الكيمياء

كتاب الطالب

المستوى الثاني عشر

CHEMISTRY
STUDENT BOOK

GRADE
12

الفصل الدراسي الأول - الجزء الأول
FIRST SEMESTER
2021-2022

الطبعة الأولى

© وزارة التعليم والتعليم العالي في دولة قطر

يخضع هذا الكتاب لقانون حقوق الطباعة والنشر، ويخضع للاستثناء التشريعي المسموح به قانونًا ولأحكام التراخيص ذات الصلة.

لا يجوز نسخ أي جزء من هذا الكتاب من دون الحصول على الإذن المكتوب من وزارة التعليم والتعليم العالي في دولة قطر.

تمّ إعداد الكتاب بالتّعاون مع شركة تكنولاب.

التأليف: فريق من الخبراء بقيادة الدكتور توم سو وبالتّعاون مع شركة باسكو العلميّة.

التّرجمة: مطبعة جامعة كامبريدج.

الطبعة الأولى 2022-2021 م

النشيد الوطني

قَسَمًا بِمَنْ رَفَعَ السَّمَاءْ ... قَسَمًا بِمَنْ نَشَرَ الضِّيَاءْ
قَطَرٌ سَتَبْقَى حُرَّةً ... تَسْمُو بِرُوحِ الأَوْفِيَاءْ
سِيرُوا عَلَى نَهْجِ الأُلَى ... وَعَلَى ضِيَاءِ الأَنْبِيَاءْ
قَطَرٌ بِقَلْبِي سِيرَةٌ ... عِزٌّ وَأَمْجَادُ الإِبَاءْ
قَطَرُ الرِّجَالِ الأَوَّلِين ... حُمَاتُنَا يَوْمَ النِّدَاءْ
وَحَمَائِمُ يَوْمَ السَّلاَمْ ... جَوَارِحٌ يَوْمَ الفِدَاءْ

المراجعة والتّدقيق العلميّ والتّربويّ

إدارة التقييم

خبرات تربويّة وأكاديميّة من المدارس

الإشراف العلميّ والتربويّ

إدارة المناهج الدّراسيّة ومصادر التّعلّم

يعدّ كتاب الطّالب مصدرًا مثيرًا لاهتمام الطلّاب من ضمن سلسلة كتب العلوم لدولة قطر، فهو يستهدف جميع المعارف والمهارات الّتي يحتاجون إليها للنّجاح في تنمية المهارات الحياتيّة وبعض المهارات في الموادّ الأخرى.

وبما أنّنا نهدف إلى أن يكون طلّابنا مميّزين، نودّ منهم أن يتّسموا بما يأتي:

- البراعة في العمل ضمن فريق.
- امتلاك الفضول العلميّ عن العالم من حولهم، والقدرة على البحث عن المعلومات وتوثيق مصادرها.
- القدرة على التّفكير بشكلٍ ناقدٍ وبنّاء.
- الثّقة بقدرتهم على اتّباع طريقة الاستقصاء العلميّ، عبر جمع البيانات وتحليلها، وكتابة التّقارير، وإنتاج الرّسوم البيانيّة، واستخلاص الاستنتاجات، ومناقشة مراجعات الزّملاء.
- الوضوح في تواصلهم مع الآخرين لعرض نتائجهم وأفكارهم.
- التّمرّس في التّفكير الإبداعيّ.
- التّمسّك باحترام المبادئ الأخلاقيّة والقيم الإنسانيّة.

يتجسّد في المنهج الجديد العديد من التّوجّهات مثل:

- تطوير المنهج لجميع المستويات الدّراسيّة بطريقة متكاملة، وذلك لتشكيل مجموعة شاملة من المفاهيم العلميّة الّتي تتوافق مع أعمار الطّلاب، والّتي تسهم في إظهار تقدّمهم بوضوح.
- مواءمة محتوى المصادر الدّراسيّة لتتوافق مع الإطار العامّ للمنهج الوطنيّ القطريّ بغية ضمان حصول الطّلّاب على المعارف والمهارات العلميّة وتطوير المواقف (وهو يُعرف بالكفايات) ممّا يجعل أداء الطّلاب يصل إلى الحدّ الأقصى.
- الانطلاق من نقطة محوريّة جديدة قوامها مهارات الاستقصاء العلميّ، ما أسّس للتّنوّع في الأنشطة والمشاريع في كتاب الطّالب.
- توزّع المعرفة والأفكار العلميّة المخصّصة لكلّ عام دراسيٍّ ضمن وحدات بطريقة متسلسلة مصمّمة لتحقيق التّنوّع والتّطوّر.

- تعدّد الدّروس في كلّ وحدة، بحيث يعالج كلّ درس موضوعًا جديدًا، منطلقًا ممّا تمّ اكتسابه في الدّروس السّابقة.
- إتاحة الفرصة للطّلّاب، في كلِّ درسٍ، للتّحقّق الذّاتيّ من معارفهم ولممارسة قدرتهم على حلّ المشكلات.
- احتواء كلّ وحدة على تقويم للدّرس وتقويم الوحدة الّتي تمكِّن الطّلّاب والأهل والمدرّسين من تتبّع التّعلّم والأداء.

العلوم مجموعة من المعارف الّتي تشمل الحقائق والأشكال والنّظريّات والأفكار. ولكنَّ العالِم الجيّد يفهم أنّ «طريقة العمل» في العلوم أكثر أهمّيّة من المعرفة الّتي تحتويها.

سوف يساعد هذا الكتاب الطُّلّاب على تقدير جميع هذه الأبعاد واعتمادها ليصبحوا علماء ناجحين وليواجهوا مجموعة واسعة من التّحدّيات في حياتهم المهنيّة المستقبليّة.

مفتاح كفايات الإطار العام للمنهج التّعليمي الوطني لدولة قطر

- الاستقصاء والبحث
- التّعاون والمشاركة
- التّواصل
- التّفكير الإبداعيّ والناقد
- حلّ المشكلات
- الكفاية العددية
- الكفاية اللغويّة

الكيمياء

الصّفّ 12

الفصل الدّراسي 1

ماذا ستتعلّم من هذا الكتاب

يعد كتاب الكيمياء هذا مصدرًا غنيًا ومثيرًا لاهتمام الطلاب من ضمن سلسلة كتب العلوم لدولة قطر. فهو مليء بأنماط واسعة النطاق، إضافة إلى تفاصيل أخرى دقيقة النطاق أيضًا. وأحد أكثر هذه الأنماط الواسعة النطاق هو الجدول الدوري للعناصر. فعملية تجميع العناصر ضمن مجموعات ذات خصائص فيزيائية و كيميائية مشتركة كانت الطريقة التي اكتشف مندلييف فيها السلوك الدوري لهذه العناصر، و بعد ذلك ظهرت في الجدول الدوري الحديث الأنماط المُتكرِّرة للسالبية الكهربائية، خلال الصفوف المتتالية للجدول الدوري.

تبدأ الوحدة الأولى لهذا الفصل الدراسي بالخصائص الدورية، مثل السالبية الكهربائية، والمَيل الإلكتروني، ونصف القطر الذرّي. ثم سنناقش بعد ذلك مجموعتين مُهمَّتَين من العناصر بالتفصيل، هما عناصر المجموعة الرابعة IVA (14) وتتضمَّن الكربون، والسيليكون وكلاهما عنصران حيويان، وعناصر المجموعة السابعة VIIA (17) وهي الهالوجينات، والتي تُعدّ من أكثر العناصر تفاعلًا ونشاطًا.

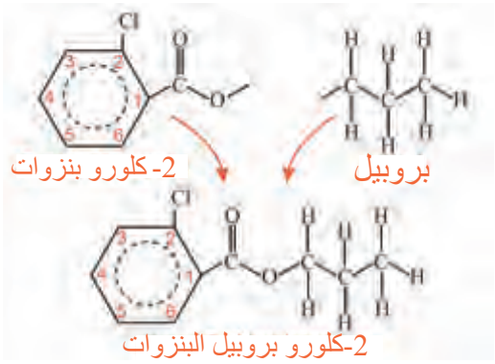
نماذج نقية من عناصر المجموعة الرابعة (IVA).

وتركّز الوحدة الثانية على العناصر الانتقالية، والتي تمتلك إلكترونات في المستويات الفرعية (d). وتتضمَّن هذه العناصر فلزات مُهمَّة مثل التيتانيوم، والفناديوم، والكروم، والحديد. وتُعدّ خصائص الترابط لهذه العناصر الانتقالية معقدة؛ ويرجع سبب ذلك إلى الطرائق المختلفة التي تندمج بها أفلاك s وأفلاك d الفرعية مع العناصر الأخرى لتشكيل روابط كيميائية. فالفلزات الانتقالية تُشكِّل أيونات مُتعدِّدة ذات شحنات مختلفة، بالإضافة إلى امتلاكها حالات تأكُسد مُشترَكة مُتعدِّدة.

Fe	$[Ar]\ 4s^2 3d^6$	↿⇂	↿⇂	1	1	1	1
Fe^{2+}	$[Ar]\ 4s^0 3d^6$		↿⇂	1	1	1	1
Fe^{3+}	$[Ar]\ 4s^0 3d^5$		1	1	1	1	1

يُشكِّل الحديد مُركّبات فرومغناطيسية، مثل الماجنيتيت.

يُعدّ تعميق معرفتنا بالكيمياء العضوية الهدف المنشود من دراستنا للوحدة الثالثة. ابتداءً بالأشكال الهندسية الجُزيئية، إضافة إلى أن هذه الوحدة ستأخذنا إلى داخل ميكانيكيات (آليات) التفاعلات العضوية، ومفهومَي النيوكليوفيلات والإلكتروفيلات. أما الجزء الأخير للوحدة الثالثة فيناقش الموضوع المثير للاهتمام والمُتعلِّق بالمُركَّبات الأروماتية التي تحتوي على حلقة بنزين واحدة.

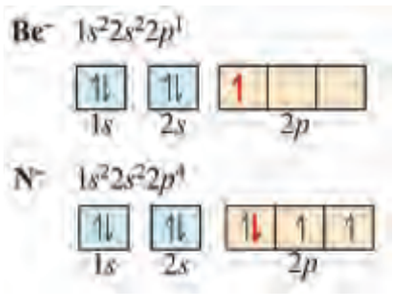


مركب أروماتي يحتوي على تركيب بنائي حلقي.

بعض أقسام هذا الكتاب

الرّسوم التّوضيحيّة

مفاهيم مهمّة وبيانات وأمثلة على كل فكرة جديدة معروضة من خلال الإيضاحات المُفصَّلة والشروحات



أسئلة للمناقشة

ما عدد الأكاسيد المختلفة التي يمكن أن يكوّنها عنصر المنجنيز نظريًا؟

أسئلة المناقشة تزوّد طلاب الصف بفرصة مناقشة المفاهيم والمعلومات الجديدة.

شريط الأفكار المهمّة

الليجندات (المتراكبات) هي جزيئات أو أيونات سالبة ترتبط بشكل مباشر بأيون فلزّ مركزيّ ذي شحنة موجبة.

تحديد النقاط الرّئيسة وتذكُّرها.

العلاقات والمعادلات

$$\overset{0}{5Fe} + \overset{+1}{2}\overset{+7}{K}\overset{-2}{Mn}\overset{-2}{O_4} + \overset{+1}{16}\overset{-1}{HC\ell} \rightarrow \overset{+2}{5}\overset{-1}{Fe}\overset{-1}{C\ell_2} + \overset{+2}{2}\overset{-1}{Mn}\overset{-1}{C\ell_2} + \overset{+1}{2}\overset{-1}{K}\overset{-1}{C\ell} + \overset{+1}{8}\overset{-2}{H_2O}$$

مُثلت المعادلات الكيميائية بشكل واضح مع احتوائها على رموز مُلوَّنة تُمثِّل المعلومات المُهمَّة.

الأمثلة

مثال 4

اكتب المعادلات الكيميائيّة الموزونة التي تصف تفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون مع محلول هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH).

الحلّ

- يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون مع محلول هيدروكسيد البوتاسيوم لتكوين كربونات البوتاسيوم والماء أو كربونات البوتاسيوم الهيدروجينيّة (بيكربونات البوتاسيوم). وازن المعادلة بعد كتابة

تُظهر الأمثلة جميع خطوات الحلّ والتفسير للحصول على حسابات صحيحة.

العلم والعلماء

إضاءة على عالِم

فريدريك أوجست كيكوله Fridrich August Kekule 1829-1896م

ولد في مدينة تعرف الآن باسم دارمشتات، في ألمانيا، في 7 من شهر سبتمبر في العام 1829م، حيث لم يكن معروفًا باسمه الأوّل، وكان هو نفسه لا يستخدم هذا الاسم إلّا نادرًا. التحق بجامعة غيسن في العام 1847م لدراسة الهندسة المعمارية، ولكنه أُلهِم دراسة الكيمياء في فصله الدراسي الأوّل بعد استماعه لمحاضرات ألقاها الدكتور يوبتوس فون ليبيغ. [يُعدّ ليبيغ أحد أعظم معلّمي الكيمياء على مرّ العصور ورائد النهج المختبري في التدريس].

الشكل 3-83 طابع بريدي ألماني شرقي يعود إلى العام 1979م، يكرّم كيكوله، ونموذجه الأول لمركّب البنزين.

تمّ تطوير معارفنا العلميّة على مدى أكثر من ثلاثة آلاف عام. تُطلعُنا هذه المقالات على إلهام الإنسان وتبصُّرِه في التعامُل مع العلم والتكنولوجيا. وستتعرف إلى أشخاص رائعين في هذه الصفحات.

الكيمياء

الأنشطة والمراجعة والتّقويم

الأنشطة

التدرُّب العملي من خلال المُختبر والمشاريع البحثيّة وسواهما من الأنشطة التي تُرسّخ معاني الأفكار الجديدة وتطوُّر العمل المخبري.

الدرس 3-1: الأشكال الهندسية للجُزيئات

1-3 الأشكال الهندسية للجزيئات والمتشكّلات

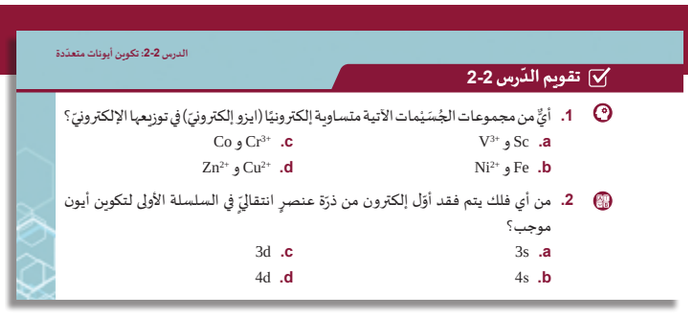
سؤال الاستقصاء	كيف يمكن أن تساعد النماذج الجزيئية في فهم الأشكال الجزيئية، المتشكّلات الفراغية، ومراكز كيرالية؟ (العمل مجموعات ثنائية).
الموادّ المطلوبة	مجموعة النموذج الجزيئي

إجراءات مخبرية

الجزء I: الأشكال الهندسية الجزيئية المتوقّعة باستخدام نظرية VSEPR

تقويم الدّرس

يتميّز كل درس بعرض يحتوي على الأسئلة التي تُغطّي جميع المفاهيم والمعلومات في هذا الدرس.


الدرس 2-2: تكوين أيونات متعددة

تقويم الدّرس 2-2

1. أيٌّ من مجموعات الجُسَيْمات الآتية متساوية إلكترونيًا (ايزو إلكترونيّ) في توزيعها الإلكترونيّ؟
   a. Sc و V^{3+}
   b. Fe و Ni^{2+}
   c. Cr^{3+} و Co
   d. Cu^{2+} و Zn^{2+}
2. من أي فلك يتم فقد أوّل إلكترون من ذرّة عنصرٍ انتقاليّ في السلسلة الأولى لتكوين أيون موجب؟
   a. 3s
   b. 4s
   c. 3d
   d. 4d

مراجعة الوحدة

ملخّص قصير عند نهاية كل وحدة، وهو مرجع سريع للأفكار والمصطلحات الرئيسية.

الوحدة 1

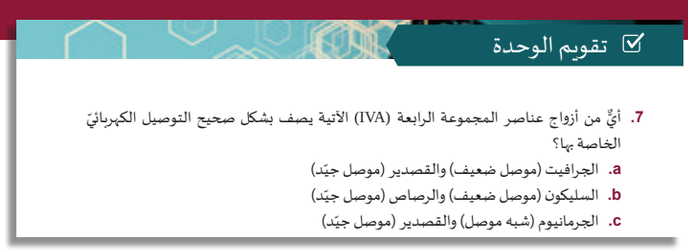
مراجعة الوحدة

الدرس 1-1 توقّع الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر

- يتم ترتيب العناصر في الجدول الدوري الحديث اعتماداً على العدد الذري ووفق خصائصها الفيزيائية والكيميائية.
- يمكن توقّع خصائص العناصر على أساس موقعها في الجدول الدوريّ ضمن مجموعات ودورات.
- تزداد طاقة التأيّن الأولى First ionization energy بشكل عام عبر الدورة عند الإتجاه من اليسار إلى يمين الجدول الدوريّ، وتتناقص بالإتجاه من أعلى المجموعة إلى أسفلها.

تقويم الوحدة

زُوّدت كل وحدة بمجموعة من الأسئلة ذات الخيارات المُتعدِّدة كعيّنة تُحضِّر الطالب لاختبار نموذجي.


تقويم الوحدة

7. أيٌّ من أزواج عناصر المجموعة الرابعة (IVA) الآتية يصف بشكل صحيح التوصيل الكهربائيّ الخاصة بها؟
   a. الجرافيت (موصل ضعيف) والقصدير (موصل جيّد)
   b. السليكون (موصل ضعيف) والرصاص (موصل جيّد)
   c. الجرمانيوم (شبه موصل) والقصدير (موصل جيّد)

تقويم الوحدة

أسئلة الإجابات القصيرة وأسئلة الإجابات المطوّلة بُنيتا على مستويات ثلاثة من الصعوبة في نهاية كل وحدة.

تقويم الوحدة

28. من حيث النشاط والقدرة على تكوين تفاعلات انعكاسية، ما الذي يجعل كلوريدات الأسيل مثالية لإنتاج الإسترات من الكحولات والفينولات؟
29. ما الناتجان اللذان ينتجان عن عملية التحلّل المائي لمركّب كلوريد البروبانويل (propanoyl chloride)؟

الدرس 3-3: المركّبات العضويّة الأروماتية

30.* من حيث الإلكترونات الموجودة في الروابط من نوع باي (π)، لماذا يُعدّ الرمز (b) هو الأفضل تمثيلًا لجزيء البنزين من الرمز (a) في الشكل الموجود إلى اليسار؟

(a) (b)

مخطّط المادّة

الوحدة 1 الاتِّجاهات الدورية في خصائص العناصر

تبدأ الوحدة بمناقشة الخصائص الدورية الأربع المُهمة للعناصر، وهي: نصف القطر الذرّي وطاقة التأيُّن والمَيل الإلكتروني والسالبية الكهربائية. ثم نناقش بعد ذلك خصائص عناصر المجموعة الرابعة IVA (14) مثل درجات انصهارها، وتوصيلها الكهربائي، وطبيعتها الحمضية – القاعدية، والاستقرار الحراري لأكاسيدها. وتنتهي الوحدة الأولى بالبحث في الهالوجينات، وهي عناصر المجموعة السابعة VIIA (17)، فهذه العناصر نشطة كيميائيًّا جدًّا، لذلك لم يتم العثور عليها في هيئتها النقية في الطبيعة. نبحث في هذا الدرس في التدرُّج في خصائص الهالوجينات الفيزيائية، ونشاطها كعوامل مؤكسدة، والاستقرار الحراري للهاليدات (هاليدات الهيدروجين)، وبعض تفاعلاتها المُميّزة.

الوحدة 2 خصائص العناصر الانتقالية ومُركَّباتها

يعتمد الكم الكبير والهائل من التكنولوجيا البشرية على الفلزات الانتقالية. فالحديد يُعدّ المكوّن الرئيس الموجود في الفولاذ، كما أن أنواع الفولاذ ذات القوة العالية يضاف إليها الكروم والموليبدينوم والفناديوم. وتأتي قوة الفلزات الانتقالية وخصائصها من اندماج أفلاك(s) و (d) الممتلئة بشكل جزئي. تتَّحد هذه العناصر بطرائق مُتعدِّدة وذلك لأنها تستطيع أن تكوّن حالات تأكسد مختلفة، ممّا يُفسِّر وجود عدة أكاسيد لمعظم الفلزات الإنتقالية مثال الحديد: أكسيد الحديد (III) (Fe_2O_3)، وأكسيد الحديد (II) (FeO).

الوحدة 3 الكيمياء العضوية

تُعدّ كيمياء مُركّبات الكربون من أكثر الموضوعات تعقيدًا في العلوم. إذ تبدأ هذه الوحدة بنظرية VSEPR، والأشكال الهندسية للجُزيئات. ثم نناقش بعد ذلك المُتشكِّلات، فالعديد من المُركَّبات العضوية المفيدة لها مُتشكِّلات عديدة، ولكل منها خصائصه المختلفة. ويبحث الجزء الذي يلي ذلك من الوحدة الثالثة في ميكانيكيات ثلاثة أنواع من التفاعلات العضوية، حيث سنناقش تفاعلات الإضافة الإلكتروفيلية، وتفاعلات الاستبدال (الإحلال) النيوكليوفيلي، وتفاعلات التميُّه. أما الجزء الأخير من هذه الوحدة فيركّز على المُركَّبات الأروماتية، والتي تحتوي على حلقة بنزين واحدة على الأقل، (مجموعة فينيل). حيث سنتعلَّم التركيب البنائي، وطرائق التسمية، وبعض أنواع التفاعلات النموذجية للمُركّبات العضوية الأروماتية التي تحتوي على حلقة بنزين واحدة.

مخطّط المادّة

الوحدة 1 الاتّجاهات الدوريّة في خصائص العناصر 2

الدرس 1-1 توقّع الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر 4

الدرس 2-1 الكيمياء الوصفية لعناصر المجموعة الرابعة IVA (14) 15

الدرس 3-1 الكيمياء الوصفية لعناصر المجموعة السابعة VIIA (17) 25

الوحدة 1

الاتجاهات الدوريّة في خصائص العناصر

Periodic Trends in Elements Properties

في هذه الوحدة

الدرس 1-1: توقّع الخصائص الفيزيائيّة والكيميائيّة للعناصر C1201

الدرس 1-2: الكيمياء الوصفيّة لعناصر المجموعة الرابعة IVA (14)

الدرس 1-3: الكيمياء الوصفيّة لعناصر المجموعة السابعة VIIA (17)

الوحدة 1

مقدّمة الوحدة

بحلول العام 1869م، استطاع العلماء اكتشاف 63 عنصرًا، ولاحظوا الكثير من أوجه التشابه في مجموعات العناصر. أدركوا أيضًا تدرُّجًا في الخصائص الفيزيائيّة والكيميائيّة لهذه العناصر. إنَّ فَهْمَ طبيعة هذا التدرّج في الخصائص يساعد العلماء على إجراء التوقّعات، ويزوّدهم بتفسيرات متعدّدة للخصائص الملاحظة لمركّبات هذه العناصر .

يراجع الدرس 1 الجدول الدوريّ الحديث، ويناقش التدرج في أربعة خصائص مهمّة للعناصر، وهي: نصف القطر الذري وطاقة التأيّن الأولى والميل الإلكترونيّ والسالبيّة الكهربائيّة.

يبحث الدرس 2 في تدرّج خصائص عناصر المجموعة الرابعة (IVA)، وهي: درجة الانصهار، والتوصيل الكهربائيّ، والطبيعة الحمضيّة - القاعديّة، والاستقرار الحراريّ للأكاسيد.

أمّا الدرس 3 فيبحث في عناصر المجموعة السابعة(VIIA) والتدرّج في خصائصها الفيزيائيّة، ونشاطها كعوامل مؤكسدة، والاستقرار الحراريّ للهاليدات (هاليدات الهيدروجين)، وتفاعل أيونات الهاليد مع نترات الفضّة متبوعة بإضافة محلول الأمونيا.

الأنشطة والتّجارب

1-1 التدرّج في طاقة التأيّن والميل الإلكتروني والسالبيّة الكهربائيّة.

2-1 عناصر المجموعة الرابعة (IVA) : الخصائص والإتجاهات.

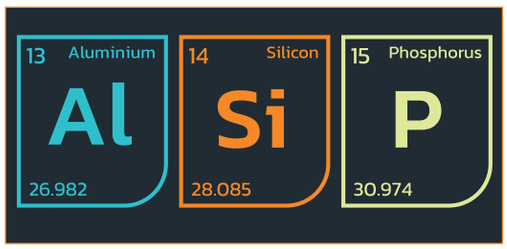
3-1 عناصر المجموعة السابعة (VIIA): الخصائص والإتجاهات.

الدرس 1-1

توقّع الخصائص الفيزيائيّة والكيميائيّة للعناصر

Predicting Physical and Chemical properties of the elements

يزوّدنا الجدول الدوريّ للعناصر بالمعلومات المتوقّعة حول العناصر. افترض أنَّ لديك العناصر الثلاثة المتتالية، كما هو موضّح في **الشكل 1-1**، وهي: الألومنيوم Aluminium (Aℓ)، والسيليكون Silicon (Si)، والفوسفور Phosphorous (P)، حيث نتوقّع أن يمتلك عنصر السيليكون خصائص لها قِيَم تقع ما بين قِيَم الألومنيوم وقِيَم الفوسفور.



الشكل 1-1 ثلاثة عناصر متتالية، وهي: الألومنيوم، والسيليكون، والفوسفور.

	الألومنيوم	السيليكون	الفوسفور
الكتلة الذريّة النسبيّة	26.982 amu	28.086 amu	30.974 amu
السالبيّة الكهربائيّة	1.61	1.90	2.19
الكثافة	2.70 g/cm^3	2.33 g/cm^3	1.82 g/cm^3

لاحظ أنَّ خصائص السيليكون تقع بين خصائص الألومنيوم والفوسفور، ولاحظ أيضًا أنَّ السالبيّة الكهربائيّة تزداد بازدياد الكتلة الذريّة لهذه العناصر، أمّا الكثافة فتقلّ بازدياد الكتلة الذريّة، وسوف يستقصي هذا الدرس أسباب هذه التدرّجات في الخصائص.

مخرجات التّعلُّم

C1201.1 يشرح العوامل المؤثّرة في طاقات التأيّن للعناصر، والتدرّج في طاقات التأيّن بالاتجاه إلى يمين الدورة الواحدة، وإلى أسفل المجموعة الواحدة من الجدول الدوري.

C1201.2 يشرح الاتجاهات الدوريّة في الميل الإلكتروني والسالبيّة الكهربائيّة.

المفردات

First ionization energy	طاقة التأيّن الأولى
Electron affinity	الميل الإلكتروني
Electronegativity	السالبيّة الكهربائيّة

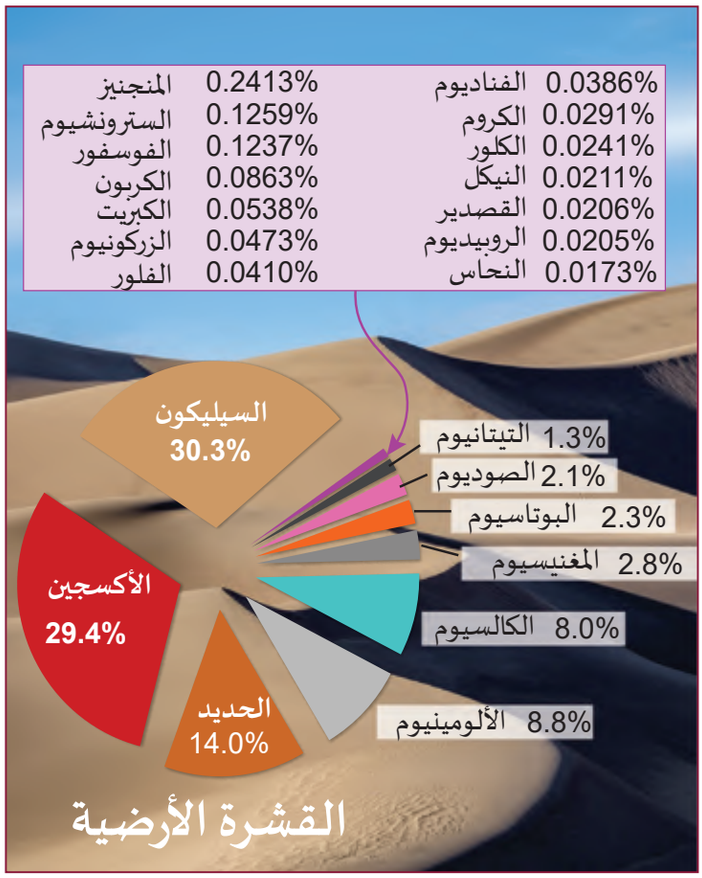
هل تعرف العناصر بشكل جيّد؟

أي عنصر هو المكوّن الرئيسي للرمل ويدخل في تركيب أجهزة الحاسوب؟

يتواجد السيليكون والأكسجين في العديد من المعادن وتسمى السيليكات (SiO_4^{4-})، وهذان العنصران يشكلان 59.7% من القشرة الأرضية. وهذا يشمل جميع الرمل الموجود في دولة قطر.

الشبابيك في غرفة صفك مصنوعة من زجاج جير الصودا الذي يحتوي 70% سيليكا (SiO_2)و 11% صودا (Na_2O) و9% جير غير مطفأ (جير حي) (CaO).

بعد الكربون، يعتبر السيليكون من أخف العناصر التي تكوّن أربع روابط كيميائية تساهمية. هذه الخاصية تجعل منه شبه موصل للتيار الكهربائي. جميع الأجهزة الإلكترونية تعتمد على السيليكون من بينها الحاسوب والهاتف المحمول وأجهزة التحكّم في محرك السيارة والراديو .



الشكل 1-2 نسبة وفرة العناصر في القشرة الأرضية.

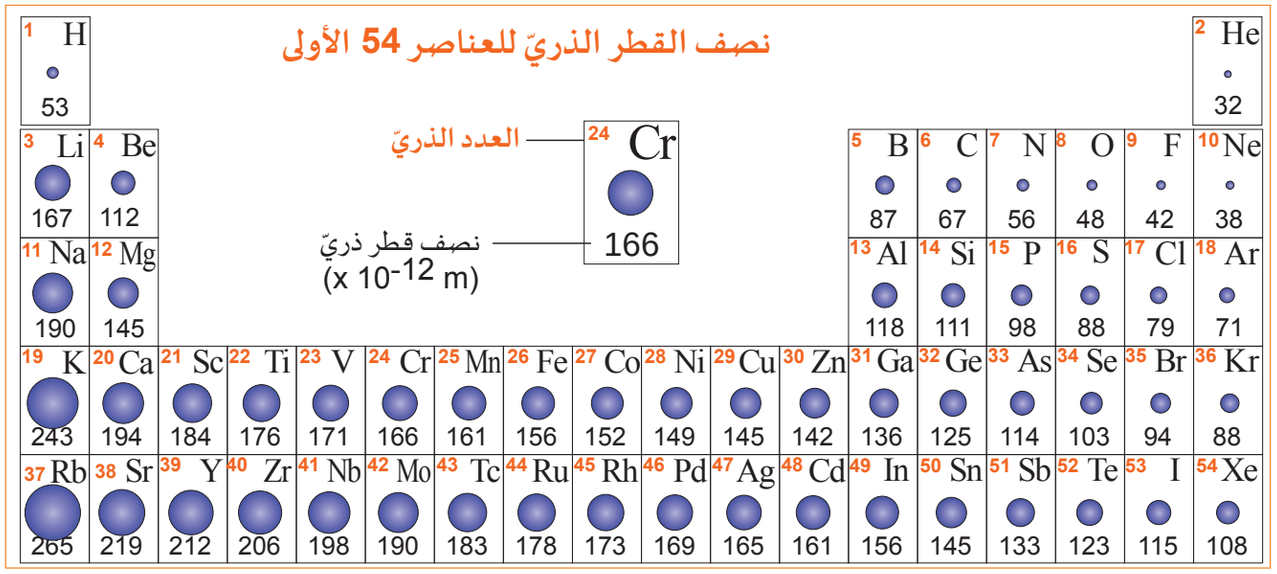
ما العنصر الذي كثافته تساوي ضعف كثافة الرصاص، وتكون قيمته أغلى من قيمة الذهب؟

الشكل 1-3 مواد مصنوعة من البلاتين.

يمتلك مكعّبٌ حجمه $1cm^3$ من الرصاص، كتلةً مقدارها 11.3 g، في الوقت الذي يمتلك فيه حجم مساوٍ له من البلاتين كتلةً مقدارها 21.5 g. لذا، فإن البلاتين أكثر كثافة من الرصاص. إنّه فلز فضيّ اللون غالي الثمن، ولهذا، فإنّه يُستخدم في صناعة المجوهرات. فلز البلاتين ذو قيمة عالية في الصناعة لأنه ثابت وخامل كيميائيًّا. الأسطح النشطة الموجودة في المحوّل المحفّز المستخدم في السيارات الحديثة مصنوعة من السيراميك المطليّ بالبلاتين؛ وتُستخدم أنواع الطلاء الرقيقة من البلاتين في داخل فوهات محرّكات الطائرات وفي حواف شفرات الحلاقة.

الجدول الدوري الحديث

يرتّب الجدول الدوريّ الحديث العناصر بحسب تدرّج متكرّر بالخصائص الكيميائيّة. يبيّن **الشكل (1-4)** تدرج نصف القطر الذريّ للعناصر الـ (54) الأولى في الجدول الدوريّ. يتناقص نصف القطر الذري عبر الدورة بالإتجاه من اليسار الى اليمين ويتزايد خلال المجموعة بالإتجاه من أعلى الى أسفل.

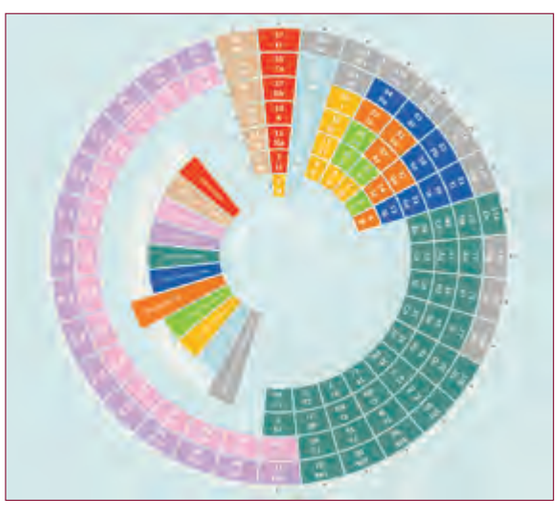


الشكل 1-4 التدرج في قيم أنصاف الأقطار الذرية للعناصر ال(54) الأولى في الجدول الدوري.

عبر دورات الجدول الدوري تقل قيم نصف القطر الذري تدريجياً من اليسار إلى اليمين بزيادة العدد الذري بسبب زيادة الشحنة الموجبة للنواة مع ثبات عدد مستويات الطاقة الرئيسة مما يزيد من قوة جذب النواة للإلكترونات الخارجية. وخلال المجموعات من أعلى لأسفل تزداد قيم نصف القطر الذري بسبب زيادة عدد مستويات الطاقة الرئيسة وبالتالي تضعف قوة جذب النواة للإلكترونات الخارجية.

هناك خصائص أخرى لها سلوكاً مماثلاً مثل طاقة التأين والسالبية الكهربائيّة والميل الإلكتروني. فما هي هذه الخصائص؟ وكيف تتغير خلال الجدول الدوري؟

الجدول الدوريّ الحديث مفيد للغاية، إلا أنّ هنالك تصاميم أخرى، مثل التصميم الدائريّ (**الشكل 1-5**)، والتصميم ذي الأبعاد الثلاثة، تم إنشاؤها لتوضيح العلاقات المميّزة بين العناصر على النحو الأفضل.



الشكل 1-5 جدول دوريّ دائريّ الشكل.

توقّع درجة انصهار الصوديوم، علمًا بأنّ درجة انصهار عنصر الليثيوم هي (181 ℃) ودرجة انصهار عنصر البوتاسيوم هي (63.5 ℃).
تلميح: لاحظ موقع عنصر الصوديوم على الجدول الدوريّ.

طاقة التأيّن الأولى

طاقة التأيّن الأولى (IE_1) **First ionization energy** هي الطاقة اللازمة لنزع الإلكترون الأقلّ ارتباطًا من ذرّة مفردة متعادلة الشحنة وهي في الحالة الغازيّة.

طاقة التأيّن الأولى هي الطاقة اللازمة لنزع الإلكترون الأقلّ ارتباطًا من الذرّة المفردة في حالتها الغازيّة.

طاقة التأيّن الأولى هي إحدى الخصائص الذرّيّة التي تُظهر تدرّجات متوقّعة، سواء عبر الدورات أو خلال المجموعات في الجدول الدوريّ (**الشكل 1-6**)؛ ويُعبَّر عن قيم طاقات التأيّن في العادة بوحدة الكيلو جول لكلّ مول من الذرّات (kJ/mol).

تُمثّل معادلة التأيّن الأولى لأيّ عنصر (X)، يمتلك طاقة تأيّن مقدارها (E) كالآتي :

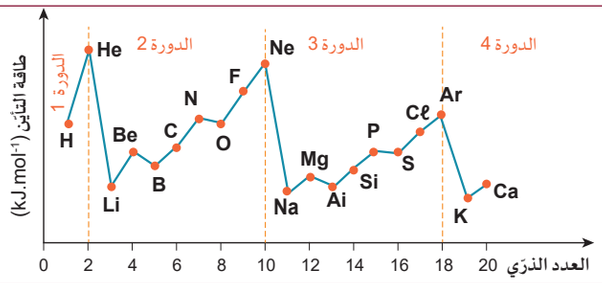
$$X_{(g)} \rightarrow X^{+}_{(g)} + e^{-} \qquad IE_1 = +E \ kJ/mol$$

$$Na_{(g)} \rightarrow Na^{+}_{(g)} + e^{-} \qquad IE_1 = +496k \ jmol^{-1}$$

العوامل التي تؤثّر في طاقة التأيّن:

1. **نصف القطر الذريّ** : بزيادة عدد مستويات الطاقة الرئيسة (زيادة نصف القطر الذريّ)، تقلّ قوّة جذب النواة لإلكترونات التكافؤ فيسهل فصلها وتقلّ قيمة طاقة التأيّن الأولى.
2. **الشحنة النوويّة:** كلّما ازداد عدد البروتونات ازدادت معه قوّة جذب النواة لإلكترونات التكافؤ، ويصبح فصلها أصعب، فتزيد طاقة التأيّن الأولى .
3. **الإلكترونات الحاجبة:** بزيادة عدد مستويات الطاقة الرئيسة الممتلئة بالإلكترونات بين النواة وإلكترونات التكافؤ يزداد تأثير الحجب، فتقلّ قوّة جذب النواة لإلكترونات التكافؤ، فتقلّ قيمة طاقة التأيّن الأولى.
4. **التأثيرات الكميَّة:** الإلكترونات التي تملأ فلكًا مكتملًا في مستوى الطاقة الخارجي تحتاج إلى مزيد من الطاقة لنزعها، أمّا الإلكترونات المنفردة الموجودة في الفلك فتحتاج إلى طاقة أقلّ لنزعها.

بشكل عام، تزداد طاقة التأيّن كلّما اتجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة بسبب زيادة قوة جذب النواة للإلكترونات الخارجية مما يؤدي إلى نقص نصف القطر الذري فيصعب فصلها.



الشكل 1-6 طاقات التأيّن الأولى لعناصر الدورات 1 و2 و3 و4.

قارن بين طاقات التأيّن لكلّ من: K، Kr، Br.

برأيك، كيف يمكن أن تتمّ المقارنة بين طاقات التأيّن لكلّ من K، Kr، Br؟

تابع - طاقة التأيّن الأولى

تتناقص طاقة التأيّن الأولى بالاتجاه من أعلى إلى أسفل خلال المجموعة الواحدة في الجدول الدوريّ، حيث يوضّح **الجدول 1-1** هذا التدرّج عبر المجموعة الثانية (IIA). وذلك للعاملين الآتيين:

الجدول 1-1 طاقات التأيّن الأولى لعناصر المجموعة الثانية (IIA).

عناصر المجموعة الثانية (IIA)	طاقة التأيّن الأولى (kJ/mol)
Be	899
Mg	738
Ca	590
Sr	549
Ba	503

1. تزداد أنصاف الأقطار الذريّة بازدياد عدد مستويات الطاقة الرئيسة المشغولة بالإلكترونات. وهذا يضع الإلكترونات الخارجيّة أبعد عن النواة فتقلّ قوّة التجاذب بينها وبين النواة.
2. هنالك المزيد من الإلكترونات الحاجبة التي تقع بين الإلكترونات الخارجية والنواة (يزداد تأثير الحجب).

تتناقص طاقة التأيّن بشكل عام بالاتجاه من الأعلى إلى الأسفل خلال المجموعة، مع تزايد نصف القطر الذرّيّ وزيادة تأثير الحجب.

الاستثناءات في التدرّج الدوري لطاقة التأيّن الأولى

على الرغم من وضوح وجود التدرّج لطاقات التأيّن الأولى عبر المجموعة والدورة، إلا أن هنالك بعض الاستثناءات بين المجموعتين الثانية والثالثة IIA وIIIA، وبين المجموعتين الخامسة والسادسة VA و VIA.

طاقات التأيّن لعناصر الدورة الثانية مُدرجة في **الجدول 2-1**.

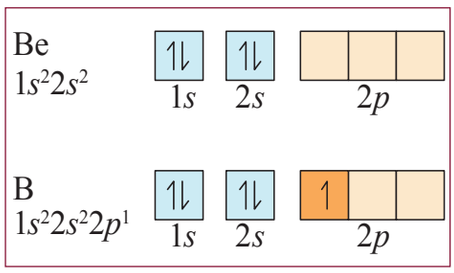
الجدول 2-1 طاقات التأيّن الأولى لعناصر الدورة الثانية.

عناصر الدورة 2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
طاقة التأيّن الأولى (kJ/mol)	520	899	801	1086	1402	1314	1681	2081

هل يوجد استثناء مشابه في الدورة الثالثة؟ ماذا عن الدورة الرابعة؟

عنصر البورون (B) لديه نصف قطر (85 pm) أصغر من نصف قطر عنصر البريليوم (Be) (112 pm)، ولدى عنصر البورون شحنة نوويّة (+5) أكبر من الشحنة النوويّة للبريليوم (+4). لذا، فإنّنا نتوقّع أن يمتلك عنصر البورون طاقة تأيّن أولى أكبر من طاقة التأيّن الأولى لعنصر البريليوم.

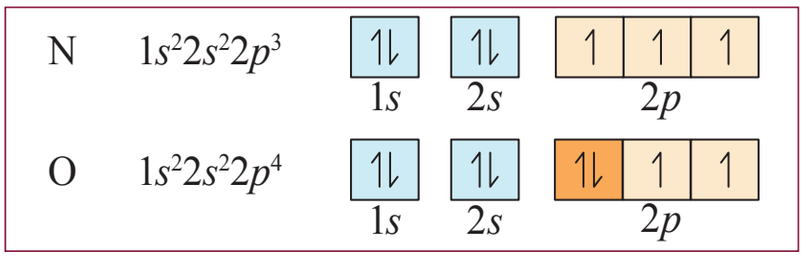
مع ذلك، فإنّ طاقة التأيّن الأولى للبورون هي أقلّ من طاقة التأيّن الأولى للبريليوم، لأن البورون لديه إلكترون إضافيّ في المستوى الفرعيّ (2p)الأبعد نسبيًّا عن النواة. أمّا البريليوم فلديه إلكترونا تكافؤ في المستوى الفرعي (2s) الممتلئ بالإلكترونات، ما يعطي العنصر استقرارًا أكثر. لهذا، فإنّ ازدياد الحجب من قبل الإلكترونات الموجودة في المستويين الفرعيين (1s و2s) يقلّل الجذب بالنسبة إلى الإلكترون الموجود في المستوى الفرعي (2p).



الشكل 1-7 التوزيع الإلكترونيّ للعنصرين: البورون والبريليوم.

تابع - طاقة التأيّن الأولى

لوحظ استثناء آخر بين طاقتَي التأيّن الأولى لكلّ من النيتروجين (1,402 kJ/mol) والأكسجين (1,314 kJ/mol) فاستنادًا إلى قيم نصف القطر الذريّ والشحنة النوويّة، يمكننا أن نتوقّع أنَّ الأكسجين يمتلك طاقة تأيّن أولى أكبر من النيتروجين؛ ولكنّ هذا ليس صحيحًا، بل هو استثناء، سببه الكيفيّة التي ترتَّبت بها الإلكترونات الخارجية في أفلاك (2p). لذا، فإنَّك تلاحظ في **الشكل 1-8** أنَّ الإلكترون الإضافيّ الموجود في الأكسجين يقترن بالإلكترون المنفرد الموجود في فلك (2p)الأوّل ليشكّل زوجًا من الإلكترونات.



الشكل 1-8 التوزيع الإلكتروني لعنصرَي النيتروجين والأكسجين.

إن اقتران إلكترون بآخر وتشكيله زوجًا مــن الإلكترونات ينتجان تنافرًا بين الإلكترونين في الفلك الواحد، هذا التنافر يقلّل من الطاقة اللازمة لنزع الإلكترون. لهذا، فإنَّ الأكسجين يمتلك طاقة تأيّن أولى أقلّ من تلك التي يمتلكها النيتروجين (المستوى الفرعيّ (p) النصف ممتلئ بالإلكترونات هو أكثر استقرارًا).

التدرّجات في طاقات التأيّن الثانية والتي تليها

طاقة التأيّن الثانية (IE_2) هي الطاقة اللازمة لنزع الإلكترون الأقلّ ارتباطًا من الأيون الذي يحمل الشحنة 1+ عندما يكون في حالته الغازية؛ ويحدث هذا بعد أن يتمّ نزع الإلكترون الأول بالفعل.

تمثّل معادلة التأيّن الثانية لأيون (X^+) لديه طاقة تأيّن ثانية (IE_2) كالآتي:

$$X^+_{(g)} \rightarrow X^{2+}_{(g)} + e^- \qquad IE_2 = +E \text{ kJ/mol}$$

$$Na^+_{(g)} \rightarrow Na^{2+}_{(g)} + e^- \qquad IE_2 = +4562 \text{ jmol}^{-1}$$

يحتوي **الجدول 3-1** قيم طاقات التأيّن المتتالية لعناصر الدورة الثالثة.

الجدول 3-1 قيم طاقات التأيّن المتتالية لعناصر الدورة الثالثة بوحدة kJ/mol.

IE	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
IE_1	496	738	578	787	1,012	1,000	1,251	1,520
IE_2	4,562	1,451	1,817	1,577	1,903	2,251	2,297	2,665
IE_3	6,912	7,733	2,745	3,231	2,912	3,361	3,822	3,931
IE_4	9,543	10,540	11,575	4,356	4,956	4,564	5,158	5,770
IE_5	13,353	13,630	14,830	16,091	6,273	7,013	6,540	7,238
IE_6	16,610	17,995	18,376	19,784	22,233	8,495	9,458	8,781
IE_7	20,114	21,703	23,293	23,783	25,397	27,106	11,020	11,995

لماذا تزداد طاقة التأين الثانية عن الأولى والثالثة عن الثانية؟ فسر اجابتك من حيث نصف قطر الأيون وزيادة الشحنة النووية؟

لاحظ التدرّجَيْن الرئيسين الآتيَيْن:

- عندما يتمّ نزع الإلكترونات المتتالية من حول النواة لنفس العنصر، تزداد طاقة التأيّن. لذلك، فإنَّ كل طاقة تأيّن تالية تكون أكبر من التي قبلها.

$$IE_1 < IE_2 < IE_3 < IE_4 < IE_5 < IE_6 < IE_7$$

- تحدث قفزة كبيرة لقيمة طاقة التأيّن عندما يتمّ نزع إلكترون داخليّ (ليس إلكترون تكافؤ) من مستوى طاقة رئيس داخليّ.

هل يمكنك استنتاج التوزيع الإلكترونيّ لكلّ عنصر من العناصر الموجودة في جدول طاقات التأيّن؟

الميل الإلكتروني

الميل الإلكتروني (EA) **Electron affinity** هو كمية الطاقة المُنطلِقة أو المُمْتَصَّة (التغيّر في الطاقة) عندما يتمّ إضافة إلكترون إلى ذرّة متعادلة كهربائيًّا وهي في الحالة الغازيّة لتكوين أيون سالب.

الميل الإلكتروني هو التغيّر في الطاقة الذي يحدث عندما تكتسب ذرّة أو أيون في الحالة الغازية إلكترونًا.

يتمّ تمثيل الميل الإلكتروني للعنصر X كما يأتي:

$Cl_{(g)} + e^- \rightarrow Cl^-_{(g)}$ EA= -349 kj mol^{-1}

الميل الإلكتروني EA = -E kj/mol $X_{(g)} + e^- \rightarrow X^-_{(g)}$

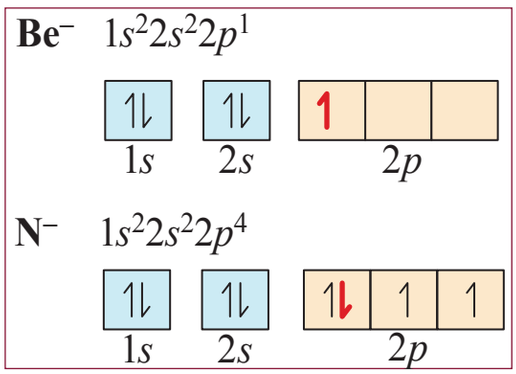
إنَّ قيم الميل الإلكتروني السالبة شائعة، وتمثّل نظامًا يُطلِق طاقة؛ ويبيّن **الجدول 1-4** قيم الميل الإلكتروني لبعض العناصر المختارة.

الجدول 1-4 قيم الميل الإلكتروني لبعض العناصر المختارة بوحدة kJ/mol.

1A							8A
H −73	2A	3A	4A	5A	6A	7A	He >0
Li −60	Be >0	B −27	C −122	N >0	O −141	F −328	Ne >0
Na −53	Mg >0	Aℓ −43	Si −134	P −72	S −200	Cℓ −349	Ar >0
K −48	Ca −2	Ga −30	Ge −119	As −78	Se −195	Br −325	Kr >0
Rb −47	Sr −5	In −30	Sn −107	Sb −103	Te −190	I −295	Xe >0

لا يوجد تدرّج منتظم خلال المجموعة في قيم الميل الإلكتروني، لأن الطاقة المصاحبة لكسب إلكترون واحد تعتمد بشكل كبير على تفاصيل التركيب الإلكترونيّ؛ في الغالب، تصبح قيمة الميل الإلكتروني سالبة بشكل أكبر عند الاتجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، إلاّ أنَّ هنالك الكثير من الاستثناءات.

على سبيل المثال، إنَّ قيمة الميل الإلكتروني في الدورة الثانية ذات قيمة سالبة أكبر عند التحرّك من الليثيوم إلى الفلور، إلا أنّ البريليوم والنيتروجين كليهما يمتلكان قيمة ميل إلكتروني موجبة، لأنَّ عنصر Be يمتلك توزيعًا إلكترونيًا ممتلئاً وأكثر استقرارًا لإلكترونات التكافؤ هو ($2s^2$). وأيّ إلكترون إضافيّ يجب أن يتوجّه إلى المستوى الفرعي (2p) الفارغ، ويحتاج هذا إلى طاقة إضافيّة. أمّا عنصر النيتروجين، فيمتلك توزيعًا إلكترونيًا نصف ممتلئ وأكثر استقرارًا لإلكترونات التكافؤ هو $2s^22p^3$ الذي يحتوي على (3) إلكترونات غير مرتبطة، وموجودة في أفلاك (p)مع إضافة إلكترون رابع إلى فلك (p) سيحتاج إلى طاقة، إنَّ هذا الإلكترون سيتعرّض لقوّة تنافر كبيرة من قبل الإلكترونات الثلاثة الأخرى غير المرتبطة والموجودة في أفلاك (p) (**الشكل 1-9**).



الشكل 1-9 التوزيع الإلكتروني لأيون Be^-، وأيون N^-.

أيُّ غاز نبيل يجب أن يمتلك أكبر قيمة طاقة ميل إلكتروني موجبة؟ ولماذا؟

تلميح: استخدم قيم الميل الإلكتروني من مجموعات أخرى.

من المعروف أن قِيَم الميل الإلكتروني للغازات النبيلة (عناصر المجموعة الثامنة VIIIA) جميعها موجبة. وإنَّ إضافة أيّ إلكترون إلى أيّة ذرّة غاز نبيل تضع ذلك الإلكترون في مستوى طاقة رئيس جديد غير مشغول بالإلكترونات، وهذا يحتاج إلى طاقة.

السالبيّة الكهربائيّة

السالبيّة الكهربائيّة Electronegativity هي القدرة النسبيّة للذرّة على جذب الإلكترونات الموجودة في الرابطة الكيميائيّة. وقد طوّر العالم لويس بولينج (1994-1901م) هذا المقياس، فعيّن بشكل عشوائي الذرّة التي لها القدرة الأكبر على جذب الإلكترونات، وهي ذرّة الفلور، والتي تمتلك سالبيّة كهربائية مقدارها (3.98) تقريبًا، أما قيم السالبيّة الكهربائيّة للذرّات الأخرى جميعها، فقد تمّ ترتيبها وفقًا لذلك (**الجدول 1-5**)، بالإضافة إلى أنَّ السالبيّة الكهربائيّة ليس لها وحدة قياس.

السالبيّة الكهربائيّة هي مقياس قدرة الذرّة على جذب الإلكترونات الموجودة في الرابطة الكيميائيّة .

الجدول 1-5 قيم السالبيّة الكهربائيّة.

1 H 2.20																	2 He
3 Li 0.98	4 Be 1.57											5 B 2.04	6 C 2.55	7 N 3.04	8 O 3.44	9 F 3.98	10 Ne
11 Na 0.93	12 Mg 1.31											13 Al 1.61	14 Si 1.90	15 P 2.19	16 S 2.58	17 Cℓ 3.16	18 Ar
19 K 0.82	20 Ca 1.00	21 Sc 1.36	22 Ti 1.54	23 V 1.63	24 Cr 1.66	25 Mn 1.55	26 Fe 1.83	27 Co 1.88	28 Ni 1.91	29 Cu 1.90	30 Zn 1.65	31 Ga 1.81	32 Ge 2.01	33 As 2.18	34 Se 2.55	35 Br 2.96	36 Kr 3.00
37 Rb 0.82	38 Sr 0.95	39 Y 1.22	40 Zr 1.33	41 Nb 1.6	42 Mo 2.16	43 Tc 1.9	44 Ru 2.2	45 Rh 2.28	46 Pd 2.20	47 Ag 1.93	48 Cd 1.69	49 In 1.78	50 Sn 1.96	51 Sb 2.05	52 Te 2.1	53 I 2.66	54 Xe 2.60

العدد الذرّي — 24 Cr

السالبيّة الكهربائيّة — 1.66

يتناسب التدرّج في قيم السالبيّة الكهربائيّة عبر الدورات والمجموعات في الجدول الدوريّ عكسيًّا مع التغيّرات في أنصاف القطر الذريّة. بشكل عام، عند الإتجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة في الجدول الدوريّ، وبسبب زيادة العدد الذريّ، تزداد الشحنة الموجبة للنواة، والتي تعمل على زيادة قوى الجذب ونقص نصف القطر الذريّ فتزيد قدرة الذرة على جذب إلكترونات التكافؤ فتزداد السالبيّة الكهربائيّة.

تزداد السالبيّة الكهربائيّة بشكل عام من اليسار إلى اليمين عبر الدورة في الجدول الدوري.

بالإتجاه خلال المجموعة من الأعلى إلى الأسفل في الجدول الدوريّ، يزداد عدد مستويات الطاقة الرئيسة، والذي يؤدي إلى زيادة الحجم الذريّ وزيادة تأثير حجب الإلكترونات ونقص قوّة جذب النواة، فتقلّ قدرة الذرة على جذب إلكترونات التكافؤ وتقلّ قيم السالبيّة الكهربائيّة.

تتناقص السالبيّة الكهربائيّة بشكل عام من الأعلى إلى الأسفل خلال المجموعة في الجدول الدوري.

لا تميل الغازات النبيلة إلى جذب الإلكترونات. ولهذا السبب، فإنَّ بعضها لا يمتلك سالبيّة كهربائيّة. ولكنْ، قد تكوّن بعضُ ذرّات الغازات النبيلة ذات الحجم الكبير روابطَ تساهميّة في ظروف خاصّة ومحدّدة، مثل الكريبتون والزنون. لذا، فإنَّ من المحتمل أن نحدّد قيمة السالبيّة الكهربائيّة لهذه العناصر.

مثال 1

باستخدام الجدول الدوريّ فقط، أيٌّ من البريليوم (Be) أو السترونشيوم (Sr) يمكن أن يمتلك طاقة التأيّن الأولى الأعلى؟

الحلّ

- يقع البريليوم والسترونشيوم كلاهما في المجموعة نفسها.
- تتناقص طاقة التأيّن بشكل عام بالإتجاه خلال المجموعة من الأعلى إلى الأسفل بسبب زيادة عدد مستويات الطاقة وبالتالي يزداد نصف القطر الذريّ ويزداد تأثير الحجب وتقلّ قوّة جذب النواة لإلكترونات التكافؤ، فيسهل فصلها.
- نتوقّع أن يمتلك البريليوم طاقة التأيّن الأولى الأعلى، لأنه موجود في موقع أعلى من السترونشيوم في المجموعة.

مثال 2

باستخدام الجدول الدوري فقط، أيٌّ من البورون (B) أو الأكسجين (O) يمكن أن يمتلك قيمة الميل الإلكترونيّ السالبة الأكبر؟

الحلّ

- يقع البورون والأكسجين كلاهما في الدورة نفسها.
- تصبح قيمة الميل الإلكتروني بشكل عام ذات قيمة سالبة أكبر، لأن العدد الذريّ للأكسجين أكبر، فتزداد قوى جذب النواة ويقلّ نصف القطر الذريّ، ما يزيد جذب النواة للإلكترون المضاف أكثر من البورون.
- نتوقّع أن يمتلك الأكسجين قيمة الميل الإلكترونيّ الأكبر، لأنه موجود في موقع أبعد إلى اليمين من البورون في الدورة.

مثال 3

باستخدام الجدول الدوري فقط، أيٌّ من الفوسفور (P) والأنتيمون (Sb) يمكن أن يمتلك السالبيّة الكهربائيّة الأعلى؟

الحلّ

- يقع الفوسفور والأنتيمون كلاهما في المجموعة نفسها.
- تتناقص السالبيّة الكهربائيّة بشكل عام بالإتجاه خلال المجموعة من الأعلى إلى الأسفل بسبب زيادة عدد مستويات الطاقة الرئيسة، والتي تؤدي إلى زيادة الحجم الذري مع نقص قوّة الجذب للنواة ،فتقلّ قدرة الذرّة على جذب إلكترونات التكافؤ.
- نتوقّع أن يمتلك الفوسفور السالبيّة الكهربائيّة الأعلى لأنه موجود في موقع أعلى من الأنتيمون في المجموعة.

1-1 التدرّج في طاقة التأيّن والميل الإلكتروني والسالبيّة الكهربائيّة

سؤال الاستقصاء	هل يمكن استنتاج التدرّجات في طاقة التأيّن والميل الإلكتروني والسالبيّة الكهربائيّة وهل يمكن تفسيرها من البيانات؟
الموادّ المطلوبة	جداول بيانات، ورقة رسم بيانيّ.

الخطوات

1. باستخدام قيم طاقات التأيّن الأولى الموجودة لديك في **الجدولين: 1-1** و**1-2**، أنشئ الرسم البياني لطاقة التأين الأولى(IE_1) في مقابل العدد الذري لعناصر الدورة الثانية. انشىء رسماً بيانياً ثانياً لطاقة التأين الأولى (IE_1) في مقابل العدد الذري لعناصر المجموعة الثانية (IIA) من الجدول الدوري.
2. اذكر التدرّجات في طاقة التأيّن لكلّ رسم بيانيّ عندما يزداد العدد الذريّ.
3. باستخدام قيم طاقات التأيّن المتتالية الموجودة في **الجدول 1-3**، ارسم رسمًا بيانيًا يوضح التغيّر في طاقة التأيّن في مقابل عدد الإلكترونات المنزوعة من عنصر الألومنيوم.
4. اكتب توزيع أوفباو الإلكتروني للألومنيوم، وفسّر القفزة الكبيرة في طاقة التأيّن عندما يتمّ نزع الإلكترون الرابع.
5. باستخدام جدول بيانات قيم الميل الإلكتروني لعناصر الدورة الرابعة الموجود لديك، ارسم رسمًا بيانيًا يوضّح التغيُّر في الميل الإلكتروني في مقابل العدد الذريّ، وحدّد التدرّج العام لهذه القيم.
6. باستخدام جدول بيانات قيم السالبيّة الكهربائيّة لعناصر المجموعة السابعة (VIIA) الموجود لديك، ارسم رسمًا بيانيًا يوضّح التغيُّر في السالبيّة الكهربائيّة في مقابل العدد الذريّ، وحدّد التدرّج العام لهذه القيم وفسّرها من حيث نصف القطر الذريّ .

الأسئلة

a. اكتب توزيعات أوفباو الإلكترونية لعناصر الدورة الثانية المُستخدَمة في الرسم البيانيّ الأوّل، واذكر كيف يتغيَّر عدد مستويات الطاقة الرئيسة المشغولة بالإلكترونات، وكيف يتغيَّر عدد الإلكترونات الحاجبة، وكيف تتغيَّر الشحنة النوويَّة. ثم اذكر كيف يتغيّر نصف القطر الذريّ. فسّر التدرّج في قيم طاقة التأيّن الأولى عبر الدورة من حيث نصف القطر الذريّ .

b. كرّر ما قمت به في السؤال a، لعناصر المجموعة الثانية (IIA).

c. أُعطيت طاقات التأيّن المتتالية لعنصر ما (من IE_1 إلى IE_5) بوحدة kJ/mol، على النحو الآتي: 738 و 1,451 و 7,733 و 10,543 و 13,630. اكتب التوزيع الإلكتروني العام لمستوى الطاقة الخارجي لهذا العنصر.

d. فسّر سبب امتلاك عنصر المغنيسيوم (Mg) قيمة ميل إلكتروني ذات قيمة موجبة أكثر من عنصر الصوديوم (Na).

e. قارن بين الميل الإلكترونيّ والسالبيّة الكهربائيّة.

تقويم الدّرس 1-1

1. أيٌّ من قيم طاقة التأيّن الأولى الآتية هي الأكثر احتمالًا لعنصر السيليكون، عندما تكون طاقة التأيّن الأولى لعنصر الفوسفور تساوي 1,012 kJ/mol؟
   a. 496 kJ/mol
   b. 787 kJ/mol
   c. 1,251 kJ/mol
   d. 1,520 kJ/mol

2. أيٌّ من المعادلات الآتية تمثِّل المعادلة التي تصف طاقة التأيّن الأولى لذرّة الكالسيوم؟
   a. $Ca_{(s)} \rightarrow Ca^{+}_{(s)} + e^{-}$
   b. $Ca_{(g)} \rightarrow Ca^{+}_{(g)} + e^{-}$
   c. $Ca_{(s)} + e^{-} \rightarrow Ca^{+}_{(s)}$
   d. $Ca_{(g)} + e^{-} \rightarrow Ca^{+}_{(g)}$

3. بشكل عام، ما الذي يحدث لقيم طاقات التأيّن الأولى بالإتجاه خلال المجموعة من الأعلى إلى الأسفل، وعبر الدورة من اليسار إلى اليمين في الجدول الدوري على التوالي؟
   a. تزداد، تزداد
   b. تزداد، تتناقص
   c. تتناقص، تزداد
   d. تتناقص، تتناقص

4. ما التدرّج العام لقيم الميل الإلكتروني عبر الدورة من اليسار إلى اليمين في الجدول الدوريّ؟
   a. تصبح القيم ذات قيمة سالبة أكبر.
   b. تصبح القيم ذات قيمة موجبة أكبر.
   c. تبقى القيم ثابتة.
   d. ليس هناك أيّ تدرج عام.

5. لماذا يمتلك النيتروجين قيمة ميل إلكترونيّ موجبة مقارنة مع الكربون؟
   a. لأن الإلكترون المضاف سيزدوج مع إلكترون آخر في فلك.
   b. لأن الإلكترون المضاف سيوضع في مستوى طاقة رئيس غير مشغول بأيَّة إلكترونات من قبل.
   c. لأن الإلكترون المضاف سيوضع في فلك غير مشغول بأيَّة إلكترونات من قبل.
   d. لأن النيتروجين يمتلك نصف قطر ذريّ أصغر من نصف القطر الذريّ للكربون.

6. بشكل عام، لماذا تزداد السالبيّة الكهربائيّة عبر الدورة من اليسار إلى اليمين في الجدول الدوريّ؟

الدرس 1-2

الكيمياء الوصفية لعناصر المجموعة الرابعة IVA (14)

Descriptive Chemistry of the Group IVA (14) Elements

يُشار أحيانًا إلى عناصر المجموعة الرابعة (IVA) باسم مجموعة الكربون. وهذه العناصر مرتَّبة وفق تزايد عددها الذريّ كالآتي:

- الكربون Carbon (C)
- السيليكون Silicon (Si)
- الجرمانيوم Germanium (Ge)
- القصدير Tin (Sn)
- الرصاص Lead (Pb)
- عنصر الفليروفيوم Flerovium (Fℓ) هو عنصر صناعيّ مشعّ من صنع الإنسان، وفترة نصف العمر له قصيرة.

يُبيّن **الشكل 1-10** عيّنات لمعظم هذه العناصر. تُظهر عناصرُ هذه المجموعة عند الاتجاه إلى أسفلها الخصائص الآتية:

- زيادة نصف القطر الذريّ
- تناقص طاقة التأيّن

الشكل 1-10 a) الكربون مثل الجرافيت، b) السيليكون، c) الجرمانيوم، d) القصدير، e) الرصاص.

- تناقص الخصائص اللافلزّية وازدياد الخصائص الفلزّية.

بالإضافة إلى كلّ ما سبق، يكون التركيب الإلكترونـيّ الخارجـيّ العـام لعناصـر هذه المجموعة هو : ns^2np^2.

مخرجات التّعلُّم

C1201.3 يلخّـص التـدرج ويـشرحه فـي الخصائص الآتية بالاتجاه إلى أسفل المجموعة الرابعة (IVA): درجـة الانـصهار، والتوصيل الكهربائي للعناصر، الطبيعة الحمضية - القاعدية، والاسـتـقرار الحراري للأكاسيد.

المفردات

أمفوتيرية (متردّدة)	Amphoteric

كيف تبدو عناصر المجموعة الرابعة (IVA)؟

هل نستخدم هذه العناصر في صورتها النقيّة؟

ما الخصائص التي يمكننا قياسها؟

الشكل 1-11 هذه المنتجات الأربعة يتكوّن كل منها من عنصر نقيّ، وجميعها تنتمي إلى المجموعة الرابعة (IVA).

1. **الكربون:** يستخدم الكربون النقيّ في شكل الجرافيت لأغراض متعدّدة: يُستخدم مسحوق الجرافيت كمادّة تشحيم جافّة. أمّا فراشي الجرافيت فتُستخدم في المحرّكات الكهربائيّة لانخفاض عامل احتكاكها وتوصيلها الكهربائيّ. أما أقلام الجرافيت فيستخدمها الفنّانون للرسم.

2. **السيليكون:** هو أحد العناصر الأكثر وفرة في القشرة الأرضيّة، وفي دولة قطر أيضًا. فالرمل هو في الغالب ثاني أكسيد السيليكون Silicon dioxide. والسيليكون من أشباه الموصلات. يكون السيليكون النقي في صورة بلّورات كبيرة تُقطع إلى شرائح رقيقة وتُستخدم في صناعة الإلكترونيات. يُطبع على هذه الشرائح دوائر كهربائيّة، لإنتاج أجهزة كمبيوتر ومكوّنات إلكترونيّة أخرى.

الشكل 1-12 تتكون الرمال في الغالب من السيليكون والأكسجين (السيليكا).

3. **القصدير:** القصدير النقيّ هو عنصر ليّن فضيّ اللون يسهل ثنيه. والقصدير موصل جيّد للكهرباء، ودرجة انصهاره منخفضة تبلغ 232°C. إنّ لحام القصدير المُستخدَم في تجميع المكوّنات الإلكترونيّة هو إمّا قصدير نقيّ، وإمّا خليط (سبيكة) من القصدير والرصاص أو عناصر أخرى.

4. **الرصاص:** كان معروفًا عند الشعوب القديمة لسهولة استخراجه من خاماته. والرصاص ليّن وسهل التشكيل. وقد استخدم الرومان الرصاص لصنع أنابيب المياه وكؤوس الشراب. ويأتي الرمز (Pb) من الكلمة اللاتينية «Plumbum»، وهو يعني «الفضّة السائلة». ولا يزال الرصاص النقيّ مُستخدمًا حتى يومنا هذا لمنع تسرّب المياه إلى المباني وفي الثقّالة التي يستخدمها الصيّادون. والرصاص شديد السمّية ويتسبّب في تلف الدماغ لدى الأطفال، وقد يسمّم البالغين أيضًا.

تدرّج قيم درجات الانصهار

يُبيّن **الجدول 1-6** درجات انصهار عناصر المجموعة الرابعة (IVA). تتناقص درجات الانصهار بشكل عام مع ازدياد العدد الذريّ عند الاتجاه من أعلى إلى أسفل المجموعة. يُعزى هذا الاتجاه جزئيًّا إلى زيادة نصف القطر الذريّ، فعندما تصبح الذرّات أكبر، تضعف الروابط الفلزيّة أو التساهميّة بين الذرّات. أما القصدير والرصاص فهما استثناء.

على الرغم من أن نصف قطر ذرّات الرصاص أكبر من نصف قطر ذرّات القصدير، إلا أنّ درجة انصهار القصدير أقل من درجة انصهار الرصاص. ويُعزى ذلك إلى تشوّه الهيكل البلّوريّ للقصدير، ما يتطلّب طاقة أقلّ لكسر الروابط الفلزّية بين ذرّات القصدير، ما يسمح للقصدير بالانصهار عند درجة حرارة أقل من الرصاص.

الجدول 1-6 درجة انصهار عناصر المجموعة الرابعة (IVA).

العنصر	درجة الانصهار (°C)
الكربون (الجرافيت والألماس)	>3,000
السيليكون	1,414
الجرمانيوم	938
القصدير	232
الرصاص	327

الشكل 1-13 سكب الرصاص المنصهر.

درجة انصهار السبائك

يوضّح **الجدول 1-6** درجات انصهار القصدير والرصاص النقيّ. ويتكوّن معظم اللحام الصناعيّ من خليط (سبيكة) من القصدير 60% والرصاص 40%. كيف تقارن بين درجة انصهار السبائك ودرجة انصهار العناصر النقية؟

يُبيّن **الشكل 1-14** طريقة بسيطة لإجراء قياس تقريبيّ لدرجة الانصهار. وتظهر النتائج حقيقة مدهشة، فقد تبلغ درجة انصهار خليط القصدير والرصاص 185°C تقريبًا وهذا أقلّ بكثير من درجة انصهار أيّ من العناصر النقيّة. فكيف تشرح هذه الظاهرة؟

الشكل 1-14 يستخدم جهاز قياس درجة الحرارة بالأشعّة تحت الحمراء لقياس درجة الانصهار.

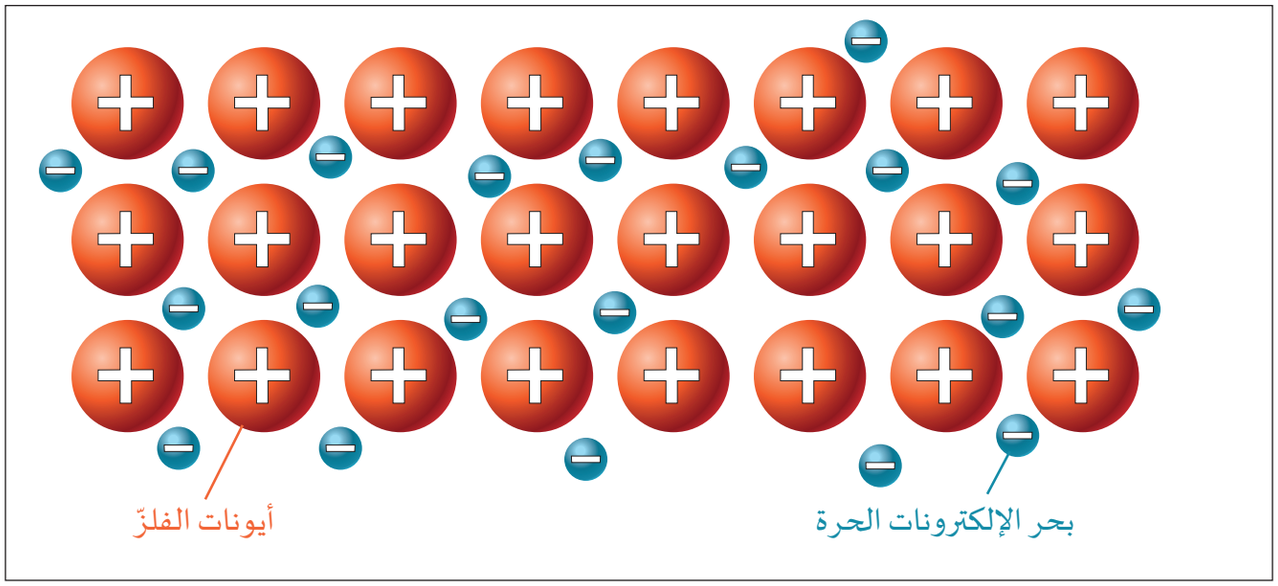
تدرّج التوصيل الكهربائي

يُبيّن **الجدول 1-7** التوصيل الكهربائي لعناصر المجموعة الرابعة (IVA). باستثناء الشكل التآصليّ للكربون الجرافيت؛ يتبع التوصيل الكهربائي التدرّج من الخصائص اللافلزّية إلى الفلزّية عند الاتجاه إلى أسفل المجموعة. ويعزى التوصيل الكهربائي للجرافيت إلى وجود إلكترونات حرّة الحركة حول كلّ ذرّة كربون غير موجودة في روابط الهيكل البلوريّ للألماس (شكل تآصليّ آخر للكربون). ومن المتوقّع أن يكون عنصرا القصدير والرصاص موصلَيْنِ جيّدَيْن للكهرباء كونهما فلزّين.

الجدول 1-7 التوصيل الكهربائيّ لعناصر المجموعة الرابعة (IVA).

العنصر	التوصيل الكهربائيّ	
C (الجرافيت)	موصل جيّد	لا فلزّ
C (الألماس)	غير موصل	لا فلزّ
Si	شبه موصل	شبه فلزّ
Ge	شبه موصل	شبه فلزّ
Sn	موصل جيد	فلزّ
Pb	موصل جيد	فلزّ

تُعدُّ الفلزّات موصلة جيّدة للكهرباء نظرًا إلى طبيعة الروابط الفلزّية. للفلزّات سالبيّة كهربائيّة وطاقة تأيّن منخفضتين. لذلك، تكون إلكترونات التكافؤ حول ذرّات الفلزّات حرّة الحركة يمكن إزالتها بسهولة. تنتقل إلكترونات التكافؤ ذات الارتباط الضعيف هذه من ذرّة فلزّية إلى ذرّة فلزّية أخرى، بطريقة تترابط بها كلّ ذرّات الفلزّ في الشبكة البلوريّة. لذا، يمنح هذا «البحر» من الإلكترونات الحرة، **الشكل 1-15**، الفلزّات القدرة على توصيل الكهرباء بصورة جيّدة.



الشكل 1-15 «بحر» من الإلكترونات الحرّة التي تعطي الفلزّات القدرة على توصيل الكهرباء.

تفاعلات أكاسيد الكربون والسيليكون كأحماض

تتدرّج خصائص أكاسيد عناصر المجموعة الرابعة (IVA) عند الاتجاه إلى أسفل المجموعة من الحمضية إلى **الأمفوتيريّة (متردّدة) Amphoteric**.

الأمفوتيرية صفة تعطى للمادة التي يمكنها أن تتفاعل كحمض أو كقاعدة.

تمتلك معظم عناصر المجموعة الرابعة حالات تأكسد (2+)و(4+). ونتيجة لذلك، يمكنها تكوين أوّل أكسيد (XO) وثاني أكسيد (XO_2) . تختلف الأكاسيد وثاني الأكاسيد في خصائصها. لذا، ستتمّ معالجتها بصورة منفصلة.

أكاسيد الكربون: أوّل أكسيد الكربون غير قابل للذوبان بشكل ملحوظ في الماء، ولكنّه يتفاعل مع محلول مركَّز من هيدروكسيد الصوديوم لإنتاج محلول ملحيّ من ميثانوات الصوديوم Sodium methanoate. وبذلك، يكون أول أكسيد الكربون في هذا التفاعل حمضًا ضعيفًا.

$$CO_{(g)} + NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\text{حرارة}} HCOONa_{(aq)}$$

أمّا ثاني أكسيد الكربون فهو قابل للذوبان في الماء، يتفاعل مع الماء لإنتاج حمض الكربونيك كما هو الحال في المياه الغازية الشائعة.

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

يتفاعل ثاني أكسيد الكربون أيضًا مع الهيدروكسيدات مثل هيدروكسيد الصوديوم لتكوين الكربونات والماء أو الكربونات الهيدروجينيّة (بيكربونات) اعتماداً على نسب المواد المتفاعلة:

$$CO_{2(g)} + 2\ NaOH_{(aq)} \rightarrow Na_2CO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$
$$CO_{2(g)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaHCO_{3(aq)}$$

أكسيد السيليكون: لا يكوّن السيليكون في العادة أول أكسيد، لكنّ ثاني أكسيده (الكوارتز) يسلك سلوك الحمض الضعيف عندما يتفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم المركّز لتكوين محلول سيليكات الصوديوم عند درجة حرارة عالية من 900 °C إلى 1000 °C

$$SiO_{2(s)} + 2NaOH_{(aq)} \xrightarrow{\text{حرارة}} Na_2SiO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

مثال 4

اكتب المعادلات الكيميائيّة الموزونة التي تصف تفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون مع محلول هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH).

الحلّ

- يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون مع محلول هيدروكسيد البوتاسيوم لتكوين كربونات البوتاسيوم والماء أو كربونات البوتاسيوم الهيدروجينيّة (بيكربونات البوتاسيوم). وازن المعادلة بعد كتابة المتفاعلات والنواتج.

- $CO_{2(g)} + 2\ KOH_{(aq)} \rightarrow K_2CO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$
- $CO_{2(g)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KHCO_{3(aq)}$

تفاعلات أكاسيد الجرمانيوم والقصدير والرصاص كقواعد

تُعدُّ أكاسيد وثاني أكاسيد الجرمانيوم والقصدير والرصاص أكاسيد أمفوتيريَّة.

تميل هذه الأكاسيد إلى امتلاك طبيعة قاعديّة عندما تتفاعل مع الأحماض، مثل حمض الهيدروكلوريك لتكوين الملح والماء. واعتمادًا على الفلزّ، يمكن أن يكون الملح قابلًا للذوبان أو غير قابل للذوبان في الماء.

المعادلة العامّة

$$XO_{(s)} + 2\ HC\ell_{(aq)} \rightarrow XC\ell_{2\ (aq\ or\ s)} + H_2O_{(l)}$$

يتفاعل أكسيد الرصاص (II) مع حمض الهيدروكلوريك لإنتاج كلوريد الرصاص (II) والماء. وأكسيد الرصاص (II) يُستخدَم على نطاق واسع في صناعة الزجاج المحتوي على الرصاص.

مثال

$$PbO_{(s)} + 2\ HC\ell_{(aq)} \rightarrow PbC\ell_{2(s)} + H_2O_{(l)}$$

تظهر الطبيعة القاعديَّة لثاني أكاسيد الجرمانيوم والرصاص والقصدير، عند التفاعُل مع حمض الهيدروكلوريك المركّز، حيث تنتج ملحًا عدد تأكسد الفلز فيه (+ 4):

المعادلة العامّة

$$XO_{2(s)} + 4\ HC\ell_{(aq)} \rightarrow XC\ell_{4(aq\ or\ s)} + 2\ H_2O_{(l)}$$

على سبيل المثال، فإنّ أكسيد الرصاص (IV) يتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك لإنتاج كلوريد الرصاص(IV) والماء. يستخدم كلوريد الرصاص (IV) في صناعة الزجاج الشفّاف الحاجب للأشعّة تحت الحمراء.

هناك مساران لتفاعل أكسيد الرصاص (IV)، وذلك يرجع إلى درجة حرارة الحمض. فإذا كان الحمض عند درجة حرارة الغرفة يتكوّن كلوريد الرصاص (IV) والماء، كما تبيّن المعادلة الكيميائيّة الآتية:

$$PbO_{2(s)} + 4HC\ell_{(aq)} \xrightarrow{\text{بارد}} PbC\ell_{4(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

أمّا إذا كان الحمض ساخنًا، فإنّ كلوريد الرصاص (IV) يتحلّل إلى كلوريد الرصاص (II) وغاز الكلور، بالإضافة إلى وجود الماء، كما تبيّن المعادلة الكيميائية الآتية:

$$PbO_{2(s)} + 4HC\ell_{(aq)} \xrightarrow{\text{ساخن}} PbC\ell_{2(s)} + C\ell_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

تفاعلات أكاسيد الجرمانيوم والقصدير والرصاص كأحماض

تمتلك أكاسيد الجرمانيوم والقصدير والرصاص طبيعة حمضيَّة عندما تتفاعل مع معظم الهيدروكسيدات، حيث تنتج هذه التفاعلات أيونًا متعدّد الذرّات مع الفلزّ في حالة تأكسد (+2). ويكون الماء ناتجًا ثانويًا:

المعادلة العامّة

$$XO_{(s)} + 2\ OH^-_{(aq)} \rightarrow XO_2^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

على سبيل المثال، فإنّ أكسيد القصدير (II) يتفاعل مع هيدروكسيد الصوديوم لينتج ستانات (II) الصوديوم والماء. ويتطلّب هذا التفاعل طاقة حراريّة للحدوث، أيْ عند درجة حرارة 400°C تقريبًا:

مثال

$$SnO_{(s)} + 2\ NaOH_{(aq)} \xrightarrow{400°C} Na_2SnO_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$$

لإظهار الطبيعة الحمضيّة لثاني أكاسيد هذه الفلزّات، يجب أن تتفاعل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم الساخن.

على سبيل المثال، فإنّ أكسيد القصدير (IV) يتفاعل مع محلول هيدروكسيد الصوديوم الساخن لإنتاج ستانات (IV) الصوديوم والماء. يحدث هذا التفاعل عند درجة حرارة 350-400 درجة مئوية:

مثال

$$SnO_{2(s)} + 2\ NaOH_{(aq)} \xrightarrow{350°C - 400°C} Na_2SnO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

هناك استثناءات: أكسيد الرصاص (IV) لا يتفاعل بصورة جيدة مع محلول هيدروكسيد الصوديوم، ويحتاج إلى مصهور هيدروكسيد الصوديوم ليُحدث تفاعلًا ملموسًا. في حالة عدم وجود الماء، سيحدث تفاعل مختلف، كما تبيّن المعادلة الآتية:

$$PbO_{2(s)} + 2\ NaOH_{(l)} \rightarrow Na_2PbO_{3(s)} + H_2O_{(g)}$$

مثال 5

كلوريد القصدير (II) عبارة عن مادّة صلبة بلّوريّة بيضاء، صيغتها الجزيئيّة $SnC\ell_2$، وهي قابلة للذوبان، ويستخدم في الطلاء الكهربائيّ لعلب الفولاذ المعروفة بعلب «القصدير». ما هو الأكسيد الذي يتفاعل مع محلول حمض الهيدروكلوريك $HC\ell$ لإنتاج $SnC\ell_2$؟

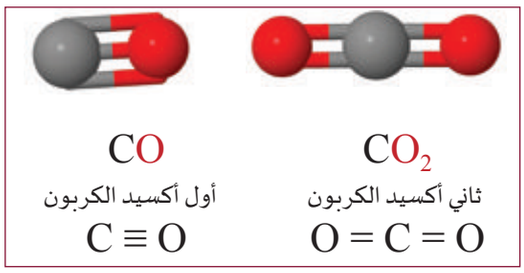
الحلّ

حالة تأكسد القصدير في $SnC\ell_2$ هي (+2). لذلك، يجب أن تكون حالة تأكسد القصدير في أكسيده أيضًا (+2). وعلى ذلك، فإن الصيغة الجزيئيّة لأكسيد القصدير هي SnO.

الاستقرار الحراريّ لأكاسيد عناصر المجموعة الرابعة

1. أكاسيد الكربون: أوّل أكسيد الكربون (CO) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) هي غازات، عديمة اللون والرائحة. كلاهما مكوّنان من جزيئات تساهميّة مستقرّة (**الشكل 1-16**).لاحظ الرابطة الثلاثية في أول أكسيد الكربون والرابطتين الثنائيَّتين في ثاني أكسيد الكربون. يتفاعل أوّل أكسيد الكربون عند درجة حرارة تفوق 300 °C بوجود عامل حفّاز، لينتج ثاني أكسيد الكربون والكربون النقي، كما تبيّن المعادلة الكيميائيّة الآتية:

$$2CO_{(g)} \xrightarrow[>300°C]{\text{عامل حفّاز}} CO_{2(g)} + C_{(s)}$$



الشكل 1-16 أوّل وثاني أكسيد الكربون.

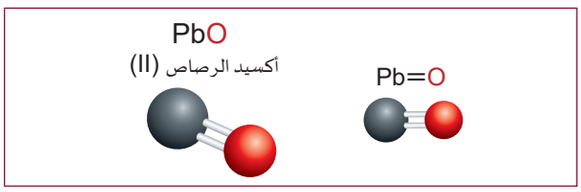
الشكل 1-17 بلورات كوارتز مكوّنة من ثاني أكسيد السيليكون، (SiO_2).

2. أكاسيد السيليكون: أكاسيد السيليكون SiO وSiO_2 موادّ صلبة. الكوارتز هو ثاني أكسيد السيليكون (**الشكل 1-17**). تمتد الروابط التساهمية لأكاسيد السيليكون عبر البلّورات مكوّنةً شبكة صلبة. الخاصيّة العامة لمثل هذه الموادّ الصلبة هي أن درجة انصهارها عالية جدًا، حيث ينصهر أوّل أكسيد وثاني أكسيد السيليكون عند 1703 °C و1713 °C على التوالي.

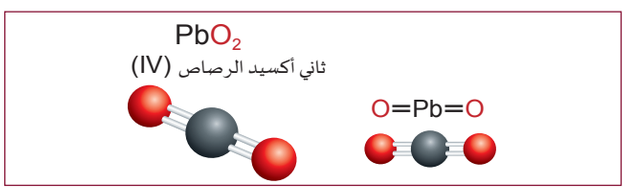
3. أكاسيد الجرمانيوم: لا يُعرف الكثير عن أول أكسيد الجرمانيوم، على الرغم من أنه قد يتكوّن من تسخين ثاني أكسيد الجرمانيوم، وهو مادة صلبة. ويمكننا أيضاً أن نستنتج من درجة انصهارها عند 1115 °C أنها تمتلك خصائص أيونيّة.

4. أكاسيد القصدير: أكسيد القصدير، والمعروف باسم أكسيد القصدير(II)، مادة صلبة سوداء تبلغ درجة انصهارها 1080 °C. أمّا أكسيد القصدير (IV) فهو عبارة عن مادة صلبة بيضاء تبلغ درجة انصهارها 1630 °C.

5. أكاسيد الرصاص: أكسيد الرصاص (II)، **الشكل 1-18**، مادّة صلبة يتراوح لونها بين الأحمر الفاتح والأصفر الفاتح تبلغ درجة انصهارها 888 °C. أما ثاني أكسيد الرصاص (IV)، **الشكل 1-19**، فهو عبارة عن مادّة صلبة بنية داكنة للغاية تبلغ درجة انصهارها 290 °C فقط. وتشير درجة الانصهار المنخفضة إلى أن أكسيد الرصاص (II) حيث يكون عدد تأكسد الرصاص فيه (+2) أكثر استقرارًا من ثاني أكسيد الرصاص (IV) حيث يكون عدد تأكسد الرصاص فيه (+4). ولذلك، فإن ثاني أكسيد الرصاص(IV) PbO_2 يتحوّل عند تسخينه إلى أكسيد الرصاص (II) PbO.



الشكل 1-18 أكسيد الرصاص (II).



الشكل 1-19 ثاني أكسيد الرصاص (IV).

2-1 عناصر المجموعة الرابعة (IVA): الاتجاهات الدورية لخصائصها

سؤال الاستقصاء	هل توجد اتجاهات دورية في الخصائص الكيميائيّة والفيزيائيّة لعناصر المجموعة الرابعة (IVA)؟
الموادّ المطلوبة	برنامج الرسوم البيانيّة، الاتصال بشبكة الإنترنت.

خطوات إجراء النشاط

1. ابحث في درجات انصهار عناصر المجموعة الرابعة (IVA) وضعها في رسم بيانيّ. ثم اشرح اتجاهات التدرّج لدرجة انصهار هذه العناصر، من حيث أنواع الروابط الموجودة بين الذرّات.
2. ابحث وصنّف التوصيل الكهربائيّ لعناصر المجموعة الرابعة (IVA) في كونها: موصلات جيدة وأشباه موصلات وموصلات ضعيفة. اشرح سبب تصنيف العناصر إلى هذه المجموعات باستخدام أنواع الروابط بين الذرّات.
3. ابحث وصنّف سلوك أكاسيد المجموعة الرابعة (IVA) من حيث كونها حمضيّة أو قاعديّة. اكتب معادلات كيميائية لوصف السلوك المحدّد واشرح هذا السلوك من حيث منح أو استقبال البروتونات.
4. ابحث في درجات انصهار أوّل أكسيد (XO) عناصر المجموعة الرابعة (IVA) وضعها في رسم بيانيّ. هل يوجد هناك أيّ اتجاه؟ اشرح اختلاف درجات الانصهار من حيث الروابط أو قوى الجذب المسؤولة عن تكوين الحالات الصلبة لهذه المركّبات.
5. ابحث في درجات انصهار ثاني أكسيد (XO_2) عناصر المجموعة الرابعة (IVA) وارسمها بيانيًّا. هل يوجد هناك أيّ اتجاه؟ اشرح اختلاف درجات الانصهار من حيث الروابط أو قوى الجذب المسؤولة عن تكوين الحالات الصلبة لهذه المركّبات.
6. وثّق المصادر التي حصلت منها على جميع المعلومات، واذكر روابط الويب كاملة إذا تمّ الحصول على المعلومات عبر الإنترنت.

أسئلة / ملخص

a. أيٌّ من الخصائص التي تمّ البحث عنها، إن وجدت، تُظهر اتجاهات واضحة لعناصر المجموعة الرابعة (IVA)؟

b. أيٌّ من الخصائص التي تمّ البحث عنها، إن وجدت، لا تُظهر اتجاهات واضحة لعناصر المجموعة الرابعة (IVA)؟

c. ما الخصائص الكيميائيّة أو الفيزيائيّة الخمس الأخرى التي يمكن أن نُجري البحث عنها في ما يتعلّق بعناصر المجموعة الرابعة (IVA)؟

تقويم الدّرس 1-2

1. عند الانتقال من أعلى المجموعة الرابعة (IVA) إلى أسفلها، ماذا يحدث عمومًا لدرجات انصهار هذه العناصر؟
   a. تتناقص درجات الانصهار بصورة عامة.
   b. تزداد درجات الانصهار بصورة عامة.
   c. تبقى درجات الانصهار ثابتة بصورة عامة.
   d. لا يوجد اتجاه عام لدرجات الانصهار.

2. أيَّة مجموعة من عناصر المجموعة الرابعة (IVA) الآتية موصلة جيّدة للكهرباء؟
   a. C (الألماس)، Si ، Pb
   b. C (الجرافيت)، Sn، Pb
   c. C (الجرافيت)، C (الألماس)، Pb
   d. C (الجرافيت)، C (الألماس)، Sn

3. ما معنى مصطلح الأمفوتيريّة (متردّدة)؟
   a. أن يكون قاعديًّا فقط
   b. أن يكون حمضيًّا فقط
   c. له طبيعة حمضية وأخرى قاعديَّة
   d. ليس له طبيعة حمضية أو قاعديَّة

4. أيٌّ من المركّبات الآتية يتكوّن عندما يتفاعل (PbO) مع حمض الهيدروكلوريك (HCℓ)؟
   a. $PbC\ell_2$
   b. $PbC\ell_4$
   c. $Pb(OH)_2$
   d. $Pb(OH)_4$

5. أي من الآتي ينتج من تفاعل (PbO_2) مع حمض (HCℓ) الساخن؟ .
   a. $PbC\ell_2$
   b. $PbC\ell_4$
   c. $PbC\ell_4 + 2H_2O$
   d. $PbC\ell_2 + C\ell_2 + 2H_2O$

6. ما حالات التأكسد الأكثر شيوعًا التي تكوّنها عناصر المجموعة الرابعة (IVA)؟

7. أيٌّ من أكاسيد عناصر المجموعة الرابعة (IVA) ليس مادّة صلبة؟

8. اكتب المعادلة الكيميائيّة الموزونة، مع رموز الحالة، التي تصف تفاعل أكسيد القصدير (II) ($SnO_{(s)}$) مع أيونات الهيدروكسيد (OH^-).

الدرس 1-3

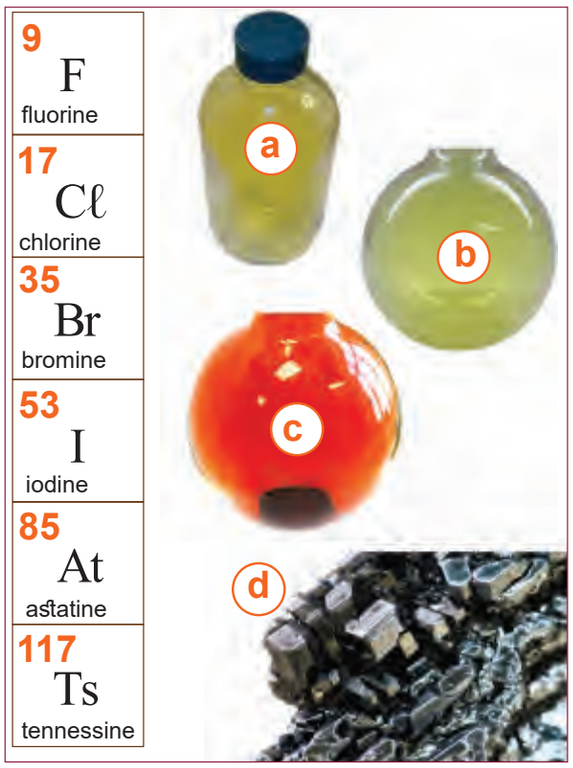
الكيمياء الوصفية لعناصر المجموعة السابعة VIIA (17)

Descriptive Chemistry of the Group VIIA (17) Elements

تُسمّى عناصر المجموعة السابعة (VIIA) مجموعة **الهالوجينات Halogens** (انظر **الشكل 1-20**)، وإليك عناصر هذه المجموعة مرتَّبة بحسب تزايد عددها الذري:

- الفلور (F) Fluorine
- الكلور (Cℓ) Chlorine
- البروم (Br) Bromine
- اليود (I) Iodine
- الأستاتين (At) Astatine (مادة مشعّة)
- التينيسين (Ts) Tennessine (مادة مشعّة)

عند الانتقال في المجموعة السابعة (VIIA) من الأعلى إلى الأسفل في الجدول الدوريّ، يزداد نصف القطر الذرّي للذرّات، وتقلّ طاقة تأيُّنها. تقع الهالوجينات إلى أقصى يمين الجدول الدوريّ، لذلك، فإنَّها جميعًا لافلزّات، وتمتلك جميعها التوزيع الإلكترونيّ لإلكترونات التكافؤ في هيئة ns^2np^5.



الشكل 1-20 a) غاز الفلور، b) غاز الكلور، c) البروم في هيئة سائل وبخار، d) بلّورات اليود.

مخرجات التّعلُّم

C1201.4 يلخّص التدرّج ويشرحه في الخصائص الآتية أسفل المجموعة السابعة (VIIA):

- الخصائص الفيزيائية.
- نشاط العناصر كعوامل مؤكسدة.
- الاستقرار الحراري للهاليدات أو هاليدات الهيدروجين.
- تفاعل أيونات الهاليد مع محلول نترات الفضة متبوعة بإضافة محلول الأمونيا.

المفردات

الهالوجينات	Halogens
العامل المؤكسد	Oxidizing agent

ما الخصائص المميّزة لعناصر المجموعة السابعة (VIIA)؟

هل يمكنك تسمية استخدامين في حياتك اليوميّة للفلور؟

هل يمكنك تسمية استخدامين في حياتك اليوميّة للكلور أو اليود؟

ملح الطعام — مبيّض الغسيل — معجون أسنان بالفلوريد

الشكل 1-21 منتجات تحتوي على الفلور أو الكلور أو اليود.

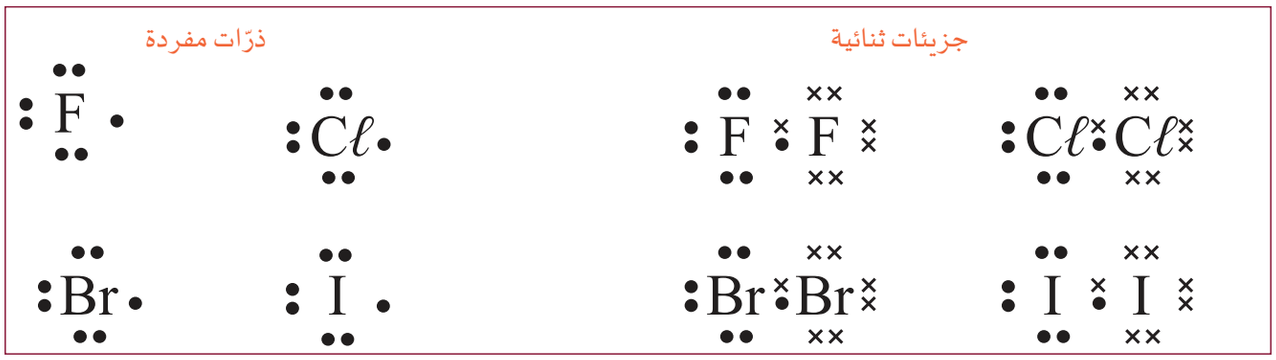
جميع العناصر النقيّة الموجودة في المجموعة السابعة (VIIA)، والتي يُطلق عليها **الهالوجينات Halogens**، تُعدُّ موادّ سامّة، ونشطة كيميائيًّا، وخطرة في الوقت نفسه. أمّا عندما تكون في هيئة مركّبات، فإنَّها تكون في غاية الأهمية لحياتنا. ربّما يكون لديك تعامل مباشر مع ثلاثة منها على الأقلّ يوميًّا: إنَّ مركّب فلوريد الصوديوم (NaF) الموجود في معجون الأسنان يساعد على منع تسوّس الأسنان. أمّا مركّب هيبوكلورايت الصوديوم (NaCℓO) الموجود في مبيّض الملابس، فإنّه يؤكسد البقع ويجعل الملابس نظيفة وناصعة. ويُعدُّ اليود الموجود في الملح من المعادن الرئيسة والضروريّة لجسمك.

الجدول 1-8 حالات عناصر المجموعة السابعة (VIIA)، وخصائص مختارة لها.

	التوصيف	درجة الإنصهار (°C)	درجة الغليان (°C)	حالة التأكسد (الشائعة المحتملة)	فلزّ أو لافلزّ	النشاط الكيميائيّ
F_2 الفلور	غاز سامّ أصفر اللون، يمتلك السالبيّة الكهربائيّة الأعلى	- 219	–188	**–1**	لافلزّ قويّ جدًّا	فائق النشاط، مسبّب للتآكل
$Cℓ_2$ الكلور	غاز أصفر - مخضرّ سامّ	- 101	–34	**–1** +1, +3, +5, +7	لافلزّ قويّ	نشاط مرتفع جدًّا مسبّب للتآكل
Br_2 البروم	سائل أحمر - بنّي كثيف	- 7	60	**–1** +1, +3, +5, +7	لافلزّ	نشاط جيد جدًّا مسبّب للتآكل
I_2 اليود	صلب أسود - رماديّ له مظهر الفلزّ	114	185	**–1** +1, +3, +5, +7	لافلزّ	نشاط جيد
At_2 الأستاتين	عنصر مشعّ طبيعيّ نادر الوجود	*	*	*	*	*
Ts_2 التينيسين	عنصر مشعّ صناعيّ فترة نصف العمر له قصيرة	*	*	*	*	*

الهالوجينات كعناصر نقيّة

توجد الهالوجينات طبيعيًّا في هيئة جزيئات ثنائيّة الذرة. الفلور (F_2) والكلور ($C\ell_2$) هما غازان عند درجة حرارة الغرفة. أما البروم (Br_2) فهو سائل، واليود (I_2) صلب. يبيّن **الشكل 1-22** تمثيل لويس النقطي لهذه الجزيئات الثنائية.



الشكل 1-22 تمثيل لويس النقطي لذرات وجزيئات الهالوجين.

يُلاحظ أن البروم واليود كليهما يمتلكان أبخرة نتيجة وجود هذه الموادّ كجزيئات غير قطبيّة ثنائيّة الذرّة ولضعف قوى الترابط بين جزيئاتها.

العبوة التي تحتوي على البروم السائل ستبدو دائمًا ممتلئة تقريبًا، لأن أبخرة البروم ستملأ الفراغ وتتركّز فوق سطح البروم السائل، حيث يتكوّن البخار السامّ في هيئة غاز بنيّ داكن يملأ العبوة بأكملها.

يبيّن **الشكل 1-23** تجربة يتمّ فيها تسخين عيّنة من بلّورات اليود بلطف باستخدام موقد كحوليّ، ويغطى الدورق الذي يحتوي على اليود بصحن زجاجي شفّاف يحتوي على ثلج وماء. وعندما ترتفع درجة حرارة البلّورات، سيُلاحظ ارتفاع بخار ذو لون بنفسجي غامق يصدر عن بلّورات اليود؛ إلّا أن هذا البخار سامّ، ويجب أخذ الحيطة والحذر لئلّا يتسرّب أيٌّ من هذا البخار من وعاء التجربة. لذلك، فإنّ تنفيذ هذه التجربة يتمّ في داخل خزانة الأبخرة.

الشكل 1-23 عمليّة تسامي اليود.

لدى تسخين دورق بداخله بلّورات يود, يوضع ثلج على الصحن الزجاجيّ الذي يغطّيه, كما هو مبيّن في الشكل 1-23 فسّر الهدف من ذلك.

تدرّج نشاط العناصر بوصفها عوامل مؤكسدة

العامل المؤكسد Oxidizing agent هو المادة التي تُختزَل فتكتسب الالكترونات من مادة أخرى أثناء التفاعل، وتتسبب في تأكسدها. ويبيّن **الشكل 1-24** مثالًا على عملية تأكسد بروميد الصوديوم بواسطة الكلور، تتغيّر حالة تأكسد الكلور من (0) إلى(–1)، لأنّ الكلور يكتسب إلكترونًا من أيون البروميد في تفاعل الإحلال الآتي:

حالة التأكسد ← 0 +1 –1 +1 –1 0

$$C\ell_{2(g)} + 2NaBr_{(aq)} \rightarrow 2NaC\ell_{(aq)} + Br_{2(l)}$$

بينما لا يحدث التفاعل الآتي:

$$Br_{2\,(l)} + 2NaCl_{(aq)} = \text{No Reaction}$$

الشكل 1-24 التفاعل الذي يؤكسد فيه الكلور أيون البروميد.

تجذب العناصر التي تمتلك سالبيّة كهربائية عالية الإلكترونات بقوّة في الرابطة الكيميائيّة، لذلك، فهي عوامل مؤكسدة جيّدة. تمتلك عناصر المجموعة السابعة (VIIA) سالبيّة كهربائية هي الأعلى، لذلك، فهي عوامل مؤكسدة قويّة.

كما هو مبيّن في **الجدول 1-9**، تتدرّج قوّة العامل المؤكسد لعناصر المجموعة السابعة (VIIA) بتناسب طرديّ مع السالبيّة الكهربائيّة، وتناسب عكسيّ مع نصف القطر الذريّ.

الجدول 1-9 قوّة عناصر المجموعة السابعة (VIIA) بوصفها عاملًا مؤكسدًا.

العنصر	العامل المؤكسد	السالبيّة الكهربائيّة	نصف القطر الذريّ (pm)
الفلور	الأقوى	4.0	72
الكلور	↓	3.0	99
البروم	↓	2.8	114
اليود	الأضعف	2.5	133

مثال 7

استنادًا إلى الجدول الدوريّ فقط، أيٌّ من عناصر المجموعة السابعة (VIIA) سوف يؤكسد أيون اليوديد، ولا يؤكسد أيون الكلوريد؟

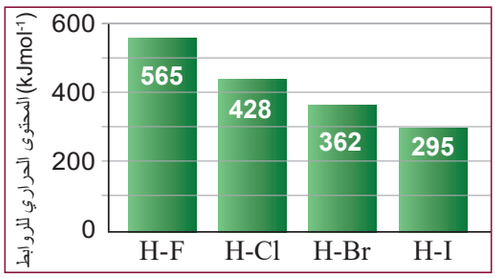
الحلّ

- عناصر المجموعة السابعة (VIIA) التي تقع جميعها فوق عنصر اليود هي عبارة عن عوامل مؤكسدة أقوى من اليود، وهي: الفلور، والكلور، والبروم.
- عناصر المجموعة السابعة (VIIA) التي تقع جميعها تحت الكلور هي عبارة عن عوامل مؤكسدة أضعف من الكلور، وهي: البروم، واليود.
- لذا، فالجواب هو البروم.

الاستقرار الحراري للهاليدات

الهاليدات مركّبات ثنائيَّة الذرة يكون أحد العناصر فيها هو أيون هالوجين (هاليد).

- تعتبر الهاليدات من أهم الأملاح، مثال كلوريد الصوديوم (NaCl) ويوديد البوتاسيوم (KI) وفلوريد المغنيسيوم (MgF_2).
- هاليدات العناصر الانتقالية تتضمَّن شحنات أيونات مختلفة مثال كلوريد الحديد (II) ($FeCl_2$) وكلوريد الحديد (III) ($FeCl_3$) وكلوريد النحاس (I) CuCl وكلوريد النحاس (II) ($CuCl_2$).
- مركبات هاليدات الفلزات جميعها تكوّن بلورات أيونية مستقرة لذلك نجد درجة انصهار هذه المركبات عالية نسبيًا.
- الهاليدات العضويّة التي تضمّ مركّبات الكلورو فلورو كربون، مثال تلك التي تُستخدم كغاز مبرِّد في الثّلاجات، الفريون (CCl_2F_2) وهاليدات الألكيل، مثال كلوريد الميثيلين (CH_2Cl_2).
- مركّبات هاليدات الهيدروجين هي مركبات تساهمية قطبية. HF، HCl، HBr، HI لديها درجة انصهار منخفضة جدًّا، وجميعها مركّبات غازيّة عند درجة حرارة الغرفة. (**الجدول 1-10**).
- المحتوى الحراري لروابط هذه المركبات يتناقص بالإتجاه خلال المجموعة من أعلى إلى أسفل (**الشكل 1-25**) وبالتالي تضعف الرابطة (H-X) ويقل الثبات والإستقرار الحراري لمركبات هاليدات الهيدروجين.



الشكل 1-25 المحتوى الحراري للروابط المكوّنة لمركبات هاليدات الهيدروجين

الجدول 1-10 درجات انصهار هاليدات الهيدروجين.

المُركَّب	درجة الانصهار (°C)	المُركَّب	درجة الانصهار (°C)
HF	−84	HBr	−87
HCl	−114	HI	−51

- مركبات هاليدات الهيدروجين قابلة للذوبان في الماء وتكوّن محاليل حمضية. هذه المحاليل هي أحماض قوية حيث تزداد قوتها بالإتجاه لأسفل المجموعة نتيجة تفككها في الماء بسبب ضعف قوة الرابطة H-X وزيادة طولها لتنتج أيونات الهيدروجين H^+.
- الطريقة المثلى لتحضير هاليدات الهيدروجين هي عن طريق تفاعل حمض الكبريتيك مع ملح هاليدات الصوديوم على سبيل المثال يحضر كلوريد الهيدروجين من خلال تفاعل حمض الكبريتيك مع كلوريد الصوديوم كما هو مبين بالمعادلة الكيميائية الآتية:

$$H_2SO_{4(aq)} + NaC\ell_{(aq)} \longrightarrow NaHSO_{4(aq)} + HC\ell_{(g)}$$

مثال 8

فسر: يوديد الهيدروجين HI أقل ثباتًا واستقرارًا حراريًّا من كلوريد الهيدروجين HCℓ؟

الحلّ

- الرابطة بين الهيدروجين وأيون اليوديد أكثر طولًا وأضعف من الرابطة بين ذرّة الهيدروجين وأيون الكلوريد. لذلك يحتاج يوديد الهيدروجين إلى طاقة أقل لكي يتفكّك.

الكشف عن أيون الهاليد باستخدام نترات الفضّة ومحلول الأمونيا

يمكن الكشف عن وجود أيونات الكلوريد ($C\ell^-$) وأيونات البروميد(Br^-) وأيونات اليوديد (I^-) باستخدام محاليل مائيّة لنترات الفضّة ومحلول الأمونيا؛ على سبيل المثال، يتفاعل محلول نترات الفضّة مع أيونات الكلوريد لتكوين مركّب كلوريد الفضّة ($AgC\ell$) الغير قابل للذوبان، والذي يظهر في هيئة راسب أبيض اللون.

$$C\ell^-_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \rightarrow AgC\ell_{(s)} + NO_3^-{}_{(aq)}$$

يصف **الجدول 1-11** رواسب مركّبات كلوريد الفضّة وبروميد الفضّة ويوديد الفضة، أمّا في التطبيق العمليّ، فسيكون من الصعب تمييزها، لذا، يُضاف محلول الأمونيا المخفَّف إلى هذه الرواسب، فيذوب راسب ($AgC\ell$) عن طريق تكوين أيون ثنائي أمين الفضة (I) $[Ag(NH_3)_2]^+$، أمّا الراسبان الآخران، وهما (AgI)، و(AgBr)، فلا يذوبان. أما بإضافة محلول الأمونيا المركّز يذوب (AgBr) ولا يذوب الراسب (AgI)، ويبيّن **الجدول 1-12** نتائج هذا الاختبار.

الجدول 1-11 الرواسب التي تمت ملاحظتها.

أيون الهاليد	الراسب الذي تمت ملاحظته
الفلوريد (F^-)	لا يوجد
الكلوريد ($C\ell^-$)	أبيض اللون
البروميد (Br^-)	أبيض كريمي
اليوديد (I^-)	أصفر فاتح

الجدول 1-12 نتائج اختبار محلول الأمونيا.

الراسب	إضافة محلول الأمونيا إلى الراسب المتكوّن
$AgC\ell$	يذوب الراسب لتكوين محلول عديم اللون باستخدام محلول الأمونيا المخفّف.
AgBr	لم يُلاحظ أيّ تغيّر باستخدام محلول الأمونيا المخفّف. ولكنَّ هذا الرّاسب يذوب مع محلول الأمونيا المركّز لتكوين محلول عديم اللون.
AgI	لم يُلاحظ أيّ تغيّر سواء باستخدام محلول الأمونيا المخفّف أو محلول الأمونيا المركّز.

مثال 9

أيٌّ من أيونات الهاليدات يكون موجودًا في المحلول عندما يتكوَّن راسب عن طريق إضافة محلول نترات الفضّة، ثم يذوب هذا الراسب عند إضافة محلول الأمونيا المخفّف إليه؟

الحلّ

- تكوّن أيونات الكلوريد، والبروميد، واليوديد رواسب عندما تتفاعل مع أيونات الفضّة.
- سوف يذوب كلوريد الفضّة فقط عند إضافة محلول الأمونيا المخفّف إليه.
- إنَّ أيونات الكلوريد هي التي كانت موجودة في المحلول الأصليّ.

3-1 عناصر المجموعة السابعة (VIIA): الاتجاهات الدورية لخصائصها

سؤال الاستقصاء	هل يمكن الكشف عن محاليل أيونات الهاليدات؟
الموادّ المطلوبة	محاليل NaCℓ، وNaBr، وNaI تركيز كلٍّ منها 0.5 M، محلول نيترات الفضة تركيزه 0.5M ومحلول أمونيا مخفّف، ومحلول أمونيا مركّز، أنابيب اختبار، أدوات عملية الترشيح.

الإجراءات

1. ضع في ثلاثة أنابيب اختبار (5 mL) من محلول نترات الفضّة، تركيزه (0.5 M). في كلٍّ منها أضف (5 mL) من محلول كلوريد الصوديوم، تركيزه (0.5 M)، الى أحد أنابيب الاختبار و (5 mL) من محلول بروميد الصوديوم، تركيزه (0.5 M)، إلى أنبوب آخر، ثمّ (5 mL) من محلـول يوديـد الصوديوم، تركيز (0.5 M)، إلى آخر أنبوب .
2. اجمع الراسب الناتج من كلّ أنبوب اختبار باستخدام عمليّة الترشيح، واغسله جيّدًا بالماء المقطّر أو الماء الخالي من الأيونات.
3. نفّذ هذا الجزء من النشاط في خزانة الأبخرة، بطريقة تجعل الرواسب تتفاعل مع محلول الأمونيا بتركيز (0.5 M)، فإذا لم يحدث أيُّ تفاعل مرئي، اجمع الراسب باستخدام عمليّة الترشيح واغسله مرّة أخرى، واجعله يتفاعل مع محلول الأمونيا المركّز.
4. دوّن الملاحظات جميعها.

الأسئلة

a. اكتب المعادلات الموزونة للتفاعلات الثلاثة التي نفّذتها في الخطوة (1).
b. فسّر الهدف من اختبار إضافة محلول الأمونيا المخفّف.
c. فسّر الهدف من اختبار إضافة محلول الأمونيا المركّز.
d. اكتب المعادلة الموزونة لتفاعل (AgBr) مع الأمونيا، وحدّد بشكل واضح الموادّ الناتجة القابلة للذوبان والمواد الصلبة.

مشروع بحثي

1. ابحث في درجات غليان كلّ من الفلور والكلور والبروم واليود، وارسمها بيانيًا، ثم حدّد طبيعة الحالة (صلبة، سائلة، غازيّة) التي يوجد فيها كلّ هالوجين عند درجة حرارة الغرفة. فسّر التدرّج في قيم درجات الغليان، والتغيّر في الحالات الفيزيائيّة من حيث القوى النسبيّة لقوى التجاذب البينيّة الجزيئية.
2. ابحث، وحدّد القوة النسبيّة للهالوجينات عندما تتفاعل كعوامل مؤكسدة، ثم فسّر التدرّج من حيث نصف القطر الذريّ والسالبيّة الكهربائيّة.
3. ابحث، وارسم بيانيًّا طاقات روابط هاليدات الهيدروجين (HF وHCℓ وHBr وHI)، وفسّر الاستقرار الحراريّ لها من حيث طاقات الروابط، واشرح أيضًا التدرّج في طاقات الروابط من حيث أطوال الروابط، ثم فسّر التدرّج في أطوال الروابط من حيث نصف القطر الذري.

تقويم الدّرس 1-3

1. أيُّ عنصرين من عناصر المجموعة السابعة (AIIV) يمكنهما التفاعل مع بروميد البوتاسيوم؟
   a. اليود، والبروم
   b. اليود، والكلور
   c. الفلور، واليود
   d. الفلور، والكلور

2. كيف تتغير قوة عناصر المجموعة السابعة (VIIA) كعوامل مؤكسدة بالإتجاه خلال المجموعة من الأعلى إلى الأسفل؟
   a. تزداد
   b. تتناقص
   c. تبقى ثابتة
   d. لا يوجد تدرّج واضح

3. ما العامل المؤكسد في المعادلة الكيميائيّة الآتية؟

$$2KI_{(aq)} + Br_{2(\ell)} \rightarrow 2KBr_{(aq)} + I_{2(s)}$$

   a. KI
   b. Br_2
   c. KBr
   d. I_2

4. أيُّ من عناصر المجموعة السابعة (VIIA) من صنع الإنسان؟
   a. الأستاتين
   b. الفلور
   c. البروم
   d. التينيسين

5. أي من التوزيعات الآتية يمثّل التوزيع الإلكتروني لإلكترونات تكافؤ عناصر المجموعة السابعة (VIIA)؟
   a. ns^1np^5
   b. ns^1np^6
   c. ns^2np^5
   d. $ns^2(n-1)p^5$

6. أي من الآتي صحيح بالنسبة لهاليدات الهيدروجين؟
   a. تكوّن معظم هاليدات الهيدروجين أحماضًا قوية عند إذابتها بالماء
   b. هاليدات الهيدروجين هي سوائل سامة عند درجة حرارة الغرفة
   c. تكوّن هاليدات الهيدروجين محاليل غير موصلة للتيار الكهربائي
   d. لدى هاليدات الهيدروجين درجات إنصهار عالية

7. ابحث، وصف بشكل عام، مستخدمًا مصطلحات عامّة، عمل مركّب هيبوكلوريت الصوديوم الموجود في المبيّض على إزالة البقع. يجب أن تتضمّن إجابتك مخطّطًا لجزيء صبغة نموذجيّ، والتغيّر الذي يحدث.

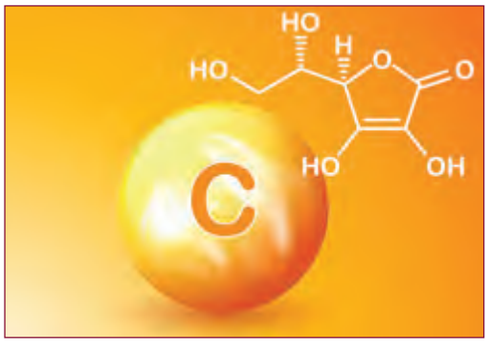
إضاءة على عالِم

لينوس بولينج Linus Pauling 1901–1994

الشكل 1-26 لينوس بولينج.

إن الإسهامات التي قدّمها لينوس بولينج إلى العلم والبشرية كانت مذهلة، فقد نشر أكثر من 1000 بحث ومقال، وفاز بجائزة نوبل للكيمياء في العام 1954 لعمله على الروابط الكيميائيّة. لقد أوجد بولينج مقياس السالبيّة الكهربائيّة، وطَرَحَ أفكارًا كثيرة وأجرى أبحاثًا في عدّة أمراض، مثل فقر الدم المنجليّ، ورأى أن لها أساسًا وراثيًّا.

دفعت هذه الفكرة كثيرًا من العلماء الآخرين إلى البحث عن سبب الأمراض في الجينات البشريّة، حتى إنه رأى أنّ الجينات قد تكون مشفّرة على جزيء مزدوج، وكان ذلك قبل 7 سنوات من اكتشاف واتسون وكريك الحمض النوويّ DNA .



الشكل 1-27 الشكل البنائي لجزيء فيتامين C.

اخترع بولينج مجموعة واسعة من الموادّ الكيميائيّة والأجهزة، بما في ذلك المتفجّرات ومقياس يقيس مستويات الأكسجين. تمَّ استخدام هذا الجهاز في الغوّاصات وفي الحاضنات، وللمرضى تحت التخدير.

في وقت مبكّر من ثلاثينيّات القرن الماضي، كان بولينج مقتنعًا بـأنَّ الفيتامينـات مهمّة للغايـة لصحة الإنسان. مستندًا إلى البحث العلميّ والطبيّ، رأى أن فيتامين C (حمض الأسكوربيك) يمكن أن يؤدّي دورًا في علاج السرطان ونَزْلات البرد. وقد ألَّف كتابًا كان الأكثر مبيعًا في العام 1970 وكان بعنوان «فيتامين C ونَزْلات البرد».

الشكل 1-28 ميدالية جائزة نوبل.

عمل بولينج لعدّة سنوات بعد تفجير أوّل قنبلة ذريَّة لتحذير الحكومات من مخاطر وتداعيات الموادّ المشعّة المستخدمة في التجارب النوويّة. وقد منح بولينج جائزة نوبل للسلام للعام 1962 عن هذا العمل، ليصبح أوَّل شخص يحصل على جائزتَيْ نوبل غير مشتركتين.

الوحدة 1

مراجعة الوحدة

الدرس 1-1 توقّع الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر

- يتم ترتيب العناصر في الجدول الدوري الحديث اعتماداً على العدد الذري ووفق خصائصها الفيزيائية والكيميائية.
- يمكن توقّع خصائص العناصر على أساس موقعها في الجدول الدوريّ ضمن مجموعات ودورات.
- تزداد **طاقة التأيّن الأولى First ionization energy** بشكل عام عبر الدورة عند الإتجاه من اليسار إلى يمين الجدول الدوريّ، وتتناقص بالإتجاه من أعلى المجموعة إلى أسفلها.
- **الميل الإلكتروني Electron affinity** للعناصر يصبح بشكل عام ذا قيمة سالبة أكبر عبر الدورة، ولكن لا يوجد إتجاه ثابت للميل الإلكترونيّ بالإتجاه إلى أسفل المجموعة.
- تزداد **السالبيّة الكهربائيّة Electronegativity** بشكل عام عبر الدورة عند الإتجاه من اليسار إلى يمين الجدول الدوري، وتتناقص بالإتجاه من أعلى المجموعة إلى أسفلها.

الدرس 2-1 الكيمياء الوصفيّة لعناصر المجموعة الرابعة VIA (14)

- تتناقص درجات الانصهار لعناصر المجموعة الرابعة (IVA) بشكل عام بالإتجاه من أعلى المجموعة إلى أسفلها.
- يزداد التوصيل الكهربائيّ لعناصر المجموعة الرابعة (IVA) بشكل عام بالإتجاه من أعلى المجموعة إلى أسفلها.
- تتدرّج خصائص أكاسيد عناصر المجموعة الرابعة(IVA) من الحمضيَّة إلى **الأمفوتيريَّة Amphoteric** بالإتجاه من أعلى المجموعة إلى أسفلها.
- تتفاعل أكاسيد وثاني أكاسيد عناصر المجموعة الرابعة (IVA) على نحو مختلف ومتغاير.
- تصبح الأكاسيد بشكل عام أقلَّ ثباتًا بالإتجاه إلى أسفل المجموعة الرابعة (IVA)، كما يتَّضح من تناقص درجة الانصهار.

الدرس 3-1 الكيمياء الوصفيَّة لعناصر المجموعة السابعة VIIA (17)

- بالإتجاه إلى أسفل المجموعة السابعة(VIIA)، تتغيّر العناصر من كونها غازات إلى موادّ صلبة.
- يمكن أن تظهر هذه العناصر حالة تأكسد سالبة (-1) فقط، ولكن معظمها (باستثناء الفلور) يمكن أن تظهر حالات تأكسد موجبة متعدّدة.
- بالإتجاه إلى أسفل المجموعة السابعة (VIIA)، تتناقص قوة هذه العناصر لتعمل **كعوامل مؤكسدة Oxidizing agent** مع انخفاض السالبيّة الكهربائيّة وازدياد نصف القطر الذريّ.
- الهاليدات هي مركبات مكونة من الهالوجينات . هاليدات الهيدروجين مثال HCℓ و HBr هي غازات عند درجة حرارة الغرفة وتكوّن محاليل حمضية معظمها قوية عند إذابتها بالماء.
- يمكن الكشف عن أيونات المجموعة السابعة (VIIA) بالتفاعل مع أيونات الفضّة، ثم بتفاعل الرواسب مع محلول الأمونيا.

اختيار من متعدّد

1. نصف القطر الذرّي لعناصر الفلور والبروم واليود هو بالتتالي:147pm و185pm و198pm
استخدم هذه المعلومات وحدّد ممّا يأتي قيمة نصف القطر الذري لعنصر الكلور :

a. 53pm.

b. 175pm.

c. 190pm.

d. 200pm.

2. أيٌّ مما يأتي هو وحدة القياس الصحيحة لطاقة التأين؟

a. mole
b. g/mol
c. kj/mol
d. لا توجد وحدات

3. أيّ من المعادلات الآتية تصف بشكل صحيح طاقة التأيّن الثالثة للصوديوم؟

a. $Na^{3+}_{(s)} \rightarrow Na^{4+}_{(s)} + e^-$
b. $Na^{2+}_{(g)} \rightarrow Na^{3+}_{(g)} + e^-$
c. $Na^{3+}_{(s)} + e^- \rightarrow Na^{4+}_{(s)}$
d. $Na^{2+}_{(g)} + e^- \rightarrow Na^{3+}_{(g)}$

4. أيٌّ مما يأتي هو وحدة القياس الصحيحة للميل الإلكتروني؟

a. moles
b. g/mol
c. Kj/mol
d. لا توجد وحدات

5. أيَّةُ معادلة تصف بشكل صحيح الميل الإلكتروني للكبريت؟

a. $S_{(s)} \rightarrow S^+_{(s)} + e^-$
b. $S_{(g)} \rightarrow S^+_{(g)} + e^-$
c. $S_{(s)} + e^- \rightarrow S^-_{(s)}$
d. $S_{(g)} + e^- \rightarrow S^-_{(g)}$

6. ما التدرّج الذي يحدث للسالبية الكهربائية بالإتجاه إلى أسفل المجموعة، وعبر الدورة من اليسار إلى اليمين على التوالي؟

a. تزداد، تزداد
b. تزداد، تتناقص
c. تتناقص، تزداد
d. تتناقص، تتناقص

7. أيٌّ من أزواج عناصر المجموعة الرابعة (IVA) الآتية يصف بشكل صحيح التوصيل الكهربائيّ الخاصة بها؟

a. الجرافيت (موصل ضعيف) والقصدير (موصل جيّد)

b. السيليكون (موصل ضعيف) والرصاص (موصل جيّد)

c. الجرمانيوم (شبه موصل) والقصدير (موصل جيّد)

d. الجرافيت (موصل ضعيف) والألماس (موصل ضعيف)

8. أيُّ أكسيد من أكاسيد المجموعة الرابعة (IVA) ليس أمفوتيريًّا؟

a. القصدير **b.** الرصاص **c.** الكربون **d.** الجرمانيوم

9. أيُّ صيغتين كيميائيتين ممّا يأتي هما لأكاسيد الرصاص الشائعة؟

a. PbO و PbO_2 **c.** PbO_2 و PbO_4

b. PbO و PbO_4 **d.** PbO_4 و Pb_2O_3

10. ما الطبيعة المميّزة التي تُظهرها أكاسيد الكربون عندما تتفاعل مع الماء أو هيدروكسيد الصوديوم؟

a. قاعديّة **b.** حمضيّة **c.** متعادلة **d.** أمفوتيريّة

11. ما الطبيعة المميّزة التي يُظهرها أكسيد العنصر من المجموعة الرابعة (IVA) في المعادلة الآتية؟

$$GeO_{2(s)} + 4\ HC\ell_{(aq)} \rightarrow GeC\ell_{4(aq\ or\ s)} + 2\ H_2O_{(l)}$$

a. قاعديّة **b.** حمضيّة **c.** متعادلة **d.** أمفوتيريّة

12. ما الطبيعة المميَّزة التي يُظهرها أكسيد العنصر من المجموعة الرابعة (IVA) في المعادلة الآتية؟

$$SnO_{(s)} + 2\ OH^-_{(aq)} \rightarrow SnO_2^{2-}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

a. قاعديّة **b.** حمضيّة **c.** متعادلة **d.** أمفوتيريّة

13. أيُّ عنصر من عناصر المجموعة السابعة (VIIA) يمكنه تكوين حالة تأكسد (–1) فقط؟

a. I **c.** $C\ell$

b. F **d.** Br

14. أيٌّ من عناصر المجموعة السابعة (VIIA) الآتية هو أفضل عامل مؤكسد؟

a. I_2 **c.** $C\ell_2$

b. F_2 **d.** Br_2

15. أيٌّ من أيونات عناصر المجموعة السابعة (VIIA) لا يشكّل راسبًا مع أيونات الفضّة؟

a. اليوديد **b.** الفلوريد **c.** الكلوريد **d.** البروميد

16. أيٌّ من هاليدات الفضّة (AgX) سيذوب في محلول الأمونيا المخفّف؟

a. AgI **c.** AgCℓ

b. AgF **d.** AgBr

17. ما العامل المؤكسد في التفاعل الآتي؟

$$2KBr_{(aq)} + C\ell_{2(g)} \rightarrow 2KC\ell_{(aq)} + Br_{2(\ell)}$$

a. KCℓ **c.** KBr

b. $C\ell_2$ **d.** Br_2

18. أي مما يأتي يرتّب العناصر (من اليسار الى اليمين) وفق زيادة درجة الغليان؟

a. $F_2, C\ell_2, Br_2, I_2$ **c.** $Br_2, C\ell_2, F_2, I_2$

b. $I_2, Br_2, C\ell_2, F_2$ **d.** $F_2, I_2, Br_2, C\ell_2$

أسئلة الإجابات القصيرة

الدرس 1-1 توقّع الخصائص الفيزيائيّة والكيميائيّة للعناصر

19. اكتب معادلة كيميائيّة موزونة تصف طاقة التأيّن الأولى لليثيوم، بما في ذلك تدوين الحالة.

20. أيُّ عنصر من عناصر الدورة الثانية يمتلك أعلى طاقة تأيّن أولى؟

21. هل تزداد طاقة التأيّن أو تنخفض عبر الدورة؟ اشرح ذلك من حيث نصف القطر الذريّ وعدد الإلكترونات الحاجبة.

22. اكتب معادلة كيميائيّة موزونة تصف الميل الإلكترونيّ لعنصر اليود، واكتب الحالة الفيزيائية.

23. ما الذي يشير إليه الميل الإلكتروني ذو القيمة الموجبة؟ اشرح ذلك من حيث الطاقة والاستقرار.

24. ما العلاقة العامّة بين السالبيّة الكهربائيّة ونصف القطر الذريّ بالاتجاه إلى أسفل المجموعة في الجدول الدوريّ؟

25. أيُّ عنصر من كل زوج من العناصر الآتية، له أعلى قيمة للميل الإلكتروني الأكثر قيمة سالبة؟

a. Be أم Li

b. Ne أم B

c. F أم O

d. O أم N

26. يحتوي العنصر (Y) على قيم IE الآتية بوحدة kJ/mol :

$IE_1 = 1012, IE_2 = 1903, IE_3 = 2912, IE_4 = 4956, IE_5 = 6273, IE_6 = 22233$

اكتب التوزيع الإلكترونيّ لأعلى مستوى طاقة مشغول في هذا العنصر.

الدرس 1-2 الكيمياء الوصفيَّة لعناصر المجموعة الرابعة VIA (14)

27. لماذا يستطيع الجرافيت توصيل الكهرباء، ولا يستطيع الألماس ذلك، على الرغم من أن كليهما صور تآصليّة لعنصر الكربون؟

28. أيّ من عناصر المجموعة الرابعة (IVA) هو من أشباه الموصلات؟

29. لماذا تكون درجة انصهار القصدير أقلّ من درجة انصهار الرصاص، على الرغم من أن نصف القطر الذري للقصدير أصغر من نصف القطر الذريّ للرصاص؟

30. اكتب المعادلة الكيميائيّة الموزونة التي تصف تفاعل غاز ثاني أكسيدالكربون مع محلول هيدروكسيد الصوديوم لتكوين كربونات الصوديوم بما في ذلك تدوين الحالة.

31. لماذا تكوّن معظم عناصر المجموعة الرابعة (IVA) أكاسيد وثاني أكسيد مثل XO و XO_2؟ اشرح ذلك من حيث حالات التأكسد.

32. أيٌّ من عناصر المجموعة الرابعة (IVA) يكوّن أكاسيد أمفوتيريَّة؟

33. ما نواتج التفاعل بين $SnO_{(s)}$ و $HC\ell_{(aq)}$؟

34. ما الأيون الذي ينتج عند تفاعل $PbO_{(s)}$ مع $OH^-_{(aq)}$؟

35. ما نوع المادّة الصلبة التي يكوّنها ثاني أكسيد السيليكون والتي تجعل درجة انصهاره عالية للغاية؟

الدرس 1-3 الكيمياء الوصفيّة لعناصر المجموعة السابعة VIIA (17)

36. في أيّة حالة (صلبة، سائلة، غازيّة) توجد العناصر الأربعة الأولى من المجموعة السابعة (VIIA) في الطبيعة؟

37. ما عدد حالات التأكسد السالبة التي يمكن أن تكوّنها عناصر المجموعة السابعة (VIIA)؟ وما هي هذه الحالات؟

38. أيُّهما العامل المؤكسد الأقوى، الكلور أم اليود؟

39. أيٌّ من الهالوجينات الأربعة الأولى الأكثر استقرارًا فسر إجابتك؟

40. أيٌّ من أيونات عناصر المجموعة السابعة (VIIA) يوجد في المحلول الذي يكوّن راسبًا مع أيونات الفضّة لا يذوب في محلول الأمونيا المركّز؟

41.* اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة التي تصف تفاعل $AgBr_{(s)}$ مع $NH_{3(aq)}$ المركّز، واكتب الحالة الفيزيائية.

42. ما العلاقة بين قوّة العامل المؤكسد والسالبيّة الكهربائيّة لعناصر المجموعة السابعة (VIIA)؟

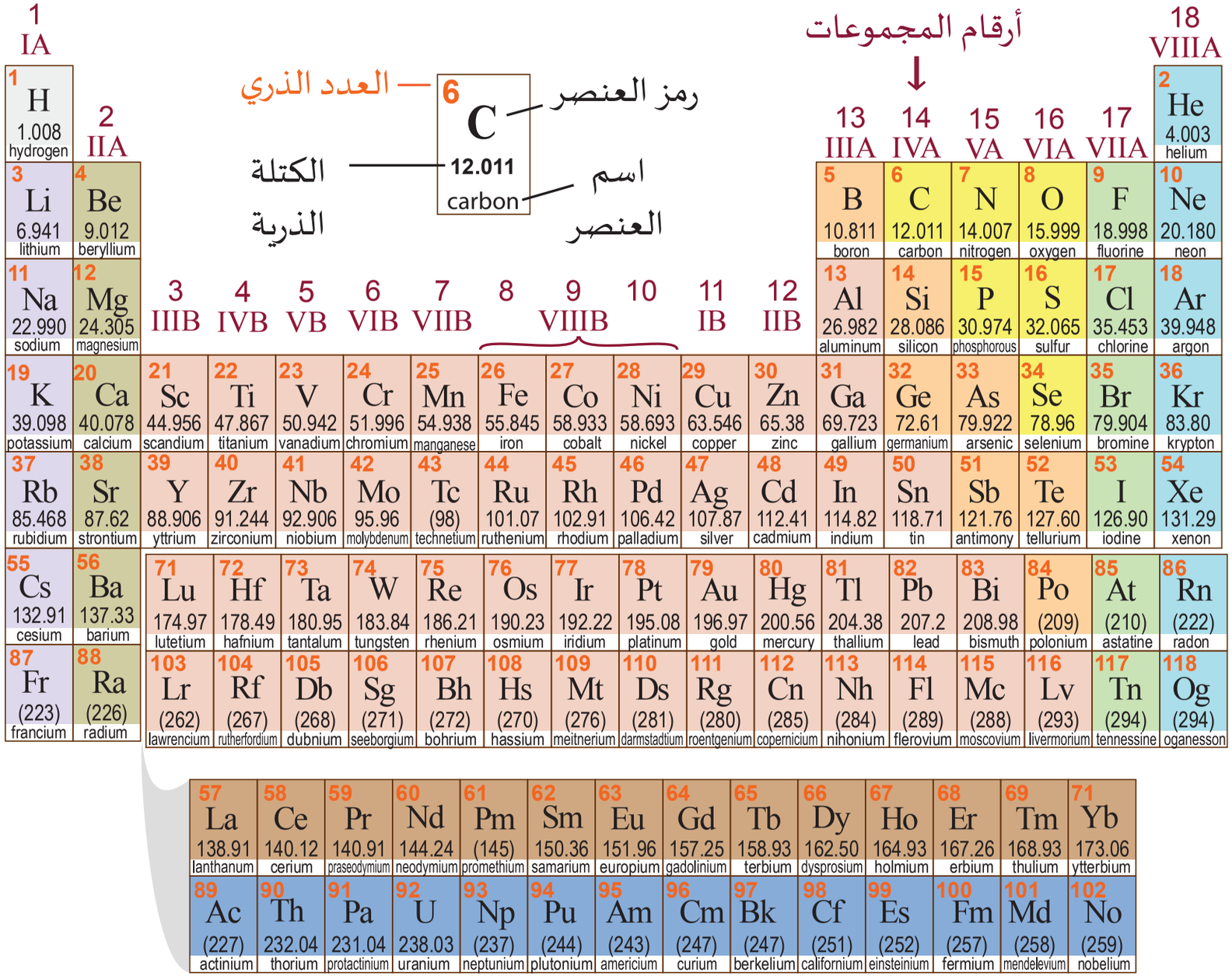
43. ما العلاقة بين قوّة العامل المؤكسد ونصف القطر الذريّ لعناصر المجموعة السابعة (VIIA)؟

44.* أيُّ أيون من أيونات عناصر المجموعة السابعة (VIIA) يوجد في المحلول الذي يتفاعل مع أيونات الفضّة ويكوّن راسبًا يذوب في محلول الأمونيا المركّز؟

45.* أكمل ووازن المعادلة الكيميائية الآتية :

$$H_2SO_{4(aq)} + KBr_{(aq)} \longrightarrow ??$$

جدول دوري حديث



- لا فلزات
- هالوجينات
- غازات نبيلة
- اللانثانيدات
- الأكتنيدات
- أشباة فلزات
- فلزات قلوية
- فلزات قلوية أرضية
- فلزات