تجربة استهلالية

كيف نستدل على حدوث تغير كيميائي؟

التحليل

1. صف أيّ تغيرات في لون المحلول أو درجة حرارته.

١. يتغير لون المحلول ودرجة حرارته.

2. وضّح هل نتج غاز؟ وإذا نتج فكيف تم الاستدلال عليه؟

٢. نعم، تتصاعد فقاعات من المحلول.

3. حلّل هل التغير الحادث فيزيائي أم كيميائي؟ فسّر ذلك.

٣. تغير كيميائي؛ حيث يتصاعد غاز من المحلول، و يتغير لونه، و تتغير درجة حرارته.

استقصاء بمَ يخبرك الكاشف العام عن المحلول؟ صمّم تجربة لدعم توقعاتك.

الكاشف العام يدل على الرقم الهيدروجيني للمحلول، و بالتالي فهو يحدد ما إذا كان المحلول حمضيًا، أم قاعديًا، أم متعادلًا.

4–1 التفاعلات والمعادلات

الشكل 4–2 صف ما الدليل على حدوث تفاعل كيميائي في كل صورة من الصور أعلاه؟

١- البيتزا بعد أن نضجت اختلف طعمها، ورائحتها، وألوان مكوناتها، عنها قبل أن تنضج.

٢- تصاعد فقاعات غازية من القرص الفوار بعد وضعه في الماء.

٣- تغير لون التفاحة بعد تعرضها للهواء.

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية للمعادلات اللفظية الآتية:

1. بروميد الهيدروجين ← هيدروجين + بروم

٠١ $Br_{2\,(l)} + H_{2\,(g)} \rightarrow 2HBr_{\,(aq)}$

2. ثاني أكسيد الكربون ← أكسجين + أول أكسيد الكربون

٠٢ $2CO_{(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow 2CO_{2\,(g)}$

3. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من ذرة البوتاسيوم K، وذرة الكلور Cl، إذا علمت أن الأعداد الذرية هي: 19، 17 على الترتيب.

٠٣

K: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1$

Cl: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$

4. اكتب الصيغة الكيميائية للمركب الناتج عن اتحاد أيون الماغنسيوم Mg^{2+} مع أيون النترات NO_3^-.

٤.

المركب الناتج: نترات الماغنيسيوم.

صيغته: $Mg(NO_3)_2$.

5. **تحفيز** اكتب المعادلة اللفظية والمعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل الآتي: عند تسخين كلورات البوتاسيوم $KClO_3$ الصلبة ينتج كلوريد البوتاسيوم الصلب وغاز الأكسجين.

٥.

كلورات البوتاسيوم $\xleftarrow{\text{تسخين}}$ كلوريد البوتاسيوم + أكسجين

$$2KClO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} 2KCl_{(s)} + 3O_{2(g)}$$

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لكل من التفاعلات الآتية:

6. يتفاعل كلوريد الحديد III مع هيدروكسيد الصوديوم في الماء لإنتاج هيدروكسيد الحديد III الصلب وكلوريد الصوديوم.

٦. $$FeCl_{3\,(aq)} + 3NaOH_{\,(aq)} \rightarrow Fe(OH)_{3(s)} + 3NaCl_{\,(aq)}$$

7. يتفاعل ثاني كبريتيد الكربون CS_2 السائل مع غاز الأكسجين لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2.

٧. $CS_{2\,(l)} + 3O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)} + 2SO_{2\,(g)}$

8. **تحفيز** يتفاعل فلز الخارصين مع حمض الكبريتيك لإنتاج غاز الهيدروجين ومحلول كبريتات الخارصين.

٨. $Zn_{\,(s)} + H_2SO_{4\,(aq)} \rightarrow ZnSO_{4\,(aq)} + H_{2\,(g)}$

التقويم 4-1

9. الفكرة الرئيسة **فسّر** ما أهمية وزن المعادلات الكيميائية؟

٩. وزن المعادلات الكيميائية يحقق قانون حفظ الكتلة الذي ينص على أن المادة لا تفنى ولاتستحدث من عدم، فلذلك يجب أن يكون أعداد الذرات لكل العناصر متساوية في طرفي المعادلة.

10. **عدّد** ثلاثة من المؤشرات التي تدل على حدوث التفاعل الكيميائي.

١٠. تصاعد غازات - تغير في الرائحة – تغير في اللون - إطلاق طاقة أو امتصاصها – تكون مادة صلبة.

11. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من ذرة الألومنيوم Al، وذرة الأكسجين O، إذا علمت أن الأعداد الذرية هي 13، 8 على الترتيب.

١١.

Al: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$

O: $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$

12. اكتب الصيغة الكيميائية للمركب الناتج عن اتحاد أيون الحديد III Fe^{3+} مع أيون الأكسجين O^{2-}.

١٢.

المركب الناتج: أكسيد الحديد III.

صيغته: Fe_2O_3.

13. قارن بين المعادلة الكيميائية اللفظية والمعادلة الكيميائية الرمزية.

١٣. المعادلة اللفظية تعبر عن نوعية كل من المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعلات الكيميائية باستخدام الكلمات. أما المعادلات الكيميائية الرمزية فتستخدم رموز العناصر وصيغ المركبات – بدلًا من الكلمات – للتعبير عن نوعية و حالة المتفاعلات والنواتج.

14. فسّر لماذا يجب اختصار المعاملات في المعادلة الموزونة إلى أبسط نسبة من الأعداد الصحيحة.

١٤. لأن المعاملات التي توجد في أبسط صورة تَمثل النسب بين كميات المواد الداخلة في التفاعل والناتجة عنه.

15. **حلّل** هل يمكنك عند وزن معادلة كيميائية تعديل الأرقام في الصيغة الكيميائية؟

١٥. لا، لا يمكن تعديل الأرقام السفلى في الصيغة الكيميائية لأن ذلك يغير من هوية المادة.

16. **قوّم** هل المعادلة الآتية موزونة؟ إذا لم تكن كذلك فصحح المعاملات لوزنها:

$$K_2CrO_{4(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow KNO_{3(aq)} + PbCrO_{4(S)}$$

١٦.

لا، المعادلة غير موزونة.

$$\mathbf{K_2CrO_{4(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow 2KNO_{3(aq)} + PbCrO_{4(s)}}$$

17. **قوّم** يتفاعل محلول حمض الفوسفوريك المائي H_3PO_4 مع محلول هيدروكسيد الكالسيوم المائي $Ca(OH)_2$ لإنتاج فوسفات الكالسيوم الصلبة $Ca_3(PO_4)_2$ والماء. اكتب معادلة كيميائية موزونة تعبر عن هذا التفاعل.

١٧.

$$\mathbf{2H_3PO_{4\,(aq)} + 3Ca(OH)_{2\,(aq)} \rightarrow Ca_3(PO_4)_{2\,(s)} + 6H_2O_{\,(l)}}$$

الشكل 12–4

حلل لماذا يعد هـذا التفاعل تفاعل احتراق وتفاعل تكوين أيضًا؟

تفاعل الاحتراق هو تفاعل مع مادة الأكسجين وينتج عنه طاقة في صورة ضوء وحرارة، وهذا ينطبق على تفاعل الهيدروجين مع الأكسجين لينتج ماء وطاقة.
تفاعل التكوين هو تفاعل مادتين أو أكثر لإنتاج مادة واحدة، وهذا ينطبق على تفاعل الهيدروجين مع الأكسجين حيث تتحد المادتان لإنتاج مادة واحدة هي الماء.

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة للتفاعلات التالية، وصنف كل تفاعل منها:

18. تفاعل الألومنيوم مع الكبريت لإنتاج كبريتيد الألومنيوم الصلب.

١٨. $2Al + 3S \rightarrow Al_2S_{3\,(s)}$

التصنيف: تفاعل تكوين.

19. تفاعل الماء مع غاز خامس أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_5 لإنتاج حمض النيتريك.

١٩. $N_2O_{5\,(g)} + H_2O_{\,(l)} \rightarrow 2HNO_{3\,(aq)}$

التصنيف: تفاعل تكوين.

20. تفاعل غازي ثاني أكسيد النيتروجين والأكسجين، لإنتاج غاز خامس أكسيد ثنائي النيتروجين.

٢٠. $4NO_{2\,(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow 6N_2O_{5\,(g)}$

التصنيف: تفاعل احتراق، وتفاعل تكوين.

21. **تحفيز** تفاعل حمض الكبريتيك مع محلول هيدروكسيد الصوديوم لإنتاج محلول كبريتات الصوديوم والماء.

٢١. $H_2SO_{4\,(aq)} + 2NaOH_{\,(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4\,(aq)} + 2H_2O_{\,(l)}$

التصنيف: تفاعل إحلال مزدوج.

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لتفاعلات التحلل (التفكك) الآتية:

22. يتفكك أكسيد الألومنيوم الصلب عندما تسري فيه الكهرباء إلى ألومنيوم صلب وغاز الأكسجين .

٢٢. $2Al_2O_{3\,(s)} \xrightarrow{\text{تيار كهربائي}} 4Al_{\,(s)} + 3O_{2\,(g)}$

23. يتفكك هيدروكسيد النيكل II الصلب لإنتاج أكسيد النيكل II الصلب والماء.

٢٣. $Ni(OH)_{2\,(s)} \rightarrow NiO_{\,(s)} + H_2O_{\,(l)}$

24. **تحفيز** ينتج عن تسخين كربونات الصوديوم الهيدروجينية الصلبة كربونات الصوديوم الذائبة وماء وغاز ثاني أكسيد الكربون.

٢٤. $2NaHCO_{3\,(s)} \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_{3\,(aq)} + H_2O_{\,(l)} + CO_{2\,(g)}$

ماذا قرأت؟ وضح كيف يحدث تفاعل الإحلال البسيط؟

ماذا قرأت

في تفاعل الإحلال البسيط تحل ذرات عنصر محل ذرات عنصر آخر في مركب، و يمكن تمثيله بالمعادلة العامة التالية: $A + BX \rightarrow AX + B$

مختبر حل المشكلات

التفكير الناقد

1. فسر كيف تساعدك سلسلة نشاط الهالوجينات على توقع ما إذا كان التفاعل سيحدث أم لا؟

١. في سلسلة النشاط الكيميائي يتم ترتيب العناصر بحيث يكون الأكثر نشاطًا في الأعلى، و الأقل نشاطًا في الأسفل. العنصر في أعلى المجموعة (الأكثر نشاطًا) هو الذي يحل محل العنصر الذي يقع أسفل منه (الأقل نشاطًا)، في تفاعلات الإحلال البسيط، و لا يحدث العكس.

2. هل يحل الفلور محل الكلور في محلول مائي لكلوريد الصوديوم؟ فسر إجابتك.

٢. نعم، لأن الفلور أكثر نشاطًا من الكلور.

3. ادرس المعادلة التالية:

$$I_{2(g)} + NaBr_{(aq)} \rightarrow NR$$

لماذا لا يحل اليود محل البروم؟

٣. لأن اليود أقل نشاطًا من البروم، فلا يحل محله.

4. أي الهالوجينات يتفاعل أسرع مع الصوديوم؟

٤. الفلور، لأنه الأكثر نشاطًا.

مسائل تدريبية

توقع ما إذا كانت تفاعلات الإحلال البسيط التالية ستحدث أم لا، وأكمل المعادلة الكيميائية الرمزية لكل تفاعل يتوقع حدوثه، ثم زنها:

25. $$Zn_{(s)} + NiCl_{2(aq)} \rightarrow$$

٢٥. يحدث تفاعل، لأن Zn أكثر نشاطًا من Ni.

$$Zn_{(s)} + NiCl_{2(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + Ni_{(s)}$$

المعادلة موزونة

26. $$Cl_{2(g)} + HF_{(aq)} \rightarrow$$

٢٦. لا يحدث تفاعل، لأن Cl أقل نشاطًا من F، فلا يحل محله.

$$Cl_{2(g)} + HF_{(aq)} \rightarrow NR$$

27. $Fe_{(s)} + Na_3PO_{4(aq)} \rightarrow$

٢٧. لا يحدث تفاعل، لأن Fe أقل نشاطًا من Na، فلا يحل محله.

$Fe_{(S)} + Na_3PO_{4\,(aq)} \rightarrow NR$

28. تحفيز $Al_{(s)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow$

٢٨. يحدث تفاعل، لأن Al أكثر نشاطا من Pb.

$2Al_{(s)} + 3Pb(NO_3)_{2\,(aq)} \rightarrow 2Al(NO_3)_{3\,(aq)} + 3Pb_{(s)}$

ص ١٢٩ **ماذا قرأت؟** صف ما يحدث للأيونات السالبة في تفاعلات الإحلال المزدوج.

في تفاعل الإحلال المزدوج تبدل الأيونات السالبة مواقعها، فيرتبط الأيون السالب للمركب الأول بالأيون الموجب للمركب الثاني، و يرتبط الأيون السالب للمركب الثاني بالأيون الموجب للمركب الأول.

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج الآتية:

29. تتفاعل المادتان اللتان عن اليسار معًا لإنتاج يوديد الفضة الصلب ومحلول نترات الليثيوم.

٢٩.

$LiI_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \rightarrow AgI_{(s)} + LiNO_{3\,(aq)}$

30. يتفاعـل محلـول كلوريد الباريوم مع محلـول كربونات البوتاسـيوم لإنتاج كربونات الباريـوم الصلبة ومحلول كلوريد البوتاسيوم.

٣٠.

$$BaCl_{2\,(aq)} + K_2CO_{3\,(aq)} \rightarrow BaCO_{3\,(s)} + 2KCl_{\,(aq)}$$

31. يتفاعـل محلول كبريتات الصوديوم مـع محلول نترات الرصاص II لإنتاج كبريتات الرصاص II الصلبة ومحلول نترات الصوديوم.

٣١.

$$Na_2SO_{4\,(aq)} + Pb(NO_3)_{2\,(aq)} \rightarrow PbSO_{4\,(s)} + 2NaNO_{3\,(aq)}$$

32. **تحفيـز** يتفاعـل حمـض الإيثانويك (حمض الخل) CH_3COOH مع هيدروكسـيد البوتاسيوم لإنتاج إيثانوات البوتاسيوم (خلات البوتاسيوم) والماء.

٣٢.

$$CH_3COOH_{\,(aq)} + KOH_{\,(aq)} \rightarrow CH_3COOK_{\,(aq)} + H_2O_{\,(l)}$$

التقويم 4-2

33. الفكرة الرئيسة وضِّح الأنواع الأربعة من التفاعلات الكيميائية وخواصها.

٣٣.

١ـ تفاعل التكوين: تفاعل مادتين أو أكثر لإنتاج مادة واحدة.

٢ـ تفاعل الاحتراق: تفاعل مادة مع الأكسجين، و ينتج عنه طاقة في صورة ضوء و حرارة.

٣ـ تفاعل التفكك: يحدث تفكك أحد المركبات إلى عنصرين أو أكثر أو إلى مركبات جديدة.

٤ـ تفاعلات الإحلال: وهي تفاعلات يتم فيها إحلال عنصر محل عنصر آخر في مركب. و لها نوعين: بسيط ومزدوج.

الإحلال البسيط: تفاعل كيميائي ينتج عندما تحل ذرات أحد العناصر محل ذرات عنصر آخر في مركب.

الإحلال المزدوج: تفاعل كيميائي ينتج عن تبادل أيونات مادتين، و ينشأ عنه غاز أو راسب أو ماء.

34. اشرح كيف تم ترتيب سلسلة النشاط الكيميائي للفلزات؟

٣٤. تترتب الفلزات في متسلسلة النشاط الكيميائي تبعًا لنشاطها بالنسبة للفلزات الأخرى، فتوجد الفلزات الأنشط كيميائيًا في أعلى السلسلة، بينما توجد الفلزات الأقل نشاطا في أسفلها.

35. قارن بين تفاعلات الإحلال البسيط والإحلال المزدوج.

وجه المقارنة	التعريف	المواد المتفاعلة	النواتج المتوقعة	المعادلة العامة
الإحلال البسيط	تفاعل كيميائي ينتج عندما تحل ذرات أحد العناصر محل ذرات عنصر آخر في مركب	* فلز و مركب	مركب جديد و الفلز المستعاض عنه	A+BX→AX+B
		* لافلز و مركب	مركب جديد و اللافلز المستعاض عنه	
الإحلال المزدوج	تفاعل كيميائي ينتج عن تبادل أيونات مادتين، و ينشأ عنه غاز أو راسب أو ماء	مركبان	مركبان مختلفان، أحدهما صلب، أو غاز، أو ماء	AX+BY→AY+BX

36. صف ماذا ينتج عن تفاعل الإحلال المزدوج؟

٣٦. ينتج من تفاعلات الإحلال المزدوج مركبين مختلفين أحدهما راسب، أو ماء، أو غاز.

37. **صنّف.** ما نوع التفاعل المرجح حدوثه عندما يتفاعل الباريوم مع الفلور؟ اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

٣٧. من المرجح حدوث تفاعل تكوين:

$$Ba + F_2 \rightarrow BaF_2$$

38. **فسّر البيانات.** هل يمكن للتفاعل الآتي أن يحدث؟ فسّر إجابتك.

$$3Ni + 2AuBr_3 \rightarrow 3NiBr_2 + 2Au$$

٣٨. نعم، يمكن للتفاعل أن يحدث لأن النيكل أنشط من الذهب ويسبقها في سلسلة النشاط الكيميائي فيحل النيكل محل الذهب في محلول نتراته.

4—3 التفاعلات في المحاليل المائية

ص ١٣٣

تجربة

التحليل

1. اكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة للتفاعل بين NaOH و $MgSO_4$. ولاحظ أن أغلب مركبات الكبريتات توجد في صورة أيونات في المحاليل المائية.

١. $2NaOH_{(aq)} + MgSO_{4(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4(aq)} + Mg(OH)_{2(s)}$

2. اكتب المعادلة الأيونية الكاملة لهذا التفاعل.

٢.

$$2Na^{+}_{(aq)} + 2(OH)^{-}_{(aq)} + Mg^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow 2Na^{+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + Mg(OH)_{2(s)}$$

3. حـدد أي الأيونات متفرجة، ثم اكتب المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل.

٣.

كل من أيونات الصوديوم Na^{+} والكبريتات SO_4^{2-} متفرجة.

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

ماذا قرأت؟ قارن فيم تختلف المعادلات الأيونية عن المعادلات الرمزية الكيميائية؟

تختلف المعادلات الأيونية عن المعادلات الكيميائية الرمزية الموزونة في أن المواد التي تكون على شكل أيونات في المحلول تكتب كأيونات في المعادلة.

ص ١٣٤

مسائل تدريبية

اكتـب معـادلات كيميائيـة رمزية موزونـة، وأيونية كاملة، وأيونيـة نهائية لكل من التفاعـلات الآتية التي قد تكوّن راسـبًا، مستخدمًا (NR) لبيان عدم حدوث تفاعل.

39. عند خلط محلولي يوديد البوتاسيوم KI ونترات الفضة تكوّن راسب من يوديد الفضة.

٣٩.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$KI_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \rightarrow KNO_{3(aq)} + AgI_{(s)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$K^{+}_{(aq)} + I^{-}_{(aq)} + Ag^{+}_{(aq)} + NO_3^{-}{}_{(aq)} \rightarrow K^{+}_{(aq)} + NO_3^{-}{}_{(aq)} + AgI_{(s)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$Ag^{+}_{(aq)} + I^{-}_{(aq)} \rightarrow AgI_{(s)}$$

40. عند خلط محلولي فوسفات الأمونيوم وكبريتات الصوديوم لم يتكون أي راسب، ولم يتصاعد أي غاز.

٤٠.

$$(NH_4)_3PO_{4(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} \rightarrow NR$$

41. عند خلط محلولي كلوريد الألومنيوم وهيدروكسيد الصوديوم تكوّن راسب من هيدروكسيد الألومنيوم.

٤١.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$AlCl_{3\,(aq)} + 3NaOH_{\,(aq)} \rightarrow 3NaCl_{\,(aq)} + Al(OH)_{3(s)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$Al^{3+}_{(aq)} + 3Cl^{-}_{(aq)} + 3Na^{+}_{(aq)} + 3(OH)^{-}_{(aq)} \rightarrow$$

$$Al(OH)_{3\,(s)} + 3Na^{+}_{\,(aq)} + 3Cl^{-}_{(aq)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

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

42. عند خلط محلولي كبريتات الليثيوم ونترات الكالسيوم تكوّن راسب من كبريتات الكالسيوم.

٤٢.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$Li_2SO_{4(aq)} + Ca(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow 2LiNO_{3(aq)} + CaSO_{4(s)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2Li^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 2(NO_3)^-_{(aq)} \rightarrow$$
$$2Li^+_{(aq)} + 2(NO_3)^-_{(aq)} + CaSO_{4(s)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$Ca^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow CaSO_{4(s)}$$

43. تحفيز عند خلط محلولي كربونات الصوديوم وكلوريد المنجنيز الخماسي (V) تكوّن راسب يحتوي على المنجنيز.

٤٣.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$5Na_2CO_{3\,(aq)} + 2MnCl_{5\,(aq)} \rightarrow 10NaCl_{\,(aq)} + Mn_2(CO_3)_{5\,(s)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$10Na^+_{(aq)} + 5CO_3^{2-}{}_{(aq)} + 2Mn^{5+}_{(aq)} + 10Cl^-_{(aq)} \rightarrow$$
$$Mn_2(CO_3)_{5(s)} + 10Na^+_{(aq)} + 10Cl^-_{(aq)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$2Mn^{5+}_{\,(aq)} + 5CO_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow Mn_2(CO_3)_{5\,(s)}$$

الشكل 20—4 حدد الأيونات السالبة والأيونات الموجبة في هذا التفاعل.

كل من H^+ و Na^+ أيونات موجبة، و كل من Br^- و OH^- أيونات سالبة.

ماذا قرأت؟ حلّل لماذا تسمى أيونات الصوديوم وأيونات البروميد في تفاعل محلول هيدروكسيد الصوديوم مع حمض الهيدروبروميك أيونات متفرجة؟

لأن كلا من أيونات الصوديوم و أيونات البروميد مواد متفاعلة و ناتجة في الوقت نفسه، أي أنها لم تشارك في التفاعل، ولذلك سميت بالأيونات المتفرجة.

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة، وأيونية كاملة، وأيونية نهائية للتفاعلات بين المواد التالية، التي تنتج ماء.

44. عند خلط حمض الكبريتيك H_2SO_4 بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم ينتج ماء ومحلول كبريتات البوتاسيوم.

٤٤.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$H_2SO_{4\,(aq)} + 2KOH_{\,(aq)} \rightarrow K_2SO_{4\,(aq)} + 2H_2O_{\,(l)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2K^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow 2K^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2\,H_2O_{(l)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

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

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{\,(l)}$$

45. عند خلط حمض الهيدروكلوريك HCl بمحلول هيدروكسيد الكالسيوم ينتج ماء ومحلول كلوريد الكالسيوم.

٤٥.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$2HCl_{(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow CaCl_{2\ (aq)} + 2H_2O_{\ (l)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2H^{+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)} \rightarrow$$

$$Ca^{2+}_{(aq)} + 2Cl^{-}_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

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

$$H^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

46. عند خلط حمض النيتريك HNO_3 بمحلول هيدروكسيد الأمونيوم ينتج ماء ومحلول نترات الأمونيوم.

٤٦.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$HNO_{3\ (aq)} + NH_4OH_{\ (aq)} \rightarrow NH_4NO_{3\ (aq)} + H_2O_{\ (l)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$H^{+}_{(aq)} + (NO_3)^{-}_{(aq)} + NH_4^{+}{}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)} \rightarrow$$

$$NH_4^{+}{}_{(aq)} + NO_3^{-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$H^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

47. عند خلط كبريتيد الهيدروجين H_2S بمحلول هيدروكسيد الكالسيوم ينتج ماء ومحلول كبريتيد الكالسيوم.

٤٧.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$H_2S_{(aq)} + Ca(OH)_{2\ (aq)} \rightarrow CaS_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2H^{+}_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^{-}_{(aq)} \rightarrow Ca^{2+}_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)} + 2\ H_2O_{(l)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

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

$$H^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

48. **تحفيز** عند خلط حمض البنزويك C_6H_5COOH وهيدروكسيد الماغنسيوم يتكون ماء وبنزوات الماغنسيوم.

٤٨.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$2C_6H_5COOH_{(aq)} + Mg(OH)_{2\ (aq)} \rightarrow$$

$$(C_6H_5COO)_2Mg_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2C_6H_5COO^-_{(aq)} + 2H^+_{(aq)} + Mg^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow$$

$$2C_6H_5COO^-_{(aq)} + Mg^{2+}_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

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

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

ص ١٣٨

ماذا قرأت؟ صف ما المعادلة النهائية للتفاعل؟

المعادلة النهائية للتفاعل هي معادلة أيونية تشتمل فقط على الجسيمات المشاركة في التفاعل.

ص ١٣٩

مسائل تدريبية

اكتب المعادلات الكيميائية الرمزية الموزونة، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية للتفاعلات الآتية:

49. يتفاعل حمض فوق الكلوريك $HClO_4$ مع محلول كربونات الصوديوم لتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون والماء ومحلول كلورات الصوديوم.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$2HClO_{4\,(aq)} + Na_2CO_{3\,(aq)} \rightarrow CO_{2\,(g)} + H_2O_{\,(l)} + 2NaClO_{4\,(aq)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2H^+_{(aq)} + 2ClO_4^-{}_{(aq)} + 2Na^+_{\,(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow$$
$$CO_{2\,(g)} + H_2O_{\,(l)} + 2Na^+_{\,(aq)} + 2ClO_4^-{}_{(aq)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

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

50. يتفاعل حمض الكبريتيك H_2SO_4 مع محلول سيانيد الصوديوم لتكوين غاز سيانيد الهيدروجين ومحلول كبريتات الصوديوم.

٥٠.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$H_2SO_{4\,(aq)} + 2NaCN_{\,(aq)} \rightarrow 2HCN_{(g)} + Na_2SO_{4\,(aq)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2Na^+_{\,(aq)} + 2CN^-_{\,(aq)} \rightarrow$$
$$2HCN_{(g)} + 2Na^+_{\,(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$2H^+_{(aq)} + 2CN^-_{\,(aq)} \rightarrow 2HCN_{(g)}$$
$$H^+_{(aq)} + CN^-_{\,(aq)} \rightarrow HCN_{(g)}$$

51. يتفاعل حمض الهيدروبروميك HBr مع محلول كربونات الأمونيوم لتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون والماء وبروميد الأمونيوم.

٥١.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$2HBr_{(aq)} + (NH_4)_2CO_{3(aq)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} + 2NH_4Br_{(aq)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2H^+_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)} + 2NH_4^+{}_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow$$

$$CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} + 2NH_4^+{}_{(aq)} + 2Br^-_{(aq)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

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

52. يتفاعل حمض النيتريك HNO_3 مع محلول كبريتيد البوتاسيوم لتكوين غاز كبريتيد الهيدروجين.

٥٢.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$2HNO_{3(aq)} + K_2S_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + 2KNO_{3(aq)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2H^+_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)} + 2K^+{}_{(aq)} + S^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow$$

$$H_2S_{(g)} + 2K^+_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$2H^+_{(aq)} + S^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)}$$

53. **تحفيز** يتفاعل محلول يوديد البوتاسيوم مع محلول نترات الرصاص لتكوين يوديد الرصاص الصلب.

٥٣.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$2KI_{(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow PbI_{2(s)} + 2KNO_{3(aq)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2K^+_{(aq)} + 2I^-_{(aq)} + Pb^{2+}_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow PbI_{2(s)} + 2K^+_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$2I^-_{(aq)} + Pb^{2+}_{(aq)} \rightarrow PbI_{2(s)}$$

التقويم 4-3

54. الفكرة الرئيسة **عدّد** ثلاثة أنواع مألوفة من نواتج التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية.

٥٤. راسب، غاز، ماء.

55. **صف** المذيب والمذاب في المحلول المائي.

٥٥. في المحلول المائي يكون المذيب هو الماء و يكون موجود بكمية أكبر من المذاب، أما المذاب فهو المادة الذائبة في المذيب.

56. ميّز المعادلة الأيونية الكاملة من المعادلة الأيونية النهائية.

٥٦. في المعادلة الأيونية الكاملة يتم كتابة جميع المتفاعلات وجميع نواتج التفاعل، أما المعادلة الأيونية النهائية فتتضمن الجسيمات المشاركة في التفاعل فقط. وفي كليهما، تُكتب المواد التي تكون على شكل أيونات في المحلول كأيونات في المعادلة.

57. اكتب المعادلة الأيونية الكاملة، والأيونية النهائية للتفاعل بين حمض الكبريتيك H_2SO_4 وكربونات الكالسيوم $CaCO_3$.

$$H_2SO_{4(aq)} + CaCO_{3(s)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + CaSO_{4(s)}$$

٥٧.

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + CaCO_{3(s)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + CaSO_{4(s)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$2H^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + CaCO_{3(s)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + CaSO_{4(s)}$$

59. توقّع ما نوع الناتج الذي سيتكون على الأرجح من التفاعل التالي؟ فسِّر ذلك.

$$Ba(OH)_{2(aq)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow$$

٥٩.

$$Ba(OH)_{2(aq)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow BaCl_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

الماء هو الناتج الذي سيتكوّن من هذا التفاعل.

تتفكك المتفاعلات إلى الأيونات التالية: Ba^+, OH^-, H^+, Cl^-

أما أيونات الكلور والباريوم فهي أيونات متفرجة، والأيونات التي تشارك في التفاعل هي: H^+ وOH^- والتي تكوّن الماء.

60. صِغ معادلات يحدث تفاعل عندما يخلط حمض النيتريك HNO_3 بمحلول مائي من كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية (بيكربونات البوتاسيوم)، وينتج محلول نترات البوتاسيوم. اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة والمعادلة الأيونية النهائية للتفاعل.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$HNO_{3\,(aq)} + KHCO_{3\,(aq)} \rightarrow KNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$H^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} + K^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow K^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2\,(g)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$H^+_{(aq)} + HCO_3^-{}_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2\,(g)}$$

مختبر الكيمياء

ص ١٤٢ **حلل واستنتج**

1. **لاحظ واستنتج** في أي الفجوات من طبق التفاعلات حدث تفاعل كيميائي؟ وأي الفلزات تفاعل مع أكبر عدد من المحاليل؟ وأي الفلزات تفاعل مع أقل عدد من المحاليل؟ وأي الفلزات أكثر نشاطًا؟

١.

	$Al(NO_3)_3$	$Mg(NO_3)_2$	$Zn(NO_3)_2$	$Cu(NO_3)_2$
Al	لا تفاعل	لا تفاعل	يتكون راسب	يتكون راسب
Mg	يتكون راسب	لا تفاعل	يتكون راسب	يتكون راسب
Zn	لا تفاعل	لا تفاعل	لا تفاعل	يتكون راسب
Cu	لا تفاعل	لا تفاعل	لا تفاعل	لا تفاعل

الماغنيسوم Mg تفاعل مع أكبر عدد من المحاليل.

النحاس Cu لم يتفاعل مع أي من المحاليل.

الماغنيسيوم Mg أكثر نشاطًا من بين الفلزات المذكورة.

2. **رتب** أكثر الفلزات نشاطًا التي تفاعلت مع أكبر عدد من المحاليل، وأقل الفلزات نشاطًا التي تفاعلت مع أقل عدد من المحاليل. رتب الفلزات الأربعة من الأكثر نشاطًا إلى الأقل نشاطًا.

٢.

يقل النشاط ←

Mg، Al، Zn، Cu.

3. **طبق** اكتب معادلـة كيميائية لكل تفاعل إحلال حدث في طبق التفاعلات الكيميائية.

٣.

1. $3Zn(NO_3)_{2\,(aq)} + 2Al_{(s)} \rightarrow 2Al(NO_3)_{3(aq)} + 3Zn_{(s)}$
2. $3Cu(NO_3)_{2\,(aq)} + 2Al_{\,(s)} \rightarrow 2Al(NO_3)_{3\,(aq)} + 3Cu_{\,(s)}$
3. $2Al(NO_3)_3 + 3Mg_{\,(s)} \rightarrow 3Mg(NO_3)_{2\,(aq)} + 2Al_{\,(s)}$
4. $Zn(NO_3)_{2\,(aq)} + Mg_{\,(s)} \rightarrow Mg\,(NO_3)_{2\,(aq)} + Zn_{\,(s)}$
5. $Cu(NO_3)_{2\,(aq)} + Mg_{\,(s)} \rightarrow Mg\,(NO_3)_{2\,(aq)} + Cu_{\,(s)}$
6. $Cu(NO_3)_{2\,(aq)} + Zn_{\,(s)} \rightarrow Zn\,(NO_3)_{2\,(aq)} + Cu_{\,(s)}$

4. **الكيميـاء في واقـع الحيـاة** في أي ظـرف مـن الظروف يكون من المهم معرفة نشاط سلسلة من العناصر.

٤. أحيانًا يُراد حفظ بعض المحاليل في أوعية أو خزانات معدنية، أو نقلها عبر أنابيب معدنية،... إلى غير ذلك من الظروف التي تجعل هناك اتصال مباشر بين المحاليل والمعادن، ففي هذه الحالة يجب معرفة ما إذا كان المعدن المصنوع منه الخزان أو الأنبوب أو غيرهما أكثر أم أقل نشاطًا من أيونات الفلزات أو أيونات الهيدروجين الذائبة في المحاليل، لأنه في حالة كون المعدن أكثر نشاطًا فإنه يحدث تفاعلات الإحلال البسيط بين المعدن والمحلول مما يسبب تآكل المعدن وتلوث المحلول بالمركب الجديد المتكون.

التوسع في الاستقصاء

صمم تجربة ضع ثلاثة أسئلة تبدأ بالعبارة: "ماذا لو...؟"، وتتعلق بهذا المختبر، ويمكن أن تؤثر في نتائج التجربة، ثم صمم تجربة لاختبار سؤال واحد منها.

١ـ ماذا لو تم إضافة أكثر من معدن إلى نفس المحلول، مثل إضافة شريط من الألومنيوم Al و آخر من الماغنيسيوم Mg إلى محلول نترات الخارصين $Zn(NO_3)_2$؟

٢ـ ماذا لو تم استبدال محلول نترات الماغنيسيوم $Mg(NO_3)_2$ بمحلول نترات الفضة $AgNO_3$؟

٣ـ ماذا لو تم استبدال شريط الألومنيوم Al بشريط من الفضة Ag؟

التجربة

يُمكن اختبار السؤال رقم ٣ باتباع نفس خطوات التجربة السابقة مع استبدال شريط الألومنيوم Al بشريط من الفضة Ag.

4–1 إتقان المفاهيم

61. عرّف المعادلة الكيميائية.

٦١. هي تمثيل للتفاعل الكيميائي يستخدم فيها الصيغ الكيميائية لتحديد المواد المشاركة في التفاعل و كميات المواد المتفاعلة و الناتجة.

62. ميّز بين التفاعل الكيميائي والمعادلة الكيميائية.

٦٢. المعادلة الكيميائية هي تمثيل للتفاعل الكيميائي باستخدام مجموعة من الرموز والأرقام لتحديد المواد المشاركة في التفاعل و كميات المواد المتفاعلة و الناتجة.
أما التفاعل الكيميائي فهي العملية التي يتم فيها تحويل المتفاعلات إلى نواتج.

63. وضح الفرق بين المتفاعلات والنواتج.

٦٣. المتفاعلات هي مواد يبدأ بها التفاعل الكيميائي، أما النواتج فهي مواد تتكون خلال التفاعل الكيميائي.

64. اكتب رمز العنصر الذي يمثل بالتوزيع الإلكتروني لكل مما يلي:

a. $1s^2\ 2s^2\ 2p^1$

b. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$

c. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^{10}$

d. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^2$

٦٤.

a. البورون B.

b. الألومنيوم Al

c. النحاس Cu.

d. التيتانيوم Ti.

65. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل عنصر مما يلي:

a. Kr **b.** Mg

c. Co **d.** C

٦٥.

a. Kr_{36}

$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6$

b. Mg_{12}

$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$

c. Co_{27}

$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^7$

d. C_6

$1s^2\ 2s^2\ 2p^2$

66. اكتب الصيغة الكيميائية لكل مما يلي:

a. أكسيد الحديد II

b. هيدركسيد الكالسيوم

c. نترات الرصاص II

d. كبريتيد الهيدروجين

٦٦.

a. FeO

b. $Ca(OH)_2$

c. $Pb(NO_3)_2$

d. H_2S

67. هل يشير تحول مادة إلى مادة جديدة دائماً إلى حدوث تفاعل كيميائي؟ فسِّر إجابتك.

٦٧. نعم، وذلك لأن المواد الجديدة لا تنتج إلا عن طريق تفاعل كيميائي فقط.

68. حدِّد المتفاعلات في التفاعل الآتي: عند إضافة البوتاسيوم إلى محلول نترات الخارصين، يتكون الخارصين ومحلول نترات البوتاسيوم.

٦٨. المتفاعلات هي، البوتاسيوم K، ونترات الخارصين $Zn(NO_3)_2$.

69. زن المعادلة الكيميائية الآتية:

$$H_2S_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$$

٦٩. $2H_2S_{(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2SO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

70. اكتب معادلات لفظية للمعادلات الكيميائية الآتية:

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

b. $K_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow KOH_{(aq)} + H_{2(g)}$

c. $CaCl_{2(aq)} + Na_2SO_{4(aq)} \rightarrow CaSO_{4(s)} + NaCl_{(aq)}$

٧٠.

a. أكسيد النحاس II → أكسجين + نحاس

b. هيدروجين + هيدروكسيد البوتاسيوم → ماء + بوتاسيوم

c.

كلوريد الصوديوم + كبريتات الكالسيوم → كبريتات الصوديوم+ كلوريد الكالسيوم

71. زن المعادلتين الكيميائيتين الآتيتين:

a. $(NH_4)_2Cr_2O_{7(s)} \rightarrow Cr_2O_{3(s)} + N_{2(g)} + H_2O_{(l)}$

b. $CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow C_6H_{12}O_{6(s)} + O_{2(g)}$

٧١.

a. $(NH_4)_2Cr_2O_{7(s)} \rightarrow Cr_2O_{3(s)} + N_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$

b. $6CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)} \rightarrow C_6H_{12}O_{6(s)} + 6O_{2(g)}$

72. يتحلل يوديد الهيدروجين إلى غاز الهيدروجين وغاز اليود في تفاعل تفكك. اكتب معادلة كيميائية رمزية تبين هذا التفاعل.

٧٢. $2HI_{(g)} \rightarrow H_{2(g)} + I_{2(g)}$

73. اكتب معادلات كيميائية رمزية للتفاعلات الآتية:

٧٣.

a. كربونات الصوديوم $_{(s)} \xrightarrow{\Delta}$ ثاني أكسيد الكربون $_{(g)}$ + أكسيد الصوديوم $_{(s)}$

$Na_2CO_{3\,(s)} \xrightarrow{\Delta} Na_2O_{(s)} + CO_{2(g)}$

b. يوديد الألومنيوم $_{(s)}$ ← ألومنيوم $_{(s)}$ + يود $_{(s)}$

$3I_{2(s)} + 2Al_{(s)} \rightarrow 2AlI_{3(s)}$

c. ← أكسيد الحديد II $_{(s)}$ + أكسجين $_{(g)}$

أكسيد الحديد III $_{(s)}$

$4FeO_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(s)}$

d. ← نترات الفضة $_{(aq)}$ + كبريتيد الصوديوم $_{(aq)}$

كبريتيد الفضة $_{(s)}$ + نترات الصوديوم $_{(aq)}$

$Na_2S_{(aq)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow 2NaNO_{3(aq)} + Ag_2S_{(s)}$

74. اكتب معادلة كيميائية رمزية للتفاعل بين الليثيوم الصلب وغاز الكلور لإنتاج كلوريد الليثيوم الصلب.

٧٤. $2Li_{(s)} + Cl_{2\,(g)} \rightarrow 2LiCl_{(s)}$

75. اكتب معادلات كيميائية رمزية للتفاعلات الآتية، ثم زنها:

a. ماء $_{(l)}$ + ثالث أكسيد الكبريت $_{(g)}$ ⟵ حمض الكبريتيك $_{(aq)}$

b. كلوريد الحديد III $_{(aq)}$ + ماغنسيوم $_{(s)}$ ⟵ كلوريد الماغنسيوم $_{(aq)}$ + حديد $_{(s)}$

c. أكسجين $_{(g)}$ + كلوريد النيكل II $_{(s)}$ ⟵ أكسيد النيكل II $_{(s)}$ + خماسي أكسيد ثنائي الكلور

٧٥.

a. $SO_{3\,(g)} + H_2O_{\,(l)} \rightarrow H_2SO_{4\,(aq)}$

b. $2FeCl_{3(aq)} + 3Mg_{(s)} \rightarrow 3MgCl_{2(aq)} + 2Fe_{(s)}$

c. $NiCl_{2(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow Cl_2O_{5(g)} + NiO_{(s)}$

76. اكتب معادلات كيميائية رمزية للتفاعلات الآتية:

a. عند حرق غاز البيوتان C_4H_{10} في الهواء ينتج ماء وغاز ثاني أكسيد الكربون.

b. يتفاعل الماغنسيوم الصلب مع غاز النيتروجين لإنتاج نيتريد الماغنسيوم الصلب.

c. عند تسخين غاز ثاني فلوريد الأكسجين OF_2 ينتج غاز الأكسجين وغاز الفلور.

٧٦.

a. $2C_4H_{10(g)} + 13O_{2(g)} \rightarrow 10H_2O_{(g)} + 8CO_{2(g)}$

b. $3Mg_{(s)} + N_{2(g)} \rightarrow Mg_3N_{2(s)}$

c. $2OF_{2(g)} \xrightarrow{\Delta} O_{2(g)} + 2F_{2(g)}$

4–2

إتقان المفاهيم

77. اذكـر أنواع التفاعلات الكيميائية الأربعة، وأعط مثالاً واحدًا على كل منها.

٧٧.

أنواع التفاعلات الكيميائية هي:

١ـ تفاعل التكوين: تفاعل مادتين أو أكثر لإنتاج مادة واحدة.

مثال: تفاعل أكسيد الكالسيوم مع الماء لتكوين هيدروكسيد الكالسيوم.

$$CaO_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)}$$

٢ـ تفاعل الاحتراق: تفاعل مادة مع الأكسجين، و ينتج عنه طاقة في صورة ضوء و حرارة.

مثال: تفاعل حرق الفحم للحصول على الطاقة.

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

٣ـ تفاعل التفكك: تفاعل يحدث نتيجة تفكك أحد المركبات إلى عنصرين أو أكثر أو إلى مركبات جديدة.

مثال: تفكك نترات الأمونيوم عند تسخينها لدرجات حرارة عالية إلى أكسيد النيتروجين الأحادي وماء.

$$NH_4NO_{3(s)} \xrightarrow{\Delta} N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

٤ـ تفاعلات الإحلال: وهي تفاعلات يتم فيها إحلال عنصر محل عنصر آخر في مركب. و لها نوعين: بسيط ومزدوج.

الإحلال البسيط: تفاعل كيميائي ينتج عندما تحل ذرات أحد العناصر محل ذرات عنصر آخر في مركب.

مثال: التفاعل بين الليثيوم والماء الذي يحل فيه ذرة الليثيوم محل ذرة هيدروجين من الماء.

$$2Li_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2LiOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

الإحلال المزدوج: تفاعل كيميائي ينتج عن تبادل أيونات مادتين، و ينشأ عنه غاز أو راسب أو ماء.

مثال: تفاعل نترات الألومنيوم $Al(NO_3)_3$ مع حمض الكبريتيك H_2SO_4.

$$2Al(NO_3)_{3(aq)} + 3H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Al_2(SO_4)_{3(s)} + 6HNO_{3(aq)}$$

78. مـا نـوع التفاعل الذي يحـدث بين مادتـين وينتج عنه مركب واحد؟

٧٨. تفاعل تكوين.

79. في كل من الأزواج الآتية، أي فلز يحل محل الفلز الآخر في تفاعلات الإحلال؟ (استعن بسلسلة النشاط).

a. القصدير والصوديوم
b. الرصاص والفضة
c. الفلور واليود
d. النحاس والنيكل

٧٩.

a. الصوديوم Na يحل محل القصدير Sn.
b. الرصاص Pb يحل محل الفضة Ag.
c. يحل الفلور F محل اليود I.
d. النيكل Ni يحل محل النحاس Cu.

إتقان حل المسائل

80. صنف التفاعلات الواردة في السؤال **73** .

٨٠.

a. تفكك.
b. تكوين.
c. احتراق وتكوين.
d. إحلال مزدوج.

81. صنف التفاعلات الواردة في السؤال **75**.

٨١.

a. تكوين.

b. إحلال بسيط.

c. إحتراق.

82. اكتب معادلـة كيميائية رمزية موزونـة لتفاعل احتراق الميثانول السائل CH_3OH.

٨٢. $2CH_3OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$

83. اكتـب معـادلات كيميائيـة رمزيـة موزونـة لـكل من تفاعلات التكوين الآتية:

a. بورون + فلور $\rightarrow$

b. جرمانيوم + كبريت $\rightarrow$

c. كالسيوم + نيتروجين $\rightarrow$

٨٣.

a. $2B_{(s)} + 3F_{2(g)} \rightarrow 2BF_{3(g)}$

b. $Ge_{(s)} + 2S_{(s)} \rightarrow GeS_{2(s)}$

c. $3Ca_{(s)} + N_{2(g)} \rightarrow Ca_3N_{2(s)}$

84. **الاحتراق** اكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة لاحتراق كل من المواد الآتية:

a. الباريوم الصلب

b. البورون الصلب

c. الأسيتون السائل C_3H_6O

d. الأوكتان السائل C_8H_{18}

٨٤.

a. $2Ba_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2BaO_{(s)}$

b. $4B_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2B_2O_{3(s)}$

c. $C_3H_6O_{(l)} + 4O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$

d. $2C_8H_{18(l)} + 25O_{2(g)} \rightarrow 16CO_{2(g)} + 18H_2O_{(l)}$

85. اكتب معادلات كيميائية موزونه لتفاعلات التفكك الآتية:

a. → بروميد الماغنسيوم

b. → أكسيد الكوبلت II

c. → كربونات الباريوم

٨٥.

a. $MgBr_{2(s)} \rightarrow Mg_{(s)} + Br_{2(l)}$

b. $2CoO_{(s)} \rightarrow 2Co_{(g)} + O_{2(g)}$

c. $BaCO_{3(s)} \rightarrow BaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

86. اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لتفاعلات الإحلال البسيط الآتية التي تحدث في الماء. (وإذا لم يحدث تفاعل فاكتب لا يحدث تفاعل (NR) في مكان النواتج).

a. كلوريد الماغنسيوم + نيكل ⟶

b. بروميد النحاس II + كالسيوم ⟶

c. نترات الفضة + ماغنسيوم ⟶

٨٦.

a. $Ni_{(s)} + MgCl_{2(aq)} \rightarrow NR$

b. $Ca_{(s)} + CuBr_{2(aq)} \rightarrow CaBr_{2(aq)} + Cu_{(s)}$

c. $Mg(s) + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow Mg(NO_3)_{2(aq)} + 2Ag_{(s)}$

إتقان المفاهيم

87. أكمل المعادلة اللفظية الآتية:

محلول ⟶ مذاب + مذيب

٨٧. **محلول ⟶ مذاب + مذيب.**

88. ما أنواع النواتج المألوفة للتفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية؟

٨٨. **رواسب، وماء، وغازات.**

89. قارن بين المعادلات الكيميائية الرمزية الموزونة والمعادلات الأيونية.

٨٩. في المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة تستخدم الصيغ الكيميائية لتوضيح أنواع المواد المتضمنة في التفاعل وكمياتها النسبية، أما في المعادلة الأيونية المواد التي تكون على شكل أيونات في المحلول تُكتب كأيونات في المعادلة وهي أيضًا توضح الكميات النسبة للمواد والأيونات.

90. مـا المعادلة الأيونية النهائية؟ وفيـم تختلف عن المعادلة الأيونية الكاملة؟

٩٠. المعادلة الأيونية النهائية هي معادلة أيونية تشتمل فقط على الجسيمات المشاركة في التفاعل. أما المعادلة الأيونية الكاملة فهي معادلة أيونية تظهر كافة الأيونات في المحلول بصورتها الواقعية.

91. ما المقصود بالأيون المتفرج؟

٩١. الأيون المتفرج: هو الأيون الذي لا يشارك في التفاعل.

92. أكمل المعادلات الكيميائية الآتية:

a. $Na_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow$

b. $K_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow$

c. $CuCl_{2(s)} + Na_2SO_{4(aq)} \rightarrow$

٩٢.

a. $2Na_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + H_{2(g)}$

b. $2K_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2KOH_{(aq)} + H_{2(g)}$

c. $CuCl_{2(s)} + Na_2SO_{4(aq)} \rightarrow CuSO_{4(aq)} + 2NaCl_{(aq)}$

93. اكتب المعادلات الأيونية الكاملة والأيونية النهائية لكل من التفاعلات الآتية:

a. $H_3PO_{4(aq)} + 3KOH_{(aq)} \rightarrow 3H_2O_{(l)} + K_3PO_{4(aq)}$

b. $HCl_{(aq)} + NH_4OH_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + NH_4Cl_{(aq)}$

c. $HNO_{3(aq)} + KCN_{(aq)} \rightarrow HCN_{(g)} + KNO_{3(aq)}$

d. $2HClO_{(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + Ca(ClO)_{2(aq)}$

٩٣.

a.

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$3H^+_{(aq)} + PO_4^{3-}{}_{(aq)} + 3K^+_{(aq)} + 3OH^-_{(aq)} \rightarrow 3H_2O_{(l)} + 3K^+_{(aq)} + PO_4^{3-}{}_{(aq)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$3H^+_{(aq)} + 3OH^-_{(aq)} \rightarrow 3H_2O_{(l)}$$
$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

.b

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + NH_4^+{}_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

.c

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$H^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)} + K^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)} \rightarrow$$
$$HCN_{(g)} + K^+_{(aq)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$H^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)} \rightarrow HCN_{(g)}$$

.d

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2H^+_{(aq)} + 2ClO^-_{(aq)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 2ClO^-_{(aq)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

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

$$H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$$

94. توقع هل كل من التفاعلات الآتية يحدث في المحاليل المائية. (إذا توقعت أن التفاعل لا يحدث فاكتب: لا يحدث تفاعل (NR). ملاحظة: كبريتات الباريوم وبروميد الفضة يترسبان في المحاليل المائية).

.a $NaOH + (NH_4)_2\,SO_{4(aq)} \rightarrow$

.b $CuSO_4 + Ba(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow$

.c $MgBr_2 + AgNO_{3(aq)} \rightarrow$

٩٤.

a. لايحدث تفاعل (NR).

b. يحدث تفاعل.

c. يحدث تفاعل.

95. **تكون راسب** إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى كأسين، إحداهما فيها محلول كلوريد الصوديوم، وفي الأخرى محلول نترات الفضة يؤدي إلى ترسب مادة بيضاء في إحدى الكأسين.

a. أي الكأسين تحتوي على راسب؟

b. ما الراسب؟

c. اكتب معادلة كيميائية توضح التفاعل.

d. صنف هذا التفاعل.

٩٥.

a. كأس نترات الفضة.

b. كلوريد الفضة.

c. $HCl_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)} + HNO_{3(aq)}$

d. إحلال مزدوج.

96. **ميز** بين مركب أيوني ومركب تساهمي مذابين في الماء.
وهل تتأين المواد التساهمية جميعها عند إذابتها في الماء؟
فسِّر إجابتك.

٩٦. المركبات الأيونية عندما تذوب في الماء تنفصل أيوناتها بعضها عن بعض إلى أيونات سالبة وأخرى موجبة مثل كلويد الصوديوم، فالمحلول المائي لكلوريد الصوديوم يحتوي على أيونات Na^+ و Cl^-. أما المركبات التساهمية عند ذوبانها في الماء منها ما يوجد على شكل جزيئات مثل السكروز، ومنها ما يتأين إلى أيونات موجبة و أخرى سالبة عندما تذوب في الماء مثل مركب كلوريد الهيدروجين.

التفكير الناقد

97. **طبّق** صف التفاعل بين محلولي كبريتيد الصوديوم وكبريتات النحاس II الذي يؤدي إلى إنتاج راسب من كبريتيد النحاس II.

٩٧.

المعادلة الكيميائية للتفاعل:

$$Na_2S_{(aq)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow Na_2SO_{4(aq)} + CuS_{(s)}$$

عند إضافة أحد المحلولين إلى الآخر يحدث تفاعل إحلال مزدوج حيث أن كل من كبريتات النحاس وكبريتيد الصوديوم توجد في المحلول على شكل أيونات $Na^+, S^-, Cu^{2+}, SO_4^{2-}$ فتتحد أيونات النحاس الثنائي الموجبة مع أيونات الكبريتيد السالبة ويتكون راسب من كبريتيد النحاس Π بينما تبقى أيونات الصوديوم والكبريتات ذائبة في المحلول.

98. **توقّع** وضعت قطعة من فلز الألومنيوم في محلول KCl المائي، ووضعت قطعة أخرى من الألومنيوم في محلول $AgNO_3$ المائي. هل يحدث تفاعل في كلتا الحالتين؟ لماذا؟

٩٨.

١- في محلول KCl المائي لا يحدث تفاعل، لأن الألومنيوم أقل نشاطًا من البوتاسيوم، ويقع أسفله في متسلسلة النشاط الكيميائي فلا يحل محله في محلول ملحه.

٢- في محلول $AgNO_3$ المائي يحدث تفاعل لأن الألومنيوم أكثر نشاطًا من الفضة ويسبقه في سلسلة النشاط الكيميائي فيحل الألومنيوم محل الفضة في محلول ملحه.

99. **طبّق** اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة والأيونية النهائية لكل من التفاعلات الآتية. (إذا كان لا يحدث تفاعل فاكتب NR في مكان النواتج). علمًا أن فوسفات الماغنسيوم تترسب في المحلول المائي.

.a $KNO_{3(aq)} + CsCl_{(aq)} \rightarrow$

.b $Li_3PO_{4(aq)} + MgSO_{4(aq)} \rightarrow$

.c $K_2S_{(aq)} + HCl_{(aq)} \rightarrow$

٩٩.

.a $KNO_{3(aq)} + CsCl_{(aq)} \rightarrow NR$

.b

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$2Li_3PO_{4(aq)} + 3MgSO_{4(aq)} \rightarrow 3Li_2SO_{4(aq)} + Mg_3(PO_4)_{2(s)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$3Mg^{2+}_{(aq)} + 2PO_4^{3-}{}_{(aq)} \rightarrow Mg_3(PO_4)_{2(s)}$$

ج.

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة:

$$K_2S_{(aq)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow 2KCl_{(aq)} + H_2S_{(g)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$2H^+_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)}$$

مسألة تحفيز

100. يحدث تفاعل إحلال بسيط عند تفاعل النحاس مع نترات الفضة. إذا تفاعل 63.5 g من النحاس مع 339.8 g من نترات الفضةونتج 215.8 g من الفضة، فاكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة للتفاعل. ما الناتج الآخر في هذا التفاعل؟ وما كتلته؟

.١٠٠

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

الناتج الآخر: نترات النحاس II $Cu(NO_3)_2$

الناتج الآخر: نترات النحاس II $Cu(NO_3)_2$

بتطبيق قانون حفظ الكتلة للتفاعلات الكيميائية:

مجموع كتل النواتج = مجموع كتل المتفاعلات

كتلة الفضة + كتلة نترات النحاس II = كتلة النحاس + كتلة نترات الفضة

كتلة الفضة ـ كتلة النحاس + كتلة نترات الفضة = كتلة نترات النحاس II

$$= 339.8g + 63.5g - 215.8g$$

$$= 187.5g$$

مراجعة تراكمية

101. ميز بين المخلوط والمحلول والمركب.

١٠١.

المخلوط: مزيج من مادتين أو أكثر تختلط معًا دون تكوين مادة جديدة.

المحلول: خليط من مادة ذائبة في مادة أخرى.

المركب: مادة جديدة تتكون نتيجة للتفاعل الكيميائي بين عنصرين أو أكثر.

102. استعن بالجدول **10–4** لحساب الكتلة الذرية لعنصر الكروم.

الكتلة الذرية للعنصر = مجموع الكتل الذرية لنظائر العنصر كل منها مضروب في نسبة وجوده في الطبيعة.

$$\text{الكتلة الذرية للكروم} = 49.946\ \text{amu} \times \frac{4.35}{100} + 51.941\ \text{amu} \times \frac{83.79}{100} + 52.941\ \text{amu} \times \frac{9.50}{100} + 53.939\ \text{amu} \times \frac{2.36}{100} = 51.996\ \text{amu}$$

أسئلة المستندات

.105 $Ca(NO_3)_{2(aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \longrightarrow$

.١٠٥

$$Ca(NO_3)_{2\ (aq)} + Na_2CO_{3(aq)} \rightarrow CaCO_{3(s)} + 2NaNO_{3(aq)}$$

يتكون راسب من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$

.106 $Mg_{(s)} + Na\,OH_{(aq)} \longrightarrow$

.١٠٦ $Mg_{(s)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NR$

$PbS_{(s)} + LiNO_{3(aq)} \rightarrow$ .107

$PbS_{(s)} + LiNO_{3(aq)} \rightarrow NR$.١٠٧

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. إذا خلط محلول مائي من كبريتات النيكل II بمحلول مائي من هيدروكسيد الصوديوم فهل يحدث تفاعل مرئي؟

d .١

2. ماذا يحدث عند خلط محلول $AgClO_{3(aq)}$ بمحلول $NaNO_3$؟

a .٢

3. عند إضافة حمض الهيدروكلوريك HCl إلى هيدروكسيد النيكل II الصلب فإن الهيدروكسيد يختفي. ما المعادلة التي تصف ما حدث في الكأس؟

b .٣

4. ما نوع التفاعل الموصوف في المعادلة الآتية؟ d .٤

$$Cs_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow CsOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

5. أي التفاعلات الآتية تحدث بين الهالوجينات وأملاح الهاليدات ؟ a .٥

6. ينتج عن احتراق الإيثانول ثاني أكسيد الكربون وبخار ماء. ما المعادلة التي تصف ذلك؟ c .٦

7. ما الصيغة الكيميائية لأكسيد الحديد III؟ a .٧

8. إذا علمت أن التوزيع الإلكتروني لعنصر هو: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^5$. فما رمز هذا العنصر؟ b .٨

9. أي مما يلي يمثل التوزيع الإلكتروني لعنصر الحديد؟ d .٩

أسئلة الإجابات القصيرة

10. اكتب معادلة كيميائية موزونة لتفاعل فلز الكالسيوم الصلب مع الماء لإنتاج هيدروكسيد الكالسيوم الذائب في المحلول وغاز الهيدروجين.

١٠.

$$Ca_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعن بالمعادلة الكيميائية التالية للإجابة عن السؤالين **11** و**12**:

$$AlCl_{3(aq)} + Fe_2O_{3(aq)} \longrightarrow$$

12. ماذا تتوقع أن ينتج عن هذا التفاعل؟

١٢. تفاعل إحلال مزدوج. المتفاعلات عبارة عن مركبين.

13. ما التوزيع الإلكتروني لأيون الفوسفور P^{3-}؟ وضح كيف يختلف التوزيع الإلكتروني له عن التوزيع الإلكتروني لذرة الفوسفور المتعادلة P؟

التوزيع الإلكتروني لـ P: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^3$

التوزيع الإلكتروني لـ P^{3-}: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$

تزيد الإلكترونات في أيون الفوسفور P^{3-} عن الإلكترونات في ذرة الفوسفور المتعادلة بمقدار ٣ إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي، وبذلك يكون مستوى الطاقة p في أيون الفوسفور ممتلئ بالعدد الأقصى من الإلكترونات (٦ إلكترونات)، في حين أنه في ذرة الفوسفور المتعادلة يحتوي على ٣ إلكترونات فقط.