الأحماض والقواعد

5-1 مقدمة في الأحماض والقواعد

الصفحات 171 - 162

مسائل تدريبية

الصفحات 168 - 163

1. اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة للتفاعلات بين:

a. الألومنيوم وحمض الكبريتيك.

$$2Al_{(s)} + 3H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 3H_{2(g)}$$

b. كربونات الكالسيوم وحمض الهيدروبروميك.

$$CaCO_{3(s)} + 2HBr_{(aq)} \rightarrow CaBr_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

2. **تحفيز** اكتب المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل في السؤال 1b.

$$Ca^{2+}_{(aq)} + CO_3{}^{2-}_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)} \rightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

$$CO_3{}^{2-}_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$

3. حدِّد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة في كلّ تفاعل ممّا يلي:

a. $NH_4{}^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$

b. $HBr_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + Br^-_{(aq)}$

c. $CO_3{}^{2-}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCO_3{}^-_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

	حمض	قاعدة مرافقة	قاعدة	حمض مرافق
a.	$NH_4{}^+$	NH_3	OH^-	H_2O
b.	HBr	Br^-	H_2O	H_3O^+
c.	H_2O	OH^-	$CO_3{}^{2-}$	$HCO_3{}^-$

4. **تحفيز** إذا علمت أن نواتج تفاعل حمض وقاعدة هي H_3O^+ و$SO_4{}^{2-}$، فاكتب معادلة موزونة للتفاعل، وحدِّد الأزواج المترافقة من الحمض والقاعدة.

$$HSO_4{}^-_{(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons H_3O^+_{(aq)} + SO_4{}^{2-}_{(aq)}$$

القاعدة: H_2O، الحمض المرافق: H_3O^+

الحمض: $HSO_4{}^-$، القاعدة المرافقة: $SO_4{}^{2-}$

التقويم 5-1

الصفحة 171

5. فسر لماذا لا تُصنَّف العديد من أحماض وقواعد لويس على أنها أحماض أو قواعد أرهينيوس أو برونستد – لوري.

يُعدّ حمض لويس مستقبِلا لزوج من الإلكترونات، في حين تُعدّ قاعدة لويس مانحةً لزوج من الإلكترونات. ولا يحتوي حمض لويس على أيون هيدروجين، أو أيون هيدروكسيد قابل للتأيُّن لكي يمكن اعتباره حمضًا أو قاعدة أرهينيوس، كما أنّ حمض لويس لا يمتلك أيون هيدروجين لكي يمنحه لغيره. لذا، فهو ليس حمض برونستد— لوري، ولكن تُعدّ قواعد لويس جميعها قواعد برونستد— لوري؛ لأنها قادرة على استقبال أيون هيدروجين.

6. قارن بين الخواص الفيزيائية والكيميائية للأحماض والقواعد.

الخواص الفيزيائيَّة: الأحماض طعمها حمضيّ وتوصل الكهرباء. أمّا القواعد فطعمها مُرّ، وهي زلقة الملمس، وتوصل الكهرباء. الخواص الكيميائية: تتفاعل الأحماض مع الفلزَّات لتُنتج غاز الهيدروجين، كما تحوِّل لون ورق تبّاع الشمس الأزرق إلى الأحمر. وتتفاعل القواعد مع الأحماض، وتحوِّل لون تبّاع الشمس الأحمر إلى الأزرق.

7. وضّح كيف تحدِّد تراكيز أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد ما إذا كان المحلول حمضيًّا أم قاعديًّا أم متعادلًا؟

يكون تركيز $[H^+] > [OH^-]$ في المحلول الحمضيّ، في حين يكون تركيزهما $[H^+] = [OH^-]$ في المحلول المتعادل؛ أمّا في المحلول القاعديّ فيكون $[OH^-] > [H^+]$.

8. اشرح لماذا لا تُصنَّف العديد من المركّبات التي تحتوي ذرة هيدروجين أو أكثر بوصفها أحماض أرهينيوس.

المركّبات التي لديها ذرّة هيدروجين أو أكثر قابلة للتأيُّن هي أحماض أرهينيوس فقط. ويمكن لذرة الهيدروجين القابلة للتأيُّن أن ترتبط بعنصر له خواصّ كهروسالبية مثل الأكسجين.

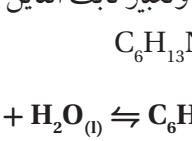
9. **حدِّد** الأزواج المترافقة من الأحماض والقواعد في المعادلة الآتية:

$HNO_2 + H_2O \rightleftharpoons NO_2^- + H_3O^+$

HNO_2 يُعدّ حمضًا في حين يُعدّ NO_2^- قاعدة مرافقة، وH_2O يُعدّ قاعدة في حين يُعدّ H_3O^+ حمضًا مرافقًا.

10. **اكتب** تركيب لويس لثالث كلوريد الفوسفور PCl_3. هل يُعدّ PCl_3 حمض لويس، أم قاعدة لويس، أم غير ذلك؟

يمتلك الفوسفور في PCl_3 ثلاثة إلكترونات يتشاركها مع ثلاث ذرات كلور، وزوج إلكترونات غير مشترك، يعمل عمل قاعدة لويس كما في الشكل الآتي:



5-2 قوة الأحماض والقواعد

الصفحات 177 - 172

مسائل تدريبية

الصفحات 177 - 175

11. اكتب معادلات التأيُّن وتعابير ثابت تأيُّن الحمض لكلٍّ ممّا يأتي:

a. $HClO_2$

$HClO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + ClO_2^-{}_{(aq)}$

$K_a = \dfrac{[H_3O^+][ClO_2^-]}{[HClO_2]}$

b. HNO_2

$HNO_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + NO_2^-{}_{(aq)}$

$K_a = \dfrac{[H_3O^+]\,[NO_2^-]}{[HNO_2]}$

c. HIO

$HIO_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + IO^+_{(aq)}$

$K_a = \dfrac{[H_3O^+][IO^-]}{[HIO]}$

12. اكتب معادلة التأيُّن الأولى والثانية لحمض H_2SeO_3.

$H_2SeO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HSeO_3^-{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

$HSeO_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons SeO_3^{2-}{}_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

13. **تحفيز** إذا أُعطيت المعادلة الرياضية الآتية: $K_a = \dfrac{[AsO_4^{3-}][H_3O^+]}{[HAsO_4^{2-}]}$، فاكتب المعادلة الموزونة للتفاعل.

$HAsO_4^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + AsO_4^{3-}$

14. اكتب معادلات التأيُّن وتعبير ثابت التأيُّن للقواعد الآتية:

a. هكسيل أمين $C_6H_{13}NH_2$

$C_6H_{13}NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_{13}NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

$K_b = \dfrac{[C_6H_{13}NH_3^+]\,[OH^-]}{[C_6H_{13}NH_2]}$

b. بروبيل أمين $C_3H_7NH_2$

$C_3H_7NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_3H_7NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

$K_b = \dfrac{[C_3H_7NH_3^+]\,[OH^-]}{[C_3H_7NH_2]}$

c. أيون الكربونات CO_3^-

$CO_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCO_3^-{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

$K_b = \dfrac{[HCO_3^-]\,[OH^-]}{[CO_3^{2-}]}$

d. أيون البيكبريتيت HSO_3^-

$HSO_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2SO_{3(aq)} + OH^-_{(aq)}$

$K_b = \dfrac{[H_2SO_3]\,[OH^-]}{[HSO_3^-]}$

15. **تحفيز** اكتب معادلة اتزان قاعدة يكون فيها PO_4^{3-} قاعدة في التفاعل الأمامي، و OH^- قاعدة في التفاعل العكسي.

$PO_4^{3-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HPO_4^{2-}{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

التقويم 2 -5

الصفحة 177

16. **صف** محتويات محاليل مائية مخفَّفة للحمض القوي HI والحمض الضعيف HCOOH.

يحتوي محلول HI فقط على أيونات H_3O^+ وI^- وجزيئات ماء، ويحتوي محلول HCOOH على أيونات H_3O^+ و$HCOO^-$، وجزيئات HCOOH وH_2O.

17. **ما العلاقة** بين قوة الحمض الضعيف وقوة قاعدته المرافقة؟

كلّما ازدادت قوّة الحمض ازداد ضعف قاعدته المرافقة. وكلّما ضعف الحمض ازدادت قوة قاعدته المرافقة.

18. **حدِّد** الأزواج المترافقة للحمض والقاعدة في كلّ معادلة ممّا يأتي:

a. $HCOOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HCOO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$

الحمض: HCOOH؛ القاعدة المرافقة: $HCOO^-$؛ القاعدة: H_2O؛ الحمض المرافق: H_3O^+

b. $NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

الحمض: H_2O؛ القاعدة المرافقة: OH^-؛ القاعدة: NH_3؛ الحمض المرافق: NH_4^+

19. **اشرح** ما الذي يمكن أن تستفيده من معرفة قيمة K_b للأنيلين $C_6H_5NH_2$. $K_b = 4.3\times10^{-10}$.

قياس K_b يدلّ على أنّ الأنيلين قاعدة ضعيفة.

20. **فسِّر البيانات** استعمل البيانات في **الجدول 4–5** لترتيب الأحماض السبعة تصاعديًّا بحسب توصيلها للكهرباء.

HS^-, HCO_3^-, H_2S, H_2CO_3, CH_3COOH, HCOOH, HF

5-3 أيونات الهيدروجين والرقم الهيدروجيني

الصفحات 178 - 186

مسائل تدريبية

الصفحات 179 - 185

21. فيما يأتي قيم تراكيز H^+ و OH^- لأربعة محاليل مائية عند درجة حرارة 298 K. احسب $[H^+]$ أو $[OH^-]$ لكلّ محلول، ثُمّ حدِّد ما إذا كان المحلول حمضيًّا، أم قاعديًّا، أم متعادلًا.

a. $[H^+] = 1.0\times10^{-13}\,M$

$K_w = [H^+][OH^-]$

$1.0\times10^{-14} = (1.0\times10^{-13})[OH^-]$

$\frac{1.0\times10^{-14}}{1.0\times10^{-13}} = \frac{(1.0\times10^{-13})[OH^-]}{1.0\times10^{-13}}$

$[OH^-] = 1.0\times10^{-1}\,M$

بما أن $[H+] > [-OH]$، فالمحلول قاعديّ.

b. $[OH^-] = 1.0\times10^{-7}\,M$

$K_w = [H^+][OH^-]$

$\frac{1.0\times10^{-14}}{1.0\times10^{-7}} = \frac{[H^+](1.0\times10^{-7})}{1.0\times10^{-7}}$

$[H^+] = 1.0\times10^{-7}\,M$

بما أن $[H^+] = [OH^-]$، فالمحلول متعادل.

c. $[OH^-] = 1.0\times10^{-3}\,M$

$K_w = [H^+][OH^-]$

$1.0\times10^{-14} = [H^+](1.0\times10^{-3})$

$\frac{1.0\times10^{-14}}{1.0\times10^{-3}} = \frac{[H^+](1.0\times10^{-3})}{1.0\times10^{-3}}$

$[H^+] = 1.0\times10^{-11}\,M$

بما أن $[H^+] > [OH^-]$، فالمحلول قاعديّ.

d. $[H^+] = 4.0\times10^{-5}\,M$

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$1.0\times10^{-14} = (4.0\times10^{-5})[OH^-]$$

$$= \frac{1.0\times10^{-14}}{4.0\times10^{-5}} = \frac{(4.0\times10^{-5})[OH^-]}{(4.0\times10^{-5})}$$

$$[OH^-] = 2.5\times10^{-10}\ M$$

بما أن $[OH^-] < [H^+]$، فالمحلول حمضيّ.

22. **تحفيز** احسب عدد أيونات H^+ وعدد أيونات OH^- في 300 mL من الماء النقي عند درجة حرارة 298 K.

عند درجة حرارة 298 K؛ $[H^+]=[OH^-]=1\times10^{-7}M$

احسب عدد مولات H^+، ثُمّ احسب عدد الأيونات:

$$\text{mol } H^+ = \frac{1.0\times10^{-7}\,\text{mol}}{1\ \cancel{L}}\times\frac{1\ \cancel{L}}{1000\ \cancel{mL}}\times300\ \cancel{mL}$$

$$= 3.0\times10^{-8}\ \text{mol}$$

$$H^+\ \text{ions} = 3.0\times10^{-8}\ \cancel{\text{mol } H^+}\times\frac{6.02\times10^{23}\ H^+\ \text{ions}}{1\ \cancel{\text{mol } H^+}}$$

$$= 1.8\times10^{16}\ H^+\ \text{ions}$$

عدد أيونات H^+ تساوي عدد أيونات OH تساوي 1.8×10^{16} ions.

23. احسب قيمتي pH للمحلولين الآتيين عند درجة حرارة 298 K.

a. $[H^+]\times1.0\times10^{-2}M$

$$pH = -\log[H^+]$$

$$pH = -\log(1.0\times10^{-2})$$

$$pH = 2.00$$

b. $[H^+] = 3.0\times10^{-6}M$

$$pH = -\log[H^+]$$

$$pH = -\log(3.0\times10^{-6})$$

$$pH = 5.52$$

24. احسب قيمتي pH للمحلولين الآتيين عند درجة حرارة 298 K.

a. $[H^+] = 0.0055\ M$

$$pH = -\log[H^+]$$

$$pH = -\log 0.0055$$

$$pH = 2.26$$

b. $[H^+] = 0.000084\ M$

$$pH = -\log[H^+]$$

$$pH = -\log 0.000084$$

$$pH = 4.08$$

25. **تحفيز** احسب قيمة pH لمحلول فيه تركيز $[OH^-] = 8.2\times10^{-6}\,M$.

$$[OH^-] = 8.2\times10^{-6}\ M$$

$$K_w = [H^+][OH^-]\times[H^+](8.2\times10^{-6})$$

$$[H^+] = \frac{1.0\times10^{-14}}{8.2\times10^{-6}} = 1.2\times10^{-9}$$

$$pH = -\log[H^+]$$

$$pH = -\log(1.2\times10^{-9})$$

$$pH = 8.92$$

26. احسب قيم pH و pOH للمحاليل المائية ذات التراكيز الآتية عند درجة حرارة 298 K.

a. $[OH^-] = 1.0\times10^{-6}M$

$$pOH = -\log[OH^-]$$

$$pOH = -\log(1.0\times10^{-6})$$

$$pOH = 6.00$$

$$pH = 14.00 - pOH = 14.00 - 6.00 = 8.00$$

b. $[OH^-] = 6.5\times10^{-4}\,M$

$$\mathbf{pOH = -\log [OH^-]}$$

$$\mathbf{pOH = -\log(6.5\times10^{-4})}$$

$$\mathbf{pOH = 3.19}$$

$$\mathbf{pH = 14.00 - pOH = 14.00 - 3.19 = 10.81}$$

c. $[H^+] = 3.6\times10^{-9}\,M$

$$\mathbf{pH = -\log [H^+]}$$

$$\mathbf{pH = -\log(3.6\times10^{-9})}$$

$$\mathbf{pH = 8.44}$$

$$\mathbf{pOH = 14.00 - pH = 14.00 - 8.44 = 5.56}$$

d. $[H^+] = 2.5\times10^{-2}\,M$

$$\mathbf{pH = -\log(2.5\times10^{-2})}$$

$$\mathbf{pH = 1.60}$$

$$\mathbf{pOH = 14.00 - pH = 14.00 - 1.60 = 12.40}$$

27. احسب قيم pH و pOH للمحلولين المائيين الآتيين عند درجة حرارة 298 K.

a. $[OH^-] = 0.000033\ M$

$$\mathbf{pOH = -\log [OH^-]}$$

$$\mathbf{pOH = -\log (0.000033)}$$

$$\mathbf{pOH = 4.48}$$

$$\mathbf{pH = 14.00 - 4.48 = 9.52}$$

b. $[H^i] = 0.0095\ M$

$$\mathbf{pH = -\log [H^+]}$$

$$\mathbf{pH = -\log (0.0095)}$$

$$\mathbf{pH = 2.02}$$

$$\mathbf{pOH = 14.00 - 2.02 = 11.98}$$

28. **تحفيز** احسب قيم pH و pOH لمحلول مائي يحتوي 1.0×10^{-3} mol من HCl مذاب في 5.0 L من المحلول.

$$\mathbf{[HCl] = [H^+] = \frac{1.0\times10^{-3}\,mol}{5.0\,L}}$$

$$\mathbf{= 0.00020\ M = 2.0\times10^{-4}\ M}$$

$$\mathbf{pH = -\log(2.0\times10^{-4}) = -(-3.70) = 3.70}$$

$$\mathbf{pOH = 14.00 - 3.70 = 10.30}$$

29. احسب $[H^+]$ و $[OH^-]$ في كلٍّ من المحاليل الآتية:

a. الحليب، pH = 6.50

$$\mathbf{[H^+] = antilog\ (-pH)}$$

$$\mathbf{[H^+] = antilog\ (-6.50) = 3.2\times10^{-7}\ M}$$

$$\mathbf{pOH = 14.00 - pH = 14.00 - 6.50 = 7.50}$$

$$\mathbf{[OH^-] = antilog\ (-pOH)}$$

$$\mathbf{[OH^-] = (-7.50) = 3.2\times10^{-8}\ M}$$

b. عصير الليمون، pH = 2.37

$$\mathbf{[H^+] = antilog\ (-pH)}$$

$$\mathbf{[H^+] = antilog\ (-2.37) = 4.3\times10^{-3}\ M}$$

$$\mathbf{pOH = 14.00 - pH = 14.00 - 2.37 = 11.63}$$

$$\mathbf{[OH^-] = antilog\ (-\ pOH)}$$

$$\mathbf{[OH^-] = antilog\ (-11.63) = 2.3\times10^{-12}\ M}$$

c. حليب الماغنسيا، pH = 10.50

$$\mathbf{[H^+] = antilog\ (-pH)}$$

$$\mathbf{[H^+] = antilog\ (-10.50) = 3.2\times10^{-11}M}$$

$$\mathbf{pOH = 14.00 - pH = 14.00 - 10.50 = 3.50}$$

$$\mathbf{[OH^-] = antilog\ (-3.50) = 3.2\times10^{-4}\ M}$$

d. الأمونيا المنزلية، pH = 11.90

$$\mathbf{[H^+] = antilog\ (-pH)}$$

$$\mathbf{[H^+] = antilog\ (-11.90) = 1.3\times10^{-12}\ M}$$

$$\mathbf{pOH = 14.00 - pH = 14.00 - 11.90 = 2.10}$$

$$\mathbf{[OH^-] = antilog\ (-2.10) = 7.9\times10^{-3}\ M}$$

30. **تحفيز** احسب $[H^+]$ و $[OH^-]$ في عيّنة من ماء البحر، حيث $pOH = 5.60$.

$$[OH^-] = \text{antilog}\,(-pOH)$$

$$[OH^-] = \text{antilog}\,(-5.60) = 2.5\times10^{-6}\,M$$

$$pH = 14.00 - 5.60 = 8.40$$

$$[H^+] = \text{antilog}\,(-8.40) = 4.0\times10^{-9}\,M$$

31. احسب K_a للحمضين الآتيين:

a. محلول H_3AsO_4 الذي تركيزه 0.220 M و $pH = 1.50$.

$$K_a = \frac{[H+][H_2AsO_4^-]}{[H_3AsO_4]}$$

$$[H^+] = \text{antilog}\,(-pH)$$

$$[H^+] = \text{antilog}\,(-1.50) = 3.2\times10^{-2}\,M$$

$$[H_2AsO_4^-] = [H^+] = 3.2\times10^{-2}\,M$$

$$[H_3AsO_4] = 0.220\ M - 3.2\times10^{-2}\ M = 0.188\,M$$

$$K_a = \frac{(3.2\times10^{-2})(3.2\times10^{-2})}{0.188} = 5.4\times10^{-3}$$

b. محلول $HClO_2$ الذي تركيزه 0.0400 M و $pH = 1.80$

$$K_a = \frac{[H^+][ClO_2^-]}{[HClO_2]}$$

$$[H^+] = \text{antilog}\,(-pH)$$

$$[H^+] = \text{antilog}\,(-1.80) = 1.6\times10^{-2}\,M$$

$$[ClO_2^-] = [H^+] = 1.6\times10^{-2}\,M$$

$$[HClO_2] = 0.0400\,M - 1.6\times10^{-2}\,M = 0.024\,M$$

$$K_a = \frac{(1.6\times10^{-2})(1.6\times10^{-2})}{0.024} = 1.1\times10^{-2}$$

32. احسب K_a للأحماض الآتية:

a. محلول حمض البنزويك C_6H_5COOH، الذي تركيزه 0.00330 M و $pOH = 10.70$.

$$pH = 14.00 - pOH$$

$$pH = 14.00 - 10.70 = 3.30$$

$$[H^+] = \text{antilog}\,(-pH)$$

$$[H^+] = \text{antilog}\,(-3.30) = 5.0\times10^{-4}\,M$$

$$[C_6H_5COO^-] = [H^+] = 5.0\times10^{-4}\,M$$

$$[C_6H_5COOH] = 0.00330\,M - 5.0\times10^{-4}\,M = 0.0028\,M$$

$$K_a = \frac{[H^+][C_6H_5COO^-]}{[C_6H_5COOH]} = \frac{(5.0\times10^{-4})(5.0\times10^{-4})}{(2.8\times10^{-3})}$$

$$K_a = 8.9\times10^{-5}$$

b. محلول حمض السيانيك HCNO، الذي تركيزه 0.100 M و $pOH = 11.00$

$$pH = 14.00 - pOH$$

$$pH = 14.00 - 11.00 = 3.00$$

$$[H^+] = \text{antilog}\,(-pH)$$

$$[H^+] = \text{antilog}(-3.00) = 1.0\times10^{-3}M$$

$$[CNO^-] = [H^+] = 1.0\times10^{-3}\,M$$

$$[HCNO] = 0.100 - 1.0\times10^{-3}\,M = 0.099\,M$$

$$K_a = \frac{[H^+][CNO^-]}{[HCNO]} = \frac{(1.0\times10^{-3})(10\times0.1^{-3})}{(0.099)}$$

$$K_a = 1.0\times10^{-5}$$

c. محلول حمض البيوتانويك C_3H_7COOH، الذي تركيزه 0.15 M و $pOH = 11.18$

$$pH = 14.00 - pOH$$

$$pH = 14.00 - 11.18 = 2.82$$

$$[H^+] = \text{antilog}\,(-pH)$$

$$[H^+] = \text{antilog}(-2.82) = 1.5\times10^{-3}\,M$$

$$[C_3H_7COO^-] = [H^+] = 1.5\times10^{-3}\,M$$

$$[C_3H_7COOH] = 0.150\,M - 1.5\times10^{-3}\,M = 0.149\,M$$

$$K_a = \frac{[H^+]\,[C_3H_7COO^-]}{[C_3H_7COOH]} = \frac{(1.5\times10^{3-})(1.5\times10^{-3})}{(0.149)}$$

$$K_a = 1.5\times10^{-5}$$

33. **تحفيز** احسب K_a لمحلول حمض HX الذي تركيزه 0.0091 M، وله pOH يساوي 11.32، ثُمّ استعمِل **الجدول 4–5** لتحديد نوع الحمض.

$$\mathbf{pH = 14.00 - pH}$$

$$\mathbf{pH = 14.00 - 11.32 = 2.68}$$

$$\mathbf{[H^+] = antilog\,(-pH)}$$

$$\mathbf{[H^+] = antilog\,(-2.8) = 2.1\times10^{-3}\ M}$$

$$\mathbf{[X^-] = [H^+] = 2.1\times10^{-3}\ M}$$

$$\mathbf{[HX] = 0.0091 - 0.0021 = 0.0070\ M}$$

$$\mathbf{K_a = \frac{(0.0021)(0.0021)}{(0.0070)} = 6.3\times10^{-4}}$$

يمكن أن يكون حمض الهيدروفلوريك.

التقويم 3 –5

الصفحة 186

34. **اشرح** لماذا تكون قيمة pH للمحلول الحمضي دائمًا أصغر من قيمة pOH للمحلول نفسه؟

إن مجموع pH وpOH يساوي 14.00، يكون المحلول حمضيًا، إذا كانت قيمة pH له أقلّ من 7.00، وبالتالي ستكون قيمة pOH أكبر من 7.00.

35. **صف** كيف يمكنك تحديد قيمة pH لمحلول ما إذا علمت قيمة pOH للمحلول نفسه؟

اطرح قيمة pOH من 14.00.

36. **اشرح** معنى K_w في المحاليل المائية.

عند درجة حرارة 298 K، يكون حاصل ضرب تركيز أيون H^+ في تركيز أيون OH^- يساوي 1.0×10^{-14}. وإذا عُرف تركيز أحد الأيونات؛ يمكن حساب تركيز الآخر باستعمال تعبير K_w.

37. **اشرح** –مستعمِلًا مبدأ لوتشاتلييه– ما يحدث لـ $[H^+]$ في محلول حمض الإيثانويك الذي تركيزه 0.10 M عند إضافة قطرة من محلول NaOH.

الزيادة في أيونات OH^- من قطرة واحدة من NaOH تدفع التأيُّن الذاتي للماء نحو اليسار، وتزيد كميّة جزيئات الماء غير المفكَّكة. فيزداد $[OH^-]$، أمّا $[H^+]$ فينقص.

38. **اكتب** قائمة بالمعلومات اللازمة لحساب قيمة K_a لحمض ضعيف.

pH أو pOH أو تركيز H^+، والتركيز الأولي للحمض اللازم لحساب K_a، كما يمكن استعمال Kb.

39. **احسب** إذا علمت أن قيمة pH لحبة طماطم تساوي 4.50 تقريبًا، فما $[H^+]$ و $[OH^-]$ فيها؟

$$\mathbf{[H^+] = antilog\,(-4.50) = 3.2\times10^{-5}\ M}$$

$$\mathbf{pOH = 14.00 - 4.50 = 9.50}$$

$$\mathbf{[OH^-] = antilog\,(-9.50) = 3.2\times10^{-10}\ M}$$

40. **حدِّد** قيمة pH لمحلول يحتوي على 1.0×10^{-9} mol من أيونات OH^- لكلّ L.

$$\mathbf{[OH^-] = \frac{1.0\times10^{-9}\ mol}{1\ L} = 1.0\times10^{-9}\ M}$$

$$\mathbf{pOH = -\log 1.0\times10^{-9} = 9.00}$$

$$\mathbf{pH = 14.00 - pOH}$$

$$\mathbf{pH = 14.00 - 9.00 = 5.00}$$

41. **احسب** قيمة pH في المحاليل الآتية:

a. 1.0 M HI

$$\mathbf{[H^+] = 1.0\ M}$$

$$\mathbf{pH = -\log[H^+] = -\log 1.0}$$

$$\mathbf{pH = 0.00}$$

b. محلول HNO_3 الذي تركيزه 0.050 M

$$[H^+] = 0.050\ M$$
$$pH = -\log[H^+] = -\log 0.050$$
$$pH = 1.30$$

c. محلول KOH الذي تركيزه 1.0 M

$$[OH^-] = 1.0\ M$$
$$pOH = -\log[OH^-] = -\log 1.0$$
$$pOH = 0.00$$
$$pH = 14.00 - 0.00 = 14.00$$

d. محلول $Mg(OH)_2$ الذي تركيزه 2.4×10^{-5} M

$$[OH^-] = 2 \times [Mg(OH)_2] = (2)(2.4 \times 10^{-5}\ M)$$
$$= 4.8 \times 10^{-5}\ M$$
$$pOH = -\log 4.8 \times 10^{-5} = 4.32$$
$$pH = 14.00 - 4.32 = 9.68$$

42. **تفسير الرسوم** ارجع إلى **الشكل 15–5** للإجابة عن السؤالين الآتيين: ماذا يحدث لكلٍّ من $[H^+]$ و $[OH^-]$ و pH و pOH عندما يصبح المحلول المتعادل أكثر حمضية؟ وماذا يحدث عندما يصبح أكثر قاعدية؟

عندما يصبح المحلول أكثر حمضيَّة؛ يزداد $[H^+]$ من 10^{-7} إلى 1 وينقص $[OH^-]$ من 10^{-7} إلى 10^{-14}، ويتغيّر pH من 7 إلى صفر، ويتغيّر pOH من 7 إلى 14. وعندما يتحوّل محلول متعادل إلى محلول أكثر قاعديّة، فهذا يعني نقصان $[H^+]$ من 10^{-7} إلى 1، وتغيّر الـ pH من 7 إلى 14، وتغيّر الـ pOH من 7 إلى صفر.

5-4 التعادل

الصفحات 196 - 187

مسائل تدريبية

الصفحتين 194 - 192

43. ما مولارية محلول حمض النيتريك إذا تطلَّب 43.33 mL KOH تركيزه 0.1000 M لمعادلة 20.00 mL من محلول حمض النيتريك؟

اكتب معادلة التفاعل، واحسب عدد مولات KOH:

$$HNO_3 + KOH \rightarrow KNO_3 + H_2O$$

$$43.33\ \cancel{mL\ KOH} \times \frac{1\ \cancel{L}}{1000\ \cancel{mL}} \times \frac{0.1000\ mol\ KOH}{1\ \cancel{L\ KOH}}$$
$$= 4.333 \times 10^{-3}\ mol\ KOH$$

احسب عدد مولات HNO_3، ثُمّ احسب مولاريتها:

$$4.333 \times 10^{-3}\ \cancel{mol\ KOH} \times \frac{1\ mol\ HNO_3}{1\ \cancel{mol\ KOH}}$$
$$= 4.333 \times 10^{-3}\ mol\ HNO_3$$
$$M_{HNO_3} = \frac{4.333 \times 10^{-3}\ mol\ HNO_3}{0.02000\ L\ HNO_3} = 0.2167\ M$$

44. ما تركيز محلول الأمونيا المُستعمَل في مواد التنظيف المنزلي إذا تطلّب 49.90 mL HCl وتركيزه 0.5900 M لمعادلة 25.00 mL من هذا المحلول؟

اكتب معادلة التفاعل، واحسب عدد مولات HCl:

$$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

$$49.90\ \cancel{mL\ HCl} \times \frac{1\ L}{1000\ \cancel{mL}} \times \frac{0.5900\ mol\ HCl}{1\ L\ \cancel{HCl}}$$
$$= 2.944 \times 10^{-2}\ mol\ HCl$$

احسب عدد مولات NH_3، ثُمّ احسب مولاريتها:

$$2.944 \times 10^{-2}\ \cancel{mol\ HCl} \times \frac{1\ mol\ NH_3}{1\ \cancel{mol\ HCl}}$$
$$= 2.944 \times 10^{-2}\ mol\ NH_3$$
$$M_{NH_3} = \frac{2.944 \times 10^{-2}\ mol\ NH_3}{0.02500\ L\ NH_3} = 1.178\ M$$

45. **تحفيز** كـم mL من NaOH الذي تركيزه 0.500 M يمكن أن يتعادل مع 25.00 mL من H_3PO_4 تركيزه 0.100 M؟

اكتب معادلة التفاعل، واحسب عدد مولات أيونات H^+:

$$3NaOH + H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4 + 3H_2O$$

$$\text{mol } H^+ = \frac{0.100 \text{ mol } H_3PO_4}{1 \text{ L}} \times \frac{3 \text{ mol } H^+}{1 \text{ mol } H_3PO_4} \times 25.00 \text{ mL} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}}$$

$$= 0.00750 \text{ mol}$$

عند نقطة التعادل يكون:

$$\text{mol } H^+ = \text{mol } OH^- = 0.00750 \text{ mol}$$

من المولارية، احسب حجم NaOH اللازم:

$$\text{المولارية M} = \frac{\text{عدد مولات } OH^- \text{ (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$0.500 \text{ M} = \frac{0.00750 \text{ mol}}{\text{حجم NaOH (L)}}$$

$$(L_{NaOH})(M_{NaOH}) = 0.00750 \text{ mol}$$

$$(L_{NaOH}) = \frac{(0.00750 \text{ mol})}{(0.500 \text{ mol/L})} = 0.0150 \text{ L}$$

$$0.0150 \text{ L} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 15.0 \text{ ml NaOH}$$

46. اكتـب معادلات لتفاعـلات تميّه الأملاح التـي تحدث عند إذابـة الأملاح الآتيـة في الماء، وصنِّـف كلًّا منها إلى حمضي، أو قاعدي، أو متعادل:

a. نترات الأمونيوم

$$NH_4^+{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons NH_{3(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

المحلول حمضي

b. كبريتات البوتاسيوم

$$SO_4^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons HSO_4^-{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

المحلول متعادل

c. إيثانوات الروبيديوم

$$CH_3COO^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons CH_3COOH_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

المحلول قاعدي

d. كربونات الكالسيوم

$$CO_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons HCO_3^-{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

المحلول قاعدي

47. **تحفيز** اكتـب معادلـة التفاعـل الـذي يحـدث عنـد معايـرة هيدروكسـيد الأمونيوم NH_4OH مع بروميد الهيدروجين HBr. وهـل تكون قيمة pH عند نقطة التكافؤ أكبر أم أقلّ من7؟

$$NH_4OH_{(aq)} + HBr_{(aq)} \leftrightharpoons NH_4Br_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

$$NH_4^+{}_{(aq)} + H_2O_{(aq)} \leftrightharpoons H_3O^+{}_{(aq)} + NH_3$$

ستتكون أيونات الهيدرونيوم، لذا ستكون pH أقلّ من 7.

مختبر حلّ المشكلات

الصفحة 196

التفكير الناقد

1. **حدِّد** كم يزيد $[H^+]$ إذا تغيّر pH الدم من 7.4 إلى7.1.

عند pH = 7.4:

$$[H^+] = \text{antilog}(-7.4) = 4.0 \times 10^{-8} \text{ M}$$

عند pH = 7.1:

$$[H^+] = \text{antilog}(-7.1) = 7.9 \times 10^{-8} \text{ M}$$

$$\frac{7.9 \times 10^{-8}}{4.0 \times 10^{-8}} = 2$$

ستكون أكبر بمرتين.

2. **اقترح** سببًا يفسِّر لماذا تُعدّ نسبة 20:1 من HCO_3^- إلى CO_2 في الدم مناسبة للحفاظ على pH مناسب؟

يُلقـي الجسـم السليم الحمض في الدم عند ازديـاد نشاطه، وتقوم أيونـات الكربونات الهيدروجينيّـة بمعادلة الحمض، وتدفع التفاعل نحو إنتاج ثاني أكسيد الكربون.

3. **توقَّع** الوضع الذي يرتفع فيه pH الدم أو ينخفض، وفي أيّ اتجاه يميل اتزان H_2CO_3/HCO_3^- في كلٍّ من الحالات الآتية:

a. شخص لديه حالة فيروسية شديدة في المعدة يتقيّأ عدّة مرّات في فترة 24 ساعة.

القيء حمضيٌّ وهو يرفع الـ pH. التفاعل المنظّم يتجّه نحو اليمين، وتستطيع الكلى أن تردّ بإزالة أيون الكربونات الهيدروجينيّة، ويجب على الشخص أن يبقى هادئًا للاحتفاظ بثاني أكسيد الكربون.

b. شخص يأخذ كمية كبيرة من $NaHCO_3$ لوقاية حرقة المعدة.

تزداد قيمة pH بزيادة مستويات أيون الكربونات الهيدروجينيّ؛ ممّا يدفع التفاعل المنظّم إلى اليسار مكوِّنًا مزيدًا من CO_2. تردّ الكلى بإزالة أيون الكربونات الهيدروجيني، ويستطيع الشخص أن يتنفس بسرعة أكثر لطرد CO_2.

التقويم 4 -5

الصفحة 196

48. **فسر** لماذا تكون المعادلة الأيونية النهائية لتفاعل تعادل أيّ حمض قوي مع أيّ قاعدة قوية دائمًا هي المعادلة نفسها.

بعد حذف الأيونات المتفرِّجة من معادلة التعادل، يُعدّ كلّ تفاعل تعادل تفاعلَ 1 mol من أيون الهيدروجين مع 1 mol من الهيدروكسيد لتكوين 1 mol من الماء.

49. **اشرح** الفرق بين نقطة تكافؤ ونقطة نهاية المعايرة.

نقطة التكافؤ هي pH التي تتساوى عندها مولات أيونات H^+ من الحمض، مع مولات أيونات OH^- من القاعدة. أمّا نقطة النهاية فهي النقطة التي يتغيّر عندها لون الكاشف المستعمَل في المعايرة.

50. **قارن** بين نتائج تجربتين: الأولى إضافة كمية صغيرة من قاعدة إلى محلول غير منظّم له pH= 7. والثانية عند إضافة الكمية نفسها من القاعدة إلى محلول منظّم له pH = 7.

تزداد قيمة pH للمحلول غير المنظّم أكثر من قيمة pH للمحلول المنظّم.

51. **احسب** مولارية محلول حمض الهيدروبروميك HBr إذا لزم 30.35 mL من NaOH تركيزه 0.1000 M لمعايرة 25.00 mL من الحمض حتى نقطة التكافؤ.

$$HBr_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightleftharpoons NaBr_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

يتفاعل كلّ 1 mol من HBr مع 1 mol من NaOH

احسب عدد مولات NaOH، وعدد مولات HBr:

$$\text{mol NaOH} = M_B \times V_B$$
$$= 0.1000\ \text{mol/L} \times 0.03035\ \text{L}$$
$$= 0.003035\ \text{mol}$$

$$\text{mol NaOH} = \text{mol of HBr} = 0.003035\ \text{mol}$$

احسب مولارية HBr:

$$\text{المولارية M} = \frac{\text{عدد مولات HBr (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$
$$= \frac{0.003035\ \text{mol}}{0.02500\ \text{L}} = 0.1214\ \text{M}$$

52. **فسر** ما المواد التي يمكن استعمالها لعمل محلول منظّم له pH = 9.4؟ وما نسبتها؟ استعمل **الجدول 7–5**.

استخدم الأمونيا، وأحد أملاحها مثل نترات الأمونيوم، أو كلوريد الأمونيوم. واستخدِم كميّات مولاريّة متساوية من القاعدة وملحها.

53. **صمِّم تجربة** صف كيف تصمِّم معايرة وتجريها باستعمال HNO_3 تركيزه 0.250 M لتحديد مولارية محلول هيدروكسيد السيزيوم.

ضع حجمًا معلومًا من محلول CsOH في دورق، وأضف كاشفًا، واملأ سحّاحة بمحلول HNO_3 تركيزه 0.250 M، وسجّل قراءة السحّاحة الأولية. ثُمّ أضف محلول HNO_3 ببطء إلى محلول CsOH حتى نقطة النهاية، وسجّل القراءة النهائيّة للسحّاحة. ثُمّ احسب حجم HNO_3 المُضاف مُستعمِلا حجم ومولارية HNO_3 المضاف، وحجم CsOH؛ لحساب مولاريّة محلول CsOH.

الفصل 5 مراجعة الفصل

الصفحات 205 - 201

5-1

إتقان المفاهيم

54. قارن بين المحاليل الحمضية والمتعادلة والقاعدية من حيث تركيز الأيونات.

تركيز أيونات H^+ في المحلول الحمضيّ أكبر من تركيز أيونات OH^- فيه، في حين يكون تركيز أيونات OH^- في المحلول القاعديّ أعلى من تركيز أيونات H^+، كما يتساوى تركيز أيونات H^+ وOH^- في المحلول المتعادل.

55. اكتب معادلة كيميائية موزونة تُمثِّل التأيُّن الذاتي للماء.

$$H_2O_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

56. صنِّف كلًّا ممّا يأتي إلى حمض أرهينيوس أو قاعدة أرهينيوس:

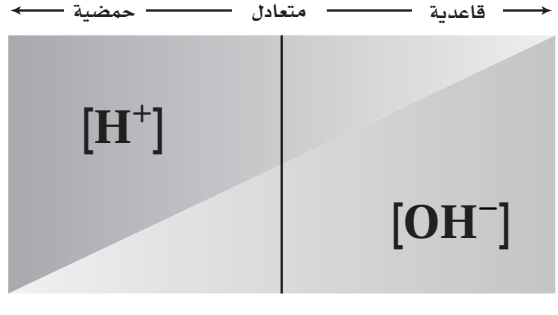
a. H_2S **حمض** **c.** $Mg(OH)_2$ **قاعدة**

b. $RbOH$ **قاعدة** **d.** H_3PO_4 **حمض**

57. علم الأرض تتكوَّن فقاعات غاز عندما يُضيف عالِم الأرض بضع قطرات من HCl إلى قطعة من صخر. فماذا قد يستنتج العالِم عن طبيعة الغاز والصخر؟

الغاز هو CO_2، والصخر هو كربونات الكالسيوم $CaCO_3$.

58. اشرح ما تعنيه المساحتان المظللتان عن اليمين من الخط العمودي الغامق في **الشكل 28–5**.



الشكل 28–5

تعني المساحة الكبرى الزرقاء أنّ المحاليل القاعديّة تحتوي على تراكيز أعلى من أيونات الهيدروكسيد، في حين تعني المساحة الصغرى الحمراء أنّ المحاليل القاعديّة تحتوي أيضًا على أيونات الهيدروجين، ولكن بتركيز أقلّ من أيونات الهيدروكسيد.

59. اشرح الفرق بين الحمض الأحادي البروتون، والحمض الثنائي البروتون، والحمض الثلاثي البروتون، وأعط مثالًا على كلٍّ منها.

يستطيع الحمض الأحادي البروتون إعطاء H^+ واحد مثل HCl؛ ويستطيع الحمض الثنائي البروتون إعطاء أيونين من H^+ مثل H_2SO_4؛ في حين يعطي الحمض الثلاثي البروتون ثلاثة أيونات H^+ مثل H_3SO_4.

60. لماذا يمكن استعمال H^+ وH_3O^+ بالتبادل في المعادلات الكيميائية؟

H_3O^+ هو أيون هيدروجين مُتميّه.

61. استعمِل الرموز (> أو < أو =) للتعبير عن العلاقة بين تركيز أيونات H^+ وأيونات OH^- في المحاليل الحمضية والمتعادلة والقاعدية.

حمضيّ: $[OH^-] < [H^+]$؛
متعادل: $[H^+]=[OH^-]$؛
قاعديّ: $[OH^-] > [H^+]$

62. اشرح كيف يختلف تعريف حمض لويس عن تعريف حمض برونستد – لوري.

يعرِّف نموذج لويس الحمض بوصفه مستقبلا لزوج من الإلكترونات، في حين يعرِّفه نموذج برونستد– لوري على أنّه مانح لأيون هيدروجين.

إتقان حلّ المسائل

63. اكتب معادلة كيميائية موزونة لكلٍّ ممّا يأتي:

a. تحلُّل هيدروكسيد الماغنسيوم الصُّلب عند وضعه في الماء.

$$Mg(OH)_{2(s)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

b. تفاعل فلز الماغنيسيوم مع حمض الهيدروبروميك.

$$Mg_{(s)} + 2HBr_{(aq)} \rightarrow H_{2(g)} + MgBr_{2(aq)}$$

c. تأيُّن حمض البروبانويك CH_3CH_2COOH في الماء.

$$CH_3CH_2COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + CH_3CH_2COO^-_{(aq)}$$

d. التأيُّن الثاني لحمض الكبريتيك في الماء

$$HSO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H_3O^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

إتقان المفاهيم

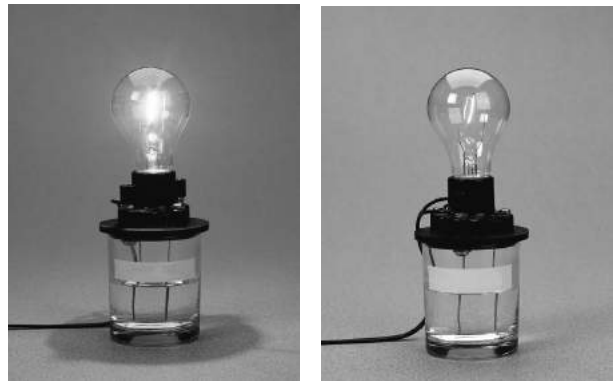
64. اشرح الفرق بين حمض قوي وحمض ضعيف.

في المحاليل المائية المخفَّفة، يتأيَّن الحمض القويّ كليًّا؛ في حين يتأيَّن الحمض الضعيف جزئيًّا.

65. اشرح لماذا تُستعمَل أسهم الاتزان في معادلات تأيُّن بعض الأحماض.

تُستعمَل أسهم الاتزان في الأحماض الضعيفة، التي تتأيَّن جزئيًّا في الماء لتصل إلى حالة الاتزان. وتُستعمَل أسهم التفاعل في الأحماض القويّة، التي تتأيَّن كليًّا في المحاليل المائية المخفَّفة.

66. أيّ الكأسين في **الشكل 29–5** قد تحتوي على محلول حمض الهيبوكلوروز بتركيز 0.1 M ؟ وضِّح إجابتك.



الشكل 29–5

الكأس اليمنى؛ لأنّ حمض الهيبوكلوروز ضعيف، ويتأيّن جزئيًّا في المحلول المائيّ، وموصليته للكهرباء منخفضة.

67. كيف تقارن بين قوتي حمضين ضعيفين في المختبر؟ وكيف تقوم بذلك من خلال معلومات تحصل عليها من جدول أو كتيِّب؟

قارن بين قدرة توصيل محاليل متساوية المولاريّة من الحمضين، وقارن أيضًا بين ثابت تأيُّنهما.

68. حدِّد الأزواج المترافقة في تفاعل H_3PO_4 مع الماء.

$$H_3PO_{4(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons H_3O^+_{(aq)} + H_2PO_4^-{}_{(aq)}$$

الحمض هو H_3PO_4، وقاعدته المرافقة هي $H_2PO_4^-$؛ أمّا القاعدة فهي $H_2O_{(l)}$، والحمض المرافق هو H_3O.

إتقان حلّ المسائل

69. **منظِّفات الأمونيا** اكتب المعادلة الكيميائية وتعبير K_b لتأيُّن الأمونيا في الماء. وكيف يُستعمَل محلول الأمونيا منظِّفًا آمنا للنوافذ، مع أنه قاعدي؟

$$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

حيث تُعدّ الأمونيا قاعدة ضعيفة.

70. **مطهِّر** حمض الهيبوكلوروز مطهِّر صناعي. اكتب المعادلة الكيميائية وتعبير K_a لتأيُّن حمض الهيبوكلوروز في الماء.

$$HClO \leftrightharpoons H^+ + ClO^-$$

$$K_a = \frac{[H^+][ClO^-]}{[HClO]}$$

71. اكتب المعادلة الكيميائية وتعبير K_b لتأيُّن الأنيلين في الماء. الأنيلين قاعدة ضعيفة صيغتها $C_2H_5NH_2$.

$$C_2H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow C_2H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$K_b = \frac{[C_2H_5NH_3^+][OH^-]}{[C_2H_5NH_2]}$$

72. تتفاعل القاعدة الضعيفة ZaH_2، مع الماء لتعطي محلولًا تركيز أيون OH^- فيه يساوي 2.68×10^{-4} mol/L، والمعادلة الكيميائية للتفاعل هي:

$$ZaH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \leftrightharpoons ZaH_3{}^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

إذا كان $[ZaH_2]$ عند الاتزان 0.0997 mol/L، فما قيمة K_b لـ ZaH_2 ؟

$$K_b = \frac{[ZaH_3{}^+][OH^-]}{[ZaH_2]} = \frac{(2.68\times10^{-4})(2.68\times10^{-4})}{(0.0997 - 2.68\times10^{-4})}$$

$$= 7.22\times10^{-7}$$

73. اختر حمضًا قويًّا، واشرح كيف تُحضِّر محلولًا مخفَّفًا منه؟ ثُمّ اختر حمضًا ضعيفًا، واشرح كيف تُحضِّر محلولًا مركّزًا منه.

قد يقول الطلاب إنّ المحلول المخفَّف لحمض قويّ يُحضَّر بإذابة كميّة صغيرة من الحمض القويّ في كميّة كبيرة من الماء، أمّا المحلول المركّز لحمض ضعيف؛ فيُحضَّر بإذابة كميّة كبيرة من الحمض الضعيف في كميّة صغيرة من الماء.

5-3

إتقان المفاهيم

74. ما العلاقة بين pOH وتركيز أيون OH^- في محلول؟

$pOH = -\log [OH^-]$

75. قيمة pH للمحلول A تساوي 2.0 وللمحلول B تساوي 5.0. أيّ المحلولين أكثر حمضية بناءً على تركيزي أيون H^+ في المحلولين، وكم مرّة تزيد الحمضية؟

حمضيّة المحلول A هي 10_3، أو أكثر 1000 مرة من حمضيّة المحلول B.

76. إذا تناقص تركيز أيونات H^+ في محلول مائي، فماذا يجب أن يحدث لتركيز أيونات OH^-؟ ولماذا؟

يزداد $[OH^-]$؛ لأنّ $K_w = [H^+][OH^-]$

77. استعمِل مبدأ لوتشاتلييه لتوضيح ما يحدث للاتزان $H_2O_{(l)} \leftrightharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$ عند إضافة بضع قطرات من HCl إلى ماء نقي.

يُضيف HCl أيونات H^+ إلى الماء فيتّجه الاتزان نحو اليسار.

إتقان حلّ المسائل

78. ما $[OH^-]$ في محلول مائي عند 298 K حيث $[H^+] = 5.40\times10^{-3}$ M ؟

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{1.00\times10^{-14}}{5.40\times10^{-3}}$$

$$[OH^-] = 1.85\times10^{-12}\ \text{M}$$

79. ما قيمة pH و pOH للمحلول المذكور في سؤال 78؟

$$pH = -\log [H^+] = -\log (5.40 \times 10^{-3})$$

$$pH = 2.27$$

$$pOH = -\log [OH^-] = -\log (1.85 \times 10^{-12})$$

$$pOH = 11.7$$

80. لديك محلولان: 0.10 M HCl و1.0 M HF، أيّهما يكون تركيز أيونات H^+ فيه أعلى؟ احسب pH لكلٍّ من المحلولين إذا علمت أن $[H^+] = 7.9\times10^{-3}$ M في محلول HF.

يُعدّ 0.10 M HCl حمضًا قويًّا، $[H^+] = 0.10$ M

$$pH = -\log [H^+] = -\log 0.10 = 1.00$$

أمّا 0.10M HF، $[H^+] = 7.9\times10^{-3}$ M

$$pH = -\log [H^+] = -\log 7.9\times10^{-3} = 2.10$$

يحتوي HCl على تركيز أعلى لأيونات H^+؛ لأنّ قيمة pH له أقلّ.

81. **منظِّف الفلزات** يُستعمَل حمض الكروميك منظِّفًا صناعيًّا للفلزات. احسب قيمة K_a للتأيُّن الثاني لحمض الكروميك H_2CrO_4 إذا كان لديك محلول تركيزه 0.040 M من كرومات الصوديوم الهيدروجينية قيمة pH لها تساوي 3.946.

$$HCrO_4^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow H^+{}_{(aq)} + CrO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

$$[H^+] = \text{antilog}(-\text{pH})$$

$$[H^+] = \text{antilog}(-3.946) = 1.13\times10^{-4}\ \text{M}$$

$$[H^+] = [CrO_4^{2-}] = 1.13\times10^{-4}\ \text{M}$$

$$K_a = \frac{[H^+][CrO_4^{2-}]}{[HCrO_4^-]} = \frac{(1.13\times10^{-4})^2}{(0.040 - 1.13\times10^{-4})}$$

$$= 3.2\times10^{-7}$$

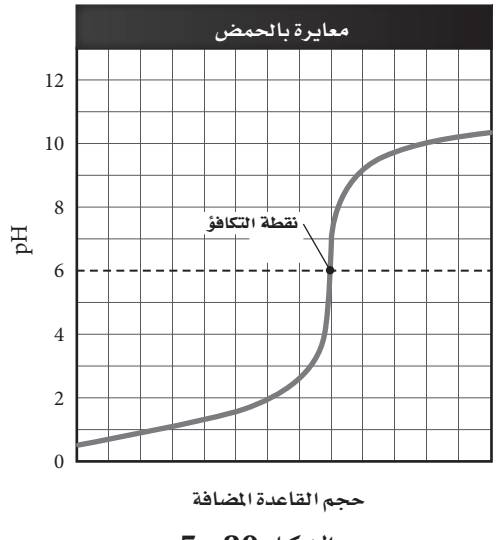
5-4

إتقان المفاهيم

82. ما الحمض والقاعدة اللذان يجب أن يتفاعلا ليُنتِجا محلولًا مائيًّا من يوديد الصوديوم؟

يجب أن يتفاعل حمض الهيدروأيوديك وهيدروكسيد الصوديوم.

83. ما كواشف الأحماض والقواعد المُبيَّنة في **الشكل 24–5**، والتي من المناسب استعمالها في تفاعل التعادل المُبيَّن منحنى معايرته في **الشكل 30–5**؟ ولماذا؟



الشكل 30–5

البرومكريسول البنفسجي مناسب؛ لأنّه يغيّر لونه قرب نقطة التكافؤ pH التي تساوي 6.0.

84. متى يكون استعمال pH أفضل من الكاشف لتحديد نقطة النهاية لمعايرة حمض وقاعدة؟

يُستعمَل مقياس pH، إذا لم يوجد كاشف يغيّر لونه عند نقطة التكافؤ أو قربها، أو عندما لا يتوافر كاشف.

85. ماذا يحدث عند إضافة حمض إلى المحلول المنظم HF/F^-؟

يُنتِج الحمض أيونات الهيدروجين التي تتفاعل مع أيونات F^- في المحلول؛ لتكوِّن جزيئات HF. وستقلّ pH قليلًا.

86. عند إضافة الميثيل الأحمر إلى محلول مائي يَنتُج لون وردي. وعند إضافة الميثيل البرتقالي إلى المحلول نفسه يَنتُج لون أصفر. ما مدى pH تقريبًا للمحلول؟ استعمِل **الشكل 24–5**.

ستكون قيمة pH بين 4.2 و5.6 تقريبًا.

87. اذكرِ الاسم والصيغة الجزيئية للحمض والقاعدة اللذين أنتجا كلًّا من الأملاح الآتية:

a. NaCl

القاعدة: هيدروكسيد الصوديوم NaOH.

الحمض: حمض الهيدروكلوريك HCl.

b. $KHCO_3$

القاعدة: هيدروكسيد البوتاسيوم KOH.

الحمض: حمض الكربونيك H_2CO_3.

c. NH_4NO_2

القاعدة: الأمونيا NH_3.

الحمض: حمض النيتروز HNO_2.

d. CaS

القاعدة: هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$.

الحمض: حمض الهيدروكبريتيك H_2S.

إتقان حلّ المسائل

88. اكتب معادلات كيميائية ومعادلات أيونية كليّة لتميّه كلٍّ من الملحين الآتيين في الماء:

a. كربونات الصوديوم

$$Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow NaHCO_{3(aq)} + NaOH_{(aq)}$$

$$CO_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow HCO_3^{-}{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

b. بروميد الأمونيوم

$$NH_4Br_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow HBr_{(aq)} + NH_{3(aq)}$$

$$NH_4^+{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow NH_{3(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

89. **تنقية الهواء** يُستعمَل هيدروكسيد الليثيوم لتنقية الهواء بإزالة ثاني أكسيد الكربون. فإذا تمّت معايرة عيّنة من محلول هيدروكسيد الليثيوم حجمها 25.00 mL بمحلول حمض الهيدروكلوريك تركيزه 0.3340 M فتطلَّب 15.22 mL من الحمض. ما مولارية محلول LiOH ؟

اكتب معادلة التفاعل، واحسب عدد مولات HCl:

$$HCl + LiOH \rightarrow LiCl + H_2O$$

$$\text{mol HCl} = V_A \times M_A = 0.01522\ \text{L} \times 0.3340\ \text{mol/L} = 0.005083\ \text{mol}$$

احسب عدد مولات LiOH، ثُمّ احسب المولارية:

$$\text{mol LiOH} = (0.005083\ \text{mol HCl}) \times \frac{1\ \text{mol LiOH}}{1\ \text{mol HCl}} = 0.005083\ \text{mol}$$

$$M_{LiOH} = \frac{\text{mol LiOH}}{\text{vol LiOH}} = \frac{0.005083\ \text{mol}}{0.02500\ \text{L}} = 0.2033\ \text{M}$$

90. أُضيف 74.30 mL من محلول NaOH الذي تركيزه 0.43885 M لمعايرة 45.78 mL من حمض الكبريتيك حتى نقطة النهاية. ما مولارية محلول H_2SO_4؟

اكتب معادلة التفاعل، واحسب عدد مولات NaOH:

$$H_2SO_4 + NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$$

$$\text{mol NaOH} = V \times M = 0.07430\ \text{L} \times 0.4388\ \text{M} = 0.03260\ \text{mol}$$

احسب عدد مولات H_2SO_4، ثُمّ احسب المولارية:

$$\text{mol } H_2SO_4 = (0.03260\ \text{mol NaOH}) \times \frac{1\ \text{mol } H_2SO_4}{2\ \text{mol NaOH}} = \frac{0.03260}{2} = 0.01630\ \text{mol}$$

$$M_{H_2SO_4} = \frac{\text{mol } H_2SO_4}{\text{L } H_2SO_4} = \frac{0.01630\ \text{mol}}{45.78\ \text{mL}} \times \frac{1000\ \text{mL}}{1\ \text{L}} = 0.3561\ \text{M}$$

مراجعة عامة

91. اكتب معادلة تفاعل التأيُّن، وتعبير ثابت تأيُّن القاعدة، للإيثيل أمين $C_2H_5NH_2$ في الماء.

$$C_2H_5NH_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_2H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

$$K_b = \frac{[C_2H_5NH_3^+][OH^-]}{[C_2H_5NH_2]}$$

92. كم mL من محلول HCl الذي تركيزه 0.225 M يلزم لمعايرة 6.00 g من KOH ؟

اكتب معادلة التفاعل، واحسب عدد مولات KOH:

$$HCl + KOH \rightarrow KCl + H_2O$$

$$6.00\ \text{g KOH} \times \frac{1\ \text{mol KOH}}{56.11\ \text{g KOH}} = 0.107\ \text{mol KOH}$$

احسب عدد مولات HCl:

$$0.107\ \text{mol KOH} \times \frac{1\ \text{mol HCl}}{1\ \text{mol KOH}} = 0.107\ \text{mol HCl}$$

احسب الحجم:

$$\text{المولارية M} = \frac{\text{عدد مولات المذاب (mol)}}{\text{حجم المحلول (L)}}$$

$$\text{حجم HCl} = 0.107\ \text{mol HCl} \times \frac{1\ \text{L}}{0.225\ \text{mol HCl}} \times \frac{1000\ \text{mL HCl}}{1\ \text{L}} = 475\ \text{mL HCl}$$

93. ما قيمة pH لمحلول تركيزه 0.200 M من حمض الهيبوبروموزHBrO ؟ إذا علمت أنّ $K_a = 2.8 \times 10^{-9}$.

$[BrO^-] = [H^+]; [HBrO] = 0.200M - [H^+]$

بما أن قيمة K_a صغيرة، افترض أن $[H^+]$ صغير جدًا مقارنة بـ 0.200 M. لذا، $[HBrO] = 0.200\ M$.

$$K_a = \frac{[H^+][BrO^-]}{[HBrO]}$$

$$\frac{[H^+]^2}{0.200} = 2.8\times10^{-9}$$

$$[H^+]^2 = 2.8\times10^{-9}\times0.200$$

$$[H^+] = 2.4\times10^{-5}\ M$$

$$pH = -\log(2.43\ 10^{-5}) = 4.63$$

94. أيٌّ ممّا يأتي حمض متعدِّد البروتونات؟ اكتب معادلات تأيُّن متتالية للأحماض المتعدِّدة البروتونات في الماء.

a. H_3BO_3

b. CH_3COOH

c. HNO_3

d. H_2SeO_3

يُعدّ كلٌّ من a وd حمضًا متعدِّد البروتونات.

$H_3BO_{3(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + H_2BO_3^-{}_{(aq)}$

$H_2BO_3^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + HBO_3^{2-}{}_{(aq)}$

$HBO_3^{2-}{}_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + BO_3^{3-}{}_{(aq)}$

$H_2SeO_{3(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + HSeO_3^-{}_{(aq)}$

$HSeO_3^-{}_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + SeO_3^{2-}{}_{(aq)}$

95. اكتب معادلتين كيميائيتين موزونتين لتأيُّن حمض الكربونيك في الماء، وحدِّد زوج الحمض والقاعدة المرافقين في كلّ معادلة.

$H_2CO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)}$

الحمض: (H_2CO_3)، وقاعدته المرافقة: (HCO_3^-).

القاعدة: (H_2O)، والحمض المرافق: (H_3O^+).

$HCO_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)}$

الحمض: (HCO_3^-)، والقاعدة المرافقة: CO_3^{2-}.

القاعدة: (H_2O)، والحمض المرافق: (H_3O^+).

96. تكرير السكر يُستعمَل هيدروكسيد الإسترانشيوم في تكرير سكر الشمندر. ويمكن إذابة 4.1 g فقط من هيدروكسيد الإسترانشيوم في 1 L من الماء عند درجة حرارة 273 K. فإذا كانت ذائبية هيدروكسيد الإسترانشيوم منخفضة إلى هذه الدرجة، فاشرح لماذا يمكن اعتباره قاعدة قلوية قوية؟

يتفكّك $Sr(OH)_2$ الذائب في الماء جميعه مكوِّنًا أيونات Sr_2^+ وOH^-.

97. ما تراكيز أيونات OH^- في محاليل لها قيم pH الآتية 3.00 و 6.00 و 9.00و 12.00عند درجة حرارة 298 K ؟ وما قيم pOH لها؟

$pH + pOH = 14.00;\ pOH = 14.00 - pH$

$[OH^-] = \text{antilog}\ (-pOH)$

$pOH = 14.00 - 3.00 = 11.00$

$[OH^-] = \text{antilog}\ (-11.00) = 1.0\times10^{-11}$

$pOH = 14.00 - 6.00 = 8.00$

$[OH^-] = \text{antilog}\ (-8.00) = 1.0\times10^{-8}$

$pOH = 14.00 - 9.00 = 5.00$

$[OH^-] = \text{antilog}\ (-5.00) = 1.0\times10^{-5}$

$pOH = 14.00 - 12.00 = 2.00$

$[OH^-] = \text{antilog}\ (-2.00) = 1.0\times10^{-2}$

98. جهاز pH في **الشكل 31–5** مغموس في محلول حمض أحادي البروتون، HA، تركيزه 0.200 M عند درجة حرارة 303 K. ما قيمة K_a للحمض عند درجة حرارة 303 K ؟

الشكل 31–5

$$[H^+] = \text{antilog}\,(-pH)$$

$$= \text{antilog}\,(-3.10) = 7.9\times10^{-4}\ M$$

$$K_a = \frac{(7.9\times10^{-4})(7.9\times10^{-4})}{(0.200 - 7.9\times10^{-4})} = 3.1\times10^{-6}$$

99. اكتب المعادلة الكيميائية للتفاعل الذي يحدث عند إضافة قاعدة إلى المحلول المنظم $H_2PO_4^- / HPO_4^{2-}$.

$$OH^-_{(aq)} + H_2PO_4^-{}_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + HPO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

التفكير الناقد

100. **انقد** العبارة الآتية: «يجب اعتبار المادة التي تحتوي صيغتها الكيميائية على مجموعة الهيدروكسيل قاعدةً»

هذه الجملة مضلّلة. إذا كانت المادة تتفكّك، أو تتفاعل مع الماء لتُنتج أيونات الهيدروكسيد في المحلول، فإنّها تُعدّ قاعدةً، ولكن هناك موادّ — منها الأحماض العضويّة — تحتوي على مجموعات الهيدروكسيل المرتبطة، بحيث تعطي أيونات الهيدروجين في الماء فتُنتج محاليل حمضيّة.

101. **حلِّل واستنتج** هل يمكن أن يصنَّف المحلول حمضًا حسب برونستد – لوري ولا يصنَّف حمضًا حسب قاعدة أرهينيوس؟ وهل يمكن أن يكون حمضًا حسب نموذج برونستد – لوري وليس حمضًا حسب قاعدة أرهينيوس؟ هل يمكن ألا يصنَّف حمض لويس بوصفه حمض أرهينيوس أو برونستد – لوري؟ اشرح ذلك مع ذكر أمثلة.

تُعدّ أحماضُ أرهينيوس جميعها أحماضَ برونستد— لوري أيضًا، كما تُعدّ معظمُ أحماض برونستد— لوري أحماضَ أرهينيوس، عندما تكون في محلول مائيّ، ومن أمثلتها: H_3PO_4، وH_2SO_4، وHCl. وتُعدّ أحماضُ لويس مستقبلات أزواج إلكترونات، وبما أنّ أيون الهيدروجين يتقبّل زوج إلكترونات، فأحماض أرهينيوس وبرونستد— لوري جميعها تُعدّ أيضًا أحماض لويس، وبعض أحماض لويس لا تُعدّ أحماض أرهينيوس ولا برونستد— لوري، مثل، BF_3.

102. **طبِّق المفاهيم** استعمِل ثابت تأيُّن الماء عند درجة حرارة 298 K لتفسير لماذا ينبغي للمحلول الذي قيمة pH له تساوي 3.0 أن تكون قيمة pOH له =11.0؟

المحلول الذي له pH تساوي 3.0 يكون تركيز أيون الهيدروجين فيه 1.00×10^{-3} M:

$$pH = -\log[H^+]$$
$$3.0 = -\log[H^+]$$
$$[H^+] = 1.00\times10^{-3}$$

عوِّض هذه القيمة في $K_w = [H^+][OH^-]$:

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{1.00\times10^{-14}}{1.00\times10^{-3}} = 1.00\times10^{-11}$$
$$pOH = -\log[OH^+]$$
$$= \log(1.00\times10^{-11})$$
$$pOH = 11.0$$

103. **حدِّد** أحماض وقواعد لويس في التفاعلات الآتية:

a. $H^+ + OH^- \leftrightharpoons H_2O$

حمض لويس: H^+ وH_2O، قاعدة لويس: OH^-.

b. $Cl^- + BCl_3 \leftrightharpoons BCl_4^-$

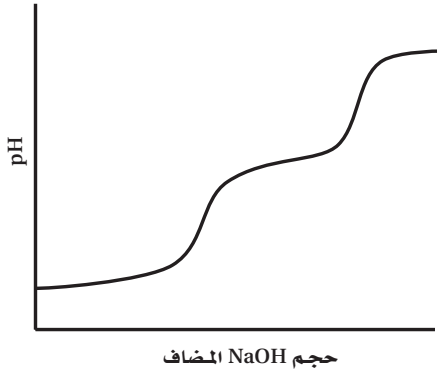
حمض لويس: BCl_3، قاعدة لويس: BCl_4^-.

c. $SO_3 + H_2O \leftrightharpoons H_2SO_4$

حمض لويس: SO_3، قاعدة لويس: H_2O.

104. **تفسير الرسوم العملية** ارسم منحنى الرقم الهيدروجيني pH مقابل الحجم الناتج عن معايرة حمض ثنائي البروتونات بمحلول NaOH تركيزه 0.10 M.

يجب أن يبيّن المنحنى أنّ pH تزيد بسرعة أكبر قبل المنطقة الأفقيّة وبعدها قرب نقطة التكافؤ، حيث سيكون هناك سطح أفقيّ أكثر.



105. السبب والنتيجة وضِّح كيف يعمل المحلول المنظّم باستعمال النظام المنظّم $C_2H_5NH_3^+/C_2H_5NH_2$. وبيِّن باستعمال المعادلات كيف يتأثَّر نظام (القاعدة الضعيفة/ الحمض المرافق) عند إضافة كميات صغيرة من الأحماض والقواعد إلى محلول هذا النظام.

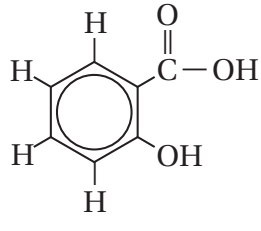
$$C_2H_5NH_3^+{}_{(aq)} \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + C_2H_5NH_2{}_{(aq)}$$

عند إضافة حمض يتَّجه الاتزان نحو اليسار، وعند إضافة قاعدة؛ تتّحد أيونات OH^- المضافة مع أيونات H^+ ويتّجه التفاعل نحو اليمين.

106. طبِّق المفاهيم تتغيَّر قيمة K_w كغيرها من ثوابت الاتزان حسب درجة الحرارة. K_w يساوي 2.92×10^{-15} عند 10°C، و 1.00×10^{-14} عند 25°C و 2.92×10^{-14} عند 40°C. في ضوء هذه المعلومات احسب قيم pH للماء النقي عند درجات الحرارة الثلاث هذه، وقارن بينها. هل يصحُّ القول إن pH للماء النقي دائمًا 7.0 ؟ اشرح إجابتك.

pH للماء النقيّ تساوي 7.268 عند 10°C، وعند 25°C تساوي 6.998. وعند 40°C، pH تساوي 6.767. من الخطأ أن نقول أنّ pH للماء النقي دائمًا 7.0؛ لأنّ pH للماء النقيّ يساوي 7.0 فقط عند 25°C، أو 298K.

107. توقَّع يُستعمَل حمض الساليسليك المُبيَّن في الشكل 32–5 في تحضير الأسبرين. بناءً على معرفتك بالهيدروجين القابل للتأيُّن في جزيء حمض الخلّيك CH_3COOH ، توقَّع أيّ ذرات الهيدروجين في حمض الساليسليك قد تكون قابلة للتأيُّن؟



الشكل 32–5

يحتمل أن تتأيّن ذرّة الهيدروجين الموجودة في مجموعة $COOH^-$ فقط.

مسألة تحفيز

108. لديك 20.0 mL من محلول حمض ضعيف، HX ، و$K_a = 2.14\times10^{-6}$. وقد وُجِدَ أن pH للمحلول يساوي 3.800. ما كمية الماء المقطّر التي يجب إضافتها إلى المحلول لرفع pH إلى4.000 ؟

المحلول الأصلي:

$$[H^+] = \text{antilog}(-pH)$$
$$= \text{antilog}\,(-3.800)$$
$$= 1.58\times10^{4-}$$

$$\frac{[H^+][X^-]}{[HX]} = \frac{(1.58\times10^{-4})^2}{M_1} = 2.14\times10^{-6}$$

$$M_1 = \frac{(1.58\times10^{-4})^2}{(2.14\times10^{-6})} = 0.0117\ M$$

المحلول المخفَّف:

$$[H^+] = \text{antilog}(-pH)$$
$$= \text{antilog}\,(-4.000)$$
$$= 1.00\times10^{-4}$$

$$2.14\times10^{-6} = \frac{(1.00\times10^{-4})^2}{M_2}$$

$$M_2 = \frac{(1.00\times10^{-4})^2}{2.14\times10^{-6}} = 0.00467\ M$$

عدد مولات HX في المحلولين الأصلي والمخفَّف متساويان:

$$M_1V_1 = M_2V_2$$
$$(0.0117\ M\times20.00\ mL) = (0.00467\ M\times V_2)$$
$$V_2 = \frac{(0.0117\ mol/L)\ (20.00\ mL)}{0.00467\ mol/L}$$
$$V_2 = 50.1\ mL$$

أضف 30.1 mL من الماء المقطّر إلى كلّ 20.0 mL من المحلول الأصليّ.

مراجعة تراكمية

109. عند حرق 5.00g من مركّب في مسعر، ارتفعت درجة حرارة 2.00 kg من الماء من 24.5°C إلى 240.5°C. ما كمية الحرارة التي تنطلِق عند حرق 1.00 mol من المركّب (الكتلة المولية) 46.1 g/mol؟

$$q = c \times M \times \Delta T$$

$$\Delta T = 40.5°C - 24.5°C = 16.0°C$$

$$2.00\ \cancel{kg} \times \frac{1000\ g}{1\ \cancel{kg}} = 2000\ g\ H_2O$$

$$5.00\ \cancel{g\ compound} \times \frac{1\ ml\ compound}{46.1\ \cancel{g\ compound}}$$

$$= 0.108\ mol\ compound$$

$$q = (4.184\ J/(g.\ °C))(2.00 \times 10^3\ g)(16.0°C)$$

$$= 1.34 \times 10^5\ J$$

$$= \frac{1.34 \times 10^5\ \cancel{J}}{0.108\ mol} \times \frac{1\ kJ}{1000\ \cancel{J}}$$

$$= 1240\ kJ/mol$$

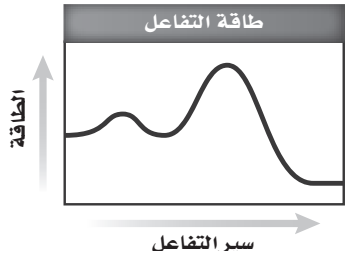
110. يتفاعل الهيدروجين والفلور لتكوين HF حسب معادلة الاتزان الآتية:

$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2HF \qquad \Delta H = -538\ KJ$$

هل تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة كمية المادة الناتجة؟ اشرح ذلك.

التفاعل طارد للحرارة؛ لأن إشارة ΔH سالبة. ولذلك تَنتُج حرارة من التفاعل، وبحسب مبدأ لوتشاتييليه، فإن رفع درجة الحرارة سيؤدي إلى إزاحة الاتزان نحو اليسار نحو المتفاعلات، وبالتالي تقليل كمية المادة الناتجة وليس زيادتها.

111. يُبيِّن الشكل **33–5** تغيّر الطاقة في أثناء سير تفاعل.



الشكل 33–5

a. هل التفاعل طارد أم ماص للطاقة؟

التفاعل طارد للحرارة؛ لأن طاقة المواد الناتجة أعلى من طاقة المواد المتفاعلة.

b. ما عدد خطوات آلية التفاعل لهذا التفاعل؟

خطوتان، لأن المنحنى يُظهِر طاقتي تنشيط.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

112. **نماذج الأحماض والقواعد** تخيّل أنك الكيميائي برونستد في عام 1923 م، وقد قمت بصياغة نظرية جديدة عن الأحماض والقواعد. اكتب رسالة إلى العالم السويدي أرهينيوس، تُناقِش فيها الفروق بين نظريتك ونظريته، وتشير فيها إلى مزايا نظريتك.

يجب أن توضِّح رسائل الطلاب أنّ نظريّة برونستد شملت الأحماض والقواعد التي عرَّفتها نظرية أرهينيوس جميعها، ولكنها ذهبت أبعد من ذلك، بشرحها كيف أنّ بعض الموادّ ومنها الأمونيا تُنتِج محاليل قاعديّة، ولكنّها لا تحتوي على أيون هيدروكسيد في تركيبها. وتوضِّح نظريّة برونستد أيضًا دور الماء وأيون الهيدرونيوم في المحاليل الحمضيّة والقاعديّة.

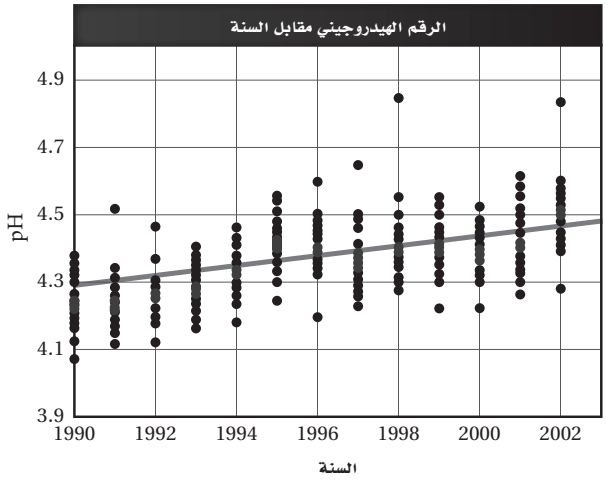
113. **الأحماض الأمينية** هناك عشرون حمضًا أمينيًّا تتّحد لتكوين البروتينات في الأجهزة الحية. اكتب بحثًا عن التراكيب وقيم K_a لخمسة أحماض أمينية وقوِّمها. وقارن بين قوى هذه الأحماض وقوى الأحماض في **الجدول 4–5**.

ستتنوَّع إجابات الطلاب. فمثلًا، K_a لمادّة الفالين (الفلِّين) يساوي 2.51×10^{-4} عند 298 K.

أسئلة المستندات

مـاء المطر يُبيِّن الشـكل 34–5 قياسـات pH في عـدد من مناطق المراقبة في إحدى الدول. وتُمثِّل البقعة الوردية متوسـط القياسات التي أخذت في جميع المناطق في وقت معيّن.

ادرس الرسم البياني جيّدًا، ثُمّ أجب عن الأسئلة التي تليه.



الشكل 34–5

114. كيف يتغيّر متوسط pH للسنوات 1990 م إلى 2003 م؟
زادت قيم pH تدريجيًّا من 4.25 تقريبًا في 1990 م إلى 4.55 تقريبًا في 2003م.

115. احسب $[H^+]$ لأدنى وأعلى pH مسجّلة على الرسم البياني. وكم مرّة تزيد حمضية ماء المطر الأكثر حمضية على حمضية ماء المطر الأعلى حمضية؟
أقلّ قيمة لـ pH تساوي 4.08 في عام 1990م.

$$[H^+] = \text{antilog}\,(-4.08) = 8.3\times10^{-5}\ \text{M}$$

أكبر قيمة لـ pH تساوي 4.85 في عام 1998م.

$$[H^+] = \text{antilog}\,(-4.85) = 1.4\times10^{-5}\ \text{M}$$

$$\frac{8.3\times10^{-5}}{1.4\times10^{-5}} = 5.9$$

5.9 مرّات أكثر حمضيّة.

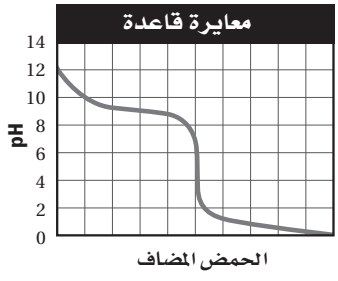
116. ما قيمة pH في عام 2003 م؟ وما مقدار التغيّر في متوسط pH بين عامي 1990 م و 2003 م؟
يمـرّ خـطّ الاتجـاه في القيمـة 4.48 في 2003م. تغـيّر متوسـط pH مـن 4.39 في عام 1990م إلى 4.48 في عام 2003م، وكان مقدار التغيّر 0.18.

اختبار مُقنَّن

أسئلة الاختيار من متعدِّد

الصفحتين 207 – 206

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤالين 1 و 2.



1. ما قيمة pH عند نقطة التكافؤ لهذه المعايرة؟
- **a.** 10
- **b.** 9
- **c.** 5
- **d.** 1

ⓒ

2. ما الكاشف الأكثر فاعلية لتحري نقطة النهاية لهذه المعايرة؟
- **a.** الميثيل البرتقالي الذي مداه 3.2 – 4.4
- **b.** فينولفثالين الذي مداه 8.2 – 10
- **c.** البروموكريسول الأخضر الذي مداه 3.8 – 5.4
- **d.** الثايمول الأزرق الذي مداه 8.0 – 9.6

ⓒ

3. يُنتِج التنفس الخلوي 38 mol تقريبًا من ATP مقابل كلّ مول يُستهلَك من الجلوكوز:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2{}^{2-} \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38ATP$$

إذا كان كلّ 1 mol من ATP يُنتِج 30.5 kJ من الطاقة فما كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها من قطعة حلوى تحتوي على 130.0 g من الجلوكوز؟

a. 27.4 kJ
b. 836 kJ
c. 1159 kJ
d. 3970 kJ

ⓑ

130.0 g جلوكوز × (1 mol/180.18 g)

× (38 mol ATP/1 mol جلوكوز) × (30.5 kJ mol ATP)

= 836 kJ

4. بروميد الهيدروجين HBr حمض قوي ومادة أكّالة شديدة. ما pOH لمحلول HBr الذي تركيزه 0.0375 M ؟

a. 12.574
b. 12.270
c. 1.733
d. 1.433

ⓐ

pH = −log (0.0375) = 1.430

pOH = 14 − 1.43 = 12.574

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة من 5 إلى 7.

ثوابت التأين وبيانات pH لبعض الأحماض العضوية الضعيفة

الحمض	pH محلول تركيزه 1.000 M	K_a
HA	1.87	1.78×10^{-4}
HB	؟	3.55×10^{-3}
HX	2.43	؟
HD	1.09	7.08×10^{-3}
HR	2.01	9.77×10^{-5}

5. أيّ حمض أقوى؟

a. HA
b. HB
c. HX
d. HD

ⓓ

6. ما ثابت تأيُّن حمض HX؟

a. 1.4×10^{-5}
b. 2.43×10^{0}
c. 3.72×10^{-3}
d. 7.3×10^{4}

ⓒ

7. ما قيمة pH لمحلول حمض HB الذي تركيزه 0.40 M ؟

a. 2.06
b. 1.22
c. 2.45
d. 1.42

ⓓ

8. ماذا نعني بقولنا: إن قيمة K_{eq} أكثر من1؟

a. هناك مواد متفاعلة أكثر من النواتج عند الاتزان.
b. هناك نواتج أكثر من المواد المتفاعلة عند الاتزان.
c. سرعة التفاعل الأمامي عالية عند الاتزان.
d. سرعة التفاعل العكسي عالية عند الاتزان.

ⓑ

أسئلة الإجابات القصيرة

9. الأحماض والقواعد الشائعة استعمِل البيانات الموجودة في الجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة الآتية:

المادة	pH
الأمونيا المنزلية	11.3
عصير الليمون	2.3
مضاد الحموضة	9.4
الدم	7.4
المشروبات الغازية	3.0

a. أيّ مادة أكثر قاعدية؟
الأمونيا المنزليّة

b. أيّ مادة أقرب إلى التعادل؟
الدم

c. أيّ مادة فيها تركيز $[H^+] = 4.0 \times 10^{-10}\ M$ ؟
مضادّ الحموضة

d. أيّ مادة لها $pOH = 11.0$؟
المشروبات الغازية

e. كم مرّة تزيد قاعدية مضاد الحموضة على قاعدية الدم؟
100 مرة

أسئلة الإجابات المفتوحة

10. أُضيف 5.00 mL من HCl تركيزه 6.00 M إلى 95.00 mL من الماء النقي، وأصبح الحجم النهائي للمحلول 100. mL ما قيمة pH للمحلول؟
احسب عدد مولات H^+، تركيزها، ثُمّ احسب pH:

$$\text{mol HCl} = \text{mol } H^+ = 0.00500\ \text{L} \times 6.00\ \text{mol/L} = 0.0300\ \text{mol}$$

$$[H^+] = \frac{0.0300\ \text{mol } H^+}{0.100\ \text{L}} = 0.300\ \text{M}$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log (0.300) = 0.523$$

11. محلول مائي منظّم بحمض البنزويك C_6H_5COOH وبنزوات الصوديوم C_6H_5COONa، تركيز كلٍّ منهما 0.0500 M. إذا كان K_a لحمض البنزويك يساوي 6.4×10^{-5}، فما قيمة pH للمحلول؟

$$K_a = 6.4 \times 10^{-5} = \frac{[H^+]\,[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

$$[H^+] = (6.4 \times 10^{-5}) \times \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

$$= (6.4 \times 10^{-5}) \times \frac{0.0500}{0.0500} = 6.4 \times 10^{-5}\ \text{M}$$

$$pH = -\log [H^+] = -\log 6.4 \times 10^{-5}\ \text{M} = 4.19$$

تفاعلات الأكسدة والاختزال

1 – 6 الأكسدة والاختزال

الصفحات 16 – 8

مسائل تدريبية

الصفحات 15 – 13

1. حدِّد التغيّرات في كلٍّ ممّا يلي سواءً أكانت أكسدة أم اختزالًا، وتذكّر أن e^- هو رمز الإلكترون:

a. $I_{2(s)} + 2e^- \rightarrow 2I^-_{(aq)}$
اختزال

b. $K_{(s)} \rightarrow K^+_{(aq)} + e^-$
أكسدة

c. $Fe^{2+}_{(aq)} \rightarrow Fe^{3+}_{(aq)} + e^-$
أكسدة

d. $Ag^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)}$
اختزال

2. حدِّد العناصر التي تأكسدت والعناصر التي اختُزِلت في العمليات الآتية:

a. $2Br^-_{(aq)} + Cl_{2(aq)} \rightarrow Br_{2(aq)} + 2Cl^-_{(aq)}$
يتأكسد Br، في حين يُختَزَل Cl.

b. $2Ce_{(s)} + 3Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow 3Cu_{(s)} + 2Ce^{3+}_{(aq)}$
يتأكسد Ce، في حين يُختَزَل Cu^{2+}.

c. $2Zn_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2ZnO_{(s)}$
يتأكسد Zn، في حين يُختَزَل O_2.

d. $2Na_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow 2Na^+_{(aq)} + H_{2(g)}$
يتأكسد Na، في حين يُختَزَل H^+.

3. حدِّد العامل المؤكسد والعامل المُختَزِل في التفاعل الآتي:
$Fe_{(s)} + 2\,Ag^+_{(aq)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2\,Ag_{(s)}$

يُعدّ Ag^+ العامل المؤكسد، في حين يُعدّ Fe العامل المُختَزِل. لذا، تُختَزَل أيونات Ag^+، وتتأكسد ذرات Fe.

4. **تحفيز.** حدِّد العامل المؤكسد والعامل المُختَزِل في التفاعل الآتي:

a. $Mg_{(s)} + I_{2(s)} \rightarrow MgI_{2(s)}$
يُعدّ I_2 العامل المؤكسِد، في حين يُعدّ Mg العامل المُختَزِل.

b. $H_2S_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow S_{(s)} + 2HCl_{(g)}$
يُعدّ Cl_2 العامل المؤكسد، في حين يُعدّ H_2S العامل المُختَزِل.

5. حدِّد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بلون داكن في الصيغ الجزيئية الآتية:

a. $NaClO_4$
+7

b. $AlPO_4$
+5

c. HNO_2
+3

6. حدِّد عدد التأكسد للعنصر المكتوب بلون داكن في صيغ الأيونات الآتية:

a. NH_4^+
−3

b. AsO_4^{3-}
+5

c. CrO_4^{2-}
+6

7. حدِّد عدد التأكسد للنيتروجين في الجزيئات والأيونات الآتية:

a. NH_3
−3

b. KCN
−3

c. N_2H_4
−2

8. تحفيز حـدِّد التغـيّر الكلي في عدد تأكسـد كلٍّ من العناصر في معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$

C، +4؛ O، −2

$Cl_{2(g)} + ZnI_{2(s)} \rightarrow ZnCl_{2(s)} + I_{2(s)}$

I، +1؛ Cl، −1؛ Zn، لا تغيير

b. $CdO_{(g)} + CO_{(g)} \rightarrow Cd_{(s)} + CO_{2(g)}$

C، +2؛ Cd، −2؛ O، لا تغيير

التقويم 1 – 6

الصفحة 16

9. فسر لماذا يجب أن يحدث تفاعلا الأكسدة والاختزال دائمًا معًا.

إذا فقدت ذرة إلكترونًا فلا بُدّ من وجود مادة أخرى تكتسب الإلكترون المفقود.

10. صف دور كلٍّ من العوامل المؤكسدة والمُختَزِلة في تفاعلات الأكسدة والاختزال. وكيف يتغيّر كلٌّ منهما في التفاعل؟

يؤدي العامل المؤكسد إلى تأكسد عامل آخر، وذلك بانتزاع الإلكترونات منه، أمّا العامل المُختَزِل فيَختَزِل المادة الأخرى بمنحها إلكترونات.

11. اكتب معادلة تفاعل فلز الحديد مع حمض الهيدروبروميك لتكوين بروميد الحديد III وغاز الهيدروجين. ثُمّ حدِّد التغيّر الكلي في عدد تأكسد العنصر الذي اختُزِل والعنصر الذي تأكسد.

$2Fe + 6HBr \rightarrow 2FeBr_3 + 3H_2$

يتأكسد Fe، ويُختَزَل H.

12. حدِّد عدد التأكسد للعنصر الذي يظهر باللون الداكن في المركّبات الآتية:

a. HNO_3

+5

b. $Ca\mathbf{N}_2$

−3

c. Sb_2O_5

+5

d. $CuWO_4$

+6

13. حدِّد عدد التأكسد للعنصر الذي يظهر باللون الداكن في الأيونات الآتية:

a. IO_4^-

+7

b. MnO_4^-

+7

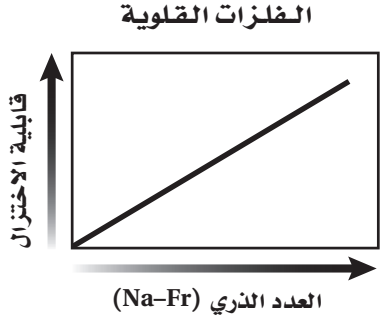
c. $B_4O_7^{2-}$

+3

d. NH_2^-

−3

14. الرسم البياني واستعماله تُعدُّ الفلزات القلوية عوامل مختزلةً قوية، ارسم رسمًا بيانيًّا توضِّح فيه كيف تزداد قابلية الفلزات القلوية للاختزال أو تقلّ كلما اتجهنا أسفل المجموعة ابتداءً من الصوديوم حتى الفرانسيوم.



بصورة عامة، عندما نتجه من أعلى إلى أسفل في الجدول الدوري ضمن المجموعة الواحدة، يزداد الميل نحو فقد الإلكترونات، وبذلك تزداد قابلية الاختزال.

2 – 6 وزن معادلات الأكسدة والاختزال

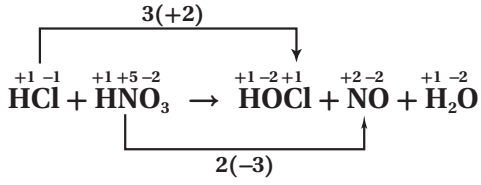
الصفحات 24 – 17

مسائل تدريبية

الصفحة 18

استعمِل طريقة عدد التأكسد في وزن معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

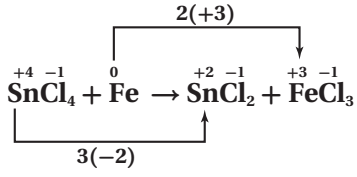
15. $HCl_{(aq)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow HOCl_{(aq)} + NO_{(g)} + H_2O_{(l)}$



$3HCl_{(aq)} + 2HNO_{3(aq)} \rightarrow 3HOCl_{(aq)} + 2NO_{(g)} + H_2O_{(l)}$

يزداد عدد التأكسد للكلور Cl من 1− إلى 1+، في حين يقلّ عدد التأكسد للنيتروجين N من 5+ إلى 2+.

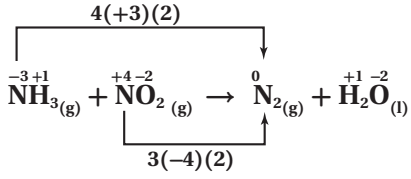
16. $SnCl_{4(aq)} + Fe_{(s)} \rightarrow SnCl_{2(s)} + FeCl_{3(aq)}$



$3SnCl_{4(aq)} + 2Fe_{(s)} \rightarrow 3SnCl_{2(s)} + 2FeCl_{3(aq)}$

يزداد عدد التأكسد للحديد Fe من 0 إلى 3+، في حين يقلّ عدد التأكسد للقصدير Sn من 4+ إلى 2+.

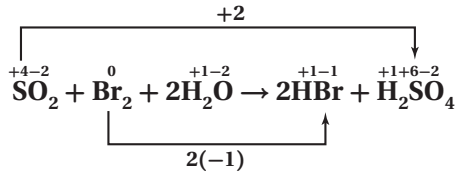
17. $NH_{3(g)} + NO_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + H_2O_{(l)}$



$8NH_{3(g)} + 6NO_{2(g)} \rightarrow 7N_{2(g)} + 12H_2O_{(l)}$

يزداد عدد التأكسد النيتروجين N من 3− إلى 0، في حين يقلّ عدد التأكسد النيتروجين N من 4+ إلى 0.

18. تحفيز $SO_{2(g)} + Br_{2(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow HBr_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)}$



$SO_{2(g)} + Br_{2(l)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2HBr_{(aq)} + H_2SO_{4(aq)}$

يزداد عدد التأكسد للكبريت S من 4+ إلى 6+، في حين يقلّ عدد التأكسد للبروم Br من 0 إلى 1−.

مختبر تحليل البيانات

الصفحة 19

مزيج الدفع في صواريخ الإسناد	
المكوّنات	النسبة المئوية
فوق كلورات الأمونيوم	69.6
ألومنيوم	16
المادة المحفِّزة	0.4
الأسمنت	12.04
معامل المعالجة	1.96

أُخذَت هذه البيانات من:

*Dumoulin, Jim."SolidRockerBoosters.

"NSTSShuttle Refference Manual.1998

التفكير الناقد

1. زن المعادلة استعمِل طريقة عدد التأكسد في وزن المعادلة الكيميائية لتفاعل صاروخ الإسناد.

$NH_4ClO_{4(s)} + Al_{(s)} \rightarrow Al_2O_{3(g)} + HCl_{(g)} + N_{2(g)} + H_2O_{(g)}$

$6NH_4Cl_{4(s)} + 10Al_{(s)} \rightarrow 5Al_2O_{3(g)} + 6HCl_{(g)} + 3N_{2(g)} + 9H_2O_{(g)}$

2. حدِّد أيّ العناصر تأكسدت؟ وأيّها اختُزِلت؟

يتأكسد النيتروجين والألومنيوم، ويختَزَل الكلور.

3. **استدلّ** ما مزايا استعمال تفاعل وقود صواريخ الصُّلب Solid Rocket Boosters(SRB) في الدقيقتين الأوليتين من الإطلاق؟

يمكن أن يوضع بكميات كبيرة في خزانات أكبر ممّا لو كان في حالة أخرى كالسائلة مثلًا. وبعد أن يُحرق المقدار الضخم من الوقود يتمّ التخلص من خزاناته الثقيلة، لذا تصبح المركبة أخف.

4. **احسب** ما عدد مولات بخار الماء الناتجة من تفاعل واحد من (SRB)؟

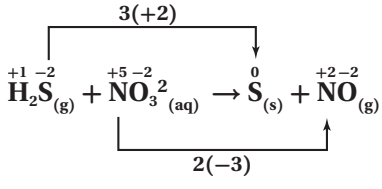
4.16×10^{6} mol H_2O

مسائل تدريبية

الصفحات 23 – 20

استعمِل طريقة عدد التأكسد في وزن المعادلات الأيونية الكلية الآتية:

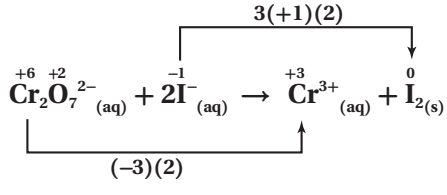
19. $H_2S_{(g)}+NO_3^-{}_{(aq)}\rightarrow S_{(s)}+NO_{(g)}$ (في الوسط الحمضي)



$$2H^+_{(aq)}+3H_2S_{(g)}+2NO_3^-{}_{(aq)}\rightarrow 3S_{(s)}+2NO_{(g)}+4H_2O_{(l)}$$

يزداد عدد التأكسد للكبريت S من 2− إلى 0، في حين يقلّ عدد التأكسد للنيتروجين N من 5+ إلى 2+.

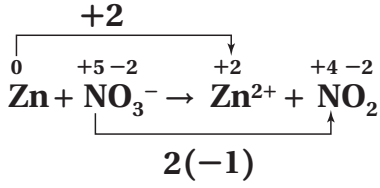
20. $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}+I^-_{(aq)}\rightarrow Cr^{3+}_{(aq)}+I_{2(s)}$ (في الوسط الحمضي)



$$14H^+_{(aq)}+Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}+6I^-_{(aq)}\rightarrow 2Cr^{3+}_{(aq)}+3I_{2(s)}+7H_2O_{(l)}$$

يزداد عدد التأكسد لليود I من 1− إلى 0، في حين يقلّ عدد التأكسد للكروم Cr من 6+ إلى 3+.

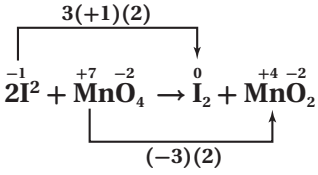
21. $Zn_{(s)}+NO_3^-{}_{(aq)}\rightarrow Zn^{2+}_{(aq)}+NO_{2(g)}$ (في الوسط الحمضي)



$$Zn_{(s)}+2NO_3^-{}_{(aq)}+4H^+\rightarrow Zn^{2+}+2NO_2+2H_2O$$

يزداد عدد التأكسد للخارصين Zn من 0 إلى 2+، في حين يقلّ عدد التأكسد للنيتروجين N من 5+ إلى 4+.

22. **تحفيز:** $I^-_{(aq)}+MnO_4^-{}_{(aq)}\rightarrow I_{2(s)}+MnO_{2(s)}$ في الوسط القاعدي



$$6I^-_{(aq)}+2MnO_4^-{}_{(aq)}+4H_2O_{(l)}\rightarrow 3I_{2(s)}+2MnO_{2(s)}+8OH^-_{(aq)}$$

يزداد عدد التأكسد لليود I من 1− إلى 0، في حين يقلّ عدد التأكسد للمنجنيز Mn من 7+ إلى 4+.

استعمِل طريقة نصف التفاعل لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

23. $Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}+I^-_{(aq)}\rightarrow Cr_3^+{}_{(aq)}+I_{2(s)}$ (في الوسط الحمضي)

$$2I^-_{(aq)}\rightarrow I_{2(s)}+2e^-\text{(أكسدة)}$$

$$14H^+_{(aq)}+6e^-+Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}\rightarrow 2Cr^{3+}{}_{(aq)}+7H_2O_{(l)}\text{ (اختزال)}$$

اضرب نصف تفاعل الأكسدة في 3، ثُمّ اجمعه مع نصف تفاعل الاختزال:

$$14H^+_{(aq)}+\cancel{6e^-}+Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}+6I^-_{(aq)}\rightarrow 3I_{2(s)}+2Cr^{3+}{}_{(aq)}+7H_2O_{(l)}+\cancel{6e^-}$$

$$14H^+_{(aq)}+Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)}+6I^-_{(aq)}\rightarrow 3I_{2(s)}+2Cr^{3+}{}_{(aq)}+7H_2O_{(l)}$$

24. (في الوسط الحمضي)

$$Mn^{2+}_{(aq)} + BiO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow MnO_4^-{}_{(aq)} + Bi^{3+}_{(aq)}$$

a. اكتب نصفي تفاعل الأكسدة والإختزال ثم زنهما:

(أكسدة) $4H_2O_{(l)} + Mn^{2+}_{(aq)} \rightarrow MnO_4^-{}_{(aq)} + 8H^+_{(aq)} + 5e^-$

(اختزال) $6H^+_{(aq)} + BiO_3^-{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Bi^{3+}_{(aq)} + 3H_2O_{(l)}$

b. اضرب نصف تفاعل الأكسدة في 2، واضرب نصف تفاعل الاختزال في 5، لجعل عدد الإلكترونات متساوٍ في نصفي التفاعل:

$$8H_2O_{(l)} + 2Mn^{2+}_{(aq)} \rightarrow 2MnO_4^-{}_{(aq)} + 16H^+_{(aq)} + 10e^-$$

$$30H^+_{(aq)} + 5BiO_3^-{}_{(aq)} + 10e^- \rightarrow 5Bi^{3+} + 15H_2O_{(l)}$$

c. اجمع نصفي التفاعل بعد حذف المتشابهات:

$$\cancel{8H_2O_{(l)}} + 2Mn^{2+}_{(aq)} + \cancel{30H^+_{(aq)}} + 5BiO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow$$

$$2MnO_4^-{}_{(aq)} + \cancel{16H^+_{(aq)}} + 5Bi^{3+} + \cancel{15H_2O_{(l)}}$$

d. بعد الاختصار نحصل على المعادلة الموزونة الآتية:

$$2Mn^{2+}_{(aq)} + 14H^+_{(aq)} + 5BiO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow 2MnO_4^-{}_{(aq)} + 5Bi^{3+} + 7H_2O_{(l)}$$

25. تحفيز (في الوسط القاعدي)

$$N_2O_{(g)} + ClO^-_{(aq)} \rightarrow NO_2^-{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

(أكسدة) $6OH^-_{(aq)} + N_2O_{(g)} \rightarrow 2NO_2^-{}_{(aq)} + 4e^- + 3H_2O_{(l)}$

(اختزال) $ClO^-_{(aq)} + 2e^- + H_2O_{(l)} \rightarrow Cl^-_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$

اضرب نصف تفاعل الاختزال في 2، ثُمّ اجمعه مع نصف تفاعل الأكسدة:

$$6OH^-_{(aq)} + N_2O_{(g)} + 2ClO^-_{(aq)} + 4e^- + 2H_2O_{(l)} \rightarrow$$
$$2NO_2^-{}_{(aq)} + 4e^- + 3H_2O_{(l)} + 2Cl^-_{(aq)} + 4OH^-_{(aq)}$$
$$N_2O_{(g)} + 2ClO^-_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow$$
$$2NO_2^-{}_{(aq)} + 2Cl^-_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

التقويم 2–6

الصفحة 24

26. فسر كيف يرتبط التغيّر في عدد التأكسد بعمليات الأكسدة والاختزال؟

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

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

من المهم معرفة وجود H^+ وOH^- لوزن المعادلة.

28. فسر خطوات طريقة عدد التأكسد لوزن المعادلة.

يجب أن تكون الإجابات مماثلة للمعلومات في الجدول 4–6 الآتي:

الجدول 4–6	طريقة عدد التأكسد
حدِّد أعداد التأكسد لجميع الذرات في المعادلة.	
حدِّد الذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.	
حدِّد التغير في عدد التأكسد للذرات التي تأكسدت والذرات التي اختُزلت.	
اجعل التغيّر في أعداد التأكسد متساويًا في القيمة، وذلك بضبط المعاملات في المعادلة.	
استعمل الطريقة التقليدية في وزن المعادلة الكيميائية الكلية، إذا كان ذلك ضروريًّا.	

29. حدِّد ماذا يوضِّح نصف تفاعل التأكسد؟ وماذا يوضِّح نصف تفاعل الاختزال؟

يوضِّح نصف تفاعل الأكسدة مقدار عدد الإلكترونات التي يفقدها العنصر والتي تسبِّب ازدياد عدد تأكسده. في حين يوضِّح نصف تفاعل الاختزال عدد الإلكترونات المكتسبة والتي تسبِّب نقصان عدد تأكسده.

30. اكتب نصف تفاعل الأكسدة ونصف تفاعل الاختزال لتفاعل الأكسدة والاختزال الآتي:

$$Pb_{(s)} + Pd(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow Pb(NO_3)_{2(aq)} + Pd_{(s)}$$

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

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

$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$

$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$

$3Sn^{2+} + 2Au^{3+} + \cancel{6e^-} \rightarrow 3Sn^{4+} + 2Au + \cancel{6e^-}$

3 أيونات Sn^{2+}، وأيونان Au^{3+}.

32. **طبِّق** زن المعادلات الآتية:

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

$$\overset{+5}{H}\overset{+1}{Cl}\overset{-2}{O_3} \rightarrow \overset{+4}{Cl}O_2 + \overset{+6}{H}\overset{-2}{Cl}O_4 + H_2O$$

(+1 فوق السهم، −1 تحت السهم)

$3HClO_3 \rightarrow 2ClO_2 + HClO_4 + H_2O$

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

$$5H_2\overset{+4}{Se}O_3 + 2H\overset{+5}{Cl}O_3 \rightarrow 5H_2\overset{+6}{Se}O_4 + \overset{0}{Cl}_2 + H_2O$$

(5(+2) فوق السهم، 2(−5) تحت السهم)

$5H_2SeO_3 + 2HClO_3 \rightarrow 5H_2SeO_4 + Cl_{2(g)} + H_2O$

c. (في الوسط الحمضي)

$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + Fe^{+}{}_{2(aq)} \rightarrow Cr^{+}{}_{3(aq)} + Fe^{+}{}_{3(aq)}$

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

الفصل 6 مراجعة الفصل

الصفحات 33 – 28

6 – 1

إتقان المفاهيم

33. ما أهم خواص تفاعلات الأكسدة والاختزال؟
تتضمَّن تفاعلات الأكسدة والاختزال جميعها انتقالًا للإلكترونات.

34. فسِّر، لماذا لا تتضمَّن جميع تفاعلات الأكسدة الأكسجين؟
تُشير كلمة "الأكسدة" في الأصل إلى التفاعلات التي تتضمَّن الأكسجين فقط، إلا أن الأكسدة الآن تعرَّف على أنها فقد ذرات المادة للإلكترونات.

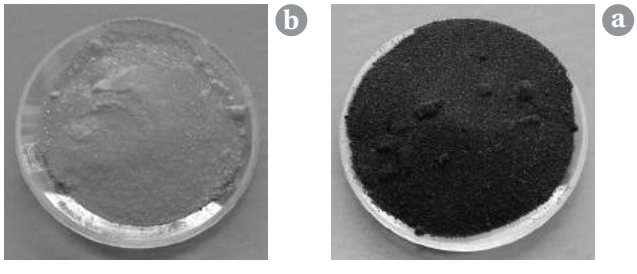
35. ماذا يحدث للإلكترونات في الذرة عندما تتأكسد؟ أو تُختَزَل؟
تُفقَد الإلكترونات، تُكتَسب الإلكترونات.

36. عرِّف عدد التأكسد.
عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة من قبل الذرة في المركّب الأيوني عندما تتكوَّن الأيونات.

37. **الفلزات** ما عدد التأكسد لكلٍّ من الفلزات القلوية الأرضية والفلزات القلوية في مركّباتها؟
الفلزات القلوية الأرضية = 2+، الفلزات القلوية =1+

38. كيف يرتبط عدد التأكسد في عمليات التأكسد بعدد الإلكترونات المفقودة؟ وكيف يرتبط عدد التأكسد في عمليات الاختزال بعدد الإلكترونات المكتسبة؟
التغيُّر في عدد التأكسد يساوي عددَ الإلكترونات المفقودة في التأكسد، أو عدد الإلكترونات المكتسبة في الاختزال.

39. ما سبب الاختلاف في أشكال خراطة النحاس الموضَّحة في الشكل 9–6؟



الشكل 9–6

الاختلاف في عدد تأكسد النحاس، 1+ ، 2+.

40. النحاس والهواء تبدأ تماثيل النحاس، بالظهور بلون أخضر بعد تعرُّضها للهواء. ويتفاعل فلز النحاس في عملية الأكسدة هذه مع الأكسجين لتكوين أكسيد النحاس الصُّلب، والذي يكوِّن الغطاء الأخضر. اكتب تفاعل الأكسدة والاختزال، وعرِّف ما الذي تأكسد، وما الذي اختُزِل في هذه العملية؟

$$2Cu_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CuO_{(s)}$$

يتأكسد النحاس Cu، في حين يُختَزَل الأكسجين O.

إتقان حلّ المسائل

41. حدِّد المواد التي تأكسدت والتي اختُزِلت في معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $2Br_{2(l)} + 2Ga_{(s)} \rightarrow 2GaBr_{3(s)}$

يتأكسد الجاليوم Ga، في حين يُختَزَل البروم Br_2.

b. $HCl_{4(l)} + Zn_{(s)} \rightarrow ZnCl_{2(g)} + H_{2(g)}$

يتأكسد الخارصين Zn، في حين يُختَزَل الهيدروجين H.

c. $Mg_{(s)} + N_{2(g)} \rightarrow Mg_3N_{2(s)}$

يتأكسد الماغنيسيوم Mg، في حين يُختَزَل النيتروجين N_2.

42. حدِّد العامل المؤكسِد والعامل المُختزِل في كلٍّ من معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

يُعدّ النيتروجين N_2 عاملًا مؤكسِدًا، في حين يُعدّ الهيدروجين H_2 عاملًا مُختزِلًا.

b. $2Na_{(s)} + I_{2(s)} \rightarrow 2NaI_{(s)}$

يُعدّ اليود I عاملًا مؤكسِدًا، في حين يُعدّ الصوديوم Na عاملًا مُختزِلًا.

43. ما العامل المُختزِل في المعادلة الموزونة الآتية؟

$$8H^+_{(aq)} + Sn_{(s)} + 6Cl^-_{(aq)} + 4NO_3{}^-_{(aq)} \rightarrow SnCl_6{}^{2-}_{(aq)} + 4NO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$$

Sn

44. ما عدد التأكسد للمنجنيز في $KMnO_4$؟

+7

45. حدِّد عدد التأكسد للعنصر الظاهر باللون الداكن في المواد والأيونات الآتية:

a. $CaCrO_4$

+6

b. $NaHSO_4$

+6

c. NO_2^-

+3

d. BrO_3^-

+5

46. حدِّد أيّ أنصاف التفاعلات الآتية أكسدة، وأيّها اختزال:

a. $Al_{(s)} \rightarrow Al^{3+}_{(aq)} + 3e^-$

أكسدة

b. $Cu^{2+}_{(aq)} + e^- \rightarrow Cu^+_{(aq)}$

اختزال

47. أيّ المعادلات الآتية لا تُمثِّل تفاعل أكسدة واختزال؟ فسِّر إجابتك.

a. $LiOH_{(s)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow LiNO_{3(s)} + H_2O_{(l)}$

b. $MgI_{2(s)} + Br_{2(l)} \rightarrow MgBr_{2(s)} + I_{2(s)}$

لا يُمثِّل الاختيار a الأكسدة والاختزال؛ لأنه لم يحدث تغيير في أعداد تأكسد أيٍّ من ذرات التفاعل.

48. حدِّد عدد التأكسد للنيتروجين في كلٍّ من الجزيئات أو الأيونات الآتية:

a. NO_3^-

+5

b. N_2O

+1

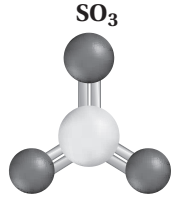
c. NF_3
+3

49. حدِّد أعداد التأكسد لكلّ عنصر في المركّبات أو الأيونات الآتية:

a. $Au_2(SeO_4)_3$ سيلينات الذهب III
Au: +3 Se: +6 O: −2

b. $Ni(CN)_2$ سيانيد النيكل II
Ni: +2 C: +2 N: −3

50. فسِّر كيف يختلف أيون الكبريتيت SO_3^{2-} عن ثالث أكسيد الكبريت SO_3، الموضَّح في **الشكل 10–6**.



الشكل 10–6

يُعدّ SO_3^{2-} أيونًا متعدِّد الذرات، وعدد التأكسد للكبريت فيه يساوي +4، في حين يُعدّ SO_3 مركّبًا وعدد التأكسد للكبريت فيه يساوي +6.

6 – 2

إتقان المفاهيم

51. قارن بين معادلة الأكسدة والاختزال الموزونة في الوسط الحمضي والوسط القاعدي.

يمكن لـ H^+ و H_2O أن تشارك في تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تحدث في المحاليل الحمضية، إمّا بوصفها متفاعلات أو نواتج. ويتضمَّن تفاعل الأكسدة والاختزال في المحلول القاعدي OH^- و H_2O إمّا على صورة متفاعلات أو نواتج.

52. فسِّر لماذا تُعدّ كتابة أيون الهيدروجين على الصورة H^+ في تفاعلات الأكسدة والاختزال تبسيطًا للواقع.

تتّحد أيونات الهيدروجين بالماء في المحاليل المائية في شكلها المائي، أيونات الهيدرونيوم H_3O^+، ولا يمكن أن توجد في صورة H^+. ولكنها تُكتَب في بعض الأحيان في صورة H^+ لتبسيط المعادلة الكيميائية المكتوبة.

53. لماذا يتعيَّن عليك قبل أن تبدأ بوزن معادلة تفاعل الأكسدة والاختزال معرفة فيما إذا كان التفاعل يحدث في وسط حمضي أو قاعدي؟

توفِّر المحاليل أيونات H^+، أو أيونات OH^- اللازمة لوزن معادلة الأكسدة والاختزال بالمقدار نفسه. لكنها لا تتغيّر في أثناء التفاعل، لذا يمكن حذفها من المعادلة.

54. فسِّر ما الأيون المتفرِّج؟

الأيونات المتفرّجة هي الأيونات التي توجد في الحسابات الكيميائية على طرفي معادلة الأكسدة والاختزال بالمقدار نفسه. لكنها لا تتغيّر في أثناء التفاعل، لذا يمكن حذفها من المعادلة.

55. عرِّف مصطلح أنواع المواد بدلالة تفاعلات الأكسدة والاختزال.

المادة أيّ صنف من الوحدات الكيميائية توجد في عمليات الأكسدة أو الاختزال، وقد تكون أيونًا أو جزيئًا، أو ذرات حرة.

56. هل المعادلة الآتية موزونة؟ فسِّر إجابتك.

$$Fe_{(s)} + Ag^+_{(aq)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + Ag_{(s)}$$

لا تساوي الشحنةُ الكلية في الجهة اليسرى الشحنةَ الكلية في الجهة اليمنى.

57. هل المعادلة الآتية تُمثِّل عملية أكسدة أم عملية اختزال. فسِّر إجابتك.

$$Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}$$

عملية اختزال؛ إذ تُكتَسَب الإلكترونات، ويقلّ عدد تأكسد الخارصين Zn.

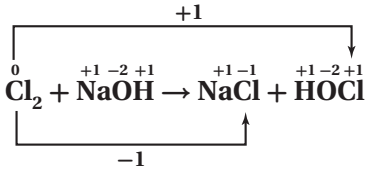
58. صف ما يحدث للإلكترونات في كلّ نصف تفاعل من عملية الأكسدة والاختزال.

تُكتَسَب الإلكترونات من قبل بعض المواد خلال نصف تفاعل الاختزال، وتُفقَد الإلكترونات من بعض المواد خلال نصف تفاعل الأكسدة.

إتقان حلّ المسائل

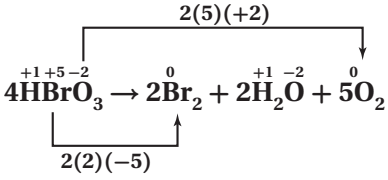
59. استعمِل طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $Cl_{2(g)} + NaOH_{(s)} \rightarrow NaCl_{(s)} + HOCl_{(g)}$



$Cl_{2(g)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaCl_{(aq)} + HOCl_{(aq)}$

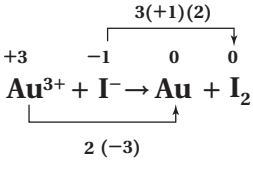
b. $HBrO_{3(g)} \rightarrow Br_{2(l)} + H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$



$4HBrO_{3(aq)} \rightarrow 2Br_{2(l)} + 2H_2O_{(l)} + 5O_{2(g)}$

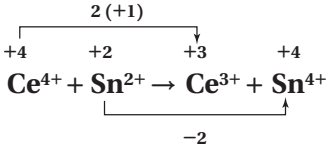
60. زن المعادلات الأيونية الكلية لتفاعلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $Au^{3+}_{(aq)} + I^-_{(aq)} \rightarrow Au_{(s)} + I_{2(s)}$



$2Au^{3+}_{(aq)} + 6I^-_{(aq)} \rightarrow 2Au_{(s)} + 3I_{2(s)}$

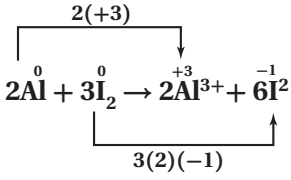
b. $Ce^{4+}_{(aq)} + Sn^{2+}_{(aq)} \rightarrow Ce^{3+}_{(aq)} + Sn^{4+}_{(aq)}$



$2Ce^{4+}_{(aq)} + Sn^{2+}_{(aq)} \rightarrow Sn^{4+}_{(aq)} + 2Ce^{3+}_{(aq)}$

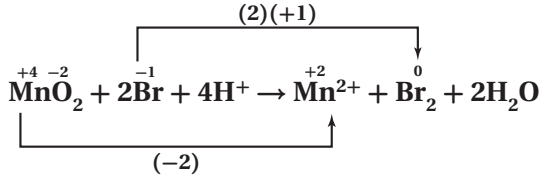
61. استخدِم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية الآتية:

a. $Al + I_2 \rightarrow Al^{3+} + I^-$



$2Al_{(s)} + 3I_{2(s)} \rightarrow 2Al^{3+}_{(aq)} + 6I^-_{(aq)}$

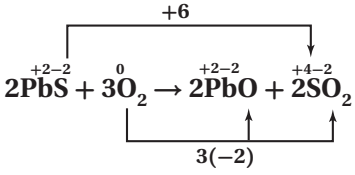
b. $MnO_2 + Br^- \rightarrow Mn^{2+} + Br_2$ (في الوسط الحمضي)



$MnO_{2(s)} + 2Br^-_{(aq)} + 4H^+_{(aq)} \rightarrow Mn^{2+}_{(aq)} + Br_{2(l)} + H_2O_{(l)}$

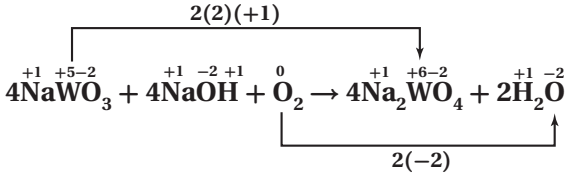
62. استعمِل طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $PbS_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow PbO_{(s)} + SO_{2(g)}$



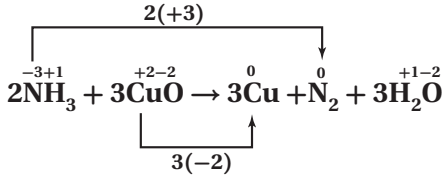
$2PbS_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2PbO_{(s)} + 2SO_{2(g)}$

b. $NaWO_{3(s)} + NaOH_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow NaWO_{4(s)} + H_2O_{(g)}$



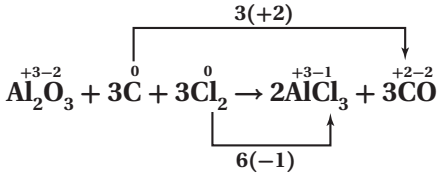
$2NaWO_{3(aq)} + O_{2(s)} + 4NaOH_{(aq)} \rightarrow 4NaWO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

c. $NH_{3(g)} + CuO_{(s)} \rightarrow Cu_{(s)} + N_{2(g)} + H_2O_{(g)}$



$2NH_{3(g)} + 3CuO_{(s)} \rightarrow 3Cu_{(s)} + N_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$

d. $Al_2O_{3(s)} + C_{(s)} + Cl_{2(g)} \rightarrow AlCl_{3(s)} + CO_{(g)}$



$Al_2O_{3(s)} + 3C_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow 2AlCl_{3(s)} + 3CO_{(g)}$

63. الياقوت يتكوّن معدن الكورنديوم من أكسيد الألومنيوم Al_2O_3، وهو عديم اللون، ويُعدّ أكسيد الألومنيوم المكوِّن الرئيس للياقوت، إلا أنه يحتوي مقادير بسيطة من Fe^{2+} وTi^{4+}، ويُعزَى لون الياقوت إلى انتقال الإلكترونات من Fe^{2+} إلى Ti^{4+}. واستنادًا إلى **الشكل 11–6**، استنتِج التفاعل الذي يحدث ليُنتِج المعدن في الجهة اليمنى، وحدِّد العامل المؤكسِد، والعامل المُختَزِل؟

الشكل 11–6

$Fe^{2+} + Ti^{4+} \rightarrow Fe^{3+} + Ti^{3+}$

يُعدّ الحديد Fe العامل المُختَزِل، في حين يُعدّ التيتانيوم Ti العامل المؤكسِد.

64. اكتب نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال في كلٍّ من معادلات الأكسدة والاختزال الآتية على الصورة الأيونية إذا حدث في المحلول المائي:

a. $PbO_{(s)} + NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + H_2O_{(l)} + Pb$

أكسدة $NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 3e^-$

اختزال $PbO_{(s)} + 2e^- \rightarrow Pb_{(s)}$

b. $I_{2(s)} + Na_2S_2O_{3(aq)} \rightarrow Na_2S_2O_{4(aq)} + NaI$

أكسدة $S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow 2S_2O_4^{2-}{}_{(aq)} + 2e^-$

اختزال $I_{2(s)} + 2e^- \rightarrow 2I^-_{(aq)}$

c. $Sn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow SnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

أكسدة $Sn_{(s)} \rightarrow Sn^{2+}{}_{(aq)} + 2e^-$

اختزال $2H^+{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$

65. اكتب نصفي التفاعل اللذين يكوِّنان معادلة الأكسدة والاختزال الموزونة الآتية:

$3H_2C_2O_{4(l)} + 2HAsO_{2(aq)} \rightarrow 6CO_{2(g)} + 2As_{(s)} + 4H_2O_{(l)}$

أكسدة $H_2C_2O_4 \rightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-$

اختزال $HAsO_2 + 3H^+ + 3e^- \rightarrow As + H_2O$

66. أيّ أنصاف التفاعلات الآتية أكسدة وأيّها اختزال؟

a. $Fe^{2+}{}_{(aq)} \rightarrow Fe^{3+}{}_{(aq)} + e^-$

أكسدة

b. $MnO_4^-{}_{(aq)} + 5e^- + 8H^+{}_{(aq)} \rightarrow Mn^{2+}{}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$

اختزال

c. $2H^+{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$

اختزال

d. $F_{2(g)} \rightarrow 2F^-{}_{(aq)} + 2e^-$

أكسدة

67. النحاس عندما توضع شرائح النحاس في محلول نترات الفضة كما في **الشكل 12–6** يبدو فلز الفضة أزرق اللون، وتتكوَّن نترات النحاس II. اكتب المعادلة الكيميائية غير الموزونة، ثُمّ حدِّد حالة التأكسد لكلّ عنصر فيها. اكتب أيضًا نصفي معادلة التفاعل، وحدِّد أيّها تأكسد، وأيّها اختُزِل. وأخيرًا اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل.

الشكل 12–6

المعادلة غير الموزونة:

$$AgNO_{3(aq)} + Cu_{(s)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + Ag_{(s)}$$

حالة التأكسد للمواد المتفاعلة:

Ag: +1, N: +5, O: −2, Cu: +2

$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ **الأكسدة**

$1e^- + Ag^+ \rightarrow Ag$ **الاختزال**

المعادلة الكيميائية الموزونة:

$$2AgNO_{3(aq)} + Cu_{(s)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

68. استخدِم طريقة عدد التأكسد لوزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية الآتية:

a. $MoCl_{5(s)} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow MoS_{2(s)} + Cl^-_{(aq)} + S_{(s)}$

$$\overset{+5}{Mo}\overset{-1}{Cl_5} + \overset{-2}{S^{2-}} + \overset{+4}{Mo}\overset{-2}{S_2} + \overset{-1}{Cl} + \overset{0}{S}$$

(+2)

2(−1)

$$2MoCl_{5(s)} + 5S^{2-}_{(aq)} \rightarrow 2MoS_{2(s)} + 10Cl^-_{(aq)} + S_{(s)}$$

b. $TiCl_6^{2-}{}_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow Ti^{3+}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + Zn^{2+}_{(aq)}$

$$\overset{+4-1}{TiCl_6}^{2-} + \overset{0}{Zn} \rightarrow \overset{+3}{Ti}^{3+} + \overset{-1}{Cl} + \overset{+2}{Zn}^{2+}$$

+2

2(−1)

$$2TiCl_6^{2-}{}_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow 2Ti^{3+}_{(aq)} + 12Cl^-_{(aq)} + Zn^{2+}_{(aq)}$$

69. استعمِل طريقة نصف التفاعل لوزن معادلات تفاعلات الأكسدة والاختزال الآتية، مضيفًا جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين(في الوسط الحمضي)، أو أيونات الهيدروكسيد (في الوسط القاعدي) إذا تطلّب الأمر ذلك:

a. $NH_{3(g)} + NO_{2(g)} \rightarrow N_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

$$2\overset{-3}{N}H_3 \rightarrow 6e^- + \overset{0}{N}_2$$

$$2\overset{+4}{N}O_2 + 8e^- \rightarrow \overset{0}{N}_2$$

$$4(2NH_3 \rightarrow N_2 + 6H^+ + 6e^-)$$

$$3(2NO_2 + 8H^+ + 8e^- \rightarrow N_2 + 4H_2O)$$

$$8NH_3 + 6NO_2 + \cancel{24H^+} + \cancel{24e^-} \rightarrow 4N_2 + \cancel{24H^+} + 3N_2 + 12H_2O + \cancel{24e^-}$$

$$8NH_{3(s)} + 6NO_{2(g)} \rightarrow 7N_{2(g)} + 12H_2O_{(l)}$$

b. $Br_{2(l)} \rightarrow Br^-_{(aq)} + BrO_3^-{}_{(aq)}$ (في الوسط القاعدي)

$$\overset{0}{Br}_2 \rightarrow 2\overset{+5}{Br}O_3^- + 10e^-$$

$$\overset{0}{Br}_2 + 2e^- \rightarrow 2\overset{-1}{Br}^-$$

$$Br_2 + 12OH^- \rightarrow 2BrO_3^- + 6H_2O + 10e^-$$

$$5\,(Br_2 + 10e^- \rightarrow 10Br^-)$$

$$\frac{1}{2}(6Br_2 + 12OH^- + 10e^- \rightarrow 2BrO_3^- + 6H_2O + 10Br^- + 10e^-)$$

$$3Br_{2(l)} + 6OH^-_{(aq)} \rightarrow 5Br^-_{(aq)} + BrO_3^-{}_{(aq)} + 3H_2O_{(l)}$$

70. زن معادلة التأكسد والاختزال الآتية، وأعد كتابتها بشكلها الأيوني الكامل، ثُمّ اشتق المعادلة الأيونية الكلية وزنها بطريقة نصف التفاعل. على أن تكون الإجابة النهائية بمعاملات الوزن ولكن على النحو الآتي:

$$KMnO_{4(aq)} + FeSO_{4(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + MnSO_{4(aq)} + K_2SO_{4(aq)} + H_2O_{(l)}$$

المعادلة الكلية:

$$K^+_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)} + Fe^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow 2Fe^{3+}_{(aq)} + 3SO_4^{2-}{}_{(aq)} + Mn^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2K^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

المعادلة النهائية:

$$MnO_4^-{}_{(aq)} + Fe^{2+}_{(aq)} + H^+_{(aq)} \rightarrow 2Fe^{3+}_{(aq)} + Mn^{2+}_{(aq)}$$

أنصاف التفاعل:

$Fe^{+2}{}_{2+} \rightarrow Fe^{+3}{}_{3+} + e^-$

$MnO_4^{-+7} + 5e^- \rightarrow Mn^{+2}{}_{2+}$

$10Fe^{2+} \rightarrow 10Fe^{3+} + 10e^-$

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

$+ 2Mn^{2+} + 8H_2O$

$10Fe^{2+} + 2MnO_4^- + 16H^+ \rightarrow 10Fe^{3+} + 2Mn^{2+} + 8H_2O$

$2(MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O)$

$5Fe^{2+} + 2MnO_4^- + 16H^+ + \cancel{10e^-} \rightarrow 10Fe^{3+} + 2Mn^{2+} + 8H_2O + \cancel{20e^-}$

المعادلة الموزونة:

$2KMnO_{4(aq)} + 10FeSO_{4(aq)} + 8H_2SO_{4(aq)} \rightarrow$

$5Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + 2MnSO_{4(aq)} + K_2SO_{4(aq)} + 8H_2O_{(l)}$

71. استخدِم طريقة عدد التأكسد في وزن معادلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $PbO_{(s)} + NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + H_2O_{(l)} + Pb_{(s)}$

$NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 3e^-$ أكسدة

$PbO_{(s)} + 2e^- \rightarrow Pb_{(s)}$ اختزال

b. $I_{2(s)} + NaS_2O_{3(aq)} \rightarrow Na_2S_2O_{4(aq)} + NaI_{(aq)}$

$2S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow 2S_2O_4^{2-}{}_{(aq)} + 2e^-$ أكسدة

$I_{2(s)} + 2e^- \rightarrow 2I^-{}_{(aq)}$ اختزال

c. $Sn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow SnCl_{2(aq)} + H_{2(g)}$

$Sn_{(s)} \rightarrow Sn^{2+}{}_{(aq)} + 2e^-$ أكسدة

$2H^+{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$ اختزال

72. استخدِم طريقة نصف التفاعل في وزن هذه المعادلات مضيفًا جزيئات الماء وأيونات الهيدروجين (في الوسط الحمضي)، أو أيونات الهيدروكسيد (في الوسط القاعدي) عند الحاجة. واحتفظ بالمعادلات الموزونة على صورة معادلة أيونية نهائية:

a. $Cl^-{}_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow ClO^-{}_{(aq)} + NO_{(g)}$

(في الوسط الحمضي)

$Cl^{-1}{}^- \rightarrow Cl^{+1}O^- + 2e^-$

$N^{+5}O_3^- + 3e^- \rightarrow N^{+2}O$

$Cl^- + H_2O \rightarrow ClO^- + 2H^+ + 2e^-$

$NO_3^- + 4H^+ + 3e^- \rightarrow NO + 2H_2O$

$3Cl^- + 3H_2O \rightarrow 3ClO^- + 6H^+ + 6e^-$

$2NO_3^- + 8H^+ + 6e^- \rightarrow 2NO + 4H_2O$

$3Cl^- + \cancel{3H_2O} + \cancel{2NO_3^-} + \cancel{8H^+} + \cancel{6e^-} \rightarrow$

$3ClO^- + \cancel{6H^+} + 2NO + \cancel{4H_2O} + \cancel{6e^-}$

$3Cl^-{}_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)} + 2H^+{}_{(aq)} \rightarrow 3ClO^-{}_{(aq)} + 2NO_{(g)} + H_2O_{(l)}$

b. $IO_3^-{}_{(aq)} + Br^-{}_{(aq)} \rightarrow Br_{2(l)} + IBr_{(s)}$

(في الوسط الحمضي)

$2Br^{-1}{}^- \rightarrow Br^0{}_2 + 2e^-$

$Br^- + I^{+5}O_3^- + 4e^- \rightarrow I^{+1}Br$

$4Br^- \rightarrow 2Br_2 + 4e^-$

$6H^+ + Br^- + IO_3^- + 4e^- \rightarrow IBr + 3H_2O$

$5Br^- + IO_3^- + 6H^+ + \cancel{4e^-} \rightarrow 2Br_2 + IBr + 3H_2O + \cancel{4e^-}$

$6H^+ + 5Br^- + IO_3^- \rightarrow 2Br_2 + IBr + 3H_2O$

$6H^+{}_{(aq)} + 5Br^-{}_{(aq)} + IO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow 2Br_{2(l)} + IBr_{(s)} + 3H_2O_{(l)}$

c. $I_{2(s)} + Na_2S_2O_{3(aq)} \rightarrow Na_2S_2O_{4(aq)} + NaI_{(aq)}$

(في الوسط الحمضي)

$S_2^{+2}O_3^{2-} \rightarrow S_3^{+3}O_4^{2-} + 2e^-$

$I_2^0 + 2e^- \rightarrow 2I^{-1}{}^-$

$S_2O_3^{2-} + H_2O \rightarrow S_2O_4^{2-} + 2H^+ + 2e^-$

$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$

$S_2O_3^{2-} + H_2O + I_2 + \cancel{2e^-} \rightarrow S_2O_4^{2-} + 2H^+ + 2I^- + \cancel{2e^-}$

$S_2O_3^{2-} + H_2O + I_2 \rightarrow S_2O_4^{2-} + 2H^+ + 2I^-$

$S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} + I_{2(s)} \rightarrow S_2O_4^{2-}{}_{(aq)} + 2H^+{}_{(aq)} + 2I^-{}_{(aq)}$

مراجعة عامة

73. حـدِّد عدد التأكسـد لكلّ عنصر من العنـاصر الظاهرة بلون داكن:

a. $\mathbf{OF_2}$
O: +2

b. $\mathbf{UO_2^{2+}}$
U: +6

c. $\mathbf{RuO_4}$
Ru: +8

d. $\mathbf{Fe_2O_3}$
Fe: +3

74. حدِّد كلًّا من التغيّرات الآتية فيما إذا كانت أكسدة أو اختزال:

a. $2Cl^-{}_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$
أكسدة

b. $Na_{(s)} \rightarrow Na^+{}_{(aq)} + e^-$
أكسدة

c. $Ca^{2+}{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Ca_{(s)}$
اختزال

d. $O_{2(g)} + 4e^- \rightarrow 2O_2{}^-{}_{(aq)}$
اختزال

75. استعمِل قواعد تحديد عدد التأكسد لإكمال **الجدول 7–6**.

الجدول 7 – 6 بيانات المركبين

العنصر	عدد التأكسد	القاعدة
K in KBr	+1	**7**
Br in KBr	**−1**	8
Cl in Cl_2	**0**	1
K in KCl	**+1**	7
Cl in KCl	−1	**8**
Br in Br_2	0	**1**

76. حدِّد العوامل المُختَزِلة في المعادلات الآتية:

a. $4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(l)}$

$\mathbf{\overset{0}{O}_2 \rightarrow \overset{-2}{NO}\ \overset{-2}{H_2O}}$ **(اختزال)**

$\mathbf{NH_3}$ **العامل المختَزِل**

b. $Na_2SO_{4(aq)} + 4C_{(s)} \rightarrow Na_2S_{(s)} + 4CO_{(g)}$

$\mathbf{\overset{+6}{S}O_4^{2-} \rightarrow \overset{-2}{S}^{2-}}$ **(اختزال)**

C **العامل المختَزِل**

c. $4IrF_{5(aq)} + Ir_{(s)} \rightarrow 5IrF_{4(s)}$

$\mathbf{\overset{+5}{IrF_5} \rightarrow \overset{+4}{IrF_4}}$ **(اختزال)**

Ir **العامل المختَزِل**

77. اكتـب معادلـة أيونيـة موزونـة مسـتعمِلًا أزواج أنصـاف تفاعلات الأكسدة والاختزال الآتية:

a. $Fe_{(s)} \rightarrow Fe^{2+}{}_{(aq)} + 2e^-,\ Te^{2+}{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Te_{(s)}$

$\mathbf{\overset{0}{Fe} \rightarrow Fe^{2+} + \cancel{2e^-}}$

$\mathbf{Te^{2+} + \cancel{2e^-} \rightarrow \overset{0}{Te}}$

$\mathbf{Fe + Te^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Te}$

b. $IO_4^-{}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow IO_3^-{}_{(aq)},\ Al_{(s)} \rightarrow Al^{3+}{}_{(aq)} + 3e^-$
(في الوسط الحمضي)

$\mathbf{3(\overset{+7}{I}O_4^- + 2H^+ + 2e^- \rightarrow \overset{+5}{I}O_3^- + H_2O)}$

$\mathbf{2(\overset{0}{Al} \rightarrow \overset{+3}{Al}^{3+} + \cancel{3e^-})}$

$\mathbf{3IO_4^- + 2Al + 6H^+ \rightarrow 3IO_3^- + 2Al^{3+} + 3H_2O}$

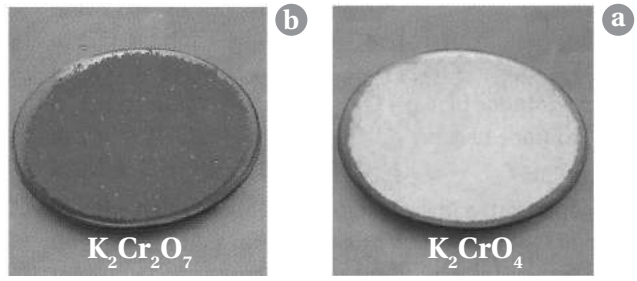
c. $I_{2(aq)} + 2e^- \rightarrow 2I^-{}_{(aq)},\ N_2O_{(g)} \rightarrow 2NO_3^-{}_{(aq)} + 8e^-$
(في الوسط القاعدي)

$\mathbf{4(\overset{0}{I}_2 + \cancel{2e^-} \rightarrow 2I^-)}$

$\mathbf{\overset{+1}{N}_2O + 5H_2O \rightarrow 2\overset{+5}{N}O_3^- + 10H^+ + \cancel{2e^-}}$

$\mathbf{4I_2 + N_2O + 5H_2O \rightarrow 8I^- + 2NO_3^- + 10H^+}$

78. مـا عدد تأكسـد الكـروم في كلٍّ مـن المركّبـات الموضَّحة في **الشكل 13–6**؟



الشكل 13–6

6+ في كليهما

79. زن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية الآتية بأيّ طريقة من طرائق وزن المعادلات.

a. $Sb^{3+}_{(aq)} + MnO_4^-{}_{(aq)} \rightarrow SbO_4^{3-}{}_{(aq)} + Mn^{2+}_{(aq)}$

(في الوسط الحمضي)

أكسدة $5(\overset{+3}{Sb}^{3+} + 4H_2O \rightarrow \overset{+5}{Sb}O_4^{3-} + 8H^+ + 2e^-)$

اختزال $2(\overset{+7}{Mn}O_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow \overset{+2}{Mn}^{2+} + 4H_2O)$

$5Sb^{3+} + \cancel{20H_2O} + 2MnO_4^- + \cancel{16H^+} + \cancel{10e^-} \rightarrow$

$5SbO_4^{3-} + \cancel{40H^+} + 2Mn^{2+} + \cancel{8H_2O} + \cancel{10e^-}$

$5Sb^{3+} + 2MnO_4^- + 12H_2O \rightarrow 5SbO_4^{3-} + 2Mn^{2+} + 24H^+$

b. $N_2O_{(g)} + ClO^-_{(aq)} \rightarrow Cl^-_{(aq)} + NO_2^-{}_{(aq)}$

(في الوسط القاعدي)

$N_2O + 6OH^- \rightarrow 2NO_2^- + 3H_2O + 4e^-$

أكسدة $H_2O + ClO^- + 2e^- \rightarrow Cl^- + 2OH^-$

اختزال $2H_2O + 2ClO^- + 4e^- \rightarrow 2Cl^- + 4OH^-$

$N_2O + \overset{2}{\cancel{6\,OH^-}} + \cancel{2H_2O} + 2ClO^- + \cancel{4e^-} \rightarrow 2NO_2^- + \cancel{3H_2O} + \cancel{4e^-} + 2Cl^- + \cancel{4OH^-}$

$N_2O + 2ClO^- + 2OH^- \rightarrow 2NO_2^- + 2Cl^- + H_2O$

80. الأحجار الكريمة الياقوت حجر كريم يتكوَّن من أكسيد الألومنيوم، أمّا لونه الأحمر فقد جاء من احتوائه على مقادير ضئيلة من أيونات الكروم III التي تحلّ محلّ أيونات الألومنيوم. ارسم تركيب أكسيد الألومنيوم، ووضِّح التفاعل الذي تحلّ فيه أيونات الكروم محلّ أيونات الألومنيوم، وهل هذا التفاعل تفاعل أكسدة واختزال؟

Al_2O_3: $Al_2O_3 + 2Cr^{3+} \rightarrow Cr_2O_3 + 2Al^{3+}$

لا، يُعدّ تفاعل أكسدة واختزال؛ لأنه لا يوجد تغيّر في أعداد التأكسد.

81. زن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية الآتية بأية طريقة من طرائق الوزن:

a. $Mg_{(s)} + Fe^{3+}_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Fe_{(s)}$

3(+2)

$Mg + Fe^{3+} \rightarrow Mg^{2+} + Fe$

2(−3)

$3Mg + 2Fe^{3+} \rightarrow 3Mg^{2+} + 2Fe$

b. (في الوسط الحمضي)

$ClO_3^-{}_{(aq)} + SO_{2(g)} \rightarrow Cl^-_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$

$3(\overset{+4}{S}O_2 + 2H_2O \rightarrow \overset{+6}{S}O_4^{2-} + 4H^+ + 2e^-)$

$\overset{+5}{Cl}O_3^- + 6H^+ + 6e^- \rightarrow \overset{-1}{Cl}^- + H_2O$

$3SO_2 + \cancel{6H_2O} + ClO_3^- + \cancel{6H^+} + 6e^- \rightarrow$

$3SO_4^{2-} + \cancel{12H^+} + Cl^- + \cancel{3H_2O} + 6e^-$

$3SO_2 + ClO_3^- + 3H_2O \rightarrow 3SO_4^{2-} + 6H^+ + Cl^-$

82. زن معادلات الأكسدة والاختزال الآتية بأيّ طريقة من طرائق الوزن:

a. $P_{(s)} + H_2O_{(l)} + HNO_{3(aq)} \rightarrow H_3PO_{4(aq)} + NO_{(g)}$

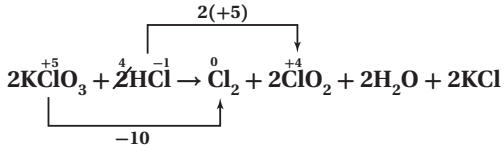
3(+5)

$\overset{0}{3P} + 2H_2O + 5\overset{+5}{H}\overset{+5}{N}O_3 \rightarrow 3H_3\overset{+5}{P}O_4 + 5\overset{+2}{N}O$

5(−3)

$3P + 2H_2O + 5HNO_3 \rightarrow 3H_3PO_4 + 5NO$

b. $KClO_{3(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow Cl_{2(g)} + ClO_{2(g)} + H_2O_{(l)} + KCl_{(s)}$



$$2KClO_3 + 4HCl \rightarrow Cl_2 + 2ClO_2 + 2H_2O + 2KCl$$

$$HCl \rightarrow ClO_2 + 5e^-$$

$$2HCl \rightarrow 2ClO_2 + 10e^-$$

$$2KClO_3 + 2H^+ + 2Cl^- + 2HCl + 10e^- \rightarrow Cl_2 + 2ClO_2 + 2H_2O + 2K^+ + 2Cl^-$$

$$2KClO_3 + 4HCl \rightarrow Cl_2 + 2ClO_2 + 2H_2O + 2KCl$$

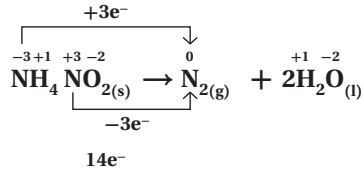
التفكير الناقد

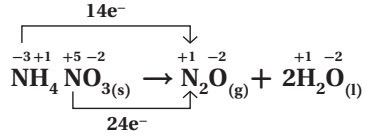
83. **طبِّق** تُبيِّن المعادلات الآتية تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تُستخدَم لتحضير غاز النيتروجين النقي وغاز ثاني أكسيد النيتروجين وغاز أول أكسيد النيتروجين N_2O في المختبر:

$$NH_4NO_{2(s)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

$$NH_4NO_{3(s)} \rightarrow N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

a. حدِّد عدد التأكسد لكلّ عنصر في المعادلتين، ثُمّ ارسم مخطَّطًا توضِّح فيه التغيّر في عدد التأكسد الذي يحدث في كلّ تفاعل.





b. حدِّد الذرة التي تأكسدت والذرة التي اختُزِلت في كِلا التفاعلين.

من N^{3-} إلى N_2؛ يفقد $3e^-$ (تأكسد)

من N^{3+} إلى N_2؛ يكتسب $3e^-$ (اختُزِل)

من N^{3-} إلى N^{1+}؛ يفقد $4e^-$ (تأكسد)

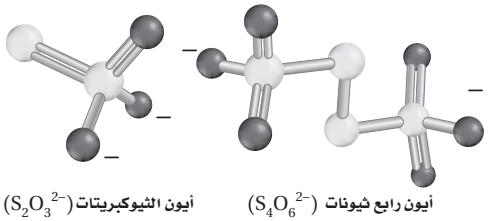
من N^{5+} إلى N^{1+}؛ يكتسب $4e^-$ (اختُزِل)

c. حدِّد العامل المؤكسِد والعامل المُختَزِل لكِلا التفاعلين. **يُعدّ كلٌّ من NO_2^- وNO_3^- (عاملًا مؤكسدًا)، في حين يُعدّ NH_4^+ عاملًا مُختَزِلًا.**

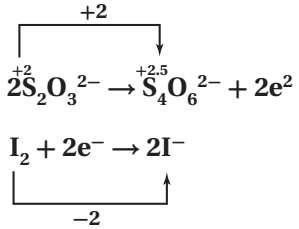
d. اكتب جملة توضِّح فيها كيف أن انتقال الإلكترونات الذي حدث في هذين التفاعلين يختلف عن التفاعل الآتي:
$2AgNO_{3(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow Zn(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$

في التفاعلين الأولين تأكسَد النيتروجين واختُزِل، أمّا في التفاعل الثالث فقد حدث تفاعل الأكسدة والاختزال بين عنصرين مختلفين.

84. **حلّل** ادرس المعادلة الأيونية الكلية أدناه، للتفاعل الذي يحدث عند تأكسد أيون الثيوكبريتات $S_2O_3^{2-}$ إلى أيون رابع ثيونات $S_4O_6^{2-}$. زن المعادلة مستعمِلًا طريقة نصف التفاعل. وسوف يساعدك **الشكل 14–6** على تحديد أعداد التأكسد لاستعمالها.



الشكل 14–6



(في الوسط الحمضي) $S_2O_3^{2-}{}_{(aq)} + I_{2(s)} \rightarrow I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$

85. **توقَّع** اعتبر بأن جميع المركّبات الآتية مركّبات مستقرة حقيقة، ما الذي يمكنك أن تستدلّ عليه عن حالة التأكسد للفوسفور في مركّباته؟

PH_3, PCl_3, P_2H_4, PCl_5, H_3PO_4, Na_3PO_3
للفوسفور حالات تأكسد متعدِّدة (3−، 2−، 3+، 5+) ممّا يجعله مرنًا عند اتحاده باللافلزات.

86. **جد الحلّ** تؤكسِد برمنجنات البوتاسيوم أيونات الكلوريد لتكون غاز الكلور. قم بموازنة معادلة تفاعل التأكسد والاختزال الذي يحدث في الوسط الحمضي.

$$2MnO_4^-{}_{(aq)} + 10Cl^-_{(aq)} + 16H^+_{(aq)} \rightarrow 2Mn^{2+}_{(aq)} + 5Cl_{2(aq)} + 8H_2O_{(l)}$$

87. في نصف التفاعل $NO_3^- \rightarrow NH_4^+$ ، في أيّ من الطرفين يجب إضافة الإلكترونات؟ قم بإضافة العدد الصحيح من الإلكترونات للطرف الذي يحتاج لذلك، ثُمّ أعد كتابة المعادلة.

انخفض عدد تأكسد N من 5+ إلى 3−؛ لذا يجب أن يكون N قد اكتسب 8 إلكترونات على الجانب الأيسر. $NO_3^- + 8e^- \rightarrow NH_4^+$

88. استعمل طريقة نصف التفاعل لوزن معادلة تفاعل الأكسدة والاختزال الذي يحدث بين أيونات ثاني كرومات وأيونات اليوديد في الوسط الحمضي والذي يوضحه **الشكل 15−6**.

الشكل 15−6

$2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$

$6I^- \rightarrow 3I_2 + 6e^-$

$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$

$$6I^-_{(aq)} + 14H^+_{(aq)} + Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow 3I_{2(s)} + 7H_2O_{(l)} + 2Cr^{3+}_{(aq)}$$

مسألة تحفيز

89. اكتب المعادلة الكيميائية لكلّ تفاعل موصوف فيما يأتي دون كتابة المعاملات لوزنها، ثُمّ حدِّد حالة التأكسد لكلّ عنصر في المعادلة. ثُمّ اكتب نصفي التفاعل محدِّدًا أيّهما نصف تفاعل أكسدة وأيّهما نصف تفاعل اختزال.

a. عند وضع أكسيد الزئبق الصُّلب في أنبوب وتسخينه بلطف يتكوَّن أكسيد الزئبق السائل في قاع أنبوب الاختبار وتتصاعد فقاعات غاز الأكسجين من أنبوب الاختبار.

$$\overset{+2}{\overset{\frown}{HgO}} \rightarrow O_2 + \overset{0}{\underset{\frown}{Hg}}$$
$$+2\ -2 \qquad 0 \qquad 0$$
$$-2$$

المعادلة الكيميائية $HgO_{(s)} \rightarrow O_{2(g)} + Hg_{(l)}$

حالات التأكسد $+2\ -2 \quad 0 \quad 0$

نصفي التفاعل

أكسدة $O^{-2} \rightarrow O_2 + 2e^-$

اختزال $Hg^{+2} + 2e^- \rightarrow Hg$

المعادلة الكيميائية الموزونة:

$$2HgO_{(s)} \rightarrow O_{2(g)} + 2Hg_{(l)}$$

b. عند وضع قطع من النحاس الصُّلب في محلول نترات الفضة، تتكوَّن نترات النحاس II الأزرق ويَظهَر فلز الفضة في المحلول.

المعادلة الكيميائية

$$AgNO_{3(aq)} + Cu_{(s)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + Ag_{(s)}$$

حالات التأكسد

$+1+5 \qquad -2 \qquad 0 \quad +2 \ +5 \ -2 \quad 0$

نصفي التفاعل

أكسدة $Cu^0 \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

اختزال $2e^- + Ag^+ \rightarrow Ag$

المعادلة الكيميائية الموزونة:

$$2AgNO_{3(aq)} + Cu_{(s)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$$

مراجعة تراكمية

استخدِم القائمة الآتية للإجابة عن الأسئلة من 90 إلى 93.

تحتوي خمس كؤوس 500 mL من محلول مائي تركيزه 0.250 M من المواد الكيميائية الآتية:

A. KCl

B. CH_3OH

C. $Ba(OH)_2$

D. CH_3COOH

E. $NaOH$

90. أيّ المواد ستتفكّك لأكبر عدد من الجسيمات عندما تكون في المحلول؟

C

91. أيّ المواد لها أكبر كتلة مولية؟

C

92. أيّ الكؤوس يمكن أن تحتوي على 9.32g من المادة الكيميائية؟

A

عدد المولات: $(0.250\ mol/L) \times (0.5\ L)$

الكتلة: $0.125\ \cancel{mol\ KCl} \times \left(\frac{74.56\ g\ KCl}{\cancel{mol\ KCl}}\right) = 9.32\ g\ KCl$

93. أيّ الكؤوس تتكوَّن محتوياتها من 18.6% أكسجين؟

C

الكتلة المولية لـ $Ba(OH)_2$**:**

$$= 2(15.999\ g/mol\ O) + 2(1.008\ g/mol\ H) + 137.327\ g/mol\ Ba$$

$$= 171.34\ g/mol$$

النسبة المئوية بالكتلة للأكسجين $= \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100\%$

$$= \frac{2(15.999\ g/mol\ O)}{171.34\ g/mol}$$

$$= 18.6\%\ O$$

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

94. الفولاذ ابحث عن دور تفاعلات الأكسدة والاختزال في صناعة الفولاذ، واكتب ملخَّصًا للنتائج التي حصلت عليها متضمِّنًا الرسوم المناسبة والمعادلات التي تُمثِّل التفاعلات.

قد تتضمّن إجابات الطلاب وصفًا ورسومًا لبعض الخامات الآتية أو جميعها:

الخامات الرئيسة للحديد وأكاسيده، الهيماتيت (Fe_2O_3)**، الماجنتيت** (Fe_3O_4)**، وكربونات الحديد** $FeCO_3$ **II، وتُعدّ أكثر خامات الحديد شيوعًا والتي تُختَزَل في الفرن اللافح. والتفاعل المهم في هذا الفرن هو تفاعل أكسدة الفحم لأول أكسيد الكربون:** $2C_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{(g)}$**. وكذلك اختزال خام الحديد بواسطة أول أكسيد الكربون الذي يتمّ في العادة على خطوات هي:**

$$CO_{(g)} + 3FeO_{3(s)} \rightarrow 2Fe_3O_{4(s)} + CO_{2(g)}$$

$$Fe_3O_{4(s)} + CO_{(g)} \rightarrow 3Fe_{(s)} + CO_{2(g)}$$

$$FeO_{(s)} + CO_{(g)} \rightarrow Fe_{(l)} + CO_{2(g)}$$

95. الأواني الفضية اكتب طريقة لتنظيف الأواني الفضية من الملوِّثات الناتجة عن عمليات الأكسدة والاختزال. وتأكّد من تضمين ذلك معلومات نظرية تصف فيها العملية في خطوات متسلسلة تجعل أيّ شخص قادرًا على تنفيذ هذه المهمة.

ستتنوَّع الإجابات، ولكن على الطلاب ابتداع طريقة منطقية تعتمد على المفاهيم التي تعلموها في مختبر الكيمياء لهذا الفصل.

96. النحاس كان النحاس فلزًّا مهمًّا قبل استخلاص فلزات الحديد والفضة والذهب خاصة، واستعمال خاماتها كأدوات وأواني ومجوهرات وأعمال فنية. وكان يُصهَر النحاس بتسخين خاماته مع الفحم لدرجة حرارة عالية، كما كان الحال قبل 8000 سنة مضت. قارن بين عمليات استخراج النحاس واستعمالاته في الحضارات القديمة والآن.

ستتنوَّع الإجابات.

أسئلة المستندات

أعمال الزجاج تتأثَّر الألوان المتكوِّنة في زجاج السيراميك كما في **الشكل 16–6** بدرجة حرارة التسخين، حيث تعطي الأيونات الفلزية للنحاس الذي له أكثر من حالة أكسدة ألوانًا مختلفة عند تسخينه. تتوفر كميات كبيرة من الأكسجين في أثناء عمليات الحرق ممّا يجعل أيونات النحاس الموجودة في الزجاج تلوِّن اللهب باللون الأخضر المائل إلى الزرقة. وفي حالة الاختزال يوجد الأكسجين بكميات قليلة، وتزداد كمية ثاني أكسيد الكربون مما يجعل أيونات النحاس في الزجاج تميل إلى اللون الأحمر.

الشكل 16–6

97. اكتب معادلة لما يحدث في الآنية الخزفية الموضَّحة في **الشكل 16–6**.

$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

98. استنادًا إلى لون الآنية الخزفية، هل تأكسد النحاس أم اختُزِل؟

اللون الأحمر: يكون Cu^{1+} الأكثر اختزالًا.
اللون الأخضر: يكون Cu^{2+} الأكثر تأكسدًا.

اختبار مُقنن

الصفحتان 35 – 34

أسئلة الاختيار من متعدِّد

1. أيٌّ ممّا يأتي لا يُعدّ عامِلا مُختَزِلًا في تفاعل الأكسدة والاختزال؟

a. المادة التي تأكسدت

b. مستقبل الإلكترون

c. المادة الأقل كهروسالبية

d. مانح الإلكترون

ⓑ

2. التفاعل بين النيكل وكلوريد النحاس II موضَّح على النحو الآتي:

$$Ni_{(s)} + CuCl_{2(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + NiCl_{2(aq)}$$

استعمل المعادلة الكيميائية في الإجابة عن السؤالين 2 و 3:

ما نصفي تفاعل الأكسدة والاختزال للتفاعل؟

a. $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-$, $Cl_{2(g)} \rightarrow 2Cl^-_{(aq)} + 2e^-$

b. $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + e^-$, $Cu^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

c. $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-$, $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

d. $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-$, $2Cu^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

ⓒ

3. العامل المختزل في المعادلة هو:

a. $NiCl_2$

b. Cu

c. $CuCl_2$

d. Ni

ⓓ

4. رقم التأكسد للكلور في $HClO_4$ هو:

a. +7

b. +5

c. +3

d. +1

ⓐ

5. العنصر الأعلى كهروسالبية بين العناصر الآتية F, N, O, Cl هو:

a. Cl

b. N

c. O

d. F

ⓓ

6. المادة التي عدد تأكسدها يساوي صفرًا هي:

a. Cu^{2+}

b. H_2

c. SO_3^{2-}

d. Cl^-

ⓑ

7. التفاعل بين يوديد الصوديوم والكلور موضح على النحو الآتي:

$$2NaI_{(aq)} + Cl_{2(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + I_{2(aq)}$$

أي الأسباب الآتية تبقي حالة تأكسد الصوديوم دون تغيير:

a. Na^+ أيون متفرج.

b. Na^+ لا يمكن أن يختزل.

c. Na^+ عنصر غير متحد.

d. Na^+ أيون أحادي الذرة.

ⓐ

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل المعادلة أدناه للإجابة عن السؤالين 9,8، علمًا أن المعادلة الأيونية الكلية بين اليود وأكسيد الرصاص IV موضحة على النحو الآتي:

$$I_{2(s)} + PbO_{2(s)} \rightarrow IO_3^-{}_{(aq)} + Pb^{2+}{}_{(aq)}$$

8. حدد عدد التأكسد لكل مشارك في التفاعل.

$$I_{2(s)} + PbO_{2(s)} \rightarrow IO^-_{3(aq)} + Pb^{2+}$$

أعداد التأكسد هي:

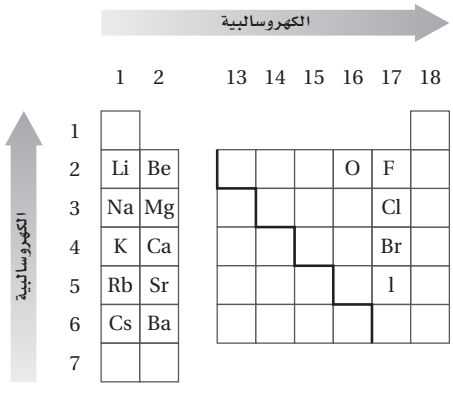
صفر **4+2−** **5+2−** **2+**

9. فسّر كيف تحدد العنصر الذي تأكسد والعنصر الذي اختزل.

العناصر التي تأكسدت زاد عدد تأكسدها (I) أما العناصر التي اختزلت فقد قل عدد تأكسدها (Pb).

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل جدول العناصر الآتي للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 12.



10. أي العناصر تمثل أقوى عامل مؤكسد؟

F

11. أي العناصر تمثل أقوى عامل مختزل؟

Cs

12. أي العناصر لها أقل كهروسالبية؟

Cs