تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية

*للحصول على أوراق عمل لجميع الصفوف وجميع المواد اضغط هنا

https://almanahj.com/ae

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الثاني عشر العام اضغط هنا https:// 12/ae/com.almanahj//:https

* للحصول على جميع أوراق الصف الثاني عشر العام في مادة كيمياء ولجميع الفصول, اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/12chemistry

* للحصول على أوراق عمل لجميع مواد الصف الثاني عشر العام في مادة كيمياء الخاصة بـ الفصل الثاني اضغط هنا

https://almanahj.com/ae/12chemistry2

* لتحميل كتب جميع المواد في جميع الفصول للـ الصف الثاني عشر العام اضغط هنا https:// grade12/ae/com.almanahj//:https

للتحدث إلى بوت المناهج على تلغرام: اضغط هنا https:// bot_almanahj/me.t//:https

@Grade11UAE
@grade12ua_e

الاتزان الكيميائي

4-1 حالة الاتزان الديناميكي

الصفحات 120 - 132

مسائل تدريبية

الصفحات 127 - 131

1. اكتب تعابير ثابت الاتزان للمعادلات الآتية:

a. $N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$

$$K_{eq} = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

b. $2H_2S_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + S_{2(g)}$

$$K_{eq} = \frac{[H_2]^2[S_2]}{[H_2S]^2}$$

c. $CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$

$$K_{eq} = \frac{[CH_4][H_2O]}{[CO][H_2]^3}$$

d. $4NH_{3(g)} + 5O_{2(g)} \rightleftharpoons 4NO_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$

$$K_{eq} = \frac{[NO]^4[H_2O]^6}{[NH_3]^4[O_2]^5}$$

e. $CH_{4(g)} + 2H_2S_{(g)} \rightleftharpoons CS_{2(g)} + 4H_{2(g)}$

$$K_{eq} = \frac{[CS_2][H_2]^4}{[CH_4][H_2S]^2}$$

2. تحفيز اكتب المعادلة الكيميائية التي تُمثِّل تعبير ثابت الاتزان الآتي:

$$K_{eq} = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2}$$

$$\mathbf{2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}}$$

3. اكتب تعبير ثابت الاتزان غير المتجانس لكلٍّ ممّا يلي:

a. $C_{10}H_{8(s)} \rightleftharpoons C_{10}H_{8(g)}$

$$K_{eq} = [C_{10}H_{8(g)}]$$

b. $H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$

$$K_{eq} = [H_2O_{(g)}]$$

c. $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

$$K_{eq} = [CO_{2(g)}]$$

d. $C_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$

$$K_{eq} = \frac{[CO_{(g)}][H_{2(g)}]}{[H_2O_{(g)}]}$$

e. $FeO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Fe_{(s)} + CO_{2(g)}$

$$K_{eq} = \frac{[CO_{2(g)}]}{[CO_{(g)}]}$$

4. **تحفيز** يتفاعل الحديد الصُّلب مع غاز الكلور لتكوين كلوريد الحديدIII $FeCl_3$. اكتب معادلة كيميائية موزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعل.

$$\mathbf{2Fe_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2FeCl_{3(s)}}$$

$$K_{eq} = \frac{1}{[Cl_2]^3}$$

5. احسب قيمة K_{eq} للاتزان:

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

إذا علمت أن:

$[N_2O_4] = 0.0185\ mol/L,$

$[NO_2] = 0.0627\ mol/L$

$$K_{eq} = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{(0.0627)^2}{(0.0185)} = 0.213$$

6. احسب قيمة K_{eq} للاتزان

$$CO_{(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_{4(g)} + H_2O_{(g)}$$

إذا علمت أن:

$[CO] = 0.0613\ mol/L,$

$[H_2] = 0.1839\ mol/L,$

$[CH_4] = 0.0387\ mol/L,$

$[H_2O] = 0.0387\ mol/L$

$$K_{eq} = \frac{[CH_4][H_2O]}{[CO][H_2]^3} = \frac{(0.0387)(0.0387)}{(0.0613)(0.1839)^3} = 3.93$$

7. **تحفيز** يصل التفاعل $COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$ إلى حالة الاتـزان عند درجة حرارة 900 K، فـإذا كان تركيز كلٍّ من CO و Cl_2 هو 0.150 M عند الاتزان، فما تركيز $COCl_2$ ؟ علمًا أن ثابت الاتزان K_{eq} عند درجة الحرارة نفسها يساوي 8.2×10^{-2}.

$$\frac{[CO][Cl_2]}{[COCl_2]} = 8.2\times10^{-2}$$

$$\frac{(0.150)(0.150)}{[COCl_2]} = 8.2\times10^{-2}$$

$$[COCl_2] = \frac{(0.150)(0.150)}{(8.2\times10^{-2})} = 0.27\ M$$

التقويم 4-1

الصفحة 132

8. فسر كيف ترتبط قيمة ثابت الاتزان مع كمية النواتج K_{eq}؟
كلما زادت قيمة ثابت الاتزان، زادت كمية المواد الناتجة المتكوِّنة عند الاتزان.

9. **قارن** بين الاتزان المتجانس والاتزان غير المتجانس.
في حالة الاتزان المتجانس، تكون جميع المواد المتفاعلة والناتجة في الحالة الفيزيائية نفسها، في حين تكون في حالات فيزيائية مختلفة في حالة الاتزان غير المتجانس.

10. **عدِّد** ثلاث خواص يجب أن توجد في خليط تفاعل ليصل إلى حالة اتزان.
للوصول إلى حالة الاتزان، يجب أن يكون مزيج التفاعل في وعاء مغلق، وعند درجة حرارة ثابتة، وأن تتواجد المواد المتفاعلة والناتجة جميعها في الوعاء نفسه.

11. احسب قيمة K_{eq} عند درجة حرارة 400 K للتفاعل الآتي:

$$PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)}$$

إذا علمت أنّ:

$[PCl_5] = 0.135\ mol/L, [PCl_3] = 0.550\ mol/L,$
$[Cl_2] = 0.550\ mol/L$

$$K_{eq} = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]}$$

$$K_{eq} = \frac{(0.550)(0.550)}{(0.135)} = 2.24$$

12. **فسِّر البيانات** يوضِّح الجدول الآتي قيم ثابت الاتزان عند ثلاث درجات حرارة مختلفة. في أيٍّ منها يكون تركيز النواتج أكبر؟ فسِّر إجابتك.

ثابت الاتزان ودرجات الحرارة		
373 K	273 K	263 K
4.500	0.500	0.0250

373k، بما أن المواد الناتجة تكون في بسط المعادلة. لذا، فكلما زادت قيمة K_{eq}، زاد تركيز المواد الناتجة.

4-2 العوامل الموثِّرة في الاتزان الكيميائي

الصفحات 139 – 133

التقويم 4-2

الصفحة 139

13. فسر كيف يستجيب النظام في حالة الاتزان إلى الجهد؟ واذكر العوامل التي تؤثِّر في نظام متَّزن.
يمكن أن يتحوَّل الاتزان نحو الاتجاه الذي يقلِّل من أثر التغيّرات ومعدّلها. ومن العوامل التي يمكن أن تؤثِّر في الاتزان: التغيّر في التركيز، والضغط (أو الحجم)، ودرجة الحرارة.

14. فسر كيف يؤثِّر تقليل حجم وعاء التفاعل في كلّ نظام اتزان ممّا يأتي؟

a. $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$
ينزاح الاتزان نحو اليمين.

b. $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$
ليس له أيّ تأثير في الاتزان.

15. قرِّر ما إذا كان رفع درجة الحرارة أو خفضها يُنتِج المزيد من CH_3CHO في معادلة الاتزان الآتية:
$C_2H_{2(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CH_3CHO_{(g)} \quad \Delta H^\circ = -151\ kJ$

قيمة ΔH° سالبة. لذا يُعدّ التفاعل طاردًا للطاقة، وانطلقت الحرارة على صورة نواتج، ويؤدي تناقص النواتج (خفض درجات الحرارة) انزياح التفاعل نحو اليمين لإنتاج مزيدٍ من المواد الناتجة. لذا، سيَنتُج مزيدٌ من CH_3CHO عند درجات الحرارة المنخفضة.

16. وضح يُظهِر الجدول تراكيز مادتين A وB في خليطي تفاعل، يتفاعلان حسب المعادلة $2A \rightleftharpoons B$ و$K_{eq} = 200$. هل المزيجان عند موضعي اتزان مختلفين؟

التركيز mol/L		
تفاعل	[A]	[B]
1	0.0100	0.0200
2	0.0500	0.400

التفاعل 1:

$$\frac{[B]}{[A]^2} = \frac{(0.0200)}{(0.0100)^2} = 200$$

التفاعل 2:

$$\frac{[B]}{[A]^2} = \frac{(0.500)}{(0.0500)^2} = 200$$

المزيجان عند موضع الاتزان نفسه.

17. صمِّم خريطة مفاهيمية توضِّح طرائق تطبيق مبدأ لوتشاتلييه لزيادة النواتج في نظام اتزان وزيادة المتفاعلات في النظام نفسه.

يجب أن تُظهِر خريطة المفاهيم أن تركيز المواد الناتجة تزداد بازدياد تركيز المواد المتفاعلة، أو بإزالة (أو تقليل) النواتج، أو برفع درجة الحرارة أو تخفيضها؛ اعتمادًا على كون التفاعل ماصًّا أو طاردًا للحرارة.

3- 4 استعمال ثوابت الاتزان

الصفحات 150 - 140

مسائل تدريبية

الصفحات 148 - 141

18. يَنتُج الميثانول عن تفاعل أول أكسيد الكربون مع الهيدروجين: $CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)}$، فإذا كان $K_{eq} = 10.5$ عند درجة حرارة محدَّدة، فاحسب التراكيز الآتية:

a. $[CO]$ في خليط اتزان يحتوي على $0.933\ mol/L\ H_2$ و$1.32\ mol/L\ CH_3OH$

$$K_{eq} = \frac{[CH_3OH]}{[CO][H_2]^2}$$

$$10.5 = \frac{(1.32)}{[CO](0.933)^2}$$

$$[CO] = 0.144\ M$$

b. $[H_2]$ في خليط اتزان يحتوي على $1.09\ mol/L\ CO$ و$0.325\ mol/L\ CH_3OH$

$$K_{eq} = \frac{[CH_3OH]}{[CO][H_2]^2}$$

$$10.5 = \frac{(0.325)}{(1.09)[H_2]^2}$$

$$[H_2] = 0.169\ M$$

c. $[CH_3OH]$ في خليط اتزان يحتوي على $0.0661\ mol/L\ H_2$ و$3.85\ mol/L\ CO$

$$K_{eq} = \frac{[CH_3OH]}{[CO][H_2]^2}$$

$$10.5 = \frac{[CH_3OH]}{(3.85)(0.0661)^2}$$

$$[CH_3OH] = (10.5)(3.85)(0.0661)^2 = 0.177\ M$$

19. **تحفيـز** في التفاعـل العـام $A+B \rightleftharpoons C+D$، إذا سُـمح لـ 1.0 mol/L مـن A بالتفاعل مـع 1.0 mol/L من B في دورق حجمـه 1 L إلى أن يصلا إلى حالة اتزان. فإذا كان تركيـز A عنـد الاتـزان 0.450 mol/L ، فـما تراكيز المواد الأخرى عند الاتزان؟ وما قيمة K_{eq} ؟

استنـادًا إلى الحسابـات الكيميائيـة للمعادلـة، فـإن تركيز B يسـاوي: 0.450 M، في حـين إن تركيـز كلٍّ مـن C، وD يساوي: $1.00 - 0.450 = 0.550$ M.

$$K_{eq} = \frac{(0.550)(0.550)}{(0.450)(0.450)} = 1.49$$

20. استعمِل البيانات في **الجدول 3–4** لحساب الذائبية المولارية mol/L للمركّبـات الأيونيـة الآتيـة عنـد درجـة حـرارة 298 K.

اكتب المعادلة الموزونة لكلّ تفاعل، ثُمّ احسب المولارية:

a. $PbCrO_4$

$$PbCrO_{4(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+}{}_{(aq)} + CrO_4{}^{2-}{}_{(aq)}$$

s mol/L s mol/L s mol/L

$$K_{sp} = [Pb^{2+}][CrO_4{}^{2-}]$$

$$2.33\times10^{-13} = (s)(s) = s^2$$

$$s = \sqrt{2.33\times10^{-13}} = 4.8\times10^{-7}\,M$$

b. AgCl

$$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^{+}{}_{(aq)} + Cl^{-}{}_{(aq)}$$

s mol/L s mol/L s mol/L

$$K_{sp} = [Ag^{+}][Cl^{-}]$$

$$1.8\times10^{-10} = (s)(s) = s^2$$

$$s = \sqrt{1.8\times10^{-10}} = 1.3\times10^{-5}\,M$$

c. $CaCO_3$

$$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons Ca^{2+}{}_{(aq)} + CO_3{}^{2-}{}_{(aq)}$$

s mol/L s mol/L s mol/L

$$K_{sp} = [Ca^{2+}][CO_3{}^{2-}]$$

$$3.4\times10^{-9} = (s)(s) = s^2$$

$$s = \sqrt{3.4\times10^{-9}} = 5.8\times10^{-5}\,M$$

21. **تحفيـز** إذا علمـت أن K_{sp} لكربونـات الرصـاص $PbCO_3$ يسـاوي 7.40×10^{-14} عنـد 298 K، فـما ذائبيـة كربونات الرصاص g/L؟

$$K_{sp} = [Pb^{2+}][CO_3{}^{2-}] = 7.40\times10^{-14}$$

$$(s)(s) = 7.40\times10^{-14}$$

$$s = \sqrt{7.40\times10^{-14}} = 2.72\times10^{-7}\,M$$

$$s = 2.72\times10^{-7}\,mol/L \times 267.2\,g/mol$$

$$= 7.27\times10^{-5}\,g/L$$

22. استعمِل قيم K_{sp} الموجودة في **الجدول 3–4** لحساب:

a. $[Ag^+]$ في محلول AgBr عند الاتزان.

$$AgBr_{(s)} \rightleftharpoons Ag^{+}{}_{(aq)} + Br^{-}{}_{(aq)}$$

s mol/L s mol/L s mol/L

$$K_{sp} = [Ag^{+}][Br^{-}]$$

$$5.4\times10^{-13} = (s)(s) = s^2$$

$$s = \sqrt{5.4\times10^{-13}}$$

$$= 7.3\times10^{-7}\,M = [Ag^{+}]$$

b. $[F^-]$ في محلول مشبع من CaF_2.

$$CaF_{2(s)} \rightleftharpoons Ca^{2+}{}_{(aq)} + 2F^{-}{}_{(aq)}$$

s mol/L s mol/L 2s mol/L

$$s = \frac{1}{2}[F^-]$$

$$K_{sp} = [Ca^{2+}][F^-]^2$$

$$3.5\times10^{-11} = (s)(2s)^2 = 4s^3$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{3.5\times10^{-11}}{4}}$$

$$= 2.1\times10^{-4}\,M$$

$$\frac{1}{2}[F^-] = 2.1\times10^{-4}\,M$$

$$[F^-] = 4.2\times10^{-4}\,M$$

c. $[Ag^+]$ في محلول من Ag_2CrO_4 عند الاتزان.

$$Ag_2CrO_{4(s)} \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + CrO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

$$s\ mol/L \quad 2s\ mol/L \quad s\ mol/L$$

$$s = \frac{1}{2}[Ag^+]$$

$$K_{sp} = [Ag^+]^2[CrO_4^{2-}]$$

$$1.1\times10^{-12} = (2s)^2(s) = 4s^3$$

$$s = \sqrt[3]{\frac{1.1\times10^{-12}}{4}}$$

$$= 6.5\times10^{-5}\,M$$

$$\frac{1}{2}[Ag^+] = 6.5\times10^{-5}\,M$$

$$[Ag^+] = 1.3\times10^{-4}\,M$$

23. احسب ذائبية Ag_3PO_4.

$$K_{sp} = [Ag^+]^3[PO_4^{3-}] = 2.6\times10^{-18}$$

$$[PO_4^{3-}] = s,\ [Ag^+] = 3s$$

$$(3s)^3(s) = (27s^3)(s) = 27s^4 = 2.6\times10^{-18}$$

$$s = \sqrt[4]{\frac{2.6\times10^{-18}}{27}} = 1.8\times10^{-5}\ mol/L$$

24. **تحفيز** ذائبية كلوريد الفضة $(AgCl) = 1.86\times10^{-4}\ g/100\ g$ في الماء عند درجة حرارة 298 K. احسب K_{sp} لـ AgCl.

$$s = \frac{1.86\times10^{-4}\ g}{100\ g\ H_2O}\times\frac{1000\ g\ H_2O}{1\ L}$$

$$= 1.86\times10^{-3}\ g/L$$

$$s = \frac{1.86\times10^{-3}\ g}{1\ L}\times\frac{1\ mol}{143.4\ g} = 1.30\times10^{-5}\ mol/L$$

$$K_{sp} = [Ag^+][Cl^-] = (s)(s)$$

$$K_{sp} = (1.30\times10^{-5}\ mol/L)(1.30\times10^{-5}\ mol/L)$$

$$= 1.7\times10^{-10}$$

25. استعمِل قيم K_{sp} من **الجدول 3–4** لتتوقَّع هل سيتكوَّن راسب عند خلط كميات متساوية من المحاليل الآتية أم لا:

a. $0.030\ M\ NaF$ و $0.10\ M\ Pb(NO_3)_2$

$$PbF_{2(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+}_{(aq)} + 2F^-_{(aq)}$$

$$Q_{sp} = [Pb^{2+}][F^-]^2 = (0.050\ M)(0.015\ M)^2$$

$$= 1.12\times10^{-5}$$

$$K_{sp} = 3.3\times10^{-8}$$

$K_{sp} < Q_{sp}$؛ لأن: سيتكوَّن راسب من PbF_2

b. $0.010\ M\ AgNO_3$ و $0.25\ M\ K_2SO_4$

$$Ag_2SO_{4(s)} \rightleftharpoons 2Ag^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

$$Q_{sp} = [Ag^+]^2[SO_4^{2-}] = (0.0050\ M)^2(0.125\ M)$$

$$= 3.1\times10^{-6}$$

$$K_{sp} = 1.2\times10^{-5}$$

$K_{sp} > Q_{sp}$؛ لأن: لن يتكوَّن راسب من Ag_2SO_4

26. **تحفيز** هل يتكوَّن راسب عند إضافة 250 mL من $0.20\ M\ MgCl_2$ إلى 750 mL من $0.0025\ M\ NaOH$؟

احسب تراكيز كلٍّ من Mg^+، وOH^-، ثُمّ احسب Q_{sp} وقارنه بـ K_{sp}:

$$[Mg^{2+}] = 0.20\ M\times\frac{250\ mL}{1000\ mL} = 0.050\ M$$

$$[OH^-] = 0.0025\ M\times\frac{750\ mL}{1000\ mL} = 0.0019\ M$$

$$Q_{sp} = [Mg^{2+}][OH^-]^2 = (0.050\ M)(0.0019\ M)^2$$

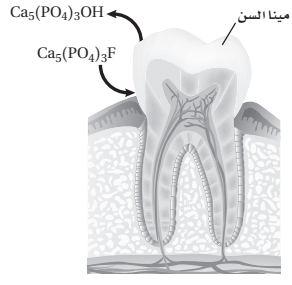
$$= 1.8\times10^{-7}$$

$$K_{sp} = 5.6\times10^{-12}$$

$K_{sp} < Q_{sp}$؛ لأن: سيتكوَّن راسب

مختبر حل المشكلات

الصفحة 150



التفكير الناقد

1. **اكتب** معادلة ذوبان هيدروكسي الأباتيت وتعبير ثابت الاتزان له. كيف تختلف الظروف في الفم عن الظروف في الاتزان الفعلي؟

$$Ca_5(PO_4)_3OH_{(s)} \rightleftharpoons 5Ca^{2+}_{(aq)} + 3PO_4^{3-}{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$K_{sp} = [Ca^{2+}]^5[PO_4^{3-}]^3[OH^-]$$

لا يُعدّ الفم نظامًا مغلقًا؛ وذلك لأن اللعاب يُنتَج ويُبلَع بانتظام.

2. **اكتب** معادلة تصف تفاعل الإحلال المزدوج الذي يحدث بين هيدروكسي الأباتيت وفلوريد الصوديوم.

$$Ca_5(PO_4)_3OH + NaF \rightleftharpoons NaOH + Ca_5(PO_4)_3F$$

3. **احسب** ذائبية هيدروكسي الأباتيت والفلوروأباتيت في الماء، ثُمّ قارن ذائبيتها.

بالنسبة إلى هيدروكسي الأباتيت:

افترض أن: (الذائبية)$s = [OH^-]$، عندئذٍ:

$$[Ca^{2+}] = 5s,\ [PO_4^{3-}] = 3s$$

$$K_{sp} = [Ca^{2+}]^5[PO_4^{3-}]^3[OH^-] = 6.8\times10^{-37}$$

$$Ca_5(PO_4)_3OH \text{ ذائبية} = (5s)^5(3s)^3(s) = 6.8\times10^{-37}$$

$$84{,}375\ s^9 = 6.8\times10^{-37}$$

$$s = \sqrt[9]{\frac{6.8\times10^{-37}}{84375}} = 2.7\times10^{-5}\text{M}$$

$$Ca_5(PO_4)_3OH \text{ ذائبية} = 2.7\times10^{-5}\text{M}$$

بالنسبة إلى الفلوروأباتيت:

$$(5s)^5(3s)^3(s) = 1\times10^{-60}$$

$$84374s^9 = 1\times10^{-60}$$

$$s = \sqrt[9]{\frac{1\times10^{-60}}{84375}} = 6\times10^{-8}\text{M}$$

$$Ca_5(PO_4)_3F \text{ ذائبية} = 6\times10^{-8}\text{M}$$

$$\frac{2.7\times10^{-5}\text{M}}{6\times10^{-8}\text{M}} = 450$$

ذائبية هيدروكسي الأباتيت أكبر بـ 450 مرّة من ذائبية الفلوروأباتيت.

التقويم 3 - 4

الصفحة 150

27. **اكتب** المعلومات التي تحتاج إليها لحساب تركيز ناتج في خليط التفاعل عند الاتزان.

سنحتاج إلى: تراكيز المتفاعلات، وتراكيز النواتج جميعها، وK_{sp}.

28. **فسر** كيف تَستخدِم ثابت حاصل الذائبية في حساب ذائبية مركّب أيوني قليل الذوبان؟

اكتب معادلة التفاعل عند الاتزان وتعبير ثابت حاصل الذوبان؛ لتساوي قيمة s الذائبية المولية للمركّب. واستبدل مضاعفات s المناسبة في تعبير ثابت حاصل الذوبان، ثُمّ جِد قيمة s.

29. **صف** كيف يُقلِّل وجود الأيون المشترك ذائبية المركّب الأيوني؟

يقلّل الأيون المشترك الذائبية بتحويل اتجاه الاتزان نحو المادة الصُلبة الراسبة.

30. وضِّح الفرق بين K_{sp} وQ_{sp}. وهل يُعدّ Q_{sp} ثابت اتزان؟

يُعدّ Q_{sp} حاصل ضرب تراكيز الأيونات التي يمكن أن تكون موجودة في محلول مركّب أيوني. وتُقاس قيمته للمقارنة بقيمة K_{sp} التي تُعبِّر عن حاصل ضرب تراكيز الأيونات الموجودة فعليًّا في محلول مشبع. حيث يُعدّ K_{sp} ثابت الاتزان، في حين لا يُعدّ Q_{sp} ثابت اتزان.

31. احسب ذائبية كربونات الماغنسيوم $MgCO_3$ في الماء النقي إذا كان K_{sp} يساوي 2.6×10^{-9} .

$$[Mg^{2+}][CO_3^{2-}] = 2.6\times10^{-9}$$

$$s^2 = 2.6\times10^{-9}$$

$$s = \sqrt{2.6\times10^{-9}} = 5.1\times10^{-5}\,M$$

32. صمِّم تجربة اعتمادًا على الذائبية لتوضِّح أيّ الأيونين Mg^{2+} أو Pb^{2+} يوجد في محلول مائي.

بما أن كرومات الماغنسيوم ذائبة، وكرومات الرصاص غير ذائبة. لذا، أضف 10.0 mL من محلول كرومات البوتاسيوم تركيزه 0.10 M إلى 100.0mL من محلول مائي غير معروف. فإذا احتوى المحلول المجهول على أيون الماغنسيوم، فلن يتكوَّن راسب من $MgCrO_4$. أمّا إذا احتوى المحلول المجهول على أيون الرصاص II فسوف تترسّب الصُّلبة الصفراء اللون $PbCrO_4$.

الكيمياء والصحة

الكتابة في الكيمياء

ابحث عن أزمة الاختناق عند النوم، كيف يمكن أن يؤثِّر حدوث الاختناق في اتزان هيموجلوبين الجسم؟ للمزيد من المعلومات عن الهيموجلوبين ووظيفته في جسم الإنسان ارجع إلى الموقع www.obeikaneducation.com

قد يؤدي انقطاع التنفس في أثناء النوم إلى تقليل كمية الأكسجين في الرئتين. ويحدث الأثر نفسه الناتج عن التنفس في هواء الجبال المرتفعة. ويسبِّب الاتزانُ إنتاجَ الأكسجين بمعدل مرتفع ممّا يدفع جزيئات الأكسجين إلى البقاء في الرئتين فيؤدي ذلك إلى خروج الدم حاملًا معه كميات قليلة من الأكسجين. ويؤدي التركيز المنخفض لأكسجين هيموجلوبين الدم المؤكسَد إلى تحريـر كمية أقلّ من جزيئات الأكسجين في الأجزاء الأخرى من الجسم؛ ونتيجة لذلك ستَنتُج طاقة أقلّ تؤدي إلى شعور الشخص بالإعياء والتعب.

الفصل 4 مراجعة الفصل

الصفحات 157 - 154

4-1

إتقان المفاهيم

33. صف حالة اتزان تحدث في الحياة اليومية بين عمليتين متعاكستين.

يمكن أن تشمل الحالات مجموعة المركَبات التي تعبُر الجسر ذهابًا وإيابًا، وركوب دراجة هوائية، والتوازن على لعبة السيسو، والتوازن بالوقوف على اليدين، وغيرها.

34. إذا قيل لك إن تراكيز المتفاعلات والنواتج لا تتغيّر فلماذا تُستعمَل كلمة ديناميكي لوصف الاتزان الكيميائي؟

تستمر المتفاعلات في إنتاج النواتج، وتستمر النواتج في إنتاج المتفاعلات.

35. هل تُمثِّل المعادلة الآتية اتزانًا متجانسًا أم غير متجانس؟ فسِّر إجابتك: $H_2O_{(s)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)}$

تُمثِّل المعادلة اتزانًا غير متجانس؛ لأن المتفاعلات والنواتج متمثِّلة في أكثر من حالة فيزيائية.

36. ما المقصود بموضع الاتزان؟

موضع الاتزان مجموعة محدَّدة من تراكيز الاتزان.

37. وضِّح كيفية كتابة تعبير ثابت اتزان.

نسبة تراكيز النواتج إلى نسبة تراكيز المتفاعلات مع كلّ تركيز مرفوع إلى قوة حسب معاملها في المعادلة الموزونة.

38. لماذا يجب أن تعير انتباهك للحالات الفيزيائية للنواتج والمتفاعلات عند كتابة تعابير ثابت الاتزان؟

تُحذَف تراكيز السوائل والمواد الصُّلبة النقية من تعبير ثابت الاتزان.

39. لماذا تعني قيمة K_{eq} الكبيرة عدديًّا أن النواتج مفضلة في نظام الاتزان؟

تعبّر قيمة K_{sp} الكبيرة عدديًّا عن أن تراكيز النواتج الموجودة في البسط أكبر من تراكيز المتفاعلات الموجودة في المقام.

40. ماذا يحدث لـ K_{eq} لنظام متَّزن، إذا تمّ إعادة كتابة معادلة التفاعل بطريقة عكسية؟

تكون القيمة الجديدة لـ K_{eq} هي مقلوب قيمتها الأصلية.

41. كيف لنظام الاتزان أن يحتوي على كميات صغيرة وغير متغيّرة من النواتج، وفي الوقت نفسه يحتوي على كميات كبيرة من المتفاعلات؟ كيف يمكن أن تبرِّر K_{eq} لمثل هذا الاتزان؟

يحدث مثل هذا الاتزان إذا تفاعلت النواتج الأولية المتكوِّنة بسرعة لدرجة تصبح معها سرعة التفاعل العكسي مساوية لسرعة التفاعل الأمامي. ويجب أن تكون قيمة K_{eq} العددية صغيرة. ولا تتغيّر تراكيز المتفاعلات والنواتج، حيث يمرّ كلّ جزيء من المتفاعلات والنواتج بتغيّر كيميائي عندما تتساوى سرعة التفاعلين الأمامي والعكسي.

إتقان حلّ المسائل

42. اكتب تعبير ثابت الاتزان لكلّ اتزان متجانس فيما يأتي:

a. $2N_2H_{4(g)} + 2NO_{2(g)} \rightleftharpoons 3N_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$

$$K_{eq} = \frac{[N_2]^3[H_2O]^4}{[N_2H_4]^2[NO_2]^2}$$

b. $2NbCl_{4(g)} \rightleftharpoons NbCl_{3(g)} + NbCl_{5(g)}$

$$K_{eq} = \frac{[NbCl_3][NbCl_5]}{[NbCl_4]^2}$$

43. افترض أن لديك مكعبًا من فلز المنجنيز النقي طول ضلعه 5.25cm، وكتلته تساوي 1076.6 g، فما التركيز المولاري للمنجنيز في المكعب؟

احسب حجم المكعب وحوِّله إلى وحدة L:

$$\text{حجم المكعب} = (5.25\ \text{cm})^3 = 145\ \text{cm}^3$$

$$145\ \cancel{\text{cm}^3} \times \frac{1\ \text{L}}{1000\ \cancel{\text{cm}^3}} = 0.145\ \text{L}$$

الكتلة المولية للمنجنيز = 54.94 g/mol

احسب عدد مولات المنجنيز:

$$1076.6\ \cancel{\text{g Mn}} \times \frac{1\ \text{mol Mn}}{54.94\ \cancel{\text{g Mn}}} = 19.596\ \text{mol Mn}$$

احسب التركيز المولاري:

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

$$\frac{19.596\ \text{mol}}{0.145\ \text{L}} = 135\ \text{mol/L Mn}$$

44. قيمة K_{eq} للتفاعل $A + 2B \rightleftharpoons C$ تساوي 3.63، يوضِّح **الجدول 5–4** تراكيز المتفاعلات والنواتج في خليط تفاعلين مختلفين عند درجة الحرارة نفسها. حدِّد ما إذا كان التفاعلان في حالة اتزان.

الجدول 5–4 تراكيز A وB وC

A (mol/L)	B (mol/L)	C (mol/L)
0.500	0.621	0.700
0.250	0.525	0.250

احسب K_{eq} باستعمال البيانات الواردة في الجدول أعلاه:

$$K_{eq} = \frac{[C]}{[A][B]^2} = 3.63$$

$$\frac{(0.700)}{(0.500)\ (0.621)^2} = 3.63$$

$$\frac{(0.250)}{(0.250)\ (0.525)^2} = 3.63$$

التفاعلان في حالة اتزان.

45. إذا مرَّ بخار ماء من خلال برادة حديد فسيَنتُج أكسيد الحديد III الصُّلب وغاز الهيدروجين عن التفاعل العكسي. اكتب معادلة كيميائية موزونة وتعبير ثابت الاتزان للتفاعل الذي يُنتِج أكسيد الحديد III وغاز الهيدروجين.

$$2Fe_{(s)} + 3H_2O_{(g)} \leftrightharpoons Fe_2O_{3(s)} + 3H_{2(g)}$$

$$K_{eq} = \frac{[H_2]^3}{[H_2O]^3}$$

4-2

إتقان المفاهيم

46. ما المقصود بالشغل المبذول على تفاعلٍ ما عند الاتزان؟

التأثير الواقع على التفاعل عند الاتزان هو أيّ تغيّر في التركيز، الحجم، الضغط، أو درجة الحرارة، ويؤدي إلى إزاحة اتجاه الاتزان نحو اليمين أو اليسار.

47. كيف يصف مبدأ لوتشاتلييه استجابة الاتزان للإجهاد؟

ينصُّ مبدأ لوتشاتلييه على أن الاتزان ينزاح في الاتجاه الذي يقلّل من التأثير الواقع عليه.

48. لماذا يسبِّب إزالة المتفاعل إزاحة الاتزان نحو اليسار؟

لكي نعيد نسبة الاتزان للمتفاعلات والنواتج، ينزاح الاتزان نحو المتفاعلات.

49. عند إزاحة الاتزان نحو اليمين، ماذا يحدث لكلٍّ من:

a. تراكيز المتفاعلات

b. تراكيز النواتج

يقلّ تركيز المتفاعلات، في حين يزداد تركيز النواتج.

50. كيف يمكن للتغيّرات الآتية التأثير في موضع الاتزان للتفاعل المُستعمَل لإنتاج الميثانول من أول أكسيد الكربون والهيدروجين؟

$$CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)} + \text{حرارة}$$

a. إضافة CO

ينزاح الاتزان نحو اليمين

b. خفض درجة الحرارة

ينزاح الاتزان نحو اليمين

c. إضافة عامل محفِّز

لا ينزاح الاتزان نحو أي اتجاه.

d. إزالة CH_3OH

ينزاح الاتزان نحو اليمين

e. تقليل حجم وعاء التفاعل

ينزاح الاتزان نحو اليمين

51. **المشروبات الغازية** استعمِل مبدأ لوتشاتلييه لشرح كيف تسبِّب إزاحة الاتزان الآتي فقدانَ الشراب طعمه عند ترك غطاء القارورة مفتوحًا $H_2CO_{3(aq)} \rightleftharpoons H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$؟

بما أن $CO_{2(g)}$ يتحرَّر باستمرار فور فتح غطاء القارورة، لذا يستمر الاتزان في تغيير اتجاهه إلى اليمين إلى أن يُستنفَد $H_2CO_{3(aq)}$.

52. فسر كيف تؤثِّر زيادة درجة الحرارة في الاتزان الموضَّح في المعادلة الآتية: $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} + \text{حرارة}$

تميل عملية التسخين إلى تفضيل التفاعل العكسي (الماصّ للحرارة) وذلك بتحويل الاتزان نحو اليسار.

53. إذا أُضيف مذيب سائل من الكلور إلى دورق يحتوي تفاعل الاتزان الآتي: $PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} + \text{حرارة}$، فكيف يتأثَّر الاتزان عند ذوبان كمية من غاز الكلور؟

يتجه الاتزان نحو اليمين لإنتاج المزيد من الكلور.

54. إذا أُعطيت التفاعلين الآتيين عند الاتزان:

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

b. $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$

ففسِّر لماذا يسبِّب تغيّر حجم وعاء التفاعلين تغيّر موضع الاتزان لـ a ولا يؤثِّر في b؟

يختلف عدد مولات الغاز للمتفاعلات والنواتج في المعادلة a، في حين يتساوى عدد مولات الغاز على طرفي المعادلة b. فعندما يتساوى عدد مولات الغاز على طرفي المعادلة، فلن يكون لتغيُّر الحجم أيّ تأثير في الاتزان.

55. هل تتوقَّع أن تزداد أم تقلّ قيمة K_{eq} العددية عند زيادة درجة الحرارة في الاتزان الآتي؟ فسِّر إجابتك:

$$PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} + \text{حرارة}$$

ستقلّ قيمة K_{eq} العددية عندما يتحوَّل اتجاه الاتزان نحو اليسار، ويحدث امتصاص للحرارة.

56. فسِّر كيف يمكن أن تُنظِّم الضغط لتُعزِّز تكوين النواتج في نظام الاتزان الآتي: $MgCO_{3(s)} \rightleftharpoons MgO_{(s)} + CO_{2(g)}$

يعزِّز تقليل الضغط تكوين MgO وCO_2؛ لأن الناتج الغازي يميل إلى إعادة الضغط واسترجاعه.

57. يتفاعل الإيثيلين C_2H_4 مع الهيدروجين لإنتاج الإيثان C_2H_6 وفق المعادلة: حرارة + $C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons C_2H_{6(g)}$ كيف يمكنك تنظيم درجة الحرارة لهذا الاتزان لكي:

a. تزيد كمية الإيثان الناتج.

خفض درجة الحرارة.

b. تُقلِّل تركيز الإيثيلين.

خفض درجة الحرارة.

c. تزيد كمية الهيدروجين في وعاء التفاعل.

رفع درجة الحرارة.

4-3

إتقان المفاهيم

58. ماذا تعني بقولك إن لدى محلولين أيونًا مشتركًا؟ اذكر مثالًا يوضِّح ذلك.

إذا كان في المحلولين أيون مشترك، فإن ذلك يعني أن كليهما يحتوي على الأيون نفسه. فمثلًا $NaCl_{(aq)}$ و $KCl_{(aq)}$ يحتويان على $Cl^-_{(aq)}$.

59. لماذا لا تُعطى بعض المركّبات مثل كلوريد الصوديوم قيم K_{sp}؟

لا تعطى المركبات الذائبة في الأغلب قيم K_{sp} لأنها ستكوِّن أعدادًا كبيرة. وبالإضافة إلى ذلك، نادرًا ما تترسّب مثل هذه المركّبات من محاليلها إلا إذا كانت تراكيز الأيونات مرتفعة بصورة كبيرة.

60. **الأشعة السينية** لماذا يُعدّ استعمال كبريتات الباريوم أفضل من كلوريد الباريوم عند التعرُّض للأشعة السينية؟ علمًا أنه عند درجة حرارة 26°C فإن 37.5 g من $BaCl_2$ يمكن أن تذوب في 100 mL من الماء.

تُعدّ أيونات الباريوم مادة سامّة للإنسان. أمّا كبريتيات الباريوم فيمكن تناولها بأمان؛ لأن ذائبيتها منخفضة جدًّا. وبسبب ذائبية كلوريد الباريوم العالية؛ فذلك يجعل تناوله غاية في الخطورة.

61. فسِّر ما يحدث في **الشكل 23–4** اعتمادًا على Q_{sp} وK_{sp}.

سيتكوَّن راسب؛ لأن $Q_{sp} > K_{sp}$.

62. صف المحلول الناتج عن خلط محلولين لهما $Q_{sp} = K_{sp}$، هل يتكوَّن راسب؟

سيكون المحلول الجديد مشبعًا، ولا يتكوَّن راسب.

إتقان حلّ المسائل

63. اكتب تعبير K_{sp} لكرومات الرصاص $PbCrO_4$، واحسب ذائبيته بوحدة mol/L ، علمًا أن $K_{sp} = 2.3\times10^{-13}$.

$$K_{sp} = [Pb^{2+}]\,[CrO_4^{2-}] = 2.3\times10^{-13}$$

$$s = [Pb^{2+}] = [CrO_4^{2-}]$$

$$s^2 = 2.3\times10^{-13}$$

$$s = 4.8\times10^{-7}\ M$$

64. K_{sp} لفلوريد الإسكانديوم ScF_3 عند درجة حرارة 298 K يساوي 4.2×10^{-8}. اكتب معادلة الاتزان الكيميائية لذائبية فلوريد الإسكانديوم في الماء. ما تركيز أيونات Sc^{3+} اللازمة لتكوين راسب إذا كان تركيز أيون الفلوريد 0.076 M؟

$$ScF_{3(s)} \rightleftharpoons Sc^{3+}_{(aq)} + 3F^-_{(aq)}$$

$$K_{sp} = [Sc^{3+}]\,[F^-]^3;$$

$$4.2\times10^{-18} = [Sc^{3+}][0.076]^3$$

$$[Sc^{3+}] = \frac{4.2\times10^{-18}}{(0.076)^3} = 9.6\times10^{-15}\ M$$

65. هل يتكوَّن راسب عند خلط 62.6 mL من $CaCl_2$ الذي تركيزه 0.0322 M مع 31.3 mL من NaOH الذي تركيزه 0.0145 M؟ استعمِل البيانات الموجودة في **الجدول 4–4**. وضِّح إجابتك.

$$CaCl_{2(aq)} + 2NaOH \longrightarrow Ca(OH)_{2(s)} + 2NaCl_{(aq)}$$

$$Ca(OH)_{2(s)} \rightleftharpoons Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

$$K_{sp} = [Ca^{2+}]\,[OH^-]^2 = 5.0\times10^{-6}$$

$$[Ca^{2+}] = \frac{(0.0626\ L)\,(0.0322\ mol/L)}{(0.0626\ L + 0.0313\ L)} = 2.15\times10^{-2}\,M$$

$$[OH^-] = \frac{(0.0313\ L)\,(0.0145\ mol/L)}{(0.0626\ L + 0.0313\ L)} = 4.83\times10^{-3}\,M$$

$$Q_{sp} = [2.15\times10^{-2}]\,[4.83\times10^{-3}]^2 = [5.02\times10^{-7}]$$

لا، لا يتكوَّن راسب؛ لأن $Q_{sp} = 5.02\times10^{-7}$، وهذا أقلّ من قيمة K_{sp} لهيدروكسيد الكالسيوم التي تساوي 5.0×10^{-6}.

66. صناعة إيثانوات الإيثيل $CH_3COOCH_2CH_3$ مذيب يُستعمَل في صناعة الورنيش، ويمكن إنتاجه بتفاعل الإيثانول وحمض الإيثانويك (الخلّيك)، ويمكن وصف الاتزان بالمعادلة الآتية:

$$CH_3COOH + CH_3CH_2OH \rightleftharpoons CH_3COOCH_2CH_3 + H_2O$$

احسب K_{eq} باستعمال تراكيز الاتزان الآتية:

$[CH_3COOCH_2CH_3] = 2.90\ M,$

$[CH_3COOH] = 0.316\ M,$

$[CH_3CH_2OH] = 0.313\ M, [H_2O] = 0.114$

$$K_{eq} = \frac{[CH_3COOCH_2CH_3][H_2O]}{[CH_3COOH][CH_3CH_2OH]}$$

$$= \frac{(2.90\ M)\,(0.114\ M)}{(0.316\ M)\,(0.313\ M)}$$

$$= 3.34$$

مراجعة عامة

67. تَنتُج إيثانوات الإيثيل $CH_3COOCH_2CH_3$ من الاتزان الموصوف في المعادلة الآتية:

$$CH_3COOH + CH_3CH_2OH \rightleftharpoons CH_3COOCH_2CH_3 + H_2O$$

لماذا تسبِّب إزالة الماء إنتاج المزيد من إيثانوات الإيثيل؟

تؤدي إزالة H_2O إلى إزاحة الاتزان نحو اليمين، وإنتاج المزيد من إيثانوات الإيثيل.

68. كيف يتأثَّر كلّ اتزان فيما يلي بانخفاض درجة الحرارة؟

a. $2O_{3(g)} \rightleftharpoons 3O_{2(g)}$ + حرارة

سينزاح التفاعل نحو اليمين.

b. $H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2HF_{(g)}$ + حرارة

سينزاح التفاعل نحو اليسار.

69. كيف يتأثَّر كلّ اتزان فيما يلي بارتفاع كُلٍّ من درجة الحرارة والحجم في الوقت نفسه؟

a. $2O_{3(g)} \rightleftharpoons 3O_{2(g)}$ + حرارة

ستؤدي زيادة درجة الحرارة إلى تغيّر الاتجاه نحو اليسار، وتؤدي زيادة الحجم إلى تغيّر الاتجاه نحو اليمين.

b. $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$ + حرارة

ستؤدي زيادة درجة الحرارة إلى تغيّر الاتجاه نحو اليمين. كما لا تؤدي زيادة الحجم إلى أيّ تغيّر؛ لأن هناك أعدادًا متساوية من جزيئات المتفاعلات والنواتج. وسيتجه الاتزان نحو اليمين.

70. ثابت حاصل الذائبية لزرنيخات الرصاص II $Pb_3(AsO_4)_2$ هو 4.0×10^{-36} في درجة حرارة 298 k احسب الذائبية بوحدة mol/L لهذا المركّب عند درجة الحرارة نفسها.

$$Pb_3(AsO_4)_{2(s)} \rightleftharpoons 3Pb^{2+}_{(aq)} + 2AsO_4^{3-}{}_{(aq)}$$

$$s\ mol/L \rightleftharpoons 3s\ mol/L + 2s\ mol/L$$

$$K_{sp} = [Pb^{2+}]^3\,[AsO_4^{3-}]^2$$

$$4.0\times10^{-36} = (3s)^3(2s)^2$$

$$4.0\times10^{-36} = 108\ s^5$$

$$s^5 = \frac{4.0\times10^{-36}}{108} = 3.7\times10^{-38}$$

$$s = \sqrt[5]{3.7\times10^{-38}} = 3.3\times10^{-8}\,M$$

71. صحِّح الجملة الآتية: القيمة المنخفضة لثابت الاتزان K_{eq} تعني أن كِلا التفاعلين الأمامي والعكسي يحدثان ببطء.
الجملة ليست صحيحة، إذ إن قيمة K_{eq} لا تعطي أيّ معلومات حول سرعة حدوث التفاعل أو بطئه. وتعني القيمة المنخفضة لـ K_{eq} فقط احتواء نظام الاتزان على تراكيز من المتفاعلات أعلى من النواتج عند حدوث التفاعلات الأمامية والعكسية بنسبة متساوية.

72. في نظام الاتزان $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$، لون NO_2 بني غامق. فسِّر اختلاف اللون للاتزان كما هو موضَّح في **الشكل 22–4**.

الشكل 22–4

عند وجود ضغط عالٍ (حجم أقل) يتجه الاتزان نحو الطرف الذي يقلِّل من قيمة الضغط، ويتمّ ذلك بالاتجاه نحو اليسار مستهلكًا المزيد من NO_2 ذي اللون البني المحمرّ اللون، ومنتجًا المزيد من N_2O_4 العديم اللون.

73. إضافة هيدروكسيد البوتاسيوم إلى محلول هيدروكسيد الألومنيوم المشبع يُقلِّل من تركيز أيونات الألومنيوم. اكتب معادلة اتزان الذائبية وتعبير ثابت حاصل الذائبية لمحلول مائي مشبع لهيدروكسيد الألومنيوم.

$$Al(OH)_{3(s)} \rightleftharpoons Al^{3+}_{(aq)} + 3OH^-_{(aq)}$$

$$K_{sp} = [Al^{3+}][OH^-]^3$$

تؤدي إضافة هيدروكسيد البوتاسيوم إلى زيادة تركيز أيونات الهيدروكسيد في المحلول. لذا، يتطلَّب K_{sp} الثابت تخفيض تركيز أيونات الألمنيوم موضِّحًا أثر الأيون المشترك.

التفكير الناقد

74. **تحليل** افترض أن نظام اتزان عند درجة حرارة معيَّنة K_{eq} له تساوي 1.000، ما احتمال أن هذا النظام يتكوَّن من 50% متفاعلات و 50% نواتج؟ فسِّر إجابتك.
من الممكن أن يتكوّن النظام من 50% من المتفاعلات و50% من النواتج، ولكن ليس من الضروري أن يكون الحال كذلك، حيث يتطلَّب ثابت حاصل الذائبية عندما تكون قيمته 1.000، أن تكون القيمة العددية لنسبة تركيز النواتج إلى تركيز المتفاعلات مساوية للقيمة 1.00، وذلك عندما تُرفَع قيمة كلّ تركيز إلى قوة تساوي معاملها في المعادلة الموزونة.

75. **تطبيق** يُستعمَل تنشُّق الأملاح أحيانًا لإعادة إنعاش شخص فاقد للوعي؛ إذ تتكوَّن هذه الأملاح من كربونات الأمونيوم. فإذا كانت معادلة تفكّك كربونات الأمونيوم الماصّ للحرارة كما يأتي:

$$(NH_4)_2CO_{3(s)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

فهل تتوقَّع أن استنشاق الأملاح يعطي مفعولًا في أيام الشتاء الباردة كما في أيام الصيف الحارة؟ فسِّر إجابتك.
لا؛ لأن تحلُّل كربونات الأمونيوم ماصّ للحرارة. وعليه، يتحلَّل المركّب بسرعة أكبر عند درجة حرارة أكبر.

76. إذا علمت أنَ K_{sp} ليوديدات الكادميوم $Cd(IO_3)_2$ يساوي 2.3×10^{-8} عند درجة حرارة 298 K، فما تركيز (mol/L) كلٍّ من أيونات الكادميوم وأيونات اليوديدات في محلول مشبع مع يوديدات الكادميوم عند درجة حرارة 298 K ؟

$$Cd(IO_3)_{2(s)} \rightleftharpoons Cd^{2+}_{(aq)} + 2IO_3^-{}_{(aq)}$$

s mol/L $Cd(IO_3)_2$

$[Cd^{2+}] = s$ mol/L

$[IO_3^-] = 2s$ mol/L

$K_{sp} = [Cd^{2+}][IO_3^-]^2$

$2.3\times10^{-8} = s(2s)^2 = 4s^3$

$$s = \sqrt[3]{\frac{2.3\times10^{-8}}{4}} = 1.8\times10^{-3}$$

$[Cd^{2+}] = s$ mol/L $= 1.8\times10^{-3}$ mol/L

$[IO_3^-] = 2s$ mol/L $= 3.6\times10^{-3}$ mol/L

77. تفسير البيانات أيّ المركّبات يترسَّب أولًا إذا تمّت إضافة محلول فلوريد الصوديوم الذي تركيزه 0.500 M بشكل تدريجي إلى محلول يحتوي على تركيز 0.500 M من أيونات الباريوم والماغنيسيوم؟ استعمِل **الجدول 6–4** واكتب معادلات اتزان الذائبية وتعابير ثابت حاصل الذائبية لكِلا المركّبين، مفسّرًا إجابتك.

الجدول 6 — 4 بيانات المركّبين

المركّب	الكتلة المولية g/mol	الذائبية عند 25°C g/L
BaF_2	175.33	1.1
MgF_2	62.30	0.13

$$BaF_{2(s)} \rightleftharpoons Ba^{2+}_{(aq)} + 2F^-_{(aq)}$$

$$K_{sp} = [Ba^{2+}][F^-]^2$$

$$\text{الذائبية المولارية لـ } BaF_2 = s = \frac{1.1\ g/L}{175.33\ g/mol}$$

$$= 6.3\times10^{-3}\ mol/L$$

$$K_{sp} = [Ba^{2+}][F^-]^2 = 4s^3 = 4(6.3\times10^{-3})^3 = 1.0\times10^{-6}$$

$$MgF_{2(s)} \rightleftharpoons Mg^{2+}_{(aq)} + 2F^-_{(aq)}$$

$$K_{sp} = [Mg^{2+}][F^-]^2$$

$$\text{الذائبية المولارية لـ } MgF_2 = s = \frac{0.13\ g/L}{62.30\ g/mol}$$

$$= 2.1\times10^{-3}\ mol/L$$

$$K_{sp} = [Ba^{2+}][F^-]^2 = 4s^3 = 4(2.1\times10^{-3})^3 = 3.7\times10^{-8}$$

سيترسب فلوريد الماغنسيوم أولًا؛ لأن قيمة K_{sp} المحسوبة له التي تساوي 3.7×10^{-8} أقلّ من قيمة K_{sp} لفلوريد الباريوم التي تساوي 1.0×10^{-6}.

78. السبب والنتيجة افترض أن لديك 12.56 g من خليط مكوَّن من كلوريد الصوديوم وكلوريد الباريوم. فسِّر كيف يمكن استعمال تفاعل الترسيب لتحديد مقدار كلّ مركّب في الخليط.

إجابة محتملة:

1. أذب المخلوط في ماء مقطّر.

2. أضف محلولًا إضافيًا يحتوي على الأنيون مثل الكربونات، الكرومات والكبريتات التي تُرسِّب أيونات الباريوم جميعها.

3. رشِّح الراسب وجفِّفه وقس كتلته.

4. احسب عدد مولات مركّب الباريوم المتكوِّن، الذي يساوي عدد مولات كلوريد الباريوم في المخلوط الأصلي.

5. احسب كتلة كلوريد الباريوم في المخلوط الأصلي، فيكون المتبقي من الخليط الأصلي هو كلوريد الصوديوم.

79. قارن أيّ المادتين الصُّلبتين: فوسفات الكالسيوم وفوسفات الحديد III لها ذائبية مولارية أكبر؟ إذا علمت أن $K_{sp}Ca_3(PO_4)_2 = 1.2\times10^{-29}$ و $K_{sp}FePO_4 = 1.0\times10^{-22}$. أيّهما له ذائبية g/L أعلى؟

$$K_{sp}(Ca_3(PO_4)_2) = 1.2\times10^{-29}$$

$$[Ca^{2+}]^3[PO_4^{3-}]^2 = 1.2\times10^{-29}$$

$$s = mol/L\ Ca_3(PO_4)_2$$

$$[Ca^{2+}] = 3s;\ [PO_4^{3-}] = 2s$$

$$(3s)^3(2s)^2 = 1.2\times10^{-29}$$

$$108\ s^5 = 1.2\times10^{-29}$$

$$s^5 = \frac{1.2\times10^{-29}}{108} = 1.1\times10^{-31}$$

$$s = \sqrt[5]{1.1\times10^{-31}} = 6.4\times10^{-7}\ mol/L$$

$$K_{sp}\ (FePO_4) = 1.0\times10^{-22}$$

$$[Fe^{3+}][PO_4^{3-}] = 1.0\times10^{-22}$$

$$s = mol/L\ of\ FePO_4$$

$$[Fe^{3+}] = [PO_4^{3-}] = s$$

$$s^2 = 1.0\times10^{-22}$$

$$s = \sqrt{1.0\times10^{-22}} = 1.0\times10^{-11}\ mol/L$$

فوسفات الكالسيوم لها ذائبية مولارية أعلى من فوسفات الحديد III.

$$\text{ذائبية } Ca_3(PO_4)_2\,(g/L) = 6.4\times10^{-7}\,mol/L\times310.2\,g/mol$$

$$= 2.0\times10^{-4}\,g/L$$

$$\text{ذائبية } FePO_4(g/L) = 1.0\times10^{-11}\,mol/L\times150.6\,g/mol$$

$$= 1.5\times10^{-9}\,g/L$$

ذائبية فوسفات الكالسيوم أعلى من ذائبية فوسفات الحديد III معبَّرًا عنها بوحدة (g/L)

مسألة تحفيز

80. **تحضير الفوسجين** الفوسجين $COCl_2$ غاز سام يُستعمَل في تصنيع بعض الأصباغ والأدوية والمبيدات الحشرية. ويمكن تحضيره بتفاعل أول أكسيد الكربون مع غاز الكلور وفق المعادلة:

$$CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$$

بدايةً وُضِع 1.0000 mol من كِلا الغازين في وعاء حجمه 10.00 L وعند وصولهما إلى حالة الاتزان وجد أنَّ تركيز كلٍّ منهما 0.0086 mol/L. ما تركيز الفوسجين عند الاتزان؟ وما K_{eq} للنظام؟

التركيز المولاري الابتدائي لكلٍّ من CO وCl_2 هو:

$$1.0000\ mol/10.00\ L = 0.1000\ mol/L$$

وإذا كان تركيز CO وCl_2 عند الاتزان يساوي 0.0086 mol/L فإن تركيز $COCl_2$:

$$0.1000\ mol/L - 0.0086\ mol/L = 0.0914\ mol/L$$

لذلك، فإن هذه القيمة قد نتجت من خلال التفاعل حيث تُمثِّل قيمة $COCl_2$.

$$K_{eq} = \frac{[COCl_2]}{[CO][Cl_2]} = \frac{(0.0914)}{(0.0086)(0.0086)} = 1.2\times10^{3}$$

مراجعة تراكمية

81. عندما تقوم بعكس معادلة كيميائية حرارية لماذا يجب عكس إشارة ΔH؟

عكس المعادلة الكيميائية الحرارية الطاردة للحرارة يجعلها ماصّة للحرارة، وعليه، فبدلًا من أن تكون الطاقة ناتجة عن التفاعل، ستصبح ممتصّة. لذا، يجب تغيير إشارة ΔH.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

82. **مركّب جديد** تخيَّل أنك عالِم، وقد قمت بتركيب سائل فريد وجديد أسميته يولان ومختصره يو. يولان سائل غير سام، وتحضيره غير مكلف، وله القدرة على إذابة كمية كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون وفق معادلة الاتزان:

$$CO_{2(g)} \rightleftharpoons CO_2(yo),\ K_{eq} = 3.4\times10^{6}$$

لدى الطلاب الكثير من المعلومات الإيجابية لاستعمالها. لذا، يتعيّن عليهم أن يلاحظوا أن ثابت اتزان التفاعل — حيث يُمتصُّ ثاني أكسيد الكربون — هو رقم كبير، وعليه فالتفاعل ذو كفاءة عالية في إزالة كمية ثاني أكسيد الكربون الزائدة من الغلاف الجوي. بالإضافة إلى أن مادة اليولين نفسها لا تضر البيئة.

83. اكتب مقالة لمجلة أو صحيفة تفسِّر فيها ميزة يولان في مكافحة الارتفاع في درجات الحرارة عالميًّا.

ستتنوَّع تقارير الطلاب.

84. **عسر الماء** يسبِّب وجود أيونات الماغنسيوم والكالسيوم في الماء عسره. فسِّر بالاعتماد على الذائبية لماذا يُعدّ وجود هذين الأيونين أحيانًا غير مرغوب فيه، ثُمّ أوجد الطرائق التي يمكن اتخاذها للحدِّ منهما.

ستتنوَّع تقارير الطلاب. ويمكن أن تتضمَّن:

- تؤدي قلة ذائبية بعض مركّبات الماغنسيوم والكالسيوم إلى إتلاف التمديدات الصحية، وتقليل فاعليتها.
- ستؤدي قلة ذائبية $CaSO_4$ في الماء الساخن إلى إتلاف الأنابيب الناقلة لها.

- **تتفاعل أيونات الماغنسيوم والكالسيوم مع الصابون مكوِّنة مركّبات غيرذائبة، جاعلة الصابون أقلّ فاعلية، ومكوِّنة ترسبات على المغاسل والحمّامات.**
- **يمكن إزالة أيونات الكالسيوم والماغنسيوم من خلال التنقية، أو تفاعلات الاستبدال، أو إضافة $Ca(OH)_2$ — soda (Na_2CO_3).**
- **يمكن معالجة الماء الساخن بإضافة كربونات الصوديوم، ممّا يؤدي إلى ترسيب كربونات الكالسيوم، ومنع تكوين $CaSO_4$ في الأنابيب الناقلة.**

أسئلة المستندات

التلوُّث تحتوي عوادم السيارات على الملوِّثات الخطرة ومنها: أول أكسيد النيتروجين NO وأول أكسيد الكربون CO. ويمكن أن تقلَّل كمية هذين الغازين في الهواء الجوي بتمريرهما فوق سبيكة (عامل محفِّز). وعندما يمر غازا NO و CO فوق هذا المحفِّز ينشأ الاتزان الآتي:

$$2NO_{(g)} + 2CO_{(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 2CO_{2(g)}$$

ويتأثَّر ثابت الاتزان بدرجة الحرارة، كما هو موضَّح في **الجدول 4—7**.

جدول 4—7 K_{eq} مقابل درجة الحرارة

1000 K	900 K	800 K	700 K
3.27×10^{45}	4.66×10^{54}	1.04×10^{66}	9.10×10^{97}

85. اكتب تعبير ثابت الاتزان لهذا الاتزان.

$$K_{eq} = \frac{[N_2][CO_2]^2}{[NO]^2[CO]^2}$$

86. ادرس العلاقة بين K_{eq} ودرجة الحرارة. استعمِل مبدأ لوتشاتلييه لاستنتاج ما إذا كان التفاعل الأمامي ماصًّا أم طاردًا للطاقة.

وحيث إن قيمة K_{eq} تتناقص عند ازدياد درجة الحرارة، لذا، يُعدّ التفاعل الأمامي طاردًا للحرارة.

87. فسِّر كيف أن مُبَرِّد السيارة (الراديتر) المطلي بالسبيكة يمكن أن يساعد على تقليل تركيز NO و CO في الغلاف الجوي؟

يعمل مُبَرِّد السيارة عند درجات حرارة مرتفعة، وتمسح السيارات كميات كبيرة من الهواء عندما تنتقل من مكان إلى آخر، لذا فإن مُبَرِّد السيارة المطلي بالسبيكة يمكن أن يحوّل حجمًا ملحوظًا من ملوِّثات NO وCO إلى مواد أقلّ ضررًا هي N_2 وCO_2.

اختبار مُقنَّن

الصفحتان 159 - 158

أسئلة الاختيار من متعدِّد

1. أيٌّ ممّا يأتي يصف نظامًا وصل إلى حالة الاتزان الكيميائي؟

a. لا يوجد ناتج جديد يتكوَّن بفعل التفاعل الأمامي.

b. لا يحدث التفاعل العكسي في النظام.

c. تركيز المتفاعلات في النظام يساوي تركيز النواتج.

d. سرعة حدوث التفاعل الأمامي تساوي سرعة حدوث التفاعل العكسي.

ⓓ

2. يستطيع الطلاب إجراء التفاعل بين أيونات $S_2O_8^{2-}$ وأيونات اليوديد I^-؛ لأنه يسير ببطء كافٍ لقياس سرعته.

$$S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} + 2I^-{}_{(aq)} \rightarrow 2SO_4^{2-}{}_{(aq)} + I_{2(aq)}$$

تمّ تحديد رتبة هذا التفاعل في المختبر لتكون الرتبة الأولى في $S_2O_8^{2-}$ والرتبة الأولى في I^-. ما قانون السرعة الكلي لهذا التفاعل؟

a. $R = k[S_2O_8^{-2}]^2[I^-]$

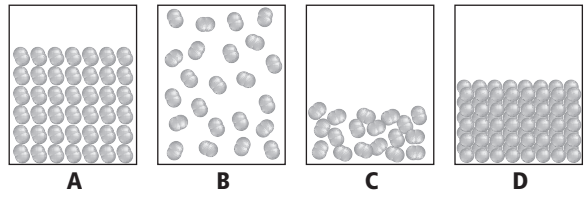
b. $R = k[S_2O_8^{-2}][I^-]$

c. $R = k[S_2O_8^{-2}][I^-]^2$

d. $R = k[S_2O_8^{-2}]^2[I^-]^2$

ⓑ

استعمِل الرسوم الآتية للإجابة عن السؤال 3.



3. أيّ الرسوم الأربعة يُبيِّن المادة التي لها أضعف قوى بين جزيئية؟

a. A
b. B
c. C
d. D

ⓑ

4. أيّ نوع من القوى بين الجزيئية يَنتُج عن عدم توازن مؤقَّت في الكثافة الإلكترونية حول نواة الذرة؟

a. الروابط الأيونية
b. قوى التشتُّت
c. قوى ثنائية القطب
d. الروابط الهيدروجينية

ⓑ

استعمِل الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 5 إلى 7.

بيانات التركيز للاتزان الآتي
$MnCO_3\,(s) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq)$ (عند 298 K)

المحاولة	$[Mn^{2+}]$ الابتدائي	$[CO_3^{2-}]$	$[Mn^{2+}]$ عند الاتزان	$[CO_3^{2-}]$ عند الاتزان
1	0.0000	0.00400	5.60×10^{-9}	4.00×10^{-3}
2	0.0100	0.0000	1.00×10^{-2}	2.24×10^{-9}
3	0.0000	0.0200	1.12×10^{-9}	2.00×10^{-2}

5. ما قيمة K_{sp} لـ $MnCO_3$ عند درجة حرارة 298K؟

a. 2.24×10^{-11}
b. 4.00×10^{-11}
c. 1.12×10^{-9}
d. 5.60×10^{-9}

ⓐ

$$MnCO_3 \rightleftharpoons Mn^{2+}_{(aq)} + CO_3^{2-}_{(aq)}$$

$$K_{sp} = [Mn^{2+}][CO_3^{2-}] = (5.60\times10^{-9})(4.00\times10^{-3}) = 2.24\times10^{-11}$$

6. ما ذائبية $MnCO_3$ عند درجة حرارة 298 K ؟

a. 4.73×10^{-6} M
b. 6.32×10^{-2} M
c. 7.48×10^{-5} M
d. d. 3.35×10^{-5} M

ⓐ

$$MnCO_3 \rightleftharpoons Mn^{2+}_{(aq)} + CO_3^{2-}_{(aq)}$$

الذائبية $= s = [Mn^{2+}] = [CO_3^{2-}]$

$$(s)(s) = s^2 = 2.24\times10^{-11}$$

$$s = \sqrt{2.24\times10^{-11}} = 4.73\times10^{-6}\,M$$

7. عند خلط 50 mL من K_2CO_3 الذي تركيزه 3.00×10^{-6} M مع 50 mL من $MnCl_2$ ، سيتكوَّن راسب من $MnCO_3$ فقط عندما يكون تركيز محلول $MnCl_2$ أكبر من :

a. 7.47×10^{-6} M
b. 1.49×10^{-5} M
c. 2.99×10^{-5} M
d. 1.02×10^{-5} M

ⓒ

بما أن حجم المحلول قد تتضاعف، فإن تركيز $[CO_3^{2-}]$ في الخليط:

$$\frac{3.00\times10^{-6}\,M}{2} = 1.5\times10^{-6}\,M$$

$$[Mn^{2+}][CO_3^{2-}] = [Mn^{2+}][1.5\times10^{-6}] = 2.24\times10^{-11}\,M$$

تركيز أيون $[Mn^{2+}]$ يساوي 1.49×10^{-5} M ويساوي تركيز أيون $[Mn^{2+}]$ في الخليط. ولتكوين راسب يجب أن يكون تركيز محلول $MnCl_2$ الأصلي كما يلي:

$$= 2(x) = 2(1.49\times10^{-5}\,M) = 2.99\times10^{-5}\,M$$

أسئلة الإجابات القصيرة

8. اكتب تعبير ثابت الاتزان لكلّ اتزان غير متجانس فيما يلي:

a. $2NaHCO_{3(s)} \rightleftharpoons Na_2CO_{3(s)} + H_2O_{(g)} + CO_{2(g)}$

$K_{eq} = [H_2O][CO_2]$

b. $C_6H_{6(l)} \rightleftharpoons C_6H_{6(g)}$

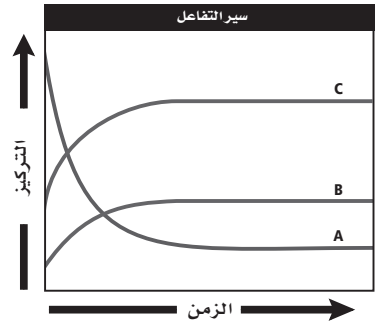
$K_{eq} = [C_6H_6]$

9. يَنتجُ عن تسخين الحجرِ الجيري $CaCO_{3(s)}$ الجير الحي $CaO_{(s)}$ وغاز ثاني أكسيد الكربون. اكتب تعبير ثابت الاتزان للتفاعل العكسي.

$K_{eq} = [CO_2]$

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمِل المخطَّط الآتي للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 12.



10. صف شكل الرسم البياني عند حدوث الاتزان.

يحدث الاتزان عندما تصبح الخطوط أفقية، حيث تبقى تراكيز المتفاعلات والنواتج ثابتة عند هذه النقطة.

11. فسِّر لماذا لا يساوي تركيز المتفاعلات صفرًا عند نهاية هذا التفاعل؟

لا يساوي تركيز المتفاعلات صفرًا في نهاية التفاعل؛ لأن التفاعل في حالة اتزان. وحتى يُنتج التفاعل العكسي مزيدًا من النواتج، يجب أن تكون سرعته مساوية لسرعة التفاعل الأمامي الذي يَستهلِك المتفاعلات.

12. صنِّف نوع التفاعل الكيميائي الذي يَظهَر في هذا الرسم البياني، وكيف تدعم البيانات فيه استنتاجك؟

يُعدّ هذا التفاعل — على الأغلب — تفاعل تفكّك. حيث يوجد هناك متفاعل واحد يُظهره المنحنى A، وتقلّ ذائبيته كلما استُهلك. كما أن هناك ناتجَين مُمثَّلين في الخطين B وC، تزداد ذائبيتها بازدياد الزمن، حيث إنهما يتكوّنان من تفكّك A.

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.

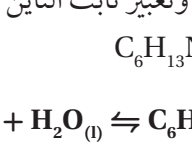
9. **حدِّد** الأزواج المترافقة من الأحماض والقواعد في المعادلة الآتية:

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

HNO_2 حمضًا في حين يُعدّ NO_2^- قاعدة مرافقة، ويُعدّ H_2O 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. $HClO_2$

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

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

b. HNO_2

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

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

c. HIO

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

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

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: $K_a = \frac{[AsO_4^{3-}][H_3O^+]}{[HAsO_4^{2-}]}$، 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 $C_6H_{13}NH_2$

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

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

b. بروبيل أمين $C_3H_7NH_2$

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

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

c. أيون الكربونات CO_3^-

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

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

d. أيون البيكبريتيت HSO_3^-

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

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

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 تميّز الأملاح التـي تحدث عند إذابـة الأملاح الآتيـة في الماء، وصنِّـف كلًّا منها إلى حمضي، أو قاعدي، أو متعادل:

a. نترات الأمونيوم

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

المحلول حمضي

b. كبريتات البوتاسيوم

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

المحلول متعادل

c. إيثانوات الروبيديوم

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

المحلول قاعدي

d. كربونات الكالسيوم

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

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 من 7؟

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

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

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 إلى 7.1.

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 $NaHCO_3$ من مـ 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 مُستعملا 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:

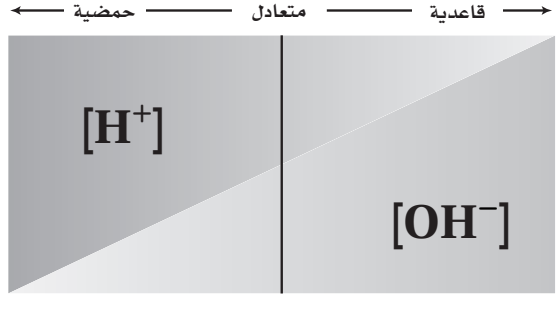
a. H_2S **حمض** **c.** $Mg(OH)_2$ **قاعدة**

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: $[H^+] < [OH^-]$

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

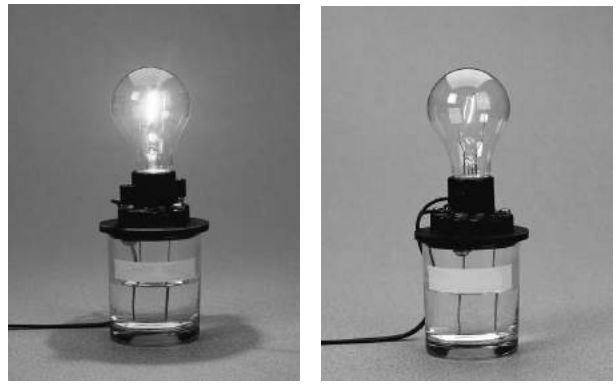
64. اشرح الفرق بين حمض قوي وحمض ضعيف.

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.

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

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

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

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

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

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

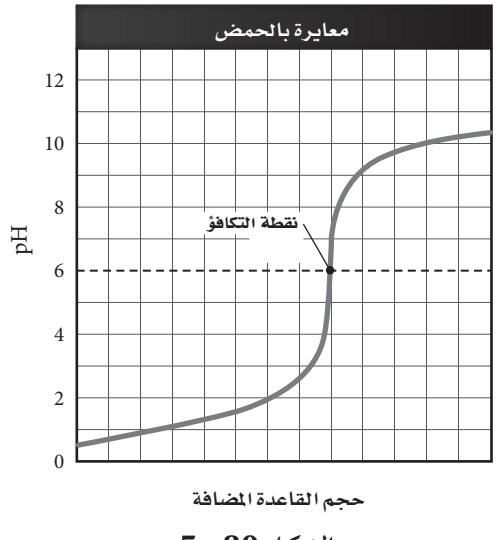
5-4

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 $1.00\times10^{-3}\ M$:

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

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

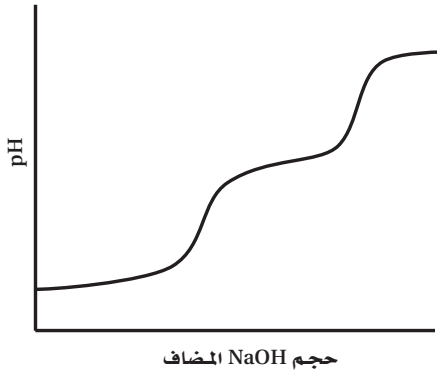
حمض لويس: BCl_3، قاعدة لويس: BCl_4^-.

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.

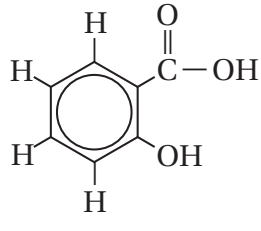
$$C_2H_5NH_3^+{}_{(aq)} \rightleftharpoons H^+{}_{(aq)} + C_2H_5NH_2{}_{(aq)}$$

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؟

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

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

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

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

$$= 0.108\ mol\ compound$$

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

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

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

$$= 1240\ kJ/mol$$

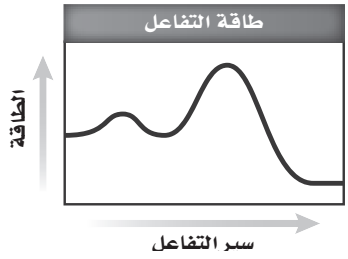
110. يتفاعل الهيدروجين والفلور لتكوين HF حسب معادلة الاتزان الآتية:

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

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 توضّح 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 تُنتج محاليل قاعديّة، ولكنّها لا تحتوي على أيون هيدروكسيد في تركيبها. وتوضّح نظريّة برونستد أيضًا دور الماء وأيون الهيدرونيوم في المحاليل الحمضيّة والقاعديّة.

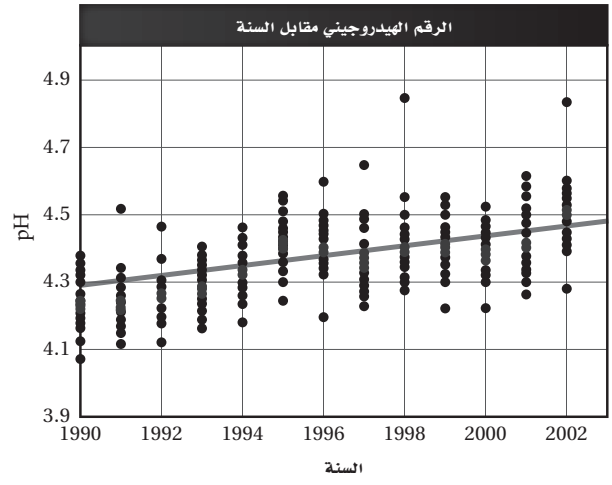
113. **الأحماض الأمينية** هناك عشرون حمضًا أمينيًّا تتّحد لتكوين البروتينات في الأجهزة الحية. اكتب بحثًا عن التراكيب وقيم K_a لخمسة أحماض أمينية وقوِّمها. وقارن بين قوى هذه الأحماض وقوى الأحماض في **الجدول 4–5**.

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.

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

أكبر قيمة لـ pH تساوي 4.85 في عام 1998م.

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

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

5.9 مرّات أكثر حمضيّة.

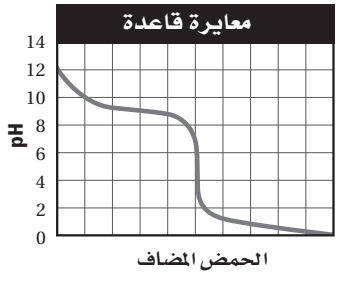
116. ما قيمة pH في عام 2003 م؟ وما مقدار التغيّر في متوسط pH بين عامي 1990 م و 2003 م؟
يمـرّ خـطّ الاتجـاه في القيمـة 4.48 في 2003م. تغـيّر متوسـط pH مـن 4.39 في عام 1990م إلى 4.48 في عام 2003م، وكان مقدار التغيّر 0.18.

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؟

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

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

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

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