2-}$:

$$n\left(Cr_2O_7^{2-}\right) = M \times V_{(L)}$$

$$= 0.2 \times \frac{300}{1000} = 0.06\ mol$$

باستخدام النسبة المولية نحسب عدد مولات اليود I_2 المتفاعلة :

$$Cr_2O_7^{2-} : I_2$$

$$5\ mol : 3\ mol$$

$$0.06\ mol : x$$

$$\therefore n(I_2) = 0.036\ mol$$

نحسب مولارية محلول اليود I_2 :

$$M(I_2) = \frac{n}{V_{(L)}} = \frac{0.036}{0.15} = 0.24\,M$$

٢) من الخطوة السابقة نجد أن :

$$n\left(Cr_2O_7^{2-}\right) = 0.06\ mol$$

$$\because Mr\left(K_2Cr_2O_7\right) = 2\times39 + 2\times52 + 7\times16 = 294\ g/mol$$

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

$$\therefore m\left(K_2Cr_2O_7\right) = n \times Mr$$

$$= 0.06 \times 294 = 17.64\ g$$

٣) باستخدام النسبة المولية نحسب عدد مولات محلول يودات البوتاسيوم KIO_3 الناتجة :

$$I_2 : IO_3^-$$

$$3\ mol : 6\ mol$$

$$0.036\ mol : x$$

$$\therefore n\left(IO_3^-\right) = 0.072\ mol$$

ـ نحسب حجم المحلول الناتج :

$$V_T = 300 + 150 = 450\,mL = 0.45\,L$$

ـ نحسب مولارية محلول يودات البوتاسيوم KIO_3 الناتج :

$$M\left(KIO_3\right) = \frac{n}{V_T} = \frac{0.072}{0.45} = 0.16\,M$$

٤) نحسب عدد مولات محلول أيونات الكروم Cr^{3+} الناتجة :

$$n\left(Cr^{3+}\right) = 2 \times n\left(Cr_2O_7^{2-}\right)$$

$$= 2 \times 0.06 = 0.12\ mol$$

$$\therefore M\left(Cr^{3+}\right) = \frac{n}{V_T} = \frac{0.12}{0.45} = 0.267\,M$$

أسئلة إضافية

سـ (١) / محلول كرومات البوتاسيوم (K_2CrO_4) تركيزه $(0.5)\ M$ يلزم لأكسدة $(0.48)\ g$ من الهيدرازين (N_2H_4) في الوسط القاعدي حسب المعادلة التالية :

$$N_2H_4 + CrO_4^{2-} \longrightarrow N_2 + Cr\left(OH\right)_4^-$$

أ) ما حجم محلول كرومات البوتاسيوم (K_2CrO_4) المستخدم ؟ جـ / $\boxed{0.04\ L}$

ب) ما كتلة غاز النيتروجين (N_2) الناتج ؟ جـ / $\boxed{0.42\ g}$

سـ (٢) / أذيب $(0.75\ g)$ من (As_4O_6) في $(300\ mL)$ من الماء المقطر ثم تمت معايرة المحلول الناتج بكمية من محلول $\left(I_3^-\right)$ حجمها $(80\ mL)$ وفقا للمعادلة الآتية :

$$As_4O_{6(aq)} + I_{3(aq)}^- \longrightarrow As_4O_{10(aq)} + I_{(aq)}^-$$

احسب تركيز $\left(I_3^-\right)$ المستخدم ؟ جـ / $\boxed{0.0945\ M}$

سـ (٣) / عينة من خام الحديد كتلتها $(1.2765)\ g$ ، تم إذابتها في محلول حمضي لتكوين أيونات الحديد الثنائية $\left(Fe^{2+}\right)$ ثم معايرتها باستخدام $(32.26)\ mL$ من محلول دايكرومات البوتاسيوم $(K_2Cr_2O_7)$ تركيزه $(0.01625)\ M$ للحصول على أيونات $\left(Fe^{3+}\right)$ و $\left(Cr^{3+}\right)$ ، أوجد نسبة الحديد في العينة ؟

جـ / $\boxed{13.76\ \%}$