الوحدة 1 الدوريّة في خصائص العناصر

مقدّمة الوحدة

تقدّم هذه الوحدة أصل الجدول الدوريّ الحديث، وكيف تمّ بناؤه وتصميمه.

C1002 يفهم نقاط القوّة والضعف في جدول مندليف الدوريّ، وكيف تمّ تطويره، ودوريّة الخصائص الفيزيائيّة والكيميائيّة.

الدرس 1-1 الجدول الدوريّ للعناصر

- العناصر وطبيعة المادّة.
- نشأة فكرة دوريّة خواصّ العناصر.
- الجدول الدوريّ لمندليف.
- النظائر والتركيب الذرّي.
- الجدول الدوريّ الحديث.
- العناصر ونموذج ذرّة بور.
- توزيع بور الإلكترونيّ.
- نشاط: توزيع بور الإلكتروني والجدول الدوري
- المجموعة الثامنة عشرة (VIIIA): الغازات النبيلة.
- عناصر المجموعة الأولى (IA)، والمجموعة الثانية (IIA).
- عناصر المجموعة السابعة عشرة (VIIA)
- الفلزّات، واللافلزّات، وأشباه الفلزّات.
- نشاط: الفلزّات واللافلزّات
- اللانثانيدات والأكتنيدات والعناصر المصنّعة.

الدرس 1-2 تدرُّج الخواصّ الدوريّة للعناصر

- نصف القطر الذرّي.
- تدرُّج نصف القطر الذرّي خلال المجموعة الواحدة.
- نصف القطر الأيوني.
- التدرُّج في نصف القطر الأيوني.
- درجة الانصهار.
- التدرُّج في درجة الانصهار.
- التوصيل الكهربائيّ.

الدرس 1-3 النشاط الكيميائيّ للعناصر

- تدرُّج النشاط الكيميائيّ للعناصر من خلال موقعها في الجدول الدوريّ.
- تفاعلات الفلزّات القلويّة البسيطة ومركّباتها.
- خصائص وتفاعلات الفلزّات القلويّة الأرضية.
- تفاعلات المجموعة الثانية (IIA) - الفلزّات القلويّة الأرضيّة مع الأكسجين.
- نشاط: النشاط الكيميائي للفلزّات.
- النشاط الكيميائيّ للهالوجينات.
- نشاط: النشاط الكيميائي للهالوجينات.

الوحدة 1: 5E

5E	النتاجات
يندمج	الدَرس 1-1: تنظيم جدول دوريّ وفق أسلوب مندليف.
	الدَرس 1-2: كيف تتغيّر خصائص الذرّات في الجدول الدوريّ؟
	الدَرس 1-3: النشاط الكيميائيّ للفلزّات القلويّة.
يستكشف	الدّرس 1-1: قبل العام 1962 كانت الغازات النبيلة تُسمّى «الغازات الخاملة». ابحث لماذا هذا الاسم واردٌ علميًّا.
	الدّرس 1-1: ابحث أين يمكن إضافة عنصر قد يُكتشف حديثًا بعد عنصر الأوجانيسون (Og).
	الدّرس 1-1: ما عناصر المجموعة الأولى الأخرى التي تتفاعل مع عناصر المجموعة السابعة عشرة لتكوين أملاح نستخدمها في حياتنا اليوميّة؟ وما المقصود بـ"الملح الخفيف" مثلًا؟
	الدّرس 1-3: الفلزّات القلويّة الثلاثة الأثقل هي الروبيديوم (Rb) والسيزيوم (Cs) والفرانسيوم (Fr). يمكن الحصول على عيّنات مختبريّة من الروبيديوم والسيزيوم، ولكن لا يمكن الحصول على عيّنات مختبريّة من الفرانسيوم. ابحث عن بعض أسباب ذلك.
	الدّرس 1-3: ناقش مع زميلك السبب الذي يوجب تخزين فلزّ الكالسيوم تحت غاز الأرجون بدلًا من الهواء.
يشرح	نشاط 1-a1: توزيع بور الإلكترونيّ والجدول الدوريّ.
	الدرس 1-2: أيّ من الفلزّات القلويّة سوف ينصهر إذا وُضع في حمّام ماء مغلي عند درجة حرارة مقدارها 100°C؟ وضّح إجابتك.
	نشاط 1-a3: النشاط الكيميائيّ للفلزّات.
يتوسّع	نشاط 1-b1: الفلزّات واللافلزّات.
	نشاط 1-b3: النشاط الكيميائيّ للهالوجينات.
يقيّم	مراجعة الدروس 1-1، 1-2، 1-3، وتقويم الوحدة.

الوحدة 1 الدوريّة في خصائص العناصر

ملخّص الوحدة

تقدّم هذه الوحدة الجدول الدوريّ، بحيث يتعلّم الطلّاب كيف أسهم العلماء في تطوير ما نعرفه الآن عن الجدول الدوريّ، وأنّ هذه العمليّة قد استغرق تطويرها سنوات عديدة.

يقدّم الدرس 1-1 المجموعات والدورات التي ينقسم إليها الجدول الدوريّ. بحيث تمّت مناقشة العلاقة بين تركيب الجدول الدوريّ والتوزيع الإلكترونيّ للعناصر؛ كما سيتعرّف الطلّاب موقع كلّ من الفلزّات واللافلزّات في الجدول الدوريّ.

يتعرّف الطلّاب في الدرس 1-2 نصف القطر الذرّي، ونصف القطر الأيوني، ويلاحظون تدرُّجهما خلال كلّ من المجموعات والدورات؛ كما أنّهم سيتعلّمون خصائص أخرى أيضًا، مثل درجة الانصهار والتوصيل الكهربائيّ.

يركّز الدرس 1-3 على النشاط الكيميائيّ للفلزّات القلويّة، والفلزّات القلويّة الأرضيّة، والهالوجينات، والغازات النبيلة؛ وسوف يتعلّم الطلّاب كيفيّة تكوُّن الأيونات في هذه المجموعات، وتفاعلاتها مع الهيدروكسيدات، بالإضافة إلى بعض تفاعلات الفلزّات مع الأكسجين.

أخطاء شائعة

- **الهواء والأكسجين متشابهان**؛ والصحيح هو أنّ الهواء خليط من الغازات، وأحد هذه الغازات هو الأكسجين.
- **الغازات عديمة الكتلة**؛ والصحيح هو أنّ الغازات مكوَّنة من ذرات أو جُزَيئات لها كتلة.
- **الفلزّات قاسية وصلبة**؛ والصحيح هو أنّ هناك الكثير من الفلزّات الليّنة مثل الفلزّات القلويّة الأرضيّة.

الوحدة 1 مخطط الوحدة

الدرس	عدد الحصص	مخرجات التّعلم	الكفايات
1-1 الجدول الدوريّ للعناصر	8 حصص صفّية	C1002.1 C1002.2 C1002.3 C1002.4 C1002.5	
2-1 تدرُّج الخواصّ الدوريّة للعناصر	4 حصص صفّية	C1002.5	
3-1 النشاط الكيميائيّ للعناصر	7 حصص صفّية	C1002.5 C1002.6	

الكفايات

- التفكير الإبداعي والناقد
- الكفاية اللغوية
- التعاون والمشاركة
- حلّ المشكلات
- الكفاية العددية
- التواصل
- البحث والاستقصاء

المهارات العلمية والكفايات

- يُتوقَّع من الطالب أن يُكمل أربعة أنشطة.
- تُستخدم المهارات الرياضيّة لحلّ أمثلة حساب عدد التكافؤ.
- يتمّ التأكيد على مهارات التواصل من خلال رسم الذرّات والأيونات.
- تُستخدم مهارات الاستقصاء في الأنشطة الأربعة جميعها.

دليل المعلّم

الدرس 1-1
الجدول الدوريّ للعناصر

مصادر تعلّم الدرس

الموضوع / الوقت	المحتوى	موارد كتاب الطالب	موارد دليل المعلم
1 حصّة	تنظيم جدول دوريّ وفق أسلوب مندليف	الصفحة 5	الصفحات 8-11 ورقة العمل 1-1
$\frac{1}{2}$ حصّة صفّية	العناصر وطبيعة المادّة	الصفحة 6	الصفحة 12
$\frac{1}{2}$ حصّة صفّية	نشأة فكرة دوريّة خواصّ العناصر	الصفحة 7	الصفحة 12
$\frac{1}{2}$ حصّة صفّية	الجدول الدوريّ لمندليف	الصفحة 8	الصفحة 13
$\frac{1}{2}$ حصّة صفّية	النظائر والتركيب الذرّي	الصفحة 9	الصفحة 13
$\frac{1}{2}$ حصّة صفّية	الجدول الدوريّ الحديث	الصفحة 10	الصفحة 14
$\frac{1}{2}$ حصّة صفّية	تابع: الجدول الدوريّ الحديث	الصفحة 11	الصفحة 14
2 حصّة	العناصر ونموذج ذرّة بور نشاط: توزيع بور الإلكتروني والجدول الدوري	الصفحات 12-14	الصفحات 15-17 النشاط a1-1
2 حصّة	مجموعات العناصر المتبقّية، الفلزّات، واللافلزّات، وأشباه الفلزّات. نشاط: الفلزّات واللافلزّات	الصفحات 15-20	الصفحات 18-23 النشاط b1-1

الأنشطة	مواد من أجل النشاط
a1-1 توزيع بور الإلكتروني والجدول الدوريّ	ورقة عمل a1-1
b1-1 الفلزّات واللافلزّات	موادّ مختارة من الفلزّات واللافلزّات مثل مسامير حديديّة، ورق ألومنيوم، سلك نحاس، كبريت، قلم رصاص (جرافيت)، بطّاريّة جافّة 1.5 V، أسلاك كهربائيّة مع ملاقط التمساح، مصباح كهربائيّ صغير 1.5 V، مطرقة، ورقة عمل b1-1.

مخرجات التعلّم

C1002.1 يجري نشاطًا لمحاكاة اشتقاق جدول مندليف الدوريّ باستخدام معلومات عن العناصر المعروفة حتّى عام 1869.

C1002.2 يتعرّف إلى جدول مندليف الدوريّ كوسيلة لتصنيف العناصر وفقًا لخصائصها. ويحدّد موقع الفلزّات الأكثر نشاطًا والأقلّ نشاطًا في الجدول الدوريّ، ويحدّد موقع الفلزّات واللافلزّات.

C1002.3 يستنتج أنّ العناصر ذات الخصائص المتشابهة مُرتَّبة في أعمدة في الجدول الدوريّ، وأنّ خصائص العناصر تتغيّر تدريجيًّا خلال الصفوف.

C1002.4 يربط التصنيف الدوريّ الحديث بالتركيب الإلكتروني للعناصر. ويشرح من خلال النظائر، كيف أدّى هذا إلى تغيُّر الترتيب الذي اقترحه مندليف وأدّى إلى اكتشاف عناصر ما بعد اليورانيوم.

C1002.5 يصف التدرُّج في الخواص الفيزيائيّة والكيميائيّة للعناصر ومُركّباتها البسيطة ضمن المجموعات الأولى (I) والثانية (II) والسابعة (VII) والثامنة (VIII) (الصفريّة)، ويفسّر هذا التدرُّج من حيث التركيب الذرّي.

الزمن المقترح للدرس

يجب أن يستغرق تدريس هذا الدرس مدّة زمنيّة مقدارها 8 حصص صفِّية، بحيث تتضمّن نشاطَين، وأوارق عمل، وأفكارًا للمناقشة.

المعرفة السابقة

يجب أن يكون الطلاب على معرفة بما يأتي:

- التركيب الذرّي.
- الفرق بين العنصر والمُركَّب.

المفردات

Periodicity	الدوريّة
Isotopes	النظائر
Period	الدورة
Main group elements	عناصر المجموعة الرئيسة
Transition metals	العناصر الانتقاليّة
Group	المجموعة
Energy level	مستوى الطاقة
Noble gases	الغازات النبيلة (الخاملة)
Alkali metals	الفلزّات القلويّة
Alkali earth metals	الفلزّات القلويّة الأرضيّة
Halogens	الهالوجينات
Metalloids	أشباه الفلزّات
Trans-uranium elements	عناصر ما بعد اليورانيوم

افتتاحية الدرس

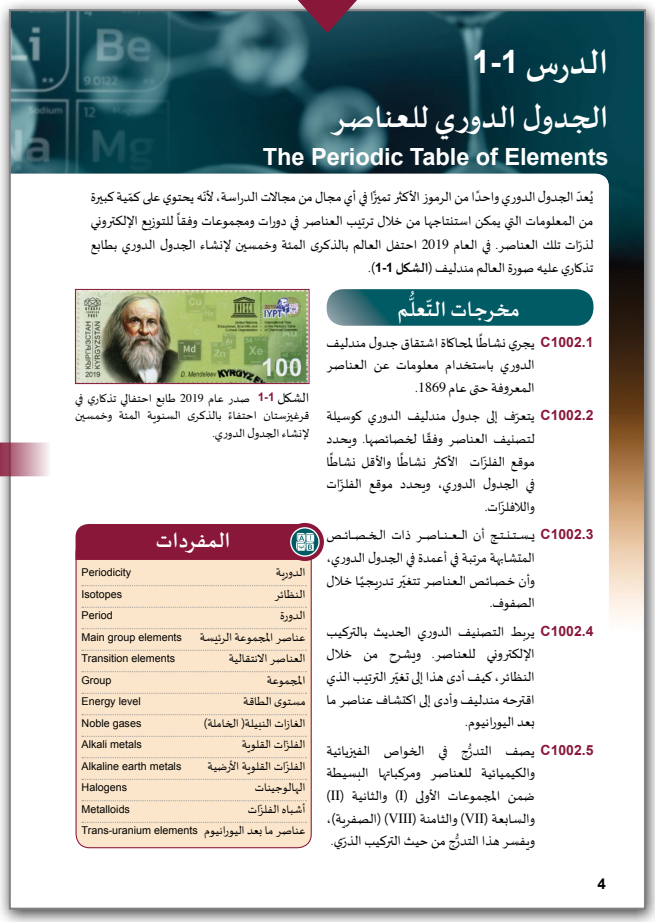
1. **يدمج:** تمّ تصميم نشاط «يدمج» هذا لتحفيز الطلّاب، وإثارة دافعيّتهم واهتمامهم، للتفكير في الخواصّ الدوريّة التي تحدث للعناصر في الجدول الدوريّ.

2. يوجد جدول البيانات ضمن ورقة العمل 1-1. سيعمد الطلّاب إلى تفحّصه ويملأون النموذج (I)، ثمّ النموذج (II)، وعوضًا عن ملء قيم الكتلة الذرّية، ورمز العنصر، سيكتبون قيم كثافة العناصر. كما سيتمّ ملء النموذج (III) باستخدام درجات الانصهار للعناصر.

3. قارن بين قيم كثافة العناصر الموجودة في المجموعات الخامسة (V)، والسادسة (VI)، والسابعة (VII) ودرجات انصهارها. أيّ عنصر في كلّ مجموعة لا يبدو أنّه ينتمي إليها؟ هل تنتمي هذه العناصر إلى مجموعات مختلفة في الجدول الدوريّ الحديث؟ إذا كان الأمر كذلك، فما المجموعات التي تنتمي إليها الآن؟

التيتانيوم، الفناديوم، والكروم لا تظهر أنّها كذلك؛ لأنّها تمتلك قيم كثافة عالية، ودرجات انصهار مرتفعة نسبيًّا أكثر من العناصر الأخرى في المجموعات المحدّدة.

توجد هذه العناصر في مجموعات مختلفة في الجدول الدوريّ الحديث؛ إذ يوجد التيتانيوم الآن في المجموعة الرابعة (IVB)، ويوجد الفناديوم الآن في المجموعة الخامسة (VB)، ويوجد الكروم الآن في المجموعة السادسة (VIB).



الدرس 1-1
الجدول الدوري للعناصر
The Periodic Table of Elements

يُعدّ الجدول الدوري واحدًا من الرموز الأكثر تميزًا في أي مجال من مجالات الدراسة، لأنّه يحتوي على كمّية كبيرة من المعلومات التي يمكن استنتاجها من خلال ترتيب العناصر في دورات ومجموعات وفقاً للتوزيع الإلكتروني لذرّات تلك العناصر. في العام 2019 احتفل العالم بالذكرى المئة وخمسين لإنشاء الجدول الدوري بطابع تذكاري عليه صورة العالم مندليف (**الشكل 1-1**).

مخرجات التعلُّم

C1002.1 يجري نشاطًا لمحاكاة اشتقاق جدول مندليف الدوري باستخدام معلومات عن العناصر المعروفة حتى عام 1869.

C1002.2 يتعرّف إلى جدول مندليف الدوري كوسيلة لتصنيف العناصر وفقًا لخصائصها. ويحدد موقع الفلزّات الأكثر نشاطًا والأقل نشاطًا في الجدول الدوري، ويحدد موقع الفلزّات واللافلزّات.

C1002.3 يستنتج أن العناصر ذات الخصائص المتشابهة مرتبة في أعمدة في الجدول الدوري، وأن خصائص العناصر تتغيّر تدريجيًا خلال الصفوف.

C1002.4 يربط التصنيف الدوري الحديث بالتركيب الإلكتروني للعناصر. ويشرح من خلال النظائر، كيف أدى هذا إلى تغيّر الترتيب الذي اقترحه مندليف وأدى إلى اكتشاف عناصر ما بعد اليورانيوم.

C1002.5 يصف التدرُّج في الخواص الفيزيائية والكيميائية للعناصر ومركباتها البسيطة ضمن المجموعات الأولى (I) والثانية (II) والسابعة (VII) والثامنة (VIII) (الصفرية)، ويفسر هذا التدرُّج من حيث التركيب الذرّي.

الشكل 1-1 صدر عام 2019 طابع احتفالي تذكاري في قرغيزستان احتفاءً بالذكرى السنوية المئة وخمسين لإنشاء الجدول الدوري.

المفردات

Periodicity	الدورية
Isotopes	النظائر
Period	الدورة
Main group elements	عناصر المجموعة الرئيسة
Transition elements	العناصر الانتقالية
Group	المجموعة
Energy level	مستوى الطاقة
Noble gases	الغازات النبيلة (الخاملة)
Alkali metals	الفلزّات القلوية
Alkaline earth metals	الفلزّات القلوية الأرضية
Halogens	الهالوجينات
Metalloids	أشباه الفلزّات
Trans-uranium elements	عناصر ما بعد اليورانيوم

تنظيم جدول دوري وفق أسلوب مندليف

صمّم العالم الروسي ديمتري مندليف Demitri Mendeleev أوّل جدول دوري مفيد للعناصر، ونشره في العام 1869. ولكن العناصر المعروفة في ذلك الوقت كانت تبلغ نصف العناصر المعروفة اليوم تقريبًا. وعندما رتّب مندليف العناصر وفق الكتلة الذرّية، لاحظ أن هناك خصائص أخرى تُظهر نمطًا دوريًّا، وعلى عكس العلماء الذين حاولوا في وقت سابق تنظيم العناصر، حاول مندليف عدم وضع العناصر في مجموعات لا تنتمي إليها، إذ ترك فراغات في جدوله الدوري للعناصر غير المكتشفة التي اعتقد أنها ستشغل هذه الفراغات يومًا ما. وبناءً على خصائص العناصر المحيطة بتلك المساحات الفارغة، استطاع مندليف توقُّع الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر غير المكتشفة في ذلك الوقت.

نشاط (مجموعات ثنائية)

سوف يزوّدك معلّمك بنموذج لنسخة معدّلة من أحد الجداول الدورية الأولى لمندليف الموضّحة في **الجدول 1-1**. يحتوي الجدول على رموز بعض العناصر والكتلة الذرّية لكل عنصر.

الجدول 1-1 نموذج لنسخة معدّلة من جدول مندليف الدوري.

الصف	المجموعة I	المجموعة II	المجموعة III	المجموعة IV	المجموعة V	المجموعة VI	المجموعة VII	المجموعة VIII
1	H = 1							
2	Li = 7						F = 19	
3			Al = 27.3			S = 32		
4		Ca = 40		Ti = 48			Mn = 55	Fe = 56 Co = 59 Ni = 59 Cu = 63
5		Zn = 65			As = 75		Br = 80	

يبيّن هذا النموذج الصفوف الخمسة الأولى فقط من الجدول الدوري لمندليف، لاحظ وجود بعض الخانات الفارغة التي تمثّل العناصر المفقودة.

وسوف يزوّدك معلّمك أيضًا بورقة بيانات تحتوي على بعض خصائص العناصر التي لم ترد في الجدول 1-1 باستثناء ثلاثة عناصر تنتمي إلى هذا النموذج.

1. باستخدام الكتل الذرّية المعطاة كدليل، حدّد العناصر التي تنتمي إلى الخانات الفارغة في النموذج. ستبقى ثلاث خانات فارغة.
2. باستخدام الكتل الذرّية للعناصر حول الخانات الفارغة الثلاث، توقّع الكتل الذرّية للعناصر الثلاثة المفقودة وسجّل توقّعاتك على النموذج.
3. باستخدام ورقة البيانات، املأ النموذجَين الأخرَين على ورقة العمل، مع وضع بيانات الكثافة على نموذج واحد، وبيانات درجة الانصهار على النموذج الآخر.
4. قارن بين كثافة العناصر في المجموعات الخامسة (V) والسادسة (VI) و السابعة (VII) ودرجات انصهارها. أيّ عنصر في كل مجموعة لا يبدو أنه ينتمي إليها؟ هل تنتمي هذه العناصر إلى مجموعات مختلفة في الجدول الدوري الحديث؟ إذا كان الأمر كذلك ، فما هي المجموعات التي تنتمي إليها هذه العناصر الآن؟

نموذج I الكتل الذريّة لبعض عناصر الجدول الدوري

الصف	المجموعة (I)	المجموعة (II)	المجموعة (III)	المجموعة (IV)	المجموعة (V)	المجموعة (VI)	المجموعة (VII)		المجموعة (VIII)
1	H = 1								
2	Li = 7	***Be* = 9**	***B* = 11**	***C* = 12**	***N* = 14**	***O* = 16**	F = 19		
3	***Na* = 23**	**Mg = 24**	Al = 27.3	**Si = 28**	**P = 31**	S = 32	**Cl = 35.5**		
4	**K = 39**	Ca = 40	**44**	Ti = 48	**V = 51**	**Cr = 52**	Mn = 55	Fe = 56 Co = 59 Ni = 59 Cu = 63	
5		Zn = 65	68	72	As = 75	**Se = 78**	Br = 80		

نموذج II كثافة بعض العناصرفي الجدول الدوري

الصف	المجموعة (I)	المجموعة (II)	المجموعة (III)	المجموعة (IV)	المجموعة (V)	المجموعة (VI)	المجموعة (VII)		المجموعة (VIII)
1	0.000090								
2	0.53	1.85	2.34	2.1	0.0013	0.0014	0.0017		
3	0.97	1.74	2.7	2.33	1.82	2.07	0.0032		
4	0.86	1.57		4.54	6.11	7.19	7.43		7.87 8.90 8.91 8.96
5		7.13			5.72	4.79	3.12		

نموذج III درجة انصهار بعض العناصر في الجدول الدوري

الصف	المجموعة (I)	المجموعة (II)	المجموعة (III)	المجموعة IV	المجموعة V	المجموعة VI	المجموعة VII		المجموعة VIII
1	−259								
2	181	1287	2300	3500	−210	−223	−220		
3	98	649	660	1410	44	115	−101		
4	63	839		1660	1902	1857	1244		1535 1495 1453 1085
5		420			808	221	−7		

العناصر وطبيعة المادّة

1. اطلب إلى الطلّاب تسمية أحد العناصر، بعد ذلك، يمكنهم تسمية بعض المُركّبات التي تحتوي على ذلك العنصر. ما مدى تشابه هذه المُركّبات؟ **ربما ليست مُتشابهة إلى هذا الحدّ.**
2. يُظهر **الشكل 2-1** أربع موادّ مختلفة مصنوعة من العنصر نفسه. ناقش كيف أنّ هذه الموادّ الأربع لا تملك أيّ قاسِمٍ مشترك في ما بينها تقريبًا من حيث الخصائص الفيزيائيّة.
3. وضّح للطلّاب أنّ عنصر الصوديوم (Na) مثلًا له العديد من المُركّبات مثل كلوريد الصوديوم، كبريتات الصوديوم، نيترات الصوديوم وغيرها، وبالرغم من احتوائها على العنصر نفسه إلّا أنّها تختلف عن بعضها بعضًا.
4. اطلب إلى الطلّاب التفكير في أمثلة أخرى من موادّ مختلفة تحتوي على العنصر نفسه.

نشأة فكرة دوريّة خواصّ العناصر

1. لم يتمّ إنشاء الجدول الدوريّ خلال يوم واحد. فقد بدأ العلماء باكتشاف العناصر في عام 1640، وقد استغرق الأمر نحو 300 عام لتطوير ما نعرفه اليوم بالجدول الدوريّ.
2. لمناقشة الأنماط التي اكتشفها علماء مختلفون، ينبغي للمعلّم أن يعرض للطلّاب الجدول الدوريّ الحديث ويطلب منهم المُقارنة بين ترتيب العناصر في الجدول الحديث مع الجدول في **الشّكل 3-1**.
3. وجّه الطلّاب كي يسلّطوا الضوء على ثلاثيّات دوبراينر. هل يمكنهم أن يكتشفوا أنّها موجودة في المجموعات نفسها في الجدول الدوريّ الحديث؟

العناصر وطبيعة المادة

توجد آلاف الأنواع من المواد في غرفة الصف وفي المحيط من حولها. فكّر مليًا في كل مكوّن مختلف موجود في الهواء، والتربة، والجدران، والأرض، والكتب، والطاولات، وفي أيّ شيء آخر. لقد ساد اعتقاد لدى القدماء أنّ الأنواع المختلفة من المواد هي عبارة عن اندماج لأربعة عناصر فقط، وهي: التراب، والهواء، والنار، والماء. لكن في يومنا هذا أصبحنا نعرف أنّ الأنواع المختلفة للمواد مكوّنة من ترابط عناصر مختلفة. فعلى سبيل المثال، تحتوي المواد الأربع المختلفة المبيّنة في **الشكل 2-1** على عناصر الهيدروجين والكربون والأكسجين فقط.

الشكل 2-1 أربعة أنواع من المواد مكوّنة من العناصر الثلاثة نفسها: الهيدروجين والكربون والأكسجين.

تمّ اكتشاف أوّل العناصر الحديثة في العام 1669م، حيث استطاع العالم هينينج براند استخراج مادة بيضاء متوهجة، وهي الفوسفور، من بول الإنسان. وتابع علماء كثيرون عملية الاستقصاء هذه؛ وبحلول العام 1860م، أحصى علم الكيمياء الجديد ما بين 50 و 60 عنصرًا من العناصر التي نميّزها في وقتنا الراهن (**الشكل 3-1**).

ومع اكتشاف المزيد من العناصر الجديدة طُرح الكثير من الأسئلة، ومنها:

- ما عدد العناصر التي كانت معروفة في ذلك الوقت؟
- هل كانت هناك علاقات تربط بين هذه العناصر؟
- هل كانت العناصر الـ 63 نفسها مكوّنة من جُسَيْمات أبسط منها؟
- ما الذي جعل خصائص العناصر مختلفة بعضها عن بعض؟
- لماذا تتشابه بعض الخصائص لعناصر محدّدة مع نفس الخصائص لعناصر محدّدة أخرى؟

العناصر التي كانت معروفة عام 1860م

H																	
Li	Be											B	C	N	O	F	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	
K	Ca		Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn			As	Se	Br	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo		Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	
Cs	Ba	La		Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi			

الشكل 3-1 العناصر المعروفة عندما تمّ تطوير أوّل جدول دوري للعناصر في العام 1860م.

نشأة فكرة دورية خواص العناصر

في العام 1817م، اكتشف يوهان دوبراينر أنّ قيمة الكتلة الذرّية لعنصر السترونشيوم تقع في الوسط بين الكتلة الذرّية لعنصر الكالسيوم والكتلة الذرّية لعنصر الباريوم، وهي جميعًا تمتلك خصائص متشابهة. ونشر عام 1829م قانون الثلاثيّات، (**الجدول 1-2**)، الذي رأى فيه أنّ العناصر التي شكّلت ثلاثيّات يمتلك فيها العنصر الأوسط خصائص تكون متوسّطة بين العنصرين الآخرَين. ومع ذلك، فإن لهذه النظرية عيبًا أساسيًا يتمثّل في أنّ العناصر لا تتناسب كلّها مع الثلاثيّات.

الجدول 1-2 ثلاثيّات دوبراينر.

الثلاثية	العنصر	الكتلة الذرّية
1	ليثيوم (Li)	7
	صوديوم (Na)	23
	بوتاسيوم (K)	39
2	كالسيوم (Ca)	40
	سترونشيوم (Sr)	87.6
	باريوم (Ba)	137.3
3	كلور (Cl)	35.5
	بروم (Br)	80
	يود (I)	127

في العام 1865م، رتّب العالم جون نيولاندز العناصر، ووضعها في مجموعات وفقًا لازدياد كتلها الذرّية. فقد لاحظ تكرارًا لخصائص متشابهة بين بعض العناصر بدءًا من كل ثامن عُنصر (مثل تكرار أيام الأسبوع). وأصبح ذلك معلومًا لنا بما يُسمّى قانون نيولاندز للثمانيّات (**الشكل 4-1**). نذكر كمثال على ذلك أنّ الهيدروجين والفلور والكلور تنتمي إلى مجموعة ثمانيّة لها خصائص متشابهة، وهذا يصح على الليثيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم، ويصحّ أيضًا على كل من البريليوم، والمغنيسيوم والكالسيوم. غير أنّ قانون الثمانيّات بعد عنصر الكالسيوم لا يصف خصائص العناصر بدقّة، بالإضافة إلى أنّ الكثير من العناصر لا تتناسب مع هذا النمط.

نظرية ثمانيات نيولاندز

الترتيب																	
1	H	1	F	19	Cℓ	35	Co + Ni	59	Br	80							
2	Li	7	Na	23	K	39	Cu	64	Rb	85							
3	Be	9	Mg	24	Ca	40	Zn	65	Sr	88							
4	B	11	Al	27	Cr	52	Y	89	Ce + La	139							
5	C	12	Si	28	Ti	48	In	115	Zr	91							
6	N	14	P	31	Mn	55	As	210	Nd + Mo	94							
7	O	16	S	32	Fe	56	Se	79	Ro + Ru	102							

العنصر ↑ ↑ الكتلة الذرّية

الشكل 4-1 ثمانيّات نيولاندز

لاحظ أنّ الغازات النبيلة He، Ne، Ar و Kr لم تكن معروفة في العام 1860م، لأنّها لا تتفاعل مع أيّ من العناصر الأخرى، فلم تُكتشف. وقد تمّ اكتشاف الهيليوم من خلال طيف أشعّة الشمس عام 1868، كما تم تحديد الغازات النبيلة الأخرى Ne، و Ar، و Kr لأوّل مرة على يد العالم ويليام رامسي بين العامَين 1895 و 1898م.

الجدول الدوريّ لمندليف

1. في عام 1860، رتّب مندليف العناصر المعروفة آنذاك وفقًا لخصائصها.
2. تمّ ترتيب الفلزّات والغازات في مجموعات.
3. تمّ ترتيب بعض العناصر وفقًا لخصائصها الكيميائيّة، بحيث يُظهر **الشكل 1-5** أنّه تمّ ترتيب هذه العناصر وفقًا لازدياد كتلها الذرّية.
4. اطلب إلى الطلّاب العمل على اكتشاف أوجه الشبه والاختلاف بين الجدول الدوريّ لمندليف والجدول الدوريّ الحديث.
5. وجّه الطلّاب إلى مقارنة مواطن القوّة ومواطن الضعف في جدول مندليف.

النظائر والتركيب الذرّي

1. يمكن تقديم النظائر عن طريق استخدام أوعية صغيرة مُفرَّغة ومُجوَّفة مثل ألعاب الأطفال التي تكون على هيئة بيض.
2. يمكن أن يملأ المعلّم البيض بكرات صغيرة رماديّة اللون لتمثيل النيوترونات، وبكرات حمراء اللون لتمثيل البروتونات.
3. وضِّح للطلّاب أنّه عندما يكون عدد البروتونات الموجود في ألعاب البيض هو نفسه، فإنّ ألعاب البيض هذه تنتمي إلى العنصر نفسه، وعندما يكون عدد النيوترونات الموجودة فيها مختلفًا، فهذا يعني أنّ كتلة تلك الذرّة تكون مختلفة.
4. وضّح للطلّاب أنّه من الممكن لذرّتَي عنصر أن تحتويا على العدد نفسه من البروتونات ولكنّهما تختلفان بعدد النيوترونات. تُسمّى هاتان الذرّتان النظائر.

الوحدة 1: الدورية في خصائص العناصر

جدول مندليف الدوري

تمّ عام 1860م ترتيب العناصر في مجموعات وفقًا لكتلها الذرّية، أو وفقًا لخصائصها المشتركة، على أنّها فلزّات أو غازات. وقد أنشأ مندليف بطاقات لكل عنصر من العناصر الـ 63 التي كانت معلومة آنذاك، فدوّن عليها الكتلة الذرّية وبعض الخصائص الكيميائية لكلّ عنصر.

و في العام 1869م،استطاع مندليف التوصّل إلى ترتيب العناصر وفقًا لازدياد كتلها الذرّية، وحاول وضع العناصر التي لها خصائص متشابهة في الصف نفسه؛ لاحظ مثلًا في **الشكل 1-5** أن Li و Na و K و Rb و Cs تقع في الصف نفسه. وقد لاحظ مندليف أنّ الخصائص تتكرّر من صف إلى آخر، وهذا ما يُسمّى **بالدورية Periodicity**، وهي كلمة أخرى للتعبير عن التكرار المنتظم. لذلك أصبح هذا المخطط بعد ذلك يُعرف بالجدول الدوري.

وضع مندليف بعض العناصر خارج الترتيب لكي تتناسب مع خصائص العناصر، ومن دون أن يدرك ذلك، بدا وكأنّه يستخدم الترتيب الحديث للعناصر أي وفقًا لازدياد أعدادها الذرّية. وافترض مندليف أنّ هناك عناصر غير معروفة، فترك فراغات في جدوله الدوري لهذه العناصر ربّما يتم اكتشافها. (**الشكل 1-5**).

اعتقد مندليف أنّ اليود ينتمي إلى المجموعة التي تتضمّن F و Cl و Br وأن Te ينتمي إلى المجموعة التي تتضمّن O و S استنادًا إلى خصائصها المتشابهة. على الرغم من أنه لم يكن يعلم أنّ الاختلاف بين الكتلة الذرّية وخصائص كلّ من I و Te يعود إلى وجود النظائر. فاليود (I) له نظير واحد يوجد بشكل طبيعي، هو I-127، أما Te فله ثمانية نظائر يكون فيها النظيران Te-128، وTe-130 هما الأكثر وفرة، وكلّ منهما له كتلة ذرّية أكبر من الكتلة الذرّية لنظير اليود I-127.

وإليك بعض من مَواطن القوّة ومَواطن الضعف لجدول مندليف:

مَواطن القوة	مَواطن الضعف
حدّد قيمة الكتلة الذرّية لبعض العناصر التي كانت مقدّرة خطأً في السابق.	رتّب العناصر بحسب زيادة الكتلة الذرّية، وبالتالي حدث بعض الخلل في الترتيب التصاعُدي
ترك أماكن فارغة لعناصر جديدة توقّع اكتشافها مثل: عنصر أطلق عليه إسم (إيكا سيليكون)، أي شبيه السيليكون، وقد تم اكتشافه عام 1886م وسمّي الجرمانيوم، وكانت له الخواص نفسها التي توقّعها مندليف.	لم يتمكّن من تفسير تدرُّج الخواص الكيميائية لبعض العناصر في جدوله؛ إذ وضع أكثر من عنصر في مربّع واحد مثل: النيكل والكوبالت.
اكتشف نمطًا محدّدًا يتكرّر من خلال ترتيب العناصر بحسب الزيادة في الكتلة الذرّية.	لم يتطرّق جدول مندليف إلى الغازات النبيلة، ولا إلى النظائر لأنها لم تكن معروفة في ذلك الوقت.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180	
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182	
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186	
			Mn = 55	Rh = 104.4	Pt = 197.1	
			Fe = 56	Ru = 104.4	Ir = 198	
H = 1			Ni, Co = 59	Pd = 106.6	Os = 199	
	Be = 9.4	Mg = 24	Cu = 63.4	Ag = 108	Hg = 200	
	B = 11	Al = 27.3	Zn = 65.2	Cd = 112		
	C = 12	Si = 28	? = 68	Ur = 116	Au = 197?	
	N = 14	P = 31	? = 70	Sn = 118		
	O = 16	S = 32	As = 75 Se = 79.4	Sb = 122 Te = 128?	Bi = 210?	
	F = 19	Cl = 35.5	Br = 80	I = 127		
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85.4	Cs = 133		
		Ca = 40	Sr = 87.6	Ba = 137	Tl = 204	
		? = 45			Pb = 207	
		?Er = 56	Ce = 92			
		?Yt = 60	La = 94			
		?In = 75.6	Di = 95			
			Th = 118?			

الشكل 1-5 جدول مندليف الدوري الأوّل.

الدرس 1-1: الجدول الدوري للعناصر

النظائر والتركيب الذرّي

لم يكن تركيب الذرّة معلومًا في زمن مندليف، فقد رتّب دوبرايتر ونيولاندز ومندليف جميعهم العناصر وفقًا لازدياد كتلها الذرّية، لأنهم كانوا يعرفونها. ووجدوا بعض العناصر تبدو وكأنها لا تتّبع هذا الترتيب. لكننا في الوقت الراهن، نعلم أنّ جميع ذرّات العنصر نفسه لها عدد البروتونات نفسه التي تتضمّنها النواة. ومع ذلك، فقد تكون لها أعداد مختلفة من النيوترونات. **فالنظائر Isotopes** هي الذرّات التي لها العدد نفسه من البروتونات، ولكنها تختلف في أعداد النيوترونات، أي أنها تختلف أيضًا في العدد الكتلي.

	الهيدروجين-3 (التريتيوم)	الهيدروجين-2 (الديوتيريوم)	الهيدروجين-1	الكربون-14	الكربون-13	الكربون-12
البروتونات	1	1	1	6	6	6
النيوترونات	2	1	0	8	7	6
العدد الكتلي	3	2	1	14	13	12

الشكل 1-6 نظائر الكربون والهيدروجين.

النظائر هي ذرّات للعنصر نفسه لها عدد البروتونات نفسه ولكنها تختلف في عدد النيوترونات.

يبيّن **الشكل 1-6** نظائر الكربون والهيدروجين، فذرّات الهيدروجين جميعها لها بروتون واحد، إلّا أن نظائر الهيدروجين قد يكون لها 0، أو 1، أو 2 من النيوترونات. أمّا نظائر الكربون جميعها فلها ستة بروتونات، إلّا أن أحد نظائر الكربون له ستة نيوترونات (الكربون-12)، والنظير الثاني له سبعة نيوترونات (الكربون-13)، والنظير الثالث له ثمانية نيوترونات (الكربون-14).

تحتوي الكثير من العناصر على خليط من النظائر في الطبيعة؛ وتمثّل قيمة الكتلة الواردة في الجدول الدوري متوسّط الكتلة الذرّية لنظائر العنصر. ولمّا كانت نظائر العنصر تتشابه في عدد البروتونات، فقد اكتسبت الخصائص الكيميائية نفسها. فنظير الهيدروجين-1 مثلًا له الخواص الكيميائية نفسها لنظير الهيدروجين-2 (الديوتيريوم)، في حين أنّهما يختلفان في الخصائص الفيزيائية لاختلافهما في عدد النيوترونات؛ فدرجة غليان الماء H_2O (100°C) مثلًا أدنى من درجة غليان الماء الثقيل D_2O (101.4°C).

مثال 1

ما عدد البروتونات والنيوترونات في ذرّة عنصر النيتروجين-15؟

الحل:

العدد الذرّي لعنصر النيتروجين هو 7، فلا بدّ أن يكون عدد البروتونات في هذه الذرّة هو 7. العدد الكتلي لهذا النظير هو 15، لذلك فلا بد أن يكون عدد النيوترونات = 15 – 7 = 8 نيوترونات.

الجدول الدوريّ الحديث

1. يمكن أن يزوّد المعلّم الطلّاب بالنسخة الخاصّة بهم من الجدول الدوريّ الحديث.
2. يمكن أن يستخدم الطلّاب هذه النسخة لتلوين الرموز، وعنونة الجدول الدوريّ وفقًا لما تعلّموه عن كلّ مجموعة وعن كلّ دورة.
3. وَضّح لهم موضع العدد الذرّي، والكتلة الذرّيّة، واسم العنصر في الجدول الدوريّ.
4. اطلب إلى الطلّاب تفحُّص جداولهم الدوريّة، وإظهار العناصر التي لم يسبق لهم أن سمعوا بها من قبل. كم عدد العناصر التي وجدوها جديدة؟

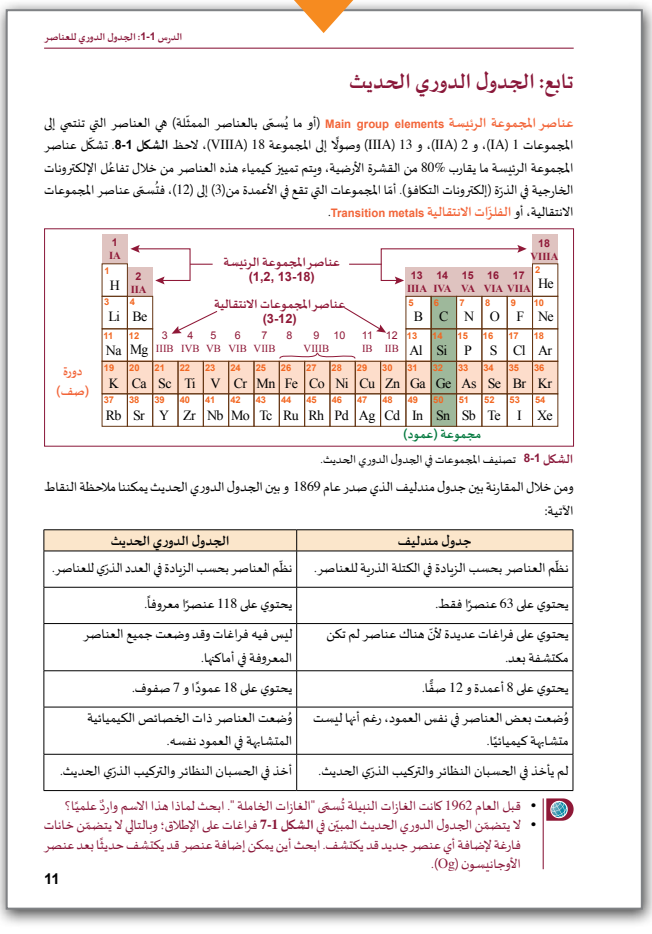
تابع: الجدول الدوريّ الحديث

1. ناقش أوجه الشبه بين الجدول الدوريّ لمندليف والجدول الدوريّ الحديث.
2. **يستكشف:** قبل العام 1962 كانت الغازات النبيلة تُسمّى «الغازات الخاملة». ابحث لماذا هذا الاسم واردٌ علميًّا.

يكوّن عنصر المجموعة الثامنة عشرة، الزينون (Xe)، بعض المُركّبات، وقد اكتشف هذا بعد عام 1962. قبل هذا التّاريخ، أطلق عليها اسم الغازات الخاملة أي أنّها لا تتفاعل، ثمّ أطلق عليها اسم الغازات النبيلة حيث وُجد أنّ بعضها قد يتفاعل عند ظروف مُحدّدة.

3. ابحث أين يمكن إضافة عنصر قد يُكتشف حديثًا بعد عنصر الأوجانيسون (Og).

العنصر ذو العدد الذرّي 119، سيكون أوّل عنصر يقع في أوّل عمود من الدورة 8.



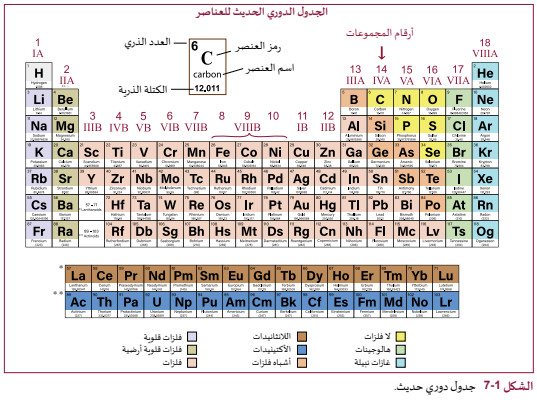
الوحدة 1: الدورية في خصائص العناصر

الجدول الدوري الحديث

في العام 1913م، اكتشف العالم هنري موزلي أن كل عنصر في الجدول الدوري له شحنة نووية أكبر من العنصر الذي سبقه بشحنة واحدة؛ وقد قاد اكتشاف موزلي للعدد الذرّي إلى التحقق من مدى صحّة جدول مندليف الدوري. وأصبح ترتيب العناصر في الجدول الدوري الحديث يعتمد على الزيادة في العدد الذرّي للعناصر وليس على الزيادة في الكتلة الذرية، كما كان معتمدًا في جدول مندليف.

يبيّن **الشكل 7-1** جدولًا دوريًا حديثًا، حيث رُتّبَت فيه العناصر وفق الزيادة في العدد الذرّي للعناصر. تُسمّى الأعمدة فيه **مجموعات Groups**، حيث تتشابه الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر في المجموعة نفسها. يحتوي الجدول الدوري على ثماني عشرة مجموعة، تمّ ترقيمها بطرائق مختلفة حتى ثمانينات القرن العشرين (1980's)، حيث تمّ استخدام الأرقام الرومانية مع الحرفين "A" أو "B" كعنوانَيْن رئيسين لفئتين مختلفتين. وفي نهاية ثمانينات القرن العشرين (1980's)، أوصى الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (IUPAC) بترقيم المجموعات من (1) إلى (18) بحيث تكون الجداول الدورية موحّدة . إلا أنّ كلا المصطلحَين لا يزالان مستخدمَين حتى اليوم.

تمّ أيضًا ترتيب العناصر وفقًا لازدياد أعدادها الذرّية من اليسار إلى اليمين، حيث أُطلق على كل صف من الصفوف اسم **الدورة Period**. يتضمّن الجدول الدوري 7 دورات تبدأ كل منها بفلزّ قلوي، وتنتهي بغاز نبيل. ويتمّ في الغالب وضع العناصر ذات العدد الذرّي من (57) إلى (71) والعناصر ذات العدد الذرّي من (89) إلى (103) في أسفل الجدول الدوري، بحيث يكون الجدول مناسبًا لكي يوضع في صفحة واحدة ، ويكون جدولًا مضغوطًا بشكل أكثر كفاءة.



الشكل 7-1 جدول دوري حديث.

الدرس 1-1: الجدول الدوري للعناصر

تابع: الجدول الدوري الحديث

عناصر المجموعة الرئيسة Main group elements (أو ما يُسمّى بالعناصر الممثّلة) هي العناصر التي تنتمي إلى المجموعات 1 (IA)، و 2 (IIA)، و 13 (IIIA) وصولًا إلى المجموعة 18 (VIIIA)، لاحظ **الشكل 8-1**. تشكّل عناصر المجموعة الرئيسة ما يقارب 80% من القشرة الأرضية، ويتم تمييز كيمياء هذه العناصر من خلال تفاعُل الإلكترونات الخارجية في الذرّة (الكترونات التكافؤ). أمّا المجموعات التي تقع في الأعمدة من(3) إلى (12)، فتُسمّى عناصر المجموعات الانتقالية، أو **الفلزّات الانتقالية Transition metals**.

الشكل 8-1 تصنيف المجموعات في الجدول الدوري الحديث.

ومن خلال المقارنة بين جدول مندليف الذي صدر عام 1869 و بين الجدول الدوري الحديث يمكننا ملاحظة النقاط الآتية:

جدول مندليف	الجدول الدوري الحديث
نظّم العناصر بحسب الزيادة في الكتلة الذرية للعناصر.	نظّم العناصر بحسب الزيادة في العدد الذرّي للعناصر.
يحتوي على 63 عنصرًا فقط.	يحتوي على 118 عنصرًا معروفاً.
ليس فيه فراغات وقد وضعت جميع العناصر المعروفة في أماكنها.	يحتوي على فراغات عديدة لأنّ هناك عناصر لم تكن مكتشفة بعد.
يحتوي على 8 أعمدة و 12 صفًّا.	يحتوي على 18 عمودًا و 7 صفوف.
وُضعت بعض العناصر في نفس العمود، رغم أنها ليست متشابهة كيميائيًا.	وُضعت العناصر ذات الخصائص الكيميائية المتشابهة في العمود نفسه.
لم يأخذ في الحسبان النظائر والتركيب الذرّي الحديث.	أخذ في الحسبان النظائر والتركيب الذرّي الحديث.

- قبل العام 1962 كانت الغازات النبيلة تُسمّى "الغازات الخاملة". ابحث لماذا هذا الاسم واردٌ علميًا؟
- لا يتضمّن الجدول الدوري الحديث المبيّن في **الشكل 7-1** فراغات على الإطلاق؛ وبالتالي لا يتضمّن خانات فارغة لإضافة أي عنصر جديد قد يكتشف. ابحث أين يمكن إضافة عنصر قد يكتشف حديثًا بعد عنصر الأوجانيسون (Og).

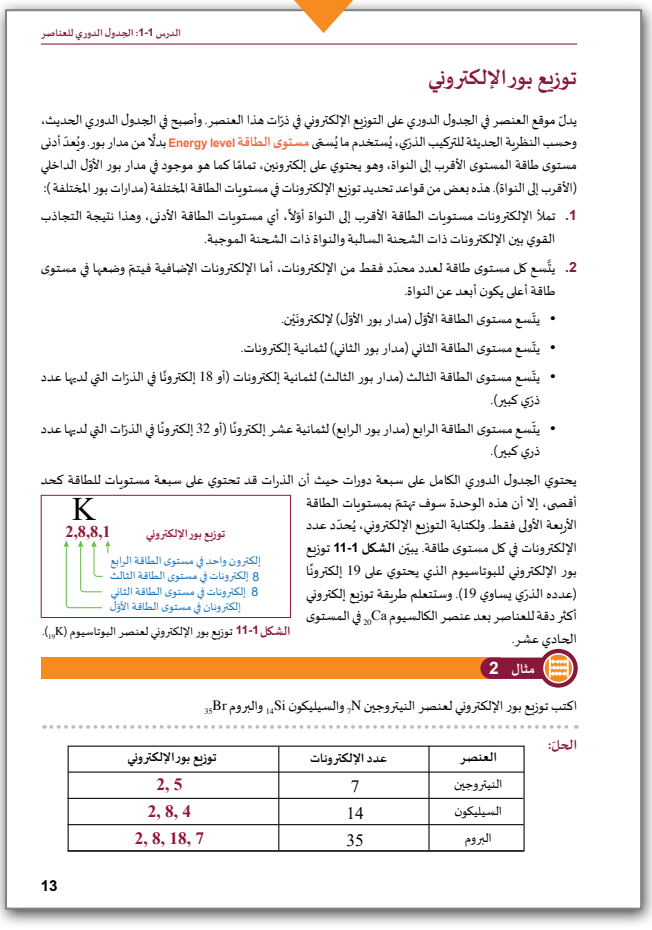
العناصر ونموذج ذرّة بور

1. كم عدد الطلّاب الذين تساءلوا عن سبب وجود أماكن فارغة في منتصف جدول العناصر؟
2. تقع العناصر في دورات محدّدة وفقًا لعدد مستويات الطاقة التي تحتوي على إلكترونات، فالهيدروجين والهيليوم يحتوي مستوى طاقتهما الأوّل فقط على الإلكترونات لذلك يقع هذان العنصران فقط في الدورة الأولى.
3. يزوّدنا رقم المجموعة بعدد الإلكترونات الموجودة في مستوى الطاقة الخارجيّ الأخير للذرّة، إذ تحتوي عناصر المجموعة الأولى على إلكترون واحد في مستوى الطاقة الخارجيّ لذرّاتها، أمّا عناصر المجموعة الثامنة عشرة الأخيرة فتحتوي على مدارات بور ممتلئة بالإلكترونات.

توزيع بور الإلكتروني

1. لشرح توزيع بور الإلكتروني، ارسُم على السبّورة تركيب بور لذرّة لديها أربعة مستويات طاقة، وناقشهم بقواعد توزيع بور الإلكتروني.
2. اشرح بأنّ المدار الأوّل يتّسع لإلكترونَين، كحدّ أقصى، ويتّسع المدار الثاني لثمانية إلكترونات، أمّا المدار الثالث يتّسع فعليًّا 8 إلكترونات وكحدّ أقصى 18 إلكترونًا عندما يزيد العدد الذرّي عن 20، والمدار الرابع يتّسع 8 الكترونات وكحدّ أقصى 32 عندما يزيد العدد الذرّي عن 38.
3. عندما يمتلئ مدار ما، توضَع الإلكترونات في المدار الأعلى الذي يليه.
4. اسأل الطلّاب: ما عدد الإلكترونات التي يمتلكها الأكسجين؟ وما هو توزيع بور لهذه الذرّة؟

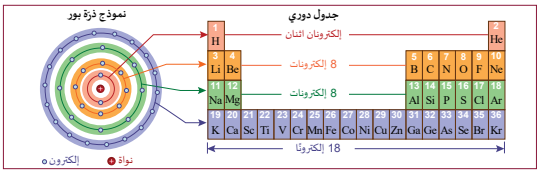
لذرّة الأكسجين 8 إلكترونات، إلكترونان إثنان منها موجودان في المدار الأوّل، و 6 إلكترونات موجودة في المدار الثاني، ويكون توزيع بور الإلكترونيّ لذرّة الأكسجين هو: 2,6.



العناصر ونموذج ذرّة بور

سبق أن تعلّمت عن التركيب الذرّي، وكيف أنّ العدد الذرّي يمثّل عدد البروتونات. ولمّا كانت الذرّة متعادلة كهربائيًا، فلا بدّ أنّها تحتوي على عدد الإلكترونات مساوٍ لعدد البروتونات والنيوترونات نواة صغيرة جدًا تقع في مركز الذرّة، أمّا الإلكترونات فتشغل حجم الذرّة المحيط بالنواة، وهي التي تحدّد كيف تتفاعل الذرّات الأخرى.

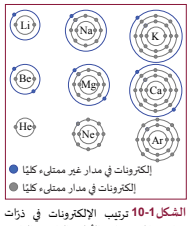
في العام 1913م، اقترح الفيزيائي نيلز بور نموذجًا للذرّة تشغل فيه الإلكترونات مدارات تدور فيها حول النواة الموجبة بشكل مشابه لدوران الكواكب حول الشمس في النظام الشمسي. وعلى عكس الكواكب، فإنّ كل مدار في ذرّة بور يحتوي على عددٍ إلكترونات، ويكون عددها في كل مدار مطابقًا لعدد العناصر من كل صف في الجدول الدوري (**الشكل 9-1**). ويرجع تكرار الخصائص التي تحدّد دورات الجدول الدوري إلى الطريقة التي تُرتَّب بها الإلكترونات في المدارات.



الشكل 9-1 نموذج بور للذرة، وهو يبيّن أكبر عدد من الإلكترونات التي يمكن أن يتضمّنها كل مدار للذرة؛ ويبيّن بالتالي عدد العناصر في كل من الدورات الأربع الأولى في الجدول الدوري الحديث.

ترتبط صفوف (دورات) الجدول الدوري بطريقة توزيع الإلكترونات في الذرة.

- يحتوي العنصر الأوّل من كل دورة على إلكترون واحد في المدار الخارجي الأخير (إلكترون تكافؤ واحد)، ويمكن أن يُفقد هذا الإلكترون بكل سهولة لتكوين أيون يحمل شحنة موجبة مقدارها (+1)، مثل تكوين عنصر الليثيوم لأيون الليثيوم (Li^+)، وعنصر الصوديوم لأيون الصوديوم (Na^+)، وعنصر البوتاسيوم لأيون البوتاسيوم (K^+).
- يحتوي العنصر الثاني من كل دورة على إلكترونَين فقط في المدار الخارجي الأخير، ويمكن أن يفقدهما العنصر لتكوين أيون يحمل شحنة موجبة مقدارها (+2)، مثل تكوين عنصر البريليوم لأيون البريليوم (Be^{2+})، وعنصر المغنيسيوم لأيون المغنيسيوم (Mg^{2+})، وعنصر الكالسيوم لأيون الكالسيوم (Ca^{2+}).
- يحتوي العنصر الأخير من كل دورة على مدار خارجي أخير ممتلئ بالإلكترونات(ثمانية إلكترونات) عدا عنصر الهيليوم (He)، وهذه العناصر هي الغازات النبيلة (He، Ne، Ar و Kr) وهي عناصر غير نشطة كيميائيًا، ومعظمها لا يكوّن أيونات.



الشكل 10-1 ترتيب الإلكترونات في ذرّات عناصر المجموعات الأولى والثانية والثامنة عشرة.

توزيع بور الإلكتروني

يدلّ موقع العنصر في الجدول الدوري على التوزيع الإلكتروني في ذرّات هذا العنصر. وأصبح في الجدول الدوري الحديث، وحسب النظرية الحديثة للتركيب الذرّي، يُستخدم ما يُسمّى **مستوى الطاقة Energy level** بدلًا من مدار بور. ويُعدّ أدنى مستوى طاقة المستوى الأقرب إلى النواة، وهو يحتوي على إلكترونين، تمامًا كما هو موجود في مدار بور الأوّل الداخلي (الأقرب إلى النواة). هذه بعض من قواعد تحديد توزيع الإلكترونات في مستويات الطاقة المختلفة (مدارات بور المختلفة):

1. تملأ الإلكترونات مستويات الطاقة الأقرب إلى النواة أوّلًا، أي مستويات الطاقة الأدنى، وهذا نتيجة التجاذب القوي بين الإلكترونات ذات الشحنة السالبة والنواة ذات الشحنة الموجبة.
2. يتّسع كل مستوى طاقة لعدد محدّد فقط من الإلكترونات، أما الإلكترونات الإضافية فيتمّ وضعها في مستوى طاقة أعلى يكون أبعد عن النواة.
   - يتّسع مستوى الطاقة الأوّل (مدار بور الأوّل) لإلكترونَيْن.
   - يتّسع مستوى الطاقة الثاني (مدار بور الثاني) لثمانية إلكترونات.
   - يتّسع مستوى الطاقة الثالث (مدار بور الثالث) لثمانية إلكترونات (أو 18 إلكترونًا في الذرّات التي لديها عدد ذرّي كبير).
   - يتّسع مستوى الطاقة الرابع (مدار بور الرابع) لثمانية عشر إلكترونًا (أو 32 إلكترونًا في الذرّات التي لديها عدد ذرّي كبير).

يحتوي الجدول الدوري الكامل على سبعة دورات حيث أن الذرات قد تحتوي على سبعة مستويات للطاقة كحد أقصى، إلا أن هذه الوحدة سوف تهتمّ بمستويات الطاقة الأربعة الأولى فقط. ولكتابة التوزيع الإلكتروني، يُحدّد عدد الإلكترونات في كل مستوى طاقة. يبيّن **الشكل 11-1 توزيع بور الإلكتروني** للبوتاسيوم الذي يحتوي على 19 إلكترونًا (عدده الذرّي يساوي 19). وستتعلم طريقة توزيع الإلكترون أكثر دقة للعناصر بعد عنصر الكالسيوم $_{20}Ca$ في المستوى الحادي عشر.

الشكل 11-1 توزيع بور الإلكتروني لعنصر البوتاسيوم ($_{19}K$).

مثال 2

اكتب توزيع بور الإلكتروني لعنصر النيتروجين $_7N$ والسيليكون $_{14}Si$ والبروم $_{35}Br$.

الحل:

العنصر	عدد الإلكترونات	توزيع بور الإلكتروني
النيتروجين	7	2, 5
السيليكون	14	2, 8, 4
البروم	35	2, 8, 18, 7

نشاط a1-1 توزيع بور الإلكتروني والجدول الدوريّ

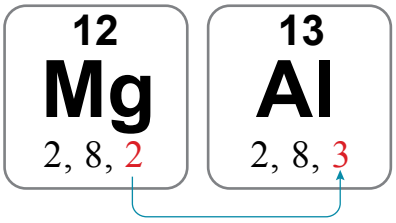
الإجابات/ عيّنة بيانات

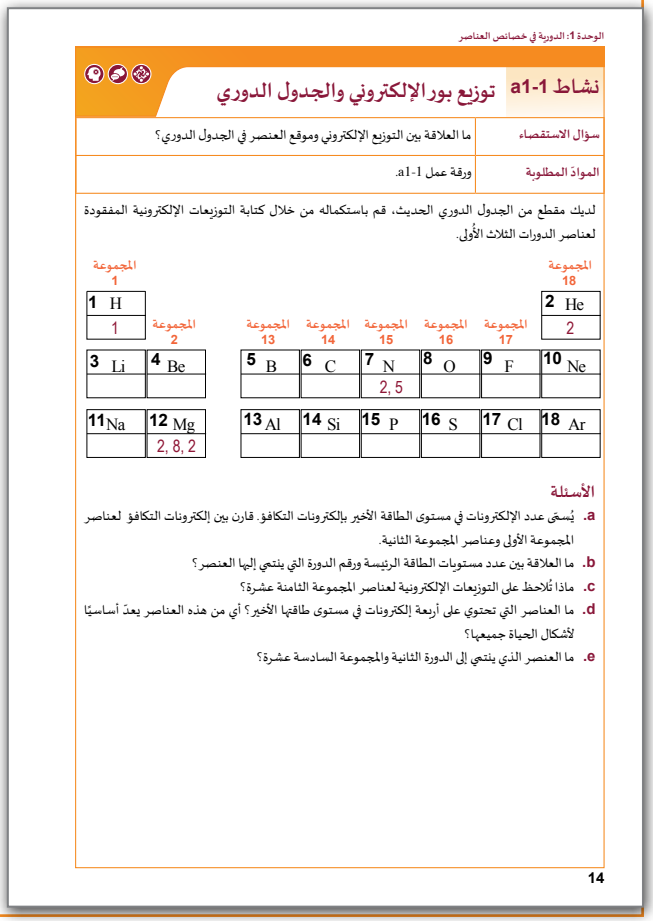
سؤال الاستقصاء:	ما العلاقة بين التوزيع الإلكتروني وموقع العنصر في الجدول الدوريّ؟
المواد المطلوبة:	ورقة عمل a1-1

تم تصميم نشاط "يشرح" هذا لإتاحة الفرصة للطلّاب للتدرُّب على توزيعات بور الإلكترونية. قبل البدء بتنفيذ النشاط، يمكن أن يراجع المعلّم القواعد الموجودة في كتاب الطالب، وهي:

- يتّسع مستوى الطاقة الأوّل (مدار بور الأوّل) لإلكترونَين.
- يتّسع مستوى الطاقة الثاني (مدار بور الثاني) لثمانية إلكترونات.
- يتّسع مستوى الطاقة الثالث (مدار بور الثالث) لثمانية إلكترونات. (وكحدّ أقصى 18 إلكترونًا عندما يزيد العدد الذرّي عن 20).
- يتّسع مستوى الطاقة الرابع (مدار بور الرابع) لـ 18 إلكترونًا (وكحدّ أقصى 32 إلكترونًا عندما يزيد العدد الذرّي عن 38).

يمكن أن يعرض المعلّم على السبّورة صورة لتوزيع بور الإلكتروني لكلّ من عنصر الألومنيوم وعنصر المغنيسيوم، وبما أنّ العدد الذرّي يزداد بمقدار واحد، فإنّنا نضيف إلكترونًا إلى مستوى الطاقة الأخير إلى أن يمتلئ.




الوحدة 1: الدورية في خصائص العناصر

نشاط a1-1 توزيع بور الإلكتروني والجدول الدوري

سؤال الاستقصاء	ما العلاقة بين التوزيع الإلكتروني وموقع العنصر في الجدول الدوري؟
المواد المطلوبة	ورقة عمل a1-1.

لديك مقطع من الجدول الدوري الحديث، قم باستكماله من خلال كتابة التوزيعات الإلكترونية المفقودة لعناصر الدورات الثلاث الأولى.

المجموعة 1	المجموعة 2	المجموعة 13	المجموعة 14	المجموعة 15	المجموعة 16	المجموعة 17	المجموعة 18
1 H 1							2 He 2
3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N 2, 5	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg 2, 8, 2	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar

الأسئلة

a. يُسمّى عدد الإلكترونات في مستوى الطاقة الأخير بالإلكترونات التكافؤ. قارن بين إلكترونات التكافؤ لعناصر المجموعة الأولى وعناصر المجموعة الثانية.
b. ما العلاقة بين عدد مستويات الطاقة الرئيسة ورقم الدورة التي ينتمي إليها العنصر؟
c. ماذا تُلاحظ على التوزيعات الإلكترونية لعناصر المجموعة الثامنة عشرة؟
d. ما العناصر التي تحتوي على أربعة إلكترونات في مستوى طاقتها الأخير؟ أي من هذه العناصر يعدّ أساسيًا لأشكال الحياة جميعها؟
e. ما العنصر الذي ينتمي إلى الدورة الثانية والمجموعة السادسة عشرة؟

14

نشاط 1-1a توزيع بور الإلكتروني والجدول الدوريّ

الإجابات/ عيّنة بيانات

المجموعة 1	المجموعة 2	المجموعة 13	المجموعة 14	المجموعة 15	المجموعة 16	المجموعة 17	المجموعة 18
1 H 1							2 He 2
3 Li 2,1	4 Be 2,2	5 B 2,3	6 C 2,4	7 N 2,5	8 O 2,6	9 F 2,7	10 Ne 2,8
11 Na 2,8,1	12 Mg 2,8,2	13 Aℓ 2,8,3	14 Si 2,8,4	15 P 2,8,5	16 S 2,8,6	17 Cℓ 2,8,7	18 Ar 2,8,8

الأسئلة:

a. يُسمّى عدد الإلكترونات في مستوى الطاقة الأخير إلكترونات التكافؤ. قارن بين إلكترونات التكافؤ لعناصر المجموعة الأولى وعناصر المجموعة الثانية.

عدد إلكترونات التكافؤ لعناصر المجموعة الأولى يساوي 1 دائمًا، أمّا عدد إلكترونات التكافؤ لعناصر المجموعة الثانية فيساوي 2 دائمًا.

b. ما العلاقة بين عدد مستويات الطاقة الرئيسة ورقم الدورة التي ينتمي إليها العنصر؟

يكون عدد مستويات الطاقة الرئيسة مساويًا لرقم الدورة التي ينتمي إليها العنصر.

c. ماذا تلاحظ على التوزيعات الإلكترونيّة لعناصر المجموعة الثامنة عشرة؟

يكون مستوى الطاقة الخارجيّ الأخير لها ممتلئًا كلّيًّا بالإلكترونات بشكلٍ دائم (ثمانية إلكترونات ما عدا الهيليوم إلكترونان إثنان).

d. ما العناصر التي تحتوي على أربعة إلكترونات في مستوى طاقتها الأخير؟ أيّ من هذه العناصر يُعَدّ أساسيًّا لأشكال الحياة جميعها؟

الكربون والسيليكون، ويُعَدّ الكربون أساسيًّا لأشكال الحياة جميعها.

e. ما العنصر الذي ينتمي إلى الدورة الثانية والمجموعة السادسة عشرة؟

الأكسجين (O)

المجموعة الثامنة عشرة (VIIIA): الغازات النبيلة

1. تُسمّى المجموعة الأخيرة في الجدول الدوريّ الغازات النبيلة، وهذه الغازات لا تتفاعل عادةً مع العناصر الأخرى، ما يجعلها مفيدة للغاية.
2. تكون مستويات الطاقة للغازات النبيلة ممتلئة لذلك لا تتفاعل بسهولة مع الذرّات الأخرى. إذ تعتمد التفاعلات الكيميائيّة في معظم الأحيان على تفاعل الإلكترونات في مستوى الطاقة الأخير مع إلكترونات مستوى الطاقة الأخير لذرّات أخرى.
3. تمتلك الغازات النبيلة درجات الانصهار الأدنى في كلّ دورة لأنّ ذرّاتها منفردة إذ أنّ طاقة الترابط بين ذرّاتها ضعيفة جدًّا.
4. الهيليوم والنيون اسمان لغازَين نبيلَين معلومَين بشكل شائع، فما استخدامات هذَين الغازَين؟ (يمكن أن يجيب الطلّاب من غير إجراء بحث).

عناصر المجموعة الأولى (IA)، والمجموعة الثانية (IIA)

1. تمتلك عناصر المجموعة الأولى إلكترونًا واحدًا فقط في مستوى طاقتها الخارجيّ الأخير، وتُسمّى هذه العناصر الفلزّات القلويّة (باستثناء الهيدروجين).
2. تميل الذرّات للحصول على حالة لها أدنى مستوى طاقة ممكن. ولتحقيق ذلك، يجب أن تفقد فلزّات المجموعة الأولى إلكترونًا واحدًا كي تمتلك التوزيع الإلكتروني نفسه للغاز النبيل الأقرب، وهذا ما يجعل الفلزّات القلويّة من العناصر النشطة كيميائيًّا للغاية.
3. تمتلك عناصر المجموعة الثانية إلكترونَين فقط في مستوى طاقتها الخارجيّ الأخير. وعندما تفقد إلكترونَين، ستحصل على التوزيع الإلكتروني نفسه للغاز النبيل الأقرب.

المجموعة الثامنة عشرة (VIIIA): الغازات النبيلة

تشغل **الغازات النبيلة Noble gases** أقصى الجانب الأيمن من الجدول الدوري (المجموعة 18)؛ وتمثّل أخفّ أربعة عناصر فيها الهيليوم (He)، والنيون (Ne)، والأرجون (Ar)، والكريبتون (Kr). وقد سُمّيت "النبيلة" لأنها لا ترتبط بأيّ من العناصر الأخرى (مع وجود استثناءات قليلة ونادرة).

يتمثّل الشيء المُشترك بين الغازات النبيلة جميعها في أنها تحتوي على مستويات طاقة ممتلئة بشكل كامل، (**الشكل 1-12**). ممّا يعطي الذرّة أدنى طاقة محتملة، فيكون العنصر أكثر استقرارًا.

المجموعة الثامنة عشرة: الغازات النبيلة

رمز العنصر	عدد الإلكترونات	توزيع بور الإلكتروني
He	2	2
Ne	10	2, 8
Ar	18	2, 8, 8
Kr	36	2, 8, 18, 8

الشكل 1-12 الغازات النبيلة، وتوزيع بور الإلكتروني لأوّل أربعة عناصر منها.

تحتوي الغازات النبيلة فقط على مستويات طاقة ممتلئة بشكل كامل.

التوزيع الإلكتروني والخصائص الكيميائية

تم تنظيم العناصر في الجدول الدوري في دورات بالاستناد إلى تكرار الخصائص الكيميائية لها. وكما تعلم فإنّ إلكترونات مستوى الطاقة الأخير (إلكترونات التكافؤ) في الذرّة هي التي تحدّد الخصائص الكيميائية للعنصر. ويُعدّ التوزيع الإلكتروني طريقة مفيدة توضّح لنا كيفية أو إمكانية ترابُط ذرّات العناصر وقدرتها على تكوين المُركّبات.

وبشكل مشابه لكُرة تتدحرج من أعلى تلّة إلى أسفلها، تميل الأنظمة جميعها إلى التحرّك نحو امتلاكها لأدنى طاقة كلّية، إذ تتفاعل الذرّات مع الذرّات الأخرى بطرائق من شأنها تقليل الطاقة الكلّية لنظام الذرّات.

- تمتلك الغازات النبيلة درجات الانصهار الأدنى في كل دورة، لعدم وجود روابط بين الذرّات حيث توجد جميع الذرات في حالة إستقرار وبالتالي ليس لها طاقة للترابط، وسبب ذلك أنّ الإلكترونات تقع بالفعل عند أدنى توزيع للطاقة.
- ولذلك لا ترتبط الغازات النبيلة ارتباطًا طبيعيًّا بالذرّات الأخرى فهي عناصر مستقرة بسبب امتلاء مستوى الطاقة الأخير بالإلكترونات.

عندما نتفحّص بعض المجموعات الأخرى فسوف نجد أنّ الغازات النبيلة هي الأساس لفهم جوانب كثيرة من جوانب الكيمياء.

غالبًا ما يتمّ تحديد السلوك الكيميائي بشكل كامل من خلال التوزيع الإلكتروني للذرات.

عناصر المجموعة الأولى (IA)، والمجموعة الثانية (IIA)

يُعدّ الهيدروجين عنصرًا فريدًا من نوعه، فهو يحتوي على إلكترون واحد فقط. وهو في الكثير من التفاعُلات الكيميائية يكوّن أيونًا موجبًا، (H^+)، مثل عناصر المجموعة الأولى الأخرى. ومع ذلك، فإنّ الهيدروجين يمكنه المشاركة في إلكترون أيضًا مع ذرّة هيدروجين أخرى لتكوين غاز هيدروجين ثنائي الذرّة، (H_2). وبوجود إلكترونَين مُشتركَين بينهما، فإنّ كل ذرّة هيدروجين موجودة في جُزيء الهيدروجين (H_2) تحقّق التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل (الهيليوم) باكتساب إلكترون مُشترك بشكل جزئي.

تشمل المجموعة الأولى العناصر التي تلي كل غاز نبيل في بداية الصف التالي من الجدول الدوري. فالليثيوم الذي يحتوي على ثلاثة إلكترونات يقع مثلًا بعد الهيليوم الذي يحتوي على إلكترونين. يبيّن **الشكل 1-13a** أنّ عناصر المجموعة الأولى جميعها تحتوي على مستويات طاقة ممتلئة بشكل كامل، بالإضافة إلى إلكترون إضافي واحد في مستوى الطاقة الخارجي. تُسمّى عناصر المجموعة الأولى، ما عدا عنصر الهيدروجين، باسم **الفلزّات القلوية Alkali metals**.

يتمّ الوصول إلى أدنى طاقة كلّية في نظام ما عندما تمتلك الذرّات جميعها التوزيع الإلكتروني المشابه للغاز النبيل.

وللحصول على التوزيع الإلكتروني المُشابه للغاز النبيل، يجب أن تفقد الفلزّات القلوية (عناصر المجموعة الأولى) إلكترونًا واحدًا. فالصوديوم مثلًا يتحوّل إلى أيون موجب (Na^+) من خلال فقد إلكترون واحد، وكذلك الليثيوم والبوتاسيوم، حيث يتحوّلان إلى أيونَين موجبَين (Li^+, K^+). ولن يتحوّل أيٌّ منهما إلى أيون سالب أبدًا؛ فكيف يمكن توقّع هذا من توزيعها الإلكتروني؟

المجموعة الأولى والمجموعة الثانية

(a) المجموعة الأولى: عنصر الهيدروجين + الفلزّات القلوية

رمز العنصر	عدد الإلكترونات	توزيع بور الإلكتروني
H	1	1
Li	3	2, 1
Na	11	2, 8, 1
K	19	2, 8, 8, 1

(b) المجموعة الثانية: الفلزّات القلوية الأرضية

رمز العنصر	عدد الإلكترونات	توزيع بور الإلكتروني
Be	4	2, 2
Mg	12	2, 8, 2
Ca	20	2, 8, 8, 2

الشكل 1-13 توزيع بور الإلكتروني لبعض عناصر المجموعة الأولى، وبعض عناصر المجموعة الثانية.

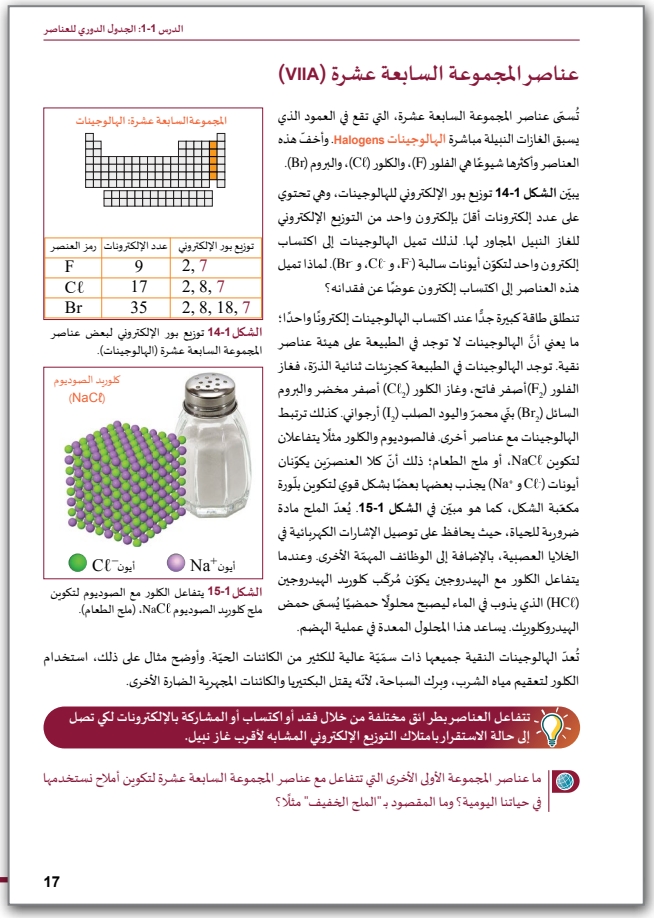
تميل الذرّات إلى تكوين الأيونات التي لها التوزيع الإلكتروني المُشابه لأقرب غاز نبيل (أدنى مستوى طاقة) لتكون أكثر استقرارًا.

يبيّن **الشكل 1-13b** أنّ عناصر المجموعة الثانية تمتلك مستويات طاقة ممتلئة بشكل كامل، بالإضافة إلى إلكترونَين إضافيَّين في مستوى الطاقة الخارجي، وتُسمّى هذه المجموعة **الفلزّات القلوية الأرضية Alkaline earth metals**، وأكثر عناصرها شيوعًا هي البريليوم (Be)، والمغنيسيوم (Mg)، والكالسيوم (Ca)، وتكوّن هذه العناصر أيونات موجبة أيضًا عندما تفقد إلكترونَين لتكوّن أيونات Be^{2+}، وMg^{2+}، وCa^{2+}، فكيف يمكن توقّع هذا من توزيعها الإلكتروني؟

عناصر المجموعة السابعة عشرة (VIIA)

1. تُسمّى عناصر المجموعة السابعة عشرة (VIIA) الهالوجينات، وتُعَدّ هذه العناصر نشِطة كيميائيًّا للغاية. وللحصول على التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل الأقرب لها، يجب إضافة إلكترون واحد لمستوى طاقتها الخارجيّ الأخير.
2. عندما تمتلك الهالوجينات إلكترونًا إضافيًّا واحدًا، فإنّها تكوّن أيونًا سالبًا، والذي يجذب أيونًا موجِبًا. وعادةً ما يكون هذا التجاذُب قويًّا، ويُكوِّن رابطة أيونيّة؛ وأفضل مثال على المُركَّب الأيوني هو كلوريد الصوديوم NaCℓ.
3. تُعَدّ الهالوجينات في حالتها النقيّة سامّة، وهي تُستخدم في التعقيم.
4. يمكن الطلب إلى الطلّاب تدوين ما يتعلّق بالمجالات التي يعتقدون أنّ الهالوجينات المختلفة تُستخدَم فيها، إذ ينبغي أن يعتمد ذلك على تجربتهم الشخصيّة فحسب. فعلى سبيل المثال، يُستخدم الكلور كمُطهِّر في أحواض السباحة.
5. كما تُعدّ ألوان الهالوجينات مميزة أيضًا، فالكلور أصفر غامق اللون، والبروم بنِّيّ محمرّ اللون، ويتسامى اليود إلى بخار أرجوانيّ اللون. يمكن عرض مقطع فيديو مُصوَّر لهذه العناصر داخل الغرفة الصفّية.
6. **يستكشف:** ما عناصر المجموعة الأولى الأخرى التي تتفاعل مع عناصر المجموعة السابعة عشرة لتكوين أملاح نستخدمها في حياتنا اليوميّة؟ وما المقصود بـ "الملح الخفيف" مثلًا؟

يمكن أن يُسمّي الطلّاب الكثير من المُركَّبات الأيونيّة ومنها : (1) يوديد البوتاسيوم KI وله استخدامات طبية إذ يُعطى للمرضى الذين يعانون من فرط في نشاط الغدة الدرقية. (2) كلوريد البوتاسيوم KCℓ يُستخدم كسماد زراعي . (3) كلوريد الليثيوم LiCℓ يُستخدم مخبريًّا لترسيب الحمض الريبي النووي من المستخلصات الخلوية كما يُستخدم كملوّن للهب (يعطي اللهب اللون الأحمر الداكن). (4) يوديد الصوديوم NaI يُمزج عادة مع ملح الطعام كلوريد الصوديوم (Iodized salt) لتعويض نقص اليود في الجسم. أمّا الملح الخفيف فهو مزيج من الأملاح، ويتكوّن من 50% من NaCℓ، و 50% من KCℓ ويُستخدم كبديل لملح الطعام للأشخاص الذين يعانون من ضغط دم مرتفع. (من المُحتمَل أن يحتاج الطلّاب إلى إجراء بحث عن ذلك).


الدرس 1-1: الجدول الدوري للعناصر

عناصر المجموعة السابعة عشرة (VIIA)

تُسمّى عناصر المجموعة السابعة عشرة، التي تقع في العمود الذي يسبق الغازات النبيلة مباشرة الهالوجينات Halogens. وأخفّ هذه العناصر وأكثرها شيوعًا هي الفلور (F)، والكلور (Cℓ)، والبروم (Br).

يبيّن الشكل 1-14 توزيع بور الإلكتروني للهالوجينات، وهي تحتوي على عدد إلكترونات أقلّ بإلكترون واحد من التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل المجاور لها. لذلك تميل الهالوجينات إلى اكتساب إلكترون واحد لتكوّن أيونات سالبة (F^-، و $Cℓ^-$، و Br^-). لماذا تميل هذه العناصر إلى اكتساب إلكترون عوضًا عن فقدانه؟

تنطلق طاقة كبيرة جدًّا عند اكتساب الهالوجينات إلكترونًا واحدًا؛ ما يعني أنّ الهالوجينات لا توجد في الطبيعة على هيئة عناصر نقية. توجد الهالوجينات في الطبيعة كجزيئات ثنائية الذرّة، فغاز الفلور (F_2) أصفر فاتح، وغاز الكلور ($Cℓ_2$) أصفر مخضر والبروم السائل (Br_2) بنّي محمرّ واليود الصلب (I_2) أرجواني. كذلك ترتبط الهالوجينات مع عناصر أخرى. فالصوديوم والكلور مثلًا يتفاعلان لتكوين NaCℓ، أو ملح الطعام؛ ذلك أنّ كلا العنصرَين يكوّنان أيونات ($Cℓ^-$ و Na^+) يجذب بعضها بعضًا بشكل قوي لتكوين بلّورة مكعّبة الشكل، كما هو مبيّن في **الشكل 1-15**. يُعدّ الملح مادة ضرورية للحياة، حيث يحافظ على توصيل الإشارات الكهربائية في الخلايا العصبية، بالإضافة إلى الوظائف المهمّة الأخرى. وعندما يتفاعل الكلور مع الهيدروجين يكوّن مُركّب كلوريد الهيدروجين ($HCℓ$) الذي يذوب في الماء ليصبح محلولًا حمضيًا يُسمّى حمض الهيدروكلوريك. يساعد هذا المحلول المعدة في عملية الهضم.

تُعدّ الهالوجينات النقية جميعها ذات سمّيّة عالية للكثير من الكائنات الحيّة. وأوضح مثال على ذلك، استخدام الكلور لتعقيم مياه الشرب، وبرك السباحة، لأنّه يقتل البكتيريا والكائنات المجهرية الضارة الأخرى.

تتفاعل العناصر بطرائق مختلفة من خلال فقد أو اكتساب أو المشاركة بالإلكترونات لكي تصل إلى حالة الاستقرار بامتلاك التوزيع الإلكتروني المشابه لأقرب غاز نبيل.

ما عناصر المجموعة الأولى الأخرى التي تتفاعل مع عناصر المجموعة السابعة عشرة لتكوين أملاح نستخدمها في حياتنا اليومية؟ وما المقصود بـ "الملح الخفيف" مثلًا؟

المجموعة السابعة عشرة: الهالوجينات

رمز العنصر	عدد الإلكترونات	توزيع بور الإلكتروني
F	9	2, 7
Cℓ	17	2, 8, 7
Br	35	2, 8, 18, 7

الشكل 1-14 توزيع بور الإلكتروني لبعض عناصر المجموعة السابعة عشرة (الهالوجينات).

كلوريد الصوديوم (NaCℓ)

أيون $Cℓ^-$ أيون Na^+

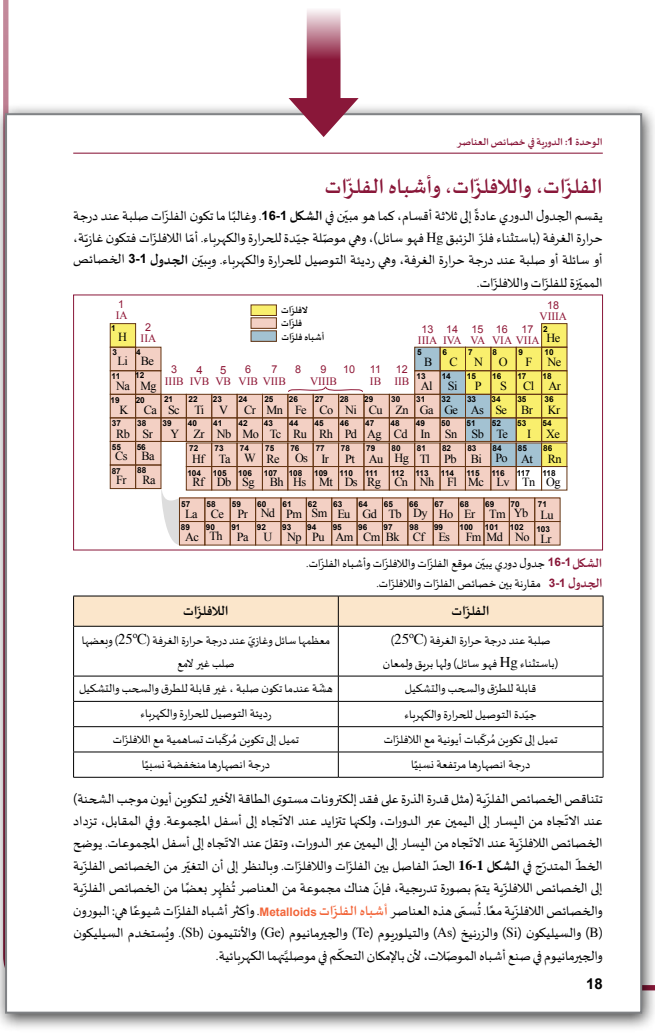
الشكل 1-15 يتفاعل الكلور مع الصوديوم لتكوين ملح كلوريد الصوديوم NaCℓ، (ملح الطعام).

17

الفلزّات، واللافلزّات، وأشباه الفلزّات

1. اطلب إلى الطلّاب تعريف الفلزّ. ما الفلزّ في رأيهم الخاصّ؟ أعِدَّ قائمة بخصائص الفلزّ. يمكن أن يُعِدّ الطلّاب أيضًا قائمة بالفلزّات التي يعرفونها.
2. قارن قائمة خصائص الفلزّ التي أعدّها الطلّاب بتلك القائمة الموجودة في كتاب الطالب.
3. عادةً ما يذكر الطلّاب كلمة قاسية لوصف الفلزّات، والحقيقة أنّ هذه الصفة ليست خاصِّيَّة للفلزّ. وعوضًا عن ذلك، تكون الفلزّات قابلة للطرق والسحب والتشكيل.
4. قابلة للتشكيل تعني أنّ المادّة يمكن طرقها بالمطرقة إلى أشكال مختلفة.
5. قابلة للطرق والسحب تعني أنّ المادّة يمكن سحبها إلى أسلاك رفيعة.
6. يُعَدّ هذا وقتًا مناسبًا ليذكر المعلّم أنّ بعض الفلزّات ليّنة للغاية، مثل عناصر المجموعة الأولى، إذ يمكن أن يعرض مقاطع فيديو مُصوَّرة للصوديوم والليثيوم تُظهِر عمليّة قطعها باستخدام السكّين.
7. يمكن أن يستخدم الطلّاب الجداول الدوريّة الخاصّة بهم، ويلوّنوا رموز اللافلزّات جميعها.
8. توجد ثمانية عناصر من أشباه الفلزّات، وهي تمتلك خصائص الفلزّات واللافلزّات. إنّ بعض أشباه الفلزّات هذه تُستخدم في أشباه المُوصِلات.
9. **يشرح:** اشرَحْ، من حيث تغيُّر الخصائص الفلزّية وغير الفلزّية (**الشكل 1-16**) في الجدول الدوريّ، لماذا يصعب تصنيف الأستاتين عادة إلى شبه فلزّ.

يصعُب تصنيف عنصر الأستاتين عادةً إلى شبه فلزّ؛ لأنّه يقع بعيدًا إلى أقصى اليمين في الجدول الدوريّ، كما أنّ الخصائص اللافلزّية تزداد كلّما اتّجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الجدول الدوريّ، وبذلك فهو يملك الكثير من الخصائص اللافلزّية.



الوحدة 1: الدورية في خصائص العناصر

الفلزّات، واللافلزّات، وأشباه الفلزّات

يقسم الجدول الدوري عادةً إلى ثلاثة أقسام، كما هو مبيّن في **الشكل 1-16**. وغالبًا ما تكون الفلزّات صلبة عند درجة حرارة الغرفة (باستثناء فلزّ الزئبق Hg فهو سائل)، وهي موصّلة جيّدة للحرارة والكهرباء. أمّا اللافلزّات فتكون غازيّة، أو سائلة أو صلبة عند درجة حرارة الغرفة، وهي رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء. ويبيّن **الجدول 1-3** الخصائص المميّزة للفلزّات واللافلزّات.

الشكل 1-16 جدول دوري يبيّن موقع الفلزّات واللافلزّات وأشباه الفلزّات.

الجدول 1-3 مقارنة بين خصائص الفلزّات واللافلزّات.

الفلزّات	اللافلزّات
صلبة عند درجة حرارة الغرفة (25°C) (باستثناء Hg فهو سائل) ولها بريق ولمعان	معظمها سائل وغازيّ عند درجة حرارة الغرفة (25°C) وبعضها صلب غير لامع
قابلة للطرق والسحب والتشكيل	هشّة عندما تكون صلبة ، غير قابلة للطرق والسحب والتشكيل
جيّدة التوصيل للحرارة والكهرباء	رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء
تميل إلى تكوين مُركّبات أيونية مع اللافلزّات	تميل إلى تكوين مُركّبات تساهمية مع اللافلزّات
درجة انصهارها مرتفعة نسبيًا	درجة انصهارها منخفضة نسبيًا

تتناقص الخصائص الفلزّية (مثل قدرة الذرة على فقد إلكترونات مستوى الطاقة الأخير لتكوين أيون موجب الشحنة) عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورات، ولكنها تتزايد عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة. وفي المقابل، تزداد الخصائص اللافلزّية عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورات، وتقلّ عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعات. يوضح الخطّ المتدرّج في **الشكل 1-16** الحدّ الفاصل بين الفلزّات واللافلزّات. وبالنظر إلى أن التغيّر من الخصائص الفلزّية إلى الخصائص اللافلزّية يتمّ بصورة تدريجية، فإنّ هناك مجموعة من العناصر تُظهِر بعضًا من الخصائص الفلزّية والخصائص اللافلزّية معًا. تُسمّى هذه العناصر **أشباه الفلزّات Metalloids**. وأكثر أشباه الفلزّات شيوعًا هي: البورون (B) والسيليكون (Si) والزرنيخ (As) والتيلوريوم (Te) والجيرمانيوم (Ge) والأنتيمون (Sb). ويُستخدم السيليكون والجيرمانيوم في صنع أشباه الموصّلات، لأن بالإمكان التحكّم في موصليّتهما الكهربائية.

18

نشاط b1-1 الفلزّات واللافلزّات

الإجابات/ عيّنة بيانات

سؤال الاستقصاء:	ما الخصائص المُميّزة للفلزّات واللافلزّات؟
المواد المطلوبة:	موادّ مُختارة من الفلزّات واللافلزّات مثل مسامير حديديّة، ورق ألومنيوم، سلك نحاس، كبريت، قلم رصاص (جرافيت)، بطّاريّة جافّة 1.5V، أسلاك كهربائيّة مع ملاقط التمساح، مصباح كهربائيّ صغير 1.5V، ورقة عمل b1-1.

تمّ تصميم هذا النشاط لإتاحة الفرصة للطلّاب لاستكشاف الفرق بين الفلزّات واللافلزّات.

الأسئلة

a. ما الخصائص المُميَّزة للفلزّات؟

الفلزّات لامعة وقابلة للطرق والسحب والتشكيل، وتمتلك درجات انصهار مرتفعة نسبيًّا وهي موصلة جيّدة للتيّار الكهربائي وهي صلبة عند درجة حرارة الغرفة (باستثناء فلزّ الزئبق فهو سائل).

b. ما الخصائص المُميّزة للافلزّات؟

معظم اللافلزّات غازات عند درجة حرارة الغرفة، أمّا الصلبة منها فهي باهتة وغير قابلة للسحب والتشكيل وتمتلك درجة انصهار منخفضة نسبيًّا كما أنّها رديئة التوصيل للتيّار الكهربائيّ.

c. هل يمكنك تحديد عنصر لافلزّي لديه خصائص استثنائيّة مختلفة عن الخصائص العامّة للافلزّات؟ اشرح هذا الاستثناء.

قلم الرصاص الخشبيّ يوصل الكهرباء إذا تم نحته من نهايتَيه بسبب وجود الجرافيت الذي بداخله. فمادّة الجرافيت هي إحدى صور عنصر الكربون اللافلزّي ولكن نتيجة لتركيبه المُميّز يصبح موصلًا للتيّار الكهربائيّ.

الدرس 1-1: الجدول الدوري للعناصر

نشاط b1-1 الفلزّات واللافلزّات

سؤال الاستقصاء	ما الخصائص المميّزة للفلزّات واللافلزّات؟
المواد المطلوبة	مواد مختارة من الفلزّات واللافلزّات مثل مسامير حديدية، ورق ألومنيوم، سلك نحاس، كبريت، قلم رصاص (جرافيت)، بطّارية جافة 1.5V، أسلاك كهربائية مع ملاقط التمساح، مصباح كهربائي صغير 1.5V، مطرقة، ورقة عمل b1-1.

الخطوات

1. صل الدائرة الكهربائية باستخدام كل مادة من المواد المختلفة، كما هو موضّح في الشكل المقابل. تسمح هذه الدائرة الكهربائية للتيار الكهربائي بالسريان عبر المادة لإكمال الدائرة الكهربائية بوجود المصباح الكهربائي.
2. هل يضيء المصباح؟ سجّل ملاحظاتك في الجدول أدناه.
3. استخدم المطرقة لطرق القطع السابقة ولاحظ قابليتها للطرق. سجّل ملاحظاتك في الجدول أدناه.

الجدول 1-4 خصائص الفلزّات مقابل اللافلزّات

المادة	التوصيل الكهربائي (نعم، لا)؟	قابلية الطرق (قابلة/غير قابلة)	اللمعان (نعم/لا)	الحالة الفيزيائية (s, ℓ, g)	التصنيف (فلزّ/لافلزّ)

الأسئلة

a. ما الخصائص المميّزة للفلزّات؟
b. ما الخصائص المميّزة للافلزّات؟
c. هل يمكنك تحديد عنصر لافلزّي لديه خصائص استثنائية مختلفة عن الخصائص العامة للّافلزّات؟ اشرح هذا الاستثناء.

19

نشاط b1-1 الفلزّات واللافلزّات

الإجابات/
عيّنة بيانات

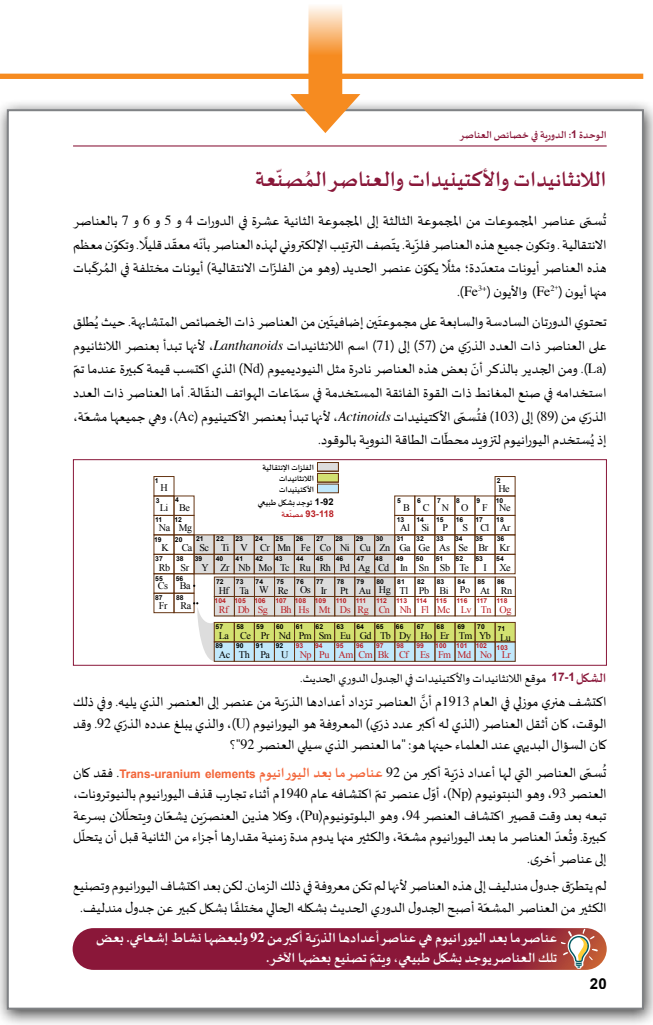
جدول البيانات

المادّة	التوصيل الكهربائيّ (نعم، لا)؟	قابليّة الطرق (منخفضة/ عالية)	اللمعان (نعم، لا)	الحالة الفيزيائيّة (s, l, g)	التصنيف (فلزّ/لافلزّ)
مسمار حديديّ	نعم	عالية	نعم	s	فلزّ
ورق ألومنيوم	نعم	عالية	نعم	s	فلزّ
سلك نحاس	نعم	عالية	نعم	s	فلزّ
كبريت	لا	منخفضة	لا	s	لافلزّ
قلم رصاص (جرافيت)	نعم	منخفضة	لا	s	لافلزّ

اللانثانيدات والأكتينيدات والعناصر المُصنّعة

1. توجد اللانثانيدات والأكتينيدات أسفل الجدول الدوريّ.
2. تمّت تسمية صفّ اللانثانيدات بعد أوّل عنصر موجود في الصفّ والذي يُسمّى اللانثانيوم.
3. تمّت تسمية صفّ الأكتينيدات بعد أوّل عنصر موجود في الصفّ والذي يُسمّى الأكتينيوم.
4. الأكتينيدات جميعها مُشِعّة، ويُعَدّ اليورانيوم أحد الأكتينيدات الشائعة التي يجب على الطلّاب معرفتها.
5. تُسمّى العناصر التي لها أعداد ذرّية أكبر من 92، عناصر ما بعد اليورانيوم، وتُعرَف هذه العناصر التي تقع من العدد الذرّي 93 إلى 118 بأنّها عناصر مُصنّعة؛ لأنّه تمّ تصنيعها في مفاعل نوويّ عن طريق قذف اليورانيوم بالنيوترونات، كما أنّ معظم هذه العناصر تتحلّل بسرعة كبيرة.
6. يمتلك البلوتونيوم عمر نصف أطول من 24,100 عام، وهذا يعني أنّ نصف عيّنة البلوتونيوم سوف تتحلّل في مدّة زمنيّة مقدارها 24,100 عام.

فكرة بحث: يُعَدّ العنصر ذو العدد الذرّي 43 عنصرًا مُصنّعًا أيضًا. يمكن أن يُجري الطلّاب بحثًا حول كيفيّة اكتشاف هذا العنصر لأوّل مرّة.



الوحدة 1: الدورية في خصائص العناصر

اللانثانيدات والأكتينيدات والعناصر المُصنّعة

تُسمّى عناصر المجموعات من المجموعة الثالثة إلى المجموعة الثانية عشرة في الدورات 4 و 5 و 6 و 7 بالعناصر الانتقالية. وتكون جميع هذه العناصر فلزّية. يتّصف الترتيب الإلكتروني لهذه العناصر بأنّه معقّد قليلًا. وتكوّن معظم هذه العناصر أيونات متعدّدة: مثلًا يكوّن عنصر الحديد (وهو من الفلزّات الانتقالية) أيونات مختلفة في المُركّبات منها أيون (Fe^{2+}) والأيون (Fe^{3+}).

تحتوي الدورتان السادسة والسابعة على مجموعتَين إضافيتَين من العناصر ذات الخصائص المتشابهة. حيث يُطلق على العناصر ذات العدد الذرّي من (57) إلى (71) اسم اللانثانيدات *Lanthanoids*، لأنها تبدأ بعنصر اللانثانيوم (La). ومن الجدير بالذكر أنّ بعض هذه العناصر نادرة مثل النيوديميوم (Nd) الذي اكتسب قيمة كبيرة عندما تمّ استخدامه في صنع المغانط ذات القوة الفائقة المستخدمة في سمّاعات الهواتف النقّالة. أما العناصر ذات العدد الذرّي من (89) إلى (103) فتُسمّى الأكتينيدات *Actinoids*، لأنها تبدأ بعنصر الأكتينيوم (Ac)، وهي جميعها مشعّة، إذ يُستخدم اليورانيوم لتزويد محطّات الطاقة النووية بالوقود.

الشكل 1-17 موقع اللانثانيدات والأكتينيدات في الجدول الدوري الحديث.

اكتشف هنري موزلي في العام 1913م أنّ العناصر تزداد أعدادها الذرّية من عنصر إلى العنصر الذي يليه. وفي ذلك الوقت، كان أثقل العناصر (الذي له أكبر عدد ذرّي) المعروفة هو اليورانيوم (U)، والذي يبلغ عدده الذرّي 92. وقد كان السؤال البديهي عند العلماء حينها هو: "ما العنصر الذي سيلي العنصر 92"؟

تُسمّى العناصر التي لها أعداد ذرّية أكبر من 92 **عناصر ما بعد اليورانيوم Trans-uranium elements**. فقد كان العنصر 93، وهو النبتونيوم (Np)، أوّل عنصر تمّ اكتشافه عام 1940م أثناء تجارب قذف اليورانيوم بالنيوترونات، تبعه بعد وقت قصير اكتشاف العنصر 94، وهو البلوتونيوم(Pu)، وكلا هذين العنصرَين يشعّان ويتحلّلان بسرعة كبيرة. وتُعدّ العناصر ما بعد اليورانيوم مشعّة، والكثير منها يدوم مدة زمنية مقدارها أجزاء من الثانية قبل أن يتحلّل إلى عناصر أخرى.

لم يتطرّق جدول مندليف إلى هذه العناصر لأنها لم تكن معروفة في ذلك الزمان. لكن بعد اكتشاف اليورانيوم وتصنيع الكثير من العناصر المشعّة أصبح الجدول الدوري الحديث بشكله الحالي مختلفًا بشكل كبير عن جدول مندليف.

عناصر ما بعد اليورانيوم هي عناصر أعدادها الذرّية أكبر من 92 وليبعضها نشاط إشعاعي. بعض تلك العناصر يوجد بشكل طبيعي، ويتمّ تصنيع بعضها الآخر.

20

تقويم الدّرس 1-1

الإجابات

أسئلة اختيار من متعدّد (1-5)

1. مَن هو العالِم صاحب الفضل في نشر أوّل جدول دوري؟
   a. بور
   b. نيولاندز
   c. مندليف
   d. دوبراينر

   c. مندليف

2. أيٌّ ممّا يأتي استُخدم لترتيب العناصر في أوّل جدول دوري للعناصر؟
   a. الكتلة الذرّية والخصائص
   b. العدد الذرّي والخصائص
   c. التوزيع الإلكتروني والكتلة الذرّية
   d. التوزيع الإلكتروني والعدد الذرّي

   a. الكتلة الذرّية والخصائص

3. أيٌّ من العبارات الآتية صحيحة؟
   a. تزداد الخصائص الفلزّية عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتزداد عند الاتّجاه إلى الأسفل عبر المجموعة.
   b. تقلّ الخصائص الفلزّية عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتزداد عند الاتّجاه إلى الأسفل عبر المجموعة.
   c. تزداد الخصائص الفلزّية عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتقلّ عند الاتّجاه إلى الأسفل عبر المجموعة.
   d. تقلّ الخصائص الفلزّية عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتقلّ عند الاتّجاه إلى الأسفل عبر المجموعة.

   b. تقلّ الخصائص الفلزّية عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتزداد عند الاتّجاه إلى الأسفل عبر المجموعة.

4. ما عدد مستويات الطاقة الرئيسة لعناصر الدورة الخامسة؟
   a. 7
   b. 6
   c. 5
   d. 4

   b. 5

5. وفق أي من الآتي تظهر الدورية في خصائص العناصر بصورة صحيحة؟
   a. الحالة الفيزيائية
   b. العدد الذرّي
   c. الكتلة الذرّية
   d. عدد النيوترونات

   b. العدد الذرّي

تقويم الدّرس 1-1

الإجابات

6. ما العنصر الذي لا يُعدّ فلزًّا قلويًّا في المجموعة الأولى (IA)؟

الهيدروجين (H)

7. استخدم الجدول الدوري لتحدّد الفلزّ القلوي الأرضي الذي ينتمي إلى الدورة الخامسة.

سترونشيوم (Sr)

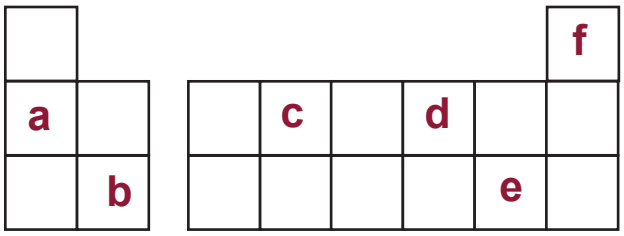
8. لماذا تتشابه عناصر المجموعة الواحدة في خواصّها؟

تملك عناصر المجموعة الواحدة عدد إلكترونات التكافؤ نفسه.

9. ما الاسم الذي يُطلَق على عناصر المجموعة السابعة عشرة (VIIA)؟

الهالوجينات.

10. في جزء من الجدول الدوري المقابل هناك أحرف تمثّل عناصر من الجدول الدوري. اكتب اسم ورمز وتوزيع بور الإلكتروني ورقم المجموعة والدورة لكل عنصر ممثّل بكل حرف.



الحرف	اسم العنصر	العدد الذرّي	توزيع بور الإلكتروني	رقم المجموعة	رقم الدورة
a	ليثيوم	3	2,1	الأولى	2
b	مغنيسيوم	12	2,8,2	الثانية	3
c	كربون	6	2,4	الرابعة عشرة	2
d	أكسجين	8	2,6	السادسة عشرة	2
e	كلور	17	2,8,7	السابعة عشرة	3
f	هيليوم	2	2	الثامنة عشرة	1

إعادة تدريس

1. للتعرّف إلى تطوّر الجدول الدوريّ بالشكل الصحيح، يمكن أن يُنشئ الطلّاب خطًّا زمنيًّا لتطويره ابتداءً من عام 1649 حتّى عام 1980.
2. يضيف الطلّاب الاكتشافات التي تمّت، جنبًا إلى جنب مع تواريخها، على الخطّ الزمنيّ.
3. يمكن تنفيذ هذا النشاط ضمن مجموعة تضمّ طلّاب الصفّ جميعهم، إذ يمكن أن يبدأ المعلّم بالخطّ الزمنيّ، ويتنافس الطلّاب فيما بينهم ليضيفوا إليه ما تعلّموه من اكتشافات جديدة.

إثراء

1. قبل العام 1962، كانت الغازات النبيلة تُسمّى «الغازات الخاملة». ابحث في سبب هذا الاسم؟

كلمة خاملة تعني «غيرنَشِطَة». فقد كان يُعتقد أنّ هذه العناصر لا يمكن أن تتفاعل لتكوين مُركَّبات مع عناصر أخرى. في عام 1962، تمّ تصنيع أوّل مُركَّب يحتوي على أحد عناصر المجموعة 18 (VIIIA)، وهو ($XePtF_6$)، لذا، لم يَعُد مصطلح «خاملة» واردًا علميًّا وتمّ تسميتها النبيلة لأنّ بعضها يتفاعل بظروف مُحدّدة.

ملاحظات

دليل المعلّم

الدرس 1-2
تدرُّج الخواصّ الدوريّة للعناصر

مصادر تعلّم الدرس

الموضوع / الوقت	المحتوى	موارد كتاب الطالب	موارد دليل المعلم
$\frac{1}{2}$ حصّة صفّية	كيف تتغيّر خصائص الذرات في الجدول الدوريّ؟	الصفحة 23	الصفحتان 30، 31
1 حصّة صفّية	نصف القطر الذرّي	الصفحتان 24، 25	الصفحة 32
1 حصّة صفّية	نصف القطر الأيوني	الصفحتان 26، 27	الصفحة 33
1 حصّة صفّية	درجة الانصهار	الصفحتان 28، 29	الصفحة 34
$\frac{1}{2}$ حصّة صفّية	التوصيل الكهربائيّ	الصفحة 30	الصفحة 35

الزمن المقترح للدرس

يجب أن يستغرق تدريس هذا الدرس مدّة زمنية مقدارها 4 حصص صفّية، بحيث تتضمّن أفكارًا للمناقشة.

مخرجات التعلّم

C1002.5 يصف التدرُّج في الخواصّ الفيزيائيّة والكيميائيّة للعناصر ومركّباتها البسيطة ضمن المجموعات الأولى (I) والثانية (II) والسابعة (VII) والثامنة (VIII) (الصفريّة)، ويفسّر هذا التدرُّج من حيث التركيب الذرّي. يجب أن تتضمّن الخصائص الفيزيائيّة نصف القطر الذرّي، ونصف القطر الأيوني، ودرجة الانصهار والتوصيل الكهربائيّ.

المعرفة السابقة

يجب أن يكون الطلّاب على معرفة بما يأتي:

- أسماء العناصر المختلفة.
- كيفيّة استخدام الجدول الدوريّ.

المفردات

Atomic radius	نصف القطر الذرّي
Ionic radius	نصف القطر الأيوني
Melting point	درجة الانصهار
Electrical Conductivity	التوصيل الكهربائيّ

افتتاحية الدرس

يدمج: صمّم نشاط "يدمج" هذا ليستنتج الطلاب كيفيّة تغيّر خصائص الذرات في الجدول الدوريّ. سيركّز الطلّاب في هذا النشاط على الأسئلة الآتية:

ماذا يعني مصطلح الدوريّة؟ أيّ من خصائص الذرّات يتغيّر بشكل دوريّ؟

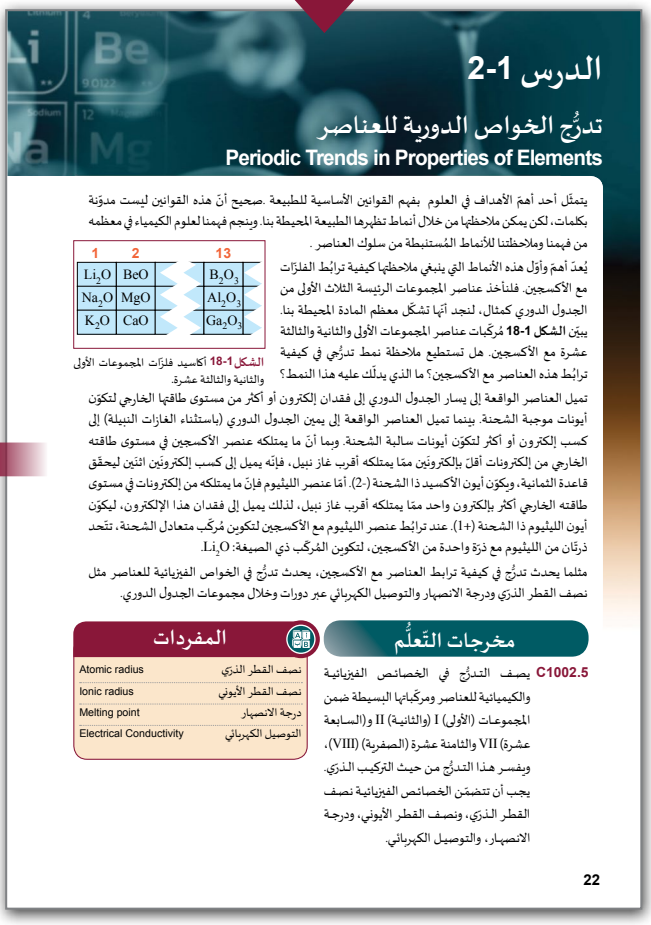
قبل أن يبدأ الطلّاب بالنشاط، اطلب إليهم أن يدرسوا المُخطّط الموجود في كتاب الطالب (**الشكل 1-19**) صفحة 23، والذي يُظهر حجم ذرّات العناصر الرئيسة في الدورات الأربع الأوائل. بعد ذلك يمكنهم أن يجيبوا عن الأسئلة الآتية:

1. كيف يتغيّر حجم ذرّات العناصر مع ازدياد العدد الذرّي كلّما اتّجهنا من اليسار إلى اليمين في الجدول الدوريّ؟ هل تستطيع التفكير في نمط يفسّر هذا التغيُّر في حجم الذرّة؟

يقلّ الحجم الذرّي. (قد يواجه الطلّاب صعوبة في استنتاج سبب ذلك)، هذا لأنّ قوى التجاذب بين الجُسيمات الموجودة في الذرّة تزداد.

2. كيف يتغيّر حجم ذرّات العناصر مع ازدياد العدد الذرّي كلّما اتّجهنا من أعلى إلى أسفل المجموعة في الجدول الدوريّ؟ هل تستطيع التفكير في نمط يفسّر هذا التغيُّر في حجم الذرّة؟

يزداد الحجم الذرّي؛ لأنّ عدد مستويات الطاقة يزداد.



الدرس 2-1

تدرُّج الخواص الدورية للعناصر

Periodic Trends in Properties of Elements

يتمثّل أحد أهمّ الأهداف في العلوم بفهم القوانين الأساسية للطبيعة. صحيح أنّ هذه القوانين ليست مدوّنة بكلمات، لكن يمكن ملاحظتها من خلال أنماط تظهرها الطبيعة المحيطة بنا. وبنجم فهمنا لعلوم الكيمياء في معظمه من فهمنا وملاحظتنا للأنماط المُستنبطة من سلوك العناصر.

يُعدّ أهمّ وأوّل هذه الأنماط التي ينبغي ملاحظتها كيفية ترابُط الفلزّات مع الأكسجين. فلنأخذ عناصر المجموعات الرئيسة الثلاث الأولى من الجدول الدوري كمثال، لنجد أنّها تشكّل معظم المادة المحيطة بنا. يبيّن **الشكل 1-18** مُركّبات عناصر المجموعات الأولى والثانية والثالثة عشرة مع الأكسجين. هل تستطيع ملاحظة نمط تدرُّجي في كيفية ترابُط هذه العناصر مع الأكسجين؟ ما الذي يدلّك عليه هذا النمط؟

1	2	13
Li_2O	BeO	B_2O_3
Na_2O	MgO	Al_2O_3
K_2O	CaO	Ga_2O_3

الشكل 1-18 أكاسيد فلزّات المجموعات الأولى والثانية والثالثة عشرة.

تميل العناصر الواقعة إلى يسار الجدول الدوري إلى فقدان إلكترون أو أكثر من مستوى طاقتها الخارجي لتكوّن أيونات موجبة الشحنة. بينما تميل العناصر الواقعة إلى يمين الجدول الدوري (باستثناء الغازات النبيلة) إلى كسب إلكترون أو أكثر لتكوّن أيونات سالبة الشحنة. وبما أنّ ما يمتلكه عنصر الأكسجين في مستوى طاقته الخارجي من إلكترونات أقلّ بإلكترونَين ممّا يمتلكه أقرب غاز نبيل، فإنّه يميل إلى كسب إلكترونَين اثنَين ليحقّق قاعدة الثمانية، ويكوّن أيون الأكسيد ذا الشحنة (-2). أمّا عنصر الليثيوم فإنّ ما يمتلكه من إلكترونات في مستوى طاقته الخارجي أكثر بإلكترون واحد ممّا يمتلكه أقرب غاز نبيل، لذلك يميل إلى فقدان هذا الإلكترون، ليكوّن أيون الليثيوم ذا الشحنة (+1). عند ترابُط عنصر الليثيوم مع الأكسجين لتكوين مُركّب متعادل الشحنة، تتّحد ذرّتان من الليثيوم مع ذرّة واحدة من الأكسجين، لتكوين المُركّب ذي الصيغة: Li_2O.

مثلما يحدث تدرُّج في كيفية ترابط العناصر مع الأكسجين، يحدث تدرُّج في الخواص الفيزيائية للعناصر مثل نصف القطر الذرّي ودرجة الانصهار والتوصيل الكهربائي عبر دورات وخلال مجموعات الجدول الدوري.

مخرجات التعلُّم

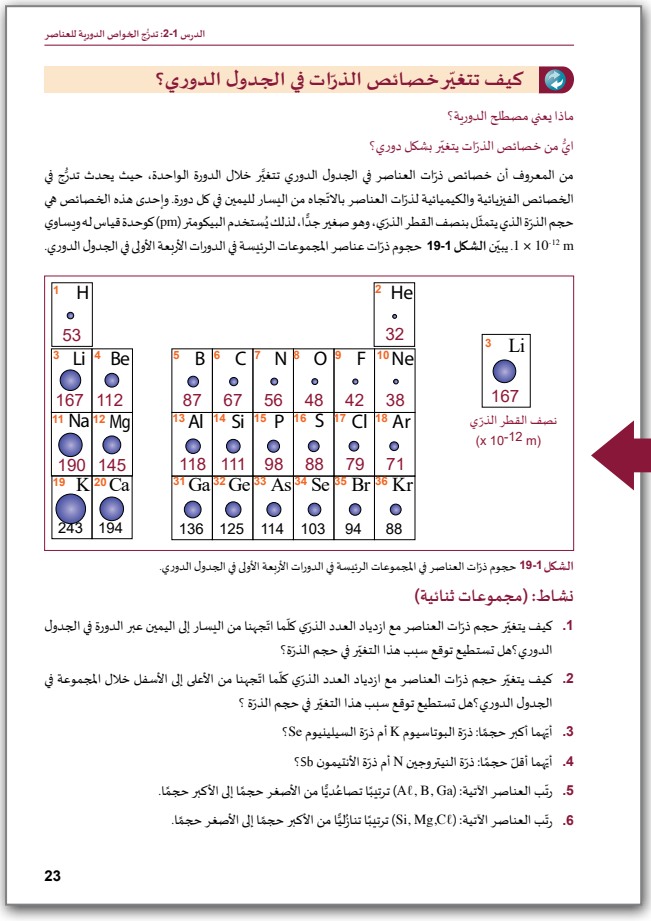
C1002.5 يصف التدرُّج في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر ومركّباتها البسيطة ضمن المجموعات (الأولى) I (والثانية) II و(السابعة عشرة) VII والثامنة عشرة (الصفرية) (VIII)، ويفسر هذا التدرُّج من حيث التركيب الذرّي.

يجب أن تتضمّن الخصائص الفيزيائية نصف القطر الذرّي، ونصف القطر الأيوني، ودرجة الانصهار، والتوصيل الكهربائي.

المفردات

Atomic radius	نصف القطر الذرّي
Ionic radius	نصف القطر الأيوني
Melting point	درجة الانصهار
Electrical Conductivity	التوصيل الكهربائي

22



الدرس 2-1: تدرّج الخواص الدورية للعناصر

كيف تتغيّر خصائص الذرّات في الجدول الدوري؟

ماذا يعني مصطلح الدورية؟

أيُّ من خصائص الذرّات يتغيّر بشكل دوري؟

من المعروف أن خصائص ذرّات العناصر في الجدول الدوري تتغيَّر خلال الدورة الواحدة، حيث يحدث تدرُّج في الخصائص الفيزيائية والكيميائية لذرّات العناصر بالاتّجاه من اليسار لليمين في كل دورة. وإحدى هذه الخصائص هي حجم الذرّة الذي يتمثّل بنصف القطر الذرّي، وهو صغير جدًّا، لذلك يُستخدم البيكومتر (pm) كوحدة قياس له ويساوي 1×10^{-12} m. يبيّن **الشكل 1-19** حجوم ذرّات عناصر المجموعات الرئيسة في الدورات الأربعة الأولى في الجدول الدوري.

1 H 53							2 He 32
3 Li 167	4 Be 112	5 B 87	6 C 67	7 N 56	8 O 48	9 F 42	10 Ne 38
11 Na 190	12 Mg 145	13 Al 118	14 Si 111	15 P 98	16 S 88	17 Cl 79	18 Ar 71
19 K 243	20 Ca 194	31 Ga 136	32 Ge 125	33 As 114	34 Se 103	35 Br 94	36 Kr 88

3 Li 167 — نصف القطر الذرّي ($\times 10^{-12}$ m)

الشكل 1-19 حجوم ذرّات العناصر في المجموعات الرئيسة في الدورات الأربعة الأولى في الجدول الدوري.

نشاط: (مجموعات ثنائية)

1. كيف يتغيّر حجم ذرّات العناصر مع ازدياد العدد الذرّي كلّما اتّجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة في الجدول الدوري؟ هل تستطيع توقع سبب هذا التغيّر في حجم الذرّة؟
2. كيف يتغيّر حجم ذرّات العناصر مع ازدياد العدد الذرّي كلّما اتّجهنا من الأعلى إلى الأسفل خلال المجموعة في الجدول الدوري؟ هل تستطيع توقع سبب هذا التغيّر في حجم الذرّة؟
3. أيّهما أكبر حجمًا: ذرّة البوتاسيوم K أم ذرّة السيلينيوم Se؟
4. أيّهما أقلّ حجمًا: ذرّة النيتروجين N أم ذرّة الأنتيمون Sb؟
5. رتّب العناصر الآتية: (Al, B, Ga) ترتيبًا تصاعُديًّا من الأصغر حجمًا إلى الأكبر حجمًا.
6. رتّب العناصر الآتية: (Si, Mg, Cl) ترتيبًا تنازُليًّا من الأكبر حجمًا إلى الأصغر حجمًا.

23

تُوسِّع الأسئلة الآتية التدرُّج في خواصّ الدورات الثلاث الأولى لتعكس التدرُّج في الخواص الفيزيائية في كافة الجدول الدوري.

3. أيّهما أكبر حجمًا، ذرّة البوتاسيوم K أم ذرّة السيلينيوم Se؟

البوتاسيوم K

4. أيّهما أقلّ حجمًا، ذرّة النيتروجين N أم ذرّة الأنتيمون Sb؟

النيتروجين N

5. رتِّب العناصر الآتية (Aℓ, B, Ga) ترتيبًا تصاعُدِيًّا من الأصغر حجمًا إلى الأكبر حجمًا.

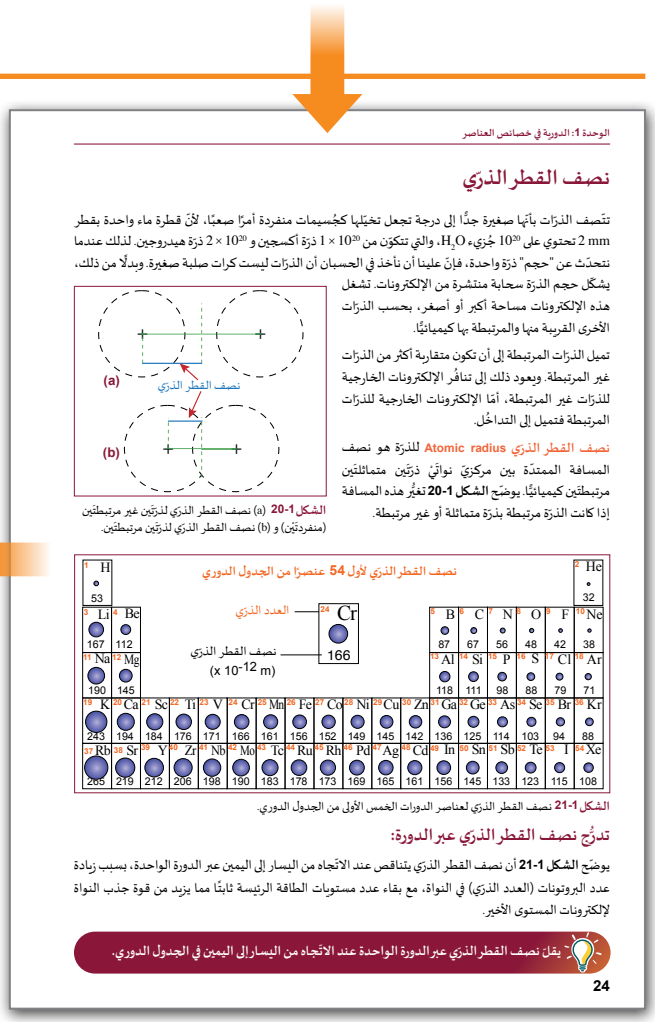
B < Aℓ < Ga

6. رتِّب العناصر الآتية: (Si, Mg, Cℓ) ترتيبًا تنازليًّا من الأكبر حجمًا إلى الأصغر حجمًا.

Mg > Si > Cℓ

نصف القطر الذرّي

1. يساعدنا نصف القطر الذرّي على فهم سلوك الذرّات، والمُركَّبات.
2. يتغيّر نصف القطر الذرّي بحسب ما إذا كانت الذرّة مُرتبطة أم غير مُرتبطة. ويُظهر **الشكل 1-20** الموجود في كتاب الطالب الفرق بين الحالتَين.
3. لإتاحة الفرصة للطلّاب كي يفهموا التدرُّج في الأنماط، ارسُمْ رسمًا تخطيطيًّا عامًّا للذرّات الموجودة في المجموعة الأولى. يمكن ملاحظة أنّه كلّما اتّجهنا من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة، تكون الإلكترونات الموجوة في مستوى الطاقة الخارجيّ أبعد عن مركز الذرّة (النواة)، وبالتالي يزداد نصف القطر الذرّي.
4. مع ذلك، كلّما اتجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة الواحدة، يقلّ نصف القطر الذرّي؛ هذا لأنّ قوى التجاذُب الموجودة بين البروتونات والإلكترونات تزداد عندما يزداد عدد البروتونات والإلكترونات (أي مع ازدياد الشحنة النووية).
5. للتحقُّق من فهم الطلّاب، اسألهم: أيّ ذرّة سيكون لها نصف القطر الأكبر: الليثيوم أم الصوديوم؟(**الصوديوم**) الأكسجين أم الفلور؟(**الأكسجين**)



الوحدة 1: الدورية في خصائص العناصر

نصف القطر الذرّي

تتّصف الذرّات بأنّها صغيرة جدًّا إلى درجة تجعل تخيّلها كجُسيمات منفردة أمرًا صعبًا، لأنّ قطرة ماء واحدة بقطر 2 mm تحتوي على 10^{20} جُزيء H_2O، والتي تتكوّن من 1×10^{20} ذرّة أكسجين و 2×10^{20} ذرّة هيدروجين. لذلك عندما نتحدّث عن "حجم" ذرّة واحدة، فإنّ علينا أن نأخذ في الحسبان أن الذرّات ليست كرات صلبة صغيرة. وبدلًا من ذلك، يشكّل حجم الذرّة سحابة منتشرة من الإلكترونات. تشغل هذه الإلكترونات مساحة أكبر أو أصغر، بحسب الذرّات الأخرى القريبة منها والمرتبطة بها كيميائيًّا.

تميل الذرّات المرتبطة إلى أن تكون متقاربة أكثر من الذرّات غير المرتبطة. ويعود ذلك إلى تنافُر الإلكترونات الخارجية للذرّات غير المرتبطة، أمّا الإلكترونات الخارجية للذرّات المرتبطة فتميل إلى التداخُل.

نصف القطر الذرّي Atomic radius للذرّة هو نصف المسافة الممتدّة بين مركزَيْ نواتَيْ ذرّتَين متماثلتَين مرتبطتَين كيميائيًّا. يوضّح **الشكل 1-20** تغيُّر هذه المسافة إذا كانت الذرّة مرتبطة بذرّة متماثلة أو غير مرتبطة.

الشكل 1-20 (a) نصف القطر الذرّي لذرّتَين غير مرتبطتَين (منفردتَين) و (b) نصف القطر الذرّي لذرّتَين مرتبطتَين.

الشكل 1-21 نصف القطر الذرّي لعناصر الدورات الخمس الأولى من الجدول الدوري.

تدرُّج نصف القطر الذرّي عبر الدورة:

يوضّح **الشكل 1-21** أن نصف القطر الذرّي يتناقص عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة الواحدة، بسبب زيادة عدد البروتونات (العدد الذرّي) في النواة، مع بقاء عدد مستويات الطاقة الرئيسة ثابتًا مما يزيد من قوة جذب النواة لإلكترونات المستوى الأخير.

يقلّ نصف القطر الذرّي عبر الدورة الواحدة عند الاتّجاه من اليسار إلى اليمين في الجدول الدوري.

تدرُّج نصف القطر الذرّي خلال المجموعة الواحدة

يزداد نصف القطر الذرّي عند الاتّجاه من الأعلى إلى أسفل المجموعة الواحدة في الجدول الدوري. يبيّن **الجدول 1-6** مثالًا على تدرُّج نصف القطر الذرّي لعناصر المجموعة الأولى، حيث يزداد بالاتّجاه من أعلى إلى أسفل بسبب زيادة عدد مستويات الطاقة الممتلئة بالإلكترونات، وبالتالي نقص قوة جذب النواة للإلكترونات الخارجية.

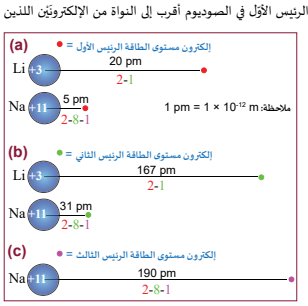
الجدول 1-6 الشحنة النووية، وتوزيع بور الإلكتروني، وأنصاف الأقطار الذرّية لفلزّات المجموعة الأولى القلوية.

الفلزّ القلوي (الرمز)	الشحنة النووية	عدد مستويات الطاقة	توزيع بور الإلكتروني	نصف القطر الذرّي* ($\times 10^{-12}$ m)
الليثيوم (Li)	+3	2	2,1	167
الصوديوم (Na)	+11	3	2,8,1	190
البوتاسيوم (K)	+19	4	2,8,8,1	243
الروبيديوم (Rb)	+37	5	2,8,18,8,1	267
السيزيوم (Cs)	+55	6	2,8,18,18,8,1	298

* أنصاف الأقطار الذرّية في الجدول أعلاه و في بقيّة الدرس هي عبارة عن أنصاف أقطار محسوبة لذرّة منفردة.

يكون الإلكترونان اللذان يشغلان مستوى الطاقة الرئيس الأوّل في الصوديوم أقرب إلى النواة من الإلكترونَيْن اللذين يشغلان مستوى الطاقة الرئيس الأوّل في الليثيوم (**الشكل 2-22a**)، لأنّ الشحنة النووية في الصوديوم (+11) أكبر من الشحنة النووية في الليثيوم (+3).

وتكون الإلكترونات الثمانية التي تشغل مستوى الطاقة الثاني في الصوديوم أقرب إلى النواة من الإلكترون الوحيد الذي يشغل مستوى الطاقة الثاني في الليثيوم (**الشكل 2-22b**). يحتوي الصوديوم على إلكترون واحد في مستوى طاقته الثالث، أما الليثيوم فليس كذلك (**الشكل 2-22c**). تحجب الإلكترونات العشرة الداخلية في الصوديوم (2,8,1) جزئيًا الإلكترون الذي يشغل مستوى الطاقة الثالث عن تأثيرات الشحنة النووية. ونتيجة لذلك، فإنّ الإلكترون الخارجي يكون بعيدًا بدرجة كافية عن النواة لإعطاء الصوديوم نصف قطر ذرّي أكبر من نصف قطر ذرّة الليثيوم.



الشكل 2-22 تأثير الشحنة النووية في المسافة بين النواة والإلكترونات التي تشغل مستويات الطاقة الرئيسة (a) الأوّل، و(b) الثاني، و (c) الثالث في Li، و Na.

يزداد نصف القطر الذرّي عند الانتقال من الأعلى إلى الأسفل خلال المجموعة الواحدة في الجدول الدوري.

نصف القطر الأيونيّ

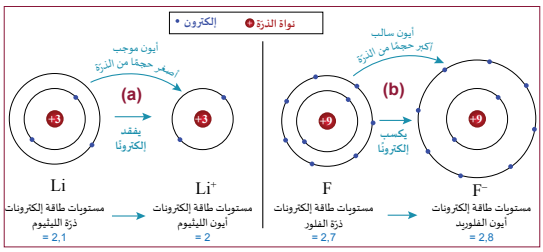
1. يجب أن يُذكّر المعلّم الطلّاب بتعريف كلّ من الأيون الموجب والأيون السالب.
2. **يستكشف:** وجّه الطلّاب إلى دراسة **الشكل 1-23**: تنتج الأيونات الموجبة نتيجة فقدان الذرّة الإلكترونات وكذلك تنتج الأيونات السالبة نتيجة كسب الذرّة للإلكترونات. ارسم ذرّة من ذرّات عناصر المجموعة الأولى على السبّورة، واحذف إلكترونًا منها؛ ما الذي حدث لنصف قطر الأيون؟ **لقد قلّ وذلك لأنّ عدد مستويات الطاقة في الأيون الموجب أقلّ من ذلك في الذرّة.**
3. بشكل مُشابِه، ارسُمْ ذرّة من ذرّات عناصر المجموعة السابعة عشرة. سوف تكتسب هذه الذرّات إلكترونًا للوصول إلى التوزيع الإلكترونيّ لذرّات عناصر المجموعة الثامنة عشرة. بما أنّ عدد الإلكترونات ازداد في مستوى الطاقة، فقد ازدادت قوى التنافر بين الإلكترونات أيضًا، ما ينتج عنه ازدياد في نصف قطر الأيون السالب.
4. اطلب إلى الطلّاب مقارنة التدرُّج في نصف القطر الأيوني في **الشكلَين 1-24** و **1-25**، ثمّ لاحظ أنّ هذه العلاقات تعتمد على طبيعة الذرّة، ولا ينبغي الخلط بينها وبين قواعد نصف القطر الذرّي. لهذا، يكون نصف القطر الأيوني للأيون المُوجِب دائمًا أصغر من نصف القطر الذرّي لذرّته المُتعادِلة فعلى سبيل المثال، حجم أيون Na^+ أصغر من حجم ذرّته Na.
5. يكون نصف القطر الأيوني للأيون السالب دائمًا أكبر من نصف القطر الذرّي لذرّته المُتعادِلة فعلى سبيل المثال، حجم أيون F^- أكبر من حجم ذرّته F.

نصف القطر الأيوني

تميل الفلزّات إلى فقد الإلكترونات عند تكوين الأيونات مثل: Fe^{3+}، Mg^{2+}، Na^+، فعلى سبيل المثال، يشكّل الليثيوم دائمًا أيون(Li^+) بفقدان إلكترون واحد في جميع مركّباته وتميل اللافلزّات إلى اكتساب الإلكترونات عند تكوين الأيونات، مثل: N^{3-}، O^{2-}، Cl^-.

يُعرّف **نصف القطر الأيوني ionic radius** للذرّة بأنّه نصف قطر الذرّة بعد أن تكون قد فقدت أو اكتسبت إلكترونات لتصبح أيونًا. عندما تفقد الذرّة الإلكترونات وتكوّن أيونًا موجبًا (كما في ذرّات العناصر الفلزّية)، فإنّ نصف القطر الذرّي يقلّ. وعندما تكتسب الذرّة إلكترونات وتكوّن أيونًا سالبًا (كما في ذرّات العناصر اللافلزّية)، فإن نصف القطر الذرّي يزداد.

الأيونات الموجبة لها أنصاف أقطار أصغر والأيونات السالبة لها أنصاف أقطار أكبر من ذرّاتها المقابلة.



الشكل 1-23 التغيّر في نصف القطر الذرّي: (a) عندما تتكوّن الأيونات الموجبة و (b) عندما تتكوّن الأيونات السالبة.

عندما تتكوّن الأيونات الموجبة، يتمّ في الغالب فقد إلكترون أو أكثر من الإلكترونات الخارجية. من شأن ذلك أن يقلّل التنافر بين الإلكترونات ويسمح للشحنة الموجبة في النواة بجذب الإلكترونات المتبقية بقوة أكبر. ونتيجة لذلك تكون الأيونات الموجبة أصغر حجمًا من الذرّة المتعادلة. فعلى سبيل المثال، يكوّن الليثيوم أيون Li^+ دائمًا عن طريق فقدان إلكترون واحد، ويكون أيون الليثيوم (Li^+) أصغر حجمًا من ذرّة الليثيوم المتعادلة (Li)، كما هو مبيّن في **الشكل 1-23a**.

عندما تتكوّن الأيونات السالبة، تضاف الإلكترونات إلى مستوى الطاقة الخارجي. الأمر الذي يؤدّي إلى زيادة التنافُر الكلّي بين الإلكترونات. يعمل ازدياد التنافُر على دفع الإلكترونات بعيدًا عن النواة، فيصبح نصف قطر الأيون أكبر. ونتيجة لذلك، تكون الأيونات السالبة أكبر حجمًا من الذرّة المقابلة المتعادلة. فعلى سبيل المثال، يكون أيون الفلوريد (F^-) أكبر حجمًا من الذرّة المتعادلة (F) كما هو مبيّن في **الشكل 1-23b**.

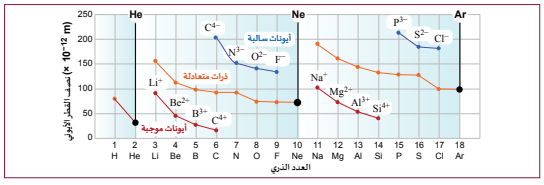
التدرُّج في نصف القطر الأيوني

عندما تزداد الشحنة النووية عبر الدورة الواحدة، يتمّ جذب الإلكترونات بشكل أكثر قوة نحو النواة: لذلك يصغر نصف القطر الذرّي. وهذا التأثير نفسه يحدث للأيونات، مع مراعاة الآتي:

- تكون الأيونات الموجبة أصغر حجمًا من الذرّات المتعادلة.
- تكون الأيونات السالبة أكبر حجمًا من الذرّات المتعادلة.

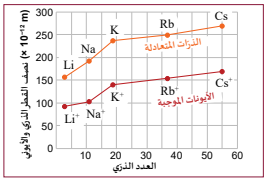
يبيّن **الشكل 1-24** العلاقة بين نصف القطر الذرّي ونصف القطر الأيوني لبعض الأيونات الموجبة والسالبة الشائعة للدورات الثلاث الأولى في الجدول الدوري.

ملاحظة: قد تكوّن بعض العناصر عدّة أيونات، كأن يكوّن عنصر الكربون أيونًا موجبًا (C^{4+}) وأيونًا سالبًا (C^{4-}).



الشكل 1-24 التدرُّج الدوري لأنصاف الأقطار الذرّية وأنصاف الأقطار الأيونية المقابلة.

يزداد كلٌّ من نصف القطر الأيوني، ونصف القطر الذرّي عند الاتّجاه من أعلى المجموعة الواحدة إلى أسفلها في الجدول الدوري، كما هو مبيّن في **الشكل 1-25**: لاحظ أن الأيونات الموجبة تكون دائمًا أصغر من الذرّات المتعادلة. أمّا التوزيع الإلكتروني للذرّة المتعادلة والأيون الموجب الذي يحمل الشحنة (+1) لفلزّات المجموعة الأولى فيبيّنه **الجدول 1-7**. لاحظ أنّ الأيونات الموجبة لديها مستوى طاقة ممتلئ بشكل كامل، ولكن أقلّ بمستوى طاقة واحد من الذرّة المقابلة المتعادلة.



الشكل 1-25 التفاوت في نصف القطر الذرّي، ونصف القطر الأيوني لفلزّات المجموعة الأولى.

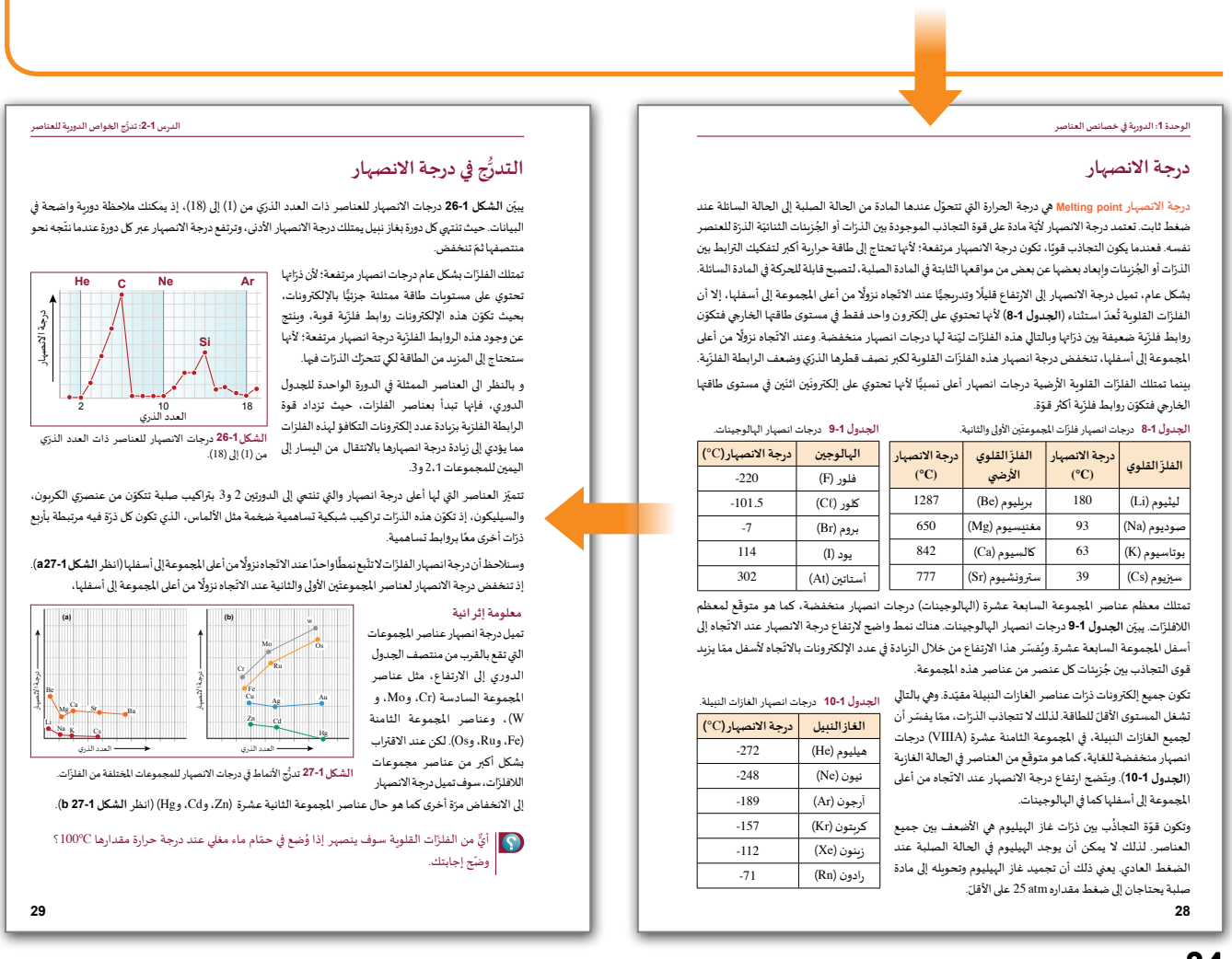
الجدول 1-7 توزيع بور الإلكتروني لذرّات بعض فلزّات المجموعة الأولى وأيوناتها.

الفلزّ القلوي (الرمز)	توزيع بور الإلكتروني للذرّة	توزيع بور الإلكتروني للأيون
الليثيوم (Li)	2,1	2
الصوديوم (Na)	2,8,1	2,8
البوتاسيوم (K)	2,8,8,1	2,8,8

درجة الانصهار

1. بشكل عامّ تزداد درجة انصهار عناصر الجدول الدوري كلّما اتّجهنا، من الأعلى إلى الأسفل عبر المجموعة، باستثناء الفلزّات القلويّة.
2. يمكن أن يطلب المعلّم من الطلّاب دراسة **الشكلَين 1-26**، و **1-27** في كتاب الطالب. ويمكن أن يلخّص الطلّاب المُخطّطَين عن طريق تدوين ملاحظات تبيّن أيّ العناصر تتبع التدرُّج في النمط، وأيّها لا تتبعه.
3. يمكن أن يدوّن الطلّاب ملاحظة مفادها أنّ المجموعات التي تتبع التدرُّج تحتوي على عنصر واحد خارج عن النمط فقط.
4. **يستكشف:** أيّ من الفلزّات القلويّة سوف ينصهر إذا وُضع في حمّام ماء مغليّ عند درجة حرارة مقدارها 100°C؟ وضِّح إجابتك.

الفلزّات القلويّة جميعها، باستثناء الليثيوم، سوف تنصهر في حمّام الماء المغليّ؛ لأنّ درجات انصهار هذه الفلزّات أقلّ من 100°C. أمّا درجة انصهار الليثيوم فهي أعلى بكثير (180°C)، لهذا لن ينصهر.



درجة الانصهار

درجة الانصهار Melting point هي درجة الحرارة التي تتحوّل عندها المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند ضغط ثابت. تعتمد درجة الانصهار لأيّة مادة على قوة التجاذب الموجودة بين الذرّات أو الجُزيئات الثنائيّة الذرّة للعنصر نفسه. فعندما يكون التجاذب قويًا، تكون درجة الانصهار مرتفعة؛ لأنها تحتاج إلى طاقة حرارية أكبر لتفكيك الترابط بين الذرّات أو الجُزيئات وإبعاد بعضها عن بعض من مواقعها الثابتة في المادة الصلبة، لتصبح قابلة للحركة في المادة السائلة.

بشكل عام، تميل درجة الانصهار إلى الارتفاع قليلًا وتدريجيًا عند الاتّجاه نزولًا من أعلى المجموعة إلى أسفلها، إلا أن الفلزّات القلوية تُعدّ استثناء (**الجدول 1-8**) لأنها تحتوي على إلكترون واحد فقط في مستوى طاقتها الخارجي فتكوّن روابط فلزّية ضعيفة بين ذرّاتها وبالتالي هذه الفلزّات ليّنة لها درجات انصهار منخفضة. وعند الاتّجاه نزولًا من أعلى المجموعة إلى أسفلها، تنخفض درجة انصهار هذه الفلزّات القلوية لكبر نصف قطرها الذرّي وضعف الرابطة الفلزّية.

بينما تمتلك الفلزّات القلوية الأرضية درجات انصهار أعلى نسبيًا لأنها تحتوي على إلكترونَين اثنَين في مستوى طاقتها الخارجي فتكوّن روابط فلزّية أكثر قوّة.

الجدول 1-8 درجات انصهار فلزّات المجموعتَين الأولى والثانية

الفلزّ القلوي	درجة الانصهار (°C)	الفلزّ القلوي الأرضي	درجة الانصهار (°C)
ليثيوم (Li)	180	بريليوم (Be)	1287
صوديوم (Na)	93	مغنيسيوم (Mg)	650
بوتاسيوم (K)	63	كالسيوم (Ca)	842
سيزيوم (Cs)	39	سترونشيوم (Sr)	777

الجدول 1-9 درجات انصهار الهالوجينات.

الهالوجين	درجة الانصهار (°C)
فلور (F)	-220
كلور (Cl)	-101.5
بروم (Br)	-7
يود (I)	114
أستاتين (At)	302

تمتلك معظم عناصر المجموعة السابعة عشرة (الهالوجينات) درجات انصهار منخفضة، كما هو متوقّع لمعظم اللافلزّات. يبيّن **الجدول 1-9** درجات انصهار الهالوجينات. هناك نمط واضح لارتفاع درجة الانصهار عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة السابعة عشرة. ويُفسّر هذا الارتفاع من خلال الزيادة في عدد الإلكترونات بالاتّجاه لأسفل ممّا يزيد قوى التجاذب بين جُزيئات كل عنصر من عناصر هذه المجموعة.

تكون جميع إلكترونات ذرّات عناصر الغازات النبيلة مقيّدة. وهي بالتالي تشغل المستوى الأقلّ للطاقة. لذلك لا تتجاذب الذرّات، ممّا يفسّر أن لجميع الغازات النبيلة، في المجموعة الثامنة عشرة (VIIIA) درجات انصهار منخفضة للغاية، كما هو متوقّع من العناصر في الحالة الغازية (**الجدول 1-10**). ويتّضح ارتفاع درجة الانصهار عند الاتّجاه من أعلى المجموعة إلى أسفلها كما في الهالوجينات.

الجدول 1-10 درجات انصهار الغازات النبيلة

الغاز النبيل	درجة الانصهار (°C)
هيليوم (He)	-272
نيون (Ne)	-248
آرجون (Ar)	-189
كريبتون (Kr)	-157
زينون (Xe)	-112
رادون (Rn)	-71

وتكون قوّة التجاذُب بين ذرّات غاز الهيليوم هي الأضعف بين جميع العناصر. لذلك لا يمكن أن يوجد الهيليوم في الحالة الصلبة عند الضغط العادي. يعني ذلك أن تجميد غاز الهيليوم وتحويله إلى مادة صلبة يحتاجان إلى ضغط مقداره 25 atm على الأقل.

التدرُّج في درجة الانصهار

يبيّن **الشكل 1-26** درجات الانصهار للعناصر ذات العدد الذرّي من (1) إلى (18)، إذ يمكنك ملاحظة دورية واضحة في البيانات. حيث تنتهي كل دورة بغاز نبيل يمتلك درجة الانصهار الأدنى، وترتفع درجة الانصهار عبر كل دورة عندما نتّجه نحو منتصفها ثمّ تنخفض.

تمتلك الفلزّات بشكل عام درجات انصهار مرتفعة؛ لأن ذرّاتها تحتوي على مستويات طاقة ممتلئة جزئيًا بالإلكترونات، بحيث تكوّن هذه الإلكترونات روابط فلزّية قوية، وينتج عن وجود هذه الروابط الفلزّية درجة انصهار مرتفعة؛ لأنها ستحتاج إلى المزيد من الطاقة لكي تتحرّك الذرّات فيها.

الشكل 1-26 درجات الانصهار للعناصر ذات العدد الذرّي من (1) إلى (18).

و بالنظر الى العناصر الممثلة في الدورة الواحدة للجدول الدوري، فإنها تبدأ بعناصر الفلزات، حيث تزداد قوة الرابطة الفلزية بزيادة عدد إلكترونات التكافؤ لهذه الفلزات مما يؤدي إلى زيادة درجة انصهارها بالانتقال من اليسار إلى اليمين للمجموعات 2،1 و3.

تتميّز العناصر التي لها أعلى درجة انصهار والتي تنتمي إلى الدورتين 2 و3. بتراكيب صلبة تتكوّن من عنصرَي الكربون، والسيليكون، إذ تكوّن هذه الذرّات تراكيب شبكية تساهمية ضخمة مثل الألماس، الذي تكون كل ذرّة فيه مرتبطة بأربع ذرّات أخرى معًا بروابط تساهمية.

وسنلاحظ أن درجة انصهار الفلزّات لا تتّبع نمطًا واحدًا عند الاتّجاه نزولًا من أعلى المجموعة إلى أسفلها (انظر **الشكل 1-27a**). إذ تنخفض درجة الانصهار لعناصر المجموعتَين الأولى والثانية عند الاتّجاه نزولًا من أعلى المجموعة إلى أسفلها.

معلومة إثرائية

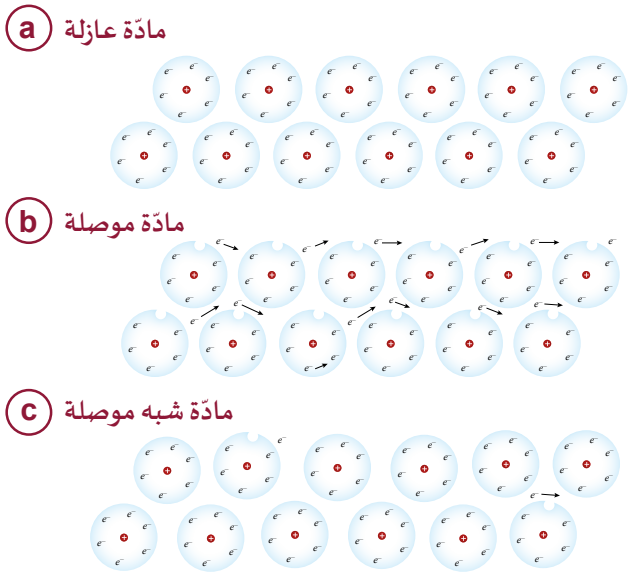
تميل درجة انصهار عناصر المجموعات التي تقع بالقرب من منتصف الجدول الدوري إلى الارتفاع، مثل عناصر المجموعة السادسة (Cr، وMo، و W)، وعناصر المجموعة الثامنة (Fe، Ru، وOs). لكن عند الاقتراب بشكل أكبر من عناصر مجموعات اللافلزّات، سوف تميل درجة الانصهار إلى الانخفاض مرّة أخرى كما هو حال عناصر المجموعة الثانية عشرة (Zn، وCd، وHg) (انظر **الشكل 1-27 b**).

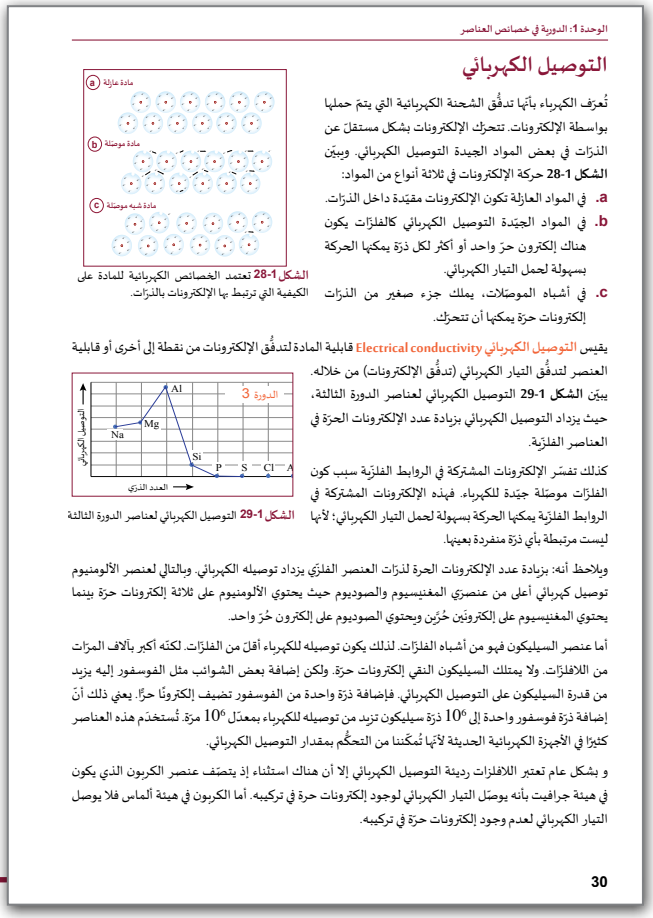
الشكل 1-27 تدرّج الأنماط في درجات الانصهار للمجموعات المختلفة من الفلزّات.

أيّ من الفلزّات القلوية سوف ينصهر إذا وُضع في حمّام ماء مغلي عند درجة حرارة مقدارها 100°C؟ وضّح إجابتك.

التوصيل الكهربائيّ

1. لقد ناقشنا أنّ الفلزّات جميعها جيّدة التوصيل الكهربائيّ، أمّا اللافلزّات فرديئة التوصيل الكهربائيّ (موادّ عازلة). سوف نناقش الآن ما يجعل الفلزّات مُوصِلات جيّدة.
2. تُعرَف الموادّ التي لا توصل الكهرباء بأنّها موادّ عازلة، وهذه الموادّ تمتلك إلكترونات ثابتة في أماكنها.
3. تحتوي الموادّ الجيّدة التوصيل الكهربائيّ على إلكترونات حرّة الحركة، أمّا الإلكترونات التي توجد في الموادّ العازلة فلا تكون حرّة الحركة.
4. تُعدّ أشباه الموصِلات نوعًا آخر من الموادّ، والتي تحتوي على بعض الإلكترونات التي يمكن أن تتحرّك بحرّيّة. فعلى سبيل المثال، لا تحتوي بلّورات السيليكون (Si) النقيّة على أيّ إلكترونات حرّة الحركة، إلّا أنّ إضافة بعض الشوائب إليها، مثل الفوسفور، سيغيّر التوصيل الكهربائيّ لها بشكل كبير.
5. يمكن أن يطلب المعلّم إلى الطلّاب رسم مخطّطات لتوضيح الفرق بين المادّة العازلة، والمادّة الموصِلة، والمادّة شبه الموصِلة.
6. يمكن أن يُجري الطلّاب بحثًا حول استخدامات أشباه المُوصِلات.





الوحدة 1: الدورية في خصائص العناصر

التوصيل الكهربائي

تُعرّف الكهرباء بأنّها تدفُّق الشحنة الكهربائية التي يتمّ حملها بواسطة الإلكترونات. تتحرّك الإلكترونات بشكل مستقلّ عن الذرّات في بعض المواد الجيدة التوصيل الكهربائي. ويبيّن **الشكل 1-28** حركة الإلكترونات في ثلاثة أنواع من المواد:

a. في المواد العازلة تكون الإلكترونات مقيّدة داخل الذرّات.

b. في المواد الجيّدة التوصيل الكهربائي كالفلزّات يكون هناك إلكترون حرّ واحد أو أكثر لكل ذرّة يمكنها الحركة بسهولة لحمل التيار الكهربائي.

c. في أشباه الموصّلات، يملك جزء صغير من الذرّات إلكترونات حرّة يمكنها أن تتحرّك.

الشكل 1-28 تعتمد الخصائص الكهربائية للمادة على الكيفية التي ترتبط بها الإلكترونات بالذرّات.

يقيس **التوصيل الكهربائي** Electrical conductivity قابلية المادة لتدفُّق الإلكترونات من نقطة إلى أخرى أو قابلية العنصر لتدفُّق التيار الكهربائي (تدفُّق الإلكترونات) من خلاله. يبيّن **الشكل 1-29** التوصيل الكهربائي لعناصر الدورة الثالثة، حيث يزداد التوصيل الكهربائي بزيادة عدد الإلكترونات الحرّة في العناصر الفلزّية.

الشكل 1-29 التوصيل الكهربائي لعناصر الدورة الثالثة

كذلك تفسّر الإلكترونات المشتركة في الروابط الفلزّية سبب كون الفلزّات موصّلة جيّدة للكهرباء. فهذه الإلكترونات المشتركة في الروابط الفلزّية يمكنها الحركة بسهولة لحمل التيار الكهربائي؛ لأنها ليست مرتبطة بأي ذرّة منفردة بعينها.

ويلاحظ أنه: بزيادة عدد الإلكترونات الحرة لذرّات العنصر الفلزّي يزداد توصيله الكهربائي. وبالتالي لعنصر الألومنيوم توصيل كهربائي أعلى من عنصرَي المغنيسيوم والصوديوم حيث يحتوي الألومنيوم على ثلاثة إلكترونات حرّة بينما يحتوي المغنيسيوم على إلكترونَين حُرَّين ويحتوي الصوديوم على إلكترون حُرّ واحد.

أما عنصر السيليكون فهو من أشباه الفلزّات. لذلك يكون توصيله للكهرباء أقلّ من الفلزّات. لكنّه أكبر بآلاف المرّات من اللافلزّات. ولا يمتلك السيليكون النقي إلكترونات حرّة. ولكن إضافة بعض الشوائب مثل الفوسفور إليه يزيد من قدرة السيليكون على التوصيل الكهربائي. فإضافة ذرّة واحدة من الفوسفور تضيف إلكترونًا حرًّا. يعني ذلك أنّ إضافة ذرّة فوسفور واحدة إلى 10^6 ذرّة سيليكون تزيد من توصيله للكهرباء بمعدّل 10^6 مرّة. تُستخدَم هذه العناصر كثيرًا في الأجهزة الكهربائية الحديثة لأنّها تُمكّننا من التحكُّم بمقدار التوصيل الكهربائي.

و بشكل عام تعتبر اللافلزات رديئة التوصيل الكهربائي إلا أن هناك استثناء إذ يتصّف عنصر الكربون الذي يكون في هيئة جرافيت بأنه يوصّل التيار الكهربائي لوجود إلكترونات حرة في تركيبه. أما الكربون في هيئة ألماس فلا يوصل التيار الكهربائي لعدم وجود إلكترونات حرّة في تركيبه.

30

تقويم الدّرس 1-2

الإجابات

أسئلة اختيار من متعدّد (1-5)

1. أيٌّ من الجمل الآتية تصف معنى نصف القطر الذرّي بالشكل الأفضل؟
   a. نصف قطر النواة الموجودة في مركز أيّة ذرّة من الذرّات.
   b. متوسّط المسافة الفاصلة بين الإلكترونات في أيّة ذرّة من الذرّات.
   c. أقصى قيمة لنصف قطر الإلكترون الخارجي الموجود في أيّة ذرّة من الذرّات.
   d. نصف المسافة الموجودة بين الأنوية عندما تكون هناك ذرّتان متقاربتان، كما يحدث في أغلب الأحيان.

   d. نصف المسافة الموجودة بين الأنوية عندما تكون هناك ذرّتان متقاربتان، كما يحدث في أغلب الأحيان.

2. أيٌّ من الجمل الآتية صحيحة عن تدرُّج نصف القطر الذرّي لعناصر الجدول الدوري؟
   a. يزداد دائمًا بازدياد العدد الذرّي.
   b. يقلّ دائمًا بازدياد العدد الذرّي.
   c. يزداد عبر الدورة الواحدة، ويقلّ عبر المجموعة بازدياد العدد الذرّي.
   d. يقلّ عبر الدورة الواحدة، ويزداد عبر المجموعة بازدياد العدد الذرّي.

   d. يقلّ عبر الدورة الواحدة، ويزداد عبر المجموعة بازدياد العدد الذرّي.

3. أيٌّ من الجمل الآتية تصف العلاقة بين نصف القطر الذرّي ونصف القطر الأيوني بشكل صحيح؟
   a. يكون نصف القطر الأيوني دائمًا أكبر من نصف القطر الذرّي.
   b. يكون نصف القطر الأيوني دائمًا أصغر من نصف القطر الذرّي.
   c. تمتلك الأيونات الموجبة نصف قطر أيوني أصغر، بينما تمتلك الأيونات السالبة نصف قطر أيوني أكبر مقارنة بالذرّات المتعادلة.
   d. تمتلك الأيونات الموجبة نصف قطر أيوني أكبر، بينما تمتلك الأيونات السالبة نصف قطر أيوني أصغر مقارنة بالذرّات المتعادلة.

   c. تمتلك الأيونات الموجبة نصف قطر أيوني أصغر، بينما تمتلك الأيونات السالبة نصف قطر أيوني أكبر مقارنة بالذرّات المتعادلة.

4. ما العنصر الذي لديه أعلى درجة انصهار؟

   a. Si
   b. Aℓ
   c. Cℓ
   d. Na

   a. Si

تقويم الدّرس 1-2

الإجابات

5. أيٌّ من الجمل الآتية صحيحة عند تكوّن الأيونات الموجبة من الذرّات المقابلة؟

a. تفقد الذرّة الإلكترونات ويزداد نصف قطرها.

b. تكتسب الذرّة الإلكترونات ويزداد نصف قطرها.

c. تكتسب الذرّة الإلكترونات ويقلّ نصف قطرها.

d. تفقد الذرّة الإلكترونات ويقلّ نصف قطرها.

d. تفقد الذرّة الإلكترونات ويقلّ نصف قطرها.

6. صف الفرق بين كل من المادة الجيّدة التوصيل الكهربائي والمادة العازلة والمادة شبه الموصّلة، من حيث كيفيّة ارتباط إلكترونات التكافؤ بذرّاتها.

تحتوي المادّة الموصّلة للكهرباء على إلكترون واحد على الأقلّ حُرّ الحركة لكلّ ذرّة وغير مُرتبط بذرّة أخرى.

الإلكترونات في المادّة العازلة لا تكون حُرّة الحركة، بل تكون مُرتبطة بذرّاتها.

تحتوي المادّة شبه الموصّلة على نسبة بسيطة من الإلكترونات حُرّة الحركة وغير مُرتبطة بذرّاتها و أقلّ بكثير من إلكترون لكلّ ذرّة.

إعادة تدريس

1. لتوقُّع ما تعلّمه الطلّاب، يمكنهم رسم التغيُّرات في نصف القطر الذرّي كلّما اتّجهنا من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة في الجدول الدوريّ، ومن اليسار إلى اليمين عبر الدورة.
2. بشكل مُشابِه، يمكنهم توضيح التغيُّرات التي تحدث في نصف القطر الأيوني كلّما اتّجهنا من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة في الجدول الدوريّ.
3. يواجه الطلّاب بعض الإرباك بالنسبة إلى تعريف نصف القطر الذرّي. اشرح لهم أنّه يعتمد على مدى قرب الذرّتَين بعضهما من بعض؛ فنصف القطر الذرّي لذرّة عنصر ما هو نصف المسافة بين أكثر نواتَين متقاربتَين ومتجاورتَين بعضهما من بعض ومرتبطتَين كيميائيًّا.

إثراء

1. تمّت مناقشة التدرُّج في أنماط درجات الانصهار والغليان لبعض مجموعات العناصر.
2. شجّع الطلّاب على اكتشاف التدرُّج في الأنماط لمجموعات العناصر التي لم تتمّ مناقشتها. هل يوجد تدرُّج في الأنماط في المجموعات الأخرى؟
3. يوجد تدرُّج في أنماط قيم الكثافة أيضًا. يمكن أن يُجري الطلّاب بحثًا حول قيم الكثافة، ويذكروا ما إذا كانت تتزايد، أم تتناقص، أم تبقى من دون تغيُّر كلّما اتّجهنا من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة في الجدول الدوريّ.

ملاحظات

الدرس 1-3
النشاط الكيميائيّ للعناصر

مصادر تعلّم الدرس

الموضوع / الوقت	المحتوى	موارد كتاب الطالب	موارد دليل المعلم
1 حصّة صفّية	النشاط الكيميائيّ للفلزّات القلويّة	الصفحة 33	الصفحتان 42، 43
1 حصّة صفّية	تدرُّج النشاط الكيميائيّ للعناصر من خلال موقعها في الجدول الدوريّ	الصفحتان 34، 35	الصفحة 44
1 حصّة صفّية	نشاط: النشاط الكيميائيّ للفلزّات	الصفحة 36	الصفحتان 45، 46 النشاط a3-1
$\frac{1}{2}$ حصّة صفّية	تفاعُلات الفلزّات القلويّة البسيطة ومُركّباتها	الصفحة 37	الصفحة 47
2 حصّة صفّية	خصائص وتفاعُلات الفلزّات القلويّة الأرضية تفاعُلات المجموعة الثانية (IIA) مع الأكسجين	الصفحتان 38، 39	الصفحة 48
$\frac{1}{2}$ حصّة صفّية	النشاط الكيميائيّ للهالوجينات	الصفحة 40	الصفحة 48
1 حصّة صفّية	نشاط: النشاط الكيميائيّ للهالوجينات	الصفحة 41	الصفحة 49 النشاط b3-1

الزمن المقترح للدرس

يجب أن يستغرق تدريس هذا الدرس مدّة زمنيّة مقدارها 7 حصص صفّية، بحيث تتضمّن نشاطَين، وأفكارًا للمناقشة داخل الغرفة الصفّية.

مخرجات التعلّم

C1002.5 يصف التدرُّج في الخواصّ الفيزيائيّة والكيميائيّة للعناصر ومُركّباتها البسيطة ضمن المجموعات الأولى (I) والثانية (II) والسابعة (VII) والثامنة (VIII) (الصفريّة)، ويفسّر هذا التدرُّج من حيث التركيب الذرّي. يجب أن تتضمن الخصائص الفيزيائيّة نصف القطر الذرّي، ونصف القطر الأيوني، ودرجة الانصهار، والتوصيل الكهربائيّ.

C1002.6 يتوقّع التفاعُلات الممكنة والنشاط الكيميائيّ المُحتمل للعناصر من خلال موقعها في الجدول الدوريّ.

الأنشطة	مواد من أجل النشاط
a3-1 النشاط الكيميائيّ للفلزّات	كمّيات موزونة بقيمة 2g من الفلزّات الآتية: Cu، Na، Mg، Ni، Aℓ، Zn، بالإضافة إلى محلول حمض الهيدروكلوريك HCℓ تركيزه 1M، (6) أنابيب اختبار 150 mm × 20 mm، وحامل أنابيب اختبار، ساعة توقيت، نظّارات واقية.
b3-1 النشاط الكيميائيّ للهالوجينات	ماء الكلور (1%)، ماء البروم (1%)، محلول اليود تركيزه 0.1 M، محلول كلوريد البوتاسيوم KCℓ تركيزه 0.1 M، محلول بروميد البوتاسيوم KBr تركيزه 0.1 M، محلول يوديد البوتاسيوم KI تركيزه 0.1 M، لوح التجويفات البيضاء مع 9 تجويفات، ماصّات قطّارة، نظّارة واقية.

المعرفة السابقة

يجب أن يكون الطلاب على معرفة بالموضوعات الآتية:

- تركيب الجدول الدوريّ
- تعريف الأيون

المفردات

النشاط الكيميائيّ	Chemical reactivity

افتتاحيّة الدرس

1. **يدمج:** تمّ تصميم نشاط "يدمج" هذا لتحفيز الطلّاب على تعلُّم كلّ ما يتعلّق بالتدرُّج في أنماط التفاعُلات، ولِرَبط ما تعلّموه سابقًا في الدرسَين 1-1، و 1-2 حول الفلزّات القلويّة.
2. يمكن أن يعرض المعلّم للطلّاب الليثيوم، والصوديوم، والبوتاسيوم، ويناقش معهم لماذا تُحفظ هذه الفلزّات في وعاء يحتوي إمّا على الزيت لحفظ الليثيوم، أو على الكيروسين لحفظ الصوديوم؛ أمّا البوتاسيوم فيُحفظ في البرافين. ضَعْ ستارًا آمنًا بين منطقة تطبيق العرض العمليّ والطلّاب، واستخدم السكّين لقطع هذه الفلزّات. يمكن أن يُلاحظ الطلّاب أنّ المنطقة التي تقطعها بالسكّين تكون لامعة مُقارنةً بالجهة التي لم تقطعها والتي تبدو باهتة قليلًا.
3. ضَعْ قطعة صغيرة من الفلزّ في حوض زجاجي به ماء في خزانة الغاز سيشتعل الفلزّ ويحترق وهو يطفو ويتحرّك بشكل عشوائيّ في الماء إلى أن يختفي.

الأسئلة:

1. هل هناك دليل على تكوُّن غاز؟

نعم، حيث تتمّ مُشاهدة فقّاعات ناتجة عن تفاعل الفلزّات الثلاثة جميعها.

الدرس 1-3

النشاط الكيميائي للعناصر
Reactivity of the Elements

يضاف فلوريد الصوديوم (NaF)، الموضّح في **الشكل 1-30a**، إلى إمدادات مياه الشرب للمساهمة في تقليل تسوُّس الأسنان. وتُشكّل المادة الكيميائية فلوريد الكالسيوم (CaF_2) بلّورات ثمانية الأوجه تُسمّى "الفلوريت" (**الشكل 1-30b**). يُستخدَم فلوريد الكالسيوم في صناعة بعض العدسات اللاصقة، وفي عملية تكرير المعادن.

يتفاعل الصوديوم مع الفلور بنسبة 1:1، ولكنّ الكالسيوم يتفاعل مع الفلور بنسبة 2:1.

يُعدّ الصوديوم فلزًّا قلويًّا، وينتمي الفلور إلى الهالوجينات. هل تتشكّل مُركّبات أخرى من الفلزّات القلوية والهالوجينات بنسبة 1:1؟

أمّا الكالسيوم فهو فلزّ قلوي أرضي. هل تتشكّل مُركّبات أخرى من الفلزّات القلوية الأرضية والهالوجينات بنسبة 2:1؟ هل يمكن استخدام موقع العنصر في الجدول الدوري للتنبّؤ بالصيغة الكيميائية لمُركّباته؟

(a) NaF

(b) CaF_2

الشكل 1-30 (a) يمكن إضافة فلوريد الصوديوم، NaF، إلى إمدادات مياه الشرب لتقليل تسوّس الأسنان. ويشكّل فلوريد الكالسيوم CaF_2 (b)، بلّورات ثمانية الأوجه من الفلوريت.

مخرجات التّعلُّم

C1002.5 يصف التدرُّج في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر ومركّباتها البسيطة ضمن المجموعات (الأولى) I (والثانية) II (والسابعة) VII والثامنة (الصفرية) (VIII)، ويفسر هذا التدرُّج من حيث التركيب الذرّي. يجب أن تتضمّن الخصائص الفيزيائية نصف القطر الذرّي، ونصف القطر الأيوني، ودرجة الانصهار، والتوصيل الكهربائي.

C1002.6 يتوقع التفاعُلات الممكنة والنشاط الكيميائي المحتمل للعناصر من خلال موقعها في الجدول الدوري.

المفردات

النشاط الكيميائي	Chemical reactivity

32

الدرس 1-3: النشاط الكيميائي للعناصر

النشاط الكيميائي للفلزّات القلوية

سنلقي في هذا الدرس نظرة على بعض التفاعُلات البسيطة التي تتضمّن الفلزّات القلوية في المجموعة الأولى (IA)، فضلًا عن بعض التفاعُلات التي تتضمّن مجموعات أخرى من العناصر. تذكّر أن الفلزّات القلوية هي المجموعة الأكثر نشاطًا كيميائيًا، فهي شديدة التفاعُل إلى درجة يتفاعل بعضها بعنف مع الماء لإنتاج محلول مائي من هيدروكسيد الفلزّ، $MOH_{(aq)}$، وغاز الهيدروجين $H_{2(g)}$ بحسب المعادلة الكيميائية العامة الآتية:

$$2M_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2MOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

يمكن لغاز الهيدروجين الناتج أن يشتعل ويحترق بلون أزرق باهت، ولكن هذا اللون غير واضح في الضوء العادي كما أنّه يُصدِر صوت فرقعة.

عرض عملي

لمّا كانت الفلزّات القلوية عناصر ليّنة ومنخفضة الكثافة (**الشكل 1-31**)، فإنّ بالإمكان استخدام مشرط لقطعها بسهولة. كذلك، يجب تخزينها مغمورة في زيت البارافين أو في مذيب هيدروكربوني آخر لمنع تعرّضها للأكسجين وبخار الماء الجوي. سيعرض معلّمك تفاعُل هذه الفلزّات مع الماء عن طريق وضع قطع صغيرة منها في دورق من الماء في خزانة الغازات. سجّل ملاحظاتك لتتمكّن من الإجابة عن الأسئلة الآتية لكل فلزّ:

1. هل هناك دليل على تكوّن غاز؟
2. هل يحترق هذا الغاز ويشتعل؟ إذا كان كذلك، فما لون اللهب؟
3. هل سمعت صوت فرقعة بسيطًا خلال محاولة إشعال الغاز الناتج عن أحد هذه التفاعُلات؟ استنتج اسم هذا الغاز الناتج.
4. بناء على ملاحظاتك، رتّب النشاط الكيميائي لهذه الفلزّات من الأقلّ نشاطاً إلى الأكثر نشاطاً.
5. هل تستطيع وصف تدرُّج نشاط الفلزّات القلوية عبر المجموعة؟

(a) Li

(b) Na

(c) K

الشكل 1-31 (a) الليثيوم (b) الصوديوم (c) البوتاسيوم.

الفلزّات القلوية الثلاثة الأثقل هي الروبيديوم (Rb) والسيزيوم (Cs) والفرانسيوم (Fr). يمكن الحصول على عيّنات مختبرية من الروبيديوم والسيزيوم، ولكن لا يمكن الحصول على عيّنات مخبرية من الفرانسيوم. ابحث عن بعض أسباب ذلك.

33

2. هل يحترق هذا الغاز ويشتعل؟ إذا كان كذلك، فما لون اللهب؟
نعم، يحترق الغاز ويشتعل بلهب أزرق فاتح.

3. هل سمعتَ صوت فرقعة بسيطًا خلال مُحاولة إشعال الغاز الناتج عن أحد هذه التفاعُلات؟ استنتج اسم هذا الغاز الناتج.
نعم يحدث صوت فرقعة بسيطة ناتج عن إشعال الغاز. الغاز هو غاز الهيدروجين H_2.

4. بناءً على ملاحظاتك، رتّب النشاط الكيميائيّ لهذه الفلزّات من الأقلّ نشاطًا إلى الأكثر نشاطًا.
Li < Na < K

5. هل تتّفق ملاحظاتك حول نشاطها الكيميائيّ مع تدرُّج نشاط الفلزّات القلويّة؟
نعم

وكإثراء لهذا النشاط، يمكن إضافة كاشف الفينولفثالين إلى الماء قبل إسقاط الفلزّ القلويّ فيه، بحيث يتغيّر لون الماء إلى اللون الورديّ، مُظهِرًا بذلك إنتاج هيدروكسيد قلويّ.

يستكشف: تمّ تصميم نشاط «يستكشف» هذا لتشجيع الطلّاب على إجراء بحث عن الخصائص المُميّزة والفريدة من نوعها للفلزّات القلويّة الثلاثة الثقيلة وبخاصّة عنصر السيزيوم (Cs). الفلزّات القلويّة الثلاثة الأثقل هي الروبيديوم (Rb) والسيزيوم (Cs) والفرانسيوم (Fr). يمكن الحصول على عيّنات مختبريّة من الروبيديوم والسيزيوم، ولكن لا يمكن الحصول على عيّنات مختبريّة من الفرانسيوم. ابحث عن بعض أسباب ذلك.

إجابات مُحتملة:

1. **الفرانسيوم عنصر مُشِعّ ونادر للغاية، ففي أيّ وقت، من المُقدَّر أن يتواجد أقلّ من 30 g من عنصر الفرانسيوم في القشرة الأرضيّة.**

2. **من نظائر الفرانسيوم والتي يبلغ عددها 34 نظيرًا، يوجد النظير (Fr-223) فقط بشكل طبيعيّ. لهذا يُعدّ أطول النظائر عمرًا، بحيث يمتلك عمر نصف مقداره 22 دقيقة فقط. وينتج Fr-223 من تحلُّل ألفا لعنصر Ac-227 والذي ينتج أثناء سلسلة تحلّل U-238 الموجود في خامات معدن اليورانيوم.**

3. **لم يتمّ عزل أو إنتاج أيّ كمّية يمكن قياسها من الفرانسيوم قطّ.**

تدرُّج النشاط الكيميائيّ للعناصر من خلال موقعها في الجدول الدوريّ

1. استخدم نشاط يدمج لبدء نقاش حول تدرُّج النشاط الكيميائيّ للعناصر. أيّ عناصر الفلزّات القلويّة كان أكثر نشاطًا كيميائيًّا؟؟ العنصر في أعلى المجموعة أم ذلك في أسفلها؟
العنصر في أسفل المجموعة، إذ يزداد النشاط الكيميائيّ كلّما اتّجهنا من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة في الجدول الدوريّ.

2. يزداد النشاط الكيميائيّ كلّما اتّجهنا من أعلى إلى أسفل عبر مجموعة عناصر الفلزّات القلويّة، ومجموعة عناصر الفلزّات القلويّة الأرضيّة، ومجموعة عناصر الهالوجينات.

3. من المهمّ مُلاحظة أنّ الفلزّات القلويّة تكون أكثر نشاطًا كيميائيًّا من الفلزّات القلويّة الأرضيّة، لهذا يقلّ النشاط الكيميائيّ كلّما اتّجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، أي عندما نتّجه من الفلزّات القلويّة إلى الفلزّات القلويّة الأرضيّة.

4. ناقش لماذا يحدث هذا. **بما أنّ الفلزّات القلويّة تمتلك إلكترونًا واحدًا، فإنّها تفقده لتصل إلى توزيع الغاز النبيل الأقرب لها، لهذا، من السهل عليها أن تتفاعل مع الذرّات الأخرى. كما تقلّ قوى التجاذب بين النواة والإلكترونات الخارجية عندما نتّجه من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة الواحدة في الجدول الدوريّ، ما يتيح انتقال الإلكترونات بكلّ سهولة. وهذان العاملان كلاهما يزيدان النشاط الكيميائيّ.**

الوحدة 1: الدورية في خصائص العناصر

تدرُّج النشاط الكيميائي للعناصر من خلال موقعها في الجدول الدوري

يكون النشاط الكيميائي Chemical reactivity لبعض العناصر شديدًا للغاية إلى درجة تفاعُلها بعنف عند تعرّضها للبواء أو الماء (الشكل 1-32). وهناك عناصر أخرى شبه خاملة. فالهيليوم (He) مثلًا لا يكوّن أيّ مُركّبات مستقرّة تحت الضغط الطبيعي. وهناك مجموعات قليلة في الجدول الدوري (الشكل 1-33) تظهر أنماط نشاط كيميائي واضحة الاتّجاهات، حيث يزداد النشاط الكيميائي عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة، وهي:

1. الفلزّات القلوية في المجموعة الأولى (IA) باستثناء الهيدروجين فهو ليس فلزًّا قلويًّا. وهذه المجموعة تمثّل العناصر الأكثر نشاطًا كيميائيًا.
2. الفلزّات القلوية الأرضية في المجموعة الثانية (IIA) هي ثاني أكثر الفلزّات من حيث النشاط الكيميائي.
3. الغازات النبيلة في المجموعة الثامنة عشرة (VIIIA). وعلى الرغم من كون الغازات النبيلة غير نشطة كيميائيًّا بشكل عام، إلا أنّ بإمكان بعضها تشكيل عدد قليل من المُركّبات.

الشكل 1-32 يتفاعل فلزّ السيزيوم بعنف مع الماء.

الشكل 1-33 يزداد النشاط الكيميائي عند الاتّجاه إلى أسفل مجموعة الفلزّات القلوية (a)، والفلزّات القلوية الأرضية (b) والغازات النبيلة (c).

في الدورة الواحدة، يكون الفلزّ القلوي أكثر نشاطًا كيميائيًّا من الفلزّ القلوي الأرضي.

خلال الدورات من اليسار إلى اليمين يقلّ النشاط الكيميائي للعناصر الفلزّية، ويزداد النشاط الكيميائي للعناصر اللافلزّية (عدا الغازات النبيلة) (الشكل 1-34).

ملاحظة: تتميّز عناصر الدورة السابعة من المجموعة الأولى والثانية بأنّها عناصر مُشعّة؛ لذلك لا تدخل ضمن المقارنة بالنشاط الكيميائي.

وتُعدّ عناصر العملات المعدنية في المجموعة الحادية عشرة (IB)، وهي النحاس (Cu) والفضّة (Ag) والذهب (Au)، أقلّ نشاطًا كيميائيًّا بكثير من معظم الفلزّات الأخرى. لذلك تكون أكثر مقاومة للتآكل من معظم الفلزّات. وهذا ما يُفسّر إمكانية العثور على هذه الفلزّات في الحالة المفردة (الفلزّات النقية) في القشرة الأرضية؛ وقد استُخدمت لعدة قرون في صنع العملات المعدنية.

الشكل 1-34 النمط العام في النشاط الكيميائي مختلف ما بين الفلزّات واللافلزات.

34

الدرس 1-3: النشاط الكيميائي للعناصر

أمثلة على النشاط الكيميائي

مثال 3

أيٌّ من العناصر الآتية تعتبر الفلز الأقل نشاطاً كيميائياً؟ الليثيوم (Li) أم الحديد (Fe) أم الكبريت (S) أم الزينون (Xe)؟

الحلّ:

- الكبريت (S) والزينون (Xe) لافلزّات، وبالتالي يتمّ استبعادهما كخيارات.
- الليثيوم (Li) فلزّ قلوي. والفلزّات القلوية هي أكثر العناصر نشاطًا كمجموعة. لذلك يتمّ استبعاد الليثيوم (Li) كخيار.
- وهذا يؤدّي إلى بقاء الحديد (Fe) كونه الفلزّ الأقلّ نشاطاً كيميائياً بين الخيارات.

مثال 4

أيُّ عنصر من العناصر الآتية يُعد الأكثر نشاطًا كيميائيًّا: الأرجون (Ar) أم النيون (Ne) أم الزينون (Xe)؟

الحلّ:

- هذه العناصر جميعها غازات نبيلة تنتمي إلى المجموعة الثامنة عشرة (VIIIA).
- على الرغم من أن الغازات النبيلة ليست نشطة كيميائيًّا، إلا أن المجموعة الثامنة عشرة (VIIIA) هي واحدة من ثلاث مجموعات تظهر زيادة النشاط الكيميائي عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.
- يقع الزينون (Xe) في أسفل المجموعة الثامنة عشر، فهو بالتالي الأكثر نشاطًا كيميائيًّا.

مثال 5

أيُّ عنصر من العناصر الآتية يُعد الأكثر نشاطًا كيميائيًّا:

الليثيوم (Li) أم البريليوم (Be) أم الصوديوم (Na) أم المغنيسيوم (Mg)؟

الحلّ:

- لاحظ أن هذه العناصر الأربعة هي فلزّات قلوية أو فلزّات قلوية أرضية.
- يزداد النشاط الكيميائي لهذه العناصر عند الاتّجاه أسفل المجموعة ويقلّ عند الاتّجاه عبر الدورة كلما اتّجهنا من اليسار إلى اليمين.
- لذلك يُعدّ الصوديوم (Na) هو الأكثر نشاطًا كيميائيًّا بين هذه الخيارات.

35

نشاط a3-1 النشاط الكيميائيّ للفلزّات

الإجابات/ عيّنة بيانات

سؤال الاستقصاء:	هل يمكن مُقارنة النشاط الكيميائيّ للفلزّات من خلال التجربة العمليّة؟
المواد المطلوبة:	كمّيات موزونة بقيمة 2 g من الفلزّات الآتية: Cu، Na، Mg، Ni، Al، Zn، بالإضافة إلى محلول حمض الهيدروكلوريك HCℓ تركيزه 1 M، (6) أنابيب اختبار 20 mm × 150 mm، وحامل أنابيب اختبار، ساعة توقيت، نظّارات واقية.

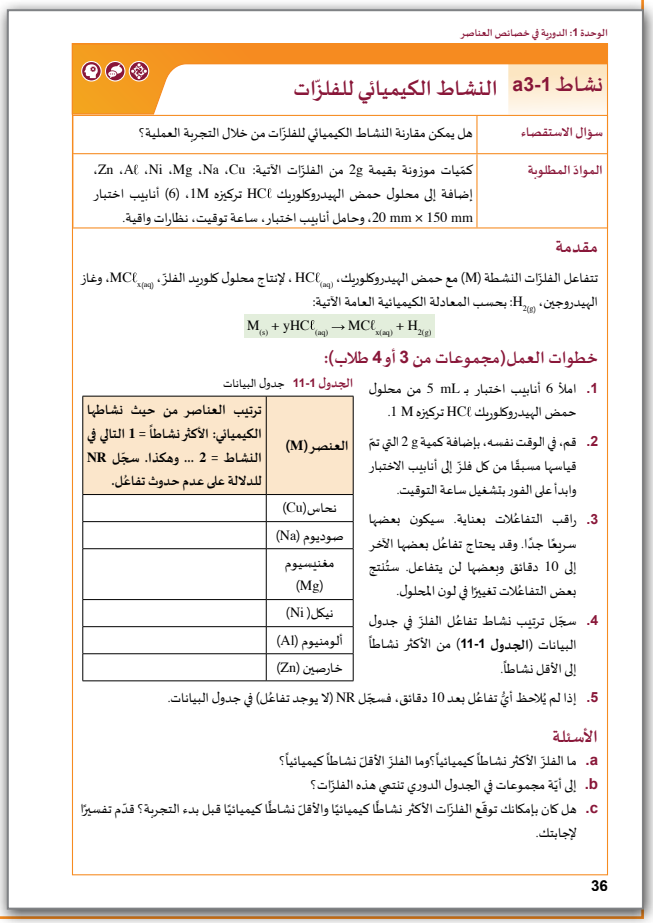
تمّ تصميم هذا النشاط لإتاحة الفرصة للطلّاب لتطبيق معرفتهم بالنشاط الكيميائيّ للفلزّات في هيئة عرض عمليّ.

جدول البيانات

العنصر (M)	ترتيب العناصر من حيث نشاطها الكيميائي: الأكثر نشاطًا = 1 التالي في النشاط = 2... وهكذا. سجّل NR للدلالة على عدم حدوث تفاعُل.
نحاس (Cu)	NR
صوديوم (Na)	1
مغنيسيوم (Mg)	2
نيكل (Ni)	4
ألومنيوم (Aℓ)	5
خارصين (Zn)	3

ملاحظات:

1. من المهمّ أن يكون حجم العيّنة من الفلزّات جميعها صغيرًا، ويُفضّل أن تكون جميعها متساوية.
2. زوّد الطلّاب بعيّنات من الفلزّات تكون في أوعية يسهل صبّها منها إلى داخل أنبوب الاختبار. (عدا تفاعل الصوديوم يقوم المعلم بإجراء التفاعل مراعاة للأمن والسلامة بسبب شدّة التفاعل)



الوحدة 1: الدورية في خصائص العناصر

نشاط a3-1 النشاط الكيميائي للفلزّات

سؤال الاستقصاء: هل يمكن مقارنة النشاط الكيميائي للفلزّات من خلال التجربة العملية؟

المواد المطلوبة: كمّيات موزونة بقيمة 2g من الفلزّات الآتية: Cu، Na، Mg، Ni، Aℓ، Zn، إضافة إلى محلول حمض الهيدروكلوريك HCℓ تركيزه 1M، (6) أنابيب اختبار 20 mm × 150 mm، وحامل أنابيب اختبار، ساعة توقيت، نظارات واقية.

مقدمة

تتفاعل الفلزّات النشطة (M) مع حمض الهيدروكلوريك، $HC\ell_{(aq)}$، لإنتاج محلول كلوريد الفلز، $MC\ell_{x(aq)}$، وغاز الهيدروجين، $H_{2(g)}$: بحسب المعادلة الكيميائية العامة الآتية:

$$M_{(s)} + yHC\ell_{(aq)} \rightarrow MC\ell_{x(aq)} + H_{2(g)}$$

خطوات العمل(مجموعات من 3 أو 4 طلاب):

1. املأ 6 أنابيب اختبار بـ 5 mL من محلول حمض الهيدروكلوريك HCℓ تركيزه 1 M.
2. قم، في الوقت نفسه، بإضافة كمية 2g التي تم قياسها مسبقًا من كل فلزّ إلى أنابيب الاختبار وابدأ على الفور بتشغيل ساعة التوقيت.
3. راقب التفاعُلات بعناية. سيكون بعضها سريعًا جدًا. وقد يحتاج تفاعُل بعضها الآخر إلى 10 دقائق وبعضها لن يتفاعل. ستُنتج بعض التفاعُلات تغيرًا في لون المحلول.
4. سجّل ترتيب نشاط تفاعُل الفلزّ في جدول البيانات (**الجدول 1-11**) من الأكثر نشاطًا إلى الأقل نشاطًا.
5. إذا لم يُلاحظ أيُّ تفاعُل بعد 10 دقائق، فسجّل NR (لا يوجد تفاعُل) في جدول البيانات.

الجدول 1-11 جدول البيانات

العنصر (M)	ترتيب العناصر من حيث نشاطها الكيميائي: الأكثر نشاطاً = 1 التالي في النشاط = 2 ... وهكذا. سجّل NR للدلالة على عدم حدوث تفاعُل.
نحاس (Cu)	
صوديوم (Na)	
مغنيسيوم (Mg)	
نيكل (Ni)	
ألومنيوم (Al)	
خارصين (Zn)	

الأسئلة

a. ما الفلزّ الأكثر نشاطاً كيميائياً؟وما الفلزّ الأقلّ نشاطاً كيميائياً؟
b. إلى أيّة مجموعات في الجدول الدوري تنتمي هذه الفلزّات؟
c. هل كان بإمكانك توقّع الفلزّات الأكثر نشاطًا كيميائيًا والأقلّ نشاطًا كيميائيًا قبل بدء التجربة؟ قدّم تفسيرًا لإجابتك.

36

نشاط a3-1 النشاط الكيميائيّ للفلزّات - تابع

الإجابات/
عيّنة بيانات

الأسئلة والإجابات:

a. ما الفلزّ الأكثر نشاطًا كيميائيًّا؟ وما الفلزّ الأقلّ نشاطًا كيميائيًّا؟

الفلزّ الأكثر نشاطًا كيميائيًّا: الصوديوم (Na)

الفلزّ الأقلّ نشاطًا كيميائيًّا: النحاس (Cu)

b. إلى أيّة مجموعات في الجدول الدوريّ تنتمي هذه الفلزّات؟

الصوديوم: المجموعة الأولى (IA)، الفلزّات القلويّة.

النحاس: المجموعة الثانية عشرة (IB)، فلزّات العملات المعدنيّة.

c. هل كان بإمكانك توقُّع الفلزّات الأكثر نشاطًا كيميائيًّا والأقلّ نشاطًا كيميائيًّا قبل بدء التجربة؟ قدّم تفسيرًا لإجابتك.

نعم، كان من المُمكن التّوقُّع بأنّ فلزّ الصوديوم هو الأكثر نشاطًا لأنّه فلزّ قلويّ، حيث تُعدّ هذه الفلزّات أكثر الفلزّات نشاطًا كمجموعة، ولم يتم استخدام أيّ فلزّات قلويّة أخرى في هذه التجربة. كما كان من الممكن التوقُّع بأنّ فلزّ النحاس هو الأقلّ نشاطًا لأنّه من مجموعة فلزّات العملات المعدنية، وهذه الفلزّات غير نشِطة كيميائيًّا مقارنة مع معظم الفلزّات الأخرى، ولم يتمّ استخدام أيّ فلزّات عملات معدنيّة أخرى في هذه التجربة.

تفاعُلات الفلزّات القلويّة البسيطة ومُركّباتها

1. عندما تتفاعل الفلزّات القلويّة مع الماء، ينتج عن ذلك هيدروكسيد الفلزّ وغاز الهيدروجين.
2. عندما تتفاعل الفلزّات القلويّة مع الأكسجين، ينتج عن ذلك أكسيد الفلزّ.
3. يوضح المعلم للطلّاب كيفيّة استنتاج الصيغة الكيميائية العامة لكلّ من هيدروكسيد الفلزّ وأكسيد الفلزّ من خلال طريقة التقاطع (Criss-Cross)
4. يجب أن يكون الطلّاب على معرفة بالموادّ الناتجة، والمُعادلات الكيميائيّة لهذه التفاعُلات.
5. يمكن أن يكتب المعلّم المُعادلة الكيميائيّة العامة لكِلا التفاعلَيْن، مع الماء ومع الأكسجين.
6. اذكر هنا أهمّية اختبار اللهب للكشف عن الفلزّات بشكل عام، إذ يتميّز كلّ فلزّ بلون لهب خاصّ به.

خصائص وتفاعُلات الفلزّات القلويّة الأرضيّة

1. بشكل مُشابِه للفلزّات القلويّة، عندما تتفاعل الفلزّات القلويّة الأرضيّة مع الماء، ينتج عن ذلك هيدروكسيد الفلزّ أيضًا. وأهمّ ما ينبغي أن تتذكّره هو أنّ غاز الهيدروجين يُعَدّ ناتجًا ثانويًّا لهذا التفاعُل.
2. **يستكشف:** ناقش مع زميلك السبب الذي يوجِب تخزين فلزّ الكالسيوم تحت غاز الأرجون بدلًا من الهواء.

الكالسيوم عنصر نَشِط كيميائيًّا، سوف يتفاعل مع الأكسجين بوجود الرطوبة في الهواء؛ ولتجنّب حدوث ذلك، يجب تخزينه تحت غاز الأرجون (من الغازات النبيلة الخاملة كيميائيًّا) بدلًا من الهواء.

تفاعُلات الفلزّات القلوية البسيطة ومركّباتها

التفاعُل مع الماء

تتفاعل الفلزّات القلوية (M) مع الماء لإنتاج محلول مائي من هيدروكسيد الفلزّ، $MOH_{(aq)}$، وغاز الهيدروجين، $H_{2(g)}$ بحسب المعادلة الكيميائية العامة الآتية:

$$2M_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2MOH_{(aq)} + H_{2(g)}$$

الصيغة العامة لجميع مُركّبات هيدروكسيدات الفلزّات القلوية هي MOH، حيث يتّحد أيون الفلزّ القلوي (M^+) مع أيون الهيدروكسيد (OH^-) بنسبة 1:1 (**الجدول 1-12**)، ليكوّن الفلزّ القلوي أيونات ذات شحنة (+1) بفقدان إلكترونها الخارجي، ويكون لأيون الهيدروكسيد شحنة (−1). وباستخدام طريقة التقاطُع (CRISS-CROSS) تكون الصيغة الكيميائية العامة لهذه المُركّبات هي: MOH

التفاعُل مع الأكسجين

خلال التفاعُلات البسيطة بين الفلزّات القلوية والأكسجين يتكوّن أكسيد الفلزّ (M_2O). يستطيع عنصر الأكسجين أن يكسب إلكترونَين ليكوّن أيون الأكسيد (O^{2-}). لذلك يرتبط مع أيون الفلزّ (M^+) بنسبة 1:2 ليكوّن المُركّب أكسيد الفلزّ

$M^+ \quad O^{2-}$
M_2O

على سبيل المثال، يتفاعل الليثيوم مع الأكسجين لتكوين أكسيد الليثيوم:

$$4\,Li_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2Li_2O_{(s)}$$ (أكسيد الليثيوم)

اختبار اللهب

عند إحتراق الفلزّات القلوية ينبعث لهب ذو لون مميّز. يبين **الجدول 14-1** ألوان اللهب المنبعثة نتيجة إحتراق الفلزات القلوية وهذا يسمى بإختبار اللهب للكشف عن وجود الفلزات القلوية في المركبات الأيونية.

كما يبين **الشكل 35-1** ألوان اللهب المنبعث من إحتراق بعض فلزّات المجموعتين الأولى والثانية.

الجدول 12-1 هيدروكسيدات الفلزّات القلوية.

الفلزّ القلوي	هيدروكسيد الفلزّ
الليثيوم (Li)	LiOH
الصوديوم (Na)	NaOH
البوتاسيوم (K)	KOH
الروبيديوم (Rb)	RbOH
السيزيوم (Cs)	CsOH

$M^+ \quad OH^-$
$M(OH)$

الجدول 13-1 نواتج تفاعُل الفلزّات القلوية مع الأكسجين.

اسم الفلزّ	الصيغة الكيميائية للمُركّبات الناتجة عن تفاعُل الفلزّ مع الأكسجين
الليثيوم (Li)	Li_2O
الصوديوم (Na)	Na_2O
البوتاسيوم (K)	K_2O

الجدول 14-1 ألوان الفلزات القلوية خلال اختبار اللهب.

العنصر	لون اللهب المُنبعث
الليثيوم (Li)	أحمر
الصوديوم (Na)	أصفر
البوتاسيوم (K)	بنفسجي فاتح
الروبيديوم (Rb)	أحمر غامق
السيزيوم (Cs)	أزرق فاتح

الشكل 35-1 لون اللهب المنبعث خلال اختبار اللهب لعناصر المجموعتين الاولى والثانية.

خصائص وتفاعُلات الفلزّات القلوية الأرضية

تُعدّ الفلزّات القلوية الأرضية، مثلها مثل باقي الفلزّات، جيّدة التوصيل للكهرباء بصورة أفضل من الفلزّات القلوية، بسبب زيادة عدد الإلكترونات الحرّة في مستوى طاقتها الأخير. وهي فلزات نشطة كيميائياً و لكنها أقل نشاطاً من عناصر المجموعة الأولى، لاحتوائها على إلكتروني تكافؤ في مستوى الطاقة الخارجي تفقدهما لتصل إلى حالة الاستقرار (توزيع إلكتروني مشابه لأقرب غاز نبيل). توجد فلزّات المجموعة الثانية في الطبيعة في الكثير من المعادن مثل الكالسيت (كربونات الكالسيوم) $CaCO_3$.

الجدول 15-1 هيدروكسيدات الفلزّات القلوية الأرضية.

الفلزّ القلوي الأرضي (M)	هيدروكسيد الفلزّ القلوي ($M(OH)_2$)
بريليوم (Be)	$Be(OH)_2$
مغنيسيوم (Mg)	$Mg(OH)_2$
كالسيوم (Ca)	$Ca(OH)_2$
سترونشيوم (Sr)	$Sr(OH)_2$
باريوم (Ba)	$Ba(OH)_2$

التفاعُل مع الماء

لا يتفاعل البريليوم (Be) والمغنيسيوم (Mg) مع الماء عند درجة حرارة الغرفة. ولكن الفلزّات القلوية الأرضية الأخرى (M) تتفاعل بسرعة مع الماء بدرجات متفاوتة، مثلها مثل الفلزّات القلوية، لإنتاج هيدروكسيد الفلزّ $M(OH)_{2(aq)}$، وغاز الهيدروجين $(H_{2(g)})$، بحسب المعادلة الكيميائية العامّة الآتية:

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

تكون الصيغة العامة لجميع هيدروكسيدات الفلزّات القلوية الأرضية هي $M(OH)_2$، حيث يتّحد أيون الفلزّ القلوي الأرضي (M^{2+}) مع أيون الهيدروكسيد (OH^-) بنسبة 2:1 (**الجدول 15-1**)، لأن الفلزّات القلوية الأرضية تشكّل أيونات ذات شحنة (+2)، وذلك بفقدان إلكتروني التكافؤ، ولأن لأيون الهيدروكسيد شحنة (−1)؛ وباستخدام طريقة التقاطُع (CRISS-CROSS) تكون الصيغة الكيميائية العامة لهذه المُركّبات هي: $M(OH)_2$

$M^{2+} \quad OH^-$
$M(OH)_2$

اختبار اللهب

عند احتراق الفلزّات القلوية الأرضية ينبعث لهب ذو لون مميّز، وبالتالي يستخدم هذا كاختبار للتمييز بين تلك الفلزّات. يبيّن **الجدول 16-1** ألوان اللهب المختلفة التي تنبعث خلال اختبار اللهب للفلزّات القلوية الأرضية. فعنصر المغنيسيوم مثلًا له لون لهب أبيض مزرق ساطع جدًّا بحيث لا تستطيع النظر إليه مباشرة.

الجدول 16-1 ألوان الفلزّات القلوية الأرضية خلال اختبار اللهب.

العنصر	لون اللهب المُنبعث
بريليوم (Be)	أبيض
مغنيسيوم (Mg)	أبيض مزرق
كالسيوم (Ca)	أحمر طوبي
سترونشيوم (Sr)	قرمزي
باريوم (Ba)	أخضر

الشكل 36-1 فلزّ الكالسيوم.

يوضّح **الشكل 36-1** عيّنة نقيّة من فلزّ الكالسيوم (Ca) المخزّن تحت غاز الأرجون (Ar). ناقش مع زميلك السبب الذي يوجب تخزين فلزّ الكالسيوم تحت غاز الأرجون بدلًا من الهواء.

تفاعُلات المجموعة الثانية (IIA)– الفلزّات القلويّة الأرضيّة مع الأكسجين

1. عندما تتفاعل الفلزّات القلويّة الأرضيّة مع الأكسجين، ينتج عن ذلك أكسيد الفلزّ.
2. يمكن كتابة الصيغ الكيميائية للنواتج باستخدام رمز الفلزّ القلويّ، وتوضيح أنّ الأيون الموجب يحمل شحنة مقدارها (+2). وبما أنّ أيون الأكسيد يحمل شحنة مقدارها (-2)، فسوف نحتاج إلى أيون واحد من الأكسيد لموازنة الصيغة. أمّا مع أيون الهيدروكسيد الذي لديه شحنة سالبة واحدة، فيتّحد أيون الفلزّ القلويّ الأرضيّ مع أيونَي هيدروكسيد لمُوازنة الصيغة.

النشاط الكيميائيّ للهالوجينات

1. تحتاج الهالوجينات إلى أن تكسب إلكترونًا واحدًا للوصول إلى التوزيع الإلكترونيّ نفسه للغاز النبيل الأقرب. وبما أنّه من السّهل عليها أن تكسب إلكترونًا واحدًا، فهذا يجعل الهالوجينات نشِطة كيميائيًّا بشكل كبير.
2. تكوّن الهالوجينات أيونًا سالبًا يحمل شحنة مقدارها (-1).
3. تتواجد الهالوجينات على هيئة جُزَيْئات ثنائيّة الذرّات، لذا عندما نكتب معادلة كيميائيّة، تكون الصيغة الكيميائيّة للهالوجين على هيئة X_2 مثال F_2، I_2، Br_2، $C\ell_2$.
4. تتفاعل الهالوجينات مع الفلزّات القلويّة، والفلزّات القلويّة الأرضية فينتج عن ذلك ملح هاليد الفلزّ.

تفاعُلات المجموعة الثانية (IIA) - الفلزّات القلوية الأرضية مع الأكسجين

تتفاعل الفلزّات القلوية الأرضية جميعها ماعدا البريليوم مع الأكسجين الجوّي عند درجة حرارة الغرفة لتكوين أكسيد الفلزّ بحسب المعادلة الكيميائية العامة الآتية:

$$2\,M_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2MO_{(s)}$$

تكون الصيغة العامة لجميع أكاسيد الفلزّات القلوية الأرضية هي MO، حيث يتّحد أيون الفلزّ القلوي الأرضي (M^{2+}) مع أيون الأكسيد (O^{2-}) بنسبة 1:1. ويلخّص **الجدول 1-17** صيغ أكاسيد الفلزّات القلوية الأرضية.

الجدول 1-17 صيغ أكاسيد الفلزّات القلوية الأرضية.

الفلزّ القلوي الأرضي (M)	أكسيد الفلزّ القلوي (MO)
بريليوم (Be)	BeO
مغنيسيوم (Mg)	MgO
كالسيوم (Ca)	CaO
سترونشيوم (Sr)	SrO
باريوم (Ba)	BaO

مثال 6

يتفاعل عنصر المغنيسيوم مع غاز الأكسجين في الهواء. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعُل مستخدمًا طريقة التقاطُع لتبيّن الصيغة الكيميائية للمُركّب الناتج.

الحل:

المعادلة الكيميائية الموزونة هي:

$$2\,Mg_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\,MgO_{(s)}$$

المُركّب الناتج هو أكسيد المغنيسيوم المكوّن من أيون المغنيسيوم ذي الشحنة (+2) وأيون الأكسيد ذي الشحنة السالبة (–2) وذلك باستخدام طريقة التقاطُع التالية تكون صيغة المُركّب هي MgO:

Mg^{2+} — O^{2-} → Mg_1O_1

ملاحظة: إذا كان الرقم السفلي في الصيغة هو واحد فلا يكتب هذا الرقم.

مثال 7

أيٌّ من الفلزّات الآتية يشكّل أكسيدًا بالصيغة العامّة MO، ولكنّه لا يتفاعل مع الأكسجين عند درجة حرارة الغرفة؟

الليثيوم (Li) البريليوم (Be) البوتاسيوم (K) الكالسيوم (Ca)

الحل:

- بما أنّ شحنة الأكسيد هي (–2) (O^{2-})، فإنّ شحنة الفلزّ (M) يجب أن تكون (+2)، مما يجعله فلزًّا قلويًّا أرضيًا، وبالتالي نستبعد كلًّا من الليثيوم (Li) والبوتاسيوم (K).
- يتفاعل الكالسيوم (Ca) مع الأكسجين عند درجة حرارة الغرفة، ولكن البريليوم (Be) لا يتفاعل. لذا، فإنّ الفلزّ هو البريليوم (Be).

Be^{2+} — O^{2-} → Be_1O_1

النشاط الكيميائي للهالوجينات

تتميّز عناصر مجموعة الهالوجينات بأنّها شديدة النشاط الكيميائي لذلك لا توجد في الطبيعة بصورة مفردة، بل تكوّن جُزيئات ثنائية الذرّة أو مرتبطة مع عناصر أخرى . ففي الطبيعة توجد الهالوجينات في الكثير من المُركّبات كتلك التي تكوّن معجون تنظيف الأسنان، الفلوريت (CaF_2) والهاليت ($NaC\ell$) وفلوريد القصدير (SnF_2).

تتفاعل الفلزّات القلوية (M) مع الهالوجينات (X_2) لإنتاج هاليد الفلزّ القلوي. وباستخدام طريقة التقاطُع (CRISS-CROSS) تكون الصيغة الكيميائية العامّة لهذه المُركّبات هي: MX.

وتتفاعل أيونات الفلزّات القلوية الأرضية (M^{2+}) مع أيونات الهاليدات (X^-) بنسبة 2:1 لإنتاج هاليد الفلزّ القلوي الأرضي. وباستخدام طريقة التقاطُع تكون الصيغة الكيميائية العامة لهذه المُركّبات الآتية: MX_2.

يوضّح **الجدول 1-18** صيَغ هاليدات الصوديوم وهاليدات المغنيسيوم كأمثلة على ذلك.

الجدول 1-18 هاليدات الصوديوم (NaX) من المجموعة الأولى، وهاليدات المغنيسيوم (MgX_2) من المجموعة الثانية.

الهالوجين	هاليد الصوديوم	هاليد المغنيسيوم
فلور (F_2)	NaF	MgF_2
كلور ($C\ell_2$)	$NaC\ell$	$MgC\ell_2$
بروم (Br_2)	NaBr	$MgBr_2$
يود (I_2)	NaI	MgI_2

M^+ — X^- → MX_1

مثال: $2Na + C\ell_2 \rightarrow 2NaC\ell$

M^{2+} — X^- → MX_2

مثال: $Mg + C\ell_2 \rightarrow MgC\ell_2$

تكتسب الهالوجينات إلكترونًا واحدًا لتكوين أيونات شحنتها (-1) عند التفاعُل مع الفلزّات القلوية والفلزّات القلوية الأرضية.

مثال 8

اكتب الصيَغ الكيميائية للمُركّبات المُتكوّنة عندما:

a. يتفاعل الليثيوم (Li) مع الفلور (F_2).
b. يتفاعل البريليوم (Be) مع الكلور ($C\ell_2$).

الحل:

a. الليثيوم (Li) فلزّ قلوي. وعندما تتفاعل الفلزّات القلوية، فإنها تكوّن أيونات شحنتها (+1). أما الفلور فهو هالوجين. وعندما تتفاعل الهالوجينات مع الفلزّات القلوية فإنها تكوّن أيونات شحنتها (–1).
   - لذا، يتحد الليثيوم والفلور لتكوين مُركّب فلوريد الليثيوم ذي الصيغة الكيميائية: LiF

Li^+ — F^- → Li_1F_1

b. البريليوم (Be) فلزّ قلوي أرضي. وعندما تتفاعل الفلزّات القلوية الأرضية، فإنها تكوّن أيونات شحنتها (+2). أما الكلور فهو هالوجين. وعندما تتفاعل الهالوجينات مع الفلزّات القلوية الأرضية فإنها تكوّن أيونات شحنتها (–1).
   - لذا، فإنّ البريليوم يتّحد مع الكلور لتكوين مُركّب كلوريد البريليوم ذي الصيغة الكيميائية: $BeC\ell_2$

Be^{2+} — $C\ell^-$ → $Be_1C\ell_2$

نشاط b3-1 النشاط الكيميائيّ للهالوجينات

الإجابات/ عيّنة بيانات

سؤال الاستقصاء:	هل يمكن مُقارنة النشاط الكيميائيّ للهالوجينات من خلال التجربة العمليّة؟
المواد المطلوبة:	ماء الكلور (1%)، ماء البروم (1%)، محلول اليود تركيزه 0.1 M، محلول كلوريد البوتاسيوم KCℓ تركيزه 0.1 M، محلول بروميد البوتاسيوم KBr تركيزه 0.1 M، محلول يوديد البوتاسيوم KI تركيزه 0.1 M، لوح التجويفات البيضاء مع 9 تجويفات، ماصّات قطّارة، نظّارات واقية.

تمّ تصميم نشاط "توسّع" هذا لإتاحة الفرصة للطلّاب لاستنتاج تفاعُل ثلاثة هالوجينات عن طريق نشاط عمليّ.

جدول بيانات

محلول الهالوجين	التفاعُل مع		
	KCℓ(aq)	KBr(aq)	KI(aq)
$Cℓ_{2(aq)}$	NR	يظهر لون أصفر مائل للبرتقالي	يظهر لون بنّي
$Br_{2(aq)}$	NR	NR	يتغيّر اللون الأصفر المائل للبرتقالي إلى اللون البنّي
$I_{2(aq)}$	NR	NR	NR

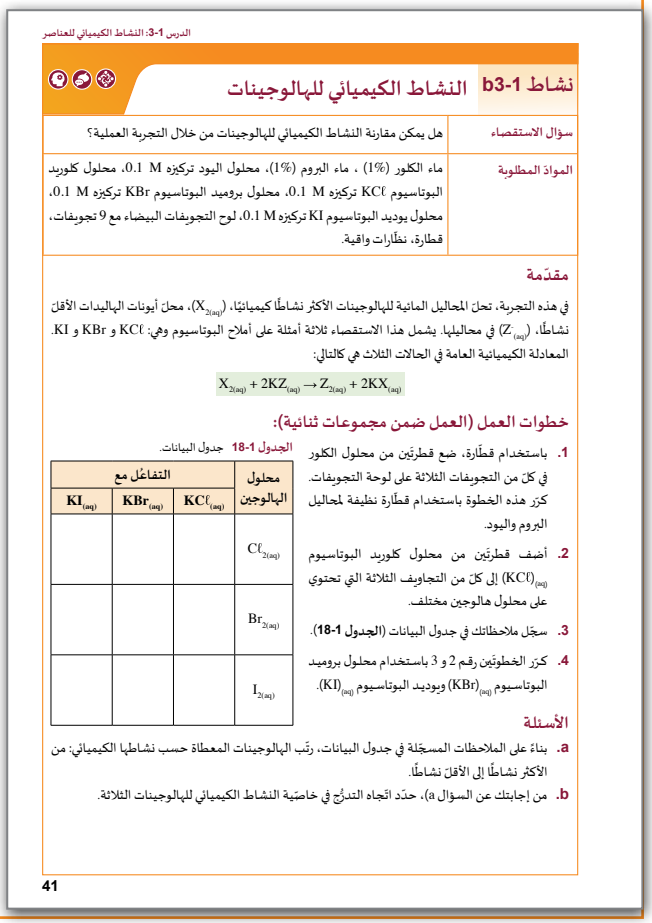
الأسئلة

a. بناء على المُلاحظات المُسجّلة في جدول البيانات، رتّب الهالوجينات المُعطاة بحسب نشاطها الكيميائيّ: من الأكثر نشاطًا إلى الأقلّ نشاطًا.

$$Cl_2 > Br_2 > I_2$$

b. من إجابتك عن السؤال a)، حدِّد اتّجاه التدرُّج في خاصِّية النشاط الكيميائيّ للهالوجينات الثلاثة.

كلّما اتّجهنا من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة السابعة عشرة (VIIA) من الكلور إلى اليود، قلّ النشاط الكيميائيّ.


الدرس 1-3: النشاط الكيميائي للعناصر

نشاط b3-1 النشاط الكيميائي للهالوجينات

سؤال الاستقصاء: هل يمكن مقارنة النشاط الكيميائي للهالوجينات من خلال التجربة العملية؟

المواد المطلوبة: ماء الكلور (1%)، ماء البروم (1%)، محلول اليود تركيزه 0.1 M، محلول كلوريد البوتاسيوم KCℓ تركيزه 0.1 M، محلول بروميد البوتاسيوم KBr تركيزه 0.1 M، محلول يوديد البوتاسيوم KI تركيزه 0.1 M، لوح التجويفات البيضاء مع 9 تجويفات، قطارة، نظّارات واقية.

مقدّمة

في هذه التجربة، تحلّ المحاليل المائية للهالوجينات الأكثر نشاطًا كيميائيًا، $(X_{2(aq)})$، محلّ أيونات الهاليدات الأقلّ نشاطًا، $(Z_{(aq)})$ في محاليلها. يشمل هذا الاستقصاء ثلاثة أمثلة على أملاح البوتاسيوم وهي: KCℓ و KBr و KI.
المعادلة الكيميائية العامة في الحالات الثلاث هي كالتالي:

$$X_{2(aq)} + 2KZ_{(aq)} \rightarrow Z_{2(aq)} + 2KX_{(aq)}$$

خطوات العمل (العمل ضمن مجموعات ثنائية):

1. باستخدام قطّارة، ضع قطرتَين من محلول الكلور في كلّ من التجويفات الثلاثة على لوحة التجويفات. كرّر هذه الخطوة باستخدام قطّارة نظيفة لمحاليل البروم واليود.
2. أضف قطرتَين من محلول كلوريد البوتاسيوم $(KCℓ)_{(aq)}$ إلى كلّ من التجاويف الثلاثة التي تحتوي على محلول هالوجين مختلف.
3. سجّل ملاحظاتك في جدول البيانات (الجدول 1-18).
4. كرّر الخطوتَين رقم 2 و 3 باستخدام محلول بروميد البوتاسيوم $(KBr)_{(aq)}$ ويوديد البوتاسيوم $(KI)_{(aq)}$.

الجدول 1-18 جدول البيانات.

محلول الهالوجين	التفاعُل مع		
	$KCℓ_{(aq)}$	$KBr_{(aq)}$	$KI_{(aq)}$
$Cℓ_{2(aq)}$			
$Br_{2(aq)}$			
$I_{2(aq)}$			

الأسئلة

a. بناءً على الملاحظات المسجّلة في جدول البيانات، رتّب الهالوجينات المعطاة حسب نشاطها الكيميائي: من الأكثر نشاطًا إلى الأقلّ نشاطًا.
b. من إجابتك عن السؤال a)، حدّد اتّجاه التدرُّج في خاصّية النشاط الكيميائي للهالوجينات الثلاثة.

41

تقويم الدّرس 1-3

الإجابات

أسئلة اختيار من متعدّد (1-3)

1. أيٌّ من العناصر الآتية يُعدّ الأكثر نشاطًا كيميائيًا؟

a. الهيدروجين.
b. الليثيوم.
c. الصوديوم.
d. البوتاسيوم.

d. البوتاسيوم.

2. أيٌّ ممّا يأتي الصيغة الكيميائية للمُركّب المتكوّن من تفاعُل الأكسجين والكالسيوم.

a. CaO_2
b. Ca_2O_3
c. Ca_2O
d. CaO

d. CaO

3. ما الصيغة العامّة الصحيحة لهيدروكسيد فلزّ قلوي أرضي؟

a. MOH
b. $M(OH)_2$
c. $M(OH)_3$
d. $M(OH)_4$

b. $M(OH)_2$

4. اكتب الصيغة الكيميائية للمُركّبَين الآتيَين:

a. كلوريد الكالسيوم

$$Ca^{2+} \quad C\ell^{-} \quad Ca C\ell_2 \longrightarrow CaC\ell_2$$

b. بروميد المغنيسيوم

$$Mg^{2+} \quad Br^{-} \quad Mg Br_2 \longrightarrow MgBr_2$$

5. يبيّن **الشكل 1-37** الشحنة العامّة التي يمكن أن تكوّنها بعض العناصر. استخدم هذا الشكل لتحدّد شحنة الأيون التي يمكن أن تكوّنها العناصر الآتية:

+1							0
H	+2	+3	±4	−3	−2	−1	He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba						

الشكل 1-37

a. الكالسيوم (Ca)

2+

b. الروبيديوم (Rb)

1+

c. الكبريت (S)

2-

d. اليود (I)

1-

تقويم الدّرس 1-3

الإجابات

6. ما عدد الإلكترونات المُكتسبة أو المفقودة عندما تشكّل ذرّة الهالوجين أيونًا؟

تكتسب الذرّة إلكترونًا واحدًا.

7. اشرح لماذا تُشكّل عناصر المجموعة الثانية (الفلزّات القلويّة الأرضية) M مُركّبات مع الهالوجينات X ذات الصيغة العامة MX_2.

تُكوّن عناصر المجموعة الثانية أيونات لها شحنة (+2). تُكوّن الهالوجينات أيونات لها شحنة (-1). ولتكوين مُركّب مُتعادل الشحنة، يلزم وجود 2 أيون من الهالوجينات (أيوني هاليد) و أيون واحد من المجموعة الثانية.

8. اكتب معادلات كيميائية موزونة للتفاعلات الآتية:

a. تفاعُل الليثيوم مع الأكسجين.

$$4\,Li_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\,Li_2O_{(s)}$$

b. تفاعُل الكالسيوم مع الماء.

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

c. تفاعُل المغنيسيوم مع الكلور .

$$Mg_{(s)} + C\ell_{2(g)} \rightarrow MgC\ell_{2(s)}$$

إعادة تدريس

اطلب إلى الطلاب الإجابة عن الأسئلة الآتية:

1. لماذا يزداد النشاط الكيميائيّ كلّما اتّجهنا من أعلى إلى أسفل عبر مجموعة الفلزّات القلويّة؟
2. لماذا يقل النشاط الكيميائيّ كلّما اتّجهنا من أعلى إلى أسفل عبر مجموعة الهالوجينات؟
3. ما المُعادلتان، اللفظيّة والكيميائيّة، للتفاعُل الذي ينتج عنه كلوريد الصوديوم؟
4. ما المُعادلتان، اللفظيّة والكيميائيّة، للتفاعُل الذي ينتج عنه يوديد البوتاسيوم؟
5. اكتُب المُعادلتَيْن اللفظيّة، والكيميائيّة الموزونة لتفاعُل فلزّ الصوديوم مع أحد العناصر الأخرى الموجودة في المجموعة السابعة عشرة (VII A)؟

إثراء

اطلب إلى الطلاب العمل على الآتي:

1. ما المُعادلتان، اللفظيّة والكيميائيّة، للتفاعُل الذي يحدث بين فلزّ الصوديوم والماء.
2. اكتب المُعادلتَين، اللفظيّة والكيميائيّة، للتفاعُل الذي يحدث بين فلزّ الليثيوم والأكسجين.
3. ما المُعادلتان، اللفظيّة والكيميائيّة، للتفاعُل الذي يحدث بين فلزّ الكالسيوم والماء.
4. أجرِ بحثًا عن الاستخدامات الأخرى للهالوجينات التي لم يتمّ ذكرها في كتاب الطالب.

ملاحظات

أسئلة اختيار من متعدّد

1. أيٌّ من العبارات الآتية تصف بشكل صحيح التغيُّر في نصف القطر الذرّي؟
   a. يزداد عبر الدورة ويزداد عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.
   b. يزداد عبر الدورة ويقلّ عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.
   c. يقلّ عبر الدورة ويقلّ عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.
   d. يقلّ عبر الدورة ويزداد عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.
   d. يقلّ عبر الدورة ويزداد عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.

2. أيٌّ من العبارات الآتية صحيحة؟
   a. تزداد الخصائص اللافلزّية بالاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتزداد بالاتّجاه من أعلى إلى أسفل المجموعة.
   b. تقلّ الخصائص اللافلزّية بالاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتزداد بالاتّجاه من أعلى إلى أسفل المجموعة.
   c. تزداد الخصائص اللافلزّية بالاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتقلّ بالاتّجاه من أعلى إلى أسفل المجموعة.
   d. تقلّ الخصائص اللافلزّية بالاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتقلّ بالاتّجاه من أعلى إلى أسفل المجموعة.
   c. تزداد الخصائص اللافلزّية بالاتّجاه من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتقلّ بالاتّجاه من أعلى إلى أسفل المجموعة.

3. أيٌّ من العناصر الآتية هي الأقلّ نشاطًا كيميائيًّا؟
   a. الكالسيوم (Ca)
   b. السترونشيوم (Sr)
   c. البوتاسيوم (K)
   d. الروبيديوم (Rb)
   a. الكالسيوم (Ca).

4. أيٌّ من العناصر الآتية يعتبر الفلزّ الأنشط كيميائيًّا ؟

a. الليثيوم (Li)
b. المغنيسيوم (Mg)
c. الصوديوم (Na)
c. الصوديوم (Na).
d. الفضة (Ag)

5. ما أرقام المجموعات الدالة على مجموعات الفلزّات القلويّة الأرضية والهالوجينات؟

a. 1 و 2 على التوالي
b. 1 و 17 على التوالي
c. 2 و 17 على التوالي
c. 2 و 17 على التوالي
d. 2 و 18 على التوالي

6. أين تقع الفلزّات الأكثر نشاطًا كيميائيًّا في الجدول الدوري؟

a. أعلى يسار الجدول الدوري
b. أعلى يمين الجدول الدوري
c. أسفل يسار الجدول الدوري
d. أسفل يمين الجدول الدوري
c. في أسفل يسار الجدول الدوري

7. ما صيغة المُركّب الذي يتكوّن عندما يتفاعل الصوديوم (Na) مع الأكسجين الجوي؟

a. NaO
b. Na_2O
c. NaO_3
d. Na_2O_3
b. Na_2O

8. أيٌّ ممّا يأتي يصف الغازات النبيلة بشكل صحيح؟

a. درجات انصهارها منخفضة وهي رديئة التوصيل للكهرباء.
b. درجات انصهارها مرتفعة وهي رديئة التوصيل للكهرباء.
c. درجات انصهارها منخفضة وهي موصّلة جيدة للكهرباء.
d. درجات انصهارها مرتفعة وهي موصّلة جيدة للكهرباء.
a. درجات انصهارها منخفضة وهي رديئة التوصيل للكهرباء.

9. ماذا يحدث عندما يكوّن عنصر الفلور (F) أيونًا؟

a. يفقد إلكترونًا ويكبر نصف قطره.
b. يكتسب إلكترونًا ويكبر نصف قطره.
c. يفقد إلكترونًا ويصغر نصف قطره.
d. يكتسب إلكترونًا ويصغر نصف قطره.
b. يكتسب إلكترونًا ويكبر نصف قطره.

10. ما صيَغ المُركّبات المتكوّنة عندما يتفاعل الكلور (Cℓ) مع كلّ من الكالسيوم (Ca) والروبيديوم (Rb)؟

a. $CaC\ell$ و $RbC\ell$

b. $CaC\ell_2$ و $RbC\ell$

c. $CaC\ell$ و $RbC\ell_2$

d. $Ca_2C\ell$ و $RbC\ell_2$

b. **$CaC\ell_2$ و $RbC\ell$**

11. أيٌّ من العبارات الآتية تصحّ على مجموعة الغازات النبيلة (المجموعة 18) (VIIIA)؟

a. شديدة النشاط الكيميائي وتزداد هذه الصفة عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.

b. شديدة النشاط الكيميائي وتتناقص هذه الصفة عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.

c. خاملة للغايّة ويزداد نشاطها الكيميائي عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.

d. خاملة للغايّة ويقلّ نشاطها الكيميائي عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.

c. **خاملة للغاية، ويزداد نشاطها الكيميائي عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة.**

أسئلة ذات إجابات قصيرة

الدرس 1-1: الجدول الدوري للعناصر

12. ما اسم العنصر الذي يقع في الدورة 4 و المجموعة 5 (VB) في الجدول الدوري؟

فناديوم (V).

13. المعطى النظيران Te-130 و I-127

a. أيٌّ من النظيرَين يرد أوّلًا في الجدول الدوري الحديث؟

Te-130.

b. أيٌّ من هذَين النظيرَين لديه كتلة ذرّية أكبر؟

Te-130.

14. لعنصر الكربون ثلاثة نظائر:

a. ما هي هذه النظائر الثلاثة؟

كربون -12، كربون -13، كربون -14.

b. بمَ تتشابه هذه النظائر الثلاثة وبمَ تختلف؟

عدد البروتونات والإلكترونات هو نفسه، ولكن عدد النيوترونات يختلف. كما تتشابه في العدد الذري و تختلف في العدد الكتلي. كذلك تتشابه في الخصائص الكيميائية وتختلف في الخصائص الفيزيائية.

15. أيّة دورة في الجدول الدوري تحتوي على سلسلة عناصر اللانثانيدات؟
الدورة 6.

16. أيّة مجموعة من مجموعات العناصر الرئيسة تحتوي وفق نظرية بور للتوزيع الإلكتروني على 3 إلكترونات في مستوى الطاقة الرئيس الخارجي؟
المجموعة الثالثة عشرة (IIIA).

17. في أيّ جهة من الجدول الدوري توجد العناصر ذات الخصائص اللافلزّية الأعلى؟
أعلى يمين الجدول الدوري (عدا عناصر المجموعة 18).

18. أيُّ عنصر في الدورة 3 يُعدّ شبه فلزّ؟
سيليكون (Si).

19. باستخدام توزيع بور الإلكتروني، ما أوجه الاختلاف بين الهيليوم (He) وعناصر المجموعة 18 (VIIIA) الأخرى، والتي تُسمّى الغازات النبيلة؟
تحتوي ذرّة الهيليوم على إلكترونَيْن اثنَين فقط بدلًا من ثمانية إلكترونات في مستوى الطاقة الرئيس الخارجي لعناصر المجموعة 18.

20. حدّد العناصر التي لديها توزيعات بور الإلكترونية الآتية :

a. 2,3
بورون.

b. 2,8,2
مغنيسيوم.

c. 2,8,18,7
بروم.

21. ما التصنيف الذي يحتوي على أكبر عدد من عناصر الجدول الدوري: الفلزّات أم اللافلزّات أم أشباه الفلزّات؟
الفلزّات.

22. اكتب توزيع بور الإلكتروني للعناصر الآتية:

a. الكالسيوم (Ca)

2,8,8,2

b. الفوسفور (P)

2,8,5

c. الكلور (Cℓ)

2,8,7

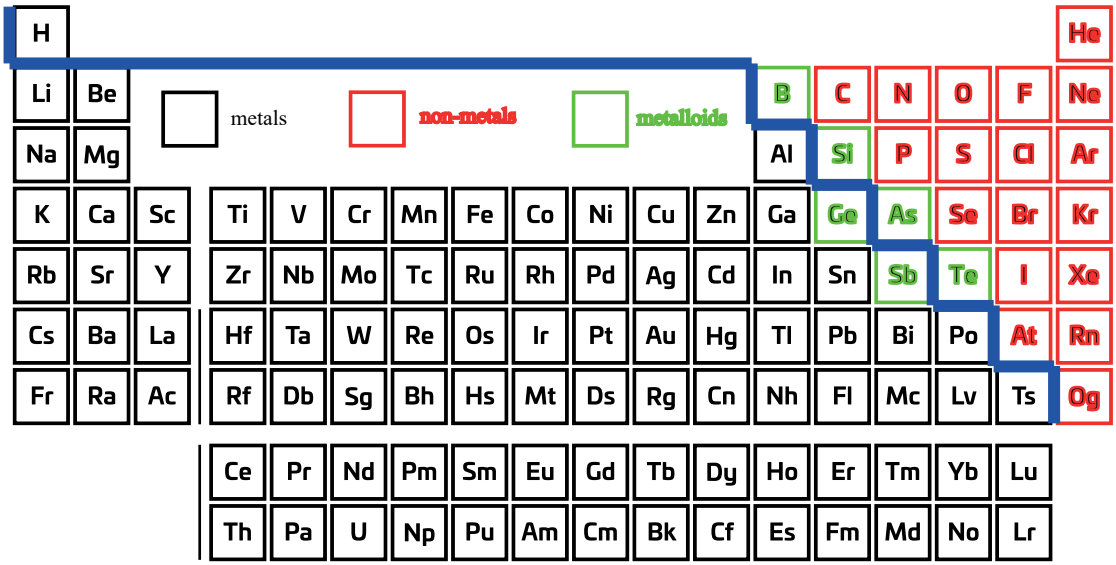
d. أرجون (Ar)

2,8,8

23. ما عدد الإلكترونات التي تشغل مستوى الطاقة الرئيس الخارجي لعناصر المجموعة الأولى (IA)؟

إلكترون واحد.

24. * ارسم الخطوط العريضة للجدول الدوري مع خطوط تبيّن المجموعات والدورات، ارسم بألوان مختلفة الخطّ المتدرّج الذي يفصل الفلزّات عن اللافلزّات.



25. ** ابحث ثم ناقش مع زميلك في الصف الأشكال البديلة للجدول الدوري الحديث.

قد يجد الطالب عدّة أشكال بديلة للجدول الدوري في أثناء بحثه. ومن الأمثلة عليها: الشكل الدائري من الجدول الدوري؛ الشكل الهرمي الرباعي ذو الأبعاد الثلاثة؛ الشكل ذو الأبعاد الثلاثة حيث تُمثّل أسطوانة عناصر المجموعات الرئيسة، وله لفّتان تُمثّل إحداهما العناصر الانتقالية وعناصر المجموعة 12، والأخرى تُمثّل مجموعة عناصر اللانثانيدات والأكتينيدات.

الدرس 1-2: تدرُّج الخواص الدورية للعناصر

26. هل يزداد نصف القطر أم يقلّ عندما تشكّل الذرّات الآتية أيونات؟

a. المغنيسيوم

يقلّ.

b. الصوديوم

يقلّ.

c. اليود

يزداد.

27. أية ذرّة تكون إلكتروناتها في مستوى الطاقة الرئيس الأوّل الأقرب من النواة : الكلور أم البروم؟ فسّر إجابتك.

ذرّة البروم، لأنّ لها شُحنة نوويّة أكبر (+35) من الشُحنة النووية للكلور (+17).

28. عند الاتّجاه إلى أسفل المجموعة الأولى (IA) ، كيف تتدرَّج قيَم نصف القطر الذرّي للفلزّات القلويّة؟

يزداد نصف القطر الذرّي.

29.* عندما تكوّن الفلزّات القلويّة أيونات، فهل تكتسب الكترونات أم تفقدها؟ ما عدد هذه الإلكترونات؟ هل يزداد نصف قطرها الأيوني أم يقلّ؟

تفقد الذرّات إلكترونات؛ تفقد إلكترونًا واحدًا؛ يقلّ نصف قطرها الأيوني.

30. أيّ فلزّ قلوي له أعلى درجة انصهار؟

الليثيوم (Li).

31. ما عدد الإلكترونات المفقودة عندما تشكّل ذرّة فلزّ قلوي أرضي من المجموعة 2 (IIA) أيونًا؟

إلكترونان إثنان.

32.* قارن بين التوصيل الكهربائي لعناصر المجموعات 1 و 2 و 17 و 18. ثم حدّد التدرُّج في هذه الخاصّية من اليسار إلى اليمين. هل يتّفق هذا التدرُّج مع تدرُّج تغيّر الخصائص الفلزّية عبر دورة ما؟

يزداد التوصيل الكهربائي من اليسار الى اليمين حتّى عناصر المجموعة 13 بسبب زيادة عدد الإلكترونات الحرّة بما يخالف الانخفاض في الخاصية الفلزية.

ثمّ يقلّ التوصيل الكهربائي من المجموعة الرابعة عشر بما يتوافق مع نقص الصفة الفلزية وزيادة الصفة اللافلزية خلال الدورة الواحدة.

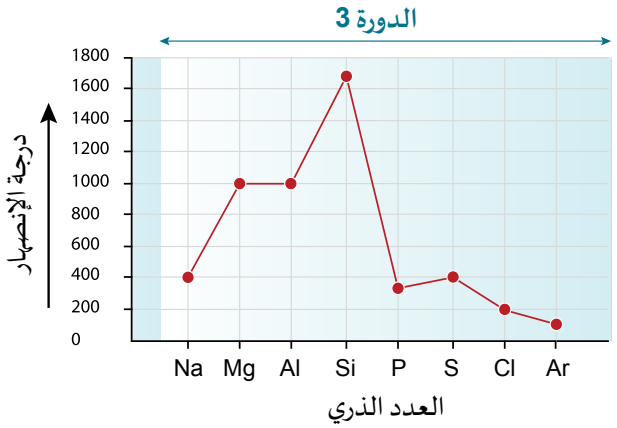
33. ما عدد الإلكترونات التي تشغل مستوى الطاقة الرئيس الخارجي في ذرّات عناصر المجموعة السابعة عشرة (VIIA) الهالوجينات؟

7 إلكترونات.

34. هل تُعدّ عناصر الهالوجينات في المجموعة السابعة عشرة (VIIA) جيّدة التوصيل للكهرباء أم رديئة التوصيل؟

رديئة التوصيل للكهرباء.

استخدم الرسم البياني الآتي للإجابة عن الأسئلة من 35 إلى 38.



35. إلى أي مجموعة ينتمي العنصر الذي له أقلّ درجة انصهار حسب الرسم البياني؟

المجموعة 18، الغازات النبيلة وهو الغاز النبيل الأرجون Ar.

36. أي عنصر لديه أعلى درجة انصهار؟

السيليكون Si.

37. أي عنصر مبيّن على الرسم البياني هو من أشباه الفلزّات؟

السيليكون Si.

38. أي عناصر مبيّنة على الرسم البياني هي من اللافلزّات؟

الفسفور P، الكبريت S، الكلور Cℓ.

الدرس 1-3: النشاط الكيميائي للعناصر

39. ما الخاصّية التي تتمتّع بها الفلزّات (النحاس والفضة والذهب) والتي تجعلها فلزّات مرغوبة لصنع العملات؟

هذه الفلزّات مُقاوِمة للتآكل، وهي تتميّز بنشاط كيميائي منخفض نسبيًّا مُقارنةً ببقيّة الفلزّات.

40. أيُّ عنصرَين في المجموعة الثانية (IIA) من الفلزّات القلويّة الأرضية لا يتفاعلان مع الماء عند درجة حرارة الغرفة؟

البريليوم (Be) والمغنيسيوم (Mg).

41. ما الغاز الناتج عن تفاعُل فلزّ الكالسيوم (Ca) مع الماء؟

غاز الهيدروجين ($H_{2(g)}$).

42. ما نسبة الباريوم إلى الأكسجين في المُركّب المتكوّن عندما يتفاعل الباريوم (Ba) مع الأكسجين الجوّي؟

1:1.

*43. ما الصيَغ الكيميائية لنواتج تفاعُل فلزّ البوتاسيوم (K) مع الماء؟

KOH و H_2.

44. اكتب الصيغة الكيميائية للمركّب الناتج عن تفاعُل الصوديوم (Na) واليود (I) .

NaI.

45. هل لمجموعة الهالوجينات المجموعة السابعة عشرة (VIIA) درجات انصهار أعلى أو أدنى من مجموعة الغازات النبيلة المجموعة الثامنة عشرة (VIIIA)؟

درجات انصهار أعلى.

46. اشرح، من حيث التوزيع الإلكتروني، السبب الذي يجعل الغازات النبيلة غير نشِطة كيميائيًّا .

تتميّز الغازات النبيلة الأثقل من الهيليوم بوجود ثمانية إلكترونات تكافؤ في مستوى الطاقة الرئيس الخارجي. ويتميّز الهيليوم بمُستوى طاقة خارجي مُكتمل بوجود إلكترونين. وبالتالي، فإنّ جميع عناصر المجموعة الثامنة عشرة مستقرّة كيميائيًّا.

*47. ابحث عن صيَغ مُركّبات غازات نبيلة واكتب ست صيَغ لهذه المُركّبات. ما الهالوجين الذي يشترك فيه الكثير منها؟

قد تتضمّن الأمثلة: XeF_2؛ XeF_4؛ XeF_6؛ XeO_2؛ XeO_3؛ XeO_4؛ $XeOF_2$؛ $XeOF_4$؛ XeO_2F_2؛ XeO_3F_4. يجب على الطالب أن يُلاحظ أنّ مُعظم المُركّبات تشترك في احتوائها على الفلور.

48. أي فلزّ قلوي أرضي هو الأقل نشاطًا كيميائيًّا؟

البريليوم (Be).

*49. قارن بين النشاط الكيميائي والخصائص الفلزّية (درجة الانصهار، التوصيل الكهربائي) للسترونشيوم (Sr) والباريوم (Ba).

يتّصف السترونشيوم بنشاط أقلّ مُقارنةً بالباريوم، أمّا خصائصه الفلزّية فهي أقلّ من تلك التي لعنصر الباريوم.

أوراق عمل

الاسم ..... التاريخ .....

W1.1 تنظيم الجدول الدوري

سؤال الاستقصاء	هل بإمكانك تنظيم جدول دوري وفق أسلوب مندليف؟
الموادّ المطلوبة	ورقة العمل 1-1

خلفيّة الموضوع

صمّم العالم الروسي ديمتري مندليف أوّل جدول دوري مفيد للعناصر، ونشره في العام 1869. ولكن العناصر المعروفة في ذلك الوقت كانت تبلغ نصف العناصر المعروفة اليوم تقريبًا. وعندما رتّب مندليف العناصر وفق الكتلة الذرّية، لاحظ أنّ هناك خصائص أخرى تُظهر نمطًا دوريًّا. وعلى عكس العلماء الذين حاولوا في وقت سابق تنظيم العناصر، فقد حاول مندليف عدم وضع العناصر في مجموعات لا تنتمي إليها، فترك فراغات في جدوله الدوري للعناصر غير المكتشفة التي رأى أنها ستشغل هذه الفراغات في وقت لاحق. وبناءً على خصائص العناصر المحيطة بتلك المساحات الفارغة، استطاع مندليف توقُّع الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعناصر غير المكتشفة في ذلك الوقت. وقد أُجريَت تعديلات كثيرة على الجدول الدوري الذي وضعه مندليف منذ نشْرِه.

الخطوات

1. باستخدام الكتل الذرّية والبيانات المعطاة كدليل، حدّد العناصر التي تنتمي إلى الخانات الفارغة في النموذج (I). ستبقى ثلاث خانات فارغة.
2. باستخدام الكتل الذرّية للعناصر الموجودة حول الخانات الفارغة الثلاث، توقّع الكتل الذرّية للعناصر الثلاثة المفقودة وسجّل توقّعاتك على النموذج (I).
3. باستخدام ورقة البيانات، املأ النموذجَين الآخرَيْن على ورقة العمل واضعًا بيانات الكثافة على نموذج (II)، وبيانات درجة الانصهار على النموذج الآخر (III).
4. قارن بين كثافة العناصر في المجموعات الخامسة (V) والسادسة (VI) والسابعة (VII) ودرجات انصهارها. حدّد في كلّ مجموعة العنصر الذي يبدو أنه لا ينتمي إليها؟ هل تنتمي هذه العناصر إلى مجموعات مختلفة في الجدول الدوري الحديث؟ إذا كان الأمر كذلك، فما هي المجموعات التي تنتمي إليها هذه العناصر الآن؟

الاسم ..... التاريخ .....

بيانات عن الذرّات

اسم العنصر	رمز العنصر	الكتلة الذرّية التقريبيّة (amu)	الكثافة (g/cm^3)	درجة الانصهار (°C)
هيدروجين	H	1	0.000090	–259
ليثيوم	Li	7	0.53	181
بريليوم	Be	9	1.85	1287
بورون	B	11	2.34	2300
كربون	C	12	2.10	3500
نيتروجين	N	14	0.0013	–210
أكسجين	O	16	0.0014	–223
فلور	F	19	0.0017	–220
صوديوم	Na	23	0.97	98
مغنيسيوم	Mg	24	1.74	649
ألومنيوم	Aℓ	27.3	2.70	660
سيليكون	Si	28	2.33	1410
فوسفور	P	31	1.82	44
كبريت	S	32	2.07	115
كلور	Cℓ	35.5	0.0032	–101
بوتاسيوم	K	39	0.86	63
كالسيوم	Ca	40	1.57	839
تيتانيوم	Ti	48	4.54	1660
فناديوم	V	51	6.11	1902
كروم	Cr	52	7.19	1857
منجنيز	Mn	55	7.43	1244
حديد	Fe	56	7.87	1535
كوبالت	Co	59	8.90	1495
نيكل	Ni	59	8.91	1453
نحاس	Cu	63	8.96	1085

الاسم ..... **التاريخ** .....

اسم العنصر	رمز العنصر	الكتلة الذرّية التقريبيّة (amu)	الكثافة (g/cm^3)	درجة الانصهار (°C)
خارصين	Zn	65	7.13	420
زرنيخ	As	75	5.72	808
سيلينيوم	Se	78	4.79	221
بروم	Br	80	3.12	–7
عناصر غير معروفة				
سكانديوم	Sc	44	2.99	1539
جاليوم	Ga	68	5.90	30
جرمانيوم	Ge	72	5.32	937

النموذج I الكتل الذرّية لبعض عناصر الجدول الدوري

الصفّ	المجموعة (I)	المجموعة (II)	المجموعة (III)	المجموعة (IV)	المجموعة (V)	المجموعة (VI)	المجموعة (VII)	المجموعة (VIII)
1	H = 1							
2	Li = 7						F = 19	
3			Al = 27.3			S = 32		
4		Ca = 40		Ti = 48			Mn = 55	Fe = 56 Co = 59 Ni = 59 Cu = 63
5		Zn = 65			As = 75		Br = 80	

النموذج II كثافة بعض العناصر في الجدول الدوري

الصفّ	المجموعة (I)	المجموعة (II)	المجموعة (III)	المجموعة (IV)	المجموعة (V)	المجموعة (VI)	المجموعة (VII)	المجموعة (VIII)
1								
2								
3								
4								
5								

النموذج III درجة انصهار بعض العناصر في الجدول الدوري

الصفّ	المجموعة (I)	المجموعة (II)	المجموعة (III)	المجموعة (IV)	المجموعة (V)	المجموعة (VI)	المجموعة (VII)	المجموعة (VIII)
1								
2								
3								
4								
5								

الاسم ..... التاريخ .....

ورقة العمل a1-1 توزيع بور الإلكتروني والجدول الدوري

سؤال الاستقصاء	ما العلاقة بين التوزيع الإلكتروني وموقع العنصر في الجدول الدوري؟
الموادّ المطلوبة	ورقة العمل a1-1

خلفيّة الموضوع

إنّ العلاقة بين العدد الذري وخصائص العناصر تكمن في الإلكترونات. يُمثّل العدد الذرّي عدد البروتونات، وتحتوي الذرّة على عدد إلكترونات يساوي عدد البروتونات. والإلكترونات التي تملأ مستوى الطاقة الأخير هي التي تُحدّد خصائص الذرّة. إنّ تمثيل بور الإلكتروني للذرّة يُعطينا عدد الإلكترونات في كلّ مستوى طاقة رئيس.

- يتّسع مستوى الطاقة الأوّل (مدار بور الأوّل) لإلكترونَيْن.
- يتّسع مستوى الطاقة الثاني (مدار بور الثاني) لثمانية إلكترونات.
- يتّسع مستوى الطاقة الثالث (مدار بور الثالث) لثمانية إلكترونات وحدّ أقصى 18 عندما يزيد العدد الذرّي عن 20.
- يتّسع مستوى الطاقة الرابع (مدار بور الرابع) لثمانية عشر إلكترونًا (أو 32 إلكترونًا في الذرات التي يزيد عددها الذرّي عن 38).

الخطوات

اكتب التوزيع الالكتروني المفقود للعناصر في الدورات الثلاث الأولى لتُكمل الجدول.

المجموعة 1	المجموعة 2	المجموعة 13	المجموعة 14	المجموعة 15	المجموعة 16	المجموعة 17	المجموعة 18
1 H							**2** He
1							2
3 Li	**4** Be	**5** B	**6** C	**7** N	**8** O	**9** F	**10** Ne
				2, 5			
11 Na	**12** Mg	**13** Aℓ	**14** Si	**15** P	**16** S	**17** Cℓ	**18** Ar
	2, 8, 2						

الاسم ..... **التاريخ** .....

الأسئلة

a. يُسمّى عدد الإلكترونات في مستوى الطاقة الخارجيّ الأخير بإلكترونات التكافؤ. قارن بين إلكترونات التكافؤ لعناصر المجموعة الأولى وعناصر المجموعة الثانية.

.....

.....

.....

b. ما العلاقة بين عدد مستويات الطاقة الرئيسة ورقم الدورة التي ينتمي إليها العنصر؟

.....

.....

.....

c. ماذا تُلاحظ على التوزيعات الإلكترونية لعناصر المجموعة الثامنة عشرة؟

.....

.....

.....

d. ما العناصر التي تحتوي على أربعة إلكترونات في مستوى طاقتها الخارجيّ الأخير؟ أيٌّ من هذه العناصر يُعدّ أساسيًّا لأشكال الحياة جميعها؟

.....

.....

.....

e. ما العنصر الذي ينتمي إلى الدورة الثانية والمجموعة السادسة عشرة؟

.....

.....

.....

الاسم ..... التاريخ .....

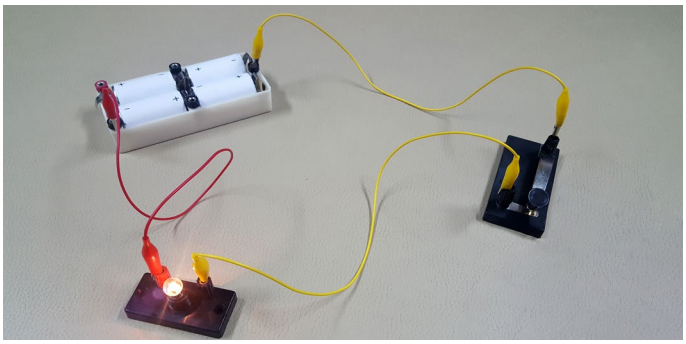
ورقة العمل b1-1 الفلزّات واللافلزّات

سؤال الاستقصاء	ما الخصائص المميّزة للفلزّات واللافلزّات؟
الموادّ المطلوبة	الموادّ المطلوبة: مواد مختارة من الفلزّات واللافلزّات، مثل: مسامير حديدية، ورق ألومنيوم، سلك نحاس، شمع، كبريت، قلم رصاص (جرافيت)، بطّارية جافّة 1.5 V، أسلاك كهربائيّة مع ملاقط تمساح، مصباح كهربائي 1.5 V، مطرقة، ورقة العمل b1-1.

خلفيّة الموضوع

تتّصف الفلزّات بأنّها لامعة وقابلة للطرق وللسحب ويُمكنها توصيل الكهرباء. يتيح هذا النشاط للطالب أن يلاحظ الفرق بين الفلزّات واللافلزّات من خلال إنجاز بعض المهامّ البسيطة. يسجّل الطالب بعد ذلك النتائج في الجدول الذي بين يديه.

الخطوات



1. اختبر التوصيل الكهربائي عبر بناء دائرة كهربائية باستخدام كلّ مادّة من المواد المختلفة، كما هو موضّح في المخطّط المقابل. سجّل ما إذا كان المصباح قد أضاء، واكتب وصفًا للمادّة التي يتكوّن منها الجسم.
2. اختبر قابلية السحب من خلال ثَنْي الجسم. إذا كان الجسم يتميّز بقابلية السحب، فسينثني من دون أن ينكسر ويحافظ على شكله المنحني. أمّا المادّة الهشّة فستنكسر.
3. استخدم المطرقة لطرق القطع السابقة ولاحظ قابليتها للطرق. سجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.

الاسم ..... **التاريخ** .....

المادة	التوصيل الكهربائي (نعم/لا)	قابلية الطرق (مرتفعة/ منخفضة)	اللمعان (نعم/لا)	الحالة الفيزيائية (صلب، سائل، غاز)	التصنيف فلزّ/لافلزّ

الأسئلة

a. ما الخصائص المُميّزة للفلزّات؟

.....

.....

.....

.....

.....

b. ما الخصائص المُميّزة للّافلزّات؟

.....

.....

.....

.....

.....

c. هل يُمكنك تحديد عنصر لافلزّي لديه خصائص استثنائية مختلفة عن الخصائص العامة للّافلزّات؟ اشرح هذا الاستثناء.

.....

.....

.....

.....

.....

الاسم ..... التاريخ .....

ورقة العمل 1-a3 النشاط الكيميائي للفلزّات

سؤال الاستقصاء	هل يمكن مقارنة النشاط الكيميائي للفلزّات من خلال التجربة العملية؟
الموادّ المطلوبة	كمّيات موزونة بقيمة 2 g من الفلزّات الآتية: Cu، Na، Mg، Ni، Aℓ، Zn؛ محلول حمض الهيدروكلوريك HCℓ تركيزه (1 M)؛ (6) أنابيب اختبار (150 mm × 20 mm)؛ حامل أنابيب اختبار؛ ساعة توقيت؛ نظارات واقية.

خلفيّة الموضوع

تتفاعل الفلزّات النشطة (M) مع حمض الهيدروكلوريك ($HC\ell_{(aq)}$)، لإنتاج محلول كلوريد الفلزّ، $MC\ell_{x(aq)}$، وغاز الهيدروجين $H_{2(g)}$: بحسب المعادلة الكيميائية الآتية:

$$M_{(s)} + y\ HC\ell_{(aq)} \rightarrow MC\ell_{x(aq)} + H_{2(g)}$$

الخطوات

1. املأ 6 أنابيب اختبار ب 5 mL تقريبًا من محلول حمض الهيدروكلوريك HCℓ تركيزه 1 M.
2. أضف، في الوقت نفسه، كمّيات 2 g التي تمّ قياسها مسبقًا من كلّ فلزّ إلى أنابيب الاختبار وابدأ على الفور بتشغيل ساعة التوقيت.
3. راقب التفاعُلات بعناية. سيكون بعضها سريعًا جدًّا. وقد يحتاج تفاعُل بعضها الآخر إلى ما يُقارب 20 دقيقة. ستُنتج بعض التفاعُلات تغييرًا في لون المحلول.
4. سجّل ترتيب نشاط تفاعُل الفلزّات في جدول البيانات، من الأكثر تفاعُلًا إلى الأقلّ تفاعُلًا.
5. إذا لم يُلاحظ أيُّ تفاعُل بعد 10 دقائق، سجّل NR (لا يوجد تفاعُل) في جدول البيانات.

الاسم ..... **التاريخ** .....

العنصر (M)	ترتيب العناصر من حيث نشاطها الكيميائي: [الأكثر نشاطًا = 1؛ التالي في النشاط = 2 ... وهكذا.] سجّل NR للدلالة على عدم حدوث تفاعُل.
نحاس (Cu)	
صوديوم (Na)	
مغنيسيوم (Mg)	
نيكل (Ni)	
ألومنيوم (Al)	
خارصين (Zn)	

الأسئلة

a. ما الفلزّ الأكثر نشاطًا كيميائيًّا؟ وما الفلزّ الأقلّ نشاطًا كيميائيًّا؟

.....

.....

.....

b. إلى أيّة مجموعات في الجدول الدوري تنتمي هذه الفلزّات؟

.....

.....

.....

c. هل كان بإمكانك توقّع الفلزّات الأكثر نشاطًا كيميائيًّا والأقلّ نشاطًا كيميائيًّا قبل بدء التجربة؟ قدّم تفسيرًا لإجابتك.

.....

.....

.....

الاسم ..... التاريخ .....

ورقة العمل b3-1 النشاط الكيميائي للهالوجينات

سؤال الاستقصاء	هل يمكن مقارنة النشاط الكيميائي للهالوجينات من خلال التجربة العملية؟
الموادّ المطلوبة	ماء الكلور (1 %)، ماء البروم (1 %)، محلول اليود تركيزه 0.1 M، محلول كلوريد البوتاسيوم $KC\ell$ تركيزه 0.1 M، محلول بروميد البوتاسيوم KBr تركيزه 0.1 M، محلول يوديد البوتاسيوم KI تركيزه 0.1 M، لوح التجويفات البيضاء مع 9 تجويفات، ماصّات قطّارة، نظّارات واقية.

خلفية الموضوع

في هذه التجربة، تحلّ الهالوجينات الأكثر نشاطًا كيميائيًّا، $X_{2(aq)}$ محلّ أيونات الهاليدات الأقلّ نشاطًا: $Z^-_{(aq)}$. يشمل هذا الاستقصاء ثلاثة أمثلة على أملاح البوتاسيوم، وهي: $KC\ell$ وKBr وKI.

المعادلة الكيميائية العامة في الحالات الثلاث هي كالآتي:

$$X_{2(aq)} + 2KZ_{(aq)} \rightarrow Z_{2(aq)} + 2KX_{(aq)}$$

الخطوات

1. باستخدام قطّارة ماصّة، ضع قطرتَين من محلول الكلور في كلّ من التجويفات الثلاثة على لوحة التجويفات. كرّر هذه الخطوة باستخدام قطّارات ماصّة نظيفة لمحاليل البروم واليود.
2. أضف قطرتَين من محلول كلوريد البوتاسيوم ($KC\ell_{(aq)}$) إلى كلّ من التجاويف الثلاثة التي تحتوي على محلول هالوجين مختلف.
3. سجّل ملاحظاتك في جدول البيانات التالي.
4. كرّر الخطوتَين رقم 2 و 3 باستخدام محلول بروميد البوتاسيوم $KBr_{(aq)}$ ويوديد البوتاسيوم $KI_{(aq)}$.

محلول الهالوجين	التفاعُل مع		
	$KC\ell_{(aq)}$	$KBr_{(aq)}$	$KI_{(aq)}$
$C\ell_{2(aq)}$			
$Br_{2(aq)}$			
$I_{2(aq)}$			

الاسم ..... **التاريخ** .....

الأسئلة

a. بناءً على الملاحظات المسجّلة في جدول البيانات، رتّب الهالوجينات المعطاة بحسب نشاطها الكيميائي: من الأكثر نشاطًا إلى الأقلّ نشاطًا؟

.....

.....

.....

b. من إجابتك عن السؤال (a)، حدّد اتّجاه التدرُّج في خاصّية النشاط الكيميائي للهالوجينات الثلاثة.

.....

.....

.....

الوحدة 2 مفهوم المول والحسابات الكيميائية

مقدّمة الوحدة

تناقش هذه الوحدة التطبيق الكمّي للكيمياء والذي يُسمّى الحسابات الكيميائية.

C1001 يُجري حسابات على كميات المواد المتفاعلة، ويشمل ذلك المواد الصلبة والسائلة والغازات والمحاليل.

الدرس 2-1 كتلة الذرّات والمركّبات الكيميائية

- كتلة الجزيئات
- الذرّات
- العدد الذرّي (Z) والعدد الكتلي (A)
- النظائر والكتلة النظائرية
- الكتلة الذرّية النسبية، (m_r)، للعنصر
- الكتلة الجزيئية النسبية، (M_r)
- كتلة الصيغة النسبية (M_r)
- النسبة المئوية لكتلة العنصر في المركّب

الدرس 2-2 المعادلات الكيميائية

- حفظ الكتلة أثناء حدوث التفاعلات الكيميائية
- كتابة الصيغ الكيميائية
- المعادلات الكيميائية
- موازنة المعادلات الكيميائية
- تقنيات إضافية لموازنة المعادلات الكيميائية
- المعادلات الأيونية
- موازنة المعادلات الأيونية
- نشاط: موازنة المعادلات الكيميائية

الدرس 2-3 الحسابات الكيميائية

- العلاقة بين الكتلة وعدد الذرّات
- المول وعدد أفوجادرو، N_A
- الكتلة المولية
- الحسابات باستخدام الكتلة المولية
- الحجم المولي (V_m)
- الحسابات الكيميائية
- نشاط: الحسابات الكيميائية
- المولارية (M)
- تحضير المحاليل
- حساب كتل المحاليل وحجومها
- نشاط: تحضير المحاليل القياسية

الوحدة 2: 5E

5E	النتاجات
يندمج	الدرس 2-1: كتلة الجزيئات.
	الدرس 2-2: حفظ الكتلة أثناء حدوث التفاعلات الكيميائية.
	الدرس 2-3: العلاقة بين الكتلة وعدد الذرّات.
يستكشف	الدرس 2-1: يستخدم العلماء الذين يقومون ببناء النماذج الجُزيئية كرات خضراء اللون لتمثيل كلّ من الفلور والكلور. وضّح لماذا يُعدّ ذلك اختيارًا منطقيًّا؟
	الدرس 2-1: ابحث في سبب اعتماد ذرّة الكربون-12 من قبل العلماء كمقياس لوحدة الكتلة الذرّية.
	الدرس 2-2: ناقش: هل يمكن أن تحتوي معادلة كيميائية على أنواع من العناصر في طرف المواد الناتجة تكون مختلفة عمّا هي عليه في طرف المواد المُتفاعلة؟
	الدرس 2-2: نفّذ هذا التفاعُل في أنبوب اختبار صغير باستخدام 5 نقاط من كلّ مادة مُتفاعلة. هل يمكنك مشاهدة أيّ دليل على تكوُّن مركّب $AgC\ell$ الصلب؟
	الدرس 2-2: من المفيد جدًّا استخدام النماذج الجُزيئية لتمثيل معادلة كيميائية كالتي تمّت موازنتها في المثال 18. صمّم نموذجًا جُزيئيًّا لكلّ من الإيثان (C_2H_6) والأكسجين (O_2) وحاول أن تفكّكها لتصمّم النواتج، أي الماء (H_2O) وغاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2). لماذا لا تستطيع ذلك؟ لكن إذا استخدمتَ معادلة كيميائية موزونة تستطيع ذلك، لأنّها تحفظ عدد الذرّات في المُتفاعلات والنواتج.
	الدرس 2-3: ابحث في الجدول الدوري عن العناصر المدرجة في الجدول 2-9، وقارن بين معلومات الجدولين. ما كتلة الفضة (Ag) التي يجب أن تحتوي على 6.02×10^{23} من الذرّات؟
	الدرس 2-3: ارسم مخطّطًا للاستراتيجية المتّبعة في حساب مولارية محلول تكون كتلة المادة المذابة فيه بوحدة "kg"، وحجم هذا المحلول بوحدة "mm^3"، مثل الموضّح في الشكل 2-38.
	الدرس 2-3: توقّع ما سيحدث للماء (H_2O) الموجود في بلّورات مركّب $CuSO_4.5H_2O$ عندما تذوب هذه البلّورات في الماء الذي أضيف إليها.
يشرح	الدرس 2-1: ما العناصر التي يمكن أن يمثّلها الجسم الكروي البنفسجي، بالإضافة إلى الصوديوم؟
	الدرس 2-1: لماذا القيمة الدقيقة لكتلة الأكسجين-16 ليست 16 amu بالضبط؟
	الدرس 2-1: إذا علمتَ أنّ للكلور، $C\ell$، نظيرَين موجودَين بشكل طبيعي، هما: $C\ell$-35، و $C\ell$-37، ويمتلك عنصر الكلور كتلة ذرّية نسبية تساوي 35.45 amu، فأيٌّ من النظيرَيْن يوجد بأكبر وفرة نسبية طبيعية؟ وضّح ذلك من حيث الكتل النظائرية (I) للكلور.
يتوسّع	نشاط 2-2: موازنة المعادلات الكيميائية.
	نشاط 2-a3: الحسابات الكيميائية.
	نشاط 2-b3: تحضير المحاليل القياسية.
يقيّم	مراجعة الدروس 2-1، 2-2، و 2-3، وتقويم الوحدة.

الوحدة 2 مفهوم المول والحسابات الكيميائية

ملخّص الوحدة

توضّح هذه الوحدة الحسابات الكيميائية وأهمية المعادلات الكيميائية والمعلومات التي تزوّدنا بها.
في الدرس 2-1 سنركّز البحث في حساب الكتلة الذرّية النسبية للعناصر والكتلة الجزيئية للمركّبات، وسيتعلّم الطلّاب الفرق بين كتلة الصيغة النسبية والكتلة الجزيئية النسبية، وسيحسبون أيضًا الوفرة النسبية الطبيعية بالكتلة لعنصر ما في المركّب باستخدام كتلة الصيغة النسبية للمركّب.
سوف يتعلّم الطلّاب في الدرس 2-2 كيفية كتابة الصيغة الكيميائية للمركّبات الأيونية؛ وسيتعلّمون أيضًا كيفية كتابة المعادلات الكيميائية وموازنتها. وسيركّز هذا الدرس بشكل مكثّف على التدريب على موازنة المعادلات الكيميائية.
يُعدّ الدرس 2-3 مقدّمة للحسابات الكيميائية، فقد أصبح الطلّاب على دراية بمفهوم "المول"، إذ تُستخدَم الكتلة المولية لحساب عدد المولات الموجودة في كمية محددة من مركّب كيميائي. وسيتعلّم الطلّاب كيفية حساب الكميات المتفاعلة والناتجة في أثناء تفاعل كيميائي من المواد الصلبة والسائلة والغازية.
سيتمكن الطلّاب من تحضير محلول في المختبر محدَّد التركيز والحجم.

أخطاء شائعة

- **لا ينطبق قانون حفظ الكتلة على الذرّات.** والصحيح هو أنّ الذرّات تكوّن جميع المواد من حولنا ولديها كتلة، ولا يمكن أن تفنى.
- **يمكن للعناصر أن تكوّن عناصر أخرى.** من المعروف أنّ العنصر الواحد يتكوّن من نوع واحد فقط من الذرّات، ولا يمكنه أن يكوّن عنصرًا آخر خلال التفاعلات الكيميائية، لأنّ تكوين عناصر جديدة يحتاج إلى تفاعلات نووية مثل التحلّل (الاضمحلال) الإشعاعي.
- **يجب ألّا تكون المعادلات الكيميائية موزونة.** تطبيقًا لقانون حفظ الكتلة يجب أن يكون جانبا المعادلة الكيميائية متساويين في نوع الذرّات وعدد كلّ منها، مثلها في ذلك مثل المعادلات الرياضية.

الوحدة 2 مخطط الوحدة

الدرس	عدد الحصص	مخرجات التّعلم	الكفايات
1-2 كتلة الذرّات والمركّبات الكيميائية	6	C1001.2 C1001.3	
2-2 المعادلات الكيميائية	7	C1001.1	
3-2 الحسابات الكيميائية	10	C1001.4 C1001.5 C1001.6 C1001.7	

الكفايات

- التفكير الإبداعي والناقد
- الكفاية اللغوية
- التعاون والمشاركة
- حلّ المشكلات
- الكفاية العددية
- التواصل
- البحث والاستقصاء

المهارات العلمية والكفايات

- يُتوقَّع من الطالب أن يُكمل ثلاثة أنشطة.
- تُستخدَم المهارات الرياضيّة لحلّ أمثلة لموازنة المعادلات الكيميائية وحساب الكمّيات المتفاعلة والناتجة خلال تفاعل كيميائي.
- يتمّ التأكيد على مهارات التواصل من خلال موازنة المعادلات الكيميائية في مجموعات.
- تُستخدَم مهارات الاستقصاء في الأنشطة الثلاثة.

دليل المعلّم

الدرس 2-1
كتلة الذرّات والمركّبات الكيميائية

مصادر تعلّم الدرس

الموضوع / الوقت	المحتوى	موارد كتاب الطالب	موارد دليل المعلم
1 حصّة	كتلة الجزيئات	الصفحتان 52، 53	الصفحتان 68، 69 ورقة عمل 2-1
$\frac{1}{2}$ حصّة	الذرّات	الصفحة 54	الصفحة 70
$\frac{1}{2}$ حصّة	العدد الذرّي (Z) والعدد الكتلي (A)	الصفحة 55	الصفحة 70
1 حصّة	النظائر والكتلة النظائرية	الصفحتان 56، 57	الصفحتان 71، 72
1 حصّة	الكتلة الذرّية النسبية (A_r) للعنصر	الصفحتان 58، 59	الصفحة 73
$\frac{1}{2}$ حصّة	الكتلة الجزيئية النسبية (M_r)	الصفحة 60	الصفحة 74
$\frac{1}{2}$ حصّة	كتلة الصيغة النسبية (M_r)	الصفحتان 61، 62	الصفحتان 74، 75
1 حصّة	النسبة المئوية لكتلة العنصر في المركّب	الصفحة 63	الصفحة 75

الزمن المقترح للدرس

يجب أن يستغرق تدريس هذا الدرس مدة زمنية مقدارها 6 حصص صفّية تتضمّن أفكارًا للدراسة والمناقشة.

مخرجات التعلّم

C1001.2 يعرف المقصود بالمصطلحات: الكتلة الذرّية النسبية، A_r، والكتلة الجزيئية النسبية، M_r، ويحسب الكتلة الجزيئية النسبية وكتلة الصيغة النسبية كمجموع الكتل الذرّية النسبية. ويحسب النسبة المئوية لكتلة عنصر ما في المركّب باستخدام البيانات المناسبة.

C1001.3 يعرّف المقصود بمصطلح الكتلة النظائرية النسبية على أساس مقياس الكربون (^{12}C)، ويحسب الكتلة الذرّية النسبية لعنصر معين باستخدام الوفرة النسبية لنظائر العنصر.

المعرفة السابقة

يجب أن يكون الطلّاب على دراية تامّة بالموضوع الآتي:

الجدول الدوري الحديث.

المفردات

Atomic number (Z)	العدد الذرّي (Z)
Atomic mass unit (amu)	وحدة الكتلة الذرّية (amu)
Mass number (A)	العدد الكتلي (A)
Isotopes	النظائر
Isotopic mass (I)	الكتلة النظائرية (I)
Relative atomic mass (A_r)	الكتلة الذرّية النسبية (A_r)
Relative molecular mass (M_r)	الكتلة الجُزيئية النسبية (M_r)
Relative formula mass (M_r)	كتلة الصيغة النسبية(M_r)

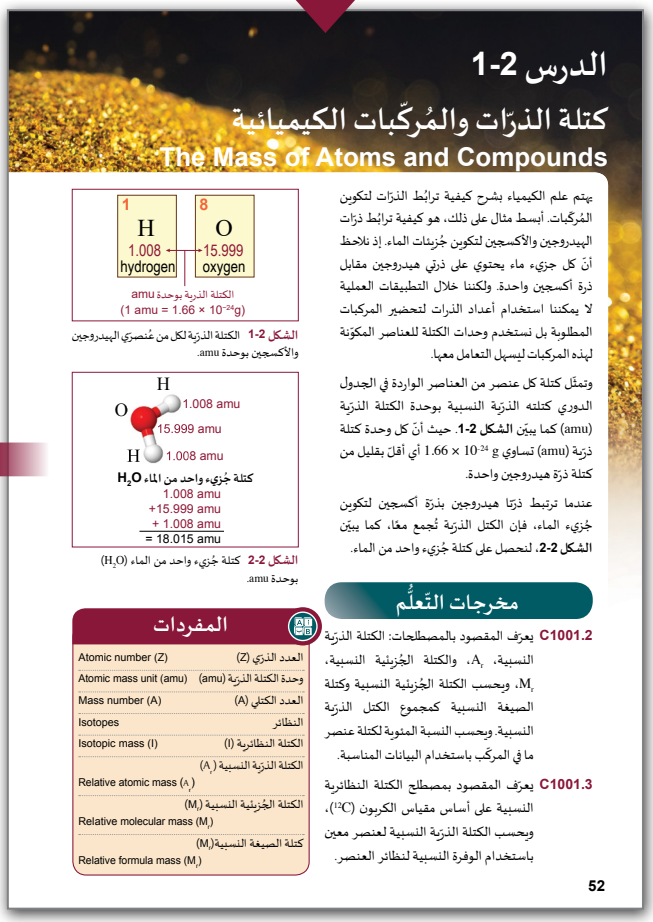
افتتاحية الدرس

1. **يدمج:** تمّ تصميم نشاط "يدمج" هذا كمقدّمة لفكرة عدّ الذرّات وإحصائها للحصول على الكتلة الجزيئية النسبية؛ وقد يتعيّن على المعلم أن يجري حساب الكتلة الجزيئية النسبية لبعض المركّبات لكي يذكّر الطلّاب بدلالة الأرقام أسفل رمز العنصر التي تمثل عدد ذرات العنصر في المركّب.

2. يمكن أن يبدأ المعلم بطرح السؤالين الآتيين:
ما المعلومات التي يمكننا الحصول عليها من الصيغة الكيميائية للمركّب؟
تخبرنا الصيغة الكيميائية لمركّب ما بنوع وعدد ذرّات كلّ عنصر من العناصر الموجودة فيه، ويمكننا أيضًا استخدام هذه المعلومات لحساب الكتلة الجزيئية لذلك المركّب.

3. كيف نستخدم الكتلة المدرجة في الجدول الدوري للعناصر؟
نحدّد عدد ذرّات كلّ عنصر مكوّن لهذا المركّب، ثمّ نضرب هذا العدد في الكتلة الذرّية لهذا العنصر المدرجة في الجدول الدوري الحديث لكلّ عنصر، ثمّ نضيف هذا الحاصل إلى كتلة بقيّة العناصر الموجودة في ذلك المركّب لحساب الكتلة الجزيئية النسبية له.

4. بعد ذلك يمكن للمعلم تمرير مجموعات النماذج الذرّية على الطلّاب، والطلب إليهم بناء نماذج للمركّبات المدرجة في الجدول 2-2. على الرغم من توفّر طرق متعدّدة لبناء النماذج المختلفة، وجّه الطلّاب إلى اعتماد كيفيّة ترابط الذرّات فيما بينها لبناء النموذج، وذكّرهم بأنواع الروابط التي تربط الذرّات فيما بينها، وأنّ جميع الروابط هنا هي روابط تساهمية أحادية.



الدرس 2-1

كتلة الذرّات والمُركّبات الكيميائية
The Mass of Atoms and Compounds

يهتم علم الكيمياء بشرح كيفية ترابُط الذرّات لتكوين المُركّبات. أبسط مثال على ذلك، هو كيفية ترابُط ذرّات الهيدروجين والأكسجين لتكوين جُزيئات الماء. إذ نلاحظ أنّ كل جزيء ماء يحتوي على ذرتي هيدروجين مقابل ذرة أكسجين واحدة. ولكننا خلال التطبيقات العملية لا يمكننا استخدام أعداد الذرات لتحضير المركبات المطلوبة بل نستخدم وحدات الكتلة للعناصر المكوّنة لهذه المركبات ليسهل التعامل معها.

وتمثّل كتلة كل عنصر من العناصر الواردة في الجدول الدوري كتلته الذرّية النسبية بوحدة الكتلة الذرّية (amu) كما يبيّن **الشكل 2-1**. حيث أنّ كل وحدة كتلة ذرّية (amu) تساوي 1.66×10^{-24} g أي أقلّ بقليل من كتلة ذرّة هيدروجين واحدة.

عندما ترتبط ذرّتا هيدروجين بذرّة أكسجين لتكوين جُزيء الماء، فإن الكتل الذرّية تُجمع معًا، كما يبيّن **الشكل 2-2**، لنحصل على كتلة جُزيء واحد من الماء.

الشكل 2-1 الكتلة الذرّية لكل من عُنصري الهيدروجين والأكسجين بوحدة amu.

الشكل 2-2 كتلة جُزيء واحد من الماء (H_2O) بوحدة amu.

مخرجات التّعلُّم

C1001.2 يعرّف المقصود بالمصطلحات: الكتلة الذرّية النسبية، A_r، والكتلة الجُزيئية النسبية، M_r، ويحسب الكتلة الجُزيئية النسبية وكتلة الصيغة النسبية كمجموع الكتل الذرّية النسبية. ويحسب النسبة المئوية لكتلة عنصر ما في المركّب باستخدام البيانات المناسبة.

C1001.3 يعرّف المقصود بمصطلح الكتلة النظائرية النسبية على أساس مقياس الكربون (^{12}C)، ويحسب الكتلة الذرّية النسبية لعنصر معين باستخدام الوفرة النسبية لنظائر العنصر.

المفردات

العدد الذرّي (Z)	Atomic number (Z)
وحدة الكتلة الذرّية (amu)	Atomic mass unit (amu)
العدد الكتلي (A)	Mass number (A)
النظائر	Isotopes
الكتلة النظائرية (I)	Isotopic mass (I)
الكتلة الذرّية النسبية (A_r)	Relative atomic mass (A_r)
الكتلة الجُزيئية النسبية (M_r)	Relative molecular mass (M_r)
كتلة الصيغة النسبية (M_r)	Relative formula mass (M_r)

كتلة الجُزيئات

ما المعلومات التي يمكننا الحصول عليها من الصيغة الكيميائية؟

كيف نستخدم الكتلة المُدرجة في الجدول الدوري للعناصر؟

تستخدم الحسابات الكيميائية، التي نُركّز عليها هذه الوحدة، الكتل المعلومة للذرّات؛ وذلك لتحديد كتل المُركّبات. وتتمثّل أفضل طريقة لتصوُّر العلاقة بين الصيغة الكيميائية والكتلة في بناء نماذج للجُزيئات المختلفة، فيسهل علينا معرفة عدد ونوع الذرات في الجزيء ثم يمكننا الإستعانة بالجدول 1-2 لتحديد كتل الذرات المعطاة بوحدة (amu).

الجدول 1-2 مفتاح ألوان الذرّات في النموذج الجزيئي والكتل الذرّية النسبية للعناصر.

لون النموذج	العنصر	الكتلة الذرية النسبية (amu)
أسود	كربون	12.011
أحمر	أكسجين	15.999
أبيض	هيدروجين	1.008
أخضر	كلور	35.453
أزرق	نيتروجين	14.007
أصفر	كبريت	32.065
برتقالي	فوسفور	30.974
بنفسجي	صوديوم	22.990

نشاط

1. اعمل في مجموعة ثنائية من أجل بناء نماذج لكل جُزيء من الجُزيئات المُدرجة في الجدول 2-2.
2. استخدم جدول البيانات 2-2 لتسجيل نوع كل ذرة وعددها في كل جزيء.
3. استخدم البيانات المُسجّلة في الجدول 2-1 لحساب الكتلة الجُزيئية النسبية لكل جُزيء.

الجدول 2-2 الجُزيئات المطلوب بناء نماذج لها.

الصيغة الكيميائية للجزيء	الكتلة الجزيئية النسبية (amu)	عدد الذرّات				
		S	N	O	H	C
CH_4						
NH_3						
NH_4OH						
CH_3CH_2OH						
H_2S						

لاحظ توفُّر طرائق عديدة ومختلفة لبناء بعض نماذج الجُزيئات، وتعد الطريقة التي تُكتب بها الصيغة الكيميائية تلميحًا لكيفية ترابط الذرّات معًا. كأن تعني الصيغة CH_3CH_2 أن مجموعة CH_3 مرتبطة بمجموعة CH_2، ارتباطًا مُباشرًا، أي أن ذرّتي الكربون تربط بينهما رابطة تساهُمية أحادية.

يستخدم العلماء الذين يقومون ببناء النماذج الجُزيئية كرات خضراء اللون لتمثيل كل من الفلور والكلور. وضّح لماذا يُعدّ ذلك اختيارًا منطقيًا؟

ما العناصر التي يمكن أن يمثّلها النموذج الكروي البنفسجي، بالإضافة إلى الصوديوم؟

الجدول 2-2:

الصيغة الكيميائية للجزيء	عدد الذرّات					الكتلة الجزيئية النسبية (amu)
	C	H	O	N	S	
CH_4	1	4				16.043
NH_3		3		1		17.031
NH_4OH		5	1	1		35.046
CH_3CH_2OH	2	6	1			46.069
H_2S		2			1	34.081

يستكشف: يستخدم العلماء الذين يقومون ببناء النماذج الجُزيئية كرات خضراء اللون لتمثيل كلّ من الفلور والكلور. وضّح لماذا يُعدُّ ذلك اختيارًا منطقيًّا؟

لأنّ اختيار الألوان تمّ بناء على لون العنصر النقي أو لون أحد أهم مركّباته. وفي حالة الفلور (لون الفلور النقي أصفر باهت) والكلور (لون الكلور النقي أخضر) وكلاهما ينتميان إلى الهالوجينات، ولهما عدد إلكترونات التكافؤ نفسه لذا فقد تمّ اختيار اللون الأخضر، حيث غالبًا ما يشير اللون الأصفر إلى عنصر الكبريت (لون الكبريت النقي أصفر).

يشرح: ما العناصر التي يمكن أن يمثّلها الجسم الكروي البنفسجي، بالإضافة إلى الصوديوم؟

فلزّات المجموعة الأولى (الفلزات القلوية) الأخرى مثل الليثيوم والبوتاسيوم.

الذرّات

1. منذ وقت طويل، ظنّ الناس أنّه لا يوجد شيء في الوجود أصغر من الذرّة، فكلمة "ذرّة" في اللغة اليونانية تعني "غير المرئي".
2. اكتشف العلماء بعد ذلك أنّ الذرّات تتكوّن من جُسَيمات أصغر منها تعرف بالبروتونات، والنيوترونات، والإلكترونات.
3. تُشكّل كلٌّ من البروتونات والنيوترونات النواة والتي تُعدّ مركز الذرّة، أمّا الإلكترونات فتدور في أفلاك مختلفة حول النواة.
4. تعمل الشحنات المتعاكسة لكلّ من البروتونات والإلكترونات على إبقاء الإلكترونات في مدارها نتيجة قوى الجذب بينهما .

العدد الذرّي (Z) والعدد الكتلي (A)

1. يُعرَف العدد الذرّي بأنّه عدد البروتونات في نواة ذرّة العنصر، ويُكتَب أسفل يسار رمز العنصر.
2. يُكتب العدد الكتلي أعلى يسار رمز العنصر، ويخبرنا بمجموع عدد البروتونات والنيوترونات الموجودة في نواة كلّ عنصر.
3. في الجدول الدوري للعناصر قد يكتب العدد الذري للعنصر أعلى يسار رمز العنصر لتوضيح تدرّج قيم العدد الذري والعدد الكتلي لأسفل يسار رمز العنصر.
4. كما في المثال 1، يمكن أن يطرح المعلم أمثلة على عناصر أخرى مختلفة، ويطلب إلى الطلّاب إيجاد العدد الذرّي والعدد الكتلي لهذه العناصر. ومن ثمّ تحديد عدد كلّ من البروتونات والإلكترونات والنيوترونات لهذه العناصر.

الذرّات

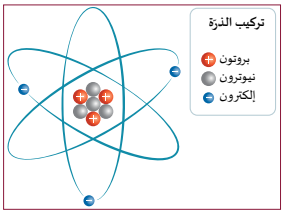
تذكّر بأنّ الذرّات هي وحدات البناء الأساسية للمادة، فهي الجُسيمات الأصغر التي تُحدّد هوية العنصر. وتذكّر أيضًا أن العنصر هو المادة التي لا يمكن أن تتفكّك إلى مادة أخرى أبسط منها بواسطة أيّ تغيّر كيميائي. ومعلوم أنّ الذرات تتكوّن من ثلاثة أنواع من الجُسَيْمات الأساسية، هي: البروتونات، والنيوترونات، والإلكترونات.

يحتوي **الجدول 2-3** على بعض الخصائص المميّزة للجُسَيْمات الذرّية المكوّنة للذرّات.

الجدول 2-3 كتلة وشحنة الجُسيمات الذرّية المُكوّنة للذرّات.

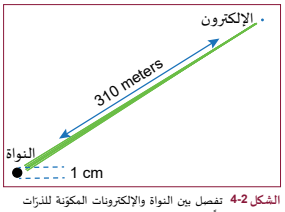
الجُسَيْم الذرّي	الكتلة (g)	الشحنة (coulomb)
البروتون	1.6726×10^{-24}	$+1.602 \times 10^{-19}$
النيوترون	1.6726×10^{-24}	0
الإلكترون	9.1094×10^{-28}	-1.602×10^{-19}

وفي حين أنّ البروتونات والنيوترونات تقع داخل نواة الذرّة المتناهية في الصغر، والتي تمثّل معظم كتلة الذرّة، تقع الإلكترونات على مسافة كبيرة نسبيًا من النواة، بل كبيرة جدًا إلى درجة يبدو عندها أن معظم حجم الذرّة فراغ. يبيّن **الشكل 3-2** أحد النماذج المُستخدمة لتمثيل الذرّات، غير أنّ المسافة بين النواة والإلكترونات أكبر نسبيًا بكثير مما يُظهره النموذج.



الشكل 3-2 نموذج الذرّة.

تبيّن أحد التقديرات لذرّة الهيدروجين مثلاً أنّ نصف قطر النواة يبلغ 0.84 pm (والبيكومتر (pm) وحدة قياس للأطوال الصغيرة جدًا $(1\ pm = 10^{-12}\ m)$، أما نصف قطر الذرّة فيبلغ 52.9 pm؛ فإذا تم بناء نموذج لهذه الذرّة ليكون قطر النواة يساوي (1 cm) 0.01 m ، فإنّ متوسّط المسافة ما بين النواة والإلكترون سيبلغ 310 m وسيكون مابينهما حيّز فارغ (**الشكل 4-2**).



الشكل 4-2 تفصل بين النواة والإلكترونات المكوّنة للذرّات مسافة كبيرة جدًا.

العدد الذرّي(Z) والعدد الكتلي (A)

يتكوّن كل عنصر محدّد من نوع مميّز من الذرّات تحتوي على عدد محدد من البروتونات في أنويتها. فمعدن الكربون مثلًا، تمتلك جميع ذرّاته عدد البروتونات نفسه، ويُطلق على عدد البروتونات في نواة ذرّة العنصر اسم **العدد الذرّي (Z) Atomic number**. أمّا **العدد الكتلي (A) Mass number** فيمثّل مجموع أعداد البروتونات والنيوترونات في نواة كل عنصر. وهنا لا بدّ لنا من التذكير بالنقطتين الآتيتين:

- لذرات العنصر الواحد نفس العدد الذري لأن لها نفس عدد البروتونات.
- قد يكون لذرّات العنصر نفسه عدد كتلي مختلف، لأنها قد تحتوي على عدد نيوترونات مختلف.

العدد الذرّي، Z، هو عدد البروتونات في نواة ذرة عنصر محدّد.

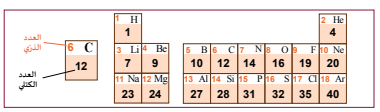
العدد الكتلي، A، هو مجموع عدد البروتونات وعدد النيوترونات في نواة ذرة العنصر.

تربط **العلاقة 1-2** بين عدد البروتونات (العدد الذري Z) وعدد النيوترونات والعدد الكتلي (A)، علمًا أن في الذرّة المتعادلة يكون عدد الإلكترونات فيها مُساويًا لعدد البروتونات.

1-2 العدد الكتلي

$$A = Z + N$$

A	العدد الكتلي
Z	العدد الذري (عدد البروتونات)
N	عدد النيوترونات



يبيّن **الشكل 5-2** جزءًا من الجدول الدوري يتضمّن العدد الذري والعدد الكتلي لبعض العناصر.

الشكل 5-2 جزء من الجدول الدوري يبيّن العدد الذري والعدد الكتلي للنظير الأكثر شيوعًا لبعض العناصر المستقرة (غير المشعّة).

مثال 1

استخدم الشكل 5-2 لتحدد عدد البروتونات والإلكترونات والنيوترونات في ذرة الأكسجين (O).

الحل:

من الشكل 5-2 يمكن تحديد العدد الذري والعدد الكتلي لعنصر الأكسجين. العدد الذري لذرة الأكسجين يساوي 8، لذلك تحتوي نواة ذرة هذا العنصر على 8 بروتونات. وبما أن الذرة متعادلة الشحنة لذلك عدد البروتونات مساو لعدد الإلكترونات (8 إلكترونات) نستخدم المعادلة 1-2 لحساب عدد النيوترونات:

$A = Z + N$

$16 = 8 + N$

$N = 16 - 8 = 8$ عدد النيوترونات في نواة ذرة الأكسجين هو 8 نيوترونات.

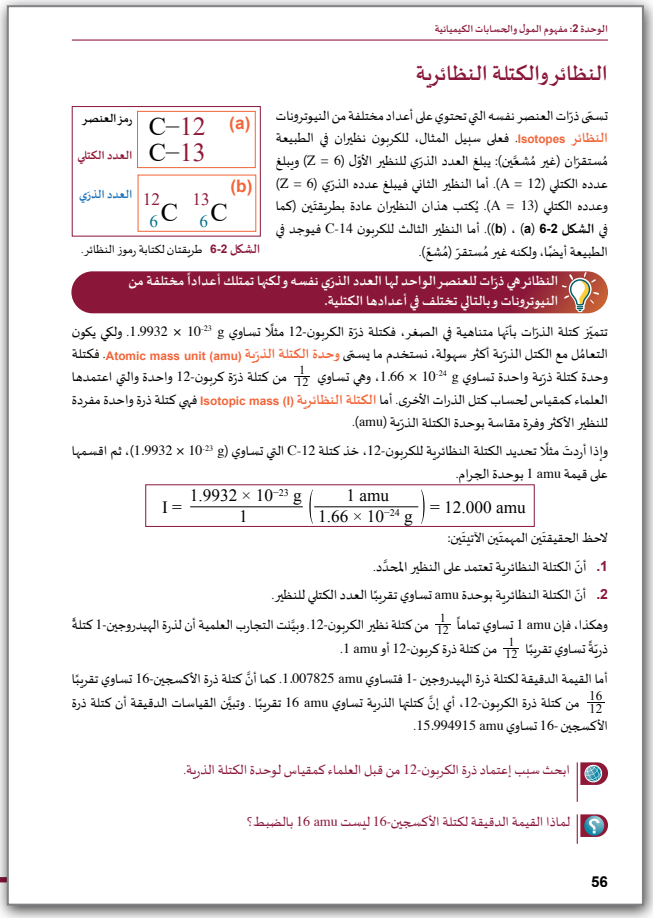
النظائر والكتلة النظائرية

1. تعلّمنا في الوحدة السابقة ما يتعلّق بالنظائر. يمكن للمعلّم أن يذكّر الطلّاب بأنّ عدد النيوترونات يمكن أن يكون مختلفًا في الذرّات المختلفة للعنصر نفسه. وهذا يعني أنّه يمكن أن يكون للعنصر الواحد أكثر من عدد كتلي وبالتالي يكون للعنصر أكثر من نظير.

2. من المعلوم أنّ معظم العناصر المُدرجة في الجدول الدوري الحديث لديها نظائر . ممكن أن تتواجد في الطبيعة بنظيرين اثنين كما هو مُبيّن في المثال عنصر الكربون الوارد في **الشكل 2-6** إذ لديه نظير مستقرّ هو الكربون-12 وآخر غير مستقرّ هو الكربون-13. هناك عناصر لديها أكثر من نظيرَين وقد تصل الى 34 نظيرًا . فعلى سبيل المثال، لعنصر الهيدروجين ثلاثة نظائر منها الهيدروجين-1 وهذا النظير لا يحتوي على نيوترون، والهيدروجين-2 ولدى هذا النظير بروتون واحد ونيوترون واحد وإلكترون واحد، أمّا النظير الثالث للهيدروجين فهو الهيدروجين-3 ولديه نيوترونان إثنان وبروتون واحد وإلكترون واحد.

يستكشف: ابحث سبب اعتماد ذرة الكربون-12 من قبل العلماء كمقياس لوحدة الكتلة الذرية.

السبب يعود الى تعريف المول . قبل العام 1959 اعتمد IUPAC (الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية) و IUPAP (الاتحاد الدولي للفيزياء البحتة والتطبيقية) ذرة الأكسجين لتعريف المول. فعرّفوا المول الواحد باعتباره عدد ذرات الأكسجين في 16 g، كما أنّ الفيزيائيّين استخدموا هذا التعريف مع تحديد نظير الأكسجين-16 فقط. في عام 1960 أعيد تعريف المول على أنّه كمية المادة الموجودة في نظام يحتوي على عدد من الجسيمات الأولية مماثلة لعدد ذرات الكربون المتواجدة في 12 g من الكربون-12 . في عام 1961 تقرر اعتماد رسمي لهذا التعريف مع أخذ نظير الكربون -12 بشكل محدد. اذ يوجد لعنصر الكربون نظائر عدة، مثل الكربون-12 والكربون-13 والكربون-14 وغيرها، ولكن أكثرها ثباتًا واستقرارًا هو الكربون-12 حيث نسبة وفرة هذا النظير في الطبيعة تقارب 99% وقد اعتبر الكيميائيين ذرة الكربون ذرة معيارية (مرجعية) لقياس كتل الذرات الأخرى بالنسبة إليها، حيث كتلتها الذرية تساوي 12 وحدة أطلق على كلّ وحدة منها ؛ وحدة كتلة ذرية amu ، وبذلك تقاس الكتلة الذرية لأيّ عنصر باعتبارها $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون.


الوحدة 2: مفهوم المول والحسابات الكيميائية

النظائر والكتلة النظائرية

تسمّى ذرّات العنصر نفسه التي تحتوي على أعداد مختلفة من النيوترونات النظائر Isotopes. فعلى سبيل المثال، للكربون نظيران في الطبيعة مُستقرّان (غير مُشعّين): يبلغ العدد الذرّي للنظير الأوّل (Z = 6) ويبلغ عدده الكتلي (A = 12). أما النظير الثاني فيبلغ عدده الذرّي (Z = 6) وعدده الكتلي (A = 13). يُكتب هذان النظيران عادة بطريقتين (كما في الشكل 2-6 (a) ، (b)). أما النظير الثالث للكربون C-14 فيوجد في الطبيعة أيضًا، ولكنه غير مُستقرّ (مُشعّ).

رمز العنصر — العدد الكتلي — العدد الذرّي

(a) C–12 / C–13

(b) $^{12}_{6}C$ $^{13}_{6}C$

الشكل 2-6 طريقتان لكتابة رموز النظائر.

النظائر هي ذرّات للعنصر الواحد لها العدد الذرّي نفسه ولكنها تمتلك أعداداً مختلفة من النيوترونات وبالتالي تختلف في أعدادها الكتلية.

تتميّز كتلة الذرّات بأنّها متناهية في الصغر، فكتلة ذرّة الكربون-12 مثلًا تساوي 1.9932×10^{-23} g. ولكي يكون التعامل مع الكتل الذرّية أكثر سهولة، نستخدم ما يسمّى وحدة الكتلة الذرّية Atomic mass unit (amu). فكتلة وحدة كتلة ذرّية واحدة تساوي 1.66×10^{-24} g، وهي تساوي $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرّة كربون-12 واحدة والتي اعتمدها العلماء كمقياس لحساب كتل الذرات الأخرى. أما الكتلة النظائرية Isotopic mass (I) فهي كتلة ذرة واحدة مفردة للنظير الأكثر وفرة مقاسة بوحدة الكتلة الذرّية (amu).

وإذا أردت مثلًا تحديد الكتلة النظائرية للكربون-12، خذ كتلة C-12 التي تساوي (1.9932×10^{-23} g)، ثم اقسمها على قيمة 1 amu بوحدة الجرام.

$$I = \frac{1.9932 \times 10^{-23}\ g}{1}\left(\frac{1\ amu}{1.66 \times 10^{-24}\ g}\right) = 12.000\ amu$$

لاحظ الحقيقتين المهمتين الآتيتين:

1. أنّ الكتلة النظائرية تعتمد على النظير المحدّد.
2. أنّ الكتلة النظائرية بوحدة amu تساوي تقريبًا العدد الكتلي للنظير.

وهكذا، فإن 1 amu تساوي تماماً $\frac{1}{12}$ من كتلة نظير الكربون-12. وبيّنت التجارب العلمية أن لذرة الهيدروجين-1 كتلةً ذريّةً تساوي تقريبًا $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة كربون-12 أو 1 amu.

أما القيمة الدقيقة لكتلة ذرة الهيدروجين-1 فتساوي 1.007825 amu. كما أنّ كتلة ذرة الأكسجين-16 تساوي تقريبًا $\frac{16}{12}$ من كتلة ذرة الكربون-12، أي إنّ كتلتها الذرية تساوي 16 amu تقريبًا . وتبيّن القياسات الدقيقة أن كتلة ذرة الأكسجين-16 تساوي 15.994915 amu.

ابحث سبب إعتماد ذرة الكربون-12 من قبل العلماء كمقياس لوحدة الكتلة الذرية.

لماذا القيمة الدقيقة لكتلة الأكسجين-16 ليست 16 amu بالضبط؟

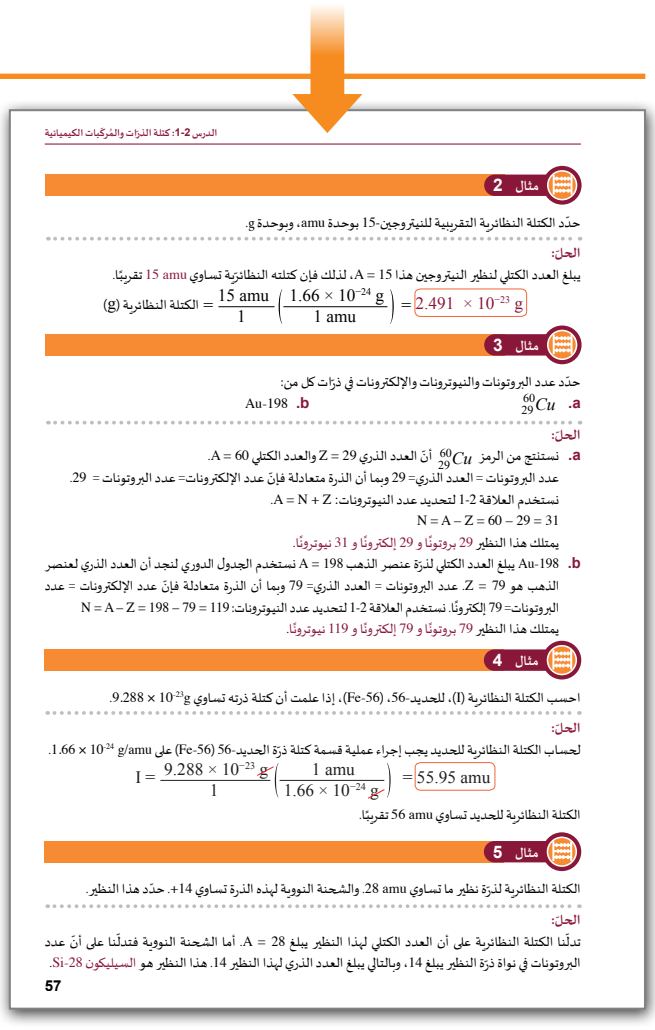
56

يشرح: لماذا القيمة الدقيقة لكتلة الأكسجين-16 ليست 16 amu بالضبط؟

توصّل العالم أينشتاين من خلال علاقته الشهيرة : $E = mc^2$ إلى أنّ هناك علاقة بين الطاقة والكتلة. ممّا يعني أنّه كلّما زادت الطاقة زادت الكتلة والعكس صحيح. لذلك عندما تندمج 8 بروتونات مع 8 نيوترونات لتكوين نواة ذرة الأكسجين هناك طاقة أقلّ مع 16 جسيمًا (طاقة الربط) ممّا هو عليه مع 8 جسيمات كلّ على حدة. وبالتالي أقلّ طاقة يعني أقلّ كتلة بنسبة قليلة جدًّا بحسب علاقة أينشتاين.

تحديد عدد البروتونات والنيوترونات والإلكترونات والكتلة النظائرية

1. الكتلة الذرّية تساوي مجموع عدد البروتونات وعدد النيوترونات. لذا، يمكننا استخدام الجدول الدوري الحديث لحساب عدد النيوترونات.
2. يمكن أن يطلب المعلم إلى الطلّاب حساب عدد النيوترونات لعناصر مختلفة.
3. إنّ عدد الإلكترونات للذرّة المتعادلة يساوي دائمًا عدد البروتونات الموجودة في نواتها. لهذا، يمكننا القول إنّ العدد الذرّي للذرّات المتعادلة يساوي عدد إلكتروناتها التي تدور حول نواتها.
4. قيمة وحدة ذرية واحدة بالجرام هي 1.66×10^{-24} g.



الدرس 2-1: كتلة الذرات والمُركّبات الكيميائية

مثال 2

حدّد الكتلة النظائرية التقريبية للنيتروجين-15 بوحدة amu، وبوحدة g.

الحل:

يبلغ العدد الكتلي لنظير النيتروجين هذا A = 15، لذلك فإن كتلته النظائرية تساوي 15 amu تقريبًا.

$$\text{الكتلة النظائرية (g)} = \frac{15 \text{ amu}}{1}\left(\frac{1.66 \times 10^{-24} \text{ g}}{1 \text{ amu}}\right) = 2.491 \times 10^{-23} \text{ g}$$

مثال 3

حدّد عدد البروتونات والنيوترونات والإلكترونات في ذرّات كل من:

a. $^{60}_{29}Cu$ b. Au-198

الحل:

a. نستنتج من الرمز $^{60}_{29}Cu$ أنّ العدد الذري Z = 29 والعدد الكتلي A = 60.

عدد البروتونات = العدد الذري= 29 وبما أن الذرة متعادلة فإنّ عدد الإلكترونات= عدد البروتونات = 29.

نستخدم العلاقة 2-1 لتحديد عدد النيوترونات: A = N + Z.

N = A – Z = 60 – 29 = 31

يمتلك هذا النظير 29 بروتونًا و 29 إلكترونًا و 31 نيوترونًا.

b. Au-198 يبلغ العدد الكتلي لذرّة عنصر الذهب A = 198 نستخدم الجدول الدوري لنجد أن العدد الذري لعنصر الذهب هو Z = 79. عدد البروتونات = العدد الذري= 79 وبما أن الذرة متعادلة فإنّ عدد الإلكترونات = عدد البروتونات= 79 إلكترونًا. نستخدم العلاقة 2-1 لتحديد عدد النيوترونات: N = A – Z = 198 – 79 = 119

يمتلك هذا النظير 79 بروتونًا و 79 إلكترونًا و 119 نيوترونًا.

مثال 4

احسب الكتلة النظائرية (I)، للحديد-56، (Fe-56)، إذا علمت أن كتلة ذرته تساوي 9.288×10^{-23} g.

الحل:

لحساب الكتلة النظائرية للحديد يجب إجراء عملية قسمة كتلة ذرّة الحديد-56 (Fe-56) على 1.66×10^{-24} g/amu.

$$I = \frac{9.288 \times 10^{-23} \text{ g}}{1}\left(\frac{1 \text{ amu}}{1.66 \times 10^{-24} \text{ g}}\right) = 55.95 \text{ amu}$$

الكتلة النظائرية للحديد تساوي 56 amu تقريبًا.

مثال 5

الكتلة النظائرية لذرة نظير ما تساوي 28 amu. والشحنة النووية لهذه الذرة تساوي +14. حدّد هذا النظير.

الحل:

تدلّنا الكتلة النظائرية على أن العدد الكتلي لهذا النظير يبلغ A = 28. أما الشحنة النووية فتدلّنا على أنّ عدد البروتونات في نواة ذرّة النظير يبلغ 14، وبالتالي يبلغ العدد الذري لهذا النظير 14. هذا النظير هو السيليكون Si-28.

57

الكتلة الذرّية النسبية، (A_r)، للعنصر

1. إنّ الكتلة الذرّية الموجودة في الجدول الدوري الفعلي للعناصر تُكتَب في هيئة عدد عشري. يمكن للمعلّم أن يطلب إلى الطلّاب البحث عن الكتلة الذرّية وتوضيح السبب الذي جعلها بهذا الشكل. هل يمكننا تمثيل النيوترونات على هيئة عدد عشري؟

يمكن للطلّاب ذكر أسباب مختلفة، لكن السبب الحقيقي هو أنّ الكتلة الذرّية عبارة عن المتوسّط الذي يمثّل كتلًا ذرّية مختلفة بحسب وفرة كلّ نظير.

2. وهذا لا يمثّل متوسّطًا بسيطًا، فلو كان لدينا 20% من النظير الأول، و 80% من النظير الثاني، لما كان بالإمكان جمع العددين وقسمة ناتج الجمع على اثنين للحصول على الإجابة.
3. عوضًا من ذلك، نستخدم المعادلة 2-2.
4. بعد ذلك، يمكن للمعلم أن يطلب إلى الطلّاب تفحّص الأمثلة المختلفة المدرجة في كتابهم. كيف يمكن أن تكون قيمة متوسّط الكتلة الذرّية للبورون مختلفة إذا جمعنا 10 + 11 ثمّ قسمنا ناتج الجمع على 2 مقارنة بالإجابة الفعلية التي لدينا؟

يشرح: إذا علمتَ أنّ للكلور، Cℓ، نظيرَين موجودَين بشكل طبيعي، هما: Cℓ-35، و Cℓ-37، ويمتلك عنصر الكلور كتلة ذرّية نسبية تساوي 35.45 amu، فأيٌّ من النظيرَين يوجد بأكبر وفرة نسبية طبيعية؟ وضّح ذلك من حيث الكتل النظائرية (I) للكلور.

يتواجد Cℓ-35 بوفرة نسبية طبيعية أكثر من Cℓ-37. وذلك لأنّ الكتلة الذرية النسبية لعنصر الكلور هي 35.45 amu أي أقرب إلى كتلة النظير Cℓ-35 (كتلته 35 amu) ممّا هي عليه كتلة النظير Cℓ-37 (كتلته 37 amu).

الكتلة الذرّية النسبية، (A_r)، للعنصر

لا تكون قيَم الكتل الذرّية للعناصر الواردة في الجدول الدوري أعدادًا صحيحة في الغالب، لأن العناصر الموجودة بشكل طبيعي تكون في هيئة خليط من نظائر مختلفة. تُعرف **الكتلة الذرّية النسبية (A_r) Relative atomic mass** بأنّها متوسّط كتلة النظائر الموجودة في الطبيعة مع مراعاة الوفرة الطبيعية لكل نظير، كما تبيّنه **العلاقة 2-2**. ومن الأمثلة على ذلك أنّ قيمة الكتلة الذرّية المُدرجة في الجدول الدوري لعنصر البورون، B (**الشكل 2-7**) تساوي 10.811 amu، في حين أنّ عنصر البورون يوجد في هيئة خليط مكوّن من 19.8% من بورون-10، و 80.2% بورون-11.

الشكل 2-7 الكتلة الذرّية النسبية.

وبالتالي: الكتلة الذرية النسبية = $\frac{\text{الوفرة النسبية 1} \times \text{الكتلة النظائرية 1} + \text{الوفرة النسبية 2} \times \text{الكتلة النظائرية 2}}{100}$

2-2 الكتلة الذرّية النسبية

$$A_r = \frac{\%_1 I_1 + \%_2 I_2 + \%_3 I_3 + \ldots}{100}$$

الكتلة الذرّية النسبية (amu)	A_r	
الوفرة النسبية للنظير (X) طبيعيًا	$\%_x$	
الكتلة النظائرية (amu)	I_x	

تُمثّل النسبة الظاهرة في العلاقة 2-2 الوفرة النسبية للنظير الذي يمتلك الكتلة النظائرية (I). وغالبًا ما تكون هذه الوفرة النسبية رقمًا يتراوح ما بين الصفر والمئة. وغالبًا ما تكون قيمة الكتلة الذرّية قريبة من كتلة النظير الأكثر وفرة في الطبيعة.

الكتلة الذرّية النسبية، (A_r)، هي متوسّط الكتلة لنظائر عنصر موجودة في الطبيعة.

يُستخدم في المختبرات جهاز مطياف الكتلة لتحديد الكتلة الذرّية للنظائر. فهو يُحدّد كتلة كل نظير ووفرته النسبية الطبيعية، مثل تلك المعلومات المتعلّقة بعنصر البورون الواردة في **الجدول 2-4**.

الجدول 2-4 نظائر البورون (B) الموجودة في الطبيعة.

النظير الموجود بشكل طبيعي	الكتلة النظائرية، I (amu)	الوفرة النسبية (%)
B-10	10.01	19.80
B-11	11.01	80.20

و بالتالي لحساب الكتلة الذرّية (A_r) لعنصر البورون نطبق العلاقة 2-2:

$$A_r = \frac{(10.01 \text{ amu})(19.80) + (11.01 \text{ amu})(80.20)}{100} = 10.811 \text{ amu}$$

ملاحظة: عندما يكون للعنصر أربعة نظائر موجودة بشكل طبيعي، فسوف يكون هناك أربعة نواتج جمع عند إجراء الحسابات.

مثال 6

للأرجون، Ar، ثلاثة نظائر موجودة بشكل طبيعي، مُبيّنة في الجدول المقابل:

النظير	الكتلة النظائرية، I	الوفرة النسبية (%)
Ar-36	35.97 amu	0.34
Ar-38	37.96 amu	0.06
Ar-40	39.96 amu	99.6

a. احسب الكتلة الذرّية النسبية (A_r)، للأرجون (Ar).

b. استنادًا إلى قيَم الوفرة النسبية، هل تبدو لك القيمة المحسوبة منطقية؟ وضّح إجابتك.

الحل:

a. بما أنّ هناك ثلاثة نظائر موجودة بشكل طبيعي للأرجون، فسوف يكون هناك ثلاثة نواتج لعمليات الجمع عند إجراء الحسابات:

$$A_r = \frac{(35.97)(0.34) + (37.96)(0.06) + (39.96)(99.6)}{100} = 39.95 \text{ amu}$$

b. القيمة المحسوبة، 39.95 amu، للكتلة الذرّية للأرجون منطقية، لأنّ النظير الأكثر وفرة (99.6%) لعنصر الأرجون هو النظير Ar-40، والذي يمتلك كتلة نظائرية تساوي 39.96 amu. بالإضافة إلى أنّ المتوقّع أن تكون قيمة الكتلة الذرية للأرجون أقلّ بشكل ضئيل من الكتلة النظائرية للنظير Ar-40، لأن النظيرين الآخرين الموجودَين بشكل طبيعي للأرجون لهما كتلة نظائرية أقلّ من تلك التي يمتلكها النظير Ar-40.

مثال 7

إذا علمتَ أنّ قوة إطارات المغنيسيوم (**الشكل 2-8**) تساوي قوّة إطارات الألومنيوم، إلا أنها أخفّ بمقدار 5.1 مرّات منها، وأنّ المغنيسيوم يوجد في هيئة خليط مكوّن من ثلاثة نظائر موجودة بشكل طبيعي، هي: Mg-24، و Mg-25، و Mg-26.

الشكل 2-8 إطار معدني لإطارات السيارات مصنعة من المغنيسيوم.

احسب الكتلة الذرّية النسبية (A_r)، للمغنيسيوم، علمًا أن نسبة وفرة كل نظير مبيّنة في الجدول الآتي.

النظير	الكتلة النظائرية، I	الوفرة النسبية (%)
Mg-24	23.99 amu	78.9
Mg-25	24.99 amu	10.0
Mg-26	25.98 amu	11.1

الحل:

$$A_r = \frac{(78.9)(23.99 \text{ amu}) + (10.0)(24.99 \text{ amu}) + (11.1)(25.98 \text{ amu})}{100} = 24.31 \text{ amu}$$

إذا علمتَ أنّ للكلور، Cℓ، نظيرَين موجودَين بشكل طبيعي، هما: Cℓ-35، و Cℓ-37، ويمتلك عنصر الكلور كتلة ذرّية نسبية تساوي 35.45 amu، فأيٌّ من النظيرين يوجد بأكبر وفرة نسبية طبيعية؟ وضّح ذلك من حيث الكتل النظائرية (I) للكلور.

الكتلة الجزيئية النسبية، (M_r)

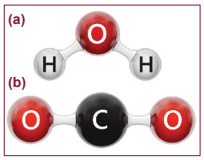
1. تعتمد الكتلة الجزيئية النسبية لجزيء ما على الكتلة الذرّية النسبية (A_r) لكلّ ذرّة موجودة فيه.
2. بعبارات بسيطة، تمثّل الكتلة الجزيئية النسبية مجموع الكتل الذرّية النسبية لكلّ ذرّة موجودة في ذلك الجزيء.
3. بعض الجزيئات مكوَّنة من عدد كبير جدًّا من الذرات، لذا، فإنّنا نستخدم المعادلة 3-2 لتبسيط حساباتنا.
4. يُعدّ الهيدروجين جزيئًا ثنائي الذرّات. ولحساب كتلة جزيء الهيدروجين H_2، نجمع كتلة ذرّة الهيدروجين مرتين، أو نضرب الكتلة الذرّية النسبية للهيدروجين في 2.
5. يوضح المثال 5 كيفيّة حساب الكتلة الجزيئيّة للجزيء ثاني أكسيد الكربون.

كتلة الصيغة النسبية (M_r)

1. يعرض المعلّم نموذج شبكة كلوريد الصوديوم للطلّاب (أو يكلّفهم النظر إلى **الشكل b10-2** من كتابهم).
2. تكوّن المركّبات الأيونية تراكيب بلّورية (شبكة بلورية من الأيونات)، يمكن أن يعرض المعلم على الطلّاب نماذج لمركّبات أيونية مختلفة.
3. تكون كتلة هذه المركّبات الأيونية أكبر بكثير من كتلة صيغتها النسبية؛ لهذا، فإنّنا لا نكتب الصيغة التي تمثّل النمط المتكرّر للتركيب البلّوري. ولكن، نختار النسبة الأصغر للأيونات الموجودة فيها.
4. عند حساب كتلة هذا التركيب البنائي، نحسب كتلة الصيغة النسبية المكتوبة بالطريقة نفسها التي نحسب بها الكتلة الجزيئية النسبية.
5. يوضح المثال 9 كيفيّة حساب كتلة الصيغة النسبيّة لمركّب كربونات الصوديوم الهيدروجينيّة.

الكتلة الجُزيئية النسبية، M_r

يتكوّن الجزيء من مجموعة ذرّات مُرتبطة معًا بروابط تساهمية. وتتأثّر خصائص المواد الجُزيئية، كدرجة الانصهار، ودرجة الغليان، والكثافة، بكتلة الجُزيئات. حتى وإن كان هناك جُزيئان مختلفان لهما العدد نفسه من الذرّات، مثل الماء (H_2O) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) الموضّحَين في **الشكل 9-2**، فسوف يكون لهما كتلتان مختلفتان.



الشكل 9-2 الماء (a)، وثاني أكسيد الكربون (b) كل منهما يمتلك ثلاث ذرّات.

الكتلة الجزيئية النسبية Relative molecular mass, M_r، هي الكتلة الكلّية للذرّات جميعها التي تكون مرتبطة معًا في الجُزيء (**المعادلة 3-2**). أي:

الكتلة الجزيئية النسبية = عدد ذرات العنصر 1 × كتلته الذرية النسبية + عدد ذرات العنصر 2 × كتلته الذرية النسبية

تبين العلاقة 3-2 كيفية حساب الكتلة الجزيئية النسبية.

3-2

$$M_r = n_1A_{r1} + n_2A_{r2} + n_3A_{r3} + \ldots$$

M_r	الكتلة الجُزيئية النسبية (amu)
n	عدد الذرّات (الأرقام التي تمثل عدد الذرات أسفل رمز كل عنصر في الصيغة الكيميائية)
A_r	الكتلة الذرّية النسبية للعنصر (amu)

مثال 8

احسب الكتلة الجُزيئية لغاز ثاني أكسيد الكربون، CO_2.

الحل:

1. باستخدام الجدول الدوري، جد الكتلة الذرية النسبية لكل عنصر في الصيغة الكيميائية CO_2. فغاز ثاني أكسيد الكربون يحتوي على الكربون، (12.011 amu)، والأكسجين، (15.999 amu).
2. حدّد عدد كل نوع من الذرّات الواردة في الصيغة الكيميائية، فثاني أكسيد الكربون يحتوي على ذرّتَي أكسجين، وذرّة كربون واحدة.
3. اضرب عدد ذرّات كلّ عنصر في كتلته الذرّية النسبية، عندئذ ستكون الكتلة الجُزيئية للجزيء تساوي مجموع ما يساهم به كل عنصر.

(1) C:12.011 amu
O:15.999 amu

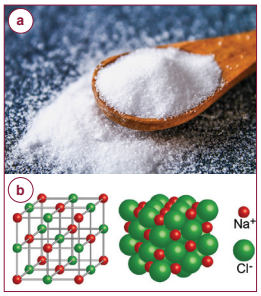
(2) ذرّة كربون واحدة ↓ CO_2 ↑ ذرّتا أكسجين

(3) (1)(12.011 amu) + (2)(15.999 amu) = 44.009 amu

الكتلة الجُزيئية لمُركّب ثاني أكسيد الكربون تساوي 44.009 amu.

كتلة الصيغةالنسبية (M_r)

ليس هناك ما يُسمّى الكتلة الجُزيئية لكلوريد الصوديوم NaCℓ (ملح الطعام) (**الشكل a10-2**) لأن ملح الطعام NaCℓ، ليس مركبًا جزيئيًا (ليس مركبًا تساهميًا). تذكّر أنّ ارتباط الفلزّات، مثل الصوديوم (Na)، باللافلزّات، مثل الكلور (Cℓ)، يكوّن روابط أيونية. فالمركّبات الأيونية، لا تكوّن جُزيئات، بل تكوّن شبكة بلّورية من الأيونات (**الشكل b10-2**)، بحيث تُظهر الصيغة الكيميائية للمركّبات الأيونية أبسط نسبة للأيونات في المركّب الأيوني. لذلك يمكن استخدام الصيغة الكيميائية للمركّبات الأيونية، مثلها في ذلك مثل الصيَغ الكيميائية للمركّبات الجُزيئية، لتحديد الكتلة. ويُشار إلى كتلة المُركّبات الأيونية على أنها **كتلة الصيغة النسبية Relative Formula mass, (M_r)**، عوضًا عن الكتلة الجُزيئية، حيث تُحسب بالطريقة نفسها التي تُحسب بها الكتلة الجُزيئية وتعطى الرمز نفسه (M_r).



الشكل 10-2 (a) ملح الطعام، NaCℓ، و (b) تركيبه البلّوري الأيوني.

مثال 9

صودا الخبيز هي مُركّب كربونات الصوديوم الهيدروجينية (بيكربونات الصوديوم)، $NaHCO_3$. احسب كتلة الصيغة النسبية، (M_r)، لها.

الحل:

1. باستخدام الجدول الدوري، جد الكتلة الذرية النسبية لكل عنصر في الصيغة الكيميائية $NaHCO_3$.
2. حدّد عدد ذرّات كل عنصر من الصيغة الكيميائية. فمركب كربونات الصوديوم الهيدروجينية يحتوي على ذرة واحدة من كل من العناصر الصوديوم والهيدروجين والكربون كما يحتوي على ثلاثة ذرات أكسجين.
3. اضرب عدد الذرّات أو الأيونات في كتلها الذرّية، ثم اجمع كتل العناصر الكلّية.

تبلغ كتلة الصيغة النسبية لمُركّب كربونات الصوديوم الهيدروجينية: 84.006 amu

(1) Na:22.990 amu
H:1.008 amu
C:12.011 amu
O:15.999 amu

(2) ذرّة واحدة لكل من Na, H, C ↓ ↓ ↓ $NaHCO_3$ ↑ ثلاث ذرّات أكسجين

(3) (1)(22.990 amu) + (1)(1.008 amu) + (1)(12.011 amu) + (3)(15.999 amu) = 84.006 amu

تطبيقات على الكتلة الجزيئية النسبية وكتلة الصيغة النسبية

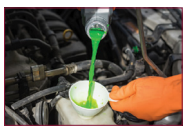
1. يوضح المثال 10 كيفيّة حساب الكتلة الجزيئيّة للمركّب الإيثيلين جلايكول، وكذلك المثال 11 حساب كتلة الصيغة لمركّب كبريتات النيكل.
2. عندما تكون كتلة الصيغة النسبية معلومة، والكتلة الذرّية لعنصر ما معلومة، فإنّه بإمكاننا حساب النسبة المئوية لهذا العنصر الموجود في المركّب.
3. يوضّح المثال 12 كيفية حساب النسبة المئوية بالكتلة لكلّ عنصر من عناصر كبريتات الكروم (III).

النسبة المئوية لكتلة العنصر في المركّب

1. اطلب إلى الطلّاب اتّباع خطوات مشابهة، وحساب النسبة المئوية لكلّ عنصر موجود في الإيثيلين جلايكول. واطرح عليهم السؤال: هل ناتج جمع النسب المئوية للعناصر المكوّنة لمركّب الإيثيلين جلايكول أو أيّ مركّب آخر، تساوي القيمة 100%؟ **يجب أن يساوي ناتج جمع النسب المئويّة القيمة 100%.**
2. بشكل مشابه، اطلب إلى الطلّاب حساب كتلة الصيغة النسبية لكبريتات النحاس (II) $CuSO_4$.
3. عندها يمكن للطلّاب حساب النسبة المئوية لكلّ عنصر موجود في المركّب الأيوني كبريتات النحاس (II).
4. بعد أن تجمع النسب المئوية، سيساوي ناتج الجمع 100%.

مثال 10

الإيثيلين جلايكول سائل زيتي صافٍ عديم اللون، يُستخدم كسائل تبريد في السيارات. أما اللون الأخضر لهذا السائل المُبرّد فناتج عن إضافة صبغة (**الشكل 2-11**). احسب الكتلة الجُزيئية لمُركّب الإيثيلين جلايكول، $C_2H_4(OH)_2$.



الشكل 2-11 سائل تبريد الإيثيلين جلايكول.

الحلّ:

1. أوجد الكتلة الذرّية النسبية لكل عنصر في الصيغة الكيميائية مستخدمًا الجدول الدوري.

① C:12.011 amu
H:1.008 amu
O:15.999 amu

2. أوجد عدد ذرّات كل عنصر في الصيغة الكيميائية. يُشير الرمز "$(OH)_2$" في هذا المثال إلى وجود مجموعتَين من "OH"، لذلك يُمثّل هذا الرمز ذرّتَي أكسجين، وذرّتَي هيدروجين. هناك أيضًا أربع ذرّات هيدروجين إضافية، ما يجعل العدد الكلّي لذرّات الهيدروجين يساوي 6. وهناك ذرّتا كربون.

② $C_2H_4(OH)_2$ (2C, 4H; OH + OH)

3. اضرب عدد الذرّات في كتلها الذرّية، ثم اجمع كتل العناصر الكلّية.

③ (2)(12.011 amu) + (6)(1.008 amu) + (2)(15.999 amu) = 62.068 amu

تبلغ الكتلة الجُزيئية لمُركّب الإيثيلين جلايكول 62.068 amu.

مثال 11

احسب كتلة الصيغة النسبية لمُركّب كبريتات الكروم (III)، $Cr_2(SO_4)_3$.

الحلّ:

1. أوجد الكتلة الذرّية النسبية لكل عنصر في الصيغة الكيميائية.

① Cr: 51.996 amu
S: 32.065 amu
O: 15.999 amu

2. أوجد عدد ذرّات كل عنصر في الصيغة الكيميائية. يُشير الرمز "$(SO_4)_3$" في هذا المثال إلى وجود 3 مجموعات من الكبريتات "SO_4"، وبناء على ذلك يحتوي المركب على 3 ذرّات كبريت، و 12 ذرّة أكسجين بالإضافة الى ذرتين من الكروم.

② $Cr_2(SO_4)_3$ (2Cr; $SO_4 + SO_4 + SO_4$)

3. اضرب عدد الذرّات أو الأيونات في كتلها الذرّية النسبية، ثم اجمع كتل العناصر الكلّية. وهكذا نجد أنّ كتلة الصيغة النسبية للمُركّب الأيوني كبريتات الكروم (III) تساوي 392.175 amu.

③ (2)(51.996 amu) + (3)(32.065 amu) + (12)(15.999 amu) = 392.175 amu

النسبة المئوية لكتلة العنصر في المُركّب

تُعدّ عملية قياس الكتل وحسابها طريقة فعّالة لتحليل المواد الكيميائية، حيث يمكن استخدامها لمعرفة النسبة المئوية لكتلة عنصر في مركّب.

تبين **العلاقة 4-2** معادلة النسبة المئوية بالكتلة للعنصر في المركّب.

4-2 النسبة المئوية بالكتلة لتركيب مُركّب ما

$$\%\ \text{بالكتلة للعنصر (النسبة المئوية بالكتلة للعنصر)} = \frac{\text{الكتلة الذرية الكلية للعنصر}}{\text{كتلة المركّب}} \times 100$$

أما القيم اللازمة لحساب نسبة العناصر المئوية بالكتلة للمُركّب فيمكن تحديدها من خلال حساب الكتلة الجُزيئية النسبية أو كتلة الصيغة النسبية لذلك المُركّب، بعد تحديد الكتلة الذرّية النسبية للعناصر المُكوّنة لهذا المُركّب باستخدام الجدول الدوري.

مثال 12

احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر من عناصر مركّب كبريتات الكروم (III)، $Cr_2(SO_4)_3$.

الحلّ:

1. احسب كتلة الصيغة النسبية للمُركّب $Cr_2(SO_4)_3$ (وقد تم ذلك في المثال 11)

① Cr: 2 × 51.996 = 103.992
S: 3 × 32.065 = 96.195
O: 12 × 15.999 = 191.988
392.175 amu ← كتلة الصيغة النسبية

2. لحساب النسبة المئوية بالكتلة لعنصر الكروم Cr%، استخدم كتلته الكلّية من حساب كتلة الصيغة، ثم اقسمها على كتلة الصيغة النسبية لمُركّب $Cr_2(SO_4)_3$.

② $\%Cr = \frac{103.992}{392.175} \times 100 = 26.51\%$

3. كرّر ذلك باستخدام الكتلة الكلّية للكبريت (S)، والأكسجين (O) لحساب S% و O%.

③ $\%S = \frac{96.195}{392.175} \times 100 = 24.53\%$

$\%O = \frac{191.998}{392.175} \times 100 = 48.95\%$

إذا تمّ حساب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر من عناصر المركّب، فيجب عند جمع النسب المئوية جميعها الحصول على النسبة 100%. لاحظ في هذا المثال أن مجموع النسب المئوية (26.51% + 24.53% + 48.95%) يساوي 99.9%، وبما أنّ النسب المئوية قد تمّ تقريبها، فإنّ مجموع النسب المئوية يساوي في بعض الأحيان ± 0.1% من النسبة 100%.

تقويم الدّرس 2-1

الإجابات

1. أيٌّ من الآتي يجب أن يكون مختلفًا بين ذرّتَيْن لعنصرَيْن مختلفَيْن؟
   a. الكتلة الذرّية
   b. العدد الذرّي
   c. عدد النيوترونات
   d. عدد الإلكترونات والنيوترونات

   b. العدد الذرّي

2. أيٌّ من النظائر الآتية يُستخدَم كمقياس (مرجع) للكتلة الذرّية؟
   a. H-1
   b. C-12
   c. C-14
   d. O-16

   b. C-12

3. ما الكتلة النظائرية التقريبية، I، للعنصر ${}^{125}_{53}I$ ؟
   a. 53 amu
   b. 72 amu
   c. 125 amu
   d. 127 amu

   c. 125 amu

4. أيٌّ من الكتل الآتية تُستخدم لحساب الكتلة الذرّية النسبية للعنصر؟
   a. نظائر العنصر المعلومة جميعها.
   b. أكثر نظائر العنصر وفرة.
   c. نظائر العنصر الموجودة بشكل طبيعي جميعها.
   d. النظيران الأكثر وفرة والموجودان بشكل طبيعي للعنصر.

   c. نظائر العنصر الموجودة بشكل طبيعي جميعها.

5. كم تساوي الكتلة الجزيئية النسبية لغاز الأمونيا (NH_3)؟
   a. 10 amu
   b. 1.008 amu
   c. 17.031 amu
   d. 14.007 amu

   c. 17.031 amu

تقويم الدّرس 2-1

الإجابات

6. يمتلك الأنتيمون (Sb) نظيرَيْن موجودَيْن بشكل طبيعي. وقد أُدرجت الكتل النظائرية والوفرة النسبية في الجدول أدناه. حدّد الكتلة الذرّية النسبية لعنصر الأنتيمون، مُبيّنًا طريقة الحل.

النظير	الكتلة النظائرية، I	الوفرة النسبية (%)
Sb-121	120.9 amu	57.3
Sb-123	122.9 amu	42.7

$$A_r = \frac{(57.3 \times 120.9) + (42.7 \times 122.9)}{100} = 121.75\ amu$$

7. استخدم الجدول الدوري لحساب كتلة الصيغة النسبية (M_r)، للمركّب Cu_2CO_3.

$$M_r = n_1m_1 + n_2m_2 + n_3m_3$$

$$M_r = 2(63.54) + 1(12.01) + 3(16.00) = 187.09\ amu$$

8. احسب النسبة المئوية بالكتلة لعنصر الكربون الموجود في مُركَّب البروبان، C_3H_8، إذا علمت أنّ الكتلة الجُزيئية النسبية (M_r)، للبروبان تساوي 44.097 amu. وباستخدام القيم الآتية:

$H : m_H = 1.008\ amu$

$C : m_C = 12.011\ amu$

$$\%\ Carbon = \frac{(3)(12.011)}{44.097} \times 100 = 81.71\%$$

إعادة تدريس

1. ناقشنا كتلة الذرّة وحجمها في هذا الدرس.
2. اشرح للطلّاب الحقيقة الآتية إذا وضعنا نقطة متناهية في الصغر من الزيت في كأس زجاجية مليئة بالماء، فإنّ الزيت سوف ينتشر إلى أن يصل إلى حالة لا يمكنه فيها الانتشار أكثر من ذلك.
3. يمكن أن يكون هذا الانتشار بسُمْك ذرّة واحدة تقريبًا.
4. إذا استطعنا أن نقيس سُمْك نقطة الزيت، فإنّ هذا يساوي قطر ذرّة تقريبًا.
5. مع ذلك، لا يمكننا قياس ارتفاع نقطة الزيت التي انتشرت؛ ولكنْ، إذا استخدمنا حجم نقطة الزيت ونصف قطر انتشارها، فإنّ بإمكاننا قياس ارتفاع نقطة الزيت هذه.
6. يمكن أن يبتكر الطلّاب استراتيجية لتنفيذ هذه التجربة.

إثراء

1. يمكن أن يختبر الطلّاب أفكارهم التي طوّروها في فقرة "إعادة التدريس".
2. تُعدّ عملية قياس حجم نقطة الزيت صعبة للغاية، إلّا أنّ عملية قياس حجم 100 نقطة من الزيت ثمّ قسمتها على 100 ستكون سهلة وأكثر جدوى.
3. بعد الانتهاء من تنفيذ التجربة، اسأل الطلّاب عن رأيهم في مدى دقّة قراءتهم التي حصلوا عليها.

ملاحظات

الدرس 2-2
المعادلات الكيميائية

مصادر تعلّم الدرس

الموضوع / الوقت	المحتوى	موارد كتاب الطالب	موارد دليل المعلم
$\frac{1}{2}$ حصّة	حفظ الكتلة أثناء حدوث التفاعلات الكيميائية	الصفحتان 65، 66	الصفحة 82
1 حصّة	كتابة الصيغ الكيميائية	الصفحة 67	الصفحة 83
1 حصّة	المعادلات الكيميائية	الصفحة 68	الصفحة 84
1 $\frac{1}{2}$ حصّة	موازنة المعادلات الكيميائية	الصفحات 69-71	الصفحات 85-87
1 حصّة	تقنيات إضافية لموازنة المعادلات الكيميائية	الصفحتان 72، 73	الصفحتان 88، 89
1 حصّة	المعادلات الأيونية	الصفحتان 74، 75	الصفحة 90
1 حصّة	نشاط: موازنة المعادلات الكيميائية	الصفحة 76	الصفحة 91 ورقة عمل 2-2

الزمن المقترح للدرس

يجب أن يستغرق تدريس هذا الدرس مدة زمنية مقدارها 7 حصص صفية تتضمّن نشاطًا استقصائيًّا واحدًا وأفكارًا للدراسة والمناقشة.

الأنشطة	مواد من أجل النشاط
2-2 موازنة المعادلات الكيميائية	مجموعة النماذج الجزيئية، ورقة عمل

مخرجات التعلّم

C1001.1 يكتب معادلات كيميائية موزونة تتضمّن رموز الحالة (s, l, g, aq) بما في ذلك المعادلات الأيونية.

المعرفة السابقة

يجب أن يكون الطلّاب على دراية بما يأتي:

- كيفية حساب الكتلة الذرية النسبية والكتلة الجزيئية النسبية.
- قانون حفظ الكتلة.

المفردات

Chemical equation	المعادلة الكيميائية
Polyatomic ions	أيونات متعددة الذرات
Spectator ions	الأيونات المتفرّجة
Net ionic equation	المعادلة الأيونية النهائية

افتتاحية الدرس

1. **يدمج:** تمّ تصميم نشاط "يدمج" هذا لتقديم مفهوم حفظ الكتلة للطلّاب. سيلاحظ الطلّاب أنّ المواد المتفاعلة مختلفة عن المواد الناتجة، لكن مجموع الكتلة الكلّية للمواد المتفاعلة تكون مساوية لمجموع الكتلة الكلّية للمواد الناتجة.

2. **ملحوظة للمعلم:** استخدم محلول $Pb(NO_3)_2$ تركيزه 0.1 M ومحلول KI تركيزه 0.1 M. اتبع إجراءات الأمن والسلامة. وبعد إجراء التفاعل، اجمع راسب المركّب PbI_2 ذي اللون الأصفر، ورشّحه، وجفّفه، ثمّ تخلّص منه بالطريقة الصحيحة.

الأسئلة:

a. ما الدليل على حدوث تفاعل كيميائي؟

المواد المتفاعلة كانت جميعها مواد سائلة (محاليل) بينما لوحظ خلال التفاعل تكوين راسب أصفر اللون (مادة ناتجة صلبة) إلى جانب مادة سائلة .

b. هل تغيّرت الكتلة بعد حدوث التفاعل؟ **لم تتغيّر الكتلة بعد حدوث التفاعل.**

c. هل تمّ تحقيق قانون حفظ الكتلة؟ وضّح إجابتك.

نعم، تمّ تحقيق قانون حفظ الكتلة، لأنّ مجموع الكتلة الكلّية للمواد الناتجة تساوي مجموع كتل المواد المتفاعلة.

الدرس 2-2

المعادلات الكيميائية
Chemical Equations

في علم الرياضيات نستخدم المعادلات لنَصِف العمليات الحسابية. كأن نمثّل عملية جمع رقمين على النحو الآتي: $22 + 11 = 33$.

أمّا في علم الكيمياء فنستخدم المعادلات الكيميائية لنَصِف التفاعُلات الكيميائية، فمثلاً: عند إضافة كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$ إلى الخل، يحدث تفاعُل بين كربونات الصوديوم الهيدروجينية وحمض الأستيك في الخل، لينتج أسيتات الصوديوم والماء ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون (**الشكل 2-12**). نمثّل هذا التفاعُل بالمعادلة الكيميائية الآتية:

$$NaHCO_{3\,(s)} + CH_3COOH_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2\,(g)} + CH_3COONa_{(aq)}$$

كما درست سابقًا، هناك أدلة عديدة تشير إلى حدوث تفاعل كيميائي. فمثلاً يمكن أن يتصاعد غاز (كما في **الشكل 2-12**)، أو تتكوّن مادة صلبة (راسب) (كما في **الشكل 2-13**). كما يمكن لمادة صلبة أن تتفاعل لتتحوّل لمادة أخرى ذائبة في المحلول.

سوف تتعلّم في هذا الدرس، كيف تكتب المعادلات الكيميائية التي تصف حدوث التفاعُلات الكيميائية بشكل كمّي ونوعي.

الشكل 2-12 تكوّن غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من تفاعل صودا الخبيز (كربونات الصوديوم الهيدروجينية) مع الخل.

الشكل 2-13 تكوّن مركّب هيدروكسيد النحاس (II) الأزرق الصلب أثناء تفاعُل كيميائي.

مخرجات التعلُّم

C1001.1 يكتب معادلات كيميائية موزونة تتضمّن رموز الحالة (s, l, g, aq) بما في ذلك المعادلات الأيونية.

المفردات

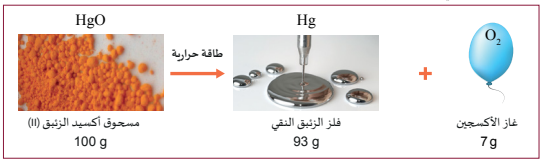
Chemical equation	المعادلة الكيميائية
Polyatomic ions	أيونات متعددة الذرات
Spectator ions	الأيونات المتفرّجة
Net ionic equation	المعادلة الأيونية النهائية

65

حفظ الكتلة أثناء حدوث التفاعُلات الكيميائية

يتفكّك أكسيد الزئبق (II)، HgO، عند تسخينه تفكُّكًا كيميائيًا لِيُنتج غاز الأكسجين (O_2)، وفلز الزئبق السائل (Hg). فإذا كنت تستطيع جمع غاز الأكسجين الناتج، ستجد أن كتلة أكسيد الزئبق (II) الذي تمّ تسخينه تساوي مجموع كتلتَي الزئبق السائل وغاز الأكسجين المُتصاعد (**الشكل 2-14**).

ولا بدّ، أثناء حدوث التفاعُلات الكيميائية جميعها، من تحقيق قانون حفظ الكتلة، الذي ينصّ على أنّه عند حدوث أي تفاعل كيميائي فإنّ مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة عن هذا التفاعل. وسوف يؤدّيك النشاط الآتي بدليل يدعم هذا القانون.



الشكل 2-14 قانون حفظ الكتلة: كتلة أكسيد الزئبق (II) الذي تفكك تساوي مجموع كتلتَي الزئبق النقي وغاز الأكسجين المُتصاعد.

نشاط

اعمل في مجموعة ثنائية.

1. ضع 10 mL من محلول نيترات الرصاص (II)، $Pb(NO_3)_2$، في كأس زجاجية مُدرّجة سعتها 50 mL.
2. ضع 10 mL من محلول يوديد البوتاسيوم، KI، في كأس زجاجية مُدرّجة أخرى سعتها 50 mL.
3. ضع كلتا الكأسَين على الميزان، وسجّل الكتلة.
4. أبعد كلتا الكأسين عن الميزان.
5. صبّ محلول يوديد البوتاسيوم في الكأس التي تحتوي على محلول نيترات الرصاص (II)، ثم ضع كلتا الكأسَين على الميزان مرة أخرى.
6. بعد مضي دقيقة، سجّل ملاحظاتك.
7. سجّل كتلة كلتا الكأسَين.

الشكل 2-15 عند تفاعل محلول يوديد البوتاسيوم مع محلول نيترات الرصاص (II)، يتكوّن الراسب يوديد الرصاص (II) الأصفر اللون.

الأسئلة

a. ما الدليل على حدوث تفاعُل كيميائي؟

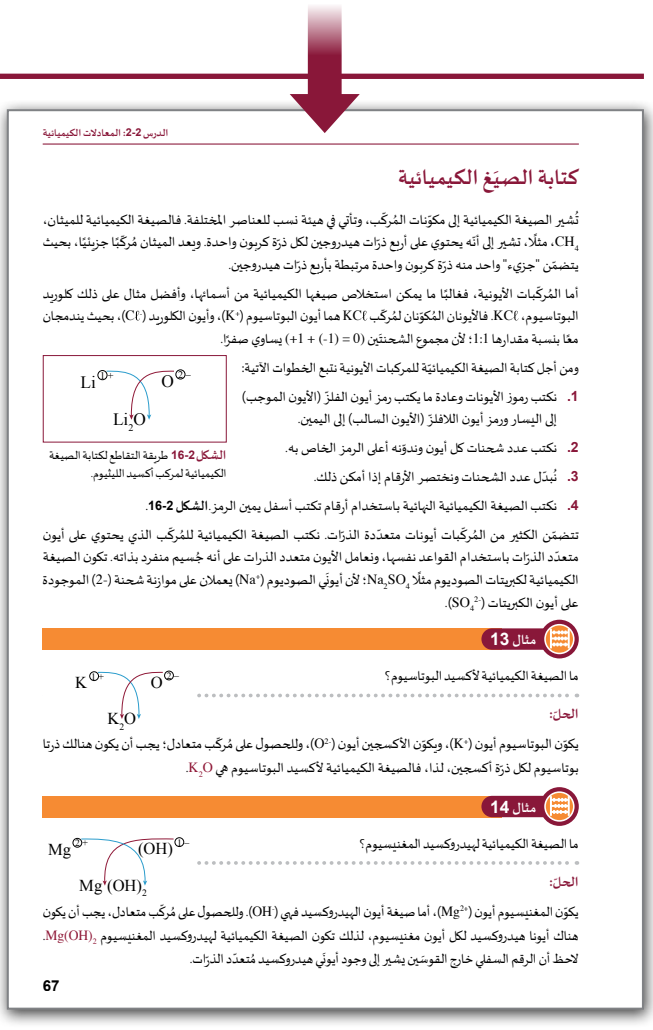
b. هل تغيّرت الكتلة بعد حدوث التفاعُل؟

c. هل تمّ تحقيق قانون حفظ الكتلة؟ وضّح إجابتك.

66

كتابة الصيغ الكيميائية

1. بعد الانتهاء من الدرس الأول، يكون الطلّاب على دراية بالصيغ الكيميائية للمركّبات، لكنهم لا يعلمون كيفية كتابتها.
2. ذكّر الطلّاب بأنّ الصيغ الكيميائية تخبرنا بعدد الذرّات ونوعها لكلّ عنصر موجود في الصيغة الكيميائية.
3. في المركّب الأيوني، نحتاج في البداية إلى كتابة الشحنة الموجبة على الأيون الموجب، ثمّ كتابة الشحنة السالبة على الأيون السالب. وللحصول على مركّب يحمل شحنة متعادلة مقدارها 0، نحتاج إلى تحديد عدد الأيونات الموجبة والسالبة التي يجب أن تكون موجودة لكتابة صيغة هذا المركّب بشكل صحيح.
4. استخدم طريقة التقاطع (Criss-cross) لكتابة صيغة المركّب بشكل صحيح كما يوضح **الشكل 2-16**.
5. وضّح للطلّاب كيفيّة كتابة الصيغة الكيميائية في المثالَين 13 و 14 ثمّ اطلب إلى الطلّاب كتابة بعض الصيغ الكيميائية، مثال كلوريد الكالسيوم وكبريتيد الباريوم وغيرها.



الدرس 2-2: المعادلات الكيميائية

كتابة الصيَغ الكيميائية

تُشير الصيغة الكيميائية إلى مكوّنات المُركّب، وتأتي في هيئة نسب للعناصر المختلفة. فالصيغة الكيميائية للميثان، CH_4، مثلًا، تشير إلى أنّه يحتوي على أربع ذرّات هيدروجين لكل ذرّة كربون واحدة. وبعد الميثان مُركّبًا جزيئيًا، بحيث يتضمّن "جزيء" واحد منه ذرّة كربون واحدة مرتبطة بأربع ذرّات هيدروجين.

أما المُركّبات الأيونية، فغالبًا ما يمكن استخلاص صيغها الكيميائية من أسمائها، وأفضل مثال على ذلك كلوريد البوتاسيوم، $KC\ell$. فالأيونان المُكوّنان لمُركّب $KC\ell$ هما أيون البوتاسيوم (K^+)، وأيون الكلوريد ($C\ell^-$)، بحيث يندمجان معًا بنسبة مقدارها 1:1؛ لأن مجموع الشحنتَين (0 = (1-) + 1+) يساوي صفرًا.

ومن أجل كتابة الصيغة الكيميائيّة للمركبات الأيونية نتبع الخطوات الآتية:

1. نكتب رموز الأيونات وعادة ما يكتب رمز أيون الفلزّ (الأيون الموجب) إلى اليسار ورمز أيون اللافلزّ (الأيون السالب) إلى اليمين.
2. نكتب عدد شحنات كل أيون وندوّنه أعلى الرمز الخاص به.
3. نُبدّل عدد الشحنات ونختصر الأرقام إذا أمكن ذلك.
4. نكتب الصيغة الكيميائية النهائية باستخدام أرقام تكتب أسفل يمين الرمز. **الشكل 2-16**.

الشكل 2-16 طريقة التقاطع لكتابة الصيغة الكيميائية لمركب أكسيد الليثيوم.

تتضمّن الكثير من المُركّبات أيونات متعدّدة الذرّات. نكتب الصيغة الكيميائية للمُركّب الذي يحتوي على أيون متعدّد الذرّات باستخدام القواعد نفسها، ونعامل الأيون متعدد الذرات على أنه جُسيم منفرد بذاته. تكون الصيغة الكيميائية لكبريتات الصوديوم مثلًا Na_2SO_4؛ لأن أيوني الصوديوم (Na^+) يعملان على موازنة شحنة (2-) الموجودة على أيون الكبريتات (SO_4^{2-}).

مثال 13

ما الصيغة الكيميائية لأكسيد البوتاسيوم؟

الحل:

يكوّن البوتاسيوم أيون (K^+)، ويكوّن الأكسجين أيون (O^{2-})، وللحصول على مُركّب متعادل؛ يجب أن يكون هنالك ذرتا بوتاسيوم لكل ذرّة أكسجين، لذا، فالصيغة الكيميائية لأكسيد البوتاسيوم هي K_2O.

مثال 14

ما الصيغة الكيميائية لهيدروكسيد المغنيسيوم؟

الحل:

يكوّن المغنيسيوم أيون (Mg^{2+})، أما صيغة أيون الهيدروكسيد فهي (OH^-). وللحصول على مُركّب متعادل، يجب أن يكون هنالك أيونا هيدروكسيد لكل أيون مغنيسيوم، لذلك تكون الصيغة الكيميائية لهيدروكسيد المغنيسيوم $Mg(OH)_2$.

لاحظ أن الرقم السفلي خارج القوسَين يشير إلى وجود أيوني هيدروكسيد مُتعدّد الذرّات.

67

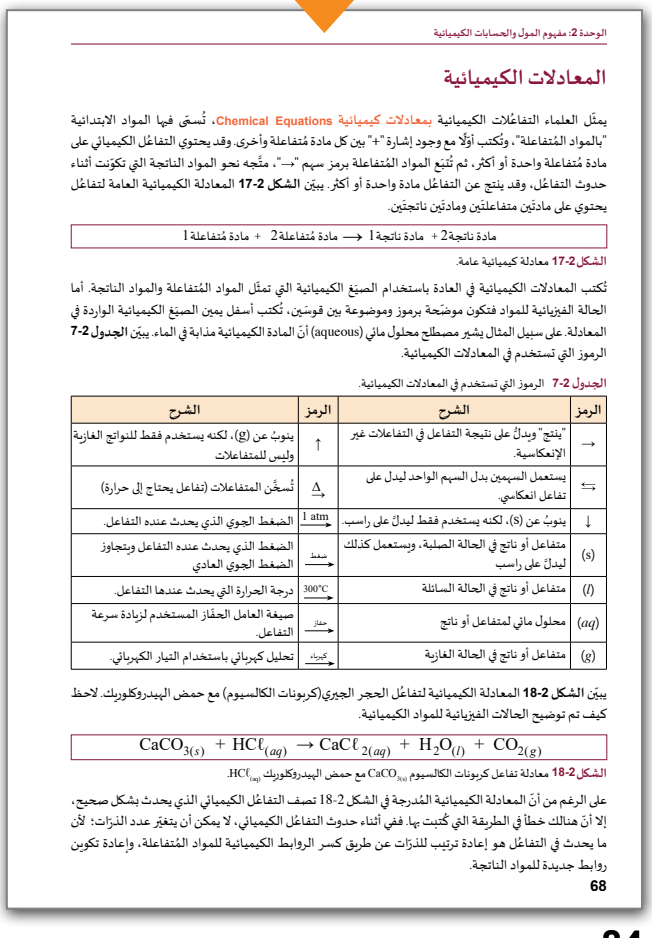
المعادلات الكيميائية

1. توضح لنا المعادلات الكيميائية كيف تتكوّن المواد الناتجة من المواد المتفاعلة.
2. لكتابة معادلة كيميائية بشكل صحيح، نحتاج إلى معرفة الصيغ الكيميائية لكلّ من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة إلى جانب حالة كلّ مادة والشروط اللازمة لإكمال التفاعل.
3. اطلب إلى الطلّاب كتابة المعادلة الكيميائية للتفاعل المدرج في نشاط "يدمج".

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

4. قد يحتاج الطلّاب إلى مساعدة ليفهموا أنّ المواد الناتجة هي المادة الراسبة الصفراء اللون يوديد الرصاص ومحلول نيترات البوتاسيوم.
5. اطلب إلى الطلّاب كتابة رموز الحالة لكلّ من المواد المتفاعلة والمواد الناتجة.
6. راجع مع الطلّاب الرموز المستخدمة في المعادلات الكيميائية والواردة في **الجدول 2-7**. ذكّرهم بأنّه ليس من الضروري أن تكون جميع هذه الرموز في تفاعل واحد.
7. راجع مع الطلّاب المعادلة الكيميائية في **الشكل 2-18** واطرح عليهم السؤال: ماذا يحدث خلال التفاعل الكيميائي؟

تتكسّر روابط بين ذرّات المواد المتفاعلة وتتكوّن روابط أخرى لتكوين المواد الناتجة (إعادة ترتيب للذرّات).



المعادلات الكيميائية

يمثّل العلماء التفاعُلات الكيميائية بمعادلات كيميائية Chemical Equations، تُسمّى فيها المواد الابتدائية "بالمواد المُتفاعلة"، وتُكتب أوّلًا مع وجود إشارة "+" بين كل مادة مُتفاعلة وأخرى. وقد يحتوي التفاعُل الكيميائي على مادة مُتفاعلة واحدة أو أكثر، ثم تُتبَع المواد المُتفاعلة برمز سهم "⟶"، متّجه نحو المواد الناتجة التي تكوّنت أثناء حدوث التفاعُل، وقد ينتج عن التفاعُل مادة واحدة أو أكثر. يبيّن **الشكل 2-17** المعادلة الكيميائية العامة لتفاعُل يحتوي على مادتَين متفاعلتَين ومادتَين ناتجتَين.

مادة ناتجة 2 + مادة ناتجة 1 ⟶ مادة مُتفاعلة 2 + مادة مُتفاعلة 1

الشكل 2-17 معادلة كيميائية عامة.

تُكتب المعادلات الكيميائية في العادة باستخدام الصيَغ الكيميائية التي تمثّل المواد المُتفاعلة والمواد الناتجة. أما الحالة الفيزيائية للمواد فتكون موضّحة برموز وموضوعة بين قوسَين، تُكتب أسفل يمين الصيَغ الكيميائية الواردة في المعادلة. على سبيل المثال يشير مصطلح محلول مائي (aqueous) أنّ المادة الكيميائية مذابة في الماء. يبيّن **الجدول 2-7** الرموز التي تستخدم في المعادلات الكيميائية.

الجدول 2-7 الرموز التي تستخدم في المعادلات الكيميائية.

الرمز	الشرح	الرمز	الشرح
→	"ينتج" ويدلُّ على نتيجة التفاعل في التفاعلات غير الإنعكاسية.	↑	ينوبُ عن (g)، لكنه يستخدم فقط للنواتج الغازية وليس للمتفاعلات
⇆	يستعمل السهمين بدل السهم الواحد ليدل على تفاعل انعكاسي.	$\xrightarrow{\Delta}$	تُسخَّن المتفاعلات (تفاعل يحتاج إلى حرارة)
↓	ينوبُ عن (s)، لكنه يستخدم فقط ليدلّ على راسب.	$\xrightarrow{1\ atm}$	الضغط الجوي الذي يحدث عنده التفاعل.
(s)	متفاعل أو ناتج في الحالة الصلبة، ويستعمل كذلك ليدلّ على راسب	$\xrightarrow{ضغط}$	الضغط الذي يحدث عنده التفاعل ويتجاوز الضغط الجوي العادي
(l)	متفاعل أو ناتج في الحالة السائلة	$\xrightarrow{300°C}$	درجة الحرارة التي يحدث عندها التفاعل.
(aq)	محلول مائي لمتفاعل أو ناتج	$\xrightarrow{حفاز}$	صيغة العامل الحفّاز المستخدم لزيادة سرعة التفاعل.
(g)	متفاعل أو ناتج في الحالة الغازية	$\xrightarrow{كهرباء}$	تحليل كهربائي باستخدام التيار الكهربائي.

يبيّن **الشكل 2-18** المعادلة الكيميائية لتفاعُل الحجر الجيري(كربونات الكالسيوم) مع حمض الهيدروكلوريك. لاحظ كيف تم توضيح الحالات الفيزيائية للمواد الكيميائية.

$$CaCO_{3(s)} + HC\ell_{(aq)} \rightarrow CaC\ell_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

الشكل 2-18 معادلة تفاعل كربونات الكالسيوم $CaCO_{3(s)}$ مع حمض الهيدروكلوريك $HC\ell_{(aq)}$.

على الرغم من أنّ المعادلة الكيميائية المُدرجة في الشكل 2-18 تصف التفاعُل الكيميائي الذي يحدث بشكل صحيح، إلا أنّ هنالك خطأً في الطريقة التي كُتبت بها. ففي أثناء حدوث التفاعُل الكيميائي، لا يمكن أن يتغيّر عدد الذرّات؛ لأن ما يحدث في التفاعُل هو إعادة ترتيب للذرّات عن طريق كسر الروابط الكيميائية للمواد المُتفاعلة، وإعادة تكوين روابط جديدة للمواد الناتجة.

68

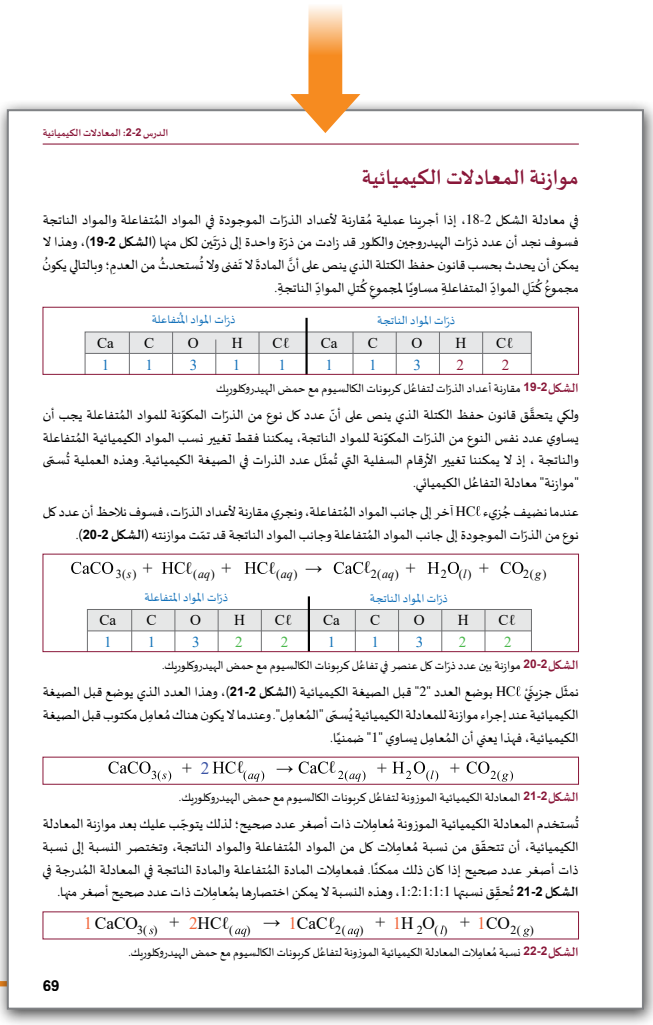
موازنة المعادلات الكيميائية

1. اطلب إلى الطلّاب ملاحظة المعادلة التي كتبوها للتفاعل الذي حدث بين $Pb(NO_3)_2$ و KI، والتأكُّد من أنّ المادتين الناتجتين هما PbI_2 و KNO_3. واسأل : ما الغريب في هذه المعادلة؟

يجب أن يذكر الطلّاب أنّ هناك أيون يوديد واحدًا فقط في جانب المواد المتفاعلة، وأصبح هناك أيونان من اليوديد في جانب المواد الناتجة. وهذا صحيح أيضًا بالنسبة إلى أيونات النيترات.

2. عند هذه النقطة، يمكن للمعلم أن يذكّر الطلّاب بأنّنا لم نضع في الحقيقة أيونات منفردة في الكؤوس الزجاجية بالنسبة إلى التفاعل، بل إنّنا وضعنا كمية كبيرة من الأيونات في هذه الكؤوس.

3. لهذا السبب، نحتاج إلى موازنة المعادلات، لمعرفة أصغر كمية من الأيونات والذرّات اللازمة لحدوث التفاعل.



الدرس 2-2: المعادلات الكيميائية

موازنة المعادلات الكيميائية

في معادلة الشكل 2-18، إذا أجرينا عملية مُقارنة لأعداد الذرّات الموجودة في المواد المُتفاعلة والمواد الناتجة فسوف نجد أن عدد ذرّات الهيدروجين والكلور قد زادت من ذرّة واحدة إلى ذرّتَين لكل منها (**الشكل 2-19**)، وهذا لا يمكن أن يحدث بحسب قانون حفظ الكتلة الذي ينص على أنَّ المادةَ لا تَفنى ولا تُستحدثُ من العدم؛ وبالتالي يكونُ مجموعُ كُتَل الموادّ المتفاعلة مساويًا لمجموعِ كُتل الموادّ الناتجة.

ذرّات المواد المُتفاعلة					ذرّات المواد الناتجة				
Ca	C	O	H	Cℓ	Ca	C	O	H	Cℓ
1	1	3	1	1	1	1	3	2	2

الشكل 2-19 مقارنة أعداد الذرّات لتفاعُل كربونات الكالسيوم مع حمض الهيدروكلوريك

ولكي يتحقَّق قانون حفظ الكتلة الذي ينص على أنّ عدد كل نوع من الذرّات المكوّنة للمواد المُتفاعلة يجب أن يساوي عدد نفس النوع من الذرّات المكوّنة للمواد الناتجة، يمكننا فقط تغيير نسب المواد الكيميائية المُتفاعلة والناتجة ، إذ لا يمكننا تغيير الأرقام السفلية التي تُمثّل عدد الذرات في الصيغة الكيميائية. وهذه العملية تُسمّى "موازنة" معادلة التفاعُل الكيميائي.

عندما نضيف جُزيء $HC\ell$ آخر إلى جانب المواد المُتفاعلة، ونجري مقارنة لأعداد الذرّات، فسوف نلاحظ أن عدد كل نوع من الذرّات الموجودة إلى جانب المواد المُتفاعلة وجانب المواد الناتجة قد تمّت موازنته (**الشكل 2-20**).

$$CaCO_{3(s)} + HC\ell_{(aq)} + HC\ell_{(aq)} \rightarrow CaC\ell_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

ذرّات المواد المتفاعلة					ذرّات المواد الناتجة				
Ca	C	O	H	Cℓ	Ca	C	O	H	Cℓ
1	1	3	2	2	1	1	3	2	2

الشكل 2-20 موازنة بين عدد ذرّات كل عنصر في تفاعُل كربونات الكالسيوم مع حمض الهيدروكلوريك.

نمثّل جزيئَيْ $HC\ell$ بوضع العدد "2" قبل الصيغة الكيميائية (**الشكل 2-21**)، وهذا العدد الذي يوضع قبل الصيغة الكيميائية عند إجراء موازنة للمعادلة الكيميائية يُسمّى "المُعامِل". وعندما لا يكون هناك مُعامِل مكتوب قبل الصيغة الكيميائية، فهذا يعني أن المُعامِل يساوي "1" ضمنيًا.

$$CaCO_{3(s)} + 2\,HC\ell_{(aq)} \rightarrow CaC\ell_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

الشكل 2-21 المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعُل كربونات الكالسيوم مع حمض الهيدروكلوريك.

تُستخدم المعادلة الكيميائية الموزونة مُعامِلات ذات أصغر عدد صحيح؛ لذلك يتوجّب عليك بعد موازنة المعادلة الكيميائية، أن تتحقّق من نسبة مُعامِلات كل من المواد المُتفاعلة والمواد الناتجة، وتختصر النسبة إلى نسبة ذات أصغر عدد صحيح إذا كان ذلك ممكنًا. فمعامِلات المادة المُتفاعلة والمادة الناتجة في المعادلة المُدرجة في **الشكل 2-21** تُحقّق نسبتها 1:1:1:1:2، وهذه النسبة لا يمكن اختصارها بمُعامِلات ذات عدد صحيح أصغر منها.

$$1\,CaCO_{3(s)} + 2HC\ell_{(aq)} \rightarrow 1CaC\ell_{2(aq)} + 1H_2O_{(l)} + 1CO_{2(g)}$$

الشكل 2-22 نسبة مُعامِلات المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعُل كربونات الكالسيوم مع حمض الهيدروكلوريك.

69

تابع - موازنة المعادلات الكيميائية

1. لا توجد طريقة مختصرة لموازنة المعادلات الكيميائية.

2. الطريقة الوحيدة الأكيدة للحصول على الإجابة الصحيحة هي إنشاء جدول المقارنة، وزيادة عدد ذرّات أحد العناصر، ثمّ حساب عدد ذرّات العناصر المتبقية الموجودة في المعادلة الكيميائية وتكرار المحاولات حتى تتساوى أعداد الذرات لكلّ عنصر في طرفي المعادلة.

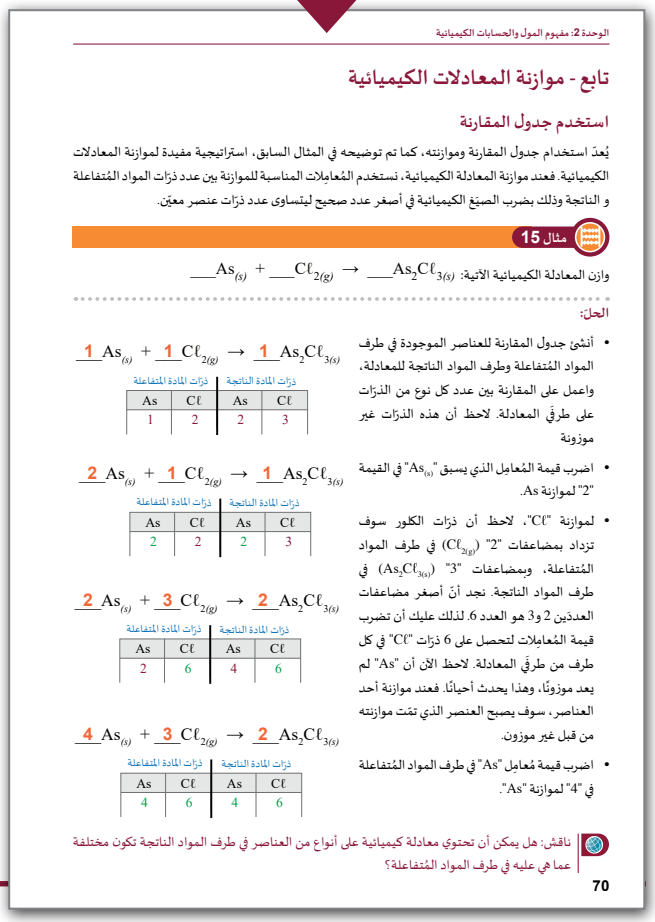
3. تدرّبنا على هذه الطريقة في المثال 15؛ لذا، اطلب إلى الطلّاب موازنة معادلة التفاعل الذي يحدث بين $Pb(NO_3)_2$ و KI، التفاعل الوارد في نشاط يدمج في بداية الدرس، باستخدام جدول المقارنة.

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

4. **يستكشف:** ناقش: هل يمكن أن تحتوي معادلة كيميائية على أنواع من العناصر في طرف المواد الناتجة تكون مختلفة عمّا هي عليه في طرف المواد المتفاعلة؟

من غير الممكن أن تظهر عناصر مختلفة على جانب المواد الناتجة للمعادلة الكيميائية التي تمثّل تفاعلًا كيميائيًّا. إذ إنّه في أثناء حدوث التفاعل الكيميائي، تتكسّر الروابط بين الذرّات لتتكوّن بينها روابط جديدة، ويعاد ترتيب الذرّات، لإنتاج مواد ناتجة جديدة تحتوي على نوع الذرّات نفسه في المواد المتفاعلة، إذ لا ينتج ذرات جديدة خلال التفاعل الكيميائي. وذلك تطبيقًا لقانون حفظ الكتلة .

5. يمكن أن يضيف المعلم ما يأتي: لكي يظهر عنصر جديد على هيئة مادة ناتجة، يجب أن يتغيّر عدد البروتونات الموجودة في نواة الذرّات، ويمكن أن يحدث هذا في التفاعلات النووية وليس في التفاعلات الكيميائية.



الوحدة 2: مفهوم المول والحسابات الكيميائية

تابع - موازنة المعادلات الكيميائية

استخدم جدول المقارنة

يُعدّ استخدام جدول المقارنة وموازنته، كما تم توضيحه في المثال السابق، استراتيجية مفيدة لموازنة المعادلات الكيميائية. فعند موازنة المعادلة الكيميائية، نستخدم المُعاملات المناسبة للموازنة بين عدد ذرّات المواد المُتفاعلة و الناتجة وذلك بضرب الصيَغ الكيميائية في أصغر عدد صحيح ليتساوى عدد ذرّات عنصر معيّن.

مثال 15

وازن المعادلة الكيميائية الآتية: $__As_{(s)} + __C\ell_{2(g)} \rightarrow __As_2C\ell_{3(s)}$

الحل:

- أنشئ جدول المقارنة للعناصر الموجودة في طرفي المواد المُتفاعلة وطرفي المواد الناتجة للمعادلة، واعمل على المقارنة بين عدد كل نوع من الذرّات على طرفي المعادلة. لاحظ أن هذه الذرّات غير موزونة

$1\ As_{(s)} + 1\ C\ell_{2(g)} \rightarrow 1\ As_2C\ell_{3(s)}$

ذرّات المادة المتفاعلة		ذرّات المادة الناتجة	
As	Cℓ	As	Cℓ
1	2	2	3

- اضرب قيمة المُعامل الذي يسبق "$As_{(s)}$" في القيمة "2" لموازنة As.

$2\ As_{(s)} + 1\ C\ell_{2(g)} \rightarrow 1\ As_2C\ell_{3(s)}$

ذرّات المادة المتفاعلة		ذرّات المادة الناتجة	
As	Cℓ	As	Cℓ
2	2	2	3

- لموازنة "Cℓ"، لاحظ أن ذرات الكلور سوف تزداد بمضاعفات "2" ($C\ell_{2(g)}$) في طرف المواد المُتفاعلة، وبمضاعفات "3" ($As_2C\ell_{3(s)}$) في طرف المواد الناتجة. نجد أنّ أصغر مضاعفات العددين 2 و3 هو العدد 6. لذلك عليك أن تضرب قيمة المُعاملات لتحصل على 6 ذرّات "Cℓ" في كل طرف من طرفَي المعادلة. لاحظ الآن أن "As" لم يعد موزونًا، وهذا يحدث أحيانًا. فعند موازنة أحد العناصر، سوف يصبح العنصر الذي تمّت موازنته من قبل غير موزون.

$2\ As_{(s)} + 3\ C\ell_{2(g)} \rightarrow 2\ As_2C\ell_{3(s)}$

ذرّات المادة المتفاعلة		ذرّات المادة الناتجة	
As	Cℓ	As	Cℓ
2	6	4	6

- اضرب قيمة مُعامل "As" في طرف المواد المُتفاعلة في "4" لموازنة "As".

$4\ As_{(s)} + 3\ C\ell_{2(g)} \rightarrow 2\ As_2C\ell_{3(s)}$

ذرّات المادة المتفاعلة		ذرّات المادة الناتجة	
As	Cℓ	As	Cℓ
4	6	4	6

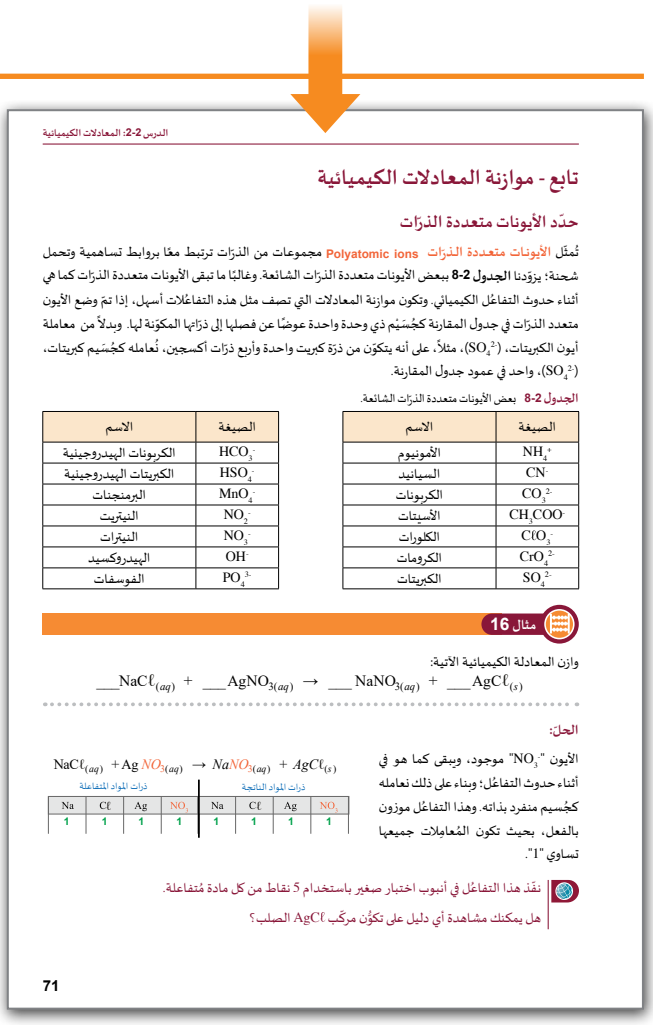
ناقش: هل يمكن أن تحتوي معادلة كيميائية على أنواع من العناصر في طرف المواد الناتجة تكون مختلفة عما هي عليه في طرف المواد المُتفاعلة؟

70

تابع - موازنة المعادلات الكيميائية

1. عند التعامل مع الأيونات متعدّدة الذرّات، تزداد مجموعة الذرّات كوحدة واحدة على جانبَي المعادلة الكيميائية.
2. اطلب إلى أحد الطلّاب أن يحلّ المثال 16 على السبّورة، مشدّدًا على التعامل مع أيون النيترات كوحدة واحدة.
3. **يستكشف:** نفّذ هذا التفاعل في أنبوب اختبار صغير باستخدام 5 نقاط من كلّ مادة متفاعلة. هل يمكنك مشاهدة أيّ دليل على تكوّن مركّب $AgC\ell$ الصلب؟

نعم، فالمحلولان اللذان خلطا معًا كانا صافيَين وعديمَي اللون ، ثمّ أصبح المحلول عكرًا أبيض اللون. وعند تركه لبضع دقائق، يبدأ المحلول بأنّ يصبح عديم اللون مرة أخرى بعد أن ترسّبت المادة الصلبة البيضاء في قاع أنبوب الاختبار.



الدرس 2-2: المعادلات الكيميائية

تابع - موازنة المعادلات الكيميائية

حدّد الأيونات متعددة الذرّات

تُمثّل **الأيونات متعددة الذرّات Polyatomic ions** مجموعات من الذرّات ترتبط معًا بروابط تساهمية وتحمل شحنة؛ يزوّدنا **الجدول 2-8** ببعض الأيونات متعددة الذرّات الشائعة. وغالبًا ما تبقى الأيونات متعددة الذرّات كما هي أثناء حدوث التفاعُل الكيميائي. وتكون موازنة المعادلات التي تصف مثل هذه التفاعُلات أسهل، إذا تمّ وضع الأيون متعدد الذرّات في جدول المقارنة كجُسَيْم ذي وحدة واحدة عوضًا عن فصلها إلى ذرّاتها المكوّنة لها. وبدلاً من معاملة أيون الكبريتات، (SO_4^{2-})، مثلاً، على أنه يتكوّن من ذرّة كبريت واحدة وأربع ذرّات أكسجين، نُعامله كجُسَيم كبريتات، (SO_4^{2-})، واحد في عمود جدول المقارنة.

الجدول 2-8 بعض الأيونات متعددة الذرّات الشائعة.

الصيغة	الاسم
NH_4^+	الأمونيوم
CN^-	السيانيد
CO_3^{2-}	الكربونات
CH_3COO^-	الأسيتات
$C\ell O_3^-$	الكلورات
CrO_4^{2-}	الكرومات
SO_4^{2-}	الكبريتات

الصيغة	الاسم
HCO_3^-	الكربونات الهيدروجينية
HSO_4^-	الكبريتات الهيدروجينية
MnO_4^-	البرمنجنات
NO_2^-	النيتريت
NO_3^-	النيترات
OH^-	الهيدروكسيد
PO_4^{3-}	الفوسفات

مثال 16

وازن المعادلة الكيميائية الآتية:

$$__NaC\ell_{(aq)} + __AgNO_{3(aq)} \rightarrow __NaNO_{3(aq)} + __AgC\ell_{(s)}$$

الحلّ:

الأيون "NO_3^-" موجود، ويبقى كما هو في أثناء حدوث التفاعُل؛ وبناء على ذلك نعامله كجُسَيم منفرد بذاته. وهذا التفاعُل موزون بالفعل، بحيث تكون المُعامِلات جميعها تساوي "1".

$$NaC\ell_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \rightarrow NaNO_{3(aq)} + AgC\ell_{(s)}$$

ذرات المواد المتفاعلة | ذرات المواد الناتجة

Na	Cℓ	Ag	NO_3	Na	Cℓ	Ag	NO_3
1	1	1	1	1	1	1	1

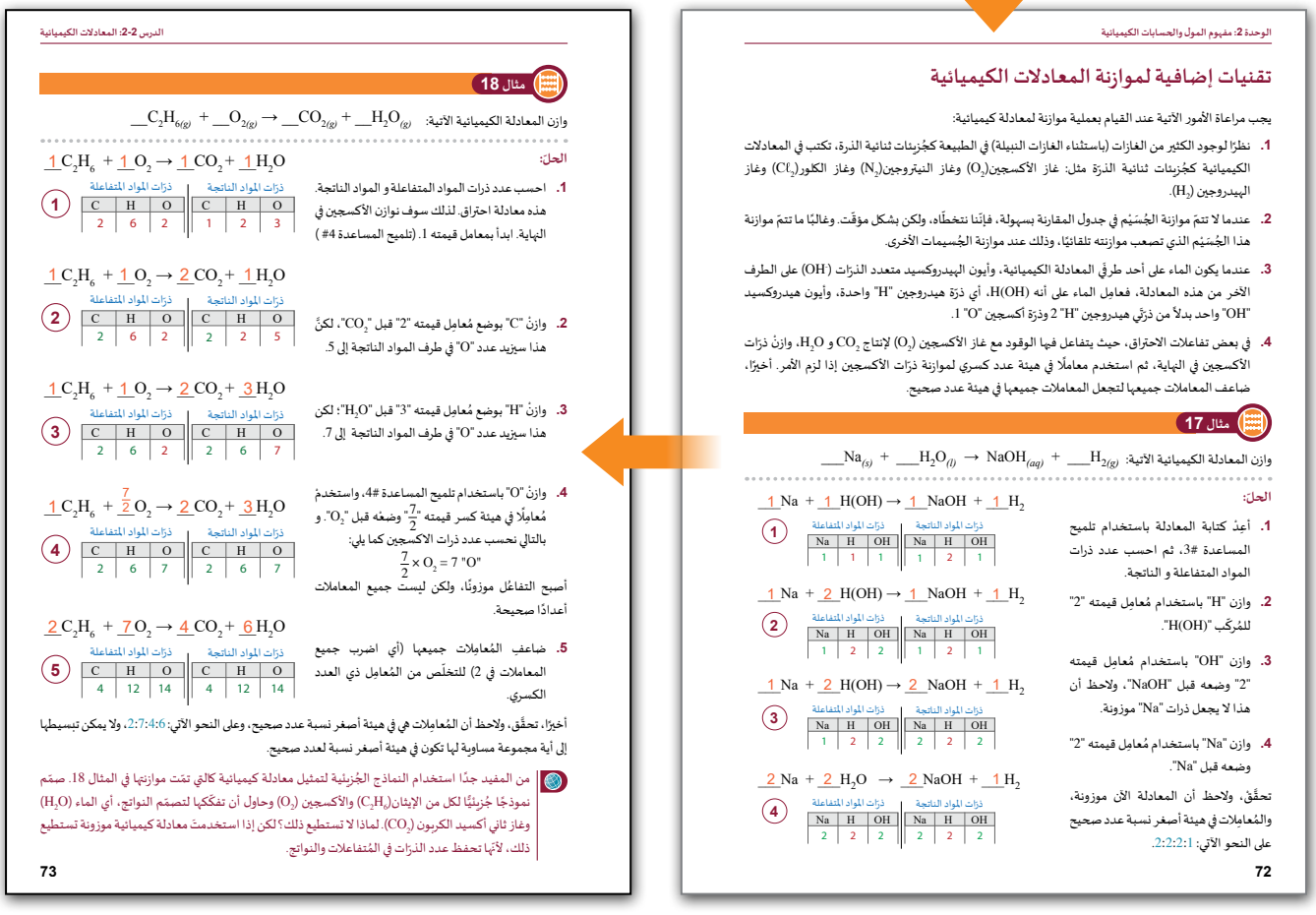
نفّذ هذا التفاعُل في أنبوب اختبار صغير باستخدام 5 نقاط من كل مادة مُتفاعلة.

هل يمكنك مشاهدة أي دليل على تكوُّن مركّب $AgC\ell$ الصلب؟

71

تقنيات إضافية لموازنة المعادلات الكيميائية

1. يجب على المعلم أن يراجع الإرشادات والتعليمات الواردة في كتاب الطالب لتسهيل موازنة المعادلات الكيميائية على الطلّاب.
2. يمكن أن يعيد الطلّاب كتابة إرشادات وتعليمات مفيدة بكلماتهم الخاصة إذا أرادوا ذلك في الجزء الخلفي من كتابهم المدرسي، لأنّ كتابة تلك الإرشادات والتعليمات سوف تساعد الطلّاب على تذكّرها.
3. اطلب إلى الطلّاب حلّ المثالَيْن 17، و18 من دون الرجوع إلى كتابهم المدرسي، واطلب إليهم تطبيق الإرشادات والتعليمات المفيدة في كلّ معادلة.
4. كم يبلغ عدد الإرشادات والتعليمات التي كان الطلّاب قادرين على استخدامها؟
5. هل ساعدت هذه الإرشادات والتعليمات بالفعل، وجعلت العملية أكثر وضوحًا؟
6. ضمن مجموعات ثنائية، يمكن أن يوازن الطلّاب المعادلات باستخدام مجموعة النماذج الجزيئية. سوف يبدأ الطلّاب ببناء النموذج باستخدام مجموعة واحدة من المواد المتفاعلة، ويحولونها إلى مواد ناتجة. فإذا لم يكن ذلك ممكنًا، فسوف يحتاجون إلى زيادة مادة متفاعلة واحدة، والاستمرار في زيادة المواد المتفاعلة إلى أن يصبح عدد الذرّات كافيًا للحصول على مواد ناتجة.

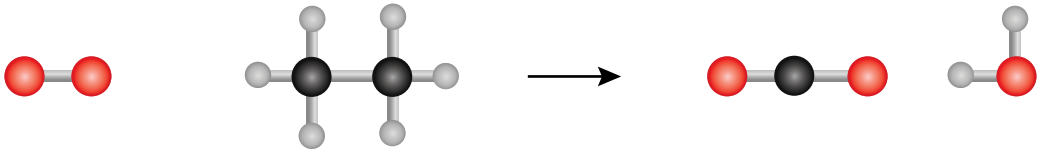


يستكشف: من المفيد جدًّا استخدام النماذج الجُزيئية لتمثيل معادلة كيميائية كالتي تمّت موازنتها في المثال 18. صمّم نموذجًا جُزيئيًّا لكلّ من الإيثان (C_2H_6) والأكسجين (O_2) وحاول أن تفكّكها لتصمّم النواتج، أي الماء (H_2O) وغاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2). لماذا لا تستطيع ذلك؟ لكن إذا استخدمتَ معادلة كيميائية موزونة تستطيع ذلك، لأنّها تحفظ عدد الذرّات في المُتفاعلات والنواتج.

تُعدّ النماذج الجزيئية مفيدة جدًا لموازنة المعادلة الكيميائية. مفتاح النماذج : الكرة الحمراء = ذرة أكسجين – الكرة السوداء = ذرة كربون – الكرة البيضاء = ذرة هيدروجين

نبدأ أولاً بالمعادلة غير الموزونة :

يستطيع الطالب أن يدرك هنا المشكلة :

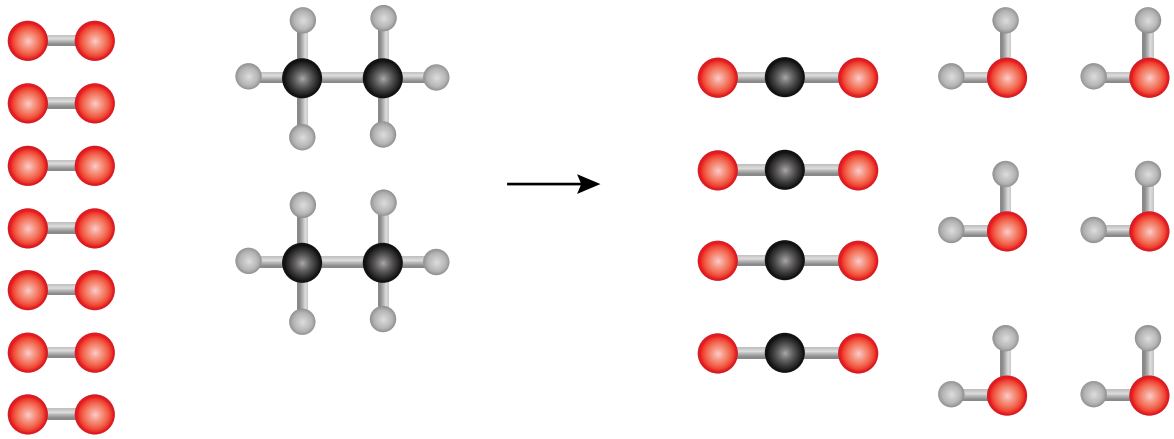


هناك 3 ذرات أكسجين في النو اتج مقابل ذرتين في المتفاعلات.

هناك ذرّتا كربون في المتفاعلات مقابل ذرة واحدة في النو اتج.

هناك 6 ذرات هيدروجين في المتفاعلات مقابل ذرتين في النو اتج.

الآن اطلب إلى الطلّاب بناء نماذج لكلّ جزيء في المعادلة الموزونة، هنا يمكن العمل كمجموعات ويمكن أن نجمع الجزيئات من مختلف المجموعات وبذلك لا يُضطرّ كلّ طالب إلى بناء 7 جزيئات أكسجين.

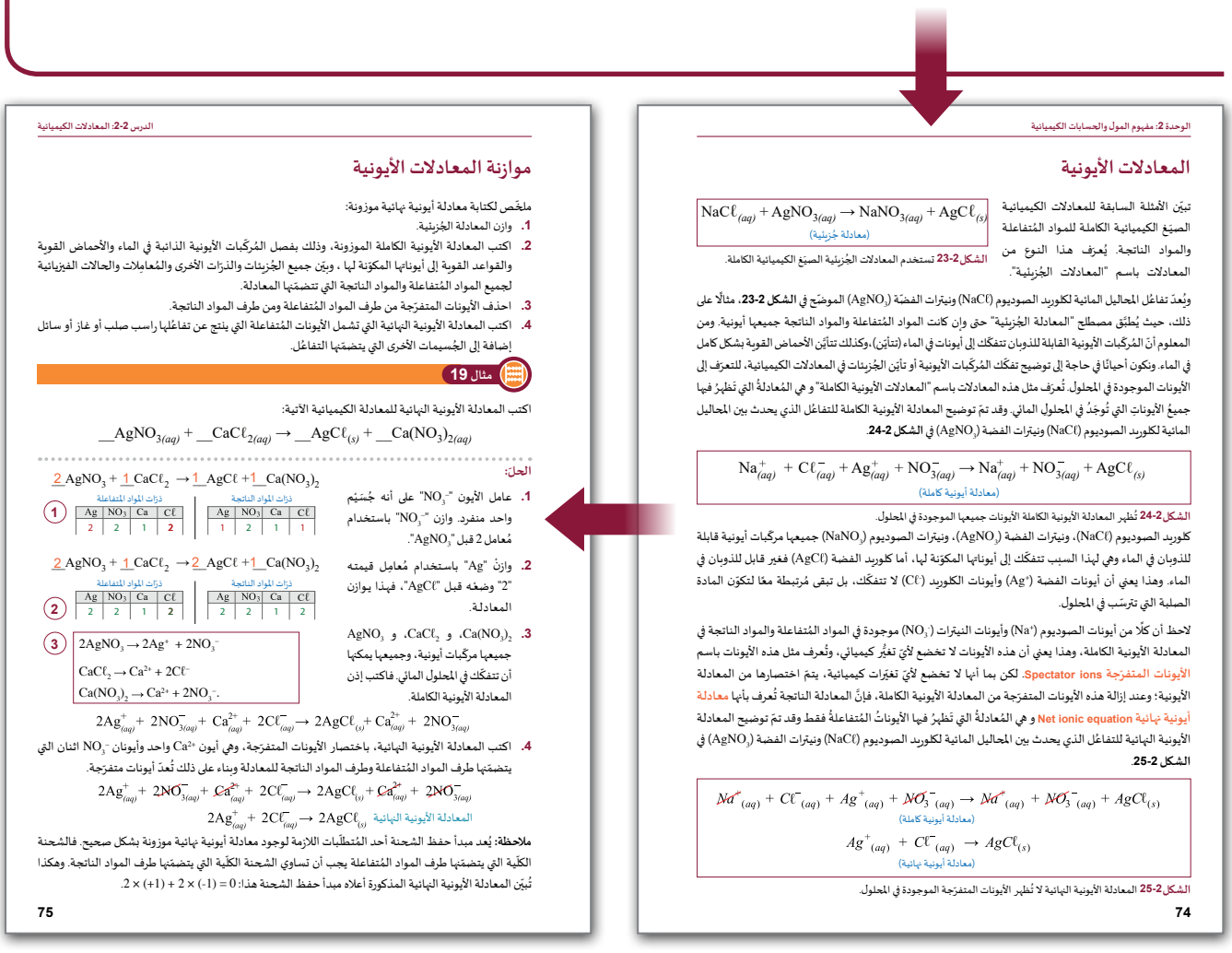


والآن يمكن للطلّاب أن يلاحظوا أنّ جميع الذرات في المتفاعلات قد استخدمت لبناء جزيئات النو اتج إذ لا ذرة قد استحدثت ولا ذرة قد فقدت.

- **هناك 14 ذرة أكسجين في النو اتج و14 ذرة في المتفاعلات.**
- **هناك 4 ذرات كربون في النو اتج و4 ذرات في المتفاعلات.**
- **هناك 12 ذرة هيدروجين في النو اتج و12 ذرة في المتفاعلات.**

المعادلات الأيونية

1. يمكن أن تبدو عملية موازنة المعادلات الأيونية أكثر صعوبة عند الطلّاب لذا، أكّد لهم أنّ العملية مشابهة إلى حدّ كبير لموازنة المعادلات الكيميائية.
2. نحتاج إلى ملاحظة الأيونات المتعدّدة الذرات التي لا تتغيّر على جانبَي المعادلة؛ لذا، أبرزْ هذه الأيونات متعدّدة الذرّات، وعاملها وكأنّها جُسَيْم واحد لا كعناصر منفردة.
3. تُعرف الأيونات التي لا تتغيّر أثناء حدوث التغيّر الكيميائي بالأيونات المتفرّجة. كيف نعرف أنّ تلك الأيونات لا تتغيّر في أثناء حدوث التغيّر الكيميائي؟ **يمكن معرفة ذلك إذا كانت هذه الأيونات في صورة محاليل مائيّة على جانبَي المعادلة وبقيت كما هي.**
4. إذا تمّت موازنة الأيونات المتفرّجة على جانبَي المعادلة، يمكن شطبها وإلغاؤها.
5. تُسمّى المعادلة المتبقية "المعادلة الأيونية النهائية"، ويجب أن تكون موزونة.
6. يمكن أن يحاول الطلّاب ذلك مرة أخرى باستخدام مجموعات النماذج الجزيئية وتصميم الأيونات.
7. اطلب إلى الطلّاب الإجابة عن المثال 19 من دون الرجوع إلى كتابهم المدرسي، ومقارنة ذلك مع الحلّ في كتابهم.



المعادلات الأيونية

تبيّن الأمثلة السابقة للمعادلات الكيميائية الصيَغ الكيميائية الكاملة للمواد المُتفاعلة والمواد الناتجة. يُعرَف هذا النوع من المعادلات باسم "المعادلات الجُزَيئية".

$$NaC\ell_{(aq)} + AgNO_{3(aq)} \rightarrow NaNO_{3(aq)} + AgC\ell_{(s)}$$
(معادلة جُزَيئية)

الشكل 2-23 تستخدم المعادلات الجُزَيئية الصيَغ الكيميائية الكاملة.

ويُعدّ تفاعُل المحاليل المائية لكلوريد الصوديوم ($NaC\ell$) ونيترات الفضّة ($AgNO_3$) الموضّح في **الشكل 2-23**، مثالًا على ذلك، حيث يُطبّق مصطلح "المعادلة الجُزَيئية" حتى وإن كانت المواد المُتفاعلة والمواد الناتجة جميعها أيونية. ومن المعلوم أنّ المُركّبات الأيونية القابلة للذوبان تتفكّك إلى أيونات في الماء (تتأيّن)،وكذلك تتأيّن الأحماض القوية بشكل كامل في الماء. ونكون أحيانًا في حاجة إلى توضيح تفكّك المُركّبات الأيونية أو تأيّن الجُزَيئات في المعادلات الكيميائية، للتعرّف إلى الأيونات الموجودة في المحلول. تُعرَف مثل هذه المعادلات باسم "المعادلات الأيونية الكاملة" و هي المُعادلةُ التي تَظهرُ فيها جميعُ الأيوناتِ التي تُوجَدُ في المحلولِ المائي. وقد تمّ توضيح المعادلة الأيونية الكاملة للتفاعُل الذي يحدث بين المحاليل المائية لكلوريد الصوديوم ($NaC\ell$) ونيترات الفضة ($AgNO_3$) في **الشكل 2-24**.

$$Na^+_{(aq)} + C\ell^-_{(aq)} + Ag^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)} + AgC\ell_{(s)}$$
(معادلة أيونية كاملة)

الشكل 2-24 تُظهر المعادلة الأيونية الكاملة جميعها الموجودة في المحلول.

كلوريد الصوديوم ($NaC\ell$)، ونيترات الفضة ($AgNO_3$)، ونيترات الصوديوم ($NaNO_3$) جميعها مركّبات أيونية قابلة للذوبان في الماء وهي لهذا السبب تتفكّك إلى أيوناتها المكوّنة لها، أما كلوريد الفضة ($AgC\ell$) فغير قابل للذوبان في الماء. وهذا يعني أن أيونات الفضة (Ag^+) وأيونات الكلوريد ($C\ell^-$) لا تتفكّك، بل تبقى مُرتبطة معًا لتكوّن المادة الصلبة التي تترسّب في المحلول.

لاحظ أن كلًا من أيونات الصوديوم (Na^+) وأيونات النيترات (NO_3^-) موجودة في المواد المُتفاعلة والمواد الناتجة في المعادلة الأيونية الكاملة، وهذا يعني أن هذه الأيونات لا تخضع لأيّ تغيُّر كيميائي، وتُعرف مثل هذه الأيونات باسم **الأيونات المتفرّجة Spectator ions**. لكن بما أنها لا تخضع لأيّ تغيّرات كيميائية، يتمّ اختصارها من المعادلة الأيونية؛ وعند إزالة هذه الأيونات المتفرّجة من المعادلة الأيونية الكاملة، فإنّ المعادلة الناتجة تُعرف بأنها **معادلة أيونية نهائية Net ionic equation** و هي المُعادلةُ التي تَظهرُ فيها الأيوناتُ المُتفاعلةُ فقط وقد تمّ توضيح المعادلة الأيونية النهائية للتفاعُل الذي يحدث بين المحاليل المائية لكلوريد الصوديوم ($NaC\ell$) ونيترات الفضة ($AgNO_3$) في **الشكل 2-25**.

$$Na^+_{(aq)} + C\ell^-_{(aq)} + Ag^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + NO^-_{3(aq)} + AgC\ell_{(s)}$$
(معادلة أيونية كاملة)

$$Ag^+_{(aq)} + C\ell^-_{(aq)} \rightarrow AgC\ell_{(s)}$$
(معادلة أيونية نهائية)

الشكل 2-25 المعادلة الأيونية النهائية لا تُظهر الأيونات المتفرّجة الموجودة في المحلول.

موازنة المعادلات الأيونية

ملخّص لكتابة معادلة أيونية نهائية موزونة:

1. وازن المعادلة الجُزَيئية.
2. اكتب المعادلة الأيونية الكاملة الموزونة، وذلك بفصل المُركّبات الأيونية الذائبة في الماء والأحماض القوية والقواعد القوية إلى أيوناتها المكوّنة لها ، وبيّن جميع الجُزَيئات والذرّات الأخرى والمُعامِلات والحالات الفيزيائية لجميع المواد المُتفاعلة والمواد الناتجة التي تتضمّنها المعادلة.
3. احذف الأيونات المتفرّجة من طرف المواد المُتفاعلة ومن طرف المواد الناتجة.
4. اكتب المعادلة الأيونية النهائية التي تشمل الأيونات المُتفاعلة التي ينتج عن تفاعُلها راسب صلب أو غاز أو سائل إضافة إلى الجُسيمات الأخرى التي تتضمّنها التفاعُل.

مثال 19

اكتب المعادلة الأيونية النهائية للمعادلة الكيميائية الآتية:

$$__AgNO_{3(aq)} + __CaC\ell_{2(aq)} \rightarrow __AgC\ell_{(s)} + __Ca(NO_3)_{2(aq)}$$

الحل:

1. عامل الأيون "NO_3^-" على أنه جُسَيْم واحد منفرد. وازن "NO_3^-" باستخدام مُعامل 2 قبل "$AgNO_3$".

$$2\ AgNO_3 + 1\ CaC\ell_2 \rightarrow 1\ AgC\ell + 1\ Ca(NO_3)_2$$

ذرات المواد المتفاعلة				ذرات المواد الناتجة			
Ag	NO_3	Ca	$C\ell$	Ag	NO_3	Ca	$C\ell$
2	2	1	2	1	2	1	1

2. وازنْ "Ag" باستخدام مُعامِل قيمته "2" وضعْه قبل "$AgC\ell$"، فهذا يوازن المعادلة.

$$2\ AgNO_3 + 1\ CaC\ell_2 \rightarrow 2\ AgC\ell + 1\ Ca(NO_3)_2$$

ذرات المواد المتفاعلة				ذرات المواد الناتجة			
Ag	NO_3	Ca	$C\ell$	Ag	NO_3	Ca	$C\ell$
2	2	1	2	2	2	1	2

3. $AgNO_3$ و $CaC\ell_2$، و $Ca(NO_3)_2$ جميعها مركّبات أيونية، وجميعها يمكنها أن تتفكّك في المحلول المائي. فاكتب إذن المعادلة الأيونية الكاملة.

$$2AgNO_3 \rightarrow 2Ag^+ + 2NO_3^-$$
$$CaC\ell_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2C\ell^-$$
$$Ca(NO_3)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2NO_3^-.$$

$$2Ag^+_{(aq)} + 2NO^-_{3(aq)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 2C\ell^-_{(aq)} \rightarrow 2AgC\ell_{(s)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 2NO^-_{3(aq)}$$

4. اكتب المعادلة الأيونية النهائية، باختصار الأيونات المتفرّجة، وهي أيون Ca^{2+} واحد وأيونان NO_3^- اثنان التي يتضمّنها طرف المواد المُتفاعلة وطرف المواد الناتجة للمعادلة وبناء على ذلك تُعدّ أيونات متفرّجة.

$$2Ag^+_{(aq)} + 2NO^-_{3(aq)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 2C\ell^-_{(aq)} \rightarrow 2AgC\ell_{(s)} + Ca^{2+}_{(aq)} + 2NO^-_{3(aq)}$$

$$2Ag^+_{(aq)} + 2C\ell^-_{(aq)} \rightarrow 2AgC\ell_{(s)}$$ المعادلة الأيونية النهائية

ملاحظة: يُعد مبدأ حفظ الشحنة أحد المُتطلّبات اللازمة لوجود معادلة أيونية نهائية موزونة بشكل صحيح. فالشحنة الكلّية التي يتضمّنها طرف المواد المُتفاعلة يجب أن تساوي الشحنة الكلّية التي يتضمّنها طرف المواد الناتجة. وهكذا تُبيّن المعادلة الأيونية النهائية المذكورة أعلاه مبدأ حفظ الشحنة هذا: $2 \times (+1) + 2 \times (-1) = 0$.

نشاط 2-2 موازنة المعادلات الكيميائية

الإجابات/
عيّنة بيانات

المواد المطلوبة: مجموعة النماذج الجزيئية، ورقة عمل.

الجزء 1: موازنة المعادلات

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

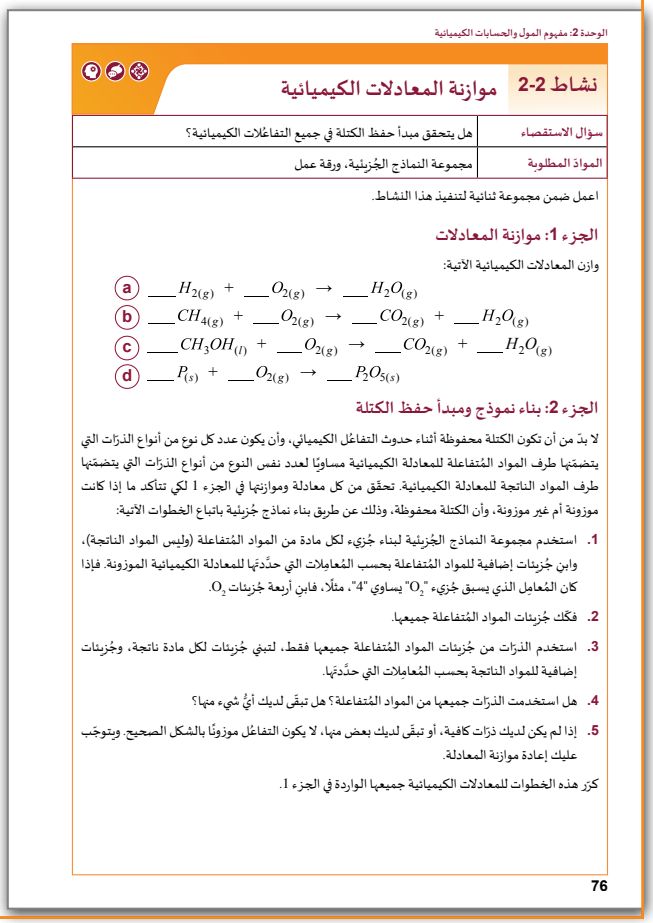
b) $\underline{1}\ CH_{4(g)} + \underline{2}\ O_{2(g)} \rightarrow \underline{1}\ CO_{2(g)} + \underline{2}\ H_2O_{(g)}$

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

d) $\underline{4}\ P_{(s)} + \underline{5}\ O_{2(g)} \rightarrow \underline{2}\ P_2O_{5(s)}$

الجزء 2: بناء نموذج ومبدأ حفظ الكتلة

ملحوظة: من غير المتوقّع أن يبني الطلّاب نماذج هندسية صحيحة للجزيئات، فالهدف من هذا الجزء من النشاط هو إعطاء الطلّاب تصوّرًا للكيفية التي تتمّ بها موازنة المعادلات الكيميائية، والسبب الذي يجعلها موزونة، وعلاقتها بمبدأ حفظ الكتلة.



الوحدة 2: مفهوم المول والحسابات الكيميائية

نشاط 2-2 موازنة المعادلات الكيميائية

سؤال الاستقصاء	هل يتحقق مبدأ حفظ الكتلة في جميع التفاعُلات الكيميائية؟
المواد المطلوبة	مجموعة النماذج الجُزيئية، ورقة عمل

اعمل ضمن مجموعة ثنائية لتنفيذ هذا النشاط.

الجزء 1: موازنة المعادلات

وازن المعادلات الكيميائية الآتية:

a) $__ H_{2(g)} + __ O_{2(g)} \rightarrow __ H_2O_{(g)}$

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

c) $__ CH_3OH_{(l)} + __ O_{2(g)} \rightarrow __ CO_{2(g)} + __ H_2O_{(g)}$

d) $__ P_{(s)} + __ O_{2(g)} \rightarrow __ P_2O_{5(s)}$

الجزء 2: بناء نموذج ومبدأ حفظ الكتلة

لا بدّ من أن تكون الكتلة محفوظة أثناء حدوث التفاعُل الكيميائي، وأن يكون عدد كل نوع من أنواع الذرّات التي يتضمّنها طرف المواد المُتفاعلة للمعادلة الكيميائية مساويًا لعدد نفس النوع من أنواع الذرّات التي يتضمّنها طرف المواد الناتجة للمعادلة الكيميائية. تحقّق من كل معادلة وموازنتها في الجزء 1 لكي تتأكد ما إذا كانت موزونة أم غير موزونة، وأن الكتلة محفوظة، وذلك عن طريق بناء نماذج جُزيئية باتباع الخطوات الآتية:

1. استخدم مجموعة النماذج الجُزيئية لبناء جُزيء لكل مادة من المواد المُتفاعلة (وليس المواد الناتجة)، وابنِ جُزيئات إضافية للمواد المُتفاعلة بحسب المُعامِلات التي حدَّدتَها للمعادلة الكيميائية الموزونة. فإذا كان المُعامِل الذي يسبق جُزيء "O_2" يساوي "4"، مثلًا، فابنِ أربعة جُزيئات O_2.
2. فكّك جُزيئات المواد المُتفاعلة جميعها.
3. استخدم الذرّات من جُزيئات المواد المُتفاعلة جميعها فقط، لتبني جُزيئات لكل مادة ناتجة، وجُزيئات إضافية للمواد الناتجة بحسب المُعامِلات التي حدَّدتَها.
4. هل استخدمت الذرّات جميعها من المواد المُتفاعلة؟ هل تبقى لديك أيُّ شيء منها؟
5. إذا لم يكن لديك ذرّات كافية، أو تبقّى لديك بعض منها، لا يكون التفاعُل موزونًا بالشكل الصحيح. وبتوجّب عليك إعادة موازنة المعادلة.

كرّر هذه الخطوات للمعادلات الكيميائية جميعها الواردة في الجزء 1.

76

تقويم الدّرس 2-2

الإجابات

1. أيُ الأيونات الآتية تعتبر أيونات متفرجة في المعادلة الكيميائية الآتية؟

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

a. Na^+ , SO_4^{2-} **c.** Na^+ , H^-

b. H^+ , OH^- **d.** SO_4^{2-} , H^+

a. **Na^+ , SO_4^{2-}**

2. عدِّد ثلاثة غازات ثنائية الذرّة عندما تكون في الطبيعة بهيئتها النقية.

الهيدروجين(H_2)، والأكسجين (O_2)، والنيتروجين(N_2).

3. اكتب الصيغة الكيميائية للمركّبات الأيونية الناتجة عن ارتباط الأيونات كما في مثال هيدروكسيد الألومنيوم، $Al(OH)_3$.

	NH_4^+	Al^{3+}	Mg^{2+}	Na^+
OH^-	*NH_4OH*	$Al(OH)_3$	*$Mg(OH)_2$*	*$NaOH$*
NO_3^-	*NH_4NO_3*	*$Al(NO_3)_3$*	*$Mg(NO_3)_2$*	*$NaNO_3$*
CO_3^{2-}	*$(NH_4)_2CO_3$*	*$Al_2(CO_3)_3$*	*$MgCO_3$*	*Na_2CO_3*
SO_4^{2-}	*$(NH_4)_2SO_4$*	*$Al_2(SO_4)_3$*	*$MgSO_4$*	*Na_2SO_4*

4. اكتب الصيغة الكيميائية لهيدروكسيد الكالسيوم.

$Ca(OH)_2$

5. **a.** اكتب في الجدول أدناه عدد ذرّات كلّ عنصر في التفاعُل أدناه.

$$__C_2H_5OH + __O_2 \rightarrow __H_2O + __CO_2$$

المواد المتفاعلة			المواد الناتجة		
C	O	H	C	O	H
2	*3*	*6*	*1*	*3*	*2*

b. استخدم الجدول لتحديد أيّ من هذه العناصر غير موزون.

عنصر الكربون C وعنصر الهيدروجين، H، غير موزونين

c. وازن المعادلة.

$$_\textit{1}_ C_2H_5OH + _\textit{3}_ O_2 \rightarrow _\textit{3}_ H_2O + _\textit{2}_ CO_2$$

	المواد المتفاعلة			المواد الناتجة		
	C	O	H	C	O	H
موزونة	*2*	*7*	*6*	*2*	*7*	*6*

تقويم الدّرس 2-2

الإجابات

6. ما الفرق الرئيس بين الأيون متعدد الذرّات، والجزيء؟

الأيون المتعدد الذرات يحمل شحنة، أمّا الجزيء فمتعادل ولا يحمل شحنة.

7. وازن المعادلة الكيميائية الآتية ثمّ استنتج المعادلة الأيونية النهائية مُحدِّدًا الأيونات المُتفرّجة.

$$Zn_{(s)} + FeC\ell_{3(aq)} \rightarrow Fe_{(s)} + ZnC\ell_{2(aq)}$$

$$__Zn + __FeC\ell_3 \rightarrow __Fe + __ZnC\ell_2$$

المواد المتفاعلة			المواد الناتجة		
Zn	Fe	Cℓ	Zn	Fe	Cℓ
1	1	3	1	1	2

غير موزونة

$$\underline{3}\,Zn_{(s)} + \underline{2}\,FeC\ell_{3(aq)} \rightarrow \underline{2}\,Fe_{(s)} + \underline{3}\,ZnC\ell_{2(aq)}$$

	المواد المتفاعلة			المواد الناتجة		
	Zn	Fe	Cℓ	Zn	Fe	Cℓ
موزونة	3	2	6	3	2	6

المعادلة الأيونية الكاملة:

$$3Zn_{(s)} + 2Fe^{3+}_{(aq)} + \cancel{6C\ell^-_{(aq)}} \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3Zn^{2+} + \cancel{6C\ell^-_{(aq)}}$$

الأيونات المتفرجة هي أيونات الكلوريد (Cl^-)

المعادلة الأيونية النهائية:

$$3Zn_{(s)} + 2Fe^{3+}_{(aq)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3Zn^{2+}_{(aq)}$$

8. يتمّ ارتكاب خطأ شائع عند موازنة المعادلات الكيميائية، وهو تغيير الأرقام السفلية للصيغة الكيميائية لإحدى المواد لجعل المعادلة موزونة. وضّح لماذا يعدّ تغيير الرقم السفلي إجراءً غير صحيح.

إنّ تغيير الأرقام السفلية يغيّر الصيغة الكيميائية للمركّب، ما ينتج عنه مركّب مختلف عن المركّب المحدّد في التفاعل. وهذا لا يحقق قانون حفظ الكتلة.

تقويم الدّرس 2-2

الإجابات

9. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للمعادلات اللفظية الآتية:

a. محلول نيترات الباريوم + حمض الهيدروكلوريك → كلوريد الباريوم الصلب + حمض النيتريك

$$2HC\ell_{(aq)} + Ba(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow 2HNO_{3(aq)} + BaC\ell_{2(s)}$$

b. كلوريد الالومينيوم + هيدروكسيد الصوديوم → هيدروكسيد الالومينيوم + كلوريد الصوديوم

$$3NaOH_{(aq)} + A\ell C\ell_{3(aq)} \rightarrow 3NaC\ell_{(aq)} + A\ell(OH)_{3(s)}$$

c. كربونات الكالسيوم الصلب + حمض الهيدروكلوريك → محلول كلوريد الكالسيوم + غاز ثاني أكسيد الكربون + الماء السائل

$$2HC\ell_{(aq)} + CaCO_{3(s)} \rightarrow H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} + CaC\ell_{2(aq)}$$

10. يتفاعل فلز الصوديوم مع الماء بعنف لينتج محلول هيدروكسيد الصوديوم وغاز الهيدروجين.

a. اكتب المعادلة اللفظية للتفاعل.

غاز الهيدروجين + محلول هيدروكسيد الصوديوم → الماء السائل + الصوديوم الصلب

b. اكتب المعادلة الكيميائية الرمزية الموزونة للتفاعل.

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

إعادة تدريس

1. اطلب إلى الطلّاب مراجعة الدرس، وإنشاء قائمة بالمعادلات الكيميائية.
2. في كلّ معادلة كيميائية، يمكن أن يشرح الطلّاب كيف تتمّ عملية موازنة المعادلة الكيميائية عن طريق كتابة عدد الذرّات على جانبَي المعادلة.
3. يمكن أن يستخدم الطلّاب ترميزًا ملوّنًا للذرّات مشابهًا للترميز الملوّن لمجموعة النماذج الجزيئية تمامًا.

إثراء

1. يمكن أن يوازن الطلّاب المعادلات الكيميائية الآتية:
   - $H_2O_2 \rightarrow H_2O + O_2$
   - $Na + C\ell_2 \rightarrow NaC\ell$
   - $Mg + HC\ell \rightarrow MgC\ell_2 + H_2$
   - $CaC\ell_2 + Na_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + NaC\ell$
   - $K + H_2O \rightarrow KOH + H_2$
   - $MgC\ell_2 + NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 + NaC\ell$

دليل المعلّم

الدرس 2-3
الحسابات الكيميائية

مصادر تعلّم الدرس

الموضوع / الوقت	المحتوى	موارد كتاب الطالب	موارد دليل المعلم
1 حصّة	العلاقة بين الكتلة وعدد الذرّات	الصفحتان 78، 79	الصفحتان 98، 99
$\frac{1}{2}$ حصّة	المول وعدد أفوجادرو، N_A	الصفحة 80	الصفحة 100
$\frac{1}{2}$ حصّة	الكتلة المولية	الصفحة 81	الصفحة 100
1 حصّة	الحسابات باستخدام الكتلة المولية	الصفحتان 82، 83	الصفحة 101
1 حصّة	الحجم المولي (V_m)	الصفحتان 84، 85	الصفحة 102
2 حصّة	أمثلة على الحسابات الكيميائية نشاط: الحسابات الكيميائية	الصفحات 86-92	الصفحات 103-107 ورقة عمل 2-a3
2 حصّة	المولارية (M)	الصفحتان 93، 94	الصفحة 108
2 حصّة	تحضير المحاليل نشاط: تحضير المحاليل القياسية	الصفحات 96-99	الصفحات 109-111 ورقة عمل 2-b3

الأنشطة	مواد من أجل النشاط
2-a3 الحسابات الكيميائية	محلول $HC\ell$ تركيزه 1 M، ومحلول $NaHCO_3$ تركيزه 1 M ، ميزان إلكتروني، ملعقة، موقد، حامل معدني حلقي، شبكة تسخين معدنية، طبق تبخير، طبق زجاجي شفّاف، نظّارة واقية.
2-b3 تحضير المحاليل القياسية	كبريتات النحاس (II) خُماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$)، ماء مُقطّر، دورق حجمي سعته 250 mL مع غطاء أو سدادة زجاجية مصقولة، ميزان إلكتروني يقيس بوحدة المليجرام، ورق وزن، ملعقة معدنية صغيرة.

مخرجات التعلّم

C1001.4 يذكر ويستخدم تعريف ثابت أفوجادرو (بالصيغة القياسية) والمول.

C1001.5 يوضح العلاقة بين كتلة مادة معينة وكمّية هذه المادة بالمولات (عدد المولات) والعكس.

C1001.6 يحل مسائل كيميائية حسابية تتضمن كتل المواد المتفاعلة، وحجوم الغازات (حجم مول واحد من الغاز يساوي 22.4 L عند درجة الحرارة والضغط القياسيين).

C1001.7 يوضح علاقة كتلة المادة المذابة وحجم المحلول بتركيز المحلول.

الزمن المقترح للدرس

يجب أن يستغرق تدريس هذا الدرس مدة زمنية مقدارها 10 حصص صفية تتضمّن نشاطَيْن وأفكارًا للمناقشة الصفية.

المعرفة السابقة

يجب أن يكون الطلّاب على معرفة بما يأتي:

- كيفية حساب الكتلة الذرّية النسبية، والكتلة الجزيئية النسبية وكتلة الصيغة النسبية.
- كتابة وموازنة المعادلات الكيميائية.

المفردات

Avogadro's number, N_A	عدد أفوجادرو، N_A
Molar mass (M_m)	الكتلة المولية (M_m)
Avogadro's hypothesis	فرضية أفوجادرو
Standard temperature and pressure, STP	درجة الحرارة والضغط القياسيّان
Molar volume (V_m)	الحجم المولي (V_m)
Mole ratio	النسبة المولية
Molarity	المولارية

افتتاحية الدرس

يدمج: تمّ تصميم نشاط "يدمج" هذا لإثارة دافعية الطلّاب عندما يبدؤون عملية التعلّم حول الكتلة المولية. كما تمّ تصميم هذا النشاط أيضًا لتطوير مدخل إلى حسابات الكتلة المولية التي سيتمّ تغطيتها في هذا الدرس.

1. **نشاط:** باستخدام المعلومات الموجودة في الجدول 2-9، ابتكر طريقة لحساب كتلة الذرّات المدرجة في الجدول 2-10.

3.01×10^{23} ذرّة من المغنيسيوم تملك كتلة مقدارها 12.15 g

6.02×10^{22} ذرّة من الحديد تملك كتلة مقدارها 5.59 g

1.85×10^{23} ذرّة من النحاس تملك كتلة مقدارها 19.53 g

8.75×10^{22} ذرّة من الخارصين تملك كتلة مقدارها 9.5 g

2. يجب على المعلّم أن يتحقّق من الحسابات، ويناقش عملية التفكير مع الطلّاب.

3. سيحتاج المعلّم إلى التأكّد من أنّ الكتلة الّتي قاسها الطلّاب صحيحة.

الدرس 2-3

الحسابات الكيميائية

Stoichiometry

عند إجراء تفاعلات كيميائية في المختبر لإنتاج مادة معينة لا بد من استخدام كميات قابلة للقياس كاستخدام كتلة المواد بوحدة الجرام. ولمّا كانت الذرّات، والجُزيئات المنفردة تمتلك كتلًا متناهية في الصغر تصل إلى 10^{-23} g، فكان لا بدَّ من إيجاد طريقة مناسبة لتحويل الكتلة الذرية الى كتلة بالجرامات، لذا عمد الكيميائيون إلى التعامُل مع "حزم" من الجُسيمات تسمّى المولات عوضًا عن الذرّات المنفردة (كما في **الشكل 2-26**).

CO_2

ذرتين من الأكسجين + ذرة كربون واحدة

أو

مولين من ذرات الأكسجين — مول واحد من ذرات الكربون

الشكل 2-26 الذرّات والمولات.

فعلى سبيل المثال، إذا كان لديك كمية من ثمار البلح مزوعة النوى كتلة الواحدة 24g، وعلبة تحتوي على 240 g من ثمار بلح مزوعة النوى، فهل تعلم كم بلحة مزوعة النوى وُضعت في العلبة؟ الإجابة سهلة جدًا، وهي عشر حبات من البلح. وهكذا وعلى المبدأ نفسه تتضمّن وحدة 1 mole الكيميائية ما مقداره 6.02×10^{23} جُسيم. صحيح أنّ الرقم كبير جدًا، ولكن الفكرة هي نفسها، فأنت تقيس كمية المادة بوحدة المولات تمامًا، كما تشتري البلح بالعلبة.

مخرجات التّعلُّم

C1001.4 يذكر ويستخدم تعريف ثابت أفوجادرو (بالصيغة القياسية) والمول.

C1001.5 يوضح العلاقة بين كتلة مادة معينة وكمية هذه المادة بالمولات (عدد المولات) والعكس.

C1001.6 يحل مسائل كيميائية حسابية تتضمّن كتل المواد المُتفاعلة، وحجوم الغازات (حجم مول واحد من الغاز يساوي 22.4 L عند درجة الحرارة والضغط القياسيين).

C1001.7 يوضح علاقة كتلة المادة المذابة وحجم المحلول بتركيز المحلول.

المفردات

Avogadro's number, N_A	عدد أفوجادرو، N_A
Molar mass (M_m)	الكتلة المولية (M_m)
Avogadro's hypothesis	فرضية أفوجادرو
Standard temperature and pressure, STP	درجة الحرارة والضغط القياسيّان
Molar volume (V_m)	الحجم المولي (V_m)
Mole ratio	النسبة المولية
Molarity (M)	المولارية (M)

78

يستكشف: تمّ تصميم نشاط "يستكشف" هذا ليكتشف الطلّاب ويوضحوا أفكارهم ويختبروا العلاقة بين الكتلة الذرّية النسبية للعنصر وكتلة العيّنة التي تحتوي على 6.02×10^{23} من الذرّات.

1. ابحث في الجدول الدوري عن العناصر المُدرجة في **الجدول 2-9**، وقارن بين معلومات الجدولَين. ما كتلة الفضة (Ag) التي يجب أن تحتوي على 6.02×10^{23} من الذرّات؟

يجب على الطلّاب أن يلاحظوا أنّ كتل 6.02×10^{23} من الذرّات للعناصر المختلفة الموجودة في الجدول 2-9 تتوافق عدديًّا مع الكتل الذرّية النسبية لهذه العناصر الواردة في الجدول الدوري.

بعد ذلك، يجب على الطلّاب أن يستنتجوا أنّ 6.02×10^{23} من ذرّات الفضة ستملك كتلة بالجرامات تساوي الكتلة الذرّية النسبية للفضة والتي ستكون قيمتها تساوي 107.87 g تمامًا كما هي واردة في الجدول الدوري الحديث.

الدرس 2-3: الحسابات الكيميائية

العلاقة بين الكتلة وعدد الذرّات

تحتوي كتلة مقدارها 12 g من الكربون (**الشكل 2-27a**) على 6.02×10^{23} ذرّة كربون، كذلك تحتوي كتلة مقدارها 197 g من الذهب (**الشكل 2-27b**) على 6.02×10^{23} ذرّة ذهب. سوف تتعلّم في هذا الدرس كيف تربط بشكل سريع بين كتلة العنصر وعدد ذرّاته. وتعرف السبب الذي يجعل إجراء ذلك أمرًا ممكنًا. يُعدّ الميزان الإلكتروني أحد أكثر الأجهزة دقّة المتوفّرة في مختبر الكيمياء، إضافة إلى أنه سريع نسبيًا في قياس كتلة المواد. يعني ذلك أنّ استخدام كتلة المادة "لحساب" عدد ذرّاتها يُعدّ معلومة قيّمة في مختبر الكيمياء.

الشكل 2-27 (a) 12 g من الكربون تحتوي على 6.02×10^{23} من الذرّات، و (b) 197 g من الذهب تحتوي على 6.02×10^{23} من الذرّات.

نشاط

اعمل في مجموعة ثنائية.

1. استخدم المعلومات المُدرجة في **الجدول 2-9**، لتبتكر طريقة تحسب بها كتل الذرّات الواردة في **الجدول 2-10**.
2. وضّح طريقتك في إجراء الحسابات لكل عيّنة.
3. اعرض طريقتك في إجراء الحسابات، للحصول على تغذية راجعة بعد كل عملية حساب.

الجدول 2-9 كتلة عناصر مختارة يحتوي كل منها على 6.02×10^{23} من الذرّات.

العنصر (رمزه)	الكتلة التي تحتوي على 6.02×10^{23} من الذرّات
المغنيسيوم (Mg)	24.30 g
الحديد (Fe)	55.85 g
النحاس (Cu)	63.55 g
الخارصين (Zn)	65.39 g

ابحث في الجدول الدوري عن العناصر المُدرجة في الجدول 2-9، وقارن بين معلومات الجدولَين.

ما كتلة الفضة (Ag) التي يجب أن تحتوي على 6.02×10^{23} من الذرّات؟

الجدول 2-10 حساب كتل هذه الأعداد من الذرّات.

العنصر	الذرّات	الكتلة المتوقعة
المغنيسيوم	3.01×10^{23} ذرّة	
الحديد	6.02×10^{22} ذرّة	
النحاس	1.85×10^{23} ذرّة	
الخارصين	8.75×10^{22} ذرّة	

79

المول وعدد أفوجادرو، N_A

1. عندما نشير إلى كمّية مقدارها 1 mol، فإنّنا نقصد بذلك $6.02214076 \times 10^{23}$ من جسيمات مادة ما. وعلى سبيل المثال فإنّ 1 mol من التفاح سيحتوي على 6.022×10^{23} من ثمار التفاح، إلّا أنّنا لا نستخدم عدد المولات مع التفاح؛ وعوضًا عن ذلك، تُستخدَم عدد المولات مع الجُسَيْمات المتناهية في الصغر، مثل الذرّات، أو الأيونات، أو الجزيئات.
2. ذكّر الطلّاب بأنّنا قد كتبنا أرقامًا عند موازنة المعادلات الكيميائية؛ وإذا كنا سنكمل تفاعلًا ما فلن نستخدم ذرّة واحدة أو ذرّتين، بل إنّنا سنستخدم مولًا أو أكثر، أو أقلّ من العنصر.
3. استخدم المثال 20 لتوضيح كيفية حساب عدد جزيئات المادة المتواجدة في عدد محدد من المولات.

الكتلة المولية

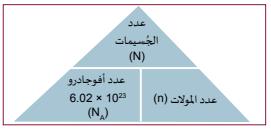
1. المول الواحد 1 mol هو عدد محدّد من الذرّات، ونحن نعرف أنّ ذرّة كلّ عنصر لها كتلة مختلفة عن ذرّات العناصر الأخرى.
2. لهذا، فإنّ 6.022×10^{23} من الذرّات لكلّ عنصر سيكون لها كتلة مختلفة أيضًا.
3. تملك ذرّة واحدة من الهيدروجين كتلة مقدارها 1 amu وأنّ 6.022×10^{23} ذرّة من الهيدروجين (1 mol) تملك كتلة مقدارها 1 g تقريبًا.
4. عرّف الكتلة المولية على أنّها كتلة مول واحد من المادة بوحدة g/mol ويمكن حسابها عن طريق جمع الكتل المولية للعناصر الداخلة في تركيبها
5. استخدم المثال 21 لتوضح للطلّاب كيفية حساب الكتلة المولية للجزيئات.

المول وعدد أفوجادرو، N_A

تشير كلمة الدزّينة أو الدرزن إلى 12 شيئًا، وهي تُستخدم لتقليل عدد الأشياء التي نقصدها إلى عدد أصغر. فمثلاً يتم شراء البيض بوحدة الدزينة لأنها تعتبر طريقة عملية ومناسبة (**الشكل 2-28**).

الشكل 2-28 يتم شراء البيض بوحدة الدزينة.

وبما أنّ المادة تتكوّن من عدد هائل من الوحدات البنائية كالذرّات أو الجزيئات أو الأيونات، استخدم الكيميائيون مفهوم المول(mole) كوحدة قياس لكمية المادة، ويُعرّف المول الواحد بأنه يساوي $6.02214076 \times 10^{23}$ بالضبط. وتُجرى معظم الحسابات في الكيميائية باستخدام وحدة المول عوضًا عن الذرّات المنفردة. يساعدك **الشكل 2-29** في إجراء الحسابات الكيميائية التي تربط بين عدد المولات وعدد جُسيمات المادة. يمكن أن نستنتج العلاقة الآتية: $N = n \times N_A$



الشكل 2-29 مخطط مفيد لحسابات المول.

وقد سُمّيت قيمة المول الواحد (1 mole) عدد أفوجادرو Avogadro's number, N_A، تكريمًا للعالم الإيطالي أميدو أفوجادرو.

عدد أفوجادرو، N_A، هو عبارة عن 1 mole من الجُسيمات، يحتوي على 6.02×10^{23} جُسَيم تقريبًا.

إذ يحتوي 1 مول (1 mol) من أي مادة على 6.02×10^{23} جُسَيم (**الشكل 2-30**).

واحد مول (1 mole) من ذرّات C = 6.02×10^{23} ذرّة C
واحد مول (1 mole) من جُزيئات H_2O = 6.02×10^{23} جُزيء H_2O
واحد مول (1 mole) من أيونات SO_4^{2-} = 6.02×10^{23} أيون SO_4^{2-}

الشكل 2-30 واحد مول (1 mole) من أي مادة، يساوي تقريبًا 6.02×10^{23} جُسَيم.

مثال 20

كم عدد الجزيئات الموجودة في 4 مول (4 mol) من CO_2؟

الحل:

نستخدم العلاقة الآتية:

$N = n \times N_A$

لحساب عدد الجزيئات الموجودة في 4 مول من غاز ثاني أكسيد الكربون.

$N = 4\ mol\ CO_2 \times 6.02 \times 10^{23}\ molecule/mol = \boxed{2.408 \times 10^{24}}$ جُزيء CO_2

الكتلة المولية

الكتلة المولية (M_m) Molar mass هي كتلة مول واحد من الجُسيمات مُقدرة بالجرام. وترتبط وحدة الكتلة الذرّية (amu) بعدد جُسيمات المول الواحد بحسب العلاقة الآتية:

$$1\ amu \quad 1.6618 \times 10^{-24}\ g \times \frac{6.02 \times 10^{23}}{mole} = 1\ g/mol$$

ويمكن تفسير الكتلة المُدرجة في الجدول الدوري بطريقتين، هما:

1. أنها عبارة عن كتلة ذرة واحدة تقاس بوحدة amu.
2. أنها عبارة عن الكتلة المولية لمول واحد من الذرّات، والتي تقاس بوحدة g/mol.

ويصحّ ذلك على أيّ ذرّة أو جُزيء. لأن مُعامِل تحويل وحدة الكتلة الذرية إلى جرام هو معكوس عدد الجُسيمات لكل مول واحد.

الكتلة المولية للعنصر تساوي عددياً كتلته الذرية ووحدتها g/mol (1 amu/atom = 1 g/mol)

يدرج في الجدول الدوري الكتلة المولية لكل عنصر كما يبين **الشكل 2-31**. كذلك فإنّ الكتلة المولية لأي مركب أو جزيء هي مجموع الكتل المولية للعناصر الداخلة في تركيبه معبّراً عنها بوحدة g/mol.

5 B 10.811 بورون	6 C 12.011 كربون	7 N 14.007 نيتروجين	8 O 15.999 أكسجين	9 F 18.998 فلور	10 Ne 20.180 نيون

الكتلة المولية لكل عنصر بوحدة g/mol

الشكل 2-31 يبين الجدول الدوري الكتلة المولية لكل عنصر.

مثال 21

استخدم **الشكل 2-31** لحساب الكتلة المولية للجزيئين الآتيين:

a. NO_2
b. F_2

الحل:

من جزء الجدول الدوري المبين بالشكل 2-31 نستطيع تحديد الكتلة المولية لكل عنصر مكوّن للجزيئين.

a. الكتلة المولية للجزيء NO_2 تساوي:

$M_m = M(N) + 2M(O) = 14.007g/mol + 2 \times 15.999g/mol = \boxed{46.005g/mol}$

b. الكتلة المولية للجزيء F_2 تساوي:

$M_m = 2M(F) = 2 \times 18.998g/mol = \boxed{37.997g/mol}$

الحسابات باستخدام الكتلة المولية

1. يعتمد عدد المولات الموجودة في مركّب ما على كتلة المركّب وكتلته المولية.

2. فعندما نعرف الصيغة الكيميائية للمركّب، فإنّ حساب كتلته المولية تكون عملية بسيطة للغاية، ويمكننا البدء بأمثلة سهلة قبل الخوض في **المعادلة 2-5**.

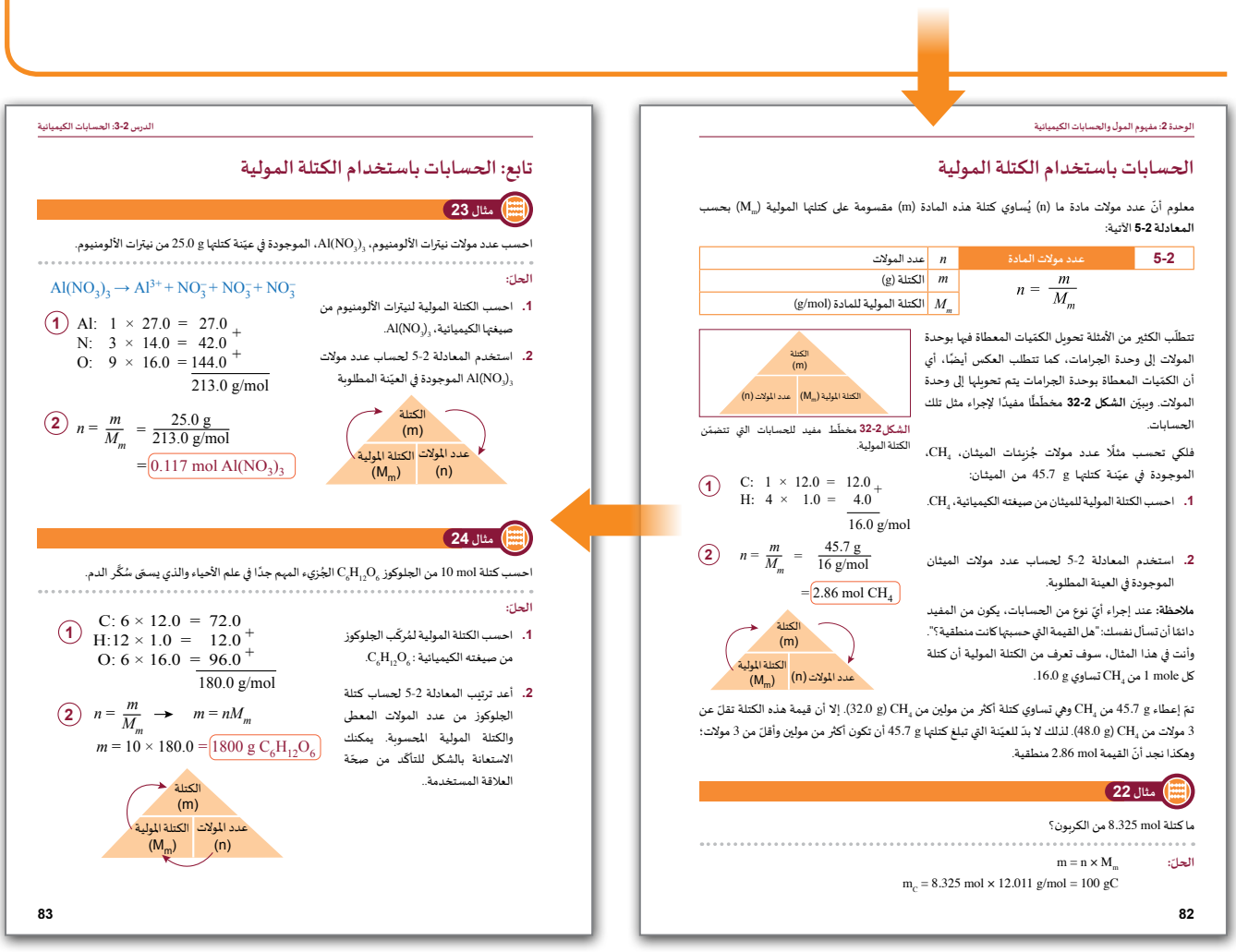
الكتلة المولية للهيدروجين تساوي 1 g/mol، لكنّنا نعرف أنّ الهيدروجين لا يوجد على هيئة ذرّة منفردة. عندها، ماذا يجب أن تكون قيمة الكتلة المولية للهيدروجين؟ تذكّر أنّ الهيدروجين عبارة عن غاز ثنائي الذرّات، وهذا يعني أنّ كلّ 1 mol من الهيدروجين يحتوي بالفعل على 6.022×10^{23} من الجزيئات أي $2 \times 6.022 \times 10^{23}$ ذرات هيدروجين.

يجب أن تساوي الكتلة المولية لغاز الهيدروجين قيمة مقدارها 2 g/mol.

3. بشكل مشابه، لنتفحص الماء، H_2O. ما كتلته المولية؟

نحن نعرف أنّ الكتلة المولية للهيدروجين، H_2، تساوي 2 g/mol، وأنّ الكتلة المولية للأكسجين تساوي 16 g/mol. عندئذ، ستكون الكتلة المولية للماء تساوي 18 g/mol.

4. اكتب المعادلة 2-5 على السبورة ودع الطلّاب يطبّقون هذه المعادلة من خلال حلّ الأمثلة 22-23-24 الواردة في كتابهم ووضّح للطلّاب أنّنا نستخدم قيمة تقريبيّة للكتلة الذريّة (لتسهيل الحساب).



الوحدة 2: مفهوم المول والحسابات الكيميائية

الحسابات باستخدام الكتلة المولية

معلوم أنّ عدد مولات مادة ما (n) يُساوي كتلة هذه المادة (m) مقسومة على كتلتها المولية (M_m) بحسب **المعادلة 5-2** الآتية:

5-2	عدد مولات المادة	$n = \frac{m}{M_m}$
	n	عدد المولات
	m	الكتلة (g)
	M_m	الكتلة المولية للمادة (g/mol)

تتطلّب الكثير من الأمثلة تحويل الكمّيات المعطاة فيها بوحدة المولات إلى وحدة الجرامات، كما تتطلب العكس أيضًا، أي أن الكمّيات المعطاة بوحدة الجرامات يتم تحويلها إلى وحدة المولات. ويبيّن **الشكل 2-32** مخطّطًا مفيدًا لإجراء مثل تلك الحسابات.

الشكل 2-32 مخطّط مفيد للحسابات التي تتضمّن الكتلة المولية.

فلكي تحسب مثلًا عدد مولات جُزيئات الميثان، CH_4، الموجودة في عيّنة كتلتها 45.7 g من الميثان:

1. احسب الكتلة المولية للميثان من صيغته الكيميائية، CH_4.

$$\begin{array}{lll} C: & 1 \times 12.0 = & 12.0 \\ H: & 4 \times 1.0 = & +\ 4.0 \\ & & 16.0\ g/mol \end{array}$$

2. استخدم المعادلة 2-5 لحساب عدد مولات الميثان الموجودة في العينة المطلوبة.

$$n = \frac{m}{M_m} = \frac{45.7\ g}{16\ g/mol} = 2.86\ mol\ CH_4$$

ملاحظة: عند إجراء أيّ نوع من الحسابات، يكون من المفيد دائمًا أن تسأل نفسك: "هل القيمة التي حسبتها كانت منطقية؟". وأنت في هذا المثال، سوف تعرف من الكتلة المولية أن كتلة 1 mole من CH_4 تساوي 16.0 g.

تمّ إعطاء 45.7 g من CH_4 وهي تساوي كتلة أكثر من مولين من CH_4 (32.0 g). إلا أن قيمة هذه الكتلة تقلّ عن 3 مولات من CH_4 (48.0 g). لذلك لا بدّ للعيّنة التي تبلغ كتلتها 45.7 g أن تكون أكثر من مولين وأقلّ من 3 مولات؛ وهكذا نجد أنّ القيمة 2.86 mol منطقية.

مثال 22

ما كتلة 8.325 mol من الكربون؟

الحل:

$m = n \times M_m$

$m_C = 8.325\ mol \times 12.011\ g/mol = 100\ gC$

تابع: الحسابات باستخدام الكتلة المولية

مثال 23

احسب عدد مولات نيترات الألومنيوم، $Al(NO_3)_3$، الموجودة في عيّنة كتلتها 25.0 g من نيترات الألومنيوم.

الحل:

1. احسب الكتلة المولية لنيترات الألومنيوم من صيغتها الكيميائية، $Al(NO_3)_3$.
2. استخدم المعادلة 2-5 لحساب عدد مولات $Al(NO_3)_3$ الموجودة في العيّنة المطلوبة

$Al(NO_3)_3 \rightarrow Al^{3+} + NO_3^- + NO_3^- + NO_3^-$

$$\begin{array}{lll} Al: & 1 \times 27.0 = & 27.0 \\ N: & 3 \times 14.0 = & +\ 42.0 \\ O: & 9 \times 16.0 = & +\ 144.0 \\ & & 213.0\ g/mol \end{array}$$

$$n = \frac{m}{M_m} = \frac{25.0\ g}{213.0\ g/mol} = 0.117\ mol\ Al(NO_3)_3$$

مثال 24

احسب كتلة 10 mol من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ الجُزيء المهم جدًا في علم الأحياء والذي يسمّى سُكّر الدم.

الحل:

1. احسب الكتلة المولية لمُركّب الجلوكوز من صيغته الكيميائية: $C_6H_{12}O_6$.
2. أعد ترتيب المعادلة 5-2 لحساب كتلة الجلوكوز من عدد المولات المعطى والكتلة المولية المحسوبة. يمكنك الاستعانة بالشكل للتأكد من صحّة العلاقة المستخدمة.

$$\begin{array}{lll} C: & 6 \times 12.0 = & 72.0 \\ H: & 12 \times 1.0 = & +\ 12.0 \\ O: & 6 \times 16.0 = & +\ 96.0 \\ & & 180.0\ g/mol \end{array}$$

$$n = \frac{m}{M_m} \rightarrow m = nM_m$$

$$m = 10 \times 180.0 = 1800\ g\ C_6H_{12}O_6$$

الحجم المولي (V_m)

1. عندما نستخدم الغاز لإجراء الحسابات، يجب أن نتذكّر أنّ كمية الغاز لا تقاس بالكتلة فقط، بل إنّنا نستطيع أن نستخدم حجم الغاز عند مناقشة كمّية الغاز.

2. بما أنّ جُسَيْمات الغاز متباعدة بشكل كبير بعضها عن بعض، فقد افترض العالم أفوجادرو أنّه، عندما تكون حجوم الغازات المختلفة عند درجة الحرارة نفسها والضغط نفسه متساوية فسوف تحتوي على عدد متساوٍ من الجزيئات. لهذا، فإنّ 1 mole من الغاز يملك حجمًا مقداره 22.4 L/mol. عند الظروف القياسية . لاحظ أنّه من غير الضروري شرح "الغاز المثالي" في مستوى الصف العاشر.

3. يمكن أن يطرح المعلم بعض الأسئلة التدريبية للتحقّق من فهم الطلّاب مثال:

a. إذا كان لدينا 67.2 L من غاز الأمونيا، NH_3 عند الظروف القياسية، فكم يبلغ عدد مولاتها؟

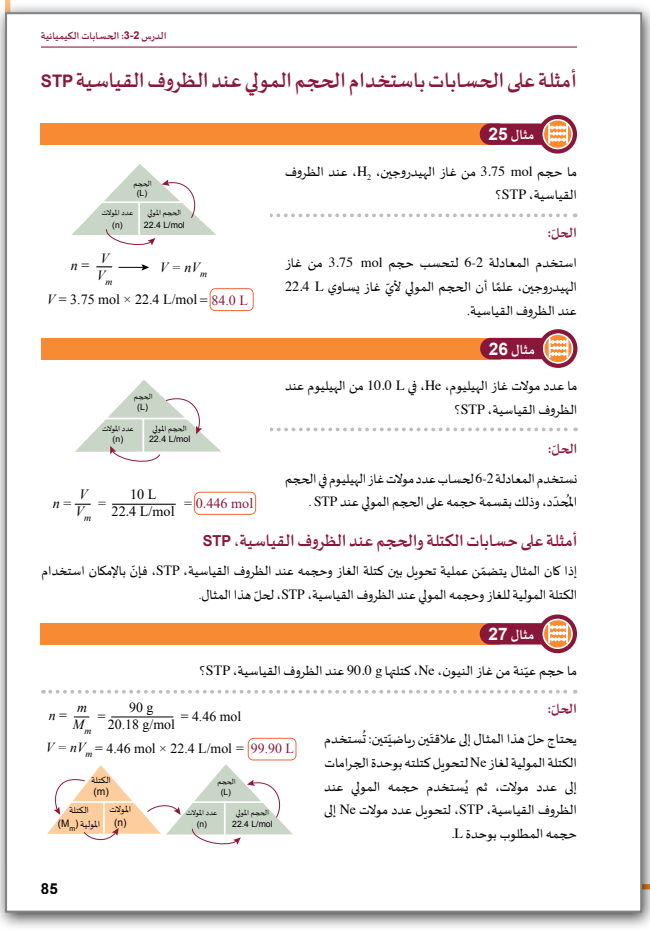
إنّ نوع الغاز غير مهم في هذه الحالة، ولحل أمثلة مماثلة يجب تطبيق المعادلة 2-6. ذكّر الطلّاب بأنّ الحجم المولي لأيّ غاز عند الظروف القياسية هو 22.4 L/mol. لذلك:

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{67.2}{22.4} = 3\,moles$$

b. ما حجم 0.5 moles من غاز الميثان عند الظروف القياسية؟

$$V = n \times V_m = 5 \times 22.4 = 112\ L$$

4. استخدم الأمثلة 25 و 26 و 27 لتوضيح كيفية حساب الحجم المولي وعدد المولات وحجم عيّنة ما لغاز.



الحجم المولي (V_m)

تفيد نظرية أميدو أفوجادرو بأن الحجوم المتساوية للغازات المختلفة عند درجة الحرارة نفسها والضغط نفسه تحتوي على أعداد متساوية من الجُزيئات (**الشكل 2-33**)، وتُعرف هذه النظرية باسم فرضية أفوجادرو Avogadro's hypothesis.

تُعدّ هذه الفرضية مقاربة جيدة، لأن الجُزيئات في عيّنة الغاز مُتباعدة نسبيًا، إذا ما قورنت بالجُزيئات في الحالتين الصلبة والسائلة.

تُسمّى الظروف الملائمة التي تُستخدم في الكيمياء درجة الحرارة والضغط القياسيين Standard temperature and pressure, STP. وتُعرف درجة الحرارة القياسية بأنها تساوي 0°C (273 K)، وتُعرف الضغط القياسي بأنه يساوي 1 ضغط جوي، atm، (101.3 kPa).

	CH_4	N_2	He
الحجم	22.4 L	22.4 L	22.4 L
درجة الحرارة	0°C	0°C	0°C
الضغط	1 atm	1 atm	1 atm
الكتلة المولية للغاز	16.0 g/mol	14.0 g/mol	4.0 g/mol
عدد جُزيئات الغاز في مول واحد	6.02×10^{23} جزيء	6.02×10^{23} جزيء	6.02×10^{23} جزيء

الشكل 2-33 الحجوم المتساوية للغازات المختلفة عند درجة الحرارة والضغط أنفسهما تحتوي على أعداد متساوية من الجُزيئات.

درجة الحرارة القياسية تساوي 0°C (273 K)، والضغط القياسي يساوي 1 ضغط جوي، atm، (101.3 kPa).

وبذلك عرّف أفوجادرو أن الحجم المولي (V_m) Molar volume لأيّ غاز هو حجم مول واحد من الغاز عند درجة الحرارة والضغط القياسيين، STP، ويساوي 22.4 L، أي 22.4 dm^3.

يمكن استخدام **المعادلة 2-6** للتحويل بين عدد مولات الغاز وحجمه عند الظروف القياسية، STP.

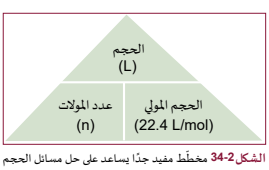
الحجم المولي لأيّ غاز عند درجة الحرارة والضغط القياسيين، STP، يساوي 22.4 L.

6-2 عدد مولات الغاز

$$n = \frac{V}{V_m}$$

n	عدد المولات
V	حجم الغاز عند STP (L)
V_m	الحجم المولي (22.4 L/mol)

تحتاج مسائل كثيرة إلى معرفة عدد مولات الغاز من حجمه أو العكس. يُعدّ المخطّط المبيَّن في **الشكل 2-34** مفيدًا جدًا لإجراء حسابات كهذه.



الشكل 2-34 مخطّط مفيد جدًا يساعد على حل مسائل الحجم المولي.

أمثلة على الحسابات باستخدام الحجم المولي عند الظروف القياسية STP

مثال 25

ما حجم 3.75 mol من غاز الهيدروجين، H_2، عند الظروف القياسية، STP؟

الحل:

استخدم المعادلة 2-6 لتحسب حجم 3.75 mol من غاز الهيدروجين، علمًا أن الحجم المولي لأيّ غاز يساوي 22.4 L عند الظروف القياسية.

$$n = \frac{V}{V_m} \longrightarrow V = nV_m$$

$$V = 3.75\ mol \times 22.4\ L/mol = \boxed{84.0\ L}$$

مثال 26

ما عدد مولات غاز الهيليوم، He، في 10.0 L من الهيليوم عند الظروف القياسية، STP؟

الحل:

نستخدم المعادلة 2-6 لحساب عدد مولات غاز الهيليوم في الحجم المُحدّد، وذلك بقسمة حجمه على الحجم المولي عند STP.

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{10\ L}{22.4\ L/mol} = \boxed{0.446\ mol}$$

أمثلة على حسابات الكتلة والحجم عند الظروف القياسية، STP

إذا كان المثال يتضمّن عملية تحويل بين كتلة الغاز وحجمه عند الظروف القياسية، STP، فإنّ بالإمكان استخدام الكتلة المولية للغاز وحجمه المولي عند الظروف القياسية، STP، لحلّ هذا المثال.

مثال 27

ما حجم عيّنة من غاز النيون، Ne، كتلتها 90.0 g عند الظروف القياسية، STP؟

الحل:

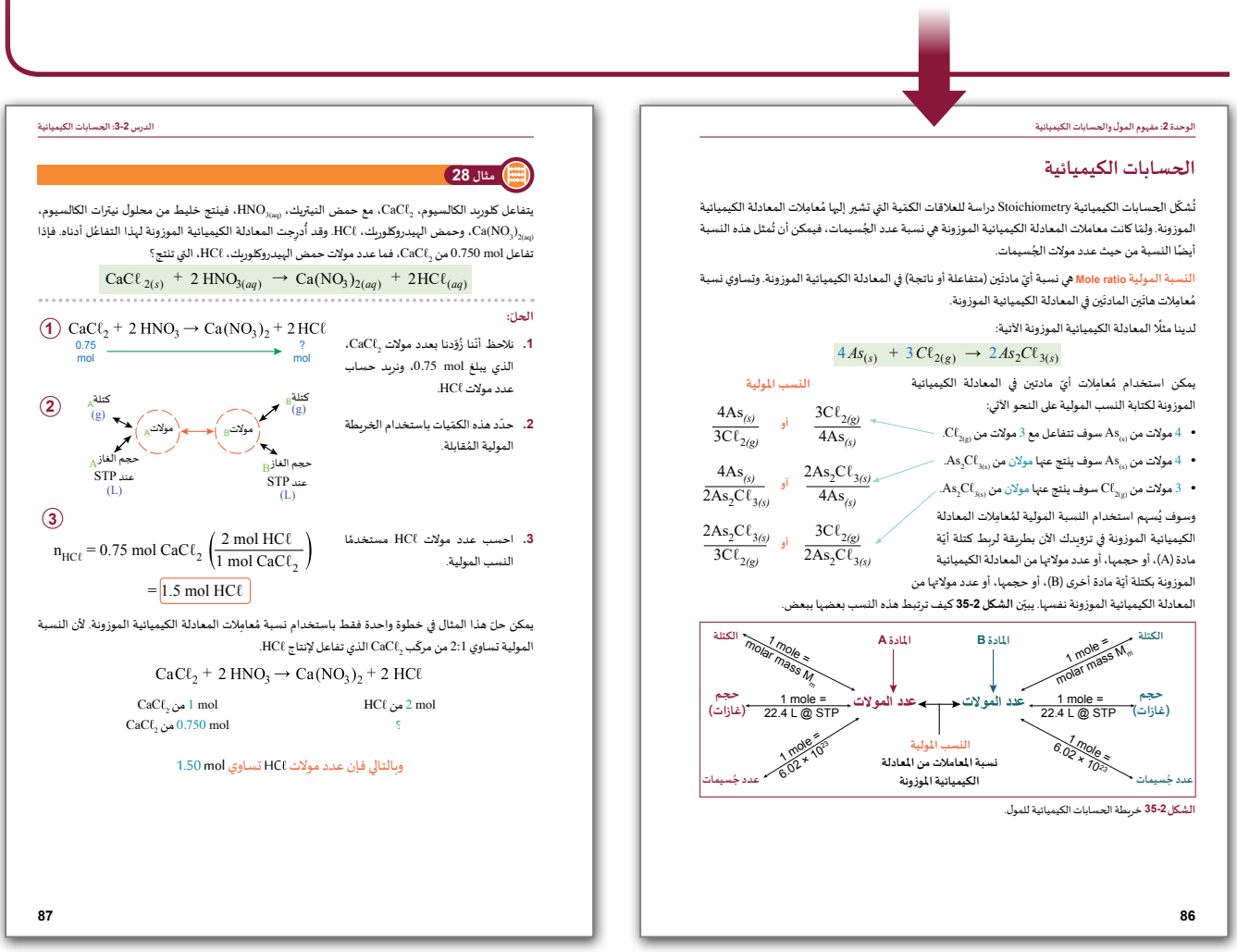
يحتاج حلّ هذا المثال إلى علاقتَين رياضيّتَين: تُستخدم الكتلة المولية لغاز Ne لتحويل كتلته بوحدة الجرامات إلى عدد مولات، ثم يُستخدم حجمه المولي عند الظروف القياسية، STP، لتحويل عدد مولات Ne إلى حجمه المطلوب بوحدة L.

$$n = \frac{m}{M_m} = \frac{90\ g}{20.18\ g/mol} = 4.46\ mol$$

$$V = nV_m = 4.46\ mol \times 22.4\ L/mol = \boxed{99.90\ L}$$

الحسابات الكيميائية

1. أوضح للطلّاب أنّنا لا نستطيع عدّ الذرّات وإحصاءها في المختبر لأنّها متناهية في الصغر. لذا، كيف نتأكّد من أنّ لدينا الكميات الصحيحة من الذرّات؟ يمكن قياسها بسهولة باستخدام الميزان لتحويل الكميات إلى جرامات، يتطلّب هذا استخدام أفكار عن الكتل المولية.
2. تخبرنا المعادلات الموزونة بنسبة الكميات التي نحتاج إليها للتفاعل، لنبدأ مرة أخرى بمعادلة بسيطة يعرفها الطلّاب، وهي: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(l)}$
3. تخبرنا هذه المعادلة أنّه، للحصول على 2 mol من الماء، فإنّنا نحتاج إلى 2 mol من غاز الهيدروجين، و 1 mol من الأكسجين. فماذا نحتاج إذا أردنا إنتاج 4 mol من الماء؟
   عندئذ سنحتاج إلى 4 mol من غاز الهيدروجين، و 2 mol من غاز الأكسجين.
4. يحرص العلماء بشكل كبير على استخدام النسب الصحيحة للمواد الناتجة، ما سبب ذلك؟
   يمكن أن يطلب المعلم إلى الطلّاب أن يتبادلوا الرأي في ذلك مع زملائهم.
5. استخدم **الشكل 2-35** لتوضيح خريطة الحسابات الكيميائية للمول ونسبة عدد المولات، ثمّ استخدم المثال 28 لتوضيح كيفية حساب عدد المولات.



الوحدة 2: مفهوم المول والحسابات الكيميائية

الحسابات الكيميائية

تُشكّل الحسابات الكيميائية Stoichiometry دراسة للعلاقات الكمّية التي تشير إليها مُعامِلات المعادلة الكيميائية الموزونة. ولمّا كانت معاملات المعادلة الكيميائية الموزونة هي نسبة عدد الجُسيمات، فيمكن أن تُمثل هذه النسبة أيضًا النسبة من حيث عدد مولات الجُسيمات.

النسبة المولية Mole ratio هي نسبة أيّ مادتَين (متفاعلة أو ناتجة) في المعادلة الكيميائية الموزونة. وتساوي نسبة مُعامِلات هاتَين المادتَين في المعادلة الكيميائية الموزونة.

لدينا مثلًا المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:

$$4As_{(s)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow 2As_2Cl_{3(s)}$$

يمكن استخدام مُعامِلات أيّ مادتين في المعادلة الكيميائية الموزونة لكتابة النسب المولية على النحو الآتي:

النسب المولية

- 4 مولات من $As_{(s)}$ سوف تتفاعل مع 3 مولات من $Cl_{2(g)}$. $\frac{3Cl_{2(g)}}{4As_{(s)}}$ أو $\frac{4As_{(s)}}{3Cl_{2(g)}}$
- 4 مولات من $As_{(s)}$ سوف ينتج عنها مولان من $As_2Cl_{3(s)}$. $\frac{2As_2Cl_{3(s)}}{4As_{(s)}}$ أو $\frac{4As_{(s)}}{2As_2Cl_{3(s)}}$
- 3 مولات من $Cl_{2(g)}$ سوف ينتج عنها مولان من $As_2Cl_{3(s)}$. $\frac{3Cl_{2(g)}}{2As_2Cl_{3(s)}}$ أو $\frac{2As_2Cl_{3(s)}}{3Cl_{2(g)}}$

وسوف يُسهم استخدام النسبة المولية لمُعامِلات المعادلة الكيميائية الموزونة في تزويدك الآن بطريقة لربط كتلة أيّة مادة (A)، أو حجمها، أو عدد مولاتها من المعادلة الكيميائية الموزونة بكتلة أيّة مادة أخرى (B)، أو حجمها، أو عدد مولاتها من المعادلة الكيميائية الموزونة نفسها. يبيّن **الشكل 2-35** كيف ترتبط هذه النسب بعضها ببعض.

الشكل 2-35 خريطة الحسابات الكيميائية للمول.

مثال 28

يتفاعل كلوريد الكالسيوم، $CaCl_2$، مع حمض النيتريك، $HNO_{3(aq)}$، فينتج خليط من محلول نيترات الكالسيوم، $Ca(NO_3)_{2(aq)}$، وحمض الهيدروكلوريك، HCl. وقد أُدرجت المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعُل أدناه. فإذا تفاعل 0.750 mol من $CaCl_2$، فما عدد مولات حمض الهيدروكلوريك، HCl، التي تنتج؟

$$CaCl_{2(s)} + 2\,HNO_{3(aq)} \rightarrow Ca(NO_3)_{2(aq)} + 2HCl_{(aq)}$$

الحلّ:

1. $CaCl_2 + 2\,HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + 2\,HCl$ (0.75 mol → ? mol)
2. نلاحظ أنّنا زُوّدنا بعدد مولات $CaCl_2$، الذي يبلغ 0.75 mol، ونريد حساب عدد مولات HCl.
3. حدّد هذه الكمّيات باستخدام الخريطة المولية المُقابلة.

3. احسب عدد مولات HCl مستخدمًا النسب المولية.

$$n_{HCl} = 0.75\ \text{mol}\ CaCl_2 \left(\frac{2\ \text{mol}\ HCl}{1\ \text{mol}\ CaCl_2}\right) = \boxed{1.5\ \text{mol}\ HCl}$$

يمكن حلّ هذا المثال في خطوة واحدة فقط باستخدام نسبة مُعامِلات المعادلة الكيميائية الموزونة. لأن النسبة المولية تساوي 2:1 من مركّب $CaCl_2$ الذي تفاعل لإنتاج HCl.

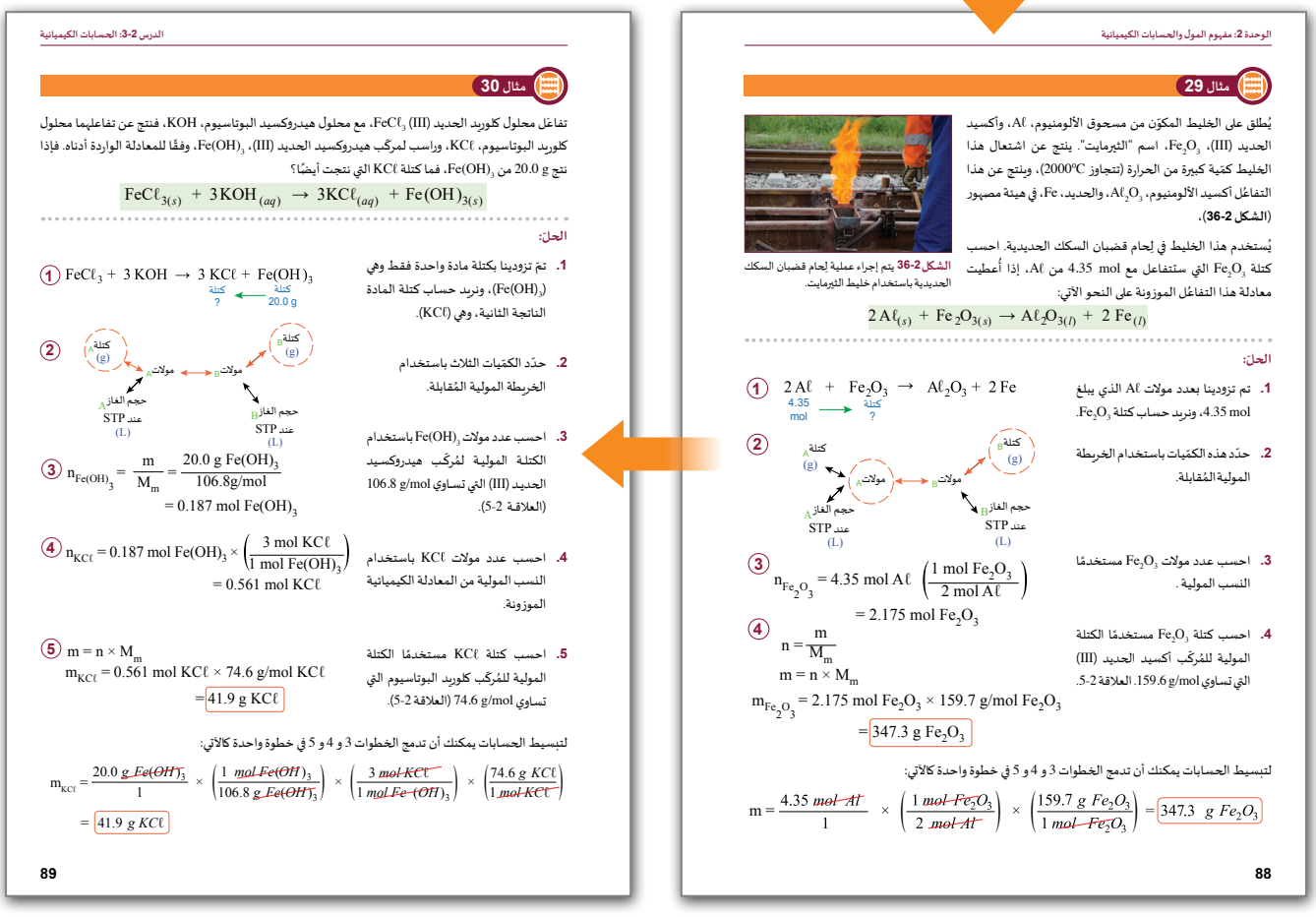
$$CaCl_2 + 2\,HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + 2\,HCl$$

$CaCl_2$ من 1 mol	HCl من 2 mol
$CaCl_2$ من 0.750 mol	؟

وبالتالي فإن عدد مولات HCl تساوي 1.50 mol

أمثلة

1. من المهمّ أنّ ندرك أنّ الطلّاب سيجدون الحسابات الكيميائية صعبة في البداية، لهذا فإنّهم يحتاجون إلى ممارستها والتدرّب عليها لإتقان المفاهيم.
2. يجب أن يهتمّ المعلّم بالنهج الذي يتّبعه الطلّاب. لذا، استخدم النماذج الجزيئية "لبناء" معادلة كيميائية؛ بعد ذلك، سيكون من السهل على الطلّاب تحديد الكتلة المولية، وذلك عندما يأخذون بالحسبان أنّ كلّ "كرة" تمثّل مولًا واحدًا من ذلك العنصر. بعدها يتمّ إجراء الحسابات الكيميائية بشكل مرئي، ما يساعد الطلّاب على فهم هذه الحسابات.
3. الخطوة التالية هي التفكير في ما يمكننا حسابه باستخدام المعلومات المعطاة، الكمّيات التي يجب حسابها لا تكون في بعض الأحيان واضحة بشكل صريح لذا من الضروري عمل خريطة تحويل مولية لتحديد المطلوب بصورة واضحة.
4. لحلّ الأمثلة 29، و 30، و 31، و 32؛ يجب على المعلّم أن يعرض الأسئلة على اللوح، ويستخدم النماذج لتمثيل المعادلات.
5. اكتب المعادلة الموزونة لكلّ سؤال، ثمّ اكتب الكميات المعلومة تحت العناصر أو المركّبات المعنية وحدّد الخريطة المولية المناسبة.



الوحدة 2: مفهوم المول والحسابات الكيميائية

مثال 29

يُطلق على الخليط المكوّن من مسحوق الألومنيوم، Al، وأكسيد الحديد (III)، Fe_2O_3، اسم "الثيرمايت". ينتج عن اشتعال هذا الخليط كمّية كبيرة من الحرارة (تتجاوز 2000°C)، وينتج عن هذا التفاعل أكسيد الألومنيوم، Al_2O_3، والحديد، Fe، في هيئة مصهور (الشكل 2-36).

الشكل 2-36 يتم إجراء عملية لِحام قضبان السكك الحديدية باستخدام خليط الثيرمايت.

يُستخدم هذا الخليط في لِحام قضبان السكك الحديدية. احسب كتلة Fe_2O_3 التي ستتفاعل مع 4.35 mol من Al، إذا أُعطيت معادلة هذا التفاعُل الموزونة على النحو الآتي:

$$2\,Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \rightarrow Al_2O_{3(l)} + 2\,Fe_{(l)}$$

الحل:

1. تم تزويدنا بعدد مولات Al الذي يبلغ 4.35 mol، وتريد حساب كتلة Fe_2O_3.
2. حدّد هذه الكمّيات باستخدام الخريطة المولية المُقابلة.
3. احسب عدد مولات Fe_2O_3 مستخدمًا النسب المولية.
4. احسب كتلة Fe_2O_3 مستخدمًا الكتلة المولية للمُركّب أكسيد الحديد (III) التي تساوي 159.6 g/mol. العلاقة 5-2.

① $2\,Al + Fe_2O_3 \rightarrow Al_2O_3 + 2\,Fe$

4.35 mol ← كتلة ?

② كتلة (g) A ↔ مولات A ↔ مولات B ↔ كتلة (g) B

حجم الغاز A عند STP (L) — حجم الغاز B عند STP (L)

③ $n_{Fe_2O_3} = 4.35\ mol\ Al \left(\frac{1\ mol\ Fe_2O_3}{2\ mol\ Al}\right)$

$= 2.175\ mol\ Fe_2O_3$

④ $n = \frac{m}{M_m}$

$m = n \times M_m$

$m_{Fe_2O_3} = 2.175\ mol\ Fe_2O_3 \times 159.7\ g/mol\ Fe_2O_3$

$= \boxed{347.3\ g\ Fe_2O_3}$

لتبسيط الحسابات يمكنك أن تدمج الخطوات 3 و 4 و 5 في خطوة واحدة كالآتي:

$$m = \frac{4.35\ \cancel{mol\ Al}}{1} \times \left(\frac{1\ \cancel{mol\ Fe_2O_3}}{2\ \cancel{mol\ Al}}\right) \times \left(\frac{159.7\ g\ Fe_2O_3}{1\ \cancel{mol\ Fe_2O_3}}\right) = \boxed{347.3\ g\ Fe_2O_3}$$

مثال 30

تفاعَل محلول كلوريد الحديد (III) $FeCl_3$، مع محلول هيدروكسيد البوتاسيوم، KOH، فنتج عن تفاعلهما محلول كلوريد البوتاسيوم، KCl، وراسب لمركّب هيدروكسيد الحديد (III)، $Fe(OH)_3$، وفقًا للمعادلة الواردة أدناه. فإذا نتج 20.0 g من $Fe(OH)_3$، فما كتلة KCl التي نتجت أيضًا؟

$$FeCl_{3(s)} + 3\,KOH_{(aq)} \rightarrow 3\,KCl_{(aq)} + Fe(OH)_{3(s)}$$

الحل:

1. تمّ تزويدنا بكتلة مادة واحدة فقط وهي $Fe(OH)_3$، وتريد حساب كتلة المادة الناتجة الثانية، وهي (KCl).
2. حدّد الكمّيات الثلاث باستخدام الخريطة المولية المُقابلة.
3. احسب عدد مولات $Fe(OH)_3$ باستخدام الكتلة المولية لمُركّب هيدروكسيد الحديد (III) التي تساوي 106.8 g/mol (العلاقة 5-2).
4. احسب عدد مولات KCl باستخدام النسب المولية من المعادلة الكيميائية الموزونة.
5. احسب كتلة KCl مستخدمًا الكتلة المولية للمُركّب كلوريد البوتاسيوم التي تساوي 74.6 g/mol (العلاقة 5-2).

① $FeCl_3 + 3\,KOH \rightarrow 3\,KCl + Fe(OH)_3$

كتلة ? ← كتلة 20.0 g

② كتلة (g) A ↔ مولات A ↔ مولات B ↔ كتلة (g) B

حجم الغاز A عند STP (L) — حجم الغاز B عند STP (L)

③ $n_{Fe(OH)_3} = \frac{m}{M_m} = \frac{20.0\ g\ Fe(OH)_3}{106.8 g/mol}$

$= 0.187\ mol\ Fe(OH)_3$

④ $n_{KCl} = 0.187\ mol\ Fe(OH)_3 \times \left(\frac{3\ mol\ KCl}{1\ mol\ Fe(OH)_3}\right)$

$= 0.561\ mol\ KCl$

⑤ $m = n \times M_m$

$m_{KCl} = 0.561\ mol\ KCl \times 74.6\ g/mol\ KCl$

$= \boxed{41.9\ g\ KCl}$

لتبسيط الحسابات يمكنك أن تدمج الخطوات 3 و 4 و 5 في خطوة واحدة كالآتي:

$$m_{KCl} = \frac{20.0\ \cancel{g\ Fe(OH)_3}}{1} \times \left(\frac{1\ \cancel{mol\ Fe(OH)_3}}{106.8\ \cancel{g\ Fe(OH)_3}}\right) \times \left(\frac{3\ \cancel{mol\ KCl}}{1\ \cancel{mol\ Fe\ (OH)_3}}\right) \times \left(\frac{74.6\ g\ KCl}{1\ \cancel{mol\ KCl}}\right)$$

$$= \boxed{41.9\ g\ KCl}$$

أمثلة

6. على المعادلة نفسها، أبرز المادة الذي نريد حساب كمّيتها.

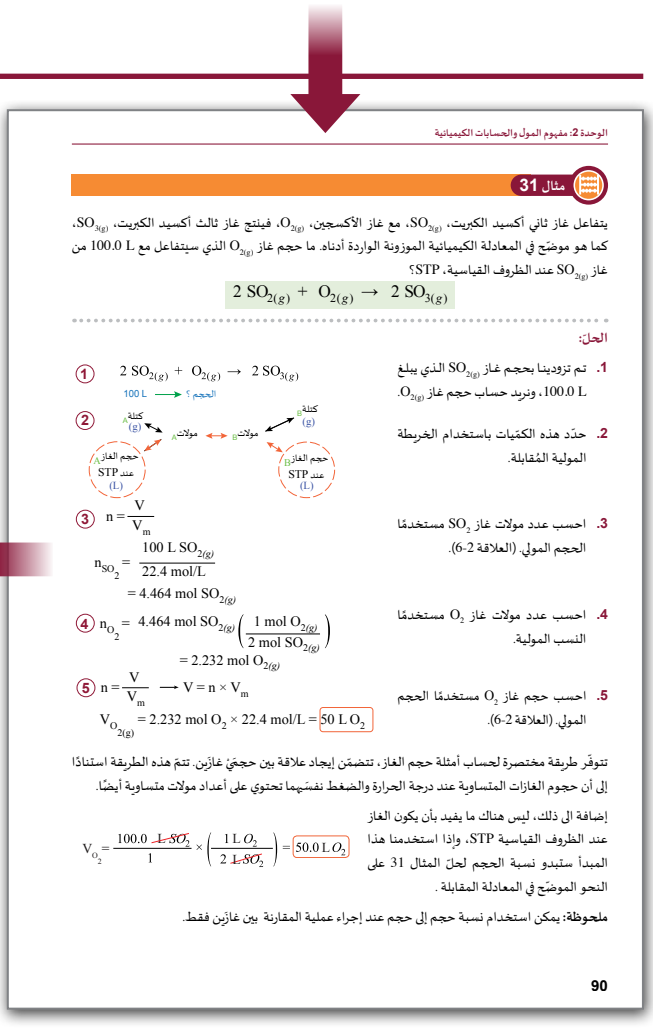
7. هل نحتاج إلى حساب شيء آخر قبل إجراء الحسابات للسؤال الذي بين أيدينا؟

8. في المثال 29 نحن نعرف عدد المولات؛ لذا، فإنّ بإمكاننا استخدامها بشكل مباشر لحساب النسبة المولية وبالتالي حساب عدد المولات. ثمّ نستخدم العلاقة 2-5 لتحديد الكتلة.

9. إذا كانت كتلة المركّب معطاة، فإنّنا سنحتاج عندئذٍ إلى حساب عدد مولاته، وسوف يُستخدَم عدد المولات هذا لحساب النسبة المولية ثمّ حساب كتلته من عدد المولات الذي وجد من النسبة المولية، وهذا ينطبق على المثال 30.

10. في المثال 31، أُعطينا حجم SO_2؛ عندئذ سوف نستخدم هذا الحجم لحساب عدد المولات، ثمّ نستخدم النسبة المولية، ما يُسهّل علينا بعد ذلك حساب حجم غاز الأكسجين اللازم باستخدام الحجم المولي عند الظروف القياسية.

11. في المثال 32، أُعطينا كتلة عنصر الحديد، عندئذ، يمكننا حساب عدد مولاته، واستخدام النسبة المولية لحساب عدد مولات الهيدروجين، ثمّ تحويل عدد مولات الهيدروجين إلى حجم باستخدام الحجم المولي عند الظروف القياسية.



الوحدة 2: مفهوم المول والحسابات الكيميائية

مثال 31

يتفاعل غاز ثاني أكسيد الكبريت، $SO_{2(g)}$، مع غاز الأكسجين، $O_{2(g)}$، فينتج غاز ثالث أكسيد الكبريت، $SO_{3(g)}$، كما هو موضّح في المعادلة الكيميائية الموزونة الواردة أدناه. ما حجم غاز $O_{2(g)}$ الذي سيتفاعل مع 100.0 L من غاز $SO_{2(g)}$ عند الظروف القياسية، STP؟

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

الحلّ:

1. تم تزويدنا بحجم غاز $SO_{2(g)}$ الذي يبلغ 100.0 L، ونريد حساب حجم غاز $O_{2(g)}$.
2. حدّد هذه الكمّيات باستخدام الخريطة المولية المُقابلة.
3. احسب عدد مولات غاز SO_2 مستخدمًا الحجم المولي. (العلاقة 2-6).
4. احسب عدد مولات غاز O_2 مستخدمًا النسب المولية.
5. احسب حجم غاز O_2 مستخدمًا الحجم المولي. (العلاقة 2-6).

① $2\,SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\,SO_{3(g)}$ — 100 L → الحجم ؟ L

② كتلة A (g) ↔ مولات A ↔ مولات B ↔ كتلة B (g)؛ حجم الغاز A عند STP (L) ↔ حجم الغاز B عند STP (L)

③ $n = \frac{V}{V_m}$

$$n_{SO_2} = \frac{100\ L\ SO_{2(g)}}{22.4\ mol/L} = 4.464\ mol\ SO_{2(g)}$$

④ $$n_{O_2} = 4.464\ mol\ SO_{2(g)}\left(\frac{1\ mol\ O_{2(g)}}{2\ mol\ SO_{2(g)}}\right) = 2.232\ mol\ O_{2(g)}$$

⑤ $n = \frac{V}{V_m} \rightarrow V = n \times V_m$

$$V_{O_{2(g)}} = 2.232\ mol\ O_2 \times 22.4\ mol/L = \boxed{50\ L\ O_2}$$

تتوفّر طريقة مختصرة لحساب أمثلة حجم الغاز، تتضمّن إيجاد علاقة بين حجمَي غازَين. تتمّ هذه الطريقة استنادًا إلى أن حجوم الغازات المتساوية عند درجة الحرارة والضغط نفسَيهما تحتوي على أعداد مولات متساوية أيضًا.

إضافة الى ذلك، ليس هناك ما يفيد بأن يكون الغاز عند الظروف القياسية STP. وإذا استخدمنا هذا المبدأ سنبدو نسبة الحجم لحلّ المثال 31 على النحو الموضّح في المعادلة المقابلة.

$$V_{O_2} = \frac{100.0\ \cancel{L\ SO_2}}{1} \times \left(\frac{1\ L\ O_2}{2\ \cancel{L\ SO_2}}\right) = \boxed{50.0\ L\ O_2}$$

ملحوظة: يمكن استخدام نسبة حجم إلى حجم عند إجراء عملية المقارنة بين غازَين فقط.

90

الدرس 2-3: الحسابات الكيميائية

مثال 32

ما حجم غاز الهيدروجين (H_2) الناتج عند الظروف القياسية، STP، عندما يتفاعل g 45.0 من الحديد (Fe) بحسب المعادلة الكيميائية الآتية:

$$2\,Fe_{(s)} + 3\,H_2O_{(l)} \rightarrow 3\,H_{2(g)} + Fe_2O_{3(s)}$$

الحلّ:

1. تمّ تزويدنا بكتلة Fe، ونريد حساب حجم غاز الهيدروجين (H_2) الناتج عند الظروف القياسية، STP.
2. حدّد الكمّيات باستخدام الخريطة المولية الى اليسار.
3. احسب عدد مولات الحديد باستخدام الكتلة المولية للحديد (55.8g/mol). (العلاقة 2-5)
4. احسب عدد مولات غاز الهيدروجين باستخدام النسبة المولية المناسبة التي تبين العلاقة بين H_2 و Fe من المعادلة الكيميائية الموزونة.
5. حوّل عدد مولات H_2 إلى حجم H_2 عند الظروف القياسية، STP؛ ثمّ استخدم الحجم المولي للغاز عند الظروف القياسية، STP. (العلاقة 2-6)

① $2\,Fe_{(s)} + 3\,H_2O_{(l)} \rightarrow 3\,H_{2(g)} + Fe_2O_{3(s)}$ — كتلة 45.0 g → حجم ؟ L

② كتلة A (g) ↔ مولات A ↔ مولات B ↔ كتلة B (g)؛ حجم الغاز A عند STP (L) ↔ حجم الغاز B عند STP (L)

③ $$n_{Fe} = \frac{m}{M_m} = \frac{45gFe}{55.8g/mol} = 0.806mol\ Fe$$

④ $$n_{H_2} = 0.806\ mol\ Fe\left(\frac{3\ mol\ H_2}{2\ mol\ Fe}\right) = 1.209\ molH_2$$

⑤ $n = \frac{V}{V_m} \rightarrow V = n \times V_m$

$$V_{H_2} = 1.209\ mol\ H_2 \times 22.4\ L/mol = \boxed{27.08\ L\ H_2}$$

لتبسيط الحسابات يمكنك أن تدمج الخطوات 3 و 4 و 5 في خطوة واحدة كالآتي:

$$V_{H_2} = \frac{45.0\ \cancel{g\ Fe}}{1} \times \left(\frac{1\ \cancel{mol\ Fe}}{55.8\ \cancel{g\ Fe}}\right) \times \left(\frac{3\ \cancel{mol}\ H_2}{2\ \cancel{mol\ Fe}}\right) \times \left(\frac{22.4\ L\ H_2}{1\ \cancel{mol}\ H_2}\right) = \boxed{27.08 L\ H_2}$$

ملحوظة: يمكن استخدام العلاقة الرياضية للحجم المولي لأيّ غاز عند الظروف القياسية، STP (22.4 L / mol) مع الغازات فقط، وليس مع المواد الصلبة، أو السائلة، إذ يمكن استخدامها فقط عندما يحدث التفاعل عند درجة الحرارة والضغط القياسيين (STP).

91

نشاط a3-2 الحسابات الكيميائية

الإجابات/ عيّنة بيانات

سؤال الاستقصاء:	هل يمكن توقّع كتلة مادة ناتجة عن تفاعل كيميائي بإجراء الحسابات الكيميائية؟
المواد المطلوبة:	محلول $HC\ell$ تركيزه 1 M ، ومحلول $NaHCO_3$ تركيزه 1 M ، ميزان إلكتروني، ملعقة، موقد، حامل معدني حلقي، شبكة تسخين معدنية، طبق تبخير، طبق زجاجي شفّاف، نظّارات واقية.

تصميم نشاط "يتوسّع" هذا لإعطاء الطلّاب فرصة لتطبيق أفكارهم المطورة حول الحسابات الكيميائية على التجربة العملية في المختبر.

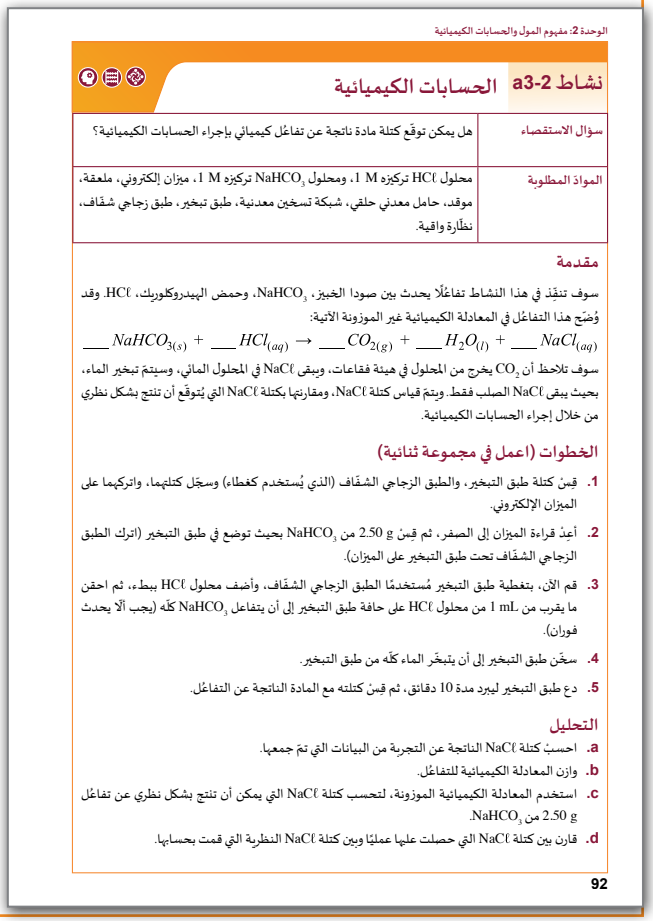
التحليل:

a. احسب كتلة $NaC\ell$ الناتجة عن التجربة من البيانات التي تمّ جمعها.

اطرح كتلة طبق التبخير والطبق الزجاجي الشفاف من كتلة طبق التبخير والطبق الزجاجي الشفّاف و $NaC\ell$. يجب أن تساوي قيمة هذه الكتلة 1.74 g تقريبًا.

b. وازن المعادلة الكيميائية للتفاعل.

$$NaHCO_{3(s)} + HC\ell_{(aq)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} + NaC\ell_{(aq)}$$



الوحدة 2: مفهوم المول والحسابات الكيميائية

نشاط a3-2 الحسابات الكيميائية

سؤال الاستقصاء	هل يمكن توقّع كتلة مادة ناتجة عن تفاعُل كيميائي بإجراء الحسابات الكيميائية؟
الموادّ المطلوبة	محلول $HC\ell$ تركيزه 1 M، ومحلول $NaHCO_3$ تركيزه 1 M، ميزان إلكتروني، ملعقة، موقد، حامل معدني حلقي، شبكة تسخين معدنية، طبق تبخير، طبق زجاجي شفّاف، نظّارة واقية.

مقدمة

سوف تنفّذ في هذا النشاط تفاعُلًا يحدث بين صودا الخبز، $NaHCO_3$، وحمض الهيدروكلوريك، $HC\ell$. وقد وُضِّح هذا التفاعُل في المعادلة الكيميائية غير الموزونة الآتية:

$$__NaHCO_{3(s)} + __HCl_{(aq)} \rightarrow __CO_{2(g)} + __H_2O_{(l)} + __NaCl_{(aq)}$$

سوف تلاحظ أن CO_2 يخرج من المحلول في هيئة فقاعات، ويبقى $NaC\ell$ في المحلول المائي، وسيتمّ تبخير الماء، بحيث يبقى $NaC\ell$ الصلب فقط. ويتمّ قياس كتلة $NaC\ell$، ومقارنتها بكتلة $NaC\ell$ التي يُتوقّع أن تنتج بشكل نظري من خلال إجراء الحسابات الكيميائية.

الخطوات (اعمل في مجموعة ثنائية)

1. قِسْ كتلة طبق التبخير، والطبق الزجاجي الشفّاف (الذي يُستخدم كغطاء) وسجّل كتلتهما، واتركهما على الميزان الإلكتروني.
2. أعِدْ قراءة الميزان إلى الصفر، ثم قِسْ 2.50 g من $NaHCO_3$ بحيث توضع في طبق التبخير (اترك الطبق الزجاجي الشفّاف تحت طبق التبخير على الميزان).
3. قم الآن، بتغطية طبق التبخير مُستخدمًا الطبق الزجاجي الشفّاف، وأضف محلول $HC\ell$ ببطء، ثم احقن ما يقرب من 1 mL من محلول $HC\ell$ على حافة طبق التبخير إلى أن يتفاعل $NaHCO_3$ كلّه (يجب ألّا يحدث فوران).
4. سخّن طبق التبخير إلى أن يتبخّر الماء كلّه من طبق التبخير.
5. دع طبق التبخير ليبرد مدة 10 دقائق، ثم قِسْ كتلته مع المادة الناتجة عن التفاعُل.

التحليل

a. احسبْ كتلة $NaC\ell$ الناتجة عن التجربة من البيانات التي تمّ جمعها.
b. وازن المعادلة الكيميائية للتفاعُل.
c. استخدم المعادلة الكيميائية الموزونة، لتحسب كتلة $NaC\ell$ التي يمكن أن تنتج بشكل نظري عن تفاعُل 2.50 g من $NaHCO_3$.
d. قارن بين كتلة $NaC\ell$ التي حصلت عليها عمليًا وبين كتلة $NaC\ell$ النظرية التي قمت بحسابها.

92

نشاط a3-2 الحسابات الكيميائية

الإجابات/
عيّنة بيانات

c. استخدم المعادلة الكيميائية الموزونة لتحسب كتلة NaCℓ التي يمكن أن تنتج بشكل نظري عن تفاعل 2.50 g من $NaHCO_3$.

الكتلة المولية $NaHCO_3$ = 83.96 g/mol

الكتلة المولية NaCℓ = 58.43 g/mol

نحسب عدد مولات $NaHCO_3$

$$n = \frac{2.50g}{83.96g/mol} = 0.03\ mol$$

من المعادلة الموزونة فإنّ عدد مولات $NaCℓ = NaHCO_3 = 0.03\ mol$

نحسب كتلة NaCℓ وهي كتلة الناتج النظري كما يأتي:

$$m = 0.03\ mol \times 58.43g/mol = 1.75\ g$$

d. قارن بين كتلة NaCℓ التي حصلت عليها عمليًّا وكتلة NaCℓ التي قمت بحسابها.

قد تكون قيمة كتلة NaCℓ التي حصلت عليها عمليًّا أكبر أو أقلّ بقليل من قيمة الكتلة المحسوبة. فالطلّاب الذين استخدموا التقنيات بشكل جيّد قد يحصلون على نتيجة قريبة جدًّا من القيمة المحسوبة نظريًّا فنسبة خطأ بحدود 15% تعني نتيجة مقبولة . الناتج الفعلي يكون أقلّ من الناتج النظري لأسباب منها قد يكون التفاعل غير مكتمل أو عدم دقة في القياسات وغيرها. ويمكن أن يكون أكبر بحيث أنّهم لم يجففوا الناتج بشكل جيّد.

المولارية (M)

1. في هذا الدرس، اسأل الطلّاب كيف يمكن حساب عدد المولات في محلول حمض ما؟ ذكّر الطلّاب بأنّ المحلول هو عبارة عن مادة أو أكثر مذابة في مذيب. وبالتالي، هناك أكثر من مادة في المحلول. هل يمكن قياس كتلة المحلول لحساب عدد المولات، مع العلم بأنّ عدد الجزيئات الموجودة في المحلول يمكن أن تكون مختلفة ؟
2. يمكن تغيير تركيز المحلول استنادًا إلى الاستخدام. لهذا، فإنّ مولارية المحلول تعتمد على عدد مولات المادة المذابة، وعلى حجم المحلول.
3. اطلب من الطلّاب تذكّر أمثلة لمحاليل مختلفة التركيز استخدمها المعلم في المختبر أو لأخرى تُستخدم في الحياة اليومية.
4. للتحقّق من فهم الطلّاب، اطلب إليهم حساب عدد مولات KOH اللازمة لإعداد 0.5 L من محلول هيدروكسيد البوتاسيوم تركيزه 1 mol/L.

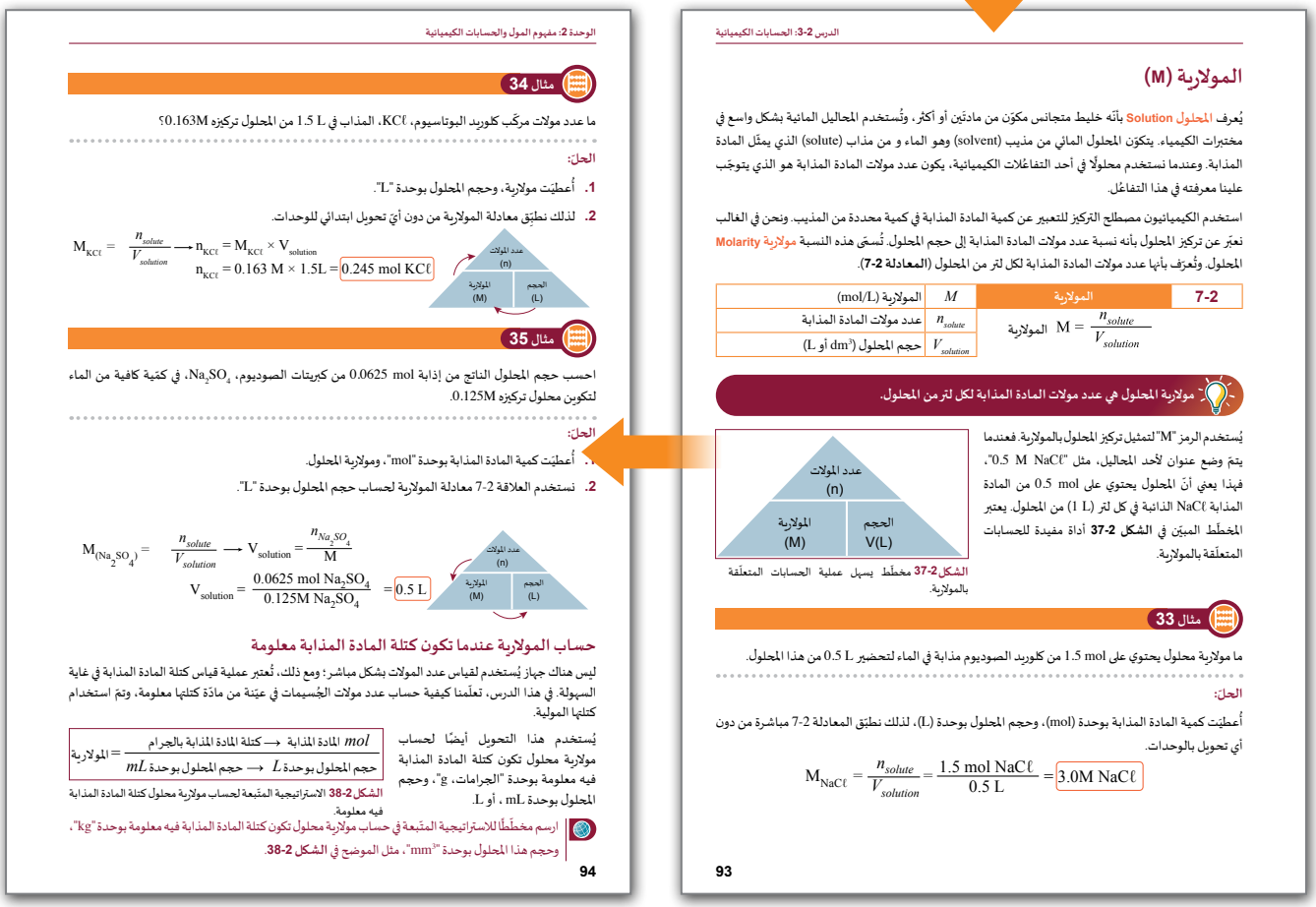
0.5 mol من KOH في 0.5 L من المحلول.

5. عندما نذيب 0.5 mol، فإنّنا سنحتاج إلى قياس الكتلة باستخدام **المعادلة 2-5**.
6. استخدم الأمثلة 33 و 34 و 35 و 36 و 37 لتوضيح كيفيّة حساب مولارية محلول وعدد مولات المادة المذابة وكتلتها المستخدمة وحجم المحلول اللازم.

يستكشف: ارسم مخطّطًا للاستراتيجية المتّبعة في حساب مولارية محلول تكون كتلة المادة المذابة فيه معلومة بوحدة "kg"، وحجم هذا المحلول بوحدة "mm^3"، كما هو موضّح في **الشكل 2-38**.

يمكن أن يكتب في البسط بشكل صحيح الآتي: Kg → g→mole

أمّا في المقام فيكون الترتيب كالآتي: $1\ mm^3 = 10^{-6} dm^3$ حيث $1L\ (dm^3) \rightarrow mm^3$



الدرس 2-3: الحسابات الكيميائية

المولارية (M)

يُعرف المحلول Solution بأنّه خليط متجانس مكوّن من مادتين أو أكثر، وتُستخدم المحاليل المائية بشكل واسع في مختبرات الكيمياء. يتكوّن المحلول المائي من مذيب (solvent) وهو الماء و من مذاب (solute) الذي يمثّل المادة المذابة. وعندما نستخدم محلولًا في أحد التفاعلات الكيميائية، يكون عدد مولات المادة المذابة هو الذي يتوجّب علينا معرفته في هذا التفاعل.

استخدم الكيميائيون مصطلح التركيز للتعبير عن كمية المادة المذابة في كمية محددة من المذيب. ونحن في الغالب نعبّر عن تركيز المحلول بأنه نسبة عدد مولات المادة المذابة إلى حجم المحلول. تُسمّى هذه النسبة مولارية Molarity المحلول. وتُعرّف بأنها عدد مولات المادة المذابة لكل لتر من المحلول (**المعادلة 7-2**).

7-2 المولارية $M = \frac{n_{solute}}{V_{solution}}$

المولارية	M	المولارية (mol/L)
عدد مولات المادة المذابة	n_{solute}	
حجم المحلول (dm^3 أو L)	$V_{solution}$	

مولارية المحلول هي عدد مولات المادة المذابة لكل لتر من المحلول.

يُستخدم الرمز "M" لتمثيل تركيز المحلول بالمولارية. فعندما يتمّ وضع عنوان لأحد المحاليل، مثل "0.5 M NaCℓ"، فهذا يعني أنّ المحلول يحتوي على 0.5 mol من المادة المذابة NaCℓ الذائبة في كل لتر (1 L) من المحلول. يعتبر المخطّط المبيّن في **الشكل 2-37** أداة مفيدة للحسابات المتعلّقة بالمولارية.

الشكل 2-37 مخطّط يسهل عملية الحسابات المتعلّقة بالمولارية.

مثال 33

ما مولارية محلول يحتوي على 1.5 mol من كلوريد الصوديوم مذابة في الماء لتحضير 0.5 L من هذا المحلول.

الحل:

أُعطيت كمية المادة المذابة بوحدة (mol)، وحجم المحلول بوحدة (L)، لذلك نطبّق المعادلة 7-2 مباشرة من دون أي تحويل بالوحدات.

$$M_{NaCℓ} = \frac{n_{solute}}{V_{solution}} = \frac{1.5\ mol\ NaCℓ}{0.5\ L} = \boxed{3.0M\ NaCℓ}$$

مثال 34

ما عدد مولات مركّب كلوريد البوتاسيوم، KCℓ، المذاب في 1.5 L من المحلول تركيزه 0.163M؟

الحل:

1. أُعطيت مولارية، وحجم المحلول بوحدة "L".
2. لذلك نطبّق معادلة المولارية من دون أي تحويل ابتدائي للوحدات.

$$M_{KCℓ} = \frac{n_{solute}}{V_{solution}} \rightarrow n_{KCℓ} = M_{KCℓ} \times V_{solution}$$
$$n_{KCℓ} = 0.163\ M \times 1.5L = \boxed{0.245\ mol\ KCℓ}$$

مثال 35

احسب حجم المحلول الناتج من إذابة 0.0625 mol من كبريتات الصوديوم، Na_2SO_4، في كمّية كافية من الماء لتكوين محلول تركيزه 0.125M.

الحل:

1. أُعطيت كمية المادة المذابة بوحدة "mol"، ومولارية المحلول.
2. نستخدم العلاقة 7-2 معادلة المولارية لحساب حجم المحلول بوحدة "L".

$$M_{(Na_2SO_4)} = \frac{n_{solute}}{V_{solution}} \rightarrow V_{solution} = \frac{n_{Na_2SO_4}}{M}$$
$$V_{solution} = \frac{0.0625\ mol\ Na_2SO_4}{0.125M\ Na_2SO_4} = \boxed{0.5\ L}$$

حساب المولارية عندما تكون كتلة المادة المذابة معلومة

ليس هناك جهاز يُستخدم لقياس عدد المولات بشكل مباشر؛ ومع ذلك، تُعتبر عملية قياس كتلة المادة المذابة في غاية السهولة. في هذا الدرس، تعلّمنا كيفية حساب عدد مولات الجُسيمات في عيّنة من مادّة كتلتها معلومة، وتمّ استخدام كتلتها المولية.

يُستخدم هذا التحويل أيضًا لحساب مولارية محلول تكون كتلة المادة المذابة فيه معلومة بوحدة "الجرامات، g"، وحجم المحلول بوحدة mL، أو L.

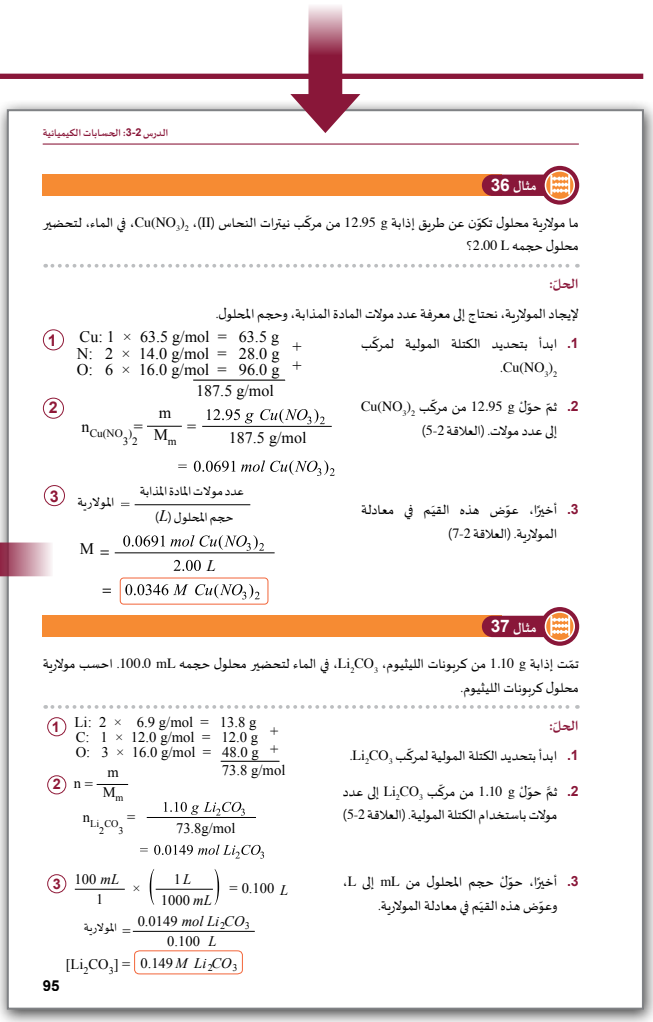
$$\text{المولارية} = \frac{\text{كتلة المادة المذابة بالجرام} \rightarrow mol\ \text{المادة المذابة}}{\text{حجم المحلول بوحدة} \rightarrow L \quad \text{حجم المحلول بوحدة} \rightarrow mL}$$

الشكل 2-38 الاستراتيجية المتّبعة لحساب مولارية محلول كتلة المادة المذابة فيه معلومة.

ارسم مخطّطًا للاستراتيجية المتّبعة في حساب مولارية محلول تكون كتلة المادة المذابة فيه معلومة بوحدة "kg"، وحجم هذا المحلول بوحدة "mm^3"، مثل الموضح في **الشكل 2-38**.

تحضير المحاليل

1. يمكن أن يعرض المعلم للطلّاب الدورق الحجمي المُستخدَم لتحضير المحاليل. أبرز لهم خطّ القياس الذي يوجد على هيئة علامة في عنق الدورق، وذكّرهم بأنّنا نحتاج إلى استخدام الدورق الحجمي الصحيح والمناسب للهدف المنشود منه، وتجنّب الهدر.
2. بعد ذلك، يمكن أن يقرأ الطلّاب خطوات إعداد المحلول. ولمراجعة هذه الخطوات، كلّف الطلّاب رسم كلّ خطوة واردة في كتابهم؛ وعوضًا من إعادة كتابة الخطوات الفعلية، يجب عليهم تنفيذ الطريقة بشكل عملي بالاستناد إلى المخطّط.
3. ضمن مجموعات ثنائية، يمكن للطلّاب أن يتشاركوا في مخطّطاتهم، ويتأكّدوا من فهم الخطوات الموضّحة.
4. لتعزيز تعلّم الطلّاب، يمكن أن يطلب المعلّم إليهم كتابة الطريقة الصحيحة لإعداد محلول كلوريد الصوديوم لتكون قيمة المولارية له تساوي 1 M.
5. في أثناء كتابتهم للخطوات، يحتاج الطلّاب إلى ذكر حجم المحلول والمادة المذابة.



الدرس 2-3: الحسابات الكيميائية

مثال 36

ما مولارية محلول تكوّن عن طريق إذابة 12.95 g من مركّب نيترات النحاس (II)، $Cu(NO_3)_2$، في الماء، لتحضير محلول حجمه 2.00 L؟

الحلّ:

لإيجاد المولارية، نحتاج إلى معرفة عدد مولات المادة المذابة، وحجم المحلول.

1. ابدأ بتحديد الكتلة المولية لمركّب $Cu(NO_3)_2$.

① Cu: 1 × 63.5 g/mol = 63.5 g +
N: 2 × 14.0 g/mol = 28.0 g +
O: 6 × 16.0 g/mol = 96.0 g +
187.5 g/mol

2. ثمّ حوّل 12.95 g من مركّب $Cu(NO_3)_2$ إلى عدد مولات. (العلاقة 2-5)

② $n_{Cu(NO_3)_2} = \frac{m}{M_m} = \frac{12.95\ g\ Cu(NO_3)_2}{187.5\ g/mol}$

$= 0.0691\ mol\ Cu(NO_3)_2$

3. أخيرًا، عوّض هذه القيَم في معادلة المولارية. (العلاقة 2-7)

③ المولارية $= \frac{\text{عدد مولات المادة المذابة}}{\text{حجم المحلول } (L)}$

$M = \frac{0.0691\ mol\ Cu(NO_3)_2}{2.00\ L}$

$= \boxed{0.0346\ M\ Cu(NO_3)_2}$

مثال 37

تمّت إذابة 1.10 g من كربونات الليثيوم، Li_2CO_3، في الماء لتحضير محلول حجمه 100.0 mL. احسب مولارية محلول كربونات الليثيوم.

الحلّ:

1. ابدأ بتحديد الكتلة المولية لمركّب Li_2CO_3.

① Li: 2 × 6.9 g/mol = 13.8 g +
C: 1 × 12.0 g/mol = 12.0 g +
O: 3 × 16.0 g/mol = 48.0 g +
73.8 g/mol

2. ثمّ حوّل 1.10 g من مركّب Li_2CO_3 إلى عدد مولات باستخدام الكتلة المولية. (العلاقة 2-5)

② $n = \frac{m}{M_m}$

$n_{Li_2CO_3} = \frac{1.10\ g\ Li_2CO_3}{73.8 g/mol}$

$= 0.0149\ mol\ Li_2CO_3$

3. أخيرًا، حوّل حجم المحلول من mL إلى L، وعوّض هذه القيَم في معادلة المولارية.

③ $\frac{100\ mL}{1} \times \left(\frac{1\ L}{1000\ mL}\right) = 0.100\ L$

المولارية $= \frac{0.0149\ mol\ Li_2CO_3}{0.100\ L}$

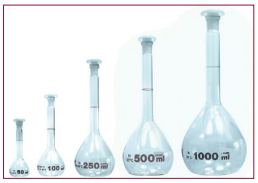
$[Li_2CO_3] = \boxed{0.149\ M\ Li_2CO_3}$

95

الوحدة 2: مفهوم المول والحسابات الكيميائية

تحضير المحاليل

إذا أردنا تحضير محلول له تركيز معلوم أو محدّد بدقة، يتوجّب علينا قياس كتلة المادة المذابة وحجم المحلول بدقة. يتمّ قياس كتل المواد المذابة لمعظم المحاليل باستخدام الميزان الإلكتروني الذي يقيس الكتلة بوحدة المليجرام (mg)، وتُستخدم دوارق خاصة، تُسمّى "دوارق حجمية"، لقياس حجم المحاليل. تتوفّر هذه الدوارق الحجمية بسعات كثيرة ومتنوّعة (**الشكل 2-39**). وإذا أردنا تحضير محلول ما، فعلينا اختيار سعة الدورق الحجمي، المناسب للمحلول المطلوب من دون أن يكون هناك فائض. علمًا أنّ عنق الدورق الحجمي الطويل يحتوي على خطّ قياس، بحيث يصل المحلول إلى السعة المطلوبة بعد تقعّر سطحه عند مستوى ذلك الخطّ. (**الشكل 2-40**).



الشكل 2-39 تتوفّر الدوارق الحجمية بسعات مختلفة.

الشكل 2-40 تقعّر المحلول عند مستوى خط القياس الذي يحتوي عليه عنق الدورق الحجمي.

خطوات تحضير محلول، له مولارية وحجم محدّدان

1. حدّد مولارية المحلول وحجمه المطلوبَيْن.
2. اختر دورقًا حجميًا يوفر لك الحجم المطلوب للمحلول.
3. احسب كتلة المادة المذابة اللازمة لإعداد المحلول ذي التركيز المطلوب، وحجم المحلول (سيتمّ وصف هذا في الأمثلة اللاحقة).
4. قِسْ الكتلة المحسوبة للمادة المذابة، وضعْها في الدورق الحجمي الذي اخترته (إضافة المادة المذابة قبل الماء يساعد على إذابة المادة المذابة بشكل أسرع).
5. أضِفْ كمّيات قليلة من الماء المُقطّر إلى الدورق الحجمي. مع هزّه بطريقة دائرية بعد كل إضافة، إلى أن يصل تقعّر سطح المحلول إلى خطّ القياس.
6. غطِّ الدورق الحجمي واقلبه عدّة مرّات للتأكّد من الحصول على خليط مُتجانس.

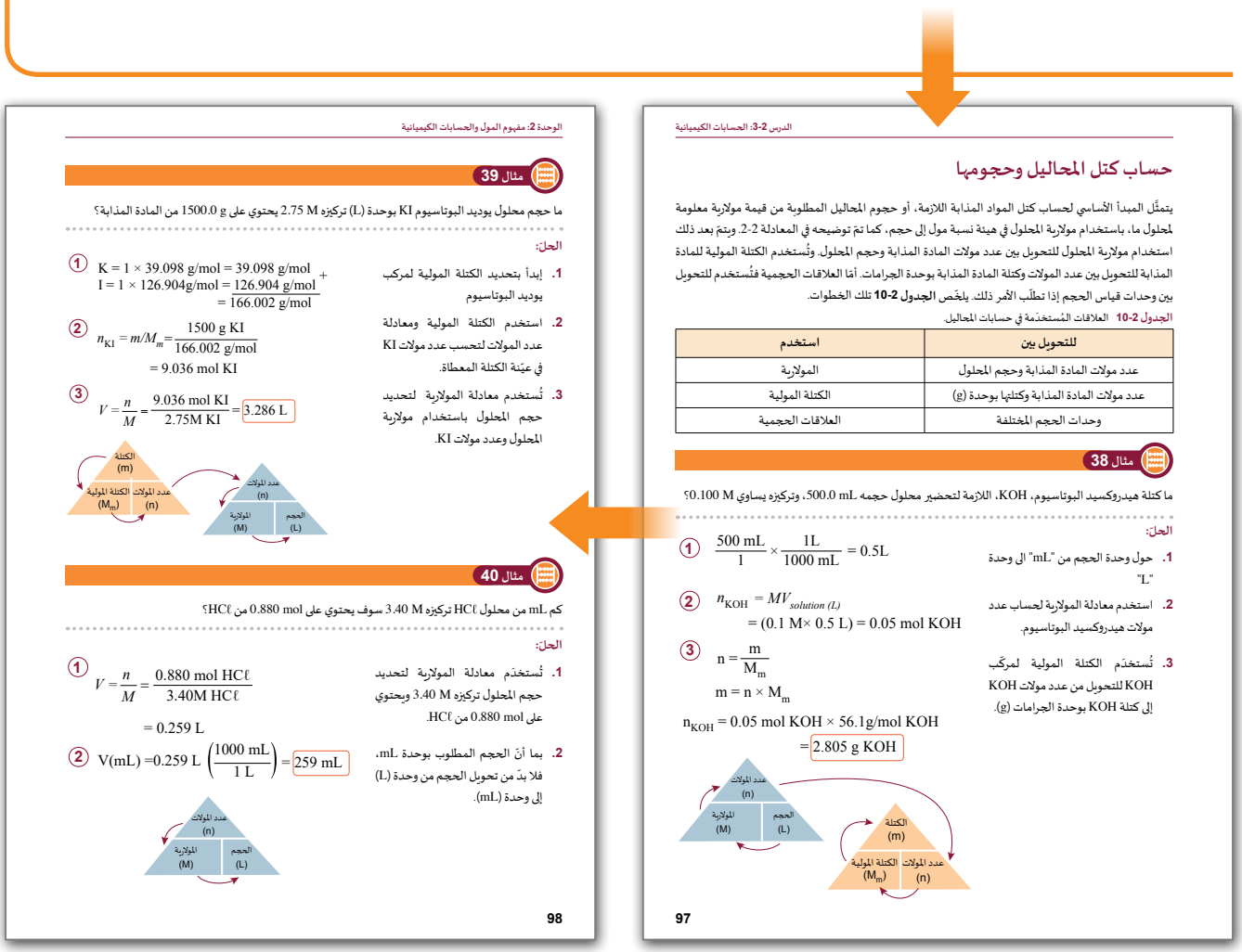
96

حساب كتل المحاليل وحجومها

1. يجب أن تكون الحسابات منفصلة بعضها عن بعض عندما يتعلّق الأمر بالمواد الصلبة والغازات والمحاليل.
2. في الواقع، لن تكون الحال كما هي عليه دائمًا، فمعظم الأمور الشائعة التي نحتاج إليها هي حساب مولات المادة المذابة اللازمة باستخدام علاقة التركيز. بعد ذلك، ولحساب كتلة المادة المذابة اللازمة، سوف نستخدم علاقة الكتلة المولية.
3. استخدم الأمثلة 38 و 39 و 40 لتوضيح كيفية حساب عدد المولات والكتلة.
4. للتدرُّب على ذلك: احسب كتلة هيدروكسيد الصوديوم NaOH اللازمة بالجرام لإعداد 0.05 L من محلول NaOH تركيزه 2 mol/L.

الخطوة الأولى هي حساب عدد مولات NaOH اللازمة باستخدام علاقة التركيز، سوف نحتاج إلى 0.1 mol من NaOH.

الخطوة الثانية هي حساب كتلة NaOH اللازمة. باستخدام علاقة الكتلة المولية نحصل على كتلة NaOH وتساوي 4 g.



الدرس 3-2: الحسابات الكيميائية

حساب كتل المحاليل وحجومها

يتمثَّل المبدأ الأساسي لحساب كتل المواد المذابة اللازمة، أو حجوم المحاليل المطلوبة من قيمة مولارية معلومة لمحلول ما، باستخدام مولارية المحلول في هيئة نسبة مول إلى حجم، كما تمّ توضيحه في المعادلة 2-2. ويتمّ بعد ذلك استخدام مولارية المحلول للتحويل بين عدد مولات المادة المذابة وحجم المحلول. وتُستخدم الكتلة المولية للمادة المذابة للتحويل بين عدد المولات وكتلة المادة المذابة بوحدة الجرامات. أمّا العلاقات الحجمية فتُستخدم للتحويل بين وحدات قياس الحجم إذا تطلّب الأمر ذلك. يلخّص **الجدول 2-10** تلك الخطوات.

الجدول 2-10 العلاقات المُستخدَمة في حسابات المحاليل

للتحويل بين	استخدم
عدد مولات المادة المذابة وحجم المحلول	المولارية
عدد مولات المادة المذابة وكتلتها بوحدة (g)	الكتلة المولية
وحدات الحجم المختلفة	العلاقات الحجمية

مثال 38

ما كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم، KOH، اللازمة لتحضير محلول حجمه 500.0 mL، وتركيزه يساوي 0.100 M؟

الحل:

1. حول وحدة الحجم من "mL" إلى وحدة "L".
2. استخدم معادلة المولارية لحساب عدد مولات هيدروكسيد البوتاسيوم.
3. تُستخدَم الكتلة المولية لمركّب KOH للتحويل من عدد مولات KOH إلى كتلة KOH بوحدة الجرامات (g).

① $\frac{500\ \text{mL}}{1} \times \frac{1\text{L}}{1000\ \text{mL}} = 0.5\text{L}$

② $n_{KOH} = MV_{solution\ (L)}$
$= (0.1\ \text{M} \times 0.5\ \text{L}) = 0.05\ \text{mol KOH}$

③ $n = \frac{m}{M_m}$
$m = n \times M_m$
$n_{KOH} = 0.05\ \text{mol KOH} \times 56.1\text{g/mol KOH}$
$= \boxed{2.805\ \text{g KOH}}$

مثال 39

ما حجم محلول يوديد البوتاسيوم KI بوحدة (L) تركيزه 2.75 M يحتوي على 1500.0 g من المادة المذابة؟

الحل:

1. إبدأ بتحديد الكتلة المولية لمركب يوديد البوتاسيوم
2. استخدم الكتلة المولية ومعادلة عدد المولات لتحسب عدد مولات KI في عيّنة الكتلة المعطاة.
3. تُستخدم معادلة المولارية لتحديد حجم المحلول باستخدام مولارية المحلول وعدد مولات KI.

① $\text{K} = 1 \times 39.098\ \text{g/mol} = 39.098\ \text{g/mol}$
$\text{I} = 1 \times 126.904\text{g/mol} = 126.904\ \text{g/mol}$ +
$= 166.002\ \text{g/mol}$

② $n_{KI} = m/M_m = \frac{1500\ \text{g KI}}{166.002\ \text{g/mol}}$
$= 9.036\ \text{mol KI}$

③ $V = \frac{n}{M} = \frac{9.036\ \text{mol KI}}{2.75\text{M KI}} = \boxed{3.286\ \text{L}}$

مثال 40

كم mL من محلول HCℓ تركيزه 3.40 M سوف يحتوي على 0.880 mol من HCℓ؟

الحل:

1. تُستخدَم معادلة المولارية لتحديد حجم المحلول تركيزه 3.40 M ويحتوي على 0.880 mol من HCℓ.
2. بما أنّ الحجم المطلوب بوحدة mL، فلا بدّ من تحويل الحجم من وحدة (L) إلى وحدة (mL).

① $V = \frac{n}{M} = \frac{0.880\ \text{mol HCℓ}}{3.40\text{M HCℓ}}$
$= 0.259\ \text{L}$

② $\text{V(mL)} = 0.259\ \text{L} \left(\frac{1000\ \text{mL}}{1\ \text{L}}\right) = \boxed{259\ \text{mL}}$

نشاط b3-2 تحضير المحاليل القياسية

الإجابات/ عيّنة بيانات

سؤال الاستقصاء:	كيف تُعدّ محلولًا قياسيًّا (أي له تركيز معلوم بدقة)؟
المواد المطلوبة:	كبريتات النحاس (II) خُماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$)، ماء مُقطّر، دورق حجمي سعته 250 mL مع غطاء أو سدادة زجاجية مصقولة، ميزان إلكتروني يقيس بوحدة المليجرام، ورق وزن، ملعقة معدنية صغيرة.

تمّ تصميم نشاط "يتوسّع" هذا لإعطاء الطلّاب فرصة لتطبيق ما تعلّموه حول الحسابات المتعلّقة بالمحاليل، وتحضير المحاليل من خلال التجربة العملية في المختبر.

الحسابات:

a. احسب الكتلة المولية لمركّب كبريتات النحاس (II) خماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$).

249.6 g/mol

b. احسب كتلة مركّب كبريتات النحاس (II) خماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$) اللازمة لإعداد محلول حجمه 250.0 mL، وتركيزه 0.0865 M.

5.40 g

يستكشف:

توقّع ما سيحدث للماء (H_2O) الموجود في بلورات مركّب $CuSO_4.5H_2O$ عندما تذوب هذه البلورات في الماء الذي أُضيف إليها.

الماء من البلورات سيصبح جزءًا من الماء الذي يمثّل المذيب في المحلول.

الدرس 2-3: الحسابات الكيميائية

نشاط b3-2 تحضير المحاليل القياسية

سؤال الاستقصاء	كيف تُعدّ محلولًا قياسياً (أي له تركيز معلوم بدقة)؟
المواد المطلوبة	كبريتات النحاس (II) خُماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$)، ماء مُقطّر، دورق حجمي سعته 250 mL مع غطاء أو سدادة زجاجية مصقولة، ميزان إلكتروني يقيس بوحدة المليجرام، ورق وزن، ملعقة معدنية صغيرة.

مقدّمة

سوف تحسب في هذا النشاط كتلة المادة المذابة اللازمة لإعداد محلول له حجم ومولارية معلومان. ثمّ تُعدّ محلولًا، وتعرض على معلّمك المحلول والحسابات التي أجريتها من أجل تقييمها.

المهمة

أعِدّ محلولًا لمركّب كبريتات النحاس (II) ($CuSO_4$)، حجمه 250.0 mL، وتركيزه 0.0865 M.

الخطوات (اعمل في مجموعة ثنائية)

1. احسب الكتلة المولية لمركّب كبريتات النحاس (II) خُماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$). يشير الجزء "$5H_2O$" الوارد في الصيغة إلى وجود 5 جُزيئات من الماء مرتبطة بكبريتات النحاس (II) ($CuSO_4$). اجمع قيمة الكتلة الجُزيئية لجُزيئات الماء الخمسة، وقيمة الكتلة المولية للصيغة $CuSO_4$ من أجل تحديد الكتلة المولية للمُركّب $CuSO_4.5H_2O$، ووضّح طريقة إجراءاتك للحسابات تحت عنوان "الحسابات a".
2. احسب كتلة المُركّب كبريتات النحاس (II) خُماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$) اللازمة لإعداد محلول حجمه 250.0 mL، وتركيزه 0.0865 M، ووضّح طريقة إجراءاتك للحسابات تحت عنوان "الحسابات b".
3. قِسْ كتلة مُركّب كبريتات النحاس (II) خُماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$) المجسوبة بوضعها على ورقة الوزن وباستخدام الميزان الإلكتروني.
4. ضع الكتلة الموزونة بحذر في دورق حجمي سعته 250.0 mL.
5. أضف كمّيات قليلة من الماء المقطّر إلى الدورق الحجمي وهزّه بشكل دائري بعد كلّ إضافة، إلى أن يصل تقعُّر سطح المحلول إلى خطّ القياس.
6. غطّ الدورق الحجمي واقلبه عدة مرات للتأكّد من اختلاط محتوياته بشكل متجانس.

الحسابات

a. احسب الكتلة المولية لمُركّب كبريتات النحاس (II) خماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$).
b. احسب كتلة مُركّب كبريتات النحاس (II) خُماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$). اللازمة لإعداد محلول حجمه 250.0 mL ، وتركيزه 0.0865 M.

توقّع ما سيحدث للماء (H_2O) الموجود في بلّورات مُركّب $CuSO_4.5H_2O$ عندما تذوب هذه البلورات في الماء الذي أُضيف إليها.

99

تقويم الدّرس 2-3 — الإجابات

1. أيّ العبارات الآتية تصف عدد أفوجادرو، N_A بالشكل الأفضل؟

a. عدد الجرامات في وحدة كتلة ذرّية واحدة (amu)

b. عدد الذرّات في جرام واحد من مادة ما.

c. عدد الجُسيمات في مول واحد من أيّ شيء.

d. عدد المولات في جرام واحد من المادة.

c. عدد الجُسَيْمات في مول واحد من أيّ شيء.

2. أيٌّ ممّا يأتي يُمثّل تعريف المولارية؟

a. كتلة المادة المذابة لكلّ لتر من المذيب.

b. كتلة المادة المذابة لكلّ لتر من المحلول.

c. عدد مولات المادة المذابة لكلّ لتر من المذيب.

d. عدد مولات المادة المذابة لكلّ لتر من المحلول.

d. عدد مولات المادة المذابة لكلّ لتر من المحلول.

3. ما كتلة 2 mol من الماء، H_2O؟ (الكتلة المولية للماء تساوي 18.0 g/mol)؟

a. 9.0 g

b. 18.0 g

c. 34.0 g

d. 36.0 g

d. 36.0 g

4. أيٌّ من أزواج القيَم الآتية يمثّل قيمتَي درجة الحرارة والضغط القياسيَّين، STP؟

a. 0°C و 1 ضغط جوّي.

b. 100°C و 1 ضغط جوّي.

c. 0°C و 22.4 ضغط جوّي.

d. 100°C و 22.4 ضغط جوّي.

a. 0°C و 1 ضغط جوّي.

5. ما الحجم المولي للغاز عند الظروف القياسية، STP؟

22.4 L/mol

6. انظر إلى المعادلة الكيميائية المُعطاة أدناه. ما عدد مولات الخارصين، Zn، التي سوف تتفاعل لإنتاج 0.250 mol من غاز الهيدروجين، H_2؟

$$Zn_{(s)} + 2\,HC\ell_{(aq)} \rightarrow ZnC\ell_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

باستخدام النسب المولية نجد أنّ مولًا واحدًا من الخارصين ينتج مولًا واحدًا من غاز الهيدروجين. وبالتالي، فإنّ عدد مولات الخارصين، Zn، هو:

0.250 mol

تقويم الدّرس 2-3

الإجابات

7. انظر إلى المعادلة الكيميائية المُعطاة أدناه. ما حجم غاز الأكسجين، O_2، الذي سوف يتفاعل مع 2.50 L من غاز الهيدروجين، H_2؟

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

عند الظروف القياسية الحجم المولي لأيّ غاز هو 22.4L/mol.

عدد مولات غاز الهيدروجين، H_2، الموجودة هو:

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{2.50}{22.4} = 0.11\ mol$$

النسبة المولية للهيدروجين إلى الأكسجين هي 2:1.

فإذا كان لدينا 0.11 mol من H_2، فإنّنا سنحتاج عندئذ إلى: (0.11/2 = 0.055 mol) من O_2.

حجم غاز الأكسجين، O_2، سيكون:

$$V = n \times V_m = 0.055 \times 22.4 = 1.232\ L$$

8. احسب كتلة KCℓ (كتلته المولية = 74.6 g/mol) اللازمة لتحضير 1 L من محلول KCℓ تركيزه 1.00 M.

عدد مولات كلوريد البوتاسيوم، KCℓ، اللازمة لإعداده هو:

$$n = M \times V_{solution} = 1.00 \times 1 = 1\ mol$$

ولحساب كتلة كلوريد البوتاسيوم، KCℓ:

$$m = n \times Mm = 1 \times 74.6 = 74.6\ g$$

9. احسب كتلة نيترات الخارصين $Zn(NO_3)_2$ (كتلته المولية = 189.4 g/mol) اللازمة لتحضير 2.00 L من محلول $Zn(NO_3)_2$ تركيزه 2.00 M.

عدد مولات نيترات الخارصين، $Zn(NO_3)_2$، اللازمة لإعداده هي:

$$n = M \times V_{solution} = 2.00 \times 2 = 4\ mol$$

ولحساب كتلة نيترات الخارصين، $Zn(NO_3)_2$:

$$m = n \times Mm = 4 \times 189.4 = 757.6\ g$$

إعادة تدريس

1. تعلّم الطلّاب الكثير من المعادلات في هذا الدرس. اطلب إلى الطلّاب إعداد بطاقات صغيرة لكلّ معادلة تعلّموها.
2. على الوجه الخلفي للبطاقات، يمكن أن يكتب الطلّاب نوع الأسئلة التي يمكن استخدامها لهذه المعادلات.
3. استنادًا إلى كلّ معادلة، يجب على الطلّاب أن يصمّموا أسئلتهم الخاصة بهم.
4. امنح علامتين إضافيتين لتصميم السؤال الذي يتضمّن معادلتين.
5. يمكن أن يمرّر الطلّاب هذه الأسئلة إلى زملائهم ويطلبوا إليهم الإجابة عنها.

إثراء

1. يمكن أن يحسب الطلّاب كتلة السكّر الموجودة في قطعة علكة. ضمن مجموعة مكوّنة من 4 أو 5 طلّاب، يحصل كلّ طالب منهم على قطعة علكة، ثمّ يجد الطلّاب كتلة قطع العلكة غير الممضوغة ويدونونها.
2. يمضغ كلّ طالب قطعة العلكة الخاصة به إلى أن يختفي طعم السكّر منها يمكن أن تستغرق هذه العملية 5 دقائق. بعد ذلك يضع كلّ منهم قطعة العلكة في كوب ورقي ويقيس كتلتها.
3. احسب كتلة السكّر الموجودة في قطعة العلكة.
4. احسب النسبة المئوية للسكّر التي كانت في العلكة.
5. باستخدام كتلة السكّر، احسب عدد مولات السكّر التي ذابت.
6. ما عدد جزيئات السكّر التي كانت موجودة في العلكة غير الممضوغة؟

ملاحظات

أسئلة مُتعدّدة الاختيارات

1. أيٌّ من الأعداد الآتية تُحدِّد هوية العنصر؟
   a. عدد البروتونات.
   b. عدد النيوترونات.
   c. عدد البروتونات والنيوترونات.
   d. عدد البروتونات والعدد الكتلي.
   a. عدد البروتونات.

2. أيٌّ من مجموعات الجُسيمات الذرّية الآتية تمثّل مُكوّنات ذرّة Na-23؟
   a. 11 بروتونًا، و12 نيوترونًا، و 11 إلكترونًا.
   b. 11 بروتونًا، و23 نيوترونًا، و23 إلكترونًا.
   c. 12 بروتونًا، و12 نيوترونًا، و12 إلكترونًا.
   d. 12 بروتونًا، و23 نيوترونًا، و23 إلكترونًا.
   a. 11 بروتونًا، و12 نيوترونًا، و 11 إلكترونًا.

3. ما القيَم التي تُستخدَم لحساب الكتلة الذرّية النسبية، (A_r)، للعنصر؟
   a. العدد الذرّي، والنسبة المئوية للوفرة.
   b. العدد الذرّي، وعدد الكتلة الذرّية.
   c. النسبة المئوية للوفرة، والكتلة النظائرية، I.
   d. النسبة المئوية للمكوّنات، والكتلة النظائرية، I.
   c. النسبة المئوية للوفرة، والكتلة النظائرية، I.

4. ما النسبة المئوية بالكتلة لعنصر الهيدروجين (H) الموجود في الأمونيا (NH_3). إذا علمت أنّ الكتلة المولية للأمونيا تساوي 17.0 g/mol؟
   a. 0.18%
   b. 0.6%
   c. 5.9%
   d. 17.6%
   d. 17.6%

5. ما المُعامِلات التي تكون في هيئة أصغر عدد صحيح لموازنة المعادلة الكيميائية الآتية؟

$$Ca_3(PO_4)_{2(s)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow CaSO_{4(s)} + H_3PO_{4(aq)}$$

a. 1:1:1:1

b. 1:1:1:3

c. 1:3:3:2

d. 2:6:6:4

c. **1:3:3:2**

6. أيٌّ ممّا يأتي يُكمل نصّ فرضية أفوجادرو الآتي؟

«تحتوي الحجوم المتساوية من الغازات عند درجة حرارة وضغط ثابتَين على .....

a. كتل متساوية".

b. غازات لها قيَم كثافة متساوية.

c. أعداد متساوية من الجُسيمات.

d. أعداد متساوية من النظائر.

c. **أعداد متساوية من الجُسيمات.**

7. ما عدد المولات الموجودة في 16.0 g من الميثانول، CH_3OH، إذا علمت أنّ الكتلة المولية للميثانول، (M_m)، تساوي 32.0 g/mol؟

a. 512 mol

b. 1.00 mol

c. 2.00 mol

d. 0.500 mol

d. **0.500 mol**

8. ما حجم 4 mol من غاز الهيليوم (He) عند الظروف القياسية، STP؟

a. 4 L

b. 5.6 L

c. 22.4 L

d. 89.6 L

d. **89.6 L**

9. ما عدد مولات حمض الكبريتيك ($H_2SO_{4(aq)}$) الذي سيتفاعل مع 0.250 mol من محلول الأمونيا ($NH_{3(aq)}$) بحسب المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية؟

$$2\ NH_{3(aq)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow (NH_4)_2SO_{4(aq)}$$

a. 1.00 mol

b. 0.125 mol

c. 0.250 mol

d. 0.500 mol

b. 0.125 mol

10. ما حجم غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الذي سينتج عندما يتفاعل 11.2 L من أوّل أكسيد الكربون (CO) بحسب المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية؟

$$Fe_2O_{3(s)} + 3\ CO_{(g)} \rightarrow 2\ Fe_{(s)} + 3\ CO_{2(g)}$$

a. 3.73 L

b. 11.2 L

c. 22.4 L

d. 67.2 L

b. 11.2 L

11. ما مولارية محلول يحتوي على 0.400 mol من فلوريد الليثيوم (LiF) في محلول حجمه 0.500 L؟

a. 1.25 M

b. 0.20 M

c. 0.80 M

d. 0.0008 M

c. 0.80 M

12. ما مولارية محلول حمض النيتريك الذي يحتوي على 0.160 mol من HNO_3 الموجودة في محلول حجمه 50.0 mL؟

a. 3.20 M

b. 8.00 M

c. 0.313 M

d. 0.0032 M

a. 3.20 M

13. ما عدد مولات كلوريد الكروم (III) ($CrC\ell_3$) الموجودة في محلول من $CrC\ell_3$ حجمه 125 mL، وتركيزه 0.90 M؟

a. 139 mol

b. 0.1125 mol

c. 112.5 mol

d. 0.0072 mol

b. 0.1125 mol

14. ما حجم محلول هيدروكسيد الكالسيوم ($Ca(OH)_2$) تركيزه 0.02 M، والذي يحتوي على 0.10 mol من هيدروكسيد الكالسيوم؟

a. 200 mL

b. 0.200 mL

c. 5000 mL

d. 0.002 mL

c. 5000 mL

15. ما كتلة يوديد الصوديوم، NaI، (M_m = 149.9 g/mol) اللازمة لإعداد محلول من NaI حجمه 2.00 L، وتركيزه 0.670 M؟

a. 201 g

b. 75.0 g

c. 50.2 g

d. 0.201 g

a. 201 g

16. ما حجم محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) الذي يبلغ تركيزه 3.50 M، ويحتوي على 25.0 g من هيدروكسيد الصوديوم (M_m = 40.0g/mol)؟

a. 457 mL

b. 179 mL

c. 3.50 mL

d. 0.178 mL

b. 179 mL

الدرس 1-2 كتلة الذرّات والمُركّبات الكيميائية

17. اكتب رمزَين يمثّلان ذرّة تحتوي على 15 بروتونًا، و 18 نيوترونًا، و15 إلكترونًا.

P-33 و $^{33}_{15}P$

18. احسب الكتلة الذرّية النسبية، (A_r)، لعنصر الإريديوم (Ir)، إذا علمت أنّ نظيرَيْه اللذَين يوجدان بشكل طبيعي، هما Ir-191، وIr-193، وأنّ لهما وفرة نسبية تساوي 37.3% و 62.7% على التوالي.

$$A_r = \frac{\%_1 I_1 + \%_2 I_2}{100}$$

$$A_r = \frac{(191 \times 37.3) + (193 \times 62.7)}{100} = 192.3 \text{ amu}$$

19. ما الكتلة الجُزيئية النسبية، (M_r)، لمركّب ثنائي إيثيل إيثر ($C_2H_5OC_2H_5$).

$$M_r = n_1m_1 + n_2m_2 + n_3m_3$$

$$M_r = 4(12.0) + 10(1.0) + 1(16.0) = 74.0 \text{ amu}$$

20. احسب النسبة المئوية بالكتلة لعنصر الأكسجين (O) الموجود في هيدروكسيد الألومنيوم ($Al(OH)_3$)، إذا علمت أنّ كتلة الصيغة النسبية، (M_r)، لمركّب هيدروكسيد الألومنيوم تساوي 78.0 amu.

$$\%\ \text{Oxygen} = \frac{48.0}{78.0} \times 100\% = 61.5\%$$

21. أعطِ مثالًا لذرّتَين لديهما العدد الكتلي نفسه ولكنهما يمثّلان عنصرَين مختلفَين.

نظير الكربون-14، ونيتروجين-14

22. ما كتلة الصيغة النسبية، (M_r)، لمُركّب $(NH_4)_2SO_4$؟

$$M_r = n_1m_1 + n_2m_2 + n_3m_3 + n_4m_4$$

$$M_r = 2(14.0) + 8(1.0) + 1(32.1) + 4(16.0) = 132.1 \text{ amu}$$

23.* للرصاص (Pb) أربعة نظائر موجودة بشكل طبيعي، وهي: Pb-204، و Pb-206، و Pb-207، و Pb-208، والنسبة المئوية لوفرتها هي: 1.40%، و 24.10%، و 22.10%، و 52.40% على التوالي. احسب الكتلة الذرّية النسبية، (A_r)، للرصاص.

$$A_r = \frac{\%_1 I_1 + \%_2 I_2 + \%_3 I_3 + \%_4 I_4}{100}$$

$$A_r = \frac{(204 \times 1.40) + (206 \times 24.10) + (207 \times 22.10) + (208 \times 52.40)}{100} = 207.2 \text{ amu}$$

24.* لعنصر الإنديوم، In، نظيران موجودان بشكل طبيعي، هما: In-113، و In-115، والكتلة الذرّية للإنديوم تساوي 114.82 amu. أيُّ نظير منهما هو الأكثر وفرة؟ ادعم إجابتك.

يجب أن يكون النظير In-115 موجودًا بوفرة أكثر وبنسبة مئوية أعلى، لأنّ الكتلة الذرّية النسبية للإنديوم أقرب إلى القيمة 115 من القيمة 113.

الدرس 2-2: المعادلات الكيميائية

25. وازن المعادلة الكيميائية الآتية باستخدام مُعامِلات ذات أصغر عدد صحيح:

$$AlCl_{3(aq)} + K_3PO_{4(aq)} \rightarrow AlPO_{4(s)} + KCl_{(aq)}$$

$$AlCl_{3(aq)} + K_3PO_{4(aq)} \rightarrow AlPO_{4(s)} + 3KCl_{(aq)}$$

26. حدّد الأيونات المُتفرّجة الموجودة في المعادلة الأيونية الكاملة الآتية، ثمّ استنتج المعادلة الأيونية النهائية.

$$2\,K^+_{(aq)} + 2\,I^-_{(aq)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2\,K^+_{(aq)} + 2\,Cl^-_{(aq)} + I_{2(s)}$$

الأيونات المتفرجة هي K^+ 2.

المعادلة الأيونية النهائية:

$$2I^-_{(aq)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2Cl^-_{(aq)} + I_{2(s)}$$

27. وازن المعادلة الكيميائية الآتية باستخدام مُعامِلات ذات أصغر عدد صحيح:

$$HI_{(aq)} + O_{2(g)} \rightarrow I_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$$

$$4HI_{(aq)} + O_{2(g)} \rightarrow 2I_{2(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

28.** يتفاعل فوسفيد الكالسيوم الصلب Ca_3P_2 مع الماء لإنتاج غاز الفوسفين PH_3 ومحلول هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$.

a. اكتب المعادلة الكيميائية اللفظية لهذا التفاعل.

الماء السائل + فوسفيد الكالسيوم الصلب ⟶

محلول هيدروكسيد الكالسيوم + غاز الفوسفين

b. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

$$Ca_3P_{2(s)} + 6H_2O_{(l)} \rightarrow 2PH_{3(g)} + 3Ca(OH)_{2(aq)}$$

29. اكتب المعادلة الأيونية النهائية الموزونة من المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:

$$(NH_4)_2S_{(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow 2\,NH_4NO_{3(aq)} + PbS_{(s)}$$

$$Pb^{2+}_{(aq)} + S^{2-}_{(aq)} \rightarrow PbS_{(s)}$$

30. اكتب المعادلة الأيونية النهائية الموزونة من المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية:

$$2\,Bi(NO_3)_{3(aq)} + 3\,CaI_{2(aq)} \rightarrow 2\,BiI_{3(s)} + 3\,Ca(NO_3)_{2(aq)}$$

$$2Bi^{3+}_{(aq)} + 6I^{-}_{(aq)} \rightarrow 2BiI_{3(s)}$$

31. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل الذي يحدث بين نيترات الفضة وبروميد البوتاسيوم لتكوين محلول نيترات البوتاسيوم وراسب كريمي من بروميد الفضة. ثمّ اكتب المعادلة الأيونية النهائية مع رموز الحالة لكلّ مواد التفاعل، وحدّد الأيونات المتفرجة.

المعادلة الموزونة للتفاعل هي:

$$AgNO_{3(aq)} + KBr_{(aq)} \rightarrow KNO_{3(aq)} + AgBr_{(s)}$$

الأيونات المتفرجة هي:

أيونات متفرّجة

$$Ag^{+}_{(aq)} + \boxed{NO_3^{-}{}_{(aq)}} + \boxed{K^{+}_{(aq)}} + Br^{-}_{(aq)} \rightarrow \boxed{K^{+}_{(aq)}} + \boxed{NO_3^{-}{}_{(aq)}} + AgBr_{(s)}$$

المعادلة الأيونية النهائية للتفاعل هي:

$$Ag^{+}_{(aq)} + Br^{-}_{(aq)} \rightarrow AgBr_{(s)}$$

الدرس 3-2 الحسابات الكيميائية

32. وازن المعادلة الكيميائية الآتية، ثمّ احسب كتلة الأمونيا، NH_3، التي نتجت عند تفاعُل 14.9 g من نيتريد المغنيسيوم، Mg_3N_2، مع كمّية وافرة من الماء.

$$Mg_3N_{2(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Mg(OH)_{2(s)} + NH_{3(g)}$$

المعادلة الموزونة للتفاعل هي:

$$Mg_3N_{2(s)} + 6H_2O_{(l)} \rightarrow 3Mg(OH)_{2(s)} + 2NH_{3(g)}$$

عدد مولات Mg_3N_2 هي:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{14.9}{100.9} = 0.148\ mol$$

النسبة المولية لـ Mg_3N_2 إلى NH_3 هي 2:1.

بالنسبة لـ 0.148 mol، سوف نُنتج $0.148 \times 2 = 0.296$ mol من NH_3

وعند حساب كتلة الأمونيا، NH_3، سوف نحصل على:

$$m = n \times Mm = 0.296 \times 17 = 5.032\ g$$

33. يشغل 2.5 mol من غاز الهيدروجين، H_2، حجمًا مقداره 62 L عند درجة حرارة وضغط محدّدَيْن. ما عدد مولات غاز النيتروجين، N_2، الموجودة في حجم مقداره 62 L عند درجة الحرارة والضغط نفسَيهما؟

2.5 mol (فرضية أفوجادرو: تحتوي الحجوم المتساوية من الغازات عند درجة الحرارة والضغط نفسيهما على أعداد متساوية من الجزيئات).

34. ما الكتلة المولية لمُركّب فوسفات الكالسيوم، $Ca_3(PO_4)_2$؟

$$M_m = 3(40.1) + 2(31.0) + 8(16.0) = 310.3\ g/mol$$

35. ما كتلة 0.75 mol من فلز الحديد Fe؟

$$m = n \times M_m = 0.750\ mol \times 55.8\ g/mol = 41.9\ g\ Fe$$

36. الكتلة المولية لمُركّب كربونات الصوديوم، Na_2CO_3، تساوي 106.0 g/mol. ما عدد مولات كربونات الصوديوم الموجودة في عيّنة كتلتها تساوي 85.5 g؟

$$n = \frac{m}{M_m} = \frac{85.5}{106.0} = 0.807\ mol$$

37. ما عدد مولات غاز الأكسجين، O_2، الموجودة في حجم من غاز الأكسجين مقداره 100.0 L، عند الظروف القياسية، STP؟

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{100}{22.4} = 4.46\ mol$$

38. استنادًا إلى المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية، ما عدد مولات الأمونيا المائية، $NH_{3(aq)}$، التي سوف تتفاعل مع 1.75 mol من أكسيد النحاس (II)، CuO؟

$$3\ CuO_{(s)} + 2\ NH_{3(aq)} \rightarrow 3\ Cu_{(s)} + 3\ H_2O_{(l)} + N_{2(g)}$$

النسبة المولية لـ CuO إلى NH_3 هي 3:2.

عدد مولات الأمونيا، NH_3، سيكون:

$$n_{(NH_3)} = 1.75 \times \frac{2}{3} = 1.17\ mol$$

39. ما حجم غاز الأكسجين الذي سوف ينتج عند الظروف القياسية، STP، من تفكّك 0.600 mol من مُركّب $KC\ell O_3$، بحسب المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية؟

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

النسبة المولية لـ $KC\ell O_3$ إلى O_2 هي 3:2.

عدد مولات غاز الأكسجين، O_2، سيكون:

$$n_{(O_2)} = 0.600 \times \frac{3}{2} = 0.9\ mol$$

حجم 0.9 mol من غاز الأكسجين، O_2، سيكون:

$$V_{(O_2)} = n_{(O_2)} \times V_m = 0.9 \times 22.4 = 20.16\ L$$

40.* استنادًا إلى المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية، ما كتلة الألومنيوم (Aℓ) اللازمة للتفاعُل لإنتاج 74.0 g من غاز الهيدروجين، H_2؟

$$2\ Al_{(s)} + 3\ H_2SO_{4(aq)} \rightarrow Al_2(SO_4)_{3(aq)} + 3\ H_{2(g)}$$

عدد مولات غاز الهيدروجين، H_2، سيكون:

$$n = \frac{m}{M_m} = \frac{74.0}{2.0} = 37\ mol$$

النسبة المولية لـ Aℓ إلى H_2 هي 3:2.

عدد مولات الألومنيوم، Aℓ، الناتجة سيكون:

$$n_{(A\ell)} = 37 \times \frac{2}{3} = 24.67\ mol$$

كتلة الألومنيوم، Aℓ، الناتجة ستكون:

$$m_{(Al)} = n \times M_m = 24.67 \times 26.8 = 661.15\ g$$

41. ما كتلة الحديد، Fe، التي سوف تتفاعل مع 0.115 mol من نيترات النحاس (I)، $CuNO_3$، ($M_m = 125.5\ g/mol$)، بحسب المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية؟

$$Fe_{(s)} + 2\ CuNO_{3(aq)} \rightarrow Fe(NO_3)_{2(aq)} + 2\ Cu_{(s)}$$

النسبة المولية لـ Fe إلى $CuNO_3$ هي 2:1.

0.115 mol من $CuNO_3$ سوف يعطينا من Fe:

$$n_{(Fe)} = \frac{0.115}{2} = 0.058\ mol$$

كتلة الحديد ستكون:

$$m_{(Fe)} = n \times M_m = 0.058 \times 55.85 = 3.24\ g$$

42. * يعمل حمض الكبريتيك، H_2SO_4، على معادلة هيدروكسيد المغنيسيوم، $Mg(OH)_2$، بحسب المعادلة الكيميائية الموزونة أدناه. ما كتلة حمض الكبريتيك التي سوف تتفاعل مع 12.8 g من هيدروكسيد المغنيسيوم؟

$$Mg(OH)_{2(s)} + H_2SO_{4(aq)} \rightarrow MgSO_{4(aq)} + 2\,H_2O_{(l)}$$

عدد مولات $Mg(OH)_2$ هو:

$$n = \frac{m}{M_m} = \frac{12.8}{58} = 0.22 \text{ mol}$$

النسبة المولية لـ $Mg(OH)_2$ إلى H_2SO_4 هي 1:1.

هذا يعني أنّ 0.22 mol من حمض الكبريتيك سوف تتفاعل مع 0.22 mol هيدروكسيد المغنيسيوم.

كتلة حمض الكبريتيك، H_2SO_4، ستكون:

$$m(H_2SO_4) = n \times M_m$$

$$m(H_2SO_4) = 0.22 \times 98 = 21.56 \text{ g}$$

43. ما حجم غاز الأكسجين، O_2، الذي سوف يتفاعل مع 250.0 L من الأمونيا، NH_3، بحسب المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية؟

$$4\,NH_{3(g)} + 3\,O_{2(g)} \rightarrow 2\,N_{2(g)} + 6\,H_2O_{(g)}$$

عدد مولات الأمونيا، NH_3، هو:

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{250}{22.4} = 11.16 \text{ mol}$$

النسبة المولية لـ NH_3 إلى O_2 هي 3:4.

عدد مولات الأكسجين، O_2، اللازمة هو:

$$n_{(O_2)} = 11.16 \times \frac{3}{4} = 8.37 \text{ mol}$$

حجم الأكسجين، O_2، هو:

$$V_{(O_2)} = n \times Vm = 8.37 \times 22.4 = 187.49 \text{ L}$$

44.* بحسب المعادلة الكيميائية الموزونة الآتية، ما كتلة حمض النيتريك، $HNO_{3(aq)}$، الذي تفاعل، لإنتاج 0.0453 L من غاز الهيدروجين، H_2، عند الظروف القياسية، STP؟

$$Mg_{(s)} + 2\ HNO_{3(aq)} \rightarrow Mg(NO_3)_{2(aq)} + H_{2(g)}$$

عدد مولات الهيدروجين، H_2، هو:

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{0.0453}{22.4} = 0.002\ mol$$

النسبة المولية لـ HNO_3 إلى H_2 هي 1:2.

عدد مولات حمض النيتريك، HNO_3، اللازمة هو:

$$n_{(HNO_3)} = 0.002 \times 2 = 0.004\ mol$$

كتلة حمض النيتريك، HNO_3، ستكون:

$$m = n \times M_m = 0.004 \times 63 = 0.252\ g$$

45. احسب مولارية محلول يحتوي على 1.0 mol من هيدروكسيد الليثيوم، LiOH، المذاب في الماء لتحضير 1.0 L من المحلول.

$$M = \frac{n_{solute}}{V_{solution}} = \frac{1}{1} = 1\ M$$

46. ما مولارية محلول يحتوي على 0.320 mol من مادة مذابة في الماء لتحضير محلول حجمه 250.0 mL؟

$$M = \frac{n_{solute}}{V_{solution}} = \frac{0.320}{0.250} = 1.28\ M$$

47. تمّت إذابة 30.0 g من $NaNO_3$ (M_m = 85.0 g/mol) في كمّية كافية من الماء لإعداد محلول حجمه 500.0 mL. ما مولارية هذا المحلول؟

عدد مولات $NaNO_3$، هو:

$$n = \frac{m}{M} = \frac{30}{85} = 0.35\ mol$$

ولحساب المولارية، سنحصل على:

$$M = \frac{n_{solute}}{V_{solution}} = \frac{0.35}{0.5} = 0.7\ M$$

48. ما كتلة نيترات الحديد (II)، $Fe(NO_3)_2$، ($M_m = 179.8\ g/mol$) اللازمة لإعداد محلول من $Fe(NO_3)_2$ حجمه 400 L، وتركيزه 0.100 M؟

عدد مولات نيترات الحديد (II)، $Fe(NO_3)_2$، اللازمة هو:

$$n_{solute} = M \times V_{solution} = 0.1 \times 400 = 40\ mol$$

كتلة نيترات الحديد (III)، $Fe(NO_3)_2$، اللازمة هي:

$$m = n \times M_m = 40 \times 179.8 = 7192\ g$$

49. * احسب كتلة كبريتات الأمونيوم، $(NH_4)_2SO_4$، اللازمة لتحضير محلول حجمه 50.0 mL، وتركيزه 0.411 M.

عدد مولات كبريتات الأمونيوم، $(NH_4)_2SO_4$، اللازمة هو:

$$n_{solute} = M \times V_{solution} = 0.411 \times 0.050 = 0.02\ mol$$

كتلة كبريتات الأمونيوم، $(NH_4)_2SO_4$، اللازمة هي:

$$m = n \times M_m = 0.02 \times 132.14 = 2.64\ g$$

50. ما حجم محلول حمض الكبريتيك، $H_2SO_{4(aq)}$، بوحدة mL، إذا كان تركيزه 1.70 M، ويحتوي على 1.00 mol من H_2SO_4؟

$$V_{solution} = \frac{n_{solute}}{M} = \frac{1.00}{1.70} = 0.59\ L$$

لحساب الحجم بوحدة mL نحول الحجم بوحدة L بضربه بـ 1000

$$V_{solution} = 0.59\ L \times 1000\ mL/1L = 590\ mL$$

51. ما عدد مولات المادة المذابة في محلول فوسفات البوتاسيوم، K_3PO_4، الذي يبلغ حجمه 2.00 L، وتركيزه 0.100 M؟

عدد مولات فوسفات البوتاسيوم، K_3PO_4، المذابة هو:

$$n_{solute} = M \times V_{solution} = 0.1 \times 2 = 0.2\ mol$$

52. * تمّ استخدام 5.00 mL من حمض الهيدروكلوريك، $HC\ell_{(aq)}$، الذي يبلغ تركيزه 6.00 M في إحدى التجارب. ما كتلة $HC\ell$ التي كانت في هذا المحلول الذي يبلغ حجمه 5.00 mL؟

عدد مولات حمض الهيدروكلوريك، $HC\ell_{(aq)}$، هو:

$$n_{solute} = M \times V_{solution} = 6 \times 0.005 = 0.03\ mol$$

كتلة حمض الهيدروكلوريك، $HC\ell_{(aq)}$، اللازمة هي:

$$m = n \times M_m = 0.03 \times 36.5 = 1.095\ g$$

53. * ما مولارية محلول تمّ إعداده بإذابة 75.2 g من كلوريد الأمونيوم، $NH_4C\ell$، في محلول حجمه 2000.0 mL؟

عدد مولات كلوريد الأمونيوم، $NH_4C\ell$، المذابة هو:

$$n = \frac{m}{M_m} = \frac{75.2}{53.49} = 1.4 \text{ mol}$$

مولارية المحلول ستكون:

$$M = \frac{n_{solute}}{V_{solution}} = \frac{1.4}{2} = 0.7 \text{ M}$$

54. ** أعَدَّ أحد الطلّاب بشكل دقيق محلولًا من NaOH حجمه 250.0 mL، وتركيزه 0.560 M، ووضع هذا المحلول على أحد الرفوف ليستخدمه فيما بعد. بعد مضيّ أسبوعين، لاحظ هذا الطالب أنّه قد نسي إغلاق الدورق الحجمي بالسدادة، وقد تبخّر منه بعض الماء، إلّا أنّ الطالب حدّد التركيز الجديد لهذا المحلول وكان يساوي 0.598 M. ما حجم الماء الذي تبخّر من المحلول في فترة الأسبوعَين؟

عدد مولات NaOH في المحلول الأصلي هو:

$$n_{solute} = M \times V_{solution} = 0.56 \times 0.25 = 0.14 \text{ mol}$$

حجم المحلول الذي سوف يحتوي على مولارية مقدارها 0.598 M من NaOH:

$$V_{solution} = \frac{n_{solute}}{M} = \frac{0.14}{0.598} = 0.234 \text{ L}$$

حجم الماء الذي تبخّر من المحلول:

$$V = 0.250 - 0.234 = 0.016 \text{ L}$$

55. يتفاعل محلول نيترات الرصاص (II)، $Pb(NO_3)_2$، مع محلول يوديد البوتاسيوم، KI، بحسب المعادلة الكيميائية غير الموزونة الآتية:

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

وفي إحدى التجارب، كان محلول $Pb(NO_3)_2$ الذي يبلغ تركيزه 0.100 M، ومحلول KI الذي يبلغ تركيزه 0.200 M لازمَيْن للتجربة، وسوف يُستخدَم 25.0 mL من محلول $Pb(NO_3)_2$ الذي يبلغ تركيزه 0.100 M في هذه التجربة. اعمل في مجموعة ثنائية للإجابة عن السؤالَين الآتيَين:

a. احسب حجم محلول KI الذي يبلغ تركيزه 0.200 M، والذي سوف يتفاعل مع 25.0 mL من محلول $Pb(NO_3)_2$ تركيزه 0.100 M.

المعادلة الكيميائية الموزونة هي:

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

عدد مولات نيترات الرصاص (II)، $Pb(NO_3)_2$، هو:

$$n_{solute} = M \times V_{solution} = 0.1 \times 0.025 = 0.0025 \text{ mol}$$

النسبة المولية لـ $Pb(NO_3)_2$ إلى KI هي: 1:2.

لذا، عدد مولات يوديد البوتاسيوم، KI، اللازمة هو:

$$n = 0.0025 \times 2 = 0.005 \text{ mol}$$

حجم محلول KI سيكون:

$$V_{solution} = \frac{n_{solute}}{M} = \frac{0.005}{0.2} = 0.025 \text{ L}$$

b. احسب كتلة كلّ من $Pb(NO_3)_2$، و KI اللذين سيتفاعلان.

كتلة نيترات الرصاص (II)، $Pb(NO_3)_2$، هي:

$$m = n \times M_m = 0.0025 \times 331.2 = 0.828 \text{ g}$$

كتلة يوديد البوتاسيوم، KI، ستكون:

$$m = n \times M_m = 0.005 \times 166 = 0.83 \text{ g}$$

أوراق عمل

الاسم ..... التاريخ .....

نشاط 2-1 كتلة الجزيئات

سؤال الاستقصاء	ما المعلومات التي يمكننا الحصول عليها من الصيغة الكيميائية؟ كيف نستخدم الكتلة المدرجة في الجدول الدوري الحديث؟
الموادّ المطلوبة	ورقة العمل 2-1

خلفية معرفيّة

تستخدم الحسابات الكيميائية الواردة في هذه الوحدة الكتل المعلومة للذرّات لتحديد كمّيات المُركّبات. وتتمثّل أفضل طريقة لتصوُّر العلاقة بين الصيغة الكيميائية والكتلة في بناء نماذج للجُزيئات المختلفة، فيسهل علينا معرفة نوع الذّرات وعددها في الجزيء ثمّ يمكننا الاستعانة **بالجدول 2-1** لتحديد كتل الذرّات المعطاة بوحدة (amu).

الجدول 2-1 مفتاح ألوان الذرّات في النموذج الجزيئي والكتل الذرّية النسبية للعناصر.

لون النموذج	العنصر	الكتلة الذرية النسبية (amu)
أسود	كربون	12.011
أحمر	أكسجين	15.999
أبيض	هيدروجين	1.008
أخضر	كلور	35.453
أزرق	نيتروجين	14.007
أصفر	كبريت	32.065
برتقالي	فوسفور	30.974
بنفسجي	صوديوم	22.990

نشاط

1. اعمل في مجموعة ثنائية من أجل بناء نماذج لكلّ جزيء من الجزيئات المدرجة في **الجدول 2-2**.
2. استخدم جدول البيانات **2-2** لتسجيل نوع كلّ ذرّة وعددها في كلّ جزيء.
3. استخدم البيانات المسجّلة في **الجدول 2-1** لحساب الكتلة الجزيئية النسبية لكلّ جزيء.

الجدول 2-2 الجُزيئات المطلوب بناء نماذج لها.

الصيغة الكيميائية للجزيء	عدد الذرّات					الكتلة الجزيئية النسبية (amu)
	C	H	O	N	S	
CH_4						
NH_3						
NH_4OH						
CH_3CH_2OH						
H_2S						

الاسم ..... التاريخ .....

نشاط 2-2 موازنة المعادلات الكيميائية

سؤال الاستقصاء	هل يتحقّق مبدأ حفظ الكتلة في جميع التفاعلات الكيميائية؟
الموادّ المطلوبة	مجموعة النماذج الجزيئية، ورقة عمل

خلفية معرفيّة

في أثناء حدوث التغير الكيميائي أو الفيزيائي، لن يكون هناك اكتساب للمادة أو فقدانها: على الرغم من إعادة ترتيب الذرات في التفاعل الكيميائي، ستكون كمية المادة في نهاية التفاعل هي نفسها الكمية التي كانت عند بدايته. في بعض الأحيان، تُكتب المعادلات الكيميائية غير موزونة؛ والتحدّي هنا هو تغيير المعاملات لموازنة المعادلة، وتمثيل كمية متساوية من العناصر على جانبَي السهم.

الجزء 1: موازنة المعادلات

وازن المعادلات الكيميائية الآتية:

a $___\ H_{2(g)} + ___\ O_{2(g)} \rightarrow ___\ H_2O_{(g)}$

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

c $___\ CH_3OH_{(l)} + ___\ O_{2(g)} \rightarrow ___\ CO_{2(g)} + ___\ H_2O_{(g)}$

d $___\ P_{(s)} + ___\ O_{2(g)} \rightarrow ___\ P_2O_{5(s)}$

الاسم ..... التاريخ .....

الجزء 2: بناء نموذج ومبدأ حفظ الكتلة

لا بدّ من أن تكون الكتلة محفوظة في أثناء حدوث التفاعُل الكيميائي، وأن يكون عدد كلّ نوع من أنواع الذرّات التي يتضمّنها طرف المواد المُتفاعلة للمعادلة الكيميائية مساويًا لعدد النوع نفسه من أنواع الذرّات التي يتضمّنها طرف المواد الناتجة للمعادلة الكيميائية. تحقّق من كلّ معادلة وتثبّت من موازنتها في الجزء 1 لكي تتأكّد من أنّها كانت موزونة، وأنّ الكتلة محفوظة، وذلك عن طريق بناء نماذج جُزيئية باتّباع الخطوات الآتية:

1. استخدم مجموعة النماذج الجُزيئية لبناء جُزيء لكلّ مادة من المواد المُتفاعلة (وليس المواد الناتجة)، وابنِ جُزيئات إضافية للمواد المُتفاعلة بحسب المُعامِلات التي حدَّدتَها للمعادلة الكيميائية الموزونة. فإذا كان المُعامل الذي يسبق جزيء "O_2" يساوي "4"، مثلًا، فابنِ أربعة جزيئات O_2.
2. فكّك جُزيئات المواد المُتفاعلة جميعها.
3. استخدِم الذرّات من جُزيئات المواد المُتفاعلة جميعها فقط لتبني جُزيئات لكلّ مادة ناتجة وجُزيئات إضافية للمواد الناتجة بحسب المُعامِلات التي حدَّدتَها.
4. هل استخدمتَ الذرّات جميعها من المواد المُتفاعلة؟ هل تبقّى لديك أيُّ شيء منها؟
5. إذا لم يكن لديك ذرّات كافية، أو في حال لم يتبقَّ لديك بعض منها، فإنّ التفاعُل لا يكون موزونًا بالشكل الصحيح، ويجب عليك إعادة موازنة المعادلة.

كرّر هذه الخطوات للمعادلات الكيميائية جميعها الواردة في الجزء 1.

الاسم ..... التاريخ .....

نشاط a3-2 الحسابات الكيميائية

سؤال الاستقصاء	هل يمكن توقّع مادة ناتجة عن تفاعل كيميائي بإجراء الحسابات الكيميائية؟
الموادّ المطلوبة	محلول $HC\ell$ تركيزه 1 M ، ومحلول $NaHCO_3$ تركيزه 1 M ، ميزان إلكتروني، ملعقة، موقد، حامل معدني حلقي، شبكة تسخين معدنية، طبق تبخير، طبق زجاجي شفّاف، نظّارات واقية.

خلفية معرفيّة

سوف تنفّذ في هذا النشاط تفاعلًا يحدث بين صودا الخبيز، $NaHCO_3$، وحمض الهيدروكلوريك، $HC\ell$. وقد وُضّح هذا التفاعل في المعادلة الكيميائية غير الموزونة الآتية:

$$___ NaHCO_{3(s)} + ___ HCl_{(aq)} \rightarrow ___ CO_{2(g)} + ___ H_2O_{(l)} + ___ NaCl_{(aq)}$$

سوف تلاحظ أنّ CO_2 يخرج من المحلول في هيئة فقّاعات، ويبقى $NaC\ell$ في المحلول المائي، وسيتمّ تبخير الماء بحيث يبقى $NaC\ell$ الصلب فقط. ويتمّ قياس كتلة $NaC\ell$ ومقارنتها بكتلة $NaC\ell$ التي يُتوقَّع أن تنتج بشكل نظري من خلال إجراء الحسابات الكيميائية.

الخطوات (اعمل في مجموعة ثنائية):

1. قِسْ كتلة طبق التبخير، والطبق الزجاجي الشفاف (الذي يُستخدم كغطاء) وسجّل كتلتهما، واتركهما على الميزان الإلكتروني.
2. أعِدْ قراءة الميزان إلى الصفر، ثمّ قِسْ 2.50 g من $NaHCO_3$ وضع الكمّية في طبق التبخير (اترك الطبق الزجاجي الشفاف تحت طبق التبخير على الميزان).
3. قُمِ الآن بتغطية طبق التبخير مستخدمًا الطبق الزجاجي الشفّاف، وأضف محلول $HC\ell$ ببطء، ثمّ احقن ما يقرب من 1 mL من محلول $HC\ell$ على حافة طبق التبخير إلى أن يتفاعل $NaHCO_3$ كلّه (يجب ألّا يحدث فَوَران).
4. سخّن طبق التبخير إلى أن يتبخّر الماء كلّه من طبق التبخير.
5. دَعْ طبق التبخير يبرد مدة 10 دقائق، ثمّ قِسْ كتلته مع المادة الناتجة عن التفاعل.

الاسم ..... **التاريخ** .....

البيانات

كتلة طبق التبخير والغطاء:

.....

.....

كتلة طبق التبخير بعد حدوث التبخير:

.....

.....

التحليل

a. احسب كتلة $NaC\ell$ الناتجة عن التجربة من البيانات التي تمّ جمعها.

.....

.....

b. وازن المعادلة الكيميائية للتفاعل.

.....

.....

c. استخدم المعادلة الكيميائية الموزونة لتحسب كتلة $NaC\ell$ التي يمكن أن تنتج بشكل نظري عن تفاعل 2.50 g من $NaHCO_3$.

.....

.....

d. قارن بين كتلة $NaC\ell$ التي حصلت عليها عمليًّا وكتلة $NaC\ell$ النظرية التي قمت بحسابها.

.....

.....

الاسم ..... التاريخ .....

نشاط b3-2 تحضير المحاليل القياسية

سؤال الاستقصاء	كيف تعدّ محلولًا قياسيًّا (أي له تركيز معلوم بدقّة)؟
الموادّ المطلوبة	كبريتات النحاس (II) خُماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$)، ماء مُقطّر، دورق حجمي سعته 250 mL مع غطاء أو سدادة زجاجية مصقولة، ميزان إلكتروني يقيس بوحدة المليجرام، ورق وزن، ملعقة معدنية صغيرة.

خلفية معرفيّة

سوف تحسب في هذا النشاط كتلة المادة المذابة اللازمة لإعداد محلول له حجم ومولارية معلومان. ثمّ تُعِدّ محلولًا، وتعرض لمعلّمك المحلول والحسابات التي أجريتها من أجل تقييمها.

المهمة

أعِدَّ محلولًا لمركّب كبريتات النحاس (II) خُماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$)، حجمه 250.0 mL، وتركيزه 0.0865 M.

الخطوات (اعمل في مجموعة ثنائية):

1. احسب الكتلة المولية لمركّب كبريتات النحاس (II) خُماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$). يشير الجزء "$5H_2O$" الوارد في الصيغة إلى وجود 5 جزيئات من الماء مرتبطة بكبريتات النحاس (II) ($CuSO_4.5H_2O$). اجمع قيمة الكتلة الجزيئية لجزيئات الماء الخمسة، وقيمة الكتلة المولية للصيغة $CuSO_4$ من أجل تحديد الكتلة المولية للمركّب ($CuSO_4.5H_2O$)، ووضّح طريقة إجراءاتك للحسابات تحت عنوان "الحسابات a".
2. احسب كتلة المركّب كبريتات النحاس (II) خُماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$) اللازمة لإعداد محلول حجمه 250.0 mL، وتركيزه 0.0865، ووضّح طريقة إجراءاتك للحسابات تحت عنوان "الحسابات b".
3. قِسْ كتلة المركّب كبريتات النحاس (II) خُماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$) المحسوبة بوضعها على ورقة الوزن وباستخدام الميزان الإلكتروني.
4. ضع الكتلة الموزونة بحذر في دورق حجمي سعته 250.0 mL.
5. أضف كميات قليلة من الماء المقطّر إلى الدورق الحجمي وهزّه بشكل دائري بعد كلّ إضافة، إلى أن يصل قعر سطح المحلول إلى خطّ القياس.
6. غطّ الدورق الحجمي واقلبه عدّة مرات للتأكّد من اختلاط محتوياته بشكل متجانس.

الاسم ..... **التاريخ** .....

الحسابات

a. احسب الكتلة المولية لمركّب كبريتات النحاس (II) خُماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$).

.....

.....

b. احسب كتلة المركّب كبريتات النحاس (II) خُماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$) اللازمة لإعداد محلول حجمه 250.0 mL، وتركيزه 0.0865 M.

.....

.....

يستكشف

توقّع ما سيحدث للماء (H_2O) الموجود في بلّورات مركّب $CuSO_4.5H_2O$ عندما تذوب هذه البلّورات في الماء الذي أُضيف إليها.

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته

اهلا وسهلا بكم متابعنا الكرام

نتشرف نحن إدارة منتديات صقر الجنوب التعليمية – المنهاج القطري

ان تتابعونا في موقعنا وعلى جميع مواقع السوشيال ميديا

.....

صفحتنا على الفاسبوك: اضغط هنا للدخول

مجموعتنا على الفيس بوك : اضغط هنا للدخول

قنوات اليوتيوب :. اضغط هنا للدخول

قناتنا على التلقرام :. اضغط هنا للدخول

www.jnob-jo.com