## شكراً لتحميلك هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية

## حل تجميعة أسئلة وفق الهيكل الوزاري الخطة M



تاريخ نشر الملف على موقع المناهج: 2024-03-04 20:14:33 | اسم المدرس: عفاف الحراحشه

## التواصل الاجتماعي بحسب الصف الحادي عشر العام

## روابط مواد الصف الحادي عشر العام على تلغرام

| التربية الاسلامية | اللغة العربية | اللغة الانجليزية | الرياضيات |
|---|---|---|---|

## المزيد من الملفات بحسب الصف الحادي عشر العام والمادة كيمياء في الفصل الثاني

| | |
|---|---|
| 1 | حل أسئلة مراجعة وفق الهيكل الوزاري الخطة M |
| 2 | مراجعة امتحانية وفق الهيكل الوزاري الخطة C101 |
| 3 | الهيكل الوزاري بريدج M-Planالمسار العام |
| 4 | مراجعة شاملة وفق الهيكل الوزاري |
| 5 | حل أسئلة الامتحان الوزاري |

# حل هيكل اختبار الكيمياء للفصل الدراسي الثاني
# خطة
# (M)
# عفاف الحراحشه

# روابط تساهمية أحادية

عندما تتم مشاركة زوج واحد فقط من الإلكترونات، كما في جزيء الهيدروجين، تعتبر هذه رابطة تساهمية أحادية. ويُشار إلى زوج الإلكترونات المُشارك بالزوج المرتبط. بالنسبة إلى جزيء الهيدروجين، كما هو موضح في **الشكل 4** تجذب كل ذرة مرتبطة تساهميًا زوج الإلكترونات المتشاركة بالتساوي. ولهذا، ينتمي الإلكترونان المتشاركان إلى كل ذرة بالتزامن، مما يعطي كل ذرة هيدروجين شكل توزيع الغاز النبيل الهيليوم ($1s^2$) وطاقة أقل. ويعتبر جزيء الهيدروجين أكثر استقرارًا من ذرة الهيدروجين المفردة.

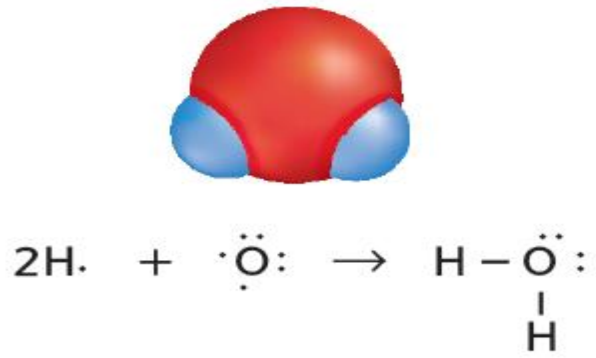
تذكر أنه يمكن استخدام الترميز النقطي للإلكترون في توضيح إلكترونات التكافؤ للذرات. في **بُنى لويس**. يمكن تمثيل توزيع الإلكترونات بحيث يمثل خط أو زوج من النقاط العمودية بين رموز العناصر رابطة تساهمية أحادية في بنية لويس. على سبيل المثال . يُكتب جزيء الهيدروجين في صورة H—H أو H:H.

**الشكل 4** عندما تشارك ذرتا هيدروجين زوجًا من الإلكترونات، تُصبح كل ذرة هيدروجين مستقرة لأن مستوى الطاقة الخارجي لها ممتلئ.

Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

ماء

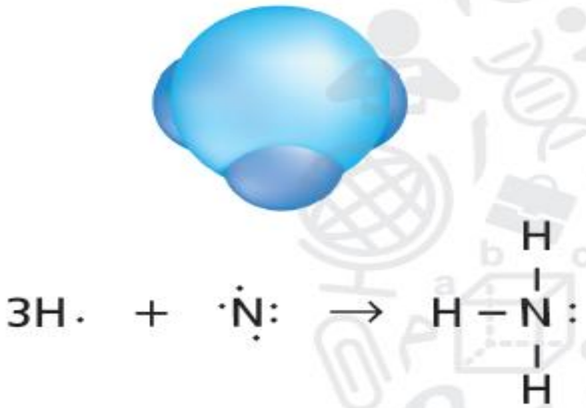
a



رابطتان تساهميتان أحاديتان

الأمونيا

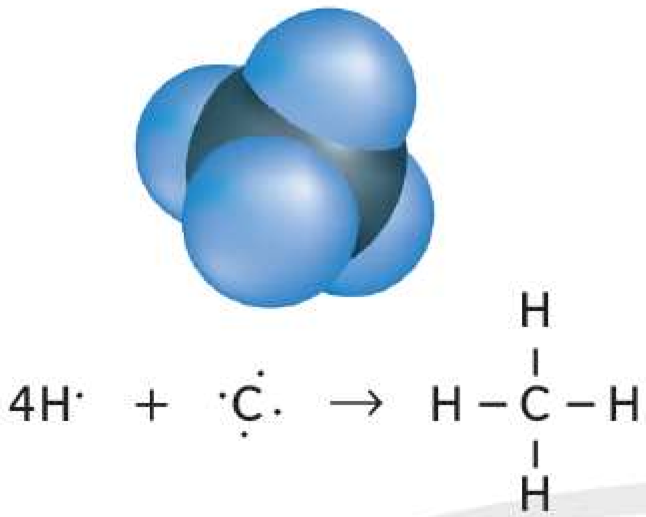
b



ثلاث روابط تساهمية أحادية

الميثان

c



أربع روابط تساهمية أحادية

**الشكل 5** تعرض هذه المعادلات الكيميائية كيف تُشارك الذرات الإلكترونات وتُصبح مستقرة. وكما هو موضح عن طريق بنية لويس لكل جزيء، فإن جميع الذرات في كل جزيء تصل إلى مستوى طاقة خارجي ممتلئ.

صِف **بالنسبة إلى الذرة المركزية في كل جزيء، صف كيفية تحقيق قاعدة الثمانية.**

**المجموعة 17 والروابط الأحادية** الهالوجينات – عناصر المجموعة 17، مثل الفلور – لديها سبعة إلكترونات تكافؤ. وحتى تصل إلى قاعدة الثمانية تحتاج إلى إلكترون واحد، ولهذا تكون ذرات عناصر المجموعة 17 روابط تساهمية أحادية مع ذرات عناصر لافلزية أخرى، مثل: الكربون. لقد قرأت أن ذرات عناصر المجموعة 17 تكون روابط تساهمية بذرات متطابقة. على سبيل المثال، يوجد الفلور في صورة $F_2$ والكلور في صورة $Cl_2$.

**المجموعة 16 والروابط الأحادية** يمكن لذرة من عناصر المجموعة16 مشاركة إلكترونين ويمكن لها تكوين رابطتين تساهمتين. الأكسجين هو عنصر من عناصر المجموعة 16 وله الترتيب الإلكتروني $1s^2 2s^2 2p^4$. يتكون الماء من ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين. كل ذرة هيدروجين يصبح لها الترتيب الإلكتروني للغاز النبيل الهيليوم عندما تشارك إلكترونًا واحدًا مع الأكسجين. ويصبح للأكسجين الترتيب الإلكتروني للغاز النبيل النيون عندما يُشارك إلكترونًا واحدًا مع كل ذرة هيدروجين.
**الشكل 5a** يعرض بنية لويس لجزيء من الماء. تجدر الإشارة إلى أن ذرة الأكسجين لها رابطتين تساهمتين أحاديتين وزوجين من الإلكترونات غير المشتركة.

**المجموعة 15 والروابط الأحادية** تُكوّن عناصر المجموعة 15 ثلاث روابط تساهمية مع ذرات من اللافلزات. النيتروجين هو عنصر من عناصر المجموعة 15 له الترتيب الإلكتروني $1s^2 2s^2 2p^3$. الأمونيا لها ($NH_3$) ثلاث روابط تساهمية أحادية. ثلاث إلكترونات من النيتروجين ترتبط مع ثلاث ذرات هيدروجين تاركة زوجًا من الإلكترونات غير المشتركة على ذرة النيتروجين.
**الشكل 5b** يوضح بنية لويس لجزيء الأمونيا. يكون النيتروجين أيضًا مركبات مشابهة مع ذرات عناصر المجموعة 17، مثل: ثالث فلوريد النيتروجين ($NF_3$) وثالث كلوريد النيتروجين ($NCl_3$) و ثالث بروميد النيتروجين ($NBr_3$). تشارك كل ذرة من ذرات عناصر المجموعة 17 مع ذرة النيتروجين زوجًا من الإلكترونات.

**المجموعة 14 والروابط الأحادية** تكون ذرات عناصر المجموعة 14 أربع روابط تساهمية. يتكوّن جزيء الميثان ($CH_4$) عند ارتباط ذرة كربون مع أربع ذرات هيدروجين. الكربون هو عنصر من عناصر المجموعة 14 له الترتيب الإلكتروني $1s^2 2s^2 2p^2$. يحتاج الكربون، الذي له أربعة إلكترونات تكافؤ، إلى أربعة إلكترونات أخرى للوصول إلى الترتيب الإلكتروني للغاز النبيل. ولهذا، عندما يرتبط الكربون مع ذرات أخرى، فإنه يكون أربع روابط تساهمية. ونظرًا لأن ذرة الهيدروجين، وهو عنصر من عناصر المجموعة الأولى، له إلكترون تكافؤ واحد، فإن ذرة الكربون تحتاج إلى أربع ذرات هيدروجين لتوفير الأربعة إلكترونات التي تحتاجها. وتظهر بنية لويس للميثان في **الشكل 5c**. كما يكوّن الكربون أيضًا روابط تساهمية أحادية مع ذرات لافلزية أخرى من بينها تلك الموجودة في المجموعة 17.

Which of the following elements does NOT exists as a diatomic molecule?

أي من العناصر التالية لا يتواجد على صورة جزيء ثنائي الذرة؟

المخرجات التعليمية المرتبطة

- CHM.5.1.02.005

.a

Nitrogen النيتروجين

.b

Carbon الكربون

.c

Oxygen الأكسجين

.d

Hydrogen H. الهيدروجين

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

# الروابط التساهمية المتعددة

في بعض الجزيئات، تصل الذرات للترتيب الإلكتروني للغاز النبيل عندما تُشارك أكثر من زوج من الإلكترونات مع ذرة أو أكثر. تكوّن مشاركة أزواج الإلكترونات المتعددة روابط تساهمية متعددة. وتعتبر الرابطة التساهمية الثنائية والثلاثية أمثلة على الروابط المتعددة. وتكون غالبًا ذرات الكربون والنيتروجين والأكسجين والكبريت روابط متعددة مع اللافلزات. كيف تعرف إذا كانت ذرتان ستكونان رابطة متعددة؟ وبوجه عام، يساوي عدد إلكترونات التكافؤ المطلوب للوصول إلى قاعدة الثمانية عدد الروابط التساهمية التي يمكن أن تتكوّن.

**الروابط الثنائية** تتكوّن الرابطة التساهمية الثنائية عندما تتم مشاركة زوجين من الإلكترونات بين ذرتين. على سبيل المثال، تتواجد ذرات عنصر الأكسجين فقط في صورة جزيئات ثنائية الذرة. لكل ذرة أكسجين ستة إلكترونات تكافؤ وينبغي أن تحصل على إلكتروني إضافيين للوصول إلى توزيع الغاز النبيل كما هو موضح في **الشكل 8a**. تتكون الرابطة التساهمية الثنائية عندما تُشارك كل ذرة أكسجين إلكترونين؛ وتتم مشاركة إجمالي زوجين من الإلكترونات بين الذرتين.

**الروابط الثلاثية** تتكوّن الرابطة التساهمية الثلاثية عندما تتم مشاركة ثلاثة أزواج من الإلكترونات بين ذرتين. تحتوي جزيئات النيتروجين ثنائي الذرة ($N_2$) على رابطة تساهمية ثلاثية. تُشارك كل ذة نيتروجين ثلاثة أزواج من الإلكترونات مكونة رابطة ثلاثية مع ذرة نيتروجين أخرى كما هو موضح في **الشكل 8b**.

**الرابطة باي (π)** الروابط التساهمية المتعددة تتكون من رابطة سيجما مع رابطة باي واحدة على الأقل. تُمثل **رابطة باي** بالحرف اليوناني(π) وهي تتكوّن عندما تتداخل أفلاك جنبًا إلى جنب وتشترك في الإلكترونات. يشغل زوج الإلكترونات المشترك في رابطة باي المساحة أعلى وأسفل الخط الذي يمثل الموضع الذي ترتبط فيه الذرتين سويًا.

ومن المهم ملاحظة أن الجزيئات التي لديها روابط تساهمية متعددة تحتوي على روابط سيجما وباي. تتكون الرابطة التساهمية الثنائية كما هو موضح في **الشكل 9** من رابطة باي واحدة ومن رابطة سيجما. تتكون الرابطة التساهمية الثلاثية من رابطتين باي ومن رابطة سيجما واحدة.

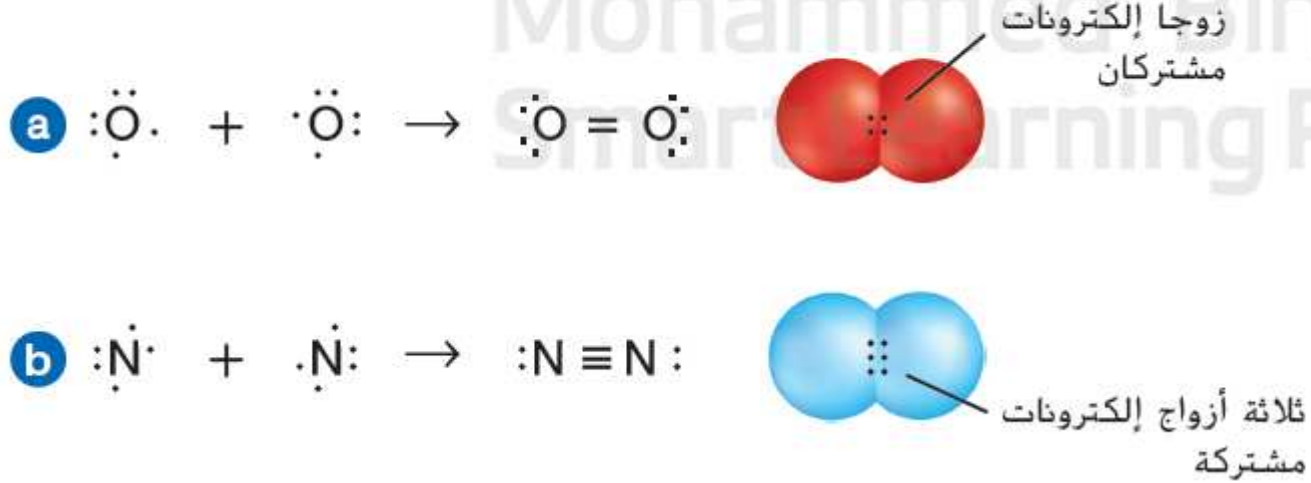
# قوة الروابط التساهمية

تذكر أن الرابطة التساهمية تشمل قوى تجاذب وتنافر. في أي جزيء، تجذب النوى والإلكترونات بعضها البعض، إلا أن النوى تتنافر مع النوى الأخرى وتتنافر الإلكترونات مع الإلكترونات الأخرى. عند اضطراب هذا التوازن من القوى، تنكسر أي رابطة تساهمية. ونظرًا لأن الروابط التساهمية تختلف في القوة، تنكسر بعض الروابط بسهولة مقارنة بالروابط الأخرى. وتؤثر العديد من العوامل الأخرى على قوة الروابط التساهمية.

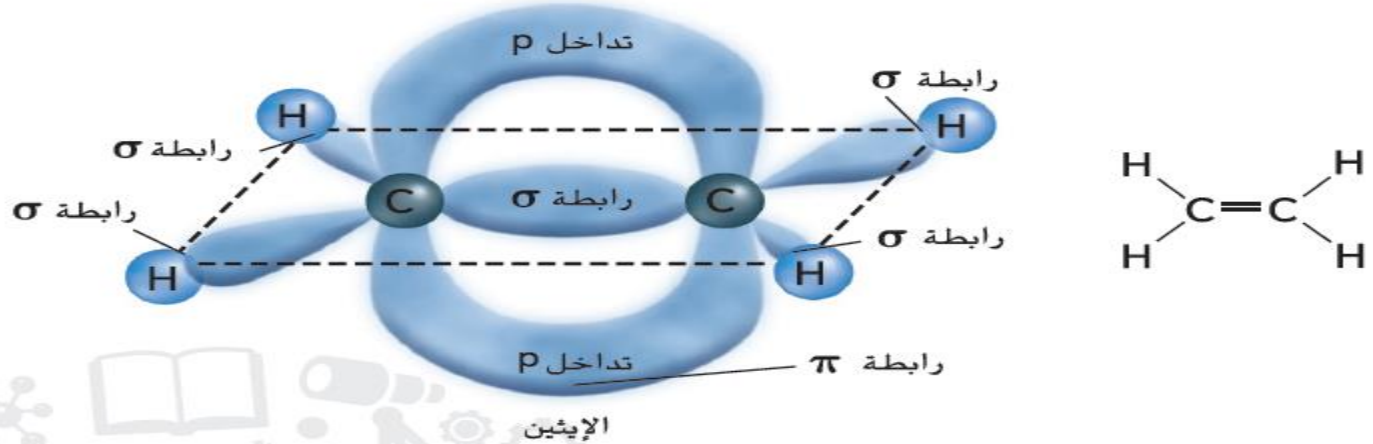
**طول الرابطة** تعتمد قوة الرابطة التساهمية على المسافة بين النوى المترابطة. ويُطلق على المسافة بين نواتين مترابطتين في موضع الحد الأقصى للجذب طول الرابطة كما هو موضح في **الشكل 10**. وهو يحدد بواسطة أحجام الذرتين المرتبطتين وعدد أزواج الإلكترونات المشتركة بينهما. تُدرج أطوال الرابطة لجزيئات الفلور ($F_2$) والأكسجين ($O_2$) والنيتروجين ($N_2$) في **الجدول 1**. لاحظ أنه عند زيادة عدد أزواج الإلكترونات المتشاركة، قصر طول الرابطة.

يرتبط طول الرابطة مع قوتها أيضًا: فكلما كان طول الرابطة قصيرًا، زدات قوتها. ولهذا، تكون الرابطة الأحادية، كما في $F_2$ أضعف من الرابطة الثنائية كما في $O_2$. وبالمثل تكون الرابطة الثنائية الموجودة في $O_2$ أضعف من الرابطة الثلاثية في $N_2$.

Mohammed Bin Rashid
Smart Learning Program




**الشكل 8** تتكوّن الروابط التساهمية المتعددة عندما تتشارك ذرتان في أكثر من زوج واحد من الإلكترونات. **a.** تكوّن ذرتا أكسجين رابطة ثنائية. **b.** تتكون رابطة ثلاثية بين ذرتي النيتروجين.

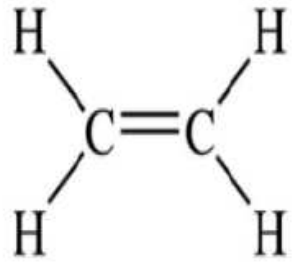



**الشكل 9** لاحظ كيف تتكون الرابطة المتعددة بين ذرتي الكربون في الإيثين ($C_2H_4$) من رابطة سيجما ورابطة باي. تتكون رابطة سيجما عن طريق تداخل الأفلاك الرأسي الرأسي مباشرة بين ذرتي الكربون. وتكون ذرات الكربون قريبة جدًا بحيث تتداخل (جنبًا إلى جنب) أفلاك p المتجاورة مكونة رابطة باي. وهذا ينتج سحابة على شكل حلقة حول الرابطة سيجما.

ومن المهم ملاحظة أن الجزيئات التي لديها روابط تساهمية متعددة تحتوي على روابط سيجما وباي. تتكون الرابطة التساهمية الثنائية كما هو موضح في **الشكل 9** من رابطة باي واحدة ومن رابطة سيجما. تتكون الرابطة التساهمية الثلاثية من رابطتين باي ومن رابطة سيجما واحدة.

How many sigma bonds ($\delta$) and pi bonds ($\pi$) are in ethene molecule $C_2H_4$ structure shown down?

كم عدد روابط سيجما ($\delta$) وروابط باي ($\pi$) الموجودة في صيغة جزيء الإيثين $C_2H_4$ المُبين أدناه؟



المخرجات التعليمية المرتبطة

- CHM.5.1.02.024

| | |
|---|---|
| 5 sigma and 1pi | 5 سيجما، و1 باي |
| 4 sigma and 1pi | 4 سيجما، و1 باي |
| 5 sigma and 2pi | 5 سيجما، و2 باي |
| 4 sigma and 2pi | 4 سيجما، و2 باي |

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows

The nitrogen element belongs to group **15** of the periodic table and has **5** valence electrons.

How nitrogen atoms achieve stability when forming the nitrogen molecule $N_2$?

A – Each nitrogen atom loses 3 electrons

B – Two nitrogen atoms share two pairs of electrons

C – Two nitrogen atoms share three pairs of electrons

ينتمي عنصر النيتروجين الى المجموعة **15** من الجدول الدوري ويمتلك **5** إلكترونات تكافؤ. كيف تحقق ذرّات النيتروجين إلإستقرار عند تكوين جزيء النيتروجين $N_2$؟

A – تفقد كل ذرة نيتروجين ثلاث الكترونات

B – تتشارك ذرتان نيتروجين زوجين من الإلكترونات

C – تتشارك ذرتان نيتروجين ثلاثة أزواج من الإلكترونات

D – تكتسب كل ذرة نيتروجين ثلاث الكترونات

Which of the following statements is correct based on the data in the table below?

A – The bond in $F_2$ is shorter than in $O_2$

B – The bond in $N_2$ is longer than in $O_2$

C – The bond in $N_2$ is longer than in $F_2$

D – The bond in $N_2$ is shorter than in $F_2$

أي العبارات الآتية صحيحة بالإستناد الى بيانات الجدول أدناه؟

A – الرابطة في $F_2$ أقصر منها في $O_2$

B – الرابطة في $N_2$ أطول منها في $O_2$

C – الرابطة في $N_2$ أطول منها في $F_2$

D – الرابطة في $N_2$ أقصر منها في $F_2$

| Molecule الجزيء | Bond-Dissociation Energy طاقة تفكك الرابطة |
|---|---|

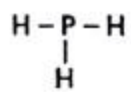
13 – عندما ترتبط ذرتا الفلور معًا كما في الشكل أدناه فإن:

- كل ذرة تمتلك ثمانية إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي
- كل ذرة تمتلك إلكترونين في مستوى الطاقة الخارجي
- تتكون رابطة أيونية بين ذرتي الفلور
- تفقد إحدى الذرتين إلكترونًا

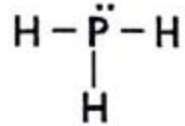
14 – ما هو الاسم الصحيح للمركب $P_2O_5$ ؟

- ثاني أكسيد خماسي الفوسفور
- خامس أكسيد ثنائي الفوسفور
- أكسيد خماسي الفوسفور
- ثنائي أكسيد الفوسفور

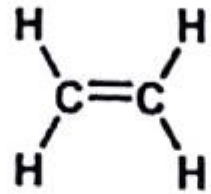
15 – أي من النماذج التالية يُعبر عن بنية لويس؟



$PH_3$



12 – في الجزيء الموضح في الشكل أدناه. كم عدد روابط سيجما وعدد روابط باي التي تتكون في الجزيء؟




- رابطة واحدة سيجما وخمس روابط باي
- ثلاث روابط سيجما ورابطتين باي
- رابطة واحدة باي وخمس روابط سيجما
- ثلاث روابط باي ورابطتين سيجما

**طول الرابطة** تعتمد قوة الرابطة التساهمية على المسافة بين النوى المترابطة. ويُطلق على المسافة بين نواتين مترابطتين في موضع الحد الأقصى للجذب طول الرابطة كما هو موضح في **الشكل 10**. وهو يحدد بواسطة أحجام الذرتين المرتبطتين وعدد أزواج الإلكترونات المشتركة بينهما. تُدرج أطوال الرابطة لجزيئات الفلور ($F_2$) والأكسجين ($O_2$) والنيتروجين ($N_2$) في **الجدول 1**. لاحظ أنه عند زيادة عدد أزواج الإلكترونات المتشاركة، قصر طول الرابطة.

يرتبط طول الرابطة مع قوتها أيضًا: فكلما كان طول الرابطة قصيرًا، زدات قوتها. ولهذا، تكون الرابطة الأحادية، كما في $F_2$ أضعف من الرابطة الثنائية كما في $O_2$. وبالمثل تكون الرابطة الثنائية الموجودة في $O_2$ أضعف من الرابطة الثلاثية في $N_2$.

☑ التأكد من فهم النص **اربط** نوع الرابطة التساهمية بطول الرابطة.

**الجدول 1 نوع الرابطة التساهمية وطول الرابطة**

| جزيء | نوع الرابطة | طول الرابطة |
|---|---|---|
| $F_2$ | تساهمية أحادية | $1.43 \times 10^{-10}$ m |
| $O_2$ | تساهمية ثنائية | $1.21 \times 10^{-10}$ m |
| $N_2$ | تساهمية ثلاثية | $1.10 \times 10^{-10}$ m |

**الجدول 2 طاقة تفكك الرابطة**

| جزيء | طاقة تفكك الرابطة |
|---|---|
| $F_2$ | 159 kJ/mol |
| $O_2$ | 498 kJ/mol |
| $N_2$ | 945 kJ/mol |

وتَشير ايضًا طاقة تفكك الرابطة إلى قوة اي رابطة كيمائية؛ وذلك بسبب العلاقة العكسية بين طاقة الرابطة وطولها. وكما تمت الإشارة إليه في **الجدول 1** **والجدول 2** فكلما قل طول الرابطة، زادت طاقة تفكك الرابطة. ويحدد مجموعة قيم طاقة تفكك الرابطة لجميع الروابط في أي جزيء مقدار الطاقة الكيميائية الكامنة في أي جزيء من ذلك المركب.

ويتم تحديد التغير الإجمالي في الطاقة لأي تفاعل كيميائي من طاقة الروابط المتفككة و المتكونة. يحدث **التفاعل الماص للحرارة** عندما يتطلب وجود كمية من الطاقة لكسر الروابط الموجودة في المواد المتفاعلة أكثر من الكمية الناتجة عند تكوين الروابط الجديدة في النواتج. يحدث **التفاعل الطارد للحرارة** عند تُطلق كمية كبيرة من الطاقة أثناء تكوّن الرابطة مقارنة بحجم الطاقة المطلوب لكسر الروابط في المواد المتفاعلة. **الشكل 11** يوضح تفاعل طارد للحرارة شائع. ستدرس التفاعلات الطاردة للحرارة والماصة للحرارة بمزيد من التفاصيل عند دراسة تغييرات الطاقة فى التفاعلات الكيميائية.

tement is true of the table shown down?

أي العبارات التالية صحيحة فيما يتعلق بالجدول أدناه؟

| Bond–Dissociation energy طاقة تفكك الرابطة | Bond length طول الرابطة | Molecule الجزيء |
|---|---|---|
| 159 kJ/mol | $1{,}43\times 10^{-10}m$ | $F_2$ |
| 498 kJ/mol | $1{,}21\times 10^{-10}m$ | $O_2$ |
| 945 kJ/mol | $1{,}10\times 10^{-10}m$ | $N_2$ |

.a

As bond length increases the bond dissociation energy increases

كلما زاد طول الرابطة كلما زادت طاقة تفكك الرابطة

.b

Single bond is the shortest and have the less bond dissociation energy

الرابطة الأحادية هي الأقصر ولها أقل طاقة تفكك

.c

Triple bond is the shortest and have the high bond dissociation energy

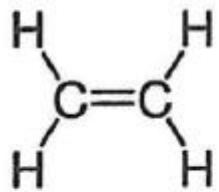
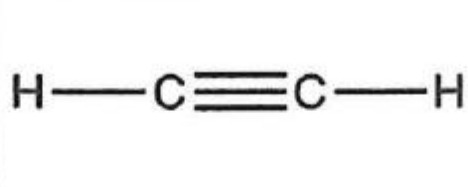
الرابطة الثلاثية هي الأقصر ولها أعلى طاقة تفكك

.d

As bond length decreases the bond dissociation energy decrease

كلما قل طول الرابطة كلما قلت طاقة تفكك الرابطة

11. أي مما يأتي صحيح فيما يتعلق بطاقة تفكك الرابطة بين ذرتي الكربون في كل من a و b؟

| b | a |
| --- | --- |
|  |  |

✍ تحتاج الرابطة في a طاقة أكبر من الرابطة في b

✍ تحتاج الرابطة في a طاقة أقل من الرابطة في b

✍ تحتاج الرابطة في a نفس الطاقة التي تحتاجها الرابطة في b

✍ تنكسر الروابط في كل a و b دون أي طاقة

BONUS 📖 استخدم الجدول التالي للإجابة عما يليه من أسئلة.

| الجزيء | طاقة تفكك الرابطة |
|---|---|
| $N_2$ | 945 kJ/ mol |
| $F_2$ | 159 kJ/ mol |
| $O_2$ | 498 kJ/ mol |

28 – رتب الجزيئات حسب طول الرابطة من الأقصر إلى الأطول:

(الأقصر) هو ..... ثم ..... ثم ..... ( الأطول )

29 – كم عدد أزواج الإلكترونات المشتركة في الجزيء $O_2$؟ .....

30 – كم عدد أزواج الإلكترونات المشتركة في الجزيء $N_2$؟ .....

| | | |
|---|---|---|
| 78, 79 | نص الكتاب+ مثال 2+ تطبيقات | CHM.5.1.01.014.03 يحدّد الصيغة الجزيئية لمركب من اسمه |
| | Textbook+ Example2+ Applications | |

1. يرد اسم العنصر الأول من الصيغة في النهاية، مع استخدام الاسم الكامل لهذا العنصر. **N هو رمز النيتروجين.**
2. ويدرج اسم العنصر الثاني من الصيغة باستخدام الجذر مع إضافة المقطع –يد. **O هو رمز الأكسجين وبالتالي فإن الكلمة الأولى هي أكسيد.**
3. تشير البادئات إلى عدد الذرّات المكونة لكل عنصر والموجودة في الصيغة. **الجدول 3** يحتوي على قائمة البادئات الأكثر استخداما. **هناك ذرّتا نيتروجين وذرّة أكسجين، وهكذا فإن المقطع الثاني هو ثنائي النيتروجين** والمقطع الأول هو **أول أكسيد.**

هناك استثناءات في استخدام البادئات مبينة في**الجدول 3**. العنصر الأول في الصيغة لا يستخدم البادئة أحادي. على سبيل المثال، CO هو أول أكسيد الكربون، وليس أول أكسيد أحادي الكربون. كذلك، عند كتابة البادئة في بداية الاسم نستخدم أول ، ثاني ، ثالث ، رابع ، خامس بدلًا من أحادي ،ثنائي ،ثلاثي ،رباعي ، خماسي على الترتيب..

## مثال 2

**تسمية المركبات الجزيئية الثنائية** قم بتسمية المركب $P_2O_5$، والمستخدم كعامل تجفيف وتجفاف.

### 1 حلل المسألة

أُعطيت صيغة المركب. تحتوي الصيغة على عناصر وعدد ذرات كل عنصر في جزيء المركب. ونظراً لوجود عنصرين مختلفين فقط وكلاهما من اللافلزات، يمكن تسمية المركب باستخدام قواعد تسمية المركبات الجزيئية الثنائية.

### 2 حساب المجهول

أولاً، قم بتسمية العناصر المشتركة في المركب.

فوسفور **العنصر الأول، الممثل بالحرف P، هو الفوسفور.**

أكسيد **العنصر الثاني في الصيغة، الممثل بالحرف O، هو الأكسجين. أضف المقطع -يد إلى جذر الأكسجين.**

أكسيد الفوسفور **ضم الاسمين.**

الآن عدل الأسماء للإشارة إلى عدد الذرات الموجودة في الجزيء.

**خامس أكسيد ثنائي الفوسفور** **من الصيغة $P_2O_5$، أنت تعلم أن ذرتي فوسفور وخمس ذرات أكسجين تكوّن جزيء المركب.**

### 3 قيّم الإجابة

يوضح اسم خامس أكسيد ثنائي الفوسفور أن الجزيء من المركب يحتوي على ذرتين فوسفور وخمس ذرات أكسجين، وهذا ما يتوافق مع الصيغة الكيميائية للمركب، $P_2O_5$.

## تطبيقات

**اكتب اسم كل مركّب من المركّبات الثنائية التساهمية الواردة أدناه.**

14. $CO_2$

**ثاني اكسيد الكربون**

15. $SO_2$

**ثاني اكسيد الكبريت**

16. $NF_3$

**ثالث فلوريد النيتروجين**

17. $CCl_4$

**رابع كلوريد الكربون**

18. تحدّي ما صيغة ثالث أكسيد ثنائي الزرنيخ؟

$As_2O_3$

| What is the name of the molecular compound $S_2F_{10}$? | ما اسم المركّب الجزيئي ذي الصيغة $S_2F_{10}$؟ |
|---|---|
| A –Decasulfur Difluoride | A – ثاني فلوريد عُشاري الكبريت |
| B –Disulfur Decafluoride | B – عاشر فلوريد ثنائي الكبريت |
| C – Difluoride decaselenium | C – ثاني فلوريد عُشاري السيلينيوم |
| D – Difluoride diselenium | D – عاشر فلوريد ثنائي السيلينيوم |

12. ما صيغة ثالث أكسيد ثنائي الفوسفور؟

$2PO_3$ ✍ $P_3O$ ✍ $P_2O_3$ ✍ $P_3O_2$ ✍

is the incorrect name of the chemical formula
n in front of it?

ما الاسم غير الصحيح للصيغة الكيميائية المكتوبة أمامه؟

المخرجات التعليمية المرتبطة

- CHM.5.1.01.012

.a

$N_2H_4$: Dinitrogen tetrahydride

$N_2H_4$ : رباعي هيدريد ثنائي النيتروجين

.b

$CCl_4$: Carbon tetrachloride

$CCl_4$ : رابع كلوريد الكربون

.c

$SiO_2$: Silicon dioxide

$SiO_2$ : ثاني أكسيد السيلكون

.d

$P_2O_5$: Penta phosphide dioxide

$P_2O_5$ : خامس فوسفيد ثنائي الأكسجين

22 – أكمل فراغات الجدول التالي بكتابة اسم المركب أو صيغته.

| اسم المركب | الصيغة |
| --- | --- |
| رابع كلوريد الكربون | ..... |
| ..... | $H_2SO_4$ |
| عاشر فلوريد ثنائي الكبريت | ..... |
| ..... | $SO_2$ |
| كلوريد النحاس ( II ) | ..... |

| | | |
|---|---|---|
| 80 , 81 | نص الكتاب + الجدول 4 و 5 + تطبيقات<br>Textbook + Tables 4 & 5+ Applications | CHM.5.1.01.014.04 يصف الفرق بين حمض ثنائي وحمض أكسجيني |

icid

**تسمية الأحماض الثنائية** الحمض الثنائي يحتوي على الهيدروجين و عنصر واحد آخر. تشرح القواعد التالية التسمية الشائعة للحمض الثنائي المعروف بحمض الهيدروكلوريك.

1. تضم الكلمة الثانية البادئة هيدرو التي تشير لمكوّن الهيدروجين من المركّب. بقية الكلمة الثانية هي اسم العنصر الثاني مع إضافة المقطع "يك". **HCl** (الهيدروجين والكلور) تصبح **هيدروكلوريك**
2. الكلمة الأولى هي دائمًا حمض. وبالتالي فإن **HCl** في المحلول المائي يسمّى **حمض الهيدروكلوريك**.

رغم أن مفردة ثنائي تشير تحديدًا إلى عنصرين، فإن عددًا قليلًا من الأحماض التي تحتوي على أكثر من عنصرين تتم تسميتها وفقًا لقواعد تسمية الأحماض الثنائية. إذا غاب الأكسجين عن صيغة المركّب الحمضي، يسمى الحمض بنفس الطريقة التي تسمى بها الأحماض الثنائية. غير أن الجزء الثاني من الاسم هو اسم الأيون متعدد الذرّات الذي يتضمنه الحمض. على سبيل المثال، **HCN**، والمتكون من الهيدروجين وأيون السيانيد، يسمّى حمض الهيدروسيانيك في المحلول.

**تسمية الأحمـاض الأكسجينية** الحمض الذي يحتوي على ذرة هيدروجين وأنيون أكسجيني يشار إليه باسم **حمض أكسجيني**. تذكر بأن الأنيون الأكسجيني هو أيون متعدد الذرات يحتوي على ذرّة واحدة أو أكثر من ذرّات الأكسجين. تشرح القواعد التالية طريقة تسمية حمض النيتريك ($HNO_3$)، وهو حمض أكسجيني .

1. أولا، تعرّف على الأنيون الأكسجيني الموجود. تتمثل الكلمة الثانية من اسم حمض أكسجيني في جذر كلمة الأيون الأكسجيني مع البادئة "بير " أو "هيبو" إذا كانت جزءًا من اسم الأنيون الأكسجيني. تحتوي الكلمة الثانية من اسم الحمض الأكسجيني أيضًا على مقطع يعتمد على مقطع الأنيون الأكسجيني. إذا كان اسم الأنيون الأكسجيني ينتهي بالمقطع "ات"، يستبدل بالمقطع "يك". إذا كان اسم الأنيون الأكسجيني ينتهي بالمقطع"يت"، يستبدل بالمقطع"وز". $NO_3^-$، أيون النيترات يصبح نيتريك.
2. الكلمة الأولى من الاسم هي دائمًا حمض. $HNO_3$ (الهيدروجين وأيون النيترات) يصبح حمض النيتريك.

**الجدول 4 تسمية الأحماض الأكسجينية**

| مركّب | أنيون أكسجيني | المقطع | اسم الحمض |
|---|---|---|---|
| $HClO_3$ | كلورات | -يك | حمض الكلوريك |
| $HClO_2$ | كلوريت | -وز | حمض الكلوروز |
| $HNO_3$ | نيترات | -يك | حمض النيتريك |
| $HNO_2$ | نيتريت | -وز | حمض النيتروز |

What is the formula of chloric acid?

A – $HClO_3$

B – $HClO_2$

C – HClO

D – HCl

ما صيغة حمض الكلوريك؟

$HClO_3$ – A

$HClO_2$ – B

HClO – C

HCl – D

Which is the correct chemical formula represents chloric acid?

ما الصيغة الكيميائية الصحيحة التي تُمثل حمض الكلوريك؟

المخرجات التعليمية المرتبطة

- CHM.5.1.01.012

a. $HClO_3$

b. $HClO_2$

c. $HCl$

d. $HOCl$

**الجدول 5 صيغ وأسماء بعض المركّبات التساهمية.**

| الصيغة | الاسم الشائع | اسم المركّب الجزيئي |
|---|---|---|
| $H_2O$ | الماء | أول أكسيد ثنائي الهيدروجين |
| $NH_3$ | الأمّونيا | ثالث هيدريد النيتروجين |
| $N_2H_4$ | الهيدرازين | رباعي هيدريد ثنائي النيتروجين |
| $HCl$ | حمض المورياتيك | حمض الهيدروكلوريك |
| $C_9H_8O_4$ | أسبيرين | حمض الأستيل سالسيليك |

# كتابة الصيغ انطلاقا من الأسماء

يكشف اسم المركّب الجزيئي عن تركيبه وهو مهمّ في التعبير عن طبيعة المركّب. انطلاقًا من اسم أي جزيء ثنائي، نستطيع كتابة الصيغة الكيميائية الصحيحة. تشير البادئات الواردة في أي اسم إلى العدد الصحيح لكل ذرّة توجد في الجزيء وتحدد الأرقام السفلية المستخدمة في كل صيغة. إذا كنت تواجه صعوبات في كتابة الصيغ انطلاقًا من أسماء المركّبات الثنائية، قد ترغب في مراجعة قواعد التسمية الواردة في بداية هذا القسم.

يمكن اشتقاق صيغة حمض ما من اسمه. من المفيد أن نتذكّر أن كافة الأحماض الثنائية تحتوي على الهيدروجين مع عنصر آخر. بالنسبة للأحماض الأكسجينية– وهي الأحماض التي تحتوي على الأنيونات الأكسجينية– سوف تحتاج لمعرفة أسماء الأنيونات الأكسجينية الشائعة. إذا احتجت لمراجعة أسماء الأنيونات الأكسجينية، انظر **الجدول 9** من الوحدة السابقة.

## تطبيقات

**اكتب صيغة كل مركّب من المركبات التالية:**

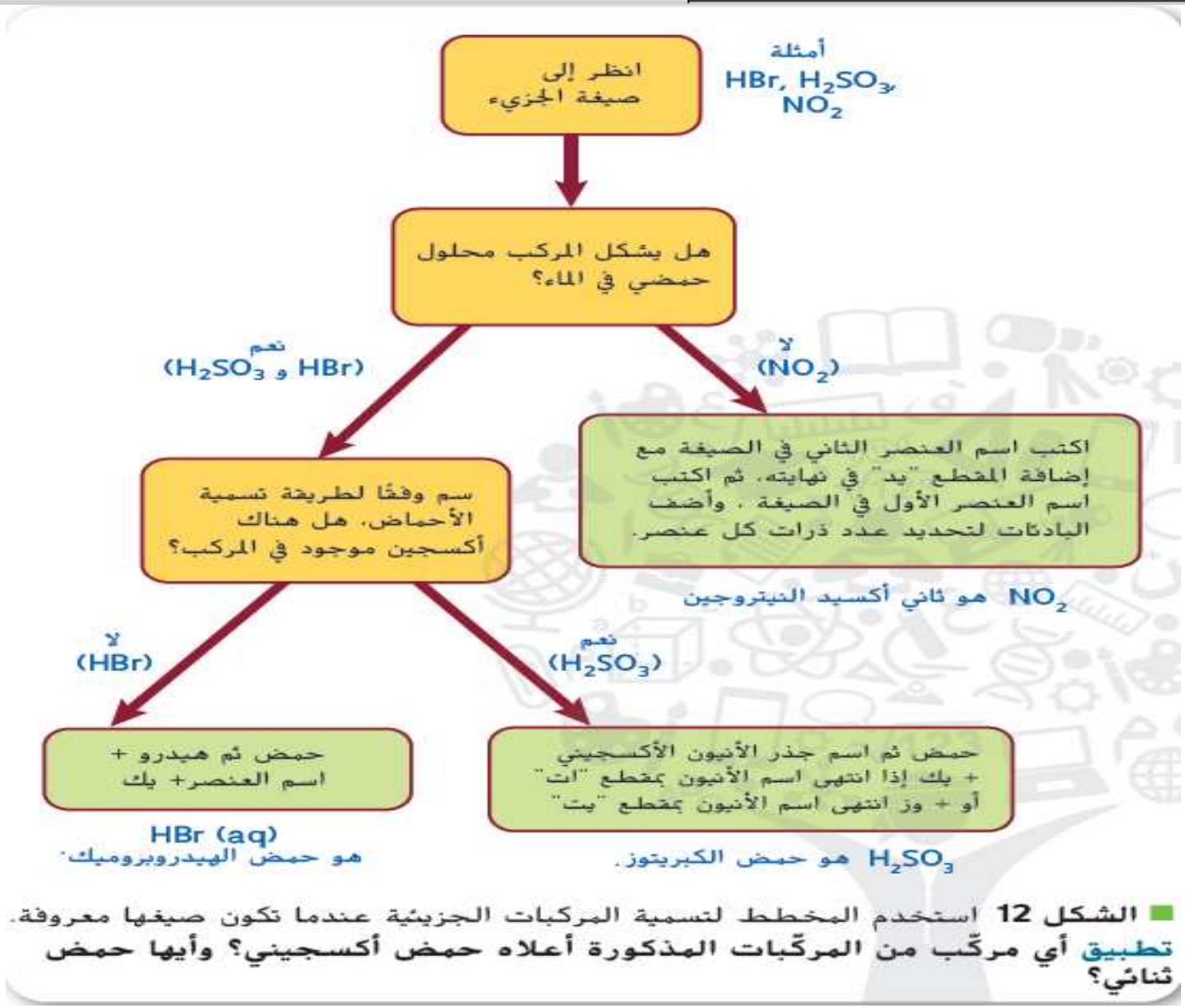
25. كلوريد الفضة **AgCl**
26. أول أكسيد ثنائي الهيدروجين **H2O**
27. ثالث فلوريد الكلور **ClF3**
28. ثالث أكسيد ثنائي الفوسفور **P2O3**
29. عاشر فلوريد ثنائي الكبريت **S2F10**
30. **تحدّي** ما صيغة حمض الكربونيك؟ **H2CO3**

## تطبيقات

**اكتب أسماء الأحماض التالية:**

19. $HClO_3$ **حمض الكلوريك**
20. HI **حمض الهيدرو يوديك**
21. $HClO_2$ **حمض الكلوروز**
22. $H_2SO_4$ **حمض الكبريتيك**
23. $H_2S$ **حمض الهيدروكبريتيك**
24. **تحدّي** ما صيغة حمض البيريوديك؟

| | | |
|---|---|---|
| CHM.5.1.01.014.02 يسمّي مركب جزيئي ثنائي بناءً على صيغته الجزيئية (حتى عشرة ذرّات كربون-) | نص الكتاب + مسائل + مراجعة | 81, 82 |
| ular compound based on its molecular formula (up to deca-) | Textbook+ Applications+ Review | |




**الشكل 12** استخدم المخطط لتسمية المركبات الجزيئية عندما تكون صيغها معروفة.
**تطبيق أي مركّب من المركّبات المذكورة أعلاه حمض أكسجيني؟ وأيها حمض ثنائي؟**

36. **اكتب** الصيغة الجزيئية لكل مركّب من المركّبات الواردة أدناه.

أ. ثالث أكسيد ثنائي النيتروجين **$N_2O_3$**

ب. اول اكسيد النيتروجين **NO**

ج. حمض الهيدروكلوريك **HCl**

د. حمض الكلوريك **$HClO_3$**

هـ. حمض الكبريتيك **$H_2SO_4$**

و. حمض الكبريتوز **$H_2SO_3$**

35. **طبّق** اكتب الصيغة الجزيئية لكل من المركبات التالية: حمض اليوديك، ثالث أكسيد ثنائي الكبريت، أول أكسيد ثنائي النيتروجين،وحمض الهيدروفلوريك.

**حمض اليوديك : $HIO_3$**

**ثالث اكسيد ثنائي الكبريت : $S_2O_3$**

**اول اكسيد ثنائي النيتروجين:$N_2O$**

**حمض الهيدروفلوريك:HF**

34. **طبّق** صف كيف يمكنك تسمية الجزيء $N_2O_4$، باستخدام نظام قواعد تسمية المركبات الجزيئية. **رابع اكسيد ثنائي النيتروجين**

29 -أكمل الجدول التالي.

| اسم المركب | الصيغة |
|---|---|
| كبريتيد الألمنيوم | ..... |
| نيترات المغنيسيوم | ..... |
| كرومات الفضة | ..... |
| الأمونيا | ..... |
| حمض الهيدرويوديك | ..... |

30 -أكمل الجدول التالي.

| وجه المقارنة | المركبات الأيونية | المركبات التساهمية | المواد الفلزية |
|---|---|---|---|
| درجات الانصهار والغليان | ..... | ..... | ..... |
| حالتها عند درجة حرارة الغرفة | ..... | ..... | ..... |

## مثال 4

**بنية لويس للمركب التساهمي ذي الروابط المتعددة**

ثاني أكسيد الكربون هو ناتج التنفس الخلوي. ارسم بنية لويس لثاني أكسيد الكربون($CO_2$).

**1 حلل المسألة**

يتكون جُزيء ثاني أكسيد الكربون من ذرة كربون واحدة وذرتي أكسجين. ونظرًا لأن الكربون له قوة جذب ضعيفة للإلكترونات المشتركة، فإن الكربون هو الذرة المركزية بينما ذرتا الأكسجين ذرات طرفية.

**2 حساب المجهول**

ابحث عن إجمالي عدد إلكترونات التكافؤ المتوفرة للترابط.

$$1\ \text{C atom} \times \frac{4\ \text{valence electrons}}{1\ \text{C atom}} + 2\ \text{O atoms} \times \frac{6\ \text{valence electron}}{1\ \text{O atom}}$$

يتوفر 16 إلكترون تكافؤ للربط.

حدد إجمالي عدد أزواج الربط عن طريق قسمة عدد الإلكترونات المتوفرة على اثنين.

$$\frac{16\ \text{electrons}}{2\ \text{electrons/pair}} = 8\ \text{pairs}$$

تتوفر ثمانية أزواج من الإلكترونات للترابط.

ضع زوج الترابط (رابطة أحادية) بين ذرة الكربون المركزية وكل ذرة أكسجين طرفية.

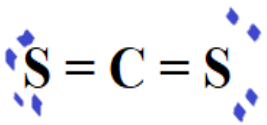
O — C — O

حدد عدد أزواج الإلكترونات المتبقية. اطرح عدد الأزواج المستخدمة في هذه الروابط من إجمالي عدد أزواج الإلكترونات المتوفرة.

8 أزواج الإجمالي – زوجين مستخدم
– 6 أزواج متبقية

اطرح عدد الأزواج المستخدمة في هذه الروابط من إجمالي عدد أزواج الإلكترونات المتوفرة.

أضف ثلاثة أزواج غير مرتبطة لكل ذرة أكسجين طرفية.



حدد عدد أزواج الإلكترونات المتبقية.

6 أزواج متوفرة – 6 أزواج مستخدمة
– 0 زوج متبقي

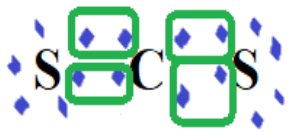
اطرح الأزواج غير المرتبطة من الأزواج المتوفرة.

## تطبيقات

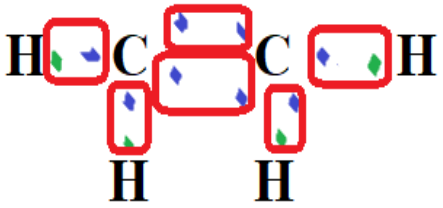
39. ارسم بنية لويس للإيثيلين، $C_2H_4$.
40. **تحدي** يحتوي جزيء من ثاني كبريتيد الكربون على كل من الأزواج غير المرتبطة والروابط التساهمية المتعددة. ارسم بنية لوريس الخاص به.

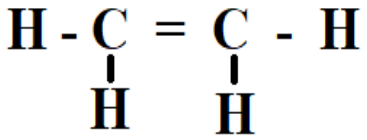
**ثاني كبرتيد الكربون**

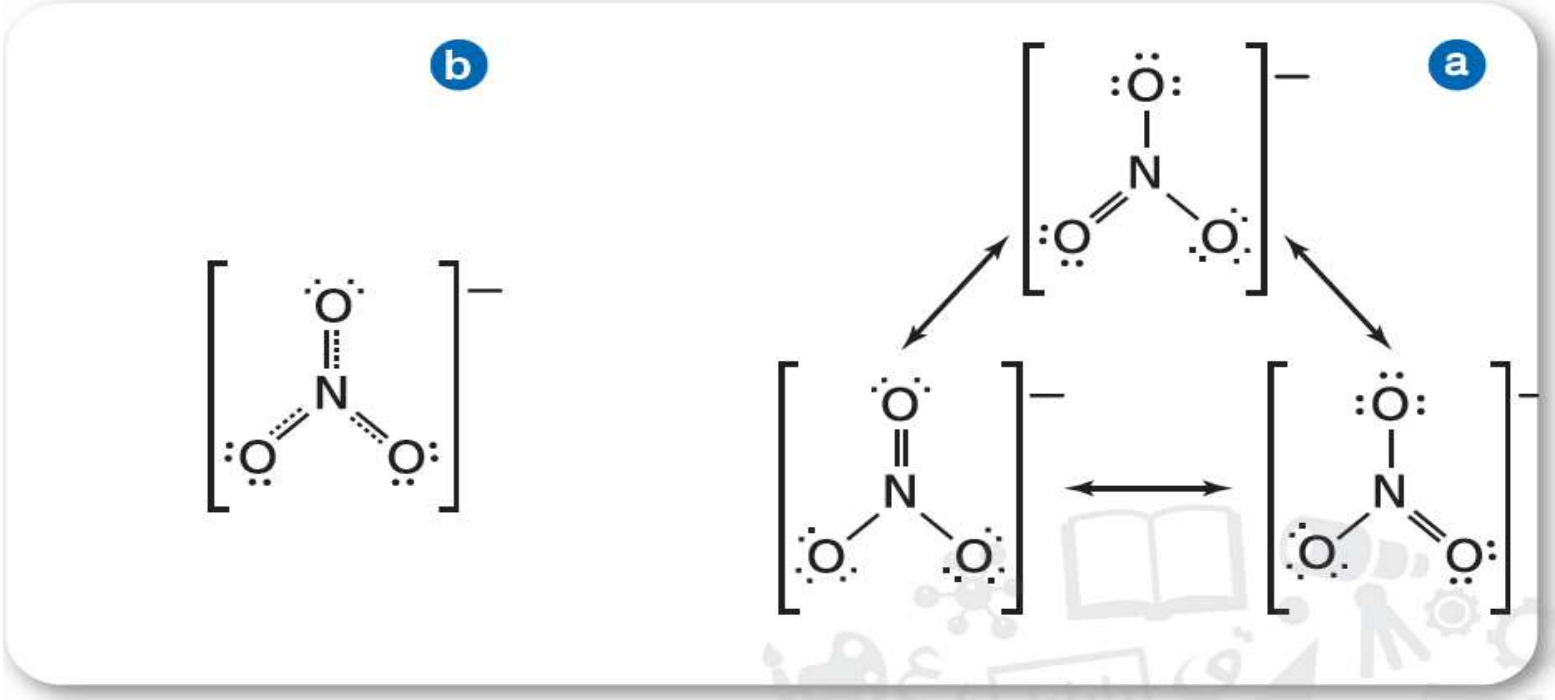
**CS2**



**C2H2**








■ **الشكل 14** أيون النيترات ($NO_3^-$) يظهر خصائص رنين. **a.** تختلف تراكيب الرنين هذه فقط في موقع الرابطة الثنائية. مواقع ذرات النيتروجين والأكسجين تبقى كما هي. **b.** يشبه أيون النيترات الفعلي متوسط تراكيب الرنين الثلاث. في **a.** تُشير الخطوط المنقطة إلى المواقع المحتملة للرابطة الثنائية.

## تراكيب الرنين

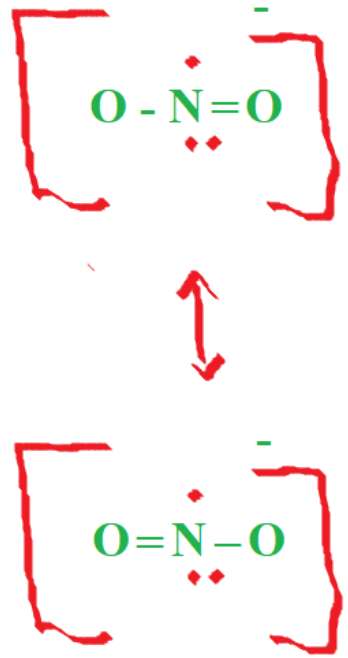
باستخدام نفس ترتيب الذرات، من الممكن امتلاك أكثر من بنية لويس صحيحة عندما يكون للجزيء أو الأيون متعدد الذرات رابطة أحادية وثنائية. لننظر إلى أيون النيترات متعدد الذرات ($NO_3^-$)، المعروض في **الشكل 14a**. يمكن استخدام ثلاث تراكيب متكافئة لتمثيل أيون النيترات.

**الرنين** هي حالة تحدث عندما تكتب أكثر من بنية لويس صحيحة لجزيء أو أيون. يُشار إلى بنيتين أو أكثر من بُنى لويس التي تمثل جزيء مفرد أو أيون على

## تطبيقات

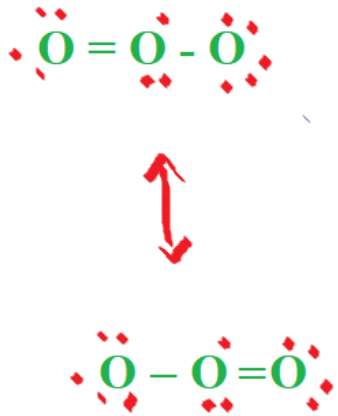
ارسم تراكيب الرنين للجزيئات الآتية:

43. $NO_2^-$

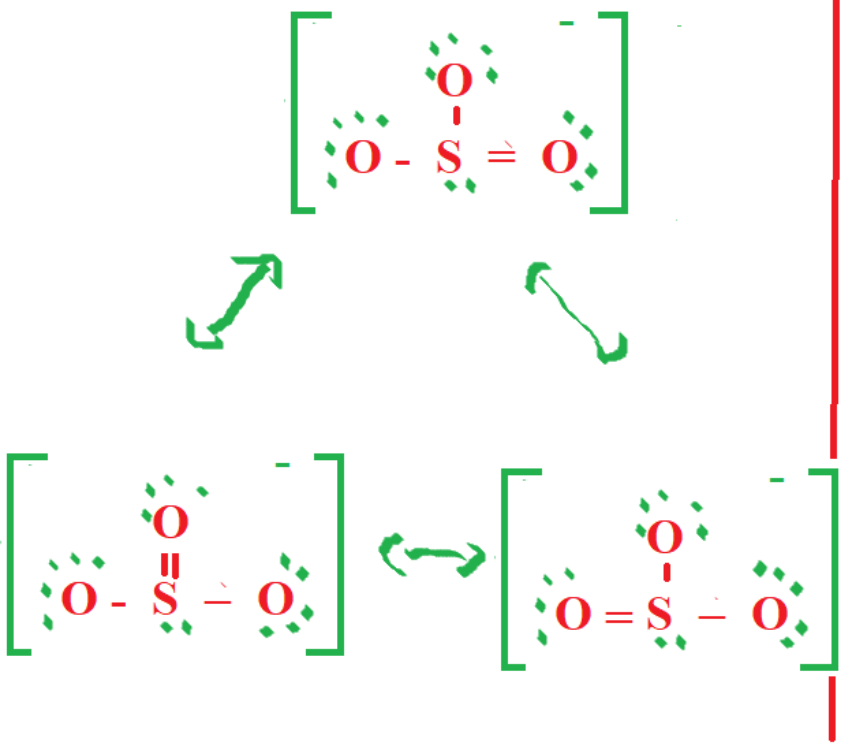


44. $SO_2$

45. $O_3$



46. **تحدى** ارسم تراكيب الرنين للأيون $SO_3^{2-}$.

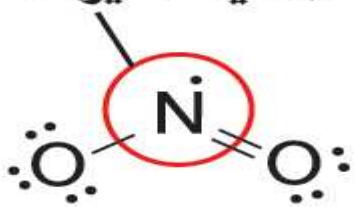


# استثناءات لقاعدة الثمانية

تحصل الذرات بوجه عام على ثمانية إلكترونات عندما ترتبط بذرات أخرى. ومع ذلك لا تتبع بعض الجزيئات والأيونات قاعدة الثمانية. هناك عدة أسباب لهذه الاستثناءات.

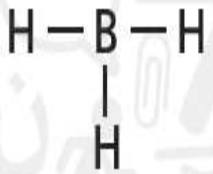
**العدد الفردي من إلكترونات التكافؤ** أولاً، قد يكون لمجموعة صغيرة من الجزيئات عدد فردي من إلكترونات التكافؤ وتكون غير قادرة على تكوين ثمانية إلكترونات حول كل ذرة. على سبيل المثال، $NO_2$ له خمسة إلكترونات تكافؤ من النيتروجين و12 من الأكسجين بحيث يكون الإجمالي 17 إلكترونًا والذي لا يمكنه أن يكون عدد صحيح من أزواج الإلكترونات. راجع **الشكل 15.** مركبا $ClO_2$ و$NO$ هما مثالان آخرين على الجزيئات التي لها أعداد فردية من إلكترونات التكافؤ.

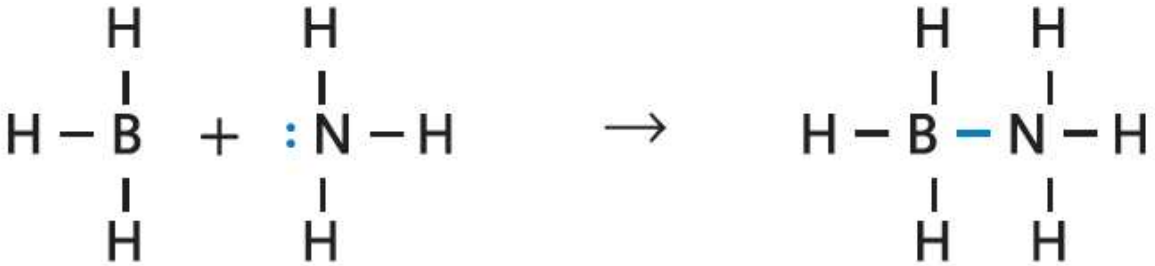
**الشكل 15** لا تحقق ذرة النيتروجين المركزية في مركب $NO_2$ قاعدة الثمانية؛ حيث إن ذرة النيتروجين لها فقط سبعة إلكترونات في مستوى الطاقة الخارجي الخاص بها.




## الثمانيات الفرعية والروابط التساهمية التناسقية

وهناك استثناء آخر لقاعدة الثمانية يرجع إلى عدة مركبات تكوّن الثمانيات الفرعية - حيث تكون التوزيعات المستقرة بأقل من ثماني إلكترونات موجودة حول كل ذرة. هذه المجموعة نادرة نسبيًا، ويُعد $BH_3$ مثالا على ذلك. البورون، شبه فلز يقع في المجموعة 13 يكون ثلاث روابط تساهمية مع ذرات لافلزية أخرى.





ذرة البورون ليست بها إلكترونات تشارك بها، في حين أن ذرة النيتروجين بها إلكترونان تشارك بهما.

ذرة النيتروجين تشارك بإلكترونيها لتكون رابطة تساهمية تناسقية.

**الشكل 16** في هذا التفاعل بين ثالث هيدريد البورون ($BH_3$) والأمونيا ($NH_3$)، تمنح ذرة النيتروجين الإلكترونين اللذين يتشارك بهما البورون والنيتروجين مكوّنة رابطة تساهمية تناسقية.

**فسر هل تحقق الرابطة التساهمية التناسقية في الجزيء الناتج قاعدة الثمانية؟**

**الثمانيات الموسعة** تمتلك المجموعة الثالثة من المركبات التي لا تتبع قاعدة الثمانية ذرات مركزية تحتوي على أكثر من ثمانية إلكترونات تكافؤ. ويُشار إلى الترتيب الإلكتروني هذا بالثمانيات الموسعة. يمكن شرح قاعدة الثمانيات الموسعة بالنظر إلى أفلاك d التي توجد في مستويات طاقة العناصر في الدورة الثالثة أو أعلى. ومن الأمثلة على قاعدة الثمانيات الموسعة، كما هو موضح في **الشكل 17** تكون الرابطة في جزيء $PCl_5$. تتكوّن الروابط الخمس من عشرة إلكترونات مشتركة في فلك واحد s وثلاثة أفلاك p وفلك واحد d. ومن الأمثلة الأخرى أيضًا $SF_6$ والذي يمتلك ست روابط تشارك 12 إلكترونًا في الفلك s وثلاثة أفلاك p وفلكين d. عند رسم هياكل لويس لهذه المركبات، تتم إضافة إما أزواج غير مرتبطة إضافية إلى الذرة المركزية أو وجود أكثر من أربع روابط في

**الشكل 17** قبل تفاعل $PCl_3$ و$Cl_2$، فإن كل ذرة متفاعلة تتبع قاعدة الثمانية. بعد التفاعل، يكون للناتج $PCl_5$، ثمانيات موسعة تحتوي على عشرة إلكترونات.

| | | |
|---|---|---|
| 89, 90 | نص الكتاب + الأشكال 16 و 17 + تطبيقات | CHM.5.1.02.002 يرسم بنى لويس لعدد من الجزيئات والأيونات |
| | Textbook+ Figures16, 17 + Applications | |

## مثال 6

**بنية لويس: استثناءات قاعدة الثمانية** الزينون هو غاز نبيل يكوّن عدة مركبات عند تفاعله مع اللافلزات التي تجذب الإلكترونات بشدة. ارسم بنية لويس لرابع فلوريد الزينون ($XeF_4$).

### 1 حلل المسألة

أُعطيت بيانات مفادها أن جزيء من رابع فلوريد الزينون يتكون من ذرة زينون واحدة وأربع ذرات فلور. يمتلك الزينون قوة جذب ضعيفة للإلكترونات، وبالتالي فهو الذرة المركزية.

### 2 حساب المجهول

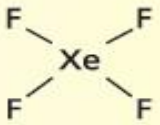
أولاً، ابحث عن إجمالي عدد إلكترونات التكافؤ.

$$1\ \text{Xe atom} \times \frac{8\ \text{valence electrons}}{1\ \text{Xe atom}} + 4\ \text{F atoms} \times \frac{7\ \text{valence electron}}{1\ \text{F atom}} = 36\ \text{valence electrons}$$

حدد إجمالي عدد أزواج الربط.

$$\frac{36\ \text{electrons}}{2\ \text{electrons/pair}} = 18\ \text{pairs}$$

استخدم أزواج الربط الأربعة لربط أربع ذرات F بذرة Xe المركزية.



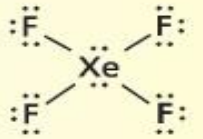

حدد عدد الأزواج المتبقية

$$18\ \text{pairs available} - 4\ \text{pairs used} = 14\ \text{pairs available}$$

أضف ثلاثة أزواج لكل ذرة F للوصول إلى قاعدة الثمانية. حدد عدد الأزواج المتبقية.

$$14\ \text{pairs} - 4\ \text{F atoms} \times \frac{3\ \text{pairs}}{1\ \text{F atom}} = 2\ \text{pairs unused}$$

ضع الزوجين المتبقيين على ذرة الزينون المركزية.




### 3 تقييم الإجابة

تعطي هذه البنية ذرة الزينون 12 إلكترونًا وذلك وفقًا لقاعدة الثمانيات الموسعة. مركبات الزينون، مثل $XeF_4$ المعروضة هنا، سامة لأنها نشطة كيميائيًا للغاية.

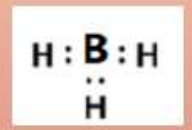
13. لماذا يُعتبر المركب $NO_2$ من استثناءات قاعدة الثمانية؟

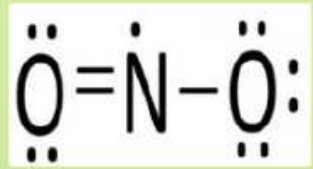
الأعداد الذرية (N = 7 , O = 8)

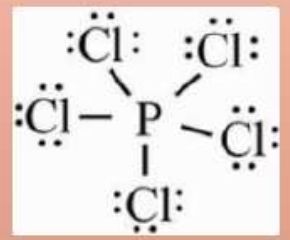
- بسبب الثمانيات الموسعة
- لوجود عدد فردي من إلكترونات التكافؤ
- بسبب الثمانيات الفرعية والروابط التساهمية التناسقية
- لوجود زوج حر من الإلكترونات حول ذرة النيتروجين

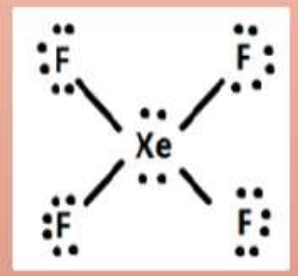
of the following is excepted from the octet cause odd number of valence electrons?

أي من التالية شستثنى من قاعدة الثمانيات بسبب وجود عدد فردي من إلكترونات التكافؤ؟



## تطبيقات

ارسم بنية لويس وفقًا لقاعدة الثمانيات الموسعة لكل جزيء.

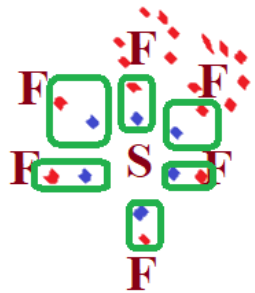
47. $ClF_3$

48. $PCl_5$

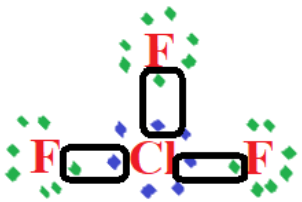
49. **تحدي** ارسم بنية لويس للجزيء المكوّن من ارتباط ست ذرات فلور وذرة كبريت واحدة بروابط تساهمية.

برنامج محمد بن راشد

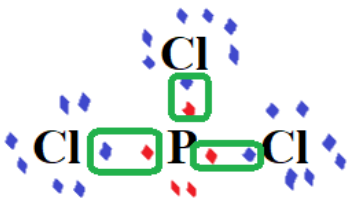
49 SF6

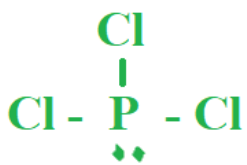


ClF3



PCl

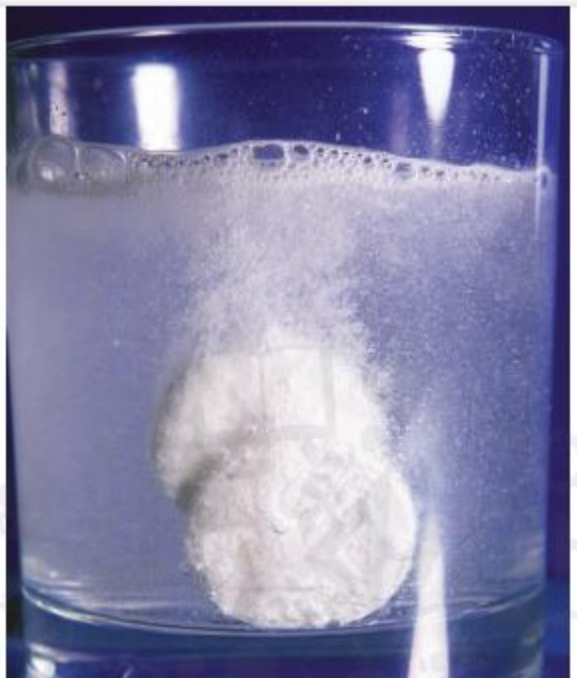


| | | |
|---|---|---|
| CHM.5.3.01.014.02 يحدّد المؤشرات المختلفة (أو الأدلة المادية) التي تشير إلى احتمال حدوث تفاعل كيميائي<br>ns (or physical evidences) that indicate that a chemical reaction may be taking place | نص الكتاب<br>Textbook | 112, 113 |

العملية التي يعاد فيها ترتيب الذرات في مادة أو أكثر لتكوين مواد مختلفة تسمى **التفاعل الكيميائي**. التفاعل الكيميائي هو تسمية أخرى للتغير الكيميائي

**الشكل 2** تبين كل من هذه الصور دل
على حدوث تفاعلًا كيميائيًا.
**صف الدليل الوارد في كل من الصور**
**والذي يشير إلى أن تفاعلًا كيميائيًا قد**
**حدث.**



**ادلة حدوث التفاعل الكيميائي**

**1- تغير لون**

**2- تغير درجة الحرارة**

**3- خروج غاز (رائحة)**

**4- تكوين راسب**

| | | |
|---|---|---|
| 114, 115, 117 | نص الكتاب+ الشكل 4 والشكل 5<br>Textbook+ Figures 4 +5 | CHM.5.3.01.014.04 يحدّد المواد المتفاعلات والنواتج في معادلة كيميائية |

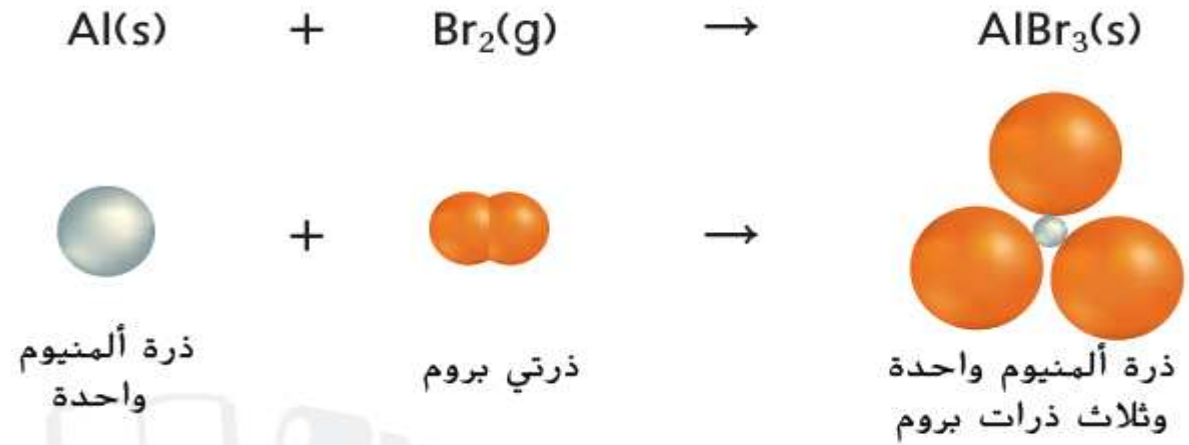
يستخدم الكيميائيون عبارات تسمى "المعادلات" لتمثيل التفاعلات الكيميائية. تُظهر المعادلات **المتفاعلات** الداخلة في التفاعل، وهي المواد التي تبدأ بالتفاعل، **والنواتج**، وهي المواد التي تكونت خلال التفاعل. لا تعبر المعادلات الكيميائية عن معادلات عددية كما في الرياضيات لأن المتفاعلات تُستهلك أثناء تكوّن النواتج في التفاعلات الكيميائية. بل عوضًا عن ذلك تُظهر المعادلات التي يستخدمها الكيميائيون الاتجاه الذي يسلكه التفاعل. وبالتالي يُستعمل السهم بدلًا من إشارة المساواة لفصل المتفاعلات عن النواتج. ويُقرأ السهم تتفاعل لتنتج أو تعطي. تُكتب المتفاعلات على الجهة اليسرى من السهم وتُكتب النواتج على الجهة اليمنى من السهم. عندما يكون لدينا متفاعلَين أو أكثر، أو عندما يكون لدينا ناتجَين أو أكثر، نضع إشارة الجمع للفصل بين المتفاعلات أو النواتج. الصيغة أدناه توضح عناصر كتابة المعادلة.

المتفاعل 1 + المتفاعل 2 ⟶ الناتج 1 + الناتج 2

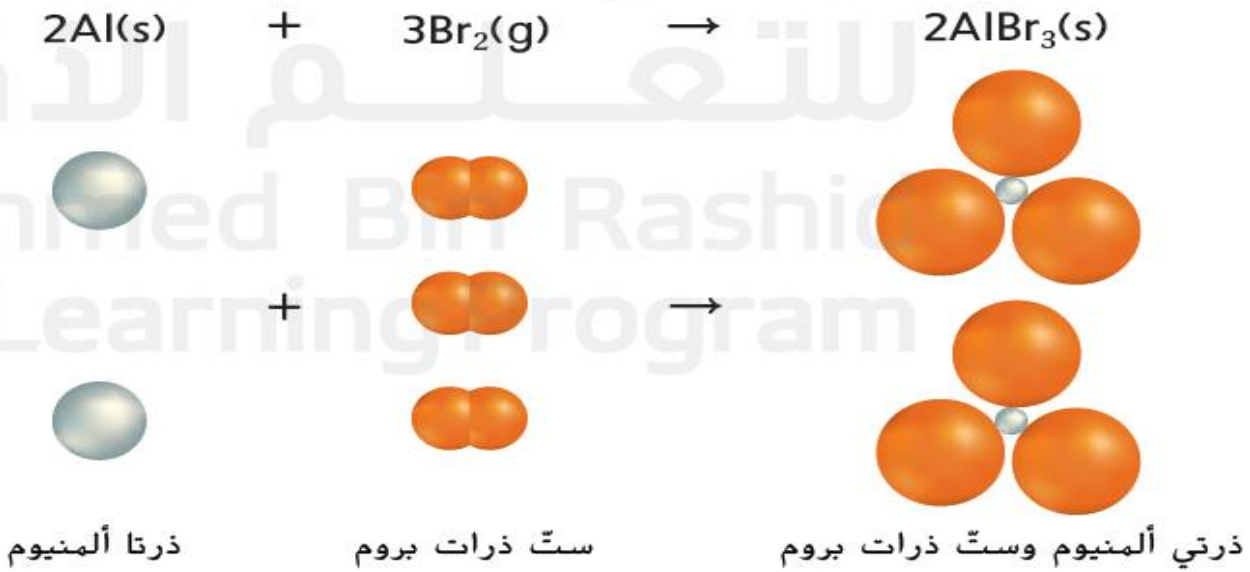
ولتمثيل تفاعل كيميائي في معادلة بدقة، يجب ان تظهر المعادلة ان عدد ذرات المتفاعلات مساو لعدد ذرات النواتج على كلا جانبي السهم. تسمى هذه المعادلة بـــ "معادلة كيميائية موزونة". **المعادلة الكيميائية** هي عبارة تستعمل الصيغ الكيميائية لتبين ماهية المواد المشاركة في التفاعل الكيميائي وكمياتها النسبية.

## وزن المعادلات الكيميائية

المعادلة الموزونة للتفاعل بين الألمنيوم والبروم المبينة في **الشكل 5**،تعكس قانون حفظ الكتلة. لوزن معادلة ما، يجب عليك إيجاد العدد الصحيح من المعاملات للصيغ الكيميائية في المعادلة بالصيغ. **المعامل** في المعادلة الكيميائية هو الرقم الذي يُكتب قبل المتفاعل أو الناتج. عادة ما تكون المعاملات أعدادًا صحيحة. لذا فهي لا تُكتب عادة إذا كانت القيمة واحدًا. تصف المعاملات في المعادلة الموزونة أقل نسبة عددية صحيحة لكمية المتفاعلات والنواتج.




■ **الشكل 4** المعلومات التي تخبرنا بها المعادلات بالصيغ محدودة. في هذه الحالة، تكون المعادلة بالصيغ صحيحة لكنها لا تبين العدد الدقيق للذرات الداخلة في التفاعل والناتجة عنه. عد إلى **الجدول R–1** في كتيّب موارد الطالب لمعرفة دلالة لون الذرات.




■ **الشكل 5** في المعادلة الكيميائية الموزونة، يكون عدد الجسيمات في جهة المتفاعلات من المعادلة مساويًا عدد الجسيمات في جهة النواتج من المعادلة. في هذه الحالة، نحتاج إلى ذرتي ألمنيوم وست ذرات من البروم في كلا جانبي المعادلة.

Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

| | | |
|---|---|---|
| 116, 117, 118 | الجدول 2 + التطبيقات | CHM.5.3.01.014.10 يفسّر أهمية موازنة معادلة كيميائية مع تحديد ما يتم حفظه خلالها |
| | Table 2+ Applications | mical equation while identifying what is conserved |

| | | |
|---|---|---|
| 1 | اكتب المعادلة بالصيغ للتفاعل. تأكد من أن الصيغ الكيميائية تمثل المواد بالشكل الصحيح. السهم يفصل المتفاعلات عن النواتج وإشارة الجمع تفصل عدة متفاعلات ونواتج بعضها عن بعض. أوضح الحالات الفيزيائية لجميع المتفاعلات والنواتج. | $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow HCl(g)$<br>ذرتا هيدروجين + ذرتيّ كلور → ذرة هيدروجين واحدة وذرة كلور واحدة |
| 2 | احسب عدد ذرات العناصر في المتفاعلات. إذا كان التفاعل يتضمن عددًا مطابقًا من الأيونات متعددة الذرات في المتفاعلات والنواتج، فاحسب كل أيون متعدد الذرات كوحدة واحدة. هذا التفاعل لا يتضمن أي أيون متعدد الذرات. ذرتا هيدروجين تتفاعلان مع ذرتيّ كلور. | $H_2 + Cl_2 \rightarrow$<br>ذرتا H و ذرتا Cl |
| 3 | احسب عدد ذرات العناصر في النواتج. ذرة واحدة من الهيدروجين وذرة واحدة من الكلور قد نتجتا. | HCl<br>ذرة H + ذرة Cl |
| 4 | غيّر المعاملات لجعل عدد ذرات كل عنصر متساويًا في كلا طرفي المعادلة. لا تغير العدد السفلي إطلاقًا في الصيغة الكيميائية كي تزن المعادلة لأن القيام بذلك يغير ماهية المادة. | $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$<br>ذرتا H + ذرتا Cl → ذرتا H + ذرتا Cl |
| 5 | اكتب المعاملات في أصغر نسبة ممكنة لها. ينبغي أن يكون المعامل أصغر عدد صحيح ممكن. إنّ النسبة 1 هيدروجين إلى 1 كلور إلى 2 كلوريد الهيدروجين (1:1:2) هي النسبة الصغرى لأننا لا نستطيع اختصارها أكثر من ذلك وتظل المعاملات أعدادًا صحيحة. | $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$<br>1:1:2<br>1 $H_2$ إلى 1 $Cl_2$ إلى 2 HCl |
| 6 | تحقق من طريقة حلّك. تأكد من أن الصيغ الكيميائية مكتوبة بالشكل الصحيح. ثم تأكد من أن عدد ذرات كل عنصر متساوٍ في كلا طرفي المعادلة. | |

**خطوات لوزن المعادلات** نستطيع وزن معظم المعادلات الكيميائية باتباع الخطوات الواردة في **الجدول 2**. فعلى سبيل المثال، بإمكانك الاستعانة بهذه الخطوات لكتابة المعادلة الكيميائية لتفاعل الهيدروجين ($H_2$) مع الكلور ($Cl_2$) الذي يُنتج غاز كلوريد الهيدروجين (HCl).

$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$

ذرتا H + ذرتا Cl → ذرتا H + ذرتا Cl

ثمة ذرتا هيدروجين وذرتا كلور في كلا طرفي المعادلة.

## مثال 1

**كتابة معادلة كيميائية موزونة** اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل محلولي هيدروكسيد الصوديوم وبروميد الكالسيوم الذي يُنتِج هيدروكسيد الكالسيوم الصلب ومحلول بروميد الصوديوم.

### 1. تحليل المسألة

لديك المتفاعلات والنواتج في تفاعل كيميائي. ابدأ بمعادلة بالصيغ واستعن بالخطوات المذكورة في **الجدول 2** لوزن المعادلات الكيميائية.

### 2. حساب المجهول

اكتب المعادلة بالصيغ للتفاعل الكيميائي. احرص على وضع المتفاعلات على الجانب الأيسر من السهم والنواتج على الجانب الأيمن من السهم. افصل بين المواد بإشارة الجمع ووضح حالتها الفيزيائية.

$$NaOH(aq) + CaBr_2(aq) \rightarrow Ca(OH)_2(s) + NaBr(aq)$$

احسب عدد ذرات كل عنصر في المتفاعلات.

1 Na, 1 O, 1 H, 1 Ca, 2 Br

احسب عدد ذرات كل عنصر في النواتج.

1 Na, 2 O, 2 H, 1 Ca, 1 Br

أدخل المعامل 2 قبل NaOH لوزن أيونات الهيدروكسيد.

$$2NaOH + CaBr_2 \rightarrow Ca(OH)_2 + NaBr$$

أدخل المعامل 2 قبل NaBr لوزن ذرات Na و Br.

$$2NaOH + CaBr_2 \rightarrow Ca(OH)_2 + 2NaBr$$

اكتب المعاملات في أصغر نسبة ممكنة.

نسبة المعاملات هي 2:1:1:2

تحقق كي تتأكد من أن عدد ذرات كل عنصر متساوٍ في كلا طرفي المعادلة.

المتفاعلات: 2Na, 2OH, 1Ca, 2Br
النواتج: 2Na, 2OH, 1Ca, 2Br.

اكتب المعادلات الكيميائية لكل من التفاعلات التالية:

4. يتفاعل محلول كلوريد الحديد(III) مع محلول هيدروكسيد الصوديوم لينتجا هيدروكسيد الحديد(III) الصلب ومحلول كلوريد الصوديوم.

**كلوريد الحديد(III) (aq) + هيدروكسيد الصوديوم(aq) ---------> (III) هيدروكسيد الحديد (s) + NaCl(aq)**

**FeCl3(aq) +3NaOH(aq) ---------> Fe(OH)3(s) +3 NaCl(aq)**

5. يتفاعل ثاني كبريتيد الكربون السائل مع غاز الأكسجين منتجًا غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز ثاني أكسيد الكبريت.

**ثاني كبريتيد الكربون (l) + الاكسجين(g) ----------> ثاني اكسيد الكربون (g) + ثاني اكسيد الكبريت (g)**

**CS2(l) + 3 O2(g) ----------> CO2(g) + 2SO2(g)**

6. **تحدي** عند وضع قطعة من فلز خارصين في محلول من حمض الكبريتيك. يُنتِج هذا التفاعل غازًا ومحلولًا من كبريتات الخارصين.

**Zn (s) + H2SO4(aq) ---------> ZnSO4(aq) + H2(g)**

**تحقيق قانون حفظ الكتلة** يعد قانون حفظ الكتلة الذي رأيته سابقًا من المفاهيم الأساسية في الكيمياء على الأرجح. فجميع التفاعلات الكيميائية تتبع القانون الذي ينص على أن المادة لا تُستحدَث ولا تفنى. وبالتالي فمن المهم أيضًا أن تتضمن المعادلات التي تمثل التفاعلات الكيميائية معلومات كافية كي تبين أن التفاعل يتبع قانون حفظ الكتلة.

لقد تعلمت كيف تبرهن قانون حفظ الكتلة بالمعادلات الكيميائية الموزونة. المخطط الظاهر في **الشكل 6** يلخّص خطوات وزن المعادلات. ستجد ربما بعض المعادلات الكيميائية التي بالإمكان وزنها بسهولة، بينما يصعب وزن بعض المعادلات الأخرى. بإمكاننا وزن معظم المعادلات الكيميائية بالطريقة التي تعلمتها في هذا القسم.

راسب precipitate

في **الشكل 7**، يتفاعل الصوديوم مع الكلور لإنتاج كلوريد الصوديوم. إنّ هذا التفاعل هو **تفاعل تكوين**، إذ تتفاعل فيه مادتان أو أكثر (A و B) لإنتاج ناتج واحد (AB).

$$A + B \rightarrow AB$$

عندما يتفاعل عنصران، يكون التفاعل دائمًا تفاعل تكوين.

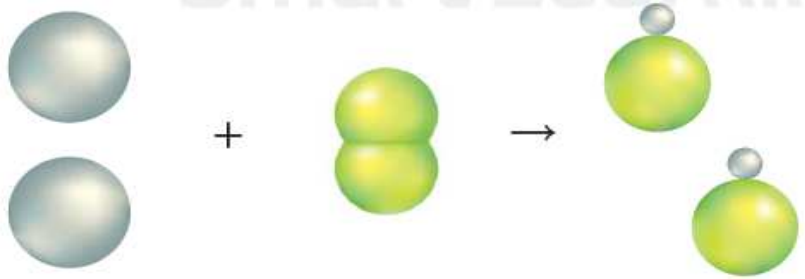
من الممكن أيضًا أن يتّحد مركّبان لتكوين مركّب واحد. فعلى سبيل المثال، التفاعل بين أكسيد الكالسيوم ($CaO$) والماء ($H_2O$) لتكوين هيدروكسيد الكالسيوم ($Ca(OH)_2$) هو تفاعل تكوين.

$$CaO(s) + H_2O(l) \rightarrow Ca(OH)_2(s)$$

ثمّة نوع آخر من تفاعلات التكوين يشمل التفاعل بين مركّب وعنصر، كما يحدث عندما يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت ($SO_2$) مع غاز الأكسجين ($O_2$) لتكوين ثالث أكسيد الكبريت ($SO_3$).

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$$

$$2Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(s)$$



**الشكل 7** في تفاعل التكوين هذا، يتفاعل عنصران هما الصوديوم والكلور لإنتاج مركّب واحد هو كلوريد الصوديوم.

McGraw-Hill Education © محفوظة لصالح مؤسسة محمد بن راشد للتعليم الذكي والتأليف والطبع
برنامج محمد بن راشد للتعليم الذكي
Mohammed Bin Rashid Smart Learning Program

## تطبيقات

**اكتب المعادلات الكيميائية للتفاعلات التالية. صنف كل تفاعل ضمن أكثر عدد ممكن من الفئات.**

**14.** يتفاعل الألمنيوم والكبريت لينتجا كبريتيد الألمنيوم.

$$2Al(s) + 3S(s) \longrightarrow Al_2S_{3(S)}$$

**15.** يتفاعل الماء مع غاز خامس أكسيد ثنائي النيتروجين لينتجا محلول حمض النيتريك.

$$H2O(l) + N2O5(g) \longrightarrow 2HNO3$$

**16.** يتفاعل غاز الأكسجين وغاز ثاني أكسيد النيتروجين لينتجا غاز خامس أكسيد ثنائي النيتروجين.

$$O2(g) + 4NO2(g) \longrightarrow 2N2O5(g)$$

**17. تحدي** يتفاعل محلول حمض الكبريتيك ($H_2SO_4$) مع محلول هيدروكسيد الصوديوم لينتجا محلول كبريتات الصوديوم والماء.

$$H2SO4(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow NaSO4(aq) + H2O(l)$$

# تفاعلات التفكك

بعض التفاعلات الكيميائية تعاكس تفاعلات التكوين. تصنف هذه التفاعلات على أنها تفاعلات تفكك. إنّ **تفاعلات التفكك** تفاعلات يتفكك فيها مركّب واحد إلى عنصرين أو أكثر أو إلى مركّبات جديدة. عمومًا، يمكن لتفاعلات التفكك أن تُمثَّل كما يلي.

$$AB \rightarrow A + B$$

غالبًا ما تتطلب تفاعلات التفكك مصدرًا للطاقة مثل الحرارة أو الضوء أو الكهرباء كي تحدث. فعلى سبيل المثال تتفكك نيترات الألمنيوم إلى أول أكسيد ثنائي النيتروجين والماء عندما تُسخَّن إلى درجة حرارة عالية.

$$NH_4NO_3(s) \rightarrow N_2O(g) + 2H_2O(g)$$

لاحظ أن تفاعل التفكك يتضمن تفكك مادة متفاعلة واحدة إلى أكثر من ناتج واحد.

يبيّن **الشكل 11** نتيجة تفاعل تفكّك آخر. تنتفخ وسادات السلامة الهوائية في السيارات بسرعة أثناء تفكك حبيبات أزيد الصوديوم. يوضع جهاز يمكنه إعطاء إشارة كهربائية لبدء التفاعل، داخل الوسادات الهوائية مع حبيبات أزيد الصوديوم. عندما يعمل الجهاز، يتفكك أزيد الصوديوم منتجًا غاز النيتروجين الذي ينفخ الوسادات الهوائية بسرعة.

$$2NaN_3(s) \rightarrow 2Na(s) + 3N_2(g)$$

**الشكل 11** إن تفكك أزيد الصوديوم، الذي يُنتِجُ غازًا، هو تفاعل كيميائي يسبب انتفاخ الوسادات الهوائية في السيارات.

**تفاعلات التفكك**

## تطبيقات

**اكتب المعادلات الكيميائية لتفاعلات التفكك التالية:**

18. يتفكك مصهور أكسيد الألمنيوم عندما تمر الكهرباء عبره.

$$2Al_2O_3 (L) \longrightarrow 4AL(s) + 3O_2(g)$$

19. يتفكك هيدروكسيد النيكل الصلب (II) ليُنتِج أكسيد النيكل الصلب (II) والماء.

$$Ni(OH)_2(s) \longrightarrow NiO(s) + H_2O(l)$$

20. **تحدي** إن تسخين كربونات الصوديوم الهيدروجينية الصلبة يُنتِج محلول كربونات الصوديوم والماء و غاز ثاني أكسيد الكربون.

$$2NaHCO_3 (s) \longrightarrow Na_2CO_3(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$

# تفاعلات الاستبدال

على نقيض تفاعلات التكوين والاحتراق والتفكك، فإنّ تفاعلات كيميائية كثيرة هي تفاعلات استبدال تتضمن استبدال أحد العناصر في المركَّب. تسمى هذه التفاعلات أيضًا تفاعلات الإزاحة. ثمّة نوعان من تفاعلات الاستبدال: تفاعلات استبدال أحادي وتفاعلات استبدال مزدوج أو ثنائي.

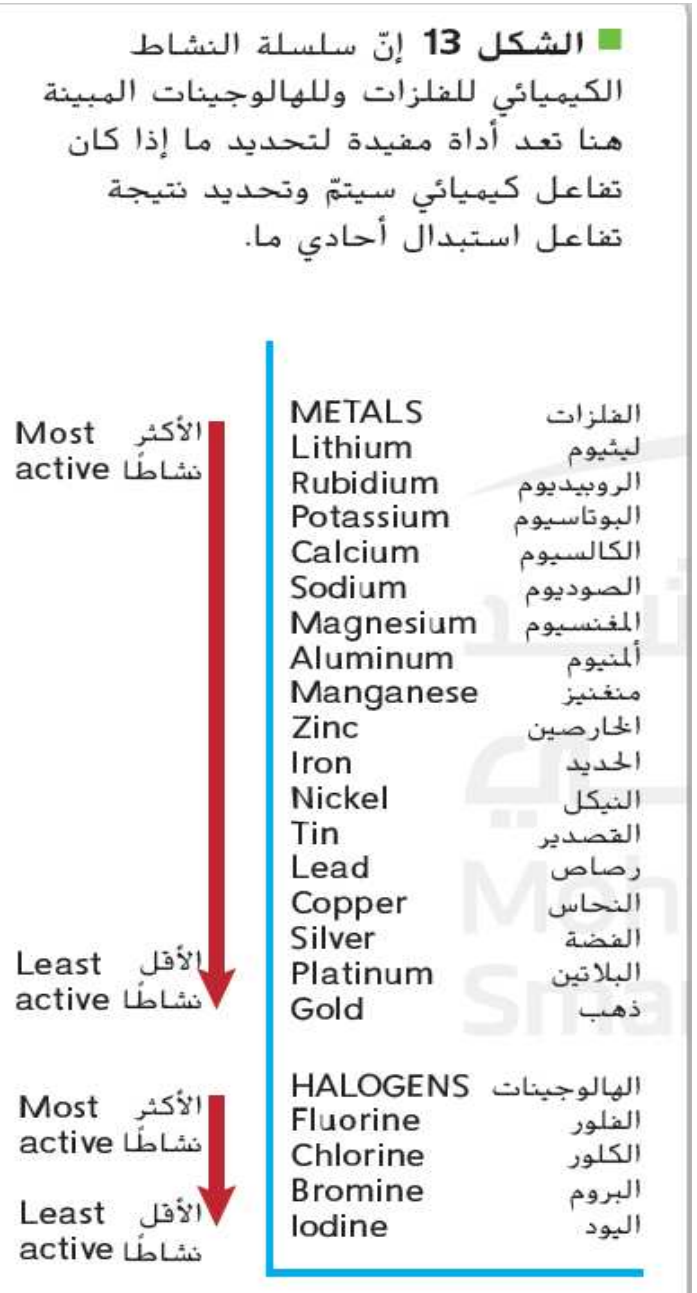
**تفاعلات الاستبدال الأحادي** يبين **الشكل 12** التفاعل بين الليثيوم والماء وتُظهِر المعادلة الكيميائية التالية أن ذرة ليثيوم تحلّ محل إحدى ذرات الهيدروجين في جزيء الماء.

$$2Li(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2LiOH(aq) + H_2(g)$$

التفاعل الذي تحلّ فيه ذرات أحد العناصر محلّ ذرات عنصر آخر في المركّب يسمى **تفاعل استبدال أحادي**.

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

**فلز يحلّ محل الهيدروجين أو محلّ فلز آخر** إنّ التفاعل بين الليثيوم والماء هو أحد أنواع تفاعلات الاستبدال الأحادي الذي يحلّ فيه فلز محل ذرة هيدروجين في جزيء الماء. يحدث نوع آخر من تفاعلات الاستبدال الأحادي عندما يحلّ أحد الفلزات محل فلز آخر في مركّب ذائب في الماء. يبيّن **الشكل 12** تفاعل استبدال أحادي يحدث عند وضع شريط من النحاس النقي في محلول نيترات الفضة. إنّ البلورات التي تتجمع على شريط النحاس هي ذرات الفضة التي حلت ذرات النحاس محلها.




**الشكل 13** إنّ سلسلة النشاط الكيميائي للفلزات وللهالوجينات المبينة هنا تعد أداة مفيدة لتحديد ما إذا كان تفاعل كيميائي سيتمّ وتحديد نتيجة تفاعل استبدال أحادي ما.

**تفاعلات الاستبدال الأحادي** توقع النواتج التي ستحصل عليها عندما تتّحد هذه المتفاعلات، واكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لكل تفاعل.

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

لديك ثلاث مجموعات من المتفاعلات. إستعِن **بالشكل 13**، لتحدد أولًا ما إذا كان كل تفاعل سيحدث. ثم إذا كان حدوث التفاعل متوقعًا، فستتمكن من تحديد ناتج أو نواتج التفاعل. من خلال هذه المعلومات تستطيع كتابة معادلة بالصيغ للتفاعل. أخيرًا بإمكانك الاستعانة بخطوات وزن المعادلات الكيميائية لكتابة معادلة كيميائية كاملة موزونة.

## 2. حساب المجهول

**a.** يقع الحديد فوق النحاس في سلسلة النشاط الكيميائي. وبالتالي سيحدث التفاعل الأول لأن النشاط الكيميائي للحديد أكثر من النشاط الكيميائي للنحاس. وفي هذه الحالة سيحل الحديد محل النحاس. المعادلة بالصيغ لهذا التفاعل هي

$$Fe(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow FeSO_4(aq) + Cu(s)$$

هذه المعادلة موزونة.

**b.** إن الكلور في التفاعل الثاني أكثر نشاطًا كيميائيًا من البروم لأن البروم يقع تحت الكلور في سلسلة النشاط الكيميائي. وبالتالي لن يحدث التفاعل. المعادلة بالصيغ لهذه الحالة هي

$$Br_2(l) + MgCl_2(aq) \rightarrow NR$$

**c.** يقع المغنيسيوم فوق الألمنيوم في سلسلة النشاط الكيميائي. بالتالي، سيحدث التفاعل الثالث لأن المغنيسيوم أكثر نشاطًا كيميائيًا من الألمنيوم. في هذه الحالة سيحلّ المغنيسيوم محل الألمنيوم. إنّ المعادلة بالصيغ لهذا التفاعل هي

$$Mg(s) + AlCl_3(aq) \rightarrow Al(s) + MgCl_2(aq)$$

هذه المعادلة غير موزونة. المعادلة الموزونة هي

$$3Mg(s) + 2AlCl_3(aq) \rightarrow 2Al(s) + 3MgCl_2(aq)$$

## تطبيقات

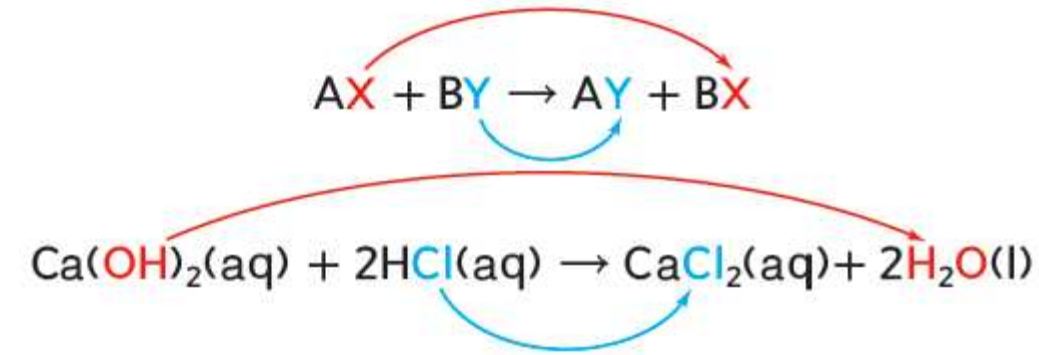
**توقع ما إذا كانت تفاعلات الاستبدال الأحادي التالية ستحدث. إذا كان التفاعل سيحدث، اكتب معادلة موزونة للتفاعل.**

21. $K(s) + ZnCl_2(aq) \rightarrow$ **kcl + Zn(s)**

22. $Cl_2(g) + HF(aq) \rightarrow$ **NR**

23. $Fe(s) + Na_3PO_4(aq) \rightarrow$ **NR**

24. $Al(s) + Pb(NO_3)_2(aq) \rightarrow$ **Al(NO3)3 + Pb(s)**




**الشكل 14** إن الترميز اللوني في المعادلة العامة لتفاعل استبدال مزدوج، وفي معادلة التفاعل بين هيدروكسيد الكالسيوم وحمض الهيدروكلوريك الماء، يُظهِر تغيير الأنيونات لأماكنها.

**تفاعلات الاستبدال المزدوج** إنّ النوع الأخير من تفاعلات الاستبدال الذي ينطوي على تبادل الأيونات بين مركّبين يسمى **تفاعل الاستبدال المزدوج**.

في المعادلة العامة في **الشكل 14** يمثّل A و B الأيونات ذات الشحنة الموجبة (الكاتيونات) و X و Y تمثلان الأيونات ذات الشحنة السالبة (الأنيونات). لاحظ أن الأنيونات قد غيرت أماكنها وارتبطت مع الكاتيونات الأخرى في التفاعل. بعبارة أخرى، حل X محل Y وحل Y محل X. إنه استبدال مزدوج. بعبارة أبسط، لقد تبادلت الأيونات الموجبة والسالبة في مركّبين الأماكن في ما بينها.

إنّ التفاعل بين هيدروكسيد الكالسيوم وحمض الهيدروكلوريك هو تفاعل استبدال مزدوج.

**المركّبات الأيونية في المحلول** إضافة إلى المركّبات الجزيئية، يمكن أن تكون المركّبات الأيونية مذابات في المحاليل المائية. تذكر أن المركّبات الأيونية تتكون من أيونات موجبة وأيونات سالبة يجمع بينها روابط أيونية. عندما تذوب المركّبات الأيونية في الماء، يمكن أن تنفصل أيوناتها بعضها عن بعض، وتُسمّى هذه العمليّة التفكك. فعلى سبيل المثال يحتوي محلول مائي من مركّب كلوريد الصوديوم الأيوني على أيونات $Na^+$ وأيونات $Cl^-$.

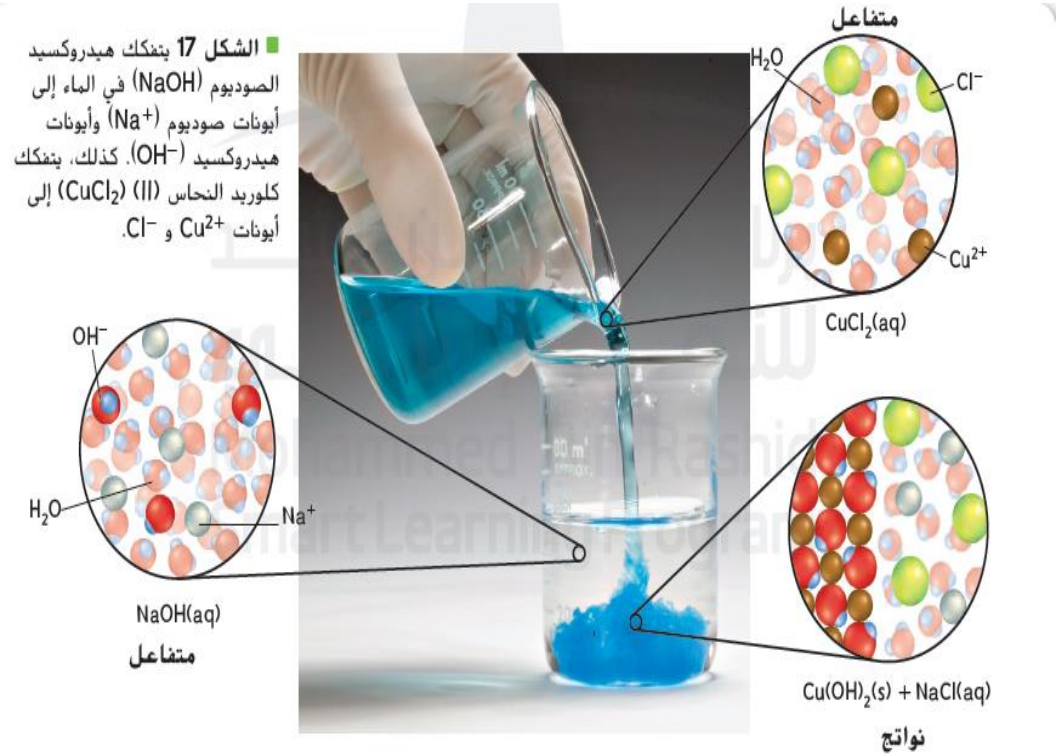
**التفاعلات التي تكوّن رواسب** بعض التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية تنتج رواسب. فعلى سبيل المثال، تذكر من القسم 2 أنّه عند مزج محلول هيدروكسيد الصوديوم المائيّ مع محلول كلوريد النحاس (II) المائي، يحدث تفاعل استبدال مزدوج يتكوّن فيه راسب هيدروكسيد النحاس(II).

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

لاحظ أن المعادلة الكيميائية لا تُبيّن بعض تفاصيل هذا التفاعل. فهيدروكسيد الصوديوم وكلوريد النحاس(II) مركّبان أيونيان، وبالتالي فهما موجودان في المحاليل المائية على شكل أيونات $Na^+$, $OH^-$, $Cu^{2+}$ و $Cl^-$ كما هو مُبيّن في **الشكل 17**.

عند مزج محلوليهما، تتفاعل أيونات $Cu^{2+}$ مع أيونات $OH^-$ لتكوين راسب هيدروكسيد النحاس (II)، $Cu(OH)_2(s)$.

أمّا أيونات $Na^+$ و $Cl^-$ فتبقى ذائبة في المحلول.




**الشكل 17** يتفكك هيدروكسيد الصوديوم ($NaOH$) في الماء إلى أيونات صوديوم ($Na^+$) وأيونات هيدروكسيد ($OH^-$). كذلك، يتفكك كلوريد النحاس (II) ($CuCl_2$) إلى أيونات $Cu^{2+}$ و $Cl^-$.

**التفاعلات التي تكوّن رواسب** بعض التفاعلات التي تحدث في المحاليل المائية تنتج رواسب. فعلى سبيل المثال، تذكر من القسم 2 أنّه عند مزج محلول هيدروكسيد الصوديوم المائيّ مع محلول كلوريد النحاس (II) المائي، يحدث تفاعل استبدال مزدوج يتكوّن فيه راسب هيدروكسيد النحاس(II).

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

لاحظ أن المعادلة الكيميائية لا تُبيّن بعض تفاصيل هذا التفاعل. فهيدروكسيد الصوديوم وكلوريد النحاس(II) مركّبان أيونيان، وبالتالي فهما موجودان في المحاليل المائية على شكل أيونات $Na^+$, $OH^-$, $Cu^{2+}$ و $Cl^-$ كما هو مُبيّن في **الشكل 17**.

عند مزج محلوليهما، تتفاعل أيونات $Cu^{2+}$ مع أيونات $OH^-$ لتكوين راسب هيدروكسيد النحاس (II)، $Cu(OH)_2(s)$.

أمّا أيونات $Na^+$ و $Cl^-$ فتبقى ذائبة في المحلول.

**المعادلات الأيونية** يستخدم الكيميائيون المعادلات الكيميائية لإظهار تفاصيل التفاعلات التي تتضمن أيونات في المحاليل المائية. هذه المعادلات تختلف عن المعادلات الكيميائية، حيث أنّ المواد التي تكون على شكل أيونات في المحلول تُكتب كأيونات في المعادلة. انظر مجددًا إلى التفاعل بين محلولي هيدروكسيد الصوديوم وكلوريد النحاس(II) المائيين. لكتابة المعادلة الأيونية لهذا التفاعل، يجب عليك أن تبين المتفاعلين $NaOH(aq)$ و $CuCl_2(aq)$ والناتج $NaCl(aq)$ كأيونات.

$$2Na^+(aq) + 2OH^-(aq) + Cu^{2+}(aq) + 2Cl^-(aq) \rightarrow 2Na^+(aq) + 2Cl^-(aq) + Cu(OH)_2(s)$$

إنّ المعادلة الأيونية التي تُظهر كل الجسيمات في المحلول كما هي تُسمّى **معادلة أيونية كاملة.** لاحظ أن أيونات الصوديوم وأيونات الكلوريد هي متفاعلات ونواتج في آن معًا، لذا فهي لم تُشارك في التفاعل. يُطلق على الأيونات التي لم تُشارك في التفاعل اسم **الأيونات المتفرجة** ولا تظهر عادة في المعادلات الأيونية. **المعادلات الأيونية الصَّرفة** هي معادلات أيونية تتضمن الجسيمات التي تشارك في التفاعل فقط. نستخلص المعادلات الأيونية الصَّرفة من المعادلات الأيونية الكاملة بإزالة جميع الأيونات المتفرجة. مثلًا، المعادلة الأيونية الصَّرفة هي ما يبقى بعد حذف أيونيّ كلّ من الصوديوم والكلوريد من المعادلة الأيونية الكاملة هذه.

$$\cancel{2Na^+(aq)} + 2OH^-(aq) + Cu^{2+}(aq) + \cancel{2Cl^-(aq)} \rightarrow \cancel{2Na^+(aq)} + \cancel{2Cl^-(aq)} + Cu(OH)_2(s)$$

فلا تبقى إلا أيونات النحاس والهيدروكسيد في المعادلة الأيونية الصَّرفة المُبيّنة أدناه.

$$2OH^-(aq) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Cu(OH)_2(s)$$

**التفاعلات التي تكوّن راسبًا** اكتب المعادلة الكاملة والمعادلة الأيونية الكاملة والمعادلة الأيونية الصَّرفة للتفاعل بين محلولي نيترات الباريوم وكربونات الصوديوم الذي يكوّن راسب كربونات الباريوم.

## 1. تحليل المسألة

لديك المعادلة بالكلمات للتفاعل بين نيترات الباريوم وكربونات الصوديوم. لكتابة المعادلة الكيميائية الموزونة عليك أن تحدد الصيغ الكيميائية والكميات النسبية لكل المتفاعلات والنواتج. ولكتابة المعادلة الأيونية الكاملة، فإنك تحتاج إلى توضيح الحالة الأيونية للمتفاعلات والنواتج. ومن خلال حذف الأيونات المتفرجة من المعادلة الأيونية الكاملة، يمكنك كتابة المعادلة الأيونية الصّرفة. المعادلة الأيونية الصَّرفة تتضمن موادًا أقل من المعادلات الأخرى.

## 2. حساب المجهول

اكتب الصيغ الكيميائية والحالات الفيزيائية لكل المواد المشاركة في التفاعل.

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

زن المعادلة بالصيغ.

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

وضّح أيونات المتفاعلات والنواتج.

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

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 الصَّرفة.

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

## تطبيقات

**اكتب المعادلة الكيميائية والمعادلة الأيونية الكاملة والمعادلة الأيونية الصّرفة لكل من التفاعلات التالية التي قد تنتج راسبًا. استخدم الرمز NR للإشارة إلى عدم حدوث تفاعل.**

**35.** عند خلط محلولا يوديد البوتاسيوم ونيترات الفضة، يتكون راسب من يوديد الفضة.

لمعادلة الكيميائية الموزونة $KI(aq) + AgNO_3(aq) \longrightarrow AgI(s) + KNO_3(aq)$

المعادلة الايونية الكاملة $K^+(aq) + I^-(aq) + Ag^+(aq) + NO_3^-(aq) \longrightarrow AgI(s) + K^+(aq) + NO_3^-(aq)$

المعادلة الصرفة $I^-(aq) + Ag^+(aq) \longrightarrow AgI(s)$

الايونات المتفرجة $K^+(aq) + NO_3^-(aq)$

**اكتب المعادلة الكيميائية والمعادلة الأيونية الكاملة والمعادلة الأيونية الصّرفة لكل من التفاعلات التالية التي قد تنتج راسبًا. استخدم الرمز NR للإشارة إلى عدم حدوث تفاعل.**

**37.** عند خلط محلولا كلوريد الألمنيوم وهيدروكسيد الصوديوم، يتكون راسب من هيدروكسيد الألمنيوم.

لمعادلة الكيميائية الموزونة $AlCl_3(aq) + 3NaOH(aq) \longrightarrow Al(OH)_3(s) + 3NaCl_3(aq)$

المعادلة الايونية الكاملة $Al(aq) + 3Cl(aq) + 3Na(aq) + 3OH(aq) \longrightarrow Al(OH)_3(s) + 3Na(aq) + 3Cl(aq)$

المعادلة الصرفة $Al(aq) + 3OH(aq) \longrightarrow Al(OH)_3(s)$

الايونات المتفرجة $3Na(aq) + 3Cl(aq)$

36. عند خلط محلولا فوسفات الأمونيوم وكبرتيات الصوديوم. لا يتكون أي راسب ولا ينتج أي غاز.

$$(NH4)3PO4\ (aq) + Na2SO4(aq) \longrightarrow N$$

38. عند خلط محلولا كبريتات الليثيوم ونيترات الكالسيوم، يتكون راسب من كبريتات الكالسيوم.

$$Li2SO4(aq) + Ca(NO3)2(aq) \longrightarrow CaSO4(s) + 2LiNO3(aq)$$

$$2Li^{+}(aq) + SO4^{-2}(aq) + Ca^{+2}(aq) + NO3^{-}(aq) \longrightarrow CaSO4(s) + 2Li^{+}(aq) + 2\,NO3^{-}(aq)$$

$$SO4^{-2}(aq) + Ca^{+2}(aq) \longrightarrow CaSO4(s)$$ المعادلة الايونية الصرفة

$$2Li^{+}(aq) + 2\,NO3^{-}(aq)$$ الايونات المتفرجة