الفصل 4

التفاعلات الكيميائية
Chemical Reactions

الفكرة العامة تُحوّل التفاعلات الكيميائية المتفاعلات إلى نواتج، ممّا يؤدي إلى إطلاق طاقة أو امتصاصها.

4-1 التفاعلات والمعادلات

الفكرة الرئيسة تُمثّل التفاعلات الكيميائية بمعادلات كيميائية موزونة.

4-2 تصنيف التفاعلات الكيميائية

الفكرة الرئيسة هناك أربعة أنواع من التفاعلات الكيميائية هي: التكوين، والاحتراق، والتفكك، والإحلال.

4-3 التفاعلات في المحاليل المائية

الفكرة الرئيسة تحدث تفاعلات الإحلال المزدوج بين المواد في المحاليل المائية، منتجةً رواسب، أو ماء، أو غازات.

دم دون المستوى ضم ضمن المستوى ف م فوق المستوى تعليم تعاوني

الزمن المقترح لتدريس الفصل 3 - التفاعلات الكيميائية (7 حصة)				
البند	4-1	4-2	4-3	التقويم
عدد الحصص	2	2	2	1

أهداف البند	المصادر والتقويم	المواد المختبرية
4-1 1. يتعرف أدلة التفاعل الكيميائي. 2. يمثل التفاعلات الكيميائية بمعادلات. 3. يزن المعادلات الكيميائية.	**متابعة التقدم** تقويم بنائي، صفحة 11، 13، 14 تقويم البند، صفحة 14	**نشاط استهلالي** صفحة 7: ماء مقطر، كاس 100 ml ، مخبار مدرج 25 ml، ساق تحريك، ماصة، مقياس حرارة، محلول الأمونيا (0.1 mol/l) الكاشف العام، أقراص فوّارة. **الزمن المقدر**: 15 **دقيقة** **عرض عملي** صفحة 10: خارصين، يود صلب، أنبوب اختبار، قطارة، طبق تبخير، عبوة زجاجية بغطاء ماء مقطر. **الزمن المقدر**: 15 **دقيقة**. **عرض عملي** 11: محلول نترات الفضة، محلول يوديد البوتاسيوم، دورق 25 ml، ميزان حساس. **الزمن المقدر**: 10 **دقائق**
4-2 1. يصّنف التفاعلات الكيميائية. 2. يحدد مميزات الأنواع المختلفة للتفاعلات الكيميائية.	**متابعة التقدم** تقويم بنائي، صفحة 20 ماذا قرأت؟ صفحة 20،23 تقويم البند، صفحة 24	**تجربة** صفحة 19: قطع حديد مجلفنة بالخارصين، كأس زجاجية 250 ml، حمض الهيدروكلوريك المخفف. **الزمن المقدر**: 15 **دقيقة**
4-3 1. يصف المحاليل المائية. 2. يَكتب معادلات أيونية كاملة ومعادلات أيونية نهائية للتفاعلات الكيميائية في المحاليل المائية. 3. يتوقع هل ستؤدي التفاعلات في المحاليل المائية إلى إنتاج راسب، أو ماء، أوغاز.	**متابعة التقدم** تقويم بنائي، صفحة 31 ماذا قرأت؟ صفحة 27، 29، 31 تقويم البند، صفحة 33 **تقويم ختامي** مراجعة الفصل صفحة 36	**عرض عملي** صفحة 26: كربونات صوديوم، أنابيب اختبار ، نترات الكالسيوم **الزمن المقدر**: 10 **دقائق**

الفصل 4

الفكرة العامة

التغيرات الفيزيائية والكيميائية لتقديم الفكرة العامة لهذا الفصل ناقش الطلبة حول حرق الخشب على أن تشتمل الأمثلة على حريق في غابة أو موقد يحرق فيه الخشب. واطلب اليهم أن يميزوا بين التغيرات الفيزيائية والكيميائية. التغير الفيزيائي لا يؤثر في التركيب الكيميائي للمادة، أما التغير الكيميائي فيغير هذا التركيب. واطلب إليهم أيضًا أن يعددوا التغيرات الفيزيائية والكيميائية التي تحدث للخشب. إذ قد تشتمل التغيرات الفيزيائية على تقطيع جذع الشجرة إلى قطع صغيرة،على حين قد تشتمل التغيرات الكيميائية على عملية البناء الضوئي لصنع الغذاء للنبات.

واسأل الطلبة ما إذا كان حرق أية مادة يؤدي إلى تغير كيميائي، واطلب إليهم إعطاء أمثلة على ذلك. نعم،الورق، الفحم، الخشب، والبترول. واسألهم عن نوع التغير الذي يحدث عند حرق الخشب، وأن يعللوا استجاباتهم. حدث تغير كيميائي لأن الخشب تحول إلى رماد.

الربط بالمعرفة السابقة

اطلب إلى الطلبة مراجعة المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الفصل من مثل، كتابة صيغ المركبات الأيونية، والمركبات الجزيئية.

استعمال الصورة

حرق المواد اطلب إلى الطلبة أن يتوقعوا ماذا سيحدث للأشجار إذا شب حريق في الغابة. سيحترق الخشب ويحدث له تغير كيميائي، أي أن الخشب سيتحول إلى فحم ورماد. واطلب إليهم أيضًا أن يعددوا التغيرات الفيزيائية والكيميائية التي تحدث خلال حريق الغابة وبعده، وكيف تؤثر هذه التغيرات في البيئة والمخلوقات الحية في الغابة. ستتنوع الإجابات، ولكنها قد تشتمل على تدمير مصادر الغذاء للحيوانات، وتدمير مساكنها التي تحميها من تغيرات الطقس والحيوانات المفترسة، وتلويث المياه.

الفصل 4 التفاعلات الكيميائية
Chemical Reactions

الفكرة العامة

تُحوّل التفاعلات الكيميائية المتفاعلات إلى نواتج، ممّا يؤدي إلى إطلاق طاقة أو امتصاصها.

4-1 التفاعلات والمعادلات

الفكرة الرئيسة تُمثَّل التفاعلات الكيميائية بمعادلات كيميائية موزونة.

4-2 تصنيف التفاعلات الكيميائية

الفكرة الرئيسة هناك أربعة أنواع من التفاعلات الكيميائية هي: التكوين، والاحتراق، والتفكك، والإحلال.

4-3 التفاعلات في المحاليل المائية

الفكرة الرئيسة تحدث تفاعلات الإحلال المزدوج بين المواد في المحاليل المائية، منتجةً رواسب، أو ماء، أو غازات.

حقائق كيميائية

- لكي يشتعل الخشب يجب أن يسخن إلى 260 °C.
- يغلي الماء الموجود في الخشب قبل أن يحترق الخشب.
- يحتوي الدخان الناتج عن احتراق الخشب على أكثر من مادة كيميائية.

نشاط استهلالي

كيف نستدل على حدوث تغير كيميائي؟

الكاشف (الدليل) مادة كيميائية تضاف إلى المواد في التفاعل الكيميائي لتوضح متى يحدث تغير.

خطوات العمل:

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. قس 10.00 ml من **الماء المقطر** في **مخبار مدرج** سعة 25.00 ml، وضع الماء في **كأس** سعة 100.0 ml، استعمل **الماصة** وأضف نقطة من محلول الأمونيا 0.1 mol/l إلى الماء.

تحذير: بخار الأمونيا مهيج جدًا.

3. أضف 15 نقطة من **الكاشف العام** إلى المحلول، وحركه. لاحظ لونه، وقس درجة حرارته بمقياس الحرارة.
4. ضع **قرصًا فوارًا** في المحلول، ولاحظ ماذا يحدث؟ سجل ملاحظاتك، متضمنةً أيّ تغير في درجة الحرارة.

تحليل النتائج

1. صف أيّ تغيرات في لون المحلول أو درجة حرارته.
2. وضّح هل نتج غاز؟ وإذا حدث كيف تم الاستدلال على ذلك؟
3. حلّل هل حدث تغير فيزيائي أم تغير كيميائي؟ فسّر ذلك.

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

المطويات منظمات الأفكار

التفاعلات الكيميائية اعمل المطوية التالية لتساعدك على تنظيم المعلومات حول كيفية حدوث التفاعلات الكيميائية وتصنيفها.

الخطوة 1 اطو ورقة طوليًا، على أن يظل الهامش الأيسر مرئيًا.

الخطوة 2 قصّ الجزء العلوي خمس قطع.

الخطوة 3 عنون الأجزاء الخمسة على النحو التالي: التفاعلات الكيميائية، التكوين- الاحتراق- التفكك- الإحلال البسيط - الإحلال المزدوج.

المطويات استخدم هذه المطوية في البند 2-4 من هذا الفصل في أثناء قراءتك له، ولخص كل نوع من التفاعلات الكيميائية، وأعط أمثلة عليها.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل وأنشطته ارجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

تحليل النتائج

1. تحوّل لون المحلول من الأزرق إلى الأحمر، ثم إلى البرتقالي فالأصفر وأخيرًا إلى الأخضر . وانخفضت درجة حرارة المحلول بمقدار 2°c.
2. نعم، نتج غاز،و تكوّنت رغوة.
3. كل من خواص التفاعل يُعد دليلاً على حدوث تغير كيميائي، ولهذا فإن تغيرًا كيميائيًا قد حدث.

استقصاء

يبين الكاشف العام أن الرقم الهيدروجيني للمحلول يتغير (يحدث تفاعل كيميائي). ستتنوع التصاميم من طالب إلى آخر.

نشاط استهلالي

الهدف يصّنف الطلبة التغيرات إلى فيزيائية أو كيميائية، ويحددون أدلة على حدوث التغير الكيميائي.

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلبة الإطلاع على نماذج السلامة قبل بدء العمل، وراجع معهم مخاطر استعمال الأمونيا.

تحذير: أبخرة الأمونيا مهيجة للعينين والجهاز التنفسي **مائل**. لذا، غط طاولة المختبر بقماش لامتصاص أي سائل قد ينسكب من التفاعل.

التخلص من النفايات يمكن سكب محتويات أنبوب الاختبار في المغسلة.

استراتيجيات التدريس

- تأكد من أن القرص الفوار يحتوي على كربونات أو بيكربونات وحمض ضعيف كحمض الستريك.

النتائج المتوقعة يذوب حمض الستريك الموجود في القرص الفوّار في الماء، محوّلاً لون الكاشف من الأزرق إلى الأحمر. ويتفاعل الحمض مع بيكربونات الصوديوم، منتجًا غاز ثاني أكسيد الكربون. وعندما يتصاعد الغاز يصبح المحلول منظمًا، وتقل حموضته، ويتحول اللون الأحمر بسرعة إلى البرتقالي، ثم إلى الأصفر، وأخيرًا إلى الأخضر، وتنتج محتويات أنبوب الاختبار رغوة فتفيض، وتنخفض درجة حرارة المحلول درجتين 2°c تقريبًا.

4-1

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسة على الطلبة.

الفكرة الرئيسة

الميـزان دع الطلبة يفكـروا في عملية قيـاس كتلة عدد من قطـع النقـد المعدنيـة المتشـابهة باسـتعمال الميـزان على افتـراض أن قطـع النقـد جميعها متسـاوية في كتلهـا. فماذا سيحدث للكتلة إذا وضع على الميزان في البداية عشر قطع نقدية، ثم أبعد خمسًا منها، ستنقص الكتلة إلى النصف.

اطلـب إلـى الطلبـة مقارنـة هـذه النتيجـة بكميـات المـواد المتفاعلـة والناتجـة مـن التفاعـل الكيميائـي. كلمـا زادت المـواد المتفاعلـة زادت النواتـج ، وكلما قلت هـذه المواد قلت النواتج . ض م

2. التدريس

تطوير المفهوم

كميات المواد المتفاعلة اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا معادلة لفظيـة لتحضير كعكة من المواد الأولية، وهي عملية تحتاج إلى طاقة. سـتتنوع إجابات الطلبة، ولكنها قد تشـتمل على: طاقة + ملح + سـكر + صودا الخبز + بيض + ماء + زبدة + طحيـن ← كعكة. مؤكداً على دقة كميات المواد المتفاعلة والناتجـة مـن التفاعل الكيميائـي (أوالمعادلـة الكيميائية). فمثلاً، 2.5kg ملح ، و5kg سكر، 4l من الماء، و 4 درازن بيض، وهكذا لن تنتج على الأغلب كعكة سليمة . ض م

4-1

التفاعلات والمعادلات
Reactions and Equations

الأهداف

- **تتعرّف** أدلـــة التفـــاعـل الكيميائي.
- **تمثّل** التفاعـلات الكيميائيـة بمعادلات.
- **تزن** المعادلات الكيميائية.

مراجعة المفردات

التغـير الكيميائي: عملية تتضمن تحـول مـادة أو أكثـر إلى مـادة جديدة.

قانـون حفـظ الكتلـة: الكتلـة لا تفنـى ولا تسـتحدث في أثنـاء التفاعل الكيميائي.

المفردات الجديدة

التفاعل الكيميائي
المتفاعلات
النواتج
المعادلة الكيميائية الموزونة
المعامل

الفكرة الرئيسة تُمثَّل التفاعلات الكيميائية بمعادلات كيميائية موزونة.

الربط بواقع الحياة عندما تشتري موزًا أخضر اللون فإنه يتحول خلال أيام قليلة إلى اللون الأصفر، وهذا التغير في اللون دليل على حدوث تفاعل كيميائي.

التفاعلات الكيميائية Chemical Reactions

هل تعلم أن الطعام الذي تأكله، والألياف في ملابسك، والبلاستيك في أقراصك المدمجة لديها شيء مشترك؟ جميع هذه المواد تنتج عندما يُعاد ترتيب الذرات فيها لتكوين مواد أخرى مختلفة. فمثلاً يعاد ترتيب الذرات خلال حرائق الغابات، كما هو موضح في الصورة الواردة في بداية الفصل. وكذلك أعيد ترتيب الذرات عندما ألقي بالقرص الفوار في كأس الماء خلال النشاط الاستهلالي.

تسمى العملية التي يتم فيها إعادة ترتيب الذرات في مادة أو أكثر لتكوين مواد مختلفة **التفاعل الكيميائي**. والتفاعلات الكيميائية تؤثر في جميع نواحي الحياة؛ فهي تحلل الطعام الذي تأكله، منتجةً الطاقةَ التي تحتاج إليها لتعيش. وتوفّر التفاعلات في محركات السيارات والحافلات الطاقة اللازمة التي تحرك هذه المركبات. كما أنها تنتج الألياف الطبيعية كالقطن في النباتات والصوف في الحيوانات، والألياف الاصطناعية كالنايلون الذي يستعمل في المصانع، كما هو مبين في **الشكل 1-4**.

أدلـة حـدوث التفاعـل الكيميائي كيـف تعرف أن تفاعـلا كيميائيًّا قد حدث؟ رغـم أن بعـض التفاعـلات الكيميائيـة يصعب اكتشـافها إلا أن كثيـرًا منها يُظهر أدلة فيزيائية (محسوسـة) على حدوثها. إن تغير درجة الحرارة مثلاً قد يشـير إلى حـدوث تفاعل كيميائي؛ فبعض التفاعلات ـ كتلك التي تحدث في أثناء احتراق الخشب ـ تطلق طاقة على شكل حرارة وضوء، وبعضها الآخر يمتص الحرارة.

الشـكل 1-4 ينتج النايلون عن تفاعل كيميائي، ويستعمل في كثير مـن المنتجـات، كالملابـس والسـجـــاد، والأدوات الرياضيـة، والإطـــارات.

دفتر الكيمياء

ملاحظـة التغـير الكيمائي اطلـب إلى الطلبـة الاحتفـاظ بقائمـة في دفتر الكيمياء للتفاعلات الكيميائية التي يجرونها أويلاحظونها. واطلب إليهم أيضًا أن يصفوا الأدلة على حدوث كل تفاعل ويضمنوها في القائمة.

ض م

الشكل 2-4 كل صورة من هذه الصور تدل على حدوث تفاعل كيميائي. صف ما الأدلة على حدوث تفاعل كيميائي في كل من الصور المجاورة؟

هناك أنواع أخرى من الأدلة التي تشير إلى حدوث تفاعل كيميائي، بالإضافة إلى تغير درجة الحرارة، ومنها تغير اللون. ربما لاحظت مثلاً أن بعض المسامير الملقاة في الطرق يتغير لونها من فضي إلى بنّي في زمن قصير. إن تغير اللون يدل على أن تفاعلاً كيميائيًا قد حدث بين الحديد والأكسجين. كما أن تحول لون الموز من الأخضر إلى الأصفر مثال آخر على ذلك. وتُعد الرائحة، وتصاعد الغاز، وتكوّن رواسب أدلةً أخرى على التفاعل الكيميائي. وفي كل صورة في **الشكل 2-4** دليل على حدوث تفاعل كيميائي.

تمثيل التفاعلات الكيميائية Representing Chemical Reactions

يستخدم الكيميائيون معادلات لتمثيل التفاعلات الكيميائية. وتوضح هذه المعادلاتُ **المتفاعلاتِ** وهي المواد البادئة في التفاعل، وأما **النواتج** فهي المواد المتكوّنة خلال التفاعل. كما يستعمل فيها سهم لتوضيح اتجاه التفاعل، وفصل المتفاعلات عن النواتج. وتكتب المتفاعلات عن يسار السهم، والنواتج عن يمينه. وعندما يكون هناك أكثر من متفاعل أو ناتج تستخدم إشارة (+) للفصل بين المتفاعلات أو النواتج. ويبين التعبير التالي عناصر المعادلة الكيميائية:

الناتج 2 + الناتج 1 ⟶ المتفاعل 2 + المتفاعل 1

وتستخدم الرموز في المعادلات لتوضيح الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة والناتجة التي قد تكون في الحالة الصلبة (s) أو السائلة (l) أو الغازية (g) أو مذابة في الماء (aq) كما هو مبين في **الجدول 1-4**. ومن المهم توضيح هذه الرموز؛ لأنها تعطي دليلًا على كيفية حدوث التفاعل الكيميائي.

الجدول 1-4 الرموز المستخدمة في المعادلات الكيميائية

الرمز	الغرض
+	يفصل بين مادتين أو أكثر من المتفاعلات أو النواتج
→	يفصل المتفاعلات عن النواتج
⇌	يفصل المتفاعلات عن النواتج، ويشير إلى التفاعل الانعكاسي
(s)	يشير إلى الحالة الصلبة
(l)	يشير إلى الحالة السائلة
(g)	يشير إلى الحالة الغازية
(aq)	يشير إلى المحلول المائي

الرياضيات في الكيمياء

أعداد التأكسد ذكّر الطلبة بأنه عند كتابة صيغة مركب ما، فإن مجموع أعداد تأكسد العناصر المكوّنة له يساوي صفرًا. فمثلاً:

$$H_2O : (2 \times (+1)) + (-2) = 0$$

$$(NH_4)_2S : (2 \times (+1)) + 1 \times (2)) = 0$$

$$Ti\ (NO_2)_4 : (1 \times (+4)) + (4(-1)) = 0$$

التوسع

الرموز الكيميائية اسأل الطلبة أن يذكروا الأسباب المحتملة لاستعمال الرموز في الكيمياء. فالرموز طريقة مختصرة لوصف التفاعلات المعقدة والأفكار، وهي تسمح للعلماء الذين يتحدثون بلغات مختلفة أن يتواصلوا بسهولة. واطلب إلى الطلبة أيضاً أن يذكروا ما المباحث الأخرى التي تستعمل الرموز للتواصل بفعالية أكبر. قد تتنوع الإجابات ولكن يجب أن تتضمن الرياضيات. ض م

■ **إجابات أسئلة الأشكال** الشكل 2-4 تتحول التفاحة إلى اللون البني (تغير اللون)، و يطلق القرص الفوار غازًا (فقاقيع). وخبز البيتزا يظهر تغيرًا في اللون، وينتج غازاً يؤدي إلى انتفاخ العجين.

مشروع الكيمياء

كتابة المعادلات الكيميائية اطلب إلى الطلبة أن يتأملوا في بعض التفاعلات الكيميائية التي وصفوها في دفاترهم. واطلب إليهم أن يكتبوا معادلات كيميائية لفظية، ومعادلات كيميائية موزونة لأي من هذه التفاعلات. واطلب اليهم عمل نماذج ثلاثية الأبعاد أو رسوم للتفاعلات.

ض م

التعزيز

كتابة الصيغ أكد على أهمية كتابة صيغ صحيحة لكافة المتفاعلات والنواتج في المعادلة الكيميائية، وعدم تغيير هذه الصيغ خلال عملية وزن المعادلات. واطلب إلى الطلبة أن يكتبوا الصيغة الكيميائية للماء، ثم لـ فوق أكسيدالهيدروجين. H_2O و H_2O_2. واسألهم ماذا يحدث في التفاعل الكيميائي إذا غيرت هاتين الصيغتين الكيميائيتين. يختلف التفاعل الناتج كليًا عن التفاعل الأصلي. و ذكّر الطلبة أيضًا بأنه يمكن إضافة المعاملات أو تغييرها لوزن المعادلة فقط بعد كتابة الصيغ الكيميائية الصحيحة. ض م

الشكل 4-3 العلم كغيره من المجالات، له لغة متخصصة تسمح بتداول معلومات معينة بطريقة منتظمة. فالتفاعل بين الألومنيوم والبروم يمكن وصفه بمعادلة لفظية، أو بمعادلة كيميائية رمزية موزونة.

المعادلات اللفظية يمكنك استعمال المعادلات اللفظية للتعبير عن كلٍّ من المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعلات الكيميائية. وتصف المعادلة اللفظية أدناه التفاعل بين الألومنيوم Al والبروم السائل Br_2 الموضح في **الشكل 4-3**. فالسحابة الحمراء في الشكل هي بروم فائض. أما ناتج التفاعل الذي هو جسيمات صلبة من بروميد الألومنيوم $AlBr_3$ فيستقر في قعر الكأس.

الناتج (1) ⟶ المتفاعل (2) + المتفاعل (1)

بروميد الألومنيوم ⟶ البروم + الألومنيوم

تُقرأ هذه المعادلة اللفظية على النحو التالي: "الألومنيوم والبروم يتفاعلان لإنتاج بروميد الألومنيوم."

المعادلات الكيميائية إن المعادلات اللفظية تساعد على وصف التفاعلات إلا أنها تفتقر إلى معلومات مهمة. أما المعادلة الكيميائية فتستخدم رموز العناصر وصيغ المركبات ـ بدلاً من الكلمات ـ للتعبير عن المتفاعلات والنواتج. فالمعادلة الكيميائية للتفاعل بين الألومنيوم والبروم مثلاً تستخدم رمزي الألومنيوم والبروم وصيغة بروميد الألومنيوم بدلاً من الكلمات، كما هو مبين في **الشكل 4-4**.

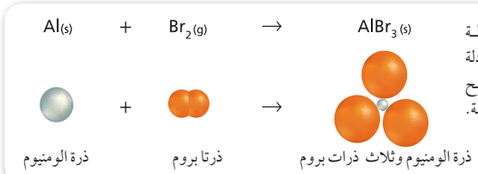
تشير المعادلات الكيميائية إلى أن المادة تُحفظ خلال التفاعل، وهذا ما ينص عليه قانون بقاء الكتلة.

المفردات

مفردات علمية

الصيغة: تعبير يستخدم الرموز الكيميائية لتمثيل التفاعل الكيميائي.

الصيغة الكيميائية للماء هي H_2O.



الشكل 4-4 المعلومات التي تنقلها المعادلة الكيميائية محدودة. في هذه الحالة المعادلة الكيميائية صحيحة، ولكنها لا توضح العدد الصحيح للذرات المتفاعلة.

عرض عملي

تفاعل فلز مع لا فلز

الهدف اتحاد فلز مع لا فلز لتكوين مركب مستقر من خلال إطلاق طاقة.

المواد والأدوات

مسحوق الخارصين (1g)، بلورات يود (3g)، أنبوب اختبار جاف مع غطاء، قطارة، طبق تبخير، عبوة زجاجية بغطاء، أجر هذه التجربة في خزانة الأبخرة، وكن حذرًا عند التعامل بالمواد الكيميائية، ودرجات الحرارة العالية.

احتياطات السلامة

التخلص من النفايات ينتج هذا العرض العملي فضلات خطرة، يجب التخلص منها بطريقة مناسبة.

خطوات العمل

ضع 1g من مسحوق الخارصين، و 3g من بلورات اليود في أنبوب اختبارجاف. وأغلقه بسدادة،ثم رج الأنبوب لخلط المحتويات. وبعد ذلك، انقل المخلوط إلى طبق تبخير وضعه في خزانة الأبخرة، ثم أضف إليه بضع قطرات من الماء بالقطارة.

تحذير: يجب إجراء هذا العرض العملي فقط في خزانة الأبخرة، لأن أبخرة اليود سامة. سيصير الطبق ساخنًا، وتتصاعد منه أبخرة اليود البنفسجية اللون. اجمع أبخرة اليود السامة في عبوة زجاجية ذات فوهة واسعة موضوعة بصورة معكوسة على طبق التبخير، ثم أغلقها فورًا.

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية للمعادلات اللفظية الآتية:

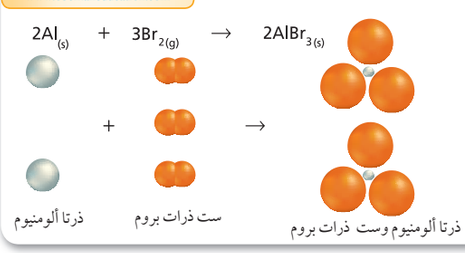
1. بروميد الهيدروجين ⟶ هيدروجين + بروم
2. ثاني أكسيد الكربون ⟶ أكسجين + أول أكسيد الكربون
3. تحدّ اكتب المعادلة اللفظية والمعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل الآتي: عند تسخين كلورات البوتاسيوم $KClO_3$ الصلبة ينتج كلوريد البوتاسيوم الصلب وغاز الأكسجين.

لتمثيل التفاعل الكيميائي بمعادلة بشكل صحيح يجب أن توضح المعادلة أن عدد الذرات في المواد المتفاعلة يساوي عدد الذرات في المواد الناتجة. هذه المعادلة تسمى معادلة كيميائية موزونة. **المعادلة الكيميائية الموزونة** تعبير يَستخدم الصيغَ الكيميائية لتوضيح أنواع المواد المتضمَّنة في التفاعل الكيميائي وكمياتها النسبية.

وزن المعادلات الكيميائية Balancing Chemical Equations

تتفق معادلة التفاعل الموزونة بين الألومنيوم والبروم المبينة في **الشكل 5-4**، مع قانون حفظ الكتلة. وحتى تزن المعادلة الكيميائية يجب أن تجد المعاملات الصحيحة للصيغ الكيميائية فيها. **المعامل** في المعادلة الكيميائية هو العدد الذي يكتب قبل المتفاعل أو الناتج. وتكون المعاملات عادة أعدادًا صحيحة، ولا تكتب إذا كانت قيمتها واحدًا. وتصف المعاملات في المعادلة الموزونة أبسط نسبة عددية صحيحة لكميات كل من المتفاعلات والنواتج.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية
لمزيد من الاختبارات القصيرة، ارجع إلى الموقع الإلكتروني:
www.obeikaneducation.com



الشكل 5-4 يتساوى عدد الجسيمات في طرفي كل من المتفاعلات والنواتج في المعادلة الكيميائية الموزونة. وفي هذه الحالة، يتطلب وجود ذرتي ألومنيوم وست ذرات بروم في طرفي المعادلة

النتائج

تتصاعد أبخرة اليود من الخليط نتيجة حدوث تفاعل طارد للحرارة.

التحليل

تتفاعل ذرة خارصين مع ذرتي يود حتى يتكون يوديد الخارصين. لذا استعن بهذه المعلومة ومخططات النقط (مخطط لويس) للذرات على تفسير كيفية حدوث التفاعل. يشارك الخارصين بإلكترون واحد مع كل ذرة يود.

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلبة أن يضعوا الخط الفاصل بين الفلزات واللافلزات على جدول دوري فارغ. ض م

مسائل تدريبية

1. $H_{2\,(g)} + Br_{2(g)} \rightarrow HBr_{(g)}$
2. $CO_{(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow CO_{2\,(g)}$
3. $KClO_{3(g)} \rightarrow KCl_{(s)} + O_{2(g)}$

عرض عملي

تكوين يوديد الفضة

تحذير: *نترات الفضة سامة وتبقع الجلد والملابس.*

صبّ 5ml تقريبًا من محلول نترات الفضة (0.1mol/l) في أنبوب اختبار صغير، و 5ml من محلول يوديد البوتاسيوم (0.1mol/l) في أنبوب آخر. ضع الأنبوبين بعناية بشكل عمودي في دورق صغير، ثم أغلقه بسدادة، وزنه بمحتوياته. ثم اقلب الدورق حتى تنسكب محتويات الأنبوبين فيه مكونة يوديد الفضة الأصفر غير الذائب. واسأل الطلبة أن يتوقعوا أي تغير حدث في الكتلة. لأن مادة صلبة كثيفة تكونت، فإن الطلبة قد يتوقعون أن الكتلة ازدادت. و بعد ذلك، زن الدورق ومحتوياته لتوضيح قانون بقاء الكتلة. ض م

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قد يعتقد الطلبة أن المعادلات يجب أن توازن في المعادلة الكيميائية.

استكشاف المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اطلب إلى الطلبة كتابة المعادلة الموزونة للتفاعل بين الكربون (الجرافيت) وغاز الأكسجين لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون.

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

واطلب إليهم أن يقارنوا بين مجموع المعاملات في كل من طرفي المعادلة. مجموع المعاملات في طرف المتفاعلات اثنان، وفي طرف النواتج واحد، بما يشير إلى أنه ليس من الضروري أن يكون مجموع المعاملات متساويًا.

عرض المفهوم

استعمل النماذج الجزيئية لنمذجة التفاعل بين الأستيلين الغازي والأكسجين لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء السائل:

$$2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2\,(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

ووضح للطلبة أن عدد ذرات كل عنصر في المواد الناتجة مساوٍ لعدد الذرات في المواد المتفاعلة، ولكن لا يتساوى مجموع معاملات المتفاعلات (7) ومجموع معاملات النواتج (6).

تقويم المعرفة السابقة

تقويم المعرفة الجديدة. اطلب إلى الطلبة كتابة المعادلة الموزونة للتفاعل بين الفوسفور الصلب(P_4) والبروم السائل Br_2 لإنتاج خماسي بروميد الفوسفور الصلب.

$$P_{4(s)} + 10Br_{2(1)} \rightarrow 4PBr_{5(s)}$$

مؤكداً على حقيقة عدم تساوي المعاملات وذلك بالطلب إليهم مقارنة مجموع معاملات المتفاعلات (11) بمجموع معاملات النواتج (4). د م

خطوات وزن المعادلات يمكن وزن أغلب المعادلات الكيميائية باتباع الخطوات الموضحة في **الجدول 2-4**. فيمكنك مثلًا استعمال هذه الخطوات لكتابة المعادلة الكيميائية للتفاعل بين الهيدروجين H_2، والكلور Cl_2 لإنتاج كلوريد الهيدروجين HCl.

الجدول 2-4 خطوات وزن المعادلات

المفاهيم عبر المواقع الإلكترونية
جدول تفاعلي: لمعرفة المزيد عن وزن المعادلات الكيميائية ارجع إلى الموقع: www.obeikaneducation.com

الخطوات	العملية	مثال
1	**اكتب معادلة كيميائية غير موزونة.** تأكد أن الصيغ الكيميائية للمتفاعلات والنواتج صحيحة، وأن الأسهم تفصل المتفاعلات عن النواتج، وإشارة (+) تفصل بين كل من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، ووجود الحالات الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة.	$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow HCl_{(g)}$ ذرة هيدروجين وذرة كلور — ذرتا كلور — ذرتا هيدروجين
2	**عدّ ذرات العناصر في المتفاعلات.** تتفاعل ذرتا هيدرجين وذرتا كلور.	$H_2 + Cl_2 \rightarrow$ 2 ذرة كلور — 2 ذرة هيدرجين
3	**عدّ ذرات العناصر في النواتج .** ينتج ذرة هيدروجين وذرة كلور.	HCl 1 ذرة كلور + 1 ذرة هيدروجين
4	**غيّر المعاملات لتجعل عدد ذرات كل عنصر متساويًا في طرفي المعادلة.** ولا تغير أبدًا الرمز السفلي في صيغة كيميائية لتزن معادلة؛ لأن ذلك يغير نوع المادة.	$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$ 2 ذرة هيدروجين — 2 ذرة كلور — 2 ذرة هيدروجين + 2 ذرة كلور 2 ذرة هيدروجين + 2 ذرة كلور → 2 ذرة هيدروجين
5	**اكتب المعاملات في أبسط نسبة ممكنة،** على أن تكون المعاملات أصغر أعداد صحيحة ممكنة. فالنسبة H_2 : 1 Cl_2 : 1 2HCl (2:1:1) هي أصغر نسبة ممكنة، لأنه لا يمكن اختصارها أكثر من ذلك وتظل أعدادًا صحيحة .	$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$ 1:1:2 1 H_2 : 1 Cl_2 : 2 HCl
6	**تأكد من عملك** أن الصيغ الكيميائية مكتوبة بشكل صحيح، وأن عدد ذرات كل عنصر متساوٍ في طرفي المعادلة.	$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$ 2 ذرة هيدروجين — 2 ذرة كلور — 2ذرة هيدروجين 2 ذرة كلور يوجد ذرتا هيدروجين وذرتا كلور في كلٍّ من طرفي المعادلة.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى المادة محفوظة في التفاعل الكيميائي. فمثلاً، إذا بدأنا بـ 9g من المتفاعلات، فإن الكتلة الكلية للنواتج ستساوي 9g، وإذا تفاعل 1g هيدروجين مع 8g أكسجين فسينتج 9g ماء.

$$2H_{2(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow 2H_2O_{(1)}$$

اطلب إلى الطلبة إضافة كتل إلى طرفي الميزان حتى يتوازن الطرفان، ويجمعوا الكتل في كل طرف. واسألهم إذا كان مجموع الكتل في طرفي المعادلة متساويًا. ض م

المفاهيم عبر المواقع الإلكترونية
جدول تفاعلي: يمكن للطلبة أن يتفاعلوا مع الجدول على الموقع الإلكتروني
www.obeikaneducation.com

مثال 1-4

كتابة معادلة كيميائية رمزية موزونة اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة للتفاعل بين محلول هيدروكسيد الصوديوم ومحلول بروميد الكالسيوم لإنتاج هيدروكسيد الكالسيوم الصلب ومحلول بروميد الصوديوم.

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت المتفاعلات والنواتج في التفاعل الكيميائي. لذا ابدأ بمعادلة كيميائية غير موزونة، مستخدمًا الخطوات في **الجدول 2-4** لوزنها.

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية غير الموزونة للتفاعل. تأكد من وضع المتفاعلات عن يسار السهم، والنواتج عن يمينه. وافصل المواد بإشارة (+)، ووضح حالاتها الفيزيائية.

$$NaOH_{(aq)} + CaBr_{2(aq)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} + NaBr_{(aq)}$$

عُدّ ذرات كل عنصر في المتفاعلات: 1Na, 1 O, 1 H, 1 Ca, 2 Br

عدّ ذرات كل عنصر في النواتج: 1Ca, 2 O, 2 H, 1 Na, 1 Br

أدخل المعامل 2 قبل NaOH لوزن ذرات الأكسجين والهيدروجين. $2NaOH_{(aq)} + CaBr_{2(s)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)} + NaBr_{(aq)}$

أدخل المعامل 2 قبل NaBr لوزن ذرات الصوديوم والبروم. $2NaOH_{(aq)} + CaBr_{2(aq)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} + 2NaBr_{(aq)}$

اكتب المعاملات في أبسط نسبة ممكنة. نسبة المعاملات 2 : 1 : 1 : 2

تأكد أن عدد ذرات كل عنصر متساوٍ في طرفي المعادلة. النواتج 2Na, 2O, 2H, 1 Ca, 2 Br

المتفاعلات 2Na, 2O, 2H, 1 Ca, 2 Br

3 تقويم الإجابة

الصيغ الكيميائية لجميع المواد مكتوبة بشكل صحيح، وعدد ذرات كل عنصر متساوٍ في طرفي المعادلة، والمعاملات مكتوبة في أبسط نسبة ممكنة. والمعادلة الموزونة للتفاعل هي:

$$2NaOH_{(aq)} + CaBr_{2(aq)} \rightarrow Ca(OH)_{2(s)} + 2NaBr_{(aq)}$$

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لكل من التفاعلات الآتية:

4. يتفاعل كلوريد الحديد III $FeCl_3$ مع هيدروكسيد الصوديوم NaOH في الماء لإنتاج هيدروكسيد الحديد III $Fe(OH)_3$ الصلب وكلوريد الصوديوم NaCl.

5. يتفاعل ثاني كبريتيد الكربون CS_2 السائل مع غاز الأكسجين O_2 لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 وغاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2.

6. تحدٍّ: يتفاعل فلز الخارصين Zn مع حمض الكبريتيك H_2SO_4 لإنتاج غاز الهيدروجين H_2 ومحلول كبريتات الخارصين $ZnSO_4$.

واقع الكيمياء في الحياة

هيدروكسيد الكالسيوم

الأحواض المائية للشعب المرجانية

يستخدم محلول هيدروكسيد الكالسيوم المائي في الأحواض المائية للشعب المرجانية؛ لتزويد الحيوانات -كالحلزون والمرجان- بعنصر الكالسيوم، حيث يتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع ثاني أكسيد الكربون في الماء لإنتاج أيونات الكالسيوم والبيكربونات.

وتستخدم حيوانات الشعب المرجانية الكالسيوم لبناء أصدافها وأجهزتها الهيكلية بصورة قوية.

مثال في الصف

السؤال اكتب معادلة كيميائية موزونة لتفاعل أول أكسيد الكربون CO والأكسجين O_2 الذي ينتج ثاني أكسيد الكربون CO_2.

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

مسائل تدريبية

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

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

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

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة تحديد ما إذا كانت كل من المعادلات الآتية موزونة أم لا. وإذا لم تكن موزونة، فاطلب إليهم تغيير المعاملات لوزنها.

a. $2Al + 6HCl \rightarrow 3AlCl_3 + 3H_2$

المعادلة غير موزونة، والمعادلة الصحيحة هي:
$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$

b. $Ba(ClO_3)_2 \rightarrow BaCl_2 + 3O_2$

المعادلة غير موزونة، والمعادلة الصحيحة هي:
$Ba(ClO_3)_2 \rightarrow BaCl_2 + 3O_2$

c. $3Sn(SO_4)_2 + 4K_3PO_4 \rightarrow Sn_3(PO_4)_4 + 6K_2SO_4$

المعادلة موزونة.

d. $C_5H_{12} + 11O_2 \rightarrow 5CO_2 + 12\,H_2O$

المعادلة غير موزونة، والمعادلة الصحيحة هي:

ض م $C_5H_{12} + 8O_2 \rightarrow 5CO_2 + 6H_2O$

3. التقويم

التحقق من الفهم

اكتب على السبورة: $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow N_2O_{5(g)}$

اسأل الطلبة لماذا يعد من الخطأ وزن المعادلة بتغيير صيغة الأكسجين المتفاعل إلى O_5. على الرغم من أن المعادلة ستتوازن إلا أنها ستكون غير صحيحة، لأن الأكسجين ثنائي الذرات O_2 وليس خماسي الذرات O_5. ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة مراجعة التفاعلات التي سجلوها في دفاترهم، ووزن كل معادلة غير موزونة. واطلب إليهم أيضًا تبادل هذه التفاعلات مع زملائهم في الصف. ض م

التوسع

يمكن اعتبار التفاعلات التي تحتوي على أيونات عديدة الذرات وحدة واحدة لتسهيل عملية وزن المعادلات، فمثلاً في التفاعل:

$$2Li_3PO_{4\,(aq)} + 3CaCl_{2(aq)} \rightarrow 6LiCl_{(aq)} + Ca_3(PO_4)_{2(S)} \rightarrow$$

فإن مجموعتي الفوسفات على طرفي المعادلة توازنان ذرات الأكسجين والفوسفور. لذا اطلب إلى الطلبة وزن عدة تفاعلات تحوي أيونات عديدة الذرات. ض م

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة كتابة معادلة موزونة للتفاعل بين نترات الرصاص ويوديد البوتاسيوم. ض م

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

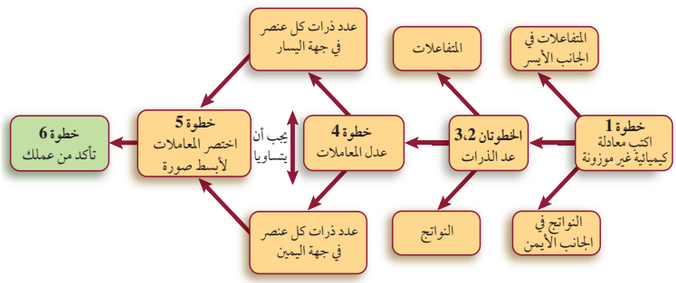
التقويم 1-4

7. لأن المادة لا تستحدث ولا تفنى في التفاعلات الكيميائية، لذا يجب أن تكون أعداد الذرات لكل العناصر متساوية في طرفي المعادلة.
8. قد تتضمن الإجابات: إطلاق طاقة أو امتصاصها، تغير في اللون، تغير في الرائحة، تكّون غاز، أو تكوّن مادة صلبة.
9. المعادلة اللفظية تعبر عن كل من المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعلات الكيميائية، أما المعادلة الكيميائية فتعطي الكميات النسبية للمتفاعلات والنواتج.
10. تبين المعاملات التي توجد في أبسط صورة الكميات النسبية للمواد الداخلة في التفاعل.
11. لا، لأن عمل ذلك يغير هوية المادة.
12. لا، المعادلة الصحيحة هي:

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

13. $$2H_3PO_{4(aq)} + 3Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow Ca_3(PO_4)_{2(S)} + 6H_2O_{(aq)}$$

وزن المعادلات الكيميائية



الشكل 4-6 إن القدرة على وزن المعادلات أساسية لدراسة الكيمياء. استعمل هذا المخطط لمساعدتك على إتقان هذه المهارة. ولاحظ أن الخطوات المرقمة تقابل الخطوات في **الجدول 4-2**.

تحقيق قانون حفظ الكتلة لعل مفهوم قانون حفظ الكتلة من أهم المفاهيم الأساسية في الكيمياء. وجميع التفاعلات الكيميائية تتبع هذا القانون الذي ينص على أن المادة لا تفنى ولا تستحدث. ولهذا فمن الضروري أن تحتوي المعادلات التي تمثل التفاعلات الكيميائية على معلومات كافية توضح أن التفاعل يحقق قانون حفظ الكتلة.

لقد تعلمت كيف تحقق حفظ الكتلة في المعادلات الكيميائية الموزونة. والمخطط المبين في **الشكل 4-6** يلخص خطوات وزن المعادلات. ولعلك تجد أن بعض المعادلات الكيميائية يمكن وزنها بسهولة، في حين أن وزن بعضها الآخر يكون أكثر صعوبة.

التقويم 1-4

الخلاصة

- بعض التغيرات الفيزيائية قد تشير إلى حدوث تفاعل كيميائي.
- توفر المعادلات اللفظية الكيميائية والرمزية معلومات مهمة عن التفاعل الكيميائي.
- توضح المعادلة الكيميائية أنواع المتفاعلات والنواتج في التفاعل الكيميائي وكمياتها النسبية.
- يتضمن وزن المعادلة تعديل المعاملات حتى يتساوى عدد الذرات في كلا طرفيها.

7. **الفكرة الرئيسة** **فسّر** ما أهمية وزن المعادلات الكيميائية؟
8. **عدّد** ثلاثة من الأدلة التي تشير إلى حدوث التفاعل الكيميائي.
9. **قارن** بين المعادلة اللفظية والمعادلة الكيميائية.
10. **فسّر** لماذا يجب اختصار المعاملات في المعادلة الموزونة إلى أبسط نسبة من الأعداد الصحيحة.
11. **حلّل**: هل يمكنك عند وزن معادلة كيميائية تعديل الرموز السفلى في الصيغة؟
12. **قوّم**: هل المعادلة الآتية موزونة؟ إذا لم تكن كذلك فصحح المعاملات لوزنها:

$$2K_2Cr_2O_{7(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow 2KNO_{3(aq)} + PbCrO_{4(S)}$$

13. **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.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع الإلكتروني: www.obeikaneducation.com

4-2

الأهداف

- تصنف التفاعلات الكيميائية.
- تحدد مميزات الأنواع المختلفة للتفاعلات الكيميائية.

مراجعة المفردات

الفلز: عنصر يكون صلبًا في الغالب عند درجة حرارة الغرفة، وموصلًا جيدًا للحرارة والكهرباء، ولامعًا بصورة عامة.

المفردات الجديدة

تفاعل التكوين
تفاعل الاحتراق
تفاعل التفكك
تفاعل الإحلال البسيط
تفاعل الإحلال المزدوج
الراسب

تصنيف التفاعلات الكيميائية
Classifying Chemical Reactions

الفكرة الرئيسة **هناك أربعة أنواع من التفاعلات الكيميائية، هي: التكوين، والاحتراق، والتفكك، والإحلال.**

الربط بواقع الحياة قد تحتاج إلى وقت طويل للعثور على رواية ما في مكتبة غير منظمة. لذا تُصنف الكتب في المكتبات في مجموعات مختلفة لتسهيل عملية البحث عنها. وكذلك تصنف التفاعلات الكيميائية إلى أنواع مختلفة.

أنواع التفاعلات الكيميائية Types of Chemical Reactions

يصنف الكيميائيون التفاعلات الكيميائية لتنظيم الأعداد الكبيرة من هذه التفاعلات التي تحدث يوميًا. إن معرفة أنواع التفاعلات الكيميائية يمكن أن يساعدك على تذكرها وفهمها، كما أنه يساعدك على تعرّف أنواعها وتوقع نواتج الكثير منها. وهناك عدة طرائق لتصنيف التفاعلات الكيميائية. من أبسطها تلك التي تصنف التفاعلات إلى أربعة أنواع، هي: التكوين، والاحتراق، والتفكك، والإحلال. وقد تندرج بعض التفاعلات تحت أكثر من نوع من هذه الأنواع.

تفاعلات التكوين Synthesis Reactions

تفاعل التكوين هو تفاعل كيميائي تتحد فيه مادتان أو أكثر لتكوين مادة واحدة ويمكن تمثيله بالمعادلة العامة الآتية:

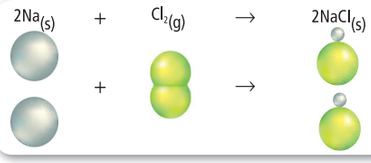
$$A + B \rightarrow AB$$

عندما يتفاعل عنصران فإن التفاعل يكون دائمًا تفاعل تكوين كما في **الشكل 4-7** الذي يوضح تفاعل عنصر الصوديوم مع عنصر الكلور لتكوين كلوريد الصوديوم. كما يمكن أن يتحد مركبان لتكوين مركب واحد. فمثلا، التفاعل بين أكسيد الكالسيوم CaO والماء H_2O لتكوين هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ هو تفاعل تكوين.

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

وهناك نوع آخر من تفاعلات التكوين يتضمن تفاعل مركب مع عنصر، مثل تفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع غاز الأكسجين O_2 لتكوين غاز ثالث أكسيد الكبريت SO_3.

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\,SO_{3(g)}$$



الشكل 4-7 يتفاعل عنصرا الصوديوم والكلور لتكوين مركب واحد، هو كلوريد الصوديوم، (تفاعل تكوين)

مشروع الكيمياء

اللغة الشائعة اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا أنواع التفاعلات، ويصفوا بكلماتهم الخاصة ما قد يحدث في التفاعلات من كل نوع. واطلب إليهم إعطاء أمثلة على تفاعلات قد لا تندرج تحت أحد هذه الأنواع. ض م

4-2

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسة على الطلبة.

الفكرة الرئيسة

صنف التفاعلات اسأل الطلبة لماذا يعد تصنيف التفاعلات إلى أنواع مختلفة مهمًا. لتسهيل دراسة التفاعلات وفهمها. واسألهم أيضًا أي أنواع التفاعلات يحدث عندما يحرق الخشب؟ تفاعل احتراق . يتكون الماء عندما يتفاعل الأكسجين مع الهيدروجين، واسألهم كذلك: ما نوع هذا التفاعل؟ تفاعل تكوين. ض م

2. التدريس

استعمال المصطلحات العلمية

كوِّن أو فكك اطلب إلى الطلبة كتابة جمل لتفسير معنى المصطلحين: التكوين والتفكك. واطلب إليهم كتابة أربع جمل – اثنتان منها تتضمنان كل مصطلح. ض م

الخلفية النظرية للمحتوى

الربط بواقع الحياة نتجت كارثة الضباب الدخاني في لندن عام 1952م، والتي أدت إلى موت عدد كبير من الأشخاص، عما يعرف بالانقلاب الحراري، وهي حالة جوية تنتج عندما يحتجز فيها هواء بارد ساكن قريبًا من سطح الأرض. فقد احتوى الضباب في ديسمبر عام 1952م على كميات غير عادية من السناج، والقطران، وثاني أكسيد الكبريت الناتجة من حرق الفحم الحجري في البيوت والمصانع. وارتفع معدل الوفيات الناجم عن الالتهاب الرئوي، والتهاب الشعب الهوائية، والسل، وفشل القلب، بشكل مفاجئ. وقد صرح أحد الأطباء البريطانيون في مقابلة مع هيئة الإذاعة البريطانية بأن الشيء المثير للاهتمام هو أن أحدًا لم يدرك في ذلك الوقت أن عدد الوفيات كان يزداد إلى أن بدأت الأزهار تنفد من محلات بيع الأزهار، والتوابيت تنفد من محلات دفن الموتى.

استعمال المصطلحات العلمية

مقياس النانو اطلب إلى الطلبة البحث في معنى نانو. والتي قيمتها حوالي 10^{-9} ومصطلح "تقنية النانو" وبعض تطبيقاتها المستقبلية المحتملة. علم الغرويات، ومعالجات البيانات المصغرة، والأنظمة الإلكترونية والميكانيكية المصغرة. ض م

الشكل 8-4 الضوء الناتج من هذه اللعبة النارية هو نتيجة تفاعل احتراق بين الأكسجين وفلزات مختلفة.

تفاعلات الاحتراق Combustion Reactions

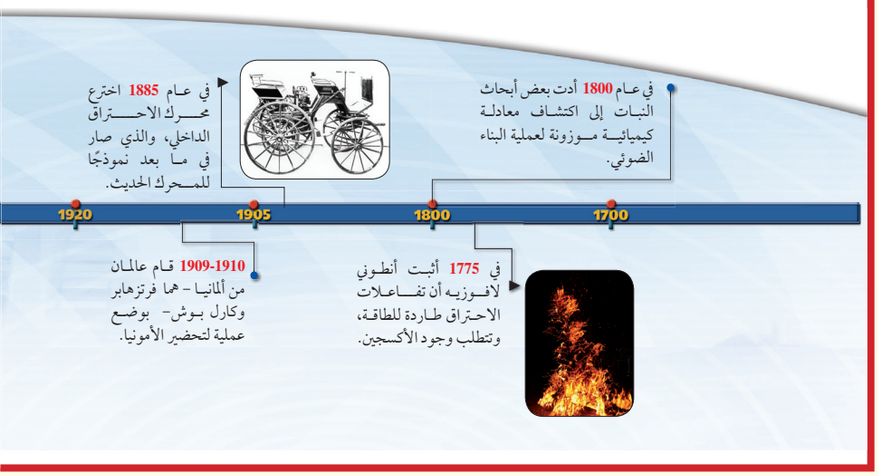
المفردات

أصل الكلمة

الاحتراق (Combustion): أصل هذه الكلمة لاتيني، كومبور، وتعني يحترق.

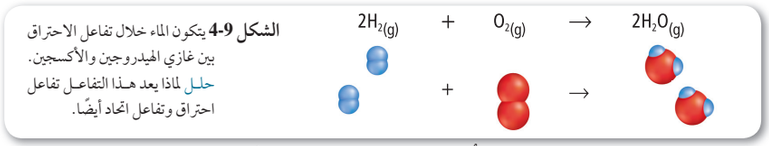
يمكن أن يصنف تفاعل تكوين ثالث أكسيد الكبريت على أنه تفاعل احتراق أيضًا. في **تفاعل الاحتراق** كما هو مبين في **الشكل 8-4** يتحد الأكسجين مع مادة كيميائية مطلقًا طاقة على شكل حرارة وضوء. ويمكن للأكسجين أن يتحد بهذه الطريقة مع مواد كثيرة مختلفة، مما يجعل تفاعلات الاحتراق شائعة. فيحدث تفاعل الاحتراق مثلًا بين الهيدروجين والأكسجين عندما يسخَّن الهيدروجين كما هو مبين في **الشكل 9-4**، حيث يتكون الماء خلال التفاعل، وتنطلق كمية كبيرة من الطاقة. كما يحدث تفاعل احتراق مهم عند حرق الفحم للحصول على طاقة، بحسب المعادلة التالية:

$$C_{(s)} + O_2\,(g) \rightarrow CO_2\,(g)$$



دفتر الكيمياء

الكيمياء العالمية ازداد الطلب في بدايات القرن العشرين على أسمدة النيتروجين أكثر من العرض. وكان أكبر مصدر للمواد الكيميائية المطلوبة لإنتاج السماد هو كمية زرق الطيور الهائلة المتراكمة على نحو طبيعي في تشيلي، والتي كانت تستهلك بسرعة. ولكن عملية هابر – بوش لصنع الأمونيا التي طورت في ألمانيا في فترة الحرب العالمية الأولى، حررت الزراعة العالمية من الاعتماد على السماد المنتج في تشيلي. لذا اطلب إلى الطلبة أن يقارنوا بين اعتماد العالم على أسمدة تشيلي في مطلع القرن العشرين واعتماده على البترول من مصادر قليلة هذه الأيام، وكيف يؤثر الاعتماد على هذا المصدر في العلاقات العالمية؟ وهل يؤدي الاعتماد على المصدر إلى الحث على الاكتشاف العلمي؟ ستتنوع الإجابات، ولكن يجب أن يدرك الطلبة أن التطبيقات العملية للكيمياء يمكن أن يكون لها آثار بعيدة المدى. ض م



الشكل 4-9 يتكون الماء خلال تفاعل الاحتراق بين غازي الهيدروجين والأكسجين.
حلل لماذا يعد هذا التفاعل تفاعل احتراق وتفاعل اتحاد أيضًا.

لاحظ أن جميع تفاعلات الاحتراق ـ التي ذُكرت ـ هي تفاعلات تكوين أيضًا، لكن ليس كل تفاعلات الاحتراق تفاعلات تكوين. فمثلاً، ينتج تفاعل احتراق غاز الميثان أكثر من مركب، كما هو مبين في المعادلة التالية:

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

الميثان هو المكون الرئيسي للغاز الطبيعي، وينتمي إلى مجموعة من المركّبات تسمى الهيدروكربونات، وهي المكون الأساسي للنفط. وتحتوي الهيدروكربونات جميعها على كربون وهيدروجين، وتحترق في الأكسجين لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء وكمية كبيرة من الطاقة، وهذا ما يجعل من النفط المصدر الأساسي للطاقة في حياتنا المعاصرة.

مسائل تدريبية

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

14. تفاعل الألومنيوم الصلب Al والكبريت الصلب S لإنتاج كبريتيد الألومنيوم الصلب Al_2S_3.

15. تفاعل الماء وغاز خامس أكسيد النيتروجين N_2O_5 لإنتاج محلول حمض النيتريك HNO_3.

16. تفاعل غازي ثاني أكسيد النيتروجين NO_2 والأكسجين، لإنتاج غاز خامس أكسيد النيتروجين.

17. تحدٍّ تفاعل محلولي حمض الكبريتيك H_2SO_4 وهيدروكسيد الصوديوم لإنتاج محلول كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 والماء.

الشكل 4-10
تفاعلات كيميائية من واقع الحياة
عمل الناس على مر العصور على فهم الطاقة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية والاستفادة منها في حل مشاكلهم.

■ **إجابات أسئلة الأشكال** الشكل 3-9 : تفاعل تكوين لأن عنصرين يتحدان لتكوين مركب واحد، وهو تفاعل احتراق، لأن الأكسجين يتحد مع مادة أخرى ويطلق طاقة.

مسائل تدريبية

14. $2Al_{(s)} + 3S_{(s)} \rightarrow Al_2S_{3\,(s)}$

تكوين

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

تكوين

16. $4NO_{2\,(g)} + O_{2\,(g)} \rightarrow 2N_2O_{5\,(g)}$

تكوين واحتراق

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

إحلال مزدوج

- **ملاحظة** يعطى هذا السؤال للطلبة بعد دراسة تفاعلات الإحلال المزدوج.

المفاهيم عبر المواقع الإلكترونية

تفاعل الخط الزمني: يمكن للطلبة أن يتفاعلوا مع خط الزمن على الموقع

www.Obeikaneducation.com

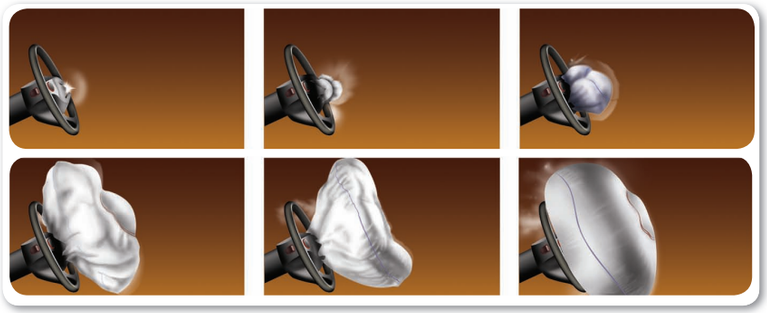
الخلفية النظرية للمحتوى

نواتج تفاعلات التفكك. تحتاج معظم تفاعلات التفكك إلى تزويدها بالطاقة، وغالبًا ما تكون على صورة حرارة أو كهرباء. وسيجد الطلبة أنه من الممكن توقع نواتج كثير من تفاعلات التفكك بتعرف أنواعها العامة الخمسة الآتية:

1. أكسيد الفلز + CO_2 ⟶ كربونات الفلز
2. كلوريد الفلز ⟶ كلورات الفلز + O_2
3. أكسيد الفلز + H_2O ⟶ هيدروكسيد الفلز
4. أكسيد الفلز ⟶ الفلز + O_2
5. أكسيد لافلز + H_2O ⟶ حمض أكسجيني

مسائل تدريبية

18. $2Al_2O_{3\,(S)} \longrightarrow 4Al_{(s)} + 3O_{2\,(g)}$
19. $Ni(OH)_{2\,(S)} \longrightarrow NiO_{(S)} + H_2O_{(l)}$
20. $2NaHCO_{3\,(S)} \longrightarrow Na_2CO_{3\,(aq)} + CO_{2\,(g)} + H_2O_{\,(l)}$



الشكل 4-11 تفكك أزيد الصوديوم NaN_3، الذي ينتج غاز النيتروجين، وهو التفاعل الذي يستعمل في نفخ أكياس الهواء في السيارات.

تفاعلات التفكك Decomposition Reactions

تفاعل التفكك تفاعل يتفكك فيه مركب واحد لإنتاج عنصرين أو أكثر أو مركبات جديدة. ولهذا فإن تفاعلات التفكك هي عكس تفاعلات التكوين. ويمكن تمثيلها بالمعادلة العامة التالية:

$$AB \rightarrow A + B$$

وغالبًا ما تحتاج تفاعلات التفكك لكي تحدث إلى مصدر للطاقة، كالحرارة، أو الضوء، أو الكهرباء. فتتفكك نترات الأمونيوم مثلًا إلى أكسيد النيتروجين الأحادي وماء، عندما تسخن إلى درجة حرارة عالية:

$$NH_4NO_{3(S)} \xrightarrow{\triangle} N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

لاحظ أن هذا التفاعل يتضمن تفكك مادة متفاعلة واحدة إلى أكثر من ناتج. ومن الأمثلة المشهورة على تفاعلات التفكك تفكك أزيد الصوديوم وفق المعادلة التالية:

$$2NaN_{3(s)} \rightarrow 2Na_{(s)} + 3N_{2(g)}$$

ويستعمل هذا التفاعل في نفخ أكياس الهواء (أكياس السلامة) في السيارات، كما هو مبين في **الشكل 4-11**، حيث يوضع في الكيس مع الأزيد جهاز يوفر إشارة كهربائية لبدء التفاعل. وعندما ينشط الجهاز نتيجة الاصطدام يتحلل أزيد الصوديوم منتجًا غاز النيتروجين الذي ينفخ الكيس بسرعة.

المطويات

أدخل معلومات من هذا الجزء في مطويتك.

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لتفاعلات التحلل الآتية:

18. يتفكك أكسيد الألومنيوم الصلب Al_2O_3 عندما تسري فيه الكهرباء إلى الومنيوم صلب وغاز الأكسجين .

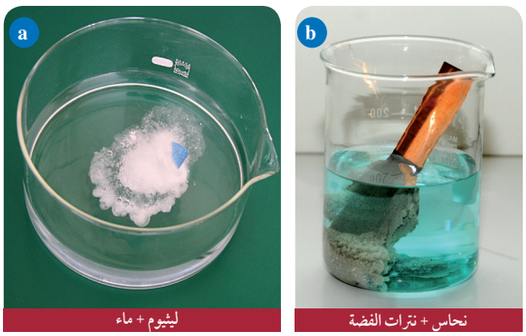
19. يتفكك هيدروكسيد النيكل II الصلب $Ni(OH)_2$ لإنتاج أكسيد النيكل II الصلب NiO والماء.

20. تحدٍّ: ينتج عن تسخين كربونات الصوديوم الهيدروجينية الصلبة $NaHCO_3$ كربونات الصوديوم الصلبة Na_2CO_3 وبخار الماء H_2O وغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2.

مشروع الكيمياء

حرق الكربوهيدرات اطلب إلى الطلبة البحث في عملية تفكك الكربوهيدات، بما في ذلك تفاعل الجلوكوز مع الأكسجين. على أن يضع الطلبة هذا التفاعل ضمن أحد أنواع التفاعلات التي درست في هذا الفصل. فمثلاً تفاعل الجلوكوز مع الأكسجين:

طاقة + $C_6H_{12}O_{6\,(s)} + 6O_{2\,(g)} \longrightarrow 6CO_{2\,(g)} + 6H_2O_{(1)}$ تفاعل احتراق.



الشكل 4-12 في تفاعل الإحلال البسيط تحل ذرات عنصر محل ذرات عنصر آخر في مركب.

تفاعلات الإحلال Replacement Reactions

هناك الكثير من التفاعلات التي تتضمن إحلال عنصر محل عنصر آخر في مركب، وتسمى هذه التفاعلات تفاعلات الإحلال. وهناك نوعان منها، هما: الإحلال البسيط، والإحلال المزدوج.

تفاعلات الإحلال البسيط يبين **الشكل 4-12(a)** التفاعل بين الليثيوم والماء، حيث تحل فيه ذرة ليثيوم محل ذرة واحدة من ذرتي الهيدروجين في الماء، كما توضحه المعادلة التالية:

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

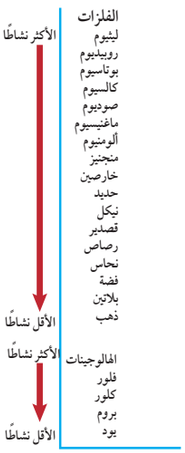
ويسمى التفاعل الذي تحل فيه ذرات عنصر محل ذرات عنصر آخر في مركب **تفاعل الإحلال البسيط**، ويمكن تمثيله بالمعادلة العامة التالية:

$$A + BX \rightarrow AX + B$$

الفلزات تحل محل الهيدروجين أو فلز آخر التفاعل بين الليثيوم والماء أحد الأمثلة على تفاعلات الإحلال البسيط، حيث تحل فيه ذرة فلز محل ذرة هيدروجين في جزيء الماء. ويحدث نوع آخر من الإحلال البسيط عندما يحل فلز محل فلز آخر في مركب مذاب في الماء. ويبين **الشكل (b) 4-12** حدوث تفاعل إحلال بسيط عند وضع صفيحة من النحاس في محلول مائي لنترات الفضة. فالبلورات المتراكمة على قطعة النحاس هي ذرات الفضة التي حلت محلها ذرات النحاس.

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

لا يحل الفلز دائمًا محل فلز آخر في مركب مذاب في الماء؛ وذلك لأن الفلزات تختلف في نشاطها، أو قدرتها على التفاعل مع مادة أخرى. ويبين **الشكل 4-13** سلسلة النشاط الكيميائي لبعض الفلزات. وتستخدم تفاعلات الإحلال في تحديد موقع الفلزات في السلسلة، حيث يوجد أنشط الفلزات في أعلى السلسلة، بينما يوجد أقلها نشاطًا في أسفلها. وقد رتبت الهالوجينات في سلسلة نشاط بطريقة مشابهة، كما هو مبين في **الشكل 4-13**.



الشكل 4-13 سلاسل النشاط الكيميائي كالمبينة هنا للفلزات والهالوجينات هي أدوات مفيدة في تحديد إمكانية حدوث تفاعل كيميائي، وتحديد نواتج تفاعلات الإحلال البسيط.

عرض عملي

تفاعل الإحلال البسيط ضع قطعة صغيرة من الحديد مجلفنة بالخارصين، في كأس تحتوي على 80 ml من حمض الهيدروكلوريك المخفف، ثم ضعها داخل خزانة الأبخرة. واطلب إلى الطلبة وصف التفاعل الحادث. ستتكون فقاقيع على نحو سريع من المحلول خلال فترة من الزمن، ويقل عددها مع مرور الوقت.

ثم اشرح للطلبة أن تفاعل الإحلال البسيط قد حدث بين الحمض والحديد المجلفن بالخارصين. واطلب إليهم كتابة معادلة التفاعل ومعرفة الغاز المتكوّن:

$$Zn_{(S)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow ZnCl_{2\,(aq)} + H_{2\,(g)}$$

الغاز هو الهيدروجين.

ثم اطلب اليهم أن يفسروا لماذا يتفاعل الحديد الموجود تحت غطاء الخارصين ببطء أكثر من الخارصين، لأن الخارصين أكثر نشاطًا من الحديد. ثم تخلص من مركبات الخارصين بسكبها في المغسلة وإضافة كمية كبيرة من الماء إليها. ض م

دفتر الكيمياء

تفاعلات الإحلال البسيط اطلب إلى الطلبة كتابة معادلات كيميائية لهذا النوع من التفاعلات والتي تحدث عند وضع فلز الألومنيوم في محلول مائي لنترات النيكل II $Ni(NO_3)_2$ ونترات الصوديوم $NaNO_3$، ونترات الرصاص $Pb(NO_3)_4$، ونترات الذهب III $Au(NO_3)_3$. وأما في حالة عدم حدوث تفاعل، فاطلب إليهم كتابة NR مكان النواتج وتدوين المعادلات التالية في دفاترهم:

$$2Al_{(S)} + 3Ni(NO_3)_{2\,(aq)} \longrightarrow 2Al(NO_3)_{3\,(aq)} + 3Ni_{(s)}$$

$$Al_{(s)} + NaNO_{3\,(aq)} \longrightarrow NR$$

$$4Al_{(s)} + 3Pb(NO_3)_{4\,(aq)} \longrightarrow 4Al(NO_3)_{3\,(aq)} + 3Pb_{(s)}$$

$$Al_{(s)} + Au\,(NO_3)_{3\,(aq)} \longrightarrow Al(NO_3)_{3\,(aq)} + Au_{(s)}$$ ض م

يمكنك استعمال سلسلة النشاط الكيميائي لتتوقع إذا كان سيحدث تفاعل أم لا. إن أي فلز يمكنه أن يحل محل أي فلز يقع بعده في سلسلة النشاط الكيميائي، ولكن لا يمكنه أن يحل محل أي فلز يقع قبله. فمثلا، تحل ذرات النحاس محل ذرات الفضة في محلول نترات الفضة، ولكن لو وضعت سلكًا من الفضة في محلول نترات النحاس II فإن ذرات الفضة لا تحل محل ذرات النحاس؛ لأن الفضة تقع بعد النحاس في سلسلة النشاط الكيميائي. ولهذا لا يحدث تفاعل. ويستخدم الرمز (NR) عادة للدلالة على عدم حدوث تفاعل كيميائي.

$$Ag_{(s)} + Cu(NO_3)_{2\,(aq)} \rightarrow NR$$ لا يحدث تفاعل

اللافلز يحل محل اللافلز هناك نوع ثالث من تفاعلات الإحلال البسيط يتم فيه استبدال لافلز في مركب بلافلز آخر، كما هو شائع في بعض تفاعلات الهالوجينات. فالهالوجينات كالفلزات، فهي تظهر مستويات مختلفة من النشاط في تفاعلات الإحلال. ويوضح **الشكل 13-4** سلسلة النشاط الكيميائي للهالوجينات، التي تبين أن الفلور أنشط الهالوجينات، واليود أقلها نشاطًا. فالهالوجين الأنشط يحل محل الهالوجين الأقل نشاطًا في محاليل مركباته. فالفلور مثلًا يحل محل البروم في محلول مائي لبروميد الصوديوم.

$$F_{2(g)} + 2NaBr_{(aq)} \rightarrow 2NaF_{(aq)} + Br_{2(l)}$$

$$Br_{2\,(l)} + 2NaF_{(aq)} \rightarrow NR$$ لا يحدث تفاعل

ماذا قرأت؟ وضح كيف يحدث تفاعل الإحلال البسيط؟

مختبر حل المشكلات

تحليل التدرج في الخواص

كيف تُفسر نشاط الهالوجينات؟ تقع الهالوجينات في المجموعة رقم **17** من الجدول الدوري: ويخبرنا هذا بأن للهالوجينات بعض الخواص العامة. فجميع الهالوجينات لا فلزات، ويوجد في أغلفتها الخارجية سبعة إلكترونات. ومع ذلك، فلكل هالوجين ما يميزه من الخواص، ومن ذلك مدى قابلية التفاعل مع مادة أخرى.

خواص الهالوجينات

الهالوجين	نصف القطر الذري (ppm)	طاقة التأين (KJ /mol)	الكهروسالبية
الفلور	72	1681	3.98
الكلور	100	1251	3.16
البروم	114	1140	2.96
اليود	133	1008	2.66
الإستاتين	140	920	2.2

التحليل

تفحص جدول البيانات المبين. والذي يشتمل على نصف القطر الذري، وطاقة التأين، والكهروسالبية لبعض الهالوجينات.

التفكير الناقد

1. **ارسم** خطًا بيانيًا يمثل العلاقة بين العدد الذري للعناصر والبيانات المعطاة في الجدول المرفق (كلٍ على حدة)
2. **صف** كيف تتغير خواص الهالوجينات الثلاث وفق البيانات الموضحة في الجدول.
3. **ما** العلاقة بين تغير خواص الهالوجينات الموضحة في الجدول، وبين موقعها في سلسلة النشاط؟ الشكل **(13-4)**
4. **توقع** موقع عنصر الإستاتين As في سلسلة نشاط الهالوجينات. فسر إجابتك.

ماذا قرأت؟ تحل ذرات عنصر محل ذرات عنصر آخر في مركب.

مختبر حل المشكلات

الهدف يربط الطلبة بين خواص الفلزات ونشاطها الكيميائي.

المهارات العملية تعرف السبب والنتيجة، تطبيق المفاهيم، التصنيف، التوقع.

استراتيجيات التدريس

- اسأل الطلبة عما يجب معرفته من الخواص لتحديد نشاط الفلزات النسبي. الكهروسالبية، حالات التأكسد، نصف قطر الذرة، طاقة التأين، شحنة النواة الفاعلة، والخواص الدورية للعناصر.
- اطلب إليهم البحث في كل من الخواص المذكورة، وكيف تساعد كل خاصية على توقع نشاط العنصر موضوع الدرس. تميل العناصر ذات طاقة التأين المنخفضة، ونصف القطر الكبير للتفاعل بصورة أسهل. كما يجب إعطاء بعض الاهتمام لاستقرار المدارات حول النواة.

التفكير الناقد

1. يجب أن تبين رسوم الطلبة البيانات بنفس دقة البيانات الموجودة في الجدول.
2. يزداد نصف القطر عند ازدياد العدد الذري، وتقل طاقة التأين، والكهروسالبية كذلك.
3. ترتبط هذه الخواص بانخفاض النشاط كلما اتجهنا في المجموعة من الأعلى إلى الأسفل.
4. يقع عنصر الأستاتين (At) في المجموعة 17، وله خواص عناصر المجموعة نفسها (الهالوجينات). وسيكون الأستاتين على أساس هذا التوقع، في نهاية المجموعة حسب اتجاه الجدول الدوري.

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلبة تصميم طريقة لتحديد موضع فلز مجهول في سلسلة النشاط الكيميائي للفلزات. ستتضمن الطرائق النموذجية التي سيقترحها الطلبة وضع عينات من الفلز في محاليل مائية لأملاح فلزات أخرى. فهذه التجارب توفر بيانات تسمح للطلبة بوضع الفلز المجهول فوق الفلزات التي يحل محلها وتحت الفلزات التي لا يحل محلها. ف م

التقويم

المعرفة ينبغي على الطلبة أن يكتبوا ملخصًا عما عرفوه من خلال مختبر حل المشكلات، ويشرحوا كيف استعانوا باستنتاجاتهم على وضع عناصر أخرى في أماكنها الصحيحة في سلسلة النشاط. ض م

مثال 2-4

تفاعلات الإحلال البسيط توقع نواتج التفاعلات الكيميائية التالية، واكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة تمثل كلًّا منها:

a. $Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow$

b. $Br_{2(l)} + MgCl_{2(aq)} \rightarrow$

c. $Mg_{(s)} + AlCl_{3(aq)} \rightarrow$

1 تحليل المسألة

استخدم **الشكل 13-4** لتحدد ما إذا كان كل من التفاعلات الكيميائية السابقة سيحدث أم لا، وحدِّد نواتج كل تفاعل متوقع، واكتب معادلة كيميائية تمثل التفاعل وزنها.

2 حساب المطلوب

a. يقع الحديد قبل النحاس في سلسلة النشاط الكيميائي. ولهذا فإن التفاعل سيحدث لأن الحديد أنشط من النحاس. وفي هذه الحالة سيحل الحديد محل النحاس، وتكون المعادلة الكيميائية للتفاعل على النحو التالي:

$$Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow FeSO_{4(aq)} + Cu_{(s)}$$

وهذه المعادلة موزونة.

b. البروم أقل نشاطًا من الكلور؛ لأنه يقع بعد الكلور في سلسلة النشاط الكيميائي، ولهذا لا يحدث تفاعل. ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلة الكيميائية التالية:

$$Br_{2(l)} + MgCl_{2(aq)} \rightarrow \text{لا يحدث تفاعل NR}$$

وفي هذه الحالة لا تتطلب المعادلة وزنًا.

c. يقع الماغنسيوم قبل الألومنيوم في سلسلة النشاط الكيميائي، ولهذا فإن التفاعل سيحدث لأن الماغنسيوم أنشط من الألومنيوم. وفي هذه الحالة سيحل الماغنسيوم محل الألومنيوم، كما هو موضح في المعادلة الكيميائية غير الموزونة للتفاعل:

$$Mg_{(s)} + AlCl_{3(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + Al_{(s)}$$

والمعادلة الموزونة هي:

$$3Mg_{(s)} + 2AlCl_{3(aq)} \rightarrow 3MgCl_{2(aq)} + 2Al_{(s)}$$

تقويم الإجابة

تدعم سلسلة النشاط الكيميائي الموضحة في **الشكل 13-4** التوقعات. المعادلات الكيميائية موزونة؛ لأن عدد الذرات متساوٍ في طرفي المعادلة.

مسائل تدريبية

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

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

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

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

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

مثال في الصف

السؤال توقع هل ستحدث كل من التفاعلات الآتية، وبين النواتج المتكوّنة:

1. $Mg_{(s)} + ZnCl_{2(aq)} \longrightarrow$

2. $F_{2(g)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow$

3. $Ag_{(s)} + AlCl_{3(aq)} \longrightarrow$

الإجابة

1. $Mg_{(s)} + ZnCl_{2(aq)} \rightarrow MgCl_{2(aq)} + Zn_{(s)}$

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

3. $Ag_{(s)} + AlCl_{3(aq)} \rightarrow NR$

مسائل تدريبية

21. نعم. Zn يقع فوق Ni في سلسلة النشاط.

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

22. لا. Cl يقع تحت F في سلسلة النشاط.

23. لا. Fe يقع تحت Na في سلسلة النشاط

24. نعم. Al يقع فوق Pb في سلسلة النشاط.

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

دفتر الكيمياء

تمثيل التفاعلات اطلب إلى الطلبة مقارنة التفاعلات بنشاطات التحية، وتسجيل هذه المقارنات في دفاترهم. فمثلًا التكوين: شخصان يتصافحان عندما يلتقيان. والتفكك: ابتعاد الشخصين بعد المصافحة. وأما الإحلال البسيط فشخص آخر يقاطع المتصافحين ويحل محل أحدهما. وفي الإحلال المزدوج زوجان من المتصافحين يتبادلان التحية فيما بينهما. ض م

التوسع

سلسلة نشاط الفلزات وضح للطلبة أن نشاط الفلزات في السلسلة يمكن وصفه بتفصيل أكبر مما هو في الشكل **3-13**. فالفلزات الواقعة بين الماغنيسيوم والحديد تتفاعل مع بخار الماء لا مع الماء البارد، والفلزات الواقعة بين النيكل والرصاص لا تتفاعل مع الماء أو البخار. كما أن جميع الفلزات فوق الفضة تتفاعل مع الأكسجين مكوّنة أكاسيد، على حين أن الفضة والبلاتين والذهب تكوّن أكاسيد فقط بشكل غير مباشر.

تطبيق الكيمياء

الحلي (المجوهرات) اسأل الطلبة هل سبق أن أصيبوا بحساسية من الحلي المعدنية؟ مع الأخذ بعين الاعتبار موقع النيكل والذهب والفضة والبلاتين في سلسلة النشاط. واسألهم أيضاً أي هذه الفلزات أكثر نشاطًا وأيها أقل؟ الأكثر نشاطًا: النيكل، والأقل نشاطًا: الذهب. ثم اسألهم أيّ هذه الفلزات أكثر احتمالًا في تسبب الحساسية عند استعمالها في الحلي. النيكل، وأي أنواع الحلي الفلزية يعد أفضل اختيار لشخص لديه حساسية من الحلي؟ الذهب، البلاتين، أو الفضة. ض م

المفاهيم عبر المواقع الإلكترونية

شكل تفاعلي: يمكن للطلبة أن يتفاعلوا مع الرسوم المتحركة على الموقع

www.obeikaneducation.com

الشكل 14-4 عندما يضاف هيدروكسيد الصوديوم إلى محلول كلوريد النحاس II $CuCl_2$، تتبادل أيونات Cl^- و OH^- مواقعها، وينتج عن التفاعل كلوريد الصوديوم الذي يبقى في المحلول، وهيدروكسيد النحاس II $Cu(OH)_2$ الذي يترسب على شكل مادة صلبة زرقاء اللون.

تفاعلات الإحلال المزدوج تتضمن تفاعلات الإحلال المزدوج تبادل الأيونات بين مركبين، كما هو مبين في المعادلة العامة الآتية:

$$AX + BY \rightarrow AY + BX$$

يمثّل الرمزان A و B في هذه المعادلة أيونين موجبين، بينما يمثل الرمزان X و Y أيونين سالبين. لاحظ أن الأيونين السالبين قد تبادلا موقعيهما، وصارا مرتبطين بأيونين موجبين مختلفين. وبمعنى آخر، حل X محل Y، وحل Y محل X. ولهذا السبب يسمى التفاعلُ تفاعل الإحلال المزدوج. فتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مثلًا وحمض الهيدروكلوريك الموضح في المعادلة التالية هو إحلال مزدوج.

$$Ca(OH)_2(aq) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + 2H_2O(l)$$

الأيونات في التفاعل هي: Cl^-، H^+، OH^-، Ca^{2+}. لاحظ أن الأيونين السالبين Cl^- و OH^- قد غيّرا موقعيهما، وارتبطا بالأيونين الموجبين Ca^{2+} و H^+، على الترتيب. كما أن تفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع كلوريد النحاس II هو أيضًا تفاعل إحلال مزدوج.

$$2NaOH(aq) + CuCl_2(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + Cu(OH)_2(s)$$

لاحظ أن الأيونين السالبين Cl^- و OH^- قد غيّرا موقعيهما وارتبطا بأيونين موجبين آخرين Na^+ و Cu^{2+}. ويبين **الشكل 14-4** أن ناتج هذا التفاعل مادة صلبة لا تذوب في الماء هي هيدروكسيد النحاس II $Cu(OH)_2$. وتسمى المادة الصلبة التي تنتج خلال تفاعل كيميائي في محلولٍ ما راسبًا.

نواتج تفاعلات الإحلال المزدوج إحدى المميزات الأساسية لتفاعلات الإحلال المزدوج هي نوع الناتج المتكون عندما يحدث التفاعل. فجميع هذه التفاعلات تنتج ماءً، أو راسبًا، أو غازًا.

ارجع إلى تفاعلَي الإحلال المزدوج اللذين نوقشا سابقًا. حيث ينتج من تفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع حمض الهيدروكلوريك ماء، وينتج من تفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع كلوريد النحاس II راسب. ومن تفاعلات الإحلال المزدوج التي تنتج غازًا تفاعل سيانيد البوتاسيوم KCN وحمض الهيدروكلوريك HCl.

$$KCN(aq) + HCl(aq) \rightarrow KCl(aq) + HCN(g)$$

ويبين **الجدول 3-4** الخطوات الأساسية لكتابة معادلات كيميائية موزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج.

مشروع الكيمياء

الكيمياء في الصناعة اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا كيف يزيل عمال النظافة الكبريت وأكاسيد النيتروجين من مداخن محطات توليد الطاقة. واطلب إليهم أيضًا عمل مخطط يوضح ما عرفوه، وأن يكتبوا معادلات حول أية تفاعلات كيميائية مستعملة ويصنفوها. واطلب إليهم كذلك أن يعرضوا لوحاتهم أمام الصف. ض م

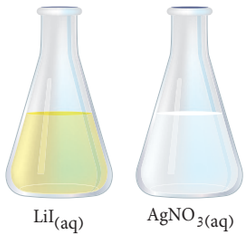
الجدول 3-4 الخطوات الأساسية لكتابة المعادلات الكيميائية الموزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج

الخطوات	مثـــال
1. اكتب الصيغ الكيميائية للمتفاعلات في المعادلة الكيميائية.	$Al(NO_3)_3 + H_2SO_4$
2. عيّن الأيونات الموجبة والسالبة في كل مركب.	$Al(NO_3)_3$ فيه Al^{3+} و NO_3^- H_2SO_4 فيه SO_4^{2-} و H^+
3. زاوج بين كل أيون موجب والأيون السالب في المركب الآخر.	Al^{3+} يتزاوج مع SO_4^{2-} H^+ يتزاوج مع NO_3^-
4. اكتب الصيغ الكيميائية للنواتج مستخدمًا الأزواج في الخطوة 3.	$Al_2(SO_4)_3$ HNO_3
5. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل الإحلال المزدوج.	$Al(NO_3)_3(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Al_2(SO_4)_3(s) + HNO_3(aq)$
6. زن المعادلة.	$2Al(NO_3)_3(aq) + 3H_2SO_4(aq) \rightarrow Al_2(SO_4)_3(s) + 6HNO_3(aq)$

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

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية موزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج الآتية.



25. تتفاعل المادتان اللتان على اليسار معًا لإنتاج يوديد الفضة AgI الصلب ومحلول نترات الليثيوم $LiNO_3$.

26. يتفاعل محلول كلوريد الباريوم $BaCl_2$ مع محلول كربونات البوتاسيوم K_2CO_3 لإنتاج كربونات الباريوم الصلبة ومحلول كلوريد البوتاسيوم.

27. يتفاعل محلول كبريتات الصوديوم Na_2SO_4 مع محلول نترات الرصاص II $Pb(NO_3)_2$ لإنتاج كبريتات الرصاص II $PbSO_4$ الصلبة ومحلول نترات الصوديوم $NaNO_3$.

28. تحدٍّ: يتفاعل حمض الإيثانويك (حمض الخل) CH_3COOH مع هيدروكسيد البوتاسيوم KOH لإنتاج إيثانوات البوتاسيوم(خلات البوتاسيوم) CH_3COOK والماء.

ماذا قرأت؟ تغير الأيونات السالبة أماكنها. فالأيون السالب من المركب A يرتبط بالأيون الموجب من المركب B، ويرتبط الأيون السالب من المركب B بالأيون الموجب من المركب A. ونتيجة لذلك يتكوّن مركّبان جديدان.

مسائل تدريبية

25. $LiI_{(aq)} + AgNO_{3\,(aq)} \rightarrow LiNO_3 + AgI_{(s)}$

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

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

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

عمل نموذج

الإحلال المزدوج اطلب إلى الطلبة عمل نموذج باستعمال مجموعة نماذج جزيئية لكل من المتفاعلات في تفاعل الإحلال المزدوج الآتي:

$$KCN_{(aq)} + HBr_{(aq)} \rightarrow KBr_{(aq)} + HCN_{(g)}$$

واطلب إليهم أن يعيدوا ترتيب النماذج حتى تصبح المتفاعلات النواتج، ثم اطلب إليهم أن يصفوا كتابة كيف أُعيد ترتيب النماذج حتى كوّنت المتفاعلات نواتج. **د م**

المفاهيم عبر المواقع الإلكترونية

جدول تفاعلي: يمكن للطلبة أن يتفاعلوا مع الجدول على الموقع
www.obeikaneducation.com

3. التقويم

التحقّق من الفهم

اسأل الطلبة أن يفسروا لماذا يحدث التفاعل 1، بينما لا يحدث التفاعل 2 ؟

1. $2KBr_{(aq)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2KCl_{(aq)} + Br_{2(l)}$
2. $2KBr_{(aq)} + I_{2(S)} \quad 2KI_{(aq)} + Br_{2(l)}$

الكلور يقع فوق البروم في سلسلة نشاط الهالوجينات، ولكن اليود يقع تحت البروم في السلسلة. ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة تصنيف كل من التفاعلات الآتية:

1. $Ti_{(S)} + 2Cl_{2(g)} \rightarrow TiCl_{4(S)}$ تكوين
2. $AgNO_{3\,(aq)} + LiI_{(aq)} \rightarrow AgI_{(S)} + LiNO_{3\,(aq)}$ إحلال مزدوج
3. $3Mg_{(S)} + 2Cr(NO_3)_{3\,(aq)} \rightarrow 3Mg(NO_3)_2 + 2Cr_{(S)}$ إحلال بسيط
4. $2C_2H_{2\,(g)} + 5O_{2\,(g)} \quad 4CO_{2\,(g)} + 2H_2O_{(l)}$ احتراق
5. $2H_2O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + O_{2(g)}$ تفكك ض م

التوسع

اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل بين السكروز $C_{12}H_{22}O_{11(s)}$ والأكسجين لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء السائل.

$$C_{12}H_{22}O_{11(S)} + 12O_{2(g)} \rightarrow 12CO_{2(g)} + 11H_2O_{(l)}$$

وبين لهم أن المعادلة الكيميائية تمثل النسبة بين كميات الذرات والجزيئات والأيونات في التفاعل. ض م

الجدول 4-4 النواتج المتوقعة لبعض التفاعلات الكيميائية

نوع التفاعل	المواد المتفاعلة	النواتج المتوقعة	المعادلة العامة
التكوين	• مادتان أو أكثر	• مركب واحد	$A + B \rightarrow AB$
الاحتراق	• فلز و أكسجين • لافلز وأكسجين • مركب وأكسجين	• أكسيد الفلز • أكسيد اللافلز • أكسيدان أو أكثر	$A + O_2 \rightarrow AO$
التفكك	مركب واحد	عنصران أو أكثر و/ أو مركبات أخرى	$AB \rightarrow A + B$
الاحلال البسيط	فلز ومركب لافلز ومركب	مركب جديد والفلز المستعاض عنه مركب جديد واللافلز المستعاض عنه	$A + BX \rightarrow AX + B$
الاحلال المزدوج	مركبان	مركبان مختلفان، أحدها صلب، أو ماء، أو غاز.	$AX + BY \rightarrow AY + BX$

يلخص الجدول **4-4** أنواع التفاعلات الكيميائية. يمكنك الاستعانة بالجدول في معرفة أنواع التفاعلات المختلفة وتوقع نواتجها. على سبيل المثال، كيف تحدد نوع التفاعل بين أكسيد الكالسيوم الصلب و غاز ثاني أكسيد الكربون في إنتاج كربونات الكالسيوم الصلبة؟ أولاً، اكتب المعادلة الكيميائية.

$$CaO_{(S)} + CO_{2(g)} \rightarrow CaCO_{3(S)}$$

ثانيًا، حدد ما الذي يحدث في التفاعل. في هذه الحالة، تتفاعل مادتان وينتج عنهما مركب واحد. ثالثًا، استعن بالجدول لتحديد نوع التفاعل. التفاعل هو تفاعل تكوين. رابعًا، افحص إجابتك بمقارنة معادلة التفاعل بالمعادلة العامة لنوع التفاعل.

$$CaO_{(S)} + CO_{2(g)} \rightarrow CaCO_{3(S)}$$

$$A + B \rightarrow AB$$

التقويم 2- 4

الخلاصة

- تصنيف التفاعلات الكيميائية يسهّل فهمها وتذكرها وتعرّفها.
- يمكن استخدام سلسلة النشاط الكيميائي للفلزات والهالوجينات لتوقع حدوث تفاعلات الإحلال البسيط.

29. الفكرة الرئيسة **صف** الأنواع الأربعة من التفاعلات الكيميائية وخواصها.
30. **وضح** كيف تنظم سلسلة النشاط الكيميائي للفلزات؟
31. **قارن** بين تفاعلات الإحلال البسيط والإحلال المزدوج.
32. **صف** نتيجة تفاعل الإحلال المزدوج.
33. **صنّف**: ما نوع التفاعل المرجح حدوثه عندما يتفاعل الباريوم مع الفلور؟ اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.
34. **فسّر البيانات**: هل يمكن للتفاعل الآتي أن يحدث؟ فسّر إجابتك.

$$Ni_{(s)} + 2AgNO_{3(aq)} \rightarrow Ni(NO_3)_{2\,(aq)} + 2Ag_{\,(s)}$$

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع: www.obeikaneducation.com

التقويم 2-4

29. التكوين: مادتان تتحدان لتكوين مركب واحد.
الاحتراق: مادة تتفاعل مع الأكسجين منتجة حرارة وضوءًا.
التفكك: مركب واحد يتحلل إلى مادتين أو أكثر.
الإحلال: ذرات عنصر تحل محل ذرات عنصر آخر (**إحلال بسيط**)، أو تتبادل الأيونات الموجبة بين مركبين (**إحلال مزدوج**).

30. ترتب سلسلة النشاط الفلزات وفق نشاطها بالنسبة للفلزات الأخرى. توجد الفلزات الأنشط في أعلى السلسلة، وأما الأقل نشاطًا فتوجد في أسفلها.

31. تحل ذرات عنصر محل ذرات عنصر آخر في تفاعل الإحلال البسيط، أما في تفاعل الإحلال المزدوج فان مركبين ذائبين في الماء يتبادلان أيوناتهما الموجبة.

32. تفاعلات الإحلال المزدوج تنتج مركبين مختلفين، أحدهما راسب أو ماء أو غاز.

33. من المرجح أن يحدث تفاعل تكوين.

$$Ba + F_2 \rightarrow BaF_2$$

34. يحدث التفاعل، لأن النيكل أنشط من الذهب.

4-3

الأهداف

- **تصف** المحاليل المائية.
- **تكتب** معادلات أيونية كاملة ومعادلات أيونية صافية للتفاعلات الكيميائية في المحاليل المائية.
- **تتوقع** ما إذا كانت التفاعلات في المحاليل المائية ستؤدي إلى إنتاج راسب، أو ماء، أو غاز.

مراجعة المفردات

المحلول: مخلوط متجانس قد يحوي مواد صلبة، أو سائلة، أو غازية.

المفردات الجديدة

المحلول المائي
المذاب
المذيب
المعادلة الأيونية الكاملة
الأيون المتفرج
المعادلة الأيونية النهائية

التفاعلات في المحاليل المائية
Reactions in Aqueous Solutions

الفكرة الرئيسة **تحدث تفاعلات الإحلال المزدوج بين المواد في المحاليل المائية، وتؤدي إلى إنتاج رواسب، أو ماء، أو غازات.**

الربط بواقع الحياة يستعمل مسحوق نكهة الليمون في تحضير شراب الليمون. فعندما يضاف المسحوق إلى الماء فإن بلوراته تذوب فيه مكوّنة محلولًا له نكهة الليمون.

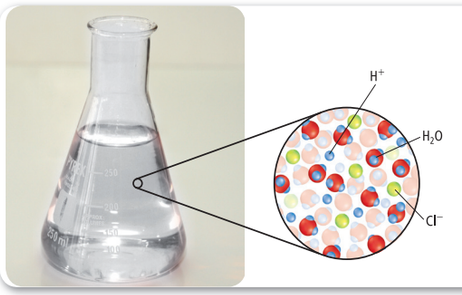
المحاليل المائية Aqueous Solutions

عرفتَ أن المحلول مخلوط متجانس. وأنَّ العديد من التفاعلات تتضمن موادّ مذابة في الماء، أيْ تكون على شكل محاليل مائية. و**المحلول المائي** يحتوي على مادة أو أكثر مذابة في الماء تسمى **المذاب**. أما الماء – أكبر مكوّنات المحلول – فيسمى **المذيب**.

المركبات الجزيئية في المحلول رغم أن الماء هو المذيب في المحاليل المائية دائمًا، إلا أن هناك كثيرًا من المواد المذابة كالسكروز (سكر المائدة)، والإيثانول (الكحول)، هي مركبات توجد في المحلول على شكل جزيئات، وهناك مواد جزيئية تكوّن أيونات عندما تذوب في الماء. فالمركب الجزيئي كلوريد الهيدروجين مثلًا يكوّن أيونات الهيدروجين وأيونات الكلوريد عندما يذوب في الماء، كما هو مبين في **الشكل 4-15**. ويمكن تمثيل عملية التأين هذه بالمعادلة الآتية:

$$HCl_{(aq)} \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

تسمى المركبات التي تنتج أيونات الهيدروجين ـ ومنها كلوريد الهيدروجين ـ أحماضًا، ولهذا فإن محلول كلوريد الهيدروجين المائي يُسمى حمض الهيدروكلوريك.



الشكل 4-15 يتفكك حمض الهيدروكلوريك HCl في الماء إلى أيونات هيدروجين H^+، وأيونات كلوريد Cl^-.

4-3

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسة على الطلبة.

الفكرة الرئيسة

نواتج التفاعل اطلب إلى الطلبة أن يعطوا أمثلة على تفاعلات في المحاليل المائية تنتج رواسب أو ماء أوغازات، ثم اعرض أحد هذه التفاعلات في الصف على نحو سريع، فمثلاً :

$$NaCl_{(aq)} + AgNO_{3\,(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)} + NaNO_{3\,(aq)}$$

المعادلة الأيونية: $Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \rightarrow AgCl_{(s)}$ **ض م**

2. التدريس

التعلم المرئي

انظر إلى **الشكلين 4-15** و **4-16** واشرح باختصار مستعملاً النماذج الكيميائية للتوضيح للطلبة كيف تكون المركبات أيونات عندما تذوب في الماء. ووضح لهم كيف تكون المركبات الجزيئية، مثل HCl أيونات عندما تذوب، وهي العملية التي تُعرف بالتأين.واعرض عليهم أيضًا كيف أن الأيونات الموجبة والسالبة التي تكوّن المركبات الأيونية مثل NaOH تنفصل فقط عندما يذوب المركب في الماء، وهي العملية التي تعرف بالتفكك.

تطوير المفهوم

الرواسب ذكّر الطلبة بأن الراسب ينتج من تفاعل كيميائي، ويتكوّن من جسيمات معلقة صلبة. واطلب إليهم غلي كمية قليلة من ماء الصنبور في وعاء حتى يتبخرالماء كله. المادة المتبقية في الوعاء هي راسب كربونات الكالسيوم $CaCO_{3\,(s)}$.

عرض عملي

تكوّن الراسب أضف 0.27 g من كربونات الصوديوم إلى 5 ml من الماء في أنبوب اختبار. وأغلق الأنبوب بسدادة، ورجّه حتى تذوب المادة الصلبة كلها، ثم أضف 0.41 g من نترات الكالسيوم إلى 5 ml من الماء في أنبوب اختبار آخر. وأغلق الأنبوب ورجّه كما فعلت سابقًا حتى تذوب المادة الصلبة كلها. ودع الطلبة يلاحظوا الدليل على حدوث تفاعل عندما تخلط محتويات الأنبوبين. (جفّف راسب $CaCO_3$ وضعه في وعاء للفضلات، واسكب محلول نترات الصوديوم في المغسلة، واغسله بكمية من الماء) سيتكون راسب أبيض من كربونات الكالسيوم. ثم اطلب إلى الطلبة كتابة كل من المعادلات الكيميائية، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية للتفاعل.

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

$$2Na^+_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 2NO^-_{3\,(aq)} \rightarrow 2Na^+_{(aq)} + 2NO_3^-{}_{(aq)} + CaCO_{3\,(s)}$$

$$CO_3^{2-}{}_{(aq)} + Ca^{2+}_{(aq)} \rightarrow CaCO_{3\,(s)}$$ ض م

المركبات الأيونية في المحلول تتكون المركبات الأيونية من أيونات موجبة وأيونات سالبة مرتبطة معًا بروابط أيونية. وعندما تذوب المركبات الأيونية في الماء فإن أيوناتها يمكن أن تنفصل بعضها عن بعض. وتسمى هذه العملية بالتفكك. فالمحلول المائي لكلوريد الصوديوم مثلًا يحتوي على أيونات Na^+ و Cl^-.

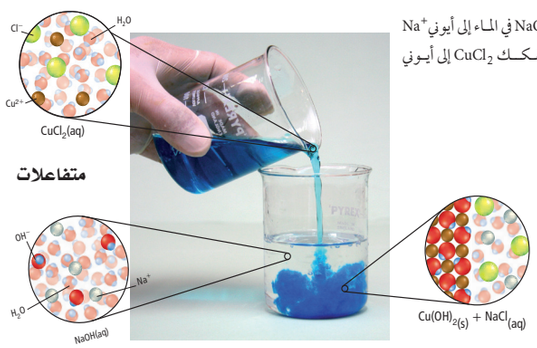
أنواع التفاعلات في المحاليل المائية
Types of Reactions in Aqueous Solutions

عند مزج محلولين مائيين يحويان أيونات ذائبة فإن الأيونات قد يتفاعل بعضها مع بعض. وكثير من هذه التفاعلات تفاعلات إحلال مزدوج، ويمكن أن تؤدي إلى ثلاثة أنواع من النواتج هي: راسب، أو ماء، أو غاز. وأما جزيئات المذيب ـ وهي في الغالب جزيئات ماء ـ فلا تتفاعل عادةً.

التفاعلات التي تكوّن رواسب بعض التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية تنتج رواسب. فعند خلط محلول هيدروكسيد الصوديوم ومحلول كلوريد النحاس II، يحدث تفاعل إحلال مزدوج يؤدي إلى تكوين راسب من هيدروكسيد النحاس II.

$$2NaOH_{(aq)} + CuCl_{2(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + Cu(OH)_{2(s)}$$

لاحظ أن المعادلة الكيميائية لا توضح بعض تفاصيل هذا التفاعل؛ فهيدروكسيد الصوديوم وكلوريد النحاس II مركبات أيونية، ولهذا فهما يوجدان في محلوليهما على شكل أيونات $Na^+, OH^-, Cu^{2+}, Cl^-$ كما هو مبين في **الشكل 16-4**. وعند مزج المحلولين تتحد أيونات Cu^{2+} مع أيونات OH^- لتكوين راسب من هيدروكسيد النحاس II $Cu(OH)_2$. أما أيونات Cl^- و Na^+ فتبقى ذائبة في المحلول.



الشكل 16-4 يتفكك NaOH في الماء إلى أيوني Na^+ و OH^-، كما يتفكك $CuCl_2$ إلى أيوني Cu^{2+} و Cl^-.

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى وافق على نموذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل. ركب جهازًا من أنبوب اختبار (2cm×15cm)، وسدادة تلائم أنبوب الاختبار وفيها ثقب واحد يخرج منه أنبوب زجاجي قصير مثبت بطرفه الآخر أنبوب مطاطي طوله 30cm، وأنبوب زجاجي آخر قصير مثبت في الطرف الآخر للأنبوب المطاطي. واطلب إلى الطلبة صب 5ml من الخل في أنبوب الاختبار، و 100ml من ماء الجير (محلول مشبع من هيدروكسيد الكالسيوم) في كأس سعتها 150 ml، ثم اطلب إليهم إضافة 2.5ml من صودا الخبيز إلى الخل، وإغلاق الأنبوب بالسدادة ذات الثقب الواحد بسرعة وعند تمرير غاز ثاني أكسيد الكربون المتكون في ماء الجير. يتعكر المحلول نتيجة ترسب كربونات الكالسيوم- طريقة للكشف عن غاز ثاني أكسيد الكربون. واطلب إلى الطلبة أيضًا كتابة معادلات كيميائية للتفاعل بين حمض الأستيك في الخل وكربونات الصوديوم الهيدروجينية، والتفاعل بين ثاني أكسيد الكربون ومحلول هيدروكسيد الكالسيوم المائي لتكوين كربونات الكالسيوم غير الذائبة.

$$HC_2H_3O_{2\,(aq)} + NaHCO_{3\,(s)} \rightarrow H_2O\,(l) + CO_{2\,(g)} + NaC_2H_3O_{2\,(aq)}$$

$$CO_{2\,(g)} + Ca(OH)_{2\,(aq)} \rightarrow CaCO_{3(s)} + H_2O_{(l)}$$ ف م

المعادلات الأيونية لتوضيح تفاصيل التفاعلات التي تتضمن أيونات في المحاليل المائية، يستخدم الكيميائيون المعادلات الأيونية. وهي تختلف عن المعادلات الكيميائية في أن المواد التي تكون على شكل أيونات في المحلول تكتب كأيونات في المعادلة. فلكيْ تكتب المعادلة الأيونية لتفاعل محلولي NaOH و $CuCl_2$ مثلًا يجب أن تكتب المتفاعلات والناتج NaCl على شكل أيونات.

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

وتُسمى المعادلة التي تبين الجسيمات في المحلول **بالمعادلة الأيونية الكاملة**. لاحظ أن أيونات الصوديوم والكلور مواد متفاعلة وناتجة في الوقت نفسه، أيْ أنها لم تشارك في التفاعل، ولهذا تسمى **أيونات متفرجة**. وهي عادة لا تظهر في المعادلات الأيونية. وعند شطب هذه الأيونات من طرفي المعادلة الأيونية تحصل على ما يسمى **المعادلة الأيونية النهائية**، وهي تشتمل على الجسيمات المشاركة في التفاعل فقط.

$$\cancel{2Na^+_{(aq)}} + 2OH^-_{(aq)} + Cu^{2+}_{(aq)} + \cancel{2Cl^-_{(aq)}} \rightarrow \cancel{2Na^+_{(aq)}} + \cancel{2Cl^-_{(aq)}} + Cu(OH)_{2(s)}$$

لاحظ أنه لم يتبق سوى أيونات الهيدروكسيد والنحاس في المعادلة الأيونية الكلية للتفاعل، الموضحة أدناه:

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

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

تجربة

لاحظ تفاعلاً يكوّن راسبًا

كيف يكوّن محلولان مادة صلبة؟

الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. ضع 50 ml ماءً مقطرًا في كأس سعة 150 ml.
3. زن 4g من **NaOH**، ثم أضفها بالتدريج إلى الكأس، وحركها باستمرار **بساق التحريك**.
4. زن 6g من ملح أبسوم (**كبريتات الماغنسيوم** $MgSO_4$)، وضعها في كأس أخرى سعة 150 ml. ثم أضف 50 ml ماء مقطرًا إلى الملح، وحركه بساق التحريك حتى يذوب الملح تمامًا.
5. أضف محلول ملح أبسوم ببطء إلى محلول NaOH، وسجل ملاحظاتك.
6. حرك المحلول الناتج، وسجل ملاحظاتك.
7. اترك الراسب حتى يستقر، ثم افصل السائل عنه في مخبار مدرج سعة 100 ml.
8. تخلص من الراسب كما يرشدك معلمك.

التحليل

1. **اكتب** معادلة كيميائية رمزية موزونة للتفاعل بين NaOH و $MgSO_4$. ولاحظ أن أغلب مركبات الكبريتات توجد على شكل أيونات في المحاليل المائية.
2. **اكتب** المعادلة الأيونية الكاملة لهذا التفاعل.
3. **حدد** أي الأيونات متفرجة، ثم اكتب المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل.

ماذا قرأت؟ في المعادلة الأيونية، تكتب المواد التي تكون على صورة أيونات في المحلول بصورة أيونات في المعادلة.

تجربة

الهدف سيكتب الطلبة معادلة كيميائية موزونة، ومعادلة أيونية كاملة، ومعادلة أيونية نهائية لتفاعل كيميائي ينتج راسباً.

المهارات العلمية يصنف، يلاحظ، يستنتج.

احتياطات السلامة اطلع على نماذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل، وتحقق من أن الطلبة يلبسون معاطف المختبر ويضعون النظارات الواقية. هيدروكسيد الصوديوم مادة كاوية، وملح أبسوم مهيج للجلد.

التخلص من النفايات يمكن التخلص من هيدروكسيد الماغنيسيوم المترسب بوضعه في حاوية النفايات، لذا لا تلقه في المغسلة.

استراتيجيات التدريس وضح للطلبة كيف تصب سائلاً يحوي مادة صلبة.

النتائج المتوقعة سيكوّن التفاعل راسبًا أبيض من هيدروكسيد الماغنيسيوم. كما ستتكون كبريتات الصوديوم الذائبة في الماء، ولهذا لا تُرى في المحلول.

التحليل

1. $MgSO_{4\,(aq)} + 2NaOH_{(aq)} \rightarrow Mg(OH)_{2\,(s)} + Na_2SO_{4\,(aq)}$
2. $Mg^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)} + 2Na^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow Mg(OH)_{2(s)} + 2Na^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$
3. الأيونات المتفرجة: $Na^+_{(aq)}$ و $SO_4^{2-}{}_{(aq)}$

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

مثال في الصف

السؤال أكمل المعادلة الكيميائية التالية:

$$KCl_{(aq)} + AgNO_{3\,(aq)} \longrightarrow$$

الإجابة $KCl_{(aq)} + AgNO_{3\,(s)} \longrightarrow AgCl_{(s)} + KNO_{3\,(aq)}$

مسائل تدريبية

35. المعادلة الكيميائية:

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

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$K^{+}_{(aq)} + I^{-}_{(aq)} + Ag^{+}_{(aq)} + NO^{-}_{3(aq)} \longrightarrow K^{+}_{(aq)} + NO^{-}_{3(aq)} + AgI_{(s)}$$

المعادلة الأيونية النهائية: $I^{-}_{(aq)} + Ag^{+}_{(aq)} \longrightarrow AgI_{(s)}$

36. المعادلة الكيميائية:

$$2(NH_4)_3\,PO_{4(aq)} + 3Na_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 3(NH_4)_2\,SO_{4(aq)} + 2Na_3PO_{4(aq)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$6NH^{+}_{4\,(aq)} + 2PO^{-3}_{4\,(aq)} + 6Na^{+}_{(aq)} + 3SO^{2-}_{4\,(aq)} \longrightarrow 6NH^{+}_{4\,(aq)} + 3SO^{2-}_{4\,(aq)} + 6Na^{+}_{(aq)} + 2PO^{3-}_{4\,(aq)}$$

لا يحدث تفاعل، ولهذا لا يوجد معادلة أيونية نهائية.

37. المعادلة الكيميائية:

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

المعادلة الأيونية الكاملة:

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

المعادلة الأيونية النهائية:

$$Al^{3+}_{(aq)} + 3OH^{-}_{(aq)} \longrightarrow Al\,(OH)_{3(S)}$$

38. المعادلة الكيميائية:

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

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2Li^{+}_{(aq)} + SO^{2-}_{4\,(aq)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 2NO^{-}_{3\,(aq)} \longrightarrow 2Li^{+}_{(aq)} + 2NO^{-}_{3\,(aq)} + CaSO_{4\,(s)}$$

المعادلة الأيونية النهائية:

$$SO4^{2-}_{4\,(aq)} + Ca^{2+}_{(aq)} \longrightarrow CaSO_{4\,(s)}$$

39. المعادلة الكيميائية:

$$5Na_2CO_{3(aq)} + 2MnCl_{5\,(aq)} \longrightarrow 10NaCl_{(aq)} + Mn(CO_3)_5$$

المعادلة الأيونية الكلية:

$$10Na^{+}_{(aq)} + 5CO^{2-}_{3(aq)} + 2Mn^{5+}_{(aq)} + 10Cl^{-}(aq) \longrightarrow 10Na^{+}_{(aq)} + 10Cl^{-}_{(aq)} + Mn_2(CO_3)_{5(s)}$$

المعادلة الأيونية النهائية: $5CO^{2-}_{3\,(aq)} + 2Mn^{5+}_{(aq)} \longrightarrow Mn_2(CO_3)_{5(s)}$

مثال 3-4

التفاعلات التي تكوّن راسبًا: اكتب المعادلة الكيميائية، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية لتفاعل محلولي نترات الباريوم $Ba(NO_3)_2$ وكربونات الصوديوم Na_2CO_3 والذي يكوّن راسبًا من كربونات الباريوم $BaCO_3$.

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت أسماء ورموز المتفاعلات والنواتج للتفاعل. لكتابة معادلة كيميائية موزونة للتفاعل يجب أن تحدد الكميات النسبية للمواد المتفاعلة والناتجة. ولكتابة المعادلة الأيونية الكاملة تحتاج إلى توضيح الحالات الأيونية للمواد المتفاعلة والناتجة. وبشطب الأيونات المتفرجة من طرفي هذه المعادلة يمكنك كتابة المعادلة الأيونية النهائية. التي تشتمل على مواد أقل من المعادلات الأخرى.

2 حساب المطلوب

استخدم الصيغ الكيميائية الصحيحة والحالات الفيزيائية لكل المواد في التفاعل لكتابة المعادلة الكيميائية له:

$$Ba(NO_3)_2(aq) + Na_2CO_3(aq) \rightarrow BaCO_3(s) + NaNO_3(aq)$$

زن المعادلة الكيميائية:

$$Ba(NO_3)_2(aq) + Na_2CO_3(aq) \rightarrow BaCO_3(s) + 2NaNO_3(aq)$$

وضح أيونات المواد المتفاعلة والناتجة:

$$Ba^{2+}(aq) + 2NO_3^-(aq) + 2Na^+(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow BaCO_3(s) + 2Na^+(aq) + 2NO_3^-(aq)$$

احذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة:

$$Ba^{2+}(aq) + \cancel{2NO_3^-(aq)} + \cancel{2Na^+(aq)} + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow BaCO_3(s) + \cancel{2Na^+(aq)} + \cancel{2NO_3^-(aq)}$$

اكتب المعادلة الأيونية النهائية:

$$Ba^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow BaCO_3(s)$$

3 تقويم الإجابة

تدعم سلسلة النشاط الكيميائي الموضحة في **الشكل 13-4** التوقعات. فالمعادلات موزونة؛ لأن عدد الذرات متساو في طرفيها. وتحتوي المعادلة الكيميائية النهائية على عدد أقل من المركبات، وتبين الأيونات المتفاعلة لتكوين الراسب (المادة الصلبة).

مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية أيونية كاملة، وأيونية نهائية لكل من التفاعلات الآتية التي قد تكوّن راسبًا، مستخدمًا (NR) لبيان عدم حدوث تفاعل.

35. عند خلط محلولي يوديد البوتاسيوم KI ونترات الفضة $AgNO_3$ تكوّن راسب من يوديد الفضة AgI.

36. عند خلط محلولي فوسفات الأمونيوم $(NH_4)_3PO_4$ وكبريتات الصوديوم Na_2SO_4 لم يتكون أي راسب، ولم يتصاعد أي غاز.

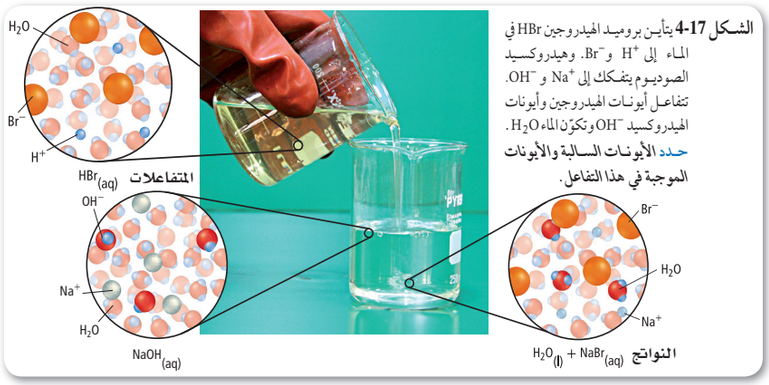
37. عند خلط محلولي كلوريد الألومنيوم $AlCl_3$ وهيدروكسيد الصوديوم NaOH تكوّن راسب من هيدروكسيد الألومنيوم $Al(OH)_3$.

38. عند خلط محلولي كبريتات الليثيوم Li_2SO_4 ونترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ تكوّن راسب من كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$.

39. تحدّ: عند خلط محلولي كربونات الصوديوم Na_2CO_3 وكلوريد المنجنيز $MgCl_2$ تكوّن راسب يحتوي على المنجنيز.

دفتر الكيمياء

الأيونات في المياه الجوفية اطلب إلى الطلبة البحث في الأيونات الموجودة في المياه الجوفية حيث يسكنون، وتحديد أي هذه الأيونات مفيد، وأيها تُزال (أوتُزال جزئيًا) من وحدات معالجة المياه، ثم اطلب إليهم تلخيص اكتشافاتهم في دفاترهم. ض م



الشكل 4-17 يتأين بروميد الهيدروجين HBr في الماء إلى H^+ وBr^-. وهيدروكسيد الصوديوم بتفكك إلى Na^+ و OH^-. تتفاعل أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد OH^- وتكوّن الماء H_2O.
حدد الأيونات السالبة والأيونات الموجبة في هذا التفاعل.

التفاعلات التي تكوّن ماء هذا النوع من تفاعلات الإحلال المزدوج يؤدي إلى تكوين جزيئات ماء، فيزداد عدد جسيمات المذيب (الماء). وبخلاف التفاعلات التي يتكون فيها راسب، لا يلاحظ في هذا النوع من التفاعلات دليل على حدوث تفاعل كيميائي؛ لأن الماء عديم اللون والرائحة، كما أنه يشكّل أغلب المحلول. فعندما تخلط محلول حمض الهيدروبروميك HBr مثلاً مع محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH كما هو مبين في **الشكل 4-17**، يحدث تفاعل إحلال مزدوج، ويتكون ماء، كما هو موضح في المعادلة الآتية:

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

في هذه الحالة تكون المتفاعلات والناتج بروميد الصوديوم على شكل أيونات في المحلول المائي. وتوضح المعادلة الأيونية الكاملة للتفاعل هذه الأيونات:

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

لو دققت في هذه المعادلة فستلاحظ أن الأيونات المتفاعلة هي أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد؛ لأن كلًّا من أيونات الصوديوم وأيونات البروميد أيونات متفرجة. وإذا حذفت الأيونات المتفرجة فستبقى لديك الأيونات التي تشارك في التفاعل.

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

وتكون المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل كالآتي:

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

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

دفتر الكيمياء

ماذا سيفعل الهيدروجين؟ اطلب إلى الطلبة كتابة جمل في دفاترهم تصف "نشاطات" "انتقالات" ذرة هيدروجين خلال التفاعلات والعمليات الآتية: تفاعل جزيء هيدروجين مع جزيء من غاز يود لتكوين يوديد الهيدروجين الغازي؛ يذوب يوديد الهيدروجين الغازي في الماء لتكوين حمض الهيدرويوديك؛ يتفاعل حمض الهيدرويوديك مع محلول كبريتيد الليثيوم المائي لتكوين غاز كبريتيد الهيدروجين. شجع الطلبة على أن يبحثوا عن الخواص الفيزيائية والكيميائية لليود وكبريتيد الهيدروجين وتضمينها في قصصهم. ض م

■ **إجابات أسئلة الأشكال** الشكل **4-17** : الأيونات السالبة: Br^- و OH^- ؛ الأيونات الموجبة: H^+ و Na^+

ماذا قرأت؟ إنها الأيونات التي لا تشارك في التفاعل.

استعمال المصطلحات العلمية

المتفرج اطلب إلى الطلبة البحث في معنى مصطلح "متفرج" عندما يتكلمون عن حدث رياضي وربط المصطلح بالكيمياء. ض م

التوسع

المواد المزيلة لعسر الماء اسأل الطلبة ما إذا كان الماء في بيوتهم يسرًا أم عسرًا. واشرح لهم أن الماء العسر يحتوي على نسبة عالية من أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم، وأنه سيكوّن زبداً صابونيًا على المغاسل وأماكن الاستحمام، ولا يساعد على تنظيف الملابس تمامًا من الصابون، وسيترك رواسب في الأوعية التي يغلي فيها. ووضح لهم أنه بالإمكان جعل الماء العسر يسراً باستبدال أيونات الكالسيوم والماغنيسيوم بأيونات الصوديوم، واسأل الطلبة لماذا استبدلت أيونات الكالسيوم والماغنيسيوم بأيونات الصوديوم. لأن أيونات الصوديوم أكثر نشاطًا من أيونات الكالسيوم والماغنيسيوم. واسألهم أيضًا فيما إذا كان استبدال أيونات الكالسيوم والماغنيسيوم سيؤدي إلى مخاطر صحية على بعض الأشخاص. إذا كان الشخص يعاني من ارتفاع ضغط الدم، فإن زيادة أيونات الصوديوم قد يكون خطراً على الصحة. ض م

مسائل تدريبية

40. المعادلة الكيميائية:

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

المعادلة الأيونية الكاملة:

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

المعادلة الأيونية النهائية:

$$2H^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \longrightarrow 2\,H_2\,O_{(l)}$$

أو

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

41. المعادلة الكيميائية:

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

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2H^+_{(aq)} + \cancel{2Cl^-_{(aq)}} + \cancel{Ca^{2+}_{(aq)}} + 2OH^- \longrightarrow \cancel{2H_2O_{(l)}} + \cancel{2Cl^-_{(aq)}} + Ca^{2+}_{(aq)}$$

المعادلة الأيونية النهائية: $H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$

42. المعادلة الكيميائية:

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

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$H^+_{(aq)} + \cancel{NO^-_{3(aq)}} + \cancel{NH^+_{4\,(aq)}} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)} + \cancel{NH^+_{4\,(aq)}} + \cancel{NO^-_{3\,(aq)}}$$

المعادلة الأيونية النهائية: $H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$

43. المعادلة الكيميائية:

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

المعادلة الأيونية الكاملة:

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

المعادلة الأيونية النهائية: $H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$

44. المعادلة الكيميائية:

$$2C_6H_5COOH_{(aq)} + Mg(OH)_{2(aq)} \longrightarrow (C_6H_5COO)_2Mg_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$2C_6H_5\cancel{COO^-_{(aq)}} + 2H^+_{(aq)} + \cancel{Mg^{2+}_{(aq)}} + 2OH^-_{(aq)} \longrightarrow 2C_6H_5\cancel{COO^-_{(aq)}} + \cancel{Mg^{2+}_{(aq)}} + 2H_2O_{(l)}$$

المعادلة الأيونية النهائية: $2H^+_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$

مسائل تدريبية

اكتب المعادلات الكيميائية الأيونية الكاملة، والأيونية النهائية للتفاعلات التي تنتج ماء:

40. عند خلط حمض الكبريتيك H_2SO_4 بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH ينتج ماء ومحلول كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4.

41. عند خلط حمض الهيدروكلوريك HCl بمحلول هيدروكسيد الكالسيوم ينتج ماء ومحلول كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$.

42. عند خلط حمض النيتريك HNO_3 بمحلول هيدروكسيد الأمونيوم NH_4OH ينتج ماء ومحلول نترات الأمونيوم NH_4NO_3.

43. عند خلط كبريتيد الهيدروجين H_2S بمحلول هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ ينتج ماء ومحلول كبريتيد الكالسيوم CaS.

44. تحدّ: عند خلط حمض البنزويك C_6H_5COOH وهيدروكسيد المغنسيوم $Mg(OH)_2$ يتكون ماء وبنزوات المغنسيوم $(C_6H_5COO)_2Mg$.

التفاعلات التي تكوّن غازات ينتج عن هذا النوع من تفاعلات الإحلال المزدوج تكوين غازات، مثل CO_2، و HCN، و H_2S. فعندما تخلط حمض الهيدرويديك HI بمحلول كبريتيد الليثيوم Li_2S، يتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S، كما ينتج يوديد الليثيوم LiI الذي يظل ذائبًا في المحلول.

$$2HI_{(aq)} + Li_2S_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + 2LiI_{(aq)}$$

وباستثناء H_2S، فإن جميع المواد في التفاعل توجد على شكل أيونات. لذا يمكنك كتابة المعادلة الأيونية الكاملة للتفاعل على النحو الآتي:

$$2H^+(aq) + \cancel{2I^-(aq)} + \cancel{2Li^+(aq)} + S^{2-}(aq) \rightarrow H_2S(g) + \cancel{2Li^+(aq)} + \cancel{2I^-(aq)}$$

وبحذف الأيونات المتفرجة يمكنك الحصول على المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل، وهي:

$$2H^+(aq) + S^{2-}(aq) \rightarrow H_2S(g)$$

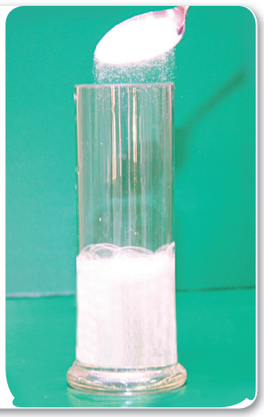
ومن التفاعلات التي تنتج غازًا ما يحدث في المطبخ عندما تخلط الخل بصودا الخبز. فالخل محلول مائي لحمض الإيثانويك، وصودا الخبز عبارة عن كربونات الصوديوم الهيدروجينية. وعند خلطهما معًا يتفاعلان ويتصاعد غاز CO_2، كما هو موضح في **الشكل 4-18**.

وهناك تفاعل آخر مشابه لتفاعل الخل مع صودا الخبز، يحدث عندما تخلط أي محلول حمضي بكربونات الصوديوم الهيدروجينية. وفي الحالات جميعها يجب أن يحدث تفاعلان متزامنان في المحلول لينتج غاز ثاني أكسيد الكربون. وأحد هذين التفاعلين تفاعل إحلال مزدوج، والآخر تفاعل تفكك. فعندما تذيب كربونات الصوديوم الهيدروجينية مثلًا في حمض الهيدروكلوريك يحدث تفاعل إحلال مزدوج، وينتج غاز.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى اطلب إلى الطلبة ذوي التحصيل المتدني بناء نماذج كيميائية باستعمال علبة نماذج- لتوضيح تفاعل تكوين وتفاعل إحلال. ويمكنهم تقديم النماذج لزملائهم. مستعملاً التفاعلات الكيميائية الآتية أمثلة على هذه النماذج:

1. $H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ (تفاعل تكوين)
2. $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$ (تفاعل إحلال بسيط)
3. $CO_2 + 4HCl \rightarrow CCl_4 + 2H_2O$ (تفاعل إحلال مزدوج) د م



الشكل 4-18 عندما يتفاعل الخل مع صودا الخبز $NaHCO_3$ يحدث تصاعد سريع لغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2

كلوريد الصوديوم مادة أيونية تبقى في الماء على شكل أيونات منفصلة. أما حمض الكربونيك H_2CO_3 فيتفكك بمجرد تكونه إلى ماء وثاني أكسيد الكربون.

$$HCl(aq) + NaHCO_3(aq) \rightarrow H_2CO_3(aq) + NaCl(aq)$$

$$H_2CO_3(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g)$$

ويمكن جمعهما وتمثيلهما بمعادلة كيميائية واحدة:

$$HCl(aq) + NaHCO_3(aq) + \cancel{H_2CO_3(aq)} \rightarrow \cancel{H_2CO_3(aq)} + NaCl(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

وبحذف H_2CO_3 من طرفي المعادلة تحصل على ما يسمى المعادلة النهائية للتفاعل.

$$HCl(aq) + NaHCO_3(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g) + NaCl(aq)$$

هذا، ويمكنك كتابة المعادلة الأيونية الكاملة كالآتي:

$$H^+(aq) + \cancel{Cl^-(aq)} + \cancel{Na^+(aq)} + HCO_3^-(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g) + \cancel{Na^+(aq)} + \cancel{Cl^-(aq)}$$

وتلاحظ أن أيونات الصوديوم وأيونات الكلور هي الأيونات المتفرجة، لذا يمكن حذفها من طرفي المعادلة، وكتابة المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل كالآتي:

$$H^+(aq) + HCO_3^-(aq) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g)$$

ماذا قرأت؟ صف ما المعادلة النهائية؟

مشروع الكيمياء

إزالة ترسبات الماء العسر اطلب إلى الطلبة البحث في سبب استعمال الخل في البيت لإزالة الترسبات الناتجة عن الماء العسر، ومقارنة كلفة استعمال الخل بكلفة استعمال المواد الكيميائية الأخرى التي تذيب رواسب الماء العسر الكلسية. واطلب إليهم أيضاً مراجعة احتياطات السلامة عند استعمال المنتجات التجارية في بيوتهم، وتقديم تقرير للصف عن نتائجهم. **ض م**

تطبيق الكيمياء

كيمياء الخبز اشرح للطلبة أن بعض الكعك والمواد الأخرى المخبوزة تنتفخ خلال عملية الخبز نتيجة تمدد غاز ثاني أكسيد الكربون المحتجز والذي ينتج من تفاعل مسحوق الخبيز والماء.

ومسحوق الخبيز هو مخلوط من صودا الخبيز (كربونات الصوديوم الهيدروجينية، $NaHCO_3$، وحمض جاف كحمض الترتريك ($H_2C_4H_4O_6$)، بالإضافة إلى النشا الذي يساعد على بقاء المخلوط جافاً. وعند إضافة الماء إلى مسحوق الخبيز تذوب صودا الخبيز وحمض الترتريك مما يسهل حدوث التفاعل التالي:

$$H_2C_4H_4O_{6\,(aq)} + 2NaHCO_{3\,(aq)} \rightarrow 2H_2O_{(l)} + 2CO_{2\,(g)} + Na_2C_4H_4O_{6\,(aq)}$$

اعرض التفاعل عملياً بإضافة بعض الماء إلى كمية قليلة من مسحوق الخبيز في زجاجة ساعة. كما يمكنك عرض صورة التفاعل باستعمال جهاز عرض الشفافيات.

ماذا قرأت؟ المعادلة التي تدمج تفاعلين.

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلبة تكوين جداول تلخص أنواع التفاعلات التي نوقشت في هذا البند، واطلب إليهم إعطاء مثالين (معادلتين) على كل نوع من التفاعلات المتضمنة في الجدول. **ض م**

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة أن يتوقعوا صيغة الناتج المجهول (X) في كل من التفاعلات الآتية، ويذكروا لماذا يحدث التفاعل:

1. $BaCl_{2\,(aq)} + K_2SO_{4\,(aq)} \rightarrow 2KCl_{(aq)} + X$

(X هو $BaSO_4$، ناتج غير ذائب)

2. $HI_{(aq)} + LiOH_{(aq)} \rightarrow LiI_{(aq)} + X$ (X هو H_2O)

3. $2HCl_{(aq)} + (NH_4)_2S_{(aq)} \rightarrow 2NH_4Cl_{(aq)} + X$

(X هو غاز H_2S) **ض م**

مثال في الصف

السؤال اكتب معادلات كيميائية، وأيونية كاملة، وأيونية نهائية للتفاعل الكيميائي الآتي:

$HCl\ (aq) + Zn\ (s) \rightarrow$

الإجابة

المعادلة الكيميائية: $2HCl_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow H_{2(g)} + ZnCl_{2(aq)}$

$2H^+_{(aq)} + \cancel{2Cl^-_{(aq)}} + Zn_{(s)} \rightarrow H_{2(g)} + Zn^{2+}_{(aq)} + \cancel{2Cl^-_{(aq)}}$

المعادلة الأيونية النهائية: $2H^+_{(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow H_{2(g)} + Zn^{2+}_{(aq)}$

مسائل تدريبية

45. المعادلة الكيميائية: $2HClO_{4\,(aq)} + Na_2CO_{3\,(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2\,(g)} + 2KClO_{4\,(aq)}$

المعادلة الأيونية الكاملة:

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

المعادلة الأيونية النهائية:

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

46. المعادلة الكيميائية:

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

المعادلة الأيونية الكاملة:

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

المعادلة الأيونيةالنهائية:

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

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

47. المعادلة الكيميائية:

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

المعادلة الأيونية الكاملة:

$2H^+_{(aq)} + \cancel{2Br^-_{(aq)}} + \cancel{2NH_4^+{}_{(aq)}} + CO_3^{2-}{}_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + \cancel{2NH_4^+{}_{(aq)}} + \cancel{2Br^-_{(aq)}}$

المعادلة الأيونية النهائية:

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

48. المعادلة الكيميائية:

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

المعادلة الأيونية الكاملة:

$2H^+_{(aq)} + \cancel{2NO_3^-{}_{(aq)}} + \cancel{2K^+_{(aq)}} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + \cancel{2K^+_{(aq)}} + \cancel{2NO_3^-{}_{(aq)}}$

مثال 4-4

التفاعلات التي تكوّن غازات: اكتب كلًّا من المعادلة الكيميائية، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية للتفاعل بين حمض الهيدروكلوريك ومحلول كبريتيد الصوديوم Na_2S، والذي ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S .

1 تحليل المسألة

لقد أُعطيت المعادلة اللفظية للتفاعل بين حمض الهيدروكلوريك HCl وكبريتيد الصوديوم Na_2S. يجب أن تكتب المعادلة الكيميائية للتفاعل وتزنها. ولكتابة المعادلة الأيونية الكاملة يجب أن تحدد حالة المواد المتفاعلة والناتجة. وبحذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة يمكنك كتابة المعادلة الأيونية النهائية.

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية الصحيحة للتفاعل.

$HCl_{(aq)} + Na_2S_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + NaCl_{(aq)}$

زن المعادلة الكيميائية.

$2HCl_{(aq)} + Na_2S_{(aq)} \rightarrow H_2S_{(g)} + 2NaCl_{(aq)}$

وضح أيونات المواد المتفاعلة والناتجة.

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

احذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة.

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

اكتب المعادلة الأيونية النهائية بأصغر نسبة عددية صحيحة.

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

3 تقويم الإجابة

المعادلة الأيونية الكلية تبين الأيونات المشاركة في التفاعل.

مسائل تدريبية

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

45. يتفاعل حمض البركلوريك $HClO_4$ مع محلول كربونات الصوديوم Na_2CO_3 لتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون والماء ومحلول كلوريد الصوديوم.

46. يتفاعل حمض الكبريتيك H_2SO_4 مع محلول سيانيد الصوديوم NaCN لتكوين غاز سيانيد الهيدروجين HCN ومحلول كبريتات الصوديوم Na_2SO_4.

47. يتفاعل حمض الهيدروبروميك HBr مع محلول كربونات الأمونيوم $(NH_4)_2CO_3$ لتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون والماء وبروميد الأمونيوم.

48. يتفاعل حمض النيتريك HNO_3 مع محلول كبريتيد البوتاسيوم K_2S لتكوين غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S.

49. تحدّ: يتفاعل محلول يوديد البوتاسيوم KI مع محلول نترات الرصاص $Pb(NO_3)_2$ لتكوين يوديد الرصاص الصلب PbI_2

مشروع الكيمياء

تحديد نوع التفاعل اطلب إلى الطلبة أن يذكروا تفاعلات كيميائية لا تندرج تحت الأنواع التي نوقشت في هذا الفصل. واطلب إليهم كتابة المعادلات لهذه التفاعلات، وتحديد نوع التفاعل إذا أمكن ذلك. على أن تتضمن الأمثلة التفاعلات التي تتكون من دمج تفاعلين من الأنواع الواردة في الفصل، بالإضافة إلى تفاعلات التأكسد والاختزال، والتصبن، والبلمرة. ض م

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

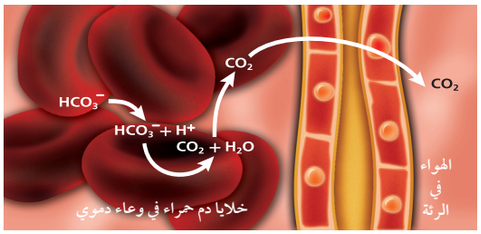
49. المعادلة الكيميائية:

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

المعادلة الأيونية الكاملة:

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

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



الشكل 4-19 بعد أن يدخل أيون البيكربونات HCO_3^- خلية دم حمراء، يتفاعل مع أيون الهيدروجين H^+ لتكوين ماء وثاني أكسيد الكربون CO_2، الذي يخرج من الرئتين مع هواء الزفير.

الربط بعلم الأحياء إن التفاعل بين كل من أيونات الهيدروجين وأيونات البيكربونات لإنتاج الماء وثاني أكسيد الكربون هو تفاعل مهم في جسمك. إنه يحدث في الأوعية الدموية في رئتيك. وكما هو مبين في **الشكل 4-19** فإن ثاني أكسيد الكربون الذي ينتج في خلايا جسمك ينتقل في دمك على شكل أيونات البيكربونات HCO_3^-. وعندما تمر هذه الأيونات في الأوعية الدموية لرئتيك تتحد مع أيونات الهيدروجين H^+ لإنتاج غاز CO_2 الذي يخرج مع هواء الزفير. هذا التفاعل يحدث أيضًا في المنتجات التي يدخل في تركيبها صودا الخبز المحتوية على كربونات الصوديوم الهيدروجينية التي تجعل الأشياء المخبوزة تنتفخ، وتستخدم مضادًا للحموضة، وفي طفايات الحريق، وصناعة كثير من المنتجات.

مهن في الكيمياء

المختص في الكيمياء الحيوية هو عالم يدرس العمليات الكيميائية في المخلوقات الحية. وقد يدرس وظائف جسم الإنسان، أو يبحث كيف يؤثر كل من الغذاء، والأدوية، والمواد الأخرى في المخلوقات الحية. للمزيد من المعلومات عن مهن الكيمياء إرجع إلى الموقع الإلكتروني.
www.obeikaneducation.com

التقويم 4-3

الخلاصة

- الماء هو المذيب دائمًا في المحاليل المائية، ولكن هناك الكثير من المواد المذابة المحتملة.
- تكوّن كثير من المركبات الجزيئية أيونات عندما تذوب في الماء. وعندما تذوب المواد الأيونية في الماء فإن أيوناتها تنفصل.
- قد تتفاعل الأيونات بعضها مع بعض عند خلط محاليل المواد الأيونية. أما جزيئات المذيب فلا تتفاعل عادةً.
- التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية هي تفاعلات الإحلال المزدوج.

50. **الفكرة الرئيسة** عدد ثلاثة أنواع مألوفة من نواتج التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية.

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

52. **ميّز** المعادلة الأيونية الكاملة من المعادلة الأيونية النهائية.

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

$$H_2SO_4(aq) + CaCO_3(s) \rightarrow H_2O(l) + CO_2(g) + CaSO_4(aq)$$

54. **حلّل**: أكمل المعادلة الآتية وزنها:

$$HBr_{(aq)} + KCN_{(aq)} \rightarrow$$

55. **توقّع** ما نوع الناتج الذي سيتكون على الأرجح من التفاعل التالي؟ فسّر ذلك.

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

56. **صنع معادلات**: يحدث تفاعل عندما يخلط حمض النيتريك HNO_3 بمحلول مائي من كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية $KHCO_3$، وينتج محلول نترات البوتاسيوم KNO_3. اكتب المعادلة الكيميائية والمعادلة الأيونية النهائية للتفاعل.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية لمزيد من الاختبارات القصيرة ارجع إلى الموقع: www.obeikaneducation.com

3. التقويم

تحقق من الفهم

اسأل الطلبة أن يتوقعوا أي تفاعلات التبادل المزدوج الآتية تحدث، مع التفسير لإجاباتهم:

1. $CuCl_{2\,(aq)} + 2NaNO_{3(aq)} \longrightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2NaCl_{(aq)}$
2. $CuCl_{2\,(aq)} + Na_2CO_{3\,(aq)} \longrightarrow CuCO_{3\,(s)} + 2NaCl_{(aq)}$
3. $2HCl_{(aq)} + Na_2CO_{3\,(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + 2NaCl_{(aq)}$

يحدث التفاعلان 2 و 3. يكوّن التفاعل 2 راسبا أمّا التفاعل 3 فيكوّن ماءً وغازًا. ض م

إعادة التدريس

اسأل الطلبة تحديد الأيونات المتفرجة في المعادلة الأيونية الكاملة الآتية، ثم اطلب إليهم كتابة المعادلة الأيونية النهائية:

$$H^+_{(aq)} + BrO_3^-{}_{(aq)} + K^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)} + BrO_3^-{}_{(aq)} + K^+_{(aq)}$$

الأيونات المتفرجة هي BrO_3^- و K^+ والمعادلة الأيونية النهائية هي: $H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$ ض م

التوسع

ادع أستاذًا جامعيًا في الكيمياء، أو طالب دراسات عليا إلى غرفة الصف ليناقش مع الطلبة أهمية المعادلات في أبحاثهم. وحضر بعض المعادلات التي تمثل تفاعلات كيميائية، واسأل الضيف المتحدث أن يعرض على الطلبة كيف يزن المعادلات الكيميائية. ض م

التقويم 4-3

50. الرواسب، والماء، والغازات.

51. المذيب هو المكون الأكبر للمحلول، والمذاب هو المادة الذائبة في المذيب.

52. في المعادلة الأيونية الكاملة، تكتب المركبات الأيونية الذائبة والمواد الجزيئية عالية التأين على صورة أيونات حرة. أما المعادلة الأيونية النهائية فتتضمن الجسيمات التي تشارك في التفاعل فقط.

53. 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:

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

54. $CO_{2\,(g)} + 4HCl_{(aq)} \rightarrow CCl_{4\,(l)} + 2H_2O_{(l)}$

55. **الماء**: ستتفكك المتفاعلات إلى الأيونات الآتية في المحلول: $Ba^+ + OH^- + H^+ + Cl^-$ وأيونات الباريوم والكلوريد هي أيونات متفرجة، ولهذا فإن الأيونات التي تشارك في التفاعل هي H^+ و OH^- التي تكوّن الماء.

56. المعادلة الكيميائية:

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

المعادلة الأيونية النهائية:

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

الهدف

سيتعلم الطلبة كيف يستعمل اليراع (ذباب النار) والمخلوقات الأخرى التفاعلات الكيميائية لإنتاج تلألؤ حيوي.

الخلفية النظرية

يستعمل اليراع أكسيد النيتريك NO للتحكم في إنتاج الضوء. وهو يتكون من اتحاد النيتروجين والأكسجين في الجو عند حرارة عالية. ويمكن أن يساهم هذا الغاز في تحطيم الأوزون، ويؤدي إلى المطر الحمضي، كما أنه مركب مهم في كثير من الأنظمة الحية.

المايتوكوندريا مراكز توليد الطاقة في الخلية، وهي تأخذ الأكسجين وتزود به الخلية بالطاقة. ومعظم الأحداث التي تمنع الأكسجين عن المايتوكوندريا تعد ضارة أو حتى قاتلة للخلايا، ولكن في هذه الحالة، فإن وقف عمل المايتوكوندريا هو سبب تفاعل التلألؤ الحيوي في اليراع.

استراتيجيات التعليم

- يظهر الشكل عدداً من اليراع بالإضافة إلى صورة يراعة مكبّرة. كما أنه يوضح بعض التطبيقات للبروتين المتألق الأخضر.
- وضح للطلبة أنه يجب أن يعود اللوسفرين إلى حالته السابقة للوميض قبل أن تستطيع اليراعة الوميض مرة ثانية، ولهذا فإن هذا التفاعل حلقي ينتهي حيث بدأ. وكثير من التفاعلات الحيوية هي أيضًا حلقية. ناقش في الصف أسباب حدوث التفاعلات الكيميائية الحلقية في الطبيعة، واذكر بعض الأمثلة الأخرى عليها. الهضم والتنفس.

كيف تعمل الأشياء؟

التألق الحيوي

عندما يتجمع اليراع (خنافس مضيئة) في الظلام، يعلن أحد الذكور عن وجوده بإرسال إشارة من الضوء الأصفر المخضر، فتجيب أنثى قريبة من الأرض نداءه، فيهبط في اتجاهها. وقد ينتج عن ذلك تزاوج ناجح، أو قد يُلتهم بشراهة إذا خدعته أنثى من نوع آخر من اليراع. إن إنتاج اليراعة للضوء هو نتيجة عملية كيميائية تسمى التألق(التلألؤ) الحيوي. وهي استراتيجية يستخدمها العديد من المخلوقات الحية في بيئات كثيرة مختلفة. فكيف تعمل؟

1 **الخنافس المضيئة** ليس ذبابًا على الإطلاق، ولكنها مجموعة من الخنافس التي ترسل ومضاتها للتزاوج، كما أنها تستخدم ضوءها لخداع فريستها. وينبعث الضوء الأصفر المخضر من خلايا في جذعها الأسفل، وتبلغ طول موجته من 510 إلى 670 nm.

2 **اكتشافات مضيئة** أدى البحث في مجال التألق الحيوي إلى اكتشاف البروتين الحيوي الأخضر المشع، الذي يوجد في بعض أنواع قناديل البحر.
ويشع هذا البروتين ضوءًا أخضر عند تعرضه للأشعة فوق البنفسجية. وقد قام العلماء بإدخال البروتين المشع في مخلوقات مختلفة، كالجرذان، لأغراض البحث العلمي في مجالات السرطان، والملاريا، والعمليات الخلوية. ونظرًا إلى أهمية هذا الاكتشاف فقد منح مكتشفو البروتين المشع جائزة نوبل في الكيمياء.

3 **التألق الحيوي** ينتج وميض اليراع عن تفاعل كيميائي. والمتفاعلات هي الأكسجين، واللوسفرين (مادة مشعة للضوء توجد في بعض المخلوقات). ويسرِّع إنزيم يسمى اللوسفريز التفاعل الذي يؤدي إلى إنتاج الأوكسيلوسفرين وطاقة على شكل ضوء.

الكتابة في الكيمياء

ابحث: حدِّد أنواعًا مختلفة من المخلوقات الحية تستخدم التألق الحيوي، واعمل كتيبًا يوضح لماذا يكون التألق الحيوي فعالاً في هذه المخلوقات؟ للحصول على المزيد من المعلومات، إرجع إلى الموقع الإلكتروني www.obeikaneducation.com

الكتابة في الكيمياء

بحث بعض المخلوقات الحية الأخرى التي تستعمل التلألؤ الحيوي تتضمن الحيوانات التي تعيش في أعماق البحار. وبما أن الضوء المتوافر على هذه الأعماق قليل جدًا، فغالبًا ما يستعمل التلالؤ الحيوي كإشارة تودد. ومع ذلك، فإن بعض المخلوقات تستعمل أجزاء جسمها المتلألئة طعمًا لجذب الفريسة. وتصدر إناث بعض الخنافس وميضًا ضوئيًا لتجذب ذكورًا من أنواع أخرى، فإذا اقترب ذكرٌ منها فإنها تفترسه.

الفكرة العامة تحول ملايين التفاعلات الكيميائية من حولك وفي داخل جسمك المواد المتفاعلة إلى مواد ناتجة، مما يؤدي إلى إطلاق الطاقة أو امتصاصها.

4-1 التفاعلات و المعادلات

الفكرة الرئيسة تمثل التفاعلات الكيميائية بمعادلات كيميائية موزونة.

المفردات

- التفاعل الكيميائي
- المتفاعلات
- النواتج
- المعادلة الكيميائية الموزونة
- المعامل

المفاهيم الرئيسة

- بعض التغيرات الفيزيائية أدلة تشير إلى حدوث تفاعل كيميائي.
- توفر المعادلات اللفظية والكيميائية معلومات مهمة عن التفاعل الكيميائي.
- تحدد المعادلات الكيميائية أنواع المتفاعلات والنواتج في التفاعل الكيميائي وكمياتها النسبية.
- يتضمن وزن المعادلة تعديل المعاملات حتى يتساوى عدد الذرات في كل من طرفي المعادلة.

4-2 تصنيف المعادلات الكيميائية

الفكرة الرئيسة هناك أربعة أنواع من التفاعلات الكيميائية: التكوين، والاحتراق، والتفكك، والإحلال.

المفردات

- تفاعل التكوين
- تفاعل الاحتراق
- تفاعل التفكك
- تفاعل الإحلال البسيط
- تفاعل الإحلال المزدوج
- الراسب

المفاهيم الرئيسة

- يُسهّل تصنيف التفاعلات الكيميائية فهمها وتذكرها، وتعرفها.
- تستخدم سلسلتي النشاط الكيميائي للفلزات والهالوجينات في توقع حدوث تفاعلات الإحلال البسيط.

4-3 التفاعلات في المحاليل المائية

الفكرة الرئيسة تحدث تفاعلات الإحلال المزدوج بين المواد في المحاليل المائية، وتؤدي إلى إنتاج رواسب، أو ماء، أو غازات.

المفردات

- المحلول المائي
- المذاب
- المذيب
- المعادلة الأيونية الكاملة
- الأيون المتفرج
- المعادلة الأيونية النهائية

المفاهيم الرئيسة

- في المحاليل المائية، المذيب دائمًا هو الماء، ولكن هناك أكثر من احتمال لمادة مذابة.
- الكثير من المركبات الجزيئية تكون أيونات عندما تذوب في الماء. عندما تذوب بعض المركبات الأيونية في الماء تنفصل أيوناتها.
- عند مزج محلولين يحتويان على أيونات ذائبة، قد تتفاعل الأيونات بعضها مع بعض، أما جزيئات المذيب لا تتفاعل عادة.
- التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية هي تفاعلات إحلال مزدوج.

دليل مراجعة الفصل

استعمال المفردات

لتعزيز معرفة الطلبة بمفردات الفصل، اطلب إليهم كتابة جملة واحدة ذات معنى لكل مصطلح في الفصل. ض م

استراتيجيات للمراجعة

اطلب إلى الطلبة أن:

- يعددوا العوامل المختلفة التي قد تشير إلى حدوث تفاعل كيميائي. ض م
- يصفوا خطوات كتابة المعادلات اللفظية والكيميائية. ض م
- يصفوا كلاً من الأنواع الأربعة للتفاعلات الكيميائية التي درست في هذا الفصل. ض م

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

- يمكن للطلبة زيارة موقع www.obeikaneducation.com من أجل:
- دراسة الفصل كاملاً على الموقع الإلكتروني.
- الدخول إلى مواقع أخرى وتعرف المزيد من المعلومات والمشاريع والنشاطات.
- مراجعة المحتوى مع المدرس التفاعلي وتقديم اختبارات قصيرة.
- تقديم اختبارات فصول واختبارات مقننة.

الفصل 4

مراجعة الفصل

4-1

إتقان المفاهيم

57. تمثيل للتفاعل الكيميائي باستعمال الرموز الكيميائية والأرقام للدلالة على المتفاعلات والنواتج.

58. يحدث تفاعل كيميائي عندما تتحول المتفاعلات إلى نواتج.

59. المتفاعلات هي المكوّنات الابتدائية والنواتج هي المكوّنات النهائية.

60. نعم، وذلك لأن المواد الجديدة تنتج فقط من تفاعل كيميائي.

61. $Zn(NO_3)_2$ و K

62. $2H_2S_{(g)} + 3O_{2\,(g)} \rightarrow 2SO_{2\,(g)} + 2H_2O_{(g)}$

63. a. أكسيد النحاس (II) $_{(s)}$ ← نحاس$_{(s)}$ + أكسجين $_{(g)}$

b. هيدروكسيد البوتاسيوم $_{(aq)}$ ← بوتاسيوم $_{(s)}$ + ماء $_{(l)}$ + هيدروجين $_{(g)}$

c. كلوريد الكالسيوم $_{(aq)}$ + كبريتات الصوديوم $_{(aq)}$ ← كبريتات الكالسيوم $_{(s)}$ + كلوريد الصوديوم $_{(aq)}$

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

b. $6CO_{2\,(g)} + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_{6\,(s)} + 2N_{2\,(g)} + 6O_{2\,(g)}$

إتقان حل المسائل

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

66. a. $Na_2CO_{3(s)} \rightarrow Na_2O_{(s)} + CO_{2(g)}$

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

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

d. $AgNO_{3\,(aq)} + Na_2S_{\,(aq)} \rightarrow Ag_2S_{\,(s)} + NaNO_{3\,(aq)}$

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

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

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

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

4-1

إتقان المفاهيم

57. عرّف المعادلة الكيميائية.

58. ميّز بين التفاعل الكيميائي والمعادلة الكيميائية.

59. وضح الفرق بين المتفاعلات والنواتج.

60. هل يشير تحول مادة إلى مادة جديدة دائمًا إلى حدوث تفاعل كيميائي؟ فسّر إجابتك.

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

62. زن المعادلة الكيميائية الآتية:

$H_2S(g) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g) + H_2O(g)$

63. 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. $CaCl_2(aq) + Na_2SO_4(aq) \rightarrow CaSO_4(s) + NaCl(aq)$

64. زن المعادلتين الكيميائيتين الآتيتين:

a. $(NH_4)_2Cr_2O_7(s) \rightarrow Cr_2O_3(s) + N_2(g) + H_2(g)$

b. $CO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow C_6H_{12}O_6(s) + O_2(g)$

إتقان حل المسائل

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

66. اكتب معادلات كيميائية للتفاعلات الآتية:

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

b. يوديد الألومنيوم (s) ← ألومنيوم(s) + يود (s)

c. أكسيد الحديد II (s) + أكسجين(g) ← أكسيد الحديدIII (s)

d. نترات الفضة (aq) + كبريتيد الصوديوم (aq) ← كبريتيد الفضة (s) + نترات الصوديوم (aq)

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

68. اكتب معادلات كيميائية للتفاعلات الآتية ثم زنها:

a. ماء (l) + ثالث أكسيد الكبريت(g) ← حمض الكبريتيك (aq)

b. كلوريد الحديد III (s) + ماغنسيوم (s) ← كلوريد الماغنسيوم (aq) + حديد (s)

c. أكسجين(g) + كلوريد النيكل II (s) ← أكسيد النيكل II (s) + خماسي أكسيد ثنائي الكلور.

69. اكتب معادلات كيميائية 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.

4-2

إتقان المفاهيم

70. اذكر أنواع التفاعلات الكيميائية الأربعة، وأعط مثالاً واحدًا على كل منها.

71. ما نوع التفاعل بين مادتين ناتجهما مركب واحد؟

72. أي فلز سيحل محل الفلز الآخر في تفاعلات الإحلال في كل من الأزواج الآتية (مستخدمًا سلسلة النشاط):

a. القصدير والصوديوم

b. الفلور واليود

c. الرصاص والفضة

d. النحاس والنيكل

4-2

إتقان المفاهيم

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

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

c. $2OF_{2\,(g)} \rightarrow O_{2\,(g)} + 2F_{2(g)}$

70. ارجع إلى كتاب الطالب.

71. تفاعل تكوين.

72. a. Na يحل محل Sn c. Pb يحل محل Ag

b. F يحل محل I d. Ni يحل محل Cu

إتقان حل المسائل

73. صنف التفاعلات الواردة في سؤال 68 .

74. صنف التفاعلات الواردة في سؤال 70.

75. اكتب معادلة كيميائية موزونة لتفاعل احتراق الميثانول السائل CH_3OH.

76. اكتب معادلات كيميائية لكل من تفاعلات التكوين الآتي:

a. بورون + فلور ←

b. جرمانيوم + كبريت ←

c. كالسيوم + نيتروجين ←

77. الاحتراق اكتب معادلة كيميائية رمزية لاحتراق كل من المواد الآتية:

a. الباريوم الصلب

b. البورون الصلب

c. الأسيتون السائل C_3H_6O

d. الأوكتان السائل C_8H_{18}

78. اكتب معادلات كيميائية لتفاعلات التفكك الآتية:

a. بروميد الماغنسيوم ←

b. أكسيد الكوبلتII ←

c. كربونات الباريوم ←

79. اكتب معادلات كيميائية 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 النحاسII + كالسيوم ←

c. نترات الفضة + ماغنسيوم ←

4-3

إتقان المفاهيم

80. أكمل المعادلة اللفظية الآتية:

مذاب + مذيب ←

81. ما أنواع النواتج الشائعة عندما تحدث التفاعلات في محاليل مائية؟

82. قارن بين المعادلات الكيميائية والمعادلات الأيونية.

83. ما المعادلة الأيونية النهائية؟ وفيم تختلف عن المعادلة الأيونية الكاملة؟

84. عرف الأيون المتفرج.

إتقان حل المسائل

85. أكمل المعادلات الكيميائية الآتية:

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

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

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

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

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

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

الفصل 4

إتقان حل المسائل

73. a. تكوين b. إحلال بسيط c. احتراق

74. a. احتراق b. تكوين c. تفكك

75. $2CH_3OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$

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

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

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

77. 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. $2C_8H_{18(l)} + 25O_{2(g)} \rightarrow 16CO_{2(g)} + 18H_2O_{(l)}$

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

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

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

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

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

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

4-3

إتقان المفاهيم

80. محلول ← مذيب + مذاب

81. رواسب، وماء، وغازات

82. ارجع إلى كتاب الطالب

83. ارجع إلى كتاب الطالب

84. ارجع إلى كتاب الطالب

إتقان حل المسائل

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

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

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

86. a. الكاملة:

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

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

b. الكاملة: $H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

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

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

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

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

d. الكاملة:

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

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

مراجعة عامة

87. a. لا تفاعل

b. يحدث تفاعل

c. يحدث تفاعل

88. a. كأس نترات الفضة

b. كلوريد الفضة

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

d. إحلال مزدوج

89. ارجع إلى كتاب الطالب.

التفكير الناقد

90. ارجع إلى كتاب الطالب.

91. ارجع إلى كتاب الطالب.

92. a. $KNO_{3\,(aq)} + CsCl_{(aq)} \rightarrow KCl_{(aq)} + CsNO_{3(aq)}$

$K^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)} + Cs^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} \rightarrow K^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} + Cs^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)}$

تبقى الأيونات في المحلول، ولا يحدث تفاعل.

b. المعادلة الكيميائية:

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

المعادلة النهائية: $3Mg^{2+}_{(aq)} + 2PO_4^{3-}{}_{(aq)} \rightarrow Mg_3(PO_4)_{2\,(S)}$

c. المعادلة الكيميائية: $K_2S_{(aq)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow 2KCl_{(aq)} + H_2S_{(g)}$

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

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

93. ستتنوع الإجابات.

94. يجب أن تشبه لوحات الطلبة الشكل 3-6

أسئلة المستندات

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

يتكوّن راسب من $CaCO_3$

96. $Mg_{(s)} + NaOH_{\,(aq)} \rightarrow NR$

97. $PbS_{(s)} + LiNO_{3(aq)} \rightarrow Li_2S_{(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)}$

لا يتكوّن راسب.

مراجعة عامة

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

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

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

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

88. 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 يحتوي على راسب؟

b. ما الراسب؟

c. اكتب معادلة كيميائية توضح التفاعل.

d. صنف هذا التفاعل.

89. ميز: بين مركب أيوني ومركب جزيئي مذابين في الماء. وهل تتأين المواد الجزيئية جميعها عند إذابتها في الماء؟ فسّر إجابتك.

التفكير الناقد

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

91. توقّع: وضعت قطعة من فلز الألومنيوم في محلول KCl المائي، ووضعت قطعة أخرى من الألومنيوم في محلول $AgNO_3$ المائي. فهل يحدث تفاعل في كل من الحالتين؟ ولماذا؟

92. طبّق: اكتب المعادلة الكيميائية والأيونية النهائية لكل من التفاعلات الآتية. (إذا كان لا يحدث تفاعل فاكتب NR في مكان النواتج). فوسفات الماغنسيوم تترسب في المحلول المائي.

a. $KNO_3(aq) + CsCl(aq) \rightarrow$

b. $Li_3PO_4(aq) + MgSO_4(aq) \rightarrow$

c. $K_2S(aq) + HCl(aq) \rightarrow$

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

93. كيمياء المطبخ: اعمل ملصقًا يصف التفاعلات الكيميائية التي تحدث في المطبخ.

94. وزن المعادلات: اعمل لوحة تصف فيها خطوات وزن المعادلة الكيميائية؟

أسئلة المستندات

الذوبانية. يستخدم العلماء جدولاً لقواعد الذوبانية لتحديد ما إذا كان سيتكون راسب في تفاعل كيميائي.

يبين **الجدول 4-5** قواعد الذوبانية للمركبات الأيونية في الماء.

الجدول 4-5 قواعد الذوبانية للمركبات الأيونية في الماء

المركب الأيوني	القاعدة
الأملاح الذائبة	أيونات عناصر المجموعة الأولى (مثل K^+، Li^+، Na^+)، و NH_4^+ تكوّن أملاحًا ذائبة. جميع أملاح النترات ذائبة. معظم الهاليدات تذوب في الماء ما عدا الهاليدات الأيونات التالية: Pb^{2+}، Cu^+، Ag^+، Hg_2^{2+} معظم الكبريتات ذائبة باستثناء كبريتات Ba^{2+}، و Sr^{2+}، و pb^{2+}، أما كبريتات Ag^+، و Ca^{2+}، و Hg_2^{2+} فهي قليلة الذوبان.
الأملاح غير الذائبة	الهيدروكسيدات، والكربونيتات، والأكاسيد عادة غير ذائبة، باستثناء مركباتها مع عناصر المجموعة الأولى، وأيونات NH_4^+ ، أما عناصر أيونات المجموعة الثانية فهي قليلة الذوبان. الكرومات والفوسفات عادة غير ذائبة، باستثناء مركباتها مع عناصر المجموعة الأولى، وأيونات NH_4^+.

أكمل المعادلات الآتية باستخدام قواعد الذوبانية الواردة في الجدول أعلاه. وبين هل يتكون راسب أم لا، وحدده. (وإذا كان لا يحدث تفاعل فاكتب NR):

95. $Ca(NO_3)_2(aq) + Na_2CO_3(aq) \rightarrow$

96. $Mg(s) + NaOH(aq) \rightarrow$

97. $PbS(s) + LiNO_3(aq) \rightarrow$

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استخدم الجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة من **1** إلى **3**.

الخواص الفيزيائية لبعض المركبات الأيونية				
المركب	الاسم	الحالة عند 25 °C	يذوب في الماء	درجة الإنصهار (°C)
$NaClO_3$	كلورات الصوديوم	صلب	نعم	248
Na_2SO_4	كبريتات الصوديوم	صلب	نعم	884
$NiCl_2$	كلوريد النيكل II	صلب	نعم	1009
$Ni(OH)_2$	هيدروكسيد النيكل II	صلب	لا	230
$AgNO_3$	نترات الفضة	صلب	نعم	212

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

a. لا؛ لأن هيدروكسيد النيكل II الصلب لا يذوب في الماء.

b. لا؛ لأن كبريتات الصوديوم الصلبة تذوب في الماء.

c. نعم؛ لأن كبريتات الصوديوم II الصلبة ستترسب في المحلول.

d. نعم؛ لأن هيدروكسيد النيكل II الصلب سيترسب في المحلول.

2. ماذا يحدث عند خلط محلول $AgClO_3(aq)$ بمحلول $NaNO_3$؟

a. لا يحدث تفاعل مرئي.

b. تترسب $NaClO_3$ الصلبة في المحلول.

c. ينطلق غاز NO_2 خلال التفاعل.

d. ينتج فلز Ag الصلب.

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

a. $Ni(OH)_2(s) + HCl(aq) \rightarrow NiO(aq) + H_2(g) + HCl(aq)$

b. $Ni(OH)_2(s) + 2HCl(aq) \rightarrow NiCl_2(aq) + 2H_2O(l)$

c. $Ni(OH)_2(s) + 2H_2O(l) \rightarrow NiCl_2(aq) + 2H_2O(l)$

d. $Ni(OH)_2(s) + 2H_2O(l) \rightarrow NiCl_2(aq) + 3H_2O(l) + O_2(g)$

4. ما نوع التفاعل الموصوف في المعادلة الآتية؟

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

a. تكوين b. احتراق

c. تفكك d. إحلال بسيط

5. أي التفاعلات الآتية ستحدث بين الهالوجينات وأملاح الهاليدات ؟

a. $F_{2(g)} + FeI_{2(aq)} \rightarrow FeF_{2(aq)} + I_{2(l)}$

b. $I_{2(s)} + MnBr_{2(aq)} \rightarrow MnI_{2(aq)} + Br_{2(g)}$

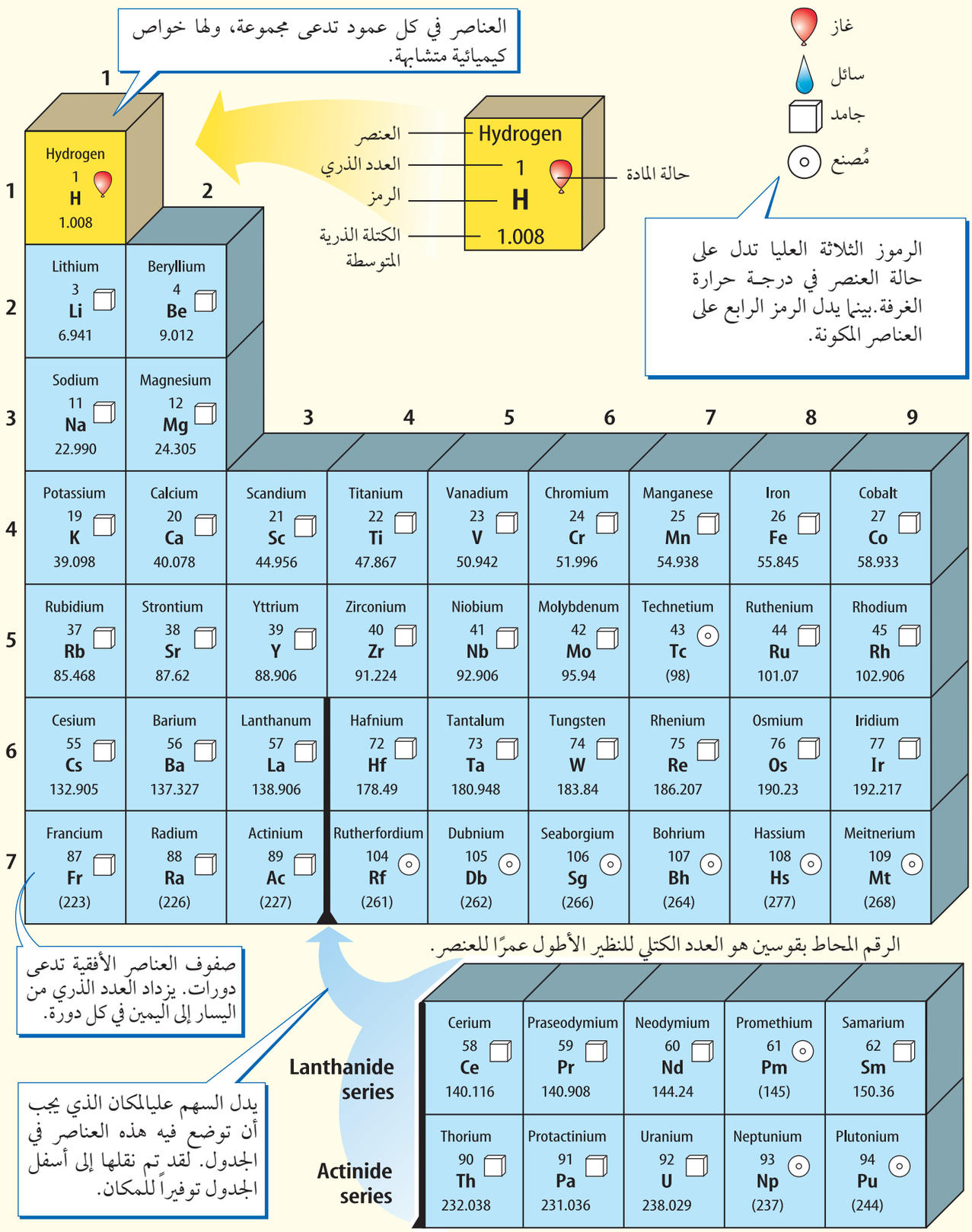
c. $Cl_{2(s)} + SrF_{2(aq)} \rightarrow SrCl_{2(aq)} + F_{2(g)}$

d. $Br_{2(l)} + CoCl_{2(aq)} \rightarrow CoBr_{2(aq)} + Cl_{2(g)}$

الأختبار المقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. a
2. b
3. b
4. d
5. a


العناصر في كل عمود تدعى مجموعة، ولها خواص كيميائية متشابهة.
غاز
سائل
جامد
مُصنع
العنصر
العدد الذري
الرمز
الكتلة الذرية المتوسطة
حالة المادة
Hydrogen
1
H
1.008
الرموز الثلاثة العليا تدل على حالة العنصر في درجة حرارة الغرفة. بينما يدل الرمز الرابع على العناصر المكونة.
1 2 3 4 5 6 7 8 9
1 2 3 4 5 6 7
Hydrogen 1 H 1.008
Lithium 3 Li 6.941
Beryllium 4 Be 9.012
Sodium 11 Na 22.990
Magnesium 12 Mg 24.305
Potassium 19 K 39.098
Calcium 20 Ca 40.078
Scandium 21 Sc 44.956
Titanium 22 Ti 47.867
Vanadium 23 V 50.942
Chromium 24 Cr 51.996
Manganese 25 Mn 54.938
Iron 26 Fe 55.845
Cobalt 27 Co 58.933
Rubidium 37 Rb 85.468
Strontium 38 Sr 87.62
Yttrium 39 Y 88.906
Zirconium 40 Zr 91.224
Niobium 41 Nb 92.906
Molybdenum 42 Mo 95.94
Technetium 43 Tc (98)
Ruthenium 44 Ru 101.07
Rhodium 45 Rh 102.906
Cesium 55 Cs 132.905
Barium 56 Ba 137.327
Lanthanum 57 La 138.906
Hafnium 72 Hf 178.49
Tantalum 73 Ta 180.948
Tungsten 74 W 183.84
Rhenium 75 Re 186.207
Osmium 76 Os 190.23
Iridium 77 Ir 192.217
Francium 87 Fr (223)
Radium 88 Ra (226)
Actinium 89 Ac (227)
Rutherfordium 104 Rf (261)
Dubnium 105 Db (262)
Seaborgium 106 Sg (266)
Bohrium 107 Bh (264)
Hassium 108 Hs (277)
Meitnerium 109 Mt (268)
الرقم المحاط بقوسين هو العدد الكتلي للنظير الأطول عمرًا للعنصر.
صفوف العناصر الأفقية تدعى دورات. يزداد العدد الذري من اليسار إلى اليمين في كل دورة.
Lanthanide series
Actinide series
Cerium 58 Ce 140.116
Praseodymium 59 Pr 140.908
Neodymium 60 Nd 144.24
Promethium 61 Pm (145)
Samarium 62 Sm 150.36
Thorium 90 Th 232.038
Protactinium 91 Pa 231.036
Uranium 92 U 238.029
Neptunium 93 Np (237)
Plutonium 94 Pu (244)
يدل السهم عليالمكان الذي يجب أن توضع فيه هذه العناصر في الجدول. لقد تم نقلها إلى أسفل الجدول توفيراً للمكان.