

**الفكرة العامة** تُحوّل ملايين التفاعلات الكيميائية الموجودة داخل جسمك ومن حولك التفاعلات إلى نواتج، مما 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، منتجة رواسب، أو ماء، أو غازات.

### حقائق كيميائية

- لكي يشتعل الخشب يجب أن يسخن إلى  $260^{\circ}\text{C}$ .
- يخرج الماء الموجود في الخشب قبل أن يحترق الخشب ويرافق هذه العملية صوت أزيز.
- يحتوي الدخان الناتج عن احتراق الخشب على أكثر من 100 مادة كيميائية.

التفاعلات الكيميائية قم بعمل المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم المعلومات حول كيفية تصنيف التفاعلات الكيميائية.

## المطويات

منظمات الأفكار

**الخطوة 1** اطو ورقة طولياً، على أن يظل الهامش الأيسر مرتباً، كما في الشكل.



**الخطوة 2** قم بقص الجزء العلوي من الورقة إلى 5 أجزاء متساوية.



**الخطوة 3** عنون هذه الأجزاء الخمسة على النحو الآتي: التكوين - الاحتراق - التفكك - الإحلال البسيط - الإحلال المزدوج وعنون الهامش الأيسر الخلفي بأنواع التفاعلات الكيميائية.



**المطويات** استخدم هذه المطوية في القسم 2-4

من هذا الفصل في أثناء قراءتك له، ثم لخص كل نوع من التفاعلات الكيميائية، وأعط أمثلة عليها.

## تجربة استدلالية

كيف نستدل على حدوث تغير كيميائي؟

الكاشف مادة كيميائية تضاف إلى المواد في بعض التفاعلات الكيميائية لتوضح متى يحدث تغير.



## خطوات العمل

1. املاً بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية على منصة عين.
2. قس 10.00 mL من الماء المقطر في مخبر مدرج سعته 25.00 mL، ووضعه في كأس سعته 100.0 mL. استعمل القطارة، وأضف نقطة من محلول الأمونيا 0.1 M إلى الماء في الكأس. تحذير: بخار الأمونيا مهيج جداً.
3. أضف 15 نقطة من الكاشف العام إلى المحلول، وحركه. لاحظ لونه، وقس درجة حرارته بمقياس الحرارة.
4. ضع قرصاً فواراً في المحلول، ولاحظ ما يحدث. سجل ملاحظتك، متضمنة أي تغير في درجة الحرارة.

## التحليل

1. صف أي تغيرات في لون المحلول أو درجة حرارته.
2. وضح هل نتج غاز؟ وإذا نتج فكيف تم الاستدلال عليه؟
3. حلل هل التغير الحادث فيزيائي أم كيميائي؟ فسر ذلك.

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



## التفاعلات والمعادلات

### Reactions and Equations

**المفيدة** **القيمة** تمثل التفاعلات الكيميائية بمعادلات كيميائية موزونة.

**الربط مع الحياة** عندما تشتري موزاً أخضر 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 أقرصك المدججة، بينها شيء مشترك؟ جميع هذه المواد تنتج عندما يُعاد ترتيب الذرات فيها لتكوين مواد أخرى مختلفة. فمثلاً يُعاد ترتيب الذرات خلال حرائق الغابات، كما هو موضح في الصورة الواردة في بداية الفصل. وكذلك أعيد ترتيب الذرات عندما ألقي القرص القوار في كأس الماء خلال التجربة الاستهلاكية.

تسمى العملية التي يعاد فيها ترتيب الذرات في مادة أو أكثر لتكوين مواد مختلفة **التفاعل الكيميائي**. وتسمى أيضاً التغير الكيميائي، كما درست من قبل. ونحن نجد التفاعلات الكيميائية في شتى مناحي الحياة، بدءاً من تحليل الأطعمة التي نتناولها، مما ينتج الطاقة التي يحتاج إليها الجسم، وكذلك توليد الطاقة في المحركات اللازمة لتسيير السيارات والحافلات وغيرها. وعن طريق التفاعلات الكيميائية يتم إنتاج الألياف الطبيعية، ومنها القطن في النباتات، والصوف في الحيوانات، والألياف الاصطناعية، ومنها النايلون الذي يستعمل كثيراً في الصناعات، كما هو مبين في الشكل 1-4.

**مؤشرات حدوث التفاعل الكيميائي** كيف تعرف أن تفاعلاً كيميائياً قد حدث؟ رغم أن بعض التفاعلات الكيميائية يصعب اكتشافها إلا أن الكثير منها يُظهر مؤشرات فيزيائية (محسوسة) على حدوثها. إن تغير درجة الحرارة مثلاً قد يشير إلى حدوث تفاعل كيميائي؛ فبعض التفاعلات - كتلك التي تحدث في أثناء احتراق الخشب - تطلق طاقة على شكل حرارة وضوء، وبعضها الآخر يمتص الحرارة.



الشكل 1-4 ينتج النايلون عن تفاعل كيميائي، ويستعمل في كثير من المنتجات، كملابس والسجاد، والأدوات الرياضية، والإطارات.

تتعرف مؤشرات حدوث التفاعل الكيميائي.

تكتب التوزيع الإلكتروني لبعض ذرات العناصر.

تمثل التفاعلات الكيميائية بمعادلات.

تزن المعادلات الكيميائية.

### مراجعة المفردات

التغير الكيميائي: عملية تتضمن تحول مادة أو أكثر إلى مادة جديدة.

### المفردات الجديدة

التفاعل الكيميائي

عدد التأكسد

المتفاعلات

النواتج

المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة

المعامل



الشكل 2-4 كل صورة من هذه الصور تدل على حدوث تفاعل كيميائي.

صف ما التبدل على حدوث تفاعل كيميائي في كل صورة من الصور أعلاه؟



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 على الأرض يتغير لونها من فضي إلى بني في زمن قصير. إن تغير اللون يدل على أن تفاعلاً كيميائياً قد حدث بين الحديد والأكسجين وبخار الماء الموجود في الجو. كما أن تحول لون الموز من الأخضر إلى الأصفر مثال آخر على ذلك. وتعد الرائحة، وتساعد الغاز، وتكون مادة صلبة مؤشرات أخرى على التفاعل الكيميائي. وفي كل صورة في الشكل 2-4 دليل على حدوث تفاعل كيميائي.

ينبغي قبل أن تدرس تمثيل التفاعلات الكيميائية وتصنيفها أن تفهم التوزيع الإلكتروني، وكيفية كتابة الصيغ الكيميائية، وتسمية المركبات الكيميائية بصورة أكثر تفصيلاً عما مرّ بك من قبل.

### خلفية علمية

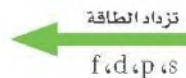
التوزيع الإلكتروني وكتابة الصيغ الكيميائية

عرفت من قبل أن الإلكترونات تدور حول النواة في مستويات رئيسية للطاقة يرمز لها بالرمز (n) بحيث يتسع كل مستوى رئيسي لعدد محدد من الإلكترونات.

**التوزيع الإلكتروني** عرفت من قبل أن كل مستوى (n) من مستويات الطاقة الرئيسية يسع عدداً محدداً من الإلكترونات. وأقصى عدد من الإلكترونات يستوعبه مستوى الطاقة الرئيس يمكن حسابه بالمعادلة:  $e = 2n^2$

فأقصى عدد من الإلكترونات يمكن أن يستوعبه مستوى الطاقة الرئيس الأول إلكترونين، والمستوى الثاني ثمانية إلكترونات، والمستوى الثالث ثمانية عشر إلكترونًا... وهكذا.

وقد أظهرت الدراسات أن الإلكترونات ضمن مستوى الطاقة الرئيس الواحد - عدا مستوى الطاقة الرئيس الأول - ليس لها الطاقة نفسها، وإنما تتوزع في مستويات طاقة ثانوية مختلفة الشكل والطاقة يشار إليها بالأحرف (s, p, d, f)، وتزداد طاقة الإلكترونات في المستويات الثانوية بحسب الترتيب الآتي:



114



استثناءات التوزيع الإلكتروني. كما يمكنك كتابة التوزيع الإلكتروني للأيون الموجب بتوزيع العدد الذري لذرتيه المتعادلة مطروحاً منه مقدار الشحنة الموجبة، وللايون السالب بتوزيع العدد الذري لذرتيه المتعادلة مضافاً إليه مقدار الشحنة السالبة.

**كتابة الصيغ الكيميائية** لكتابة الصيغ الكيميائية لا بد أن تعرف أولاً عدد تأكسد (تكافؤ) العنصر. وعدد التأكسد هو عدد الإلكترونات التي تفقدها أو تكتسبها أو تشارك بها ذرة العنصر في أثناء التفاعل. ويظهر في الجدول 3-4 أعداد تأكسد بعض مجموعات العناصر.

الجدول 3-4		أعداد تأكسد بعض مجموعات العناصر
المجموعة	بعض عناصر المجموعة	عدد التأكسد
1	H, Li, Na, K, Rb, Cs	+1
2	Be, Mg, Ca, Sr, Ba	+2
15	N, P, As	-3
16	O, S, Se, Te	-2
17	F, Cl, Br, I	-1

لا يتضمن الجدول 3-4 الفلزات الانتقالية؛ وذلك لأن لمعظم الفلزات الانتقالية وفلزات المجموعتين 13، 14 أكثر من عدد تأكسد محتمل، تعرف أعداد التأكسد بالشحنة الظاهرة على الأيون كما يظهر في الجدول 4-4.

الجدول 4-4		أيونات بعض العناصر
المجموعة	الأيونات الشائعة	
3	Sc <sup>3+</sup> , Y <sup>3+</sup> , La <sup>3+</sup>	
4	Ti <sup>2+</sup> , Ti <sup>3+</sup>	
5	V <sup>2+</sup> , V <sup>3+</sup>	
6	Cr <sup>2+</sup> , Cr <sup>3+</sup>	
7	Mn <sup>2+</sup> , Mn <sup>3+</sup> , Tc <sup>2+</sup>	
8	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	
9	Co <sup>2+</sup> , Co <sup>3+</sup>	
10	Ni <sup>2+</sup> , Pd <sup>2+</sup> , Pt <sup>2+</sup> , Pt <sup>4+</sup>	
11	Cu <sup>+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Ag <sup>+</sup> , Au <sup>+</sup> , Au <sup>3+</sup>	
12	Zn <sup>2+</sup> , Cd <sup>2+</sup> , Hg <sup>2+</sup>	
13	Al <sup>3+</sup> , Ga <sup>2+</sup> , Ga <sup>3+</sup> , In <sup>+</sup> , In <sup>2+</sup> , In <sup>3+</sup> , Tl <sup>+</sup> , Tl <sup>3+</sup>	
14	Sn <sup>2+</sup> , Sn <sup>4+</sup> , Pb <sup>2+</sup> , Pb <sup>4+</sup>	

ولكتابة الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني اتبع الخطوات الآتية:

أولاً اكتب رمز العنصر الذي يمثل الأيون الموجب عن اليسار والأيون السالب أو صيغة الأيون العديد الذرات عن اليمين.

الأتومنيوم	هيدروكسيد	المغنسيوم	كلوريد
Al	OH	Mg	Cl

ثانياً اكتب عدد تأكسد العنصر أو الأيون العديد الذرات أسفل الرمز أو الصيغة.

Al	OH	Mg	Cl
3	1	2	1

ثالثاً بدّل أعداد التأكسد بين شقّي المركّب، وإذا كان هناك عامل مشترك بين أعداد التأكسد فاقسم على هذا العامل حتى تصل إلى أبسط نسبة عددية. ويجب وضع صيغة الأيون العديد الذرات بين قوسين إذا وجد أكثر من أيون واحد منه في المركّب.

Al	OH	Mg	Cl
3	1	2	1
Al (OH) <sub>3</sub>		Mg Cl <sub>2</sub>	

يشتمل الجدول 4-5 على معظم أسماء الأيونات العديدة الذرات وصيغها الكيميائية.

الأيونات العديدة الذرات			الجدول 4-5
الأيون	الاسم	الأيون	الاسم
IO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	البيرايودات	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	الأمونيوم
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	الأسيتات	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	النيتريت
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	الفوسفات الثنائية الهيدروجين	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	النترات
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	الكربونات	OH <sup>-</sup>	الهيدروكسيد
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	الكبريتيت	CN <sup>-</sup>	السيانيد
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	الكبريتات	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	البرمنجنات
S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	الثيوكبريتات	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	البيكربونات
O <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	البيروكسيد	ClO <sup>-</sup>	الهيپوكلورايت
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	الكرومات	ClO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	الكلورايت
Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>	ثنائي الكرومات	ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	الكلورات
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	الفوسفات الهيدروجينية	ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	فوق الكلورات
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	الفوسفات	BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	البرومات
AsO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	الزرنيخات	IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	الأيودات

## تسمية المركبات الأيونية عند تسمية المركبات الأيونية اتبع القواعد الآتية:

أولاً يسمى الأيون السالب أولاً متبوعاً باسم الأيون الموجب.

ثانياً في حالة الأيون السالب الأحادي الذرة يشتق الاسم من اسم العنصر مضافاً إليه المقطع (يد).

ثالثاً عند وجود أكثر من عدد تأكسد للأيون الموجب يجب أن تشير إلى عدد التأكسد بالأرقام اللاتينية بعد اسم الأيون الموجب.

رابعاً عندما يحتوي المركب على أيون عديد الذرات نقوم بتسميته أولاً، ثم نسمي الأيون الموجب.

ومن الأمثلة على ذلك كلوريد الصوديوم NaCl، وبروميد الصوديوم NaBr، وأكسيد الألومنيوم  $Al_2O_3$ ، وكلوريد الكوبلت II  $CoCl_2$ ، وهيدروكسيد الصوديوم NaOH، وكرومات الفضة  $Ag_2CrO_4$ ، ونترات النحاس II  $Cu(NO_3)_2$ ، وأكسيد الحديد II  $FeO$ ، وأكسيد الحديد III  $Fe_2O_3$ .

## تمثيل التفاعلات الكيميائية

### Representing Chemical Reactions

يستخدم الكيميائيون معادلات لتمثيل التفاعلات الكيميائية. وتوضح هذه المعادلات **المتفاعلات** وهي المواد التي توجد عند بداية التفاعل، و**النواتج** وهي المواد المتكونة 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 الآتي عناصر المعادلة الكيميائية:

الرموز المستخدمة في المعادلات الكيميائية	الجدول 4-6
الفرص	الرمز
يفصل بين مادتين أو أكثر من المتفاعلات أو النواتج	+
يفصل المتفاعلات عن النواتج	→
يفصل المتفاعلات عن النواتج، ويشير إلى وجود تفاعل في الاتجاه المعاكس أي من النواتج إلى المتفاعلات ويسمى التفاعل الخلفي أو العكسي.	⇌
يشير إلى الحالة الصلبة	(s)
يشير إلى الحالة السائلة	(l)
يشير إلى الحالة الغازية	(g)
يشير إلى المحلول المائي	(aq)

الناتج 2 + الناتج 1 → المتفاعل 2 + المتفاعل 1

وتستخدم الرموز في المعادلات لتوضيح الحالة الفيزيائية لكل مادة متفاعلة أو ناتجة؛ والتي قد تكون في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية أو مذابة في الماء، كما هو مبين في الجدول 4-6. ومن المهم توضيح هذه الرموز حيث توضع بين أقواس وتكتب أسفل صيغة كل عنصر أو مركب في التفاعل الكيميائي؛ لأنها تعطي أدلة على كيفية حدوث التفاعل الكيميائي.



### المعادلات الكيميائية اللفظية

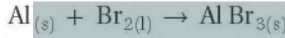
يمكنك استعمال المعادلات اللفظية للمعادلات الكيميائية. وتصف المعادلة اللفظية كل من المواد المتفاعلة والنتيجة في التفاعلات الكيميائية. وتصف المعادلة اللفظية أدناه التفاعل بين الألومنيوم Al والبروم السائل  $Br_2$  الموضح في الشكل 4-5. فالسحابة الحمراء الظاهرة في الصورة هي بروم فائض. والمادة الفائضة هي التي يبقى جزء منها غير متفاعل بعد انتهاء التفاعل. 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

تقرأ المعادلة اللفظية كما يأتي: "الألومنيوم والبروم يتفاعلان لإنتاج بروميد الألومنيوم".

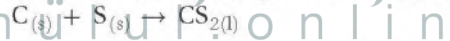
**المعادلات الكيميائية الرمزية** تستخدم رموز العناصر وصيغ المركبات في المعادلة الكيميائية الرمزية للتعبير عن المتفاعلات والنواتج. فالمعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل بين الألومنيوم والبروم مثلاً تستخدم رمزي الألومنيوم والبروم وصيغة بروميد الألومنيوم بدلاً من الكلمات.



كيف يمكنك كتابة معادلة رمزية لتفاعل الكربون مع الكبريت لتكوين كبريتيد الكربون؟ كل من الكبريت والكربون صلب. اكتب أولاً الصيغ الكيميائية للمتفاعلات عن يسار السهم، ثم افصل بين المتفاعلات بإشارة (+)، وأشر إلى الحالة الفيزيائية لكل منها.



وأخيراً اكتب الصيغة الكيميائية للناتج عن يمين السهم، وأشر إلى حالته الفيزيائية؛ وهو في هذه المعادلة ثاني كبريتيد الكربون السائل، فتكون معادلة التفاعل الرمزية:



ومن المعادلة الرمزية نفهم أن الكربون الصلب يتفاعل مع الكبريت الصلب لينتجاً ثاني كبريتيد الكربون السائل.



**الشكل 4-5** الكيمياء كغيرها من المجالات لها لغة متخصصة تسمح بتواصل معلومات معينة بطريقة منتظمة. فالتفاعل بين الألومنيوم والبروم يمكن وصفه بمعادلة لفظية، أو بمعادلة كيميائية رمزية موزونة.

### المفردات

#### مفردات علمية

**الصيغة:** تعبير يستخدم الرموز الكيميائية لتمثيل التفاعل الكيميائي.

**الصيغة الكيميائية للماء** هي  $H_2O$ .

### مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية للمعادلات اللفظية الآتية:

1. بروميد الهيدروجين → هيدروجين + بروم
2. ثاني أكسيد الكربون → أكسجين + أول أكسيد الكربون
3. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من ذرة البوتاسيوم K، وذرة الكلور Cl، إذا علمت أن الأعداد الذرية هي: 19، 17 على الترتيب.
4. اكتب الصيغة الكيميائية للمركب الناتج عن اتحاد أيون الماغنسيوم  $Mg^{2+}$  مع أيون النترات  $NO_3^-$ .
5. تحفيز اكتب المعادلة اللفظية والمعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل الآتي: عند تسخين كلورات البوتاسيوم  $KClO_3$  الصلبة ينتج كلوريد البوتاسيوم الصلب وغاز الأكسجين.

**الشكل 4-6** المعلومات التي تزودنا بها المعادلة الكيميائية الرمزية محدودة، في هذه الحالة المعادلة الكيميائية الرمزية صحيحة، ولكنها لا توضح العدد الصحيح للذرات المتفاعلة والنتيجة.



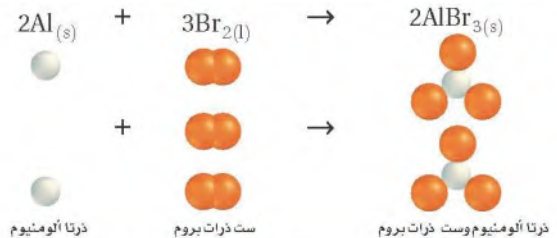
**المعادلات الكيميائية الرمزية الموزونة** تشبه المعادلات الرمزية المعادلات اللفظية في أنها تفتقر إلى معلومات مهمة عن التفاعلات. تذكر مما درست أن قانون حفظ الكتلة ينص على أنه خلال التغير الكيميائي لا تفنى المادة ولا تستحدث إلا بقدره الله تعالى. لذا فالمعادلات الكيميائية يجب أن تظهر أن المادة محفوظة خلال التفاعل. فالمعادلة الرمزية تفتقر إلى هذه المعلومات. انظر إلى الشكل 4-6؛ حيث تظهر المعادلة الرمزية للتفاعل بين الألومنيوم والبروم أن ذرة ألومنيوم واحدة تتفاعل مع ذرتي بروج فنتج مادة تحوي ذرة ألومنيوم وثلاث ذرات بروج. هل استحدثت ذرة بروج خلال التفاعل؟ الذرات لا تستحدث في التفاعلات الكيميائية، كما ينص قانون حفظ الكتلة. ولتوضح ما يحدث بصورة صحيحة نحتاج إلى المزيد من المعلومات.

لتمثيل التفاعل الكيميائي بمعادلة صحيحة؛ يجب أن تظهر المعادلة أعدادًا متساوية من الذرات لكل من المتفاعلات والنواتج على جانبي السهم. وتسمى مثل هذه المعادلة **المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة**. والمعادلة الكيميائية الموزونة تعبير يستخدم الصيغ الكيميائية لتوضيح أنواع المواد المتضمنة في التفاعل الكيميائي وكمياتها النسبية.



## وزن المعادلات الكيميائية Balancing Chemical Equations

تتفق معادلة التفاعل الموزونة بين الألومنيوم والبروم المبينة في الشكل 4-7 مع قانون حفظ الكتلة. ولكي ترزن المعادلة الكيميائية يجب أن تجد المعاملات الصحيحة للصيغ الكيميائية في المعادلة الرمزية. **المعامل** في المعادلة الكيميائية هو العدد الذي يكتب قبل المادة المتفاعلة أو الناتجة. وتكون المعاملات عادة أعدادًا صحيحة، ولا تكتب إذا كانت القيمة واحدًا. وتصف المعاملات في المعادلة الموزونة أبسط نسبة عددية صحيحة لكميات كل من المتفاعلات والنواتج.

**الشكل 4-7** يتساوى عدد الذرات في كل من المتفاعلات والنواتج في المعادلة الكيميائية الموزونة. وفي هذه الحالة، يتطلب وجود ذرتي ألومنيوم وست ذرات بروج في المعادلة.



**خطوات وزن المعادلات** يمكن وزن أغلب المعادلات الكيميائية باتباع الخطوات الخمس التالية:
   
 في الجدول 4-7. فيمكنك مثلاً استعمال هذه الخطوات لكتابة المعادلة الكيميائية للتفاعل بين الهيدروجين  $H_2$ ، والكلور  $Cl_2$  لإنتاج كلوريد الهيدروجين  $HCl$ .

الجدول 4-7 خطوات وزن المعادلات		
الخطوات	العملية	مثال
1	اكتب معادلة كيميائية غير موزونة. تأكد أن الصيغ الكيميائية للمفاعلات والنواتج صحيحة، وأن الأسهم تفصل المفاعلات عن النواتج، وإشارة (+) تفصل بين كل من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة، ووجود الحالات الفيزيائية للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة.	$H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow HCl(g)$  <p>ذرة هيدروجين + ذرة كلور → ذرة هيدروجين وذرة كلور</p>
2	عدّ ذرات العناصر في المفاعلات. تتفاعل ذرتا هيدروجين وذرتا كلور.	$H_2 + Cl_2 \rightarrow$ <p>2 ذرة هيدروجين + 2 ذرة كلور</p>
3	عدّ ذرات العناصر في النواتج. تنتج ذرة هيدروجين وذرة كلور.	$HCl$ <p>1 ذرة هيدروجين + 1 ذرة كلور</p>
4	غيّر المعاملات لتجعل عدد ذرات كل عنصر هو نفسه في طرفي المعادلة. ولا تغير أبداً أي رقم ضمن الصيغة الكيميائية لتزن معادلة؛ لأن ذلك يغير نوع المادة.	$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$  <p>2 ذرة هيدروجين + 2 ذرة كلور → 2 ذرة هيدروجين + 2 ذرة كلور</p>
5	اكتب المعاملات في أبسط نسبة ممكنة، بحيث تكون المعاملات أصغر أعداد صحيحة ممكنة. فالنسبة $1H_2 : 1Cl_2 : 2HCl$ هي أصغر نسبة ممكنة، لأنه لا يمكن اختصارها أكثر من ذلك وتظل أعداداً صحيحة.	$H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$ <p><math>1H_2 : 1Cl_2 : 2HCl</math> <math>1:1:2</math></p>
6	تأكد من عملك تأكد أن الصيغ الكيميائية مكتوبة بشكل صحيح، وأن عدد ذرات كل عنصر هو نفسه في طرفي المعادلة.	$H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$ <p>2 ذرة هيدروجين + 2 ذرة كلور → 2 ذرة هيدروجين + 2 ذرة كلور</p> <p>يوجد ذرتا هيدروجين وذرتا كلور في كل من طرفي المعادلة.</p>



## الكيمياء في واقع الحياة

### هيدروكسيد الكالسيوم



#### الأحواض المائية للشعب المرجانية

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

وتستخدم حيوانات الشعب المرجانية الكالسيوم في بناء أصدافها وأجهزتها الهيكلية بصورة قوية.

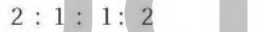
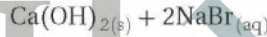
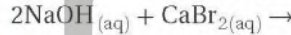
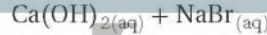
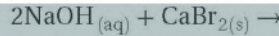
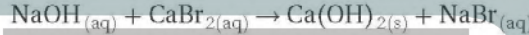
كتابة معادلة كيميائية رمزية موزونة اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة للتفاعل بين محلول هيدروكسيد الصوديوم ومحلول بروميد الكالسيوم لإنتاج هيدروكسيد الكالسيوم الصلب ومحلول بروميد الصوديوم.

### 1 تحليل المسألة

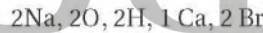
لقد أعطيت المتفاعلات والناتج في التفاعل الكيميائي. لذا ابدأ بمعادلة كيميائية غير موزونة، مستخدماً الخطوات في الجدول 4-7 لوزنها.

### 2 حساب المطلوب

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



نسبة المعاملات



الناتج



المتفاعلات

عدّ ذرات كل عنصر في المتفاعلات

عدّ ذرات كل عنصر في الناتج

أدخل المعامل 2 قبل NaOH لوزن

ذرات الأكسجين والهيدروجين،

أدخل المعامل 2 قبل NaBr لوزن

ذرات الصوديوم والبروم.

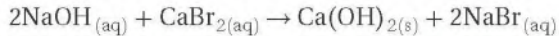
اكتب المعاملات في أبسط نسبة ممكنة.

تأكد أن عدد ذرات كل عنصر هو

نفسه في طرفي المعادلة.

### 3 تقويم الإجابة

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



### مسائل تدريبية

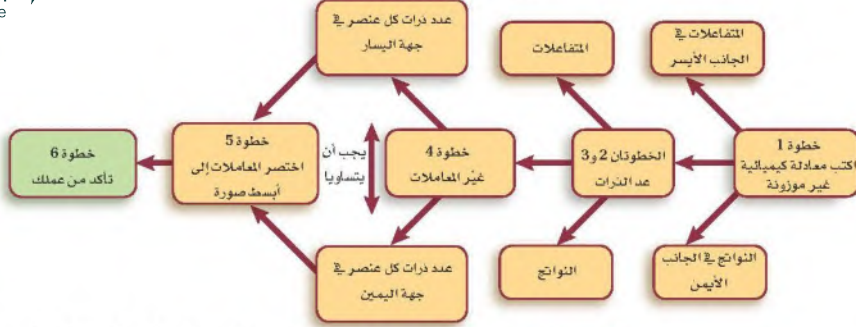
اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لكل من التفاعلات الآتية:

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

7. يتفاعل ثاني كبريتيد الكربون CS<sub>2</sub> مع غاز الأكسجين لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز ثاني أكسيد الكبريت SO<sub>2</sub>.

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

## وزن المعادلات الكيميائية



**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 إلا بقدره الله تعالى. ولهذا من الضروري أن تحتوي المعادلات التي تمثل التفاعلات الكيميائية على معلومات كافية توضح أن التفاعل يحقق قانون حفظ الكتلة.

يلخص الشكل 4-8 خطوات وزن المعادلات. ولعلك تجد أن بعض المعادلات الكيميائية يمكن وزنها بسهولة، في حين أن وزن بعضها الآخر صعب.

الشكل 4-8 تتطلب دراستك للكيمياء القدرة على وزن المعادلات. استعمل هذا المخطط لمساعدتك على إتقان هذه المهارة. ولاحظ أن الخطوات الرقمة تتقابل الخطوات في الجدول 4-7.

## التقويم 4-1

### الخلاصة

9. الفكرة الرئيسية: هُسر ما أهمية وزن المعادلات الكيميائية؟
10. عدد ثلاثة من المؤشرات التي تدل على حدوث التفاعل الكيميائي.
11. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من ذرة الألومنيوم Al، وذرة الأكسجين O، إذا علمت أن الأعداد الذرية هي 13، 8 على الترتيب.
12. اكتب الصيغة الكيميائية للمركب الناتج عن اتحاد أيون الحديد III  $Fe^{3+}$  مع أيون الأكسجين  $O^{2-}$ .
13. قانون بين المعادلة الكيميائية اللفظية والمعادلة الكيميائية الرمزية.
14. هُسر لماذا يجب اختصار المعاملات في المعادلة الموزونة إلى أبسط نسبة من الأعداد الصحيحة.
15. حل هل يمكنك عند وزن معادلة كيميائية تعديل الأرقام في الصيغة الكيميائية؟
16. هُوم هل المعادلة الآتية موزونة؟ إذا لم تكن كذلك فصحح المعاملات لوزنها:  

$$K_2CrO_4(aq) + Pb(NO_3)_2(aq) \rightarrow KNO_3(aq) + PbCrO_4(s)$$
17. هُوم 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.

- قد تشير بعض التغيرات الفيزيائية إلى حدوث تفاعل كيميائي.
- يحسب أقصى عدد من الإلكترونات يمكن أن يستوعبه مستوى الطاقة الرئيس من المعادلة:  $e = 2n^2$ .
- توفر المعادلات الكيميائية اللفظية والرمزية معلومات مهمة عن التفاعل الكيميائي.
- توضح المعادلة الكيميائية الموزونة أنواع المتفاعلات والنواتج في التفاعل الكيميائي وكمياتها النسبية.
- يتضمن وزن المعادلة تعديل المعاملات حتى يتساوى عدد الذرات في طرفي المعادلة.



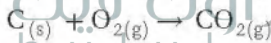




الشكل 10-4 الضوء الناتج هنا هو نتيجة تفاعل احتراق بين الأكسجين وفلزات مختلفة.

## تفاعلات الاحتراق Combustion Reactions

يمكن أن يصنف تفاعل التكوين بين الأكسجين وثاني أكسيد الكبريت على أنه تفاعل احتراق أيضًا، في تفاعل الاحتراق، كالذي يظهر في الشكل 10-4، 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. ولمعرفة المزيد عن اكتشاف التفاعلات الكيميائية سواء كانت تفاعلات احتراق أو غيرها، انظر الشكل 11-4. فيحدث تفاعل الاحتراق مثلًا بين الهيدروجين والأكسجين عندما يسخن الهيدروجين؛ حيث يتكون الماء خلال التفاعل، وتنطلق كمية كبيرة من الطاقة، انظر الشكل 12-4. كما يحدث تفاعل احتراق عند حرق الفحم للحصول على الطاقة، بحسب المعادلة الآتية:



## المفردات

### أصل الكلمة

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

## الشكل 11-4

### تفاعلات كيميائية من واقع الحياة

عمل الناس على مر العصور على فهم الطاقة الناتجة عن التفاعلات الكيميائية والاستفادة منها في حل مشاكلهم.

في عام 1885م اخترع

محرك الاحتراق الداخلي، وقد صار فيما بعد نموذجًا للمحرك الحديث.



في عام 1800م أدت بعض أبحاث

النبات إلى اكتشاف معادلة كيميائية موزونة لعملية البناء الضوئي.

1920

1905

1800

1700

1600

في 1909-1910م قام

العالمان الألمانيان فرتز هابر وكارل بوش بوضع عملية تحضير الأمونيا.

في 1775م أثبت أنطوني لافوازييه

أن تفاعلات الاحتراق طاردة للطاقة، وتتطلب وجود الأكسجين.

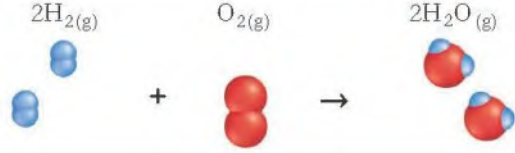


في 1635م افتتح أول مصنع

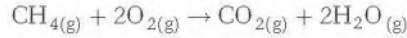
للتفاعلات الكيميائية في ولاية بوسطن الأمريكية فكان ينتج الملح الصخري، ومكونات البارود، والشب الذي يستخدم في دباغة جلود الحيوانات.

الشكل 12-4 يتكون الماء خلال تفاعل الاحتراق بين غازي الهيدروجين والأكسجين.

حلل ماذا يعد هذا التفاعل تفاعل احتراق وتفاعل تكوين أيضاً؟



لاحظ أن جميع تفاعلات الاحتراق التي ذكرت هي تفاعلات تكوين أيضاً، إلا أنه ليس كل تفاعلات الاحتراق تفاعلات تكوين. فمثلاً ينتج تفاعل احتراق غاز الميثان أكثر من مركب، كما هو مبين في المعادلة الآتية:



الميثان هو المكون الرئيس للغاز الطبيعي، وينتمي إلى مجموعة من المركبات 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.

### مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية متوازنة للتفاعلات الآتية، وصنف كل تفاعل منها:

18. تفاعل الألومنيوم مع الكبريت لإنتاج كبريتيد الألومنيوم الصلب.
19. تفاعل الماء مع غاز خامس أكسيد ثنائي النيتروجين  $\text{N}_2\text{O}_5$  لإنتاج حمض النيتريك.
20. تفاعل غازي ثاني أكسيد النيتروجين والأكسجين، لإنتاج غاز خامس أكسيد ثنائي النيتروجين.
21. تحفيز تفاعل حمض الكبريتيك مع محلول هيدروكسيد الصوديوم لإنتاج محلول كبريتات الصوديوم والماء.

**في عام 2004م** اكتشف العلماء أن الطيور المهاجرة تسترشد بتفاعلات كيميائية تحدث في أجسامها وتتأثر بالمجال المغناطيسي للأرض.



**1974-1978م** أثبت الباحثون أن الكلوروفلوروكربونات CFCs تستنزف طبقة الأوزون. لذلك تم حظر استعمال علب الرش التي تستعمل فيها CFCs.

2010

1995

1980

1965

1950

**في عام 1995م** استعان الباحثون بالمجهر الذري لإحداث تفاعلات كيميائية، وملاحظة آلية حدوثها على المستوى الجزيئي، مما مهد هندسة النانو.

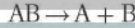
**في عام 1952م** غطى دخان كثيف من ثاني أكسيد الكبريت وبعض نواتج احتراق الفحم مدينة لندن مدة خمسة أيام وتسبب في 4000 حالة وفاة.



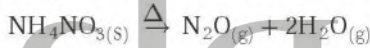


## تفاعلات التفكك Decomposition Reactions

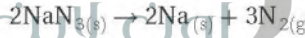
**تفاعل التفكك** هو تفاعل يتفكك فيه مركب واحد لإنتاج عنصرين أو أكثر أو مركبات جديدة. ولهذا فإن تفاعلات التفكك هي عكس تفاعلات التكوين. ويمكن تمثيلها بالمعادلة العامة الآتية:



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



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



ويستعمل هذا التفاعل في نفخ أكياس الهواء (أكياس السلامة) في السيارات، انظر الشكل 13-4؛ 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.

الشكل 13-4 ينتج عن تفكك أزيد الصوديوم  $\text{NaN}_3$  غاز النيتروجين. وهو التفاعل الذي يستعمل في نفخ أكياس الهواء في السيارات.

### المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

### مسائل تدريبية

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

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

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

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



الشكل 14-4 في تفاعل الإحلال البسيط  
تحل ذرات عنصر محل ذرات عنصر آخر  
في مركب.



نحاس + نترات الفضة



ليثيوم + ماء

## 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.

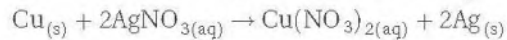
تفاعلات الإحلال البسيط: يبين الشكل (a) 14-4 التفاعل بين الليثيوم والماء، حيث تحل فيه ذرة ليثيوم محل ذرة واحدة من ذرتي الهيدروجين في الماء، كما توضحه المعادلة الآتية:



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



الفلز يحل 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. يظهر الشكل (b) 14-4 حدوث تفاعل إحلال بسيط عند وضع صفيحة من النحاس في محلول مائي لنترات الفضة. فالبلورات المترسبة على قطعة النحاس هي ذرات الفضة التي حلت محلها ذرات النحاس.

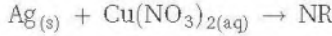


لا يحل الفلز دائماً محل فلز آخر في مركب مذاب في الماء؛ وذلك لأن الفلزات تختلف في نشاطها، ويقصد بالنشاط مقدرة الفلز على التفاعل مع مادة أخرى. ويبين الشكل 15-4 سلسلة النشاط الكيميائي لبعض الفلزات. وتستخدم تفاعلات الإحلال في تحديد موقع الفلزات في السلسلة؛ حيث يوجد أنشط الفلزات في أعلى السلسلة، بينما يوجد أقلها نشاطاً في أسفلها. وقد رتب الهالوجينات أيضاً في سلسلة النشاط الكيميائي بحسب نشاطها، كما هو مبين في الشكل 15-4.

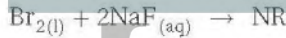
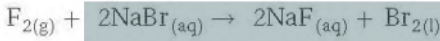
الشكل 15-4 سلسلة النشاط الكيميائي كالمبينة هنا للفلزات والهالوجينات هي أداة مفيدة في تحديد إمكانية حدوث تفاعل كيميائي، وتحديد نواتج تفاعلات الإحلال البسيط.

الأكثر نشاطاً	الفلزات
	ليثيوم
	روبيديوم
	بوتاسيوم
	كالسيوم
	صوديوم
	ماغنسيوم
	ألومنيوم
	منجنيز
	خارصين
	حديد
	نيكل
	قصدير
	رصاص
	نحاس
	فضة
	بلاتين
	ذهب
الأقل نشاطاً	
الأكثر نشاطاً	الهالوجينات
	فلور
	كلور
	بروم
	يود
الأقل نشاطاً	

يمكنك استعمال سلسلة النشاط الكيميائي لتوقع ما إذا كان سيحدث تفاعل أم لا. ولكن لا يمكنه أن يحل محل أي فلز يقع بعده في سلسلة النشاط الكيميائي، ولكن لا يمكنه أن يحل محل أي فلز يقع قبله. فمثلاً تحل ذرات النحاس محل ذرات الفضة في محلول نترات الفضة، ولكن لو وضعت سلكاً 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.



اللافلز يحل محل اللافلز هناك نوع ثالث من تفاعلات الإحلال البسيط، حيث يحل فيه لافلز محل لافلز آخر في مركب. كما هو شائع في بعض تفاعلات الهالوجينات. فالهالوجينات كالفلزات؛ فهي تظهر مستويات مختلفة من النشاط في تفاعلات الإحلال. ويوضح الشكل 15-4 سلسلة النشاط الكيميائي للهالوجينات، التي تبين أن الفلور أنشط الهالوجينات، واليود أقلها نشاطاً. فالهالوجين الأنشط يحل محل الهالوجين الأقل نشاطاً في مركب ذائب في الماء. فالفلور مثلاً يحل محل البروم في محلول مائي لبروميد الصوديوم. لكن لا يحل البروم محل الفلور في محلول مائي لفلوريد الصوديوم.



✓ ماذا قرأت؟ وضح كيف يحدث تفاعل الإحلال البسيط؟

تفاعلات الإحلال  
البسيط

نوعية  
عملية

أرجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين

## مختبر حل المشكلات

### تحليل التدرج في الخواص

الهالوجينات الأكثر نشاطاً	الهالوجينات الأقل نشاطاً
فلور	يود
كلور	
بروم	

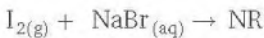
كيف تُفسر نشاط الهالوجينات؟ تقع الهالوجينات في المجموعة رقم 17 من الجدول الدوري، ويخبرنا هذا بأن للهالوجينات بعض الخواص العامة؛ فجميع الهالوجينات لافلزات، ويوجد في مستويات طاقاتها الخارجية سبعة إلكترونات. ومع ذلك فلكل هالوجين ما يميزه من الخواص، ومن ذلك مدى قابلية التفاعل مع مادة أخرى.

### التحليل

تفحص الشكل المبين الذي يظهر ترتيب الهالوجينات بحسب نشاطها الكيميائي.

### التفكير الناقد

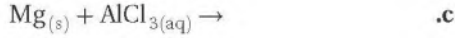
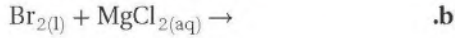
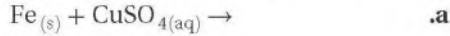
- هل يحل الفلور محل الكلور في محلول مائي لكلوريد الصوديوم؟ فسر إجابتك.
- ادرس المعادلة الآتية:



- لماذا لا يحل اليود محل البروم؟
- أي الهالوجينات يتفاعل أسرع مع الصوديوم؟

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

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

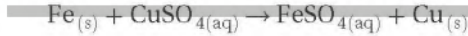


### 1 تحليل المسألة

استخدم الشكل 1-15 لتحديد ما إذا كان كل من التفاعلات الكيميائية السابقة سيحدث أم لا، وحدد نواتج كل تفاعل يتوقع حدوثه، واكتب معادلة كيميائية رمزية 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 يحل الحديد محل النحاس، وتكون المعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل على النحو الآتي:



وهذه المعادلة موزونة.

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

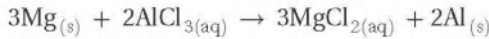


وفي هذه الحالة لا تتطلب المعادلة وزناً.

c. يقع الماغنسيوم قبل الألومنيوم في سلسلة النشاط الكيميائي، ولهذا فإن التفاعل سيحدث؛ لأن الماغنسيوم أنشط من الألومنيوم. وفي هذه الحالة يحل الماغنسيوم محل الألومنيوم، وتكون المعادلة الكيميائية الرمزية غير الموزونة للتفاعل:



والمعادلة الموزونة هي:



### 3 تقويم الإجابة

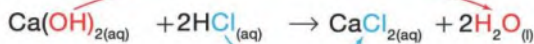
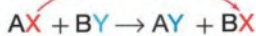
تدعم سلسلة النشاط الكيميائي الموضحة في الشكل 1-15 التوقعات. المعادلات الكيميائية موزونة؛ لأن عدد الذرات نفسه في طرفي المعادلة.

### مسائل تدريبية

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







الشكل 16-4 تتبادل الأيونات أماكنها في

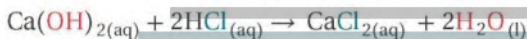
تفاعلات الإحلال المزدوج كما في تفاعل هيدروكسيد

الكالسيوم وحمض الهيدروكلوريك.

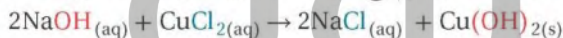
**تفاعلات الإحلال المزدوج** يسمى التفاعل الذي يتم فيه تبادل الأيونات بين مركبين

تفاعل الإحلال المزدوج. انظر المعادلة العامة في الشكل 16-4.

يمثل الرمز A و B في هذه المعادلة أيونين موجبين، بينما يمثل الرمز X و Y أيونين سالبين. لاحظ أن الأيونين السالبين قد تبادلا موقعيهما، وصاروا مرتبطين بأيونين موجبين مختلفين، وبمعنى آخر، حل X محل Y، وحل Y محل X. ولهذا السبب يسمى التفاعل تفاعل الإحلال المزدوج. فنتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مثلاً وحمض الهيدروكلوريك الموضح في المعادلة الآتية هو إحلال مزدوج.



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



لاحظ أن الأيونين السالبين  $Cl^-$  و  $OH^-$  قد غيّرّا موقعيهما وارتبطا بأيونين موجبين آخرين  $Na^+$  و  $Cu^{2+}$ . ويظهر من الشكل 17-4 أن ناتج هذا التفاعل مادة صلبة لا تذوب في الماء وهي هيدروكسيد النحاس II. وتسبب المادة الصلبة التي تنتج خلال تفاعل كيميائي في محلول ما راسباً.

**نواتج تفاعلات الإحلال المزدوج** إحدى المميزات الأساسية لتفاعلات الإحلال

المزدوج هي نوع الناتج المتكون عندما يحدث التفاعل. فجميع هذه التفاعلات تنتج ماءً، أو راسباً، أو غازاً.

الشكل 17-4 عندما يضاف هيدروكسيد الصوديوم

إلى محلول كلوريد النحاس II، تتبادل أيونات  $Cl^-$

و  $OH^-$  موقعيهما، وينتج عن التفاعل كلوريد الصوديوم

الذي يبقى ذائباً في المحلول، وهيدروكسيد النحاس II

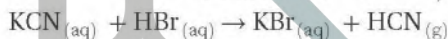
الذي يترسب في صورة مادة صلبة زرقاء اللون.



## الجدول 4-8 الخطوات الأساسية لكتابة المعادلات الكيميائية الموزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج

الخطوات	مثال
1. اكتب الصيغ الكيميائية للمتفاعلات.	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$
2. عيّن الأيونات الموجبة والسالبة في كل مركب.	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ فيه $\text{Al}^{3+}$ و $\text{NO}_3^-$ $\text{H}_2\text{SO}_4$ فيه $\text{H}^+$ و $\text{SO}_4^{2-}$
3. اربط بين كل أيون موجب والأيون السالب في المركب الآخر.	$\text{Al}^{3+}$ يرتبط مع $\text{SO}_4^{2-}$ $\text{H}^+$ يرتبط مع $\text{NO}_3^-$
4. اكتب الصيغ الكيميائية للنواتج مستعيناً بالخطوة 3.	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ $\text{HNO}_3$
5. اكتب المعادلة الكيميائية الكاملة لتفاعل الإحلال المزدوج.	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{s}) + \text{HNO}_3(\text{aq})$
6. زن المعادلة.	$2\text{Al}(\text{NO}_3)_3(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{s}) + 6\text{HNO}_3(\text{aq})$

ارجع إلى تفاعلي الإحلال المزدوج اللذين نوقشا؛ حيث ينتج ماء عن تفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع حمض الهيدروكلوريك، وينتج عن تفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع كلوريد النحاس II راسب. ومن تفاعلات الإحلال المزدوج التي تُنتج غازاً تفاعل سيانيد البوتاسيوم KCN وحمض الهيدروبروميك HBr.



وبين الجدول 4-8 الخطوات الأساسية لكتابة معادلات كيميائية موزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج.

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

### مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لتفاعلات الإحلال المزدوج الآتية:

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

30. يتفاعل محلول كلوريد الباريوم مع محلول كربونات البوتاسيوم لإنتاج كربونات الباريوم الصلبة ومحلول كلوريد البوتاسيوم.



$\text{LiI}(\text{aq})$



$\text{AgNO}_3(\text{aq})$

31. يتفاعل محلول كبريتات الصوديوم مع محلول نترات الرصاص II لإنتاج كبريتات الرصاص II الصلبة ومحلول نترات الصوديوم.

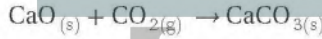
32. تحفيز يتفاعل حمض الإيثانويك (حمض الخل)  $\text{CH}_3\text{COOH}$  مع هيدروكسيد البوتاسيوم لإنتاج إيثانوات البوتاسيوم (خلات البوتاسيوم) والماء.

## النواتج المتوقعة لبعض التفاعلات الكيميائية

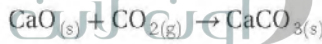
## الجدول 4-9

نوع التفاعل	المواد المتفاعلة	النواتج المتوقعة	المعادلة العامة
التكوين	• مادتان أو أكثر	• مركب واحد	$A + B \rightarrow AB$
الاحتراق	• فلز وأكسجين • 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	$AB \rightarrow A + B$
الإحلال البسيط	فلز ومركب لافلز ومركب	مركب جديد والفلز المستعاض عنه مركب جديد واللافلز المستعاض عنه	$A + BX \rightarrow AX + B$
الإحلال المزدوج	مركبان	مركبان مختلفان، أحدهما صلب، أو ماء، أو غاز.	$AX + BY \rightarrow AY + BX$

يلخص الجدول 4-9 أنواع التفاعلات الكيميائية. يمكنك الاستعانة بالجدول لمعرفة أنواع التفاعلات المختلفة وتوقع نواتجها. على سبيل المثال، كيف تتحدد نوع التفاعل بين أكسيد الكالسيوم الصلب وغاز ثاني أكسيد الكربون في إنتاج كربونات الكالسيوم الصلبة؟  
أولاً: اكتب المعادلة الكيميائية.



ثانياً: حدد ما يحدث في التفاعل. في هذه الحالة، تتفاعل مادتان وينتج عنهما مركب واحد.  
ثالثاً: استعن بالجدول لتحديد نوع التفاعل. التفاعل هو تفاعل تكوين.  
رابعاً: تأكد من إجابتك بمقارنة معادلة التفاعل بالمعادلة العامة لنوع التفاعل.



## التقويم 4-2

### الخلاصة

33. **الفكرة الرئيسية** وضح الأنواع الأربعة من التفاعلات الكيميائية وخواصها.
34. اشرح كيف تم ترتيب سلسلة النشاط الكيميائي للفلزات؟
35. قارن بين تفاعلات الإحلال البسيط والإحلال المزدوج.
36. صف ماذا ينتج عن تفاعل الإحلال المزدوج؟
37. صنف ما نوع التفاعل المرجح حدوثه عندما يتفاعل الباريوم مع الفلور؟ اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.
38. فسّر البيانات. هل يمكن للتفاعل الآتي أن يحدث؟ فسّر إجابتك.  
 $3Ni + 2AuBr_3 \rightarrow 3NiBr_2 + 2Au$

- يسهل تصنيف التفاعلات الكيميائية فهمها وتذكرها وتعرفها.
- تستخدم سلسلة النشاط الكيميائي للفلزات والهاالوجينات في توقع حدوث تفاعلات الإحلال البسيط.



## التفاعلات في المحاليل المائية

### Reactions in Aqueous Solutions

تصف المحاليل المائية.

تكتب معادلات أيونية كاملة ومعادلات أيونية نهائية 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

الأيونات المتفرجة

المعادلة الأيونية النهائية

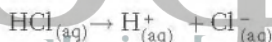
المفردة ▶ تحدث تفاعلات الإحلال المزدوج بين المواد في المحاليل المائية، وتؤدي إلى إنتاج رواسب، أو ماء، أو غازات.

الربط مع الحياة يستعمل مسحوق نكهة الليمون في تحضير شراب الليمون. فعندما يضاف المسحوق إلى الماء فإن بلوراته تذوب فيه مكونة محلولاً له نكهة الليمون.

### المحاليل المائية Aqueous Solutions

عرفت سابقاً أن المحلول مخلوط متجانس. كما أن الكثير من التفاعلات التي نوقشت تتضمن مواد مذابة في الماء، أي تكون على شكل محاليل مائية. والمحلول المائي يحتوي على مادة أو أكثر مذابة في الماء تسمى المذاب. أما الماء = أكبر مكونات المحلول - فيسمى المذيب.

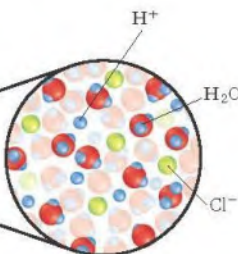
المركبات الجزيئية في المحلول الماء هو المذيب في المحاليل المائية دائماً، أما المواد التي قد تذوب فيه فهي كثيرة. فالسكروز (سكر المائدة)، والإيثانول (الكحول) هما مركبان يذوبان في المحلول في صورة جزيئات، وهناك مواد جزيئية (تساهمية) تكون أيونات عندما تذوب في الماء. فالمركب الجزيئي كلوريد الهيدروجين مثلاً يكون أيونات الهيدروجين وأيونات الكلوريد عندما يذوب في الماء، كما هو مبين في الشكل 18-4. ويمكن تمثيل عملية التأين هذه بالمعادلة الآتية:



تسمى المركبات التي تنتج أيونات الهيدروجين - ومنها كلوريد الهيدروجين - أحماضاً، ولهذا فإن محلول كلوريد الهيدروجين المائي يُسمى حمض الهيدروكلوريك. وسوف تعرف أكثر عن الأحماض لاحقاً.

### الشكل 18-4 يتفكك حمض

الهيدروكلوريك HCl في الماء إلى أيونات هيدروجين  $\text{H}^{+}$ ، وأيونات كلوريد  $\text{Cl}^{-}$ .



## المركبات الأيونية في المحلول

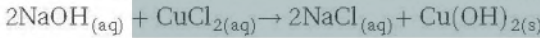
سائلة مرتبطة معاً بروابط أيونية. وعندما تذوب المركبات الأيونية في الماء فإن أيوناتها تنفصل بعضها عن بعض. وتسمى هذه العملية التفكك. فالمحلول المائي لكلوريد الصوديوم مثلاً يحتوي على أيونات  $Na^+$  و  $Cl^-$ .

## أنواع التفاعلات في المحاليل المائية

### Types of Reactions in Aqueous Solutions

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

**التفاعلات التي تكون راسب** بعض التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية تنتج راسب. فمثلاً، عند خلط محلول هيدروكسيد الصوديوم مع محلول كلوريد النحاس II يحدث تفاعل إحلال مزدوج يؤدي إلى تكوين راسب من هيدروكسيد النحاس II.



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 19-4. وعند مزج المحلولين تتحد أيونات  $Cu^{2+}$  مع أيونات  $OH^-$  لتكوين راسب من هيدروكسيد النحاس II  $Cu(OH)_2$ . أما أيونات  $Na^+$  و  $Cl^-$  فتبقى ذائبة في المحلول.

## المفردات

الاستعمال العلمي مقابل

الاستعمال الشائع

المركب

الاستعمال العلمي، اتحاد عنصرين أو أكثر كيميائياً.

ملح الطعام مركب ينتج عن اتحاد عنصر الصوديوم مع عنصر الكلور.

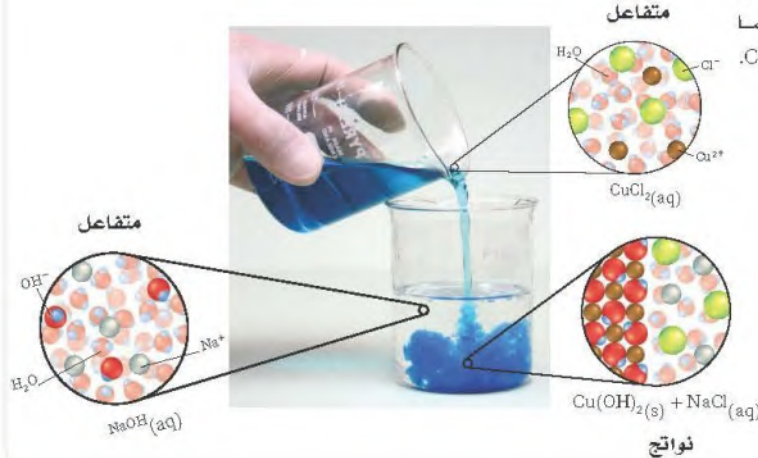
الاستعمال الشائع، كلمة تتكون من مقطعين.

ملح الطعام يسمى كلوريد الصوديوم.

hü l u l . o n l i n e

الشكل 19-4 يتفكك  $NaOH$  في

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



## تجربة

لاحظ تفاعلاً يكون راسباً

كيف يكون محلولان مادة صلبة؟

خطوات العمل

5. أضف محلول ملح إيسوم ببطء إلى محلول NaOH، وسجل ملاحظاتك.

6. حرك المحلول الناتج، وسجل ملاحظاتك.

7. اترك الراسب حتى يستقر، ثم افصل السائل عنه في مخبر مدرج سعته 100 mL.

8. تخلص من الراسب كما يرشدك معلمك.

1. املاً بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية على منصة عين.

2. ضع 50 mL ماء مقطراً في كأس سعتها 150 mL.

3. زن 4 g من حبيبات NaOH، ثم أضفها بالتدريج حبيبة

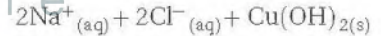
بعد أخرى إلى الكأس. واحرص على تحريك المحلول بساق التحريك حتى تذوب كل حبيبة تماماً قبل إضافة الأخرى.

4. زن 6 g من ملح إيسوم (كبريتات الماغنسيوم  $MgSO_4$ )،

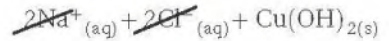
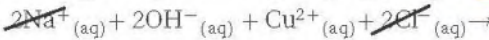
وضعها في كأس أخرى سعتها 150 mL، ثم أضف 50 mL

ماء مقطراً إلى الملح، وحركه بساق التحريك حتى يذوب الملح تماماً.

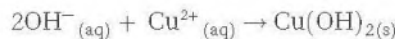
**المعادلات الأيونية** لتوضيح تفاصيل التفاعلات التي تتضمن أيونات في المحاليل المائية، يستخدم الكيميائيون المعادلات الأيونية، وهي تختلف عن المعادلات الكيميائية الرمزية الموزونة في أن المواد التي تكون على شكل أيونات في المحلول تكتب كأيونات في المعادلة. فلكي تكتب المعادلة الأيونية لتفاعل محلولي NaOH و 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



وتسمى المعادلة التي تبين الجسيمات في المحلول **المعادلة الأيونية الكاملة**. لاحظ أن أيونات الصوديوم والكلور مواد متفاعلة وناجمة في الوقت نفسه، أي أنها لم تشارك في التفاعل، ولهذا تسمى **الأيونات المتفرجة**. وعند شطب هذه الأيونات من طرفي المعادلة الأيونية تحصل على ما يسمى **المعادلة الأيونية النهائية**، وهي تشتمل على الجسيمات المشاركة في التفاعل فقط.



لاحظ أنه لم يتبق سوى أيونات الهيدروكسيد والنحاس في المعادلة الأيونية النهائية الموضحة أدناه:



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



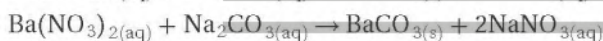
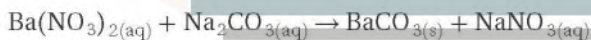
التفاعلات التي تكون راسباً اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية لتفاعل محلول نترات الباريوم مع محلول كربونات الصوديوم الذي يكون راسباً من كربونات الباريوم.

### 1 تحليل المسألة

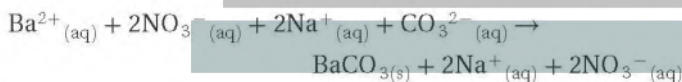
لقد أعطيت أسماء المركبات للمواد المتفاعلة والنواتج. لكتابة معادلة كيميائية موزونة للتفاعل يجب أن تحدد الكميات النسبية للمواد المتفاعلة والناتجة. ولكتابة المعادلة الأيونية الكاملة تحتاج إلى توضيح الحالات الأيونية للمواد المتفاعلة والناتجة. وبسط الأيونات المتفرجة من طرفي هذه المعادلة يمكنك كتابة المعادلة الأيونية النهائية.

### 2 حساب المطلوب

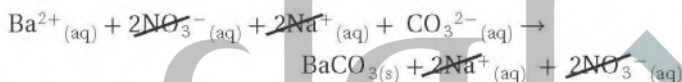
اكتب الصيغ الكيميائية الصحيحة والحالات الفيزيائية لكل المواد في التفاعل:



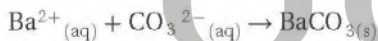
زن المعادلة الكيميائية الرمزية



وضح أيونات المواد المتفاعلة والناتجة



احذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة



اكتب المعادلة الأيونية النهائية

### 3 تقويم الإجابة

المعادلات موزونة؛ لأن عدد الذرات هو نفسه في طرفيها. وتشتمل المعادلة الأيونية النهائية على عدد أقل من المواد، وتبين الأيونات المتفاعلة لتكوين الراسب (المادة الصلبة).

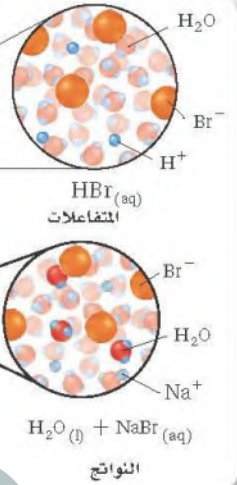
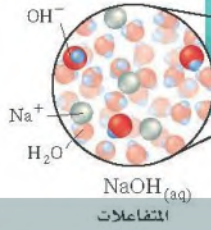
### مسائل تدريبية

اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة، وأيونية كاملة، وأيونية نهائية لكل من التفاعلات الآتية التي قد تكون راسباً، مستخدماً (NR) لبيان عدم حدوث تفاعل.

39. عند خلط محلولي يوديد البوتاسيوم KI ونترات الفضة تكون راسب من يوديد الفضة.
40. عند خلط محلولي فوسفات الأمونيوم وكبريتات الصوديوم لم يتكون أي راسب، ولم يتصاعد أي غاز.
41. عند خلط محلولي كلوريد الألومنيوم وهيدروكسيد الصوديوم تكون راسب من هيدروكسيد الألومنيوم.
42. عند خلط محلولي كبريتات الليثيوم ونترات الكالسيوم تكون راسب من كبريتات الكالسيوم.
43. تحفيز عند خلط محلولي كربونات الصوديوم وكلوريد المنجنيز الخفاسي (V) تكون راسب يحتوي على المنجنيز.

**الشكل 20-4** يتأين بروميد الهيدروجين المحلول في الماء إلى  $H^+$  و  $Br^-$ . وينتج هيدروكسيد الصوديوم إلى  $Na^+$  و  $OH^-$  في الماء أيضاً، فتتفاعل أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد وتكوّن الماء.

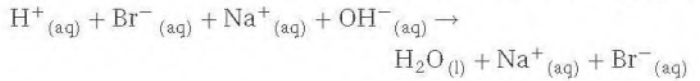
**حدد الأيونات المتأينة والأيونات الموجبة في هذا التفاعل.**



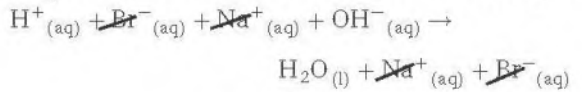
**التفاعلات التي تكوّن ماء** هذا النوع من تفاعلات الإحلال المزوج يؤدي إلى تكوين جزيئات ماء، فيزداد عدد جزيئات الماء (المذيب). وبخلاف التفاعلات التي يتكون فيها راسب، لا يلاحظ في هذا النوع من التفاعلات دليل على حدوث تفاعل كيميائي؛ لأن الماء عديم اللون والرائحة، كما أنه يشكّل أغلب المحلول. فعندما تخلط محلول حمض الهيدروبروميك HBr مثلاً مع محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH كما هو مبين في الشكل 20-4، يحدث تفاعل إحلال مزدوج، ويتكوّن ماء، كما هو موضح في المعادلة الآتية:



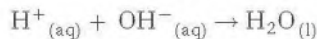
وينتج عن التفاعل بروميد الصوديوم، ويكون في صورة أيونات في المحلول المائي. وتوضح المعادلة الأيونية الكاملة للتفاعل هذه الأيونات:



لقد دققت في هذه المعادلة فسوف تلاحظ أن الأيونات المتفاعلة هي أيونات الهيدروجين وأيونات الهيدروكسيد؛ لأن كلاً من أيونات الصوديوم وأيونات البروميديوم أيونات متفرجة. وإذا حذفنا الأيونات المتفرجة فستبقى فقط الأيونات التي تشارك في التفاعل.



وتكون المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل كالآتي:



✓ **ماذا قرأت؟** حلل لماذا تسمى أيونات الصوديوم وأيونات البروميديوم في تفاعل محلول هيدروكسيد الصوديوم مع حمض الهيدروبروميك أيونات متفرجة؟

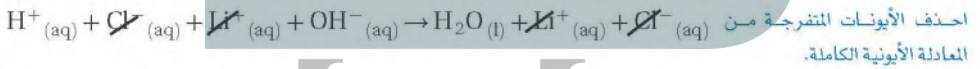
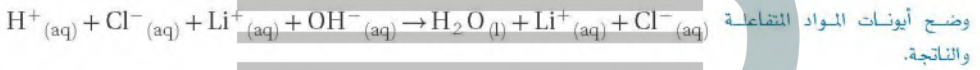
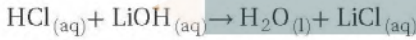
المتفاعلات التي تكون ماء اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية لتفاعل حمض الهيدروكلوريك مع محلول هيدروكسيد الليثيوم الذي يكون ماء ومحلول كلوريد الليثيوم.

### 1 تحليل المسألة

لقد أعطيت المتفاعلات والنواتج. لكتابة معادلة كيميائية موزونة للتفاعل يجب أن تحدد الصيغ الكيميائية والكميات النسبية للمتفاعلات والنواتج. ولكتابة المعادلة الأيونية الكاملة تحتاج إلى توضيح الحالات الأيونية للمتفاعلات والنواتج. وبسط الأيونات المتفرجة من طرفي المعادلة يمكنك كتابة المعادلة الأيونية النهائية.

### 2 حساب المطلوب

اكتب معادلة كيميائية رمزية للتفاعل، ثم زنها.



### 3 تقويم الإجابة

تشتمل المعادلة الأيونية النهائية على عدد أقل من المواد وتبين الأيونات المتفاعلة التي تكون الماء.

### مسائل تدريبية

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

44. عند خلط حمض الكبريتيك  $\text{H}_2\text{SO}_4$  بمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم ينتج ماء ومحلول كبريتات البوتاسيوم.

45. عند خلط حمض الهيدروكلوريك  $\text{HCl}$  بمحلول هيدروكسيد الكالسيوم ينتج ماء ومحلول كلوريد الكالسيوم.

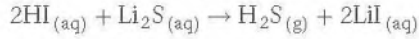
46. عند خلط حمض النيتريك  $\text{HNO}_3$  بمحلول هيدروكسيد الأمونيوم ينتج ماء ومحلول نترات الأمونيوم.

47. عند خلط كبريتيد الهيدروجين  $\text{H}_2\text{S}$  بمحلول هيدروكسيد الكالسيوم ينتج ماء ومحلول كبريتيد الكالسيوم.

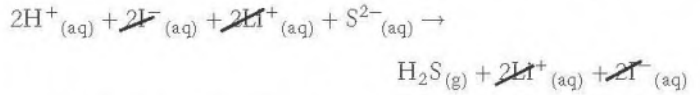
48. تحفيز عند خلط حمض البنزويك  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$  وهيدروكسيد الماغنسيوم يتكون ماء وبنزوات الماغنسيوم.



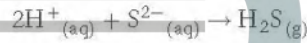
**التفاعلات التي تكوّن غازات** ينتج عن هذا النوع من تفاعلات الإحلال المزوج تكوين غازات، مثل  $\text{CO}_2$ ، و  $\text{HCN}$ ، و  $\text{H}_2\text{S}$ . فعندما تخطط حمض الهيدروبروديك  $\text{HI}$  بمحلول كبريتيد الليثيوم  $\text{Li}_2\text{S}$  يتصاعد غاز كبريتيد الهيدروجين  $\text{H}_2\text{S}$ ، كما ينتج يوديد الليثيوم  $\text{LiI}$  الذي يظل ذائبًا في المحلول.



وما عدا  $\text{H}_2\text{S}$  فإن جميع المواد في التفاعل توجد على شكل أيونات. لذا يمكنك كتابة المعادلة الأيونية الكاملة للتفاعل على النحو الآتي:



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



ويعد التفاعل في التجربة الاستهلاكية التي كنت قد أجريتها في بداية هذا الفصل مثالاً آخر على التفاعلات التي تكوّن غازاً؛ فالفقااعات التي تكوّنت خلال التفاعل هي غاز ثاني أكسيد الكربون.

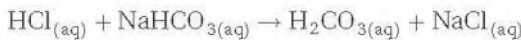
ومن التفاعلات التي تنتج غاز ثاني أكسيد الكربون أيضاً ما يحدث في المطبخ عندما تخلط الخل بصودا الخبز. فالخل محلول مائي لحمض الإيثانويك، وصودا الخبز عبارة عن كربونات الصوديوم الهيدروجينية. وعند خلطهما معاً يتفاعلان ويتصاعد غاز  $\text{CO}_2$ ، كما هو موضح في الشكل 4-21. وهناك تفاعل آخر مشابه لتفاعل الخل مع صودا الخبز، يحدث عندما تخلط أي محلول حمضي مع كربونات الصوديوم الهيدروجينية (بيكربونات الصوديوم).

**الشكل 4-21** عندما يتفاعل الخل مع صودا الخبز  $\text{NaHCO}_3$  يحدث تصاعد سريع لغاز ثاني أكسيد الكربون  $\text{CO}_2$ .

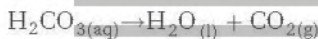


وفي الحالات جميعها يجب أن يحدث تفاعلان متزامنان في المحلول لينتج غاز  $\text{H}_2\text{CO}_3$  الكربون. أحد هذين التفاعلين تفاعل إحلال مزدوج، والآخر تفاعل تفكك. فعندما تذيب كربونات الصوديوم الهيدروجينية مثلاً في حمض الهيدروكلوريك يحدث تفاعل إحلال مزدوج، وينتج غاز، انظر الشكل 21-4.

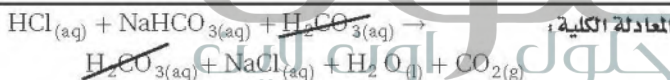
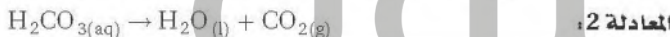
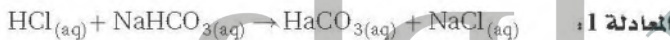
فكلوريد الصوديوم مادة أيونية تبقى في الماء على شكل أيونات منفصلة. أما حمض الكربونيك  $\text{H}_2\text{CO}_3$  فيتفكك بمجرد تكونه إلى ماء وغاز ثاني أكسيد الكربون. فالهيدروجين في حمض الهيدروكلوريك والصوديوم في كربونات الصوديوم الهيدروجينية يحل كل منهما محل الآخر.



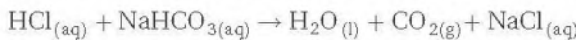
لكن بمجرد أن يتكون حمض الكربونيك  $\text{H}_2\text{CO}_3$  يتفكك مكوناً الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون. وهذا عكس ما يحدث للمواد الأيونية ومنها كلوريد الصوديوم؛ حيث تبقى أيوناتها منفصلة في المحلول.



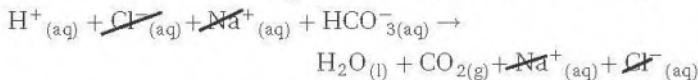
ويمكنك -كما تجمع المعادلات الرياضية- أن تجمع معادلتَي التفاعل وأن تمثلهما بمعادلة كيميائية تسمى المعادلة الكلية للتفاعل.



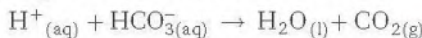
وبحذف  $\text{H}_2\text{CO}_3$  من طرفي المعادلة تحصل على ما يسمى المعادلة النهائية للتفاعل.



هذا، ويمكنك كتابة المعادلة الأيونية الكاملة كالآتي:



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



✓ ماذا قرأت؟ صف ما المعادلة النهائية للتفاعل؟

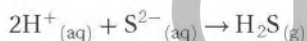
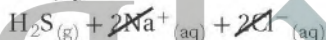
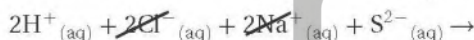
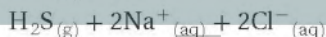
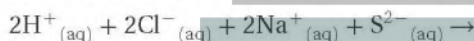
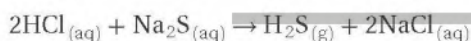
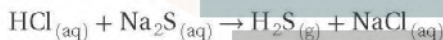
التفاعلات التي تتكوّن غازات اكتب كلاً من المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة، والأيونية الكاملة، والأيونية النهائية للتفاعل بين حمض الهيدروكلوريك ومحلول كبريتيد الصوديوم، والذي ينتج عنه غاز كبريتيد الهيدروجين ومحلول كلوريد الصوديوم.

### 1 تحليل المسألة

لقد أعطيت المعادلة اللفظية للتفاعل بين حمض الهيدروكلوريك HCl وكبريتيد الصوديوم  $\text{Na}_2\text{S}$ . يجب أن تكتب المعادلة الكيميائية الرمزية للتفاعل وترنها. ولكتابة المعادلة الأيونية الكاملة يجب أن توضح الحالات الأيونية للمواد المتفاعلة والنواتج. وبحذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة يمكنك كتابة المعادلة الأيونية النهائية.

### 2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية الصحيحة للتفاعل.



زن المعادلة الكيميائية

وضح أيونات المواد المتفاعلة والنواتج

احذف الأيونات المتفرجة من المعادلة

الأيونية الكاملة

اكتب المعادلة الأيونية النهائية بأصغر

نسبة عددية صحيحة.

### 3 تقويم الإجابة

المعادلة الأيونية الكلية تبين الأيونات المشاركة في التفاعل.

### مسائل تدريجية

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

49. يتفاعل حمض فوق الكلوريك  $\text{HClO}_4$  مع محلول كربونات الصوديوم لتكوين غاز ثاني أكسيد الكربون والماء ومحلول كلورات الصوديوم.

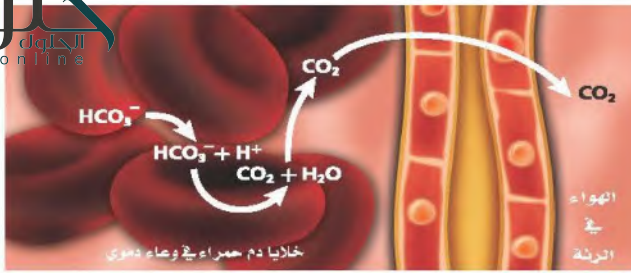
50. يتفاعل حمض الكبريتيك  $\text{H}_2\text{SO}_4$  مع محلول سيانيد الصوديوم لتكوين غاز سيانيد الهيدروجين ومحلول كبريتات الصوديوم.

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

52. يتفاعل حمض النيتريك  $\text{HNO}_3$  مع محلول كبريتيد البوتاسيوم لتكوين غاز كبريتيد الهيدروجين.

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





**الشكل 22-4** بعد أن يدخل أيون البيكربونات  $\text{HCO}_3^-$  خلية دم حمراء، يتفاعل مع أيون الهيدروجين  $\text{H}^+$  لتكوين ماء وثاني أكسيد الكربون  $\text{CO}_2$ ، الذي يخرج من الرئتين مع هواء الزفير.

### مهن في الكيمياء

#### المختص في الكيمياء الحيوية

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.

**الربط مع علم الأحياء** يعد تفاعل أيونات الهيدروجين مع أيونات البيكربونات لإنتاج الماء وثاني أكسيد الكربون من أهم التفاعلات التي تحدث في جسمك؛ فهو يحدث في الأوعية الدموية في رثيتك. وكما هو مبين في الشكل 22-4 فإن ثاني أكسيد الكربون الذي ينتج في خلايا جسمك ينتقل في دمك على هيئة أيونات البيكربونات  $\text{HCO}_3^-$ ، وعندما تمر هذه الأيونات في الأوعية الدموية لرثيتك تتحد مع أيونات الهيدروجين  $\text{H}^+$  وتكوّن غاز  $\text{CO}_2$  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.

### التقويم 4-3

#### الخلاصة

- الماء هو المذيب في المحاليل المائية دائمًا، أما المواد التي قد تذوب فيه فهي كثيرة.
- بعض المركبات الجزيئية تكون أيونات عندما تذوب في الماء. بينما يذوب الكثير من المركبات الأيونية في الماء، وتنفصل أيوناتها.
- عند مزج محلولين يحتويان على أيونات ذائبة، قد تتفاعل الأيونات معًا، أما جزيئات المذيب فلا تتفاعل عادة.
- التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية هي تفاعلات الإحلال المزدوج.

54. **المهمة** عدّد ثلاثة أنواع مألوفة من نواتج التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية.
55. صف المذيب والمذاب في المحلول المائي.
56. مميّز المعادلة الأيونية الكاملة من المعادلة الأيونية النهائية.
57. اكتب المعادلة الأيونية الكاملة، والأيونية النهائية للتفاعل بين حمض الكبريتيك  $\text{H}_2\text{SO}_4$  وكربونات الكالسيوم  $\text{CaCO}_3$ .
58. حلّل أكمل المعادلة الآتية، ثم زنها:  
$$\text{CO}_2(\text{g}) + \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow$$
59. توقّع مانوع الناتج الذي سيتكون على الأرجح من التفاعل الآتي؟ فسّر ذلك.  
$$\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow$$
60. صغ معادلات يحدث تفاعل عندما يخلط حمض النيتريك  $\text{HNO}_3$  بمحلول مائي من كربونات البوتاسيوم الهيدروجينية (بيكربونات البوتاسيوم)، وينتج محلول نترات البوتاسيوم. اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة والمعادلة الأيونية النهائية للتفاعل.

## 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 نداه، فيهبط في اتجاهها. وقد ينتج عن ذلك تراوج ناجح، أو قد يلتهم بشراة إذا خدعته أنثى من نوع آخر من اليراع. إن إنتاج اليراعة للضوء هو نتيجة عملية كيميائية تسمى التألق (التلألؤ) الحيوي، وهي استراتيجية يستخدمها الكثير من المخلوقات الحية في بيئات كثيرة مختلفة. فكيف تعمل؟

1

**الخنافس المضيئة** ليست ذبابًا، ولكنها مجموعة من الخنافس التي ترسل ومضاتها للتزاوج. كما أنها تستخدم ضوءها لتخادع فريستها. وينبعث الضوء الأصفر المخضر من خلايا في جندعها الأسفل، وتتراوح أطوال موجاته بين 510 nm و 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، والملايا، والعمليات الخلوية. وبسبب أهمية هذا الاكتشاف، فقد منح مكتشفو البروتين المشع جائزة نوبل في الكيمياء.

3

**التألق الحيوي** ينتج وميض اليراع عن تفاعل كيميائي، والمتفاعلات هي الأكسجين، واللويسفرين (مادة مشعة للضوء توجد في بعض المخلوقات). ويلتصق إنزيم يسمى اللويسفرين المتفاعل الذي يؤدي إلى إنتاج اللويسفرين ومطاقة على شكل ضوء.

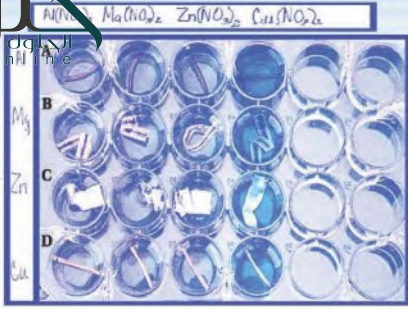


## الكتابة في الكيمياء

ايبحث حدّد أنواعًا مختلفة من المخلوقات الحية تستخدم التألق الحيوي، واعمل كتيبًا يوضح لماذا يكون التألق الحيوي فعالاً في هذه المخلوقات؟



## تطوير سلسلة نشاط الفلزات



**الخلفية** بعض الفلزات أكثر نشاطاً من الفلزات الأخرى. وعند مقارنة كيفية تفاعل الفلزات المختلفة بأيونات معروفة في الأملاح المائية يمكن ترتيب هذه الفلزات في سلسلة بحسب نشاطها. وتنعكس سلسلة النشاط قوة تفاعل كل فلز من الفلزات التي تم فحصها.

**سؤال** كيف يمكن تطوير سلسلة النشاط؟

### المواد اللازمة

9. نظّف أشرطة الخارصين باستخدام ورق الصنفرة حتى تصبح لامعة، ثم ضع كل شريط منها في محلول مختلف في كل فجوة من فجوات الصف C.

10. كرر الخطوة 7 مستخدماً 10cm من سلك النحاس، ووضعه كل قطعة منها في محلول مختلف في كل فجوة من فجوات الصف D.

11. لاحظ ما يحدث في كل فجوة، ثم سجل ملاحظاتك بعد مرور 5 دقائق في جدول البيانات الذي قمت بتصميمه.

12. التنظيف والتخلص من النفايات تخلص من المواد الكيميائية والمحاليل والمصاصات كما يطلب إليك معلمك.

سلك نحاس	1.0M Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
سلك ألومنيوم	1.0M Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>
شريط مغنسيوم	1.0M Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
شريط خارصين	1.0M Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
ورق صنفرة	مصاصات
طبق تفاعلات بلاستيكي	قاطع أسلاك

### إجراءات السلامة

### خطوات العمل

### حل واستنتج

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية على منصة عين.
2. صمم جدولاً لتدوين البيانات ثم رقم الأعمدة في طبق التفاعلات بعمود 1، عمود 2، عمود 3، عمود 4، كما هو موضح في الشكل على يسارك.
3. استخدم الماصة لملء كل فجوة من العمود 1 بـ 2 mL من محلول 1.0 M Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.
4. كرر الخطوة 3 واستخدم الماصة لملء كل فجوة من العمود 2 بـ 2 mL من محلول 1.0 M Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.
5. كرر الخطوة 3 واستخدم الماصة لملء كل فجوة من العمود 3 بـ 2 mL من محلول 1.0 M Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.
6. كرر الخطوة 3 واستخدم الماصة لملء كل فجوة من العمود 4 بـ 2 mL من محلول 1.0 M Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.
7. نظّف 10 cm من شريط الألومنيوم باستخدام ورق الصنفرة حتى يصبح لامعاً، ثم قطع الشريط إلى أربعة أجزاء متساوية طول كل منها 2.5 cm باستخدام قاطعة الأسلاك، ثم ضع كل قطعة منها في محلول مختلف في كل فجوة من فجوات الصف A.
8. كرر الخطوة 7 مستخدماً 10 cm من شريط المغنسيوم، وضع كل قطعة منها في محلول مختلف في كل فجوة من فجوات الصف B.

### التوسع في الاستقصاء

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



**الفكرة العامة** تُحوّل ملايين التفاعلات الكيميائية الموجودة داخل جسمك ومن حولك المتفاعلات إلى نواتج، ممّا يؤدي إلى إطلاق طاقة أو امتصاصها.

#### 1-4 التفاعلات و المعادلات

**الفكرة الرئيسة** تمثّل التفاعلات الكيميائية بمعادلات كيميائية موزونة.

##### المفردات

- التفاعل الكيميائي
- عدد التأكسد
- المتفاعلات
- النواتج
- المعادلة الكيميائية
- الرمز الموزونة
- المعامل

##### المفاهيم الرئيسة

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

#### 2-4 تصنيف التفاعلات الكيميائية

**الفكرة الرئيسة** هناك أربعة أنواع من التفاعلات الكيميائية، هي: 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 وتعرّفها.
- تستخدم متسلسلة النشاط الكيميائي للفلات والهاالوجينات في توقع حدوث تفاعلات الإحلال البسيط.

#### 3-4 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
- الأيونات المتفرجة
- المعادلة الأيونية النهائية

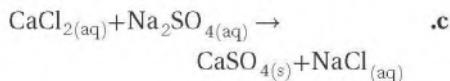
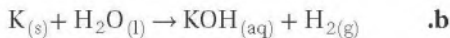
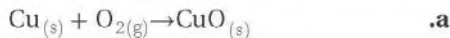
##### المفاهيم الرئيسة

- الماء هو المذيب في المحاليل المائية دائماً، أما المواد التي قد تذوب فيه فهي كثيرة.
- بعض المركبات الجزيئية تتكوّن أيونات عندما تذوب في الماء. بينما يذوب الكثير من المركبات الأيونية في الماء، وتنفصل أيوناتها.
- عند مزج محلولين يحتويان على أيونات ذائبة، قد تتفاعل الأيونات معاً، أما جزيئات المذيب فلا تتفاعل عادة.
- التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية هي تفاعلات الإحلال المزدوج.

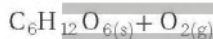
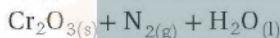
## 4-1

### إتقان المفاهيم

70. اكتب معادلات لفظية للمعادلات الكيميائية الآتية:



71. زن المعادلتين الكيميائيتين الآتيتين:

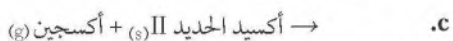
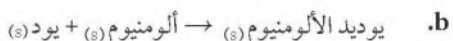
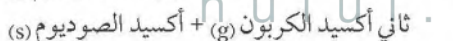


### إتقان حل المسائل

72. يتحلل يوديد الهيدروجين إلى غاز الهيدروجين وغاز

اليود في تفاعل تفكك. اكتب معادلة كيميائية رمزية تبين هذا التفاعل.

73. اكتب معادلات كيميائية رمزية للتفاعلات الآتية:



74. اكتب معادلة كيميائية رمزية للتفاعل بين الليثيوم

الصلب وغاز الكلور لإنتاج كلوريد الليثيوم الصلب.

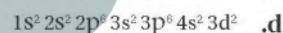
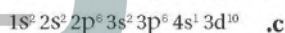
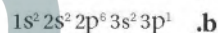
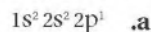
61. عرّف المعادلة الكيميائية.

62. ميّز بين التفاعل الكيميائي والمعادلة الكيميائية.

63. وضح الفرق بين المتفاعلات والنواتج.

64. اكتب رمز العنصر الذي يمثل بالتوزيع الإلكتروني

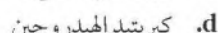
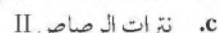
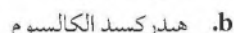
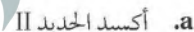
لكل مما يأتي:



65. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل عنصر مما يأتي:



66. اكتب الصيغة الكيميائية لكل مما يأتي:



67. هل يشير تحول مادة إلى مادة جديدة دائماً إلى حدوث

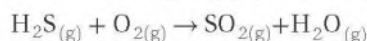
تفاعل كيميائي؟ فسر إجابتك.

68. حدّد المتفاعلات في التفاعل الآتي: عند إضافة

البوتاسيوم إلى محلول نترات الخارصين، يتكون

الخارصين ومحلول نترات البوتاسيوم.

69. زن المعادلة الكيميائية الآتية:



## تقويم الفصل

### إتقان حل المسائل

75. اكتب معادلات كيميائية رمزية للتفاعلات الآتية، ثم زنّها:
- a.  $\rightarrow$  ماء (l) + ثالث أكسيد الكبريت (g)  
حمض الكبريتيك (aq)
- b.  $\rightarrow$  كلوريد الحديد III (aq) + ماغنسيوم (s)  
كلوريد الماغنسيوم (aq) + حديد (s)
- c.  $\rightarrow$  أكسجين (g) + كلوريد النيكل II (s)  
أكسيد النيكل II (s) + خماسي أكسيد ثنائي الكلور
76. اكتب معادلات كيميائية رمزية للتفاعلات الآتية:
- a. عند حرق غاز البيوتان  $C_4H_{10}$  في الهواء ينتج ماء وغاز ثاني أكسيد الكربون.
- b. يتفاعل الماغنسيوم الصلب مع غاز النيتروجين لإنتاج نيتريد الماغنسيوم الصلب.
- c. عند تسخين غاز ثاني فلوريد الأكسجين  $OF_2$  ينتج غاز الأكسجين وغاز الفلور.
77. اذكر أنواع التفاعلات الكيميائية الأربعة، وأعط مثلاً واحداً على كل منها.
78. ما نوع التفاعل الذي يحدث بين مادتين وينتج عنه مركب واحد؟
79. في كل من الأرواج الآتية، أي فلز يحل محل الفلز الآخر في تفاعلات الإحلال؟ (استعن بسلسلة النشاط).
- a. القصدير والصوديوم  
b. الرصاص والفضة  
c. الفلور واليود  
d. النحاس والنيكل
80. صنف التفاعلات الواردة في السؤال 73.
81. صنف التفاعلات الواردة في السؤال 75.
82. اكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة لتفاعل احتراق الميثانول السائل  $CH_3OH$ .
83. اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لكل من تفاعلات التكوين الآتية:
- a.  $\rightarrow$  بورون + فلور  
b.  $\rightarrow$  جرمانيوم + كبريت  
c.  $\rightarrow$  كالسيوم + نيتروجين
84. الاحتراق اكتب معادلة كيميائية رمزية موزونة لاحتراق كل من المواد الآتية:
- a. الباريوم الصلب  
b. البورون الصلب  
c. الأسيتون السائل  $C_3H_6O$   
d. الأوكتان السائل  $C_8H_{18}$
85. اكتب معادلات كيميائية موزونة لتفاعلات التفكك الآتية:
- a. بروميد الماغنسيوم  
b.  $\rightarrow$  أكسيد الكوبلت II  
c.  $\rightarrow$  كربونات الباريوم

### 4-2

### إتقان المفاهيم

86. اكتب معادلات كيميائية رمزية موزونة لتفاعلات الإحلال البسيط الآتية التي تحدث في الماء. (وإذا لم يحدث تفاعل فاكتب لا يحدث تفاعل (NR) في مكان النواتج).
- a.  $\rightarrow$  كلوريد الماغنسيوم + نيكل  
b.  $\rightarrow$  بروميد النحاس II + كالسيوم  
c.  $\rightarrow$  نترات الفضة + ماغنسيوم



4-3

إتقان المفاهيم

87. أكمل المعادلة اللفظية الآتية:

→ مذاب + مذيب

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

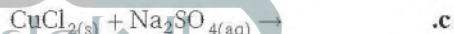
89. قارن بين المعادلات الكيميائية الرمزية الموزونة والمعادلات الأيونية.

90. ما المعادلة الأيونية النهائية؟ وفيما تختلف عن المعادلة الأيونية الكاملة؟

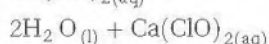
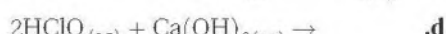
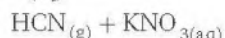
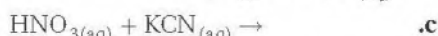
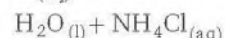
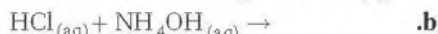
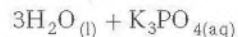
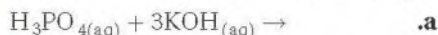
91. ما المقصود بالأيون المتفرج؟

إتقان حل المسائل

92. أكمل المعادلات الكيميائية الآتية:



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



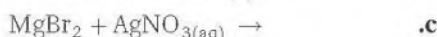
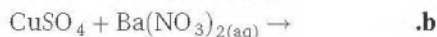
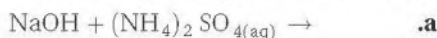
مراجعة عامة

94. توقع هل كل من التفاعلات الآتية يحدث في المحاليل

المائية. (إذا توقعت أن التفاعل لا يحدث فاكتب:

لا يحدث تفاعل (NR). ملاحظة: كبريتات الباريوم

وبروميد الفضة يترسبان في المحاليل المائية).



95. تكون راسب إضافة حمض الهيدروكلوريك إلى كآسين،

إحدهما فيها محلول كلوريد الصوديوم، وفي الأخرى

محلول نترات الفضة يؤدي إلى ترسب مادة بيضاء في

إحدى الكآسين.

a. أي الكآسين تحتوي على راسب؟

b. ما الراسب؟

c. اكتب معادلة كيميائية توضح التفاعل.

d. صنف هذا التفاعل.

96. ميز بين مركب أيوني ومركب تساهمي مذابين في الماء.

وهل تتأين المواد التساهمية جميعها عند إذابتها في الماء؟

فسّر إجابتك.

التفكير الناقد

97. طبق صف التفاعل بين محلولي كبريتيد الصوديوم

وكبريتات النحاس II الذي يؤدي إلى إنتاج راسب من

كبريتيد النحاس II.

98. توقع وضعت قطعة من فلز الألومنيوم في محلول KCl

المائي، ووضعت قطعة أخرى من الألومنيوم في محلول

$\text{AgNO}_3$  المائي. هل يحدث تفاعل في كلتا الحالتين؟ لماذا؟

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

103. كيمياء المطبخ اعمل ملصقاً يصف التفاعلات الكيميائية التي تحدث في المطبخ.

104. وزن المعادلات اعمل لوحة تصف فيها خطوات وزن المعادلة الكيميائية.

أسئلة المستندات

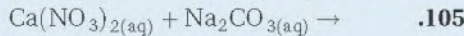
الذاتية يستخدم العلماء جدولاً لقواعد الذاتية لتحديد ما إذا كان سيتكون راسب في التفاعل الكيميائي.

يبين الجدول 11-4 قواعد الذاتية للمركبات الأيونية في الماء.

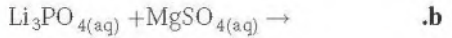
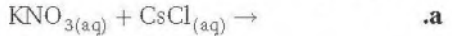
الجدول 11-4 قواعد الذاتية للمركبات الأيونية في الماء

المركب الأيوني	القاعدة
أيونات عناصر المجموعة الأولى ( $K^+$ , $Na^+$ , $Li^+$ ) و $NH_4^+$ تكون أملاحاً ذائبة. جميع أملاح النترات ذائبة. معظم الهاليدات تنوب في الماء ما عدا هاليدات الأيونات الأتية: $Pb^{2+}$ و $Cu^+$ و $Ag^+$ و $Hg_2^{2+}$ . معظم الكبريتات ذائبة ما عدا كبريتات $Ag^+$ و $Ba^{2+}$ و $Sr^{2+}$ و $Pb^{2+}$ . أما كبريتات $Ca^{2+}$ و $Hg_2^{2+}$ فهي قليلة الذوبان.	الأملاح الذائبة
الهيدروكسيدات والكبريتيدات والأكاسيد عادة غير ذائبة، ما عدا مركباتها مع عناصر المجموعة الأولى وأيونات $NH_4^+$ . أما عناصر أيونات المجموعة الثانية فهي قليلة الذوبان. الكربونات والفسفات والكربونات عادة غير ذائبة، ما عدا مركباتها مع عناصر المجموعة الأولى وأيونات $NH_4^+$ .	الأملاح غير الذائبة

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



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



مسألة تحفيز

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

مراجعة تراكمية

101. ميز بين المخلوط والمحلول والمركب.

102. استعن بالجدول 10-4 لحساب الكتلة الذرية لعنصر الكروم.

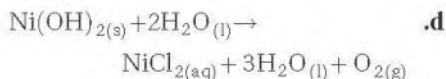
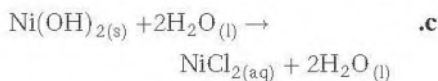
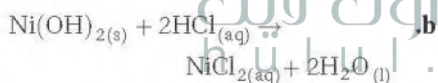
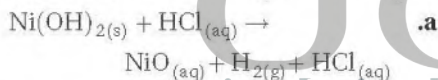
الجدول 10-4 بيانات نظائر الكروم		
النظير	نسبة وجوده	الكتلة الذرية (amu)
Cr-50	4.35%	49.946
Cr-52	83.79%	51.941
Cr-53	9.50%	52.941
Cr-54	2.36%	53.939

أسئلة الاختيار من متعدد

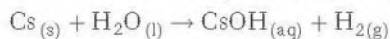
استعن بالجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة من 1 إلى 3:

الخواص الفيزيائية لبعض المركبات الأيونية				
المركب	الاسم	الحالة عند 25 °C	ينوب في الماء	درجة الانصهار (°C)
NaClO <sub>3</sub>	كلورات الصوديوم	صلب	نعم	248
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	كبريتات الصوديوم	صلب	نعم	884
NiCl <sub>2</sub>	كلوريد النيكل II	صلب	نعم	1009
Ni(OH) <sub>2</sub>	هيدروكسيد النيكل II	صلب	لا	230
AgNO <sub>3</sub>	نترات الفضة	صلب	نعم	212

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



4. ما نوع التفاعل الموصوف في المعادلة الآتية؟



a. تكوين

b. احتراق

c. تفكك

d. إذلال بسيط

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

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

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

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

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

2. ماذا يحدث عند خلط محلول AgClO<sub>3(aq)</sub> بمحلول NaNO<sub>3</sub>؟

a. لا يحدث تفاعل يمكن ملاحظته.

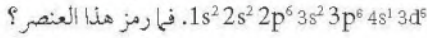
b. تترسب NaClO<sub>3</sub> الصلبة في المحلول.

c. ينطلق غاز NO<sub>2</sub> خلال التفاعل.

d. ينتج فلز Ag الصلب.



8. إذا علمت أن التوزيع الإلكتروني لعنصر هو:



فما رمز هذا العنصر؟

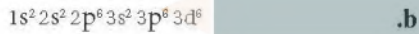
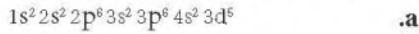
a. Cu

b. Cr

c. Fe

d. Ni

9. أي مما يأتي يمثل التوزيع الإلكتروني لعنصر الحديد؟



### أسئلة الإجابات القصيرة

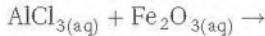
10. اكتب معادلة كيميائية موزونة لتفاعل فلز الكالسيوم

الصلب مع الماء لإنتاج هيدروكسيد الكالسيوم الذائب

في المحلول وغاز الهيدروجين.

### أسئلة الإجابات المفتوحة

استعن بالمعادلة الكيميائية الآتية للإجابة عن السؤالين 11 و 12:



11. ما نوع هذا التفاعل؟ كيف عرفت ذلك من

المتفاعلات؟

12. ماذا تتوقع أن ينتج عن هذا التفاعل؟

13. ما التوزيع الإلكتروني لأيون الفوسفور  $P^{3-}$ ؟ وضح

كيف يختلف التوزيع الإلكتروني له عن التوزيع

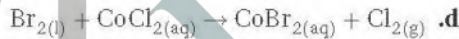
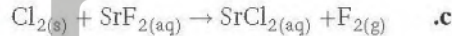
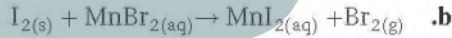
الإلكتروني لذرة الفوسفور المتعادلة؟

5. استعن بسلسلة النشاط الآتية للإجابة عن السؤال 5.



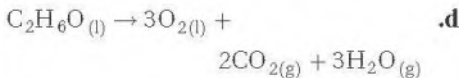
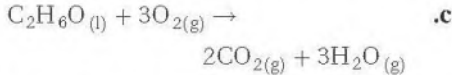
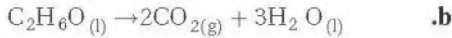
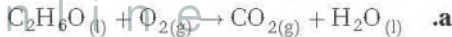
5. أي التفاعلات الآتية تحدث بين الهالوجينات وأملاح

الهاليدات؟



6. ينتج عن احتراق الإيثانول ثاني أكسيد الكربون وبخار

ماء. ما المعادلة التي تصف ذلك؟



7. ما الصيغة الكيميائية لأكسيد الحديد III؟

