القسم 2

وزن معادلات الأكسدة والاختزال

Balancing Redox reaction

$$Cu_{(s)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + NO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

الشكل 6-6 من الصعب أحيانًا وزن بعض المعادلات الكيميائية كما في تفاعلات الأكسدة والاختزال بين النحاس وحمض النيتريك؛ لأن العناصر تظهر أكثر من مرة في كل جهة من المعادلة.

وزن معادلة الأكسدة والاختزال باستعمال طريقة نصف التفاعل

Balancing Redox Reactions Using Half–Reactions

الجدول 6-6 طريقة نصف التفاعل

1. اكتب المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، مهملًا الأيونات المتفرجة.

$$Fe_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} + SO_4{}^{2-}_{(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + 2Fe^{3+}_{(aq)} + 3SO_4{}^{2-}_{(aq)}$$

$$Fe_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow Cu_{(aq)} + 2Fe^{3+}_{(aq)}$$

2. اكتب نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للمعادلة الأيونية الكلية.

$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$ $\qquad$ $Fe_{(s)} \rightarrow 2Fe^{3+}_{(aq)} + 6e^-$

3. زن الذرات والشحنات في كل نصف تفاعل.

$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$ $\qquad$ $2Fe_{(s)} \rightarrow 2Fe^{3+}_{(aq)} + 6e^-$

4. زن المعادلات على أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة في التأكسد يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال.

$3Cu^{2+}_{(aq)} + 6e^- \rightarrow 3Cu_{(s)}$ $\qquad$ $2Fe_{(s)} \rightarrow 2Fe^{3+}_{(aq)} + 6e^-$

5. اجمع نصفي التفاعل الموزونين، وأعد الأيونات المتفرجة.

$$2Fe_{(s)} + 3Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow 3Cu_{(s)} + 2Fe^{3+}_{(aq)}$$

$$2Fe_{(s)} + 3CuSO_{4(aq)} \rightarrow 3Cu_{(s)} + Fe_2(SO_4)_{3(aq)}$$

مسائل تدريبية

استعمل طريقة نصف التفاعل لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

23. $Cr_2O_{7\,(aq)}^{2-} + I^-_{(aq)} \rightarrow Cr^{3+}_{(aq)} + I_{2(s)}$ (في الوسط الحمضي)

24. $Mn^{2+}_{(aq)} + BiO_3{}^-_{(aq)} \rightarrow MnO_4{}^-_{(aq)} + Bi^{3+}_{(aq)}$ (في الوسط الحمضي)

25. تحفيز $N_2O_{(g)} + ClO^-_{(aq)} \rightarrow NO_2{}^-_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ (في الوسط القاعدي)

مسائل تدريبية

23. $14H^+_{(aq)} + Cr_2O^{2-}_{7(aq)} + 6I^- \rightarrow 3I_{2(s)} + 2Cr^{3+}_{(aq)} + 7H_2O_{(l)}$

24. $2Mn^{2+}_{(aq)} + 5BiO^-_{3\,(aq)} + 14H^+_{(aq)} \rightarrow 2MnO^-_{4\,(aq)} + 5Bi^{3+}_{(aq)} + 7H_2O_{(l)}$

25. $N_2O_{(g)} + 2ClO^-_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow 2NO^-_{2(aq)} + 2Cl^- + H_2O_{(l)}$

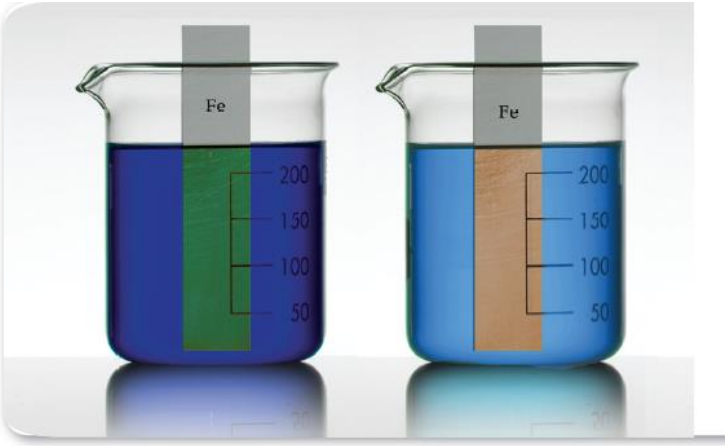
سؤال زن معادلة الأكسدة والاختزال الآتية باستعمال طريقة نصف التفاعل.

$KMnO_{4(aq)} + KCl_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow MnSO_{4(aq)} + K_2SO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} + Cl_{(g)}$

الإجابة

$2KMnO_{4(aq)} + 10KCl_{(aq)} + 8H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2MnSO_{4(aq)} + 6K_2SO_{4(aq)} + 8H_2O_{(l)} + SCl_{2(g)}$

https://ibrahimelnaggar-chemistry.com



الشكل 6-8 يترسب النحاس على الحديد نتيجة لتفاعل الأكسدة والاختزال بين الحديد ومحلول كبريتات النحاس، ويمكنك وزن المعادلة الكيميائية لهذا التفاعل بطريقة نصف التفاعل.

سوف تتعلم المزيد عن أهمية أنصاف التفاعلات عند دراستك الكيمياء الكهربائية لاحقًا، ولكن في الوقت الحالي سوف نتعلم كيف تستعمل أنصاف التفاعل لوزن معادلة الأكسدة. فعلى سبيل المثال، تمثل المعادلة غير الموزونة الآتية التفاعل الذي يحدث عند وضع صفيحة من الحديد في محلول كبريتات النحاس II، كما في **الشكل 8–6**.

$$Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + Fe_2(SO_4)_{3(aq)}$$

تتأكسد ذرات الحديد عندما تفقد الإلكترونات لأيونات النحاس II. أما خطوات وزن معادلات الأكسدة والاختزال باستخدام طريقة نصف التفاعل فهي موضحة في **الجدول 6–6**.

الربط مع علم الأحياء فيم تشترك أسماك أعماق المحيط والذباب الناري مع البكتيريا المضيئة؟ إن هذه الأنواع من الكائنات ـ وكائنات أخرى ـ تطلق الضوء. والضوء المنبعث ما هو إلا تحويل لطاقة الوضع في الروابط الكيميائية إلى طاقة ضوئية خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال. وينبعث الضوء بوسائط مختلفة اعتمادًا على أنواع الكائنات. ففي الذباب الناري الموضح في **الشكل 7–6**، ينتج الضوء عن تأكسد جزيئات اللوسيفيرن Luciferin. ولا يزال العلماء يكتشفون سر الإضاءة الحيوية؛ فبعض الكائنات المضيئة تطلق الضوء باستمرار، في حين تطلق الكائنات الأخرى ضوءًا عندما تتعرض للمضايقة. ويبدو أن بعض أسماك أعماق البحار وقناديل البحر لها قدرة على التحكم في الضوء الذي تطلقه.

الشكل 7-6 تُصدر بعض الكائنات الحية ضوءًا لأهداف مختلفة؛ لجذب الإناث، أو للدفاع عن الصغار. ويساعد الضوء المنبعث على الرؤية والتمييز والإدراك.

https://ibrahimelnaggar-chemistry.com

التقويم 6-2

الخلاصة

- يصعب وزن معظم معادلات الأكسدة والاختزال باستعمال الطريقة التقليدية.
- تعتمد طريقة عدد التأكسد على مساواة عدد الإلكترونات المفقودة من الذرات بعدد الإلكترونات المكتسبة من قبل ذرات أخرى.
- لوزن معادلات التفاعلات في الوسط الحمضي، أضف عددًا كافيًا من أيونات الهيدروجين وجزيئات الماء.
- أضف عددًا كافيًا من أيونات الهيدروكسيد وجزيئات الماء، لوزن معادلات التفاعلات في الوسط القاعدي.
- نصف التفاعل هو أحد جزأي تفاعل الأكسدة والاختزال.

26. الفكرة الرئيسة **فسّر** كيف يرتبط التغير في عدد التأكسد بعمليات الأكسدة والاختزال؟

27. صف لماذا يُعدّ من المهم معرفة الظروف التي يتم فيها تفاعل الأكسدة والاختزال في المحلول المائي بهدف وزن معادلة التفاعل؟

28. فسّر خطوات طريقة عدد التأكسد لوزن المعادلة.

29. حدّد ماذا يوضح نصف تفاعل التأكسد؟ وماذا يوضح نصف تفاعل الاختزال؟

30. اكتب نصف تفاعل الأكسدة ونصف تفاعل الاختزال لتفاعل الأكسدة والاختزال الآتي: $Pb_{(s)} + Pd(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow Pb(NO_3)_{2(aq)} + Pd_{(s)}$

31. حدّد إذا كان نصف تفاعل الأكسدة هو $Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$ ونصف تفاعل الاختزال هو $Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$، فما أقل عدد من أيونات القصدير II وأيونات الذهب III يمكن أن تتفاعل حتى لا يتبقى إلكترونات؟

32. طبق زن المعادلات الآتية:

a. $HClO_{3(aq)} \rightarrow ClO_{2(g)} + HClO_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$

b. $H_2SeO_{3(aq)} + HClO_{3(aq)} \rightarrow H_2SeO_{4(aq)} + Cl_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

c. $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + Fe^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Cr^{3+}{}_{(aq)} + Fe^{3+}{}_{(aq)}$ (في الوسط الحمضي)

التقويم 2–6

26. عندما يحدث انتقال للإلكترونات من ذرة إلى أخرى خلال تفاعلات الأكسدة والاختزال يحدث تغير في الشحنة الكلية لهذه الذرات؛ وذلك لأن النواة وبخاصة عدد البروتونات فيها لا تتغير أبدًا خلال هذا النوع من التفاعلات.

27. من المهم معرفة وجود H^+ و OH^- لموازنة المعادلة.

28. يجب أن تكون الإجابات مماثلة للمعلومات في **الجدول 4–6**.

29. يوضح نصف تفاعل الأكسدة مقدار عدد الإلكترونات التي يفقدها العنصر. ويوضح نصف تفاعل الاختزال عدد الإلكترونات المكتسبة.

30. الأكسدة: $Pb \rightarrow Pb^{2+} + 2e^-$

الاختزال: $Pd^{2+} + 2e^- \rightarrow Pd$

31. 3 أيونات Sn^{2+}، أيونان Au^{3+}

32.a $3HClO_3 \rightarrow 2ClO_2 + HClO_4 + H_2O$

32.b $5H_2SeO_3 + 2HClO_3 \rightarrow 5H_2SeO_4 + Cl_2 + H_2O$

32.c $Cr_2O_7^{2-} + 6Fe^{2+} + 14H+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 6Fe^{3+} + 7H_2O$

زن المعادلة الآتية:

$P_4 + H_2O \rightarrow PH_3 + H_2PO_4$

$5P_4 + 24H_2O \rightarrow 8PH_3 + 12H_2PO_4$

https://ibrahimelnaggar-chemistry.com

تدريبات متنوعة

عرف الأكسدة :

عرف الاختزال :

عرف عدد الأكسدة :

تحليل معادلة : $PbO + NH_3 \rightarrow N_2 + H_2O + Pb$

وزن معادلات : طريقة نصف التفاعل

زن المعادلات التالية في وسط حمضي :

$$IO_3^- + SO_3^{2-} \rightarrow I_2 + SO_4^{2-}$$

$(2IO_3^- + 5SO_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow I_2 + 5SO_4^{2-} + H_2O)$

$$Zn + NO_3^- \rightarrow Zn^{2+} + NH_4^+$$

$(4Zn + NO_3^- + 10H^+ \rightarrow 4Zn^{2+} + NH_4^+ + 3H_2O)$

$$MnO_4^- + C_2O_4^{2-} \rightarrow Mn^{2+} + CO_2$$

$(2MnO_4^- + 5C_2O_4^{2-} + 16H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 10CO_2 + 8H_2O)$

https://ibrahimelnaggar-chemistry.com

$$NO_2^- \rightarrow NO + NO_3^-$$

($3NO_2^- + 2H^+ \rightarrow 2NO + NO_3^- + H_2O$)

زن المعادلات التالية في وسط قاعدي :

$$Cl_2 + S_2O_3^{2-} \rightarrow SO_4^{2-} + Cl^-$$

($4Cl_2 + S_2O_3^{2-} + 10OH^- \rightarrow 2SO_4^{2-} + 8Cl^- + 5H_2O$)

https://ibrahimelnaggar-chemistry.com

$$MnO_4^- + N_2H_4 \rightarrow N_2 + MnO_2$$

$(4MnO_4^- + 3N_2H_4 \rightarrow 3N_2 + 4MnO_2 + 4H_2O + 4OH^-)$

$$ClO^- + CrO_2^- \rightarrow CrO_4^{2-} + Cl^-$$

$(3ClO^- + 2CrO_2^- + 2OH^- \rightarrow 2CrO_4^{2-} + 3Cl^- + H_2O)$

https://ibrahimelnaggar-chemistry.com

$$K_2MnO_4 \rightarrow MnO_2 + KMnO_4$$

($3K_2MnO_4 + 2H_2O \rightarrow MnO_2 + 2KMnO_4 + 4KOH$)

س – في المعادلة التالية : $Fe + Cu^{+2} \rightarrow Fe^{+3} + Cu$ أكمل ما يلي :

أ - اكتب نصفي التفاعل :

ب – عدد الإلكترونات المفقودة = ... الكترون

ج - عدد الإلكترونات المكتسبة = ... الكترون

د – العامل المؤكسد هو ..... هـ – العامل المختزل هو .....

و - زن المعادلة بطريقة أعداد الأكسدة :.....

ل – نوع التفاعل ..... م – الحالة القياسية للحديد .....

ن - العنصر الأكثر سالبية ..... والعنصر الأقل سالبية .....

4 – احسب / رتب تصاعدياً أعداد أكسدة الكبريت فيما يلي :

$$SO_2 \ , \ SO_3 \ , \ S_2O_5^{2-} \ , \ S_2O_8^{2-} \ , \ S_2O_3^{2-}$$

5 – عندما يتغير SO_4^{2-} إلى SO_3^{2-} ، فإن عدد الأكسدة :

أ – يزيد ، وتفقد الكترونات ب – يقل ، وتفقد الكترونات

ج – تزداد ، وتكسب الكترونات د – تقل ، وتكسب الكترونات

https://ibrahimelnaggar-chemistry.com

8 - في التفاعل التالي :

C

$$2MnO_4^- + 5CH_3CHO + 6H^+ \rightarrow 5CH_3COOH + 2Mn^{2+} + 3H_2O$$

أي مما يلي هو العامل المختزل ؟

A. Mn^{2+}

B. MnO_4^-

C. CH_3CHO

D. CH_3COOH

9 - المعادلة التالية : $Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$ تمثل

A

أ – أكسدة ب – اختزال ج – تحلل د - استبدال

10 – في التفاعل التالي :

A

$$2HIO_3 + 5H_2SO_3 \rightarrow I_2 + 5H_2SO_4 + H_2O$$

أي مما يلي تفاعل نصفي للاختزال :

A. $IO_3^- \rightarrow I_2$

B. $S^{6+} \rightarrow S^{4+}$

C. $H^+ \rightarrow H_2O$

D. $SO_3^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$

11 – في التفاعل التالي : التغير في عدد أكسدة الكربون هو :

A

$$3C_3H_8O + Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ \rightarrow 3C_3H_6O + 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

A. $+\frac{2}{3}$

B. $+2$

C. $-\frac{2}{3}$

D. -2

17 – وازن نصف التفاعل التالي في وسط قاعدي : $CNO^- \rightarrow CN^-$

$(2e^- + CNO^- + H_2O \rightarrow CN^- + 2OH^-)$

https://ibrahimelnaggar-chemistry.com

19 – أي مما يلي تحتوى على أعلى عدد أكسدة المولبدنيوم : C

A. $MoCl_5$
B. Mo_2S_3
C. MoO_4^{2-}
D. Mo_6Cl_{12}

20 – أي مما يلي لا يمثل أكسدة : C

I.	$ClO^- \rightarrow ClO_3^-$
II.	$C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4O_2$
III.	$NO_2 \rightarrow N_2O_4$

A. I
B. II
C. III
D. I and II

22 - أي مما يلي يعتبر صحيحا للتفاعل التالي في وسط قاعدي C

$$Zn + NO_3^- \rightarrow ZnO_2^{2-} + NH_3 \qquad (\text{basic})$$

A. $9H^+ + NO_3^- + 8e^- \rightarrow NH_3 + 3H_2O$
B. $3H_2O + NO_3^- + 5e^- \rightarrow NH_3 + 6OH^-$
C. $6H_2O + NO_3^- + 8e^- \rightarrow NH_3 + 9OH^-$
D. $4OH^- + Zn + 2e^- \rightarrow ZnO_2^{2-} + 2H_2O$