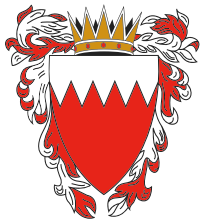
KINGDOM OF BAHRAIN

Ministry of Education



مملكة البحرين

وزارة التربية والتعليم

الكيمياء ٢

للمرحلة الثانوية

دليل المعلم

2020

البحرين
BAHRAIN

العبيكان
Obeikan

كيم ٢١١

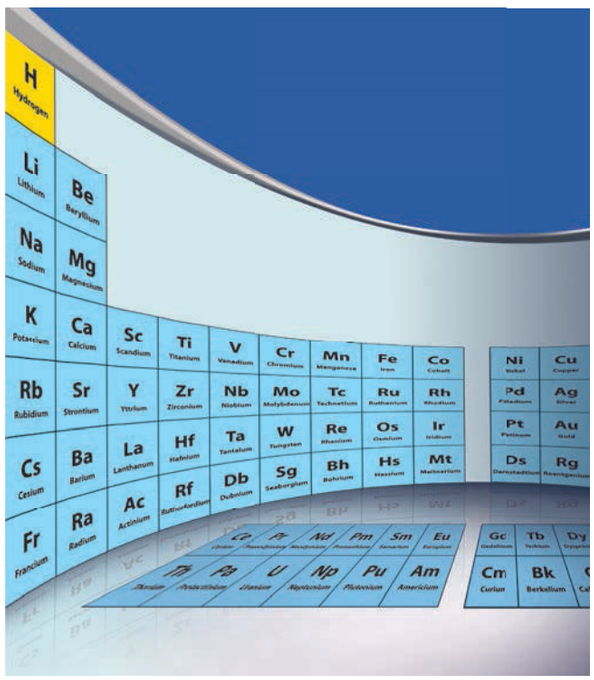
قررت وزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين اعتماد هذا الدليل لتدريس الكيمياء ٢ بمدارسها الثانوية

إدارة سياسات وتطوير المناهج

الكيمياء ٢

للمرحلة الثانوية

دليل المعلم



الطبعة الثانية

١٤٣٥ هـ - ٢٠١٤ م

منهاجي

متعة التعليم الهادف

العبيكان Obeikan

McGraw Hill Education

Original Title:

Chemistry

Matter and Change

By:

Dr. Thandi Buthelezi

Dr. Cheryl Wistrom

Nicholas Hainen.

Laurel Dingrando

Dinah Zike.

الكيمياء ٢

أعدَّ النسخة العربية : شركة العبيكان للتعليم

التحرير والمراجعة والمواءمة

د.مصطفى حسن مصطفى

حازم محمد الخطيب

خليل يوسف سمرين

التعريب

د. فواز الخليلي

خالد أسعد

إسراء خلف

حنين الأشقر

التحرير اللغوي

عمر الصاوي

حسن فرغلي

محمد السرخي

المواءمة المحلية والمراجعة لنسخة مملكة البحرين

د. فاتن سعد محمود عبدالحميد

سعيد عباس أحمد النصيف

الإشراف

د. أحمد محمد رفيع

المراجعة والتطوير

فريق متخصّص من وزارة التربية والتعليم بمملكة البحرين.

www.macmillanmh.com

English Edition Copyright © 2008 the McGraw-Hill Companies. Inc.
All rights reserved.

Arabic Edition is published by Obeikan under agreement with
The McGraw-Hill Companies. Inc. © 2008.

حقوق الطبعة الإنجليزية محفوظة لشركة ماجروهل©، ٢٠٠٨م.

الطبعة العربية: مجموعة العبيكان للاستثمار
وفقًا لاتفاقيتها مع شركة ماجروهل© ٢٠٠٨م/ ١٤٢٩هـ.

لا يسمح بإعادة إصدار هذا الكتاب أو نقله في أي شكل أو واسطة، سواءً أكانت إلكترونية أو ميكانيكية، بما في ذلك التصوير بالنسخ «فوتوكوبي»، أو التسجيل، أو التخزين و الاسترجاع، دون إذن خطي من الناشر.

حضرة صاحب الجلالة الملك حمد بن عيسى آل خليفة

ملك مملكة البحرين المعظم

بسم الله الرحمن الرحيم

أخي المعلم / أختي المعلمة

يأتي دليل المعلم لكتاب الكيمياء٢ للمرحلة الثانوية في إطار مشروع تطوير مناهج الرياضيات والعلوم وتحديثها في مملكة البحرين، والذي يهدف إلى إحداث تطور نوعي في تعليم الرياضيات والعلوم وتعلمهما.

لقد وضع هذا الدليل بحيث يرتبط مباشرة مع كتاب الطالب، ويتضمن كمًّا هائلاً من المعلومات والإرشادات المتعلقة باستراتيجيات التدريس والتقويم والمعلومات الإضافية، والعروض العملية بأشكالها المختلفة، فضلاً عن المصادر التقنية واستعمال الإنترنت، مما يوفر لك خيارات لا حصر لها في إنجاح عمليتى التعليم والتعلم وتنفيذهما وفق أحدث الأساليب التربوية. وإنّا لنرجو منك خلال تنفيذك للدروس التركيز على مشاركة الطلبة الفاعلة، من حيث: التعلم الذاتي، والعمل في مجموعات، والمشاركة في النقاشات، والنشاطات العملية، والعروض الصفية، والمشاريع البحثية، وغيرها.

ونحن إذ نضع بين يديك هذا الدليل، فإننا نأمل أن يكون لك مرشدًا ومصدرًا مهمًّا في تخطيط الدروس وتنفيذها بما يتلاءم مع مستويات الطلاب والبيئة الصفية وأهداف المنهج، وفي الوقت نفسه، نرجو ألا يقيدك هذا الدليل، بل يكون مساعدًا على تنمية مهاراتك التعليمية وإبراز قدراتك الإبداعية في وضع البدائل حيثما رأيت ذلك مناسبًا.

والله نسأل أن يحقق هذا الدليل الأهداف المتوخاة منه، وأن يوفق الجميع لما فيه خير الوطن وتقدمه وازدهاره.

قائمة المحتويات

استعراض تمهيدي لمحتوى دليل المعلم i

المواد المختبرية vii

القراءة طلبًا للمعلومات - كتاب الطالب ix

الاحتياطات اللازم مراعاتها في المختبر xii

المخطط التنظيمي للفصل 1 : الإلكترونات في الذرات 8A

الفصل 1 8

المخطط التنظيمي للفصل 2 : الجدول الدوري والتدرج في خواص العناصر 34A

الفصل 2 34

المخطط التنظيمي للفصل 3 : المركبات الأيونية والفلزات 68A

الفصل 3 68

المخطط التنظيمي للفصل 4 : الروابط التساهمية 100A

الفصل 4 100

المخطط التنظيمي للفصل 5 : الحساب الكيميائي والمول 144A

الفصل 5 144

دليل العناصر الكيميائية 186

المصطلحات 207

جداول مرجعية (الجدول الدوري الحديث) 212

مواصفات دليل المعلم في الكيمياء

أهلاً بك أخي المعلم إلى دليل المعلم الخاص بكتاب "الكيمياء٢ للمرحلة الثانوية". لقد وضع هذا الدليل بناء على اقتراحات نخبة من معلمي الكيمياء والمستشارين التربويين من ذوي الخبرة لتزويدك بأنشطة واستراتيجيات تدريس قوامها البحث، ذُكرت تحت عنوان "مواقع للاستعمال".

مواقع للاستعمال

- استراتيجات ونشاطات تطبق مباشرة على المحتوى.
- تشير أيقونة المفاهيم عبر الشبكة الإلكترونية إلى حيث يمكن للطلبة أن يتفاعلوا مع المحتوى باستعمال شبكة الإنترنت.

المراجعة والتعزيز

- التدعيم ـ تقديم المهارات والمحتوى وتعزيزهما، وهو مُتضمَّن في الدروس.
- يختبر التقويم مدى استيعاب الطلبة للمفاهيم الأساسية، ويقدم فرصًا لإعادة التدريس في نهاية كل جزء.

تعليمات مبنية على الكفايات

طرائق تدريس متنوعة

- تساعد الأنشطة المختلفة وطرائق التدريس المتنوعة على تلبية حاجات جميع الطلبة.

بناء هرمي

- مستوى1: الفكرة العامة لكل فصل فكرة عامة، تلخص محتواه في عبارة واحدة موجزة جدًّا.
- مستوى 2: الفكرة الرئيسة لكل درس في الفصل فكرة رئيسة تصف موضوع الدرس، وتدعم الأفكار العامة فيه.

التقويم

- تزود الدروس باختبارات معيارية.
- يقيس التقويم مدى إتقان الطلبة للمعايير.
- تزود المصادر الإضافية ببدائل للتقويم.

طرائق تدريس متنوعة

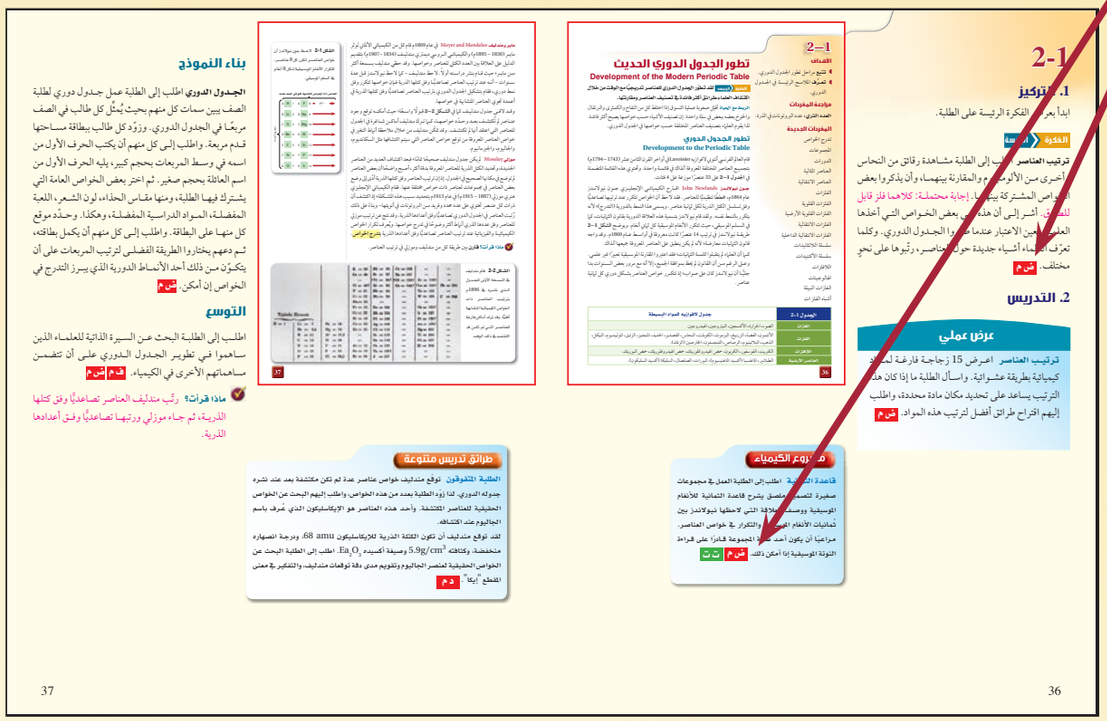
تحديد مستويات الأنشطة

لقد حُددت استراتيجيات التدريس والأنشطة بما يتلاءم ومستوى الطلبة، وقد تم ترميزها على النحو الآتي:

ف م نشاطات الطلبة الذين مستواهم فوق مستوى الصف.

ض م نشاطات الطلبة الذين مستواهم ضمن مستوى الصف .

د م نشاطات الطلبة الذين مستواهم دون مستوى الصف.



الإجابات والدعم الإضافي

يتضمن دليل المعلم ما يلي:

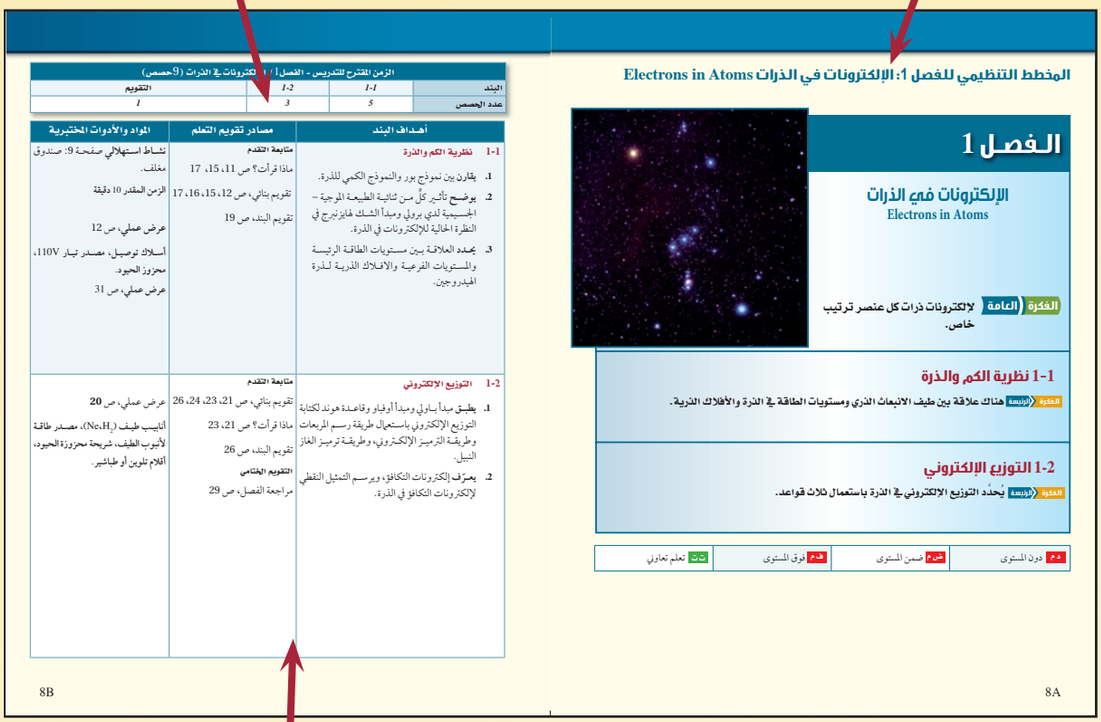
- إجابات الأسئلة الواردة في كتاب الطالب.
- عروضًا عملية ونشاطات تساعدك على طرح المفاهيم الأساسية بسرعة وسهولة.
- خلفية نظرية عن المحتوى تزودك بمعلومات إضافية عنه.
- استراتيجيات وطرائق تدريس متنوعة تساعدك على تلبية حاجات الطلبة.

تخطيط الفصل

يشتمل على:

المخطط التنظيمي للفصل يتناول أهداف الفصل جميعها والمواد اللازمة لتدريس الفصل.

سير الدرس يقدم اقتراحات مختلفة. وعندما تستخدمه متلازمًا مع دليل الخطة الزمنية في الصفحة يمكّنك من إعداد الخطة حسب حاجات الطلبة في صفوفك.



المخطط التنظيمي للفصل 1: الإلكترونات في الذرات Electrons in Atoms

الفصل 1

الإلكترونات في الذرات
Electrons in Atoms

الفكرة العامة لالكترونات ذرات كل عنصر ترتيب خاص.

1-1 نظرية الكم والذرة

الفكرة الرئيسة هناك علاقة بين طيف الانبعاث الذري ومستويات الطاقة في الذرة والأفلاك الذرية.

1-2 التوزيع الإلكتروني

الفكرة الرئيسة يُحدد التوزيع الالكتروني في الذرة باستعمال ثلاث قواعد.

دم دون المستوى | ض م ضمن المستوى | ف م فوق المستوى | ت ت تعلم تعاوني

8A

الزمن المقترح للتدريس - الفصل 1 / الإلكترونات في الذرات (9حصص)

البند	1-1	1-2	التقويم
عدد الحصص	5	3	1

أهداف البند	مصادر تقويم التعلم	المواد والأدوات المختبرية
1-1 نظرية الكم والذرة 1. يقارن بين نموذج بور والنموذج الكمي للذرة. 2. يوضح تأثير كلٍّ من ثنائية الطبيعة الموجية – الجسيمية لدي برولي ومبدأ الشك لهايزنبرج في النظرة الحالية للإلكترونات في الذرة. 3. يحدد العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الفرعية والافلاك الذرية لذرة الهيدروجين.	**متابعة التقدم** ماذا قرأت؟ ص 11، 15، 17 تقويم بنائي، ص 12، 15، 16، 17 تقويم البند، ص 19	نشاط استهلالي صفحة 9: صندوق مغلف. الزمن المقدر 10 دقيقة عرض عملي، ص 12 أسلاك توصيل، مصدر تيار 110V، محزوز الحيود. عرض عملي، ص 31
1-2 التوزيع الالكتروني 1. يطبق مبدأ باولي ومبدأ أوفباو وقاعدة هوند لكتابة التوزيع الإلكتروني باستعمال طريقة رسم المربعات وطريقة الترميز الإلكتروني، وطريقة ترميز الغاز النبيل. 2. يعرّف إلكترونات التكافؤ، ويرسم التمثيل النقطي لإلكترونات التكافؤ في الذرة.	**متابعة التقدم** تقويم بنائي، ص 21، 23، 24، 26 ماذا قرأت؟ ص 21، 23 تقويم البند، ص 26 **التقويم الختامي** مراجعة الفصل، ص 29	عرض عملي، ص **20** أنابيب طيف (Ne، H_2)، مصدر طاقة لأنبوب الطيف، شريحة محزوزة الحيود، أقلام تلوين أو طباشير.

8B

قوائم المصادر تحدّد الأهداف، والمعايير، ومواد وأدوات المختبر، والمواد المساندة، ومصادر التقنية الضرورية لتدريس الفصل.

تدريس الفصل

استعن في بداية الفصل **بالصورة والفكرة العامة** لمساعدتك على التدريس.

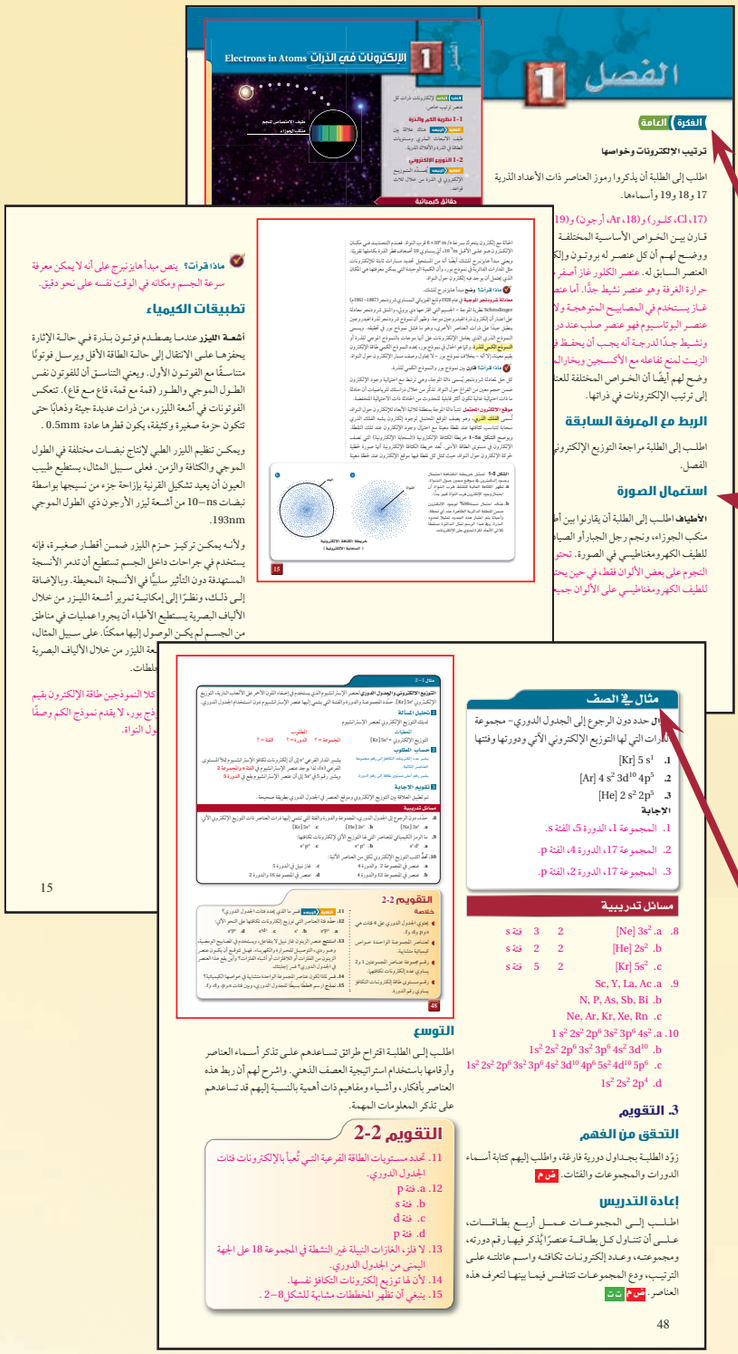
الفكرة العامة تساعد النشاطات الطلبة على فهم البناء المفاهيمي للفصل ـ ابتداءً بالفكرة العامة وانتهاءً بالأفكار الرئيسة التي هي أساس كل بند(درس) .

استعمال الصورة عبارة عن سؤال حول الصورة الافتتاحية للفصل. **والصورة والسؤال يجعلان الطلبة يفكرون في موضوع الفصل.**

يزودك نموذج التدريس الثلاثي الخطوات بالاتجاهات المطلوبة لتلبية حاجات الطلبة المختلفة، ويتضمن ما يلي:

1. **التركيز** يؤدي تدريس مجموعة من المفاهيم أو المهارات إلى جذب انتباه الطلبة.
2. **التدريس** استعمل أنواعًا مختلفة من استراتيجيات التدريس الفعالة.
3. **التقويم** تزودك استراتيجيات تقويم المهارة والمعرفة والأداء بطرائق مختلفة لتقويم طلبتك.

مثال في الصف مثال إضافي يمكن للمعلم إعطاؤه في الصف.



تقويم: البنود

توفر الأنشطة والأسئلة المتضمنة في الكتاب فرصًا للتقويم العلاجي خاصة، والتقويم عامة.

3. التقويم يقدم تقويمًا لمفهوم أساسي ونشاط لإعادة تعليم الطلبة الذين يواجهون صعوبات في تحقيق أهداف التعليم.

التقـويـم

التقـويـم يوفّر تقويمًا في منتصف الفصل للمفاهيم الأساسية.

سؤال النص ستتنوع الإجابات ولكنها يجب أن توضّح طريقة منظمة ومنطقية.

3. التقويم

التحقق من الفهم

استعمل قائمة المحتويات الموجودة على زجاجة الفيتامينات لكتابة أسماء المركبات الأيونية أو صيغها الكيميائية التي تحتويها أقراص الفيتامين على السبورة. واطلب إلى الطلبة تحديد وحدة الصيغة الصحيحة أو الاسم الصحيح لكل مركب. علمًا بأن المركبات التي تتوافر على الأغلب في الفيتامينات، هي: فوسفات الكالسيوم، وفوسفات المغنيسيوم، وأكسيد النحاس II، وأكسيد الخارصين، وكربونات الكالسيوم، وأكسيد الماغنيسيوم، وأكسيد التيتانيوم IV، وكلوريد البوتاسيوم، ويوديد البوتاسيوم، وكلوريد القصدير II وكلوريد الكروم III. ض م

إعادة التدريس

راجع طريقة تسمية الصيغ الكيميائية للمركبات الأيونية وكتابتها، وأخبر الطلبة أن ماء المحيط الصناعي، والمستعمل في أحواض الماء المالحة يُصنع من خلط المركبات الآتية:

1.36g $CaCl_2$, 0.67g KCl, 24.72g NaCl,

0.18g $NaHCO_3$,6.29g $MgSO_4$, 4.66g $MgCl_2$

ثم اطلب إلى الطلبة تسمية المركبات الأيونية السابقة. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلبة تصميم امتحان صغير يشتمل على أسئلة تتعلق بأعداد التأكسد، ووحدات الصيغة للمركبات الأيونية وأسمائها. ض م

التقـويـم

المعرفة اكتب الصيغ الكيميائية لعدد من الأيونات الموجبة والسالبة على شفافية. وأشر إلى أحد الأيونات السالبة وأحد الأيونات الموجبة، واطلب إلى الطلبة تحديد الصيغة الكيميائية الصحيحة للمركب الأيوني الناتج عن ذلك واسمه. ض م

86

استراتيجية حل المسألة

تسمية المركبات الأيونية

تسمية المركبات الأيونية عملية سهلة، إذا قمت باتباع المخطط المفاهيمي.

تطبيق الاستراتيجية

سمِّ المركبين KOH و Ag_2CrO_4 باستخدام المخطط المفاهيمي.

توضح استراتيجيات حل المسألة أعلاه، الخطوات المتبعة عند تسمية المركب الأيوني إذا عُرفت الصيغة الكيميائية. وتعد تسمية المركب الأيوني خطوة مهمة لمعرفة الأيونات الموجبة والسالبة الموجودة في البلورة الصلبة أو المحلول. اشرح كيف يمكن أن تغير المخطط المفاهيمي السابق لكتابة الصيغة عند معرفة اسم المركب الأيوني.

التقويم 2-3

الخلاصة

- تبين وحدة الصيغة الكيميائية نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب الأيوني.
- يتكون الأيون الأحادي الذرة من ذرة واحدة وتعبّر شحنته عن عدد تأكسده.
- تعتبر الأرقام الرومانية عن عدد تأكسد الأيون الموجب الذي له أكثر من حالة أكسدة محتملة.
- تتكون الأيونات العديدة الذرات من أكثر من ذرة وتتفاعل بوصفها وحدة واحدة.
- نستخدم الأقواس حول الأيون ونضع الأرقام المصغرة خارج الأقواس للإشارة إلى وجود أكثر من أيون عديد الذرات في الصيغة الكيميائية.

الكتابة **الرياضة** صف ترتيب الأيونات عند كتابة صيغة المركب المتكون من البوتاسيوم والبروم وعند ذكر اسمه.

35. صف الفرق بين الأيونات الأحادية الذرة والأيونات العديدة الذرات، وأعط مثالاً على كل منها.

36. علّل شحنة الأيون X هي 2 + وشحنة الأيون Y هي 1−. اكتب صيغة المركب الذي يتكون من هذين الأيونين.

37. اذكر اسم المركب المكون من Mg و Cl وصيغته.

38. اكتب اسم المركب المكون من أيونات الصوديوم وأيونات النيتريت وصيغته.

39. حلّل ما الرقم السفلي المصغر الذي ستستعمله في كتابة صيغ المركبات الأيونية في الحالات الآتية:

a. فلز قلوي وهالوجين

b. فلز قلوي ولا فلز من المجموعة 16

c. فلز قلوي أرضي وهالوجين.

d. فلز قلوي أرضي ولا فلز من المجموعة 16

86

التقويم 2-3

34. يُذكر أنيون (البروميد) أولاً متبوعًا بكاتيون (البوتاسيوم).

35. تتكون الأيونات الأحادية الذرة من ذرة واحدة Cl^-، وأما الأيونات العديدة الذرات فتتكون من ذرتين أو أكثر مرتبطتين معًا ولهما شحنة محصلة، ClO_3^-.

36. XY_2

37. كلوريد الماغنيسيوم $MgCl_2$

38. نتريت الصوديوم $NaNO_2$

39. a. 1، 1

b. 2، 1

c. 1، 2

d. 1، 1

(تقرأ النسب من اليمين إلى اليسار)

تقويم دروس الفصل يزود الطلبة بملخص للمفاهيم والأسئلة التي ترتبط بالأهداف التعليمية في كل درس.

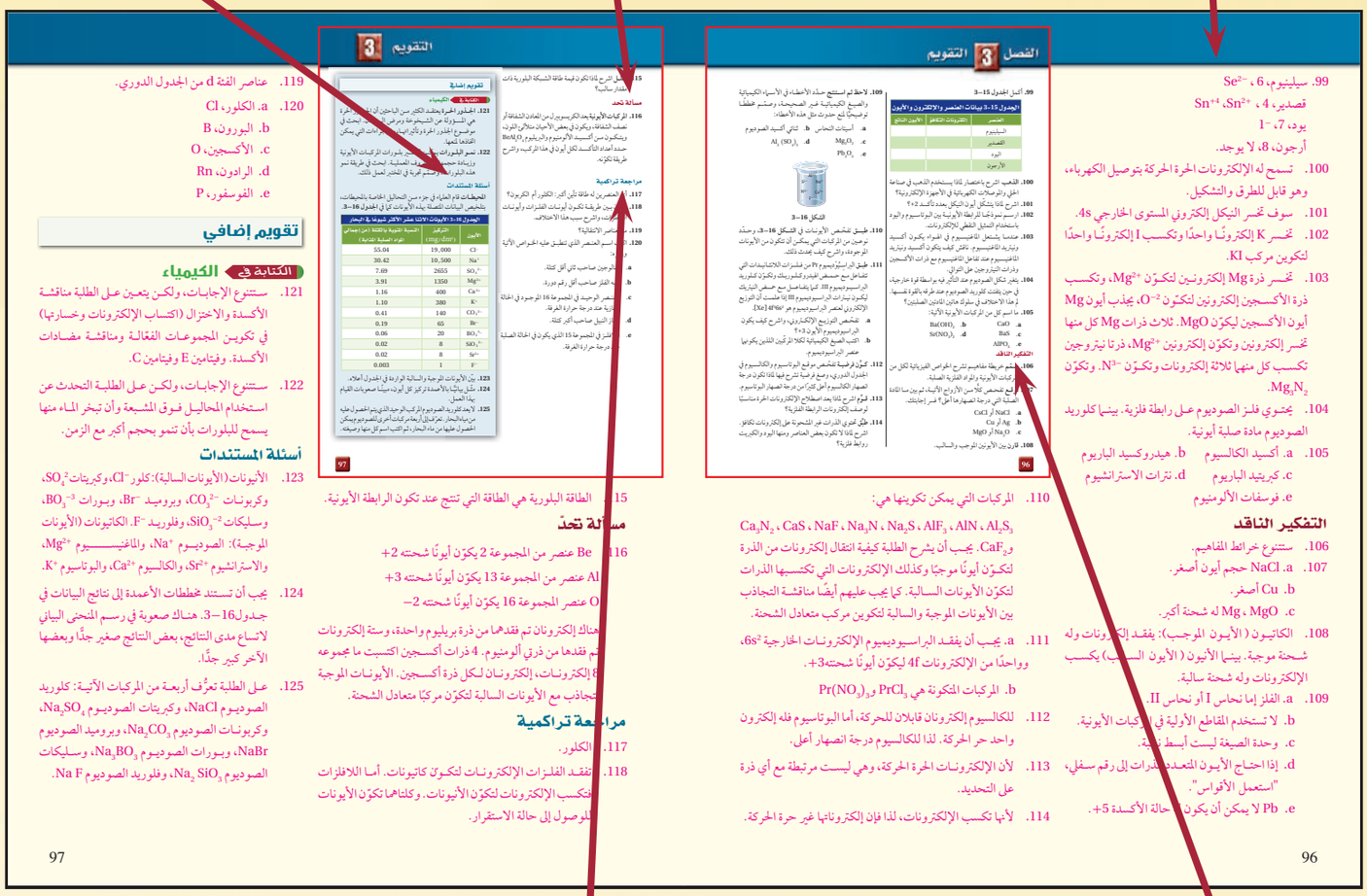
الإجابات يشتمل دليل المعلم على إجابات جميع أسئلة التقويم.

تقويم: الفصل

أسئلة إتقان المفاهيم و حل المسائل يقوّمان استيعاب المفردات، والمفاهيم الأساسية في كل جزء.

أسئلة المستندات ربط الطلبة تطبيقات من واقع الحياة عندما يقوّمون بيانات حقيقية في الأبحاث الحالية. وعليهم أن يحللوا الرسوم البيانية، والجداول، وأي بيانات تعرض في أي مجلات علمية مميزة ووثائق تاريخية كلاسيكية.

مسألة تحدٍّ تتطلب أن يظهر الطلبة مهارات متنوعة المستوى.



96

99. سيلينيوم، 6 ، Se^{2-}
قصدير، 4 ، Sn^{+4}، Sn^{2+}
يود، 7، I^-
أرجون، 8، لا يوجد.
100. تسمح له الإلكترونات الحرة الحركة بتوصيل الكهرباء، وهو قابل للطرق والتشكيل.
101. سوف تخسر النيكل إلكتروني المستوى الخارجي 4s.
102. تخسر K إلكترونًا واحدًا وتكسب I إلكترونًا واحدًا لتكوين مركب KI.
103. تخسر ذرة Mg إلكترونين لتكوّن Mg^{2+}، وتكسب ذرة الأكسجين إلكترونين لتكون O^{-2}، يجذب أيون Mg أيون الأكسجين ليكوّن MgO. ثلاث ذرات Mg كل منها تخسر إلكترونين وتكوّن إلكترونين Mg^{2+}، ذرتا نيتروجين تكسب كل منهما ثلاثة إلكترونات وتكوّن N^{3-}. وتكوّن Mg_3N_2.
104. يحتوي فلز الصوديوم على رابطة فلزية. بينما كلوريد الصوديوم مادة صلبة أيونية.
105. a. أكسيد الكالسيوم b. هيدروكسيد الباريوم
c. كبريتيد الباريوم d. نترات الاسترانشيوم
e. فوسفات الألومنيوم

التفكير الناقد

106. ستتنوع خرائط المفاهيم.
107. a. NaCl حجم أيون أصغر.
b. Cu أصغر.
c. MgO ، Mg له شحنة أكبر.
108. الكاتيون (الأيون الموجب): يفقد إلكترونات وله شحنة موجبة. بينما الأيون (الأيون السالب) يكسب الإلكترونات وله شحنة سالبة.
109. a. الفلز إما نحاس I أو نحاس II.
b. لا تستخدم المقاطع الأولية في المركبات الأيونية.
c. وحدة الصيغة ليست أبسط نسبة.
d. إذا احتاج الأيون المتعدد الذرات إلى رقم سفلي، "استعمل الأقواس".
e. Pb لا يمكن أن يكون في حالة الأكسدة 5+.

97

15. ما الشرح المحتمل لكون قيمة طاقة الشبكة البلورية ذات مقدار سالب؟

مسألة تحد

116. التركيبات الأيونية يعد الكبريت من المعادن الشفافة أو نصف الشفافة، ويكون في بعض الأحيان متلألئ اللون، ويتكون من أكسيد الأومنيوم والبريليوم $BeAl_2O_4$ حدد أعداد التأكسد لكل أيون في هذا التركيب، واشرح طريقة تكوّنه.

مراجعة تراكمية

117. أي العنصرين له طاقة تأين أكبر: الكلور أم الكبريت؟
118. بين طريقة تكون أيونات الفلزات وأيونات ، واشرح سبب هذا الاختلاف.
119. ما عناصر الانتقال؟
120. ما اسم العنصر الذي تنطبق عليه الخواص الآتية :
a. له أربعة أيونات موجبة ثنائي أكثر كثافة.
b. هو الفلز صاحب أقل رقم دورة.
c. هو العنصر الوحيد في المجموعة 16 الموجود في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة.
d. هو الفلز صاحب أكبر كثافة.
e. هو الفلز في المجموعة 15 الذي يكون في الحالة الصلبة عند درجة حرارة الغرفة.

التقويم 3

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

121. الخلجان الجافة يعتقد الكثير من الناجين أن الخلجان الجافة هي المسؤولة عن النسيج الوردي الذي يظهر في بعض الأحيان على الثلوج. ابحث في موضوع الخلجان الجافة واكتب تقريرًا تناقش فيه التركيبات التي يمكن أن تتكون فيها.
122. تصنع البلورات بعض الشركات بلورات التركيبات الأيونية وزيادة حجمها، وتبيعها لأغراض تعليمية. ابحث في طريقة نمو هذه البلورات، واكتب فقرة في التقرير لعمل ذلك.

أسئلة المستندات

الخطيطات قام العلماء في جزء من التحاليل الخاصة بالخطيطات، بتلخيص البيانات المتصلة بهذه الأيونات كما في الجدول 16–3.

الجدول 16–3 الأيونات الأكثر عشر شيوعًا في البحار

الأيون	التركيز (mg/dm³)	النسبة المئوية بالكتلة من إجمالي أيون الصلبة الخاملة
Cl^-	19,000	55.04
Na^+	10,500	30.42
SO_4^{2-}	2655	7.69
Mg^{2+}	1350	3.91
Ca^{2+}	400	1.16
K^+	380	1.10
CO_3^{2-}	140	0.41
Br^-	65	0.19
BO_3^{3-}	20	0.06
SiO_3^{2-}	8	0.02
Sr^{2+}	8	0.02
F^-	1	0.003

123. بين الأيونات الواردة والسالبة الواردة في الجدول أعلاه.
124. مثل بيانات بالأعمدة أو كتابة أيونات، وبيانيًا صعوبات التقييم بهذا العمل.
125. لاحظ تكوين الصوديوم والزنك أحد الأيونات التي يتم اختيارها على من بالبحار. تفاعل كل أيضًا مركبات أخرى للصوديوم ويمكن الحصول عليها من هذه البحار، ثم اكتب اسم كل منها وصيغته.

97

15. الطاقة البلورية هي الطاقة التي تنتج عند تكون الرابطة الأيونية.

مسألة تحدّ

116. Be عنصر من المجموعة 2 يكوّن أيونًا شحنته 2+
Al عنصر من المجموعة 13 يكوّن أيونًا شحنته 3+
O عنصر المجموعة 16 يكوّن أيونًا شحنته 2−
هناك إلكترونان تم فقدهما من ذرة بريليوم واحدة، وستة إلكترونات تم فقدها من ذرتي ألومنيوم. 4 ذرات أكسجين اكتسبت ما مجموعه 8 إلكترونات، إلكترونان لكل ذرة أكسجين. الأيونات الموجبة تتجاذب مع الأيونات السالبة لتكوّن مركبًا متعادل الشحنة.

مراجعة تراكمية

117. الكلور.
118. تفقد الفلزات الإلكترونات لتكوّن كاتيونات. أما اللافلزات فتكتسب الإلكترونات لتكوّن الأيونات. وكلتاهما تكوّن الأيونات للوصول إلى حالة الاستقرار.

119. عناصر الفئة d من الجدول الدوري.
120. a. الكلور، Cl
b. البورون، B
c. الأكسجين، O
d. الرادون، Rn
e. الفوسفور، P

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

121. ستتنوع الإجابات، ولكن يتعين على الطلبة مناقشة الأكسدة والاختزال (اكتساب الإلكترونات وخسارتها) في تكوين المجموعات الفعّالة ومناقشة مضادات الأكسدة. وفيتامين E وفيتامين C.
122. ستتنوع الإجابات، ولكن على الطلبة التحدث عن استخدام المحاليل فوق المشبعة وأن تبخر الماء منها يسمح للبلورات بأن تنمو بحجم أكبر مع الزمن.

أسئلة المستندات

123. الأيونات (الأيونات السالبة): كلور Cl^-، وكبريتات SO_4^{2-}، وكربونات CO_3^{2-}، وبروميد Br^-، وبورات BO_3^{-3}، وسليكات SiO_3^{-2}، وفلوريد F^-. الكاتيونات (الأيونات الموجبة): الصوديوم Na^+، والماغنيسيوم Mg^{2+}، والاسترانشيوم Sr^{2+}، والكالسيوم Ca^{2+}، والبوتاسيوم K^+.
124. يجب أن تستند مخططات الأعمدة إلى نتائج البيانات في جدول 16–3. هناك صعوبة في رسم المنحنى البياني لاتساع مدى النتائج، بعض النتائج صغير جدًا وبعضها الآخر كبير جدًا.
125. على الطلبة تعرُّف أربعة من المركبات الآتية: كلوريد الصوديوم NaCl، وكبريتات الصوديوم Na_2SO_4، وكربونات الصوديوم Na_2CO_3، وبيروميد الصوديوم NaBr، وبورات الصوديوم Na_2BO_3، وسليكات الصوديوم Na_2SiO_3، وفلوريد الصوديوم Na F.

أسئلة التفكير الناقد تتطلب أن يظهر الطلبة درجة عالية من التفكير، ويستعملوا مهاراتهم الكتابية.

مراجعة تراكمية تقوّم هذه الأسئلة ما يعرفه الطلبة عن الفصول السابقة.

قائمة المواد والأدوات

يمكن أن تساعدك هذه القائمة للأدوات والمواد غير المستهلكة التي يمكن الحصول عليها بسهولة على إجراء التجارب طوال السنة. لذا ارجع إلى منظم الفصل في بداية كل فصل لتعرف المواد والأدوات المطلوبة لكل نشاط مختبري فيه.

المواد والأدوات غير المستهلكة				
مصدر تيار 110 فولت	مسطرة	قمع للمسحوق	وعاء حجمه 100 ml	حقيبة (صندوق) الكرات والأعواد
أنابيب طيف (Ne, H_2)	ميزان	مصدر طاقة لأنابيب الطيف	بوتقة	سحاحة
شريحة محزوزة الحيود	أنابيب اختبار	قطعة نقود نحاسية	مثلث خزفي	بندول
شوكة	قلم للكتابة على الزجاج	ملقط	قضيب تحريك	مقص
حامل أنابيب	جهاز الموصلية الكهربائية	ماسك بوتقة	جهاز تسخين	شبكة معدنية
سدادات مختلفة الاحجام، بثقب وبثقبين	وعاء زجاجي	حامل حلقة ومثبت	كرة مطاطية	برادة حديد
مطرقة صغيرة	مصباح كشاف	لهب بنزن	أكواب زجاجية وبلاستيكية	أنابيب زجاجية ومطاطية
مخابير مدرجة 10 ml, 25 ml, 100 ml	الدوارق المخروطية 25 ml, 150 ml 400 ml, 500 ml	ماسك بواتق	ملعقة احتراق	ملعقة صغيرة
ماصة بأحجام مختلفة	أسلاك توصيل	وعاء معدني	عدسات مكبرة	بطاقات فهرسة لأول 20 عنصر في الجدول الدوري

المواد والأدوات المستهلكة

صندوق مغلف	مناديل ورقية	قطعة صوف أو حرير	مناشف ورقية	براغي
قطع خشبية	شمع البرافين	أسلاك توصيل	خيوط	طبق ألومنيوم
بالونات	مسامير	لفة كبريت	أقراص علك	طباشير
ملون طعام	بلورات ملح	أطباق بلاستيكية	ماء صنبور	أوراق للوزن
بطاقات فهرسة	سكر بلورات ومسحوق	ماء مقطر	أقلام ملونة	خيط مطاطي
قطع خارصين				

المواد الكيميائية

هيدروكسيد الصوديوم	محلول ميتافاندات الأمونيوم NH_4VO_3	مسحوق خارصين	حمض الهيدروكلوريك HCl
كربونات الصوديوم الهيدروجينية	عناصر كيميائية مختلفة	محلول كلوريد الصوديوم	كلوريد الماغنيسيوم $MgCl_2$
محلول سليكات الصوديوم	كبريتات النحاس II المائية	صبغة ريتشاردت	نترات البوتاسيوم KNO_3
شريط ماغنيسيوم	نترات الصوديوم	مذيب أصباغ	كاشف بروموثيمول الأزرق
أكسيد النحاس II	كلوريد الليثيوم	نترات الألومنيوم	الميثانول
برمنجنات البوتاسيوم	كالسيوم	كلوريد الألومنيوم	حمض الخليك
أيزو بروبانول	مملغم حبيبات الخارصين (الزنك)	إيثانول	نترات الماغنيسيوم
محلول كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني	كلوريد الزئبق II	كلوريد الصوديوم	

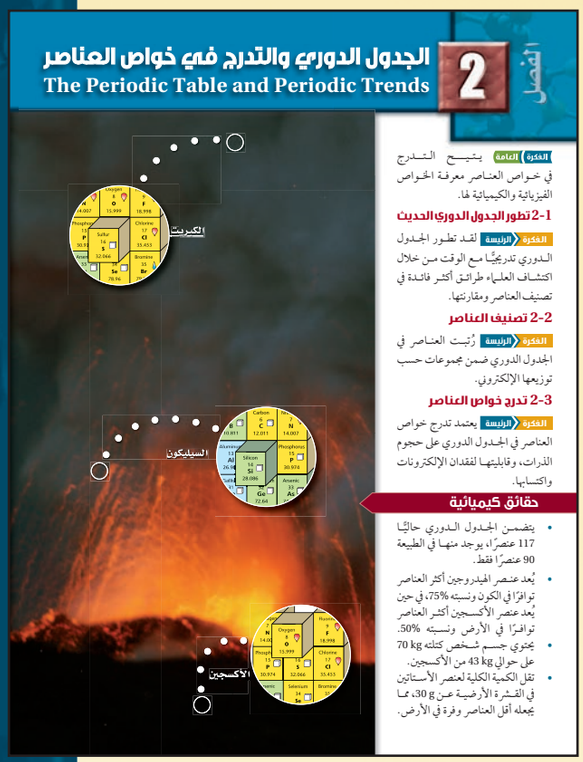
القراءة طلبًا للمعلومات - كتاب الطالب

عندما يقرأ الطالب كتاب الكيمياء ٢ فإنما يقرؤه للحصول على معلومات. فالعلم ليس كتابة خيالية، بل يصف أحداثًا من واقع حياة الناس وأفكارهم. وفيما يلي بعض الأدوات التي يستعملها الكتاب لمساعدة الطالب على القراءة، نرجو أن تستعرضها مع الطلبة في بداية الفصل الدراسي.

قبـــل القـراءة

إذا قـرأت **الفكرة العامة** و **الفكرة الرئيسة** **والنشاط الاستهلالي** قبل قراءة الفصل أو البند، فستحصل على فكرة عامة تمهيدية للمحتوى الذي ستدرسه.

أمـا **الفكرة العامة** فتصف ما ستتعلمه في الفصـل، والأفكار الرئيسـة تدعمهـا. وكل بنـد في الفصـل يعبر عن فكرة رئيسـة تصف ما يركز عليه هذا البند.



يبدأ كل فصل **بنشاط الاستهلالي** تقديمي للمحتوى الذي سيتناوله. لذا اقرأ هذا النشاط، ونفذه لتكتشف المفاهيم التي سيتناولها الفصل.

طرائق أخرى للمراجعة

- اقرأ عنوان الفصل لتعرف موضوعاته.
- تصفح الصور، والرسوم، والتعليقات، والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة والمظلّلة.
- اعمل مخططًا للفصل مستعملاً العناوين الرئيسة والفرعية.

القراءة طلبًا للمعلومات - كتاب الطالب

في أثناء القراءة

ستجد في كل بند أدوات تساعدك على تعميق الفهم لما تقرؤه، وأخرى تساعدك على تقويم ذلك الفهم.

2–1

الأهداف

- **تتبع** مراحل تطور الجدول الدوري.
- **تعرُّف** الملامح الرئيسة في الجدول الدوري.

مراجعة المفردات

العدد الذري، عدد البروتونات في الذرة.

المفردات الجديدة

تدرج الخواص
المجموعات
الدورات
العناصر المثالية
العناصر الانتقالية
الفلزات
الفلزات القلوية
الفلزات القلوية الأرضية
الفلزات الانتقالية
الفلزات الانتقالية الداخلية
سلسلة اللانثانيدات
سلسلة الأكتينيدات
اللافلزات
الهالوجينات
الغازات النبيلة
أشباه الفلزات

تطور الجدول الدوري الحديث
Development of the Modern Periodic Table

الفكرة الرئيسة **لقد تطور الجدول الدوري للعناصر تدريجيًا مع الوقت من خلال اكتشاف العلماء طرائق أكثر فائدة في تصنيف العناصر ومقارنتها.**

الربط مع الحياة تخيّل صعوبة عملية التسوق إذا اختلط كل من التفاح والكمثرى والبرتقال والخوخ بعضه ببعض في سلة واحدة. إن تصنيف الأشياء حسب خواصها يصبح أكثر فائدة. لذا يقوم العلماء بتصنيف العناصر المختلفة حسب خواصها في الجدول الدوري.

تطور الجدول الدوري
Development to the Periodic Table

قام العالم الفرنسي أنتوني لافوازيه Lavoisier في أواخر القرن الثامن عشر (1743–1794م) بتجميع العناصر المختلفة المعروفة آنذاك في قائمة واحدة. وتحتوي هذه القائمة المتضمنة في الجدول 1–2 على 33 عنصرًا موزعة على 4 فئات.

جون نيولاندز John Newlands اقترح الكيميائي الإنجليزي جون نيولاندز عام 1864م، مخططًا تنظيميًا للعناصر. فقد لاحظ أن الخواص تتكرر عند ترتيبها تصاعديًا وفق تسلسل الكتل الذرية لكل ثمانية عناصر. ويسمى هذا النمط بالدورية (التدرج)؛ لأنه يتكرر بالنمط نفسه. ولقد قام نيولاندز بتسمية هذه العلاقة الدورية بقانون الثمانيات، كما في السلم الموسيقي، حيث تتكرر الأنغام الموسيقية كل ثماني أنغام. ويوضح الشكل 1–2 طريقة نيولاندز في ترتيب 14 عنصرًا كانت معروفة في أواسط عام 1860م. وقد واجه قانون الثمانيات معارضة؛ لأنه لم يكن ينطبق على العناصر المعروفة جميعها آنذاك.

كما أن العلماء لم يتقبلوا كلمة الثمانيات؛ فقد اعتبروا المقارنة الموسيقية تعبيرًا غير علمي. وعلى الرغم من أن القانون لم يحظ بموافقة الجميع، إلا أنه مع مرور بعض السنوات بدا جليًا أن نيولاندز كان على صواب؛ إذ تتكرر خواص العناصر بشكل دوري كل ثمانية عناصر.

الجدول 1-2 جدول لافوازيه للمواد البسيطة

الفلزات	الضوء، الحرارة، الأكسجين، النيتروجين، الهيدروجين.
اللافلزات	الأنتمون، الفضة، الزرنيخ، البزموت، الكوبلت، النحاس، القصدير، الحديد، المنجنيز، الزنبق، الموليبديوم، النيكل، الذهب، البلاتينيوم، الرصاص، التنجستون، الخارصين (الزنك).
اللافلزات	الكبريت، الفوسفور، الكربون، حمض الهيدروكلوريك، حمض الهيدروفلوريك، حمض البوريك.
العناصر الأرضية	الطباشير، المغنسيا (أكسيد المغنيسيوم)، البورات، الصلصال، السليكا (أكسيد السليكون).

الربط مع الحياة يصف كيف يرتبط محتوى البند مع بحياتك.

مثال 1–3

صيغة المركب الأيوني جد صيغة المركب الأيوني المكون من البوتاسيوم والأكسجين.

1 تحليل المسألة

تعلم أن المركب الأيوني يتكون من أيوني الأكسجين والبوتاسيوم وصيغة هذا المركب مجهولة. نبدأ أولاً بكتابة رمز كل أيون في المركب وعدد تأكسده. يوجد البوتاسيوم في المجموعة 1 ، لذا يكوّن أيونًا 1+، ويوجد الأكسجين في المجموعة 16 لذا يكوّن أيونًا ثنائيًا سالب الشحنة 2–.

K^+ O^{2-}

ولأن الشحنات غير متساوية، لذا يجب وضع رقم صغير أسفل يمين كل رمز؛ لتوضيح نسب عدد الأيونات الموجبة إلى عدد الأيونات السالبة.

2 حساب المطلوب

تفقد ذرة البوتاسيوم إلكترونًا واحدًا، في حين تكتسب ذرة الأكسجين إلكترونين. فإذا اتحد العنصران في المركب بنسبة 1:1 فإن عدد الإلكترونات المفقودة من البوتاسيوم لن يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة من الأكسجين، لذا فإننا بحاجة إلى أيونين من البوتاسيوم لكل أيون من الأكسجين، فتصبح الصيغة الكيميائية K_2O

3 تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية لوحدة الصيغة الكيميائية للمركب تساوي صفرًا

$$2\,\text{K ion}\left(\frac{1+}{\text{K ion}}\right) + 1\,\text{O ions}\left(\frac{2-}{\text{O ion}}\right) = 2(+1) + 1(-2) = 0$$

مثال 2–3

صيغة المركب الأيوني جد صيغة المركب الكيميائي المكون من أيونات الألومنيوم وأيونات الكبريتيد.

1 تحليل المسألة

تعلم أن المركب الأيوني يتكون من الألومنيوم والكبريت وصيغته مجهولة. لذا نبدأ أولاً بتحديد شحنة كل أيون في المركب. فالألومنيوم من المجموعة 13، يكوّن أيونًا موجبًا ثلاثي الشحنة 3+، والكبريت من المجموعة 16 ويكون أيونًا سالبًا ثنائي الشحنة 2–.

Al^{3+} S^{2-}

تفقد كل ذرة ألومنيوم ثلاثة إلكترونات، في حين تكتسب كل ذرة كبريت إلكترونين، غير أنه يجب أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة مساويًا لعدد الإلكترونات المكتسبة.

2 حساب المطلوب

إن أصغر عدد يمكن قسمته على كل من 2 و 3 هو 6، لذا يتم نقل ستة إلكترونات. تستقبل ثلاث ذرات من الكبريت ستة إلكترونات تم فقدها من ذرتي ألومنيوم. فتكون الصيغة الصحيحة للمركب هي Al_2S_3 ، حيث توضح أن أيونين من الألومنيوم يرتبطان مع ثلاثة أيونات من الكبريت.

3 تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية لوحدة الصيغة الكيميائية لهذا المركب تساوي صفرًا

$$2\,\text{Al ion}\left(\frac{3+}{\text{Al ion}}\right) + 3\,\text{S ions}\left(\frac{2-}{\text{S ion}}\right) = 2(+3) + 3(-2) = 0$$

تنقلك الأمثلة المحلولة خطوة خطوة إلى حل مسائل في الكيمياء. لذا عزّز المهارات التي تعلمتها بحل التدريبات.

مهارات قراءة أخرى

- اسأل نفسك: ما **الفكرة العامة** ؟ وما **الفكرة الرئيسة**؟
- اربط المعلومات في هذا الكتاب مع مجالات أخرى درستها.
- توقع أحداثًا ونتاجات باستعمال الأدلة والمعلومات التي تعرّفتها من قبل.
- غيّر توقعاتك وأنت تقرأ معلومات جديدة وتجمعها.

بعد ما قرأت

اقرأ الخلاصة، وأجب عن أسئلة التقويم في نهاية كل بند لتقويم مدى فهمك لما درسته.

يُختتم كل بند بتقويم، يحتوي على خلاصة وأسئلة. والخلاصة هي مراجعة للمفاهيم الرئيسة، أمّا الأسئلة فهي اختبار لقياس مدى استيعابك.

استراتيجية حل المسألة

تسمية المركبات الأيونية

تسمية المركبات الأيونية عملية سهلة، إذا قمت باتباع المخطط المفاهيمي.

تطبيق الاستراتيجية

سمِّ المركبين KOH و Ag_2CrO_4 باستخدام المخطط المفاهيمي.

توضح استراتيجيات حل المسألة أعلاه الخطوات المتبعة عند تسمية المركب الأيوني إذا عُرفت الصيغة الكيميائية. وتعد تسمية المركب الأيوني خطوة مهمة لمعرفة الأيونات الموجبة والسالبة الموجودة في البلورة الصلبة أو المحلول. اشرح كيف يمكن أن تغير المخطط المفاهيمي السابق لكتابة الصيغة عند معرفة اسم المركب الأيوني.

التقويم 3-2

الخلاصة

- تبين وحدة الصيغة الكيميائية نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب الأيوني.
- يتكون الأيون الأحادي الذرة من ذرة واحدة وتعبّر شحنته عن عدد تأكسده.
- تعبّر الأرقام الرومانية عن عدد تأكسد الأيون الموجب الذي له أكثر من حالة أكسدة محتملة.
- تتكون الأيونات العديدة الذرات من أكثر من ذرة وتتفاعل بوصفها وحدة واحدة.
- نستخدم الأقواس حول الأيون ونضع الأرقام المصغرة خارج الأقواس للإشارة إلى وجود أكثر من أيون عديد الذرات في الصيغة الكيميائية.

34. **الفكرة الرئيسة** صف ترتيب الأيونات عند كتابة صيغة المركب المكون من البوتاسيوم والبروم وعند ذكر اسمه.
35. **صف** الفرق بين الأيونات الأحادية الذرة والأيونات العديدة الذرات، وأعط مثالاً على كل منها.
36. **طبّق** شحنة الأيون X هي 2+ وشحنة الأيون Y هي 1−. اكتب صيغة المركب الذي يتكون من هذين الأيونين.
37. **اذكر** اسم المركب المكون من Mg و Cl وصيغته.
38. **اكتب** اسم المركب المكون من أيونات الصوديوم وأيونات النيتريت وصيغته.
39. **حلّل** ما الرقم السفلي المصغر الذي ستستعمله في كتابة صيغ المركبات الأيونية في الحالات الآتية:
   a. فلز قلوي وهالوجين
   b. فلز قلوي ولا فلز من المجموعة 16
   c. فلز قلوي أرضي وهالوجين.
   d. فلز قلوي أرضي ولا فلز من المجموعة 16

ستجد في نهاية كل فصل دليلاً لمراجعة الفصل، يتضمن المفردات والمفاهيم الرئيسة. لذا، استخدمه لمراجعة الفصل وتقويم مدى استيعابك له.

الفصل 3 دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة ترتبط الذرات في المركبات الأيونية مع روابط كيميائية تنشأ عن تجاذب الأيونات المختلفة الشحنات.

3-1 الروابط الأيونية والمركبات الأيونية

الفكرة الرئيسة تتكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات التكافؤ أو تكسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثماني الأكثر استقرارًا. وتتجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة لتشكل مركبات أيونية متعادلة كهربائيًا.

المفردات
- الكاتيون
- الأنيون
- الرابطة الأيونية
- المركبات الأيونية
- البلورة
- الإلكتروليت
- طاقة البلورة

المفاهيم الرئيسة
- الرابطة الكيميائية هي القوة التي تمسك ذرتين معًا.
- تكوّن بعض الذرات الأيونات لتصل إلى حالة الاستقرار. ويستوجب الوصول إلى التوزيع الإلكتروني لحالة الاستقرار ملء مستويات الطاقة الخارجية كاملة، وعادة ما تحتوي هذه المستويات على ثمانية إلكترونات تكافؤ.
- تتكون الأيونات عند فقد أو كسب إلكترونات التكافؤ.
- يبقى عدد البروتونات ثابتًا عند تكوين الأيونات.
- تحتوي المركبات الأيونية على روابط أيونية تنشأ عن التجاذب بين أيونات ذات شحنات كهربائية مختلفة.
- ترتب الأيونات في المركبات الأيونية في نموذج متكرر يعرف بالشبكة البلورية.
- تُعزى خواص المركبات الأيونية إلى قوة الرابطة الأيونية.
- المركبات الأيونية في صورة محاليل أو سوائل توصل التيار الكهربائي
- طاقة البلورة هي الطاقة اللازمة لإزالة 1mol من الأيونات من البلورة.

3-2 صيغ المركبات الأيونية وأسماؤها

الفكرة الرئيسة يُذكر الأيون السالب أولاً متبوعًا بالأيون الموجب عند تسمية المركبات الأيونية. أما عند كتابة صيغ المركبات الأيونية فيكتب رمز الأيون الموجب أولًا متبوعًا برمز الأيون السالب.

المفردات
- وحدة الصيغة الكيميائية
- الأيون أحادي الذرة
- عدد التأكسد
- أيون عديد الذرات
- أيون أكسجيني سالب

المفاهيم الرئيسة
- تبين وحدة الصيغة الكيميائية نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب.
- يتكون الأيون الأحادي الذرة من ذرة واحدة، وشحنته هي عدد تأكسده.
- تشير الأعداد الرومانية إلى عدد تأكسد الأيونات الموجبة التي لها أكثر من عدد تأكسد.
- تتكون الأيونات العديدة الذرات من مجموعة من الذرات تتفاعل معًا بوصفها وحدة واحدة.
- إذا أردت معرفة وجود أكثر من أيون عديد الذرات في المعادلة الكيميائية فضع قوسين حوله واستخدم الأرقام الصغيرة عن يمين القوس.

3-3 الروابط الفلزية وخواص الفلزات

الفكرة الرئيسة تكون الفلزات شبكات بلورية، ويمكن تمثيلها أو نمذجتها بأيونات موجبة يحيط بها "سحابة" من إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.

المفردات
- نموذج سحابة الإلكترونات
- الإلكترونات الحرة
- الرابطة الفلزية
- السبيكة

المفاهيم الرئيسة
- تتكون الرابطة الفلزية عندما تقوم أيونات الفلز الموجبة بجذب الإلكترونات الحرة، وهي إلكترونات غير محددة المكان.
- تتحرك الإلكترونات في نموذج "سحابة الإلكترون" في البلورة الفلزية دون أن ترتبط مع أي من الذرات.
- يفسّر نموذج سحابة الإلكترونات الخواص الفيزيائية للمواد المعدنية الصلبة.
- تتكون السبائك الفلزية عند خلط الفلز بعنصر واحد أو أكثر.

طرائق أخرى للمراجعة

- اكتب **الفكرة العامة**.
- اربط **الفكرة الرئيسة** مع **الفكرة العامة**.
- وضح ما تقرؤه بكلماتك الخاصة.
- طبق هذه المعلومات على الموضوعات الدراسية الأخرى أو في البيت.
- عين المصادر التي يمكنك استعمالها لتحصل على معلومات أكثر حول هذا الموضوع.

نموذج السلامة في المختبرات

الاحتياطات اللازم مراعاتها في المختبر

رموز السلامة	المخاطر	الأمثلة	الاحتياطات	العلاج
التخلص من المواد	خطوات التخلص من المواد.	بعض المواد الكيميائية، والمخلوقات الحية.	لا تتخلص من هذه المواد في المغسلة أو في سلة المهملات.	تخلص من النفايات وفق تعليمات المعلم.
مواد حيّة	مخلوقات ومواد حية قد تسبّب ضررًا للإنسان.	البكتيريا، الفطريات، الدم، الأنسجة غير المحفوظة، المواد النباتية.	تجنب ملامسة الجلد لهذه المواد، والبس قناعًا (كمامة) وقفازات.	أبلغ معلمك في حالة حدوث ملامسة للجسم، واغسل يديك جيدًا.
درجة حرارة مرتفعة أو منخفضة	الأشياء التي قد تحرق الجلد بسبب حرارتها أو برودتها الشديدتين.	غليان السوائل، السخانات الكهربائية، الجليد الجاف، النيتروجين السائل.	استعمال قفازات واقية.	اذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
الأجسام الحادة	استعمال الأدوات والزجاجيات التي تجرح الجلد بسهولة.	المقصات، الشفرات، السكاكين، الأدوات المدبّبة، أدوات التشريح، الزجاج المكسور.	تعامل بحكمة مع الأداة، واتبع إرشادات استعمالها	اذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
الأبخرة	خطر محتمل على الجهاز التنفسي من الأبخرة	الأمونيا، الأستون، الكبريت الساخن، كرات الحث (النفثالين).	تأكد من وجود تهوية جيدة، ولا تشم الأبخرة مباشرة، وارتد قناعًا (كمامة).	اترك المنطقة، وأخبر معلمك فورًا.
الكهرباء	خطر محتمل من الصعق الكهربائي أو الحريق	تأريض غير صحيح، سوائل منسكبة، أسلاك معرّاة.	تأكد من التوصيلات الكهربائية للأجهزة بالتعاون مع معلمك.	لا تحاول إصلاح الأعطال الكهربائية، واخبر معلمك فورًا.
المواد المهيّجة	مواد قد تهيج الجلد أو الغشاء المخاطي للقناة التنفسية.	حبوب اللقاح، كرات العث، الصوف والفولاذ، ألياف الزجاج، برمنجنات البوتاسيوم.	ارتد قناعًا (كمامة) واقيًا من الغبار وقفازات، وتصرف بحذر شديد عند تعاملك مع هذه المواد.	اذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
المواد الكيميائية	المواد الكيميائية التي يمكن أن تتفاعل مع الأنسجة والمواد الأخرى وتتلفها.	المبيضات مثل فوق أكسيد الهيدروجين، والأحماض كحمض الكبريتيك، والقواعد كالأمونيا، وهيدروكسيد الصوديوم.	ارتد نظارات واقية، وقفازات، والبس معطف المختبر.	اغسل المنطقة المصابة بالماء، وأخبر معلمك بذلك.
المواد السامة	مواد تسبب التسمم إذا ابتُلعت أو استُنشقت أو لمست.	الزئبق، العديد من المركبات الفلزية، اليود، النباتات السامة.	اتبع تعليمات معلمك.	اغسل يديك جيدًا بعد الانتهاء من العمل، واذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.
مواد قابلة للاشتعال	بعض الكيماويات يسهل اشتعالها باللهب، أو الشرر، أو عند تعرضها للحرارة.	الكحول، الكيروسين، الأسيتون، برمنجنات البوتاسيوم، الملابس، الشعر.	تجنب مناطق اللهب المشتعل عند استخدام هذه الكيماويات.	أبلغ معلمك فورًا، واستعمل طفاية الحريق.
اللهب المشتعل	ترك اللهب مفتوحًا يسبب الحريق.	الشعر، الملابس، الورق، المواد القابلة للإشتعال.	اربط الشعر إلى الخلف، ولا تلبس الملابس الفضفاضة، واتبع تعليمات المعلم عند إشعال اللهب أو إطفائه.	اغسل يديك جيدًا بعد الاستعمال. واذهب إلى معلمك طلبًا للإسعاف الأولي.

سلامة العين
يجب دائمًا ارتداء نظارات واقية عند العمل في المختبر.

وقاية الملابس
يظهر هذا الرمز على عبوات المواد التي يمكن أن تبقع الملابس أو تحرقها.

سلامة الحيوانات
يشير هذا الرمز للتأكيد على سلامة الحيوانات.

نشاط إشعاعي
يظهر هذا الرمز عندما تستعمل مواد مشعة.

غسل اليدين
اغسل يديك بعد كل تجربة بالماء والصابون قبل نزع النظارات الواقية.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

المخطط التنظيمي للفصل 1: الإلكترونات في الذرات Electrons in Atoms

الفصل 1

الإلكترونات في الذرات
Electrons in Atoms

الفكرة العامة لإلكترونات ذرات كل عنصر ترتيب خاص.

1-1 نظرية الكم والذرة

الفكرة الرئيسة هناك علاقة بين طيف الانبعاث الذري ومستويات الطاقة في الذرة والأفلاك الذرية.

1-2 التوزيع الإلكتروني

الفكرة الرئيسة يُحدَّد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستعمال ثلاث قواعد.

د م دون المستوى	ض م ضمن المستوى	ف م فوق المستوى	ت ت تعلم تعاوني

الزمن المقترح للتدريس - الفصل1 / الإلكترونات في الذرات (9حصص)			
البند	1-1	1-2	التقويم
عدد الحصص	5	3	1

أهداف البند	مصادر تقويم التعلم	المواد والأدوات المختبرية
1-1 نظرية الكم والذرة 1. **يقارن** بين نموذج بور والنموذج الكمي للذرة. 2. **يوضح** تأثير كلٍّ من ثنائية الطبيعة الموجية – الجسيمية لدي برولي ومبدأ الشك لهايزنبرج في النظرة الحالية للإلكترونات في الذرة. 3. **يحدد** العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الفرعية والافلاك الذرية لذرة الهيدروجين.	**متابعة التقدم** ماذا قرأت؟ ص 11، 15، 17 تقويم بنائي، ص 12، 15، 16، 17 تقويم البند، ص 19	**نشاط استهلالي** صفحة 9: صندوق مغلف. **الزمن المقدر** 10 دقيقة **عرض عملي**، ص 12 **أسلاك توصيل، مصدر تيار** 110V، **محزوز الحيود.** **عرض عملي**، ص 31
1-2 التوزيع الإلكتروني 1. **يطبق** مبدأ باولي ومبدأ أوفباو وقاعدة هوند لكتابة التوزيع الإلكتروني باستعمال طريقة رسم المربعات وطريقة الترميز الإلكتروني، وطريقة ترميز الغاز النبيل. 2. **يعرّف** إلكترونات التكافؤ، ويرسم التمثيل النقطي لإلكترونات التكافؤ في الذرة.	**متابعة التقدم** تقويم بنائي، ص 21، 23، 24، 26 ماذا قرأت؟ ص 21، 23 تقويم البند، ص 26 **التقويم الختامي** مراجعة الفصل، ص 29	عرض عملي، ص **20** **أنابيب طيف** (H_2،Ne)، **مصدر طاقة لأنبوب الطيف، شريحة محزوزة الحيود، أقلام تلوين أو طباشير.**

الفصل 1

الفكرة العامة

ترتيب الإلكترونات وخواصها

اطلب إلى الطلبة أن يذكروا رموز العناصر ذات الأعداد الذرية 17 و18 و19 وأسماءها.

(17، Cl، كلور) و(18، Ar، أرجون) و(19، K، بوتاسيوم). قارن بين الخواص الأساسية المختلفة للعناصر الثلاثة، ووضح لهم أن كل عنصر له بروتون وإلكترون زيادة على العنصر السابق له. عنصر الكلور غاز أصفر مخضر عند درجة حرارة الغرفة وهو عنصر نشيط جدًّا. أما عنصر الأرجون، فهو غاز يستخدم في المصابيح المتوهجة ولا يتفاعل أبدًا. أما عنصر البوتاسيوم فهو عنصر صلب عند درجة حرارة الغرفة ونشيط جدًا لدرجة أنه يجب أن يحفظ في الكيروسين أو الزيت لمنع تفاعله مع الأكسجين وبخار الماء في الهواء. ثم وضح لهم أيضًا أن الخواص المختلفة للعناصر الثلاثة تُعزى إلى ترتيب الإلكترونات في ذراتها.

الربط مع المعرفة السابقة

اطلب إلى الطلبة مراجعة التوزيع الإلكتروني قبل دراسة هذا الفصل.

استعمال الصورة

الأطياف اطلب إلى الطلبة أن يقارنوا بين أطياف انبعاث نجم منكب الجوزاء، ونجم رجل الجبار أو الصياد، والجزء المرئي للطيف الكهرومغناطيسي في الصورة. تحتوي أطياف انبعاث النجوم على بعض الألوان فقط، في حين يحتوي الجزء المرئي للطيف الكهرومغناطيسي على الألوان جميعها.

نشاطات تمهيدية

نشاط استهلالي

كيف تعرف ما بداخل الذرة؟

تصوّر أنه أُهدي إليك هديّة مغلّفة بمناسبة نجاحك، وهي تختلف عن سائر الهدايا الأخرى، وأنك لا تستطيع فتحها، ولكنك تستطيع أن تخمن ما بداخلها.

كذلك كان للكيميائيين الأوائل تجربة مماثلة في تحديد تركيب الذرة.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج إجراءات السلامة في المختبر.
2. احصل على صندوق مغلف من المعلم.
3. حاول أن تعرف ما بداخل الصندوق باستخدام أكبر عدد من طرائق الملاحظة، دون إزالة غلاف الصندوق أو فتحه.
4. سجل ملاحظاتك خلال عملية الاستكشاف هذه.

تحليل النتائج

1. **صف** كيف تمكنت من تحديد صفات الجسم الموجود داخل الصندوق ومنها حجمه وشكله ومكوناته.
2. **حدّد** الحواس التي استخدمتها في ملاحظاتك.
3. **ناقش** لماذا يصعب تحديد نوع الجسم الموجود داخل الصندوق دون فتحه.

استقصاء بعد قراءتك لهذا الفصل، صمّم استقصاءً آخرَ يوضح الصعوبات المرتبطة بدراسة مكونات الذرة.

المطويات منظمات الأفكار

التوزيع الإلكتروني اعمل مطوية تساعدك على تلخيص القواعد الثلاث التي تحدد ترتيب الإلكترونات في الذرة.

خطوة 1 اثنِ ورقة عند منتصفها طوليًا، على أنْ تكون الحافة الخلفية أطول من الحافة الأمامية 2 cm تقريبًا.

خطوة 2 اطوِ الورقة لتشكّل ثلاثة أجزاء متساوية.

خطوة 3 افتح الورقة على أن تعود إلى الوضع السابق، ثم قصّ الجزء الأمامي عند موضع الثني لكي تحصل على 3 أشرطة.

خطوة 4 سمِّ الأشرطة الثلاثة على النحو الآتي: مبدأ أوفباو، مبدأ باولي، قاعدة هوند.

المطويات **استخدم هذه المطوية في الدرس 2–1.** ولخص كل قاعدة تحت التبويب المناسب لها في أثناء قراءتك لهذا الدرس.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع:

www.obeikaneducation.com

9

تحليل النتائج

1. ستتفاوت الإجابات ولكنها قد تتضمن تحديد ما إذا كان الجسم في الداخل له نفس حجم الصندوق وشكله، يرفع الصندوق لتقدير وزنه، يهز الصندوق لتحسس أي حركة للجسم بداخله، ومحاولة تمييز أي روائح وسماع أي أصوات تصدر عن الصندوق.
2. سوف تشمل الإجابات السمع واللمس والرائحة.
3. تحديد نوع الجسم يعتمد بشكل رئيس على الملاحظة، على الرغم من أهمية حاستي اللمس والسمع.

استقصاء

ستتنوع الإجابات اعتمادًا على ما يختاره الطلبة للبحث.

نشاط استهلالي

الهدف سيسجل الطلبة ملاحظاتهم مستخدمين جميع حواسهم .

احتياطات السلامة اطلب إلى الطلبة الاطلاع على نموذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل.

التخلص من النفايات اطلب إلى الطلبة الاحتفاظ بالصناديق لاستعمالها في العام القادم.

استراتيجيات التدريس

- ضع في الصندوق أجسامًا بسيطة ولكنها مثيرة للتحدي.
- يمكنك أن تُعرِّف هوية الأجسام، عند انتهاء الطلبة من التجربة، وربما ترغب في ترك هوية الأجسام غامضة لتبين أن الكيميائيين غير قادرين في كثير من الأحيان على رؤية ما يبحثون عنه.

النتائج المتوقعة تكون النتائج متنوعة، وينبغي للطلبة أن يحاولوا استخدام حواس غير حاسّة البصر لتحديد الحجم النسبي، والكتلة، والشكل، وعدد الأجسام.

1-1

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسة على الطلبة.

الفكرة الرئيسة

نموذج بور للذرة

ارسم دائرة على السبورة وضع نقطة في مركزها موضحًا أن هذه إحدى طرائق تمثيل المدار الدائري للإلكترون حول نواة الذرة . ثم ارجع إلى الشكل 1–1 لتوضيح أفكار بور حول وضع الإلكترون في مستويات الطاقة في حالتي الاستقرار والإثارة. وضح للطلبة أن لذرة الهيدروجين حالات إثارة كثيرة، رغم أنها تحتوي على إلكترون واحد. ض م

1–1

الأهداف

- **تقارن** بين نموذج بور والنموذج الكمي للذرة.
- **توضح** تأثير كلٍّ من ثنائية الطبيعة الموجية – الجسيمية لِدِي برولي ومبدأ الشك لهايزنبرج في النظرة الحالية للإلكترونات في الذرة.
- **تحدد** العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الفرعية والأفلاك الذرية لذرة الهيدروجين.

مراجعة المفردات

الذرة: أصغر جزء من العنصر يحتفظ بجميع خواصه، وتتكون من الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات.

المفردات الجديدة

حالة الاستقرار
العدد الكمي
مبدأ الشك لهايزنبرج
النموذج الكمي للذرة
الفلك الذري
عدد الكم الرئيس
مستوى الطاقة الرئيس
مستوى الطاقة الفرعي

نظرية الكم والذرة

Quantum Theory and the Atom

الفكرة الرئيسة **توجد علاقة بين طيف الانبعاث الذري ومستويات الطاقة في الذرة والأفلاك الذرية.**

الربط مع الحياة تصور أنك ترتقي سلمًا، وتحاول الوقوف بين الدرجات، فإذا لم تكن قادرًا على الوقوف في الهواء فلن تنجح محاولتك. عندما تكون الذرات في مستويات الطاقة المختلفة تتصرف الإلكترونات بالطريقة نفسها التي يتصرف بها شخص يرتقي درجات السلم.

نموذج بور للذرة Bohr's Model of the Atom

مستويات الطاقة للهيدروجين اقترح بور Bohr أن لذرة الهيدروجين مستويات طاقة معينة فقط مسموح بها. وتُسمى الحالة الأقل طاقة والمسموح بها للذرة **حالة الاستقرار**. وعندما تكتسب الذرة طاقة يقال إنها في حالة الإثارة.

كما ربط بور أيضًا بين مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين والإلكترون داخلها. واقترح أن الإلكترون في ذرة الهيدروجين يتحرك حول النواة في مدارات دائرية مسموح بها فقط. وكلما صغر مدار الإلكترون قلت طاقة الذرة أو قلّ مستوى الطاقة. وبالعكس، كلما كبر مدار الإلكترون زادت طاقة الذرة أو زاد مستوى الطاقة. وبناءً على ذلك، فإن لذرة الهيدروجين حالات إثارة كثيرة، رغم أنها تحتوي على إلكترون واحد. والشكل 1–1 يوضح أفكار بور.

خصص بور لإجراء حساباته عدد n لكل مدار، وأطلق عليه اسم **العدد الكمي**. كما قام بحساب

الشكل 1-1 يوضح ذرة تحتوي على إلكترون واحد، ويوجد في حالته المستقرة في المستوى الأقل طاقة، وعندما تكون الذرة في حالة إثارة يكون الإلكترون في مستوى طاقة أعلى.

10

طرائق تدريس متنوعة

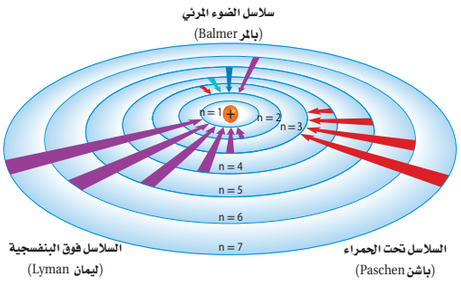
دون المستوى اعرض انتقالات الإلكترون المرتبطة مع التغيرات في مستوى الطاقة. وأخبر الطلبة أن كتابًا على الأرض يمثل إلكترونًا في المدار الأدنى للطاقة. ثم ارفعه إلى مستوى أعلى للطاقة (الكرسي). واسأل: هل استخدمت الطاقة في تحريك الكتاب؟ نعم. وماذا يحدث عندما يعود الكتاب إلى الأرض؟ تنبعث الطاقة.

وضح التشابه بين مستويات طاقة الكتاب وانتقالات الإلكترون بين مدارات الذرة، مبينًا أن الطاقة الضرورية لرفع الإلكترون إلى مدار عالي الطاقة هي الطاقة نفسها المنبعثة عندما يعود الإلكترون إلى مداره الأصلي. د م

الجدول 1-1	وصف بور لذرة الهيدروجين			
مدار بور الذري	العدد الكمي	نصف القطر المداري (nm)	مستوى الطاقة الذري المقابل	الطاقة النسبية
الأول	n= 1	0.0529	1	E_1
الثاني	n=2	0.212	2	$E_2 = 4E_1$
الثالث	n =3	0.476	3	$E_3 = 9E_1$
الرابع	n =4	0.846	4	$E_4 = 16E_1$
الخامس	n = 5	1.32	5	$E_5 = 25E_1$
السادس	n = 6	1.90	6	$E_6 = 36E_1$
السابع	n = 7	2.59	7	$E_7 = 49E_1$

أنصاف أقطار المدارات. وكان نصف قطر المدار الأول n=1 مساويًا 0.0529 nm، ونصف قطر المدار الثاني n=2 مساويًا 0.212 nm، كما استعمل بور معادلة تربط بين الطاقة النسبية لذرة الهيدروجين والأفلاك وهي: $E_n=n^2E_1$، ويلخص **الجدول 1–1** المعلومات الخاصة بوصف بور للمدارات المسموح بها ومستويات الطاقة.

طيف الهيدروجين الخطي اقترح بور أن ذرة الهيدروجين تكون في الحالة المستقرة، والمسماة أيضًا مستوى الطاقة الأول، عندما يكون الإلكترون الوحيد في مستوى الطاقة n=1. ولا تشع الذرة طاقة عند هذه الحالة. وعندما تضاف طاقة من مصدر خارجي ينتقل الإلكترون إلى مستوى طاقة أعلى مثل مستوى الطاقة n=2 الموضح في **الشكل 2–1**. ومثل هذا الانتقال للإلكترون يجعل الذرة في حالة الإثارة. وعندما تكون الذرة في حالة الإثارة يمكن أن ينتقل الإلكترون من مستوى الطاقة الأعلى إلى مستوى الطاقة الأقل. ونتيجة لهذا الانتقال، ترسل الذرة فوتونًا له طاقة تساوي الفرق بين طاقة المستويين.



الشكل 2-1 عندما ينتقل الإلكترون من مستوى الطاقة الأعلى إلى مستوى الطاقة الأقل ينطلق فوتون. وتنتج السلاسل فوق البنفسجية (ليمان)، والمرئية (بالمر)، وتحت الحمراء (باشن) عند انتقال الإلكترونات إلى مستويات $n_1 = 1$ و$n_2 = 2$ و$n_3 = 3$ على الترتيب.

2. التدريس

التعلم البصري

الجدول 1–1 اطلب إلى الطلبة أن يتفحصوا عمود الطاقة النسبية في الجدول 1–1 ويستخلصوا صيغة معادلة بور التي تربط الطاقة النسبية لذرة الهيدروجين بالأفلاك الذرية لإلكترونات بور (n). $E_n = n^2E_1$. ض م

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلبة عمل نسخة مكبرة لمدارات بور لذرة الهيدروجين (كما في الشكل 3–1) على قطعة من الورق المقوى وألصقها على لوحة إعلانات الصف. ثم اطلب إليهم أن يضعوا دبوسًا ملونًا في المدار السفلي ليمثل حالة أقل طاقة لذرة الهيدروجين . وبعد ذلك، اطلب إليهم أن يحركوا الدبوس بين المدارات المناسبة لمحاكاة الانتقالات المدارية والخطوط الطيفية الآتية في طيف الانبعاث الهيدروجيني: بنفسجي (2 ← 6) أزرق – بنفسجي (2 ← 5)، أزرق مخضر (2 ← 4)، وأحمر (2 ← 3). ض م

ماذا قرأت؟ عندما تعود الإلكترونات إلى حالتها المستقرة من حالة الإثارة تبعث الذرة فوتونًا يتناسب وفرق الطاقة بين مستويي الطاقة اللذين انتقل بينهما، ويرتبط كل تردد بلون معين.

تطوير المفهوم

إن تشبيه "محتوى الربط مع الحياة لحالات طاقة الإلكترون" بدرجات السلم مفيد لمساعدة الطلبة على فهم نموذج بور والنموذج الكمي للذرة. ولكن ذكّر الطلبة، على أي حال بأن لهذا التشابه قيودًا. واسألهم: ما الشيء الصحيح وغير الصحيح فيما يتعلق بهذا التشبيه.

الصحيح: للذرة حالات طاقة أو مستويات طاقة معينة مسموحة. وأما غير الصحيح فحالات الطاقة الذرية غير متباعدة بصورة متساوية كما هو الحال في درجات السلم

د م ض م

عرض عملي

تحذير البس نظارات السلامة، ونفذ هذا العرض من خلف حاجز الانفجارات ولا تسمح للشوك بالتلاقي. كما لا تسمح بأن يقترب الطلبة من العرض أو يلمسوا أي جزء من التجهيزات. وأدخل شوكتين في طرف قطعة كبيرة من مخلل الخيار، ثم صل الأسلاك بمصدر كهربائي مقداره 110 V بالشوكتين، ثم مرر التيار الكهربائي (بإغلاق الدائرة)، سوف تتوهج قطعة المخلل باللون الأصفر نتيجة مرور التيار الكهربائي من خلالها. اسأل الطلبة: ما الذي سبب التوهج الأصفر؟ تحتوي قطعة المخلل على ملح الطعام، إذ يعمل التيار الكهربائي على إثارة أيونات الصوديوم في قطعة المخلل مما يولد طيف الانبعاث الأصفر عندما تعود أيونات الصوديوم إلى حالات الطاقة المنخفضة. اسمح للطلبة أن يستخدموا محزوزات الحيود اليدوية لكي يتفحصوا طيف الانبعاث.

الشكل 3-1 مستويات الطاقة مشابهة لدرجات السلم. وتمثل الخطوط المرئية الأربعة عودة الإلكترون من المستويات (n) الأعلى إلى المستوى n=2. وكلما زادت قيمة n، اقتربت مستويات طاقة الذرة أكثر بعضها من بعض.

يمكنك مقارنة مستويات الطاقة الذرية للهيدروجين بدرجات السلم. حيث يمكن للشخص أن يصعد أو يهبط من درجة إلى أخرى. وكذلك حال إلكترون ذرة الهيدروجين؛ حيث يمكنه الانتقال فقط من مستوى مسموح به إلى آخر. ولذا يمكن أن تنبعث أو تُمتص كميات معينة من الطاقة تساوي فرق الطاقة بين المستويين.

يوضح **الشكل 3-1** أن مستويات الطاقة في ذرة الهيدروجين لا يبعد بعضها عن بعض مسافات متساوية، وذلك بخلاف درجات السلم. كما يوضح هذا الشكل أيضًا تنقلات الإلكترون الأربعة التي تنتج الخطوط المرئية في طيف الانبعاث الذري لذرة الهيدروجين، ويُنتج انتقال الإلكترون من مستويات الطاقة العليا إلى المستوى الثاني n=2 خطوط الهيدروجين المرئية كلها، والتي تشكل سلسلة بالمر. وكما قيست طاقة انتقال الإلكترون في المنطقة غير المرئية، مثل سلسلة ليمان (فوق البنفسجية) التي ينتقل فيها الإلكترون إلى المستوى n = 1، وكذلك سلسلة باشن (تحت الحمراء)، التي تنتج عن انتقال الإلكترون إلى المستوى n = 3.

ماذا قرأت؟ وضح لماذا ينتج سلوك الإلكترون في الذرة ألوانًا مختلفة للضوء؟

حدود نموذج بور فسّر نموذج بور خطوط الطيف المرئي للهيدروجين، إلا أنه لم يستطع تفسير طيف أي عنصر آخر، كما أنه لم يفسر السلوك الكيميائي للذرات. وعلى الرغم من أن فكرة بور عن ذرة الهيدروجين وضعت الأساس للنماذج الذرية اللاحقة،

إلا أن التجارب اللاحقة أوضحت خطأ نموذج بور بشكل أساسي؛ إذ لم تُفهم حركة الإلكترونات في الذرات بصورة تامة حتى الآن، إلا أن هناك أدلة تؤكد أن الإلكترونات لا تتحرك حول النواة في مدارات دائرية.

النموذج الكمي للذرة

The Quantum Mechanical Model of the Atom

اقتنع العلماء في منتصف 1920's أن نموذج بور للذرة غير صحيح، فوضعوا تصورات جديدة ومبتكرة تبين كيف تتوزع الإلكترونات في الذرات. ففي عام 1924م، اقترح أحد طلاب الدراسات العليا في الفيزياء – اسمه لويس دي برولي deBrooglie (1892 – 1987 م) – فكرة أدت إلى تفسير مستويات الطاقة الثابتة في نموذج بور.

الإلكترونات موجات اعتقد دي برولي أن للجسيمات المتحركة خواص موجية. وقد عرف دي برولي أنه إذا كان للإلكترون حركة موجية وكان مقيدًا بمدارات دائرية أنصاف أقطارها ثابتة، فإنه يستطيع إشعاع موجات ذات أطوال موجية وترددات وطاقات معينة فقط. وبتطوير فكرته اشتق دي برولي المعادلة الآتية:

العلاقة بين الجسيم والموجة الكهرومغناطيسية

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

- λ تمثل طول الموجة
- h ثابت بلانك
- m تمثل كتلة الجسيمات
- v تمثل السرعة

طول موجة الجسيم هي النسبة بين ثابت بلانك وناتج ضرب كتلة الجسيم في سرعته.

مبدأ هايزنبرج للشك كشف العلماء – ومنهم راذرفورد Rutherford وبور ودي برولي – خفايا الذرة بالتدريج. إلا أن الاستنتاج الذي توصل إليه عالم الفيزياء النظرية هايزنبرج Heisenberg (1901– 1976 م) أثبت آثاره العميقة في النماذج الذرية.

أوضح هايزنبرج أنه من المستحيل أن تأخذ أي قياسات لجسم ما دون التأثير فيه. تصور محاولة إيجاد موقع بالون متنقل مليء بغاز الهيليوم في غرفة مظلمة، فإذا حركت يدك تستطيع أن تحدد موقع البالون عندما تلمسه، إلا أنك عندما تلمس البالون تنقل إليه طاقة وتغير مكانه. وتستطيع أيضًا أن تحدد مكان البالون بإضاءة مصباح يدوي. وباستخدام هذه الطريقة تنعكس فوتونات الضوء من البالون وتصل إلى عينيك محدِّدةً مكان البالون.

ولأن البالون جسم كبير نسبيًا، لذا يكون تأثير انعكاس الفوتونات على موقعه صغيرًا جدًّا وغير ملاحظ. ولكن تصور محاولة تحديد مكان الإلكترون باصطدامه مع فوتون عالي الطاقة. ولأن للفوتون طاقة مماثلة لطاقة الإلكترون نفسه، لذا فإن التفاعل بين الجسمين يغير كلًّا من الطول الموجي للفوتون وموقع الإلكترون

عرض عملي

الإلكترونات شغّل مروحة الفصل بسرعة عالية قبل دخول الطلبة على ألا يروا ريشها في وضع الوقوف. وعند بدء الحصة. اطلب إليهم أن يصفوا ريش المروحة. فعندئذٍ سيكون بمقدورهم وصف طول ريش المروحة ولا شيء غير ذلك تقريبًا. وضح لهم أن العلماء واجهوا الحالة نفسها عند محاولتهم وصف الإلكترونات في الذرات. فالإلكترونات تتحرك حول النواة بسرعة عالية جدًّا وتبدو أنها تملأ حجم الذرة كاملاً، ومع ذلك فهي تشغل حيزًا صغيرًا جدًّا. ثم وضح لهم أنه نظرًا إلى كون حركة الإلكترونات سريعة، وقدرتنا على وصفها محدودة (كما هو موصوف في مبدأ هايزنبرج للشك) فنحن غير قادرين على وصف مكان الإلكترونات ووجهتها بالتزامن.

الخلفية النظرية

نموذج بور والنموذج الكمي

لكل مدار محتمل للإلكترون نصف قطر محدد، حسب نموذج بور لذرة الهيدروجين، كما يبين الجدول 1–1. أما النموذج الكمي فيتوقع فقط احتمالية العثور على الإلكترون في موقع محدد في الذرة. وتقابل أبعد مسافة محتملة لوجود الإلكترون من النواة في ذرة الهيدروجين حسب النموذج الكمي – نصف قطر المدار عند بور.

دفتر الكيمياء

غازات لها إشعاعات تحت الحمراء وفوق البنفسجية اطلب إلى الطلبة البحث عن أنواع الغازات المستخدمة لإصدار الإشعاعات الكهرومغناطيسية تحت الحمراء وفوق البنفسجية. واطلب إليهم أيضًا أن يلخصوا نتائج بحوثهم في دفاتر الكيمياء. ض م

مختبر حل المشكلات

الهدف يتعلم الطلبة إنشاء العلاقة بين الأطوال الموجية للطيف الانبعاثي وانتقالات الإلكترون بين مدارات نموذج بور الذري. وكذلك حساب طول الموجة باستخدام المعادلة:

$$\frac{1}{\lambda} = (1.09678 \times 10^{7}\ \mathrm{m^{-1}})\left(\frac{1}{n_f^{2}} - \frac{1}{n_i^{2}}\right)$$

بالإضافة إلى حساب طاقة الموجة باستخدام المعادلة:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

المهارات العملية تفسير الرسوم العلمية، استخدام الأرقام، التفكير الناقد.

استراتيجيات التدريس

- وجد بالمر سلسلته المشهورة للهيدروجين عام 1886م. بيِّن للطلبة كيف أعاقت المحددات التجريبية في ذلك الوقت قدرته على تحديد الطول الموجي للموجات الواقعة في المنطقة المرئية أو القريبة من فوق البنفسجية. أي أطوال الموجات من 250nm إلى 700nm تقريبًا، ولذا كانت خطوط بالمر جميعها تقع في تلك المنطقة.
- يمكن أن تستعرض أمثلة لحسابات أطوال الموجات مع الطلبة للتحقق من قدرتهم على القيام بالحسابات بصورة صحيحة.
- أكد للطلبة أهمية طيف امتصاص وانبعاث الهيدروجين في علم الفلك، لأن معظم الكون مكون من الهيدروجين.

التفكير الناقد

1. a. $\lambda = 6.565 \times 10^{-7}\ \mathrm{m}$
   b. $\lambda = 4.863 \times 10^{-7}\ \mathrm{m}$
   c. $\lambda = 4.342 \times 10^{-7}\ \mathrm{m}$
   d. $\lambda = 4.103 \times 10^{-7}\ \mathrm{m}$

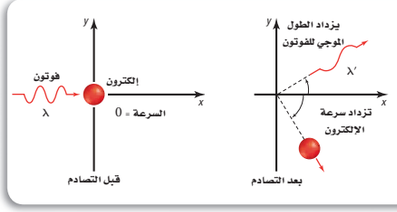
إجابة سؤال الشكل 4–1 نقلت بعض الطاقة إلى الإلكترون.

2. $n_i = 3,\ n_f = 2$، الطول الموجي المحسوب هو $6.565 \times 10^{-7}\mathrm{m}$ يطابق الطول الموجي التجريبي $6562^{\circ}\mathrm{A}$ ؛ $n_i = 4,\ n_f = 2$: الطول الموجي المحسوب $4.863 \times 10^{-7}\mathrm{m}$ يطابق الطول الموجي التجريبي $4861^{\circ}\mathrm{A}$. $n_i = 5,\ n_f = 2$، الطول الموجي المحسوب $4.342 \times 10^{-7}\mathrm{m}$ يطابق الطول الموجي التجريبي $4340^{\circ}\mathrm{A}$. $n_i = 6,\ n_f = 2$، الطول الموجي المحسوب $4.103 \times 10^{-7}\mathrm{m}$ يطابق الطول الموجي التجريبي $4101^{\circ}\mathrm{A}$

3. a. $3.027 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$
   b. $9.087 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$
   c. $4.577 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$
   d. $4.844 \times 10^{-19}\ \mathrm{J}$

الشكل 4-1 عندما يتفاعل فوتون مع إلكترون في وضع السكون تتغير كل من سرعة الإلكترون ومكانه. وهذا ما اعتمد عليه مبدأ هايزنبرج للشك. فمن المستحيل أن نعرف مكان الجسيم وسرعته في الوقت نفسه.

فسر لماذا تتغير طاقة الفوتون؟

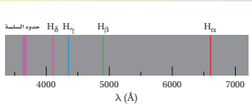


وسرعته، كما في **الشكل 4–1**. وبعبارة أخرى، ينتج عن القيام بتحديد موقع الإلكترون عدم تأكد كبير، وغير قابل للتفادي، في مكان الإلكترون وحركته. لقد أدى تحليل هايزنبرج لمثل تلك التفاعلات بين الفوتونات والإلكترونات إلى استنتاجه التاريخي، وهو **"مبدأ هايزنبرج للشك"** الذي ينص على أنه من المستحيل معرفة سرعة جسيم ومكانه في الوقت نفسه بدقة. وعلى الرغم من أن العلماء قد وجدوا مبدأ هايزنبرج في تلك الحقبة صعب القبول، إلا أنه أثبت أنه يصف الشروط الرئيسة لما يمكن ملاحظته؛ فتأثير تفاعل الفوتون والجسم الكبير – مثل البالون المليء بالهيليوم – في البالون قليل، بحيث إن الشك في موقعه أصغر من أن يقاس. ولكن هذه ليست

مختبر حل المشكلات

تفسير الرسوم العلمية

ما تنقلات الإلكترون التي تفسر سلسلة بالمر؟ يتكون طيف انبعاث الهيدروجين من ثلاث سلاسل من الخطوط. فبعض الأطوال الموجية فوق بنفسجية (سلسلة ليمان)، وبعضها الآخر تحت حمراء (سلسلة باشن)، وتشكل الأطوال الموجية المرئية سلسلة بالمر. يعزو نموذج بور الذري هذه الخطوط الطيفية إلى انتقال إلكترون من مستويات الطاقة العليا التي تكون فيها $n = n_i$ إلى مستويات الطاقة المنخفضة التي يكون فيها $n = n_f$.



التحليل

توضح الصورة على الجهة اليسرى بعض تنقلات الإلكترون في سلسلة بالمر للهيدروجين. وتُسمى هذه الخطوط H_α (6562 Å)، H_β (4861 Å)، H_γ (4340 Å)، H_δ (4101 Å)، وكل طول موجة (λ) مرتبط مع انتقال إلكترون ضمن ذرة الهيدروجين من خلال المعادلة التالية التي يمثل فيها الثابت ريدبرج $1.09678 \times 10^{7}\ \mathrm{m^{-1}}$.

$$1/\lambda = 1.09678 \times 10^{7}\left(\frac{1}{n_f^{2}} - \frac{1}{n_i^{2}}\right)\ \mathrm{m^{-1}}$$

وتحدث في سلسلة بالمر انتقالات الإلكترون من المستويات الكبرى إلى المستوى n=2، وهذا يعني أن $n_f = 2$.

التفكير الناقد

1. **احسب** الطول الموجي لانتقال الإلكترون بين المدارات:
   a. $n_i = 3;\ n_f = 2$
   b. $n_i = 4;\ n_f = 2$
   c. $n_i = 5;\ n_f = 2$
   d. $n_i = 6;\ n_f = 2$
2. **اربط** بين الطول الموجي في سلسلة بالمر، والتي حسبتها في السؤال1، والقيم المحسوبة تجريبيًّا. وهل تتوافق أطوال الموجات مع الأخذ بعين الاعتبار خطأ التجربة وعدم دقة الحسابات؟ وضّح إجابتك. واحد إنجستروم (Å) يساوي $10^{-10}\ \mathrm{m}$.
3. **طبق** معادلة $E = h\,c\,/\,\lambda$ لتحديد طاقة الكم لكل انتقال في السؤال 1.

14

الحالة مع إلكترون يتحرك بسرعة $6\times10^{6}\ m/s$ قرب النواة. فعدم التحديد في مكان الإلكترون هو على الأقل $10^{-9}m$، أيْ يساوي 10 أضعاف قطر الذرة بكاملها تقريبًا. ويعني مبدأ هايزنبرج للشك أيضًا أنه من المستحيل تحديد مسارات ثابتة للإلكترونات مثل المدارات الدائرية في نموذج بور، وأن الكمية الوحيدة التي يمكن معرفتها هي المكان الذي يحتمل أن يوجد فيه إلكترون حول النواة.

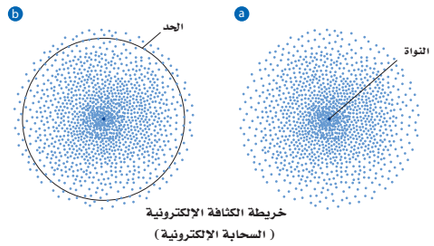
ماذا قرأت؟ **وضح** مبدأ هايزنبرج للشك.

معادلة شرودنجر الموجية في عام 1926م تابع الفيزيائي النمساوي شرودنجر (1887–1961م) Schrodinger نظرية الموجة – الجسيم التي اقترحها دي برولي، واشتق شرودنجر معادلة على اعتبار أن إلكترون ذرة الهيدروجين موجة. وظهر أن نموذج شرودنجر لذرة الهيدروجين ينطبق جيدًا على ذرات العناصر الأخرى، وهو ما فشل نموذج بور في تحقيقه. ويسمى النموذج الذري الذي يعامل الإلكترونات على أنها موجات بالنموذج الموجي للذرة أو **النموذج الكمي للذرة**. وكما هو الحال في نموذج بور، يحدد النموذج الكمي طاقة الإلكترون بقيم معينة، إلا أنه – بخلاف نموذج بور – لا يحاول وصف مسار الإلكترون حول النواة.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين نموذج بور والنموذج الكمي للذرة.

كل حل لمعادلة شرودنجر يُسمى دالة الموجة، وهي ترتبط مع احتمالية وجود الإلكترون ضمن حجم معين من الفراغ حول النواة. تذكّر من خلال دراستك للرياضيات أن حادثة ما ذات احتمالية عالية تكون أكثر قابلية للحدوث من الحادثة ذات الاحتمالية المنخفضة.

موقع الإلكترون المحتمل تتنبأ دالة الموجة بمنطقة ثلاثية الأبعاد للإلكترون حول النواة، تُسمى **الفلك الذري**، وهو يصف الموقع المحتمل لوجود إلكترون يشبه الفلك الذري سحابة تتناسب كثافتها عند نقطة معينة مع احتمال وجود الإلكترون عند تلك النقطة. ويوضح **الشكل 5a–1** خريطة الكثافة الإلكترونية (السحابة الإلكترونية) التي تصف الإلكترون في مستوى الطاقة الأدنى. تُعد خريطة الكثافة الإلكترونية أنها صورة لحظية لحركة الإلكترون حول النواة، حيث تمثل كل نقطة فيها موقع الإلكترون عند لحظة معينة



الشكل 5-1 تمثل خريطة الكثافة احتمال وجود إلكترون في موقع معين حول النواة.
a. تظهر الكثافة العالية للنقاط قرب النواة أن احتمال وجود الإلكترون قرب النواة كبير جدًا.
b. هناك احتمال نسبته90% لوجود الإلكترون ضمن المنطقة الدائرية الظاهرة عند أي لحظة. وأحيانًا يتم اعتبار هذه الحدود تمثيلاً لحدود الذرة. وفي هذا الرسم تمثل الدائرة مسقطًا ثلاثي الأبعاد لكرة تحتوي على الإلكترونات.

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلبة التوسع في الأفكار المطروحة هنا لتوقع خواص الطيف الذي يمكن أن ينبعث من ذرات مشابهة للهيدروجين، مثل Li^{2+} أو He^{+}. أو اطلب إليهم توقع ما يمكن أن يحدث لطيف الضوء المستمر إذا مر في وعاء يحتوي غاز الهيدروجين. ض م

ماذا قرأت؟ ينص مبدأ هايزنبرج على أنه لا يمكن معرفة سرعة الجسم ومكانه في الوقت نفسه على نحو دقيق.

تطبيقات الكيمياء

أشعة الليزر عندما يصطدم فوتون بذرة في حالة الإثارة يحفزها على الانتقال إلى حالة الطاقة الأقل ويرسل فوتونًا متناسقًا مع الفوتون الأول. ويعني التناسق أن للفوتون نفس الطول الموجي والطور (قمة مع قمة، قاع مع قاع). تنعكس الفوتونات في أشعة الليزر، من ذرات عديدة جيئة وذهابًا حتى تتكون حزمة صغيرة وكثيفة، يكون قطرها عادة 0.5mm .

ويمكن تنظيم الليزر الطبي لإنتاج نبضات مختلفة في الطول الموجي والكثافة والزمن. فعلى سبيل المثال، يستطيع طبيب العيون أن يعيد تشكيل القرنية بإزاحة جزء من نسيجها بواسطة نبضات 10–ns من أشعة ليزر الأرجون ذي الطول الموجي 193nm.

ولأنه يمكن تركيز حزم الليزر ضمن أقطار صغيرة، فإنه يستخدم في جراحات داخل الجسم تستطيع أن تدمر الأنسجة المستهدفة دون التأثير سلبيًّا في الأنسجة المحيطة. وبالإضافة إلى ذلك، ونظرًا إلى إمكانية تمرير أشعة الليزر من خلال الألياف البصرية يستطيع الأطباء أن يجروا عمليات في مناطق من الجسم لم يكن الوصول إليها ممكنًا. على سبيل المثال، يمكن تمرير حزمة من أشعة الليزر من خلال الألياف البصرية داخل الشرايين لتدمير الجلطات.

ماذا قرأت؟ يحدد كلا النموذجين طاقة الإلكترون بقيم معينة. وبخلاف نموذج بور، لا يقدم نموذج الكم وصفًا لمسار الإلكترون حول النواة.

ماذا قرأت؟ توجد الإلكترونات حول النواة في مواقع توصف فقط بخريطة احتمالات. ويتم اختيار حدود لاحتواء المنطقة التي يتوقع أن يوجد ضمنها الإلكترون 90% من الوقت.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قد يعتقد الطلبة أن المسافات بين مستويات طاقة ذرة الهيدروجين متساوية.

الكشف عن المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اطلب إلى الطلبة المقارنة بين مستويات طاقة ذرة الهيدروجين الموضحة في الشكل 6–1 وصفوف المقاعد. لا تكون المسافات بين مستويات طاقة ذرة هيدروجين متساوية بخلاف المسافات بين صفوف المقاعد.

اعرض المفهوم

اطلب إلى الطلبة حساب النسب E_n/E_{n-1} والمقارنة بينها بدءًا من E_2 إلى E_7:

$E_2/E_1 = 4,\ E_3/E_2 = 2.25,\ E_4/E_3 = 1.78$

$E_5/E_4 = 1.56,\ E_6/E_5 = 1.44,\ E_7/E_6 = 1.36$

تقويم المعرفة الجديدة

اطلب إلى الطلبة استخدام نسب الطاقة المحسوبة في الفقرة السابقة لعمل خرائط طاقة لمستويات الطاقة للهيدروجين. سوف تبين خرائط الطاقة اقتراب مستويات الطاقة للهيدروجين بعضها من بعض كلما ازدادت قيمة n. ض م

من الوقت. وتمثل الكثافة العالية للنقاط قرب النواة الاحتمالية العليا لوجود الإلكترون في هذا الموقع . إلا أنه – بسبب عدم وجود حدود معرّفة للسحابة – من الممكن أيضًا أن يوجد الإلكترون على مسافة أبعد من النواة.

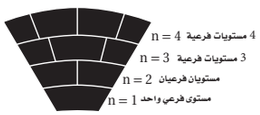
ماذا قرأت؟ **صف** أين توجد الإلكترونات في ذرة ما؟

الأفلاك الذرية للهيدروجين Hydrogen's Atomic Orbitals

لأن حدود الفلك الذري غير واضحة فليس للفلك حجم ثابت ودقيق. وللتغلب على عدم التحديد المتأصل في موقع الإلكترون يرسم الكيميائيون سطحًا للفلك يحتوي على 90% من الاحتمال الكلي لوجود الإلكترون. وهذا يعني أن احتمال وجود الإلكترون ضمن هذه الحدود هو 0.9، واحتمال وجوده خارجها هو 0.1. وبعبارة أخرى، فإن احتمال وجود الإلكترون قريبًا من النواة وضمن الحجم المعرف بالحدود أكثر من احتمال وجوده خارج ذلك الحجم. والدائرة في **الشكل 1–5b** تمثل 90% من فلك الهيدروجين الأقل طاقة.

عدد الكم الرئيس تذكر أن نموذج بور قد عيّن أعداد كم لمدارات الإلكترون. وعيّن النموذج الكمي بصورة مشابهة أربعة أعداد كم للأفلاك الذرية. يعد العدد الأول هو **عدد الكم الرئيس** (n)، ويعبر عن الحجم النسبي وطاقة الأفلاك الذرية؛ إذ كلما ازدادت قيمة n زاد حجم الفلك، لذا يحتاج الإلكترون إلى وقت أكبر بعيدًا عن النواة، فتزداد طاقة الذرة. لذا تحدد n مستويات الطاقة الرئيسة للذرة، ويُسمى كل مستوى **بمستوى الطاقة الرئيس**. وقد أُعطي مستوى الطاقة الأدنى للذرة عدد الكم الرئيس = 1. وعندما يحتل إلكترون واحد من ذرة الهيدروجين فلكًا برقم n=1 تكون الذرة في الحالة المستقرة. وقد تم تحديد 7 مستويات طاقة لذرة الهيدروجين، مما يعطي n أعدادًا من القيم تتراوح بين 1 و 7.

الشكل 1-6 يمكن التفكير في مستويات الطاقة كصفوف المقاعد في مسرح؛ إذ تحتوي الصفوف العليا الأبعد عن خشبة المسرح على مقاعد أكثر. وبشكل مماثل، تحتوي مستويات الطاقة المرتبطة مع الأفلاك الأبعد عن النواة على مستويات فرعية أكثر للطاقة.



16

مشروع الكيمياء

نماذج الذرة اطلب إلى الطلبة البحث في الأدلة التجريبية التي صاحبت تطور نماذج الذرة. واطلب إليهم أيضًا تضمين بحثهم كلًا من نماذج طومسون، وراذرفورد، وبور، والنموذج الكمي. ض م

مستويات الطاقة الفرعية تحتوي مستويات الطاقة الرئيسة على **مستويات فرعية**. ويتألف مستوى الطاقة الرئيس 1 من مستوى فرعي واحد، ومستوى الطاقة الرئيس 2 من مستويين فرعيين للطاقة، ومستوى الطاقة الرئيس 3 من ثلاثة مستويات فرعية، وهكذا. ولمعرفة العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الفرعية بطريقة أفضل، تصور المقاعد في جزءٍ إسفيني الشكل من مسرح، كما في **الشكل 6–1**. فكلما ابتعدت عن خشبة المسرح تصبح الصفوف أعلى، وتحتوي على مقاعد أكثر. وكذلك يتزايد عدد المستويات الفرعية للطاقة في مستواها الرئيس عندما تزداد قيمة n.

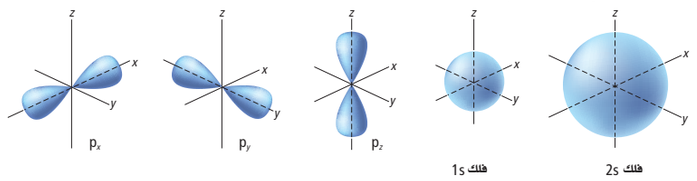
ماذا قرأت؟ **وضح** العلاقة بين مستويات الطاقة الرئيسة والمستويات الفرعية.

أشكال الأفلاك تسمى المستويات الفرعية s، p، d، f حسب أشكال أفلاك الذرة. فأفلاك s جميعها كروية الشكل، والأفلاك p جميعها تتكون من فصين، أما أفلاك d و f فليس لها الشكل نفسه. ويحتوي كل فلك على إلكترونين كحد أعلى. ويكون شكل المستوى الفرعي الوحيد في مستوى الطاقة الرئيس الأول كرويًّا ويُسمى فلك 1s. ويطلق على المستويين الفرعيين في مستوى الطاقة الرئيس الثاني، 2s و 2p. والفلك 2s كروي الشكل مثل الفلك 1s ولكنه أكبر حجمًا، كما في **الشكل 7a–1**.

ويُمثّل المستوى الفرعي 2p بثلاثة أفلاك يتكون كل منها من فصين، تُسمى: $2p_x$ و$2p_y$ و$2p_z$. وتعبِّر الأحرف x و y و z عن اتجاهات المستويات الفرعية p على المحاور x، و y، وz، كما في **الشكل 7b–1**.

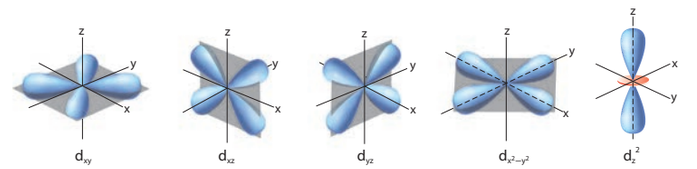
ماذا قرأت؟ **صف** أشكال الفلكين s و p.

الشكل 7-1 يحتوي كل مستوى فرعي على أفلاك بأشكال مختلفة.



a. أفلاك s جميعها كروية وتزداد أحجامها مع ازدياد العدد الكمي الرئيس.

b. لأفلاك p الثلاثة أشكال فصية موجهة نحو المحاور الثلاثة x،y،z.



c. أربعة من أفلاك d لها الشكل نفسه، ولكنها تقع في اتجاهات مختلفة، أما فلك d_{z^2} فله شكله الفريد.

دفتر الكيمياء

أشكال الأفلاك اطلب إلى الطلبة رسم أشكال أفلاك الهيدروجين 3s و3p و3d وزواياها، وتسمية هذه الرسوم، في دفاتر الكيمياء. ض م

ماذا قرأت؟ يزداد عدد المستويات الفرعية للطاقة في مستوى رئيس للطاقة كلما ازدادت قيمة n.

إثراء

المستويات الفرعية قد يعتقد الطلبة أن الحروف s,p,d,f، التي تمثل المستويات الفرعية عشوائية وربما غامضة. لذا وضح لهم أن الحروف قد اشتقت من أوصاف خطوط الطيف، وهي:

(d–diffused), (f–fundamental). (p –principal), (s–sharp)

تطوير المفهوم

أفلاك الهيدروجين أشر إلى أن الأفلاك 1s,2s,3s لذرة الهيدروجين تبين أين يوجد الإلكترون على الأغلب.

وأشر إلى أن الفلك 1s له حد أعلى بالقرب من النواة. ويمثل هذا الحد منطقة كثافة إلكترونية عالية. وللفلك 2s منطقتا كثافة إلكترونية، حيث تكون كثافة الإلكترون أعلى في المنطقة الأكثر بعدًا عن النواة.

وتنفصل المنطقتان بعقدة كروية يكون فيها احتمال وجود الإلكترون يساوي صفرًا. وللمدار 3s ثلاث مناطق كثافة إلكترونية وعقدتين. وكما هو الحال مع مدار 2s، تكون المنطقة ذات الكثافة الإلكترونية العالية هي الأبعد عن النواة.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة بيان مستويي الطاقة اللذين يجب أن ينتقل بينهما الإلكترون لإنتاج اللون البنفسجي في طيف الهيدروجين. $n=6 \leftarrow n=2$ ض م

ماذا قرأت؟ أفلاك s كروية، وأمّا أفلاك p الثلاثة فلها أشكال فصية موجهة نحو المحاور x، y، z.

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة إيضاح سبب احتواء مستويات الطاقة العليا على مستويات فرعية مرتبطة مع عدد إلكترونات أكبر من مستويات الطاقة الأقل. تكون مستويات الطاقة العليا كبيرة، لذا من الطبيعي أن تحتوي على مدارات أكثر من مستويات الطاقة الأقل ذات الحجم الأصغر. ولذا فمن المعقول أن توجد الإلكترونات الأكثر في العدد الأكبر من الأفلاك المرتبطة مع مستويات الطاقة العليا. ض م

إعادة التدريس

وضح أن موضع الإلكترون وسرعته ضمن الفلك الذري غير معروفين. ض م

التوسع

يمكن وصف كل إلكترون في الذرة عن طريق أربعة أعداد كمية بحسب نظرية الكم، ثلاثة منها (n, l, m) متعلقة باحتمال وجود الإلكترون في الفراغ. وأما القيمة الرابعة m_s فتتعلق باتجاه دوران الإلكترون – سواء في اتجاه عقارب الساعة أو في عكس اتجاه عقارب الساعة. ويحدد رقم الكم الرئيس n مستوى الطاقة الرئيس المرتبط مع الإلكترون. كما يحدد المستوى الفرعي للطاقة بعدد الكم l، الذي يصف شكل المنطقة من الفراغ التي يتحرك فيها الإلكترون. في حين يحدد m اتجاه المدار في الفراغ الذي يحتوي الإلكترون. وأما m_s فيحدد اتجاه دوران الإلكترون. ف م

الجدول 2-1 مستويات الطاقة الأربعة الأولى للهيدروجين

عدد الكم الرئيس (n)	المستويات الفرعية (أنواع الأفلاك) الموجودة	عدد الأفلاك في المستويات الفرعية	مجموع الأفلاك في مستوى الطاقة الرئيس (n^2)	مجموع عدد الإلكترونات في مستوى الطاقة الرئيس ($2n^2$)
1	s	1	1	2
2	s p	1 3	4	8
3	s p d	1 3 5	9	18
4	s p d f	1 3 5 7	16	32

يحتوي مستوى الطاقة الرئيس الثالث على ثلاثة مستويات فرعية هي: 3s، 3p، 3d، حيث يحتوي كل مستوى فرعي d خمسة أفلاك ذات طاقة متساوية، أربعة من أفلاك d لها أشكال متشابهة ولكن اتجاهاتها مختلفة حول المحاور x ، y ، z، إلا أن الفلك الخامس d_{z^2} له شكل واتجاه يختلفان عن الأفلاك الأربعة السابقة. وأشكال أفلاك d واتجاهاتها موضحة في **الشكل 1-7c**. يحتوي مستوى الطاقة الرابع (n=4) على مستوى فرعي رابع يُسمى المستوى الفرعي 4f، وهو يحتوي 7 أفلاك ذات طاقة متساوية. وللأفلاك f أشكال معقدة متعددة الفصوص.

يلخص **الجدول 2-1** مستويات الطاقة الرئيسة الأربعة للهيدروجين، والمستويات الفرعية والأفلاك الذرية المرتبطة معها. لاحظ أن عدد الأفلاك في كل مستوى فرعي دائمًا عدد فردي، وأن أكبر عدد للأفلاك في كل مستوى طاقة رئيس يساوي n^2.

ويمكن أن يشغل إلكترون ذرة الهيدروجين في أي وقت فلَكًا واحدًا فقط. وتستطيع أن تعتبر الأفلاك الأخرى مساحات شاغرة، أيّ متوافرة، يمكن أن يشغلها الإلكترون إذا زادت طاقة الذرة أو انخفضت. فعلى سبيل المثال، عندما تكون ذرة الهيدروجين في الحالة المستقرة يحتل الإلكترون فلك 1s، فإذا اكتسبت الذرة كمية من الطاقة انتقل الإلكترون إلى أحد الأفلاك الشاغرة. ويمكن للإلكترون اعتمادًا على كمية الطاقة المكتسبة أن ينتقل إلى فلك 2s، أو إلى أحد الأفلاك الثلاثة 2p، أو إلى أي فلك شاغر آخر.

18

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى اختر عناصر عدة ليدرسها الطلبة. واطلب إليهم أن يعدوا بطاقات تضم اسم العنصر على أحد جانبيها، ورمزه على الجانب الآخر. وخصص جزءًا من الحصة ليختبر الطلبة بعضهم بعضًا باستعمال هذه البطاقات. د م

التقويم 1-1

الخلاصة

- يفسر نموذج بور طيف انبعاث الهيدروجين إلى انتقال الإلكترونات من مدارات ذات طاقة عالية إلى مدارات ذات طاقة منخفضة.
- تربط معادلة دي برولي طول موجة الجُسيم مع كتلته وسرعته وثابت بلانك.
- يفترض النموذج الكمي للذرة أن للإلكترونات خواص الموجات.
- تشغل الإلكترونات مناطق ثلاثية الأبعاد في الفراغ تُسمى الأفلاك الذرية.

1. **الفكرة الرئيسة** **فسّر**، لماذا يحتوي طيف الانبعاث الذري على ترددات معينة للضوء، حسب نموذج بور الذري؟
2. **عدّد** المستويات الفرعية الموجودة في مستويات الطاقة الرئيسة الأربعة لذرة الهيدروجين.
3. **حدّد** الأفلاك الذرية في كل مستوى فرعي s، وفي كل مستوى فرعي p لمستويات الطاقة الرئيسة الأربعة لذرة الهيدروجين.
4. **فسر** لماذا يكون موقع الإلكترون في ذرة غير محدد باستخدام مبدأ هايزنبرج للشك؟ وكيف يُعرف موقع الإلكترونات في الذرات؟
5. **احسب** مستعينًا بالمعلومات في **الجدول 1–1**، كم مرة يساوي نصفُ قطر مدار ذرة الهيدروجين السابع بالنسبة إلى نصف قطر مدارها الأول، بحسب نظرية بور؟
6. **قارن** بين نموذج بور والنموذج الكمي للذرة.

التقويم 1-1

1. بما أن الطاقات الذرية محددة، لذا تنبعث ترددات معينة فقط من الإشعاع من الذرة.
2. مستوى الطاقة الأول s، مستوى الطاقة الثاني s وp، مستوى الطاقة الثالث s وp وd؛ مستوى الطاقة الرابع s وp وd وf.
3. كل مستوى من s يحتوي فلكًا كرويًّا (s). وكل مستوى فرعي من p يحتوي ثلاثة أفلاك (p_x, p_y, p_z).
4. للإلكترون خواص جسيمية – موجية وليس له موقع محدد في الفراغ. وينص مبدأ هايزنبرج على أنه من المستحيل أن نعرف بدقة كلًّا من السرعة وموقع الجسيم في الوقت نفسه.
5. n=7 نصف القطر 2.59 nm؛ n=1 نصف القطر 0.0529 nm

   2.59 ÷ 0.0529 = 49.0 مرة أكبر
6. نموذج بور: الإلكترون جسيم؛ لذرة الهيدروجين مستويات طاقة معينة مسموح بها. النموذج الكمي، للإلكترون خواص موجية – جسيمية ؛ طاقة الإلكترون محدودة بقيم معينة، لا يفترض النموذج الكمي أي افتراضات بخصوص مسار الإلكترون حول النواة.

1-2

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسة على الطلبة.

الفكرة الرئيسة

تَعَلم تسلسل أوفباو

ارسم مخطط المستويات الفرعية على السبورة، وضع رمز كل مستوى فرعي، وارسم الأسهم القطرية التي تعكس سلسلة أوفباو. ثم اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا سلسلة المستويات الفرعية بتتبع الأسهم تسلسليًّا من أعلى إلى أسفل. 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p، مبينًا لهم أنه يمكنهم بناء مثل هذا الرسم للمستويات الفرعية واستخدامه عندما يحتاجون إلى اتباع سلسلة أوفباو لتحديد كيفية ترتيب الإلكترونات في الذرة. ض م

2. التدريس

استخدم المفردات العلمية

مبدأ أوفباو وضح أن الاسم أوفباو مشتق من الألمانية أوفباون والتي تعني يهيئ أو يرتب . ض م

عرض توضيحي

طيف الانبعاث

الهدف توضح العلاقة بين التركيب الإلكتروني للذَّافلزات وطيف انبعاثها.

المواد والأدوات

أنابيب طيف (Ne, H_2)؛ مصدر طاقة لأنبوب طيف؛ شريحة محزوزة الحيود، أقلام تلوين أو طباشير.

احتياطات السلامة

توخّ الحذر بالقرب من مصدر الطاقة العالي الفولتية لأنابيب الطيف، وتوخ الحذر أيضًا عند استعمال أنابيب الطيف؛ لأن حرارتها ترتفع.

خطوات العمل

ألصق شريحة محزوزة الحيود على بطاقة عنوان بقياس 3×5 cm ،

واطلب إلى الطلبة أن يشاهدوا الطيف المنبعث من الأضواء في الصف. وعتم الغرفة بعد ذلك، واطلب إليهم أن يشاهدوا ذرات النيون المثارة في أنابيب طيف النيون المزودة بالطاقة. استخدم أقلام التلوين لتسجيل الطيف المنبعث من النيون كما يرونه من خلال شريحة محزوزة الحيود. وذكّر الطلبة أن النيون يحتوي على 10 إلكترونات. وكرر الخطوات السابقة باستخدام أنبوب طيف الهيدروجين، ولأن للهيدروجين إلكترونًا واحدًا، اطلب إليهم أن يتوقعوا ما إذا كان هناك خطوط أقل أو أكثر في طيف الهيدروجين.

النتائج

يحتوي طيف النيون الأحمر البرتقالي على بعض الخطوط الخضراء. وعادة ما تكون 3 خطوط هيدروجين من أربعة مرئية.

الأهداف

- **تطبق** مبدأ باولي ومبدأ أوفباو وقاعدة هوند لكتابة التوزيع الإلكتروني باستخدام طريقة رسم المربعات، وطريقة الترميز الإلكتروني، وطريقة ترميز الغاز النبيل.
- **تعرف** إلكترونات التكافؤ، وترسم التمثيل النقطي لإلكترونات التكافؤ في الذرة.

مراجعة المفردات

الإلكترون: جُسيم سالب الشحنة يتحرك بسرعة، ذو كتلة صغيرة جدًّا، موجود في كل أشكال المادة، ويتحرك في الفراغ المحيط بنواة الذرة.

المفردات الجديدة

التوزيع الإلكتروني
مبدأ أوفباو
مبدأ باولي
قاعدة هوند
إلكترونات التكافؤ
التمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس)

التوزيع الإلكتروني

Electron Configuration

الفكرة الرئيسة يُحدَّد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستعمال ثلاث قواعد.

الربط مع الحياة عندما يصعد الطلبة إلى الحافلة يجلس كل منهم في مقعد وحده حتى تُشغَل المقاعد كلها، ثم يأتي آخرون فيشاركونهم الجلوس عليها. وكذلك الإلكترونات تملأ الأفلاك الذرية بالطريقة نفسها.

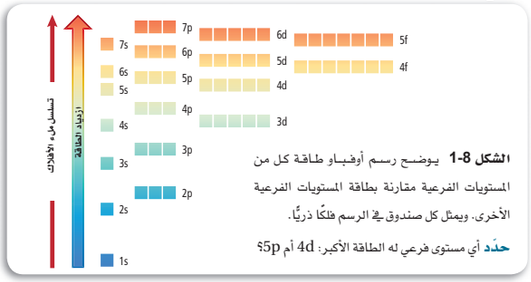
التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة

Ground –State Electron Configuration

عندما تفكر أن ذرات العناصر الثقيلة تحتوي على أكثر من 100 إلكترون تصبح فكرة ترتيب الإلكترونات في الذرة مع هذا العدد الكبير منها أمرًا صعبًا. ولحسن الحظ يمكن وصف الذرات جميعها بأفلاك مشابهة لأفلاك الهيدروجين. ومن شأن ذلك السماح لنا بترتيب الإلكترونات في الذرة باستخدام قواعد قليلة محددة.

يُسمى ترتيب الإلكترونات في الذرة **التوزيع الإلكتروني**. ولأن الأنظمة ذات الطاقة المنخفضة أكثر استقرارًا من الأنظمة ذات الطاقة العالية، تميل الإلكترونات في الذرة إلى اتخاذ ترتيب يُعطي الذرة أقل طاقة ممكنة. ويسمى ترتيب الإلكترونات في الوضع الأقل طاقة والأكثر ثباتًا بالتوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للعنصر. وتحكم المبادئ أو القواعد – مبدأ أوفباو ومبدأ باولي وقاعدة هوند – كيفية ترتيب الإلكترونات في أفلاك الذرة.

مبدأ أوفباو ينص **مبدأ أوفباو** على أن كل إلكترون يشغل الفلك الأقل طاقة المتوافر. لذا تكون خطواتك الأولى في تحديد التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة هي معرفة ترتيب الأفلاك الذرية من الطاقة الأقل إلى الطاقة الأعلى. ويعرف هذا التسلسل برسم أوفباو، وهو موضح في **الشكل 8–1**، حيث يمثل كل صندوق في الشكل فلكًا ذريًّا.



الشكل 8-1 يوضح رسم أوفباو طاقة كل من المستويات الفرعية مقارنة بطاقة المستويات الفرعية الأخرى. ويمثل كل صندوق في الرسم فلكًا ذريًّا.

حدّد أي مستوى فرعي له الطاقة الأكبر: 4d أم 5p؟

إجابة سؤال الشكل 8–1 5p

الجدول 3-1 خواص رسم أوفباو

الخاصية	مثال
طاقة الأفلاك في مستوى الطاقة الفرعي تكون جميعها متساوية.	الأفلاك الثلاثة في المستوى الفرعي 2p جميعها متساوية الطاقة.
في الذرة المتعددة الإلكترونات تكون طاقة المستويات الفرعية المختلفة ضمن مستوى الطاقة الرئيس الواحد مختلفة.	طاقة الأفلاك الثلاثة في المستوى 2p أعلى من الفلك 2s.
تسلسل زيادة طاقة المستويات الفرعية ضمن مستوى الطاقة الرئيس الواحد هو s ،p ،d ،f.	فإذا كان n =4 فسيكون التسلسل لمستويات الطاقة الفرعية 4s, 4p, 4d, 4f.
تستطيع الأفلاك في مستويات الطاقة الفرعية لمستوى رئيس أن تتداخل مع الأفلاك في مستويات الطاقة الفرعية ضمن مستوى رئيس آخر.	تكون طاقة الفلك في المستوى الفرعي 4s أقل من طاقة الأفلاك الخمسة في المستوى الفرعي 3d.

الجدول 3-1 يلخص عدة خواص لرسم أوفباو. وعلى الرغم من أن مبدأ أوفباو يصف التسلسل الذي تمتلئ فيه الأفلاك بالإلكترونات.

مبدأ باولي يمكن تمثيل الإلكترونات في الأفلاك باستخدام الأسهم في المربعات. ولكل إلكترون اتجاه دوران مرتبط به، مشابه للطريقة التي يدور بها المخروط الدوّار على رأسه. وكما هو الحال في الدوّارة يستطيع الإلكترون الدوران في أحد اتجاهين، حيث يمثل السهم المتجه إلى أعلى ↑ دوران الإلكترون في اتجاه معين، ويمثل السهم المتجه إلى أسفل ↓ دوران الإلكترون في الاتجاه المعاكس. ويمثل المربع الفارغ □ فلكًا شاغرًا، كما يمثل المربع الذي يحتوي على سهم واحد يتجه إلى أعلى ↑ فلكًا بإلكترون واحد، ويمثل المربع الذي يحتوي على سهمين أحدهما يتجه إلى أعلى والآخر إلى أسفل ↑↓ فلكًا ممتلئًا.

وينص **مبدأ باولي** على أن عدد إلكترونات الفلك الذري الواحد لا يزيد على إلكترونين فقط إذا كان الإلكترونان يدوران في اتجاهين متعاكسين. واقترح الفيزيائي النمساوي باولي Pauli (1900 –1958 م) هذا المبدأ بعد ملاحظة الذرات في حالات الإثارة. ويُمثَّل الفلك الذري الذي يحتوي على زوج من الإلكترونات ذات الدوران المتعاكس بـ ↑↓ . ولأن كل فلك لا يستطيع احتواء أكثر من إلكترونين، لذا يكون الحد الأعلى للإلكترونات المرتبطة مع كل مستوى طاقة رئيس مساويًا $2n^2$.

قاعدة هوند إن حقيقة تنافر الإلكترونات المشحونة بشحنة سالبة لها تأثير كبير في توزيع الإلكترونات في أفلاك متساوية الطاقة. وتنص **قاعدة هوند Hund's** على أن الإلكترونات المفردة المتشابهة في اتجاه الدوران يجب أن تشغل الأفلاك المتساوية الطاقة قبل أن تشغل الإلكترونات الإضافية في اتجاه دوران معاكس الأفلاك نفسها. تملأ أفلاك 2p الثلاثة بإلكترونات مفردة، ثم تحدث عملية الازدواج. ويوضح الشكل الآتي تسلسل دخول الإلكترونات في أفلاك 2p.

1. ↑□□ 2. ↑↑□ 3. ↑↑↑
4. ↑↓↑ 5. ↑↓↑ 6. ↑↓↑↓

ماذا قرأت؟ **اذكر** نص المبادئ الثلاثة التي تحكم كيفية ترتيب الإلكترونات في الذرات.

المفردات

أصل الكلمة

"**أوفباو Aufbau**" من الكلمة الألمانية aufbauen، والتي تعني يبني أو يرتب.

المطويات

أضف معلومات من هذا الجزء إلى مطويتك.

21

التحليل

1. اكتب التوزيع الإلكتروني للنيون والهيدروجين
Ne: $1s^2 2s^2 2p^6$, H: $1s^1$

2. ما شكل النيون في الحالة المثارة؟ يكون غاز النيون في حالة الاستقرار شفافًا عديم اللون. أما في الحالة المثارة فيكون لونه أحمر– برتقاليًّا.

3. أي الطيفين يحتوي خطوطًا أكثر: الهيدروجين أم النيون؟ ولماذا؟ للنيون خطوط أكثر من الهيدروجين؛ لأن إلكتروناته العشرة لها عدد أكبر من تنقلات الطاقة الممكنة.

ماذا قرأت؟ ينص مبدأ أوفباو على أن كل إلكترون يشغل مستوى الطاقة الأدنى المتوافر. وينص مبدأ باولي على أنه يمكن أن يشغل إلكترونان، على الأكثر فلكًا ذريًّا واحدًا. وينص مبدأ هوند على أن الإلكترونات التي لها اتجاه الدوران نفسه تملأ الأفلاك المتساوية الطاقة أولاً، ثم تُضاف الإلكترونات الأخرى التي يكون اتجاه دورانها معاكسًا.

بناء نموذج

استخدم هذا النشاط لمساعدة الطلبة على فهم كيف ترتبط مدارات ذرة النيون وما بعدها من الذرات، مع مستويي الطاقة الأكثر انخفاضًا. واطلب إليهم العمل في مجموعات لبناء نموذج يوضح الأفلاك الذرية لذرة النيون. واطلب إليهم استخدام نماذج بولستيرين (ستايروفوم) في مدارات النيون $1s, 2p_x, 2p_y, 2p_z$، وقضبان معدنية في ربط نماذج المدارات. واطلب إليهم أيضًا استخدام مادة خام شفافة مثل الشبكة لتمثيل الفلك 2s. ثم اطلب إلى كل مجموعة أن تعرض نموذجها على الصف. وتأكد من الإشارة أن الفلك الذري الفعلي ليس له حدود معرَّفة كما هو الحال في النموذج.

ض م ت ت

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلبة مشاهدة أنبوب الطيف المتوهج لعنصر آخر مثل الزئبق. واطلب إليهم أيضًا أن يتوقعوا ما إذا كان طيف Hg يحتوي خطوطًا أكثر من النيون والهيدروجين لاحتوائه على 80 إلكترونًا.

لا، Hg له خطوط أقل في الطيف المرئي. وعلى أي حال، هناك خطوط إضافية عدة للزئبق في طيف الأشعة فوق الحمراء وتحت البنفسجية. ض م

إجابة سؤال الشكل 1–9 10

التعلم البصري

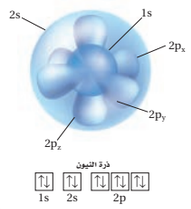
الجدول 4–1 اطلب إلى الطلبة كتابة ترميز التوزيع الإلكتروني الذي يُظهر عدد إلكترونات ذرة الفوسفور المتعلقة بالمستوى الفرعي 3p. $3p_x^1\ 3p_y^1\ 3p_z^1$ والمستويات الفرعية للكلور 3s و3p $3s^2\ 3p_x^2\ 3p_y^2\ 3p_z^1$ **ض م**

تطوير المفهوم

قاعدة هوند اطلب إلى الطلبة أن يفكروا في التشابه بين قاعدة هوند والسلوك غير المرغوب عند الصعود إلى حافلة خالية. يميل الركاب عادة إلى الجلوس في صفوف متفرقة حتى يشغلوا المقاعد كلها، وعندما لا يعود هناك أي مقاعد خالية يبدأ الركاب في الجلوس كل اثنين في مقعد واحد. والحالة هي نفسها بالنسبة للإلكترونات؛ إذ تشغل هذه الإلكترونات الأفلاك المتعلقة بالمستوى الفرعي فرادى، ثم تبدأ بتشكيل أزواج من الإلكترونات. وتسمى قاعدة هوند مبدأ حافلة الكيمياء **د م ض م**

الشكل 9-1 تداخل أفلاك 1s ، 2s، 2p لذرة النيون.

حدد كم إلكترونًا في ذرة النيون؟



التوزيع الإلكتروني Electron Arrangement

تستطيع أن تمثل التوزيع الإلكتروني للذرة بإحدى الطرائق الآتية: رسم مربعات الأفلاك أو الترميز الإلكتروني، أو ترميز الغاز النبيل.

رسم مربعات الأفلاك يمكن التعبير عن الإلكترونات في الأفلاك بأسهم في المربعات. إذ يُعَنوَن كل مربع بعدد الكم الرئيس والمستوى الفرعي للفلك. فعلى سبيل المثال، رسم أفلاك ذرة الكربون في الحالة المستقرة التي تحتوي على إلكترونين في فلك 1s؛ وإلكترونين في فلك 2s، وإلكترون واحد في فلكين من أفلاك 2p الثلاثة، كما هو موضح:

الترميز الإلكتروني يعبر الترميز الإلكتروني عن مستوى الطاقة الرئيس والمستويات الفرعية المرتبطة مع كل فلك في الذرة، ويتضمن أسًّا يمثل عدد الإلكترونات في الفلك. فيكتب التوزيع الإلكتروني لذرة الكربون في الحالة المستقرة على الصورة $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$.

ويوضح **الشكل 9–1** كيفية تداخل أفلاك $1s\ 2s\ 2p_x\ 2p_y\ 2p_z$ لذرة النيون.

ويبين **الجدول 4–1** رسم مربعات الأفلاك والترميز الإلكتروني للعناصر في الدورتين الأولى والثانية من الجدول الدوري للعناصر.

الجدول 4-1 الترميز الإلكتروني ورسم مربعات الأفلاك للعناصر من 1 إلى 10

العنصر / رمزه	العدد الذري	رسم مربعات الأفلاك	الترميز الإلكتروني
الهيدروجين H	1	↑	$1s^1$
الهيليوم He	2	↑↓	$1s^2$
الليثيوم Li	3	↑↓ ↑	$1s^2\ 2s^1$
البيريليوم Be	4	↑↓ ↑↓	$1s^2\ 2s^2$
البورون B	5	↑↓ ↑↓ ↑ ☐ ☐	$1s^2\ 2s^2\ 2p^1$
الكربون C	6	↑↓ ↑↓ ↑ ↑ ☐	$1s^2\ 2s^2\ 2p^2$
النيتروجين N	7	↑↓ ↑↓ ↑ ↑ ↑	$1s^2\ 2s^2\ 2p^3$
الأكسجين O	8	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑ ↑	$1s^2\ 2s^2\ 2p^4$
الفلور F	9	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑	$1s^2\ 2s^2\ 2p^5$
النيون Ne	10	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6$

22

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى ابحث عن طرائق لتشجيع الطلبة ومساعدتهم على أن يتعلموا ترميز التوزيع الإلكتروني. ومن هذه الطرائق قيام كل منهم برسم مبدأ أوفباو على أحد جوانب بطاقة 6×4 أو 7×5، ورسم المستوى الفرعي على الجانب الآخر. لذا عزّز ثقة الطلبة بحثّهم على استخدام البطاقات وهم يمارسون ترميز التوزيع الإلكتروني للعناصر المختلفة. **د م**

وتحتل إلكترونات الصوديوم العشرة الأولى الأفلاك 1s 2s 2p، ويدخل الإلكترون الحادي عشر الفلك 3s اعتمادًا على مبدأ أوفباو. لذا يكون الترميز الإلكتروني ورسم مربعات الأفلاك للصوديوم على النحو الآتي:

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

ترميز الغاز النبيل (الطريقة المختصرة) طريقة لتمثيل التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة الموجودة في العمود الأخير من الجدول الدوري، ويحتوي مدارها الأخير (ما عدا الهيليوم) على ثمانية إلكترونات، وهي عادة مستقرة. وتستخدم الأقواس المربعة في ترميز الغاز النبيل.

فعلى سبيل المثال، [He] يمثل التوزيع الإلكتروني للهيليوم $1s^2$، و [Ne] يمثل التوزيع الإلكتروني للنيون $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$. قارن بين التوزيع الإلكتروني للنيون والصوديوم أعلاه. ولاحظ أن التوزيع الإلكتروني للمستويات الداخلية للصوديوم مماثل للتوزيع الإلكتروني للنيون. ويمكن أن تختصر التوزيع الإلكتروني للصوديوم باستعمال ترميز الغاز النبيل على النحو الآتي $3s^1$ [Ne]. ويوضح **الجدول 5–1** التوزيع الإلكتروني لعناصر الدورة الثالثة بطريقتي الترميز الإلكتروني، وترميز الغاز النبيل.

ماذا قرأت؟ **وضح** كيف يُكتب ترميز الغاز النبيل لعنصر ما. وما ترميز الغاز النبيل للكالسيوم؟

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع

الدورة

الاستعمال العلمي: صف أفقي للعناصر في الجدول الدوري للعناصر.

هناك سبع دورات في الجدول الدوري للعناصر.

الاستعمال الشائع: فترة من الوقت محددة بواسطة ظاهرة متكررة.

ففترة دوران الأرض هي سنة واحدة.

الجدول 5-1 التوزيع الإلكتروني للعناصر من 11 إلى 18

العنصر/رمزه	العدد الذري	طريقة الترميز الإلكتروني	طريقة ترميز الغاز النبيل (الطريقة المختصرة)
الصوديوم Na	11	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$	[Ne] $3s^1$
الماغنيسيوم Mg	12	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$	[Ne] $3s^2$
الألومنيوم Al	13	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$	[Ne] $3s^2\ 3p^1$
السيليكون Si	14	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^2$	[Ne] $3s^2\ 3p^2$
الفوسفور P	15	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^3$	[Ne] $3s^2\ 3p^3$
الكبريت S	16	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^4$	[Ne] $3s^2\ 3p^4$
الكلور Cl	17	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^5$	[Ne] $3s^2\ 3p^5$
الأرجون Ar	18	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$	[Ne] $3s^2\ 3p^6$

23

التقـــويـــم

المعرفة اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا التوزيع الإلكتروني لذرات عناصر الدورة الثالثة في الجدول الدوري جميعها. ويكوّنوا جدولاً يحتوي الأفلاك والتمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس). ض م

الخلفية النظرية

استثناءات أخرى للتوزيع المتوقع

تصبح استثناءات التوزيع المتوقع في حالة الاستقرار أكثر عددًا بين عناصر الدورات 5 و6 الانتقالية. دورة 5: للنيوبيوم $5s^1\ 4d^4$ [Kr]، وللموليبدنيوم $5s^1\ 4d^5$ [Kr]، وللروثينيوم $5s^1\ 4d^7$ [Kr]؛ وللروديوم $5s^1\ 4d^8$ [Kr]، والبالاديوم $4d^{10}$ [Kr]، وللفضة $5s^1\ 4d^{10}$ [Kr].

أما الدورة 6: فاللانثانيوم $6s^2 4f^0 5d^1$ [Xe]. والبلاتين $6s^1\ 4f^{14}\ 5d^9$ [Xe]، والذهب $6s^1\ 4f^{14}\ 5d^{10}$ [Xe]

ماذا قرأت؟ يتم استخدام الأقواس المربعة عند كتابة الترميز لتدل على توزيع إلكتروني مستقر لعنصر نبيل، ثم استكمال بقية التوزيع الإلكتروني لذرة العنصر؛ Ca: [Ar] $4s^2$

التنـوع الثقافي

تطور الألعاب النارية وضح أن الصينيين هم أول من استخدموا الألعاب النارية وذلك في القرن الثاني قبل الميلاد تقريبًا. وبعد اختراع مسحوق المتفجرات الأسود (جنج بو) طوّر الصينيون البودرة السوداء (مفرقعات المسحوق الأسود النارية) والتي تولد انفجارات عالية الصوت. ويعتقد أغلب العلماء أن الصينيين استخدموا هذه المفرقعات لتخويف الأرواح الشريرة والاحتفال بالأعراس والمواليد والانتصارات وخسوف القمر. ولقد أصبحت الألعاب النارية ملونة وأكثر تشويقًا في ثلاثينيات القرن الثامن عشر عندما أضاف خبراء الصواريخ النارية الإيطاليون كلورات البوتاسيوم إلى الخليط. حيث وفرت كلورات البوتاسيوم المزيد من الأكسجين للتفاعل الكيميائي، مما جعله يحترق بسرعة أكبر وعند درجات حرارة أعلى؛ مما أتاح للإيطاليين إضافة مركبات غير عضوية متنوعة تحترق عند درجات حرارة عالية وتصنع الألوان البراقة. وتعود الألوان في المفرقعات النارية إلى انتقالات الإلكترون في الذرات الفلزية إلى هذه المركبات غير العضوية.

التعزيز

تسلسل مستويات الطاقة أشر إلى أن بعض الكتب المدرسية والمراجع العلمية والجداول الدورية تظهر التوزيع الإلكتروني مكتوبًا في تسلسل مستويات الطاقة بدلاً من تسلسل أوفباو. لذا عزز الفهم لدى الطلبة بأن استخدام تسلسل مستوى الطاقة للتوزيع الإلكتروني لا تجعل تسلسل أوفباو باطلاً. ض م

مسائل تدريبية

7. a. $[Ar]4s^2\ 3d^{10}\ 4p^5$
   b. $[Kr]5s^2$
   c. $[Kr]5s^2\ 4d^{10}\ 5p^3$
   d. $[Xe]6s^2\ 4f^{14}\ 5d^5$
   e. $[Xe]6s^2\ 4f^9$
   f. $[Ar]4s^2\ 3d^2$
8. 11, 5
9. 6
10. الأنديوم.
11. $[Xe]6s^2$ ، الباريوم

استراتيجية حل المسائل

تطبيق الاستراتيجية

$[Kr]\ 5s^2\ 4d^2$

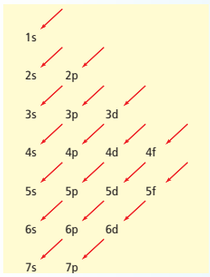
استثناءات التوزيع الإلكتروني يمكن استخدام رسم أوفباو في كتابة التوزيع الإلكتروني للحالة المستقرة الصحيحة للعناصر كلها، حتى الفاناديوم ذي العدد الذري 23، إلا أنه إذا أردت الاستمرار في هذه الطريقة فإن التوزيع الإلكتروني للكروم سيكون $[Ar]\ 4s^2\ 3d^4$ وللنحاس سيكون $[Ar]\ 4s^2\ 3d^9$ وهما غير صحيحين . أما التوزيع الإلكتروني الصحيح لهذين العنصرين فهو $[Ar]\ 4s^1\ 3d^5$ للكروم، و $[Ar]\ 4s^1\ 3d^{10}$ للنحاس. ويوضح التوزيع الإلكتروني لهذين العنصرين – كما هو الحال لعناصر أخرى – حالة الاستقرار للأفلاك نصف الممتلئة والممتلئة d و s.

استراتيجية حل المسائل

ملء الأفلاك الذرية

تستطيع أن تكتب التوزيع الإلكتروني للحالة المستقرة لأي عنصر كيميائي باستعمال طريقة الترميز الإلكتروني واتباع الأسهم.

1. ارسم شكل المستويات الفرعية على ورقة بيضاء، مرتبة كما في الرسم المجاور.
2. حدد عدد إلكترونات ذرة واحدة من العنصر الذي تريد كتابة توزيعه الإلكتروني، علمًا بأن عدد الإلكترونات في الذرة المتعادلة يساوي العدد الذري للعنصر.
3. ابدأ بالفلك 1s، واكتب تسلسل أوفباو من الأفلاك الذرية باتباع الأسهم القطرية من أعلى شكل المستوى الفرعي حتى أسفله. وعندما تكمل خطًا من الأسهم، تحرك إلى اليمين، حيث بداية الخط التالي للأسهم. وخلال تقدمك أضف الأسس التي تشير إلى عدد الإلكترونات في كل مجموعة من الأفلاك الذرية، واستمر في ذلك حتى يكون لديك أفلاك ذرية كافية لاستيعاب العدد الكلي من الإلكترونات في ذرة العنصر.
4. طبق ترميز الغاز النبيل.



ترتيب ملء الأفلاك الذرية

طبق الاستراتيجية

اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للزركونيوم Zr

مسائل تدريبية

7. اكتب التوزيع الإلكتروني في الحالة المستقرة للعناصر الآتية:
   a. البروم Br b. الإسترانشيوم Sr c. الأنتيمون Sb d. الرينيوم Re e. التربيوم Tb f. التيتانيوم Ti
8. تحتوي ذرة الكلور في الحالة المستقرة على سبعة إلكترونات في أفلاك مستوى الطاقة الرئيس الثالث. فما عدد الإلكترونات التي تشغل أفلاك p من الإلكترونات السبعة الأصلية؟ وما عدد الإلكترونات التي تشغل أفلاك p من الإلكترونات السبعة عشر الأصلية الموجودة في ذرة الكلور؟
9. عندما تتفاعل ذرة كبريت مع ذرات أخرى فإن إلكترونات مستوى الطاقة الثالث هي التي تدخل في التفاعل. فما عدد هذه الإلكترونات في ذرة الكبريت؟
10. عنصر توزيعه الإلكتروني في الحالة المستقرة هو $[Kr]\ 5s^24d^{10}5p^1$، وهو ينتمي إلى أشباه الموصلات، ويستخدم في صناعة سبائك عدة. ما هذا العنصر؟
11. تحدِّد ذرة عنصر في حالتها المستقرة تحتوي إلكترونين في جميع أفلاك مستوى الطاقة الرئيس n=6. اكتب التوزيع الإلكتروني لهذا العنصر باستخدام ترميز الغاز النبيل، وحدد العنصر.

24

طرائق تدريس متنوعة

المعاقون بصريًا اصنع، نماذج ورقية لمدارات s, p, d أو قم بشرائها. واسمح للطلبة المعاقين بصريًا بأن يتحسسوا هذه النماذج ويتلمسوها لكي يتعرفوا أشكالها واتجاهاتها على نحو أفضل. د م

إلكترونات التكافؤ Valence Electrons

تحدد إلكترونات معينة – تسمى **إلكترونات التكافؤ** – الخواص الكيميائية للعنصر. وتعرف إلكترونات التكافؤ بأنها إلكترونات الأفلاك الخارجية للذرة . فعلى سبيل المثال، تحتوي ذرة الكبريت 16 إلكترونًا، ستة منها فقط تحتل أفلاك 3s و 3p الخارجية، وهي إلكترونات التكافؤ، كما هو موضح في التوزيع الإلكتروني الآتي:

S $[Ne]\,3s^2\,3p^4$

وعلى الرغم من امتلاك ذرة السيزيوم 55 إلكترونًا فإن لها إلكترون تكافؤ واحدًا، إلكترون 6s، كما هو موضح في التوزيع الإلكتروني الآتي:

Cs $[Xe]\,6s^1$

التمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس) يمثل الكيميائيون عادة إلكترونات التكافؤ التي تشارك في تكوين الروابط الكيميائية باستخدام طريقة مختصرة، تسمى **التمثيل النقطي للإلكترونات**، وفيها يكتب رمز العنصر الذي يمثل نواة الذرة، وتمثل إلكترونات المستوى الخارجي الموضحة بنقاط تعبّر عن إلكترونات تكافؤ الذرة جميعها. وقد اقترح الكيميائي الأمريكي لويس Lewis (1875 – 1946م) هذه الطريقة عندما كان يدرّس مادة الكيمياء في الجامعة عام 1902م.

وعند كتابة التمثيل النقطي لإلكترونات التكافؤ توضع نقطة واحدة في كل مرة على الجوانب الأربعة للرمز (دون مراعاة التسلسل)، ثم تكرر هذه العملية حتى تُستخدم النقاط جميعها. يوضح **الجدول 6–1** التوزيع الإلكتروني لعناصر الدورة الثانية في الحالة المستقرة بطريقتي الترميز الإلكتروني والتمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس).

الجدول 6-1 الترميز الإلكتروني والتمثيل النقطي للإلكترونات

العنصر/رمزه	العدد الذري	الترميز الإلكتروني	التمثيل النقطي للإلكترونات
الليثيوم Li	3	$1s^2\,2s^1$	$Li\cdot$
البيريليوم Be	4	$1s^2\,2s^2$	$\cdot Be\cdot$
البورون B	5	$1s^2\,2s^2\,2p^1$	$\cdot\dot{B}\cdot$
الكربون C	6	$1s^2\,2s^2\,2p^2$	$\cdot\dot{C}\cdot$
النيتروجين N	7	$1s^2\,2s^2\,2p^3$	$\cdot\dot{N}\cdot$
الأكسجين O	8	$1s^2\,2s^2\,2p^4$	$:\dot{O}\cdot$
الفلور F	9	$1s^2\,2s^2\,2p^5$	$:\dot{\ddot{F}}\cdot$
النيون Ne	10	$1s^2\,2s^2\,2p^6$	$:\ddot{Ne}:$

25

استخدام المفردات العلمية

التكافؤ وضح للطلبة أن بعض الكتب المدرسية والمراجع العلمية تستخدم مصطلح (تكافؤ) بدلاً من عدد التأكسد. فقد تذكر بعض الكتب على سبيل المثال أن تكافؤ الأكسجين هو 2–.

الخلفية النظرية

إلكترونات التكافؤ وضح للطلبة أن بعض إلكترونات المستوى الداخلي d تُعد إلكترونات تكافؤ للعناصر الانتقالية. فمثلاً، على الرغم من امتلاك ذرة الحديد إلكترونين في المستوى الخارجي 4s، إلا أن إلكترونًا إضافيًّا مرتبطًا بأحد الأفلاك الذرية 3d قد يشارك على الأغلب في الرابطة. وفي ذرة المنجنيز، قد يشترك ما يعادل خمسة إلكترونات من الفلك 3d .

دفتر الكيمياء

ماذا لو وجد نظام شمسي آخر؟

اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا مواضيع لعرضها في صحيفة المدرسة حول مركبة فضائية تتجه إلى كوكب في نظام شمسي آخر. ويتعين عليهم أن يكتشفوا في هذا النظام الشمسي الجديد، أن كل فلك ذري في مواد الكوكب الصلبة والسائلة والغازية قد يحتوي ثلاثة إلكترونات بدلاً من اثنين. وينبغي أن يركزوا توقعاتهم على خواص العناصر على هذا الكوكب الجديد. ض م

مثال في الصف

سؤال كم إلكترونًا يظهر في التركيب النقطي لإلكترونات كل من ذرات الليثيوم والبوتاسيوم، وذرات الفلور واليود، وذرات البورون والثاليوم؟

الإجابة يحتوي الليثيوم والبوتاسيوم نقطة واحدة لكل منهما. ويحتوي الفلور واليود سبع نقاط. أما البورون والثاليوم فيحتويان على ثلاث نقاط.

مسائل تدريبية

12. a) $\dot{M}g$ b) $\cdot Tl\cdot$ c) $:\ddot{X}e:$

13. ألومنيوم؛ 3 إلكترونات

14. الهيليوم

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة أن يتوقعوا العدد الأعلى من الإلكترونات التي يمكن أن تتواجد في أفلاك مستويات الطاقة الرابعة والخامسة – مع افتراض أن العنصر موجود ويحتوي على الإلكترونات الكافية. ثم أعط الطلبة المعادلة $2n^2$ التي يمكن أن تُستخدم في حساب عدد الإلكترونات المرتبطة مع كل قيم n . 32 و 50 إلكترونًا، على التوالي . ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا التمثيل النقطي لإلكترونات عنصر الإسترانشيوم. يتكون هذا التركيب من الرمز Sr ونقطتين. واطلب إليهم الإجابة عن السؤال: ماذا تمثل النقطتان؟ تمثلان إلكترونين في الفلك الخارجي للاسترانشيوم 5s. ثم اسأل بعد ذلك ما الذي لا يعد تمثيلًا نقطيًّا للإلكترونات في ذرة الاسترانشيوم؟ لا تحدد المدار الذي يحتوي على إلكترونين، ولا تعط أي معلومات عن إلكترونات المستويات الداخلية. ض م

التوسع

اسأل الطلبة أن يتعرفوا العناصر التي لها التوزيع الإلكتروني الآتي في الحالة المستقرة.

$[Ar]\ 4s^2\ 3d^5$ منجنيز

$[Xe]\ 6s^2\ 4f^{14}\ 5d^{10}\ 6p^3$ بزموث ض م

مثال 1-1

التمثيل النقطي للإلكترونات تحتوي بعض معاجين الأسنان على فلوريد القصديروز، وهو مركب من القصدير والفلور. فما التمثيل النقطي لإلكترونات القصدير Sn؟

1 تحليل المسألة

بالرجوع إلى الجدول الدوري للعناصر، حدّد العدد الذري لعنصر القصدير، واكتب توزيعه الإلكتروني، وحدد عدد إلكترونات تكافؤه، مستعملاً قواعد التمثيل النقطي للإلكترونات لرسم التمثيل النقطي الإلكتروني له (تمثيل لويس).

2 حساب المطلوب

اكتب التوزيع الإلكتروني للقصدير باستخدام ترميز الغاز النبيل. أقرب غاز نبيل هو الكريبتون Kr

العدد الذري للقصدير 50، لذا تحتوي ذرة القصدير على 50 إلكترونًا.

$[Kr]5s^2 4d^{10} 5p^2$

تمثل إلكترونات $5s^2$ و $5p^2$ إلكترونات التكافؤ الأربعة للقصدير.

ارسم أربعة إلكترونات حول رمز عنصر القصدير Sn لتوضيح التمثيل النقطي الإلكتروني للقصدير $\cdot\dot{S}\dot{n}\cdot$

3 تقويم الإجابة

تم استخدام الرمز الصحيح للقصدير Sn وقواعد التمثيل النقطي للإلكترونات بصورة صحيحة.

مسائل تدريبية

12. ارسم التمثيل النقطي لإلكترونات العناصر الآتية:

a. الماغنيسيوم Mg b. الثاليوم Tl c. الزينون Xe

13. تحتوي ذرة عنصر 13 إلكترونًا. فما العنصر؟ وكم إلكترونًا يظهر في التمثيل النقطي للإلكترونات؟

14. تحدّ عنصر في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة والضغط الجوي العادي، ويحتمل أن يكون أحد العناصر الآتية: الهيدروجين، أو الهيليوم، أو النيتروجين أو الأكسجين، أو الفلور، أو الكلور، أو النيون. تعرّف العنصر اعتمادًا على التركيب النقطي الإلكتروني الآتي : $\cdot\ddot{X}\cdot$

التقويم 2-1

الخلاصة

- يُسمى ترتيب الإلكترونات في الذرة التوزيع الإلكتروني للذرة.
- يُحدَّد التوزيع الإلكتروني للذرة بمبدأ أوفباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.
- تُحدد إلكترونات التكافؤ للعنصر خواصه الكيميائية.
- يمكن تمثيل التوزيع الإلكتروني باستخدام رسم مربعات الأفلاك، والترميز الإلكتروني، والتمثيل النقطي للإلكترونات.

15. الفكرة الرئيسة **طبق** مبدأ باولي ومبدأ أوفباو وقاعدة هوند لكتابة التوزيع الإلكتروني، لكل من العناصر الآتية:

a. السيليكون Si b. الفلور F c. الكالسيوم Ca d. الكريبتون Kr

16. **عرّف** إلكترونات التكافؤ.

17. **ارسم** تسلسل ملء الأفلاك الخمسة للمستوى الفرعي d بعشرة إلكترونات.

18. **التوسع** عنصر لم يعرف بعد ولكن إلكتروناته تملأ أفلاك 7p. ما عدد إلكترونات ذرة هذا العنصر؟ اكتب توزيعه الإلكتروني باستخدام ترميز الغاز النبيل.

19. **تفسير الرسوم العلمية** ما التمثيل النقطي لإلكترونات ذرة السيلينيوم؟ فسّر إجابتك.

a. $:\ddot{S}e\cdot$ b. $\cdot\ddot{S}e\cdot$ c. $\cdot\ddot{S}e\cdot$ d. $\cdot\ddot{S}\cdot$

26

التقويم 2-1

15. a. $Si: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^2$

b. $F: 1s^2\ 2s^2\ 2p^5$

c. $Ca: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2$

d. $Kr: 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10} 4p^6$

16. الإلكترونات في الفلك الخارجي للذرة.

17. تشغل الإلكترونات المفردة في اتجاه الدوران نفسه الأفلاك المتساوية الطاقة قبل أن تشغل الإلكترونات الإضافية ذات اتجاه الدوران المعاكس الأفلاك نفسها. ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓ | ↑↓

18. $[Rn]\ 7s^2\ 5f^{14}\ 6d^{10}\ 7p^6$ ، 118 إلكترون.

19. C صحيح ؛ a تظهر 3 أفلاك تحتوي على إلكترونين. b يظهر فلك واحد يحتوي على 3 إلكترونات. d له رمز غير صحيح.

الكيمياء والصحة *

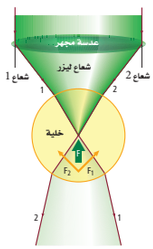
ملاقط الليزر

يستطيع العلماء الإمساك بخلية واحدة باستعمال ملاقط تختلف عن المتعارف عليها؛ إذ تتكون هذه الملاقط من حزمتي ليزر يمكنها التقاط الأشياء الصغيرة جدًّا، ومنها الخلايا والذرات المفردة.

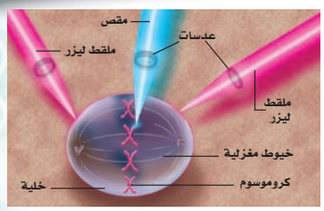
ولعلك سمعت عن استخدام الليزر في قطع الأشياء؛ إذ تستخدم مقصات الليزر في بعض العمليات الجراحية. ولكن من المثير للدهشة، أن الليزر يمكنه الإمساك بالخلايا الحية والأجسام الصغيرة دون إتلافها. فكيف تتمكن حزم الضوء من تثبيت الأشياء في أماكنها؟

الإمساك باستخدام الضوء عند مرور الأشعة الضوئية من خلال خلية ما فإنها تغير من اتجاهها قليلاً، وهذا مشابه لكيفية انحناء أشعة الضوء عند مروره بوسط مائي، كحوض السمك مثلاً.

وعندما تنحني أشعة الضوء تبذل قوة صغيرة جدًّا لا تؤثر في الأجسام الكبيرة مثل حوض السمك، ولكن الخلايا الصغيرة تستجيب لهذه القوة. وإذا تم توجيه أشعة الضوء في الاتجاه الصحيح، يمكنها عندئذٍ تثبيت جسم صغير في مكانه، كما في **الشكل 1**.



الشكل 1 تنحني الحزمة الضوئية، في أثناء مرور أشعة الليزر من خلال الخلية، وتبذل هذه الحزمة قوة صغيرة على الخلية تعمل في الاتجاه المعاكس. وتثبت هذه القوة الخلية في مكانها.



الشكل 2 تستطيع أشعة الليزر الأصغر اختراق العضيات الموجودة داخل الخلايا الحية.

الليزر والسرطان كيف يستخدم العلماء هذه الملاقط الصغيرة؟ تقوم مجموعة من العلماء باستخدامها لدراسة عضيات الخلية الصغيرة. فهم يدرسون القوى التي تبذلها الخيوط المغزلية وتجمع الأنيبيبات الدقيقة التي تنسق انقسام الخلية. فترشد هذه الخيوط المغزلية الكروموسومات المنسوخة إلى الجوانب المتعاكسة من الخلية، وهو دور رئيس في انقسام الخلية. وعلى أية حال لا يعرف العلماء بالضبط كيف تقوم هذه الخيوط المغزلية بوظيفتها.

استخدمت مقصات الليزر الصغيرة لقطع أجزاء من الكروموسومات خلال عملية انقسام الخلايا. واستخدمت ملاقط الليزر بعد ذلك لتحريك القطع داخل الخلية وحول الخيوط المغزلية، كما في **الشكل 2**. وبمعرفة القوة التي تمسك بها الملاقط الكروموسومات يستطيع العلماء قياس القوة المقابلة التي تبذلها الخيوط المغزلية. ويأمل العلماء أن يعرفوا كيف تعمل الخيوط المغزلية خلال عملية انقسام الخلية، مما يساعدهم على معرفة الأمراض المرتبطة مع انقسام الخلية، ومنها السرطان، الذي تنقسم فيه الخلايا بصورة غير قابلة للتحكم.

الكتابة في الكيمياء

أشعة الليزر يستخدم الليزر في أنواع متعددة من الأجهزة المستعملة في الحياة اليومية. ابحث عن الأنواع المختلفة من الليزر التي قد تصادفها يوميًّا، وتعرّف نوع الضوء الذي يستخدمه كل جهاز. ثم لخص نتائج البحث في دفتر العلوم.

27

* للاطلاع فقط

الكتابة في الكيمياء

ملخص قد يُضمِّن بعض الطلبة في قوائم الليزر المستخدم في حياتهم اليومية ماسحات الليزر الموجودة في المحال والمكتبات لقراءة خطوط الحاسوب المحددة لثمن السلعة . وأجهزة تشغيل الأقراص المدمجة، ومؤشرات الليزر، كما تستخدم قوات الشرطة حزم الليزر تحت الحمراء غير المرئية بدلاً من أنظمة الرادار لملاحظة السيارات المسرعة.

الهدف

يتعلم الطلبة كيفية استخدام أشعة الليزر بوصفها ملاقط ميكروسكوبية ومقصات في العمليات الجراحية الصغيرة.

الخلفية النظرية

كلمة الليزر (LASER) مشتقة من الأحرف الأولى للكلمات Light Amplification By Stimulated Emission of Radiation وتعني تضخيم الضوء بالانبعاث المستثار للإشعاع. ويمكن أن يقارن ضوء الليزر بالأشكال الأخرى للضوء الملون كالذي يصدرعن مصابيح النيون. ولأجزاء الضوء في حزمة الليزر، والتي تسمى فوتونات الطول الموجي نفسه (والطول الموجي يحدد لون الضوء، وجميع هذه الفوتونات مُتوافقة معًا). وتسمى هذه الخاصية، بالتناسق، إذْ تُعد الاختلاف الفاصل بين أشعة الليزر وأشعة مصادر الضوء الأخرى.

استراتيجيات التدريس

كوّن ثلاثة نماذج أحدها لخلية، والثاني لجزيء، والثالث لذرة؛ وذلك لاتخاذها تمرينًا داخل الصف، فإذا كانت الذرة بحجم نقطة قطرها 1cm فإن قطر جزيء السكر يكون 10 cm تقريبًا، وبذلك يصبح قطر الخلية في الإنسان 200,000 cm (2km). وقد تؤدي مثل هذه المقارنة إلى جعل الطلبة يعتقدون أن الخلايا كبيرة، ولكن على العكس من ذلك، فهي توضح أن الذرات صغيرة بصورة مدهشة. ويكون طول الإنسان على المقياس نفسه 150,000 km وهذا يعادل نصف المسافة بين الأرض والقمر.

دليل مراجعة الفصل

استعمال المفردات

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

استراتيجيات المراجعة

اطلب إلى الطلبة أن:

- يربطوا بين مبدأ هايزنبرج والإلكترونات في الذرات ض م
- يوضحوا العلاقة بين مدارات الذرة ومستويات الطاقة فيها.

ض م

يستطيع الطلبة زيارة الموقع الإلكتروني

www.obeikaneducation.com

من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الموقع الإلكتروني.
- الدخول إلى مواقع أخرى، وتعرف المزيد من المعلومات والمشاريع والنشاطات.
- مراجعة المحتوى وتقديم اختبارات قصيرة.

الفكرة العامة لإلكترونات ذرات كل عنصر ترتيب خاص.

1-1 نظرية الكم والذرة

الفكرة الرئيسة هناك علاقة بين طيف الانبعاث الذري ومستويات الطاقة في الذرة والأفلاك الذرية.

المفردات

- حالة الاستقرار
- العدد الكمي
- مبدأ هايزنبرج للشك
- النموذج الكمي للذرة
- الفلك الذري
- عدد الكم الرئيس
- مستوى الطاقة الرئيس
- مستويات الطاقة الفرعية

المفاهيم الرئيسة

- يفسر نموذج بور للذرة طيف انبعاث الهيدروجين بسبب انتقال الإلكترونات من مستويات طاقة أعلى إلى مستويات طاقة أقل.
- تربط معادلة دي برولي بين طول موجة الجسيم وكتلته وسرعته وثابت بلانك.

$$\lambda = h/mv$$

- يفترض النموذج الكمي للذرة أن للإلكترونات خواص موجية.
- تحتل الإلكترونات مناطق ثلاثية الأبعاد تُسمى الأفلاك الذرية.

1-2 التوزيع الإلكتروني

الفكرة الرئيسة يحدد التوزيع الإلكتروني في الذرة باستعمال ثلاث قواعد.

المفردات

- التوزيع الإلكتروني
- مبدأ أوفباو
- مبدأ باولي
- قاعدة هوند
- إلكترونات التكافؤ
- التمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس)

المفاهيم الرئيسة

- يُسمّى ترتيب الإلكترونات في الذرة بالتوزيع الإلكتروني للذرة.
- يحدد التوزيع الإلكتروني بالاعتماد على مبدأ أوفباو ومبدأ باولي وقاعدة هوند.
- تحدد إلكترونات التكافؤ الخواص الكيميائية للعنصر.
- يمكن كتابة التوزيع الإلكتروني باستخدام رسم مربعات الأفلاك والترميز الإلكتروني والتمثيل النقطي للإلكترونات.

28

1-1

إتقان المفاهيم

20. كيف تتحرك الإلكترونات في الذرات حسب نموذج بور؟

21. ما الذي تمثله n في نموذج بور الذري؟

22. ما الفرق بين حالة الاستقرار وحالة الإثارة للذرة؟

23. ما اسم النموذج الذري الذي تُعامل فيه الإلكترونات على أنها موجات؟ ومن أول من كتب معادلات موجة الإلكترون التي أدت إلى هذا النموذج؟

24. ما المقصود بالفلك الذري؟

25. ما الذي ترمز إليه n في النموذج الكمي للذرة؟

26. انتقال الإلكترون في الشكل 10–1 حدّد المدار النهائي الذي تنتقل إليه إلكترونات لكي تنتج سلسلة ليمان لذرة الهيدروجين؟

الشكل 10–1

27. ما عدد مستويات الطاقة الفرعية في المستويات الثلاثة الرئيسة الأولى للطاقة في ذرة الهيدروجين؟

28. ما عدد الأفلاك الذرية في المستوى الفرعي d؟

29. ما الذي توضحه الرموز s, p, d, f فيما يتعلق بالأفلاك الذرية؟

30. ما اتجاهات الأفلاك الذرية الخمسة المرتبطة في المستوى الفرعي d؟

31. ما أقصى عدد يمكن أن يسعه الفلك من الإلكترونات؟

32. صف الاتجاهات النسبية للأفلاك المرتبطة في المستوى الفرعي 2p.

33. ما عدد الإلكترونات التي يمكن أن توجد في جميع المستويات الفرعية للمستوى الرئيس الثالث للطاقة في ذرة الأرجون؟

34. كيف يصف النموذج الكمي مسار الإلكترونات في الذرة؟

35. الأجسام الكبيرة لماذا لا نلاحظ الأطوال الموجية للأجسام المتحركة ومنها السيارات؟

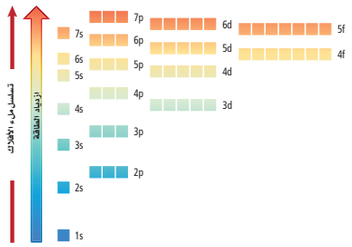
36. لماذا يكون من المستحيل أن نعرف بدقة سرعة الإلكترون وموقعه في الوقت نفسه؟

1-2

إتقان المفاهيم

37. ما تسلسل ملء الإلكترونات في الأفلاك الذرية للمستوى الفرعي؟

38. الروبيديوم وضح باستخدام **الشكل 11–1**، لماذا يشغل إلكترون واحد في ذرة الروبيديوم فلك 5s بدلاً من 4d أو 4f؟



الشكل 11–1

39. ما إلكترونات التكافؤ؟ وكم إلكترون تكافؤ في ذرة **الماغنيسيوم** من الإلكترونات الاثني عشر التي تحتويها؟

40. إن للضوء طبيعة مزدوجة (موجة – جسيم). فماذا تعني هذه الجملة؟

41. صف الفرق بين الكم والفوتون.

تقويم الفصل

1-1

إتقان المفاهيم

20. تتحرك الإلكترونات في مدارات دائرية حول النواة.

21. يحدد عدد الكم n مدار الإلكترون.

22. حالة الاستقرار للذرة هي الحالة الأقل طاقة، في حين أن أي حالة طاقة أعلى من حالة الاستقرار هي حالة إثارة للذرة.

23. النموذج الكمي للذرة؛ شرودنجر.

24. منطقة ثلاثية الأبعاد تصف موقع الإلكترون المحتمل حول النواة.

25. يمثل n عدد الكم الرئيس، ويعبر عن الحجم النسبي وطاقة المدار.

26. تحدث سلسلة ليمان بسبب انتقال الإلكترون من مدارات بور العالية الطاقة إلى المدار $n = 1$.

27. مستوى الطاقة الأول له مستوى فرعي واحد، ومستوى الطاقة الثاني له مستويان فرعيان، ومستوى الطاقة الثالث له ثلاثة مستويات فرعية.

28. عدد الأفلاك الذرية في المستوى الفرعي d خمسة وهي: $xy, xz, yz, x^2 - y^2, z^2$

29. أشكالها.

30. $xy, xz, yz, x^2 - y^2, z^2$

31. إلكترونان

32. تقع على طول محاور الإحداثيات x, y, z، الأفلاك الثلاثة لـ p متعامدة بعضها على بعض.

33. ثمانية إلكترونات

34. لا يعطي النموذج الكمي أي وصف لمسارات الإلكترون.

35. لأن طول الموجة أصغر من أن يرى.

36. يعمل الفوتون المطلوب لقياس سرعة الإلكترون أو موقعه على تغيير كل من موقع الإلكترون وسرعته.

1-2

إتقان المفاهيم

37. لا بد أن يحتوي كل فلك على إلكترون واحد قبل أن يدخله إلكترون آخر.

38. طاقة الفلك المتعلقة بالمستوى الفرعي 5s أقل من طاقة الأفلاك المتعلقة بـ 4d و4f.

39. إلكترونات التكافؤ هي إلكترونات أفلاك الذرة الخارجية ؛ 2

40. يسلك الضوء سلوكًا مشابهًا للموجة في بعض الحالات ومشابهًا للجسيمات في حالات أخرى.

41. الكم هو أقل طاقة يمكن أن تفقدها الذرة أو تكتسبها، في حين أن الفوتون جسيم يحمل طاقة الكم.

42. ما عدد الإلكترونات التي تظهر في التمثيل النقطي للإلكترونات لذرات العناصر الآتية:

a. الكربون **c.** الكالسيوم

b. اليود **d.** الجاليوم

43. ما المبادئ الثلاثة أو القواعد التي يجب اتباعها عند كتابة التوزيع الإلكتروني لذرة؟

44. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرات الأكسجين والكبريت، بطريقة الترميز الإلكتروني.

إتقان حل المسائل

45. اكتب تسلسل أوفباو للمدارات من 1s إلى 7p.

46. اكتب التوزيع الإلكتروني للعناصر الآتية بطريقتي الترميز الإلكتروني ورسم مربعات الأفلاك:

a. البيريليوم **c.** النيتروجين

b. الألومنيوم **d.** الصوديوم

47. استخدم ترميز الغاز النبيل لكتابة التوزيع الإلكتروني للعناصر الآتية:

a. Zr **c.** Kr

b. Pb **d.** P

48. حدد العنصر الذي يُمثّل بالتوزيع الإلكتروني لكل مما يلي:

a. $1s^2\ 2s^2\ 2p^5$

b. $[Ar]\ 4s^2$

c. $[Xe]\ 6s^2\ 4f^4$

d. $[Kr]\ 5s^2\ 4d^{10}\ 5p^4$

e. $[Rn]\ 7s^2\ 5f^{13}$

f. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^5$

49. أي ترميز إلكتروني مما يلي يصف الذرة في حالة الإثارة؟

a. $[Ar]\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^2$

b. $[Ne]\ 3s^2\ 3p^5$

c. $[Kr]\ 5s^2\ 4d^1$

d. $[Ar]\ 4s^2\ 3d^8\ 4p^1$

50. أي رسوم مربعات الأفلاك في **الشكل 12–1** صحيحة للذرة في حالة الاستقرار؟

a.

b.

c.

d.

الشكل 12–1

51. ارسم التمثيل النقطي لإلكترونات ذرات العناصر الآتية:

a. الكربون

b. الزرنيخ

c. البولونيوم

d. البوتاسيوم

e. الباريوم

52. ما عدد الأفلاك الموجودة في ذرة الزرنيخ؟ وما عدد الأفلاك الممتلئة بصورة كاملة؟ وما عدد الأفلاك في مستوى الطاقة الرئيس n = 4؟

53. ما العنصر الذي قد يكون لذرته التمثيل النقطي للإلكترونات للحالة المستقرة والموضحة في **الشكل 13–1**؟

a. المنجنيز **c.** الكالسيوم

b. الأنتيمون **d.** الساماريوم

الشكل 13–1

54. اكتب التوزيع الإلكتروني لذرة القصدير في الحالة المستقرة، باستخدام ترميز الغاز النبيل، وارسم تمثيلها النقطي للإلكترونات.

42. a:4; b: 7; c:2; d:3

43. مبدأ باولي، مبدأ أوفباو وقاعدة هوند.

44. الأكسجين $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$، يحتوي رسم مربعات الأفلاك خمسة صناديق: في كل من الثلاثة الأولى سهمان وسهم واحد في الصندوقين الأخيرين. أمّا الكبريت [Ne] $3s^2\ 3p^4$؛ فيحتوي رسم المربعات تسعة صناديق في كل من السبعة الأولى سهمان، وسهم واحد في الصندوقين الأخيرين.

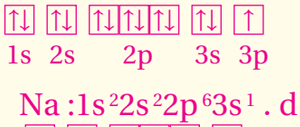
إتقان حل المسائل

45. 1s, 2s, 2p,3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p, 7s, 5f, 6d, 7p

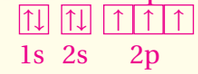
46.

a. Be: $1s^2\ 2s^2$

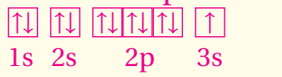
b. Al: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$



c. N: $1s^2\ 2s^2\ 2p^3$



d. Na: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$



47.

a. Zr: $[Kr]5s^2\ 4d^2$

b. Pb: $[Xe]6s^2\ 4f^{14}\ 5d^{10}\ 6p^2$

c. Kr: $[Ar]4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6$

d. P: $[Ne]3s^2\ 3p^3$

48.

a. F

b. Ca

c. Nd

d. Te

e. Md

f. Br

49. d

50. b

51.

a. $\cdot\dot{\underset{\cdot}{C}}\cdot$

b. $\cdot\ddot{As}\cdot$

c. $:\ddot{Po}\cdot$

d. $\cdot K$

e. $\dot{Ba}\cdot$

52. 4, 15, 18

53. b

54. $\cdot\dot{Sn}\cdot$, $[Kr]5s^2\ 4d^{10}\ 5p^2$

مراجعة عامة

55. مـا أقصى عدد مـن الإلكترونات نظريًا يمكـن أن يوجد في أفلاك الذرة التي لديها أعداد الكم الرئيسة الآتية:

a. 3 b. 4
c. 6 d. 7

56. ما عدد الاتجاهات المحتملة للأفلاك المتعلقة في كل مستوى فرعي مما يأتي:

a. s b. p
c. d d. f

57. أي العناصر الآتيـة لديها إلكترونان فقط في تمثيلها النقطي: الهيدروجـين أو الهيليـوم أو الليثيـوم أو الألومنيـوم أو الكالسيوم أو الكوبالت أو البروم أو الكريبتون أو الباريوم؟

58. أي انتقال للإلكترون عبر المدارات ينتج خطًا أخضر–أزرق في طيف الانبعاث الذري للهيدروجين حسب نموذج بور للذرة؟

59. الخارصين. تحتـوي ذرة الخارصـين عـلى 18 إلكترونًـا في الأفـلاك 3s و3p و3d. فلـماذا يظهـر في تمثيلهـا النقطـي للإلكترونات نقطتان فقط؟

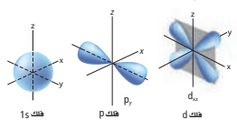
60. أي عنصر له التوزيع الإلكـتروني المثل بترميز الغاز النبيل $[Rn]\ 7s^1$؟

61. كيف وضّح بور طيف الانبعاث الذري؟

التفكير الناقد

62. قارن ناقش بإيجاز الفرق بين المدار في نموذج بور والنموذج الكمي للذرة.

63. صف أشـكال الأفلاك الذرية الموضحة في **الشـكل 14–1**، وحدد اتجاهاتها.



الشكل 14–1

64. استنتج تخيل أنك تعيش في عالم ينص فيه مبدأ باولي على أن ثلاثـة إلكترونات على الأكثر، وليس اثنين، يمكنها الوجود في كل فلـك ذري، اشرح الخـواص الكيميائيـة الجديـدة لعناصر الليثيوم والفوسفور.

مراجعة تراكمية

65. حـدّد مـا إذا كانـت كل جملـة تصـف خاصيـة كيميائيـة أو خاصية فيزيائية.

a. الزئبق سائل عند درجة حرارة الغرفة
b. السكروز صلب، أبيض بلوري
c. يصدأ الحديد عندما يتعرض للهواء الرطب
d. يحترق الورق عندما يشتعل

66. إذا كان العـدد الـذري لـذرة الجادولينيـوم 64، وعددهـا الكتـلي 153 فما عـدد كل مـن الإلكترونـات والبروتونات والنيوترونات التي توجد فيها؟

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

67. لوحات النيون لعمل لوحات نيون تبعث ألوانًا مختلفة، يملأ المصنعـون اللوحات بغازات غـير النيون. اكتب مقالـة تعـبر فيها عـن اسـتخدام الغـازات في لوحات النيون والألوان التي تنتجها تلك الغازات.

68. نمـوذج راذرفـورد تخيـل أنـك عـالم في أوائـل القـرن العشريـن، وقـد علمـت بتفاصيـل النمـوذج الـذري الجديـد المقـترح مـن الفيزيائـي البريطـاني أرنسـت راذرفـورد. بعد تحليلك لهذا النموذج وضح أهم نقاط الضعـف التـي تعتقد أنـه يتضمنهـا، ثم اكتب رسـالة موجهة إلى راذرفورد تعبر فيها عن اهتمامك بنموذجه، مستخدمًا رسومًا وأمثلة على عناصر محددة لمساعدتك على إظهار وجهة نظرك.

مراجعة عامة

55. a. 18
b. 32
c. 72
d. 98

56. a. 1
b. 3
c. 5
d. 7

57. الهيليوم، والكالسيوم، والكوبالت، والباريوم

58. $4 = n \leftarrow 2 = n$

59. النقطتان هما إلكترونا تكافؤ المدار 4s في الذرة

60. الفرانسيوم

61. اقترح بور أن الذرات تبعث ضوءًا بأطوال موجية وطاقات معينة عندما تتحرك الإلكترونات من مدارات عالية الطاقة إلى مدارات منخفضة الطاقة.

التفكير الناقد

62. المـدار في نمـوذج بـور هو المسـار الدائـري الذي يسـلكه الإلكـترون في أثنـاء حركتـه حـول النـواة الذريـة. أمـا في النمـوذج الكمي فالمـدار منطقة ثلاثية الأبعـاد حول النواة تصف الموقع المحتمل للإلكترون.

63. المدار الأول كروي ومتعلق بالمستوى الفرعي s. وأمّا المدار الثاني فيكون على شـكل فصوص، موجه على طول محور y ومتعلق بالمسـتوى الفرعي p. في حين يتألف المدار الثالث من جزأين في صورة فصين متعامدين يقعان في مستوى xy ويتعلق بالمستوى الفرعي d.

64. يصبح كلٌّ من الليثيوم والفوسـفور غازًا نبيلًا. أمّا الليثيوم فله التوزيع الإلكتروني $1s^3$ ويكون مشـابهًا للهيليوم $1s^2$. وأمـا الفوسـفورفله التوزيـع الإلكـتروني $1s^3\ 2s^3\ 2p^9$، وبذلك يكون مشابهًا للنيون $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$.

مراجعة تراكمية

65. a. خاصية فيزيائية
b. خاصية فيزيائية
c. خاصية كيميائية
d. خاصية كيميائية

66. 64 إلكترونًا، 64 بروتونًا، 89 نيوترونًا

التقويم الإضافي

الكتابة في الكيمياء

67. قد تشـتمل إجابـات الطلبة على العناصر والألـوان الآتية: الهيليوم، (أصفـر)، والنيون (برتقالي – أحمر)، والصوديوم (أصفـر)، والأرجـون (بنفسـجي غامـق)، والكريبتـون (أبيض)، والزينون (أزرق).

68. ستتنوع الإجابات.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. c
2. b
3. c
4. d
5. c
6. d
7. a

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أي مما يأتي يعبر عن التمثيل النقطي لإلكترونات المستوى الخارجي لعنصر الإنديوم؟

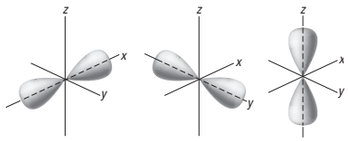
a. ·In

b. ·In ··

c. ·In ··

d. ·In ··

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 2 و 3.



2. ما المستوى الفرعي الذي تنتمي إليه الأفلاك الموضحة في الشكل أعلاه؟

a. s

b. p

c. d

d. f

3. ما مجموع الإلكترونات التي يمكن أن توجد في المستوى الفرعي أعلاه؟

a. 2

b. 3

c. 6

d. 8

4. ما أكبر عدد من الإلكترونات التي يمكن أن توجد في مستوى الطاقة الرئيس الخامس للذرة نظريًّا؟

a. 10

b. 20

c. 25

d. 50

استخدم البيانات في الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 5 إلى 7.

التوزيع الإلكتروني لمجموعة من العناصر الانتقالية

العنصر	رمز العنصر	العدد الذري	التوزيع الإلكتروني
الفانيديوم	V	23	$[Ar]\,4s^2\,3d^3$
اليتريوم	Y	39	$[Kr]\,5s^2\,4d^1$
			$[Xe]\,6s^2\,4f^{14}\,5d^6$
السكانديوم	Sc	21	$[Ar]\,4s^2\,3d^1$
الكادميوم	Cd	48	

5. ما التوزيع الإلكتروني للحالة المستقرة لعنصر Cd باستخدام ترميز الغاز النبيل:

a. $[Kr]\,4d^{10}\,4f^2$

b. $[Ar]\,4s^2\,3d^{10}$

c. $[Kr]\,5s^2\,4d^{10}$

d. $[Xe]\,5s^2\,4d^{10}$

6. ما العنصر الذي له التوزيع الإلكتروني الآتي في الحالة المستقرة؟ $[Xe]\,6s^2\,4f^{14}\,5d^6$

a. La

b. Ti

c. W

d. Os

7. ما التوزيع الإلكتروني لذرة الإسكانديوم Sc ؟

a. $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^2\,3d^1$

b. $1s^2\,2s^2\,2p^7 3s^2\,3p^7\,4s^2\,3d^1$

c. $1s^2\,2s^2\,2p^5\,3s^2\,3p^5\,4s^2\,3d^1$

d. $1s^2\,2s^1\,2p^7\,3s^1\,3p^7\,4s^2\,3d^1$

استخدم رسومات مربعات الأفلاك الموضحة أدناه للإجابة عن السؤالين 8 و 9.

A.

B.

C.

D.

8. أيٌّ مما سبق يوضح رسمًا لمربعات الأفلاك يخالف مبدأ أوفباو؟

a. A

b. B

c. C

d. D

9. أيٌّ مما سبق يوضح رسم مربعات الأفلاك لعنصر البريليوم؟

a. A

b. B

c. C

d. D

أسئلة الإجابات القصيرة

10. ما أكبر عدد من الإلكترونات يمكن أن يوجد في مستوى الطاقة الرئيس الرابع في الذرة؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

11. قارن بين المعلومات التي يمكن الحصول عليها من التمثيل النقطي للإلكترونات والمعلومات التي يمكن الحصول عليها من التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر.

12. وضح لماذا لا يمثل التوزيع $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 4d^{10}\ 4p^2$ التوزيع الإلكتروني الصحيح للجرمانيوم Ge؟ اكتب التوزيع الإلكتروني الصحيح له.

8. d

9. b

أسئلة الإجابات القصيرة

10. **32**

أسئلة الإجابات المفتوحة

11. يوفر بناء التمثيل النقطي للإلكترونات معلومات عن عدد الإلكترونات الخارجية أو إلكترونات التكافؤ في الذرة. في حين يوضح التوزيع الإلكتروني مستويات الطاقة والمستويات الفرعية للإلكترونات جميعها في الذرة.

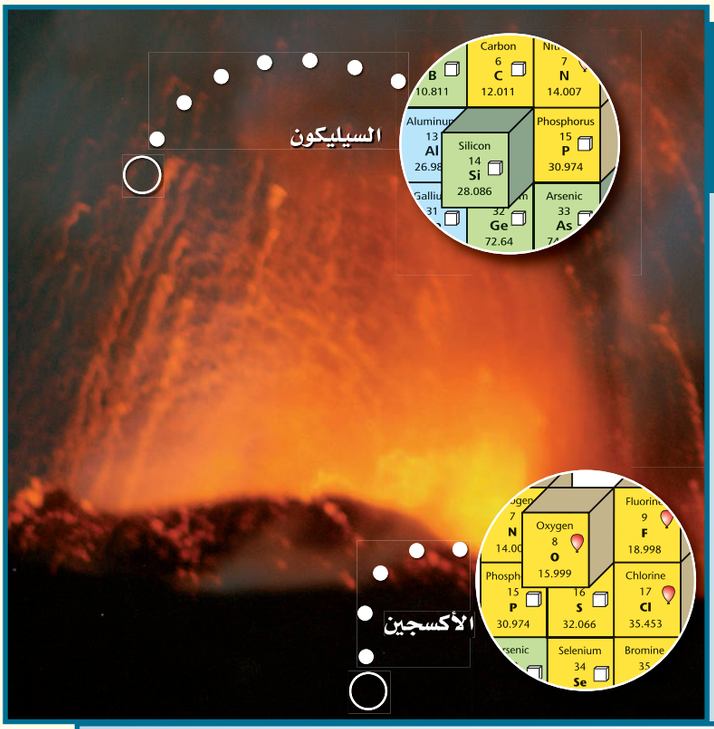
12. الإلكترونات في المستوى الفرعي d هي في مستوى الطاقة الثالث، وليس الرابع.

التوزيع الإلكتروني الصحيح هو:

$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^2$

المخطط التنظيمي للفصل 2: الجدول الدوري والتدرج في خواص العناصر

The Periodic Table and Periodic Trends



الفصل 2

الجدول الدوري والتدرج في خواص العناصر

The Periodic Table and Periodic Trends

الفكرة العامة يتيح التدرج في خواص العناصر معرفة الخواص الفيزيائية والكيميائية لها

2-1 تطور الجدول الدوري الحديث

الفكرة الرئيسة لقد تطوّر الجدول الدوري للعناصر تدريجيًّا مع الوقت من خلال اكتشاف العلماء طرائق أكثر فائدة في تصنيف العناصر ومقارنتها.

2-2 تصنيف العناصر

الفكرة الرئيسة رُتبت العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات حسب توزيعها الإلكتروني.

2-3 تدرج خواص العناصر

الفكرة الرئيسة يعتمد تدرج خواص العناصر في الجدول الدوري على حجوم الذرات، وقابليتها لفقدان الإلكترونات أو اكتسابها.

د م دون المستوى	ض م ضمن المستوى	ف م فوق المستوى	ت ت تعلم تعاوني

الزمن المقترح للتدريس - الفصل2 / الجدول الدوري والتدرج في خواص العناصر (10 حصص)				
البند	2-1	2-2	2-3	التقويم
عدد الحصص	3	2	4	1

أهـداف البند	مصادر تقويم التعلم	المواد والأدوات المختبرية
2-1 تطور الجدول الدوري الحديث 1. **يتتبع** مراحل تطور الجدول الدوري 2. **يتعرّف** الملامح الرئيسة في الجدول الدوري	**متابعة التقدم** ماذا قرأت؟ ص37، 38 تقويم بنائي، ص38، 39، 41 تقويم البند ، ص43	**نشاط استهلالي** صفحة 35 براغي، مسامير، مسطرة، ميزان **الزمن المقدر** 10 دقائق **عرض عملي**، ص 36 **عرض عملي**، ص 41
2-2 تصنيف العناصر 1. **يفسر** سبب تشابه خواص عناصر المجموعة الواحدة. 2. **يحدد** فئات الجدول الدوري الأربعة استنادًا إلى التوزيع الإلكتروني.	**متابعة التقدم** تقويم بنائي، ص 45، 47،48 ماذا قرأت؟ ص 47 تقويم البند، ص 48	
2-3 تدرج خواص العناصر 1. **يقارن** بين أنماط التغير في خواص العناصر حسب موقعها في الدورات والمجموعات. 2. **يربط** التغير الدوري لنصف قطر الذرات في المجموعات أو الدورات مع التوزيع الإلكتروني لها.	**متابعة التقدم** تقويم بنائي ص 50، 51، 52، 53 ماذا قرأت؟ ص 50، 53، 54 تقويم البند، ص 56 **تقويم ختامي** مراجعة الفصل، ص 60	**عرض عملي**، ص 54 شريط ماغنسيوم، كالسيوم، أنابيب اختبار **المختبر الصغير**، ص 55 بطاقات فهرسة، قلم رصاص **الزمن المقدر** 10 دقائق **مختبر الكيمياء، ص 85** أنابيب اختبار مع سدادات وأطباق بلاستيكية تحتوي على عينات صغيرة من العناصر، جهاز التوصيل 1 M HCl، مطرقة صغيرة، حامل أنابيب اختبار مخبار مدرج 10ml، قلم رصاص، قلم للكتابة على الزجاج. **الزمن المقدر** 30 دقيقة

الفصل 2

الفكرة العامة

الأنماط ارسم نموذج الأشكال الآتية على السبورة تمهيدًا لتقديم الفكرة العامة لهذا الفصل.

□□□■■●●●○▲▲▲□□□■■●●●○▲

اسأل الطلبة: ما الشكل الآتي الذي يتوقعونه؟ المثلث الأسود. مشيرًا إلى أن الأنماط، كالأنماط السابقة، تساعد على توقع الأشياء والحوادث. واشرح لهم أن هذا الفصل يتضمن دراسة الأنماط المفيدة في توقع خواص العناصر.

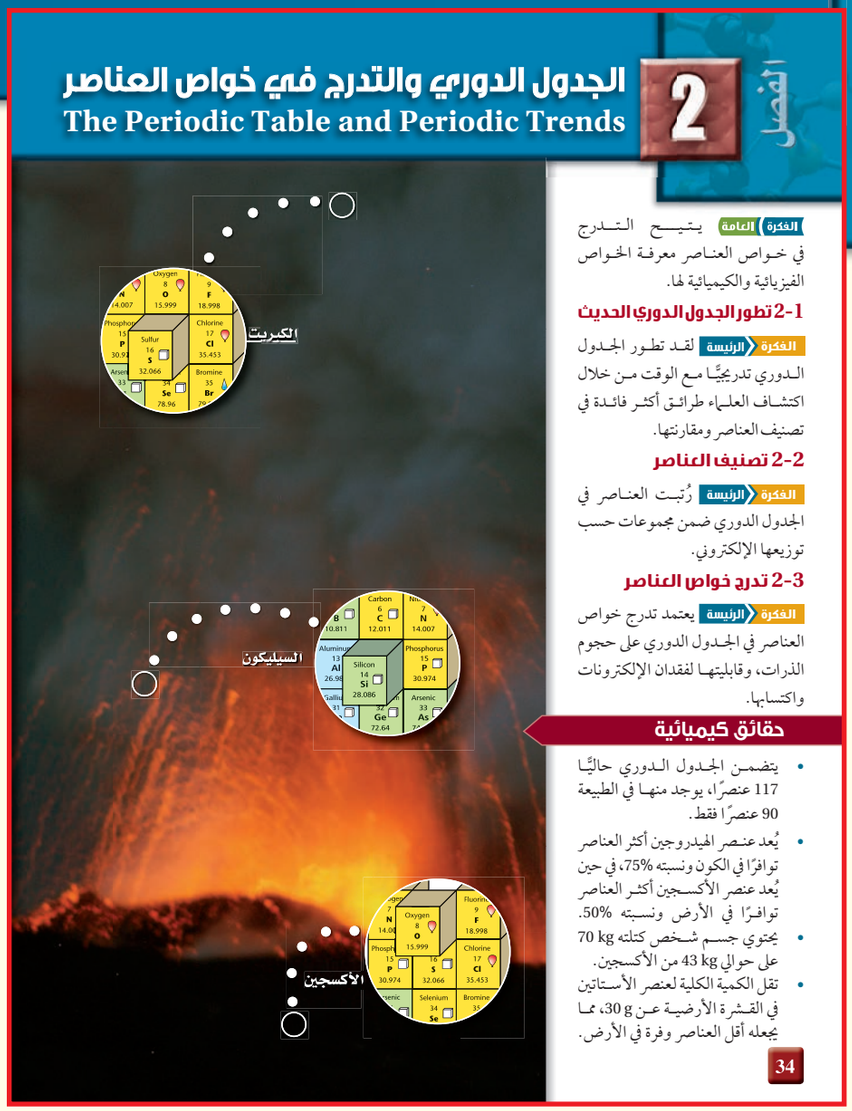
الربط مع المعرفة السابقة

اطلب إلى الطلبة مراجعة المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الفصل:

- التركيب الذري.
- التوزيع الإلكتروني
- إلكترونات التكافؤ
- التمثيل النقطي للإلكترون.

استعمال الصورة

خواص العناصر اطلب إلى الطلبة وصف الصورة. تبين الصورة ثورة بركان، وحممه والقشرة الصخرية. كما تبين أيضًا بعض غازات وعناصر الجدول الدوري المصاحبة لهذه الحمم. واسألهم: ما الهدف من هذه الصورة؟ تبين الصورة وجود العناصر في أماكن متعددة من البركان.



نشاطات تمهيدية

نشاط استهلالي

كيف تتمكن من تعرف أنماط التغير في الخواص؟

ترتب العناصر في الجدول الدوري بطريقة تسمح بتكرار خواصها على نحو منتظم. ويمكن تطبيق عملية تكرار الخواص على أشياء من البيئة.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. جهز عينات من أنواع مختلفة من البراغي والمسامير.
3. قس طول كلٍّ من العينات السابقة بالمسطرة.
4. قس كتلة العينات السابقة بالميزان.
5. رتب العينات تصاعديًّا.

تحليل النتائج

1. أنشئ جدولاً يحتوي قوائم بأطوال العينات وكتلها.
2. صف التدرج في الكتلة عند الانتقال من اليسار إلى اليمين في كل صف من الجدول.
3. صف التدرج في الكتلة عند الانتقال عموديًّا من أعلى كل عمود إلى أسفله.
4. حلّل طريقتك في ترتيب العينات، وفسّر أي نمط آخر تجده في الجدول.

استقصاء صمّم جدولاً دوريًّا للمشروبات الغازية على النحو نفسه الذي ورد في التجربة. ما الخواص التي استخدمتها؟

المطويات منظمات الأفكار

تدرج الخواص اعمل مطوية تساعدك على تنظيم المعلومات عن تدرج الخواص.

خطوة 1 اطو قطعة الورق إلى 3 أقسام عَرضيًّا.

خطوة 2 اعمل طية بعرض 2cm على طول أحد الحواف، ثم اطو قطعة الورق من المنتصف عند هذا الخط، وكرر ذلك مرة أخرى.

خطوة 3 افتح الورقة وارسم خطوطًا على طول الطيات، وسمِّ الأجزاء على النحو الآتي: تدرج الخواص، والدورات والمجموعات، ونصف قطر الذرة، ونصف قطر الأيون، وطاقة التأين ومقدار الكهروسالبية.

المطويات استخدم هذه المطوية في الدرس 3–2، لخص التدرج في خواص العناصر عبر الدورات والمجموعات.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع:

www.obeikaneducation.com

35

نشاط استهلالي

الهدف سيرتب الطلبة أشياء من حياتهم اليومية لمساعدتهم على ملاحظة تدرج خواص العناصر في الجدول الدوري.

استراتيجيات التدريس

- اختر هواتف مختلفة لتكوين أنماط متعددة.
- يمكن اتخاذ الأزرار، وأصناف الطعام، والطوابع البريدية بدائل لاستعمالها في هذه التجربة.
- ضع مربطًا أو اثنين على ألا يتطابقا مع بقية الأنماط الأخرى لتجعل التجربة حقيقية.
- وسّع هذه التجربة بالطلب إلى الطلبة تصميم جدول دوري للأشياء المتوافرة في منازلهم.

النتائج المتوقعة يصمم الطلبة جدولاً دوريًّا للمرابط على شبكة 3×4 .

تحليل النتائج

1. ستتنوع الإجابات. عينة إجابة:

الجزء	مسمار	مسمار	مسمار	مسمار
الطول	2.6 cm	3.1cm	4.1 cm	7.3 cm
الكتلة	0.295 g	0.648 g	0.860 g	4.302 g
الجزء	برغي	برغي	برغي	برغي
الطول	1.2 cm	1.9 cm	3.1 cm	3.2 cm
الكتلة	0.819 g	1.607 g	1.765 g	3.926 g
الجزء	مربط	مربط	مربط	مربط
الطول	1.8 cm	2.8 cm	4.0 cm	3.2 cm
الكتلة	2.596 g	1.723 g	1.502 g	13.705 g

2. ستتنوع الإجابات باختلاف العينات المتوافرة، وستزداد الكتلة من اليمين إلى اليسار عبر السطر.

3. ستتنوع الإجابات باختلاف العينات المتوافرة، وستزداد الكتلة من أعلى إلى أسفل عبر العمود.

4. ستتنوع الإجابات باختلاف العينات المتوافرة، وقد تتضمن التفسيرات إجابات مثل: كانت الهواتف أكثر لمعانًا عبر السطر ومنها عبر العمود. .

استقصاء

ستختلف الإجابات. وسيقوم الطلبة بوصف الاسم التجاري، كمية السعرات الحرارية، مقدار الصوديوم ولون المشروب.

2-1

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسة على الطلبة.

الفكرة الرئيسة

ترتيب العناصر اطلب إلى الطلبة مشاهدة رقائق من النحاس وأخرى من الألومنيوم والمقارنة بينهما، وأن يذكروا بعض الخواص المشتركة بينهما. إجابة محتملة: كلاهما فلز قابل للطرق. أشر إلى أن هذه هي بعض الخواص التي أخذها العلماء بعين الاعتبار عندما طوّروا الجدول الدوري. وكلما تعرّف العلماء أشياء جديدة حول العناصر، رتّبوها على نحوٍ مختلف. ض م

2. التدريس

عرض عملي

ترتيب العناصر اعرض 15 زجاجة فارغة لمواد كيميائية بطريقة عشوائية. واسأل الطلبة ما إذا كان هذا الترتيب يساعد على تحديد مكان مادة محددة، واطلب إليهم اقتراح طرائق أفضل لترتيب هذه المواد. ض م

مشروع الكيمياء

قاعدة الثمانية اطلب إلى الطلبة العمل في مجموعات صغيرة لتصميم ملصق يشرح قاعدة الثمانية للأنغام الموسيقية ووصف العلاقة التي لاحظها نيولاندز بين ثُمانيات الأنغام الموسيقية والتكرار في خواص العناصر. مراعيًا أن يكون أحد طلبة المجموعة قادرًا على قراءة النوتة الموسيقية إذا أمكن ذلك. ض م ت ت

الأهداف

- **تتبع** مراحل تطور الجدول الدوري.
- **تعرُّف** الملامح الرئيسة في الجدول الدوري.

مراجعة المفردات

العدد الذري: عدد البروتونات في الذرة.

المفردات الجديدة

تدرج الخواص
المجموعات
الدورات
العناصر المثالية
العناصر الانتقالية
الفلزات
الفلزات القلوية
الفلزات القلوية الأرضية
الفلزات الانتقالية
الفلزات الانتقالية الداخلية
سلسلة اللانثانيدات
سلسلة الأكتنيدات
اللافلزات
الهالوجينات
الغازات النبيلة
أشباه الفلزات

تطور الجدول الدوري الحديث
Development of the Modern Periodic Table

الفكرة الرئيسة **لقد تطوّر الجدول الدوري للعناصر تدريجيًا مع الوقت من خلال اكتشاف العلماء طرائق أكثر فائدة في تصنيف العناصر ومقارنتها.**

الربط مع الحياة تخيّل صعوبة عملية التسوق إذا اختلط كل من التفاح والكمثرى والبرتقال والخوخ بعضه ببعض في سلة واحدة. إن تصنيف الأشياء حسب خواصها يصبح أكثر فائدة. لذا يقوم العلماء بتصنيف العناصر المختلفة حسب خواصها في الجدول الدوري.

تطور الجدول الدوري
Development to the Periodic Table

قام العالم الفرنسي أنتوني لافوازيه Lavoisier في أواخر القرن الثامن عشر (1743–1794م) بتجميع العناصر المختلفة المعروفة آنذاك في قائمة واحدة. وتحتوي هذه القائمة المتضمنة في الجدول 1–2 على 33 عنصرًا موزعة على 4 فئات.

جون نيولاندز John Newlands اقترح الكيميائي الإنجليزي جون نيولاندز عام 1864م، مخططًا تنظيميًّا للعناصر. فقد لاحظ أن الخواص تتكرر عند ترتيبها تصاعديًّا وفق تسلسل الكتل الذرية لكل ثمانية عناصر. ويسمى هذا النمط بالدورية (التدرج)؛ لأنه يتكرر بالنمط نفسه. ولقد قام نيولاندز بتسمية هذه العلاقة الدورية بقانون الثمانيات، كما في السلم الموسيقي، حيث تتكرر الأنغام الموسيقية كل ثماني أنغام. ويوضح **الشكل 1–2** طريقة نيولاندز في ترتيب 14 عنصرًا كانت معروفة في أواسط عام 1860م. وقد واجه قانون الثمانيات معارضة؛ لأنه لم يكن ينطبق على العناصر المعروفة جميعها آنذاك.

كما أن العلماء لم يتقبلوا كلمة الثمانيات؛ فقد اعتبروا المقارنة الموسيقية تعبيرًا غير علمي. وعلى الرغم من أن القانون لم يحظ بموافقة الجميع، إلا أنه مع مرور بعض السنوات بدا جليًّا أن نيولاندز كان على صواب؛ إذ تتكرر خواص العناصر بشكل دوري كل ثمانية عناصر.

الجدول 1-2 جدول لافوازيه للمواد البسيطة

الغازات	الضوء، الحرارة، الأكسجين، النيتروجين، الهيدروجين.
الفلزات	الأنتمون، الفضة، الزرنيخ، البزموث، الكوبلت، النحاس، القصدير، الحديد، المنجنيز، الزئبق، الموليبديوم، النيكل، الذهب، البلاتينيوم، الرصاص، التنجستون، الخارصين (الزنك).
اللافلزات	الكبريت، الفوسفور، الكربون، حمض الهيدروكلوريك، حمض الهيدروفلوريك، حمض البوريك.
العناصر الأرضية	الطباشير، الماغنسيا (أكسيد الماغنيسيوم)، البورات، الصلصال، السليكا (أكسيد السليكون).

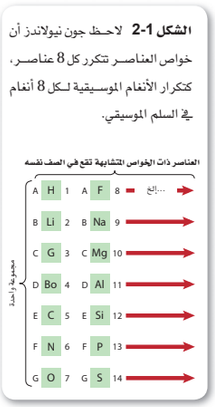
مايير ومنديليف Meyer and Mendelee في عام 1869م قام كل من الكيميائي الألماني لوثر مايـر (1830 – 1895م) والكيميائي الـروسي ديمتري منديليـف (1834 – 1907م) بتقديم الدليل على العلاقة بين العدد الكتلي للعناصر وخواصها. وقد حظي منديليف بسمعة أكثر مـن مايـر؛ حيث قـام بنشر دراسته أولاً. لاحظ منديليـف – كما لاحظ نيولانـدز قبل عدة سـنوات – أنـه عند ترتيب العناصر تصاعديًّا وفق كتلها الذرية فـإن خواصها تتكرر وفق نمط دوري، فقام بتشكيل الجدول الدوري بترتيب العناصر تصاعديًّا وفق كتلها الذرية في أعمدة تحوي العناصر المتشابهة في خواصها.

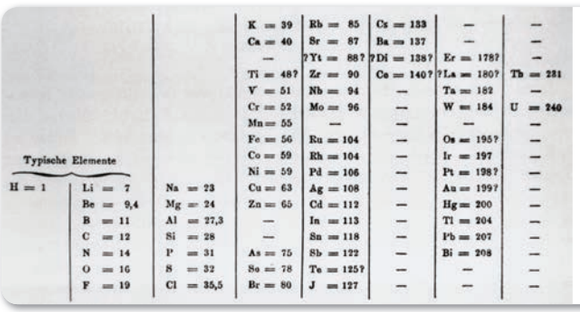
وقـد لاقى جدول منديليـف كما في **الشكل 2–2** قبولًا واسـعًا؛ حيث أمكنـه توقع وجود عنـاصر لم تُكتشـف بعـد وحـدّد خواصهـا، كمـا تـرك منديليف أماكـن شـاغرة في الجدول للعناصر التي اعتقد أنها لم تكتشـف. وقد تمكّن منديليف من خلال ملاحظة أنماط التغير في خواص العناصر المعروفة من توقع خواص العناصر التي سيتم اكتشافها مثل السكانديوم، والجاليوم، والجيرمانيوم.

موزلي Moseley لم يكن جدول منديليف صحيحًا تمامًا؛ فبعد اكتشاف العديد من العناصر الجديدة، وتحديد الكتل الذرية للعناصر المعروفة بدقة أكثر، أصبح واضحًا أن بعض العناصر لم توضع في مكانها الصحيح في الجدول. إذ إن ترتيب العناصر وفق كتلها الذرية أدّى إلى وضع بعض العناصر في مجموعات لعناصر ذات خواص مختلفة عنها. فقام الكيميائي الإنجليزي هنري موزلي (1887 – 1915م) في عام 1913م بتحديد سبب هذه المشكلة؛ إذ اكتشف أن ذرات كل عنـصر تحتوي على عدد محدد وفريد مـن البروتونات في أنويتها– وبناءً على ذلك رُتبت العناصر في الجدول الدوري تصاعديًّا وفق أعدادها الذرية. وقد نتج عن ترتيب موزلي للعناصر وفق عددها الذري أنماط أكثر وضوحًا في تدرج خواصها. ويُعرف تكرار الخواص الكيميائية والفيزيائية عند ترتيب العناصر تصاعديًّا وفق أعدادها الذرية بتدرج الخواص.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين طريقة كل من منديليف وموزلي في ترتيب العناصر.

الشكل 2-1 لاحظ جون نيولاندز أن خواص العناصر تتكرر كل 8 عناصر، كتكرار الأنغام الموسيقية لكل 8 أنغام في السلم الموسيقي.




Typische Elemente

H = 1	Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85	Cs = 133	—	—
	Be = 9,4	Mg = 24	Ca = 40	Sr = 87	Ba = 137	—	—
	B = 11	Al = 27,3	—	?Yt = 88?	?Di = 138?	Er = 178?	—
	C = 12	Si = 28	Ti = 48?	Zr = 90	Ce = 140?	?La = 180?	Th = 231
	N = 14	P = 31	V = 51	Nb = 94	—	Ta = 182	—
	O = 16	S = 32	Cr = 52	Mo = 96	—	W = 184	U = 240
	F = 19	Cl = 35,5	Mn = 55	—	—	—	—
			Fe = 56	Ru = 104	—	Os = 195?	—
			Co = 59	Rh = 104	—	Ir = 197	—
			Ni = 59	Pd = 106	—	Pt = 198?	—
			Cu = 63	Ag = 108	—	Au = 199?	—
			Zn = 65	Cd = 112	—	Hg = 200	—
			—	In = 113	—	Tl = 204	—
			—	Sn = 118	—	Pb = 207	—
			As = 75	Sb = 122	—	Bi = 208	—
			Se = 78	Te = 125?	—	—	—
			Br = 80	J = 127	—	—	—

الشكل 2-2 قام منديليف في النسـخة الأولى للجـدول الـذي نشـره في 1896م بترتيـب العناصـر ذات الخواص الكيميائية المتشابهة أفقيًّا. وقد ترك أماكن فارغة للعناصـر التـي لم تكـن قد اكتشفت في ذلك الوقت.

بناء النموذج

الجـدول الدوري اطلب إلى الطلبة عمل جـدول دوري لطلبة الصف يبين سمات كل منهم بحيث يُمثِّل كل طالب في الصف مربعًـا في الجدول الدوري. وزوّد كل طالب ببطاقة مسـاحتها قـدم مربعة. واطلب إلـى كل منهم أن يكتب الحرف الأول من اسمه في وسـط المربعات بحجم كبير، يليه الحرف الأول من اسم العائلة بحجم صغير. ثم اختر بعض الخواص العامة التي يشـترك فيهـا الطلبة، ومنها مقـاس الحذاء، لون الشـعر، اللعبة المفضلـة، المـواد الدراسـية المفضلـة، وهكذا. وحـدّد موقع كل منهـا على البطاقة. واطلب إلـى كل منهم أن يكمل بطاقته، ثـم دعهم يختاروا الطريقة الفضلـى لترتيب المربعات على أن يتكـوّن مـن ذلك أحد الأنمـاط الدورية الذي يبـرز التدرج في الخواص إن أمكن. ض م

التوسع

اطلـب إلى الطلبـة البحث عـن السـيرة الذاتية للعلمـاء الذين سـاهموا فـي تطويـر الجـدول الـدوري علـى أن تتضمـن مساهماتهم الأخرى في الكيمياء. ف م ض م

ماذا قرأت؟ رتّب منديليف العناصر تصاعديًّا وفق كتلها الذريـة، ثم جـاء موزلي ورتبهـا تصاعديًّا وفـق أعدادها الذرية.

طرائق تدريس متنوعة

الطلبة المتفوقون توقّع منديليف خواص عناصر عدة لم تكن مكتشفة بعد عند نشره جدوله الدوري. لذا زوِّد الطلبة بعدد من هذه الخواص، واطلب إليهم البحث عن الخواص الحقيقية للعناصر المكتشفة. وأحد هذه العناصر هو الإيكاسليكون الذي عُرف باسم الجاليوم عند اكتشافه.

لقد توقع منديليف أن تكون الكتلة الذرية للإيكاسليكون 68 amu، ودرجة انصهاره منخفضة، وكثافته $5.9g/cm^3$ وصيغة أكسيده Ea_2O_3. اطلب إلى الطلبة البحث عن الخواص الحقيقية لعنصر الجاليوم وتقويم مدى دقة توقعات منديليف، والتفكير في معنى المقطع "إيكا". د م

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

يجد الطلبة على الأغلب صعوبة في فهم كمية المعلومات التي يستدل عليها من موقع العنصر في الجدول الدوري.

الكشف عن المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

أولاً، اطلب إلى الطلبة عمل قائمة بظواهر وأحداث ذات طبيعة دورية، ومنها فصول السنة، أطوار القمر، السنة الدراسية، الأيام والأسابيع، النغمات الموسيقية والدالات الرياضية ومنها الجيب وجيب التمام. ثم اسألهم: لماذا تتناسب كلمة دوري مع الجدول الدوري؟

عرض المفهوم

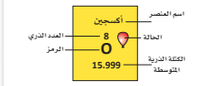
العب لعبة العشرين سؤالاً أو لعبة من أنا؟ واختر أحد العناصر، ثم أخبر الطلبة أنه سيتم تزويدهم ببعض الإرشادات المتعلقة بماهية العنصر، مبتدئًا بعناصر ذات خواص شائعة معروفة، متدرجًا في زيادة صعوبة اللعبة باختيار عناصر ذات خواص أقل شيوعًا. وأخبرهم أن هناك العديد من العناصر والخواص التي لا يستطيع العلماء تذكرها جميعًا. يساعد الجدول الدوري العلماء على تنظيم الخواص والحقائق الكيميائية التي قد تبدو غير مترابطة لإبراز دورية هذه الخواص.

تقويم المعرفة الجديدة

اختر خمسة عناصر تمثل الدورية في الخواص، واكتب قائمة بعدد من خواص كل عنصر على بطاقة. وتجاهل إحدى خواص أحد العناصر. ثم اطلب إلى الطلبة ترتيب البطاقات الخمس، وتوقّع الخاصية المفقودة، وتفسير كيف تمكنوا من ذلك. ض م

ماذا قرأت؟ المجموعات: أعمدة في الجدول الدوري، الدورات: صفوف في الجدول الدوري

الشكل 2-3 تحتوي المربعات في الجدول الدوري على اسم العنصر والرمز الكيميائي والعدد الذري والعدد الكتلي وحالة المادة.



المفردات

أصل الكلمة

الدورية

جاءت الكلمة من أصل لاتيني وتعني الطريق الدائري.

يلخص **الجدول 2–2** مساهمات كل من نيولاندز وماير ومنديليف وموزلي في تطوير الجدول الدوري؛ فقد رتبت في الجدول الدوري حقائق بدت كأنها غير مترابطة، لذا أصبح هذا الجدول من أهم الأدوات التي يستخدمها الكيميائيون. ويعد الجدول الدوري مرجعًا مهمًّا لفهم خواص العناصر، والتنبؤ بها وتنظيم المعلومات المتعلقة بالتركيب الذري.

الجدول الدوري الحديث
The Modern Periodic Table

يتكون الجدول الدوري الحديث من مجموعة مربعات، يحتوي كل مربع على اسم العنصر ورمزه وعدده الذري وكتلته الذرية. ويوضح **الشكل 3–2** أحد هذه المربعات. وقد رتبت المربعات تصاعديًّا وفق العدد الذري في سلسلة من الأعمدة تُعرف **بالمجموعات** أو العائلات، وفي صفوف تُعرف **بالدورات**. ويوضح **الشكل 5–2** الجدول الدوري للعناصر.

ماذا قرأت؟ **عرّف** المجموعات والدورات.

الجدول 2-2 المساهمات في تصنيف العناصر

جون نيولاندز 1837–1898م • رتب العناصر تصاعديًّا وفق الكتل الذرية. • لاحظ تكرار خواص العناصر لكل ثمانية عناصر. • وضع قانون الثمانيات.
لوثر ماير 1830–1895م • برهن على وجود علاقة بين الكتل الذرية وخواص العناصر. • رتب العناصر تصاعديًّا وفق الكتل الذرية.
ديمتري منديليف 1834–1907م • برهن على وجود علاقة بين الكتل الذرية وخواص العناصر. • رتب العناصر تصاعديًّا وفق الكتل الذرية. • تنبأ بوجود عناصر غير مكتشفة، وحدد خواصها.
هنري موزلي 1887–1915م • اكتشف أن العناصر تحتوي على عدد فريد من البروتونات سمّاه العدد الذري. • رتب العناصر تصاعديًّا وفق العدد الذري، مما نتج عنه نموذج لدورية خواص العناصر.

دفتر الكيمياء

الطلبة مراسلو الأخبار اطلب إلى الطلبة أن يمثلوا أنهم مراسلو أخبار يودون إجراء مقابلة مع كل من منديليف وموزلي؛ على كل طالب إعداد تقرير يتعلق بالاكتشافات الكيميائية التي توصل إليها كل منهما. على أن يتناول هذا التقرير بعض الأسئلة والخبرات الحياتية التي مرّا بها، ومستواهما الدراسي والدول التي عاشا فيها. ض م

يحتوي الجدول الدوري الحديث سبع دورات بدءًا من الهيدروجين في الدورة الأولى. وقد رُقمت المجموعات من 1 إلى 18. فمثلًا، تحتوي الدورة الرابعة على البوتاسيوم والكالسيوم، في حين يوجد السكانديوم Sc في العمود الثالث من اليسار، أيْ في المجموعة الثالثة. ويوجد الأكسجين في المجموعة 16. ،لعناصر المجموعات 1 و 2 ومن 13 إلى 18 العديد من الخواص الفيزيائية والكيميائية، ولهذا السبب يشار إليها بعناصر المجموعات الرئيسة أو **العناصر المثالية**. ويُشار إلى عناصر المجموعات من 3 إلى 12 **بالعناصر الانتقالية**. كما تُصنّف العناصر إلى فلزات ولافلزات وأشباه فلزات.

الفلزات تُسمى العناصر التي تكون ملساء ولامعة وصلبة في درجة حرارة الغرفة وجيدة التوصيل للحرارة والكهرباء **بالفلزات**. ويمتاز معظمها بالليونة والقابلية للطَّرْق والسحب؛ إذ يمكن تحويلها إلى صفائح رقيقة، وسحبها إلى أسلاك رفيعة. وتعد معظم **العناصر المثالية** والعناصر الانتقالية فلزات. وإذا نظرت إلى عنصر البورون B في العمود 13، تشاهد خطًا متعرجًا يصل إلى الأستاتين At في أسفل المجموعة 17. ويقسم هذا الخط بصريًّا بين الفلزات واللافلزات في الجدول الدوري. وقد مُثّلت الفلزات بالمربعات ذات اللون الأزرق في **الشكل 5–2**.

العناصر القلوية، العناصر عن يسار الجدول جميعها فلزات إلا الهيدروجين، وتُسمى عناصر المجموعة 1 (ما عدا الهيدروجين) **بالفلزات القلوية**. ونظرًا إلى شدة نشاطها فهي غالبًا ما تكون موجودة في الطبيعة على هيئة مركبات مع عناصر أخرى. ومن الفلزات القلوية الشائعة الصوديوم Na وهو أحد مكونات ملح الطعام، والليثيوم Li المستخدم في البطاريات.

الفلزات القلوية الأرضية، توجد **الفلزات القلوية الأرضية** في المجموعة 2، وهي أيضًا سريعة التفاعل. ويُعد عنصرا الكالسيوم Ca والماغنيسيوم Mg من المعادن المفيدة لصحة الجسم، وهما من الفلزات القلوية الأرضية. والماغنيسيوم صلب، ووزنه خفيف نسبيًّا، لذا يستخدم في تصنيع الأجهزة الإلكترونية، ومنها الحواسيب المحمولة، كما في **الشكل 4–2** .

الشكل 4-2 لأن عنصر الماغنيسيوم خفيف وقوي يستخدم في تصنيع الأجهزة الإلكترونية. فمثلاً الإطار الخارجي لهذا الحاسب الآلي المحمول مصنوع من الماغنيسيوم.

مشروع الكيمياء

أسماء المجموعات اطلب إلى الطلبة البحث في الأسماء الحالية والقديمة التي استعملت في تسمية مجموعات العناصر في الجدول الدوري، ومنها الفلزات القلوية، والفلزات القلوية الترابية، والفلزات الأرضية النادرة، والهالوجينات والغازات النبيلة، على أن يتطرقوا إلى الحديث عمّا إذا كانت هذه الأسماء تعكس على نحو صحيح الخواص التي نعرفها الآن عن هذه العناصر. ض م

التوسع

اكتشاف العناصر

زوّد الطلبة بقائمة بأسماء بعض العناصر وتواريخ اكتشافها، أو اطلب إليهم البحث عن هذه التواريخ. ثم زوّد كل طالب بمجموعة من الأقلام الملوّنة وجدول دوري يحتوي على أسماء العناصر أو رموزها فقط. واطلب إليهم تلوين كل من مجموعات العناصر الآتية بألوان مختلفة:

- عناصر معروفة منذ العام 100م.
- عناصر اكتُشفت بين العام 101م إلى العام 1600م.
- عناصر اكتُشفت بين العام 1601م إلى العام 1799م.
- عناصر اكتُشفت بين العام 1800م إلى أن نشر مندليف الجدول الدوري عام 1870م.
- عناصر اكتُشفت بين 1871م إلى 1980م.
- عناصر اكتُشفت منذ 1981م. ف م

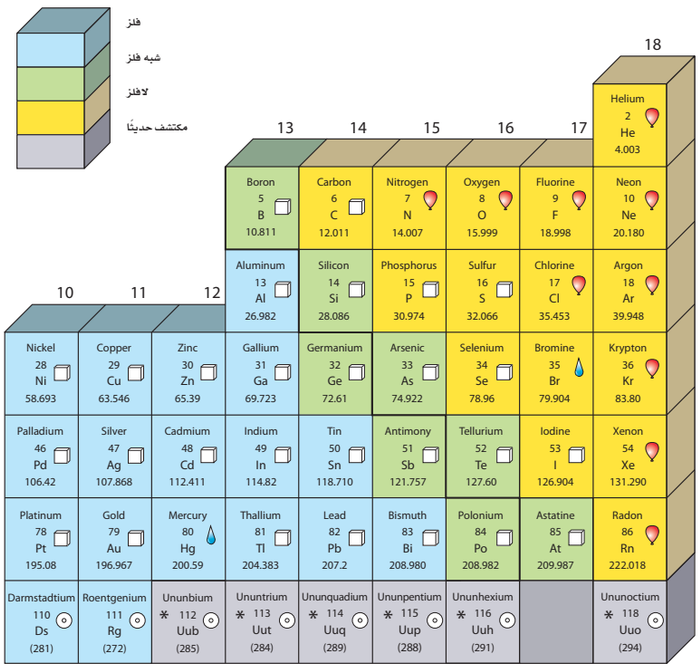
التقويم

المعرفة أشر إلى أن عددًا من أزواج العناصر في جدول مندليف وضعت في غير مكانها الصحيح، كالأرجون والبوتاسيوم. لذا اطلب إلى الطلبة البحث عن الأسباب التي دفعت مندليف إلى ترتيب العناصر حسب الكتلة الذرية بدلاً من العدد الذري. لم تكن خاصية العدد الذري مكتشفة بعد حتى أوائل 1900م، لذا كان من المستحيل أن يستند مندليف إلى الأعداد الذرية في جدوله الدوري الذي أعدّه. ض م

تطبيقات في الكيمياء

كيمياء الأحجار الكريمة تكتسب الأحجار الكريمة ألوانها على الأغلب من ذرات العناصر الانتقالية التي تحل محل ذرات أخرى في البناء البلوري. فعلى سبيل المثال، إذا حلّت ذرات الكروم محل عدد قليل من ذرات الألومنيوم في البناء البلوري لمعدن الكورندم Al_2O_3، فعندئذٍ يصبح لون البلورة الناتجة أحمر لامعًا، وتُعرف هذه البلورة باسم الياقوت. وينتج التوباز عند استبدال بعض ذرات الألومنيوم بذرات الحديد في المركب السابق، كما ينتج أيضًا الياقوت الأزرق عند استبدال ذرات الألومنيوم بذرات التيتانيوم في المركب نفسه. ومن الأمثلة الأخرى على ذلك ما يحدث في المركّب المعروف باسم البريل $Be_3Al_2Si_6O_{18}$. فإذا استُبدل عدد قليل من ذرات الألومنيوم بذرات الكروم، ينتج لون أخضر زمردي لامع، لتشابه أنصاف أقطار ذراتهما وعدد إلكترونات تكافُئِهما.

الشكل 2-5 **الجدول الدوري للعناصر**

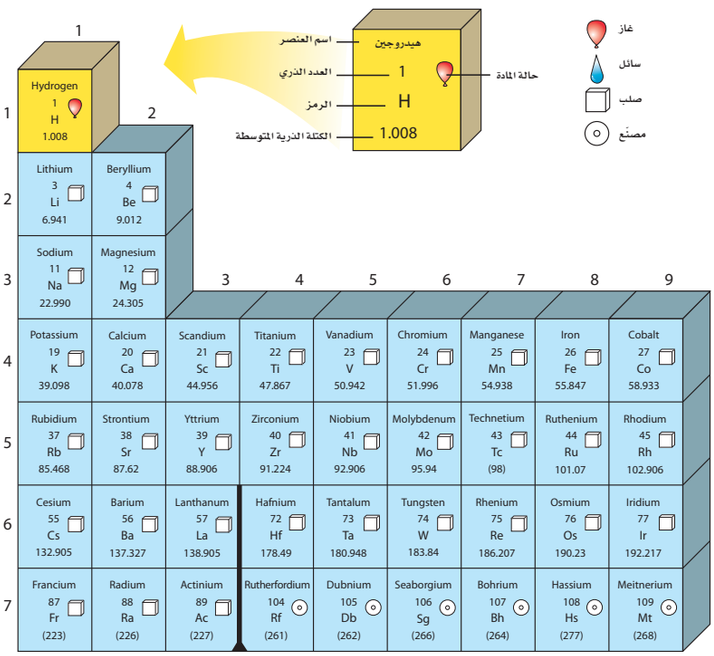


* أسماء ورموز العناصر من 112–116 والعنصر 118 مؤقتة، وسيتم اختيار أسماء نهائية لها عند التأكد من اكتشافها.

40

التنوع الثقافي

الجداول العالمية ابحث عن جداول دورية من دول مختلفة مثل اليابان، وروسيا، وألمانيا، وإسبانيا، والمكسيك. واعرض هذه الجداول على الطلاب، واطلب إليهم تفحص أوجه الشبه والاختلاف فيما بينها. فعلى سبيل المثال، تستخدم النسخة اليابانية من الجدول الدوري الرمز(Na) نفسه للصوديوم كما في النسخة الإنجليزية للجدول الدوري، ولكن يكتب اسم العنصر بالخط الياباني. واطلب إلى الطلاب مقارنة اسم العنصر المترجم إلى اللغة الإنجليزية باسمه الأصلي بهذه اللغة نفسها. وعلى الرغم من توافر أكثر من نموذج للجدول الدوري، فإن شكله لن يتغير بصورة عامة.



41

عرض عملي

خواص الفلزات

اشرح للطلبة قابلية العديد من الفلزات للطرق. واطلب إلى بعضهم أن يقارنوا بين الصفائح التي لها السماكة نفسها مثل النحاس، القصدير، الرصاص والحديد ومدى قابليتها للطرق بالمطرقة. **تحذير: ينبغي على الطلبة وضع النظارات الواقية، وإرشادهم إلى الطرق الآمنة لاستخدام المطرقة.** واطلب إليهم أيضًا ترتيب الفلزات تنازليًّا حسب قابليتها للطرق. د م

التقويم

مهارة اعرض عينات تمثل الفلزات واللافلزات وأشباه الفلزات. واطلب إلى الطلبة أن يسجلوا ملاحظاتهم ويصنفوا العينات إلى فلزات ولافلزات وأشباه فلزات. واطلب إليهم أيضًا تعرّف كل فلز وتحديد مجموعته إذا أمكن ذلك. ض م

التعزيز

مهارة زوّد كل طالب بنموذج فارغ للجدول الدوري. واطلب إليهم رسم سهم يوضح اتجاه تزايد الخواص الفلزية عبر الجدول الدوري، وسهمًا آخر يوضح اتجاه تزايد الخواص الفلزية عبر المجموعة. ض م

مختبر حل المشكلات

الهدف يستعمل الطلبة القانون الدوري لتحديد درجة انصهار عنصر الفرانسيوم، ودرجة غليانه وتبخره.

المهارات العملية التوقع، تحديد المتغيرات، استخدام الرسم البياني، تفسير النتائج، الملاحظة والاستنتاج، وتطبيق المفاهيم.

استراتيجيات التدريس

- اسأل الطلبة كيف يُستخدم الجدول الدوري في توقع درجة انصهار الفرانسيوم، ودرجة غليانه وتبخره. يمكن استقراء القيم الخاصة بالفرانسيوم عند رسم المنحنى البياني لهذه الخواص مقابل العدد الذري للفلزات القلوية المعروفة.
- فسر لماذا توجد كمية قليلة من الفرانسيوم في القشرة الأرضية؟ الفرانسيوم –223 هو النظير الوحيد للعنصر الموجود في الطبيعة. وينتج عن تحلل الأكتينيوم –227 عن طريق جسيمات ألفا، والذي يتشكل بدوره من تحلل اليورانيوم- 238. ولكل طن من U–238 ، يتشكل 0.2 mg من Ac–227 فقط. فترة عمر النصف لـ Ac–227 هي 22 عامًا ينتج عنها فقط 3.8×10^{-10} من Fr–223 غير المستقر بسرعة حيث إن فترة عمر النصف هي 22 دقيقة فقط.

التفكير الناقد

1. إن أفضل طريقة هي المنحنى البياني لكل خاصية مقابل العدد الذري. وباستكمال المنحنى إلى العدد الذري 87 للفرانسيوم، يمكن تحديد كل من نصف القطر، درجة الانصهار، ودرجة الغليان. حيث يتراوح نصف القطر من 290 pm – 280، ودرجة الانصهار 25°C ودرجة الغليان 675°C تقريبًا.
2. قد يكون الفرانسيوم سائلاً عند درجة حرارة الغرفة ودرجة انصهاره 20°C تقريبًا حسب النمط الظاهر في الجدول الدوري.
3. إن توقع نصف القطر هو الأكثر احتمالاً للخطأ. حيث من الصعب استقراء تأثير مستويات الطاقة الرئيسة في نصف القطر بسبب تغيرها من دورة إلى أخرى.
4. إن تجمّع مليون ذرة معًا من جسم ما يعد ميكروسكوبيًّا (مجهريًّا). ومع ذلك فإن حبة ملح واحدة تحوي 10^{15} تقريبًا من ذرات الصوديوم.

مختبر حل المشكلات

تحليل التغير في خواص العناصر

الفرانسيوم: هل هو صلب أم سائل أم غاز؟ اكتُشف الفرانسيوم في عام 1939م إلاّ أن مندليف تنبأ بوجوده في عام 1870م. ويُعد الفرانسيوم أقل العناصر الـ 101 الأولى استقرارًا؛ فعمر النصف لنظيره الأكثر استقرارًا 22 دقيقة! في ضوء ما تعرفه عن خواص الفلزات القلوية الأخرى تنبأ بخواص عنصر الفرانسيوم.

التحليل

اعتمادًا على طريقة دمتري مندليف في توقع خواص العناصر غير المكتشفة، استخدم المعلومات الخاصة بخواص الفلزات القلوية لاستنباط طريقة لتحديد خواص عنصر الفرانسيوم.

التفكير الناقد

1. **استنبط** طريقة توضح نمط التغير في الخواص الواردة في الجدول والتي تسمح لك باستقراء القيم الخاصة بعنصر الفرانسيوم، مستعملاً تدرج الخواص دليلاً.
2. **توقع** ما إذا كان عنصر الفرانسيوم صلبًا أم سائلاً أم غازًا. وكيف يمكن دعم هذا التوقع؟
3. **استدل** أي عمود من أعمدة البيانات يظهر أكثر احتمالاً للخطأ عند محاولة التحقق من هذا التوقع؟ اشرح ذلك.
4. **حدد** لماذا لا يكفي إنتاج مليون واحد من ذرات عنصر الفرانسيوم في الثانية لإجراء قياسات، منها الكثافة ودرجة الانصهار؟

بيانات الفلزات القلوية

العنصر	درجة الانصهار °C	درجة الغليان °C	نصف القطر (pm)
الليثيوم	180.5	1347	152
الصوديوم	97.8	897	186
البوتاسيوم	63.3	766	227
الروبيديوم	39.31	688	248
السيزيوم	28.4	674.8	248
الفرانسيوم	؟	؟	؟

المفردات

الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع

الموصلات

الاستعمال العلمي: مواد تستطيع نقل الكهرباء، أو الحرارة، أو الصوت.

النحاس موصل جيد للحرارة

الاستعمال الشائع: ما يوصل به الحبل.

الفلزات الانتقالية والفلزات الانتقالية الداخلية تُقسم العناصر الانتقالية إلى **فلزات انتقالية** و**فلزات انتقالية داخلية**. وتعرف الفلزات الانتقالية الداخلية، بسلسلتي **اللانثانيدات** و**الأكتنيدات** وتوجدان أسفل الجدول الدوري. وتوجد العناصر الانتقالية الأخرى في المجموعات 3 إلى 12.

الربط مع علم الأحياء **اللافلزات** توجد اللافلزات في الجزء العلوي الأيمن من الجدول الدوري. وقد تم تمثيلها بالمربعات الصفراء، كما في **الشكل 5–2**، وغالبًا ما تكون **اللافلزات** غازات أو مواد صلبة هشة ذات لون داكن، وتعد رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء. أمّا البروم Br فهو اللافلز الوحيد السائل عند درجة حرارة الغرفة. ويعد الأكسجين أكثر العناصر وفرة في جسم الإنسان، حيث يشكل 65% من كتلته. وتتألف المجموعة 17 من عناصر شديدة التفاعل تعرف باسم **الهالوجينات**. وكما هي عناصر المجموعة 1 والمجموعة 2، فإن الهالوجينات عادة ما تكون جزءًا من مركب. وتضاف المركبات التي تحتوي على الفلور إلى معجون الأسنان وماء الشرب لحماية الأسنان من التسوس. وتسمى عناصر المجموعة 18 الخاملة جدًّا **بالغازات النبيلة**، وتستخدم في المصابيح الكهربائية وإشارات (لوحات) النيون.

الشكل 2-6 قام العلماء القائمون على تطوير تقنيات الغواصات بصنع روبوت آلي على صورة سمكة، قادر مثلها على السباحة. وصنع جسم الروبوت من راتنج السيليكون الذي يصبح ليّنًا في الماء.

أشباه الفلزات تُعرف العناصر في المربعات الخضراء على جانبي الخط المتعرج في **الشكل 5–2** بأشباه الفلزات. **ولأشباه الفلزات** خواص فيزيائية وكيميائية مشابهة للفلزات واللافلزات معًا. فالسيليكون Si والجرمانيوم Ge من أشباه الفلزات المهمة المستخدمة بكثرة في صناعة رقائق الحاسوب والخلايا الشمسية، كما يستخدم السيليكون في الجراحة التجميلية والتطبيقات التي تحاكي الواقع، كما في **الشكل 6–2** .

تعرض هذه المقدمة معلومات بسيطة عن فوائد الجدول الدوري. ويمكنك الرجوع إلى دليل العناصر الكيميائية لمعرفة المزيد عن مختلف مجموعات العناصر.

التقويم 2-1

الخلاصة

- تم ترتيب العناصر، أول الأمر، تصاعديًا وفق كتلها الذرية، مما نجم عنه بعض التضارب. وقد تم ترتيبها لاحقًا وفقًا لتزايد أعدادها الذرية.
- تتدرج الخواص الفيزيائية والكيميائية للعناصر عند ترتيبها تصاعديًّا حسب أعدادها الذرية.
- تترتب العناصر في الجدول الدوري في دورات (صفوف) ومجموعات (أعمدة)، وتقع العناصر المتشابهة في خواصها في المجموعة نفسها.
- تصنف العناصر إلى فلزات، ولافلزات وأشباه فلزات.

1. **الفكرة الرئيسة** **صف** التطور في الجدول الدوري الحديث، واذكر مساهمات كل من لافوازييه، ونيولاندز، ومندليف وموزلي في ذلك.
2. **ارسم** مخططًا مبسطًا للجدول الدوري، وأشر إلى مواقع الفلزات، واللافلزات وأشباه الفلزات.
3. **صف** الخواص العامة للفلزات، واللافلزات وأشباه الفلزات.
4. **حدّد** أي العناصر الآتية عناصر مثالية وأيها عناصر انتقالية:
   a. ليثيوم Li **b.** بلاتين Pt
   c. بروميثيوم Pm **d.** كربون C
5. **قارن** اكتب اسمَيْ عنصرين لهما خصائص مشابهة مما يأتي:
   a. اليود I **b.** الباريوم Ba **c.** الحديد Fe
6. **قارن** استنادًا إلى الجدول الدوري الحديث، ما العنصران اللذان تكون قيمة الكتلة الذرية لكل منهما الذرية أقل من ضعف العدد الذري؟
7. **تفسير البيانات** تخطط شركة لتصنيع جهاز إلكتروني، مما يتطلب استخدام عنصر له خواص كيميائية شبيهة بالسليكون Si والرصاص Pb، والكتلة الذرية له أكبر من كتلة الكبريت S، ولكنها أقل من كتلة الكادميوم Cd. استخدم الجدول الدوري لتحديد العنصر الذي يمكن أن تستخدمه الشركة.

43

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة كتابة فقرة باستخدام كل من المفردات الواردة في قائمة هذا الفصل. ض م

إعادة التدريس

وزع الطلبة في مجموعات ثنائية، واطلب إلى أحدهم اختيار عنصر يقوم طالب آخر بتصنيفه مستخدمًا التعابير التي وردت في الفصل. ثم اعكس الأدوار لإتاحة الفرصة لكل منهما بالمشاركة. ض م ت ت

التوسع

اطلب إلى الطلبة توقع خواص العنصر 117، على أن يقدموا الأسباب الداعمة لتوقعاتهم. ض م

التقويم 2-1

1. رتّب لافوازييه العناصر المعروفة في زمنه في أربعة أقسام. وكان نيولاندز أول من رتب العناصر وأشار إلى تكرار الخواص بشكل دوري. وقدم كل من مندليف وماير الجداول الدورية موضحين العلاقة بين الكتل الذرية وخواص العناصر. ورتب موزلي العناصر وفق العدد الذري بدلًا من الكتل الذرية.
2. ينبغي أن تشبه الجداول المبسطة الشكل 4–2 وتظهر أسماء المجموعات والدورات.
3. الفلزات: لامعة، قابلة للسحب والطرق. وجيدة التوصيل للحرارة والكهرباء. أما اللافلزات: فمعتمة اللون، هشة، رديئة التوصيل للحرارة والكهرباء. في حين أن شبه الفلزات: لها خواص كل من الفلزات واللافلزات.
4. a. مثالية، b. انتقالية. c. انتقالية. d. مثالية.
5. a. أي عنصر آخر في المجموعة 17
   b. أي عنصر آخر في المجموعة 2
   c. أي عنصر آخر في المجموعة 18
6. الهيدروجين والأكسجين.
7. الجرمانيوم Ge.

2-2

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسة على الطلبة.

الفكرة الرئيسة

الترتيب في فئات اطلب إلى الطلبة تذكّر آخر مرة ذهبوا فيها إلى المحال الكبيرة (المولات) لشراء حاجاتهم. واسألهم كيف كانوا يتعرفون أماكن الأشياء التي يريدون شراءها. فالمول مقسّم إلى أقسام، فما بعض هذه الأقسام؟ قسم الأحذية، وملابس النساء، وملابس الأولاد، والأجهزة المنزلية وهكذا. ثم أشر إلى أن العناصر الكيميائية مرتبة أيضًا في الجدول الدوري في أقسام تُسمى بالفئات.

2. التدريس

تطوير المفهوم

التوزيع الإلكتروني أكد على أن التوزيع الإلكتروني صفة دورية تحدد التدرج في خواص العناصر الكيميائية .

طرائق تدريس متنوعة

ضعاف البصر اطلب إلى الطلبة ضعاف البصر أن يعملوا مع طلبة آخرين سليمي البصر لدراسة ترتيب العناصر في الجدول الدوري حسب التوزيع الإلكتروني. واطلب إلى ذوي البصر السليم عمل نموذج لفئة عناصر S بقص قطعتين من طبق البيض. ثم دع ضعاف البصر يمثلوا عناصر المجموعة الأولى بوضع كرة زجاجية في كل تجويف من القطعة الأولى، وتمثيل عناصر المجموعة الثانية بوضع كرة زجاجية في كل تجويف من القطعة الثانية. ويمكن عمل نماذج لفئات p وd وf، واطلب إلى كل طالبين في مجموعة وصف النشاط. ض م د م

الأهداف

- **تفسّر** سبب تشابه خواص عناصر المجموعة الواحدة.
- **تحدّد** فئات الجدول الدوري الأربعة استنادًا إلى التوزيع الإلكتروني.

مراجعة المفردات

إلكترون التكافؤ: إلكترون مستوى الطاقة الأخير للذرة، والذي يحدد الخواص الكيميائية لها.

تصنيف العناصر

Classification of the Elements

الفكرة الرئيسة **رُتبت العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات حسب توزيعها الإلكتروني.**

الربط مع الحياة لا تكفي معرفة رقم المنزل لإيصال الرسالة. لذا من الضروري توافر معلومات إضافية مثل اسم الشارع والمدينة والمنطقة. وبالطريقة نفسها يتم تعرف العناصر من خلال تفاصيل توزيعها الإلكتروني.

ترتيب العناصر وفق التوزيع الإلكتروني

Organizing the Elements by Electron Configuration

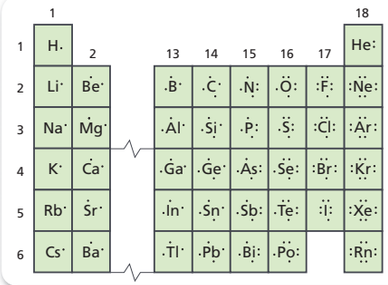
يحدِّد التوزيع الإلكتروني الخواص الكيميائية للعنصر، إلا أن التوزيع الإلكتروني باستخدام نموذج أوفباو aufbau قد يكون مملاً. ويمكنك معرفة التوزيع الإلكتروني وعدد إلكترونات التكافؤ من خلال موقع العنصر في الجدول الدوري الحديث. يوضح **الجدول 3–2** التوزيع الإلكتروني لبعض عناصر المجموعة الأولى، كما يبين التوزيع الإلكتروني إلكترونًا واحدًا في مستوى الطاقة الأخير لكل عنصر.

إلكترونات التكافؤ تُعرف الإلكترونات الموجودة في مستوى الطاقة الرئيس الأخير للذرة باسم إلكترونات التكافؤ. ويوجد لكل عنصر في المجموعة 1 إلكترون واحد في مستوى طاقته الأخير. لذا تتشابه عناصر المجموعة الأولى في خواصها الكيميائية؛ لأنها تحتوي العدد نفسه من إلكترونات التكافؤ. وتُعد هذه الخاصية من أهم العلاقات في الكيمياء؛ فذرات المجموعة الواحدة لها الخواص نفسها لأن لها عدد إلكترونات التكافؤ نفسه. ولكل عنصر في المجموعة 1 إلكترون تكافؤ من نوع s^1. ولكل عنصر في المجموعة 2 اثنان من إلكترونات التكافؤ حسب التوزيع s^2 ولكل عمود في المجموعتين 1 و2 والمجموعات من 13 إلى 18 في الجدول الدوري توزيعها الخاص من إلكترونات التكافؤ.

إلكترونات التكافؤ والدورة يحدِّد رقم مستوى الطاقة الأخير الذي يحتوي إلكترونات التكافؤ رقمَ الدورة التي يوجد فيها العنصر في الجدول الدوري. فعلى سبيل المثال، يوجد إلكترون التكافؤ لعنصر الليثيوم في مستوى الطاقة الثاني، لذا يكون عنصر الليثيوم في الدورة الثانية. أما عنصر الجاليوم ذو التوزيع الإلكتروني $[Ar]\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^1$ فإن إلكترون تكافئه يقع في مستوى الطاقة الرابع، لذا يكون عنصر الجاليوم في الدورة الرابعة.

الجدول 3-2 التوزيع الإلكتروني لعناصر المجموعة 1

الدورة 1	الهيدروجين H	$1s^1$	$1s^1$
الدورة 2	الليثيوم Li	$1s^2\ 2s^1$	$[He]\ 2s^1$
الدورة 3	الصوديوم Na	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$	$[Ne]\ 3s^1$
الدورة 4	البوتاسيوم K	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1$	$[Ar]\ 4s^1$



الشكل 2-7 يوضح الشكل التمثيل النقطي للإلكترونات لمعظم العناصر المثالية.

لاحظ كيف يتغير عدد إلكترونات التكافؤ بتغير المجموعات، ولا يتغير ضمن المجموعة الواحدة؟

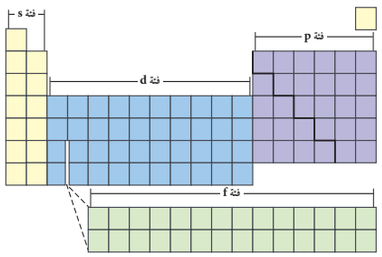
إلكترونات تكافؤ العناصر المثالية عدد إلكترونات تكافؤ عناصر المجموعة الأولى واحد، وعناصر المجموعة الثانية اثنان. في حين أن عناصر المجموعة 13 ثلاثة إلكترونات تكافؤ، وأما عناصر المجموعة 14 ففيها أربعة إلكترونات تكافؤ وهكذا.

وأمّا عناصر الغازات النبيلة في المجموعة 18 ففي كل منها ثمانية إلكترونات، ما عدا الهيليوم الذي له إلكترونان فقط.

يبين **الشكل 7–2** كيف يساعد التمثيل النقطي للإلكترونات على الربط بين رقم المجموعة وعدد إلكترونات التكافؤ. لاحظ أن عدد إلكترونات تكافؤ عناصر المجموعات من 13 إلى 18 يساوي رقم المجموعة ناقص 10.

عناصر الفئات Block Elements s,p,d,f

يحتوي الجدول الدوري أعمدةً وصفوفًا ذات أحجام متفاوتة. ويعود السبب في عدم انتظام شكل الجدول الدوري إلى أنه قُسّم إلى فئات تمثل مستويات الطاقة الفرعية للذرة والتي تحتوي إلكترونات التكافؤ. ولوجود أربعة مستويات طاقة فرعية (s, p, d, f) فقد تم تقسيم الجدول الدوري إلى أربعة فئات مختلفة كما في **الشكل 8–2**.



الشكل 8-2 ينقسم الجدول الدوري إلى أربع فئات هي s, p, d, f.

حلل ما العلاقة بين الحد الأقصى لعدد الإلكترونات التي يمكن أن توجد في مستوى الطاقة الفرعي وحجم الفئة في الشكل؟

التقـــويـــم

المعرفة لكل من الهيليوم والبيريليوم إلكترونا تكافؤ. ويعد أحد العنصرين نشيطًا، في حين يعد الآخر غير نشيط. اطلب إلى الطلبة تفسير الاختلاف في نشاطهما الكيميائي على الرغم من تشابههما في التوزيع الإلكتروني. **ض م**

إجابة سؤال الشكل 7–2

يتغير بالانتقال من مجموعة الى أخرى، لكنه يبقى ثابتًا ضمن المجموعة الواحدة.

إجابة سؤال الشكل 8–2

عدد الأعمدة في الفئة يساوي أكبر عدد من الإلكترونات يمكن أن يتسع لها مستوى الطاقة الفرعي.

طرائق تدريس متنوعة

ضعاف السمع عين لكل طالب عنصرًا ممثلاً. واطلب إليهم عمل مكعب ثلاثي الأبعاد من ورق الكرتون المقوى وكتابة اسم عنصره على أحد أوجهه، ورقم المجموعة على الوجه الثاني، والتوزيع الإلكتروني على الوجه الثالث، وأن يستعملوا الأوجه الأخرى لتوضيح خواص العنصر واستخداماته وأهم مركباته، ثم علق هذه المكعبات في الصف. **د م**

تطوير المفهوم

المعرفة العلمية تُبنى معظم الابتكارات العلمية –ومنها تطور الجدول الدوري– على المعرفة التي يكتسبها العديد من العلماء عبر الزمن. لذا اطلب إلى الطلبة العمل في مجموعات ثنائية مستخدمين طريقة العصف الذهني لمناقشة أحد الابتكارات الجديدة أو التقنيات التي يستخدمونها بشكل دوري. وما المعلومات المهمة والأفكار الضرورية التي يجب توافرها لتطوير هذه التقنية؟ وعلى افتراض أن إحدى هذه الأفكار لم تكن مفهومة أو طورت لاحقًا، أو أنها لم تستعمل؛ فكيف كان يؤثر ذلك في هذا الابتكار أو التقنية ويجعله مختلفًا؟ ستتنوع الإجابات استنادًا إلى التقنية التي تم اختيارها، ولكن على الطلبة أن يفهموا أن معرفة العلماء المكتسبة هي عملية بناء تدمج عمل الكثيرين عبر الزمن. ض م ف م

الخلفية النظرية

IUPAC هي الأحرف الأولى من اسم الاتحاد الدولي لعلوم الكيمياء البحتة والتطبيقية، وقد تأسس عام 1919م على أيدي الكيميائيين في الصناعة والأكاديميات العلمية. وقد تضمنت أهداف المجموعة توحيد الأوزان والمقاييس، والأسماء والرموز وتقوية التواصل العالمي بين العلماء. وقد أدت IUPAC دورًا مهمًّا في المحافظة على الاتصالات العلمية بين العلماء عبر العالم في أثناء الحرب الباردة التي استمرت خلالها حالة من التوتر منذ نهاية الحرب العالمية الثانية إلى انهيار الاتحاد السوفيتي عام 1991م.

إن أحد أدوار منظمة IUPAC الحالية هو الموافقة على تسمية العناصر المكتشفة حديثًا والتي قد تُعزى فيها هذه التسمية إلى مفهوم خيالي، أو معدن، أو مكان أو اسم دولة أو عالم، أو خاصية ما أو اسم عالم.

الجدول 4-2 التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة

الدورة	مستوى الطاقة الرئيس	العنصر	التوزيع الإلكتروني
1	n =1	الهيليوم	$1s^2$
2	n =2	النيون	$[He]\ 2s^2\ 2p^6$
3	n =3	الأرجون	$[Ne]\ 3s^2\ 3p^6$
4	n =4	الكريبتون	$[Ar]\ 4s^2\ 4p^6$

المفردات

الاستعمال العلمي

البنية:

شيءٌ ما يتم عمله من عناصر أو أجزاء مترابطة بعضها ببعض. اشترك عدد من العلماء في اكتشاف بنية الذرة.

عناصر الفئة - s تتكون الفئة s من عناصر المجموعتين الأولى والثانية وعنصر الهيليوم. حيث تحتوي عناصر المجموعة الأولى على أفلاك s شبه ممتلئة بإلكترونات التكافؤ، وتوزيعها الإلكتروني s^1. في حين تحتوي عناصر المجموعة الثانية على أفلاك s ممتلئة باثنين من إلكترونات التكافؤ، وتوزيعها الإلكتروني s^2. ولأن أفلاك s تتسع لإلكترونين على الأكثر فإن فئة s تشتمل على مجموعتين فقط.

عناصر الفئة - p وبعد امتلاء مستويات s الفرعية بإلكترونات التكافؤ تبدأ هذه الإلكترونات في تعبئة مستويات p الفرعية. وتتكون فئة p من المجموعات من 13 إلى 18، ويحتوي على عناصر بأفلاك p ممتلئة كليًّا أو جزئيًّا. ولا يوجد عناصر من فئة p في الدورة الأولى؛ لأن مستويات p الفرعية لا توجد في مستوى الطاقة الرئيس الأول n=1. والبورون B هو العنصر الأول في فئة p، ويوجد في الدورة الثانية. وتمتد فئة p على مدى ست مجموعات؛ لأن أفلاك p تتسع لـ6 إلكترونات على الأكثر. وعناصر المجموعة 18 (الغازات النبيلة) عناصر فريدة في فئة P؛ وذلك لأن ذرات عناصرها مستقرة لدرجة أنها تقريبًا لا تتفاعل كيميائيًّا. ويوضح **الجدول 4-2** التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة الأربعة الأولى. إن مستويات الطاقة النوعية s و p التابعة لمستوى الطاقة الرئيس الأخير لها الخاص بالدورة ممتلئة تمامًا. وينتج عن هذا التوزيع الإلكتروني استقرار ذراتها.

الشكل 9-2

تاريخ الجدول الدوري

الجدول الدوري الحديث نتاج عمل عدة علماء على مدى قرون، والذين درسوا العناصر واكتشفوا التدرج في خواصها.

46

دفتر الكيمياء

الغازات النبيلة اطلب الى الطلبة أن يبحثوا كيف اكتشفت الغازات النبيلة؟ ومتى؟ وما أهم استعمالاتها، ونشاطها النسبي؟ وما إذا كانت تستطيع تشكيل أي مركب. كما ينبغي على الطلبة كتابة فقرة تشرح لماذا توجد الغازات النبيلة في المجموعة التي تقع أقصى الجهة اليمنى من الجدول الدوري. واطلب إليهم إضافة ملاحظاتهم إلى دفتر الكيمياء. ض م

عناصر الفئة - d تحتوي الفئة d على الفلزات الانتقالية، وهي أكبر الفئات. وعلى الرغم من وجود بعض الاستثناءات إلا أن عناصر الفئة d تتميز بامتلاء كلي للفلك الفرعي s من مستوى الطاقة n، وبامتلاء جزئي أو كلي لأفلاك d من مستوى الطاقة n–1. وكلما تحركت عبر الدورة تقوم الإلكترونات بتعبئة الفلك d. فعلى سبيل المثال، الإسكانديوم Sc، أول عناصر الفئة d، له التوزيع الإلكتروني $[Ar]\ 4s^2\ 3d^1$. أما عنصر التيتانيوم – وهو العنصر الثاني في الجدول – فله التوزيع الإلكتروني $[Ar]\ 4s^2\ 3d^2$. لاحظ أن الفلك الخارجي s الممتلئ بعنصر التيتانيوم يكون في المستوى n = 4، في حين أن الفلك d شبه الممتلئ يكون في المستوى n–1. ينص مبدأ أوفباو aufbau على أن الفلك 4s له طاقة أقل من طاقة الفلك 3d. لذا فإن الفلك 4s يمتلئ قبل الفلك 3d. ولأن أفلاك d الخمسة تتسع لـ 10 إلكترونات لذا فإن فئة d تمتد على مدى 10 مجموعات في الجدول الدوري.

عناصر الفئة - f تشتمل فئة f على الفلزات الانتقالية الداخلية، وتتميز عناصرها بامتلاء المدار الفرعي s الخارجي، وامتلاء أو شبه امتلاء أفلاك 4f و5f. ولوجود 7 أفلاك في المستوى الفرعي f فإنه يتسع لـ 14 إلكترونًا بحدٍّ أقصى، وبذلك تمتد فئة f على مدى 14 عمودًا في الجدول الدوري.

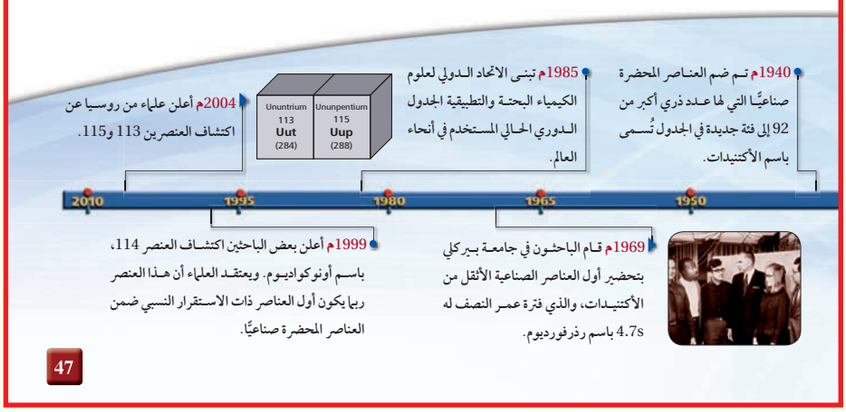
لذا تحدد الفئات s و p و d و f شكل الجدول الدوري. وكلما انتقلت إلى أسفل في الجدول الدوري يزداد عدد مستويات الطاقة الرئيسة، كما يزداد عدد الأفلاك التي تحتوي على الإلكترونات. لاحظ أن الدورة رقم 1 تحتوي على عناصر الفئة s فقط، في حين تحتوي الدورتان الثانية والثالثة على عناصر من الفئتين s و p، أمّا الدورتان الرابعة والخامسة فتحتويان على عناصر من الفئات s، و p، و d، كما تحتوي الدورتان السادسة والسابعة على عناصر من فئات s و p و d و f.

لقد استغرق تطوير الجدول الدوري العديد من السنوات، وما زالت عملية التطوير جارية، حيث يتم تحضير العناصر بطريقة صناعية باستمرار. ارجع إلى **الشكل 9–2** لمزيد من المعلومات عن تاريخ الجدول ومساهمات العديد من العلماء في تطويره.

ماذا قرأت؟ لخص كيف يمكن تعريف كل فئة من الجدول الدوري.

مهن في الكيمياء

الباحث الكيميائي يتخصص بعض الكيميائيين النوويين في دراسة أحدث العناصر وأثقلها. ولإنتاج عناصر ثقيلة، يعمل الكيميائي في المجال النووي مع فريق كبير يشمل فيزيائيين، ومهندسين وفنيين. تنتج العناصر الثقيلة بالتصادمات التي تتم في مسرّعات الجسيمات. ويقوم الكيميائي النووي بتحليل نتائج هذه التصادمات لتعرّف العناصر وفهم خواصها.



47

مشروع الكيمياء

أحدث العناصر اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا في أحدث العناصر المكتشفة في الجدول الدوري (آن أنكويديوم وآن أنهيكسيوم) والعنصرين المكتشفين اللذين لم يؤكد اكتشافهما بعد، وهما: (آن أنتريوم وآن أنبتيوم). على أن يشمل البحث متى حدث هذا الاكتشاف وأين، وهل تمت الموافقة على أسماء هذه العناصر. ض م

التقـــويـــم

مهارة يُعطى أحد الطلبة بيانات مساعدة عن ثلاثة عناصر: أحدها فلز قلوي، والثاني من مجموعة الكربون، والثالث من مجموعة النيتروجين.

- العنصر a: فلز، لامع، موصل جيد، ويتفاعل ببطء مع HCl وينتج غاز H_2.
- العنصر b: مادة صلبة صفراء ورديئة التوصيل.
- العنصر c: يظهر لمعانًا فلزيًّا، يوصل التيار الكهربائي، وينتج مسحوقًا أبيض عند تعرضه للهواء.

اطلب إلى الطلبة أن يقدموا اقتراحات لتحديد هوية كل عنصر وما يؤيد هذه الاقتراحات، وكتابة التوزيع الإلكتروني لكل منها. ض م

العنصر a. يكون على الأغلب الليثيوم لأنه فلز قلوي، وهو الأبطأ في مجموعته عند التفاعل مع HCl، [He] $2S^1$.

العنصر b. ينبغي أن يكون عنصر الكبريت؛ لأن لونه أصفر، وعديم التوصيل، وحقيقة أنه يقع في مجموعة الأكسجين نفسها، $[Ne]\ 3s^2\ 3p^4$.

العنصر c. ينبغي أن يكون الرصاص؛ لأنه رمادي اللون، قابل للطرق، ويقع في مجموعة الكربون نفسها، $[Xe]\ 6s^2\ 4f^{14}\ 5d^{10}\ 6p^2$.

تطبيقات في الكيمياء

العناصر المصنّعة قد يتساءل الطلبة لماذا يستمر العلماء في تصنيع العناصر المصنّعة. جزء من الإجابة قد يكون بسبب البحث العلمي، ولكن للعناصر المصنعة حديثًا استخدامات تجارية، كالأميرسيوم- 95 الذي اكتشف عام 1944م، ويستخدم في أجهزة كشف الدخان، والأجهزة المتطورة.

ويأمل العلماء أن يستخدم عنصر الكوريوم – 96 في مولدات الطاقة.

ماذا قرأت؟ تُعرَّف الفئات حسب مستويات الطاقة الفرعية التي تُعبأ بالإلكترونات.

مثال في الصف

سؤال حدد دون الرجوع إلى الجدول الدوري- مجموعة الذرات التي لها التوزيع الإلكتروني الآتي ودورتها وفئتها

1. $[Kr]\ 5s^1$
2. $[Ar]\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^5$
3. $[He]\ 2s^2\ 2p^5$

الإجابة

1. المجموعة 1، الدورة 5، الفئة s.
2. المجموعة 17، الدورة 4، الفئة p.
3. المجموعة 17، الدورة 2، الفئة p.

مسائل تدريبية

8. a.	$[Ne]\ 3s^2$	2	3	فئة s
b.	$[He]\ 2s^2$	2	2	فئة s
c.	$[Kr]\ 5s^2$	2	5	فئة s

9. a. Sc, Y, La, Ac
   b. N, P, As, Sb, Bi
   c. Ne, Ar, Kr, Xe, Rn
10. a. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2$
    b. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}$
    c. $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6\ 5s^2\ 4d^{10}\ 5p^6$
    d. $1s^2\ 2s^2\ 2p^4$

3. التقويم

التحقق من الفهم

زوّد الطلبة بجداول دورية فارغة، واطلب إليهم كتابة أسماء الدورات والمجموعات والفئات. ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى المجموعات عمل أربع بطاقات، على أن تتناول كل بطاقة عنصرًا يُذكر فيها رقم دورته، ومجموعته، وعدد إلكتروناته تكافئه واسم عائلته على الترتيب، ودع المجموعات تتنافس فيما بينها لتعرف هذه العناصر. ض م ت ت

التوسع

اطلب إلى الطلبة اقتراح طرائق تساعدهم على تذكر أسماء العناصر وأرقامها باستخدام استراتيجية العصف الذهني. واشرح لهم أن ربط هذه العناصر بأفكار، وأشياء ومفاهيم ذات أهمية بالنسبة إليهم قد تساعدهم على تذكر المعلومات المهمة.

التقويم 2-2

11. تحدد مستويات الطاقة الفرعية التي تُعبأ بالإلكترونات فئات الجدول الدوري.
12. a. فئة p
    b. فئة s
    c. فئة d
    d. فئة p
13. لا فلز، الغازات النبيلة غير النشطة في المجموعة 18 على الجهة اليمنى من الجدول الدوري.
14. لأن لها توزيع إلكترونات التكافؤ نفسها.
15. ينبغي أن تظهر المخططات مشابهة للشكل 8-2 .

مثال 1-2

التوزيع الإلكتروني والجدول الدوري لعنصر الإسترانشيوم الذي يستخدم في إضفاء اللون الأحمر على الألعاب النارية، التوزيع الإلكتروني $[Kr]\ 5s^2$. حدّد المجموعة والدورة والفئة التي ينتمي إليها عنصر الإسترانشيوم دون استخدام الجدول الدوري.

1 تحليل المسألة

لديك التوزيع الإلكتروني لعنصر الإسترانشيوم

المعطيات: التوزيع الإلكتروني = $[Kr]\ 5s^2$

المطلوب: المجموعة = ؟ الدورة = ؟ الفئة = ؟

2 حساب المطلوب

يشير عدد إلكترونات التكافؤ إلى رقم مجموعة العناصر المثالية.

يشير رقم أعلى مستوى طاقة إلى رقم الدورة.

يشير المدار الفرعي s^2 إلى أن إلكترونات تكافؤ الإسترانشيوم تملأ المستوى الفرعي (s)، لذا يوجد عنصر الإسترانشيوم في **الفئة s والمجموعة 2**

ويشير رقم 5 في $5s^2$ إلى أن عنصر الإسترانشيوم يقع في **الدورة 5**

3 تقويم الإجابة

تم تطبيق العلاقة بين التوزيع الإلكتروني وموقع العنصر في الجدول الدوري بطريقة صحيحة.

مسائل تدريبية

8. حدّد، دون الرجوع إلى الجدول الدوري، المجموعة والدورة والفئة التي تنتمي إليها ذرات العناصر ذات التوزيع الإلكتروني الآتي:
   a. $[Ne]\ 3s^2$ b. $[He]\ 2s^2$ c. $[Kr]\ 5s^2$
9. ما الرمز الكيميائي للعناصر التي لها التوزيع الآتي لإلكترونات تكافئها:
   a. $s^2\ d^1$ b. $s^2\ p^3$ c. $s^2\ p^6$
10. تحدٍّ اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من العناصر الآتية:
    a. عنصر في المجموعة 2 والدورة 4
    b. عنصر في المجموعة 12 والدورة 4
    c. غاز نبيل في الدورة 5
    d. عنصر في المجموعة 16 والدورة 2

التقويم 2-2

خلاصة

- يحتوي الجدول الدوري على 4 فئات هي s،وp، وd، وf.
- لعناصر المجموعة الواحدة خواص كيميائية متشابهة.
- رقم مجموعة عناصر المجموعتين 1 و2 يساوي عدد إلكترونات تكافئها.
- رقم مستوى طاقة إلكترونات التكافؤ يساوي رقم الدورة.

11. **الفكرة الرئيسة** فسر ما الذي يحدد فئات الجدول الدوري؟
12. حدّد فئة العناصر التي توزيع إلكترونات تكافئها على النحو الآتي:
    a. s^2p^4 b. s^1 c. s^2d^1 d. s^2p^1
13. استنتج عنصر الزينون غاز نبيل لا يتفاعل، ويستخدم في المصابيح الومضية، وهو رديء التوصيل للحرارة والكهرباء. فهل تتوقع أن يكون عنصر الزينون من الفلزات أو اللافلزات أو أشباه الفلزات؟ وأين يقع هذا العنصر في الجدول الدوري؟ فسر إجابتك.
14. فسر لماذا تكون عناصر المجموعة الواحدة متشابهة في خواصها الكيميائية؟
15. نمذج ارسم مخططًا بسيطًا للجدول الدوري، وبين فئات s،وp، وd، وf.

2-3

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسة على الطلبة.

الفكرة الرئيسة

التدرج في الخواص اعرض على الطلبة 10 كُرات من الصلصال مختلفة الحجوم والألوان، واطلب إليهم شرح طريقتين لترتيب تلك الكرات بحسب حجمها أو لونها. وأشر إلى أن حجم الذرات هو أحد طرائق ترتيبها في الجدول الدوري، كما أن هناك خواص مهمة أخرى. د م

2. التدريس

تطوير المفهوم

التدرج في الخواص ساعد الطلبة على تطوير مفهوم التدرج في الخواص بمنحهم الفرصة لرسم منحنى بياني لنتائج محددة، وتحليل الرسم البياني. فعلى سبيل المثال، يمكنهم رسم أطوار القمر مقترنة بالأيام. ض م

2–3

الأهداف

- **تقارن** بين أنماط التغير في خواص العناصر حسب موقعها في الدورات والمجموعات.
- **تربط** التغير الدوري لنصف قطر الذرات في المجموعات أو الدورات مع التوزيع الإلكتروني لها.

مراجعة المفردات

مستوى الطاقة الأساسي: هو مستوى الطاقة الرئيس للذرة.

المفردات الجديدة

الأيون
طاقة التأين
قاعدة الثمانية
الكهروسالبية

تدرج خواص العناصر Periodic Trends

الفكرة الرئيسة **يعتمد تدرج خواص العناصر في الجدول الدوري على حجوم الذرات، وقابليتها لفقدان الإلكترونات أو اكتسابها.**

الربط مع الحياة يُعد التقويم (الرزنامة) وسيلة مفيدة لتتبع النشاطات، حيث يتكرر نمط الأيام من السبت إلى الأربعاء أسبوعًا بعد أسبوع. فإذا دونت بعض النشاطات اليومية سلفًا استطعت توقع ما يحدث في هذا اليوم من الأسبوع. وكذلك يتيح لنا ترتيب العناصر في الجدول الدوري تعرُّف خواص العديد من هذه العناصر.

نصف قطر الذرة Atomic Radius

يتغير العديد من خواص العناصر بشكل متوقع، ويعرف ذلك التغير بالنمط، وهذا ما يحدث عند الانتقال عبر الدورة، أو بالتحرك إلى أسفل المجموعة. إن حجم الذرة من الخواص الدورية الذي يتأثر بالتوزيع الإلكتروني. ويعرف الحجم الذري بمقدار اقتراب ذرة من ذرة أخرى مجاورة لها. ولأن طبيعة الذرة المجاورة تختلف من مادة إلى أخرى، لذا فإن حجم الذرة يتغير من مادة إلى مادة أخرى.

يعرف نصف قطر الذرة للفلزات – ومنها الصوديوم – بنصف المسافة بين نواتين متجاورتين في التركيب البلوري للعنصر، كما في **الشكل 10–2**. أما بالنسبة للعناصر التي توجد على شكل جزيئات – مثل اللافلزات – فيعرف نصف قطر الذرة بنصف المسافة بين الأنوية المتطابقة والمتحدة كيميائيًّا برابط فيما بينها. ويوضح **الشكل 10–2** نصف قطر جزيء ثنائي الذرة مثل الهيدروجين H_2.

الشكل 10-2 تعتمد أنصاف أقطار الذرات على نوع الروابط التي تكوّنها الذرات.

49

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى ارسم نموذجًا لذرة الصوديوم على السبورة، على أن يحتوي هذا الرسم 11 بروتونًا في نواة الذرة، وإلكترونين في مستوى الطاقة الأول، وثمانية إلكترونات في مستوى الطاقة الثاني، وإلكترونًا واحدًا في مستوى الطاقة الثالث. ثم اسأل الطلبة ماذا سيحدث لحجم الذرة عند انتزاع إلكترون التكافؤ من مستوى الطاقة الأخير. واطلب إليهم رسم نماذج لذرات أخرى من المجموعة والدورة نفسها. وتحقق من أنهم يدركون أن تأثير الزيادة في شحنة النواة عبر الدورة على قيمة نصف القطر أكبر من تأثير زيادة عدد الإلكترونات حول النواة، عند الانتقال من اليسار إلى اليمين في الجدول الدوري؛ مما ينتج عن ذلك تناقص في مقدار نصف قطر الذرة. د م

إجابة سؤال الشكل 11–2

تشغل الإلكترونات أفلاكًا أكبر وذات طاقة أعلى؛ وتحجب الإلكترونات الداخلية النواة عن إلكترونات التكافؤ عند تزايد شحنتها.

ماذا قرأت؟ تتزايد شحنة النواة عند إضافة الإلكترونات إلى مستوى الطاقة نفسه. ونظرًا إلى ثبات مقدار حجب النواة فإن النواة تجذب إلكترونات المستويات الخارجية بقوة أكبر، مما يؤدي إلى نقصان نصف القطر.

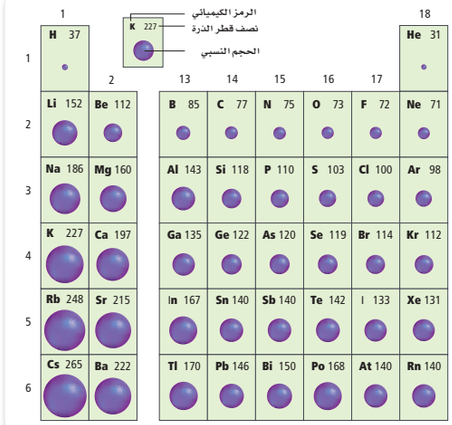
التقويم

مهارة يجد الطلبة على الأغلب صعوبات في تفسير المنحنيات البيانية وتعميم المعلومات. لذلك:

- زوّدهم بالعديد من المنحنيات البيانية، واطلب إليهم وصف أي نمط يجدونه في البيانات. وليس من الضروري أن تكون هذه المنحنيات ذات نمط دوري، لذا اختر عددًا متنوعًا منها، مثل أنماط التغير في التجارة، أو الحرارة عبر فصول السنة، أو عدد السكان عبر الزمن، أو كمية المحاصيل الزراعية، أو كمية هطول المطر.
- اختر منحنى بيانيًّا جديدًا، واطرح على الطلبة أسئلة محددة تدفعهم إلى قراءة البيانات من المنحنى البياني وتحليلها للإجابة عن هذه الأسئلة. ودعهم يلخّصوا أي نمط يظهر في المنحنى البياني، ويطبقوه حتى يتمكنوا من الإجابة. ض م

مشروع الكيمياء

مقارنة أنصاف أقطار الأيونات اطلب إلى الطلبة العمل في مجموعات صغيرة لتشكيل نموذج من الذرات أنصاف أقطارها كما في الشكل 11–2. ويمكن عمل هذه النماذج باستعمال الصلصال أو ألواح البولسترين؟ وقد يفضل بعض الطلبة استعمال البرمجيات الحاسوبية لعمل ذلك. ض م ت ت



الشكل 11-2 تتغير أنصاف أقطار العناصر المثالية والمحسوبة بالبيكوميتر (10^{-12}m) عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة وإلى أسفل المجموعة. **استنتج** لماذا يزداد نصف القطر كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل في المجموعة الواحدة؟

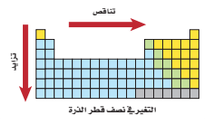
تدرج خواص العناصر عبر الدورات يتناقص في الغالب نصف القطر عند الانتقال من يسار الدورة إلى يمينها. وسبب هذا التغير – كما في **الشكل 11–2** – هو زيادة الشحنة الموجبة في النواة مع بقاء مستويات الطاقة الرئيسة في الدورة ثابتًا. ولكل عنصر متعاقب بروتون وإلكترون إضافيان، ويضاف الإلكترون الجديد إلى مستوى الطاقة الرئيس نفسه. وعند الانتقال عبر الدورة لا توجد إلكترونات إضافية بين إلكترونات التكافؤ والنواة. وحيث لا يزداد حجب إلكترونات التكافؤ عند الزيادة في شحنة النواة، تقوم شحنات النواة بجذب إلكترونات المستويات الخارجية لتصبح أقرب إلى النواة.

ماذا قرأت؟ ناقش كيف أن بقاء مستوى الطاقة الرئيس دون تغير عبر الدورة يفسّر نقصان نصف القطر عبر تلك الدورة.

تدرج خواص العناصر عبر المجموعات يزداد في الغالب نصف قطر الذرة عند الانتقال إلى أسفل في المجموعة. كما تزداد شحنة النواة وتضاف الإلكترونات إلى مدارات في مستويات طاقة رئيسة أعلى. ومع ذلك، فإن الزيادة في شحنة النواة لا تجذب الإلكترونات الخارجية نحو النواة لتجعل حجم الذرة أصغر. فعند الانتقال إلى أسفل المجموعة، يزداد حجم المستويات الخارجية مع زيادة رقم المستوى الرئيس، وبذلك تصبح الذرة أكبر. إن زيادة حجم المستويات يعني أن الإلكترونات الخارجية تكون على مسافة أبعد من النواة. ويقلل ازدياد هذه المسافة من تأثير الجذب الناتج عن زيادة شحنة النواة. كما تقوم المستويات الإضافية بين النواة والإلكترونات الخارجية بحجب هذه الإلكترونات عن النواة. ويلخص **الشكل 12–2** هذه التغيرات عبر الدورة والمجموعة.

المطويات

أضف معلومات من هذا الجزء إلى مطويتك.



الشكل 12-2 ينقص نصف القطر عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، ويزداد كلما اتجهنا إلى أسفل في المجموعة.

مثال 2–2

فسر اتجاه التغير في نصف قطر الذرة أي الذرات الآتية لها أكبر نصف قطر: الكربون C، أو الفلور F، أو البيريليوم Be، أو الليثيوم Li؟

أجب عن السؤال دون الرجوع إلى الصورة في **الشكل 11–2**، وفسر إجابتك حسب اتجاه التغير في أنصاف الأقطار.

1 تحليل المسألة

لديك 4 عناصر، حدد أولاً رقم كل من المجموعة والدورة التي يشغلها كل عنصر، ثم استخدم نمط التغير العام لنصف القطر لتحديد أي العناصر نصف قطر ذرته هو الأكبر.

2 حساب المطلوب

حدّد الدورات

بالرجوع إلى الجدول الدوري تجد أن العناصر جميعها موجودة في الدورة الثانية. وبترتيب العناصر من اليسار إلى اليمين عبر الدورة يظهر التسلسل الآتي: F، و C، وBe، وLi.

طبّق اتجاه تناقص نصف القطر عبر الدورة

إن أول عنصر في الدورة الثانية هو الليثيوم Li، لذا فلذرته أكبر نصف قطر

3 تقويم الإجابة

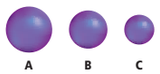
تم تطبيق اتجاه نمط التغير في مقدار نصف القطر عبر الدورة بشكل صحيح.

وبالرجوع إلى قيم أنصاف الأقطار في **الشكل 11–2** نتحقق من الإجابة.

مسائل تدريبية

أجب عن الأسئلة الآتية مستعينًا بمعرفتك بأنماط التغير في نصف قطر الذرة عبر الدورة والمجموعة؛ ولا تستخدم قيم نصف قطر الذرة في الشكل 11–2 عند الإجابة عن هذه الأسئلة.

16. أي العناصر له أكبر نصف قطر: المغنيسيوم Mg، أو السيليكون Si، أو الكبريت S أو الصوديوم Na؟ وأيها له أصغر نصف قطر؟



17. يبين الشكل المجاور عناصر الهيليوم، والكريبتون والرادون. أي منها يمثل عنصر الكريبتون؟ وكيف يمكن الاستدلال على ذلك؟

18. هل يمكن تحديد أيّ العنصرين المجهولين له أكبر نصف قطر إذا علمت فقط أن العدد الذري لأحدهما أكبر 20 مرة من الآخر؟ فسّر إجابتك

19. تحدٍّ حدّد أي العنصرين، في كل زوج مما يلي، له أكبر نصف قطر:

a. عنصر في الدورة 2، والمجموعة 1، أو عنصر في الدورة 3، والمجموعة 18

b. عنصر في الدورة 5، والمجموعة 2، أو عنصر في الدورة 3، والمجموعة 16

c. عنصر في الدورة 3، والمجموعة 14، أو عنصر في الدورة 6، والمجموعة 15

d. عنصر في الدورة 4، والمجموعة 18، أو عنصر في الدورة 2، والمجموعة 16

51

دفتر الكيمياء

مقارنة أنصاف أقطار الأيونات اطلب إلى الطلبة أن يفكروا في التركيب الإلكتروني لأيونات O^{2-} و Mg^{2+}. وأشر إلى أنه على الرغم من تكون أيونات الأكسجين بإضافة إلكترونين وتكون أيونات الماغنيسيوم بفقدان إلكترونين، إلا أن لكليهما الآن التركيب الإلكتروني للنيون والذي له 10 إلكترونات. اطلب إلى الطلبة أن يوضحوا في دفتر الكيمياء، لماذا يكون نصف قطر أيون O^{2-} = 140 pm، ونصف قطر أيون Mg^{2+} = 72 pm.

لـ Mg^{2+} 12 بروتونًا، ولـ O^{2-} ثمانية بروتونات. لذا تجعل قوة الجذب الأكبر للماغنسيوم نصف قطر أيون Mg^{2+} هو الأصغر، وعليه يحدث بينهما هذا الاختلاف الكبير. ض م

مثال في الصف

سؤال أي الذرات الآتية لها أكبر نصف قطر: الصوديوم Na، أو الفوسفور P، أو النيون Ne أو الروبيديوم Rb؟

الإجابة الروبيديوم.

مسائل تدريبية

16. الأكبر: Na، الأصغر: S

17. B، يزداد نصف قطر الذرة عند الاتجاه نحو أسفل المجموعة. لذا فالهيليوم هو الأصغر، والرادون هو الأكبر.

18. لا، إذا كان كل ما هو معلوم أن العدد الذري لعنصر ما أكبر بمقدار 20 من العدد الذري للعنصر الآخر، عندئذ لا يمكن معرفة المجموعات والدورات التي يقع فيها العنصران بالتحديد. كما لا يمكن تطبيق الاتجاهات الدورية لحجم الذرة لتحديد أي العنصرين نصف قطره هو الأكبر.

19. a. العنصر في الدورة 2، المجموعة 1.

b. العنصر في الدورة 5، المجموعة 2.

c. العنصر في الدورة 6، المجموعة 15.

d. العنصر في الدورة 4، المجموعة 18.

التقـــويـــم

الأداء اطلب إلى الطلبة رسم ذرة فلز وأيونه موضحين الحجم النسبي لكل منهما. يكون حجم الأيون هو الأصغر. واطلب إليهم أيضًا رسم ذرة هالوجين وأيونها. يكون حجم أيون الهالوجين أكبر من ذرته. ض م

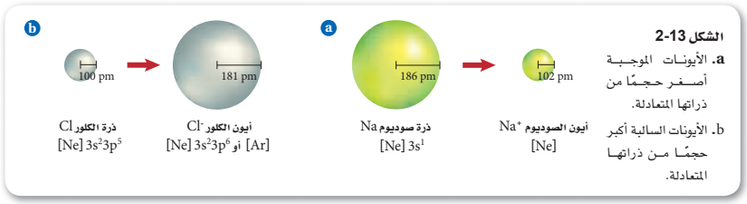
الرياضيات في الكيمياء

أنصاف أقطار الذرات والأيونات اطلب إلى الطلبة المقارنة بين أنصاف أقطار الشكلين 11–2 و 14–2 . واكتب المسألة الآتية على السبورة لمقارنة أنصاف أقطار السيزيوم.

يشكّل نصف قطر أيون Cs^+ 63% من نصف قطر ذرة Cs. لذا اطلب إلى الطلبة أن يقوموا بمقارنة مماثلة لذلك بين كل من نصف قطر Li، Mg وF. يتعين على الطلبة قسمة نصف قطر ذرة الفلور على نصف قطر الأيون. نصف قطر Li^+ هو 50% من نصف قطر Li. ونصف قطر Mg^{2+} هو 45% من نصف قطر Mg. ونصف قطر F هو 54% من نصف قطر F^-. ض م

إجابة سؤال الشكل 14–2

لأن الإلكترونات الخارجية تنتمي إلى أفلاك توجد في مستويات طاقة رئيسة أعلى.



الشكل 13-2

a. الأيونات الموجبة أصغر حجمًا من ذراتها المتعادلة.

b. الأيونات السالبة أكبر حجمًا من ذراتها المتعادلة.

نصف قطر الأيون Ionic Radius

تستطيع الذرات فقد أو كسب إلكترون أو أكثر لتكوين الأيونات. ولأن الإلكترونات سالبة الشحنة فإن الذرات تكتسب شحنة إضافية عندما تكتسب إلكترونات أو تفقدها. لذا **فالأيون** ذرة أو مجموعة ذرية لها شحنة موجبة أو سالبة.

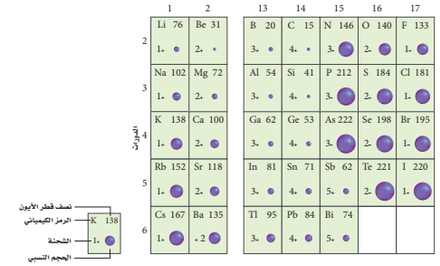
عندما تفقد الذرة الإلكترونات وتكون أيونًا موجبًا يصغر حجمها. ويُعزى ذلك إلى عاملين: أولهما أن الإلكترون الذي تفقده الذرة غالبًا ما يكون إلكترون تكافؤ. وينتج عن فقدانه مدار خارجي فارغ، مما يسبب نقصان نصف القطر. ثانيًا: يقلّل التنافر الكهروستاتيكي بين ما تبقى من الإلكترونات بالإضافة إلى زيادة التجاذب بينها وبين النواة ذات الشحنة الموجبة، مما يسمح للإلكترونات بالاقتراب أكثر من النواة.

عندما تكتسب الذرة إلكترونات وتكون أيونات سالبة يزداد حجمها؛ لأن إضافة إلكترون إلى الذرة يولّد تنافرًا كهروستاتيكيًا أكبر مع إلكترونات المستويات الخارجية، ويدفعها بقوة نحو الخارج. وينتج عن زيادة المسافة بين الإلكترونات الخارجية زيادة في مقدار نصف القطر. **فالشكل 13a–2** يوضح كيف يقل نصف قطر ذرة الصوديوم عندما تكوّن أيونًا موجبًا، كما يوضح **الشكل 13b–2** كيف يزيد نصف قطر ذرة الكلور عندما تكون أيونًا سالبًا.

تدرج خواص العناصر عبر الدورات يوضح **الشكل 14–2** أنصاف أقطار معظم العناصر المثالية. لاحظ أن العناصر التي في الجهة اليسرى من الجدول تكون أيونات موجبة أصغر

المطويات

ضمّن معلومات هذا الجزء في مطويتك.



الشكل 14-2 يوضح نصف القطر الأيوني للعناصر المثالية مقيسًا بوحدة pm (10^{-12}m).

فسر لماذا يزداد نصف قطر الأيونات الموجبة والسالبة عند الانتقال إلى أسفل المجموعة؟

حجمًا. في حين تكون العناصر التي في الجهة اليمنى من الجدول أيونات سالبة أكبر حجمًا. وفي الغالب، كلما تحركت من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، يتناقص حجم الأيون الموجب. وعند المجموعة 15 أو 16، يتناقص حجم الأيون السالب الأكبر أيضًا تدريجيًا.

تدرج خواص العناصر عبر المجموعات عندما تنتقل في المجموعة من أعلى إلى أسفل فإن إلكترونات المستويات الخارجية في الأيون تكون في مستويات طاقة أعلى؛ مما ينتج عنه زيادة في حجم الأيون.

لذا يزداد نصف قطر كل من الأيونات الموجبة والسالبة عند الانتقال إلى أسفل خلال المجموعة. ويلخص **الشكل 15–2** اتجاه التغير في نصف قطر الأيونات عبر المجموعات والدورات.

الشكل 15-2 يلخص الشكل التغير العام في نصف قطر أيون الذرة.

طاقة التأين Ionization Energy

يتطلب تكوين أيون موجب انتزاع إلكترون من ذرة متعادلة. ويحتاج هذا العمل إلى طاقة؛ للتغلب على قوة التجاذب بين شحنة النواة الموجبة والشحنة السالبة للإلكترون. وتعرّف **طاقة التأين** بالطاقة اللازمة لانتزاع إلكترون من ذرة في الحالة الغازية. فمثلاً نحتاج إلى 8.64×10^{-19} J لانتزاع إلكترون من ذرة الليثيوم في الحالة الغازية. وتسمى الطاقة التي يحتاج إليها إزالة أول إلكترون من الذرة بطاقة التأين الأولى. لذا، فطاقة التأين الأولى لليثيوم هي 8.64×10^{-19} J. كما ينتج عن فقدان الإلكترون تكوين أيون Li^+. ويبين **الشكل 16–2** طاقة التأين الأولى لعناصر الدورات من 1 إلى 5.

ماذا قرأت؟ **عرّف** طاقة التأين.

فكّر في طاقة التأين على أنها إشارة إلى مدى قوة تمسُّك نواة الذرة بإلكترونات التكافؤ التابعة لها. لذا تشير طاقة التأين الكبيرة إلى أن قوة تمسك النواة بهذه الإلكترونات كبيرة أيضًا. ولذا لا تميل الذرات التي قيم طاقة تأينها عالية إلى تكوين الأيونات الموجبة. فعلى سبيل المثال، لطاقة تأين الليثيوم المنخفضة أهمية في صنع بطاريات الحاسوب؛ فسهولة خسارة الإلكترونات يساعد البطارية على إنتاج قدرة كهربائية أكبر.

الشكل16-2 يوضح طاقة تأين عناصر الدورات من 1 إلى 5 مقارنة بالعدد الذري لها.

اختبار الرسم البياني

صف اتجاه التغير في طاقة التأين الأولى خلال المجموعة.

الرياضيات في الكيمياء

تدرج خواص العناصر حدّد أحد أنماط التدرج في خواص العناصر لكل مجموعة من الطلبة، واطلب إليهم تصميم جدول بياني يوضح اتجاه تغير هذه الخاصية لأول 40 عنصرًا في الجدول الدوري، على أن تشمل الأنماط طاقة التأين، الألفة الإلكترونية، الكهروسالبية، أنصاف أقطار الذرات، أنصاف أقطار الأيونات، الكثافة ودرجة الانصهار. وربما يحتاج الطلبة إلى مصادر متنوعة مثل الكتب، ومرجع CRC في الكيمياء والفيزياء، والجدول الدوري، ومواقع عبر الإنترنت أو مواد إضافية أخرى لإتمام جدول البيانات.

ثم اطلب إلى الطلبة إدخال البيانات في صورة مجموعات قوائم إلى الآلة الحاسبة الراسمة لرسم المنحنيات البيانية، على أن تمثل القائمة الأولى الأعداد الذرية للعناصر من 1 إلى 40. وينبغي وضع البيانات على المحور السيني X، أما البيانات المتعلقة بتلك الأنماط فينبغي وضعها على المحور الصادي Y.

واطلب إليهم أيضًا طباعة المنحنى البياني ونشره، ورسم خط عمودي لكل عنصر قلوي، ووضح لهم أن الفترة بين كل خط عمودي والذي يليه تمثل دورة واحدة. وعليهم استخدام لون مميز لكل فلز قلوي واستخدام لون مختلف لكل غاز نبيل. ثم كرر الخطوات نفسها باستخدام لون ثالث للهالوجينات، وأخيرًا اطلب إلى الطلبة كتابة فقرة توضح نمط خواص العناصر التي تقع في الدورة نفسها وتلك التي تقع في المجموعة نفسها ض م ت ت

ماذا قرأت؟ الطاقة التي يتطلبها انتزاع إلكترون من الذرة وهي في الحالة الغازية.

اختبار الرسم البياني؟ يتناقص.

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة تطبيق اتجاه التغير في نشاط العناصر الذي لاحظوه لتوقع نشاط Rb وCs مقارنة بنشاط Li، Na وK. ستكون فلزات Rb وCs أكثر نشاطًا، وCs هو الأكثر نشاطًا. ض م

التعلم البصري

الجدول 5–2 اطلب إلى الطلبة دراسة الدورة 2 في الجدول، ثم شرح طريقة استعمال جدول طاقات تأيّن العناصر لتوقع عدد الإلكترونات التي يمكن أن تفقدها الذرة عند تشكيل الأيون. ض م

عرض عملي

النشاط الكيميائي اسأل الطلبة توقع أي العنصرين أكثر نشاطًا: الماغنيسيوم أو الكالسيوم؟ ثم أسقط قطعة صغيرة من الماغنيسيوم في أنبوب اختبار يحتوي بضعة مللترات من الماء، واطلب إليهم تدوين ملاحظاتهم. وكرر الخطوات نفسها في أنبوب اختبار آخر مع قطعة صغيرة من الكالسيوم، وتأكد من كون القطعة جديدة وأنها لم تبدأ بالتأكسد بعد، واطلب إليهم تدوين ملاحظاتهم. ثم أضف نقطًا عدة من الفينولفثالين إلى أنبوبي الاختبار، وناقش ما يشير إليه التغير في اللون.

ينبغي للطلبة أن يلاحظوا بوضوح أن الكالسيوم أكثر نشاطًا من الماغنيسوم؛ إذ يحدث تفاعل بطيء بين الماغنيسيوم والماء بدليل الفقاعات القليلة التي تكونت والتغير القليل في اللون. كرر التفاعل مع ماء ساخن، وعليهم أن يلاحظوا حدوث التفاعل بشدة أكثر لكلا الفلزين. ثم عادل بين المحلولين الناتجين وتخلص منهما بسكبهما في المغسلة. ض م

ماذا قرأت؟ أربعة.

الكيمياء من واقع الحياة

طاقة التأين

الغوص إن الزيادة في الضغط الذي يتعرض له الغواصون تحت سطح الماء يتسبب في دخول كمية أكبر من الأكسجين إلى الدم، مما يسبب الإرباك والغثيان. ولتجنب ذلك، يلجأ الغواصون إلى استخدام خليط هليوكس – أكسجين مخفف بالهيليوم. إن طاقة تأين الهيليوم العالية لا تسمح بالتفاعل الكيميائي مع الدم.

تُمثل كل مجموعة من النقاط المتصلة في الرسم الموضح في **الشكل 16–2** العناصر الموجودة في دورة واحدة. وتكون طاقة تأين فلزات المجموعة 1 منخفضة، لذا تميل إلى تكوين أيونات موجبة. أما طاقة تأين عناصر المجموعة 18 فهي عالية جدًّا، لذلك لا تكون أيونات في أغلب الأحيان؛ حيث إن التوزيع الإلكتروني المستقر لهذه العناصر يحد من نشاطها الكيميائي.

انتزاع أكثر من إلكترون يمكن انتزاع إلكترونات إضافية بعد انتزاع الإلكترون الأول من الذرة. وتسمى الطاقة التي يتطلبها انتزاع إلكترون ثانٍ من أيون أحادي الشحنة الموجبة بطاقة التأين الثانية، وتُسمى الطاقة التي يتطلبها انتزاع إلكترون ثالث من أيون ثنائي الشحنة الموجبة طاقة التأين الثالثة، كما هو موضح في **الجدول 5–2**.

تلاحظ عند الانتقال في الجدول من اليمين إلى اليسار أن طاقة التأين في تزايد دائم، ولكن ليس بشكل منتظم؛ حيث إن هناك حالات تكون فيها الزيادة في طاقة التأين كبيرة جدًّا. فمثلاً، طاقة التأين الثانية لليثيوم (7300 kJ /mol) أكثر كثيرًا من طاقة التأين الأولى (520 kJ /mol). وهذا يعني أن ذرة الليثيوم غالبًا ما تفقد إلكترونًا واحدًا، ومن غير المتوقع أن تخسر إلكترونًا ثانيًا.

ماذا قرأت؟ استنتج ما عدد الإلكترونات التي يمكن أن تخسرها ذرة الكربون؟

إذا تفحصت الجدول فستلاحظ أن الزيادة الكبيرة في طاقة التأين مرتبطة مع عدد إلكترونات التكافؤ. لعنصر الليثيوم إلكترون تكافؤ واحد، لذا تحدث مثل هذه الزيادة بعد طاقة التأين الأولى. ويشكل عنصر الليثيوم أيون Li^+ بسهولة، ولكن من الصعوبة تشكيل أيون Li^{2+}. لذا تشير الزيادة في طاقة التأين هذه إلى أن القوة التي تمسك بها الذرة إلكتروناتها الداخلية أكبر كثيرًا من تلك التي تمسك بها الذرة إلكترونات التكافؤ.

الجدول 5-2 طاقات التأين لعناصر الدورة 2

رمز العنصر	إلكترونات التكافؤ	طاقة التأين (kJ/mol)								
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th
Li	1	520	7300							
Be	2	900	1760	14,850						
B	3	800	2430	3660	25,020					
C	4	1090	2350	4620	6220	37,830				
N	5	1400	2860	4580	7480	9440	53,270			
O	6	1310	3390	5300	7470	10,980	13,330	71,330		
F	7	1680	3370	6050	8410	11,020	15,160	17,870	92,040	
Ne	8	2080	3950	6120	9370	12,180	15,240	20,000	23,070	115,380

دفتر الكيمياء

نظام ترقيم المجموعات اطلب إلى الطلبة البحث وكتابة تقرير عن استعمال أنظمة ترقيم متعددة في الجدول الدوري. واطلب إليهم تلخيص ما توصلوا إليه في دفتر الكيمياء. ض م

تدرج خواص العناصر عبر الدورات تزداد طاقة التأين الأولى عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة نفسها. وتُنتج كما في **الشكل 16–2**، **والجدول 5–2** الزيادةُ في شحنة النواة لكل عنصر زيادةً في قوة التمسك بإلكترونات التكافؤ.

تدرج خواص العناصر عبر المجموعات تقل طاقة التأين الأولى عند الانتقال إلى أسفل المجموعة. ويعود ذلك إلى زيادة حجم الذرة، والحاجة إلى طاقة أقل لانتزاع الإلكترون كلما ابتعد الإلكترون عن النواة، كما هو موضح في **الشكل 17–2**.

قاعدة الثمانية عندما تخسر ذرة الصوديوم إلكترون التكافؤ الوحيد لديها لتنتج أيون صوديوم 1+ يتغير التوزيع الإلكتروني لها على النحو الآتي:

$1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^1$ ذرة الصوديوم $1s^2\,2s^2\,2p^6$ أيون الصوديوم

لاحظ أن التوزيع الإلكتروني لأيون Na^+ مشابه للتوزيع الإلكتروني للنيون (غاز نبيل). وتؤدي هذه الملاحظة إلى أحد أهم المبادئ الكيميائية، وهو قاعدة الثمانية. تنص **قاعدة الثمانية** على أن الذرة تكتسب الإلكترونات أو تخسرها أو تشارك بها، لتحصل على ثمانية إلكترونات تكافؤ في مستوى طاقتها الأخير. وتعزّز هذه المعرفة ما تعلمناه من قبل من أن التوزيع الإلكتروني لأفلاك s و p الممتلئة بالإلكترونات تكون في حالة استقرار. كما يجب أن تلاحظ أن هذه القاعدة لا تشمل عناصر الدورة الأولى؛ لأنها تحتاج إلى إلكترونين فقط.

تكمن فائدة هذه القاعدة في تحديد نوع الأيون الذي ينتجه العنصر. فالعناصر التي تقع على الجانب الأيمن من الجدول الدوري تكتسب عادة الإلكترونات لتحصل على التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل. ولهذا السبب تنتج هذه العناصر أيونات سالبة. بينما – وبطريقة مشابهة – تفقد العناصر التي على الجانب الأيسر الإلكترونات لتنتج أيونات موجبة.

الشكل 17-2 تزداد طاقة التأين عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص عند الانتقال إلى أسفل المجموعة.

المطويات

ضمّن معلومات هذا الجزء في مطويتك.

المختبر الصغير

رتب العناصر

هل تستطيع إيجاد النمط؟

الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. اصنع مجموعة من بطاقات العناصر من واقع الجدول الموجود عن اليسار.
3. رتب البطاقات حسب زيادة الكتلة وضعها في جدول.
4. ضع كل بطاقة حسب خواص العنصر، واترك فراغات عند الضرورة.

التحليل

1. صمم جدولاً أعدّ قائمة بأسماء العناصر.
2. صف التغير في اللون عبر الدورة وأسفل المجموعة، كما في الجدول الجديد.
3. صف التغير في الكتلة عبر الدورة وأسفل المجموعة كما في الجدول الجديد، وفسر موقع أي من العناصر الذي لا ينسجم مع تسلسل التغير في الخواص

الرمز	الكتلة (g)	الحالة	اللون
Ad	52.9	صلب	برتقالي
Ax	108.7	صلب قابل للطرق	أزرق باهت
Bp	69.3	غاز	أحمر
Cx	112.0	صلب هش	أخضر باهت
Lq	98.7	صلب قابل للطرق	أزرق
Pd	83.4	صلب هش	أخضر
Qa	68.2	صلب قابل للطرق	أزرق غامق
Px	106.9	سائل	أصفر
Tu	64.1	صلب هش	أخضر
Xn	45.0	غاز	بنفسجي

4. **توقع** وجود عنصر غاز فوشيا Ph جديد. وما مدى مقدار كتلة Ph؟
5. **توقع** خواص العنصر الذي سيشغل آخر فراغ في الجدول.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى ساعد الطلبة على تصور قانون الثمانية بإعطائهم وعاءً ذا جوانب مائلة وكرةً من المطاط. وأشر إلى أن الكرة لا تتحرك عندما توضع في وسط الوعاء، وعندما توضع على الجانب الداخلي المائل من الوعاء فإن القوة المؤثرة فيها تجعلها في حالة عدم استقرار، فتسقط الكرة إلى المركز، حيث المكان الأكثر استقرارًا. اربط ذلك بالقوى المؤثرة في حالة الذرة على ألا تصبح في حالة الاستقرار إلاّ عندما تحصل على المجموعة الكاملة من إلكترونات التكافؤ. د م

المختبر الصغير

الهدف سينظم الطلبة جدولًا دوريًّا من عناصر مجهولة، وتوقع خواص العناصر غير الموجودة في الجدول.

المهارات العملية تشكيل النماذج، عمل الجداول واستعمالها، تحليل اتجاهات التغير، استعمال النماذج.

استراتيجيات التدريس

- إعداد البطاقات مسبقًا يوفر الوقت الضروري لإتمام التجربة.
- وسّع التجربة بالطلب إلى الطلبة توقّع خواص عناصر الصف الآتي كاملاً.

نتائج متوقعة: سيتمكن الطلبة من ترتيب البطاقات حسب الجدول الآتي:

Xn	Ad	Tu	Qa
Bp		Pd	Lq
	Rx	Cx	Ax

التحليل

1. ارجع إلى جدول النتائج المتوقعة.
2. يتناقص طول موجه اللون عبر الدورة، ويصبح اللون باهتًا كلما اتجهنا إلى أسفل المجموعة.
3. تتزايد الكتلة عبر الدورة وكلما اتجهنا إلى أسفل المجموعة. لا ينسجم Cx مع النمط المتوقع للكتلة ولكنه ينسجم مع العمود الثالث حيث المواد الصلبة الأخرى الهشة وذات اللون الأخضر.
4. ينسجم Ph مع الدورة الثالثة، ويستند العمود الأول إلى اللون والاتجاهات المذكورة. وتقع الكتلة بين 99 g و 106 g.
5. ينبغي أن يوجد في المكان الخالي سائل ذو لون أصفر وكتلته بين 70 g و 82 g.

إجابة سؤال الشكل 18–2

هي على درجة كبيرة من الاستقرار إذ من غير المحتمل أن تقوم بتكوين المركبات.

3. التقويم

التحقق من الفهم

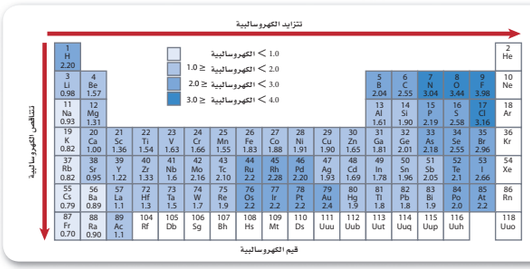
اختبر الطلبة بطريقة غير رسمية في تعرف مفهوم تدرج خواص العناصر، وذلك بإعطائهم أزواجًا من العناصر لتحديد أيهما أكبر أو أصغر أو أكثر نشاطًا، أو له كهروسالبية أكبر؟ ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة إظهار التغير في الخواص على الجدول الدوري باستخدام الأسهم التي تشير إلى اتجاه تزايد الصفة. مكررًا ذلك مع خواص أخرى دُرست سابقًا. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلبة البحث عن العالم باولينج، وكيف توصل إلى تحديد قيمة 3.98 ف م



الشكل 2-18 يوضح قيم الكهروسالبية لمعظم العناصر المعطاة بوحدات "باولنج".

استنتج لماذا لم يتم وضع قيم الكهروسالبية للعناصر النبيلة؟

الكهروسالبية Electronegativity

تعرف **الكهروسالبية** على أنها مدى قابلية ذرات العنصر على جذب الإلكترونات في الرابطة الكيميائية. يبين **الشكل 18–2** أن الكهروسالبية تقل عند الانتقال إلى أسفل المجموعة، وتزداد عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة.

ويمكن تمثيل الكهروسالبية بأرقام تبدأ بالرقم 3.98 أو أقل، والتي أُطلق عليها اسم باولنج؛ نسبة إلى العالم الأمريكي باولنج Pauling (1901–1994م) فالفلور F مثلًا أكثر العناصر كهروسالبية بقيمة 3.98، في حين أن السيزيوم والفرانسيوم أقل العناصر كهروسالبية بقيم 0.79 و 0.7 على الترتيب. ويكون للذرة ذات الكهروسالبية الكبرى قوة جذب أكبر لإلكترونات الرابطة. ولذا لم تُعين قيم الكهروسالبية للغازات النبيلة؛ لأنها تشكل عددًا قليلاً من المركبات.

التقويم 2-3

الخلاصة

- تتناقص أنصاف أقطار الأيونات من اليسار إلى اليمين عبر الدورات، وتتزايد من أعلى إلى أسفل عبر المجموعات.
- تزداد طاقة التأين من اليسار إلى اليمين عبر الدورات وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعات.
- تنص قاعدة الثمانية على أن الذرات تكتسب الإلكترونات أو تخسرها، أو تتشارك بها لتحصل على ثمانية إلكترونات تكافؤ.
- تزداد الكهروسالبية من اليسار إلى اليمين عبر الدورة وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعات.

20. **الفكرة الرئيسة** فسر العلاقة بين التغير في أنصاف أقطار الذرات عبر الدورات والمجموعات والتوزيع الإلكتروني.

21. بيِّن أيها له أكبر قيمة لكل مما يأتي: الفلور أم البروم:

a. الكهروسالبية
c. نصف قطر الذرة
b. نصف قطر الأيون
d. طاقة التأين

22. فسر لماذا نحتاج إلى طاقة لإزالة الإلكترون الثاني من ذرة الليثيوم أكبر من الطاقة اللازمة لإزالة الإلكترون الرابع من ذرة الكربون؟

23. احسب جد الفرق في الكهروسالبية، نصف قطر الأيون، نصف قطر الذرة، وطاقة التأين الأولى للأكسجين والبيريليوم.

24. **التمثيل بالرسوم البيانية وقراءتها** مثّل بالرسم البياني العلاقة بين نصف قطر الذرة للعناصر المثالية في الدورات 2، 3، و4 مقابل العدد الذري لها، صل النقاط الخاصة بعناصر الدورة الواحدة بعضها ببعض لتحصل على ثلاثة منحنيات منفصلة في الجدول. ثم **لخص** أنماط التغير لنصف قطر الذرات، كما هو في الرسم البياني. فسر إجابتك.

56

التقويم 2-3

20. تزداد أنصاف أقطار الذرات عند الاتجاه إلى أسفل المجموعة حيث يتم إضافة إلكترونات إلى مستويات الطاقة الخارجية، فتحجب الإلكترونات الداخلية إلكترونات التكافؤ عن شحنة النواة المتزايدة. وتتناقص أنصاف أقطار الذرات عبر الدورة حيث تزيد الشحنة الموجبة في النواة ويرافق ذلك عدم حجب إلكترونات التكافؤ عن طريق الإلكترونات الداخلية لأنها تضاف إلى مستوى الطاقة نفسه، فتقترب إلكترونات التكافؤ من النواة.

21. a. الفلور
c. البروم
b. البروم
d. الفلور

22. لأن الإلكترون الثاني الذي يُنتزع من الليثيوم هو من الإلكترونات الداخلية وليس من إلكترونات التكافؤ. في حين أن الإلكترون الرابع الذي يُنتزع من الكربون هو إلكترون تكافؤ.

23. الكهروسالبية، 1.87؛ نصف قطر الأيون 109 pm، نصف قطر الذرة 39 pm، طاقة التأين الأولى 410 kJ/ mol.

24. يقل نصف قطر الذرة عمومًا عبر الدورة بسبب زيادة شحنة النواة، وتزداد نحو أسفل المجموعة لزيادة إلكترونات التكافؤ في أفلاك أكبر تنتمي إلى مستويات أعلى من الطاقة الرئيسة.

الكيمياء والصحة *

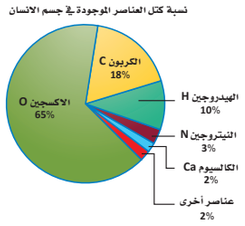
عناصر جسم الإنسان

كلما أكل الإنسان أو تنفس يأخذ جسمه العناصر التي يحتاج إليها لأداء واجباته بصورة طبيعية. ولهذه العناصر خواصها المحددة؛ اعتمادًا على موقعها في الجدول الدوري. ويوضح **الشكل 1** النسبة المئوية لكتلة تركيب الخلايا من العناصر في جسم الإنسان.

الأكسجين يوجد في جسم الإنسان البالغ ما يزيد على 14×10^{27} ذرة من الأكسجين. وقد يموت الإنسان خلال دقائق معدودة، إذا لم يُزوّد الدم بالأكسجين بصورة دائمة.

الكربون يكون الكربون روابط قوية بين ذراته وذرات العناصر، ومنها الأخرى، كما يكون سلاسل طويلة تعد الهيكل العظمي الضروري للمركبات العضوية، ومنها الكربوهيدرات، والبروتينات والدهون. كما يعتمد جزيء DNA الذي يحدد المعالم الفيزيائية للشخص على مقدرة الكربون على الارتباط مع العديد من العناصر بسهولة.

الهيدروجين يحتوي الجسم على عدد من ذرات الهيدروجين يزيد على عدد ذرات العناصر الأخرى جميعها معًا، على الرغم من أنه يمثل 10% من كتلة الجسم؛ لأن كتلة ذرته صغيرة جدًا. ولا يحتاج جسم الإنسان إلى الهيدروجين في حالته العنصرية فقط، ولكن من خلال العديد من المركبات الضرورية ومنها الماء. ويعد الهيدروجين بالإضافة إلى الأكسجين والكربون - جزءًا مهمًا في تركيب الكربوهيدرات والمركبات العضوية التي يحتاج إليها الجسم للحصول على الطاقة.



الشكل 1 يتكون جسم الإنسان من العديد من العناصر المختلفة.

الشكل 2 تغطي العضلات معظم جسم الإنسان.

النيتروجين تغطي العضلات معظم جسم الإنسان. ويوجد النيتروجين في المركبات التي تصنع البروتينات التي يحتاج إليها الجسم لبناء العضلات، هذا ما يوضحه **الشكل 2**.

العناصر الأخرى في الجسم الأكسجين والكربون والهيدروجين والنيتروجين هي العناصر الأكثر توافرًا في الجسم، ولكن هناك بعض العناصر الأخرى التي يحتاج إليها الجسم للعيش والنمو. إن مقدارًا ضئيلاً من هذه العناصر - والتي تكوّن في مجملها 2% من كتلة الجسم - يُعد ضروريًا للجسم. ولا تستطيع العظام والأسنان النمو دون التزود المستمر بالكالسيوم. وعلى الرغم من أن الكبريت يكوّن أقل من 1% من كتلة الجسم إلاّ أنه مركب ضروري ويوجد في البروتينات، كما في الأظافر على سبيل المثال. كما أن الصوديوم والبوتاسيوم ضروريان لنقل الإشارات الكهربائية في الدماغ.

الكتابة في الكيمياء هل تستطيع الحصول على العناصر ذات المقدار الضئيل في الجسم من أكل المعلبات فقط؟ ما أهمية هذه العناصر على الرغم من تواجدها بكميات قليلة؟ ناقش هذه القضية مع زملائك في الصف.

* للاطلاع فقط

الكتابة في الكيمياء

البحث ينبغي أن يعلم الطلبة أن بعض أنواع الطعام المعلّب قد لا يحتوي على جميع مكونات الطعام التي يحتاج إليها الجسم. كما ينبغي عليهم أيضًا أن يعلموا أنه على الرغم من وجود بعض العناصر بكميات قليلة جدًا في جسم الإنسان، إلاّ أنها تلعب دورًا مهمًا في وظائف الجسم الطبيعية. ومن الأمثلة على ذلك الحديد الذي يوجد بكمية قليلة جدًا في جسم الإنسان، ولكن لا يستطيع هيموجلوبين الدم نقل الأكسجين من دون الحديد.

الهدف

سيتعرف الطلبة حاجة الجسم إلى العديد من العناصر الضرورية لأداء عمله بصورة طبيعية.

الخلفية النظرية

تثبيت النيتروجين: عملية تحوّل بوساطتها بكتيريا التربة النيتروجينَ الجوي إلى مركبات نيتروجينية تستعملها الكائنات الحية. ويستطيع الإنسان استعمال النيتروجين في هذه الحالة من المركبات فقط. ويوجد معظم الهيدروجين والأكسجين في جسم الإنسان على صورة ماء. ولأن 60% من كتلة الإنسان ماء يتكون من ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين، فإن أغلب ذرات الجسم من الهيدروجين.

استراتيجيات التدريس

- اسأل الطلبة عما إذا كانوا يستخدمون الملح الغني باليود، وأشر إلى أن القليل من اليود المتوافر في الملح ضروري لقيام الغدة الدرقية بوظائفها على النحو المطلوب، ومنها تنظيم عملية الأيض في الجسم.
- ربما يتناول بعض الطلبة حبوب الفيتامينات المركبة يوميًا. لذا شجعهم على الاطلاع على علبة الدواء وتعرف نسبة وكتل العناصر المختلفة التي تحتويها حبة الفيتامينات؛ فربما يرغب بعض الطلبة في البحث عن سبب حاجة الجسم إلى بعض هذه العناصر.
- اطلب إلى الطلبة رسم قطاع دائري لتوضيح نسبة بعض العناصر في جسم الإنسان.

مختبر الكيمياء

العناصر المثالية

المهارات العملية الملاحظة والإستنتاج، تحليل البيانات، المقارنة .

احتياطات السلامة اطلب الى الطلبة قراءة نموذج السلامة قبل بدء العمل. وراجع ملف المواد الخطيرة في المختبر معهم قبل البدء في النشاط. وينبغي على الطلبة أن يضعوا النظارات الواقية ويلبسوا معاطف المختبر؛ لأن بعض العناصر قد تتناثر عند طرقها بالمطرقة. ثم حذر الطلبة من مخاطر حمض الهيدروكلوريك وأثره في العيون والملابس أيضًا. وذكّرهم أيضًا بعدم تذوق المواد الكيميائية أبدًا.

التخلص من الفضلات يجب أن يُعادل HCl مع كربونات الصوديوم، ثم يسكب في المغسلة مع كمية كبيرة من الماء.

تحضير المواد

- يجب الحصول على عينات العناصر الآتية لاستعمالها في هذه التجربة.
- عينات أنابيب الاختبار: كربون، نيتروجين، أكسجين، ماغنسيوم، ألومنيوم، سليكون، فوسفور أحمر، كبريت، كلور، كالسيوم، سيلينيوم، قصدير، يود، رصاص.
- عينات الأطباق: كربون، ماغنسيوم، ألومنيوم، سليكون، كبريت، قصدير.
- يمكن إجراء التجربة حتى لو لم تتوافر بعض العناصر المذكورة في القائمة.
- إذا استُبدلت بعض العناصر فتأكد أنها لا تنتج تفاعلات خطيرة.

حلّل واستنتج

1. –4. ستتنوع الإجابات بحسب العينات التي زوّد بها الطلبة.

5. ربما يلاحظ الطلبة ازدياد الخواص الفلزية من اليمين إلى اليسار، ومن أعلى إلى أسفل.

الخطوات

نظّم مجموعات العمل في مواقع متعددة من المختبر.

مختبر الكيمياء

العناصر المثالية

الخلفية : يمكنك ملاحظة العديد من العناصر المثالية، ثم تصنيفها والمقارنة بين خواصها. تسمى عملية تعرف خواص العناصر بالكيمياء الوصفية.

سؤال: ما النمط الذي تتغير به خواص العناصر المثالية؟

المواد والأدوات اللازمة

أنابيب قابلة للإغلاق

سدادات أنابيب اختبار، وأطباق بلاستيكية تحوي كميات قليلة من العناصر.

جهاز توصيل	مخبار مدرج 10 ml
حمض الهيدروكلوريك تركيزه 1.0 M	ملعقة صغيرة
6 أنابيب اختبار	قلم للكتابة على الزجاج
حامل أنابيب اختبار	قلم رصاص

إجراءات السلامة

تحذير لا تفحص المواد الكيميائية بتذوقها. وحمض الهيدروكلوريك ذو التركيز 1 M ضار بالعين والملابس. كما أن العينات الصغيرة من المواد الهشة تتحطم إلى قطع صغيرة حادة.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. لاحظ ثم دوّن المظهر (الحالة الفيزيائية، اللون، اللمعان، الملمس وهكذا) لكل عينة في أنبوب الاختبار دون نزع السدادة.
3. خذ عينة صغيرة من كل عنصر في الوعاء البلاستيكي، وضعها على سطح صلب، واطرقها برفق، وسيصبح العنصر مسطحًا إذا كان قابلاً للطرق. أما إذا كان العنصر هشًا فسيتكسر إلى قطع صغيرة، ثم دوّن ملاحظاتك.
4. حدد أي العناصر موصل للكهرباء باستخدام جهاز التوصيل، ثم نظف الأقطاب بالماء، وجففها قبل فحص كل عنصر.
5. اكتب الرمز الكيميائي لكل عنصر في الكيس البلاستيكي على كل أنبوب اختبار، ثم أضف 5 ml من الماء إلى كل أنبوب اختبار باستخدام المخبار المدرج.
6. استخدم الملعقة الصغيرة لوضع كمية صغيرة من كل عنصر في أنبوب الاختبار الخاص به. وأضف مقدار 5 ml من حمض الهيدروكلوريك HCl إلى كل أنبوب اختبار باستخدام المخبار المدرج، ثم راقب كل أنبوب اختبار مدة دقيقة، واعلم أن الفقاعات تشكل دليلاً على التفاعل بين الحمض والعنصر، ثم سجل ملاحظاتك.

ملاحظة العناصر	
التصنيف	الخواص
الفلزات	• قابله للطرق. • موصلة جيدة للكهرباء. • ذات لمعان. • لها لون فضي أو أبيض. • يتفاعل معظمها مع الأحماض.
اللافلزات	• توجد في الحالة الصلبة، السائلة أو الغازية. • غير موصلة للكهرباء. • لا تتفاعل مع الأحماض. • غالبًا ما تكون هشة في الحالة الصلبة.
أشباه الفلزات	• تجمع بين خواص الفلزات واللافلزات.

7. **التنظيف والتخلص** تخلص من المواد جميعها حسب تعليمات المعلم.

حلل واستنتج

1. **فسّر البيانات** اعتمادًا على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعدّ قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة للفلزات.
2. **فسّر البيانات** اعتمادًا على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعدّ قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة للافلزات.
3. **فسّر البيانات** اعتمادًا على الجدول أعلاه، وبالإضافة إلى ملاحظاتك، أعدّ قائمة بأسماء عينات العناصر التي تظهر الخواص العامة لأشباه الفلزات.
4. **اعمل نموذجًا** ارسم مخططًا للجدول الدوري وحدد مواقع العناصر المثالية من المجموعة 1 إلى 17. بالاعتماد على الجدول الدوري في هذا الفصل والنتائج التي حصلت عليها، وسجل نوع العناصر التي قمت بملاحظتها من خلال التجربة وحدد مواقعها في مخطط الجدول الدوري الذي أعددته.
5. **استنتج** صف اتجاهات التغير في خواص العناصر التي لاحظتها في التجربة.

58

الفصل 2

دليل مراجعة الفصل

استعمال المفردات

اطلب إلى الطلبة – لتعزيز معرفتهم بمفردات الفصل – كتابة جملة واحدة لكل مصطلح في الفصل. ض م

مراجعة الاستراتيجيات

- اطلب إلى الطلبة العمل في مجموعات لتصميم أحجية الكلمات المبعثرة باستعمال مفردات الفصل 2. وعند الانتهاء من ذلك، دعهم يتبادلوا الأحاجي فيما بينهم لحلها والتوصل إلى تعريفها. ض م
- اطلب إلى الطلبة تدوين الخواص الدورية التي دُرست على جدول دوري فارغ.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

يستطيع الطلبة زيارة الموقع الإلكتروني

www.obeikaneducation.com

من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الموقع الإلكتروني.
- الدخول إلى مواقع أخرى، وتعرف المزيد من المعلومات والمشاريع والنشاطات.
- مراجعة المحتوى وتقديم اختبارات قصيرة.

الفصل 2 دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة يتيح التدرج في خواص العناصر معرفة الخواص الفيزيائية والكيميائية لها.

2-1 تطور الجدول الدوري الحديث

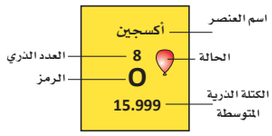
الفكرة الرئيسة لقد تطوّر الجدول الدوري للعناصر تدريجيًّا مع الوقت من خلال اكتشاف العلماء طرائق أكثر فائدة في تصنيف العناصر ومقارنتها.

المفردات

- تدرج الخواص
- المجموعات
- الدورات
- العناصر المثالية
- العناصر الانتقالية
- الفلزات
- الفلزات القلوية
- الفلزات القلوية الأرضية
- الفلزات الانتقالية
- الفلزات الانتقالية الداخلية
- سلسلة اللانثانيدات
- سلسلة الأكتنيدات
- اللافلزات
- الهالوجينات
- الغازات النبيلة
- أشباه الفلزات

المفاهيم الرئيسة

- رُتبت العناصر في البداية تصاعديًّا حسب الكتل الذرية، مما نتج عنه بعض التناقض، ثم رتبت لاحقًا وفق الأعداد الذرية تصاعديًّا.
- يعني التدرج في خواص العناصر أن الصفات الكيميائية والفيزيائية تتكرر عند ترتيب العناصر تصاعديًّا حسب أعدادها الذرية.
- يرتب الجدول الدوري العناصر في دورات (صفوف) ومجموعات (أعمدة)، وتكون العناصر ذات الخواص المتشابهة في المجموعة نفسها.
- تُصنف العناصر إلى فلزات ولا فلزات وأشباه فلزات.



2-2 تصنيف العناصر

الفكرة الرئيسة رُتبت العناصر في الجدول الدوري ضمن مجموعات حسب توزيعها الإلكتروني.

المفاهيم الرئيسة

- يحتوي الجدول الدوري على أربع فئات هي s,p,d,f.
- لعناصر المجموعة الواحدة خواص كيميائية متشابهة.
- يكون رقم مجموعة العنصر في المجموعتين 1 و2 مساويًا عدد إلكترونات تكافؤ العنصر.
- يكون رقم مستوى طاقة إلكترونات التكافؤ مساويًا لرقم دورة العنصر.

2-3 تدرج خواص العناصر

الفكرة الرئيسة يعتمد تدرج خواص العناصر في الجدول الدوري على حجوم الذرات، وقابليتها لفقدان الإلكترونات أو اكتسابها.

المفردات

- الأيون
- طاقة التأين
- قاعدة الثمانية
- الكهروسالبية

المفاهيم الرئيسة

- تتناقص قيم نصف قطر الذرة والأيون من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتزايد من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة.
- تتزايد طاقة التأين من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة.
- تنص قاعدة الثمانية على أن الذرات تكتسب الإلكترونات، أو تخسرها، أو تشارك بها لتحصل على مجموعة من ثمانية إلكترونات تكافؤ.
- غالبًا ما تتزايد الكهروسالبية من اليسار إلى اليمين عبر الدورة، وتتناقص من أعلى إلى أسفل عبر المجموعة.

59

2-1

إتقان المفاهيم

25. وضح الخطأ في الجدول الدوري لمندليف.

26. وضح مساهمة قاعدة الثمانيات لنيولاندز في تطور الجدول الدوري.

27. أعدّ كل من لوثر ماير وديمتري مندليف جداول دورية متشابهة في عام 1869م. فلماذا حظي مندليف بسمعة أكبر عن الجدول الدوري الذي أعدّه؟

28. ما المقصود بتدرج خواص العناصر؟

29. صف الخواص العامة للفلزات.

30. ما الخواص العامة لأشباه الفلزات؟

31. صنّف العناصر الآتية إلى فلزات أو لافلزات أو أشباه فلزات.

a. الأكسجين O

b. الباريوم Ba

c. الجرمانيوم Ge

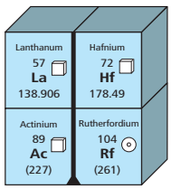
d. الحديد Fe

32. صل كل بند في العمود الأيمن بما يناسبه من المجموعات في العمود الأيسر:

a. العناصر القلوية	**1.** المجموعة 18
b. الهالوجينات	**2.** المجموعة 1
c. العناصر القلوية الأرضية	**3.** المجموعة 2
d. الغازات النبيلة	**4.** المجموعة 17

33. ارسم مخططًا بسيطًا للجدول الدوري، وحدد عليه مواقع كل من الفلزات القلوية والفلزات القلوية الأرضية والعناصر الانتقالية والعناصر الانتقالية الداخلية والغازات النبيلة والهالوجينات، باستخدام الملصقات.

34. وضح ما يشير إليه الخط الداكن في منتصف **الشكل 19–2**.



الشكل 19–2

35. ما الرمز الكيميائي لكل من العناصر الآتية:

a. فلز يستخدم في مقياس الحرارة.

b. غاز مشع يستخدم للتنبؤ بحدوث هزات أرضية، والغاز النبيل ذي الكتلة الذرية الكبرى.

c. يستخدم لطلاء علب المواد الغذائية، فلز يوجد في المجموعة 14 وله أقل كتلة ذرية في المجموعة.

d. عنصر انتقالي يستخدم في صناعة الخزائن المضادة للسرقة، واسمه اسم قطعة نقدية.

36. إذا اكتشف عنصر جديد من الهالوجينات وآخر من الغازات النبيلة فما العدد الذري لكل منهما؟

إتقان حل المسائل

37. لو رتبت العناصر وفق كتلها الذرية فأي من 55 عنصر الأولى يكون ترتيبه مختلفًا عما هو عليه في الجدول الدوري الحالي؟

38. العناصر الثقيلة الجديدة لو اكتشف العلماء عنصرًا يحتوي على 117 بروتونًا، فما المجموعة والدورة التي ينتمي إليهما؟ وهل يكون فلزًا، لا فلزًا أو شبه فلز؟

تقويم الفصل

2-1

إتقان المفاهيم

25. استعمل مندليف الكتلة الذرية بدلاً من العدد الذري لترتيب العناصر مما نتج عنه وضع بعض العناصر في غير مكانها الصحيح.

26. قدم نيولاندز فكرة الدورية في الخواص.

27. نُشرت أعمال مندليف أولاً، كما وضح عددًا أكبر من الخواص الدورية، وتوقع خواص بعض العناصر التي لم تكن قد اكتشفت بعد.

28. تظهر دورية الخواص الكيميائية والفيزيائية عند ترتيب العناصر تصاعديًّا وفق تزايد العدد الذري.

29. عادة ما تكون الفلزات ذات كثافة عالية، صلبة، لامعة، قابلة للطرق والسحب وجيدة التوصيل للحرارة والكهرباء.

30. أشباه الفلزات لها خواص متوسطة بين الفلزات واللافلزات.

31. a. لا فلز
b. فلز
c. شبه فلز
d. فلز

32. a. 2
b. 4
c. 3
d. 1

33. ارجع إلى المعلم.

34. يشير الخط إلى موقع سلسلة عناصر اللانثانيدات والأكتينيدات لو توافر المكان الأفقي لذلك على الصفحة.

35. a. Hg
b. Rn
c. Sn
d. Ni

36. سيكون العدد الذري للهالوجين 117، في حين يكون العدد الذري للغاز النبيل 118.

إتقان حل المسائل

37. ينبغي أن يحل كل من الأرجون والبوتاسيوم أحدهما مكان الآخر. يحل الكوبلت والنيكل أحدهما مكان الآخر، وكذلك الحال مع التيليريوم واليود حيث يجب أن يحل كل منها مكان الآخر أيضًا.

38. المجموعة 17، الدورة 7، شبه فلز.

التقويم 2

39. ما الرمز الكيميائي للعناصر الآتية:

a. عنصر في الدورة 3 ويمكن استخدامه في صناعة رقائق الحاسوب لأنه شبه فلز.

b. عنصر في المجموعة 13، الدورة 5 يستخدم في صناعة الشاشات المسطحة في أجهزة التلفزيون.

c. العنصر الذي يستخدم فتيلًا في المصابيح، وله أكبر كتلة ذرية من بين العناصر الطبيعية في المجموعة 6.

2-2

إتقان المفاهيم

40. المنتجات المنزلية ما أوجه التشابه في الخواص الكيميائية بين كل من الكلور الذي يستخدم في تبييض الملابس واليود الذي يضاف إلى ملح الطعام؟ فسر إجابتك.

41. ما علاقة مستوى طاقة إلكترون التكافؤ برقم دورة العنصر في الجدول الدوري؟

42. ما عدد إلكترونات تكافؤ كل من الغازات النبيلة؟

43. ما الفئات الأربع الرئيسة في الجدول الدوري؟

44. ما التوزيع الإلكتروني الأكثر استقرارًا؟

45. فسر كيف يمكن أن يحدد توزيع إلكترونات التكافؤ موقع الذرة في الجدول الدوري.

46. اكتب التوزيع الإلكتروني للعنصر الذي ينطبق عليه الوصف الآتي:

a. عنصر موجود في المجموعة 15، وغالبًا ما يكون جزءًا من مساحيق التجميل.

b. هالوجين في الدورة 3، ويكون جزءًا من منظفات الملابس، ويستخدم في صناعة الورق.

c. فلز انتقالي يكون في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة، ويستخدم أحيانًا في مقاييس درجة الحرارة.

47. حدد المجموعة، والدورة والفئة للعناصر الآتية:

a. $[Kr]\,5s^2\,4d^1$

b. $[Ar]\,4s^2\,3d^{10}\,4p^3$

c. $[He]\,2s^2\,2p^6$

d. $[Ne]\,3s^2\,3p^1$

48. عنصران في المجموعة نفسها، فهل يكون نصف قطر ذرة العنصر الذي له عدد ذري أكبر، أصغر أم أكبر من نصف قطر ذرة العنصر الآخر؟

49. يوضح **الجدول 6–2** عدد العناصر في الدورات الخمس الأولى من الجدول الدوري. فسر لماذا تحتوي بعض الدورات على أعداد مختلفة من العناصر؟

الجدول 6-2 عدد العناصر في الدورات من 1 إلى 5

الدورة	1	2	3	4	5
عدد العناصر	2	8	8	18	18

50. النقود تسمى إحدى مجموعات العناصر الانتقالية بمجموعة النقود. إذ كانت معظم قطع النقود المعدنية مصنعة من عناصر هذه المجموعة فما رقم هذه المجموعة؟ وما العناصر التي تنتمي إليها وما زالت مستخدمة في صناعة النقود حتى الآن؟

51. هل توجد إلكترونات تكافؤ لجميع عناصر المجموعة 17 في مستوى الطاقة الرئيس نفسه؟ فسر إجابتك.

52. تقع إلكترونات تكافؤ العناصر الانتقالية في أفلاك أكثر من مستوى طاقة، ولكن إلكترونات التكافؤ للعناصر المثالية تقع في أفلاك من مستوى طاقة واحد. وضح ذلك بمثال مستخدمًا التوزيع الإلكتروني لأحد العناصر الانتقالية وأحد العناصر المثالية.

إتقان حل المسائل

53. الألعاب النارية يُكسب فلز الباريوم الألعاب النارية اللون الأخضر. اكتب التوزيع الإلكتروني للباريوم وصف موقعه من حيث المجموعة، والدورة والفئة في الجدول الدوري.

54. السماعات تستخدم المغانط المصنوعة من فلز النيوديميوم في صناعة سماعات الستيريو؛ لأنها قوية وخفيفة. اكتب التوزيع الإلكتروني لهذا العنصر. أين يقع في الجدول الدوري؟

61

39. a. Si
b. In
c. W

2-2

إتقان المفاهيم

40. لها توزيع إلكترونات التكافؤ نفسه $s^2\,p^5$.

41. مستوى طاقة إلكترونات تكافؤ الذرة يساوي رقم الدورة.

42. للغازات النبيلة كلها ثمانية إلكترونات تكافؤ، ما عدا الهيليوم، فله اثنان.

43. d, p, s وفئة f

44. $ns^2\ np^6$ حيث n هو مستوى الطاقة.

45. لعناصر المجموعة نفسها عدد إلكترونات التكافؤ نفسه. ويحدد رقم مستوى طاقة إلكترونات التكافؤ رقم الدورة.

46. a. Bi: $[Xe]\,6s^2\,4f^{14}\,5d^{10}\,6p^3$
b. Cl: $[Ne]\,3s^2\,3p^5$
c. Hg: $[Xe]\,6s^2\,4f^{14}\,5d^{10}$

47. a. فئة d، دورة 5، مجموعه 3
b. فئة p، دورة 4، مجموعه 15.
c. فئة p، دورة 2، مجموعه 18.
d. فئة p، دورة 3، مجموعه 13.

48. أكبر.

49. وذلك بسبب اختلاف عدد مستويات الطاقة الفرعية في مستوى الطاقة الرئيس من عنصر لآخر، إذ يحتوي مستوى الطاقة الأول على مستوى s الفرعي، ويحتوي مستويا الطاقة الثاني والثالث على المستويين s و p الفرعيين فقط. ويحتوي المستويان الرابع والخامس على المستويات الفرعية s و p و d. لذلك يكون عدد العناصر في الدورة 1 اثنان، وفي الدورتين الثانية والثالثة ثمانية، وفي الدورتين الرابعة والخامسة ثمانية عشرة.

50. مجموعة 11، نحاس، فضة، ذهب.

51. لا، لأن كل هالوجين يقع في دورة مختلفة، لذا تقع إلكترونات التكافؤ في أفلاك تنتمي إلى مستويات طاقة مختلفة.

52. إجابة محتملة: التوزيع الإلكتروني للكلور $[Ne]\,3s^2\,3p^5$، وتكون أفلاك إلكترونات التكافؤ في مستوى الطاقة الثالث. التوزيع الإلكتروني للحديد $[Ar]\,4s^2\,3d^6$ وتكون أفلاك إلكترونات التكافؤ في مستويات الطاقة الثالث والرابع.

إتقان حل المسائل

53. التوزيع الإلكتروني $[Xe]\,6s^2$. في المجموعة 2، دورة 6، فئة s.

54. التوزيع الإلكتروني $[Xe]\,6s^2\,4f^4$ في فئة عناصر f.

55. الفلز هو الألومنيوم. في المجموعة 13، دورة 3، فئة p.

56. a. 2

b. $[Ar]\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^2$

c. 5

d. Li

2-3 إتقان المفاهيم

57. طاقة التأين هي الطاقة التي يتطلبها انتزاع إلكترون من ذرة متعادلة في الحالة الغازية.

58. تكتسب عناصر الجهة اليمنى من الجدول الدوري الإلكترونات لتصل إلى حالة الثمانية والاستقرار.

59. Ca^{2+} الأكبر، Be^{2+} الأصغر، يزداد نصف قطر الأيون كلما اتجهنا إلى أسفل المجموعة.

60. عند فقد أي إلكترون يتبقى عدد أقل من الإلكترونات لحجب ما تبقى من إلكترونات التكافؤ عن قوة جذب النواة الكهروستاتيكية. وعليه فتزداد قوة جذب النواة مما يجعل إزالة الإلكترونات المتبقية أكثر صعوبة.

61. تكون أنصاف أقطار أيونات اللافلزات أكبر من ذراتها المتعادلة. تكتسب اللافلزات إلكترونات إلى مستوى طاقة الذرة حيث تتنافر هذه الإلكترونات الإضافية فيما بينها فيزداد حجم الأيون.

62. تتناقص أنصاف الأقطار من اليسار إلى اليمين لأن شحنة النواة تزداد، في حين يبقى مقدار حجب الإلكترونات الداخلية ثابتًا. لذا فإن زيادة قوة جذب النواة للإلكترونات نحو الداخل يقلّل حجم الذرة.

63. a. N و Li b. Ne و Kr c. Li و Cs

64. يُعرف التوزيع الإلكتروني $ns^2\ np^6$ بتوزيع الثمانية، ويحتوي ثمانية إلكترونات وله أقل طاقة، وينتج عنه حالة الاستقرار للذرة.

تكسب الذرات الإلكترونات أو تخسرها أو تشارك بها لتحصل على الحالة المستقرة لتوزيع الثمانية. ولكن يحتوي كل من الهيدروجين والهيليوم على مستوى طاقة واحد يكتمل بوجود إلكترونين من إلكترونات التكافؤ فقط.

55. **علب الصودا** التوزيع الإلكتروني للفلز المستخدم في صناعة علب الصودا هو $[Ne]\ 3s^2\ 3p^1$، تعرّف هذا الفلز وحدّد رقم مجموعته، ودورته، وفئته في الجدول الدوري.

56. املأ الفراغ في **الجدول 7–2** .

الجدول 7-2 التوزيع الإلكتروني

الدورة	المجموعة	رمز العنصر	التوزيع الإلكتروني
3		Mg	$[Ne]3s^2$
4	14	Ge	
	12	Cd	$[Kr]5s^24d^{10}$
2	1		$[He]2s^1$

2-3

إتقان المفاهيم

57. ما طاقة التأين؟

58. يشكل عنصر ما أيونًا سالبًا عند التأين. فأين يقع هذا العنصر في الجدول الدوري؟ فسر إجابتك.

59. أيّ العناصر الآتية؛ الماغنيسيوم أم الكالسيوم أم البريليوم، نصف قطر أيونه أكبر؟ وأيها نصف قطر أيونه أصغر؟ وما الخاصية التي تفسر ذلك؟

60. فسر لماذا تزداد طاقة التأين للعناصر المتتالية في الجدول الدوري عبر الدورة؟

61. كيف يمكن مقارنة نصف قطر أيون اللافلز بنصف قطر الذرة؟ فسر.

62. فسر لماذا يقل نصف قطر الذرة كلما اتجهنا من اليسار إلى اليمين عبر الدورة؟

63. حدّد أي العنصرين له أكبر طاقة تأين في كل من الأزواج الآتية؟

a. N و Li b. Ne و Kr c. Li و Cs

64. فسر قاعدة الثمانية. لماذا لا يتبع غازا الهيدروجين والهيليوم هذه القاعدة؟

65. استخدم **الشكل 20–2** للإجابة عن الأسئلة الآتية. فسّر إجابتك.

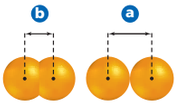
a. إذا كانت A تمثل أيونًا، و B تمثل ذرة للعنصر نفسه. فهل يكون الأيون موجبًا أو سالبًا؟

b. إذا كان A و B يمثلان نصفي قطر الذرة لعنصرين في الدورة نفسها، فما ترتيبها؟

c. إذا كان A و B يمثلان نصفي قطري أيونين لعنصرين في المجموعة نفسها، فما ترتيبها؟

الشكل 20–2

66. يمثل **الشكل 21–2** طريقتين لتعريف نصف قطر الأيون، صف كل طريقة، واذكر متى تستخدم كل منهما؟



الشكل 21–2

67. **الكلور** التوزيع الإلكتروني لذرة الكلور هو $[Ne]\ 3s^2\ 3p^5$ وعندما يكتسب إلكترونًا يصبح توزيعه الإلكتروني $[Ne]\ 3s^2\ 3p^6$، وهو التوزيع الإلكتروني للأرجون. فهل تغيرت ذرة الكلور إلى ذرة أرجون؟ فسر إجابتك.

إتقان حل المسائل

68. **العبوّات الرياضية** تصنع بعض العبوّات الرياضية من مادة اللكسان Lexan، وهي إحدى المواد البلاستيكية التي تحتوي على جزيئات من عناصر الكلور والكربون والأكسجين. رتّب هذه العناصر تنازليًّا حسب نصف قطر الذرة ونصف قطر الأيون.

65. a. الأيون سالب. يكون الأيون السالب دائمًا أكبر من ذرته.

b. يكون A على يسار B، يتناقص نصف قطر الذرة عبر الدورة من اليسار إلى اليمين.

c. يكون A أسفل B. يتزايد نصف قطر الأيون كلما اتجهنا إلى أسفل المجموعة.

66. تستخدم الطريقة a للفلزات، حيث نصف قطر الذرة هو نصف المسافة بين ذرتين متجاورتين في البلورة الفلزية. تستخدم الطريقة b للافلزات الموجودة في صورة جزيئات. حيث نصف قطر الذرة هو نصف المسافة بين نواتي ذرتين متماثلتين ترتبطان معًا.

67. لا، إن التوزيع الإلكتروني لأيون الكلور وذرة الأرجون هو التوزيع نفسه، ولكن ما زال لأيون الكلور 17 بروتونًا ويحتفظ بنوعه كذرة كلور.

68. a. كلور، كربون، أكسجين(حسب نصف قطر الذرة)

b. كلور، أكسجين، كربون. (حسب نصف قطر الأيون)

التقويم 2

69. العدسات اللاصقة تصنع العدسات اللاصقة المرنة من اتحاد ذرات السيليكون والأكسجين معًا. اعمل جدولاً يحتوي قائمة بالتوزيع الإلكتروني وأنصاف أقطار كل من ذرات وأيونات السيليكون والأكسجين. ثم اشرح أي الذرات تصبح أكبر وأيها تصبح أصغر عند اتحاد السيليكون بالأكسجين؟ ولماذا؟

70. الصناعة المحلية تحتوي بعض المشروبات الغازية الخاصة بتقليل الوزن على المُحلي الصناعي أسبارتيم، وهو مركب يحتوي على الكربون والنيتروجين والأكسجين وذرات أخرى. اعمل جدولاً يوضح نصف قطر الذرة ونصف قطر الأيون لكل من الكربون والنيتروجين والأكسجين. افترض حالة التأين الموضحة في **الشكل 14–2** واستخدم الجدول الدوري للتنبؤ بما إذا كانت حجوم ذرات الكربون والنيتروجين والأكسجين تتزايد أم تتناقص عند تكوين الروابط الكيميائية في الأسبارتيم.

مراجعة عامة

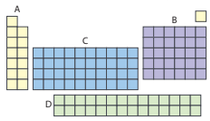
71. عرّف الأيون.

72. اشرح لماذا لا يمكن قياس نصف قطر الذرة بطريقة مباشرة.

73. ما شبه الفلز في الدورة 2 من الجدول الدوري، الذي يكون جزءًا من مركب يستعمل لإزالة عسر الماء؟

74. أيهما أكثر كهروسالبية: عنصر السيزيوم في المجموعة 1 المستخدم في مصابيح الأشعة تحت الحمراء، أم البروم وهو الهالوجين المستخدم في مركبات مقاومة الحريق؟ ولماذا؟

75. يوضح **الشكل 22–2** أقسام الجدول الدوري. سمّ كل قسم من الجدول الدوري، واشرح الخواص المشتركة بين عناصر كل قسم.



الشكل 22–2

76. أي عنصر في الأزواج الآتية له كهروسالبية أعلى:

a. As أو K

b. Sb أو N

c. Be أو Sr

77. فسر لماذا تمتد الفئة s من الجدول الدوري على عرض مجموعتين، والفئة p على عرض 6 مجموعات، والفئة d على عرض 10 مجموعات؟

78. لماذا تختلف معظم قيم الكتل الذرية في جدول مندليف عن القيم الحالية؟

79. رتب عناصر الأكسجين والكبريت والتيلريوم والسلينيوم تصاعديًا حسب نصف قطر الذرة. وهل يعد ترتيبك مثالا على تدرج الخواص في المجموعة أم في الدورة؟

80. الحليب يعد العنصر ذو التوزيع الإلكتروني $[Ar]\,4s^2$ من أهم المعادن الموجودة في الحليب. وحدد المجموعة والدورة والفئة لهذا العنصر في الجدول الدوري.

81. لماذا لا توجد عناصر من الفئة p في الدورة الأولى؟

82. المجوهرات ما الفلزان الانتقاليان المستخدمان في صناعة المجوهرات ويقعان في المجموعة 11، ولهما أقل كتلة ذرية؟

83. أيهما له طاقة تأين أكبر: البلاتين العنصر المستخدم في عمل تاج الضروس، أم الكوبلت العنصر الذي يعطي الضوء الأزرق الساطع للفخار؟

التفكير الناقد

84. التطبيق يكوّن الصوديوم Na أيونًا موجبًا 1+؛ في حين يكوّن الفلور F أيونًا سالبًا 1–. اكتب التوزيع الإلكتروني لكل أيون منهما. وفسّر لماذا لا يشكل هذان العنصران أيونات ثنائية؟

69. عندما يتحد السليكون بالأكسجين تصبح ذرات السليكون أصغر لأنها تفقد إلكترونات، وتصبح ذرات الأكسجين أكبر لأنها تكسب إلكترونات.

70. يتناقص حجم ذرات الكربون. ويتزايد حجم ذرات النيتروجين والأكسجين.

مراجعة عامة

71. الأيون ذرة اكتسبت إلكترونًا واحدًا أو أكثر أو فقدته.

72. لا يوجد للذرة نهاية محددة.

73. بورون.

74. البروم، تزداد الكهروسالبية من اليسار إلى اليمين عبر الدورة في الجدول الدوري.

75. A عبارة عن عناصر فئة s ذات فلك s ممتلئ أو شبه ممتلئ.
B عبارة عن عناصر فئة p ذات أفلاك ممتلئة أو شبه ممتلئة.
C عبارة عن عناصر فئة d ذات أفلاك ممتلئة أو شبه ممتلئة.
D عبارة عن عناصر فئة f ذات أفلاك f ممتلئة أو شبه ممتلئة.

76. a. As
b. N
c. Be

77. تمثل الفئة s تعبئة فلك s الذي يسع إلكترونين كحد أقصى، في حين تمثل الفئة p تعبئة أفلاك p الثلاثة التي تسع ستة إلكترونات في الحد الأقصى. كما تمثل الفئة d تعبئة أفلاك d الخمسة التي تتسع عشرة إلكترونات في الحد الأقصى.

78. عدّل العلماء طرائق قياس الكتل الذرية.

79. الترتيب هو Te, Se, S, O. ويعبر هذا عن نمط التغير في المجموعة.

80. يوجد عنصر الكالسيوم في المجموعة 2، الدورة 4، الفئة s.

81. لا يوجد فلك p في مستوى الطاقة الأول الذي يتألف من فلك s الوحيد والذي يسع إلكترونين كحد أقصى.

82. النحاس والفضة.

83. البلاتين.

التفكير الناقد

84. كلا الأيونين لهما التوزيع الإلكتروني $1s^2\ 2s^2\ 2p^6$ للغاز النبيل. ولا يشكل أي منهما أيونات ثنائية لأنهما يصلان بهذا التركيب إلى حالة الإستقرار، إذ يكتفي الصوديوم بفقد إلكترون، ويعمل الفلور على اكتسابه.

85. يوضح المنحنى البياني زيادة الكثافة بزيادة العدد الذري. لاحظ أن كثافة النيتروجين منخفضة على نحو كبير؛ لأنه العنصر الوحيد الذي يوجد على صورة غاز (البقية في الحالة الصلبة).

86. مجموعة 2؛ ns^2، مجموعة 13؛ $ns^2\ np^1$؛ مجموعة 14؛ $ns^2\ np^2$، مجموعة 15؛ $ns^2\ np^3$، مجموعة 16؛ $ns^2\ np^4$، مجموعة 17؛ $ns^2\ np^5$، مجموعة 18؛ $ns^2\ np^6$.

87. الفوسفور، تشير القفزة في مقدار طاقة التأين بعد المستوى الخامس إلى أن للعنصر خمسة إلكترونات تكافؤ.

88. تحدث القيم العظمى لعناصر الفئة d عندما تكون الأفلاك نصف ممتلئة تقريبًا. (التوزيع الإلكتروني لعنصر W يحتوي 5d، لذا فله أعلى درجة انصهار). وحسب قاعدة هوند، تزداد الرابطة الفلزية قوة كلما زاد عدد الإلكترونات غير المرتبطة، وتصل إلى القيمة العظمى عندما تكون الأفلاك نصف ممتلئة. لاحظ أن Hg و Rn لا يحتويان على إلكترونات غير مرتبطة، لذا فإن درجة انصهارهما تكون منخفضة. أما عناصر الفئة p (81 – 86) فتكون العناصر التي يتوافر فيها إلكترونات غير مرتبطة ذات درجات انصهار عالية.

مسألة تحدّ

89. 5.4 eV أو 8.64×10^{-19} J :Li

9.38 eV أو 1.50×10^{-18} J :Be

8.31 eV أو 1.33×10^{-18} J :B

11.3 eV أو 1.81×10^{-18} J :C

مراجعة تراكمية

90. تحسب طاقة الكم بوصفها حاصل ضرب التردد في ثابت بلانك.

91. الحديد.

85. الرسم البياني واستخداماته يبين **الجدول 8–2** قيم كثافة العناصر في المجموعة 15. ارسم المنحنى البياني للكثافة مقابل العدد الذري، واذكر أي نمط يمكن أن تلاحظه للخواص.

الجدول 8-2 بيانات الكثافة لعناصر المجموعة 15

العنصر	العدد الذري	الكثافة (g/cm^3)
النيتروجين	7	1.25×10^{-3}
الفوسفور	15	1.82
الزرنيخ	33	5.73
الأنتيمون	51	6.70
البيسموث	83	9.78

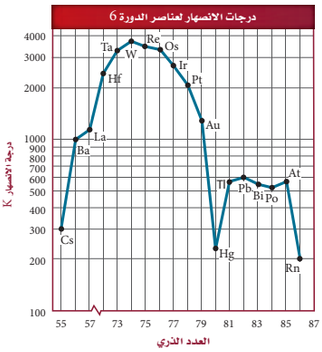
86. التعميم يعبر الرمز ns^1 عن التوزيع الإلكتروني للمستوى الخارجي لعناصر المجموعة الأولى، حيث n هو رقم دورة العنصر ومستوى طاقته الرئيس. اكتب رمزًا مشابهًا لكل مجموعات العناصر المثالية.

87. تعرَّف يعد أحد العناصر المثالية في الدورة 3 جزءًا من المواد الخشنة التي تستعمل على سطح علبة الكبريت. و**الجدول 9–2** يوضح طاقات التأين لهذا العنصر. استعن بالمعلومات الواردة في هذا الجدول لاستنتاج نوع العنصر.

الجدول 9-2 طاقات التأين بوحدة kJ / mol

العدد	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس
طاقة التأين	1010	1905	2910	4957	6265	21238

88. تفسير البيانات ورسم المنحنى البياني لدرجات انصهار عناصر الدورة 6 مقابل العدد الذري كما في **الشكل 23–2**. حدّد نمط التغير في درجات الانصهار والتوزيع الإلكتروني للعناصر. ضع فرضية لتفسير هذا النمط.



الشكل 23–2

مسألة تحدٍّ

89. يعبر عن طاقات التأين بوحدة (kJ /mol)إلاّ أنه يعبر عن الطاقة اللازمة لانتزاع إلكترون من الذرة بالجول (J). استخدم القيم في **الجدول 5–2** لحساب الطاقة اللازمة لانتزاع الإلكترون الأول بوحدة الجول من ذرة كل من B، و Be، وLi، وC.، ثم استخدم العلاقة $1eV = 1.6 \times 10^{-19}$ J لتحويل القيم إلى الإلكترون فولت.

مراجعة تراكمية

90. ما العلاقة بين الطاقة التي تنبعث من الإشعاع وتردده؟

91. ما العنصر الذي توزيعه الإلكتروني $[Ar]\ 4s^2\ 3d^6$ وهو في حالة الاستقرار؟

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

92. الثلاثيات في بدايات القرن التاسع عشر اقترح الكيميائي الألماني دوبرنر ما يعرف باسم الثلاثيات. ابحث عن ثلاثيات دوبرنر واكتب تقريرًا حولها. ما العناصر التي تمثل الثلاثيات؟ وكيف كانت صفات العناصر فيها متشابهة؟

93. الميل الإلكتروني خاصية دورية أخرى. اكتب تقريرًا عن الميل الإلكتروني، وصف تدرجه عبر المجموعة وعبر الدورة.

أسئلة المستندات

كان الجدول الدوري الأصلي لمنديليف جديرًا بالملاحظة في ضوء المعلومات التي كانت متوافرة عن العناصر المعروفة في حينه، ومع ذلك فإنه يختلف عن النسخة الحديثة. قارن بين جدول منديليف الموضح في **الجدول 10–2** والجدول الدوري الحديث الموضح في **الشكل 5–2**.

الجدول 10-2 مجموعات العناصر

التسلسل	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	—	H	—	—	—		—	—	
2	He	Li	Be	B	C	N	O	F	
3	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	
4	Ar	K	Ca	So	Ti	V	Cr	Mn	Fe
5		Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Co Ni (Cu)
6	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	—	Ru
7		Ag	Cad	In	Sn	Sb	Te	I	Rh Pd (Ag)
8	Xe	Cs	Ba	La	—	—	—	—	—
9		—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	Yb	—	Ta	W	—	Os
11		Au	Hg	Tl		Bi	—	—	Ir Pt (Au)
12	—	—	Rd	—	Th	—	U		

94. وضع مندليف الغازات النبيلة في يسار الجدول. فلماذا يعد وضع هذه العناصر في جهة اليمين – كما في الجدول الدوري الحديث– منطقيًا أكثر؟

95. أي أجزاء جدول منديليف يعد أكثر تشابهًا مع موقعه الحالي؟ وأيها كان أبعد عن موقعه الحالي؟ ولماذا؟

96. تختلف معظم الكتل الذرية في جدول منديليف عن القيم الحالية. ما سبب ذلك؟

65

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

92. لاحظ دوبيرنر أن الكتلة الذرية للإسترانشيوم تقع في الوسط بين الكتلة الذرية للكالسيوم والباريوم، وهي عناصر لها خواص كيميائية مشابهة. كما درس ثلاثية الهالوجينات المؤلفة من الكلور والبروم واليود وثلاثية الفلزات القلوية المؤلفة من الليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم. واقترح دوبرينر أن الطبيعة تحتوي ثلاثيات من العناصر حيث للعنصر الأوسط (عند ترتيب العناصر وفق الكتلة الذرية) خواص متوسطة بين العنصرين الآخرين.

93. سيجد الطلبة أن الميل الإلكتروني هو الطاقة المصاحبة لإضافة مول واحد من الإلكترونات إلى مول واحد من الذرات أو الأيونات في الحالة الغازية. ومع أن هناك الكثير من عدم الانتظام –فيما عدا الغازات النبيلة– إلا أن الميل الإلكتروني الأول غالبًا ما يقل من أعلى إلى أسفل خلال المجموعة، ويزداد من اليسار إلى اليمين عبر الدورة.

أسئلة المستندات

94. إن وضع الغازات النبيلة في الجهة اليمنى يجعل العناصر المثالية مرتبة من اليسار إلى اليمين. فكلما تم تعبئة أفلاك مستويات الطاقة، استقرت الغازات النبيلة التي لها أفلاك خارجية ممتلئة على الجهة اليمنى.

95. يشبه He فئة عناصر s والتي تعد الأكثر تشابهًا مع موقعه الحالي، وتعد فئة f هي الأقل تشابهًا معه في الجدول الحالي. كانت عناصر فئة s هي المعروفة على نحو واسع في ذلك الوقت، ولكن كان يُعرف القليل عن عناصر فئة f.

96. بسبب مراجعة العلماء طرائقهم في قياس الكتل الذرية.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. a
2. d
3. d
4. a
5. b
6. d
7. d
8. b
9. d

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. عناصر المجموعة الواحدة في الجدول الدوري لها نفس:

a. عدد إلكترونات التكافؤ.

b. الخواص الفيزيائية.

c. عدد الإلكترونات.

d. التوزيع الإلكتروني.

2. أي العبارات الآتية غير صحيحة؟

a. نصف قطر ذرة الصوديوم Na أصغر من نصف قطر ذرة الماغنيسيوم Mg.

b. قيمة الكهروسالبية للكربون C أكبر من قيمة الكهروسالبية للبورون B.

c. نصف قطر الأيون Br^- أكبر من نصف قطر ذرة Br.

d. طاقة التأين الأولى لعنصر K أكبر من طاقة التأين الأولى لعنصر Rb.

3. ما مجموعة الذرة ذات التوزيع الإلكتروني $[Ar]\ 4s^2 3d^{10} 4p^4$ في الجدول الدوري، ودورتها، وفئتها؟

a. مجموعة 14، دورة 4، فئة d

b. مجموعة 16، دورة 3، فئة p

c. مجموعة 14، دورة 4، فئة p

d. مجموعة 16، دورة 4، فئة p

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 4 و5:

خواص العناصر		
العنصر	الفئة	الخواص
X	s	صلب، يتفاعل بسرعة مع الأكسجين.
Y	p	غاز عند درجة حرارة الغرفة، يكوّن الأملاح.
Z	___	غاز خامل

4. أي مجموعة يقع فيها العنصر X؟

a. 1

b. 17

c. 18

d. 4

5. الفئة التي يقع فيها العنصر Z هي:

a. s

b. p

c. d

d. f

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و 7.

الجدول الدوري

1																	18
Y	2											13	14	15	16	17	Y
Y	Y											W	W	W	W	W	W
Y	Y	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	W	W	W	W	W	W
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	W	W	W	W	W	W
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	W	W	W	W	W	W
Y	Y	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	W	W	W	W	W	W
Y	Y	Z	Z	Z													

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

6. أي العناصر له أكبر نصف قطر ذري في دورته ؟

a. W

b. X

c. Y

d. Z

7. أي المستويات الفرعية الآتية توجد فيها إلكترونات العناصر المصنفة (W)؟

a. s

b. p

c. d

d. f

8. أشباه الفلزات في الجدول الدوري توجد فقط في:

a. الفئة d

b. المجموعات 13 إلى 17

c. الفئة f

d. المجموعتين 1 و2

9. ما المجموعة التي تحتوي على لافلزات فقط؟

a. 1

b. 12

c. 15

d. 18

10. يمكن توقع أن العنصر 118 له خواص تشبه:

a. الفلزات القلوية الأرضية

b. الهالوجين

c. أشباه الفلزات

d. الغاز النبيل

أسئلة الإجابات القصيرة

ادرس التوزيع الإلكتروني الآتي، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه:

$[Ne]3s^2 3p^1$

11. ما رقم دورة العنصر في الجدول الدوري؟

12. ما رقم مجموعة العنصر في الجدول الدوري؟

13. ما اسم هذا العنصر؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 14 و15.

طاقات التأين لعناصر مختارة من الدورة 2 بوحدة kJ/mol

العنصر	Li	Be	B	C
إلكترونات التكافؤ	1	2	3	4
طاقة التأين الأولى	520	900	800	1090
طاقة التأين الثانية	7300	1760	2430	2350
طاقة التأين الثالثة		14,85	3660	4620
طاقة التأين الرابعة			25,020	6220
طاقة التأين الخامسة				37,830

14. بيّن العلاقة التي تربط بين التغير الكبير جدًّا في طاقة التأين وعدد إلكترونات التكافؤ لكل ذرة.

15. توقع أيّ طاقات التأين سوف تظهر أكبر تغير لعنصر الماغنيسيوم؟ فسّر إجابتك.

10. d

أسئلة الإجابات القصيرة

11. الدورة 3.

12. المجموعة 13.

13. الألومنيوم.

أسئلة الإجابات المفتوحة

14. من الأسهل انتزاع إلكترون تكافؤ من مستوى طاقة شبه ممتلئ. أما بالنسبة لليثيوم فإننا بحاجة إلى طاقة أكبر كثيرًا لانتزاع الإلكترون الثاني من مداره حيث إن الإلكترون الثاني هو جزء من مستوى طاقة خارجي ممتلئ. وانتزاعه يجعل الذرة أقل استقرارًا، لذا نحتاج إلى قدر أكبر من الطاقة لانتزاعه.

15. سيُظهر الماغنيسيوم أكبر تغير لطاقة التأين عند طاقة التأين الثالثة. وتعبر طاقة التأين الأولى والثانية عن مقدار الطاقة المطلوبة لإزالة إلكتروني التكافؤ من الماغنيسيوم. أمَّا طاقة التأين الثالثة ستكسر قاعدة الثمانية، لذا نحتاج إلى طاقة أكبر بكثير من الطاقة اللازمة في الحالتين السابقتين.

الفصل 3

المركبات الأيونية والفلزات
Ionic Compounds and Metals

الفكرة العامة ترتبط الذرات في المركبات الأيونية مع روابط كيميائية تنشأ عن تجاذب الأيونات المختلفة الشحنات.

3-1 الروابط الأيونية والمركبات الأيونية

الفكرة الرئيسة تتكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات التكافؤ أو تكتسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثُماني الأكثر استقرارًا، وتتجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة لتكون مركبات أيونية متعادلة كهربائيًا.

3-2 صيغ المركبات الأيونية وأسماؤها

الفكرة الرئيسة يُذكر الأيون السالب أولاً متبوعًا بالأيون الموجب عند تسمية المركبات الأيونية. أما عند كتابة صيغ المركبات الأيونية فيكتب رمز الأيون الموجب أولًا متبوعًا برمز الأيون السالب.

3-3 الروابط الفلزية وخواص الفلزات

الفكرة الرئيسة تُكوّن الفلزات بلورات يمكن تمثيلها أو نمذجتها بأيونات موجبة يحيط بها "سحابة" من إلكترونات التكافؤ حرة الحركة.

د م دون المستوى	ض م ضمن المستوى	ف م فوق المستوى	ت ت تعلم تعاوني

الزمن المقترح للتدريس - الفصل 3 / المركبات الأيونية والفلزات (11 حصة)				
البند	3-1	3-2	3-3	التقويم
عدد الحصص	4	3	3	1

أهداف البند	مصادر تقويم التعلم	المواد والأدوات المختبرية
3-1 الروابط الأيونية والمركبات الأيونية 1. **يتعرف** الرابطة الكيميائية. 2. **يصف** تكوين الأيونات الموجبة والسالبة. 3. **يربط** بين تكون الأيون وتوزيعه الإلكتروني. 4. **يصف** تكوين الرابطة الأيونية وبناء المركبات الأيونية. 5. **يُعمّم** قوة الروابط الأيونية اعتمادًا على الخواص الفيزيائية للمركبات الأيونية. 6. **يصنّف** تكوين الرابطة الأيونية على أساس طارد أو ماص للحرارة.	**متابعة التقدم** تقويم بنائي، ص 71، 72، 75 ماذا قرأت؟ ص 70، 75، 77 تقويم البند، ص 78	**نشاط استهلالي** صفحة 69 ماء مقطر، سكر، طبق تفاعل، جهاز توصيل، ماصة، ملح الطعام **الزمن المقدر: 10 دقائق** **عرض عملي**، ص 74 كلوريد صوديوم، وعاء زجاجي، جهاز توصيل، مصباح كشاف، كلوريد ليثيوم.
3-2 صيغ المركبات الأيونية وأسماؤها 1. **يربط** وحدة الصيغة للمركب الأيوني بتركيبه الكيميائي. 2. **يكتب** صيغ المركبات الأيونية والأيونات العديدة الذرات. 3. **يطبّق** طريقة التسمية على المركبات الأيونية والأيونات العديدة الذرات.	**متابعة التقدم** تقويم بنائي، ص 82، 83، 84، 85، 86 ماذا قرأت؟ ص 81 تقويم البند، ص 86	**عرض عملي**، ص 80 مملغم حبيبات الخارصين، كلوريد الزئبق II (محلول)، محلول ميتافاندات الأمونيوم NH_4VO_3 دورق مخروطي 500 ml مع سدادة، قمع للمسحوق، مخبار مدرج 25 ml **عرض عملي**، ص 83 جهاز توصيل، ماء مقطر، $MgCl_2$، $NaCl$، $Mg(NO_3)_2$، $AlCl_3$، $NaNO_3, KNO_3, Al(NO_3)_3$
3-3 الروابط الفلزية وخواص الفلزات 1. **يصف** الرابطة الفلزية. 2. **يربط** نموذج سحابة الإلكترونات بالخواص الفيزيائية للفلزات. 3. **يتعرَّف** السبائك ويصنّفها إلى مجموعتين رئيستين.	**متابعة التقدم** تقويم بنائي، ص 89 ماذا قرأت؟ ص 88 تقويم البند، ص 89 **التقويم الختامي** تقويم الفصل، ص 95	**عرض عملي**، ص 88 هيدروكسيد صوديوم، خارصين، جهاز تسخين، قطع نقود نحاسية، ملقط. مختبر الكيمياء صفحة 91 شريط ماغنيسيوم (25cm)، ماسك، حامل حلقة ومثبت، لهب بنزن، بواتق وعاء حجم (100 ml)، جهاز التوصيل، بوتقة، مثلث خزفي، قضيب تحريك، ميزان، ماء مقطر. **الزمن المقدر: 30 دقيقة**

الفصل 3

الفكرة العامة

الروابط الكيميائية

لتقديم الفكرة العامة لهذا الفصل احرق شريطًا من الماغنيسيوم على ألا ينظر الطلبة إليه وهو مشتعل. وعند انتهاء التفاعل اسأل الطلبة ما الذي شاهدوه. المركب الناتج يختلف عن الماغنيسيوم الأصلي. واسألهم أيضًا: ماذا تفاعل مع الماغنيسيوم؟ الهواء الذي يتكون معظمه من النيتروجين والأكسجين. ثم اطلب إليهم تحديد موقع كل من الماغنيسيوم والأكسجين والنيتروجين في الجدول الدوري، وتوقّع أنواع الأيونات التي تكوّنها. يوجد الماغنيسيوم في المجموعة 2 وسيكوّن أيون 2+. كما يوجد الأكسجين في المجموعة 16 وسيكوّن أيون 2−. أما النيتروجين فيوجد في المجموعة 15 وسيكوّن أيون 3−. ثم أخبر الطلبة أنهم سيقومون بإجراء تفاعل مشابه في مختبر الكيمياء لاحقًا.

الربط مع المعرفة السابقة

اطلب إلى الطلبة مراجعة المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الفصل:

- التركيب الذري
- التوزيع الإلكتروني
- تدرج الخواص.

استعمال الصورة

الروابط الكيميائية في الطبيعة . اطلب إلى الطلبة أن يتأملوا الصورة الافتتاحية، واسألهم: ممّ تكون الشعب المرجانية؟ من كربونات الكالسيوم. واطلب إليهم ملاحظة شكل كربونات الكالسيوم، واسألهم: ماذا يلاحظون؟ تحتوي كربونات الكالسيوم على أيونات الكالسيوم الموجبة وأيونات الكربونات السالبة. يوجد لكل أيون كالسيوم 2+ أيون كربونات 2−. اطلب إلى الطلبة أن يقارنوا بين شكل الألومنيوم وشكل كربونات الكالسيوم. وينبغي أن يلاحظوا عدم وجود الشحنة السالبة في الألومنيوم. وأخبرهم أن الألومنيوم يحتوي رابطة فلزية، في حين تحتوي كربونات الكالسيوم رابطة أيونية. واشرح لهم أن الألومنيوم يحتوي على شحنات سالبة لا تظهر في الصورة. وسيتم مناقشة هذين النوعين من الروابط في هذا الفصل.

نشاطات تمهيدية

نشاط استهلالي

ما المركّبات التي توصل الكهرباء في المحاليل؟

لكي توصل المادة التيار الكهربائي يجب أن تحتوي على جسيمات مشحونة قادرة على الحركة بسهولة ويعد التوصيل الكهربائي أحد خواص المواد التي تزودنا ببعض المعلومات عن الروابط.

خطوات العمل

1. اقرأ تعليمات السلامة في المختبر.
2. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك.
3. املأ إحدى فجوات طبق التفاعلات البلاستيكي بملح الطعام NaCl.
4. استخدم الماصة التي تستخدم مرة واحدة لنقل 1ml من محلول ملح الطعام NaCl إلى فجوة أخرى في الطبق نفسه.
5. اغمس أقطاب جهاز فحص التوصيل الكهربائي داخل ملح الطعام الصلب، فإذا توهج المصباح الكهربائي فإن ذلك يعني أن ملح الطعام الصلب موصل للكهرباء. كرر الخطوة نفسها مع محلول ملح الطعام.
6. كرر الخطوات من 3 إلى 5 مستخدمًا السكر $C_{12}H_{22}O_{11}$ بدلاً من ملح الطعام.
7. أعد الخطوات من 3 إلى 5 مستخدمًا الماء المقطر بدلاً من ماء الصنبور.

تحليل النتائج

1. اعمل جدولاً ودوّن فيه أسماء المركبات ونتائج تجارب التوصيل الكهربائي.
2. فسر النتائج التي حصلت عليها.

استقصاء صمّم نموذجًا يوضح الاختلاف بين المركبات التي توصل محاليلها التيار الكهربائي والمركبات التي لا توصل محاليها التيار الكهربائي.

المطويات منظمات الأفكار

المركبات الأيونية اعمل المطوية الآتية لتساعدك على تنظيم المعلومات الخاصة بالمركبات الأيونية.

خطوة 1 اطو الورقة طوليًا لتعمل ثلاثة أقسام متساوية.

خطوة 2 اطو الجزء العلوي من الورقة نحو الأسفل بمقدار 2 cm تقريبًا.

خطوة 3 ارسم خطوطًا على طول الثنيات، ثم عنون الأعمدة على النحو الآتي: تكوين الأيونات، الروابط الأيونية، خواص المركبات الأيونية.

المطويات استخدم هذه المطوية في الدرسين 1–3 و2–3. وبعد قراءتهما دوّن المعلومات الخاصة بالمركبات الأيونية في الأعمدة المناسبة لذلك في المطوية.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع:

www.obeikaneducation.com

69

نشاط استهلالي

الهدف يستخدم الطلبة جهاز فحص التوصيل الكهربائي لملاحظة توصيل بعض المركبات للتيار الكهربائي وهي في حالة المحلول .

احتياطات السلامة وافق على نماذج السلامة قبل بدء العمل. ويمكن التخلص من الفضلات، بسكب المحاليل والسوائل في المغسلة، ويضاف بعدها كمية كبيرة من الماء.

استراتيجيات التدريس

- يمكن اختيار المركبات الأيونية والتساهمية بالتناوب بحسب توافرها.
- التوسع في التجربة لتشمل محاليل شائعة ومعروفة. ومن ذلك على سبيل المثال المشروبات التي يتناولها الرياضيون والتي يكتب على ملصقاتها أنواع الإلكتروليتات؛ إذْ يسمع الكثير من الطلبة عن الإلكتروليتات؛ ولكنهم لا يفهمون وظائفها. فإذا استخدمت هذه المشروبات في المختبر فذكّر الطلبة بعدم تناولها فيه.

النتائج المتوقعة تتحلل المركبات الأيونية في المحاليل، وتوصل التيار الكهربائي. ولكن المركبات التساهمية لا تتحلل، لذا فإنها لا توصل التيار الكهربائي.

تحليل النتائج

1.

المادة	نتيجة التوصيل
NaCl (صلب)	لا
NaCl (محلول)	نعم
$C_{12}H_{22}O_{11}$ (صلب)	لا
محلول $C_{12}H_{22}O_{11}$	لا
ماء مقطر	لا

2. يكوّن ملح الطعام جسيمات مشحونة عند ذوبانه في الماء.

الاستقصاء

تتحلل المركبات الموصلة للكهرباء في المحاليل إلى أيونات منفصلة، مما يتيح لها توصيل التيار الكهربائي.

أما المركبات التي لا توصل الكهرباء في المحاليل فلا تتفكك إلى جسيمات مشحونة.

3-1

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسة على الطلبة.

الفكرة الرئيسة

التوزيع الإلكتروني اكتب التوزيع الإلكتروني لعنصري الكالسيوم والأرجون على السبورة، ثم اطلب إلى الطلبة المقارنة بينهما. يحتوي التوزيع الإلكتروني للكالسيوم على إلكتروني تكافؤ أكثر من الأرجون. ذكر الطلبة أن الأرجون غاز نبيل وله توزيع إلكتروني مستقر. ارسم الآن التوزيع الإلكتروني لعنصر الكلور على السبورة، واطلب إليهم مقارنتها مع التوزيع الإلكتروني للأرجون. عدد إلكترونات الكلور في المستوى الأخير أقل بمقدار واحد من الأرجون. ثم اسأل الطلبة: ما الذي يجب أن يحدث حتى يصل الكالسيوم إلى التوزيع الإلكتروني المشابه للأرجون؟ يجب أن يفقد الكالسيوم إلكتروني التكافؤ في المستوى الأخير ليكوِّن أيون 2+. وما الذي يجب أن يحدث ليصل الكلور إلى التوزيع الإلكتروني المشابه للأرجون. يجب على الكلور أن يكسب إلكترونًا في مستواه الخارجي ليكوِّن أيون 1 – ض م

2. التدريس

تطوير المفهوم

التوزيع الإلكتروني اكتب على السبورة التوزيع الإلكتروني الكامل لكل من البوتاسيوم والأرجون، واسأل الطلبة توضيح الفرق بينهما. هما متشابهان إلا أن البوتاسيوم له إلكترون $4s^1$. واسأل أيضًا: لماذا يُعد الأرجون مستقرًّا؟ لأنه غاز نبيل وله ثمانية إلكترونات تكافؤ. وكيف يمكن للبوتاسيوم أن يكتسب التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة؟ يجب أن يفقد البوتاسيوم الإلكترون $4s^1$. وذكّر الطلبة أن البوتاسيوم سيصبح 1+ بسبب وجود بروتون واحد زائد في النواة. تابع مناقشة التوزيع الإلكتروني للكالسيوم والجاليوم. ض م

ماذا قرأت؟ 8 إلكترونات، وتعرف بقاعدة الثمانية، وهي مرتبطة مع الحالة الأكثر استقرارًا للذرة.

إجابة سؤال الشكل 1–3 يحتاج إلى إطلاق طاقة.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى وضح للطلبة أنه عندما تصبح الذرة مستقرة، فإنها لا تتحول إلى غاز نبيل. ثم ارسم دائرة على شفافية جهاز العرض الطولي، وضع في مركزها 11 كرة صغيرة لتمثل البروتونات داخل نواة الصوديوم. واطلب إليهم أن يحددوا شحنة النواة. 11+. ومثّل مستويات الطاقة في الذرة بوضع كرتين صغيرتين، وثماني كرات صغيرة، ثم كرة صغيرة واحدة في الدوائر الداخلية والوسطى والخارجية على التوالي حول النواة. وحدد شحنة السحابة الإلكترونية. 11–، ثم أزل الكرة الصغيرة الأبعد والتي تمثل إلكترون التكافؤ، واطلب إلى الطلبة تحديد شحنة الأيون. 1+، وذكّرهم بأن عدد البروتونات هو الذي يحدد هوية الذرة لا عدد الإلكترونات. د م

الأهداف

- **تعرُّف** الرابطة الكيميائية.
- **تصف** تكوين الأيونات الموجبة والسالبة.
- **تربط** بين تكوّن الأيون وتوزيعه الإلكتروني.
- **تصف** تكوين الرابطة الأيونية وبناء المركبات الأيونية.
- **تُعمّم** قوة الروابط الأيونية اعتمادًا على الخواص الفيزيائية للمركبات الأيونية.
- **تُصنّف** تكوين الرابطة الأيونية إلى طارد أو ماص للحرارة.

مراجعة المفردات

قاعدة الثمانية: تميل الذرات إلى اكتساب الإلكترونات أو فقدانها أو مشاركتها لتحصل على ثمانية إلكترونات تكافؤ.

المركب: اتحاد كيميائي بين عنصرين مختلفين أو أكثر.

المفردات الجديدة

الكاتيون
الأنيون
الرابطة الأيونية
المركبات الأيونية
البلورة
الإلكتروليت
طاقة البلورة

الروابط الأيونية والمركبات الأيونية

Ionic Bonds and Ionic Compounds

الفكرة الرئيسة **تتكون الأيونات عندما تفقد الذرات إلكترونات التكافؤ أو تكتسبها لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الثماني الأكثر استقرارًا. وتتجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة لتكون مركبات أيونية متعادلة كهربائيًا.**

الربط مع الحياة تخيل أنك ذاهب أنت ومجموعة من الأصدقاء ذاهبون إلى الحديقة لتلعبوا كرة القدم، فوجدتم هناك مجموعة أخرى أكثر عددًا يرغبون اللعب أيضًا. ولتشكيل فريقين متساويين في أعداد اللاعبين لابد أن تفقد إحدى المجموعتين بعضًا من أعضائها، في حين تكتسب المجموعة الأخرى أعضاء جددًا. وهكذا تتصرف الذرات أحيانًا عند تكوين المركبات.

تكوين الأيون الموجب Positive Ion Formation

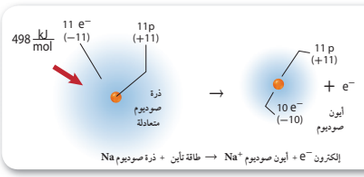
يتكون الأيون الموجب عندما تفقد الذرة إلكترون تكافؤ واحدًا أو أكثر لتحصل على التوزيع الإلكتروني المشابه للتوزيع الإلكتروني لأقرب غاز نبيل. ويُسمى الأيون الموجب **بالكاتيون**. ولفهم تكوين الأيون الموجب قارن بين التوزيع الإلكتروني لغاز النيون النبيل (العدد الذري يساوي 10) والتوزيع الإلكتروني لفلز الصوديوم القلوي (العدد الذري يساوي 11).

ذرة النيون Ne	$1s^2 2s^2 2p^6$
ذرة الصوديوم Na	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

لذرة الصوديوم إلكترون تكافؤ واحد في المستوى الفرعي 3s، ولذا فهي تختلف عن ذرة غاز النيون النبيل بهذا الإلكترون الإضافي. وعندما تفقد ذرة الصوديوم هذا الإلكترون، تحصل على توزيع إلكتروني مستقر مشابه للتوزيع الإلكتروني لذرة النيون. ويوضح **الشكل 1–3** كيف تفقد ذرة الصوديوم إلكترون التكافؤ لتتحول إلى كاتيون.

ومن الضروري معرفة أنه رغم حصول ذرة الصوديوم على توزيع إلكتروني مشابه للتوزيع الإلكتروني لذرة النيون، إلا أنها لم تتحول إلى ذرة نيون، بل تحولت إلى أيون صوديوم أحادي الشحنة الموجبة، وأن عدد البروتونات (11) الذي يحدد ذرة الصوديوم ما زال ثابتًا داخل النواة، ولم يتغير.

ماذا قرأت؟ ما عدد إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي لذرة مستقرة؟



الشكل 1-3 يتكون الأيون الموجب عند فقد الذرة المتعادلة واحدًا أو أكثر من إلكترونات التكافؤ. تحتوي الذرة المتعادلة كهربائيًا على أعداد متساوية من البروتونات والإلكترونات، في حين يحتوي الأيون الموجب على عدد من البروتونات أكبر من عدد الإلكترونات.

حلّل هل يحتاج انتزاع إلكترون من ذرة متعادلة إلى امتصاص الطاقة أم إطلاقها؟

تطوير المفهوم

العناصر الانتقالية لا تشمل قاعدة الثمانية التوزيع الإلكتروني لبعض الفلزات الانتقالية. ولا تكون الفلزات الانتقالية بصورة عامة أيونات ذات توزيع إلكتروني يشبه التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة. وعند تشكيل الأيونات، تفقد الفلزات الانتقالية إلكترونات المستوى الفرعي s أولاً، ولكنها تفقد أيضًا إلكترونات المستوى الفرعي d. اكتب التوزيع الإلكتروني لعنصر الحديد. $[Ar]\ 3d^6 4s^2$. يكون الحديد نوعين من الأيونات، Fe^{2+} و Fe^{3+} وعند تكوين أيونات Fe^{2+}، يفقد الحديد إلكتروني المستوى الفرعي 4s، وينتج التوزيع الإلكتروني $[Ar]3d^6$. وهذا التوزيع ذو استقرار جزئي، لذا يفقد الحديد إلكترونًا من إلكترونات المستوى الفرعي 3d بسهولة ويتكوّن أيون Fe^{3+} وتوزيعه الإلكتروني $[Ar]3d^5$.

إن استقرار المستوى الفرعي d نصف الممتلئ لا يصل إلى الاستقرار كما في حالة الثمانية، ولكنه أكثر استقرارًا من التوزيع الإلكتروني الأصلي للحديد أو لأيون Fe^{2+}. ض م

التقويم

مهارة اطلب إلى الطلبة كتابة التوزيع الإلكتروني للأيونات الآتية، وحدد أيها له التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة، وأيها ليس له. Ti^{4+}, Se^{2-}, Ge^{3+}, Sc^{3+}

لجميع الأيونات توزيعات إلكترونية للغاز النبيل، ماعدا Ge^{3+}. ض م

دفتر الكيمياء

ملخص تكوين الأيونات اطلب إلى الطلبة عمل جدول في دفتر الكيمياء تحمل أعمدته العناوين الآتية: رمز العنصر، التوزيع الإلكتروني، التمثيل النقطي، الأيون وشحنته، عدد الإلكترونات المفقودة أو المكتسبة، واسم الأيون.

مستعملين العناصر الآتية: السيزيوم، الباريوم، الزرنيخ، اليود، الزنك، الفوسفور. وعليهم إكمال هذا الجدول. ض م

مشروع الكيمياء

ترقيم المجموعات اطلب إلى الطلبة أن يرسموا جدولاً دوريًا بسيطًا مع وضع عناوين لأعمدته (المجموعات). واطلب إليهم أيضًا رسم تركيب لويس لكل عنصر في الدورة 2 في الجدول، ودراسة كل تركيب وعدد إلكترونات التكافؤ الخاص به وعلاقته بنظام ترقيم المجموعات من 1 إلى 8. ض م

أيونات الفلزات إن ذرات الفلزات نشيطة كيميائيًا لأنها تفقد إلكترونات تكافئها بسهولة. وفلزات المجموعتين الأولى والثانية أكثر الفلزات نشاطًا في الجدول الدوري. فعلى سبيل المثال، تُكوّن فلزات البوتاسيوم والماغنيسيوم الموجودة في المجموعتين 1 و 2 على الترتيب، الأيونات K^+ و Mg^{2+}، كما تُكوّن بعض ذرات عناصر المجموعة 13 أيونات موجبة أيضًا. ويلخص **الجدول 1–3** الأيونات التي تكوّنها ذرات فلزات المجموعات 1و 2 و13.

الجدول 1-3 أيونات المجموعات 1و 2 و 13

المجموعة	التوزيع	شحنة الأيون المتكون
1	ns^1 [غاز نبيل]	1+ عند فقد إلكترون s^1
2	ns^2 [غاز نبيل]	2+ عند فقد إلكتروني s^2
13	ns^2np^1 [غاز نبيل]	3+ عند فقد إلكترونات s^2p^1

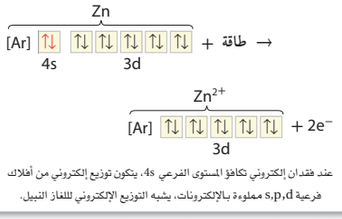
أيونات الفلزات الانتقالية

تذكّر أن مستوى الطاقة الخارجي للفلزات الانتقالية هو ns^2 . وعند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الدورة. تقوم ذرات كل عنصر بإضافة إلكترون إلى أحد الأفلاك الفرعية d. وعادة ما تفقد الفلزات الانتقالية إلكترونين من إلكترونات التكافؤ، لتكوّن أيونات موجبة ثنائية الشحنة 2+. ومن الممكن أيضًا فقدان إلكترونات من الفلك d. لذا تكوّن الفلزات الانتقالية أيونات موجبة ثلاثية الشحنة 3+ أو أكثر حسب عدد إلكترونات الفلك d، ولكن من الصعب التنبؤ بعدد الإلكترونات التي يمكن فقدانها. فعلى سبيل المثال، يُكوّن الحديد أيونات Fe^{2+} وأيونات Fe^{3+} . ولكن يمكننا القول إن من المؤكد أنّ هذه الفلزات تكوّن أيونات موجبة ثنائية أو ثلاثية الشحنة.

التوزيع الإلكتروني الشبيه بالتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل

على الرغم من أن توزيع الإلكترونات الثماني هو التوزيع الإلكتروني للذرة المستقرة، إلاّ أن هناك يوجد توزيعات أخرى للإلكترونات تزودها ببعض الاستقرار.

فعلى سبيل المثال، تفقد ذرات عناصر المجموعات 14–11 إلكترونات لتكون مستوى طاقة خارجيًا ذا أفلاك فرعية مملوءة هي s،p،d. ويبين **الشكل 2–3** التوزيع الإلكتروني لذرة الخارصين على النحو الآتي: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$. وعند تكون الأيون تفقد ذرة الخارصين إلكترونين من المستوى الفرعي 4s وينتج عنه التوزيع الإلكتروني المستقر: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$. ويُشار إلى هذا التوزيع الإلكتروني المستقر نسبيًا بالتوزيع الإلكتروني الشبيه بالغاز النبيل.



الشكل 2-3 عندما يتفاعل الخارصين مع اليود، فإن حرارة التفاعل تجعل اليود الصلب يتسامى إلى بخار بنفسجي اللون. وينكون أسفل الأنبوب ZnI_2 الذي يحتوي على أيون Zn^{2+} توزيعه الإلكتروني شبيه بالتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.

عند فقدان إلكتروني تكافؤ المستوى الفرعي 4s، يتكون توزيع إلكتروني من أفلاك فرعية s،p،d مملوءة بالإلكترونات، يشبه التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.

إجابة سؤال النص نيتريد.

إجابة سؤال الشكل 3–3

يحتاج تكوين الأيون السالب إلى طاقة، بينما يصاحب عملية تكوين الأيون الموجب انبعاث الطاقة.

التقويم

المعرفة اطلب إلى كل طالب كتابة أسماء خمسة عناصر ورموزها بحيث تمثّل أعدادها الذرية 54 أو أقل على ورقة. واطلب إلى طلبة آخرين كتابة التوزيع الإلكتروني لكل عنصر، وارسم التمثيل النقطي لإلكتروناتها، ثم حدّد نوع الأيون الذي تكوّن. ض م

تكوين الأيون السالب Negative Ion Formation

تميل عناصر اللافلزات الموجودة يمين الجدول الدوري إلى اكتساب إلكترونات بسهولة لتحصل على توزيع إلكتروني خارجي مستقر، كما في **الشكل 3–3**. وللحصول على توزيع إلكتروني مشابه للتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل تكتسب ذرة الكلور إلكترونًا لتكوّن أيونًا شحنته 1–، ويصبح التوزيع الإلكتروني لأيون الكلوريد بعد اكتساب الإلكترون مثل التوزيع الإلكتروني للأرجون:

ذرة Cl $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

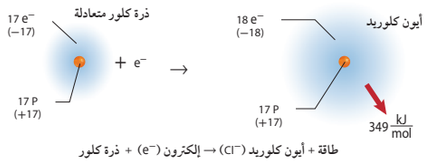
ذرة Ar $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

أيون Cl^- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

ويسمى الأيون السالب **بالأنيون** ولتسمية الأيونات السالبة يضاف المقطع (يد) إلى نهاية اسم العنصر، فتصبح ذرة الكلور أيون كلوريد. فما اسم أيون النيتروجين؟

الشكل 3-3 في أثناء تكوّن أيون الكلوريد السالب تكتسب ذرة الكلور المتعادلة إلكترونًا، وينتج عن هذه العملية انبعاث 349 kJ/mol من الطاقة.

قارن كيف تختلف الطاقة المصاحبة لتكوين أيون موجب عن الطاقة المصاحبة لتكوين أيون سالب؟



طاقة + أيون كلوريد (Cl^-) → إلكترون (e^-) + ذرة كلور

تفقد أو تكتسب بعض ذرات عناصر اللافلزات أعدادًا من الإلكترونات للوصول إلى حالة الثمانية. فمثلًا، بالإضافة إلى مقدرة ذرة الفوسفور على اكتساب ثلاثة إلكترونات فإنها تستطيع أن تخسر خمسة إلكترونات وفي الغالب، تكتسب ذرات عناصر المجموعة 15 ثلاثة إلكترونات، وتكتسب ذرات عناصر المجموعة 16 إلكترونين، وتكتسب ذرات عناصر المجموعة 17 إلكترونًا واحدًا للوصول إلى حالة الثمانية ويبين **الجدول 2–3** أيونات المجموعات 15 و16 و17.

الجدول 2-3 أيونات المجموعات من 15 إلى 17

المجموعة	التوزيع الإلكتروني	شحنة الأيون المتكون
15	[غاز نبيل] ns^2np^3	3– عند اكتساب ثلاثة إلكترونات
16	[غاز نبيل] ns^2np^4	2– عند اكتساب إلكترونين
17	[غاز نبيل] ns^2np^5	1– عند اكتساب إلكترون واحد

72

تكوين الروابط الأيونية Formation of Ionic Bonds

ما الشيء المشترك بين التفاعلين الظاهرين في **الشكل 4–3**؟ تتفاعل العناصر معًا في كلتا الحالتين لتكوين مركب كيميائي. ويبين **الشكل 4a–3** التفاعل بين عنصري الصوديوم والكلور، وينتقل في أثناء هذا التفاعل، إلكترون تكافؤ من ذرة الصوديوم إلى ذرة الكلور فتصبح ذرة الصوديوم أيونًا موجبًا. وتستقبل ذرة الكلور هذا الإلكترون في مستوى الطاقة الخارجي لتصبح ذرة الكلور أيونًا سالبًا. كما يبين **الشكل 4b–3** التفاعل بين عنصري الماغنيسيوم والأكسجين لتكوين أكسيد الماغنيسيوم MgO.

وعندما تتجاذب الشحنات المختلفة على أيوني الصوديوم والكلوريد يتكون مركب كلوريد الصوديوم. وتسمى القوة الكهروستاتيكية التي تمسك الجسيمات ذات الشحنات المختلفة في المركبات الأيونية **الرابطة الأيونية**. كما تسمى المركبات التي تحتوي على روابط أيونية **المركبات الأيونية**.

المطويات
أضف المعلومات الموجودة في هذا الدرس إلى مطويتك.

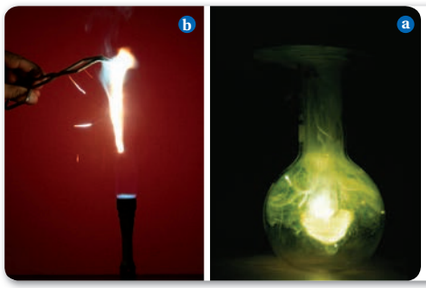
الشحنات وتكوين المركبات الأيونية ما الدور الذي تقوم به شحنة الأيون في تكوين المركبات الأيونية؟ للإجابة عن هذا السؤال تفحّص طريقة تكوين مركب فلوريد الكالسيوم. إن التوزيع الإلكتروني لذرة الكالسيوم هو $[Ar]\ 4s^2$ ، لذا فإنها تحتاج أن تفقد إلكترونين للوصول إلى التوزيع الإلكتروني المستقر لذرة الأرجون .

أما التوزيع الإلكتروني لذرة الفلور فهو $[He]\ 2s^2 2p^5$، ويجب أن تكسب إلكترونًا واحدًا للوصول إلى التوزيع الإلكتروني المستقر لذرة النيون. ولأن عدد الإلكترونات المفقودة والمكتسبة يجب أن يكون متساويًا فإننا نحتاج إلى ذرتين من الفلور لتكسبا الإلكترونين اللذين فقدتهما ذرة الكالسيوم. وكما ترى، فقد أصبحت الشحنة النهائية في مركب فلوريد الكالسيوم CaF_2 تساوي صفرًا.

$$1\ \text{Ca ion}\left(\frac{2+}{\text{Ca ion}}\right) + 2\ \text{F ions}\left(\frac{1-}{\text{F ion}}\right) = (1)(+2) + (2)(-1) = 0$$

ويلخص **الجدول 3–3** طرائق عدة تمثل تكوين المركبات الأيونية، ومنها كلوريد الصوديوم. يتطلب تكوين أكسيد الألومنيوم فقدان كل ذرة ألومنيوم ثلاثة إلكترونات، واكتساب كل ذرة أكسجين إلكترونين. وبناءً على ذلك نحتاج إلى ثلاث ذرات من الأكسجين لتكسب 6 إلكترونات فُقِدَت من ذرتي ألومنيوم لإنتاج مركب أكسيد الألومنيوم Al_2O_3 المتعادل كهربائيًا.

$$2\ \text{Al ion}\left(\frac{3+}{\text{Al ion}}\right) + 3\ \text{O ions}\left(\frac{2-}{\text{O ion}}\right) = 2(3+) + 3(2-) = 0$$



الشكل 4-3 يُنتج كل من هذه التفاعلات الكيميائية طاقة كبيرة في أثناء تكوين المركبات الأيونية
a. ينتج عن التفاعل بين عنصر الصوديوم وغاز الكلور بلورات صلبة بيضاء اللون.
b. ينتج عن اشتعال شريط فلز الماغنيسيوم في الهواء مركب أيوني يسمى أكسيد الماغنيسيوم.

التوسع

شحنات الأيونات أحضر بالونًا إلى الصف، وادلكه بشعرك، ثم ألصقه بالحائط. واسأل الطلبة: لماذا يلتصق البالون بالحائط؟ للحائط شحنات معاكسة لشحنات البالون، والشحنات المختلفة تتجاذب. ثم ارسم التوزيع الإلكتروني للكالسيوم على السبورة. واسأل الطلبة أن يفسّروا كيف يُكوِّن الكالسيوم أيون 2+. تفقد ذرة الكالسيوم الإلكترونين من مستوى الطاقة الخارجي. واسأل أيضًا ماذا يحدث لأيون الكالسيوم الموجب؟ ستقوم بجذب جسيم ذي شحنة سالبة. ض م

المركبات الأيونية في الأصباغ اطلب إلى الطلبة تفحص ملصق المكونات على علبة الدهان التي أحضروها من منازلهم أو من موزع الدهان في الحيّ. واطلب إليهم العمل في مجموعات لتحديد المكونات الأيونية في الدهان. ستتنوع الإجابات: المركبات الأيونية التي تتوافر عادة هي ثاني أكسيد التيتانيوم وكربونات الكالسيوم وسليكات الكالسيوم وسليكات الألومنيوم. ض م ت ت

مشروع الكيمياء

تكوين الرابطة الأيونية اطلب إلى الطلبة كتابة قصة أو تصميم نموذج يوضح تكوين الرابطة الأيونية. واطلب إليهم قراءة القصص التي كتبوها في الصف وعرض النماذج التي أعدّوها على لوحة الإعلانات. ض م

عرض عملي

توصيل المركبات الأيونية بيّن للطلبة أن المركبات الأيونية لا توصل التيار الكهربائي وهي في الحالة الصلبة، ولكنها توصل التيار الكهربائي في حالة المصهور وفي حالة المحلول. ضع قليلاً من بلورات كلوريد الصوديوم في وعاء زجاجي، وثبت جهاز كاشف التوصيل واطلب إلى الطلبة تسجيل ملاحظاتهم. لا يضيء المصباح، مما يشير إلى عدم مرور التيار الكهربائي. ارفع جهاز فحص التوصيل عن البلورات، وقم بإذابة كلوريد الصوديوم في الماء. ثم أعد وضع جهاز كاشف التوصيل وشاهد إضاءة المصباح. واسأل الطلبة: لماذا لا يوصل كلوريد الصوديوم التيار الكهربائي وهو في الحالة البلورية ولكنه يوصله وهو في حالة المحلول؟ لا تتحرك الأيونات في الحالة الصلبة، ولكنها تتحرك في حالة المحلول. استخدم جهاز كاشف التوصيل لتأكيد أن كلوريد الليثيوم لا يوصل التيار الكهربائي في الحالة الصلبة، ولكن يوصل مصهور كلوريد الليثيوم التيار الكهربائي. إذا كان جهاز التسخين في المختبر غير قادر على صهر مركب ما، فناقش مع الطلبة ما يمكن أن يحدث. ض م

الجدول 3-3 تكوين كلوريد الصوديوم

المعادلة الكيميائية

$Na + Cl \rightarrow Na^+ + Cl^- +$ طاقة

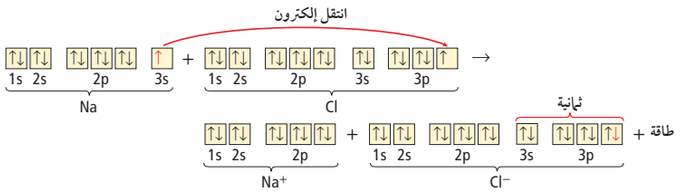
التوزيع الإلكتروني

انتقل إلكترون

$[Ne]3s^1 + [Ne]3s^23p^5 \rightarrow [Ne] + [Ar] +$ طاقة

Na Cl Na^+ Cl^-

التوزيع الإلكتروني بطريقة رسم مربعات الأفلاك

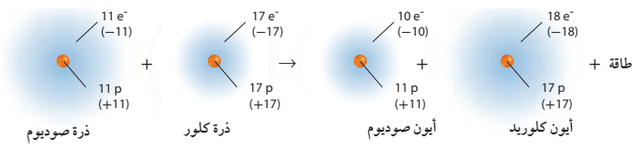


التمثيل النقطي للإلكترونات (تمثيل لويس)

انتقل إلكترون

$Na^{\bullet} + \cdot\ddot{Cl}: \rightarrow [Na]^+ + [:\ddot{Cl}:]^- +$ طاقة

النماذج الذرية



74

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى زوّد كل طالب بكرات تتراوح بين واحدة إلى سبع، واشرح لهم أن عدد الكرات يمثّل عدد الإلكترونات في أعلى مستوى طاقة للعنصر. ثم اطلب إليهم أن يجدوا طالبًا آخرَ له العدد الصحيح من الكرات الذي يمكّن الاثنين من الحصول على مستويات طاقة كاملة لتكوين الروابط الأيونية. د م تعلم تعاوني.

مسائل تدريبية

1. تفقد ثلاث ذرات من الصوديوم Na ثلاثة إلكترونات، واحدًا لكل منها، فتكوّن أيونات شحنتها 1+. وتكتسب ذرة نيتروجين واحدة $3\ e^-$، فتكوّن أيونًا شحنته 3−؛ لتتجاذب الأيونات معًا وتنتج Na_3N حيث الشحنة الإجمالية للصيغة Na_3N تساوي صفرًا.
2. تفقد ذرتا Li إلكترونين واحدًا لكل منهما، فتكوّن أيونات شحنتها 1+. وتكتسب ذرة أكسجين واحدة إلكترونين، فتكوّن أيونًا شحنته 2−. تتجاذب الأيونات لتنتج Li_2O، حيث الشحنة الإجمالية للصيغة Li_2O تساوي صفرًا.
3. تفقد ذرة Sr إلكترونين، لتكوّن أيونًا شحنته 2+، وتكتسب ذرتا F إلكترونين واحدًا لكل منهما، فتكوّن أيونات شحنتها 1−. تتجاذب الأيونات لتنتج SrF_2، حيث الشحنة الإجمالية للصيغة SrF_2 تساوي صفرًا.
4. تفقد ذرتا ألومنيوم ستة إلكترونات ثلاثة لكل منهما، فتكوّن أيونات شحنتها 3+. وتكتسب ثلاث ذرات S ستة إلكترونات اثنين لكل منها، فتكوّن أيونات شحنتها 2−. تتجاذب الأيونات لتنتج Al_2S_3. حيث الشحنة الإجمالية للصيغة تساوي صفرًا.
5. تفقد ثلاث ذرات في المجموعة 1 ثلاثة إلكترونات، إلكترونًا لكل منها، فتكوّن أيونات شحنتها 1+. تكتسب كل ذرة من المجموعة 15 ثلاثة إلكترونات فتكون أيونًا شحنته 3−. تتجاذب الأيونات لتنتج X_3Y، حيث X تمثل ذرة المجموعة 1، وتمثل Y ذرة المجموعة 15.

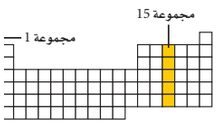
ماذا قرأت؟ تعتمد نسبة الأيونات في البلورة على شحنات الأيونات التي تكوّن المركب.

إجابة سؤال الشكل 5–3

واحد إلى واحد.

مسائل تدريبية

وضح كيف تتكون المركبات الأيونية من العناصر الآتية:

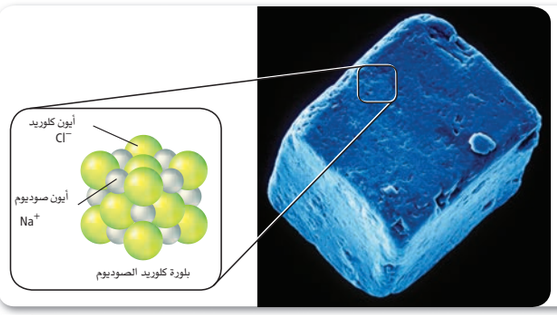


1. الصوديوم والنيتروجين
2. الليثيوم والأكسجين
3. الإسترانشيوم والفلور
4. الألومنيوم والكبريت
5. تحدّ وضح كيف يتحد عنصران من عناصر المجموعتين المبينتين في الجدول الدوري لتكوين مركب أيوني؟

خواص المركبات الأيونية Properties of Ionic Compounds

تفحص نمط ترتيب الأيونات في بلورة كلوريد الصوديوم، كما تظهر في **الشكل 5–3**، ولاحظ التنظيم الدقيق لشكل البلورة الأيونية، حيث المسافات الثابتة بين الأيونات والنمط المنظم الذي تترتب فيه. وعلى الرغم من أن أحجام الأيونات غير متساوية إلا أن كل أيون صوديوم محاط بستة أيونات كلوريد، وكذلك كل أيون كلوريد محاط بستة أيونات صوديوم. فما الشكل الذي تتوقعه لبلورة كبيرة من هذا المركب؟ وكما يبين **الشكل 5–3**، فإن نسبة 1:1 من أيونات الصوديوم والكلوريد تكوّن بلورة مرتبة مكعبة الشكل. وكما هو الحال مع أي مركب أيوني كما في NaCl لا تتكون وحدة بناء البلورة من أيون صوديوم وأيون كلوريد، بل من عدد كبير من أيونات الصوديوم والكلوريد التي توجد معًا. إذا فحصت بعدسة مكبرة بلورات من ملح الطعام، تُرى، ما شكل هذه البلورات؟

ماذا قرأت؟ فسر ما الذي يحدّد نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب الكيميائي؟



الشكل 5-3 يظهر المجهر الإلكتروني الماسح شكل بلورة كلوريد الصوديوم المكعبة.
فسّر ما نسبة أيونات الصوديوم إلى أيونات الكلوريد في البلورة؟

75

مشروع الكيمياء

ذاكرة السبائك لأشكالها زوّد الطلبة بقراءات إضافية للخواص والاستعمالات الحالية للسبائك ذات الذاكرة لأشكالها. ثم وزع الطلبة بعد الانتهاء من المطالعة إلى مجموعات لمعرفة المزيد من الاستخدامات باتباع استراتيجية العصف الذهني. ف م ض م

الخلفية النظرية

لينوس بولنج لينوس بولنج هو الشخص الوحيد الذي حصل على جائزتي نوبل، الأولى في الكيمياء عام 1954 والثانية للسلام عام 1962، دون أن يشاركه فيهما أحد. ولم يكن بحثه العلمي الخصب محددًا بطبيعة الروابط الكيميائية، بل اشتمل على اكتشافات هامة في أمراض الجينات، والمناعة، ووظائف الدماغ والعلاج بالغذاء. لقد أصبح بولنج شخصًا معروفًا جدًّا في أمريكا وشخصًا مرموقًا في مجال الصحة والتوعية بفوائد فيتامين C وناشطًا ضد تطوير الأسلحة النووية واختبارها واستعمالها بعد الحرب العالمية الثانية. ولقد توفي العالم لينوس بولنج عام 1994م.

تتكون البلورة نتيجة لقوة الجذب الكبيرة بين الأيونات الموجبة والأيونات السالبة. **البلورة** عبارة عن ترتيب هندسي ثلاثي الأبعاد للجسيمات. يحاط الأيون الموجب بالأيونات السالبة في البلورة، كما يحاط الأيون السالب بالأيونات الموجبة فيها. وتختلف البلورات الأيونية في شكلها بسبب حجم الأيونات وأعداد الأيونات المترابطة كما في **الشكل 6–3**.

الربط مع علم الأرض المعادن الموضحة في **الشكل 6–3** هي بعض الأنواع القليلة التي يدرسها علماء المعادن. ويستفيد العلماء من العديد من مخططات التصنيف لتنظيم الآلاف من المعادن المعروفة. وتُصنف هذه المركبات حسب اللون والشكل البلوري والصلابة، والخواص الكيميائية، والمغناطيسية والكهربائية، والعديد من الخواص الأخرى. كما يمكن تعرُّفها أيضًا من خلال أنواع الأيونات السالبة المتوافرة فيها. فعلى سبيل المثال، تكون السيليكات ثلث المعادن المعروفة، وهي تلك المعادن التي تحتوي على أيونات السيليكات السالبة الناتجة عن اتحاد السيليكون مع الأكسجين. وتحتوي الهاليدات على أيون الفلوريد، والكلوريد، والبروميد واليوديد. وتحتوي أنواع أخرى من المعادن على أيونات البورون السالبة المعروفة باسم البورات وأيونات الكربون والأكسجين، ويطلق عليها اسم الكربونات.

ماذا قرأت؟ حدد أي المعادن في **الشكل 6–3** سيليكات، وأيها كربونات؟

الشكل 6-3 تعد مركبات الأراجونيت $CaCO_3$ والباريت $BaSO_4$ والبيرل $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ أمثلة على خامات المركبات الأيونية. وتنتظم الأيونات التي تتكون منها هذه المركبات في شبكة بلورية. ويؤدي الاختلاف في حجم الأيونات وشحناتها إلى تكون بلورات مختلفة في الشكل.

الشكل 7-3

الروابط الأيونية والفلزية

ساعدت عدة اكتشافات متتالية العلماء على فهم خواص المركبات الأيونية والفلزية، مما أدى إلى تصنيع أدوات ومواد جديدة.

1900 | 1910 | 1930

1897م تنبأ طومسون بأهمية دور الإلكترونات في الروابط الكيميائية.

1913م يظهر التصوير بأشعة إكس أيونات الصوديوم وأيونات الكلوريد في كلوريد الصوديوم وترتيبها البلوري المنتظم.

1916م اقترح جلبرت لويس نظرية الترابط بين الذرات من خلال تبادل الإلكترونات بينها.

1932م سمح تطوير مقياس الكهروسالبية للعلماء بحساب قوة الجذب النسبية لكل عنصر إلى الإلكترونات.

1940م قام علماء المعادن بتطوير سبائك تعمل تحت درجات حرارة وضغط مرتفعين وقوة طرد مركزية عالية. وقد تم استخدام هذه السبائك لاحقًا في تصنيع محركات الطائرات النفاثة والمركبات الفضائية.

الخواص الفيزيائية يعد كل من درجة الغليان والانصهار والصلابة من الخواص الفيزيائية للمادة التي تعتمد على مدى قوة جذب الجسيمات المكونة للمادة بعضها لبعض. وتعتمد المقدرة على التوصيل الكهربائي -وهي خاصية فيزيائية أخرى- على توافر جسيمات مشحونة حرة الحركة. فالأيونات جسيمات مشحونة فإذا كانت حرة الحركة فإنها تجعل المركب الكيميائي يوصل الكهرباء. ولأن الأيونات تكون مقيدة الحركة في حالة المادة الصلبة بسبب قوى الجذب الكبيرة، لذا لا تستطيع المواد الأيونية الصلبة توصيل الكهرباء.

تتغير الحالة بشكل ملحوظ عندما ينصهر المركب الأيوني الصلب ويصبح في الحالة السائلة أو عند ذوبانه في المحلول. حيث تصبح الأيونات، التي كانت مقيدة في أماكنها، قادرة الآن على الحركة بحرية، ولها القدرة على توصيل التيار الكهربائي. لذا تكون المركبات الأيونية جيدة التوصيل الكهربائي عندما تكون في صورة محلول أو سائل. ويسمى المركب الأيوني الذي يوصل محلوله التيار الكهربائي باسم **الإلكتروليت**.

ولأن الروابط الأيونية قوية نسبيًّا، لذا تحتاج البلورات الأيونية إلى كم هائل من الطاقة لتفكيكها. ولهذا السبب تكون درجات انصهارها وغليانها مرتفعة، كما يبين **الجدول 4-3**. ويمتاز الكثير من البلورات- ومنها الأحجار الكريمة- بألوانها الزاهية؛ بسبب مع بعض وجود فلزات انتقالية داخل الشبكة البلورية.

الجدول 4-3 درجات انصهار وغليان بعض المركبات الأيونية

المركب	درجة الانصهار (°C)	درجة الغليان (°C)
NaI	660	1304
KBr	734	1435
NaBr	747	1390
$CaCl_2$	782	>1600
NaCl	801	1413
MgO	2852	6300

77

تطبيقات في الكيمياء

مركبات أيونية شائعة

العديد من الأدوات والأغراض المنزلية مصنوعة من المركبات الأيونية. وتبين القائمة الآتية الأشياء المتعلقة بالمنزل والمركبات الأيونية التي تستعمل في إنتاجها:

- **السجاد**: كربونات الكالسيوم.
- **السيراميك/ الزجاج**: كربونات الكالسيوم، وبورات الليثيوم، وسليكات الماغنيسيوم، وكربونات الصوديوم.
- **الورق المصقول**: سليكات الألومنيوم، وكربونات الكالسيوم، وكبريتات الصوديوم، وأكسيد الكالسيوم، وكربونات الصوديوم، وأكسيد التيتانيوم IV.
- **معجون الأسنان**: كربونات الكالسيوم، وكربونات الصوديوم، وكربونات الصوديوم الهيدروجينية، وفلوريد الصوديوم.

ماذا قرأت؟ البيرل نوع من السليكات، أما الأراجونايت فمن الكربونات.

طرائق تدريس متنوعة

طلبة المستوى المتقدم اطلب إلى الطلبة اختيار أحد الاستخدامات المحتملة لخاصية "ذاكرة السبائك" وعمل استراتيجية لتطوير هذا الاستخدام وتسويقه، على أن تشمل الاستراتيجية مخططات، وقائمة بالمستخدمين المحتملين، واقتراحات تسويقية.

ستتنوع الإجابات، ولكنها قد تشتمل على استخدامات طبية، ودفاعية، وصناعات الفضاء الخارجي، كما قد تشمل المنتجات المتعلقة بالصحة والسلامة والراحة المنزلية. ف م

الرياضيات في الكيمياء

طاقة البلورة والمسافة بين الأيونات تنتج طاقة البلورة عن التجاذب بين الأيونات ذات الشحنات المختلفة. وتوجد علاقة بين طاقة البلورة والمسافة بين الأيونات، والتي تساوي مجموع أنصاف أقطار الأيونات الموجبة والسالبة. اطلب إلى الطلبة تحديد المسافة بين أيونات LiF, LiCl, LiI، باستعمال أنصاف أقطار الأيونات الآتية:

$Li^+ = 76\ \mu m,\ F^- = 133\ \mu m,\ Cl^- = 181\ \mu m$

$I^- = 220\ \mu m$، إذا علمت أن طاقة البلورة لهذه المركّبات على التوالي هي:

$LiF = -1032\ kJ/mol$

$LiCl = -852\ kJ/mol$

$LiI = -761\ kJ/mol$

ثم اطلب إليهم أيضًا رسم المنحنى البياني لأنصاف الأقطار الأيونية على المحور السيني وطاقة البلورة كقيمة موجبة على المحور الصادي. إلامَ يشير المنحنى البياني؟ إلى علاقة عكسية، فكلما زادت المسافة بين الأيونات قلّت طاقة البلورة. استعمل المنحنى البياني لتقدير قيمة طاقة البلورة للمركب LiBr إذا علمت أن نصف قطر Br^- يساوي $Br^- = 196\ \mu m$. وطاقة البلورة تساوي $-817\ kJ/mol$.

ف م

دفتر الكيمياء

المركب الأيوني باستعمال الطرق الموضحة في الجدول 3–3، اطلب إلى الطلبة أن يوضحوا في دفاترهم كيفية تكوّن مركب أيوني بين الكالسيوم والفوسفور. ض م

الشكل 3-8 تنجذب الأيونات بعضها نحو بعض بقوة جذب كبيرة، فتثبت في أماكنها، لذا يتطلب قوة أكبر لتتغلب عليها.

المفردات

الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع لكلمة (التوصيل)

الاستعمال العلمي: القدرة على تمرير الضوء والحرارة والصوت والكهرباء.

لا توصل المادة الكهرباء جيدًا.

الاستعمال الشائع:

وصّل الشيء إليه أيّ أنهاهُ إليه وأبلغه إياه.

وتمتاز البلورات الأيونية أيضًا بالقوة والصلابة والهشاشة؛ بسبب قوة التجاذب التي تحافظ على الأيونات في أماكنها. وعندما تؤثر قوة خارجية في الأيونات التي تشتمل عليها البلورة، وتكون هذه القوة قادرة على التغلب على قوى التجاذب بين الأيونات فإن البلورة تتفتت إلى أجزاء صغيرة كما في **الشكل 8–3**؛ لأن القوة الخارجية تحرّك الأيونات ذات الشحنات المتشابهة بعضها مقابل بعض، مما يجعل قوة التنافر تفتت البلورة إلى أجزاء صغيرة.

الطاقة والروابط الأيونية Energy and Ionic Bonds

تمتص الطاقة أو تنطلق أثناء التفاعل الكيميائي، فإذا امتصت الطاقة في أثناء التفاعل وُصف التفاعل بأنه ماص للحرارة، أما إذا انطلقت الطاقة في أثناء التفاعل فيوصف بأنه طارد للحرارة. فعندما تتجاذب الأيونات الموجبة والسالبة في المركبات الأيونية يتقارب بعضها من بعض لتكون نظامًا أكثر استقرارًا، طاقته أقل من طاقة الأيونات المنفردة علمًا بأنه كلما صغر مقدار الطاقة كان المركب أكثر استقرارًا. إذا امتُصَّ مقدار الطاقة نفسه الذي تم انطلاقه خلال تكوّن الرابطة تنكسر الروابط التي تربط الأيونات الموجبة والسالبة.

طاقة البلورة نظرًا لأن الأيونات تترتب في المركب الأيوني في صورة بلورة، فإن الطاقة التي تلزم لفصل أيونات 1 mol من المركب الأيوني تسمى **طاقة البلورة**. وتشير إلى قوة تجاذب الأيونات التي تعمل على تثبيتها في أماكنها، حيث تزداد طاقة البلورة بزيادة قوة التجاذب.

يُظهر **الجدول 5–3** طاقات بلورات بعض المركبات الأيونية.

78

التقويم 3-1

6. أيون Li^+ هو الأكثر استقرارًا؛ لأن له ثمانية إلكترونات.
7. قوة التجاذب بين نواة الذرة الموجبة والإلكترونات السالبة للذرة الأخرى، وقوة التجاذب بين الأيونات الموجبة والأيونات السالبة.
8. تُعرف عناصر مجموعة 18 بالغازات النبيلة، ولها مستوى طاقة خارجي مكتمل ولا تشكّل أيونات بسهولة. أما عناصر مجموعة 17 فهي شديدة التفاعل، لأنها تحتاج إلى اكتساب إلكترون واحد لتصل إلى حالة الثمانية.
9. الأنيون: اكتساب إلكترون، الكاتيون: فقدان إلكترون.
10. a. $[He]\ 2s^2\ 2p^3$ (اكتساب 3 إلكترونات (أيون 3−) أو فقدان 5 إلكترونات (أيون 5+))
    b. $[Ne]\ 3s^2\ 3p^4$ اكتساب إلكترونين (أيون 2−).
    c. $[Xe]\ 6s^2$ فقدان إلكترونين(ايون 2+).
    d. $[He]\ 2s^1$ فقدان 1 إلكترون(أيون 1+).

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة تحديد المركب الذي ينتج عن اتحاد Mg وCl وتفسير طريقة تكوّنه. $MgCl_2$ يفقد الماغنيسيوم إلكتروني تكافؤ، في حين يكتسب الكلور إلكترون تكافؤ واحدًا فقط. إن نسبة Ag^{2+} إلى Cl^- هي 2:1؟

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة تحديد الصيغة الجزيئية للمركب الأيوني المتكوّن من اتحاد الألومنيوم والأكسجين. Al_2O_3 ض م

التوسع

أخبر الطلاب أن عنصر الحديد يكون أيونات 2+ وأيونات 3+. واطلب إليهم كتابة المركبات الأيونية التي تتكون من اتحاد هذه الأيونات بالأكسجين لإنتاج الأكاسيد.

Fe_2O_3 و FeO ض م ت ت

الجدول 5-3 الطاقة البلورية لبعض المركبات الأيونية

المركب	طاقة البلورة kJ/mol	المركب	طاقة البلورة kJ/mol
KI	632	KF	808
KBr	671	AgCl	910
RbF	774	NaF	910
NaI	682	LiF	1030
NaBr	732	$SrCl_2$	2142
NaCl	769	MgO	3795

التقويم 3-1

الخلاصة

- تكوّن بعُض الذرات الأيونات للوصول إلى حالة الاستقرار. ويعني التوزيع الإلكتروني المستقر أن يكون مستوى الطاقة الخارجي مكتملاً. وفي العادة يتضمن ثمانية إلكترونات تكافؤ.
- تتكون الأيونات من خلال فقدان إلكترونات التكافؤ أو اكتسابها.
- يبقى عدد البروتونات في النواة ثابتًا في أثناء عملية تكوين الأيون.
- تحتوي المركبات الأيونية على روابط أيونية ناتجة عن التجاذب بين شحنات الأيونات المختلفة.
- تترتب الأيونات في المركبات الأيونية في صورة وحدات منتظمة متكررة تُعرف بالبلورات.
- ترتبط خواص المركبات الأيونية بقوة الرابطة الأيونية.
- المركبات الأيونية في صورة محاليل أو مصاهير توصل التيار الكهربائي.
- تعرف طاقة البلورة بالطاقة اللازمة لفصل أيونات 1mol من المركب الأيوني.

6. **الفكرة الرئيسة** قارن بين استقرار ذرة الليثيوم Li وأيون الليثيوم Li^+
7. **صف** سببين لوجود قوة تجاذب في الرابطة الكيميائية.
8. **طبق** لماذا تكون عناصر المجموعة 18 غير قادرة على التفاعل نسبيًا، في حين تُعد عناصر المجموعة 17 شديدة التفاعل؟
9. **لخص** تكوين الرابطة الأيونية باختيار الأزواج الصحيحة مما يأتي: الكاتيون، والأنيون، واكتساب الإلكترونات، وفقدانها.
10. **طبق** اكتب التوزيع الإلكتروني لكل من الذرات الآتية، ثم توقع التغير الذي ينبغي حدوثه لتصل كل ذرة للتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.

a– النيتروجين **b**– الكبريت **c**– الباريوم **d**– الليثيوم

11. **نموذج** ارسم نموذجين يمثّلان تكوين أيون الكالسيوم الموجب وأيون البروميد السالب.
12. **وضح** كيف يمكن لمركب أيوني يتكون من جسيمات مشحونة أن يكون متعادلاً كهربائيًا.
13. **صف** التغيرات في الطاقة المصاحبة لتكوين الرابطة الأيونية، وعلاقة ذلك باستقرار المركبات الأيونية.
14. **حدِّد** ثلاث خواص فيزيائية للمركبات الأيونية تعتمد على الرابطة الأيونية، وبين علاقتها بقوة الرابطة.
15. **فسّر** كيف تكون الأيونات الروابط، وصف بناء المركب الناتج.
16. **اربط** بين طاقة البلورة وقوة الرابطة الأيونية.
17. **طبّق** باستعمال التوزيع الإلكتروني ورسم مربعات الأفلاك والتمثيل النقطي للإلكترونات طريقة تكوين المركب الأيوني من فلز السترانشيوم ولافلز الكلور.
18. **صمّم** خريطة مفاهيم لتوضيح العلاقة بين قوة الرابطة الأيونية والخواص الفيزيائية للمركبات الأيونية، وطاقة البلورة واستقرارها.

79

11. يجب أن توضح النماذج أن ذرة الكالسيوم تفقد إلكترونين ليتكوّن Ca^{2+} بينما يكتسب البروم إلكترونًا واحدًا، ليتكوّن Br^-.
12. لأن مجموع الشحنة الموجبة للكاتيونات في المركب يساوي مجموع الشحنة السالبة للأنيونات في المركب نفسه.
13. إن تكوّن الرابطة الأيونية طارد للحرارة، وكلما قلت الطاقة الناتجة زاد استقرارها بالنسبة للمواد المتفاعلة.
14. الخواص، توجد على شكل بلورات؛ درجتا انصهارها وغليانها عاليتان، قاسية؛ صلبة؛ هشة؛ موصلة عند ذوبانها أو انصهارها، وغير موصلة في الحالة الصلبة. ينتج عن الرابطة الأيونية القوية درجتا انصهار وغليان عاليتان.
15. تنتقل الإلكترونات بين الذرات لتكون الأيونات. تربط القوى الكهروستاتيكية الأيونات معًا في المركبات الأيونية. ثم تترتب الأيونات بصورة منظمة ومتكررة في البلورة الأيونية.
16. كلما أصبحت طاقة البلورة أكثر سالبية، زاد التجاذب بين الأيونات، لذا ستزداد قوة الرابطة الأيونية.
17. يجب أن يتضمن الرسم ذرة Sr واحدة تفقد $2e^-$ وتكون أيون Sr^{2+}، وذرتي كلور تكتسب كل واحدة إلكترونًا وتكون أيونين Cl^-، حيث تتجاذب هذه الأيونات لينتج مركب $SrCl_2$.
18. ستتنوّع خرائط المفاهيم، ولكنها يجب أن توضح أن زيادة قوة الرابطة يؤدي إلى زيادة استقرارها ومن ثم زيادة سالبية طاقة البلورة، وتُعزى الخواص الفيزيائية مثل ارتفاع درجتي الانصهار والغليان والهشاشة والتوصيل إلى قوة الروابط الأيونية.

3-2

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسة على الطلبة.

الفكرة الرئيسة

تسمية المركبات اكتب الاسم الكامل لأحد الطلبة على السبورة. واسأل الطلبة عن طريقة كتابة أسمائهم. الاسم الأول، يتبعه اسم الأب ثم العائلة.

اكتب اسم كلوريد الصوديوم على السبورة. ثم اسأل الطلبة: أي العناصر يفقد الإلكترونات؟ الصوديوم. وأيهما يكسب الإلكترونات؟ الكلور. ثم اكتب المصطلح كربونات الكالسيوم على السبورة، واطلب إلى الطلبة توقع المادة التي تكسب الإلكترونات والمادة التي تفقدها. يكسب الكربونات الإلكترونات، وأما الكالسيوم فيفقدها. ض م

2. التدريس

تطوير المفهوم

موازنة الشحنات اعتمادًا على أعداد الأكسدة للأيونات الأحادية الذرة والموجودة في الجدول 6–3 والجدول 7–3، أكمل العمل من خلال عدد من الأمثلة كما في المثال 1–3، متجنبًا استخدام الضرب التبادلي لأعداد الأكسدة للحصول على الأرقام السفلية. وتكون هذه الطريقة سريعة وصحيحة إذا تم اختصار عدد الأيونات إلى أبسط نسبة، ولكنها لا تؤدي إلى فهم توازن الشحنات. ض م

إجابة سؤال النص Be^{2+} , I^-, N^{3-}.

عرض توضيحي

عرض حالات الأكسدة للفانيديوم

الهدف عرض الألوان الزاهية التي تكونها الأيونات عند تغير أعداد التأكسد من 5+ إلى و 4+، و3+ و2+.

المواد والأدوات

مملغم حبيبات الخارصين– كلوريد الزئبق II(محلول)، محلول ميتافاندات الأمونيوم NH_4VO_3، دورق مخروطي الشكل سعة 500ml مع سدادة، قمع للمسحوق، مخبار مدرج سعة 250ml .

احتياطات السلامة

التخلص من النفايات يجب التخلص من المواد الخطرة بالطرائق المتبعة حسب تعليمات السلامة.

خطوات العمل

يحفظ مملغم الخارصين– زئبق تحت الماء. بعد التخلص من الماء، صبّ 63g من مملغم الخارصين – زئبق في دورق مخروطي سعة 500ml باستخدام قمع المسحوق.

ثم أضف 140ml من محلول ميتافاندات الأمونيوم من خلال السحاحة إلى مملغم الخارصين– زئبق في الدورق .

تحذير: المحلول سام وحارق . لاحظ تغير لون الفانيديوم ذو عدد التأكسد +5 (VO_2^+، أصفر) عند تحوله إلى فانيديوم بعدد تأكسد 4+ (VO^{2+}، أزرق). يختلط لونا الأيونين الأصفر والأزرق لينتج اللون الأخضر. أغلق الدورق بالسدادة، ورجّه بلطف إلى أن يتغير لون المحلول من الأخضر إلى الأزرق. ثم إلى الأزرق المخضر.

3–2

الأهداف

- **تربط** وحدة الصيغة الكيميائية للمركب الأيوني بتركيبه الكيميائي.
- **تكتب** صيغ المركبات الأيونية والأيونات العديدة الذرات.
- **تطبق** طريقة التسمية على المركبات الأيونية والأيونات العديدة الذرات.

مراجعة المفردات

اللافلز: عنصر صلب وهش، ورديء التوصيل للكهرباء والحرارة.

المفردات الجديدة

وحدة الصيغة الكيميائية
الأيون أحادي الذرة
عدد التأكسد
أيون عديد الذرات
أيون أكسجيني سالب

صيغ المركبات الأيونية وأسماؤها

Names and Formulas for Ionic compounds

الفكرة الرئيسة **يذكر الأيون السالب أولاً متبوعًا بالأيون الموجب عند تسمية أسماء المركبات الأيونية. أما عند كتابة صيغ المركبات الأيونية، فيكتب رمز الأيون الموجب أولاً متبوعًا برمز الأيون السالب.**

الربط مع الحياة لكل إنسان اسم خاص به، بالإضافة إلى اسم عائلته. وكذلك تتشابه أسماء المركبات الأيونية، في أنها تتكون من مقطعين أيضًا.

صيغ المركبات الأيونية Formulas for Ionic Compounds

طوّر العلماء بعض القواعد لتسمية المركبات، تسهيلاً للتفاهم فيما بينهم. حيث يسهل عليك من خلال استخدام هذا النظام المعياري كتابة صيغة المركب الأيوني من خلال اسمه، ويمكنك كذلك تسميته من خلال معرفة صيغته الكيميائية.

تذكّر أن المركب الأيوني يتكون من أيونات مرتبة بنمط متكرر. وتسمى الصيغة للمركب الأيوني **وحدة الصيغة الكيميائية** وهي تمثل أبسط نسبة للأيونات في المركب. فمثلاً، وحدة الصيغة الكيميائية لكلوريد الماغنيسيوم هي $MgCl_2$؛ لأن نسبة أيونات Mg : Cl هي 1:2، والشحنة الكلية في وحدة الصيغة الكيميائية هي صفر لأنها تمثل الوحدة بكاملها، ولأن وحدة الصيغة الكيميائية $MgCl_2$ تحتوي على أيون واحد من Mg^{2+} وأيونين من Cl^- يصبح مجموع الشحنات الكلي صفرًا.

الأيونات الأحادية الذرة تتكون المركبات الأيونية الثنائية من أيونات موجبة أحادية الذرة (من الفلز) وأيونات سالبة أحادية الذرة (من اللافلز). ويتكون **الأيون أحادي الذرة** من ذرة واحدة مشحونة مثل Mg^{2+} أو Br^-، ويبين **الجدول 6–3** شحنة بعض الأيونات الشائعة الأحادية الذرة حسب موقعها في الجدول الدوري. ما صيغة كل من أيون البريليوم، وأيون اليوديد، وأيون النيتريد؟

لا يتضمن **الجدول 6–3** الفلزات الانتقالية التي تقع في المجموعات من 3 إلى 12 أو فلزات المجموعتين 13 و 14؛ بسبب تعدد الشحنات الأيونية لذرات هذه المجموعات. وتكوّن معظم الفلزات الانتقالية وفلزات المجموعتين 13و14 أيونات موجبة مختلفة ومتعددة.

الجدول 6-3 أيونات أحادية الذرة

المجموعة	الذرات التي تكوّن الأيونات	شحنة الأيون
1	H, Li, Na, K, Rb, Cs	+1
2	Be, Mg, Ca, Sr, Ba	+2
15	N, P, As	-3
16	O, S, Se, Te	-2
17	F, Cl, Br, I	-1

الجدول 7-3	أيونات فلزية أحادية الذرة
المجموعة	الأيونات الشائعة
3	Sc^{3+}, Y^{3+}, La^{3+}
4	Ti^{2+}, Ti^{3+}
5	V^{2+}, V^{3+}
6	Cr^{2+}, Cr^{3+}
7	Mn^{2+}, Mn^{3+}, Tc^{2+}
8	Fe^{2+}, Fe^{3+}
9	Co^{2+}, Co^{3+}
10	Ni^{2+}, Pd^{2+}, Pt^{2+}, Pt^{4+}
11	Cu^{+}, Cu^{2+}, Ag^{+}, Au^{+}, Au^{3+}
12	Zn^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}
13	Al^{3+}, Ga^{2+}, Ga^{3+}, In^{+}, In^{2+}, In^{3+}, Tl^{+}, Tl^{3+}
14	Sn^{2+}, Sn^{4+}, Pb^{2+}, Pb^{4+}

مهن في الكيمياء

علماء التغذية هل فكرت يومًا في علاقة العلم بالطعام الذي تتناوله؟ يهتم علماء التغذية بدراسة تأثير طرق تحضير الطعام في مظهره ورائحته ومذاقه والفيتامينات والمعادن المتوافرة فيه. كما أنهم يقومون بتطوير صناعة الأطعمة والعصائر ويحسّنونها. للوصول إلى نكهات الأطعمة المختلفة.

أعداد التأكسد تُعرّف شحنة الأيون أحادي الذرة **بعدد التأكسد**، أو حالة الأكسدة. وكما يبين **الجدول 7–3**، فإن لمعظم الفلزات الانتقالية، وفلزات المجموعتين 13 و 14، أكثر من عدد تأكسد محتمل. وتجدر الإشارة هنا إلى أن أعداد التأكسد الظاهرة في **الجدول 7–3** ليست الوحيدة المحتملة ولكنها الأكثر شيوعًا.

وعدد التأكسد لأي عنصر في المركب الأيوني يساوي عدد الإلكترونات التي تفقدها الذرة لتكوين الأيون. فمثلا، تفقد ذرة الصوديوم إلكترونًا واحدًا لينتقل إلى ذرة الكلور لتكوين مركب كلوريد الصوديوم، مما ينتج عنه تكوّن Na^{+} و Cl^{-}. لذا فإن عدد تأكسد الصوديوم في المركب هو +1، حيث انتقل إلكترون واحد منها. أما عدد تأكسد ذرة الكلور فهو −1 لأن إلكترونًا واحدًا قد انتقل إليها.

الصيغ الكيميائية للمركبات الأيونية الثنائية عند كتابة الصيغة الكيميائية لأي مركب أيوني يكتب رمز الأيون الموجب أولاً، ثم يكتب رمز الأيون السالب وتوضع أرقام صغيرة أسفل يمين الرمز؛ للتعبير عن عدد أيونات العنصر في المركب الأيوني. وإذا لم يكتب رقم صغير إلى جوار الرمز فإننا نفترض أن عدد الأيونات هو 1. ويمكن استعمال أعداد التأكسد لكتابة صيغ المركبات الأيونية بناءً على ذلك. تذكّر أن المركبات الأيونية لا تحمل شحنة كهربائية. لذا عند جمع حاصل ضرب أعداد التأكسد لكل أيون في عدد أيوناته الموجودة في وحدة الصيغة الكيميائية فيجب أن يكون الناتج صفرًا.

افترض أنك ترغب في معرفة صيغة المركب المكون من أيونات الصوديوم والفلور، ابدأ بكتابة رمز كل من الأيونين F^{-} ،Na^{+}، على أن تبين نسبة الأيونات في وحدة الصيغة، وأن عدد الإلكترونات التي يفقدها الفلز يساوي عدد الإلكترونات التي يكتسبها اللافلز. ويحدث هذا عندما يفقد أيون الصوديوم إلكترونًا واحدًا، وينتقل إلى أيون الفلور، فتصبح وحدة الصيغة الكيميائية NaF.

ماذا قرأت؟ ما العلاقة بين شحنة الأيون وعدد تأكسده؟

المفردات

الانتقال
التغير في موضع الشيء.
اضطر أحمد للانتقال إلى مدرسة أخرى عند انتقال والديه إلى منطقة أخرى.

عند تغير الفانيديوم بعدد الأكسدة 4+ (VO^{2+}، أزرق) إلى V^{3+} (أزرق مخضر). وأخيرًا رجّ الدورق المغلق بشدة ليتحول V^{3+} إلى V^{2+} (بنفسجي).

النتائج

توضح تفاعلات الاتزان التغير في ألوان المحاليل.

$$Zn + 2VO^{2+} + 4H^{+} \rightleftharpoons 2VO^{2+} + Zn^{2+} + 2H_2O$$
$$Zn + 2VO^{2+} + 4H^{+} \rightleftharpoons 2V^{3+} + Zn^{2+} + 2H_2O$$
$$2V^{3+} + Zn \rightleftharpoons 2V^{2+} + Zn^{2+}$$

التحليل

1. أين يوجد الفانيديوم في الجدول الدوري؟ المجموعة 5، الدورة 4، وهو من العناصر الانتقالية.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

يعتقد الطلبة أن وحدات الصيغة تمثل العدد الفعلي لعدد الذرات.

استكشاف المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اعرض عددًا من بلورات مختلفة لمركبات أيونية. حيث يكون كل أيون في هذه البلورات محاطًا بأيونات مخالفة له في الشحنة. ويتعين على الطلبة أن يعرفوا وحدة الصيغة على أنها النسبة بين هذه الأيونات.

اعرض المفهوم

أحضر مجهرًا واسمح للطلبة بمشاهدة بلورات كلوريد الصوديوم NaCl مكعبة الشكل باستعمال أعواد تنظيف الأسنان وقطع صغيرة وكبيرة من حلوى الخطمى لتمثيل Na^{+} و Cl^{-} على الترتيب، واصنع شبكة بلورية من NaCl. ووضح أن كل أيون من Na^{+} يكون محاطًا بستة أيونات من Cl^{-} ، وأن كل أيون من Cl^{-} يكون محاطًا بستة أيونات من Na^{+}، لذا تكون النسبة بينهما واحد إلى واحد، ووحدة الصيغة هي NaCl.

تقويم المعرفة الجديدة

اطلب إلى الطلبة أن يحددوا نسبة الكاتيون إلى الأنيون لوحدات الصيغة الآتية: .FeO ،$Sn F_4$ ،Al_2O_3 ،$MgCl_2$ ،Ag_2S
2:1, 1:2, 2:3, 1:4, 1:1 ض م

ماذا قرأت؟ شحنة الأيون تكون مساوية لعدد تأكسده.

التعلم البصري

الجدول 8–3 ذكّر الطلبة أن كل أيون في القائمة يحتوي ذرتين على الأقل، ولكنه يتفاعل كأيون منفرد. ثم اطلب إليهم كتابة أمثلة على مركبات أيونية تحتوي على أيونات عديدة الذرات. ض م

مثال في الصف

سؤال يكون المركب الناتج من اتحاد الماغنيسيوم والفلور شفاف اللون لمدى واسع من الأطوال الموجية. لذا يمكن صناعة العدسات والنوافذ من هذا المركب. حدّد الصيغة الكيميائية الصحيحة للمركب الأيوني الناتج عن اتحاد الماغنيسيوم والفلور.

الإجابة

يوجد الماغنيسيوم في المجموعة 2 ويكوّن أيون Mg^{2+}، ويوجد الفلور، في المجموعة 17، ويكوّن أيون F^-. وبما أن الشحنات ليست متساوية فإن الأرقام الصغيرة الموجودة أسفل الرمز الكيميائي للعنصر توضح نسبة الأيونات الموجبة إلى السالبة في المركب. فتفقد ذرة ماغنيسيوم واحدة إلكترونين وتكتسب كل ذرة فلور إلكترونًا واحدًا. وحتى يكون عدد الإلكترونات المفقودة مساويًا لعدد الإلكترونات المكتسبة، تتحد ذرة ماغنيسيوم واحدة مع ذرتي فلور، فينتج عن ذلك MgF_2.

مثال في الصف

سؤال يُعد الستبنايت أحد الخامات الناتجة عن اتحاد الكبريت والأنتيمون الذي يحمل عدد تأكسد +3. حدد الصيغة الكيميائية الصحيحة للمركب الأيوني الناتج عن تفاعل الكبريت والأنتيمون.

الإجابة

يوضح عدد التأكسد 3+ بأن الأنتيمون قد فقد 3 إلكترونات ليكون Sb^{3+}. وبما أن الكبريت عنصر في المجموعة 16 فإنه يكتسب إلكترونين ليكوّن S^{2-}. وبما أن الشحنات ليست متساوية فإن الأرقام الصغيرة إلى أسفل الرمز الكيميائي للعنصر توضح نسبة الأيونات الموجبة إلى السالبة في المركب.

تفقد ذرة أنتيمون واحدة ثلاثة إلكترونات، وتكتسب كل ذرة كبريت إلكترونين من الإلكترونات. وبما أن أصغر رقم يقبل القسمة على 2 و3 هو الرقم 6، لذا فإن إجمالي الإلكترونات التي يجب أن تنتقل هي 6، والصيغة الكيميائية الصحيحة هي Sb_2S_3.

مثال 1–3

صيغة المركب الأيوني جد صيغة المركب الأيوني المكون من البوتاسيوم والأكسجين.

1 تحليل المسألة

تعلم أن المركب الأيوني يتكون من أيوني الأكسجين والبوتاسيوم وصيغة هذا المركب مجهولة. نبدأ أولاً بكتابة رمز كل أيون في المركب وعدد تأكسده. يوجد البوتاسيوم في المجموعة 1 ، لذا يكوّن أيونًا +1، ويوجد الأكسجين في المجموعة 16 لذا يكوّن أيونًا ثنائيًا سالب الشحنة 2–.

K^+ O^{2-}

ولأن الشحنات غير متساوية، لذا يجب وضع رقم صغير أسفل يمين كل رمز؛ لتوضيح نسب عدد الأيونات الموجبة إلى عدد الأيونات السالبة.

2 حساب المطلوب

تفقد ذرة البوتاسيوم إلكترونًا واحدًا، في حين تكتسب ذرة الأكسجين إلكترونين. فإذا اتحد العنصران في المركب بنسبة 1:1 فإن عدد الإلكترونات المفقودة من البوتاسيوم لن يساوي عدد الإلكترونات المكتسبة من الأكسجين، لذا فإننا بحاجة إلى أيونين من البوتاسيوم لكل أيون من الأكسجين، فتصبح الصيغة الكيميائية K_2O

3 تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية لوحدة الصيغة الكيميائية للمركب تساوي صفرًا

$$2\,\text{K ion}\left(\frac{1+}{\text{K ion}}\right) + 1\,\text{O ions}\left(\frac{2-}{\text{O ion}}\right) = 2(+1) + 1(-2) = 0$$

مثال 2–3

صيغة المركب الأيوني جد صيغة المركب الكيميائي المكون من أيونات الألومنيوم وأيونات الكبريتيد.

1 تحليل المسألة

تعلم أن المركب الأيوني يتكون من الألومنيوم والكبريت وصيغته مجهولة. لذا نبدأ أولاً بتحديد شحنة كل أيون في المركب. فالألومنيوم من المجموعة 13، يكوّن أيونًا موجبًا ثلاثي الشحنة 3+، والكبريت من المجموعة 16 ويكون أيونًا سالبًا ثنائي الشحنة 2–.

Al^{3+} S^{2-}

تفقد كل ذرة ألومنيوم ثلاثة إلكترونات، في حين تكتسب كل ذرة كبريت إلكترونين، غير أنه يجب أن يكون عدد الإلكترونات المفقودة مساويًا لعدد الإلكترونات المكتسبة.

2 حساب المطلوب

إن أصغر عدد يمكن قسمته على كل من 2 و 3 هو 6، لذا يتم نقل ستة إلكترونات. تستقبل ثلاث ذرات من الكبريت ستة إلكترونات تم فقدها من ذرتي ألومنيوم. فتكون الصيغة الصحيحة للمركب هي Al_2S_3 ، حيث توضح أن أيونين من الألومنيوم يرتبطان مع ثلاثة أيونات من الكبريت.

3 تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية لوحدة الصيغة الكيميائية لهذا المركب تساوي صفرًا

$$2\,\text{Al ion}\left(\frac{3+}{\text{Al ion}}\right) + 3\,\text{S ions}\left(\frac{2-}{\text{S ion}}\right) = 2(+3) + 3(-2) = 0$$

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة تفسير أي الإلكترونات يُفقد عندما يتغير عدد تأكسد الفناديوم من صفر إلى 5+. إلكترونات 4s و3d. ض م

طرائق تدريس متنوعة

طلبة المستوى المتقدم اطلب إلى الطلبة المتفوقين البحث في دورة بورن- هابر لتغيرات الطاقة عند إنتاج كلوريد الصوديوم، وتصميم دورة بورن – هابر لإنتاج فلوريد البوتاسيوم. ض م

مسائل تدريبية

19. KI

20. $AlBr_3$

21. $MgCl_2$

22. Cs_3N

23. الصيغة العامة للمركب هي XY_2، حيث تمثل X عنصر المجموعة 2، وتمثل Y عنصر المجموعة 17.

إجابة سؤال الشكل 9–3

أيون الأمونيوم: 1+، أيون الفوسفات: 3–.

عرض عملي

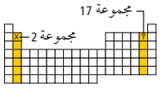
الأيونات العديدة الذرات يوضح هذا العرض أن الأيونات العديدة الذرات تتفاعل بوصفها وحدة واحدة. ضع جهاز التوصيل الكهربائي في الماء المقطر، ثم أضف قطرة من محلول NaCl بتركيز 0.1M وسجل قراءة جهاز التوصيل. استمر في إضافة محلول NaCl قطرة قطرة حتى تصل إلى 10 قطرات، وسجل النتيجة في كل مرّة. ثم اطلب إلى الطلبة رسم المنحنى البياني للنتائج، وذكّرهم بأن NaCl يتكون من أيونين. كرر الخطوات السابقة باستعمال $NaNO_3$. ثم ارسم المنحنيين البيانيين، واطلب إلى الطلبة المقارنة بينهما. كرر الخطوات مستعملاً $MgCl_2$، ثم $Mg(NO_3)_2$. وإذا كان هناك متسع من الوقت فقم بتكرار النشاط مستعملًا $AlCl_3$، ثم $Al(NO_3)_3$، وارسم جميع المنحنيات البيانية لمركبات الكلوريد بعضها فوق بعض، واطلب إلى الطلبة إيجاد علاقة بين ميل المنحنيات وعدد الأيونات المتوافرة. يزداد ميل المنحنى بزيادة عدد الأيونات. ثم ارسم منحنيات النترات بعضها فوق بعض لتأكيد أن أيونات النترات تتفاعل كوحدة واحدة. ض م

مسائل تدريبية

اكتب الصيغ الكيميائية للمركبات الأيونية التي تتكون من الأيونات الآتية:

19. اليود والبوتاسيوم
20. البروم والألومنيوم
21. الكلور والماغنيسيوم
22. النيتروجين والسيزيوم

23. تحدّ اكتب الصيغة العامة للمركب الأيوني الذي يتكون من عنصري المجموعتين المبينتين في الجدول المقابل.



صيغ المركبات الأيونية العديدة الذرات تحتوي العديد من المركبات الأيونية على أيونات عديدة الذرات، أيْ الأيونات المكونة من أكثر من ذرة واحدة. يبين الجدول 8–3 والشكل 9–3 قائمة بالصيغ والشحنات الكهربائية للأيونات الشائعة العديدة الذرات. ويسلك الأيون المتعدد الذرات بوصفه وحدة واحدة في المركبات، وتشمل شحنته الكهربائية الذرات كلها معًا. لذا تتبع صيغة الأيونات المكونة من مجموعة من الذرات قواعد كتابة صيغ المركبات الثنائية نفسها.

ونظرًا إلى وجود الأيون المتعدد الذرات بوصفه وحدة واحدة، فلا يجوز تغيير الأرقام الموجودة أسفل يمين رموز الأيونات. وإذا دعت الحاجة إلى وجود أكثر من أيون، (نضع رمز الأيون داخل قوسين، ثم نشير إلى العدد المطلوب بوضع الرقم أسفل يمين القوس من الخارج). ومن الأمثلة على ذلك المركب المكون من أيون الأمونيوم NH_4^+ وأيون الأكسجين O^{2-}. ويحتاج المركب لمعادلة الشحنات إلى أيونين من الأمونيوم لكل أيون من الأكسجين، أيْ أن الصيغة الصحيحة هي $(NH_4)_2O$.

الجدول 8-3 الأيونات عديدة الذرات

الاسم	الأيون	الاسم	الأيون
الأمونيوم	NH_4^+	البرايودات	IO_4^-
النيتريت	NO_2^-	الأسيتات	$C_2H_3O_2^-$
النترات	NO_3^-	الفوسفات ثنائية الهيدروجين	$H_2PO_4^-$
الهيدروكسيد	OH^-	الكربونات	CO_3^{2-}
السيانيد	CN^-	الكبريتيت	SO_3^{2-}
البرمنجنات	MnO_4^-	الكبريتات	SO_4^{2-}
البيكربونات	HCO_3^-	الثيوكبريتات	$S_2O_3^{2-}$
الهيبوكلورايت	ClO^-	البيروكسيد	O_2^{2-}
الكلورايت	ClO_2^-	الكرومات	CrO_4^{2-}
الكلورات	ClO_3^-	ثنائي الكرومات	$Cr_2O_7^{2-}$
البركلورات	ClO_4^-	الفوسفات الهيدروجينية	HPO_4^{2-}
البرومات	BrO_3^-	الفوسفات	PO_4^{3-}
الأيودات	IO_3^-	الزرنيخات	AsO_4^{3-}

أيون الأمونيوم NH_4^+

أيون الفوسفات PO_4^{3-}

الشكل 9-3 أيونات الأمونيوم والفوسفات عبارة عن أيونات متعددة الذرات، بمعنى أنها تتكون من أكثر من ذرة. وتتفاعل الأيونات المتعددة الذرات معًا بوصفها وحدة واحدة ذات شحنة محددة.

حدد ما شحنة أيون الأمونيوم وأيون الفوسفات على الترتيب؟

83

التنوع الثقافي

الفخّار تعد صناعة الفخّار أحد أقدم الفنون. إذ تعود أقدم قطعة فخار معروفة إلى 400 سنة قبل الميلاد في اليابان. وقد قام الصينيون ومواطنو الشرق الأوسط والسكان الأصليون في أمريكا بإنتاج أنواع مختلفة من الفخار. إن التركيب الكيميائي للفخار هو الصلصال $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ حيث تصبح قطع الصلصال قاسية عند تشكيله إلى الشكل المطلوب، وتحدد شدة الحرارة درجة قساوتها. وعادة ما يتم صقل الصلصال بطبقة من الزجاج المصهور لإكسابه ألوانًا زاهية وخاصية مقاومة الماء. والتركيب الكيميائي للمادة التي تستعمل في الصقل هو التركيب الكيميائي للصلصال نفسه، بالإضافة إلى خليط من أكاسيد الفلزات الأيونية. وينتج عن إضافة أكاسيد الفلزات إلى مادة الصقل الكثير من الخواص والتي تشمل الصلابة، واللون وملمس السطح، وحجم البلورة والاستقرار الكيميائي. فعند إضافة Fe_2O_3 مثلاً يُنتج لونًا أحمر، في حين يعطي CuO لونًا أخضر. وتؤدي إضافة Al_2O_3 إلى زيادة صلابة الفخار وديمومته.

مثال في الصف

سؤال سُمّي أحد المعادن الشفافة أو العديمة اللون والذي وجد على قمة جبل فيزوفيوس البركاني الذي يقع بالقرب من مدينة نابولي الإيطالية باسم ماسكجنايت. وهو اسم المركب الكيميائي الذي يتكون من اتحاد أيون الأمونيوم بأيون الكبريتات. حدد الصيغة الكيميائية الصحيحة لهذا المركب الأيوني.

الإجابة

يفقد أيون الأمونيوم NH_4^+ إلكترونًا واحدًا. وتكتسب أيونات الكبريتات إلكترونين. لذا يجب أن يفقد أيونا الأمونيوم إلكترونين يكتسبهما أيون واحد من الكبريتات. فتكون الصيغة الكيميائية هي $(NH_4)_2SO_4$.

مسائل تدريبية

24. $NaNO_3$
25. $Ca(ClO_3)_2$
26. $Al_2(CO_3)_3$
27. ستتنوع الإجابات، مثال: $MgCO_3$

التقويم

المهارة العب لعبة التذكر باستعمال أسماء وصيغ كيميائية لبعض المركبات الأيونية. وارسم مخططًا بقياس 4×4 واعرضه مكبرًا على الحائط باستخدام جهاز العرض الرأسي، ضع أسماء ثمانية مركبات في ثمانية مربعات، والصيغ الكيميائية للمركبات نفسها في المربعات الثمانية الأخرى، غط المربعات بقطع من الورق، ثم اطلب إليهم نزع الغطاء عن اثنين من المربعات في كل مرة للمطابقة بين الصيغة الكيميائية والاسم الصحيح لها. ض م

دفتر الكيمياء

التركيب الكيميائي لماء المحيط يحتوي ماء المحيط على أيونات البوتاسيوم، والماغنيسيوم، والصوديوم، والبيكربونات، والكبريتات، والكلوريد والبروميد.

اطلب إلى الطلبة كتابة أسماء الصيغ الكيميائية التي يمكن أن تتكون من اتحاد هذه الأيونات بعضها مع بعض. ض م

مثال 3–3

صيغة مركب أيوني متعدد الذرات يستعمل المركب المكون من أيونات الكالسيوم والفوسفات سمادًا. اكتب الصيغة الكيميائية لهذا المركب.

1 تحليل المسألة

تعلم أن أيونات الكالسيوم والفوسفات تكوّن مركبًا أيونيًّا صيغته مجهولة. لذا نبدأ أولاً بكتابة رمز كل أيون مرفقًا بشحنته الكهربائية. ولأن الكالسيوم من المجموعة الثانية، لذا يكوّن أيونًا موجبًا ثنائي الشحنة 2+، في حين أن أيون الفوسفات عديد الذرات، فيتفاعل بوصفه وحدة واحدة، وتكون شحنته الكهربائية 3−.

Ca^{2+} PO_4^{3-}

2 حساب المطلوب

إن أصغر عدد يقبل القسمة على مقدار شحنات الأيونات 2 و3 هو 6، لذا يتم نقل 6 إلكترونات. فيكون عدد الشحنات السالبة على أيونين من أيونات الفوسفات مساويًا لعدد الشحنات الموجبة على ثلاثة من أيونات الكالسيوم. ولكتابة الصيغة نضع أيون الفوسفات بين قوسين، ونضيف الرقم السفلي الصغير 2 إلى يمين القوسين، فتصبح الصيغة الصحيحة للمركب هي: $Ca_3(PO_4)_2$.

3 تقويم الإجابة

محصلة الشحنة الكهربائية في وحدة الصيغة لفوسفات الكالسيوم يساوي صفرًا. $3(+2) + 2(-3) = 0$

مسائل تدريبية

اكتب صيغ المركبات الأيونية المكونة من الأيونات الآتية:

24. الصوديوم والنترات **25.** الكالسيوم والكلورات **26.** الألومنيوم والكربونات

27. تحد اكتب صيغة المركب الأيوني المكون من أيونات عنصر من عناصر المجموعة 2 مع الأيون العديد الذرات المكون من الكربون والأكسجين فقط.

أسماء الأيونات والمركبات الأيونية
Names for Ions and Ionic Compounds

يستخدم العلماء طرائق منظمةً عند تسمية المركبات الأيونية، ونظرًا إلى احتواء المركبات الأيونية على أيونات موجبة وأخرى سالبة، يأخذ النظام تسمية هذه الأيونات بعين الاعتبار.

تسمية الأيون الأكسجيني السالب الأيون الأكسجيني السالب هو أيون عديد الذرات، يتكون غالبًا من عنصر لا فلزي يرتبط مع ذرة أو أكثر من الأكسجين، وبعض اللافلزات لها أكثر من أيون أكسجيني، ومنها النيتروجين والكبريت. وتسمى هذه الأيونات باستخدام القواعد المبينة في الجدول 9–3.

الجدول 9-3 تسمية الأيونات الأكسجينية السالبة للكبريت والنيتروجين

- تعرّف الأيون الذي يحتوي على أكبر عدد من ذرات الأكسجين. ويشتق اسم هذا الأيون من اسم اللافلز وإضافة المقطع (ات) إلى آخره.
- تعرّف الأيون الذي يحتوي أقل عدد من ذرات الأكسجين. ويشتق اسم هذا الأيون من اسم اللافلز وإضافة المقطع (يت) إلى آخره.

SO_3^{2-}	SO_4^{2-}	NO_2^-	NO_3^-
كبريتيت	كبريتات	نيتريت	نترات

يبين **الجدول 10–3** كيف يكون الكلور أربعة أيونات أكسجينية سالبة يمكن تسميتها حسب عدد ذرات الأكسجين الموجودة في كل منها. ويمكن تسمية الأيونات الأكسجينية السالبة التي تكونها الهالوجينات الأخرى بالطريقة نفسها المستخدمة في الكلور. فعلى سبيل المثال، يكوّن البروم أيون البرومات BrO_3^-، ويكوّن اليود أيون البيرأيودات IO_4^- وأيون أيودات IO_3^-.

تسمية المركبات الأيونية تتم تسمية المركبات بطريقة منهجية، والآن، ولأنه أصبح لديك معرفة بالصيغ الكيميائية، لذا يمكنك استعمال القواعد الخمس الآتية لتسمية المركبات الأيونية:

1. تذكر اسم الأيون السالب أولاً متبوعًا باسم الأيون الموجب. ولكن عند كتابة الصيغة الكيميائية تذكّر أن رمز الأيون الموجب يُكتب أولاً، ثم يليه الأيون السالب.
2. استخدم اسم العنصر في حالة الأيونات الموجبة الأحادية الذرة.
3. في حالة الأيونات السالبة الأحادية الذرة يستخرج الاسم من اسم العنصر مضافًا إليه مقطع (يد).
4. في حالة وجود أكثر من عدد تأكسد لعنصر واحد يجب أن تشير الصيغة الكيميائية، إلى عدد تأكسد الأيون الموجب. ويكتب عدد التأكسد بالأرقام الرومانية بين قوسين بعد اسم الأيون الموجب.

ملاحظة : تنطبق هذه القاعدة على الفلزات الانتقالية والفلزات في الجهة اليمنى من الجدول الدوري، انظر **الجدول 7–3**. ولا تنطبق هذه القاعدة على أيونات المجموعتين 1 و 2 الموجبة لأن لها عدد تأكسد واحدًا.

أمثلة:

يكوّن أيون Fe^{2+} وأيون O^{2-} المركب FeO، والمعروف باسم أكسيد الحديد II.

ويكوّن أيون Fe^{3+} وأيون O^{2-} المركب Fe_2O_3، والمعروف باسم أكسيد الحديد III.

عندما يحتوي المركب على أيون عديد الذرات، نقوم بتسمية الأيون السالب أولاً، ثم تسمية الأيون الموجب.

أمثلة:

تسمية NaOH هيدروكسيد الصوديوم

تسمية $(NH_4)_2S$ كبريتيد الأمونيوم.

الجدول 3-10

طرائق تسمية الأيونات الأكسجينية التي يكونها الكلور

- يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على أكبر عدد من ذرات الأكسجين بإضافة مقطع (بير) عند بداية الاسم، وإضافة مقطع (ات) إلى نهاية جذر اللافلز.
- يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على عدد من ذرات الأكسجين أقل بذرّة واحدة بإضافة مقطع (ات) إلى نهاية جذر اللافلز
- يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على عدد من ذرات الأكسجين أقل بذرتين بإضافة مقطع (ايت) إلى نهاية جذر اللافلز.
- يشتق اسم الأيون السالب الأكسجيني الذي يحتوي على عدد من ذرات الأكسجين أقل بثلاث ذرات بإضافة مقطع (هيبو)، ثم المقطع (ايت) إلى نهاية جذر اللافلز

ClO_4^-	ClO_3^-
بيركلورات	كلورات
ClO^-	ClO_2^-
هيبوكلورايت	كلورايت

مسائل تدريبية

سمّ المركبات الآتية:

28. NaBr **29.** $CaCl_2$ **30.** KOH

31. $Cu(NO_3)_2$ **32.** Ag_2CrO_4

33. تحدُث المركب الأيوني NH_4ClO_4 أحد أهم المواد المتفاعلة الصلبة المستعملة في وقود إطلاق صواريخ الفضاء كتلك التي تحمل المحطات الفضائية إلى مداراتها. ما اسم هذا المركب؟

85

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى قد يجد الطلبة صعوبة في تحديد وحدات صيغ المركبات من خلال معرفة الأيونات التي تشكّلها. استخدم قطعًا تشبه القطع المستخدمة في الأحاجي لتمثل الأيونات، على أن تحمل القطع التي تمثل الأيونات الموجبة عددًا من النتوءات على أحد جانبيها يمثل عدد الشحنات الموجبة، وأن تحمل القطع التي تمثل الأيونات السالبة عددًا من النتوءات على الجانب الآخر يمثل عدد الشحنات السالبة. واسمح للطلاب باللعب بالقطع، لاكتشاف، أن كل أيون مثلًا يحمل شحنة $2-$ يتطلب اثنين من الأيونات التي تحمل شحنة $1+$. واطلب إليهم أخيرًا كتابة الصيغة الصحيحة للمركب الناتج عن ذلك. د م

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة رسم مخطط 5×5 على قطعة من الورق، وكتابة صيغ خمسة أيونات فلزية على الجانب الأيمن، منها أيون الأمونيوم، وصيغ خمسة أيونات لا فلزية في أعلى المخطط، اثنان منها على الأقل من الأيونات العديدة الذرات. ثم اطلب إليهم تبادل المخططات مع طلبة آخرين، ليقوموا بكتابة الصيغ الكيميائية الصحيحة للمركب الأيوني المتكون في المربع. وأعط المخطط بعد إكماله إلى طالب ثالث لتقويم الإجابات. ض م

التعزيز

وسائل التعلم المرئي اطلب إلى الطلبة عمل بطاقات التعلم لمساعدتهم على تذكر الأسماء، والصيغ وشحنات الأيونات العديدة الذرات. ض م

مسائل تدريبية

28. بروميد الصوديوم
29. كلوريد الكالسيوم
30. هيدروكسيد البوتاسيوم
31. نترات النحاس II
32. كرومات الفضة
33. بيركلورات الأمونيوم

سؤال النص ستتنوع الإجابات ولكنها يجب أن توضّح طريقة منظمة ومنطقية.

3. التقويم

التحقق من الفهم

استعمل قائمة المحتويات الموجودة على زجاجة الفيتامينات لكتابة أسماء المركبات الأيونية أو صيغها الكيميائية التي تحتويها أقراص الفيتامين على السبورة. واطلب إلى الطلبة تحديد وحدة الصيغة الصحيحة أو الاسم الصحيح لكل مركب. علمًا بأن المركبات التي تتوافر على الأغلب في الفيتامينات، هي: فوسفات الكالسيوم، وفوسفات الماغنيسيوم، وأكسيد النحاس II، وأكسيد الخارصين، وكربونات الكالسيوم، وأكسيد الماغنيسيوم، وأكسيد التيتانيوم IV، وكلوريد البوتاسيوم، ويوديد البوتاسيوم، وكلوريد القصدير II وكلوريد الكروم III. ض م

إعادة التدريس

راجع طريقة تسمية الصيغ الكيميائية للمركبات الأيونية وكتابتها، وأخبر الطلبة أن ماء المحيط الصناعي، والمستعمل في أحواض الماء المالحة يُصنع من خلط المركبات الآتية:

$1.36g\ CaCl_2$, $0.67g\ KCl$, $24.72g\ NaCl$,

$0.18g\ NaHCO_3$,$6.29g\ MgSO_4$, $4.66g\ MgCl_2$

ثم اطلب إلى الطلبة تسمية المركبات الأيونية السابقة. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلبة تصميم امتحان صغير يشتمل على أسئلة تتعلق بأعداد التأكسد، ووحدات الصيغة للمركبات الأيونية وأسمائها. ض م

التقويم

المعرفة اكتب الصيغ الكيميائية لعدد من الأيونات الموجبة والسالبة على شفافية. وأشر إلى أحد الأيونات السالبة وأحد الأيونات الموجبة، واطلب إلى الطلبة تحديد الصيغة الكيميائية الصحيحة للمركب الأيوني الناتج عن ذلك واسمه. ض م

استراتيجية حل المسألة

تسمية المركبات الأيونية

تسمية المركبات الأيونية عملية سهلة، إذا قمت باتباع المخطط المفاهيمي.

تطبيق الاستراتيجية

سمِّ المركبين KOH و Ag_2CrO_4 باستخدام المخطط المفاهيمي.

توضح استراتيجيات حل المسألة أعلاه الخطوات المتبعة عند تسمية المركب الأيوني إذا عُرفت الصيغة الكيميائية. وتعد تسمية المركب الأيوني خطوة مهمة لمعرفة الأيونات الموجبة والسالبة الموجودة في البلورة الصلبة أو المحلول. اشرح كيف يمكن أن تغير المخطط المفاهيمي السابق لكتابة الصيغة عند معرفة اسم المركب الأيوني.

التقويم 3-2

الخلاصة

- تبين وحدة الصيغة الكيميائية نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب الأيوني.
- يتكون الأيون الأحادي الذرة من ذرة واحدة وتعبّر شحنته عن عدد تأكسده.
- تعبّر الأرقام الرومانية عن عدد تأكسد الأيون الموجب الذي له أكثر من حالة أكسدة محتملة.
- تتكون الأيونات العديدة الذرات من أكثر من ذرة وتتفاعل بوصفها وحدة واحدة.
- نستخدم الأقواس حول الأيون ونضع الأرقام المصغرة خارج الأقواس للإشارة إلى وجود أكثر من أيون عديد الذرات في الصيغة الكيميائية.

34. الفكرة الرئيسة صف ترتيب الأيونات عند كتابة صيغة المركب المكون من البوتاسيوم والبروم وعند ذكر اسمه.

35. صف الفرق بين الأيونات الأحادية الذرة والأيونات العديدة الذرات، وأعط مثالاً على كلٍ منهما.

36. طبّق شحنة الأيون X هي 2 + وشحنة الأيون Y هي 1−. اكتب صيغة المركب الذي يتكون من هذين الأيونين.

37. اذكر اسم المركب المكون من Mg و Cl وصيغته.

38. اكتب اسم المركب المكون من أيونات الصوديوم وأيونات النيتريت وصيغته.

39. حلّل ما الرقم السفلي المصغر الذي ستستعمله في كتابة صيغ المركبات الأيونية في الحالات الآتية:

a. فلز قلوي وهالوجين

b. فلز قلوي ولا فلز من المجموعة 16

c. فلز قلوي أرضي وهالوجين.

d. فلز قلوي أرضي ولا فلز من المجموعة 16

86

التقويم 3-2

34. يُذكر أنيون (البروميد) أولاً متبوعًا بكاتيون (البوتاسيوم).

35. تتكون الأيونات الأحادية الذرة من ذرة واحدة Cl^-، وأما الأيونات العديدة الذرات فتتكون من ذرتين أو أكثر مرتبطتين معًا ولهما شحنة محصلة، ClO^-_3.

36. XY_2

37. كلوريد الماغنيسيوم $MgCl_2$

38. نتريت الصوديوم $NaNO_2$

39. a. 1، 1

b. 1، 2

c. 2، 1

d. 1، 1

(تقرأ النسب من اليمين إلى اليسار)

3-3

1. التركيز

الفكرة الرئيسة

نموذج حركة الإلكترون اطلب إلى الطلبة التحرك بين المقاعد الصفية في غرفة الصف مع بقائهم ضمن حدود المقاعد الأبعد، وأخبرهم أنهم يمثلون " بحر الإلكترونات" الموجود في الفلزات الصلبة، كالنحاس، وأن المقاعد تمثل أيونات النحاس الموجبة. ووضح لهم أن كل مقعد يجب أن يحتوي طالبين يدوران حوله، وأن أي مقعدين يمكن أن يحتويا طالبًا واحدًا. ثم اسأل الطلبة: ما الذي يلاحظونه؟ لا يتغير عدد الإلكترونات وعدد أيونات النحاس ولكن الإلكترونات (الطلبة) لها حرية الحركة بين أيونات النحاس (المقاعد). ثم اسألهم: ماذا يحدث إذا تحركت المقاعد البعيدة إلى الداخل؟ ستتحرك الإلكترونات (الطلبة) إلى الداخل؛ لأن الإلكترونات يجب أن تبقى في حدود أيونات النحاس (المقاعد). ض م

2. التدريس

التعلم البصري

الشكل 10–3 اطلب إلى الطلبة ملاحظة الشكل ومناقشة كيف تُحاط كاتيونات الفلزات "ببحر" الإلكترونات الحرة الحركة في الرابطة الفلزية. واستعمل جهاز التوصيل والمس سطح قطعة من الخارصين أو النحاس، فعندئذٍ سيضيء المصباح. ثم اسأل الطلبة: لماذا أضاء المصباح؟ بسبب الإلكترونات الحرة الحركة.

أشر إلى أن الإلكترونات في الفلزات تكون حرة الحركة على عكس المركبات الأيونية، حيث ترتبط الإلكترونات بالأيونات. ض م

إجابة سؤال الشكل 10–3

لأنها تتحرك بحرية داخل الفلز.

3–3

الأهداف

- **تصف** الرابطة الفلزية.
- **تربط** نموذج سحابة الإلكترونات بالخواص الفيزيائية للفلزات.
- **تعرّف** السبائك وخواصها.

مراجعة المفردات

الخاصية الفيزيائية: خاصية المادة التي يمكن مشاهدتها وقياسها دون تغيير في تركيب المادة.

المفردات الجديدة

نموذج سحابة الإلكترونات
الإلكترونات الحرة
الرابطة الفلزية
السبيكة

الروابط الفلزية وخواص الفلزات
Metallic Bonds and the Properties of Metals

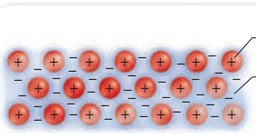
الفكرة الرئيسة **تكوّن الفلزات شبكات بلورية يمكن تمثيلها أو نمذجتها بأيونات موجبة يحيط بها «سحابة» من الإلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.**

الربط مع الحياة تخيل سفينة عائمة في المحيط تتهاوى وهي محاطة بالماء من كل جانب. وعلى الرغم من بقاء السفينة عائمة في مكانها إلا أن الماء يتحرك بحرية من أسفلها. يمكن تطبيق هذا الوصف على ذرات الفلزات وإلكتروناتها بطريقة مشابهة نوعا ما.

الروابط الفلزية Metallic Bonds

على الرغم من أن الفلزات ليست مركبات أيونية إلا أنها تشترك مع المركبات الأيونية في عدة خواص. فالروابط في الفلزات والمركبات الأيونية تعتمد على التجاذب بين الجسيمات ذات الشحنات المختلفة. وفي العادة تكون الفلزات شبكات بلورية في الحالة الصلبة شبيهة بالشبكة البلورية الأيونية التي سبق ذكرها. وفي هذه الحالة تكون كل ذرة عنصر محاطة بـ 8 إلى 12 ذرة أخرى.

سحابة الإلكترونات رغم أن لذرات الفلزات ما لا يقل عن إلكترون تكافؤ واحد، إلا أنها لا تشترك في إلكترونات التكافؤ مع الذرات المجاورة، ولا تفقدها. وبدلاً من ذلك تتداخل مستويات الطاقة الخارجية بعضها في بعض. ويعرف هذا التداخل **بنموذج سحابة الإلكترونات**، حيث يفترض هذا النموذج أن ذرات الفلزات جميعها في الحالة الصلبة تساهم في تكوين بحر الإلكترونات الذي يحيط بأيونات الفلز الموجبة في الشبكة الفلزية. لا ترتبط الإلكترونات الموجودة في مستويات الطاقة الخارجية في ذرات الرابطة الفلزية بأي ذرة محددة، ويمكنها الانتقال بسهولة من ذرة إلى أخرى. وتعرف هذه الإلكترونات الحرة الحركة **بالإلكترونات الحرة**. وعندما تتحرك الإلكترونات الخارجية بحرية في الفلز، وهو في الحالة الصلبة، تتكون الأيونات الفلزية الموجبة. ترتبط هذه الأيونات مع الأيونات الفلزية الموجبة المجاورة جميعها من خلال سحابة إلكترونات التكافؤ، كما يبين **الشكل 10–3**. **فالرابطة الفلزية** هي قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة للفلزات والإلكترونات الحرة في الشبكة الفلزية.



الشكل 10-3 تتوزع إلكترونات التكافؤ للفلزات (التي تبدو كسحابة زرقاء ذات إشارات سالبة) بانتظام حول الأيونات الفلزية الموجبة (التي تبدو باللون الأحمر). وتؤدي قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة وسحابة الشحنات السالبة إلى ربط ذرات الفلز بعضها مع بعض في الشبكة البلورية.

فسر لماذا تعرف إلكترونات الفلزات بالإلكترونات الحرة؟

87

طرائق تدريس متنوعة

الطلبة المتقدمون

اعتمد نموذج إجراءات السلامة في المختبر قبل البدء في العمل. واطلب إلى الطلبة إجراء بحث حول التوصيل الحراري للفلزات. احصل على أسلاك فلزية مختلفة مثل Cu، وZn، وAl وFe متساوية الأطوال والسُّمك. ثم ثبّت كرة صغيرة من الشمع على أحد طرفي كل سلك. واطلب إلى الطلبة الاستعانة بملقط طويل لتسخين الطرف المقابل للسلك وتحديد الوقت اللازم لصهر الشمع على كل سلك والمقارنة بينها. ف م

ماذا قرأت؟ تنثني الفلزات عند طرقها، في حين تتفتت المركبات الأيونية إلى قطع صغيرة.

عرض عملي

السبائك أذب 5.0g من هيدروكسيد الصوديوم في 25ml من الماء في وعاء التبخير، ثم أضف 2.0g من الخارصين إلى المحلول وضعه على جهاز التسخين حتى يصل المخلوط إلى درجة حرارة أقل قليلًا من درجة الغليان. أضف قطع نقود نحاسية جديدة إلى وعاء التبخير، وقلّبها مرات عدة بالملقط، وعندما تصبح قطع النقود فضية اللون، ارفع وعاء التبخير عن جهاز التسخين وأخرج قطع النقود من المحلول، ثم اغسلها بالماء وجففها. ثم اسأل الطلبة: ماذا حدث؟ تم طلاء قطع النقود بالخارصين. عند وضع إحدى قطع النقود هذه على جهاز التسخين ليتحول لونها إلى اللون الذهبي ماذا حدث؟ اختلط الخارصين والنحاس اللذين على سطح قطعة النقود معًا. ناقش الطلبة في موضوع السبائك، وأخبرهم أن الحرارة تزيد من حركة الذرات وتسمح لها بالاختلاط بسرعة أكبر. واسمح للطلبة بتفحص قطع نقدية جديدة، إحداها مطلية بطبقة من الخارصين، وأخرى مطلية بطبقة من البرونز.

التخلص من النفايات

اغسل الكمية المتبقية من الخارصين بالماء البارد، واسكب الماء في المغسلة، ثم ضع الخارصين في سلة المهملات. خفف من تركيز محلول NaOH واسكبه في المغسلة. ض م

الجدول 3-11 درجات الانصهار والغليان

العنصر	درجة الانصهار (°C)	درجة الغليان (°C)
الليثيوم	180	1347
القصدير	232	2623
الألومنيوم	660	2467
الباريوم	727	1850
الفضة	961	2155
النحاس	1083	2570

خواص الفلزات يمكن فهم الخواص الفيزيائية للفلزات بواسطة الروابط الفلزية. وتقدم هذه الخواص الدليل على قوة الرابطة الفلزية.

درجتا الغليان والانصهار تختلف درجات انصهار الفلزات على نحو كبير. فالزئبق سائل عند درجة حرارة الغرفة، مما يجعله مفيدًا في بعض الأجهزة العلمية، ومنها مقاييس درجات الحرارة وأجهزة قياس الضغط الجوي. وفي المقابل، فإن درجة انصهار التنجستن W هي 3422°C، ولذلك يُصنع منه فتيل المصباح الكهربائي، وبعض أجزاء السفن الفضائية.

وتكون درجات انصهار وغليان الفلزات في العادة عالية كما يبينها **الجدول 11–3**، غير أن درجات الانصهار ليست مرتفعة جدًّا كدرجات الغليان؛ لأن الأيونات الموجبة والإلكترونات الحرة الحركة في الفلز ليست بحاجة إلى طاقة كبيرة جدًّا لجعلها تتحرك بعضها فوق بعض. إلاّ أنه في أثناء الغليان يجب فصل الذرات عن مجموعة الأيونات الموجبة والإلكترونات الحرة الأخرى، مما يتطلب طاقة كبيرة جدًّا.

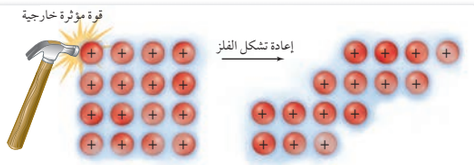
قابلية الطرق والسحب الفلزات قابلة للطرق، أيْ أنها تتحول إلى صفائح عند طرقها، وهي أيضًا قابلة للسحب، أيْ يمكن تحويلها إلى أسلاك. ويوضح **الشكل 11–3** كيف تتحرك الجسيمات الموجودة في الروابط الفلزية بواسطة الدفع أو الشد، بعضها عبر بعض، وتكون الفلزات عادة متينة للغاية. وعلى الرغم من حركة الأيونات الموجبة في الفلز إلاّ أنها ترتبط بالإلكترونات المحيطة بها بصورة قوية، ولا يمكن فصلها بسهولة عن الفلز.

توصيل الحرارة والكهرباء تجعل حركة الإلكترونات حول أيونات الفلزات الموجبة، الفلزات موصلات جيدة للحرارة والكهرباء. حيث تقوم الإلكترونات الحرة بنقل الحرارة من مكان إلى آخر بسرعة أكبر من توصيل المواد التي لا تحتوي على إلكترونات حرة. تتحرك الإلكترونات الحرة بسهولة بوصفها جزءًا من التيار الكهربائي عند حدوث فرق جهد عبر الفلز. وتتفاعل هذه الإلكترونات الحرة مع الضوء من خلال امتصاصه وإطلاق الفوتونات مما ينتج عنه خاصية البريق واللمعان.

الصلابة والقوة لا تقتصر الإلكترونات الحرة الحركة في الفلزات الانتقالية على الإلكترونين الخارجيين في الفلك s، وإنما تشمل أيضًا الإلكترونات الداخلية في الفلك d. وكلما زادت أعداد الإلكترونات الحرة الحركة زادت خواص الصلابة والقوة.

فعلى سبيل المثال، توجد الروابط الفلزية القوية في الفلزات الانتقالية، ومنها الكروم والحديد والنيكل، في حين تعد الفلزات القلوية لينة لأن لها إلكترونًا واحدًا حر الحركة في الفلك ns^1.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين ما يحدث عند طرق كل من الفلزات والمركبات الأيونية بالمطرقة.



الشكل 11-3 تؤدي القوة المؤثرة الخارجية (كالمطرقة مثلًا) إلى جعل الأيونات تتحرك عبر الإلكترونات الحرة، مما يجعل الفلز قابلاً للطرق والسحب.

السبائك الفلزية Metal Alloys

نظرًا إلى طبيعة الرابطة الفلزية، يصبح من السهل إدخال عناصر مختلفة إلى الشبكة الفلزية لتكوين السبيكة. **فالسبيكة** خليط من العناصر ذات الخواص الفلزية الفريدة، لذا نجد لها الكثير من التطبيقات والاستخدامات التجارية. فالفولاذ والبرونز والحديد الزهر هي بعض السبائك الكثيرة المفيدة.

خواص السبائك تختلف خواص السبائك قليلاً عن خواص عناصرها المكونة لها. فمثلاً، الفولاذ عبارة عن حديد مخلوط بعنصر آخر واحد على الأقل. تبقى بعض خواص الحديد موجودة، ولكن للفولاذ خواص إضافية أخرى مثل زيادة القوة. وتتفاوت خواص بعض السبائك وتتغير باختلاف طرائق تصنيعها. وفي حالة بعض الفلزات تنتج بعض الخواص المختلفة اعتمادا على طريقة التسخين والتبريد. ويبين **الجدول 12–3** أسماء بعض السبائك المهمة واستعمالاتها المتنوعة.

الجدول 12-3 السبائك التجارية

الاسم الشائع	التركيب	الاستعمالات
النيكو	50% Fe, 20% Al, 20% Ni, 10% Co	المغناطيسات
البراس (النحاس الأصفر)	67–90% Cu, 10–33% Zn	السباكة، والأدوات العامة، والإضاءة
البرونز (النحاس الأحمر)	70–95% Cu, 1–25% Zn, 1–18% Sn	الأجراس، والميداليات
الحديد الصب	96–97% Fe, 3–4% C	القوالب
الذهب – عيار 10 قراريط	42% Au, 12–20% Ag, 37.46% Cu	المجوهرات (الحلي الذهبية)
حبيبات الرصاص	99.8% Pb, 0.2% As	حبيبات الطلقات النارية
البيوتر	70–95% Sn, 5–15% Sb, 0–15% Pb	أدوات المائدة
الفولاذ	73–79% Fe, 14–18% Cr, 7–9% Ni	المغاسل، والأدوات
فضة النقود	92.5% Ag, 7.5% Cu	أدوات المائدة، والحلي

الشكل 12-3 تُصنع أجزاء الدراجات الهوائية في بعض الأحيان من سبيكة التيتانيوم، التي تحتوي على 3% من الألومنيوم و2.5% من الفانيديوم.

المفردات

أصل الكلمة

السبيكة

جاءت من الكلمة اللاتينية alligare والتي تعني يثني.

التقويم 3-3

الخلاصة

- تتكون الرابطة الفلزية عندما تجذب أيونات الفلز الموجبة إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.
- تتحرك الإلكترونات في نموذج سحابة الإلكترونات عبر الشبكة الفلزية، ولا ترتبط مع أي ذرة محددة.
- يفسر نموذج سحابة الإلكترونات الخواص الفيزيائية للفلزات.
- تتكون السبائك الفلزية عند دمج فلز في عنصر آخر أو أكثر.

40. الفكرة الرئيسة **قارن** بين تركيب المركبات الأيونية و الفلزات.

41. **اشرح** كيف يمكن تفسير كل من التوصيل الكهربائي وارتفاع درجة غليان الفلزات بواسطة الرابطة الفلزية.

42. **قارن** بين أسباب قوى التجاذب في الروابط الأيونية والروابط الفلزية.

43. **صمّم تجربة** للتمييز بين المواد الأيونية الصلبة والمواد الفلزية الصلبة. واذكر طريقتين مختلفتين على الأقل للمقارنة بين المواد الصلبة. فسر إجابتك.

44. **نمذج** ارسم نموذجًا يوضح خاصية الفلزات للطرق أو السحب إلى أسلاك، مستعينًا بنموذج سحابة الإلكترونات كما في **الشكل 10–3**.

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة مقارنة المركبات الأيونية بالفلزات الصلبة. واقبل أي إجابات منطقية ض م

إعادة التدريس

دع الطلبة يشاهدوا العديد من المواد الصلبة الأيونية والفلزية وأن يحددوا الاختلاف في خواصها الفيزيائية. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلبة المهتمين إجراء بحث حول السبائك الصناعية وتقديم تقرير إلى الصف. واسألهم أن يحددوا بعض الصناعات في مناطقهم التي تستعمل السبائك التي قاموا بالبحث عنها. ف م

التقويم

المهارة اطلب إلى الطلبة إتمام الرسم البياني للمقارنة بين الرابطتين الأيونية والفلزية. قد تتضمن هذه الرسوم البيانية أنواع الجسيمات وتكوين الروابط والبناء الهيكلي والخواص الفيزيائية والطرائق المحتملة لتعرّفها في المختبر. ض م

التقويم 3-3

40. تترتب الأيونات في المركبات الأيونية بأنماط متكررة وبالتناوب بين الشحنات، في حين تتألف الفلزات من كاتيونات محاطة ببحر من الإلكترونات حرة الحركة.

41. يمكن أن تتحرك الإلكترونات الحرة الحركة من خلال المادة الصلبة لتوصيل التيار الكهربائي. ويحدد عدد الإلكترونات الحرة الحركة وقوة الرابطة الفلزية مقدار درجة الانصهار.

42. تتكون الروابط الأيونية بوساطة قوى التجاذب الكهروستاتيكية بين الأيونات، في حين تتكون الرابطة الفلزية من قوى التجاذب بين كاتيونات الفلزات والإلكترونات الحرة الحركة.

43. تتضمن إحدى التجارب النموذجية التي قد يقوم بها الطلبة استعمال جهاز التوصيل لفحص المواد الصلبة والمحاليل، واستعمال المطرقة لفحص القابلية للطَّرْق والهشاشة.

44. يجب أن توضح النماذج حركة أيونات الفلزات لمسافة أطول وأقل سُمْك خلال بحر الإلكترونات.

الهدف

سيتعلم الطلبة كيف يؤثر التعرض للرصاص في صحتهم بالإضافة إلى تعرف مصادر التعرض الأخرى له.

الخلفية النظرية

يصعب تجنب التعرض لمصادر الرصاص، فبالإضافة إلى المصادر التي وردت في المقال فإن الأصباغ المنزلية التي تحتوي على الرصاص تعد مصدرًا غنيًّا للتعرض له. وعلى الرغم من حظر استعمال الرصاص في الأصباغ المنزلية منذ عام 1978م، إلا أن المشاكل المرتبطة مع أنواع الدهان القديم للمنازل ما زالت قائمة، وستستمر عدة سنوات أخرى.

ومن الأخطاء الشائعة لدى الطلبة اعتقادهم أن مادة الجرافيت في أقلام الرصاص هي عنصر الرصاص. لذا أخبرهم أن ذلك غير صحيح. وهناك سببان لهذ الاعتقاد، أولهما أنه تم استعمال عنصر الرصاص في الكتابة في أزمنة سابقة. وثانيهما، أنه ساد الاعتقاد عند اكتشاف الجرافيت (أحد أنواع الكربون) واكتشاف فوائده في الكتابة بأنه أحد أشكال الرصاص.

الموضة القاتلة

غالبًا ما تكون الحلي البراقة اللامعة والمزركشة الألوان رخيصة ومسلية. ولكن هل هي آمنة؟ الإجابة في العادة: نعم. ولكن قد تؤدي بعض الحلي السائدة- ولاسيما تلك التي تصنع في الدول النامية، ومنها الصين والهند، إلى مخاطر كثيرة لاحتوائها على عنصر الرصاص Pb السام بنسبة عالية.

السباكة السامة عندما يبتل الرصاص تذوب كمية محددة منه في الماء متحولاً إلى أيونات. وعندما تدخل هذه الأيونات جسم الإنسان تقوم باستبدال أيونات . وباستثناء تشابهها من حيث الشحنات الكهربائية، فإن الرصاص والكالسيوم مختلفان؛ وذلك أن أيونات الرصاص أثقل كثيرًا من أيونات الكالسيوم. ووجود الرصاص يسبب الإعاقة في التعلم، والغيبوبة، وقد يؤدي إلى الموت.

ومن المثير للدهشة أن الرومان قاموا باستخدام الرصاص في أنابيب المياه. وقد أخذ رمز الرصاص- Pb- في الحقيقة من الكلمة اللاتينية plumbum التي ما زالت تظهر في اللغة الإنجليزية كجذر لكلمة Plumber، وتعني السّباك.

الفخار السام على الرغم من أن الرصاص لا يستخدم في التمديدات الصحية الحديثة، إلاّ أنه ما زال يستخدم في أمور أخرى. فالإناء الظاهر في **الشكل 1** تم تصنيعه وطلاؤه بالرصاص، ثم حرقه لإعطائه اللون الأسود المميز. وتولّد المركّبات الكيميائية المستخدمة في عملية تلوين الزجاج ألوانًا زاهية عند حرقها في ظروف مختلفة.

السم المفيد كان للرصاص العديد من الاستخدامات قبل تعرف سميته العالية بخلاف ما هو مستخدم في صناعة الفخار والتمديدات الصحية. فقد استخدم الرصاص في صناعة الأصباغ والجازولين، فوجوده يقلل من احتمال احتراق الجازولين قبل الموعد المحدد في محرك السيارة.

عملية إزالة المعادن الثقيلة الأطفال أكثر قابلية للتسمم بالرصاص، بسبب صغر سنهم ومعدلات نموهم المرتفعة. وفي الحالات الحرجة تصبح عملية إزالة المعادن الثقيلة العلاجية هي الطريقة الوحيدة لإنقاذ حياة الطفل. وتقوم عملية إزالة المعادن الثقيلة العلاجية بالتخلص من أحد أهم التأثيرات السامة للرصاص، عن طريق إحلال الكالسيوم محل الرصاص السام في الجسم.

الشكل 1 مركّبات الرصاص المستخدمة في تلوين الفخار تعطي الوعاء المظهر المتميز.

الكتابة في الكيمياء

الإحساس بالخطر تستطيع حاسة التذوق لدى الإنسان اكتشاف بعض السموم التي توجد بشكل طبيعي في النباتات. ابحث في السموم الحديثة الأخرى-ومنها الرصاص ومضاد التجمد- لمعرفة لماذا لا تُظهر براعم التذوق لدينا استجابة سالبة لها.

الكتابة في الكيمياء

البحث يجب أن يشير البحث إلى توقعات العلماء أن الإنسان قد نما دون أن يشعر بكره طبيعي لتناول السموم في الطعام لأنه وسلفه لم يصادفا الرصاص على صورة عنصر (أو أيًّا من المواد السامة الحديثة) في البيئة. وفي الحقيقة، إن بعض مركبات الرصاص الموجودة في الأصباغ -ومنها أسيتات الرصاص- لها مذاق حلو. كما يجب أن يناقش البحث كيف أن العديد من النباتات التي تنتج مواد سامة تكون ذات مذاق لاذع، على خلاف المذاق في حالة الرصاص، وربما يعود ذلك إلى حقيقة أن الإنسان والنبات قد تطوّرا معًا عبر ملايين السنين.

مختبر الكيمياء

تحضير مركب أيوني

الخلفية: ستقوم بتحضير مركبين كيميائيين وفحصها لتحديد بعض خواصها. واستنادًا إلى الاختبارات التي ستقوم بها تقرر ما إذا كانت النواتج مركبات أيونية أم لا.

سؤال: هل يمكن لخواص المركب الفيزيائية أن تدل على وجود روابط أيونية؟

المواد اللازمة

شريط من الماغنيسيوم (25cm)	بوتقة
حامل الحلقة ومثبت	مثلث خزفي
لهب بنزن	قضيب للتحريك
ملقط بواتق	ميزان يقيس 1/100g
وعاء حجم 100 ml	ماء مقطر
جهاز قياس التوصيل الكهربائي	

إجراءات السلامة

تحذير: لا تنظر مباشرة إلى الماغنيسيوم المشتعل؛ لأن وهج الضوء يؤذي العين. وتجنب حمل المواد الساخنة حتى تبرد.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. دوّن القياسات كلها في جدول البيانات.
3. ضع الحلقة الدائرية على الحامل على ارتفاع 7cm فوق لهب بنسن، ثم ضع المثلث الخزفي عليها.
4. قس كتلة البوتقة بعد تنظيفها وتجفيفها.
5. لف 25cm من شريط الماغنيسيوم على شكل كروي، ثم قس كتلة شريط الماغنيسيوم والبوتقة معًا.
6. ضع البوتقة على المثلث، وسخنها بوساطة اللهب (يجب أن يكون رأس اللهب قرب البوتقة).
7. أغلق لهب بنزن عندما يبدأ الماغنيسيوم في الاشتعال والاحتراق بشعلة بيضاء ساطعة، ثم دع البوتقة حتى تبرد، وقس كتلة نواتج احتراق الماغنيسيوم والبوتقة.
8. ضع المكونات الصلبة الجافة في الدورق.
9. أضف 10 ml من الماء المقطر إلى الدورق واخلطها، ثم افحص المخلوط بواسطة جهاز الموصلية.
10. **التنظيف والتخلص من النواتج** تخلص من النواتج حسب تعليمات المعلم. نظف البوتقة بالماء، وأعد وضع جميع أدوات المختبر في المكان الصحيح.

حلل واستنتج

1. **حلل النتائج** احسب كتلة الشريط والنواتج، وسجل قيم الكتل في جدول البيانات.
2. **صنّف** أشكال الطاقة المنبعثة. ماذا تستنتج عن استقرار المواد الناتجة؟
3. **استقراء** هل يتفاعل الماغنيسيوم مع الهواء؟
4. **توقّع** الصيغ الكيميائية للمادتين الناتجتين واكتب اسميهما.
5. **حلّل واستنتج** لون ناتج تفاعل الماغنيسيوم مع الأكسجين أبيض، في حين أن لون ناتج تفاعل الماغنيسيوم مع النيتروجين أصفر. أي هذين المركبين يشكل الجزء الأكبر من الناتج؟
6. **حلّل واستنتج** هل توصل نواتج الماغنيسيوم التيارَ الكهربائي عندما تكون على شكل محلول؟ وهل تؤكد النتائج أن المركبات أيونية؟
7. **حلل مصادر الأخطاء** إذا أظهرت النتائج أن الماغنيسيوم فقد جزءًا من الكتلة بدلاً من أن يكتسبه، فاذكر الأسباب المحتملة لذلك.

الاستقصاء

صمّم تجربة إذا كانت محاليل مركبات الماغنيسيوم موصلة للتيار الكهربائي، فهل تستطيع التأثير في جودة توصيلها للكهرباء؟ وإذا لم تكن موصلة للتيار فكيف تجعلها قادرة على ذلك؟ صمّم تجربة لمعرفة ذلك.

91

حلّل واستنتج

1. ارجع إلى النتائج المتوقعة.
2. الضوء والحرارة. إنه أكثر استقرارًا من المواد المتفاعلة.
3. نعم والدليل أن هناك زيادة في الكتلة من 0.29 g إلى 0.37 g.
4. أكسيد الماغنيسيوم MgO، و نيتريد الماغنيسيوم Mg_3N_2 .
5. MgO، يظهر الناتج باللون الأبيض.
6. نعم؛ لأن المركبات الأيونية موصلة للتيار الكهربائي.
7. تتضمن الإجابات المحتملة أن بعض المواد الناتجة ستتطاير أو أن التفاعل لم يكتمل.

التوسع في الاستقصاء

ستتنوع تصاميم الطلبة للتجارب. ومع ذلك فإن النقطة الأساسية التي يتعين على الطلبة القيام بفحصها أنه كلما زاد تركيز المحاليل الأيونية زادت موصليتها بالمقارنة مع المحاليل ذات التركيز المنخفض.

مختبر الكيمياء

تحضير مركب أيوني

الزمن حصة واحدة.

المهارات العملية التصنيف، الملاحظة والاستنتاج، استعمال الأرقام، المقارنة، التوقع.

احتياطات السلامة اطلع على نماذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل. وتأكد أن الطلبة يضعون النظارات الواقية، ويرتدون معاطف المختبر. حذر الطلبة من النظر مباشرة إلى الضوء المنبعث من الماغنيسيوم المشتعل، وأن البوتقة ستبقى ساخنة مدة خمس دقائق تقريبًا لدرجة أنها قد تحرق الجلد. وتأكد من توافر وسائل إطفاء حريق المعادن، ومنها الطفايات من نوع D أو وعاء من الرمل. وأكمل التجربة في خزانة طرد الغازات إذا أمكن ذلك.

التخلص من النفايات ضع نواتج الماغنيسيوم في وعاء مخلفات المواد الصلبة.

الخطوات

- يجب قص شريط الماغنيسيوم إلى قطع متساوية مسبقًا.
- عدّل شعلة اللهب للحصول على أعلى درجة حرارة.
- أخبر الطلبة أن الأكسجين والنيتروجين في الهواء سيتفاعلان مع الماغنيسيوم عند درجات الحرارة العالية.
- **حل المشكلات** لمشاهدة الماغنيسيوم المحترق بطريقة غير مباشرة، ضع قطعة من فلز لامع خلف بوتقة الاحتراق وقطعة من الكرتون أمامها

النتائج المتوقعة

عينة من النتائج

كتلة البوتقة فارغة: 7.56 g

كتلة البوتقة + شريط Mg قبل التسخين: 7.85 g

كتلة شريط Mg : 0.29g

كتلة البوتقة + شريط Mg بعد التسخين: 7.93 g

كتلة نواتج Mg : 0.37g

الفصل 3

دليل مراجعة الفصل

استعمال المفردات

تعزيـزًا لمعرفـة الطلبة بمفـردات الفصـل، اطلب إليهـم كتابة جملة واحدة لكل مصطلح في الفصل. ض م

مراجعة الاستراتيجيات

- اطلـب إلى الطلبة وصف عمليـة تكون الكاتيون والأنيون وإعطاء مثال على كل منهما. ض م
- اطلب إلى الطلبة مناقشـة طبيعـة الروابط الأيونية وتعرف الخواص الفيزيائية المصاحبة للرابطة الأيونية. ض م
- اطلـب إلـى الطلبـة تلخيـص الرابطـة الفلزيـة، وتعـرف الخواص الفيزيائية المصاحبة للروابط الفلزية. ض م

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

يستطيع الطلبة زيارة الموقع الإلكتروني

www.obeikaneducation.com

من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الموقع الإلكتروني.
- الدخـول إلـى مواقـع أخـرى، وتعـرف المزيـد من المعلومات والمشاريع والنشاطات.
- مراجعة المحتوى وتقديم اختبارات قصيرة.

الفكرة العامة ترتبط الذرات في المركبات الأيونية مع روابط كيميائية تنشأ عن تجاذب الأيونات المختلفة الشحنات.

3-1 الروابط الأيونية والمركبات الأيونية

الفكرة الرئيسة تتكون الأيونـات عندما تفقد الـذرات إلكترونـات التكافـؤ أو تكسـبها لتصـل إلى التوزيـع الإلكـتروني الثُّـماني الأكثـر اسـتقرارًا. وتتجـاذب الأيونـات ذات الشـحنات المختلفـة لتشكل مركبات أيونية متعادلة كهربائيًّا.

المفردات

- الكاتيون
- الأنيون
- الرابطة الأيونية
- المركبات الأيونية
- البلورة
- الإلكتروليت
- طاقة البلورة

المفاهيم الرئيسة

- الرابطة الكيميائية هي القوة التي تمسك ذرتين معًا.
- تكوّن بعض الذرات الأيونات لتصل إلى حالة الاستقرار. ويستوجب الوصول إلى التوزيع الإلكتروني لحالة الاستقرار ملء مستويات الطاقة الخارجية كاملة، وعادة ما تحتوي هذه المستويات على ثمانية إلكترونات تكافؤ.
- تتكون الأيونات عند فقد أو كسب إلكترونات التكافؤ.
- يبقى عدد البروتونات ثابتًا عند تكوين الأيونات.
- تحتـوي المركبـات الأيونية عـلى روابط أيونية تنشـأ عـن التجاذب بـين أيونات ذات شحنات كهربائية مختلفة.
- تترتب الأيونات في المركبات الأيونية في نموذج متكرر يعرف بالشبكة البلورية.
- تُعزى خواص المركّبات الأيونية إلى قوة الرابطة الأيونية.
- المركبات الأيونية في صورة محاليل أو سوائل توصل التيار الكهربائي
- طاقة البلورة هي الطاقة اللازمة لإزالة 1mol من الأيونات من البلورة.

3-2 صيغ المركبات الأيونية وأسماؤها

الفكرة الرئيسة يُذكر الأيون السالب أولاً متبوعًا بالأيـون الموجب عند تسـمية المركبات الأيونية. أما عند كتابة صيغ المركبات الأيونية فيكتب رمز الأيون الموجب أولًا متبوعًا برمز الأيون السالب.

المفردات

- وحدة الصيغة الكيميائية
- الأيون أحادي الذرة
- عدد التأكسد
- أيون عديد الذرات
- أيون أكسجيني سالب

المفاهيم الرئيسة

- تبين وحدة الصيغة الكيميائية نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في المركب.
- يتكون الأيون الأحادي الذرة من ذرة واحدة، وشحنته هي عدد تأكسده.
- تشير الأعداد الرومانية إلى عدد تأكسد الأيونات الموجبة التي لها أكثر من عدد تأكسد.
- تتكـون الأيونـات العديـدة الذرات مـن مجموعة من الـذرات تتفاعل معًـا بوصفها وحدة واحدة.
- إذا أردت معرفـة وجـود أكثـر من أيون عديـد الـذرات في المعادلـة الكيميائية فضع قوسين حوله واستخدم الأرقام الصغيرة عن يمين القوس.

3-3 الروابط الفلزية وخواص الفلزات

الفكرة الرئيسة تكون الفلزات شبكات بلورية، ويمكـن تمثيلها أو نمذجتها بأيونـات موجبة يحيط بها "سحابة" من إلكترونات التكافؤ الحرة الحركة.

المفردات

- نموذج سحابة الإلكترونات
- الإلكترونات الحرة
- الرابطة الفلزية
- السبيكة

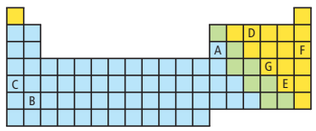
المفاهيم الرئيسة

- تتكون الرابطة الفلزية عندما تقوم أيونات الفلز الموجبة بجذب الإلكترونات الحرة، و هي إلكترونات غير محددة المكان.
- تتحـرك الإلكترونـات في نموذج "سـحابة الإلكترونات" في البلـورة الفلزية دون أن ترتبط مع أي من الذرات.
- يفسّر نموذج سحابة الإلكترونات الخواص الفيزيائية للمواد المعدنية الصلبة.
- تتكون السبائك الفلزية عند خلط الفلز بعنصر واحد أو أكثر.

3-1

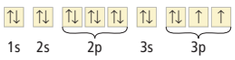
إتقان المفاهيم

45. كيف تتكون الأيونات الموجبة والسالبة؟
46. متى تتكون الروابط الأيونية؟
47. لماذا تكوّن الهالوجينات والفلزات القلوية الأيونات؟ فسر إجابتك.
48. يوضح **الشكل 13–3** العناصر التي يشار إليها بالأحرف من A إلى G، اذكر عدد إلكترونات تكافؤ كل عنصر، وتعرّف الأيون الذي يكوّنه.



الشكل 13–3

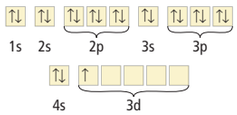
49. اشرح أهمية طاقة التأين عند تكوّن الأيونات.
50. يوضح **الشكل 14–3** رسم مربعات أفلاك الكبريت. اشرح كيف يكوّن الكبريت أيونه.



الشكل 14–3

إتقان حل المسائل

51. ما عدد إلكترونات تكافؤ كل من العناصر الآتية:
    a. السيزيوم b. الخارصين
    c. الروبيديوم d. الإسترانشيوم
    e. الجاليوم
52. وضح لماذا لا تكوّن الغازات النبيلة روابط كيميائية؟
53. وضح كيف يتكون أيون الباريوم.
54. وضح كيف يتكون أيون النيتروجين السالب.
55. كلما زاد نشاط الذرة، ارتفعت طاقة الوضع لها. فأيهما له طاقة وضع أكبر، النيون أم الفلور؟ اشرح إجابتك.
56. اشرح كيف تكوّن ذرة الحديد أيون حديد Fe^{2+}، وأيون الحديد Fe^{3+} أيضًا.
57. تنبأ بالنشاط الكيميائي لذرات العناصر الآتية استنادًا إلى توزيعها الإلكتروني:
    a. البوتاسيوم b. الفلور c. النيون
58. اشرح تكوين أيون الإسكانديوم Sc^{3+} اعتمادًا على رسم مربعات الأفلاك الموضح في **الشكل 15–3**.



الشكل 15–3

59. ماذا يعني مصطلح متعادل كهربائيًا عند مناقشة المركبات الأيونية؟
60. وضح كيف تتكون الروابط الأيونية.
61. وضح لماذا لا يتحد البوتاسيوم والنيون لتكوين مركب؟
62. ناقش باختصار ثلاث خواص فيزيائية للمواد الصلبة الأيونية التي ترتبط مع الروابط الأيونية.
63. صف البلورة الأيونية، واشرح لماذا يختلف شكلها عن شكل المركبات الأيونية الأخرى؟
64. يظهر في **الشكل 13–3** الرمز B وهو للباريوم، والرمز E وهو لليود. اشرح لماذا لا يكون ناتج تفاعل هذين العنصرين BaI؟

تقويم الفصل

3-1

إتقان المفاهيم

45. تكتسب الذرة إلكترونات أو تفقدها للوصول إلى التوزيع الإلكتروني المستقر.
46. عندما تجذب النواة الموجبة إلكترونات ذرة أخرى، أو عندما تتجاذب الأيونات ذات الشحنات المختلفة.
47. تحتاج الهالوجينات إلى اكتساب إلكترون واحد فقط لتصل إلى التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة. أما الفلزات القلوية فتحتاج إلى فقد إلكترون واحد.
48. A : ثلاثة إلكترونات تكافؤ Al^{3+}
    B : إلكترونا تكافؤ Ba^{2+}
    C : إلكترون تكافؤ واحد Rb^{+}
    D :خمسة إلكترونات تكافؤ N^{3-}
    E :سبعة إلكترونات تكافؤ I^{-}
    F :ثمانية إلكترونات تكافؤ، لا يتكوّن أيون.
    G :ستة إلكترونات تكافؤ Se^{2-}
49. الميل الإلكتروني المرتفع: تكسب الذرة الإلكترون بسهولة، طاقة التأين المنخفضة: تفقد الذرة الإلكترون بسهولة.
50. يكسب الكبريت إلكترونين في فلك 3p، مكونًا التوزيع الثماني المكتمل.

إتقان حل المسائل

51. 1.a 2.b 1.c 2.d 3.e
52. لجميعها مستوى طاقة خارجي ممتلئ.
53. يفقد الباريوم Ba إلكترونين، ويكون Ba^{2+}، الذي له التوزيع الإلكتروني المستقر لعنصر Xe.
54. يكسب النيتروجين $3e^{-}$ ويكوّن N^{3-} الذي له التوزيع الإلكتروني المستقر لعنصر Ne.
55. F، سيكسب إلكترونًا إضافيًّا واحدًا لملء مستوى الطاقة الخارجي.
56. للحديد التوزيع الإلكتروني $[Ar]\ 4s^2\ 3d^6$. ويكوّن أيون 2+، ذرة الحديد تفقد إلكترونات $4s^2$. وعندما تتكوّن أيونات 3+ فإن ذرة الحديد تفقد إلكترونات $4s^2$ وأحد إلكترونات 3d.
57. a. نشيط جدًّا، يفقد $1e^{-}$، ويكوّن أيون 1+.
    b. نشيط، يكسب $1e^{-}$، ويكوّن أيون 1−.
    c. غير نشيط، له توزيع الثمانية.
58. يفقد الإسكانديوم، $[Ar]\ 4s^2 3d^1$، إلكترونات $4s^2$ و$3d^1$ ليكوّن أيون 3+.
59. عدد الإلكترونات المفقودة مساوٍ لعدد الإلكترونات المكتسبة.
60. ينجذب أيون موجب إلى أيون سالب وتنطلق طاقة البلورة.
61. لغاز النيون توزيع الثمانية، فهو بالأصل مستقر.
62. بلورات، درجة حرارة الانصهار والغليان مرتفعتان.
63. ترتيب هندسي للأيونات، يختلف الشكل بسبب حجم الأيونات وعددها.
64. يكوّن Ba أيون Ba^{2+} و يكوّن اليود أيون I^{-} ولتكوين مركب متعادل كهربائيًّا يلزم اتحاد أيون واحد من Ba وأيوني I^{-}.

إتقان حل المسائل

65. a. 1:1 b. 1:2 c. 1:1 d. 1:2

66. تمثل رمز C عنصر Rb الذي يكوّن Rb^+، ويمثل رمز D عنصر N الذي يكوّن N^{3-}، وعند اتحاد ثلاث ذرات Rb مع ذرة واحدة من N يتكوّن Rb_3N.

67. Zn يكوّن Zn^{2+}، و O يكوّن O^{2-}، تتجاذب الأيونات، وتكوّن ZnO

68. تتجاذب الأيونات وتكوّن AlF_3.

69. لتكوين مركبًا، يجب نقل ستة إلكترونات من ثلاث ذرات من الباريوم إلى ذرتين من النيتروجين.

70. توصل المركبات الأيونية وهي في حالة المصهور أو محاليل في الماء ولكنها تكون غير موصلة في الحالة الصلبة عند درجة حرارة الغرفة.

71. CaKr لأن Kr من الغازات النبيلة. $BaCl_2$ و MgF لأن الشحنات غير متساوية.

72. MgO لأن لها أعلى طاقة بلورة.

73. KCl : K أصغر من Cs وللاثنين شحنة 1+. كلما صغر الأيون زادت سالبية الطاقة البلورية. CaO: أيون Ca له شحنة 2+، بينما أيون K شحنته 1+. كلما زادت شحنة الأيون زادت سالبية الطاقة البلورية.

3-2

إتقان المفاهيم

74. الأيون الفلزي والأيون اللافلزي وشحناتهما.

75. حينما يوجد أكثر من وحدة من الأيون في أبسط نسبة للأيونات.

76. سمِّ كلًّا من الكاتيون والأنيون، تستخدم الأيونات الأحادية الذرة اسم العنصر، بينما تستخدم الأنيونات أحادية الذرة أصل الاسم بالإضافة إلى مقطع (يد)، للفلزات الانتقالية وبعض الفلزات الأخرى أكثر من حالة أكسدة. أما إذا كان الأيون عديد الذرات فسمّه.

77. يجب أن تكون أيونات 1+، و1− بنسبة 1 : 1، فتكون الصيغة الصحيحة للمركب NaF.

78. يشير الرمز III إلى أن Sc قد خسر ثلاثة إلكترونات، والأكسيد يشير إلى أن ذرة O اكتسبت إلكترونين. Sc_2O_3

إتقان حل المسائل

79. a. CaI_2 b. AgBr c. $CuCl_2$

d. KIO_4 e. $AgC_2H_3O_2$

80. a. أكسيد البوتاسيوم. b. كلوريد الكالسيوم.

c. نيتريد الماغنيسيوم. d. الصوديوم هيبووكلوريت

e. نترات البوتاسيوم.

81. الكاتيون: NH_4^+، الأنيون: SO_4^{2-} الصيغة الكيميائية، $(NH_4)_2SO_4$

الكاتيون: Pb_2^+، الأنيون: F^-، الاسم: فلوريد الرصاص.

الكاتيون: Li^+، الأنيون Br الصيغة الكيميائية LiBr.

Na^+ ، CO_3^{2-} الاسم: كربونات الصوديوم.

فوسفات الماغنيسيوم. الصيغة الكيميائية $Mg_3(PO_4)_2$.

إتقان حل المسائل

65. حدد نسبة الأيونات الموجبة إلى الأيونات السالبة في كل مما يأتي:
   a. كلوريد البوتاسيوم، الذي يحل بديل لملح الطعام.
   b. فلوريد الكالسيوم، الذي يستخدم في صناعة الفولاذ.
   c. أكسيد الكالسيوم، الذي يستخدم لإزالة ثاني أكسيد الكبريت من عوادم محطات الطاقة.
   d. كلوريد السترانشيوم، المستخدم في صناعة الألعاب النارية.

66. انظر **الشكل 13–3**، ثم صف المركّب الأيوني الذي يكوّنه العنصران C و D .

67. اشرح عملية تكوين الرابطة الأيونية بين الخارصين والأكسجين.

68. وضح بالرسم تكوين الرابطة الأيونية بين الألومنيوم والفلور مستخدمًا رسم مربعات الأفلاك.

69. وضح بالرسم تكوين الرابطة الأيونية بين الباريوم والنيتروجين باستخدام التوزيع الإلكتروني.

70. **الموصلات** توصل المركبات الإلكترونية التيار الكهربائي تحت بعض الظروف. وضح هذه الظروف، وفسر لماذا لا توصل المركبات الأيونية الكهرباء في جميع الحالات؟

71. أيّ المركبات الآتية لا يمكن توقع حدوثه: CaKr ، Na_2S ، $BaCl_2$ ، MgF؟ فسر إجابتك.

72. استخدم **الجدول 5–3** لتحديد المركب الأيوني ذي درجة الانصهار العليا: AgCl، KI، MgO، وفسر إجابتك.

73. أي المركبات الآتية له أكبر طاقة بلورة: CsCl أو KCl أو CaO أو K_2O ؟ فسر إجابتك.

3-2

إتقان المفاهيم

74. ما المعلومات التي تحتاج إليها لكتابة الصيغة الكيميائية الصحيحة للمركبات الأيونية؟

75. متى يستخدم الرقم السفلي في صيغ المركبات الأيونية؟

76. اشرح كيف تتم تسمية المركب الأيوني؟.

77. اشرح باستخدام أعداد التأكسد، لماذا تكون الصيغة الكيميائية NaF_2 غير صحيحة.

78. اشرح ماذا يعني اسم أكسيد الإسكانديوم III بلغة الإلكترونات المفقودة والمكتسبة اكتب الصيغة الكيميائية الصحيحة له.

إتقان حل المسائل

79. اكتب صيغة كل من المركبات الأيونية الآتية:
   a. يوديد الكالسيوم
   b. بروميد الفضة
   c. كلوريد النحاس II
   d. بيرأيودات البوتاسيوم
   e. أسيتات الفضة

80. سمِّ كلًّا من المركبات الأيونية الآتية:
   a. K_2O
   b. $CaCl_2$
   c. Mg_3N_2
   d. NaClO
   e. KNO_3

81. أكمل **الجدول 13–3** بإضافة الرموز والصيغ والأسماء في الأماكن الشاغرة.

الجدول 13-3 تعرُّف المركبات الأيونية

الكاتيون (الأيون الموجب)	الأنيون (الأيون السالب)	الاسم	الصيغة الكيميائية
		كبريتات الأمونيوم	
			PbF_2
		بروميد الليثيوم	
			Na_2CO_3
Mg^{2+}	PO_4^{3-}		

التقويم 3

82. الكروم عنصر انتقالي يستخدم في الطلاء الكهربائي بالكروم، ويكوّن الأيونات Cr^{2+} وCr^{3+}. اكتب صيغ المركبات الأيونية عندما تتفاعل هذه الأيونات مع أيونات الفلور والأكسجين.

83. أي الصيغ الأيونية الآتية صحيح؟ وإذا كانت الصيغة غير صحيحة فاكتب الصيغة الصحيحة، فسّر إجابتك:

a. $AlCl$ **c.** $Ba(OH)_2$

b. Na_3SO_4 **d.** Fe_2O

84. اكتب صيغ المركبات الأيونية جميعها التي قد تنتج عن تفاعل كل من الأيونات الموجبة والأيونات السالبة الموجودة في **الجدول 14–3**، واذكر اسم كل مركب ناتج.

الجدول 14-3 قائمة الأيونات الموجبة والسالبة

الأيون الموجب	الأيون السالب
K^+	SO_3^{2-}
NH_4^+	I^-
Fe^{3+}	NO_3^-

3-3

إتقان المفاهيم

85. صف الرابطة الفلزية.

86. اشرح باختصار لماذا تُصنَّع السبائك المعدنية؟

87. صف باختصار كيف تفسر الرابطة الفلزية قابلية الفلزات للطرق والسحب؟

88. فسر كيف تتشابه الرابطة الفلزية والرابطة الأيونية؟

إتقان حل المسائل

89. كيف تختلف الرابطة الفلزية عن الرابطة الأيونية؟

90. الفضة اشرح باختصار لماذا يعد عنصر الفضة موصلاً جيدًا للكهرباء.

91. الفولاذ اشرح باختصار لماذا يستخدم الفولاذ، أحد سبائك الحديد، في دعائم هياكل العديد من المباني.

92. تبلغ درجة انصهار البريليوم 1287°C، في حين تبلغ درجة انصهار الليثيوم 180°C. اشرح سبب هذا الاختلاف الكبير في درجات الانصهار.

93. تبلغ درجة غليان التيتانيوم 3297°C، في حين تبلغ درجة حرارة غليان النحاس 2570°C . اشرح سبب الاختلاف في درجات غليان هذين الفلزين.

مراجعة متنوعة

94. ما عدد إلكترونات تكافؤ كل من ذرات الأكسجين والكبريت والزرنيخ والفوسفور والبروم؟

95. اشرح لماذا يكون الكالسيوم أيون Ca^{2+} وليس أيون Ca^{3+} ؟

96. أي المركبات الأيونية الآتية له أكبر طاقة بلورة: $MgCl_2$ أو NaCl أو KCl؟ فسر إجابتك.

97. ما صيغ المركبات الأيونية الآتية:

a. كبريتيد الصوديوم

b. كلوريد الحديد III

c. كبريتات الصوديوم

d. فوسفات الكالسيوم

e. نترات الخارصين

98. يكوّن الكوبلت– وهو عنصر انتقالي– أيونات Co^{2+} وأيونات Co^{3+} أيضًا. اكتب الصيغ الكيميائية الصحيحة لأكاسيد الكوبلت التي تتكون مع كلا الأيونين.

95

82. الفلور : CrF_2 ، CrF_3. أكسجين: CrO ، Cr_2O_3.

83. a. $AlCl_3$: أيون واحد من Al^{+3} يرتبط مع ثلاثة أيونات من Cl^-

b. Na_2SO_4 : $2Na^+$ ترتبط مع SO_4^{2-}

c. $Ba(OH)_2$ نحتاج إلى أقواس.

d. Fe_2O_3 أو FeO: يكوّن الحديد Fe^{2+} أو Fe^{3+}.

84. K_2SO_3 كبريتيت البوتاسيوم. KI يوديد البوتاسيوم. KNO_3 نترات البوتاسيوم. $(NH_4)_2SO_3$ كبريتيت الأمونيوم. NH_4I يوديد الأمونيوم، NH_4NO_3 نترات الأمونيوم، $Fe_2(SO_3)_3$ كبريتيت الحديد III، FeI_3 يوديد الحديد III، $Fe(NO_3)_3$ نترات الحديد III.

3–3 إتقان المفاهيم

85. كل أيون فلزي موجب ينجذب إلى إلكترون تكافؤ حر الحركة.

86. للسبائك خواص مختلفة عن الفلزات النقية المكونة لها . وبعض السبائك أكثر قسوة وصلابة من الفلز النقي.

87. حينما تؤثر قوة في فلز صلب تتحرك الأيونات الفلزية، وكذلك تتحرك الإلكترونات الحرة الحركة.

88. الروابط متشابهة؛ لأنها تتشكل من تجاذب جسيمات مختلفة الشحنة، تتكون الروابط الأيونية بين أيونات مختلفة الشحنة. بينما تتكون الروابط الفلزية بين أيون الفلز وإلكترونات التكافؤ السالبة الحرة الحركة.

إتقان حل المسائل

89. الرابطة الفلزية: تجاذب بين أيون الفلز الموجب وإلكترونات تكافؤ حرة الحركة، الرابطة الأيونية: تجاذب بين أيون فلزي موجب وأيون لا فلزي سالب.

90. بسبب وجود إلكترونات حرة الحركة.

91. يكوّن الحديد رابطة فلزية قوية، مما يعطي الحديد الصلب قوته وصلابته.

92. لكل ذرة Be إلكترونان قابلان للحركة بحرية، ولليثيوم إلكترون واحد، وكلما ازداد عدد الإلكترونات الحرة الحركة زادت الطاقة البلورية، مما يرفع من درجة الانصهار.

93. لعنصر Ti أربعة إلكترونات حرة الحركة، بينما لعنصر Cu اثنان من الإلكترونات الحرة الحركة. لذلك تكون الرابطة الفلزية في Ti أكبر.

مراجعة متنوعة

94. 6 ، 6 ، 5 ، 5 و7 على الترتيب.

95. Ca ، $[Ar]4s^2$ تفقد $2e^-$، أما إذا فقدت إلكترونًا داخليًّا من المستوى الفرعي 3P فستصبح غير مستقرة.

96. $MgCl_2$ تزداد الطاقة البلورية مع زيادة الشحنة.

97. a. Na_2S b. $FeCl_3$ c. Na_2SO_4

d. $Ca_3(PO_4)_2$ e. $Zn(NO_3)_2$

98. CoO. أكسيد الكوبلت II، Co_2O_3 أكسيد الكوبلت III.

99. أكمل الجدول 15–3

الجدول 15-3 بيانات العنصر والإلكترون والأيون

العنصر	الكترونات التكافؤ	الأيون الناتج
السيلينيوم		
القصدير		
اليود		
الأرجون		

100. الذهب اشرح باختصار لماذا يستخدم الذهب في صناعة الحلي والموصلات الكهربائية في الأجهزة الإلكترونية؟

101. اشرح لماذا يتشكّل أيون النيكل بعدد تأكسد 2+؟

102. ارسم نموذجًا للرابطة الأيونية بين البوتاسيوم واليود باستخدام التمثيل النقطي للإلكترونات.

103. عندما يشتعل الماغنيسيوم في الهواء يكون أكسيد ونيتريد الماغنيسيوم. ناقش كيف يتكون أكسيد ونيتريد الماغنيسيوم عند تفاعل الماغنيسيوم مع ذرات الأكسجين وذرات النيتروجين على التوالي.

104. يتغير شكل الصوديوم عند التأثير فيه بواسطة قوة خارجية، في حين يتفتت كلوريد الصوديوم عند طرقه بالقوة نفسها. لم هذا الاختلاف في سلوك هاتين المادتين الصلبتين؟

105. ما اسم كل من المركبات الأيونية الآتية:

a. CaO b. $Ba(OH)_2$

c. BaS d. $Sr(NO_3)_2$

e. $AlPO_4$

التفكير الناقد

106. صمّم خريطة مفاهيم تشرح الخواص الفيزيائية لكل من المركبات الأيونية والمواد الفلزية الصلبة.

107. توقع تفحص كلًّا من الأزواج الآتية، ثم بين ما المادة الصلبة التي درجة انصهارها أعلى؟ فسر إجابتك.

a. $NaCl$ أو $CsCl$

b. Ag أو Cu

c. MgO أو Na_2O

108. قارن بين الأيونين الموجب والسالب.

109. لاحظ ثم استنتج حدّد الأخطاء في الأسماء الكيميائية والصيغ الكيميائية غير الصحيحة، وصمّم مخططًا توضيحيًّا لمنع حدوث مثل هذه الأخطاء:

a. أسيتات النحاس b. ثنائي أكسيد الصوديوم

c. Mg_2O_2 d. $Al_2(SO_4)_3$

e. Pb_2O_5

الشكل 16–3

110. طبق تفحّص الأيونات في **الشكل 16–3**، وحدّد نوعين من المركبات التي يمكن أن تتكون من الأيونات الموجودة، واشرح كيف يحدث ذلك.

111. طبق البراسيوديميوم Pr من فلزات اللانثانيدات التي تتفاعل مع حمض الهيدروكلوريك وتكوّن كلوريد البراسيوديميوم III. كما يتفاعل مع حمض النيتريك ليكون نيترات البراسيوديميوم III إذا علمت أن التوزيع الإلكتروني لعنصر البراسيوديميوم هو $[Xe]\,4f^3 6s^2$.

a. تفحّص التوزيع الإلكتروني، واشرح كيف يكون البراسيوديميوم الأيون 3+؟

b. اكتب الصيغ الكيميائية لكلا المركّبين اللذين يكونهما عنصر البراسيوديميوم.

112. كوّن فرضية تفحّص موقع البوتاسيوم والكالسيوم في الجدول الدوري، وضع فرضية تشرح فيها لماذا تكون درجة انصهار الكالسيوم أعلى كثيرًا من درجة انصهار البوتاسيوم.

113. قوّم اشرح لماذا يعد اصطلاح الإلكترونات الحرة مناسبًا لوصف إلكترونات الرابطة الفلزية؟

114. طبّق تحتوي الذرات غير المشحونة على إلكترونات تكافؤ. اشرح لماذا لا تكون بعض العناصر ومنها اليود والكبريت روابط فلزية؟

99. سيلينيوم، 6، Se^{2-}
قصدير، 4، Sn^{2+}، Sn^{+4}
يود، 7، I^-
أرجون، 8، لا يوجد.

100. تسمح له الإلكترونات الحرة الحركة بتوصيل الكهرباء، وهو قابل للطرق والتشكيل.

101. سوف تخسر النيكل إلكتروني المستوى الخارجي 4s.

102. تخسر K إلكترونًا واحدًا وتكسب I إلكترونًا واحدًا لتكوين مركب KI.

103. تخسر ذرة Mg إلكترونين لتكوّن Mg^{2+}، وتكسب ذرة الأكسجين إلكترونين لتكوّن O^{-2}، يجذب أيون Mg أيون الأكسجين ليكوّن MgO. ثلاث ذرات Mg كل منها تخسر إلكترونين وتكوّن إلكترونين Mg^{2+}، ذرتا نيتروجين تكسب كل منهما ثلاثة إلكترونات وتكوّن N^{3-}. وتكوّن Mg_3N_2.

104. يحتوي فلز الصوديوم على رابطة فلزية. بينما كلوريد الصوديوم مادة صلبة أيونية.

105. a. أكسيد الكالسيوم b. هيدروكسيد الباريوم
c. كبريتيد الباريوم d. نترات الاسترانشيوم
e. فوسفات الألومنيوم

التفكير الناقد

106. ستتنوع خرائط المفاهيم.

107. a. NaCl حجم أيون أصغر.
b. Cu أصغر.
c. MgO، Mg له شحنة أكبر.

108. الكاتيون (الأيون الموجب): يفقد إلكترونات وله شحنة موجبة. بينما الأنيون (الأيون السالب) يكسب الإلكترونات وله شحنة سالبة.

109. a. الفلز إما نحاس I أو نحاس II.
b. لا تستخدم المقاطع الأولية في المركبات الأيونية.
c. وحدة الصيغة ليست أبسط نسبة.
d. إذا احتاج الأيون المتعدد الذرات إلى رقم سفلي، "استعمل الأقواس".
e. Pb لا يمكن أن يكون له حالة الأكسدة 5+.

110. المركبات التي يمكن تكوينها هي:
Al_2S_3، AlN، AlF_3، Na_2S، Na_3N، NaF، CaS، Ca_3N_2، وCaF_2. يجب أن يشرح الطلبة كيفية انتقال إلكترونات من الذرة لتكوّن أيونًا موجبًا وكذلك الإلكترونات التي تكتسبها الذرات لتكوّن الأيونات السالبة. كما يجب عليهم أيضًا مناقشة التجاذب بين الأيونات الموجبة والسالبة لتكوين مركب متعادل الشحنة.

111. a. يجب أن يفقد البراسيوديميوم الإلكترونات الخارجية $6s^2$، وواحدًا من الإلكترونات 4f ليكوّن أيونًا شحنته 3+.
b. المركبات المتكونة هي $PrCl_3$ و$Pr(NO_3)_3$

112. للكالسيوم إلكترونان قابلان للحركة، أما البوتاسيوم فله إلكترون واحد حر الحركة. لذا للكالسيوم درجة انصهار أعلى.

113. لأن الإلكترونات الحرة الحركة، وهي ليست مرتبطة مع أي ذرة على التحديد.

114. لأنها تكسب الإلكترونات، لذا فإن إلكتروناتها غير حرة الحركة.

115. حلّل اشرح لماذا تكون قيمة طاقة الشبكة البلورية ذات مقدار سالب؟

مسألة تحد

116. **المركبات الأيونية** يعد الكريسوبيرل من المعادن الشفافة أو نصف الشفافة، ويكون في بعض الأحيان متلألئ اللون، ويتكون من أكسيد الألومنيوم والبريليوم $BeAl_2O_4$. حدد أعداد التأكسد لكل أيون في هذا المركب، واشرح طريقة تكوّنه.

مراجعة تراكمية

117. أي العنصرين له طاقة تأين أكبر: الكلور أم الكربون؟

118. قارن بين طريقة تكون أيونات الفلزات وأيونات اللافلزات، واشرح سبب هذا الاختلاف.

119. ما العناصر الانتقالية؟

120. اكتب اسم العنصر الذي تنطبق عليه الخواص الآتية ورمزه:

a. الهالوجين صاحب ثاني أقل كتلة.

b. شبه الفلز صاحب أقل رقم دورة.

c. العنصر الوحيد في المجموعة 16 الموجود في الحالة الغازية عند درجة حرارة الغرفة.

d. الغاز النبيل صاحب أكبر كتلة.

e. اللافلز في المجموعة 15 الذي يكون في الحالة الصلبة عند درجة حرارة الغرفة.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

121. **الجذور الحرة** يعتقد الكثير من الباحثين أن الجذور الحرة هي المسؤولة عن الشيخوخة ومرض السرطان. ابحث في موضوع الجذور الحرة وتأثيراتها، والإجراءات التي يمكن اتخاذها لمنعها.

122. **نمو البلورات** يمكن تحضير بلورات المركبات الأيونية وزيادة حجمها في الظروف المعملية. ابحث في طريقة نمو هذه البلورات، وصمّم تجربة في المختبر لعمل ذلك.

أسئلة المستندات

المحيطات قام العلماء في جزء من التحاليل الخاصة بالمحيطات، بتلخيص البيانات المتصلة بهذه الأيونات كما في **الجدول 16–3**.

الجدول 16-3 الأيونات الاثنا عشر الأكثر شيوعًا في البحار

الأيون	التركيز (mg/dm^3)	النسبة المئوية بالكتلة (من إجمالي المواد الصلبة المذابة)
Cl^-	19,000	55.04
Na^+	10,500	30.42
SO_4^{2-}	2655	7.69
Mg^{2+}	1350	3.91
Ca^{2+}	400	1.16
K^+	380	1.10
CO_3^{2-}	140	0.41
Br^-	65	0.19
BO_3^{3-}	20	0.06
SiO_3^{2-}	8	0.02
Sr^{2+}	8	0.02
F^-	1	0.003

123. بيّن الأيونات الموجبة والسالبة الواردة في الجدول أعلاه.

124. مثّل بيانيًا بالأعمدة تركيز كل أيون، مبينًا صعوبات القيام بهذا العمل.

125. لا يعد كلوريد الصوديوم المركب الوحيد الذي يتم الحصول عليه من مياه البحار. تعرّف إلى أربعة مركبات أخرى للصوديوم يمكن الحصول عليها من ماء البحار، ثم اكتب اسم كل منها وصيغته.

115. الطاقة البلورية هي الطاقة التي تنتج عند تكون الرابطة الأيونية.

مسألة تحدّ

116. Be عنصر من المجموعة 2 يكوّن أيونًا شحنته 2+

Al عنصر من المجموعة 13 يكوّن أيونًا شحنته 3+

O عنصر المجموعة 16 يكوّن أيونًا شحنته 2−

هناك إلكترونان تم فقدهما من ذرة بريليوم واحدة، وستة إلكترونات تم فقدها من ذرتي ألومنيوم. 4 ذرات أكسجين اكتسبت ما مجموعه 8 إلكترونات، إلكترونان لكل ذرة أكسجين. الأيونات الموجبة تتجاذب مع الأيونات السالبة لتكوّن مركبًا متعادل الشحنة.

مراجعة تراكمية

117. الكلور.

118. تفقد الفلزات الإلكترونات لتكوّن كاتيونات. أما اللافلزات فتكسب الإلكترونات لتكوّن الأنيونات. وكلتاهما تكوّن الأيونات للوصول إلى حالة الاستقرار.

119. عناصر الفئة d من الجدول الدوري.

120. a. الكلور، Cl

b. البورون، B

c. الأكسجين، O

d. الرادون، Rn

e. الفوسفور، P

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

121. ستتنوع الإجابات، ولكن يتعين على الطلبة مناقشة الأكسدة والاختزال (اكتساب الإلكترونات وخسارتها) في تكوين المجموعات الفعّالة ومناقشة مضادات الأكسدة. وفيتامين E وفيتامين C.

122. ستتنوع الإجابات، ولكن على الطلبة التحدث عن استخدام المحاليل فوق المشبعة وأن تبخر الماء منها يسمح للبلورات بأن تنمو بحجم أكبر مع الزمن.

أسئلة المستندات

123. الأنيونات (الأيونات السالبة): كلور Cl^-، وكبريتات SO_4^{2-}، وكربونات CO_3^{2-}، وبروميد Br^-، وبورات BO_3^{-3}، وسليكات SiO_3^{-2}، وفلوريد F^-. الكاتيونات (الأيونات الموجبة): الصوديوم Na^+، والماغنيسيوم Mg^{2+}، والاسترانشيوم Sr^{2+}، والكالسيوم Ca^{2+}، والبوتاسيوم K^+.

124. يجب أن تستند مخططات الأعمدة إلى نتائج البيانات في جدول16–3. هناك صعوبة في رسم المنحنى البياني لاتساع مدى النتائج، بعض النتائج صغير جدًّا وبعضها الآخر كبير جدًّا.

125. على الطلبة تعرُّف أربعة من المركبات الآتية: كلوريد الصوديوم NaCl، وكبريتات الصوديوم Na_2SO_4، وكربونات الصوديوم Na_2CO_3، وبروميد الصوديوم NaBr، وبورات الصوديوم Na_3BO_3، وسليكات الصوديوم Na_2SiO_3، وفلوريد الصوديوم NaF.

اختبار مقنن

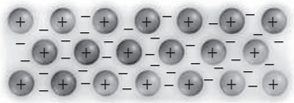
أسئلة الاختيار من متعدد

1. b
2. c
3. a
4. d
5. b
6. c
7. c
8. d

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعن بالشكل الآتي للإجابة عن السؤال 1



1. أي الأوصاف الآتية ينطبق على النموذج الذي يظهر في الشكل أعلاه؟
   a. الفلزات مواد لامعة وقادرة على عكس الضوء.
   b. الفلزات جيدة التوصيل للحرارة والكهرباء.
   c. المركبات الأيونية قابلة للطرق.
   d. المركبات الأيونية جيدة التوصيل للحرارة والكهرباء.
2. العبارة التي لا تنطبق على أيون Sc^{3+} هي أنه:
   a. يشبه التوزيع الإلكتروني للأرجون Ar نفسه.
   b. عبارة عن أيون عنصر الإسكانديوم بثلاث شحنات موجبة.
   c. يعد عنصرًا مختلفًا عن ذرة Sc المتعادلة.
   d. تم تكوينه بإزالة إلكترونات التكافؤ من Sc.
3. أي الأملاح الآتية تحتاج إلى أكبر مقدار من الطاقة لكسر رابطته الأيونية؟
   a. $BaCl_2$
   b. LiF
   c. NaBr
   d. KI
4. تتعلق جميع خواص كلوريد الصوديوم NaCl الآتية بقوة روابطه الأيونية ما عدا:
   a. صلابة البلورة.
   b. ارتفاع درجة الغليان.
   c. ارتفاع درجة الانصهار.
   d. انخفاض القابلية للذوبان.
5. ما الصيغة الكيميائية الصحيحة لمركب كبريتات الكروم III؟
   a. Cr_3SO_4
   b. $Cr_2(SO_4)_3$
   c. $Cr_3(SO_4)_2$
   d. $Cr(SO_4)_3$

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 6 إلى 8

الخواص الفيزيائية لبعض المركبات المختارة

المركب	نوع الرابطة	درجة حرارة الانصهار °C	درجة حرارة الغليان °C
F_2	تساهمية غير قطبية	−220	−188
CH_4	تساهمية غير قطبية	−183	−162
NH_3	تساهمية قطبية	−78	33
CH_3Cl	تساهمية قطبية	−64	61
KBr	أيونية	730	1435
Cr_2O_3	أيونية	؟	4000

6. تم اكتشاف مركّب درجة انصهاره 100 °C−. فأي مما يأتي ينطبق على هذا المركب؟
   a. روابطه أيونية
   b. روابطه تساهمية قطبية
   c. له رابطة تساهمية غير قطبية
   d. له رابطة تساهمية نقية
7. أي مما يأتي لا يمكن أن يكون درجة انصهار Cr_2O_3؟
   a. 2375 °C
   b. 950 °C
   c. 148 °C
   d. 3342 °C
8. أي المركبات الآتية تنطبق عليه البيانات الواردة في الجدول؟
   a. المركبات التساهمية القطبية لها درجة غليان مرتفعة.
   b. المركبات التساهمية القطبية لها درجة انصهار مرتفعة.
   c. المركبات الأيونية لها درجة انصهار منخفضة.
   d. المركبات الأيونية لها درجة غليان مرتفعة.

9. أي رسوم مربعات الأفلاك لعنصر الفانيديوم في الشكل أدناه يعد صحيحًا؟

a.

b.

c.

d.

أسئلة الإجابات القصيرة

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 12

يستعمل عنصر اللوتيتيوم (عنصر أرضي نادر) لزيادة سرعة التفاعلات الكيميائية المستخدمة لمعالجة البترول.

النظير	شكل الإشعاع	النسبة المئوية لوجوده
$^{175}_{71}Lu$	–	97.41
$^{176}_{71}Lu$	أشعة بيتا	2.59

10. بيّن خطوات حساب معدل الكتلة الذرية للعنصر اللوتيتيوم.

11. حدّد نواتج تحليل النظير 176– .

12. قارن بين أعداد البروتونات والنيوترونات في كل نظير.

استعن بالشكل أدناه للإجابة عن السؤال 13.

13. أيّ حالات المادة يمثّلها هذا الشكل؟

a. الصلبة؛ لأن الدقائق متراصة جدًّا.

b. السائلة؛ لأن الدقائق تستطيع الحركة بسهولة وحرية.

c. الصلبة؛ لأن للنموذج شكلًا ثابتًا محددًا.

d. السائلة؛ لأن الدقائق تتحرك بعضها فوق بعض.

استعن بقائمة العناصر أدناه للإجابة عن الأسئلة من 14 إلى 18

a. صوديوم

b. كروم

c. بورون

d. أرجون

e. كلور

14. ما العنصر الذي ينتهي مداره الأخير بالمستوى الفرعي s؟

15. أيها له سبعة إلكترونات تكافؤ؟

16. أيها يعد عنصرًا انتقاليًّا؟

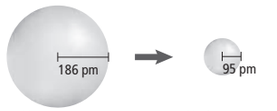
17. أيها يمتلك التركيب الإلكتروني الآتي:
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$؟

18. أيها غاز نبيل؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

19. ما العلاقة بين التغير في نصف قطر الذرات والتغير في البناء الذري عند الانتقال من اليسار إلى اليمين عبر الجدول الدوري؟

استعن بالرسوم اللاحقة للإجابة عن السؤال 19.



ذرة صوديوم Na
$[Ne]3s^1$

أيون صوديوم Na^+
[Ne]

20. ما العلاقة بين التغير في نصف قطر الأيون والتغير في تكون الأيونات عبر الجدول الدوري؟

9. b

أسئلة الإجابات القصيرة

10. 175.03 amu = (0.9741) (175) + (0.0259) (176)

11. يتحلل من خلال تحلل بيتا ليكون $^{176}_{72}Hf$.

12. كلا النظيرين له 71 بروتونًا. أما Lu – 175 فله 104 نيوترونات، في حين Lu – 176 له 105 نيوترونات.

13. d

14. a

15. e

16. b

17. e

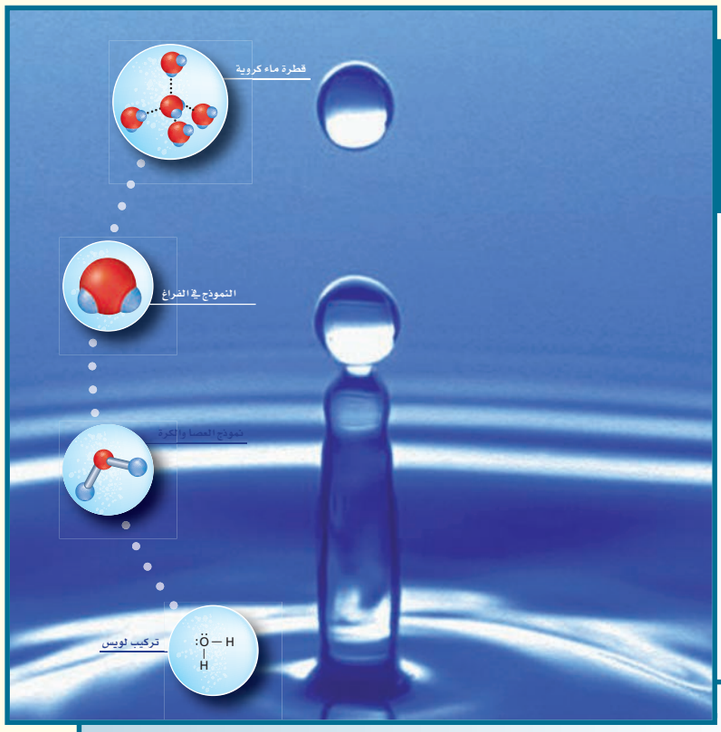
18. d

أسئلة الإجابات المفتوحة

19. يقل نصف القطر الذري عمومًا عند التدرج في الدورة الواحدة، بسبب زيادة الشحنة الموجبة في النواة التي تعمل على جذب إلكترون المستوى الأخير، ويزداد نصف القطر الذري في المجموعة الواحدة بسبب تكون مدار جديد حول النواة. زيادة الشحنة الموجبة في النواة غير كافية للتغلب على هذا التأثير.

20. يتكون الكاتيون (الأيون الموجب) من ذرة متعادلة تعمل على فقد إلكترونات التكافؤ للوصول إلى التوزيع الإلكتروني المستقر المشابه لأقرب غاز نبيل. نصف القطر الأيوني أصغر من نصف قطر الذرة المتعادلة لأن جميع إلكترونات التكافؤ قد فقدت. بينما الأنيون (الأيون السالب) من ذرة متعادلة تعمل على كسب إلكترونات للوصول إلى حالة الاستقرار، ونصف قطر الأيون السالب أكبر من نصف قطر الذرة المتعادلة لنفس العنصر.

المخطط التنظيمي للفصل 4: الروابط التساهمية Covalent Bonding



الفصل 4

الروابط التساهمية
Covalent Bonding

الفكرة العامة تتكون الرابطة التساهمية عندما تتشارك الذرات في إلكتروناتها.

4-1 الرابطة التساهمية

الفكرة الرئيسة تكتسب الذرات الاستقرار عندما تتشارك الذرات في الإلكترونات لتكوّن الروابط التساهمية.

4-2 تسمية الجزيئات

الفكرة الرئيسة تستعمل بعض القواعد عند تسمية المركبات الجزيئية الثنائية، والأحماض الثنائية، والأكسجينية.

4-3 التراكيب الجزيئية

الفكرة الرئيسة توضح الصيغة البنائية المواقع النسبية للذرات في الجزيء.

4-4 أشكال الجزيئات

الفكرة الرئيسة يستعمل نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR لتحديد شكل الجزيء.

4-5 الكهروسالبية والقطبية

الفكرة الرئيسة تعتمد خواص الرابطة على قوة التجاذب بين كل ذرة مع الإلكترونات الموجودة في الرابطة.

د م دون المستوى	ض م ضمن المستوى	ف م فوق المستوى	ت ت تعلم تعاوني

الزمن المقترح للتدريس - الفصل 4/ الروابط التساهمية (17 حصةً)						
البند	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	التقويم
عدد الحصص	4	2	4	3	3	1

أهداف البند	مصادر تقويم التعلم	المواد والأدوات المختبرية
4-1 الروابط التساهمية 1. **يطبق** قاعدة الثمانية على الذرات التي تكوّن روابط تساهمية. 2. **يصف** كيفية تكون الرابطة التساهمية الأحادية والثنائية والثلاثية. 3. **يقارن** بين روابط سيجما وروابط "باي" 4. **يربط** بين قوة الرابطة التساهمية وطولها وطاقة تفككها.	**متابعة التقدم** ماذا قرأت؟ ص 105، 108 تقويم بنائي، ص 106، 107 تقويم البند، ص 109	**نشاط استهلالي**، صفحة 101 مناديل ورق، كوب ورق، محلول سيلكات الصوديوم 20ml، ملون طعام، إيثانول 10 ml، شريحة خشب **الزمن المقدر**: 10 دقائق **المختبر الصغير**: قلم تخطيط، طبق ألومنيوم، سخان كهربائي، بلورات سكر، بلورات ملح، شمع برافين. **الزمن المقدر**: 20 دقيقة **عرض عملي**: بندول، خيط مطاطي، كرة مطاطية. **الزمن المقدر**: 5 دقائق
4-2 تسمية الجزيئات 1. **يترجم** الصيغ الجزيئية إلى أسماء المركبات الجزيئية الثنائية الذرات. 2. **يسمّي** المحاليل الحمضية.	**متابعة التقدم** تقويم بنائي، ص 111،112، 113، ماذا قرأت؟ ص 111 تقويم البند، ص 114	**عرض عملي**، ص 110 شريط ماغنيسيوم، لفة كبريت، ملاقط، وعاء معدني كبير، ملعقة احتراق، لهب بنزن. **الزمن المقدر**: 10 دقائق **عرض عملي**، ص 112 ماء مقطر، كاشف برومو ثايمول الأزرق
4-3 التراكيب الجزيئية 1. **يعدّد** الخطوات الرئيسة لرسم بناء لويس. 2. **يشرح** لماذا يحصل الرنين ويحدد تراكيبه. 3. **يحدد** ثلاث حالات لجزيئات تشذ عن قاعدة الثمانية، ويسمي هذه الجزيئات.	**متابعة التقدم** تقويم بنائي، ص117،118،119،120، 122 ماذا قرأت؟ ص 121 تقويم البند، ص 123	**عرض عملي**، ص 115 نماذج التمثيل النقطي لذرة الأكسجين
4-4 أشكال الجزيئات 1. **يلخص** نظرية VSEPR. 2. **يتوقع** الشكل وزاوية الرابطة في الجزيء. 3. **يعرّف** التهجين.	**متابعة التقدم** ماذا قرأت؟ ص 125 تقويم بنائي، ص 126، 127 تقويم البند، ص 127	**عرض عملي**، ص 124 بالونات مختلفة الأحجام.
4-5 الكهروسالبية والقطبية 1. **يصف** كيف تستخدم الكهروسالبية لتحديد نوع الرابطة. 2. **يقارن** ويميز بين الروابط التساهمية القطبية وغير القطبية والجزيئات القطبية وغير القطبية. 3. **يعمّم** خواص المركبات ذات الروابط التساهمية.	**متابعة التقدم** ماذا قرأت؟ ص 129، 130 تقويم بنائي، ص 130، 133 تقويم البند، ص 133 التقويم الختامي : تقويم الفصل : ص 137	**عرض عملي**: صفحة 128 عمود مطاطي، قطعة صوف أو حرير، سحاحة، مذيب أصباغ. **الزمن المقدر**: 5 دقائق **عرض عملي**، ص 131 ميثانول 100ml، إيثانول 100ml، إيزوبروبانول، والأستيون، وصيغة رتشاردت، أربعة أوعية. **الزمن المقدر**: 5 دقائق

الفصل 4

الفكرة العامة

الإلكترونات التساهمية

لتقديم الفكرة العامة لهذا الفصل، اطلب إلى الطلبة رسم نموذج لويس النقطي لذرات الهيدروجين والأكسجين. واسألهم: ما عدد الإلكترونات الإضافية التي تحتاج إليها ذرة الهيدروجين لتحصل على التركيب الإلكتروني للهيليوم؟ 1 إلكترون إضافي. وما عدد الإلكترونات التي تحتاج إليها ذرة الأكسجين لتحصل على الترتيب الإلكتروني المشابه لغاز النيون؟ اثنان من الإلكترونات الإضافية. ثم اسأل: كيف يمكن أن يتحد الهيدروجين والأكسجين لتكوين الماء H_2O؟ يجب أن يتشاركا في الإلكترونات. حيث تشترك كل ذرة هيدروجين منهما في إلكترون واحد مع ذرة من الأكسجين.

الربط مع المعرفة السابقة

اطلب إلى الطلبة مراجعة المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الفصل:

- التركيب الذري
- التوزيع الإلكتروني
- تدرج خواص العناصر
- الرابطة الأيونية

استعمال الصورة

تكوين العلاقات توضح الصورة في مقدمة هذا الفصل الطرائق المختلفة لوصف جزيء الماء، مثل: نموذج لويس، نموذج الكرة والعصا، ونموذج ثلاثي الأبعاد، ومجموعة جزيئات الماء في قطرة ماء. ثم اطلب إلى الطلبة أن يصفوا الاختلافات بين الطرائق السابقة في عرض الجزيء. ستتنوع الإجابات، ولكنها يجب أن تركز على الأهداف التي يخدمها كل نموذج.

تحليل النتائج

1. تفقد الكرة شكلها في حالة الاستقرار لفترة طويلة، ولكنها ستكون قادرة على الارتداد عند تكوينها في صورة كرة. وعندما تجف الكرة تصبح هشة وتتفتت.
2. تكوّن المركبات الأيونية بلورات، تذوب في الماء ولها درجات انصهار مرتفعة. بينما يتم تصنيع الكرة من مادتين سائلتين عند درجة حرارة الغرفة، وتكون قادرة على الارتداد، ولا تذوب في الماء، وتفقد شكلها مع مرور الزمن

استقصاء

للسليكون 4 إلكترونات تكافؤ، أما الأكسجين فله 6 إلكترونات تكافؤ. ولتكوين حالة الثمانية، يجب أن يكتسب السليكون 4 إلكترونات ويكتسب الأكسجين إلكترونين. ولتكوين الرابطة يجب أن تتشارك الذرات في الإلكترونات.

نشاط استهلالي

الهدف سيبني الطلبة بوليمر من سليكات الصوديوم والإيثانول قادرًا على الارتداد عن الأرض عند تشكيله في صورة كرة .

احتياطات السلامة اطلع على نماذج السلامة قبل بدء العمل. وراجع مع الطلبة نشرة احتياطات السلامة الخاصة بالإيثانول وسليكات الصوديوم قبل إجراء التجربة. فالإيثانول سريع الاشتعال، وكذلك الغاز الناتج عنه قابل للانفجار، لذا توخَّ الحذر واستعمل التهوية المناسبة. كما أن سليكات الصوديوم شديدة القلوية، وتسبب تهيج الجلد، لذا على الطلبة وضع النظارات الواقية، ولبس القفازات عند التعامل مع البوليمر.

التخلص من النفايات غلف المواد الزائدة من المركب وأعواد الثقاب الخشبية في ورقة تنشيف؛ وضعها في صندوق أو كيس من البلاستيك وأغلقه بإحكام، ثم تخلص منه في المكان المعد للتخلص من المواد الكيميائية والمواد ذات النواتج الخطيرة.

استراتيجيات التدريس

- اطلب إلى المجموعات استعمال كميات مختلفة من الإيثانول عند صنع الكرة، تتراوح بين 5ml و 15ml. واطلب إليهم ملاحظة تأثير تغير ذلك في النتيجة، وصياغة فرضية عن السبب.
- يمكن أن تصبح الكرة هشة وتتفتت، لذا اطلب إلى الطلبة تحديد سبب ذلك.

النتائج المتوقعة على الطلبة أن يتمكنوا من تكوين كرة قادرة على الارتداد. وقد تكون الكرة الناتجة هشة وقابلةً للكسر، ولكن يمكن إعادة تكوينها باليد بعد ارتداء القفازات.

4-1

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسة على الطلبة.

الفكرة الرئيسة

الرابطة التساهمية ارسم نموذج لويس لكل من الفلور، والكلور، والأكسجين، والكبريت والبروم على السبورة. واطلب إلى الطلبة تحديد أماكن هذه العناصر في الجدول الدوري وتعرف الأمور المشتركة فيما بينها. جميعها لا فلزات وتكتسب إلكترونات لتكوّن الأيونات السالبة. إذا اتحدت اثنتان من هذه الذرات لتكوين مركب ما، فما الذي يجب أن يحدث ليصلا إلى حالة الثمانية؟ يجب أن تتشاركا في الإلكترونات. ارسم نموذج لويس للكربون، واعرض على الطلبة النموذج الذري للكربون، واستعمل النموذجين، للإشارة إلى الأماكن الأربعة التي يمكن للكربون أن يشكّل من خلالها روابط تساهمية مفردة. وضع ذرة هيدروجين على كل واحد من هذه الأماكن. واسأل: ما الذي يمثله الشكل؟ يمثل الشكل الإلكترونات المشتركة بين ذرة الكربون المركزية وذرات الهيدروجين الجانبية الأربع في جزيء CH_4. ض م

2. التدريس

عرض عملي

طاقة الوضع استعمل هذا العرض للربط بين طاقة الوضع وحالة الثبات. ثم اصنع بندولاً من كرة مطاطية وخيط أو زنبرك، واسأل: في أي موضع يكون للبندول أكبر طاقة وضع؟ عندما يُسحب البندول إلى أقصى ارتفاع جانبي. وفي أي موضع يكون له أقل طاقة وضع؟ عندما يصل البندول إلى أقل ارتفاع. ثم وضح للطلبة أن أقل طاقة وضع تحدث عندما يصل البندول إلى أقل ارتفاع في أثناء حركته. واطلب إليهم ملاحظة أن البندول المتأرجح يتوقف عن الحركة عندما يصل إلى أقل طاقة وضع. ثم اربط بين الأماكن التي تكون فيها طاقة الوضع للبندول أكبر ما يمكن، وحالة الثبات. ض م

4—1

الرابطة التساهمية

The Covalent Bond

الأهداف

- **تطبق** قاعدة الثمانية على الذرات التي تكوّن روابط تساهمية.
- **تصف** كيفية تكون الرابطة التساهمية الأحادية، والثنائية والثلاثية.
- **تقارن** بين روابط سيجما وروابط باي .
- **تربط** بين قوة الرابطة التساهمية وطولها وطاقة تفككها.

مراجعة المفردات

الرابطة الكيميائية القوة التي تمسك بذرتين معًا.

المفردات الجديدة

الرابطة التساهمية
الجزيء
تركيب لويس
رابطة سيجما σ
رابطة باي π
تفاعل ماص للحرارة
تفاعل طارد للحرارة

الفكرة الرئيسة **تكتسب الذرات الاستقرار عندما تتشارك في الإلكترونات لتكوّن رابطة تساهمية.**

الربط مع الحياة هل شاركت يومًا في سباق الجري بثلاث أرجل؟ يشارك المتسابق في هذا السباق بأحد رجليه مع زميله في الفريق لتشكيل فريق بثلاث أرجل. وبطريقة ما، يعكس سباق الأرجل الثلاث طريقة مشاركة الذرات للإلكترونات لتكوين الوحدات.

ما الرابطة التساهمية؟ What is a covalent bond

إن الذرات قادرة على مشاركة الإلكترونات لتكوين توزيع إلكتروني مستقر. فكيف يحدث ذلك؟ وهل هناك طرائق مختلفة تتيح مشاركة الإلكترونات؟ وكيف تختلف خواص هذه المركبات عن المركبات التي تتكون من الأيونات؟ اقرأ ما يلي للإجابة عن هذه الأسئلة.

الإلكترونات المشتركة تتشارك الذرات في المركبات غير الأيونية في الإلكترونات. وتسمى الرابطة الكيميائية التي تنتج عن مشاركة الإلكترونات **الرابطة التساهمية**. ويتكون **الجزيء** عندما ترتبط ذرتان، أو أكثر، بواسطة رابطة تساهمية. وتعد الإلكترونات المشتركة جزءًا من إلكترونات مستوى الطاقة الخارجي لكلتا الذرتين المشتركتين. وعادة ما تحدث الروابط التساهمية بين الذرات المتجاورة في الجدول الدوري، وتتكون معظم الروابط التساهمية بين ذرات اللافلزات.

تكوّن الروابط التساهمية تتكون الجزيئات الثنائية الذرات– ومنها الهيدروجين H_2 والنيتروجين N_2 ، والأكسجين O_2 ، والفلور F_2 ، والكلور Cl_2 ، والبروم Br_2 ، واليود I_2 – عندما تتشارك ذرتان من كل عنصر في الإلكترونات. وهي توجد على هذا النحو؛ لأن الجزيء المكون من ذرتين يكون أكثر استقرارًا من الذرة في حالتها الفردية.

وباستعراض الفلور نجد أن له التوزيع الإلكتروني $1s^2 2s^2 2p^5$. حيث لكل ذرة فلور سبعة إلكترونات تكافؤ، وتحتاج إلى إلكترون واحد لتصل إلى حالة الثمانية. وعندما تقترب ذرتا فلور تحت تأثير العديد من القوى كما في **الشكل 1–4** تتولد قوتا تنافر تؤثران في الذرات: إحداهما بين إلكترونات كل ذرة، والأخرى بين بروتونات كل ذرة أيضًا. كما تنشأ أيضًا قوة تجاذب بين بروتونات إحدى الذرتين وإلكترونات الذرة الأخرى. وكلما اقتربت ذرات الفلور بعضها من بعض زادت قوة التجاذب بين بروتونات أحدها مع إلكترونات الأخرى إلى أن تصل إلى نقطة تكون عندها محصلة قوى التجاذب أكبر من محصلة قوى التنافر، وعندئذٍ، ترتبط الذرتان برابطة تساهمية، ويتكون الجزيء. أما إذا اقتربت الذرتان إحداهما من الأخرى أكثر من ذلك، فسوف تتغلب قوى التنافر على قوى التجاذب.

التعليم البصري

شكل 2–4 اطلب إلى الطلبة تأمل الشكل ومناقشة كيفية التغير في طاقة الوضع عند اقتراب ذرتي فلور إحداهما من الآخرى على أساس قوى التجاذب وقوى التنافر. تتكون الرابطة عند نقطة معينة حيث تكون عندها قوى التجاذب وقوى التنافر متساوية، أما إذا كانت قوى التنافر أكبر فلا تتكون الرابطة وتبقى الذرتان منفصلتين. ض م

إجابة أسئلة الأشكال الشكل 1–4

تتكون رابطة مستقرة عندما تكون محصلة قوة التجاذب أكبر ما يكون.

تطوير المفهوم

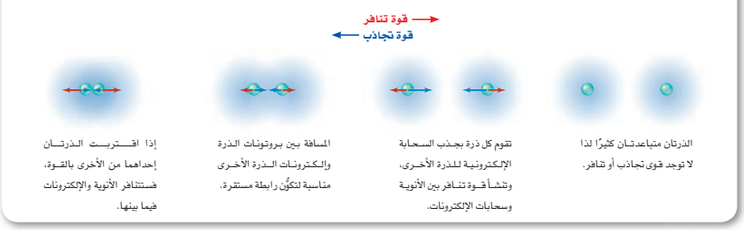
طبيعة الإلكترون على الطلبة أن يفهموا أن الإلكترونات جميعها متماثلة مهما كان نوع الذرة أو مستوى الطاقة الذي يوجد فيه الإلكترون، ويفهموا أيضًا، أن إلكترونات السحابة الإلكترونية ليست ثابتة. فهي تتحرك بسرعة تقارب سرعة الضوء، ومع ذلك تكون في حالة تجاذب مع النواة ذات الشحنة الموجبة. وعندما تتكون الرابطة التساهمية فإن كلتا الذرتين تساهمان في القوة التي تجذب الإلكترونات؛ نظرًا إلى عدم امتلاك أي ذرة بمفردها هذه الإلكترونات المشتركة.

التعزيز

المخطط النقطي راجع أشكال التخطيط النقطي المستعملة في الفصل 3، وأشر إلى أنه يمكن تمثيل الرابطة التساهمية بطرائق متعددة.

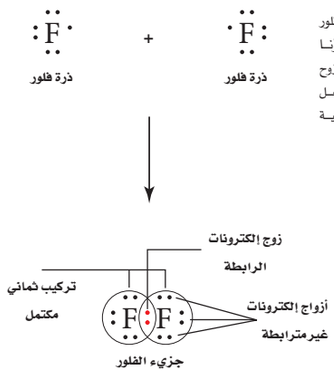
الشكل 1-4 تبين الأسهم في الأشكال أدناه محصلة قوى التجاذب والتنافر بين ذرتي فلور عندما تقترب إحداهما من الأخرى. إن القوة الإجمالية بين الذرتين هي محصلة قوى التنافر بين إلكترون وإلكترون، والتنافر بين نواة ونواة، والتجاذب بين نواة وإلكترون. وتتكون الرابطة التساهمية عندما تكون محصلة قوى التجاذب أعلى ما يمكن.

اربط كيف يرتبط استقرار الرابطة مع القوى التي تؤثر في الذرات؟



يحدث الترتيب الأكثر استقرارًا والأمثل للرابطة التساهمية عند أفضل مسافة بين نواتي الذرتين. حيث تصبح قوى التجاذب عند هذه النقطة أكبر من قوى التنافر. يوجد الفلور على شكل جزيئات ثنائية الذرات؛ لأن مشاركة زوج من الإلكترونات يعطي كل ذرة فلور التوزيع الإلكتروني الشبيه بالتوزيع الخاص بالغازات النبيلة. ويوضح **الشكل 2–4** أن لكل ذرة فلور في جزيء الفلور زوجًا واحدًا من الإلكترونات المشتركة، وثلاثة أزواج من الإلكترونات غير المترابطة التي لا تشارك في تكوين الرابطة.

الشكل 2-4 تتشارك ذرتا فلور في زوج من الإلكترونات لتكوّنا رابطة تساهمية. لاحظ أن زوج الإلكترونات المشتركة قد جعل إلكترونات المدار الأخير ثمانية إلكترونات.



103

دفتر الكيمياء

لماذا تتكوّن الروابط التساهمية؟ اطلب إلى الطلبة كتابة فقرة يشرحون فيها لماذا تتكون رابطة تساهمية بين ذرة الكلور وذرة الفلور. ض م

المختبر الصغير

الهدف يقارن الطلبة بين درجات انصهار المركّبات التساهمية والمركّبات الأيونية.

المهارات العملية المشاهدة، والاستنتاج، والتصنيف، والمقارنة، وتفسير البيانات.

احتياطات السلامة اطلع على نماذج السلامة في المختبر قبل البدء في العمل. لا تستنشق الغازات المنبعثة من المواد، وتأكد أن منطقة العمل ذات تهوية جيدة أو اطلب إلى الطلبة العمل في خزانة طرد الغازات.

التخلص من النفايات انزع الغطاء بحذر، وضعه في وعاء المهملات.

استراتيجيات التدريس ينبغي أن يعمل الطلبة في مجموعات لإتمام هذه التجربة، ويمكن استعمال شمعة بدل لهب بنزن.

نتائج متوقعة:

- ينصهر شمع البارافين أولاً.
- ينصهر السكر ثانيًا ثم يحترق.
- لا ينصهر كلوريد الصوديوم

التحليل

1. ينصهر البارافين أولاً، أمّا بلورات الملح فلا تنصهر.
2. البارافين: منخفض، السكر: متوسط، بلورات الملح: مرتفع جدًّا.
3. روابط أيونية: الملح
   روابط تساهمية: البارافين والسكر.
4. درجات انصهار المركبات الأيونية أعلى من درجات انصهار المركبات التساهمية.

المختبر الصغير

مقارنة درجات الانصهار

كيف يمكن تحديد العلاقة بين نوع الرابطة ودرجة الانصهار؟ تعتمد خواص المركب على نوع الرابطة، هل هي أيونية أو تساهمية؟

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. صمّم جدولاً لتسجيل بيانات التجربة.
3. استعمل قلم تخطيط دائمًا لوضع علامة مكونة من ثلاثة خطوط داخل أسفل طبق الألومنيوم المعد للاستعمال بقطر 25cm لعمل ثلاثة أقسام متساوية هي A و B و C.
4. ضع الوعاء على السخان الكهربائي.

تحذير: تعامل بحذر عند تسخين الوعاء.

5. احصل من معلمك على عينات من كل من بلورات السكر $A(C_{12}H_{22}O_{11})$، وبلورات الملح $B(NaCl)$، وشمع البارافين $C(C_{23}H_{48})$.
6. توقع الترتيب الذي ستنصهر به المركبات.
7. ضع مفتاح التسخين عند أعلى درجة حرارة مدة 5 دقائق، واطلب إلى أحد الزملاء قياس زمن التسخين.
8. راقب المركبات في أثناء فترة التسخين، وسجل انصهارها بالترتيب، وأيها ينصهر أولاً.
9. أغلق جهاز التسخين بعد انقضاء الدقائق الخمس، وارفع الطبق بالملاقط أو القفافيز الخاصة بذلك.
10. دع الوعاء حتى يبرد، وتخلص منه بالطريقة الصحيحة.

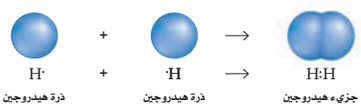
تحليل النتائج

1. **اذكر** أي المركبات انصهر أولاً؟ وأيها لم ينصهر؟
2. **طبّق** استنادًا إلى النتائج والمشاهدات، صف درجة انصهار كل مادة صلبة باستخدام أحد الخواص الآتية: منخفضة، متوسطة، مرتفعة أو مرتفعة جدًّا.
3. **استخلص** أي المركبات يحتوي على روابط أيونية؟ وأيها يحتوي على روابط تساهمية؟
4. **لخص** كيف يؤثر نوع الرابطة في درجة انصهار المركبات؟

الروابط التساهمية الأحادية Single Covalent Bonds

تتكون الرابطة التساهمية عندما يشترك زوج واحد من الإلكترونات في تكوين الرابطة، كما في جزيء الهيدروجين، وتعرف باسم الرابطة التساهمية الأحادية. وعادة ما يُشار إلى زوج الإلكترونات المشترك باسم زوج إلكترونات الرابطة. وفي حال جزيء الهيدروجين المبين في **الشكل 3–4**، تقوم كل ذرة هيدروجين بجذب زوج إلكترونات الرابطة بالتساوي. ولذا ينتمي كلا الإلكترونين المشتركين إلى كل من الذرتين في الوقت نفسه، مما يعطي كل ذرة هيدروجين في الجزيء التوزيع الإلكتروني لغاز الهيليوم النبيل $1s^2$. لذا، يصبح جزيء الهيدوجين أكثر استقرارًا من أي ذرة من ذرات الهيدروجين كل على حدة.

يوضح التمثيل النقطي للإلكترونات في الفصل الأول توزيع إلكترونات تكافؤ الذرة، ويستخدم النموذج في تركيب لويس **Lewis** لتمثيل ترتيب الإلكترونات في الجزيء،



الشكل 3-4 عندما تتشارك ذرتا هيدروجين في زوج من الإلكترونات تحصل كل ذرة على مستوى خارجي ممتلئ بالإلكترونات، وتحصل على الاستقرار.

حيث يمثل كل خط أو زوج من النقط العمودية رابطة تساهمية واحدة في نموذج لويس. فعلى سبيل المثال، يمكن كتابة جزيء الهيدورجين هكذا H – H أو H: H

المجموعة 17 والروابط التساهمية الأحادية

تضم الهالوجينات عناصر المجموعة 17– ومنها الفلور –سبعة إلكترونات تكافؤ، وتحتاج إلى إلكترون واحد للوصول إلى حالة الثمانية إلكترونات. لذا تكوّن ذرات عناصر المجموعة 17 رابطة تساهمية أحادية مع اللافلزات الأخرى، ومنها الكربون. وكما سبق، فقد قرأت أن ذرات عناصر المجموعة 17 تكون روابط تساهمية مع ذرات من النوع نفسه. فعلى سبيل المثال، يوجد الفلور على صورة F_2، والكلور على صورة Cl_2.

المجموعة 16 والروابط التساهمية الأحادية

تستطيع ذرات عناصر المجموعة 16 أن تشترك في إلكترونين وتكوّن رابطتين تساهميتين. فالأكسجين أحد عناصر المجموعة 16 وتوزيعه الإلكتروني هو $1s^2\,2s^2\,2p^4$، ويتكون الماء من ذرتي هيدروجين وذرة أكسجين. ويصبح لكل ذرة هيدروجين التوزيع الإلكتروني لغاز الهيليوم النبيل نفسه عندما تتشارك في إلكترون مع ذرة الأكسجين، كما يصبح لذرة الأكسجين التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل (نيون) عندما تتشارك في إلكترون واحد مع كل ذرة هيدروجين. ويوضح **الشكل 4a–4** تركيب لويس لجزيء الماء. لاحظ أن لذرة الأكسجين رابطتين تساهميتين أحاديتين وزوجين من الإلكترونات غير المترابطة.

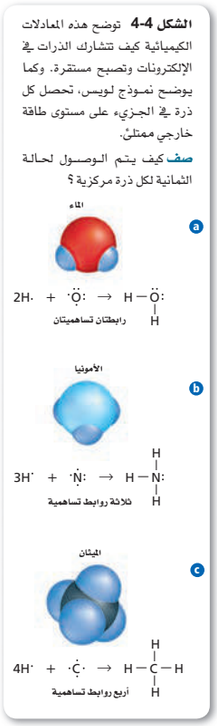
المجموعة 15 و الروابط التساهمية الأحادية

تستطيع عناصر المجموعة 15 أن تكون ثلاث روابط تساهمية مع ذرات اللافلزات. فالنيتروجين من عناصر المجموعة 15 وتوزيعه الإلكتروني هو $1s^2\,2s^2\,2p^3$. ولغاز الأمونيا (النشادر) NH_3 ثلاث روابط تساهمية أحادية، حيث ترتبط ثلاثة إلكترونات من النيتروجين بثلاث ذرات من الهيدروجين تاركة زوجًا وحيدًا من الإلكترونات. ويوضح **الشكل 4b–4** نموذج لويس لجزيء الأمونيا. ويستطيع النيتروجين أيضًا تكوين مركبات مشابهة لذرات عناصر المجموعة 17، مثل NF_3 ثلاثي فلوريد النيتروجين وثلاثي كلوريد النيتروجين NCl_3، وثلاثي بروميد النيتروجين NBr_3 . وتتشارك كل ذرة من عناصر المجموعة 17 في ذرة نيتروجين من خلال زوج واحد من الإلكترونات.

المجموعة 14 والروابط التساهمية الأحادية

تستطيع عناصر المجموعة 14 أن تكوّن أربع روابط تساهمية. ويتكون جزيء الميثان CH_4 عندما ترتبط ذرة كربون واحدة بأربع ذرات هيدروجين. وللكربون –وهو عنصر في المجموعة 14– التوزيع الإلكتروني $1s^2 2s^2 2p^2$، وبواقع أربعة إلكترونات تكافؤ. لذا يحتاج الكربون إلى أربعة إلكترونات ليصل إلى التوزيع الإلكتروني المشابه للغازات النبيلة. لذا، عندما يتحد الكربون بالذرات الأخرى يكون أربع روابط. ولأن الهيدروجين، من عناصر المجموعة الأولى، وله إلكترون تكافؤ واحد فإن ذرة الكربون تحتاج إلى أربع ذرات هيدروجين للحصول على أربعة إلكترونات تحتاج إليها. ويوضح **الشكل 4c–4** تركيب لويس للميثان؛ حيث يكوّن الكربون أربع روابط تساهمية أحادية مع اللافلزات الأخرى، ومنها العناصر في المجموعة 17.

ماذا قرأت؟ **صف** كيف يوضح تركيب لويس الرابطة التساهمية؟



الشكل 4-4 توضح هذه المعادلات الكيميائية كيف تتشارك الذرات في الإلكترونات وتصبح مستقرة. وكما يوضح نموذج لويس، تحصل كل ذرة في الجزيء على مستوى طاقة خارجي ممتلئ.

صف كيف يتم الوصول لحالة الثمانية لكل ذرة مركزية؟

105

إجابة سؤال الشكل 4–4

الماء: تحصل الذرة المركزية على إلكترونين من كل رابطة مع الهيدروجين وزوجين من الإلكترونات الوحيدة، الأمونيا: إلكترونان من كل رابطة مع الهيدروجين وزوج واحد من الإلكترونات الوحيدة، الميثان: إلكترونان من كل رابطة مع الهيدروجين.

بناء نموذج

نموذج لويس أعط كل طالب 4 بطاقات فهرسة مقسومة إلى نصفين لتكوّن ثماني قطع. واطلب إليهم كتابة نموذج لويس بوساطة التمثيل النقطي للإلكترونات على بطاقات الفهرسة لكل مما يلي: بطاقة للكربون C، اثنتان للهيدروجين H، واحدة للكبريت S، وأربع بطاقات للفلور F، ثم أخبر الطلبة أنهم سيستعملون هذه البطاقات لتحديد أزواج الإلكترونات غير المترابطة لذرة ما مع الإلكترونات غير المترابطة لذرات أخرى من أجل تشكيل روابط تساهمية أحادية. واطلب إليهم بناء نماذج المركبين CF_4 و H_2S. د م

ماذا قرأت؟ تُوضَّحُ الروابط التساهمية باستعمال الشرطة (–) أو النقطتين الرأسيتين (:).

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى ارسم دوائر عدة باستعمال قطعة بلاستيكية لتمثل الذرات. واستعمل كل دائرة لتمثل ذرة ما بوساطة نموذج التمثيل النقطي للإلكترونات. واعرض على الطلبة ذرتي فلور F، واسأل: ماذا تحتاج كل ذرة لتصل إلى حالة الاستقرار؟ إلكترون واحد ضع الدائرتين بشكل متداخل حتى تحصل كل ذرة فلور F على ثمانية إلكترونات، ثم اسأل: ما عدد الإلكترونات التي حصلت عليها كل ذرة؟ ثمانية. وأخبر الطلبة أن الإلكترونات المشتركة تكوّن رابطة تساهمية. ثم اعمل تداخلاً بصورة جزئية بين ذرتي هيدروجين H وذرة أكسجين O، واسأل: ما عدد الإلكترونات التي لذرة الأكسجين O؟ ثمانية، وما عدد الإلكترونات التي لكل ذرة هيدروجين H؟ اثنان، ثم اسأل هل أصبحت ذرة H مستقرة بوجود إلكترونين؟ نعم، لأن له يمتلك التوزيع الإلكتروني المشابه لغاز He النبيل. وأخيرًا اسأل كم عدد الروابط التي تكونت؟ اثنتان من الروابط التساهمية الأحادية. د م

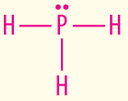
مثال في الصف

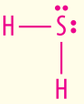
سؤال سيلينايد الهيدروجين H_2Se، عبارة عن غاز سام له خواص شبيهة بخواص غاز كبريتيد الهيدروجين. ارسم نموذج لويس لهذا الجزيء.

الإجابة

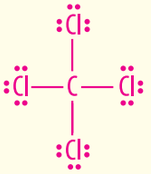
H—Se—H

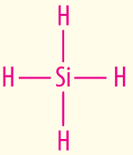
مسائل تدريبية

1. 

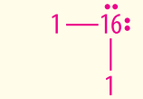
2. 

3.

4. 

5. 

6. باستعمال 1 و16 لتمثيل ذرات المجموعتين 1 و16 على الترتيب فإن الشكل يكون:



ماذا قرأت؟ يمكن أن تتكون روابط سيجما من التداخل بين فلك s مع فلك s آخر، أو فلك s مع فلك p، أو فلك p مع فلك p آخر.

الشكل 5-4 تم حفر الزجاج الخشن الظاهر في الشكل كيميائيًا باستعمال فلوريد الهيدروجين HF، وهو حمض ضعيف. يتفاعل فلوريد الهيدروجين مع السيليكا (أكسيد السيليكون)، المكوّن الرئيس للزجاج وينتج عن ذلك SiF_4 والماء.

مثال 1–4

تركيب لويس للجزيء تم تحضير الرسوم المبينة، في الشكل 5–4، على الزجاج بالمعالجة الكيميائية (بالحَدش) لسطح الزجاج بواسطة فلوريد الهيدروجين HF. ارسم تركيب لويس لجزيء فلوريد الهيدروجين.

1 تحليل المسألة

لقد علمت أن جزيء فلوريد الهيدروجين مكون من الفلور والهيدروجين. ولأن ذرة الهيدروجين –وهو عنصر في المجموعة 1– لها إلكترون تكافؤ واحد، وتستطيع الاتحاد بأي من اللافلزات من خلال المشاركة بزوج واحد من الإلكترونات، كما أن ذرة الفلور– من عناصر المجموعة 17– تحتاج إلى إلكترون لتصل إلى حالة الثمانية، لذلك تتكون رابطة تساهمية أحادية عند اتحاد الهيدروجين والفلور.

2 حساب المطلوب

لكي نرسم تركيب لويس نبدأ بالتمثيل النقطي للإلكترونات لكل ذرة، ثم نعيد كتابة الرمز الكيميائي ونرسم خطًا بينهما لتوضيح زوج الإلكترونات المشتركة. وأخيرًا نضيف النقط إلى أزواج الإلكترونات غير المترابطة.

ذرة هيدروجين — ذرة فلور — جزيء فلوريد الهيدروجين

3 تقويم الإجابة

لكل ذرة في الجزيء التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة، وتكون في حالة الاستقرار.

مسائل تدريبية

ارسم تركيب لويس لكل جزيء مما يأتي:

1. PH_3
2. H_2S
3. HCl
4. CCl_4
5. SiH_4
6. تحدٍّ ارسم تركيب لويس العام لجزيء ناتج عن اتحاد ذرات عناصر المجموعة 1 مع المجموعة 16.

المفردات

المفردات الأكاديمية

التداخل

الوجود في المكان نفسه جزئيًا. تداخل الممرين فوق الشارع الرئيس لتكوين مدخل مشترك.

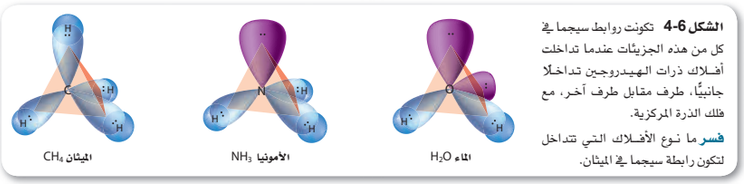
الرابطة سيجما σ تسمى الروابط التساهمية الأحادية **روابط سيجما**، ويرمز إليها بالحرف الإغريقي σ. وتتكون رابطة سيجما عندما يقع زوج الإلكترونات المشتركة في المنتصف بين الذرتين. وعندما تتشارك ذرتان في الإلكترونات فإن أفلاك التكافؤ تتداخل، فتزداد الكثافة الإلكترونية في فلك الربط بين الذرتين.

ويقع فلك الربط في المنطقة التي يكون احتمال وجود الكترونات الرابطة فيها أكثر ما يكون، وتتكون رابطة سيجما عندما يتداخل فلك s مع فلك s آخر أو فلك p، أو عند تداخل فلك p مع فلك p آخر. ولجزيئات الماء H_2O، والأمونيا NH_3 والميثان CH_4 روابط سيجما، كما في **الشكل 6–4**.

ماذا قرأت؟ **كوّن** قائمة بالأفلاك التي تكون رابطة سيجما في المركب التساهمي.

مشروع الكيمياء

الكيمياء في الطب اطلب إلى الطلبة البحث في مركب بيرفلورو ثماني بروماید $C_8F_{17}Br$ بوصفه حاملاً صناعيًا للأكسجين في الدم المصنّع. واطلب إليهم كتابة تقرير حول الطريقة التي ينقل بها هذا المركب الأكسجين إلى الخلايا، ويكتبوا تقريرًا حول الصيغة الجزيئية للمركب. وما أنواع الروابط التي يحتويها؟ الروابط كلها هي روابط سيجما (روابط تساهمية أحادية). ما عدد أزواج الإلكترونات التي تساهم فيها ذرات C، F وBr في المركب؟ الكربون يساهم بأربعة أزواج من الإلكترونات ليشكل روابط C–C، وروابط C–F وروابط C–Br. ويساهم الفلور بزوج واحد من الإلكترونات، كما يساهم البروم بزوج واحد من الإلكترونات أيضًا. ض م



الشكل 4-6 تكونت روابط سيجما في كل من هذه الجزيئات عندما تداخلت أفلاك ذرات الهيدروجين تداخلا جانبيًّا، طرف مقابل طرف آخر، مع فلك الذرة المركزية.

فسر ما نوع الأفلاك التي تتداخل لتكون رابطة سيجما في الميثان.

الروابط التساهمية المتعددة
Multiple Covalent Bonds

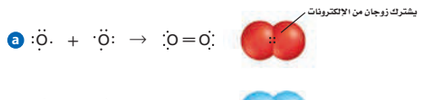
تكتسب الذرات، في بعض الجزيئات، التوزيع الإلكتروني للغازات النبيلة نفسه عندما تشترك بأكثر من زوج من الإلكترونات مع ذرة أخرى أو أكثر. وينتج عن المشاركة بأكثر من زوج من الإلكترونات الروابط التساهمية المتعددة. فالروابط التساهمية الثنائية والثلاثية أمثلة على ذلك. وفي العادة تكون ذرات الكربون والنيتروجين والأكسجين والكبريت روابط تساهمية متعددة مع اللافلزات. فكيف تعرف متى تكوّن ذرتان رابطة متعددة؟ إن عدد إلكترونات التكافؤ التي تحتاج إليها ذرة العنصر للوصول إلى حالة الإلكترونات الثمانية يكون مساويًا لعدد الروابط التساهمية الممكن تكوينها.

الروابط الثنائية تتكون هذه الروابط عندما تشترك ذرتان بزوجين من الإلكترونات فيما بينها. فعلى سبيل المثال، يوجد الأكسجين على شكل جزيئات ثنائية الذرات. وكما يوضح **الشكل 7a–4**. لكل ذرة أكسجين ستة إلكترونات تكافؤ، وتحتاج إلى إلكترونين لتصل إلى التوزيع الإلكتروني الخاص بالغازات النبيلة. لذا تتكون الرابطة التساهمية الثنائية عندما تقوم كل ذرة بالمشاركة بإلكترونين، ليصل المجموع إلى زوجين من الإلكترونات المشتركة بين الذرتين.

المطويات
أضف معلومات من هذا الجزء إلى مطويتك.

الروابط الثلاثية تتكون هذه الروابط عندما تشترك ذرتان في ثلاثة أزواج من الإلكترونات فيما بينها. ويحتوي النيتروجين N_2، الثنائي الذرات على رابطة تساهمية ثلاثية. وكما يوضح **الشكل 7b–4** تشترك كل ذرة نيتروجين في ثلاثة إلكترونات لتكون رابطة تساهمية ثلاثية مع ذرة نيتروجين أخرى.

الرابطة باي π تتألف الرابطة التساهمية المتعددة من رابطة سيجما واحدة **ورابطة باي** واحدة على الأقل. ويرمز إليها بالرمز الإغريقي π. وتتكون هذه الرابطة عندما تتداخل الأفلاك المتوازية وتشترك في الإلكترونات. وتشغل أزواج إلكترونات المشاركة لرابطة باي المكان أعلى الخط الذي يمثل اتحاد الذرتين معًا وأسفله.



الشكل 7-4 تتكون الروابط التساهمية المتعددة عندما تشترك ذرتان بأكثر من زوج من الإلكترونات:

a. تكوّن ذرتان من الأكسجين رابطة ثنائية

b. وتكوّن ذرتا نيتروجين رابطة ثلاثية.

الخلفية النظرية

الأكسجين الاستثنائي تولّد حركة دوران الإلكترونات غير المترابطة حول نفسها في الذرات أو الأيونات خاصية البارامغناطيسية للمواد، بمعنى تأثرها بقوى التجاذب الناتج عن الحقول المغناطيسية الخارجية. وتكون المواد دايا مغناطيسية عند عدم تأثرها بالحقول المغناطيسية، وذلك عندما تكون إلكتروناتها مزدوجة جميعها. وعلى الرغم من أن نموذج لويس وقوة الرابطة لجزيء الأكسجين الثنائي يبينان وجود رابطة ثنائية بين ذرتي الأكسجين إلاَّ أن الأكسجين يظهر خواص غير اعتيادية في المختبر؛ فهو بارامغناطيسي لأن الإلكترونات المرتبطة مع روابط π غير مزدوجة أو متوازية، ولكنها قادرة على الحركة الدورانية.

إجابة سؤال الشكل 6–4

تتكون روابط سيجما عند تداخل فلك من نوع s لذرة هيدروجين مع فلك من نوع p لذرة الكربون.

تطوير المفهوم

مشاركة الإلكترونات تأكد أن الطلبة يفهمون أن الفلك يمكن أن يحتوي على إلكترونين فقط في الوقت نفسه. لذا يستطيع الفلك الذي يحتوي على إلكترون واحد أن يساهم بهذا الإلكترون فقط مع فلك آخر يحتوي إلكترونًا واحدًا. وتتضمن الرابطة التساهمية الثنائية اثنين من الأفلاك التي تساهم بأربعة إلكترونات بين ذرتين. بينما تتضمن الرابطة التساهمية الثلاثية ثلاثة أفلاك تساهم بستة إلكترونات بين ذرتين.

التقويم

مهارة وزع الطلبة على مجموعات، وأعط كل مجموعة بطاقات عليها نموذج التمثيل النقطي للإلكترونات تشمل ذرتي كربون 2C، ذرتي نيتروجين 2N، ذرتي أكسجين 2O، وست ذرات هيدروجين 6H وأربع ذرات كلور 4Cl.

ثم وضّح لهم أنه عند مساهمة الذرات بزوج من الإلكترونات، فعندئذٍ يكون لكل ذرة التوزيع المستقر للإلكترونات الخارجية. واطلب إليهم تحديد نموذج لويس لأكبر عدد من الجزيئات عن طريق تجميع البطاقات بعضها مع بعض. وأخيرًا ذكّر الطلبة أن الروابط المتعددة ممكنة لكل من ذرات الكربون، والنيتروجين، والأكسجين. ض م ت ت

تطوير المفهوم

قـوة الرابطـة إن أحـد أهـم العوامـل فـي تحديـد النشـاط الكيميائي لجـزيء ما يعـود إلى قـوة الرابطة التسـاهمية التي تربـط الجزيء بعضه ببعـض. وعند مقارنة مركبيـن كيميائيين يتكونان من المواد الكيميائية نفسها يكون المركب ذو الروابط الأضعف عادة هو الأكثر نشاطًا. لذا اطلب إلى الطلبة المقارنة بين طاقات روابط الجزيئات CH_2Cl_2، CH_3Cl.

1482 KJ/mol, 1567 KJ/mol. واسـأل: أي الجزيئيـن أقدر على التفاعل؟ CH_2Cl_2. ض م

الإثراء

طاقـة الرابطة اسـتعمل المعادلـة الآتية لحسـاب التغير في المحتوى الحراري للتفاعل الكيميائي.

المحتـوى الحراري ΔH = مجموع طاقـات تفكيك الروابط − مجموع طاقات تكوين الروابط.

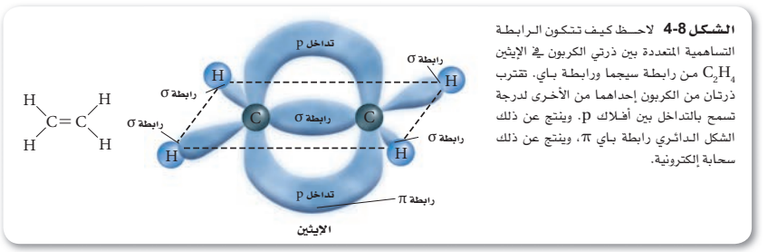
واطلـب إلـى الطلبـة حسـاب التغير فـي المحتـوى الحراري عنـد تفاعـل Cl_2 مـع CH_4 لتكويـن HCl وCH_3Cl التغير في المحتوى الحراري 104 KJ−

واسـأل إلامَ تشـير إشـارة السـالب حـول طاقـة التفاعـل وقوة الروابط المتكونة؟ يشـير التغير في المحتوى الحراري السالب إلى أن التفاعل طارد للحرارة، وأن قوة روابط الجزيئات الناتجة أكبـر من قوة روابـط الجزيئات المتفاعلة. واطلـب إليهم كتابة نمـوذج لويس للجزيئـات وتوقع أي من هـذه الروابط متفككة وأيها ناتجة. الروابط المتفككة رابطة واحدة من Cl − Cl وأربع روابـط C−H. أما الروابط الناتجة فهي رابطة واحدة H−Cl، وثلاث C−H ورابطة واحدة C−Cl ف م

مـاذا قرأت؟ كلما زاد نـوع الرابطة من رابطة تسـاهمية أحادية إلى تسـاهمية ثنائية إلى تسـاهمية ثلاثية قلّ طول الرابطة.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى اطلب إلى الطلبة تثبيت عود تنظيف الأسنان بين قطعتين من الحلوى لصنع رابطة أحادية، وكسر ما مقداره 1cm من عودين آخرين وتثبيت ما تبقى منهما بين قطعتين من الحلوى لصنع رابطة مزدوجة، ثم كسر ما مقداره 2cm من ثلاثة أعواد أخرى وتثبيت ما تبقى بين قطعتين من الحلوى لتمثل رابطة ثلاثية واطلب إليهم تعرف أقصر الروابط وأطولها. ثم اطلب إليهم أخيرًا كسر الروابط لتعرّف أيها الأسهل وأيها الأصعب للكسر. إن الرابطة الثلاثية هي الأقصر والأصعب للكسر ولها أكبر طاقة للرابطة. أما الرابطة الأحادية فهي الأطول والأسهل للكسر ولها أقل طاقة للرابطة. د م



الشكل 4-8 لاحـظ كيف تتكون الرابطة التساهمية المتعددة بين ذرتي الكربون في الإيثين C_2H_4 من رابطة سيجما ورابطة باي. تقترب ذرتان من الكربون إحداهما من الأخرى لدرجة تسمح بالتداخل بين أفلاك p. وينتج عن ذلك الشكل الدائري رابطة باي π، وينتج عن ذلك سحابة إلكترونية.

من المهم أن نلاحظ أن الجزيئات التي لها روابط تساهمية متعددة تحتوي على روابط سيجما وروابط باي أيضًا. فالرابطة التسـاهمية الثنائية الموضحة في **الشـكل 8−4** تتألف من رابطة باي واحدة ورابطة سـيجما واحدة. أما الرابطة التسـاهمية الثلاثية فتتكون من رابطتي باي ورابطة سيجما واحدة.

قوة الروابط التساهمية
The Strength of Covalent Bonds

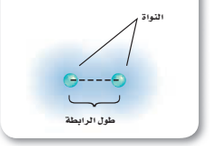
تذكّـر أن الرابطة التسـاهمية تتضمن قوى تجاذب وقوى تنافـر في الجزيء، حيث تتجاذب الأنويـة مع الإلكترونات، وتتنافر الأنوية مع الأنوية الأخرى، كما تتنافر الإلكترونات مع الإلكترونـات الأخرى أيضًا. وعندما يختل هذا التوازن بين قوى التجاذب والتنافر يمكن كسـر الرابطة التسـاهمية. ولاختلاف الروابط التساهمية في قوتها يسهل كسر بعض الروابط أكثر من غيرها. وهناك عوامل متعددة تؤثر في قوة الرابطة التساهمية.

طول الرابطة تعتمد قوة الرابطة التسـاهمية على المسافة بين النواتين. وتعرف المسافة بين الأنوية عند أكبر قوة تجاذب بطول الرابطة، كما في **الشكل 9−4**. ويحدد ذلك بحجم الذرتين المترابطتين، وعدد أزواج الإلكترونات المشتركة. ويوضح **الجدول 1−4** قائمة بطول الرابطة لجزيئـات الفلـور F_2 والأكسـجين O_2 والنيتروجين N_2. إن طول الرابطـة وقوتها مرتبطان أحدهما بالآخر؛ فكلما قصر طول الرابطة كانت أقوى، وكلما زاد عدد الإلكترونات المشتركة قصرت الرابطة. فالرابطة الأحادية للفلور F_2 أضعف من الرابطة الثنائية للأكسـجين O_2، وكذلك الرابطة الثنائية للأكسجين أضعف من الرابطة الثلاثية للنيتروجين.

ماذا قرأت؟ اربط نوع الرابطة التساهمية بطولها.

الجدول 1-4 نوع وطول الرابطة التساهمية

الجزيء	نوع الرابطة	طول الرابطة
F_2	تساهمية أحادية	1.43×10^{-10} m
O_2	تساهمية ثنائية	1.21×10^{-10} m
N_2	تساهمية ثلاثية	1.10×10^{-10} m



الشكل 9-4 يُقدّر طول الرابطة بالمسافة بين مركزي نواتي الذرتين المترابطتين.

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة رسم نموذج لويس للجزيء H_2S. ض م

إعادة التدريس

ارسم الصيغة الجزيئية لكل من C_2H_6، C_2H_4، C_2H_2، واطلب إلى الطلبة تعرف روابط سيجما وروابط باي جميعها. واطلب إليهم مقارنة أطوال الروابط وطاقاتها باستعمال جدول طاقة الروابط وأطوالها بين C—C وC=C وC≡C . وذكّرهم بأنه كلما زاد عدد الروابط بين الذرتين أصبحت الرابطة أقصر وأقوى. د م

التوسع

اطلب إلى الطلبة المهتمين القيام بالبحث في (TNT) ثلاثي نيترو طولوين، وتحديد طاقة الرابطة ما إذا تم تكسير روابط جزيء هذا المركب جميعها . ف م

الجدول 2-4	طاقة تفكك الرابطة
الجزيء	طاقة تفكك الرابطة
F_2	159kJ /mol
O_2	498kJ /mol
N_2	945kJ /mol

الطاقة والروابط يحدث تغير في الطاقة عند تكوّن أو تفكّك الروابط بين ذرات الجزيئات. وتنبعث الطاقة عند تكوّن الرابطة. إلا أننا نحتاج إلى الطاقة لتفكيك الرابطة. وتعرف الطاقة اللازمة لتفكيك رابطة تساهمية معينة بـ "طاقة تفكك الرابطة" وتكون مقدارًا موجبًا. ويبين **الجدول 2–4** طاقة تفكك الروابط لجزيئات كل من الفلور والأكسجين والنيتروجين.

وتبين طاقة تفكك الرابطة قوة الرابطة الكيميائية؛ بسبب العلاقة العكسية بين طول الرابطة وطاقتها. ويشير **الجدولان 1–4** ، و**2–4**، إلى أنه كلما قل طول الرابطة زادت طاقة تفكك الرابطة، وأن مجموع طاقات تفكك الروابط جميعها في جزيء من مركبٍ ما يساوي مقدار الطاقة الكيميائية الكامنة في ذلك الجزيء.

ويُحدّد إجمالي طاقة التفاعل الكيميائي بمقدار طاقة تفكك الروابط ومقدار طاقة تكوّنها. ويحدث **التفاعل الماص للحرارة** عندما يكون مقدار الطاقة المطلوبة لتفكيك الروابط الموجودة في المواد المتفاعلة أكبر من مقدار الطاقة الناتجة عن تكوّن الروابط الجديدة في المواد الناتجة. أما **التفاعل الطارد للحرارة** فيحدث عندما تكون الطاقة المنبعثة في أثناء تكون روابط المواد الناتجة أكبر من الطاقة المطلوبة لتفكيك روابط المواد المتفاعلة.

الشكل 4-10 يتطلب كسر رابطة C–C في الفحم النباتي وكسر رابطة O–O في أكسجين الهواء التزود بالطاقة. وعند احتراق الفحم في الأكسجين يتكون CO_2. ويصاحب ذلك إطلاق الطاقة على شكل حرارة وضوء. لذا يعد حرق الفحم في الأكسجين تفاعلاً طاردًا للحرارة.

التقويم 4-1

الخلاصة

- تتكون الروابط التساهمية عندما تشترك الذرات في زوج أو أكثر من الإلكترونات.
- ينتج عن المشاركة بزوج واحد أو زوجين أو ثلاثة أزواج من الإلكترونات روابط تساهمية أحادية أو ثنائية، أو ثلاثية على الترتيب.
- تتكوّن روابط سيجما نتيجة التداخل المباشر للأفلاك. أما روابط باي فتتكون نتيجة تداخل الأفلاك المتوازية. وتتكون الرابطة التساهمية الأحادية من رابطة سيجما، في حين تتكون الرابطة المتعددة من رابطة سيجما ورابطة باي.
- يُقاس طول الرابطة من النواة إلى النواة. ونحتاج إلى طاقة لتفكيك الرابطة.

7. **الفكرة الرئيسة** حدّد نوع الذرة التي تكوّن روابط تساهمية عمومًا.
8. **صف** كيف تنطبق حالة الثمانية على الروابط التساهمية.
9. **اشرح** باستعمال رموز لويس طريقة تكوين الروابط التساهمية الأحادية والثنائية والثلاثية.
10. **قارن** بين الرابطة الأيونية والرابطة التساهمية.
11. **قارن** بين روابط سيجما وروابط باي.
12. **طبق** ارسم منحنى بيانيًّا لطاقة التفكك من بيانات **الجدول 2–4**، وطول الرابطة من بيانات **الجدول 1–4**، ثم صف العلاقة بين طول الرابطة، وطاقة التفكك.
13. **توقع** باستعمال جدول 2–4 الطاقة النسبية لتفكك الرابطة التساهمية لكل مما يأتي:

a. $H-C\equiv C-H$

b.

التقويم 4-1

7. تتكون معظم الروابط التساهمية بين العناصر اللافلزية.
8. تساهم الذرات في إلكترونات التكافؤ، وتكمل الإلكترونات المشتركة الإلكترونات الثمانية لكل ذرة.
9. يجب أن توضح نماذج لويس مشاركة زوج واحد من الإلكترونات، وزوجين، وثلاثة أزواج، على الترتيب لكل من الرابطة التساهمية الأحادية والثنائية والثلاثية.
10. تستخدم إلكترونات التكافؤ في كلتا الرابطتين. ففي الروابط التساهمية تساهم الذرات في الإلكترونات، في حين تنتقل الإلكترونات من ذرة إلى أخرى في الروابط الأيونية.
11. إن رابطة سيجما رابطة تساهمية أحادية تتكون من التداخل المباشر للأفلاك. في حين تتكون رابطة باي من تداخل أفلاك p بشكل متوازٍ.
12. يجب أن توضح الرسوم البيانية للطلبة أنه كلما قصر طول الرابطة ازدادت طاقة تفككها.
13. a : تحتاج الرابطة C–H إلى طاقة أقل من C≡C

b: تحتاج الرابطة C–H إلى طاقة أقل من C=C

4-2

1. التركيز

الفكرة الرئيسة

تسمية الجزيئات اطلب إلى الطلبة شرح كيف يتعرفون، أو يسمون أخت جدتهم من خلال علاقة القرابة بين أفراد الأسرة. إن أخت جدتهم هي خالتهم الكبرى. واطلب إليهم شرح طريقة تحديد هذا الاسم، على أن يقوموا بوصف طريقة منهجية لتسمية الأقارب. إخوة الآباء أوإخوة الأمهات هم الأعمام والأخوال. أخوات الآباء وأخوات الأمهات هنّ العمّات والخالات. واشرح لهم أن تسمية الجزيئات تتم بطريقة منهجية أيضًا. ض م

2. التدريس

التعلم البصري

شكل 3–4 راجع أعداد التأكسد، وتسمية المركبات الأيونية، وكتابة الصيغ الجزيئية.

يتم تحديد عدد الذرات التي تكون الجزيء بالبادئات على عكس المركبات الأيونية. اكتب العديد من الصيغ الجزيئية على السبورة، ودع الطلبة يتدربوا على تسمية الجزيئات باستعمال الجدول 3–4. ض م

عرض توضيحي

تكوين الروابط

الهدف توضح تشكيل الروابط الأيونية والتساهمية .

المواد والأدوات

شريط من الماغنيسيوم (5cm)، لفة كبريت (2g)، ملاقط، وعاء معدني كبير، ملعقة احتراق، لهب بنزن.

احتياطات السلامة

التخلص من النفايات تخلص من المواد الصلبة في مكب النفايات المخصص للنفايات الكيميائية.

خطوات العمل

ضع الوعاء الكبير في حوض المغسلة، وأمسك شريط الماغنيسيوم بالملقط وأشعله، ثم أمسك بالشريط المشتعل داخل الوعاء، وعند إطفاء الإنارة في الغرفة يستطيع الطلبة مشاهدة ضوء الاشتعال بطريقة آمنة.

تحذير : ضع النظارات الواقية عند اشتعال الماغنيسيوم. ولا تنظر مباشرة إلى الفلز المشتعل في غرفة معتمة. ضع لفة من الكبريت في ملعقة الاحتراق وسخنها لفترة وجيزة في داخل اللهب. فعندئذٍ سيشتعل الكبريت بلهب أزرق باهت. **تحذير**: استعمل خزانة طرد الغازات لأن بخار SO_2 سام.

النتائج

يحترق الماغنيسيوم بلهب أبيض ساطع، أما الكبريت فيحترق بلهب أزرق خافت. ويبدو استقرار MgO جليًّا من خلال مقدار الحرارة والضوء الناتجين عند تكوينه بالمقارنة مع مقدار الحرارة والضوء الناتجين عند تكوين SO_2. لذا فإن الرابطة الأيونية في MgO هي الأقوى، أيْ أكثر استقرارًا من الرابطة التساهمية في SO_2.

4–2

الأهداف

- **تترجم** الصيغ الجزيئية إلى أسماء للمركبات الجزيئية الثنائية الذرات.
- **تسمّي** المحاليل الحمضية.

مراجعة المفردات

الأنيون الأكسجيني: أيون يتكون من مجموعة من الذرات، وأحد عناصره، في الغالب، لا فلز متحد بذرة أو أكثر من الأكسجين.

المفردات الجديدة

الحمض الأكسجيني

تسمية الجزيئات Naming Molecules

الفكرة الرئيسة **تستعمل بعض القواعد عند تسمية المركبات الجزيئية الثنائية الذرات، والأحماض الثنائية، والأحماض الأكسجينية.**

الربط مع الحياة تعلم أن والدة والدتك هي جدتك، وأن أخت جدتك هي خالتك الكبرى. ولكن ماذا نسمي ابنة أخ جدتك؟ إن تسمية الجزيئات بحاجة إلى مجموعة من القواعد، كما توجد قواعد لتسمية العلاقة بين أفراد العائلة.

تسمية المركبات الجزيئية ثنائية الذرات

Naming Binary Molecular Compounds

هناك العديد من الأسماء الشائعة للمركبات الجزيئية، إلا أن لها أسماء علمية أيضًا تبين تركيبها. فعند كتابة الصيغة الجزيئية وتسمية الجزيئات نستعمل خطوات شبيهة بتلك التي استخدمت في المركبات الأيونية.

لنبدأ أولاً بالمركبات الجزيئية الثنائية الذرات. لاحظ أن المركبات الجزيئية الثنائية الذرات تتكون من لا فلزين فقط، لا من ذرات الفلز أو الأيونات. فعلى سبيل المثال، توضح القواعد التالية خطوات تسمية الغاز N_2O، وهو غاز أكسيد ثنائي النيتروجين ويستخدم في التخدير، واسمه الأكثر شيوعًا هو الغاز المضحك.

1. يظهر اسم العنصر الثاني في الصيغة الجزيئية أولاً، ويظهر اسم العنصر الأول كاملاً. N هو رمز النيتروجين.
2. يُسمى العنصر الثاني في الصيغة الجزيئية باستخدام جذر الاسم مع إضافة مقطع (يد). O رمز الأكسجين ويظهر على شكل اسم أكسيد.
3. تُستخدم البادئات في التسمية لتحديد عدد ذرات كل عنصر في الصيغة الجزيئية، ويبين الجدول 3–4 قائمة بالبادئات الأكثر شيوعًا واستعمالاً. ونظرًا إلى وجود ذرتي نيتروجين تُستخدم البادئة "ثنائي".

الجدول 3-4 بادئات أسماء المركبات التساهمية

عدد الذرات	البادئة	عدد الذرات	البادئة
1	أول (أحادي)	6	سادس (سداسي)
2	ثاني (ثنائي)	7	سابع (سباعي)
3	ثالث (ثلاثي)	8	ثامن (ثماني)
4	رابع (رباعي)	9	تاسع (تساعي)
5	خامس (خماسي)	10	عاشر (عشاري)

مثال 2–4

تسمية مركبات الجزيئات الثنائية الذرات ما اسم المركب P_2O_5 الذي يستعمل بوصفه مادة مجففة تمتص الماء؟

1 تحليل المسألة

المعطيات: الصيغة الجزيئية للمركب. تحتوي الصيغة على العناصر وعدد ذرات كل عنصر في الجزيء. ولأن العنصرين من اللافلزات لذا يمكن استخدام القواعد المتبعة عند تسمية المركبات الجزيئية الثنائية الذرات.

2 حساب المطلوب

أولاً سمِّ عناصر المركب.

العنصر الأول يُسمى باسمه الكامل. — الفوسفور

العنصر الثاني يُضاف مقطع (يد) إلى أصل اسم العنصر عند جمع الاسمين معًا. — الأكسجين — أكسيد الفوسفور

والآن نضيف المقاطع التي تعبر عن عدد ذرات كل عنصر.

خامس أكسيد ثنائي الفوسفور

3 تقويم الإجابة

توضح تسمية المركب أنه يحتوي على ذرتين من الفوسفور، وخمس ذرات من الأكسجين. وهذا يتفق مع الصيغة الجزيئية P_2O_5

مسائل تدريبية

سمِّ كلًّا من مركبات الجزيئات الثنائية الآتية:

14. CO_2
15. SO_2
16. NF_3
17. CCl_4
18. تحدَّ ما الصيغة الجزيئية لمركب ثالث أكسيد ثنائي الزرنيخ؟

أسماء شائعة لبعض المركبات الجزيئية هل استمتعت يومًا ما بكأس مثلجة من أكسيد ثنائي الهيدروجين؟ لقد فعلت ذلك مرارًا، غير أنك استخدمت الاسم الشائع لذلك وهو الماء. تذكر أن العديد من المركبات الأيونية لها أسماء شائعة بالإضافة إلى الاسم العلمي. فعلى سبيل المثال، صودا الخبز هي كربونات الصوديوم الهيدروجينية، وملح الطعام هو كلوريد الصوديوم.

عُرف العديد من المركبات الجزيئية الثنائية الذرات، ومنها أكسيد النيتروجين والماء، منذ زمن طويل، وأعطيت أسماء شائعة قبل تطوير النظام الحالي في تسمية المركبات. ومن المركبات التساهمية التي تعرف غالبًا باسمها الشائع بدلاً من اسمها العلمي الأمونيا NH_3 والهيدرازين N_2H_4 وأكسيد النيتريك NO.

ماذا قرأت؟ **طبِّق** ما الاسم العلمي لكل من الأمونيا والهيدرازين وأكسيد النيتريك؟

111

التحليل

اطرح السؤالين الآتيين:

1. ما العنصر الذي تفاعل مع الكبريت والماغنيسيوم في أثناء العرض؟ الأكسجين
2. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعلين الكيميائيين التاليين:

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

$S_{(s)} + O_{2(g)} \rightarrow SO_{2(g)}$

التقويم

المعرفة إذا كوَّن Mg رابطة أيونية، وكونت S رابطة تساهمية، فأي الرابطتين أقوى؟ ولماذا؟ الرابطة الأيونية أقوى؛ حيث تنبعث طاقة أكبر عند تكونها.

مثال في الصف

سؤال يستخدم مركب PCl_5 وهو مادة صلبة تميل إلى اللون الأصفر ذي الرائحة الحادة غالبًا، مصدرًا للكلور الذي يستخدم في صناعة الأصباغ والصناعات الدوائية، فما اسم هذا المركب؟

الإجابة

العنصر الأول الفوسفور P. العنصر الثاني الكلور Cl، أضف مقطع (يد) إلى أصل اسم عنصر الكلور ليصبح كلوريد. والآن عدّل الاسم ليوضح عدد الذرات الموجودة في الجزيء. لا يوجد أرقام سفلية للفوسفور، مما يعني وجود ذرة واحدة فقط من هذا العنصر. أما الكلوريد فله رقم سفلي 5، خماسي. لذا يُسمى المركب خماسي كلوريد الفوسفور.

مسائل تدريبية

14. ثاني أكسيد الكربون
15. ثاني أكسيد الكبريت
16. ثلاثي فلوريد النيتروجين
17. رباعي كلوريد الكربون
18. As_2O_3

التعزيز

سلسلة قواعد تسمية الجزيئات اطلب إلى الطلبة عمل سلسلة من القواعد يمكن استعمالها لتسمية الجزيئات. واعرض ذلك على الصف. د م

ماذا قرأت؟ ثلاثي هيدريد النيتروجين، رباعي هيدريد ثنائي النيتروجين، أول أكسيد النيتروجين.

التقـــويـــم

المعرفة اعرض جدولا يحتوي الصيغ الجزيئية على الطلبة، واطلب إليهم تسمية كل جزيء أو حمض. واستعمل جدولًا آخر يحتوي على أسماء الجزيئات والأحماض، واطلب إليهم تحديد الصيغة الجزيئية الصحيحة لكل مادة. ض م

عرض عملي

تكوين الأحماض أضف نقطتين من كاشف بروموثايمول الأزرق إلى 50.0ml من الماء المقطر في دورق. وضع قشة ماصة في الماء، واطلب إلى أحد الطلبة النفخ من خلالها. سيتحول لون الكاشف من الأزرق إلى الأصفر؛ لأن ثاني أكسيد الكربون المنبعث من زفير الطالب يتفاعل مع الماء لتكوين محلول حمضي. $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$

اكتب الصيغة الجزيئية للحمض الناتج H_2CO_3 على السبورة، واسأل: هل الحمض الناتج ثنائي أم أكسجيني؟ حمض أكسجيني واطلب إليهم تسميته. حمض الكربونيك. ض م

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلبة المهتمين البحث وكتابة تقرير عن الخواص الفيزيائية والكيميائية للمركبات التي تحوي فقط النيتروجين والأكسجين ومصادرها، واستعمالاتها. هذه المركبات هي أول أكسيد النيتروجين، وثاني أكسيد النيتروجين، وأول أكسيد ثنائي النيتروجين، وثالث أكسيد ثلاثي النيتروجين، ورباعي أكسيد ثنائي النيتروجين، وخماسي أكسيد ثنائي النيتروجين. ف م

مشروع الكيمياء

المركبات الجزيئية اطلب إلى الطلبة باستعمال جدول 2×2 تحديد الجزيئات المحتمل تكوينها عند تفاعل الكربون والهيدروجين مع الأكسجين أو الفلور. واطلب إليهم استعمال حالة الأكسدة 4+ للكربون، و1+ للهيدروجين و2− للأكسجين، و1− للفلور. ثم اكتب الصيغة الجزيئية الصحيحة لكل مركب. ض م

تسمية الأحماض Naming Acids

تكون محاليل بعض الجزيئات حمضية، وتُسمى أحماضًا. إن الأحماض مركبات مهمة، ولها خواص محددة. وإذا أنتج المركب الكيميائي أيونات الهيدروجين +H في المحلول يكون المركب حمضيًا. فعلى سبيل المثال، HCl ينتج +H في المحلول، لذا فهو حمض. وهناك نوعان من الأحماض، هما الأحماض الثنائية والأحماض الأكسجينية.

تسمية الأحماض الثنائية: يحتوي الحمض الثنائي على الهيدروجين وعنصر آخر فقط. وتسمى الأحماض الثنائية الشائعة –ومنها حمض الهيدروكلوريك– وفق القواعد الآتية:

1. يستعمل المقطع "هيدرو" في الكلمة الثانية لتسمية الجزء الهيدروجيني من المركب. وتتألف بقية الكلمة من جذر اسم العنصر الثاني مضافًا إليها الخاتمة "يك". لذا فإن HCl (الهيدروجين والكلور) يصبحان معًا هيدروكلوريك.
2. تكون الكلمة الأولى دائمًا كلمة حمض، لذا فإن محلول HCl في الماء يعرف باسم حمض الهيدروكلوريك.

وعلى الرغم من أن تعبير ثنائي يشير إلى وجود عنصرين فقط، إلاَّ أن بعض الأحماض التي تحوي أكثر من عنصرين تُسمى بالطريقة نفسها التي تسمى بها الأحماض الثنائية العناصر. وإذا لم يوجد الأكسجين في معادلة المركب الحمضي سُمِّيَ الحمض بطريقة الأحماض الثنائية نفسها، إلا أن جذر الجزء الثاني للاسم هو جذر الأيون المتعدد الذرات. فمثلاًHCN الذي يتألف من الهيدروجين وأيون السيانيد يعرف باسم حمض الهيدروسيانيك.

تسمية الأحماض الأكسجينية: يعرف الحمض الذي يتألف من الهيدروجين وأيون أكسجيني باسم الحمض الأكسجيني. ولابد أنك تتذكر أن الأنيون الأكسجيني عبارة عن أيون عديد الذرات يحتوي على ذرة أو أكثر من ذرات الأكسجين. والقواعد الآتية تشرح طريقة تسمية حمض النيتريك HNO_3 وهو حمض أكسجيني.

1. أولاً: تعرّف الأنيون الأكسجيني الموجود. إن الكلمة الثانية التي يتألف منها اسم الحمض الأكسجيني تأتي من مصدر الأيون الأكسجيني ومعها مقطع "بير" أو "هايبو". أما إذا انتهى اسم الأنيون الأكسجيني بمقطع "آت" فيستبدل به مقطع "يك". وإذا انتهى اسم الأنيون الأكسجيني بمقطع "يت" فإنه يستبدل به مقطع "وز"، ويصبح أيون النترات نيتريك.
2. تكون الكلمة الأولى دائمًا كلمة حمض، فجزيء HNO_3 (المكون من الهيدروجين وأيون النترات) يصبح حمض النيتريك.

ويوضح الجدول 4–4 كيف تتفق أسماء عدة أحماض أكسجينية مع هذه القواعد. ولاحظ أن الهيدروجين لا يذكر في عمود "اسم الحمض".

الجدول 4-4 تسمية الأحماض الأكسجينية

المركب	الأنيون الأكسجيني	المقطع	اسم الحمض
$HClO_3$	كلورات	– يك	حمض الكلوريك
$HClO_2$	كلورايت	– وز	حمض الكلوروز
HNO_3	نترات	– يك	حمض النيتريك
HNO_2	نيتريت	– وز	حمض النيتروز

الجدول 5-4 صيغ بعض المركبات التساهمية وأسماؤها		
الصيغ الجزيئية	الاسم الشائع	اسم المركب الجزيئي
H_2O	ماء	(أحادي) أكسيد ثنائي الهيدروجين
NH_3	أمونيا	ثلاثي هيدريد النيتروجين
N_2H_4	هيدرازين	رباعي هيدريد ثنائي النيتروجين
HCl	حمض الميوريتيك	حمض الهيدروكلوريك

ويلخص **الجدول 5–4** الصيغ الجزيئية وأسماء بعض المركبات التساهمية. لاحظ وجود أسماء شائعة للأحماض الثنائية والأحماض الأكسجينية بالإضافة إلى أسمائها.

مسائل تدريبية

سمّ كلًّا من الأحماض الآتية مفترضًا أن جميعها تذوب في الماء.

19. HI **20.** $HClO_3$ **21.** $HClO_2$ **22.** H_2SO_4 **23.** H_2S

24. تحدّ ما الصيغة الجزيئية لحمض البيريوديك؟

كتابة الصيغ الكيميائية من أسماء المركبات

Writing Chemical Formulas from Names

يُظهرُ اسم المركب الجزيئي تركيبه ويُعدّ هذا مهمًّا لمعرفة طبيعة المركب الكيميائي. فعند إعطائك اسم أي جزيء ثنائي يتطلب أن تعرف كتابة صيغته الجزيئية. فالمقاطع المستخدمة في الاسم تشير إلى عدد الذرات في الجزيء وتحدد الرموز السفلية المستخدمة في الصيغة الجزيئية.

ويمكن معرفة الصيغة الجزيئية للحمض من اسم الحمض نفسه. ومن المفيد أن تتذكر أن كل الأحماض الثنائية تحتوي على الهيدروجين وعنصر آخر. ويتعين عليك لتسمية الأحماض الأكسجينية –وهي الأحماض التي تحتوي على أنيون الأكسجين– أن تعرف الأسماء الشائعة للأنيون الأكسجيني أولاً.

مسائل تدريبية

اكتب الصيغ الكيميائية للمركبات الآتية:

25. كلوريد الفضة.

26. أكسيد ثنائي الهيدروجين.

27. ثلاثي فلوريد الكلور.

28. ثلاثي أكسيد ثنائي الفوسفور.

29. عشاري فلوريد ثنائي الكبريت.

30. تحدّ ما الصيغة الكيميائية لحمض الكربونيك؟

مسائل تدريبية

19. حمض الهيدرويوديك
20. حمض الكلوريك
21. حمض الكلوروز
22. حمض الكبريتيك
23. حمض الهيدروكبريتيك
24. HIO_4
25. $AgCl$
26. H_2O
27. ClF_3
28. P_2O_3
29. S_2F_{10}
30. H_2CO_3

التقـــويـــم

المعرفة اطلب إلى الطلبة أن يكتبوا الصيغ الجزيئية، وأسماء الجزيئات والأحماض أو الصيغ الجزيئية لها على أحد وجهي البطاقات، ويكتبوا الصيغة الجزيئية الصحيحة أو الاسم على الوجه الآخر منها. واستعمل هذه البطاقات بوصفها بطاقات للمراجعة.

دفتر الكيمياء

تكوين المركبات وزع الجدول المجاور على الطلبة دون كتابة الإجابات. واطلب إليهم كتابة الصيغ الجزيئية وأسماء الجزيئات المتكونة في دفتر الكيمياء. وذكّرهم بكتابة الذرّة ذات الكهروسالبية الأقل أولاً في المركب. ض م

	Br	F	Cl
C	CBr_4 رباعي بروميد الكربون	CF_4 رباعي فلوريد الكربون	CCl_4 رباعي كلوريد الكربون
P	PBr_3 ثلاثي بروميد الفوسفور	PF_3 ثلاثي فلوريد الفوسفور	PCl_3 ثلاثي كلوريد الفوسفور
S	SBr_2 ثنائي بروميد الكبريت	SF_2 ثنائي فلوريد الكبريت	SCl_2 ثنائي كلوريد الكبريت

إجابات سؤال الشكل 11–4

H_2SO_3 هو حمض أكسجيني، HBr حمض ثنائي.

3. التقويم

التحقق من الفهم

اعرض على الطلبة جدول 4×4 الذي يحتوي ثمانية مركبات جزيئية وضعت أسماؤها بصورة عشوائية. ثم غطّ أحد المربعات واطلب إليهم مطابقة الصيغة الجزيئية مع اسم المركب الجزيئي الصحيح له. د م

إعادة التدريس

تكوّن العديد من ملوثات الهواء أحماضًا مع الماء. اطلب إلى الطلبة عمل جدول تحمل أعمدته العناوين الآتية على الترتيب:

الصيغة الجزيئية للملوِّث، اسم المركب الجزيئي، الصيغة الجزيئية للحمض، اسم الحمض. مضيفًا معلومات عن كل من الملوثات الآتية تحت كل عمود من الأعمدة السابقة، واطلب إلى الطلبة إكمال الجدول: SO_2 ثاني أكسيد الكبريت، H_2SO_3، حمض الكبريتوز، CO_2 ثاني أكسيد الكربون، H_2CO_3، حمض الكربونيك، SO_3 ثالث أكسيد الكبريت، H_2SO_4، حمض الكبريتيك، NO_2 ثاني أكسيد النيتروجين، HNO_3، حمض النيتريك. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلبة كتابة أسئلة مع إجاباتها لاتخاذها لعبة مستعملين الصيغة الجزيئية، واسم المركب الجزيئي، واسم الحمض، والصيغة الجزيئية للحمض. ف م

التقويم 4-2

31. سمِّ أولاً العنصر الأول في الصيغة الجزيئية، ثم سمِّ العنصر الثاني باستخدام أصل (جذر) اسم العنصر مع إضافة مقطع (يد) في نهايته، وإضافة البادئات لتحديد عدد ذرات كل عنصر.

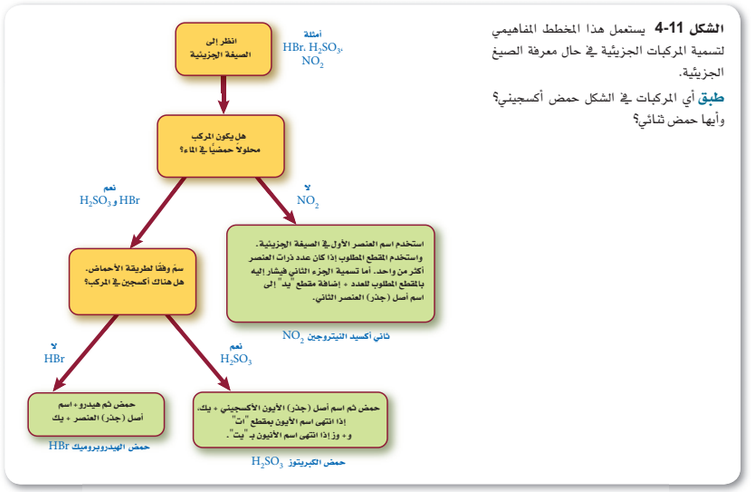
32. هو مركب جزيئي يتكوّن من عنصرين لا فلزيين فقط.

33. يتكوّن الحمض الثنائي من الهيدروجين وأحد العناصر الأخرى. أما الحمض الأكسجيني فيتكون من الهيدروجين، وعنصر آخر، والأكسجين.

34. توجد ذرتان من النيتروجين، لذا نستعمل بادئة (ثنائي) مع اسم النيتروجين. ويوجد أربع ذرات من الأكسجين، لذا نستعمل مقطعًا (رابع) مضافًا إلى أصل (جذر) اسم الأكسجين وينتهي بـِ (يد). فيكون الاسم: رابع أكسيد ثنائي النيتروجين.

35. HF, N_2O, S_2O_3, HIO_3

36. a. N_2O_3
b. NO
c. HCl
d. $HClO_3$
e. H_2SO_4
f. H_2SO_3



الشكل 4-11 يستعمل هذا المخطط المفاهيمي لتسمية المركبات الجزيئية في حال معرفة الصيغ الجزيئية.

طبق أي المركبات في الشكل حمض أكسجيني؟ وأيها حمض ثنائي؟

يساعد **الشكل 11–4** على تحديد اسم المركب الجزيئي التساهمي، ولاستخدام المخطط المفاهيمي ابدأ من القمة وطبق الإرشادات الموجودة في الأشكال الملونة، حتى تحدد اسم المركب المطلوب.

التقويم 4-2

الخلاصة

- تحتوي أسماء الصيغ الجزيئية للمركبات التساهمية على مقاطع للإشارة إلى عدد الذرات الموجودة في الصيغة الجزيئية.
- تكون المركبات التي تنتج H^+ في محاليلها حمضية. وتحتوي الأحماض الثنائية على الهيدروجين وعنصر آخر، أما الأحماض الأكسجينية فتحتوي على الهيدروجين وأنيون أكسجيني.

31. **الفكرة الرئيسة** لخص القواعد المستخدمة في تسمية المركبات الجزيئية الثنائية العناصر.

32. **عرف** المركب الجزيئي الثنائي.

33. **صف** الفرق بين الحمض الثنائي والحمض الأكسجيني.

34. **طبق** اشرح كيف تسمي الجزيء N_2O_4، باستخدام قواعد تسمية المركب الجزيئي الثنائي.

35. **طبق** اكتب الصيغة الجزيئية للمركبات الآتية: حمض الأيوديك، ثلاثي أكسيد ثنائي الكبريت، أكسيد ثنائي النيتروجين وحمض الهيدروفلوريك.

36. **اكتب** الصيغة الجزيئية للمركبات الآتية:

a. ثلاثي أكسيد ثنائي النيتروجين
b. أكسيد النيتروجين
c. حمض الهيدروكلوريك
d. حمض الكلوريك
e. حمض الكبريتيك
f. حمض الكبريتوز

114

4-3

1. التركيز

الفكرة الرئيسة

الصيغ الجزيئية زوِّد الطلبة بقطع لعب على شكل مكعبات، واطلب إليهم عمل هرم. ثم اسأل: هل اتبعوا نمطًا معينًا؟ يحدد شكل قطع المكعبات الطريقة التي يستطيعون بها بناء الهرم. وأخبرهم أن شكل الجزيئات يتحدد بالطريقة التي تقوم بها الذرات بالمشاركة في الإلكترونات.

2. التدريس

عرض عملي

نماذج الثمانية ضع دائرة على لوح العرض مع نموذج التمثيل النقطي للإلكترونات لذرة الكبريت ودائرتين مع نموذج التمثيل النقطي للإلكترونات لذرة الأكسجين. واسأل: كيف يمكن ترتيب هذه الذرات لتحقيق قاعدة الثمانية؟ يجب أن يستعمل الطلبة مبدأ التجربة والخطأ. وأخبرهم أن هناك طريقة منهجية يمكن استعمالها لتحديد أشكال لويس للجزيئات، ومنها الجزيئات التي تعد استثناءً لقاعدة الثمانية. ض م

إجابة سؤال الشكل 12–4

توضّح النماذج جميعها نوع الذرات وعددها. أما نموذج لويس، والصيغ البنائية، ونموذج الكرة والعصا، ونموذج ملء الفراغ الجزيئي فهي توضح الشكل الهندسي. ويوضح نموذج لويس توزيع إلكترونات التكافؤ بين أزواج الإلكترونات المترابطة وأزواج الإلكترونات غير المترابطة. ويبين نموذج ملء الفراغ الجزيئي الحجم النسبي للذرات.

التعلم البصري

بناء النماذج اطلب إلى الطلبة بناء نماذج لكل من NH_4^+ وCH_2O وBCl_3 وHF. باستعمال علبة نماذج الجزيئات أو قطع الحلوى وأعواد تنظيف الأسنان، واطلب إليهم تصميم جدول يوضح نموذج الكرة والعصا ونموذج لويس والصيغة الجزيئية لكل من هذه المواد. ض م

4–3

الأهداف

- **تعدّد** الخطوات الرئيسة لرسم تركيب لويس.
- **تشرح** لماذا يحدث الرنين. وتحدد تراكيبه.
- **تحدّد** ثلاث حالات لجزيئات تشذ عن قاعدة الثمانية، وتسمي هذه الجزيئات.

مراجعة المفردات

الرابطة الأيونية: قوة إلكتروستاتيكية تربط الجسيمات ذات الشحنات المختلفة بعضها مع بعض في المركب الأيوني.

المفردات الجديدة

الصيغة البنائية
الرنين
الرابطة التساهمية التناسقية
قاعدة الثمانية الممتدة

التراكيب الجزيئية

Molecular Structures

الفكرة الرئيسة **تبين الصيغ البنائية المواقع النسبية للذرات في الجزيء.**

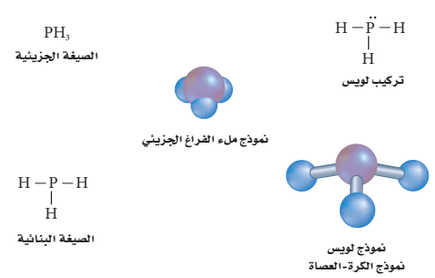
الربط مع الحياة عندما كنتَ صغيرًا قمت باللعب بقطع المكعبات التي يمكن تركيبها بطريقها محددة، لذا كنت تعلم أن شكل المجسم الذي بنيته يعتمد على الطريقة التي يتم بها تركيب المكعبات. وكذلك يتم بناء الجزيئات من ذراتها بطريقة مشابهة.

الصيغ البنائية Structural Formulas

عند دراسة الصيغ الجزيئية للمركبات التساهمية نستعمل النماذج لتمثيل الجزيء، وتبين الصيغ الجزيئية رموز العناصر، وتساعد كل من الأرقام السفلية على تعرّف نوع كل ذرة في الجزيء وعدد هذه الذرات. ويبين **الشكل 12–4** وجود أكثر من نموذج يمكن استعماله لتمثيل الجزيء. وقد تم توضيح ذرات كل عنصر في نموذج الكرة والعصا ونموذج ملء الفراغ الجزيئي، بواسطة كرة ذات لون مختلف. وتستعمل الألوان لتعرّف الذرّات إذا لم يكتب عليها الرمز الكيميائي للعنصر.

وأكثر النماذج الجزيئية فائدة نموذج الصيغة البنائية الذي يستعمل الرموز والروابط لبيان مواقع الذرات. ويمكنك توقع **الصيغة البنائية** من خلال رسم تركيب لويس، فقد سبق أن رأيت بعض الأمثلة البسيطة على تراكيب لويس. إلا أننا نحتاج إلى بناء أكثر من نموذج لتحديد أشكال الجزيئات.

الشكل 4-12 يمكن استخدام هذه النماذج جميعها لتوضيح أماكن الذرات والإلكترونات لجزيء ثلاثي هيدريد الفوسفور (الفوسفين).
قارن بين المعلومات المبينة في كل نموذج.



تطبيقات في الكيمياء

الأصباغ تعد الأصباغ العضوية مركبات جزيئية عضوية تمتص بعض الأطوال الموجية من الضوء المرئي وتعكس الأطوال الموجية الأخرى. وتستعمل هذه الأصباغ لإنتاج أقمشة ملونة. كما تستعمل في صباغة الأقراص المدمجة. وتحتوي الأقراص المدمجة على طبقة ملونة من مادة الأصباغ العضوية بين طبقة شفافة وأخرى صلبة، بالإضافة إلى طبقة عاكسة على السطح. وتستعمل أشعة الليزر لطباعة البيانات على القرص المدمج، حيث تقوم الروابط في جزيء مادة الصبغة العضوية بامتصاص أشعة الليزر، وتغير شكل الجزيء لتنتج مادة معتمة. وهذا التغير في شكل الجزيء دائم ولا يمكن عكسه، لذا تكتب البيانات مرة واحدة فقط على أي جزء من القرص المدمج .

تطوير المفهوم

نموذج لويس اطلب إلى الطلبة رسم نماذج لويس لعدد من المركبات الجزيئية باستعمال الطريقة المنهجية. وذكّرهم بأن الكربون قادر على تكوين سلسلة مع ذرات كربون أخرى، حيث تتحد ذرات الكربون فيما بينها بروابط أحادية، أو ثنائية أو ثلاثية، اعتمادًا على عدد أزواج الإلكترونات المتوافرة. واطلب إليهم رسم نموذج لويس للإيثان C_2H_6، والإيثين C_2H_4 وللإستيلين C_2H_2 بطريقة منهجية. ض م

التعزيز

تمثيل الجزيئات أشر إلى أن نماذج لويس والصيغ الجزيئية البنائية تستعمل لبيان نسب الذرات في المركّب وترتيبها. وتستعمل نماذج لويس لتمثيل المركبات الأيونية والمركبات التساهمية على حد سواء، في حين تستعمل الصيغ الجزيئية البنائية للمركبات الجزيئية فقط. أما الصيغ الجزيئية البنائية الخطية فتستعمل لتمثيل زوج الإلكترونات المشترك. ومع ذلك تمثل أزواج الإلكترونات الوحيدة وغير المشتركة عن طريق التمثيل النقطي للإلكترونات. ض م

تراكيب لويس على الرغم من سهولة رسم تراكيب لويس لمعظم المركبات المكونة من اللافلزات إلا أنه من المفيد أن نتبع خطوات منتظمة لعمل ذلك؛ فكلما أردت أن ترسم تركيب لويس اتبع الخطوات المبينة في استراتيجية حل المسألة.

استراتيجية حل المسألة

رسم تراكيب لويس

1. توقع موقع ذرات معينة.

تكون الذرة التي لها أقل جذب للإلكترونات المشتركة هي الذرة المركزية في الجزيء. ويكون هذا العنصر أقرب إلى الجهة اليسرى من الجدول الدوري، وفي الغالب يكون مكان الذرة المركزية في مركز الجزيء. وعليه تصبح باقي الذرات ذرات جانبية. يكون الهيدروجين دائمًا ذرة جانبية؛ لأنه يشارك بزوج واحد من الإلكترونات، ويتصل بذرة واحدة فقط.

2. حدد عدد الإلكترونات المتوافرة لتكوين روابط، إذ يساوي هذا العدد الكلي لإلكترونات تكافؤ الذرات الموجودة في الجزيء.
3. حدد عدد أزواج إلكترونات الربط. ولتحديد هذا العدد اقسم عدد الإلكترونات المتوافرة للربط على 2.
4. حدد أماكن أزواج الربط. ضع زوج ترابط واحدًا (رابطة واحدة) بين الذرة المركزية والذرات الجانبية كلها.
5. حدد عدد أزواج إلكترونات الترابط المتبقية. ولتحديد ذلك اطرح عدد الأزواج المستخدمة في الخطوة الرابعة من العدد الكلي للأزواج في الخطوة الثالثة. حيث تبين الأزواج المتبقية عدد الأزواج غير المترابطة والأزواج المستخدمة في الروابط الثنائية والثلاثية، ثم ضع الأزواج الوحيدة حول كل ذرة جانبية (ما عدا الهيدروجين) مرتبطة مع الذرة المركزية لتحقق قاعدة الثمانية، ثم عيّن أية أزواج إضافية للذرة المركزية.
6. حدد إذا كانت الذرة المركزية تحقق قاعدة الثمانية.

هل الذرة المركزية محاطة بأربعة أزواج من الإلكترونات؟ إذا كان الجواب لا فإنها لا تحقق قاعدة الثمانية. ولتحقيق قاعدة الثمانية حوّل زوجًا أو زوجين من الأزواج غير المترابطة في الذرات الجانبية إلى رابطة ثنائية أو ثلاثية بين الذرة الجانبية والذرة المركزية. فتبقى هذه الأزواج مرتبطة مع الذرة الجانبية، وكذلك مع الذرة المركزية. تذكّر أن الكربون والنيتروجين والأكسجين والكبريت عادة ما تكوّن روابط ثنائية وثلاثية.

طبق الاستراتيجية

ادرس الأمثلة 3–4 و4–4 لمعرفة كيف طبقت هذه الخطوات لحل المسائل.

116

مشروع الكيمياء

جلبرت لويس اطلب إلى الطلبة إجراء بحث حول جلبرت نيوتن لويس، وعمل ملصقات توضح نماذجه الأصلية. على أن يشاركوا هذه الملصقات مع طلاب صفهم.

مثال 3–4

تركيب لويس لمركب تساهمي بروابط أحادية. تستخدم الأمونيا بوصفها خامًا لصناعة العديد من المواد الأخرى، ومنها مواد التنظيف والأسمدة والمتفجرات. ارسم تركيب لويس للأمونيا NH_3.

1 تحليل المسألة

تحتوي جزيئات الأمونيا على ذرة نيتروجين وثلاث ذرات هيدروجين، ولكون الهيدروجين ذرة جانبية فلابد أن يكون النيتروجين الذرة المركزية.

2 حساب المطلوب

يجب أن نجد العدد الإجمالي لإلكترونات التكافؤ المتوافرة للترابط.

$$1\ \text{atom N} \times \frac{5\ \text{إلكترونات تكافؤ}}{1\ \text{atom N}} + 3\ \text{atom H} \times \frac{1\ \text{إلكترون تكافؤ}}{1\ \text{atom H}} = 8\ \text{إلكترونات تكافؤ}.$$

هناك 8 إلكترونات تكافؤ موجودة للترابط.

حدد عدد أزواج الترابط الكلي. وللقيام بذلك اقسم عدد الإلكترونات المتوافرة للترابط على 2.

$$\frac{8\ \text{إلكترونات}}{2\ \text{إلكترون/ زوج}} = 4\ \text{أزواج}$$

يتوافر أربعة أزواج من الإلكترونات للترابط.

ضع زوجًا رابطًا من الإلكترونات بين ذرة النيتروجين المركزية وكل ذرة هيدروجين جانبية لتكوين رابطة أحادية.

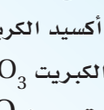
حدد عدد الأزواج غير المرتبطة المتبقية.

اطرح عدد الأزواج المستعملة في هذه الروابط من العدد الإجمالي للإلكترونات المتوافرة للترابط.

4 أزواج (المجموع الكلي) – 3 أزواج المستعملة = زوج واحد غير مرتبط

يكون الزوج المتبقي هو الزوج غير المرتبط، ويجب أن يضاف إلى الذرة المركزية أو إلى الذرات الجانبية. ولأن ذرات الهيدروجين تقبل رابطة واحدة فقط فإنها لا تستقبل زوجًا غير مرتبط من الإلكترونات.

ضع الزوج غير المرتبط المتبقي على ذرة النيتروجين المركزية.



2 تقويم الإجابة

تشارك كل ذرة هيدروجين بزوج واحد من الإلكترونات، وتشارك ذرة النيتروجين المركزية بثلاثة أزواج من الإلكترونات وزوج واحد غير مرتبط للحصول على حالة الثمانية المستقرة.

مسائل تدريبية

37. ارسم تركيب لويس لجزيء AlH_3.

38. تحدّ يحتوي جزيء ثلاثي فلوريد النيتروجين على عدد من الأزواج غير المرتبطة. ارسم تركيب لويس للجزيء.

117

دفتر الكيمياء

نماذج لويس اطلب إلى الطلبة توقع نماذج لويس للجزيئات الشائعة: أول أكسيد الكربون CO، ثاني أكسيد الكربون CO_2، ثاني أكسيد الكبريت SO_2، ثالث أكسيد الكبريت SO_3، سيانيد الهيدروجين HCN، أول أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O، وأول أكسيد النيتروجين NO . ض م

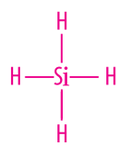
مثال في الصف

سؤال رباعي هيدريد السليكون عبارة عن غاز عند درجة حرارة الغرفة ويحترق بشكل فوري في الهواء. ما نموذج لويس لرباعي هيدريد السليكون SiH_4

الإجابة

$$\frac{1\ \text{إلكترون تكافؤ}}{1\ \text{atom H}} \times 4\ \text{atom H} + \frac{4\ \text{إلكترونات تكافؤ}}{1\ \text{atom Si}} \times 1\ \text{atom Si}$$

$$= \frac{8\ \text{إلكترونات تكافؤ}}{2} = 4\ \text{أزواج من إلكترونات الترابط}$$



استعمل أزواج إلكترونات الترابط كلها. للسليكون ثمانية إلكترونات ويساهم الهيدروجين بزوج واحد فقط. وهذا النموذج لشكل لويس يوافق قاعدة الثمانية.

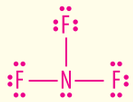
الخلفية النظرية

جزيئات في الفضاء توفر جسيمات الغبار– في سحب الغبار في الفضاء– سطوحًا تحدث فوقها التفاعلات الكيميائية، حيث تتجمع الذرات بعضها مع بعض لتكون جزيئات كبيرة. وفي أثناء حركة هذه الجزيئات في الفضاء تحدث لها تغيرات في الطاقة، فينبعث منها إشعاع على شكل موجات الراديو. وقد اكتشف العلماء في مايو من عام 2000 جزيء السكر البسيط "الريبوز" عائمًا في سحابة من الغبار الكوني تعرف باسم ساجتارياس B2. وتعرّف رواد الفضاء أكثر من 120 جزيئًا من الجزيئات الكونية.

مسائل تدريبية

37.

38.



مثال في الصف

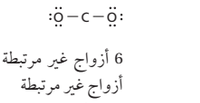
سؤال ثالث أكسيد السيلينيوم عبارة عن مسحوق بلوري أبيض مصفر، ويتحلل بالحرارة ويُعد سامًّا جدًّا. فما نموذج لويس لمركب ثالث أكسيد السيلينيوم SeO_3؟

الإجابة

$$1\,\text{atom Se} \times \frac{6\text{ إلكترونات تكافؤ}}{1\,\text{atom Se}} + 3\,\text{atom O} \times \frac{6\text{ إلكترونات تكافؤ}}{1\,\text{atom O}}$$

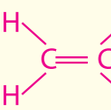
$$= \frac{24\text{ إلكترون تكافؤ}}{2}$$

= 12 زوجًا من الإلكترونات



تحقق الذرات المترابطة جميعها قاعدة الثمانية.

مسائل تدريبية



.39

.40

تطبيقات في الكيمياء

نضج الفاكهة والخضراوات تنتج الفواكه والخضراوات غاز الإثيلين C_2H_4 بشكل طبيعي عند نضجها. وفي حالة بعض الفواكه والخضراوات يتم تسريع عملية النضج عند تعريضها للإثيلين؛ إذ يعتمد تأثير الإثيلين في الفواكه والخضراوات على حساسية النوع للتأثر به. أخبر الطلبة أن بإمكانهم تسريع نضج الفاكهة في المنزل، وذلك بوضع الفاكهة غير الناضجة في كيس من الورق، حيث يسرّع غاز الإثيلين المحصور من عملية النضج .

مثال 4–4

تركيب لويس لمركب تساهمي يحتوي روابط متعددة ثاني أكسيد الكربون هو ناتج عملية تنفس الخلايا في الجسم. ارسم تركيب لويس لجزيء CO_2.

1 تحليل المسألة

يحتوي جزيء ثاني أكسيد الكربون على ذرة كربون وذرتي أكسجين. ولأن الكربون أقل جذبًا للإلكترونات المشتركة تصبح ذرة الكربون الذرة المركزية وذرتا الأكسجين ذرات جانبية.

2 حساب المطلوب

لإيجاد العدد الكلي لإلكترونات التكافؤ الموجودة

$$1\,\text{atom C} \times \frac{4\text{ إلكترونات تكافؤ}}{1\,\text{atom C}} + 2\,\text{atom O} \times \frac{6\text{ إلكترونات تكافؤ}}{1\,\text{atom O}} = 16\text{ إلكترون تكافؤ}.$$

لذا، فهناك 16 إلكترون تكافؤ متوافر للترابط.

حدد عدد أزواج الترابط الكلي بقسمة عدد الإلكترونات المتوافرة على 2.

$$\frac{16\text{ إلكترونًا}}{2\text{ إلكترون/ زوج}} = 8\text{ أزواج}$$

هناك 8 أزواج من الإلكترونات متوافرة للترابط.

ضع زوج رابط (رابطة أحادية) بين ذرة الكربون المركزية وذرتي الأكسجين الجانبيتين.

O – C – O

لتحديد عدد أزواج الترابط المتبقية، اطرح عدد الأزواج المستخدمة في الروابط من المجموع الكلي لأزواج الإلكترونات غير المرتبطة.

اطرح عدد الأزواج المستخدمة من العدد الكلي لأزواج الإلكترونات المتوفرة غير المرتبطة.

8 أزواج (المجموع الكلي) – زوجين مستخدمين = 6 أزواج غير مرتبطة

أضف ثلاثة أزواج غير مرتبطة إلى كل ذرة أكسجين جانبية.

اطرح الأزواج غير المرتبطة من الأزواج المتوافرة المتبقية.

6 أزواج غير مرتبطة – 6 أزواج غير مرتبطة = 0 أزواج غير مرتبطة

تفحص التركيب غير المكتمل، وبين مواقع الأزواج غير المرتبطة. لاحظ أن ذرة الكربون ليس لها ثمانية إلكترونات ولا توجد أزواج إلكترونات إضافية متاحة. ولحصول ذرة الكربون على ثمانية إلكترونات، يجب أن يكوّن الجزيء روابط ثنائية

استخدم زوجًا غير مرتبط من كل ذرة أكسجين لتكوين رابطة ثنائية مع ذرة الكربون

3 تقويم الإجابة

حقّق كل من الكربون والأكسجين قاعدة الثمانية.

مسائل تدريبية

39. ارسم تركيب لويس للإيثلين C_2H_4

40. تحدّ يحتوي جزيء ثاني كبريتيد الكربون على أزواج غير مرتبطة وأزواج مرتبطة متعددة. ارسم تركيب لويس للجزيء.

طرائق تدريس متنوعة

طلبة المستوى المتقدم اطلب إلى الطلبة عمل ملصقات لخطوات الطريقة المنهجية لتحديد بناء لويس لأحد الجزيئات أو الأيونات الآتية:

OH^-، PF^{6-}، BF_3، ClO_3^-، SF_3N، CH_2Cl_2 ف م

تركيب لويس للأيونات المتعددة الذرات على الرغم من أن الأيون المتعدد الذرات يُعامل كأنه أيون واحد إلا أن الذرات فيه تكون مرتبطة بروابط تساهمية. لذا تكون خطوات رسم تركيب لويس للأيونات المتعددة الذرات مشابهة لخطوات رسم المركبات التساهمية. ويتلخص الفرق الرئيس في إيجاد العدد الكلي للإلكترونات المتوافرة للترابط. وبالمقارنة مع عدد إلكترونات التكافؤ الموجودة في الذرات التي تكوّن الأيون، إذا كان الأيون مشحونًا بشحنة سالبة يكون هناك عدد أكبر من الإلكترونات، وإذا كان مشحونًا بشحنة موجبة يكون عدد الإلكترونات أقل.

ولإيجاد العدد الكلي للإلكترونات الموجودة في الرابطة نجد أولاً العدد المتوافر لدى الذرات الموجودة في الأيون، ثم نطرح شحنة الأيون إن كان موجبًا أو نجمع شحنته إن كان سالبًا.

مثال 5–4

تركيب لويس للأيون المتعدد الذرات ارسم تركيب لويس الصحيح لأيون الفوسفات PO_4^{3-} المتعدد الذرات.

1 تحليل المسألة

نعلم أن أيون الفوسفات يحتوي على ذرة فوسفور وأربع ذرات أكسجين وشحنة ثلاثية سالبة 3−. ولأن للفوسفور له أقل قوة جذب للإلكترونات المشتركة، تصبح ذرة الفوسفور هي الذرة المركزية وذرات الأكسجين الأربع هي الذرات الجانبية.

2 حساب المطلوب

جد العدد الكلي لإلكترونات التكافؤ المتوافرة للترابط.

$$1\,\text{atom P} \times \frac{5\text{ إلكترونات تكافؤ}}{1\,\text{atom P}} + 4\,\text{atom O} \times \frac{6\text{ إلكترونات تكافؤ}}{1\,\text{atom O}} + 3\text{ إلكترونات من الشحنة السالبة} = 32\text{ إلكترون تكافؤ}$$

حدد العدد الكلي لأزواج الترابط.

$$\frac{32\text{ إلكترون تكافؤ}}{2\text{ إلكترون / زوج}} = 16\text{ زوجًا}$$

ارسم رابطة أحادية بين ذرة الفوسفور P المركزية وذرات الأكسجين O الجانبية.

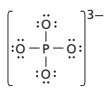
اطرح عدد الأزواج المستخدمة من العدد الكلي لأزواج الإلكترونات المتوفرة.

16 زوجًا (المجموع الكلي) − 4 أزواج مستخدمة = 12 زوجًا غير مرتبط

ضع ثلاثة أزواج غير مرتبطة لكل ذرة أكسجين جانبية

12 زوجًا غير مرتبطًا − 12 زوجًا مستخدمًا =0

تبين عملية طرح الأزواج الوحيدة المستخدمة من الأزواج المتوافرة عدم وجود إلكترونات متوافرة لذرة الفوسفور. يبين الشكل الجانبي تركيب لويس لأيون الفوسفات.



3 تقويم الإجابة

حققت الذرات حالة الثمانية إلكترونات والشحنة الكلية للمجموعة هي 3−

مسائل تدريبية

41. ارسم تركيب لويس لأيون NH_4^+
42. تحدّ يحتوي أيون ClO_4^- على عدد من الأزواج غير المرتبطة. ارسم تركيب لويس له.

119

التقويم

مهارة اكتب على بطاقة ملاحظاتٍ الصيغَةَ الكيميائية لجزيء أو أيون عديد الذرات. واطلب إلى الطلبة رسم بناء لويس على الجهة الأخرى من البطاقة. ض م

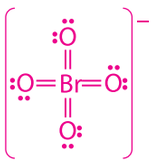
تطوير المفهوم

نمذجة الرنين اختر ثلاثة طلبة لتمثيل الذرات في الأيون العديد الذرات NO_2^- . ورتب الطلبة الثلاثة بطريقة منتظمة على أن تكون ذرة النيتروجين هي الذرة المركزية، وتكون أحدى الروابط رابطة ثنائية والرابطة الأخرى أحادية. واطلب إلى الطلبة تحديد أشكال الرنين.

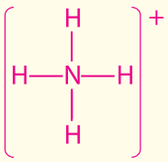
مثال في الصف

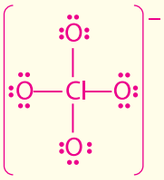
سؤال ما بناء لويس الصحيح للأيون العديد الذرات BrO_4^-؟

الإجابة



مسائل تدريبية

41. 

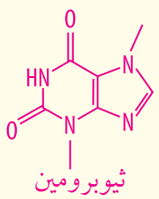
42. 

التعزيز

الكيمياء والشوكولاتة يستهلك سكان العالم العربي الشوكولاتة مثل العديد من الناس حول العالم. إذْ يحتوي الكاكاو (الشوكولاتة) على مادة الثيوبرومين التي تشبه مادة الكافيين كيميائيًّا، على الرغم من أنها تفتقر إلى تأثير الكافيين المنبه. ض م

1. اكتب الصيغة الجزيئية لمادة الثيوبرومين. $C_7H_8N_4O_2$
2. حدد عدد روابط سيجما وروابط باي الموجودة في الجزيء السابق.

22 رابطة سيجما و4 روابط باي



ثيوبرومين

الخلفية النظرية

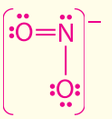
استثناءات قاعدة الثمانية تتكوّن العديد من المركبات دون أن تكوِّنَ ثمانية إلكترونات حول كل ذرة. وعادة ما تكون المركبات التي تحتوي البريليوم والبورون، بوصفها ذرة مركزية، غير مكتملة الإلكترونات الثمانية. أما الذرات التي لها أكثر من ثمانية إلكترونات فتكون ذرات مركزية لا فلزية في الدورة 3 أو أعلى لأن لها أفلاك d.

التقويم

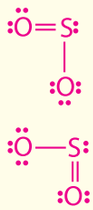
المعرفة الفوسيجين غاز سام جدًّا، عديم اللون، يستعمل في الحروب، والصيغة الجزيئية له هي CCl_2O . اطلب إلى الطلبة رسم شكلين من أشكال الرنين لهذا الجزيء.

مسائل تدريبية

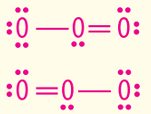
43.



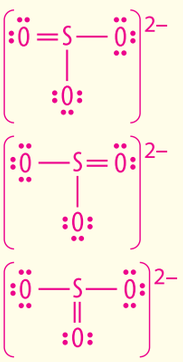
44.



45.



46.



طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى استعمل بطاقات الفهرسة المقسومة إلى نصفين، واطلب إلى الطلبة كتابة نموذج التمثيل النقطي للكربون C على ظهر إحدى البطاقات، ونموذج التمثيل النقطي لذرة الأكسجين O على ظهر ثلاث بطاقات أخرى. واسأل الطلبة أن يستعملوا البطاقات لتكوين أيون CO_3^{2-} عديد الذرات. وأخبرهم أن يحددوا شحنة الأيون بوضع قوس على شكل مربع كبير حول نموذج الصيغة البنائية مع كتابة العدد السفلي -2 خارج القوس. يجب أن يظهر عمل الطلبة الكربون كذرة مركزية، وثلاث ذرات أكسجين جانبية، ورابطتين أحاديتين، ورابطة واحدة ثنائية. واسألهم أيضًا إذا كان بالإمكان ترتيب الذرات بشكل آخر وتحقيق حالة الثمانية لكل الذرات. هناك شكلان آخران محتملان للرنين. إن موقع الرابطة المزدوجة يحدد شكل الرنين. د م

الشكل 4-13 أشكال الرنين لأيون النترات NO_3^-

a. تختلف أشكال الرنين هذه فقط في مكان الرابطة الثنائية. ولا تتغير أماكن ذرات النيتروجين والأكسجين.

b. يكون أيون النترات الحقيقي هو متوسط أشكال الرنين الثلاثة في **a**.

تبين الخطوط المنقطة أماكن محتملة للرابطة الثنائية.

أشكال الرنين Resonance Structures

يمكن باستخدام مجموعة الذرات نفسها الحصول على أكثر من تركيب لويس واحد صحيح، وذلك حينما يكون للجزيء أو الأيون المتعدد الذرات روابط أحادية وثنائية في الوقت نفسه. ولأيون النترات المتعدد الذرات المبين في **الشكل 4–13a** ثلاث أشكال متكافئة، يمكن استعمالها لتمثيل هذا الأيون.

الرنين حالة تحدث عندما يكون هناك احتمال لرسم أكثر من تركيب لويس لشكل الجزيء أو الأيون. ويشار إلى تركيب لويس الصحيح الذي يمثل الجزيء نفسه، أو الأيون، بأشكال الرنين. وتختلف أشكال الرنين في مكان وجود أزواج الإلكترونات لا في مكان وجود الذرة. لذا تختلف أماكن الأزواج غير المرتبطة وأزواج الروابط في الأشكال. وللجزيء O_3 والأيونات المتعددة الذرات NO_3^- ، NO_2^- ، SO_3^{2-} ، CO_3^{2-} أشكال رنين.

ومن المهم معرفة أن كل جزيء، أو أيون، له رنين خاص به، يتصرف وكأن له بناءً واحدًا فقط. انظر **الشكل 4–13b**، تظهر القياسات العملية أن أطوال الروابط المحسوبة في المختبر متماثلة. وتكون الروابط أقصر من الروابط الأحادية ولكنها أطول من الروابط الثنائية. ويكون الطول الحقيقي للرابطة هو المتوسط الحسابي لأطوال الروابط في أشكال الرنين.

المفردات

الاستعمال الشائع والاستعمال العلمي.

الرنين

الاستعمال العلمي ظاهرة تنسب إلى استقرار الجزيء، اهتزازات كبيرة تحدث نظامًا ميكانيكيًا تحت تأثير اهتزاز مؤثر خارجي. وللجزيء الجديد عدة أشكال رنين.

الاستعمال الشائع نوعية الغناء أو التنوع. صوت الفرقة الموسيقية له رنين.

مسائل تدريبية

ارسم أشكال الرنين للجزيئات الآتية:

43. NO_2^- 44. SO_2 45. O_3

46. تحدّ ارسم أشكال رنين لويس للأيون SO_3^{2-}

استثناءات قاعدة الثمانية Exceptions to the Octet Rule

عادة ما تحصل الذرات على ثمانية إلكترونات عندما تتحد بذرات أخرى. ولكن بعض الأيونات والجزيئات لا تتبع قاعدة الثمانية، وهناك بعض الأسباب لهذه الاستثناءات.

إلكترونات التكافؤ الفردية أولاً: يمكن أن يكون لمجموعة صغيرة من الجزيئات أعداد فردية لإلكترونات التكافؤ، ولا تستطيع أن تكوّن ثمانية إلكترونات حول كل ذرة. فمثلاً: NO_2 له خمسة إلكترونات تكافؤ من النيتروجين و 12 من الأكسجين، أيْ أن المجموع 17 إلكترون تكافؤ، لذا لا يمكنه تكوين عددٍ صحيحٍ من أزواج الإلكترونات. انظر **الشكل 4–14**.

وتعد ClO_2، NO أمثلة أخرى على جزيئات ذات إلكترونات تكافؤ فردية العدد.

الشكل 4-14 لا تحقق ذرة النيتروجين المركزية في جزيء NO_2 قاعدة الثمانية. فهي تحتوي سبعة إلكترونات فقط في مستوى الطاقة الخارجي.

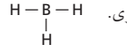
قاعدة الثمانية غير المكتملة

الشكل 15-4 تفاعل ثلاثي هيدريد البورون والأمونيا، تقدم ذرة النيتروجين إلكترونين يتم مشاركتهما بين البورون والأمونيا لتكوين رابطة تساهمية تناسقية.

فسّر هل تحقق الرابطة التساهمية التناسقية في هذا الجزيء قاعدة الثمانية؟

حالات الاستقرار بأقل من ثمانية إلكترونات والرابطة التساهمية التناسقية

تُعزى الحالات الاستثنائية الأخرى لقاعدة الثمانية إلى وصول بعض المركبات إلى التركيب المستقر بأقل من ثمانية إلكترونات حول الذرة. وهذه المجموعة نادرة الوجود، ومن الأمثلة عليها BH_3 . يوجد البورون في المجموعة 13، وهو عنصر شبه فلزي، ويكوّن ثلاث روابط تساهمية مع ذرات لا فلزية أخرى.



تتشارك ذرة البورون بستة إلكترونات فقط، وهذا أقل كثيرًا من عدد الإلكترونات الثمانية. وتكون مثل هذه المركبات في الغالب قابلة للتفاعل، ويمكن أن تشارك بزوج إلكترونات كامل ممنوح من ذرة أخرى.

تتكون **الرابطة التساهمية التناسقية** عندما تقدم إحدى الذرات إلكترونين لتشارك بهما ذرة أخرى أو أيونًا آخر، بحاجة إلى إلكترونين ليكوّنا ترتيبًا إلكترونيًا مستقرًا بأقل طاقة وضع. انظر **الشكل 15-4**، عادة ما تكوّن الذرات، أو الأيونات، ذات الأزواج غير المرتبطة روابط تساهمية تناسقية مع ذرات أو أيونات تحتاج إلى إلكترونين إضافيين.

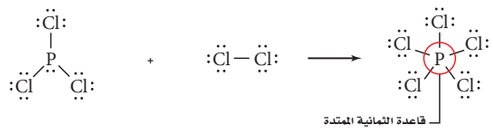
قاعدة الثمانية الممتدة للمجموعة الثالثة من المركبات التي لا تتبع قاعدة الثمانية ذرة مركزية تحتوي على أكثر من 8 إلكترونات تكافؤ. ويُسمى هذا التركيب الإلكتروني **بقاعدة الثمانية الممتدة**.

ويمكن تفسير قاعدة الثمانية الممتدة بالأخذ بعين الاعتبار الفلك d الذي يوجد في مستويات طاقة عناصر الدورة الثالثة وما بعدها. ويبين **الشكل 16-4** مثالاً على قاعدة الثمانية الممتدة، وهو تكون روابط الجزيء PCl_5 . تتكون خمس روابط من عشرة إلكترونات مشتركة في فلك s واحد، وثلاثة أفلاك p وفلك d واحد.

والمثال الآخر هو جزيء SF_6 الذي يحتوي على ست روابط تتشارك 12 إلكترونًا في فلك s وثلاثة أفلاك p، واثنين من أفلاك d.

وعندما نرسم بناء لويس لهذه المركبات فإما أن نضيف أزواج إلكترونات غير مرتبطة للذرة المركزية، أو أن يكون هناك أكثر من أربع ذرات ترتبط في الجزيء.

ماذا قرأت؟ **لخص** الأسباب الثلاثة التي تجعل جزئ ما لا ينتمي إلى الجزيئات التي تحقق قاعدة الثمانية.



الشكل 16-4 قبل التفاعل بين PCl_3 و Cl_2 تتبع كل ذرة قاعدة الثمانية. وبعد التفاعل ينتج PCl_5 الذي له قاعدة ثمانية ممتدة تحتوي على عشرة إلكترونات.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى استخدم التشابه الآتي لتوضيح الروابط التساهمية للطلبة. عندما تستعير قرصًا مدمجًا من أحد الأصدقاء، فإنك تتعامل معه على أنه من ممتلكاتك الشخصية، في حين يعده صديقك في الوقت نفسه من ممتلكاته الشخصية. د م

إجابة سؤال الشكل 15–4 نعم، كل ذرة مشاركة في الرابطة لها ثمانية إلكترونات.

التعلم البصري

قاعدة الثمانية الممتدة اطلب إلى الطلبة تحديد موضع اللافلزات ابتداءً من الدورة 3 من الجدول الدوري، إذ تستطيع هذه العناصر امتلاك قاعدة الثمانية الممتدة. موضحًا أن الفوسفور لافلز في المجموعة 15 وله 5 إلكترونات تكافؤ، ويستطيع المشاركة فيها جميعًا، لذا يؤدي إلى امتداد حالة الثمانية له لتشمل التوزيع sp^3d القادر على حمل 10 إلكترونات.

ثم اطلب إلى الطلبة عمل نموذج لكل من PF_5 و SCl_6 و ClF_5، باستعمال قطع حلوى الحلقوم لتمثيل الذرات، وأعواد تنظيف الأسنان لتمثيل الرابطة التساهمية المفردة. ف م

ماذا قرأت؟ يحوي الجزيء عددًا فرديًّا من إلكترونات التكافؤ، ويكون الجزيء في حالة الاستقرار بعدد أقل من ثمانية إلكترونات تكافؤ، والجزيء يكون مستقرًّا بأكثر من ثمانية إلكترونات تكافؤ (حالة الثمانية الممتدة).

3. التقويم

التحقق من الفهم

اكتب إحدى الصيغ الجزيئية على السبورة. واطلب إلى الطلبة رسم نموذج تركيب لويس للجزيء. ض م

إعادة التدريس

راجع الخطوات المستخدمة لرسم تركيب لويس لجزيئات N_2O و BeF_2. واطلب إلى الطلبة تحديد ما إذا كانت هذه الجزيئات استثناءات لقاعدة الثمانية أو أنها تظهر شكل الرنين. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلبة البحث حول المركبات المتكونة من غاز الزينون النبيل. واطلب إليهم رسم تركيب لويس الذي يبين الجزيء المتكون. ض م

مثال في الصف

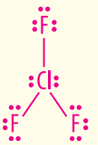
سؤال سادس فلوريد السيلينيوم غاز سام يستعمل في العزل الكهربائي. ما تركيب لويس لهذا المركب؟

الإجابة

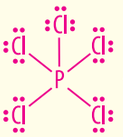
لكل ذرة فلور ثمانية إلكترونات، ولذرة السيلينيوم المركزية حالة الثمانية الممتدة.

مسائل تدريبية

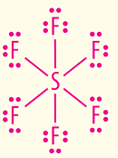
.47



.48



.49



مثال 6–4

تراكيب لويس: استثناءات قاعدة الثمانية الزينون غاز نبيل، يكون بعض المركبات عند تفاعله مع اللافلزات الشديدة الجذب للإلكترونات. ارسم تركيب لويس الصحيح للجزئ XeF_4 .

1 تحليل المسألة

لديك الجزيء XeF_4 الذي يحتوي على ذرة Xe واحدة، وأربع ذرات F. ولأن جاذبية Xe للإلكترونات قليلة لذلك يُكَوّن الذرة المركزية.

2 حساب المطلوب

أولاً يجب أن نجد العدد الكلي لإلكترونات التكافؤ.

$$\frac{8 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \cancel{\text{atom Xe}}} \times 1 \cancel{\text{atom Xe}} + \frac{7 \text{ إلكترونات تكافؤ}}{1 \cancel{\text{atom F}}} \times 4 \cancel{\text{atom F}} = 36 \text{ إلكترون تكافؤ}$$

حدد العدد الكلي لأزواج الربط

$$\frac{36 \text{ إلكترونًا}}{2 \text{ إلكترون / زوج}} = 18 \text{ زوجًا}$$

استخدم أزواج الربط الأربعة لربط أربع ذرات F مع ذرة Xe المركزية

حدد عدد الأزواج غير المرتبطة

18 زوجًا (المجموع الكلي) – 4 أزواج مستخدمة = 14 زوجًا غير مرتبط

أضف ثلاثة أزواج إلكترونات إلى كل ذرة F للحصول على الثمانية. وجد عدد الأزواج غير المرتبطة.

$$14 \text{ زوجًا} - \frac{3 \text{ أزواج}}{1 \cancel{\text{atom F}}} \times 4 \cancel{\text{atom F}} = \text{زوجين غير مرتبطين}$$

ضع الزوجين غير المرتبطين على ذرة Xe المركزية

3 تقويم الإجابة

يعطي هذا التركيب ذرة الزينون ما مجموعه 12 إلكترونًا. ويعد ذلك زيادة على قاعدة الثمانية امتدادًا للقاعدة في حالة وجود ست روابط. تعد مركبات الزينون مثل XeF_4 سامة بسبب قدرتها العالية على التفاعل.

مسائل تدريبية

ارسم تراكيب لويس الممتدة للجزيئات الآتية :

47. ClF_3

48. PCl_5

49. **تحدّ** ارسم تراكيب لويس للجزيء الناتج عن ارتباط 6 ذرات فلور مع ذرة كبريت بروابط تساهمية.

التقويم 4-3

الخلاصة

- هناك أكثر من نموذج يمكن استعماله لتمثيل الجزيئات.
- يحدث الرنين عندما يكون هناك أكثر من شكل لويس للجزيء الواحد.
- تشذ بعض الجزيئات عن قاعدة الثمانية.

50. الفكرة الرئيسة **اشرح** المعلومات الموجودة في الصيغة البنائية للجزيء.

51. **اذكر** الخطوات الضرورية لرسم تراكيب لويس.

52. **لخص** استثناءات قاعدة الثمانية من خلال عمل أزواج من الجزيئات والعبارات الآتية: PCl_5، و ClO_2، و BH_3، وعدد فردي من إلكترونات التكافؤ، وقاعدة الثمانية الممتدة، وأقل من ثمانية.

53. **قوّم** يقول أحد الطلاب إن بإمكان المركبات الثنائية التي تحتوي على روابط سيجما فقط إظهار خاصية الرنين. هل هذه العبارة صحيحة؟

54. **ارسم** أشكال الرنين لجزيء N_2O أكسيد ثنائي النيتروجين.

55. **ارسم** تراكيب لويس لكل من CN^-، و SiF_4، و HCO_3^-، و AsF_6^-.

123

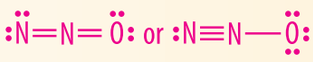
التقويم 4-3

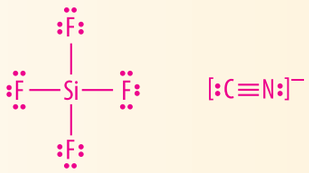
50. عدد الذرات وأنواعها، شكل تقريبي للجزيء.

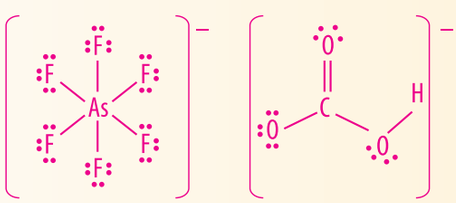
51. حدد الذرة المركزية والذرات الجانبية، وحدد عدد إلكترونات وأزواج الإلكترونات المترابطة، ثم صل الذرات الجانبية بالذرة المركزية عن طريق روابط أحادية. وحدد عدد أزواج الربط المتبقية، ثم طبّق قاعدة الثمانية لتكوّن روابط ثنائية أو ثلاثية إذا اقتضت الضرورة.

52. قاعدة الثمانية الممتدة، PCl_5، عدد فردي من إلكترونات التكافؤ، ClO_2، أقل من ثمانية إلكترونات، BH_3

53. لا، يجب أن يكون للجزيء أو الأيون العديد الذرات رابطة أحادية ورابطة ثنائية لكي يظهر خاصية الرنين

54. 

55. 



4-4

1. التركيز

الفكرة الرئيسة

شكل الجزيء أحضر إلى الصف أربعة بالونات منفوخة، وأخبر الطلبة أن هذه البالونات تمثل أزواج إلكترونات الربط. اربط نهاية بالونين معًا من الوسط، واطلب إلى الطلبة توقع شكل الجزيء. خطي. اربط نهايات ثلاثة بالونات من الوسط واطلب إليهم توقع شكل الجزيء. مثلث مستو. وأخيرًا، اربط نهايات البالونات الأربعة من الوسط، واسأل عن الشكل. رباعي الأوجه. ض م

2. التدريس

عرض عملي

نموذج لمشاركة الإلكترونات

اصنع نماذج باستعمال بالونات صغيرة لتمثل أزواج الإلكترونات المشتركة، وبالونات كبيرة للدلالة على أزواج الإلكترونات غير المشتركة، لبيان أزواج إلكترونات كل من الجزيئات، HCl، H_2O، NH_3 و CH_4 مستعملاً الفئات الآتية من البالونات: HCl، بالون صغير وبالون كبير، H_2O اثنان صغيران وواحد كبير، NH_3 ثلاثة بالونات صغيرة وبالون كبير، CH_4 أربعة بالونات صغيرة وواحد كبير. ثم اربط البالونات معًا واسأل الطلبة أن يلاحظوا الشكل الناتج للجزيئات. د م

4–4

أشكال الجزيئات Molecular Shapes

الأهداف

- **تلخص** نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR.
- **توقع** الشكل وزاوية الرابطة في الجزيء.
- **تعرّف** التهجين.

مراجعة المفردات

الأفلاك الذرية: المنطقة الموجودة حول نواة الذرة والتي تحدد احتمال مكان وجود الإلكترونات.

المفردات الجديدة

نموذج VSEPR

التهجين

الفكرة الرئيسة **يستعمل نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR لتحديد شكل الجزيء.**

الربط مع الحياة هل قمت بدلك بالونين بشعرك لتوليد شحنة كهربائية ساكنة؟ وإذا وضعت البالونين أحدهما بجانب الآخر فسوف يتنافران بسبب شحنتيهما المتشابهتين، ويبتعدان أحدهما عن الآخر. وكذلك الحال مع الشحنات؛ فإن أشكال الجزيئات تتأثر بقوى التنافر الإلكترونية.

نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR Model

يُحدّد شكل الجزيء الكثير من خواصه الفيزيائية والكيميائية. وعادة ما تحدِّد أشكال جزيئات المواد المتفاعلة ما إذا كان بعضها يستطيع الاقتراب من بعض للسماح بحدوث التفاعل أم لا.

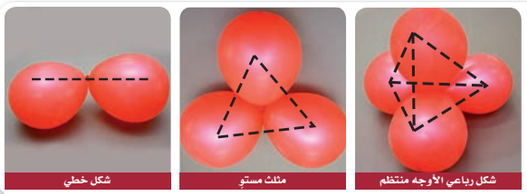
تحدد الكثافة الإلكترونية الناتجة عن تداخل أفلاك الإلكترونات المشتركة معًا شكل الجزيء. وقد طُوّرت أكثر من نظرية لشرح تداخل أفلاك الترابط، ويمكن استخدامها في توقع شكل الجزيء. كما يمكن معرفة شكل الجزيء عندما نرسم تراكيب لويس له. ويُسمى النموذج المستخدم في تحديد شكل الجزيء **بنموذج VSEPR** (التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ). ويعتمد هذا النموذج على الترتيب الذي من شأنه أن يقلل التنافر بين أزواج الإلكترونات المرتبطة وغير المرتبطة حول الذرة المركزية إلى أقصى درجة ممكنة.

زاوية الرابطة ولفهم نموذج VSEPR على نحو أفضل، تخيل بالونات منتفخة بحجوم متماثلة ومربوطة بعضها مع بعض كما في **الشكل 17–4**؛ حيث يمثل كل بالون منطقة سحابة إلكترونية، وتمنع قوة تنافر كل منطقة سحابة إلكترونية الإلكترونات الأخرى من دخولها. وعندما تتصل مجموعة من البالونات بنقطة مركزية، وهي تمثل الذرة المركزية، فمن الطبيعي أن تأخذ هذه البالونات شكلاً يقلل من التصادم بينها.

تتنافر أزواج الإلكترونات في الجزيء بطريقة مماثلة، وتعمل هذه القوى على تحديد مواقع الذرات في الجزيء عند زوايا ثابتة بعضها بالنسبة إلى بعض.

وتعرف الزاوية بين ذرتين جانبيتين والذرة المركزية بزاوية الرابطة. وتكون قيم زوايا الرابطة التي يمكن توقعها بـ VSEPR مدعومة بأدلة تجريبية.

وتؤثر أزواج الإلكترونات غير المرتبطة أيضًا في تحديد شكل الجزيء؛ إذ تحتل هذه الإلكترونات أفلاكًا أكبر مقارنة بالإلكترونات المشتركة. لذا تقترب أفلاك الأزواج الرابطة المشتركة بعضها بجانب بعض؛ تحت تاثير وجود الأزواج غير المرتبطة.



الشكل 17-4 تبتعد أزواج الإلكترونات في الجزيء بعضها عن بعض، كما هو مبين في ترتيب البالونات. إذ يكوّن زوجان شكلاً خطيًّا، وتكوّن ثلاثة أزواج شكل مثلث مستو. في حين تكوّن أربعة أزواج شكلاً رباعي الأوجه منتظمًا.

الربط مع علم الأحياء يعد شكل جزيئات الطعام عاملاً مهمًّا في تحديد طعمها، حيث تملأ أنسجة التذوق سطح اللسان، ويحتوي كل نسيج ما بين 100 – 50 خلية تذوق. وتحدد خلايا التذوق 5 نكهات، هي الحلو والمر والمالح والحامض ونكهة طعم جلوتومات الصوديوم الأحادية MGS. ويمكن لكل خلية أن تحدد نكهة واحدة فقط.

تتحدد أشكال جزيئات الطعام اعتمادًا على تركيبها الكيميائي. وحينما يدخل الجزيء نسيج التذوق يجب أن يكون له الشكل الصحيح لتتمكن كل خلية عصبية من تمييزه، وإرسال رسالة إلى الدماغ الذي يحللها بوصفها نكهة معينة. وعندما تلتصق هذه الجزيئات بنسيج الطعم الحلو تبعث خلاياه رسالة بأن المادة حلوة. وكلما ازداد عدد جزيئات الطعام ذات المذاق الحلو زادت حلاوة الطعام. فالسكر والمُحلِّيات المصنعة ليست الجزيئات الحلوة الوحيدة؛ فبعض البروتينات الموجودة في الفاكهة تعد جزيئات حلوة. ولقد تم إدراج بعض أشكال الجزيئات المعروفة في **الجدول 6–4**.

التهجين Hybridization

يحدث التهجين عند دمج شيئين معًا، حيث يكون للشيء الهجين خواص كلا الشيئين معًا. فمثلاً، السيارات الهجينة تستخدم الكهرباء والبنزين كمصادر للطاقة. وخلال الترابط الكيميائي يخضع العديد من الأفلاك الذرية لعملية التهجين. ولفهم ذلك، ادرس رابطة جزيء الميثان CH_4. فلذرة الكربون 4 إلكترونات تكافؤ، وتوزيعها الإلكتروني هو $[He]2s^2 2p^2$. وربما تتوقع أن يرتبط الإلكترونان المنفردان من p بذرات أخرى، وأن تبقى إلكترونات 2s كأزواج غير مرتبطة. ولكن ترتبط ذرة الكربون بعملية **التهجين**؛ حيث تختلط الأفلاك الذرية لتكوّن أفلاكًا مهجّنة جديدة.

يبين **الشكل 18–4** الأفلاك الهجينة في ذرة الكربون، حيث يحتوي كل فلك مهجن على إلكترون واحد يمكن أن يشترك مع ذرة أخرى، ويُسمى بالفلك المهجن sp^3 لأنه يتكون من فلك s وثلاثة أفلاك p. ويعد الكربون أشهر العناصر التي تخضع لعملية التهجين.

ويكون عدد الأفلاك الذرية التي تختلط معًا وتكوّن الفلك المهجن مساويًا لمجموع أعداد أزواج الإلكترونات، كما في **الجدول 6–4**. بالإضافة إلى ذلك يكون عدد الأفلاك المهجنة الناتجة مساويًا عدد الأفلاك الذرية المتداخلة.

فعلى سبيل المثال، لـ $AlCl_3$ ثلاثة أزواج من الإلكترونات، ويتوقع نموذج VSEPR أن يكون شكل الجزيء مثلثًا مستويًا. وينتج هذا الشكل عند تداخل فلك واحد من s وفلكين p في الذرة المركزية Al وتكوين ثلاثة أفلاك هجينة متشابهة sp^2.

تحتل الأزواج غير المرتبطة أفلاكًا مهجنة أيضًا. قارن بين الأفلاك المهجنة في H_2O و $BeCl_2$ والموجودة في **الجدول 6–4**، حيث يحتوي كل من المركبين على ثلاث ذرات. فلماذا يحتوي جزيء H_2O على أفلاك sp^3؟ هناك زوجان غير مرتبطين على ذرة الأكسجين المركزية في H_2O، لذا يجب أن يكون هناك أربعة أفلاك مهجنة، اثنان للربط واثنان لأزواج غير مرتبطة.

تذكّر أن الرابطة التساهمية المتعددة تتكون من رابطة سيجما واحدة ورابطة باي واحدة أو أكثر. تحتل إلكترونات رابطة سيجما فقط أفلاكًا مهجنة مثل sp و sp^2، أما بقية أفلاك p غير المهجنة فتكوّن رابطة باي. ومن المهم أن نعلم أن الروابط التساهمية الأحادية والثنائية والثلاثية تحتوي على فلك مهجن واحد. لذا فإن CO_2 يحتوي على رابطتين ثنائيتين ويكون الفلك المهجن من نوع sp.

ماذا قرأت؟ اذكر عدد الإلكترونات المتوافرة للترابط في الفلك المهجن .

المفردات

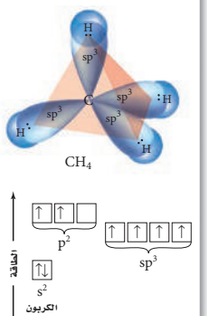
أصل الكلمة

مثلث مستوٍ

من أصل لاتيني، وتعني شكل ثلاث زوايا في سطح مستوٍ.

الشكل 18-4 تحتل إلكترونات ذرة الكربون في أفلاك 2s و 2p أفلاكًا مهجنة من نوع sp^3. لاحظ أن قيمة طاقة الأفلاك تعادل متوسط طاقة وضع أفلاك s و p الأصلية. وتبعًا لنظرية VSEPR فإن الشكل الرباعي الأوجه المنتظم يقلل التنافر بين الأفلاك المهجنة في جزيء CH_4.

حدد كم وجهًا يحتوي الشكل الرباعي الأوجه المنتظم الناتج عن أفلاك sp^3



CH_4

125

طرائق تدريس متنوعة

فوق المستوى اطلب إلى الطلبة البحث حول نظرية أفلاك الجزيئات. حيث تصف هذه النظرية الإلكترونات في الجزيء باستعمال أفلاك الجزيئات بدلاً من الأفلاك الذرية. وينبغي على الطلبة أن يستعملوا الأشكال ويقدموا تقريرًا عن أبحاثهم للفصل. ف م

الرياضيات في الكيمياء

الهندسة ابدأ بعمل نموذج جزيء H_2 مستعينًا بمجموعة عمل نماذج الجزيئات، واسأل الطلبة: لماذا يُعد جزيء الهيدروجين خطيًّا؟ لأنه يمكن رسم خط مستقيم بين الذرتين. ثانيًا، اعمل نموذج جزيء BeH_2، واسأل الطلبة تحديد شكله. خطي، ثم اعمل نموذجًا واطلب إلى الطلبة ملاحظة أن الذرات الأربع تقع في المستوى نفسه. ثم اقطع قطعة مثلثية الشكل من شفافية العرض وضعها فوق الجزيء، واطلب إلى الطلبة تحديد زاوية الرابطة. 120°. يعرف شكل الجزيء باسم المثلث المستوي. اعمل نموذج جزيء CH_4، واطلب إلى الطلبة قص أربعة مثلثات متساوية الأضلاع، وقم بتجميعها فوق نموذج الجزيء لتشكيل النموذج الهندسي، واطلب إليهم وصف الشكل الناتج. رباعي الأوجه منتظم. ثم اعمل نموذج جزيء NH_3 واطلب إلى الطلبة تجميع أشكال هندسية للإحاطة بنموذج الجزيء. وأخبرهم أن الشكل يعرف باسم الهرم الثلاثي، وعليهم أن يلاحظوا أنه لا توجد نقط داخلية في شكل هذا الجزيء، كما أن كل ذرة تكون على استقامة مع أحد رؤوس الهرم. وأخيرًا اعمل نموذج جزيء H_2O، واسأل الطلبة تحديد شكل الجزيء. منحن، وأشر إلى أن شكل الجزيء مستوٍ، وأن الزاوية منفرجة. ف م

التوسع

الهندسة المعقّدة أعد النشاط السابق لجزيء PCl_5 وجزيء SF_6، واطلب إلى الطلبة تحديد الأشكال الهندسية للجزيئات. ثنائي الهرم مثلثي، ثماني الأوجه منتظم. ف م

إجابة سؤال الشكل 18–4 أربع.

ماذا قرأت؟ واحد.

التقويم

الأداء دع الطلبة يعدّوا نماذج للأشكال الآتية باستعمال نموذج VSEPR: خطّي، مثلث مستوٍ، ثنائي الهرم مثلثي، وثُمانيّ الأوجه منتظم. ض م

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة استعمال تركيب لويس لتوقع شكل جزيء وزاوية الرابطة، وأفلاك التداخل في الزرنيخ ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة استعمال كرات صغيرة من الطين لتمثيل الأنوية وإلكترونات التكافؤ، واستعمال أعواد تنظيف الأسنان الملونة لتمثيل إلكترونات الربط، وأعواد تنظيف الأسنان غير الملونة لتمثيل الإلكترونات المفردة. اعمل نموذجًا لجزيء CH_4، ثم اطلب إلى الطلبة تحديد أفلاك التداخل للكربون وشكل الجزيء. sp^3، رباعي الأوجه منتظم. كرر النشاط مع جزيء NH_3، sp^3، مثلثي هرمي، ثم كرر النشاط مع H_2O. sp^3، منحن. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلبة أن يشرحوا كيف يكون لذرة الكربون أربعة أماكن ربط، بينما يشير توزيعه الإلكتروني $[He]\ 2S^2\ 2p^2$ إلى أن له مكانين للربط فقط. يحصل التهجين في فلكي $2S^2$ $2p^2$، فتتكون أربعة أفلاك ربط sp^3 .

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلبة كتابة الصيغة الجزيئية لجزيء بسيط على ظهر ورقة. واطلب إلى طالب آخر رسم نموذج للجزيء، وتوقع الشكل الهندسي، والتداخل، وزاوية الرابطة لهذا الجزيء. ض م

الجدول 6-4 الأشكال الفراغية للجزيئات

الجزيء	العدد الكلي لأزواج الإلكترونات	الأزواج المشتركة	الأزواج غير المرتبطة	الأفلاك المهجنة	أشكال الجزيئات
$BeCl_2$	2	2	0	sp	180° خطي
$AlCl_3$	3	3	0	sp^2	120° مثلث مستوٍ
CH_4	4	4	0	sp^3	109.5° رباعي الأوجه منتظم
PH_3	4	3	1	sp^3	107.3° مثلثي هرمي
H_2O	4	2	2	sp^3	104.5° منحني
$NbBr_5$	5	5	0	sp^3d	90° 120° ثنائي الهرم مثلثي (المسدس الأوجه)
SF_6	6	6	0	sp^3d^2	90° 90° ثماني الأوجه منتظم

تمثل الكرات الذرات، وتمثل العصي الروابط، وأما الفصوص فتمثل أزواج الإلكترونات غير المرتبطة

يحتوي جزيء $BeCl_2$ على زوجين فقط من الإلكترونات المرتبطة مع ذرة Be المركزية. لذا تكون إلكترونات الرابطة على أبعد مسافة ممكنة بينها، وزاوية الرابطة 180° وشكل الجزيء خطيًا

تكون أزواج الإلكترونات الثلاثة المكونة للروابط في المركب $AlCl_3$ على أكبر مسافة بينها عندما تكون على شكل مثلث مستوٍ وزواياه 120° بين كل منها.

عندما تحتوي الذرة المركزية في جزيء على أربعة أزواج من إلكترونات الرابط مثل CH_4 يكون الشكل رباعي الأوجه منتظم وزاوية الرابطة 109.5° .

لجزيء PH_3 ثلاث روابط تساهمية أحادية وزوج غير مرتبط. يأخذ الزوج غير المرتبط حيزًا أكبر من الرابطة التساهمية. وتوجد قوة تنافر أقوى بين هذا الزوج والأزواج المترابطة مقارنة بالأزواج المترابطة بعضها ببعض. لذا يكون الشكل الناتج هرمًا ثلاثيًا مع زاوية رابطة 107.3°.

للماء رابطتان تساهميتان وزوجان غير مرتبطين، ويصنع التنافر بين الأزواج غير المرتبطة زاوية مقدارها 104.5° والنتيجة شكل منحنٍ.

لجزيء $NbBr_5$ خمسة أزواج من الإلكترونات المترابطة، لذا يقلّل الشكل الثنائي الهرم الثلاثي من التنافر بين أزواج الإلكترونات التساهمية.

ليس لجزيء SF_6 أزواج إلكترونات غير مرتبطة مع الذرة المركزية، ومع ذلك فله ستة أزواج مرتبطة مرتبة حول الذرة المركزية لتكوّن شكلاً ثماني الأوجه.

126

مشروع الكيمياء

السلفورافين مركب السلفورافين من مكونات البروكلي، واكتشف أنه عامل فعّال في مقاومته لأمراض السرطان. اطلب إلى الطلبة البحث عن السلفورافين $C_5H_{11}OS$ ورسم نماذج توضح هذا الجزيء. ف م

دفتر الكيمياء

أشكال الجزيئات اطلب إلى الطلبة توقع أشكال الجزيئات وزاوية الرابطة للجزيئات الشائعة التالية: CO_2، NO_2، CH_2O، CCl_4، H_2S، و HF. ض م

مثال 7–4

ما شكل الجزيء؟ ثلاثي هيدريد الفوسفور غاز عديم اللون يتكون عندما تتحلل بقايا المواد العضوية، ومنها السمك. ما شكل جزيء ثلاثي هيدريد الفوسفور؟ حدّد مقدار زاوية الرابطة والأفلاك المهجنة فيه.

1 تحليل المسألة

نعلم من المعطيات أن الجزيء ثلاثي هيدريد الفوسفور، وله 3 ذرات هيدروجين جانبية متصلة بذرة فوسفور مركزية.

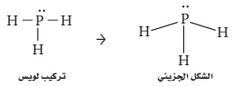
2 حساب المطلوب

$$1\ \cancel{\text{atom P}} \times \frac{5\ \text{إلكترونات تكافؤ}}{1\ \cancel{\text{atom P}}} + 3\ \cancel{\text{atom H}} \times \frac{1\ \text{إلكترون تكافؤ}}{1\ \cancel{\text{atom H}}} = 8\ \text{إلكترونات تكافؤ}.$$

حدد العدد الكلي للأزواج المرتبطة

$$\frac{8\ \text{الكترونات}}{2\ \text{إلكترون/ زوج}} = 4\ \text{أزواج}$$

ارسم شكل لويس باستخدام زوج من الإلكترونات بين كل ذرة هيدروجين وذرة فوسفور مركزية، وضع الزوج غير المرتبط على ذرة الفوسفور.



الشكل الجزيئي مثلث هرمي ويكون مقدار زاوية الرابطة 107° ونوع التهجين sp^3 في الأفلاك المهجنة.

3 تقويم الإجابة

كل أزواج الإلكترونات مستخدمة، وكل ذرة لها التوزيع الإلكتروني المستقر.

مسائل تدريبية

ما شكل الجزيء ومقدار زاوية الرابطة في الأفلاك المهجنة في كل مما يأتي:

56. BF_3 **57.** OCl_2 **58.** BeF_2 **59.** CF_4

60. تحدّ ما شكل أيون NH_4^+ وقيمة زاوية الرابطة ونوع التهجين ؟

التقويم 4-4

الخلاصة

- تنص نموذج VSEPR على أن أزواج الإلكترونات يتنافر بعضها مع بعض، وتحدد شكل الجزيء وزوايا الترابط فيه.
- يفسّر التهجين أشكال الجزيئات المعروفة من خلال أفلاك التهجين المتكافئة.

61. الفكرة الرئيسة **لخص** نموذج VSEPR للترابط.

62. **عرّف** زاوية الرابطة.

63. **اشرح** كيف يؤثر وجود زوج إلكترونات غير مترابط في المسافات بين أفلاك الروابط المشتركة.

64. **قارن** بين حجم الفلك الذي يحتوي زوج إلكترون مشتركًا وآخر يحتوي زوج إلكترونات غير مترابط.

65. **حدّد** نوع الأفلاك المهجنة وزوايا الروابط الظاهرة في جزيء له شكل رباعي الأوجه منتظم.

66. **قارن** بين شكل الجزيء والأفلاك المهجنة لكل من جزيئات PF_3 وPF_5. واشرح الفرق بين شكليهما.

67. **اكتب** كلًا مما يأتي في جدول: تركيب لويس، شكل الجزيء وزاوية ربط الأفلاك المهجنة لكل من: NCl_3، وCCl_2F_2، وH_2Se، وCH_2O، و CS_2

مثال في الصف

سؤال ثاني كلوريد الكبريت سائل أحمر اللون عند درجة حرارة الغرفة. ما شكل ثاني كلوريد الكبريت؟ حدّد زاوية الرابطة، وحدد نوع التهجين.

الإجابة

للذرات جميعها حالة الثمانية، والشكل زاوية منحنية مقدارها 104.5°، والتهجين يكون sp^3.

مسائل تدريبية

56. مثلث مستو، 120°، sp^2
57. منحنٍ، 104.5°، sp^3
58. خطي، 180°، sp
59. رباعي الأوجه منتظم، 109.5°، sp^3
60. رباعي الأوجه منتظم، 109.5°، sp^3

التقويم 4-4

61. تحدد نظرية VSEPR شكل الجزيئات استنادًا إلى طبيعة التنافر بين أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية.
62. زاوية الرابطة هي الزاوية المحصورة بين ذرتين جانبيتين والذرة المركزية.
63. يحتل زوج الإلكترون غير المترابط مكانًا أكبر من زوج الإلكترون المترابط، لذا يؤدي وجود زوج إلكترون غير مترابط إلى دفع أزواج الربط ليقترب بعضها من بعض.
64. يحتل الفلك الذي يحتوي زوج إلكترون غير مترابط مكانًا أكبر من الفلك الذي يحتوي زوج إلكترونات مترابط.
65. sp^3 و109°.
66. PF_3 هرم ثلاثي بأفلاك تهجين من نوع sp^3. PF_5 ثنائي الهرم مثلثي بأفلاك تهجين sp^3d. يتم تحديد الشكل من خلال نوع أفلاك التهجين.
67. CS_2 : خطي، 180°، sp

CH_2O : مثلث مستوٍ، 120°، sp^2

H_2Se : منحنٍ، 104.5°، sp^3

CCl_2F_2 : رباعي الأوجه منتظم، 109°، sp^3

NCl_3 : مثلثي هرمي، 107°، sp^3

4-5

1. التركيز

الفكرة الرئيسة

الكهروسالبيـة والقطبية اطلـب إلـى طالبين مسـاعدتك في هذا العرض السـريع، وذلك بشـد الحبل بقوة متساوية من كلا الطرفيـن، وأخبـر الطلبـة أن الحبـل يمثـل زوج الإلكترونات المشـتركة. ثـم اسـأل: ماذا يمثـل هـذا الحبل عندما تتشـارك الذرات في الإلكترونات؟ مشاركة متساوية في الإلكترونات. ثـم اطلب إلى أحـد الطالبين أن يشـد الحبل أكثـر من الطالب الآخـر ويسـحبه فـي اتجاهه. واسـأل: مـاذا يمثل هـذا عندما تتشـارك الذرات في الإلكترونات؟ عدم التسـاوي في مشاركة الإلكترونـات. ثـم اطلب إلـى الطلبـة تحديد أي الـذرات لها قدرة أكبر في الحصـول على الإلكترونات. الذرة التي لها قوة الجـذب الأكبـر للإلكترونات. وأخيرًا اسـأل: ما نـوع الرابطة التـي يتـم تمثيلها إذا تم جـذب الإلكترونات كليًّـا من ذرة ما؟ رابطة أيونية. ض م

2. التدريس

عرض عملي

المـاء ذو القطبية ادلـك عمـودًا مطاطيًّـا بقطعـة من الصوف أو الحرير لشحنه، وقرِّبه من مجرى ماء منحدر من سـحاحة مفتوحة. ودع الطلبـة يلاحظوا حركة الماء في اتجاه العمود المشحون. ثم أعد الخطوات باستعمال مذيب الأصباغ بدلًا من الماء. لا يحدث شيء. واطلب إلى الطلبة محاولة تفسير النتائج. ارجع إلى هذا العرض السريع عند مناقشة القطبية في هذا الجزء، وأشر إلى أن المـاء جـزيء قطبي، بينمـا مذيب الأصباغ غيـر قطبي. فتنجذب الشحنات الجزئية في جزيء الماء إلى العمود المطاطي ذي الشحنات السالبة. ض م

4—5

الأهداف

- **تصف** كيف تستخدم الكهروسالبية لتحديد نوع الرابطة.
- **تقارن** بين الروابط التساهمية القطبية وغير القطبية والجزيئات القطبية وغير القطبية.
- **تعمّم** خواص المركبات ذات الروابط التساهمية.

مراجعة المفردات

الكهروسالبية: المقدرة النسبية للذرة على جذب إلكترونات الرابطة الكيميائية.

المفردات الجديدة

الرابطة التساهمية غير القطبية

الرابطة التساهمية القطبية

الكهروسالبية والقطبية
Electronegativity and Polarity

الفكرة الرئيسة **تعتمد خواص الرابطة الكيميائية على مقدار جذب كل ذرة للإلكترونات في الرابطة.**

الربط مع الحياة كلما كنت أقوى، استطعت أداء التمارين بسهولة. وكما تختلف قدرة الناس على أداء التمارين تختلف كذلك قدرة الذرات على جذب الإلكترونات في الروابط الكيميائية.

الميل الإلكتروني، والكهروسالبية، وخواص الروابط
Electron Affinity, Electronegativity, and Bond Characters

يعتمد نوع الرابطة الكيميائية التي تتكون في أثناء التفاعل الكيميائي على قدرة جذب الذرات للإلكترونات. والميل الإلكتروني هو مقياس لقابلية الذرة على استقبال الإلكترون. وباستثناء الغازات النبيلة، يزداد الميل الإلكتروني بزيادة العدد الذري عبر الدورة، ويقل بزيادة العدد الذري أسفل المجموعة. يساعد مقياس الكهروسالبية، الظاهر في **الشكل 19—4**، الكيميائيين على حساب الميل الإلكتروني لبعض الذرات في المركبات الكيميائية.

تذكر أن الكهروسالبية تشير إلى القدرة النسبية للذرة لجذب إلكترونات الرابطة الكيميائية. ولاحظ أنه يتم تحديد مقادير الكهروسالبية النسبية، في حين يتم قياس قيم الميل الإلكتروني عمليًا.

الكهروسالبية يوضح الجدول الدوري في **الشكل 19—4** مقادير الكهروسالبية للعناصر. لاحظ أن للفلور أكبر قيمة كهروسالبية 3.98 في حين للفرانسيوم أقل قيمة 0.7. ولأن الغازات النبيلة لا تتفاعل، في الغالب، ولا تكون المركبات، لذا لا يتضمن الجدول قيم الكهروسالبية للهيليوم والنيون والأرجون. ومع ذلك تتحد الغازات النبيلة الكبيرة، ومنها الزينون، مع الذرات التي لها قيم كهروسالبية عالية مثل الفلور.

الشكل 19-4 تحسب قيم الكهروسالبية بمقارنة قوة جذب الذرة للإلكترونات المشتركة إلى قوة جذب ذرة الفلور لهذه الإلكترونات. لاحظ أن مقادير الكهروسالبية لسلسلتي اللانثانيدات والأكتنيدات غير الظاهرة في الجدول تقع بين 1.12 و1.7.

قيم الكهروسالبية لمجموعة من عناصر الجدول الدوري

1 H 2.20																	2 He —
3 Li 0.98	4 Be 1.57											5 B 2.04	6 C 2.55	7 N 3.04	8 O 3.44	9 F 3.98	10 Ne —
11 Na 0.93	12 Mg 1.31											13 Al 1.61	14 Si 1.90	15 P 2.19	16 S 2.58	17 Cl 3.16	18 Ar —
19 K 0.82	20 Ca 1.00	21 Sc 1.36	22 Ti 1.54	23 V 1.63	24 Cr 1.66	25 Mn 1.55	26 Fe 1.83	27 Co 1.88	28 Ni 1.91	29 Cu 1.90	30 Zn 1.65	31 Ga 1.81	32 Ge 2.01	33 As 2.18	34 Se 2.55	35 Br 2.96	36 Kr —
37 Rb 0.82	38 Sr 0.95	39 Y 1.22	40 Zr 1.33	41 Nb 1.6	42 Mo 2.16	43 Tc 2.10	44 Ru 2.2	45 Rh 2.28	46 Pd 2.20	47 Ag 1.93	48 Cd 1.69	49 In 1.78	50 Sn 1.96	51 Sb 2.05	52 Te 2.1	53 I 2.66	54 Xe —
55 Cs 0.79	56 Ba 0.89	57 La 1.10	72 Hf 1.3	73 Ta 1.5	74 W 1.7	75 Re 1.9	76 Os 2.2	77 Ir 2.2	78 Pt 2.2	79 Au 2.4	80 Hg 1.9	81 Tl 1.8	82 Pb 1.8	83 Bi 1.9	84 Po 2.0	85 At 2.2	86 Rn —
87 Fr 0.7	88 Ra 0.9	89 Ac 1.1															

هلز
شبه هلز
لافلز

الجدول 7-4 فرق الكهروسالبية ونوع الرابطة	
فرق الكهروسالبية	نوع الرابطة
>1.7	أيونية غالبًا
0.4 – 1.7	تساهمية قطبية
< 0.4	تساهمية غالبًا
0	تساهمية غير قطبية

نوع الرابطة لا يمكن أن تكون الرابطة الكيميائية بين ذرات العناصر المختلفة رابطة أيونية أو تساهمية بالكامل. يعتمد نوع الرابطة على مقدار قوة جذب كل من الذرات الرابطة للإلكترونات.

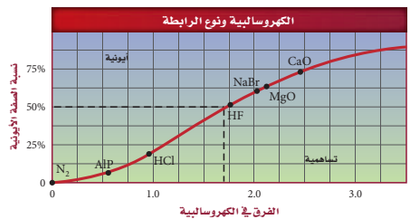
كما يبين **الجدول 7–4** إمكانية توقع نوع الرابطة باستعمال فرق الكهروسالبية بين العناصر المكونة للرابطة. ويكون فرق الكهروسالبية للإلكترونات الرابطة بين ذرتين متماثلتين صفرًا، وهذا يعني أن الإلكترونات موزعة بالتساوي بين الذرتين. وتعد هذه الرابطة **تساهمية غير قطبية** أو تساهمية نقية.

وفي المقابل، ولأن العناصر المختلفة لها مقادير كهروسالبية مختلفة لذا لا يتوزع زوج إلكترونات الروابط التساهمية بين الذرات المختلفة بالتساوي. وينتج عن عدم التساوي في التوزيع **رابطة تساهمية قطبية**. وعندما يكون هناك فرق كبير في الكهروسالبية بين الذرات المترابطة ينتقل الإلكترون من ذرة إلى أخرى مما يؤدي إلى تكون رابطة أيونية.

لا يمكن أن تكون الرابطة أيونية أو تساهمية بصورة كاملة. وفي الغالب تكوّن الصفة الأيونية 50%، وتشكل الصفة التساهمية 50% من الرابطة عندما يكون فرق الكهروسالبية 1.7 وكلما زاد فرق الكهروسالبية ازدادت نسبة الصفة الأيونية في الرابطة.

وعادةً تتكون الرابطة الأيونية عندما يكون فرق الكهروسالبية أكبر من 1.7. ومع ذلك، لا يتفق هذا الحد الفاصل في بعض الأحيان مع مشاهدات التجارب العملية بين لا فلزين. ويلخص **الشكل 20–4** مدى الترابط الكيميائي بين ذرتين. ما مقدار الصفة الأيونية في الرابطة عند اتحاد ذرتين فرق الكهروسالبية بينهما 2.00؟ وأين سيكون مكان LiBr على الرسم البياني؟

ماذا قرأت؟ **حلّل** ما نسبة الصفة الأيونية في رابطة تساهمية نقية؟



الشكل 20-4 يوضح الرسم البياني فرق الكهروسالبية بين الذرات المترابطة ويحدد نسبة الصفة الأيونية في الرابطة. فوق 50% تكون الصفة والروابط أيونية.

اختبار الرسم البياني

حدد نسبة الخواص الأيونية لأكسيد الكالسيوم.

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى اطلب إلى سبعة طلبة أن يقفوا في جهة، ويقف شخص واحد في الجهة الأخرى، لتمثيل كيفية انتقال الإلكترونات.

اطلب إلى شخصين بالحجم نفسه تمثيل جزيء غير قطبي. وأخيرًا اطلب إلى شخص ضخم وآخر صغير تمثيل جزيء قطبي. د م

ماذا قرأت؟ 0%

اختبار الرسم البياني 74% تقريبًا.

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

من المفاهيم الشائعة غير الصحيحة أن الرابطة بين ذرتين إما أن تكون رابطة تساهمية نقية أو رابطة أيونية نقية.

استكشاف المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

اطلب إلى الطلبة كتابة حالات مشابهة لتوضيح الرابطة التساهمية غير القطبية، والرابطة التساهمية القطبية، والرابطة الأيونية.

اعرض المفهوم

اطلب إلى الطلبة تصور شخص ما يأكل في مطعم مع صديق له ويطلب كل منهما طعامًا مختلفًا عن الآخر، وأنهم سيتشاركون في الوجبات. ما الذي يجب عمله ليتشاركا في الوجبات بالتساوي؟ ينبغي تقسيم الوجبة إلى نصفين وأن يحصل كل شخص على النصف المخصص له. ثم اسأل الطلبة كيف تكون المشاركة غير المتساوية. أن تكون الحصص (المشتركة) غير متساوية. ما نوع الرابطة التي يتم تمثيلها عندما يأكل شخص ما وجبته كاملة بالإضافة إلى جزء من وجبة الشخص الآخر؟ أيونية.

تقويم المعرفة الجديدة

اطلب إلى الطلبة تحديد نوع الرابطة لبعض أزواج الذرات باستعمال الرسم البياني للكهروسالبية والنسبة المئوية للخواص الأيونية كما في **الشكل 20–4**. واطلب إليهم تحديد أي الذرتين لها الاحتمال الأكبر في الحصول على الإلكترون. H وBr تساهمية قطبية، Br. C وO تساهمية قطبية، O، Li وF أيونية، F، O وO تساهمية غير قطبية، تتشارك الإلكترونات بالتساوي. ض م

سؤال النص ما نسبة الصفة الأيونية في رابطة بين ذرتين فرق الكهروسالبية بينهما 2.00؟ 60% تقريبًا.

أين يمكن رسم LiBr على المنحنى البياني؟ إلى يسار NaBr على المنحنى البياني، عند فرق كهروسالبية 1.98

التقـــويـــم

الأداء اعـرض نمـاذج لبعض الجزيئات الشـائعة علـى الطلبة، واطلـب إليهـم تحديـد نوع الرابطـة ونوع الجـزيء اسـتنادًا إلى محاور التماثل. والجزيئات التي يمكن استعمالها هي:

SO_2، CS_2، CH_3Cl، CH_2O، HCl، H_2S. ض م

ماذا قرأت؟ للماء جزيئات تساهمية قطبية تتأثر بالمجال الكهربائي الناتج عن بالون مشحون.

الشكل 4-21 قيمة الكهروسالبية للكلور أعلى منها للهيدروجين، ولذلك يقضي زوج الإلكترونات المشترك في جزيء HCl مع Cl فترة من الوقت أكبر منها مع H. وتستخدم الرموز لإبراز الشحنة الجزئية عند كل طرف (ذرة) من الجزيء لبيان عدم تساوي المشاركة في زوج من الإلكترونات.

الكهروسالبية	Cl = 3.16
الكهروسالبية	H = 2.20
الفرق	= 0.96

مهن في الكيمياء

كيميائيو التغذية يجب على كيميائي التغذية معرفة كيف تتفاعل المواد وتتغير تحت الظروف المتنوعة. يعمل معظم كيميائيو التغذية لدى الشركات الصانعة لنكهات الطعام والشراب. ويتم تدريبهم مدة خمس سنوات في مختبرات التغذية، وعليهم اجتياز اختبار شفوي، ثم العمل تحت إشراف خبير آخر مدة سنتين.

الروابط التساهمية القطبية Polar Covalent Bonds

تتكون الروابط التساهمية القطبية نتيجة عدم جذب الذرات الإلكترونات المشتركة بالقوة نفسها. وتُشبه الرابطة التساهمية القطبية رياضة شد الحبل بين فريقين غير متساويي القوى، فعلى الرغم من إمساك كلٍّ منهما بالحبل إلا أن الفريق الأقوى يسحب الحبل إلى جهته. وعندما تتكون الرابطة القطبية تُسحب أزواج الإلكترونات المشتركة في اتجاه أحد الذرات، لذا تمضي الإلكترونات وقتًا أطول حول هذه الذرة، وينتج عن ذلك شحنة جزئية عند نهايتي الرابطة.

ويستخدم الحرف الإغريقي δ ليمثل الشحنة الجزئية في الرابطة التساهمية القطبية. وتمثل δ^- شحنة جزئية سالبة، في حين تمثل δ^+ شحنة جزئية موجبة. وتضاف δ^- و δ^+ إلى الشكل الجزيئي لتوضيح قطبية الرابطة التساهمية، كما في **الشكل 21–4**.

تكون الذرة ذات الكهروسالبية الأكبر عند طرف الشحنة الجزئية السالبة. أما الذرة ذات الكهروسالبية الأقل فتكون عند طرف الشحنة الجزئية الموجبة. وتعرف الرابطة القطبية الناتجة بثنائية الأقطاب (ذات القطبين).

القطبية الجزيئية تكون الجزيئات ذات الروابط التساهمية قطبية أو غير قطبية. ويعتمد نوع الرابطة على مكان الروابط التساهمية فيها وطبيعتها. ومن الخواص المميزة للجزيئات غير القطبية أنها لا تنجذب للمجال الكهربائي، إلا أن الجزيئات القطبية تنجذب للمجال الكهربائي. وتحمل الجزيئات القطبية الثنائية القطب شحنات جزئية عند أطرافها، لذا تكون الكثافة الإلكترونية غير متساوية عند الطرفين. وينتج عن ذلك تأثر الجزيئات القطبية بالمجال الكهربائي والانتظام داخله.

القطبية وشكل الجزيء يمكنك معرفة سبب كون بعض الجزيئات قطبية وبعضها الآخر غير قطبية بمقارنة جزيء الماء H_2O وجزيء رباعي كلوريد الكربون CCl_4. حيث لكلا الجزيئين روابط تساهمية قطبية. وتبعًا لمعلومات **الشكل 19–4**. فإن الفرق في الكهروسالبية بين ذرتي الهيدروجين والأكسجين يساوي 1.24، والفرق في الكهروسالبية بين ذرتي الكلور والكربون يساوي 0.61. وبسبب الاختلاف في الكهروسالبية فإن رابطة H – O وروابط C – Cl جميعها روابط تساهمية قطبية.

$\overset{\delta^+\ \delta^-}{H-O}$ $\qquad$ $\overset{\delta^+\ \delta^-}{C-Cl}$

واعتمادًا على الصيغ الجزيئية نجد أن لكلا الجزيئين أكثر من رابطة تساهمية قطبية.

ماذا قرأت؟ طبق لماذا ينحني مجرى الماء البطيء من الصنبور عندما يقترب منه بالون مشحون بالكهرباء الساكنة؟

130

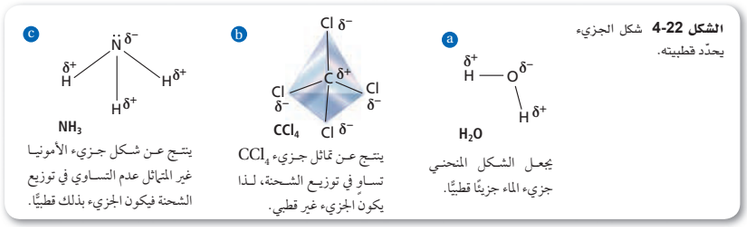
دفتر الكيمياء

نوع الرابطة اطلب إلى الطلبة تحديد ما إذا كانت الرابطة في الجزيئات الآتية تساهمية قطبية، أو تساهمية غير قطبية، أو أيونية باستعمال فرق الكهروسالبية: CO_2، HCl، CaO، N_2، KCl، NH_3، CH_4، H_2S

CaO، KCl روابط أيونية، N_2 رابطة تساهمية غير قطبية، والباقي روابط تساهمية قطبية. ض م

مشروع الكيمياء

الكروماتوجرافيا اطلب إلى مجموعات من الطلبة البحث في تقنية الفصل والتي تعرف بالورق الكروماتوجرافي. واطلب إليهم شرح كيفية استعمال فروق القطبية في فصل المواد في المخاليط، على أن يشير نشاط التجربة إلى طريقة عمل الكروماتوجرافي وإجراء التجربة أمام الفصل. ض م



الشكل 4-22 شكل الجزيء يحدّد قطبيته.

يكون شكل جزيء H_2O، كما هو محدد من خلال نموذج VSEPR منحنيًا بسبب وجود زوجين من الإلكترونات غير المرتبطة على ذرة الأكسجين المركزية كما يبين **الشكل 22a–4**. ولجزيء الماء طرفان دائنان، أحدهما موجب، والآخر سالب؛ لأن روابطه القطبية غير متماثلة، لذا فهو مركب قطبي. أما جزيء CCl_4 فهو رباعي الأوجه، أي متماثل، كما يظهر في **الشكل 22b–4**، لذا يكون مقدار الشحنة من أي مسافة عن المركز مساويًا لمقدار الشحنة عند المسافة نفسها من الجهة المقابلة. ويكون مركز الشحنة السالبة على كل ذرة كلور، في حين يكون مركز الشحنة الموجبة على ذرة الكربون. ولأن الشحنات الجزئية متساوية لذا يكون جزيء CCl_4 غير قطبي. وعادة ما تكون الجزيئات المتماثلة غير قطبية. أما الجزيئات غير المتماثلة فتكون قطبية إذا كانت الروابط قطبية. هل جزيء الأمونيا في **الشكل 22c–4** قطبي؟ لهذا الجزيء ذرة نيتروجين مركزية وثلاث ذرات هيدروجين جانبية، وله شكل هرمي ثلاثي الأوجه بسبب أزواج الإلكترونات غير المرتبطة الظاهرة على ذرة النيتروجين. وباستخدام **الشكل 19–4** نجد أن الفرق في الكهروسالبية بين الهيدروجين والنيتروجين يساوي 84. 0، مما يجعل روابط N – H تساهمية قطبية. إن توزيع الشحنة غير متساوٍ؛ لأن الجزيء غير متماثل، لذا يكون الجزيء قطبيًا.

قابلية ذوبان الجزيئات القطبية تبين هذه الخاصية الفيزيائية قدرة مادة ما على الذوبان في مادة أخرى. ويحدد نوع الرابطة وشكل الجزيئات الموجودة مدى قابليتها للذوبان. وعادة ما تكون الجزيئات القطبية والمركبات الأيونية قابلة للذوبان في المواد القطبية، أما الجزيئات غير القطبية فتذوب فقط في مواد غير قطبية، كما في **الشكل 23–4**.

الشكل 4-23 الجزيئات التساهمية المتماثلة ومنها الزيت ومعظم المنتجات النفطية- هي مركبات غير قطبية. وتكون الجزيئات غير المتماثلة ومنها الماء- قطبية. ولا تختلط المواد القطبية بغير القطبية.

استنتج هل يمكننا إزالة بقعة الزيت عن الأقمشة باستخدام الماء فقط؟

عرض عملي

إظهار القطبية ضع ما مقداره 100ml من كل من الميثانول، والإيثانول، وثنائي البروبانول (كحول الأيزوبروبايل)، والأسيتون في أربعة أوعية ألصقت عليها الأسماء. أضف إلى كل وعاء بضع بلورات من صبغة ريتشاردت، ثم حركه. توضح الصبغة المستعملة قطبية المحلول عن طريق اللون. إذ يجب أن تكون خضراء مزرقة في الميثانول، وزرقاء – بنفسجية في الإيثانول، وحمراء – بنفسجية في ثنائي البروبانول وبرتقالية في الأستون. وكلما زادت القطبية، تغير امتصاص الصبغة للضوء. حيث يدل اللون الأصفر على المحلول الأكثر قطبية، بينما يدل اللون الأخضر المزرق على الأقل قطبية.

إجابة سؤال الشكل 23–4

لا، يجب استعمال مساحيق التنظيف لأن جزيئات الماء القطبية لا تستطيع إذابة جزيئات الزيت غير القطبية.

دفتر الكيمياء

الشيء يذيب شبيهه أضف 20ml من رابع كلوريد الكربون CCl_4 و20ml من الماء إلى وعاء. يكوّن السائلان طبقتين؛ لأنهما لا يختلطان، ولأن CCl_4 هو الأكثر كثافة فهو يشكّل الطبقة السفلية. أضف 20ml من CCl_4 فقط إلى وعاء آخر. وأضف 20ml من الماء إلى وعاء ثالث. ثم أضف قليلاً من بلورات اليود وقليلاً من بلورات برمنجنات البوتاسيوم إلى الوعاءين على الترتيب، حيث يذوب اليود في المحلول غير القطبي CCl_4، وتذوب برمنجنات البوتاسيوم في الماء القطبي.

ولأن الماء قطبي فإنه يجذب الأيونات الموجودة في مركب برمنجنات البوتاسيوم الأيوني. اطلب إلى الطلبة رسم جزيء الماء وتعرف الجزء الذي يجذب أيون البوتاسيوم والجزء الذي يجذب أيون البرمنجنات. إن ذرة الأكسجين المركزية ذات شحنة سالبة جزئيًا وتقوم بجذب أيون البوتاسيوم. بينما تكون ذرتا الهيدروجين ذواتي شحنة موجبة جزئيًا وتقوم بجذب أيون البرمنجنات.

ض م

خواص المركبات التساهمية

Properties of Covalent Compounds

ملح الطعام مادة أيونية صلبة، والسكر مادة تساهمية صلبة، لها الشكل الخارجي نفسه، ولكنهما يختلفان في خواصهما عند التسخين. فالملح لا ينصهر، أما السكر فينصهر عند درجات حرارة منخفضة. هل يؤثر نوع روابط المركب في خواصه؟

القوى بين الجزيئية (بين الجزيئات) تعود الاختلافات في الخواص نتيجة الاختلاف في قوى الجذب. ففي المركبات التساهمية تكون الروابط التساهمية بين الذرات في الجزيئات قوية، في حين تكون قوى الجذب بين الجزيئات ضعيفة. وتعرف قوى التجاذب الضعيفة هذه بالقوى بين الجزيئية أو قوى فاندرفال أو التشتت Van der Waals. وتختلف هذه القوى في مقاديرها، ولكنها أضعف من قوى الربط التي تجمع الذرات في الجزيء أو الأيونات في المركب الأيوني.

هناك عدة أنواع من القوى بين الجزيئية، ومنها القوى الضعيفة بين الجزيئات غير القطبية التي تُسمى قوى التشتت، أو القوى القطبية المولدة. وتُسمى القوى بين الأطراف المشحونة بشحنات مختلفة في الجزيئات القطبية بقوى ثنائية القطب – ثنائية القطب. وكلما زادت قطبية الجزيء زادت هذه القوى. أما القوة الثالثة فهي الرابطة الهيدروجينية، وهي أقواها. وتتكون بين نهاية ذرة هيدروجين في مركب ثنائي القطب وذرة نيتروجين أو أكسجين أو فلور على القطب الآخر.

مختبر حل المشكلات

تفسير النتائج

كيف تؤثر قطبية الماء (الصنف المتحرك) في نتائج تحليل بيانات الكروماتوجرام (تحليل صبغات الألوان)؟

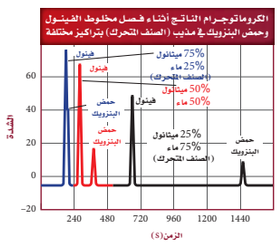
الكروماتوجرافيا تقنية لفصل المواد من مخلوط بواسطة نقلها عبر المذيب (الصنف المتحرك) بتركيز معين. ويتم ذلك بتسجيل كثافة كل مادة في المخلوط مع الزمن. وتُعبر كثافة القمم في الكروماتوجرام عن كمية كل مادة متوافرة في المخاليط.

ويستخدم الكيميائيون التحليليون كروماتوجرافيا السائل العالية الكفاءة HPLC لفصل المواد المذابة في المخاليط. وتظهر في أثناء هذه العملية المواد ذات القابلية القوية للانجذاب إلى المذيب أولاً، وتبقى معه أطول فترة. ويستخدم العديد من العلماء مخلوط الميثانول مع الماء ويتخذونه مذيبًا لفصل مخلوط الفينول – حمض البنزويك. ويوضح الرسم البياني في الجهة المقابلة النتائج.

التفكير الناقد

1. **فسر** اختلاف أزمنة البقاء في المحلول المبينة على الكروماتوجرام.

البيانات والملاحظات



2. **توقع** اعتمادًا على الرسم البياني، هل المادة المتوافرة بكميات كبيرة هي الفينول أم حمض البنزويك؟ فسّر إجابتك.
3. **استنتج** أي المواد لها جزيئات ذات قطبية أعلى في المخلوط.
4. **حدد** أي هذه المحاليل المستخدمة لها التأثير الأكبر لفصل الفينول عن حمض البنزويك؟ فسّر إجابتك.

مختبر حل المشكلات

التجربة

- للفينـول وحمـض البنزويك شـكلان متشـابهان كما يظهر أدناه.

الفينول حمض البنزويك

- لاحـظ أن قيم كثافة القمـم والوقت اللازم قبل حدوث كل منها (في حالة الفينول وحمض البنزويك) تصبح متسـاوية كلما قل تركيز الماء في قاعدة المنحنى المتحرك

التفكير الناقد

1. إن فـترة احتجاز الفينول في المحلـول أقل من فترة احتجاز حمض البنزويك؛ لأن له قوة تجاذب أقل مع الماء.
2. يتوافـر الفينـول بكميات كبيرة؛ لأن له قيمـة عظمى أكبر. حيث إن المسـاحة المحصورة أسـفل القمة تمثّل كمية المادة الموجودة في المخلوط.
3. لحمـض البنزويـك جزيئات قطبيـة أقوى؛ لأنـه يظهر قوة تجاذب أكبر مع الماء. وللفينول جزيئات قطبية أضعف.
4. سـتتنوع الإجابات. مخلوط مكون من 50% من الميثانول، و50% مـن المـاء ينتزع كمية أكـبر من مكونـات المخلوط (الفينول وحمض البنزويـك) من المخاليط الأخرى، حيث تكون المسـافة أكبر بين قيم كثافة القمـم، ويحتاج إلى وقت أقل.

التـنـوع الثقافـي

بحث طبي لقد جرى توثيق التداوي بالأعشاب بصورة جيدة في الصين على مدى الـ2500 سنة الماضية. ويقوم العلماء في الغرب، وشركات الصناعات الدوائية، بالبحث عن مركبات تساهمية في هذه الأعشاب بوصفها مصدرًا محتملاً للأدوية المستعملة في علاج السرطان ومرض نقص المناعة الإيدز AIDS. وقد قام المعهد الوطني للسرطان مؤخرًا بجمع وفهرسة تأثيرات الأعشاب الطبية الصينية. كما قام معهد الصحة الوطني في عام 1992م، بإنشاء مكتب الطب البديل لتقويم العديد من الوصفات الطبية، بما يشمل الوصفات الخمس المتعلقة بالتداوي بالأعشاب الصينية. وقد تم تكوين العديد من الشركات الدوائية في الولايات المتحدة في الأعوام القليلة الماضية لتطوير الأدوية من الأعشاب الصينية.

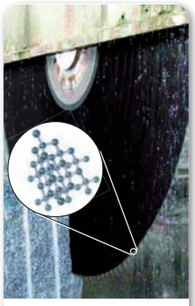
القوى والخواص تُعزى خواص المركبات الجزيئية التساهمية إلى القوى الداخلية التي تربط الجزيئات معًا. ولأن هذه القوى ضعيفة لذا تكون درجات انصهار هذه المواد وغليانها منخفضة مقارنة بالمواد الأيونية. وهذا يفسر سبب انصهار السكر بالتسخين المعتدل في حين لا ينصهر الملح. كما تفسر القوى الداخلية بين الجزيئات وجود الكثير من المواد الجزيئية في الحالة الغازية، عند درجة حرارة الغرفة. ومن أمثلة الغازات التساهمية الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين. ولأن صلابة المواد تعتمد على القوى بين الجزيئات، لذا يكون الكثير من المركبات التساهمية لينة في حالة الصلابة. والبرافين المستعمل في الشمع ومنتجات أخرى مثال شائع على المواد الصلبة التساهمية اللينة. وتترتب الجزيئات في الحالة الصلبة، لتكون شبكة بلورية شبيهة بالشبكة الأيونية الصلبة، إلا أن قوى الجذب بين جسيماتها أضعف. ويتأثر بناء الشبكة بشكل الجزيء ونوع القوى بين الجزيئات، ويمكن تحديد معظم المعلومات عن الجزيئات من خلال دراسة المواد الصلبة الجزيئية.

المواد الصلبة التساهمية الشبكية
Covalent Network Solids

هناك بعض المواد الصلبة تسمى بالمواد الصلبة التساهمية الشبكية، حيث ترتبط ذراتها بشبكة من الروابط التساهمية، ومن الأمثلة على هذه المواد الألماس والكوارتز.

تكون المواد الصلبة التساهمية الشبكية هشة وغير موصلة للحرارة والكهرباء وشديدة الصلابة، مقارنة بالمواد الصلبة الجزيئية.

ويشرح تحليل بناء الألماس بعض هذه الخواص. ففي الألماس، ترتبط كل ذرة كربون بأربع ذرات كربون أخرى. وهذا الترتيب الرباعي الأوجه المنتظم في **الشكل 24–4** يشكل نظامًا بلوريًّا شديد الترابط له درجة انصهار عالية جدًّا.



الشكل 24-4 عادة ما تُتخذ المواد الصلبة الشبكية أدوات للقطع بسبب صلابتها الشديدة. وتبين الصورة شفرة منشار مغلفة بالألماس لقطع الحجر.

التقويم 4-5

الخلاصة

- يحدد فرق الكهروسالبية خواص الرابطة بين الذرات.
- تتكون الروابط القطبية عندما لا تكون الإلكترونات المرتبطة منجذبة بالتساوي إلى ذرتي الرابطة.
- يحدد الترتيب البنائي للروابط القطبية في الجزيء قطبية الجزيء كله.
- تجذب الجزيئات بعضها بعضًا بقوى ضعيفة . أما في الشبكة التساهمية الصلبة فترتبط كل ذرة بذرات أخرى كثيرة بواسطة روابط تساهمية.

68. الفكرة الرئيسة **لخص** كيف يؤثر الفرق في الكهروسالبية في خواص الرابطة.

69. **صف** الرابطة التساهمية القطبية.

70. **صف** الجزيء القطبي.

71. **عدد** ثلاثًا من خواص المركبات التساهمية في الحالة الصلبة.

72. **صنّف** أنواع الروابط مستخدمًا الفرق في الكهروسالبية.

73. **عمّم** الخواص العامة الرئيسة للمواد الصلبة التساهمية الشبكية.

74. **توقع** نوع الرابطة التي ستتكون بين أزواج الذرات الآتية:

a. S و H b. C و H c. Na و S

75. **تعرف** أي مما يأتي يُعد جزيئًا قطبيًّا؟ وأيها يُعد غير قطبي: CF_4، و CS_2، و SCl_2

76. **حدد** إذا كان المركب المكون من الهيدروجين والكبريت قطبيًّا أو غير قطبيٍّ.

77. **ارسم** تراكيب لويس للجزيئين SF_4 و SF_6. وحلّل كل شكل وحدّد ما إذا كان الجزيء قطبيًّا أو غير قطبيٍّ.

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة مقارنة خواص المواد الصلبة الأيونية بخواص المواد الصلبة التساهمية والمواد الصلبة التساهمية الشبكية. ض م

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة عمل مخطط ومناقشة خواص المواد الصلبة الأيونية، والمواد الفلزية، والمواد التساهمية والمواد التساهمية الصلبة البلورية. وأشر إلى أن درجة الانصهار المرتفعة هي نتيجة قوى التجاذب الثلاثية الأبعاد بين الذرة أو الأيون مع الإلكترونات. يحدث ذلك في المواد التساهمية الصلبة الشبكية، والفلزات الصلبة، والمواد الصلبة الأيونية. وترتبط المواد الصلبة التساهمية بقوى التجاذب الداخلية بين الجزيئات ولها درجة انصهار منخفضة. ض م

التوسع

اطلب إلى الطلبة إجراء استقصاء فيما يتعلق بالروابط بين الجزيئات، واستعمال الرسوم لتمثيل كل نوع من قوى فان ديرفال، وإعطاء مثال على واحدة منها، ثم اعرض أعمالهم على الصف. ف م

التقويم

المعرفة اكتب عددًا من الصيغ الجزيئية على السبورة، واطلب إلى الطلبة توقع الخواص الفيزيائية لكل مركب استنادًا إلى روابطه الكيميائية. ض م

التقويم 4-5

68. كلما زاد الفرق في الكهروسالبية، زادت الخواص الأيونية في الرابطة.

69. الرابطة التساهمية القطبية هي الرابطة التي تنشأ نتيجة عدم جذب الذرات الإلكترونات المشتركة بالقوة نفسها، حيث تنجذب الإلكترونات نحو إحدى الذرات أكثر، مما يتولد عنه شحنة جزئية عند أطرافها.

70. له كثافة إلكترونية أكبر على أحد جوانب الجزيء.

71. تكون الحالة الصلبة للجزيء بلورية، وتكون المركبات التساهمية في الحالة الصلبة غير موصلة، لينة، ولها درجة انصهار منخفضة.

72. إذا كان الفرق صفرًا فعندئذٍ تعد الرابطة تساهمية غير قطبية، وإذا كان الفرق بين 0.4 و1.7 تكون الرابطة تساهمية قطبية، أما إذا كان الفرق أكبر من 1.7 تكون الرابطة أيونية.

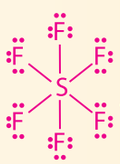
73. هشة، غير موصلة للحرارة والكهرباء، قاسية جدًّا.

74. a. غالبا تساهمية b. غالبا تساهمية. c. أيونية.

75. SCl_2 قطبي، CS_2 غير قطبية، CF_4 غير قطبية.

76. قطبي، لأنه غير متماثل.

77.



غير قطبي

قطبي

الهدف

سيتعلم الطلبة كيف تزوّد قوى فان درفال قوة الالتصاق لأقدام السحلية.

الخلفية النظرية

تكون أقدام السحلية على شكل أكواب ماصة، ولكنها لا تعمل بهذه الطريقة. لقد تم استبعاد عملية المصّ بالأكواب لتفسير كيف تلتصق أقدام السحلية على السطوح بعد إجراء التجارب على أقدامها في وسط مفرَّغ من الهواء. كما تم بالتجربة استبعاد أفكار أخرى، منها اللصق الاستاتيكي أو الجذب بوساطة الماء.

استراتيجيات التدريس

يحتوي الشكل على خمسة أقسام لتفسير مصدر ظاهرة قدرة السحلية على الالتصاق.

رقم 1 تُعرض قدم السحلية بعد تكبيرها، وتظهر صفوف تحتوي على مئات الآلاف من الشعيرات الدقيقة أو الأهداب.

ويوضح الرسمان 2 و3 تفرعات الشعيرات إلى أشكال أصغر تُعرف بالأهداب. وتؤدي الزاوية بين الأهداب والسطح دورًا مهمًّا في القدرة على الالتصاق.

يوضح **الشكل 4** كيف تولّد قوى فان درفال والمساحات الكبيرة قوى لصق ذات قيمة كبيرة. إن قوى فان درفال عبارة عن قوى جزيئية داخلية بمعنى أنها تعمل بين الجزيئات.

ويوضح **الشكل 5** كيف تتحرك السحلية وتنتقل بثني أصابع رجليها. مما يقلّل من عدد الأهداب الملامسة للسطح عند الزاوية الحرجة، مما ينتج عن ذلك تقليل قوى فان ديرفال فتقل قوة التلاصق .

الكتابة في الكيمياء

اختـرع تتضمـن بعـض التطبيقات التي تم مناقشـتها ضمـادات لاصقة غيـر مؤلمة، ومعدات رياضية ذات قـدرة فائقة على الالتصاق، ومعدات لاصقة تستعمل في الجراحة الدقيقة.

مختبر الكيمياء

نمذجة الأشكال الجزيئية

الخلفية: تتكون الروابط التساهمية عندما تتشارك الذرات بإلكترونات التكافؤ. ويُحدَّد موضع الذرات وشكل الجزيء حسب نموذج تنافر أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR. كما تعتمد طريقة تحديد شكل الجزيء وتصوره على نموذج لويس للجزيئات.

سؤال: كيف يؤثر نموذج لويس وأماكن إلكترونات التكافؤ في شكل الرابطة التساهمية للمركب؟

المواد اللازمة

مجموعة نماذج الجزيئات

احتياطات السلامة

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة.
2. كوّن جدولاً لتدوين البيانات.
3. لاحظ اللون المستخدم لتمثيل كل من الذرات الموجودة في المجموعة الجزيئية ودوّنه. ذرة الهيدروجين H، الأكسجين O، الفوسفور P، الكربون C، الفلور F، الكبريت S، النيتروجين N
4. ارسم تراكيب لويس لجزيئات N_2 ، O_2 ، H_2.
5. احصل على ذرتين من الهيدروجين وثبتهما بواسطة رابط للحصول على نموذج جزيء H_2. لاحظ أن النموذج يمثّل جزيء هيدروجين ثنائيّ الذرة ذا رابطة أحادية.
6. استعمل وصلتين من مجموعة الأدوات لجمع ذرتي جزيء O_2. ولاحظ أن النموذج يمثل جزيء أكسجين ثنائي الذرات برابطة ثنائية.
7. استعمل ثلاث وصلات من مجموعة نماذج الأشكال لجمع ذرتي N_2 معًا. لاحظ أن النموذج يمثل جزيء النيتروجين الثنائي الذرات برابطة ثلاثية.
8. لاحظ أن الجزيئات الثنائية الذرات، كالتي صنعت في المختبر، تكون دائمًا خطية. تتكون الجزيئات الثنائية الذرة من ذرتين فقط، ويمكن وصلها بخط مستقيم.
9. ارسم تراكيب لويس لجزيء الماء، وابنِ نموذجًا مماثلاً له باستعمال نماذج الجزيئات.
10. صنف شكل جزيء H_2O مستعينًا بالمعلومات الواردة في **الجدول 6–4**.
11. كرّر الخطوات 10 – 9 مع الجزيئات: CO، وHCN، و SO_3، و CO_2، و CF_4، و PH_3

حلّل واستنتج

1. **التفكير الناقد** بناءً على النماذج الجزيئية التي شاهدتها في المختبر وبنيتها، رتب الروابط الأحادية، والثنائية والثلاثية، حسب ليونتها وقوتها.
2. **شاهد واستنتج** اشرح سبب الاختلاف بين أشكال جزيئات H_2O و CO_2.
3. **حلّل واستنتج** للجزيئات في هذا التمرين العملي أشكالاً من الرنين. حدد أي هذه الجزيئات له ثلاثة أشكال رنين، وارسم التركيب الجزيئي، ثم اشرح لماذا يحدث هذا الرنين؟
4. **تعرّف السبب والنتيجة** استخدم الفرق في الكهروسالبية لتحديد قطبية الجزيئات القطبية في الخطوات من 9 إلى 11، ونماذج الجزيئات التي صنعت في المختبر، ثم حدد القطبية الجزيئية لكل بناء هيكلي.

الاستقصاء

أعدّ نموذجًا لبناء أشكال الرنين لجزيء الأوزون O_3 باستخدام مجموعة الأشكال، ثم استعن بأشكال لويس لشرح كيف يمكن أن يتحول الجزيء من شكل إلى آخر باستبدال زوج من الإلكترونات غير المرتبطة برابطة تساهمية.

مختبر الكيمياء

نمذجة الأشكال الجزيئية

الزمن حصة واحدة.

المهارات العملية تطبيق المفاهيم، والمقارنة، واستخلاص النتائج.

احتياطات السلامة اطلع على نماذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل.

الخطوات

- اعرض بشكل واضح مفتاح الألوان المستخدم لتعرف ذرات العناصر.
- اطلع أنت والطلبة على الأمثلة حول الأشكال الهندسية للجزيئات في الجدول 6–4 قبل التجربة، أو اطلب إليهم الاطلاع بأنفسهم على الجدول قبل التجربة

حلّل واستنتج

1. زيادة المرونة: ثلاثية، ثنائية، أحادية. زيادة القوة: أحادية، ثنائية، ثلاثية.
2. لجزيء H_2O رابطتان تساهميتان وزوجان غير مترابطين حول الذرة المركزية. تشغل أزواج الإلكترونات غير المترابطة الفراغ حول الذرة المركزية وتتنافر مع إلكترونات الربط، فينتج شكل الزاوية. لجزيء CO_2 رابطتان ثنائيتان بدون أزواج غير مترابطة. تتنافر إلكترونات الربط وتكوّن الشكل الخطي، مما يزيد المسافة بين الكثافات الإلكترونية.
3. لجزيء SO_3 شكل رنين. لأن له ذرة S مركزية وثلاث ذرات O جانبية تكون إحداها رابطة ثنائية. يوجد ثلاثة أشكال رنين، شكل لكل موقع محتمل للرابطة الثنائية.
4. الجزيئات الآتية قطبية: HCN ، PH_3 ، H_2O ، وCO. أما الجزيئات الأخرى فهي غير قطبية

الاستقصاء

ينبغي على الطلبة تجميع نموذجين، لكل نموذج ذرة أكسجين مركزية مرتبطة مع ذرتي أكسجين جانبيتين. إحدى الذرات الجانبية مرتبطة برابطة أحادية، والأخرى برابطة مزدوجة. ويحدد مكان هاتين الرابطتين أشكال الرنين. يجب أن يوضح تركيب لويس إمكانية التحول بين أشكال الرنين من خلال تبادل موقع زوج الإلكترونات غير المرتبط والرابطة التساهمية.

دليل مراجعة الفصل

استعمال المفردات

اطلب إلى الطلبة – لتعزيز معرفتهم بمفردات الفصل – كتابة جملة واحدة لكل مصطلح في الفصل. ض م

الفكرة العامة تتكون الروابط التساهمية عندما تتشارك الذرات في الإلكترونات.

4-1 الرابطة التساهمية

الفكرة الرئيسة تكتسب الذرات استقرارًا عندما تتشارك في الإلكترونات لتكوّن رابطة تساهمية.

المفردات

- الرابطة التساهمية
- الجزيء
- تركيب لويس
- رابطة سيجما σ
- رابطة باي π
- تفاعل ماص للحرارة
- تفاعل طارد للحرارة

المفاهيم الرئيسة

- تتكون الروابط التساهمية عندما تتشارك الذرات بزوج أو أكثر من الإلكترونات.
- يكوّن اشتراك زوج واحد أو زوجين أو ثلاثة أزواج من الإلكترونات رابطة تساهمية أحادية، وثنائية وثلاثية على الترتيب.
- تتكوّن روابط سيجما نتيجة التداخل المباشر للأفلاك. أما روابط باي فتتكون نتيجة تداخل الأفلاك المتوازية. وتتكون الرابطة التساهمية الأحادية من رابطة سيجما، في حين تتكون الرابطة المتعددة من روابط سيجما وباي معًا.
- يقاس طول الرابطة من النواة إلى النواة، ونحتاج إلى طاقة التفكيك لكسر الرابطة.

4-2 تسمية الجزيئات

الفكرة الرئيسة تستعمل بعض القواعد عند تسمية المركبات الجزيئية ثنائية الذرات، والأحماض الثنائية، والأحماض الأكسجينية.

المفردات

الحمض الأكسجيني

المفاهيم الرئيسة

- تحتوي أسماء الصيغ الجزيئية للمركبات التساهمية على مقاطع تشير إلى عدد الذرات المتوافرة في الصيغة الجزيئية.
- تكون الجزيئات التي تنتج H^+ في المحاليل حمضية. وتحتوي الأحماض الثنائية على الهيدروجين وعنصر آخر. أما الأحماض الأكسجينية فتحتوي على الهيدروجين وأنيون أكسجيني.

4-3 التراكيب الجزيئية

الفكرة الرئيسة تبين الصيغ البنائية المواقع النسبية للذرات في الجزيء.

المفردات

الصيغة البنائية

الرنين

الروابط التساهمية التناسقية

قاعدة الثمانية الممتدة

المفاهيم الرئيسة

- هناك أكثر من نموذج يمكن استخدامه لتمثيل الجزيئات.
- يحدث الرنين عندما يكون للجزيء الواحد أكثر من تركيب لويس.
- تشذ حالات بعض الجزيئات عن قاعدة الثمانية.

4-4 أشكال الجزيئات

الفكرة الرئيسة يستعمل نموذج التنافر بين أزواج إلكترونات التكافؤ VSEPR لتحديد شكل الجزيء.

المفردات

نموذج VSEPR

التهجين

المفاهيم الرئيسة

- ينص نموذج VSEPR على أن أزواج إلكترونات التكافؤ يتنافر بعضها مع بعض، وهي تحدد شكل رابطة الجزيء وزواياه.
- يفسرُ التهجين الأشكال التي يمكن ملاحظتها في الجزيئات نتيجة وجود أفلاك تهجين متماثلة.

4-5 الكهروسالبية و القطبية

الفكرة الرئيسة تعتمد خواص الرابطة الكيميائية على مقدار جذب كل ذرة للإلكترونات في الرابطة.

المفردات

الرابطة التساهمية غير القطبية

الرابطة التساهمية القطبية

المفاهيم الرئيسة

- يحدد فرق الكهروسالبية خواص الرابطة بين الذرات.
- تتكون الروابط القطبية نتيجة المشاركة غير المتساوية للإلكترونات مُكوِّنة جزيئًا ثنائي القطب.
- يحدد ترتيب الروابط القطبية في الجزيء قطبية الجزيء كله.
- تجذب الجزيئات بعضها بعضًا بواسطة قوى الجذب بين الجزيئية الضعيفة.
- ترتبط كل ذرة في المواد الصلبة التساهمية الشبكية مع ذرات أخرى كثيرة بروابط تساهمية.

مراجعة الاستراتيجيات

- اطلب إلى الطلبة تعرف أفلاك التهجين الموجودة في الجزيء. ض م
- ناقش أشكال الرنين المهجنة وحالات الاستثناء عن قاعدة الثمانية. ض م
- اطلب إلى الطلبة تحديد أشكال الجزيئات و زوايا الروابط. ض م
- اطلب إلى الطلبة استعمال فرق الكهروسالبية لتحديد نوع الرابطة والقطبية. ض م

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

يستطيع الطلبة زيارة الموقع الإلكتروني

www.obeikaneducation.com

من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الموقع الإلكتروني.
- الدخول إلى مواقع أخرى، وتعرف المزيد من المعلومات والمشاريع والنشاطات.
- مراجعة المحتوى وتقديم اختبارات قصيرة.

تقويم الفصل

4-1
إتقان المفاهيم

78. الـذرات تفقـد الإلكترونـات أو تكتسـبها أو تشـارك بهـا لتحصل على الثمانية. وتتكون الروابط التساهمية عندما يتم مشاركة الإلكترونات للحصول على حالة الثمانية.

79. تجـذب نواة إحـدى الـذرات إلكترونات الـذرة الأخرى، وتتشاركان بإلكترون أو أكثر.

80. ترتبط الجزئيات تساهميًّا.

81. عندمـا تقـترب ذرتـان إحداهمـا مـن الأخـرى، تـزداد محصلـة قوة التجـاذب. وتصـل محصلة قـوة التجـاذب إلى قيمتهـا العظمى عند المسـافة الحرجة بـين الذرتين، وإذا ا قتربت الذر تان إلى مسـافة أقل من المسافة الحرجة تصبح قوى التنافر أكبر من قوى التجاذب.

82. رابطـة تسـاهمية أحاديـة: رابطـة سـيجما، رابطـة تسـاهمية مزدوجة: رابطة سيجما ورابطة باي، رابطة تساهمية ثلاثية، رابطة سيجما واحدة ورابطتا باي.

إتقان حل المسائل

83. N: 5، As: 5، 3. Br: 7، 1. Se: 6، 2

84. a. 3 روابط سيجما ورابطة باي.
b. 3 روابط سيجما ورابطتا باي.

85. الرابطة الثلاثية في CO هي الأقصر والأقوى.

86. الرابطة الثلاثية في $C \equiv N^-$ هي الأقصر والأقوى.

87. a، b، c

4-2
إتقان المفاهيم

88. يجب أن تتفق الإجابة مع شكل 11–4 على صفحة 114.

89. عندما تنتج H^+ في المحلول.

90. سـداسي فلوريد الكبريت: ذرة S واحـدة ترتبط مع 6 ذرات F. رباعي فلوريد ثنائي الكبريت: ذرتا S تتحد بـ 4 ذرات F.

91. يشير اسم السـليكون إلى ذرة واحدة من Si. وتشير البادئة (ثـاني) إلى وجود ذرتي أكسـجين. فتكـون الصيغة الجزيئية الصحيحة هي SiO_2.

إتقان حل المسائل

92. $HClO_2$: حمض الكلوروز. H_3PO_4: حمض الفوسفوريك. H_2Se: حمض الهيدروسيلينيك، $HClO_3$: حمض الكلوريك.

93. a. ثلاثي فلوريد النيتروجين.
b. أول أكسيد النيتروجين.
c. ثالث أكسيد الكبريت
d. رابع فلوريد السليكون

94. a. ثاني أكسيد السيلينيوم
b. ثالث أكسيد السيلينيوم
c. رابع فلوريد ثنائي النيتروجين
d. رابع نيتريد رابع الكبريت.

95. a. SF_2 .b $SiCl_4$ .c CF_4 .d H_2SO_3

96. a. SiO_2 .b $HBrO_2$ .c ClF_3 .d HBr

4-3
إتقان المفاهيم

97. عدد إلكترونات التكافؤ لكل ذرة.

98. للزريخ خمسـة أماكن للترابـط، أي 10 إلكترونات للمشـاركة، وهذا أكثر من ثمانية إلكترونات التي يتم شغلها حسب قاعدة الثمانية.

99. لمركب BH_3 ستة إلكترونات وليس له توزيع إلكتروني ذو طاقة وضع قليلة. سيشارك زوج وحيد من الإلكترونات مع جزيء آخر لتكوين

4-1

إتقان المفاهيم

78. ما قانون الثمانية؟ وكيف يمكن استخدامه في الروابط التساهمية؟

79. صف تكوين الرابطة التساهمية.

80. صف تكوين الترابط في الجزئيات.

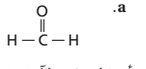
81. صف قوى التجاذب والتنافر الناتجة عن اقتراب ذرتين إحداهما من الأخرى.

82. كيف يمكنك توقع وجود روابط σ أو باي π في الجزيء؟

إتقان حل المسائل

83. ما عدد إلكترونات التكافؤ لكل من N، As، Br، وSe؟ توقع عدد الروابط التساهمية التي يحتاج إليها كل عنصر ليحقق قاعدة الثمانية.

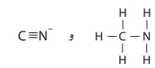
84. حدد روابط σ و باي π في كل من الجزيئات الآتية:

a. 

b. $H-C\equiv C-H$

85. أي الجزيئات الآتية، CO، وCH_2O، و CO_2 تكون فيها رابطة C–O هي أقصر؟ وأيها تكون فيها أقوى؟

86. أي رابطة من الروابط بين الكربون والنيتروجين الآتية أقصر؟ وأيها أقوى؟



87. رتب الجزيئات الآتية من حيث طول الرابطة بين الكبريت والأكسجين تصاعديًّا؟

a. SO_2 .b SO_3^{-2} .c SO_4^{-2}

4-2

إتقان المفاهيم

88. اشرح تسمية المركبات الجزيئية؟

89. متى يُسمى المركب الجزيئي حمضًا؟

90. اشرح الفرق بين سداسي فلوريد الكبريت ورباعي فلوريد ثنائي الكبريت؟

91. **الساعات** تستعمل بلورات الكوارتز في ساعات اليد وتصنع من ثاني أكسيد السيليكون. اشرح كيف يمكن استخدام الاسم لمعرفة أو تحديد صيغة ثاني أكسيد السيليكون.

92. أكمل **الجدول 8–4** الآتي:

الجدول 8 - 4 أسماء الأحماض

الصيغة	الاسم
$HClO_2$	
H_3PO_4	
H_2Se	
$HClO_3$	

93. سمِّ الجزيئات الآتية:

a. NF_3 .b NO .c SO_3 .d SiF_4

94. سمِّ الجزيئات الآتية:

a. SeO_2 .b SeO_3 .c N_2F_4 .d S_4N_4

95. اكتب صيغ الجزيئات الآتية:

a. ثنائي فلوريد الكبريت
b. رباعي كلوريد السيليكون
c. رباعي فلوريد الكربون
d. حمض الكبريتوز

96. اكتب الصيغ الجزيئية للمركبات الآتية:

a. ثنائي أكسيد السيليكون
b. حمض البروموز
c. ثلاثي فلوريد الكلور
d. حمض البروميك

4-3

إتقان المفاهيم

97. ما الواجب معرفته لتتمكن من رسم تراكيب لويس لجزيء ما؟

98. **عامل التنشيط** يدرس علماء المواد خواص البوليمرات عندما يتم معالجتها بمادة AsF_5. اشرح لماذا يشذ المركب AsF_5 عن قاعدة الثمانية؟

99. **العامل المختزل** يستخدم ثلاثي هيدريد البورون BH_3 عاملاً مختزلًا في الكيمياء العضوية. فسّر لماذا يكون BH_3 روابط تساهمية تناسقية مع جزيئات أخرى؟

مراجعة الفصل 4

100. يمكن أن يُكوِّن عنصرا الأنتيمون والكلور مركب ثلاثي كلوريد الأنتيمون وخماسي كلوريد الأنتيمون، اشرح كيف يمكن لهذين العنصرين أن يكوّنا مركبات مختلفة.

إتقان حل المسائل

101. ارسم ثلاثة أشكال رنين للأيون المتعدد الذرات CO_3^{-2} .

102. ارسم تراكيب لويس للجزيئات الآتية، التي يحتوي كل منها على ذرة مركزية، ولا تتبع قاعدة الثمانية:

a. PCl_5 **b.** BF_3 **c.** ClF_5 **d.** BeH_2

103. ارسم شكلي رنين الأيون المتعدد الذرات HCO_2^- .

104. ارسم تراكيب لويس لكل من المركبات والأيونات الآتية:

a. H_2S **b.** BF_4^- **c.** SO_2 **d.** $SeCl_2$

105. أي العناصر الآتية يكوّن جزيئًا تمثل إحدى ذراته قاعدة الثمانية الممتدة؟ اشرح إجابتك.

a. B **b.** C **c.** P **d.** O **e.** Se

4-4

إتقان المفاهيم

106. ما الأساس الذي بني عليه نموذج VSEPR؟

107. ما أقصى عدد للأفلاك المهجنة التي يمكن لذرة الكربون أن تكوّنها؟

108. ما الشكل الجزيئي لكل جزيء مما يأتي ؟ وقدّر زاوية الرابطة لكل جزيء، بافتراض عدم وجود إلكترونات غير مرتبطة.

a. A—B

b. A—B—A

c.
```
   A
A—B—A
```

d.
```
  A
  |
A—B—A
  |
  A
```

109. المركّب الأصل يستخدم PCl_5 بوصفه مركب أصل في تكوين مركبات أخرى كثيرة. اشرح نظرية التهجين، وحدّد عدد أفلاك التهجين الموجودة في جزيء PCl_5 .

إتقان حل المسائل

110. أكمل **الجدول 9-4** من خلال تعريف التهجين المتوقع للذرة المركزية. (رسم تراكيب لويس تساعدك على الحل).

الجدول 9-4

الصيغة الجزيئية	نوع التهجين	تراكيب لويس
XeF_4		
TeF_4		
KrF_2		
OF_2		

111. توقع الشكل الجزيئي لكل من المركبين الآتيين:

a. COS **b.** CF_2Cl_2

112. توقع الشكل الجزيئي وزاوية الرابطة ونوع التهجين لكل مما يأتي، (إن رسم تراكيب لويس تساعدك على الحل).

a. SCl_2 **b.** NH_2Cl **c.** HOF **d.** BF_3

4-5

إتقان المفاهيم

113. فسر أنماط تغير الكهروسالبية في الجدول الدوري.

114. وضح الفرق بين الجزيئات القطبية وغير القطبية.

115. قارن بين أماكن إلكترونات الترابط في الرابطة التساهمية القطبية والرابطة التساهمية غير القطبية. وفسر إجابتك.

116. ما الفرق بين الجزيء التساهمي الصلب والجزئ التساهمي الشبكي؟ هل يوجد اختلاف في الخواص الفيزيائية؟ فسّر إجابتك.

إتقان حل المسائل

117. بيّن الرابطة الأكثر قطبية بوضع دائرة حول نهاية القطب السالب لكل مما يأتي:

a. C–O و S–C **b.** C–F و C–N **c.** P–Cl و P–H

هذا التوزيع الإلكتروني من الروابط التساهمية التناسقية.

100. لعنصر الأنتيمون خمسة إلكترونات تكافؤ، وزوج وحيد، وثلاثة أماكن يستطيع من خلالها الارتباط بإلكترون واحد مع ذرة الكلور مما يشكل $SbCl_3$. كما يستطيع الأنتيمون التوسع عن قاعدة الثمانية وتكوين الروابط من خلال إلكترونات التكافؤ الخمسة لتكوين $SbCl_5$.

إتقان حل المسائل

101. راجع كتاب الطالب.

102. راجع كتاب الطالب

103. راجع كتاب الطالب.

104. راجع كتاب الطالب.

105. P و Se لأنهما في الدورة 3 وما بعدها وتمتلك فلك فرعي d.

4-4

إتقان المفاهيم

106. طبيعة تنافر أزواج الإلكترونات حول الذرة المركزية.

107. أربعة

108. a. خطّي، 180°

b. خطي، 180°

c. مثلث مستو، 120°

d. رباعي الأوجه منتظم، 109°

109. تفسر نظرية التهجين أشكال الجزيئات من خلال تكوين أفلاك تهجين متطابقة من الأفلاك الذرية لذرات الجزيء. خمس أفلاك Sp^3d متطابقة.

110. XeF_4 : sp^3d^2 ، TeF_4 : sp^3d ، KrF_2 : sp^3d ، OF_2 : sp^3.

111. a. خطي b. رباعي الأوجه منتظم

112. a. منحن، sp^3، 104.5°

b. هرم مثلثي، sp^3 ، 107°

c. منحن، sp^3 ، 104.5°

d. مثلث مستوٍ، sp^2 ، 120°

4-5

إتقان المفاهيم

113. تتزايد من اليسار إلى اليمين في الدورة، وتتناقص من أعلى إلى أسفل في المجموعة.

114. للجزيء غير القطبي توزيع متماثل من الشحنات، في حين أن للجزيئات القطبية تركيزًا من الإلكترونات على طرف ما من الجزيء أكثر من الطرف الآخر.

115. تكون الإلكترونات في الرابطة القطبية أقرب إلى الذرة ذات الكهروسالبية الكبرى بسبب المشاركة غير المتساوية. أما الإلكترونات في الروابط غير القطبية فتكون المشاركة فيها متساوية.

116. الجزيء التساهمي الصلب يكون لينًا وله درجة انصهار منخفضة بسبب القوى الجزيئية الداخلية الضعيفة. أما الجزيء الصلب التساهمي الشبكي فله درجة انصهار مرتفعة وهو شديد القساوة بسبب قوة الروابط التساهمية الشبكية.

إتقان حل المسائل

117. a. O b. F c. Cl

118. أشر إلى الذرة السالبة الشحنة في كل رابطة مما يأتي:
a. C–H b. C–N c. C–S d. C–O

119. توقع أي الروابط الآتية أكثر قطبية:
a. C–O b. Si–O c. C–Cl d. C–Br

120. رتّب الروابط الآتية تصاعديًّا حسب زيادة القطبية:
a. C–H b. N–H c. Si–H d. O–H e. Cl–H

121. **المبردات** تعرف المبردات المعروفة باسم فريون –14 بتأثيرها السلبي في طبقة الأوزون. وصيغة هذا المركب هي CF_4، فلماذا يُعد CF_4 جزيئًا غير قطبي مع أنه يحتوي على روابط قطبية؟

122. بيّن ما إذا كانت الجزيئات أو الأيونات الآتية قطبية، وفسّر إجابتك
a. H_3O^+ b. PCl_5 c. H_2S d. CF_4

123. استخدم تراكيب لويس، لتتنبأ بالقطبية الجزيئية لكل من ثنائي فلوريد الكبريت، ورباعي فلوريد الكبريت وسداسي فلوريد الكبريت.

مراجعة عامة

124. اكتب صيغ الجزيئات الآتية:
a. أول أكسيد الكلور b. حمض الزرنيخيك
c. خماسي كلوريد الفوسفور d. حمض كبريتيد الهيدروجين

125. سمِّ الجزيئات الآتية:
a. PCl_3 b. Cl_2O_7 c. P_4O_6 d. NO

126. ارسم تراكيب لويس للجزيئات والأيونات الآتية:
a. SeF_2 b. ClO_2^- c. PO_4^{3-} d. $POCl_3$ e. GeF_4

127. حدد أي الجزيئات الآتية قطبي. وفسر إجابتك:
a. CH_3Cl b. ClF c. NCl_3 d. BF_3 e. CS_2

128. رتّب الروابط الآتية تصاعديًّا حسب القطبية:
a. C–O b. Si–O c. Ge–O d. C–Cl e. C–Br

129. **وقود الصواريخ** استخدم الهيدرازين وثلاثي فلوريد الكلور ClF_3 في عام 1950م وقودًا للصواريخ. ارسم أشكال لويس ClF_3، وبيّن نوع التهجين فيه.

130. أكمل **الجدول 10–4** موضحًا عدد الإلكترونات المشتركة في الروابط التساهمية الأحادية، والثنائية، والثلاثية، وحدّد مجموعة الذرات التي تكون كلًّا من الروابط الآتية:

الجدول 10-4 الأزواج المشتركة

نوع الرابطة	عدد الإلكترونات المترابطة	الذرات التي تكون الرابطة
التساهمية الأحادية		
التساهمية الثنائية		
التساهمية الثلاثية		

التفكير الناقد

131. **نظم** صمم خريطة مفهوم لشرح نموذج VSEPR، ونظرية التهجين وأشكال الجزيئات.

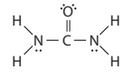
132. **قارن** بين المركبين التساهميين المعروفين باسم أكسيد الزرنيخيك III وثلاثي أكسيد ثنائي الزرنيخيك.

133. أكمل **الجدول 11–4**.

الجدول 11 -4 الخواص والترابط

الصلب	وصف الرابطة	خواص الصلب	مثال
أيوني			
جزيئي تساهمي			
فلزي			
تساهمي شبكي			

134. **طبق** اليوريا، مركب يستخدم في تصنيع البلاستيك والأسمدة، بيّن روابط σ و π وأزواج الإلكترونات غير المرتبطة في هذا المركب المبين أدناه.



118. a. C b. N c. S d. O

119. Si – O

120. تصاعديًّا مع الزيادة في القطبية: c، a، e، b، d.

121. توزيع متساوٍ للشحنة في الجزيء المتماثل.

122. a. قطبي، غير متماثل.
b. غير قطبي، متماثل.
c. قطبي، غير متماثل.
d. غير قطبي، متماثل.

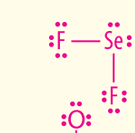
123. SF_2 وSF_4 تكون قطبية. SF_6 غير قطبي.

مراجعة عامة

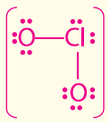
124. a. ClO b. H_3ASO_4 c. PCl_5 d. H_2S

125. a. ثالث كلوريد الفوسفور.
b. سابع أكسيد ثنائي الكلور.
c. سادس أكسيد رباعي الفوسفور.
d. أول أكسيد النيتروجين.

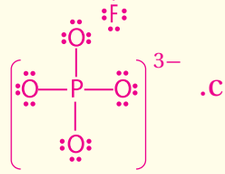
126. a.



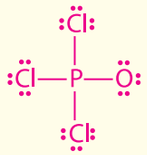
b.



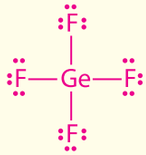
c.



d.



e.



127. الجزيئات القطبية هي ClF، CH_3Cl، وNCl_3 لأن كل جزيء غير متماثل والشحنة ليست موزعة بالتساوي.

128. الترتيب من الأقل إلى الأكثر حسب الخواص القطبية:
b، c، a، d، e

129. sp^3d

130. تساهمية أحادية: 2 إلكترون مشتركان، أي هالوجين أو أي عنصر من عناصر المجموعة 17.
تساهمية ثنائية: 4 إلكترونات مشتركة، عناصر المجموعة 16 تساهمية ثلاثية: 6 إلكترونات مشتركة، عناصر المجموعة 15.

التفكير الناقد

131. ستتنوع خرائط المفاهيم.

132. يبين أكسيد الزرنيخ III أن عدد أكسدة الزرنيخ هو 3+ وشحنة الأكسيد هي 2–. والصيغة الجزيئية الصحيحة هي As_2O_3. وينص الاسم ثلاثي أكسيد ثنائي زرنيخ على وجود ذرتي زرنيخ وثلاث ذرات أكسجين. على الرغم من أن الاسمين مختلفان، فكلاهما له الصيغة الجزيئية نفسها.

133. العمود 2: قوة جذب الأيون الموجب الكهروستاتيكي للأيون السالب، ومشاركة الإلكترونات بين الذرتين، والتجاذب بين الأيون الموجب والإلكترونات الحرة الحركة، والذرات مرتبطة تساهميًّا بعدد كبير من الذرات في الشبكة البلورية. العمود 3: صلب، وقاس، وهش، وبلوري، ودرجة انصهار مرتفعة، وغير موصل في الحالة الصلبة. غير صلب، درجة انصهار منخفضة، وغير موصل في الحالة الصلبة. بلورية لها القدرة على توصيل الحرارة والكهرباء، وقابل للثني، وقابل للسحب، ودرجة انصهار مرتفعة. بلوري وقاس، وصلب، وهش، وغير موصل. عينة لإجابات العمود 4: NaCl، CO_2، Ag والماس.

134. روابط سيجما هي روابط N – H وروابط C – N وأيضًا إحدى روابط C – O. الرابطة C – O الأخرى هي رابطة باي. الأزواج غير المترابطة يكون على كلتا ذرتي N.

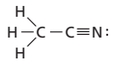
135. حلّل حدد قطبية كل جزيء يتصف بالخواص الآتية:

a. صلب في درجة حرارة الغرفة

b. غاز في درجة حرارة الغرفة

c. ينجذب إلى التيار الكهربائي

136. طبق الصيغة البنائية لمركب أسيتونيتريل CH_3CN



تفحّص هذه الصيغة، وحدد عدد ذرات الكربون ونوع التهجين الموجود في كل ذرة من ذرات الكربون. وفسّر إجابتك.

مسألة تحد

137. تفحّص طاقات تفكك الروابط المبينة في **الجدول 12–4**.

الجدول 12-4 طاقات تفكك الروابط

الرابطة	طاقة تفكك الرابطة (kJ/mol)	الرابطة	طاقة تفكك الرابطة (kJ/mol)
C–C	348	O–H	467
C=C	614	C–N	305
C≡C	839	O=O	498
N–N	163	C–H	416
N=N	418	C–O	358
N≡N	945	C= O	745

a. ارسم تراكيب لويس الصحيح لكل من C_2H_2 و HCOOH.

b. ما قيمة الطاقة التي نحتاج إليها لتفكيك هذه الجزيئات؟

مراجعة تراكمية

138. اكتب الصيغة الجزيئية الصحيحة للمركبات الآتية:

a. كربونات الكالسيوم

b. كلورات البوتاسيوم

c. أسيتات الفضة

d. كبريتات النحاس II

e. فوسفات الأمونيوم

139. اكتب الاسم الكيميائي الصحيح للمركبات الآتية:

a. NaI

b. $Fe(NO_3)_3$

c. $Sr(OH)_2$

d. $CoCl_2$

e. $Mg(BrO_3)_2$

تقويم إضافي

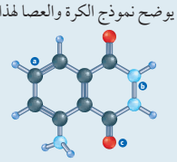
الكتابة في الكيمياء

140. ضد التجمد ابحث عن إيثلين جلايكول ethylene glycol لتعرف صيغته الكيميائية، واشرح كيف يساعد تركيب هذا المركب على استخدامه مبرِّدا.

141. المنظفات اكتب مقالة حول منظف غسل الملابس موضحًا تركيبه الكيميائي، واشرح كيف يزيل الدهون والأوساخ عن الأقمشة.

أسئلة المستندات

يستخدم المحققون الجنائيون عادة المركب التساهمي لومينول luminol للبحث عن بقع الدم؛ إذ تنتج طاقة ضوئية عند تفاعل بعض المواد الكيميائية واللومينول والهيموجلوبين في الدم. **والشكل 25–4** يوضح نموذج الكرة والعصا لهذا المركب.

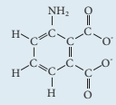


الشكل 25–4

142. حدد الصيغة الجزيئية لمركب اللومينول، وارسم تركيب لويس لهذا الجزيء.

143. بيّن تهجين الذرات التي تقع عليها الأحرف a ،b، و c في **الشكل 25–4**.

144. عندما يتصل اللومينول مباشرة بأيونات الحديد في الهيموجلوبين ينتج عن التفاعل مركب Na_2APA وماء ونيتروجين وطاقة ضوئية، **والشكل 26–4** يبين الصيغة البنائية لأيون APA. اكتب الصيغة الكيميائية للأيون APA العديد الذرات.



أيون APA

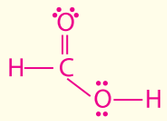
الشكل 26–4

135. a. قطبي b. غير قطبي c. قطبي

136. ذرة الكربون الأولى (مترابطة مع ثلاث ذرات هيدروجين وذرة كربون واحدة) مهجنة في sp^3 لأنها تحوي 4 أماكن ربط. ذرة الكربون الثانية (مترابطة مع ذرة كربون واحدة وذرة نيتروجين واحدة) مهجنة في sp لأن لها مكانين اثنين للربط.

مسألة تحد

137. a. $H-C\equiv C-H$



b. $C_2H_2 = 1671\ kJ/mol$

$HCOOH = 1986\ kJ/mol$

مراجعة تراكمية

138. a. $CaCO_3$

b. $KClO_3$

c. $Ag_2C_2H_3O_2$

d. $CuSO_4$

e. $(NH_4)_3PO_4$

139. a. يوديد الصوديوم

b. نترات الحديد III

c. هيدروكسيد الاسترانشيوم.

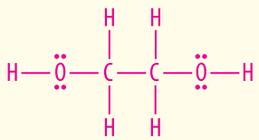
d. كلوريد الكوبلت II.

e. برومات الماغنيسيوم.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

140.

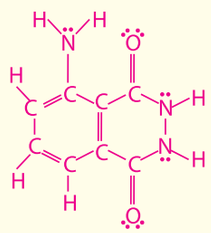


ستتنوع الإجابات. ربما يلاحظ الطلبة أن وجود مجموعة –OH يجعل الإثيلين جلايكول قابلاً للمزج بالماء، ويساعد هذا على رفع درجة الغليان نسبيًّا وخفض درجة التجمد.

141. يجب أن تتضمن الإجابات شرح اللاقطبية في نهاية جزيء المنظف والقطبية في الجهة الأخرى للجزيء نفسه، مما يمكّنه من جذب كل من الماء والزيت.

أسئلة المستندات

142. $C_8H_7O_2N_3$



143. a. sp^2

b. sp^3

c. sp^2

144. $C_8H_5NO_4^{2-}$

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. d
2. a
3. c
4. d
5. b
6. c
7. d
8. d
9. a
10. b

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

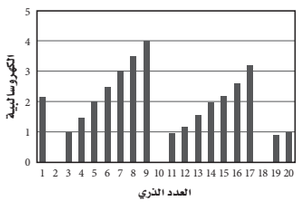
1. الاسم الشائع للمركب SiI_4 هو رباعي أيودو سيلان، فما الاسم العلمي له؟

a. رباعي يوديد السيلان
b. رباعي يود السيلان
c. يوديد السيليكون
d. رباعي يوديد السيليكون

2. أي المركبات الآتية يحتوي على رابطة باي واحدة على الأقل؟

a. CO_2 **b.** $CHCl_3$ **c.** AsI_3 **d.** BeF_2

استخدم الرسم البياني في الإجابة عن السؤالين 3 و 4



3. ما كهروسالبية العنصر الذي عدده الذري يساوي 14؟

a. 1.5 **b.** 1.9 **c.** 2.0 **d.** 2.2

4. بين أي أزواج العناصر الآتية يكوّن رابطة أيونية؟

a. العدد الذري 3 و 4
b. العدد الذري 7 و 8
c. العدد الذري 4 و 18
d. العدد الذري 8 و 12

5. أي مما يأتي يمثّل تركيب لويس لثنائي كبريتيد السيليكون:

a. :S::Si::S:
b. :S::Si::S:
c. :S:Si:S:
d. :S:Si:S:

6. تُكَوِّنُ ذرة السيلينيوم المركزية في سداسي فلوريد السيلينيوم قاعدة الثمانية الممتدة، فما عدد أزواج الإلكترونات التي تحيط بذرة Se المركزية؟

a. 4 **b.** 5 **c.** 6 **d.** 7

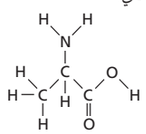
استخدم الجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 7 و 8.

طاقة تفكيك الروابط عند 298k			
الرابطة	kJ/mol	الرابطة	kJ/mol
Cl– Cl	242	N ≡ N	945
C–C	345	O–H	467
C–H	416	C–O	358
C–N	305	C=O	745
H–I	299	O=O	498
H–N	391		

7. أي الغازات الثنائية الذرات فيما يأتي له أقصر رابطة بين ذرتيه؟

a. HI **b.** O_2 **c.** Cl_2 **d.** N_2

8. ما مقدار الطاقة الضرورية لتفكيك الروابط جميعها المبينة في الجزيء الآتي:



a. 3024 kJ /mol **c.** 4621 kJ /mol
b. 4318 kJ /mol **d.** 5011 kJ /mol

9. أي المركبات الآتية ليس له شكل الجزيء المنحني؟

a. BeH_2 **b.** H_2S **c.** H_2O **d.** SeH_2

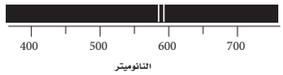
10. أي مما يأتي غير قطبي؟

a. H_2S **b.** CCl_4 **c.** SiH_3Cl **d.** AsH_3

أسئلة الإجابات القصيرة

11. تحتوي الأحماض الأكسجينية على عنصر الهيدروجين وأنيون الأكسجين، ويوجد منها نوعان يحتويان على الهيدروجين والنيتروجين والأكسجين. حدد هذين الحمضين، وكيف يمكن تعرُّفهما اعتمادًا على أسمائهما وصيغتيهما؟

استخدم طيف الانبعاث الذري أدناه للإجابة عن السؤالين 12و 13.



12. قدر طول موجة الفوتون المنبعث من هذا العنصر.

13. احسب تردد الفوتون المنبعث من هذا العنصر.

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن السؤالين 14و 15.

التمثيل النقطي للإلكترونات (تركيب لويس)								
المجموعة	1	2	13	14	15	16	17	18
	Li·	·Be·	·B·	·Ċ·	·N̈·	·Ö:	:F̈:	:N̈e:

14. اعتمادًا على تراكيب لويس المبينة أعلاه، أي من الأزواج الآتية سترتبط بنسبة 3 : 2 ؟

a. ليثيوم وكربون
b. بريليوم وكلور
c. بريليوم ونيتروجين
d. بورون وأكسجين
e. بورون وكربون

15. ما عدد إلكترونات المستوى الأخير في عنصر البريليوم إذا أصبح أيونًا موجبًا؟

a. 0
b. 2
c. 4
d. 6
e. 8

أسئلة الإجابات المفتوحة

يتحد الجزيء Y_2X عن اتحاد ذرة العنصر X مع ذرتين من العنصر Y. إذا علمت أن العدد الذري للعنصر X يساوي 8 والعدد الذري للعنصر Y هو 1، فأجب عما يأتي:

16. ارسم شكل لويس لهذا الجزيء.

17. هل الجزيء قطبي أم لا؟ فسّر إجابتك.

18. وضح نوع الفلك المهجن في هذا الجزيء.

19. فسّر لماذا تكون الزوايا بين الروابط في هذا الجزيء أقل من 109.5 درجة.

أسئلة الإجابات القصيرة

11. حمض النيتريك HNO_3 وحمض النيتروز NHO_2 يشير مقطع (يك) إلى العدد الأكبر لذرات الأكسجين، أما المقطع (وز) فيشير إلى العدد الأقل لذرات الأكسجين.

12. 580 nm

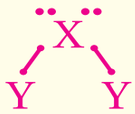
13. 5.2×10^{14} Hz

14. d

15. a

أسئلة الإجابات المفتوحة

16.



17. الجزيء قطبي؛ بسبب وجود فرق في الكهروسالبة لذرات العناصر المكونة للروابط فيه.

18. التوزيع الإلكتروني لـ X:

$1s^2 2s^2 2p^4$

تندمج مستويات الطاقة الفرعية في 2s2p ويتكون أربعة أفلاك مهجنة من نوع sp^3.

19. وذلك بسبب تنافر أزواج الإلكترونات غير المترابطة الموجودة على الذرة المركزية.

المخطط التنظيمي للفصل 5: الحساب الكيميائي والمول Stiochiometry

الفصل 5

الحساب الكيميائي والمول
Stiochiometry

الفكرة العامة تؤكد العلاقات بين كتل المواد في التفاعلات الكيميائية صحة قانون بقاء الكتلة.

5-1 مولات المركبات

الفكرة الرئيسة يمكن حساب الكتلة المولية للمركب باستعمال صيغته الكيميائية، كما يمكن استعمال الكتلة المولية لتحويل الكتلة إلى مولات المركب.

5-2 الصيغ الأولية والصيغ الجزيئية

الفكرة الرئيسة الصيغة الجزيئية لمركب هي مضاعف صحيح لصيغته الأولية.

5-3 حسابات المعادلات الكيميائية

الفكرة الرئيسة تتطلب مسائل الحسابات الكيميائية كتابة معادلة موزونة. وتحدد كمية كل مادة متفاعلة موجودة عند بداية التفاعل الكيميائي كمية المواد الناتجة عنه.

د م دون المستوى	ض م ضمن المستوى	ف م فوق المستوى	ت ت تعلم تعاوني

الزمن المقترح للتدريس - الفصل1 / الحساب الكيميائي والمول (13 حصة)				
البند	5-1	5-2	5-3	التقويم
عدد الحصص	4	4	4	1

أهداف البند	مصادر تقويم التعلم	المواد والأدوات المختبرية
5-1 مولات المركبات 1. **يتعرّف** العلاقات التي تربط المول بالصيغة الكيميائية. 2. **يحسب** الكتلة المولية لمركب. 3. **يطبّق** معاملات التحويل لتحديد عدد الذرات أو الأيونات في كتلة معروفة من مركب.	**متابعة التقدم** تقويم بنائي، ص 148، 149، 150، 152 تقويم البند، ص 153	**النشاط الاستهلالي**: ص 145 مخبار مدرج سعة 10ml، برمنجنات البوتاسيوم 0.01M، دورق مدرج سعة 100ml، محلول كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني 0.01M، قضيب تحريك **الزمن المقدر: 15 دقيقة**
5-2 الصيغ الأولية والصيغ الجزيئية 1. **يفسّر** المقصود بالنسب المئوية للمكونات. 2. **يحدّد** الصيغتين الأولية والجزيئية للمركب من خلال النسب المئوية للمركبات والكتل الحقيقية للمركب.	**متابعة التقدم** تقويم بنائي، ص 154، 157، 159، 161، 163 تقويم البند، ص 163	**المختبر الصغير** : ص 155 أقراص العلكة، ميزان وأوراق للوزن، ماء الصنبور، دورق سعة 250ml، قضيب تحريك،مناشف ورقية، مقص، شبكة معدنية **الزمن المقدر: 15 دقيقة** **عرض عملي**، ص 156 قطعة من البرونز، خارصين – محلول HCl تركيزه 6.0 M ميزان – ملقط. **عرض عملي**، ص 156 أنبوب اختبار– سدادات ذات ثقبين– أنابيب زجاجية ومطاطية– موقد بنزن– حامل الحلقة– حامل أنابيب اختبار– أكسيد نحاس II – ملعقة صغيرة.
5-3 حسابات المعادلات الكيميائية 1. **يصف** العلاقات المستخرجة من معادلة كيميائية موزونة. 2. **يتذكّر** النسب المولية في المعادلة الكيميائية الموزونة. 3. **يكتب** قائمة تسلسل الخطوات المستخدمة في حل مسائل الحسابات الكيميائية. 4. **يحلّ** مسائل الحسابات الكيميائية.	**تقويم أولي** **متابعة التقدم** تقويم بنائي، ص 166، 167، 168، 170، 171، 172 ماذا قرأت؟ ص 165، 167 تقويم البند، ص 175 تقويم ختامي تقويم الفصل 179	**عرض عملي**، ص 165 أربعة دوارق سعة كل منها 125ml – بالونات – محلول حمض الخليك 2M – ميزان – صودا الخبيز (20g) – ورق. **المختبر الصغير ص** 174: ميزان،بوتقة، كربونات الصوديوم الهيدروجينية ($NaHCO_3$)، حامل الحلقة، حلقة، مثلث فخار، موقد بنزن، مشبك بوتقة. **الزمن 25 دقيقة** **مختبر الكيمياء ص**177: كبريتات النحاس II المائية، برادة حديد، ماء مقطر، سخان كهربائي، مشبك دوارق، ميزان، قضيب تحريك، دورق سعته 150–ml، دورق سعته 400–ml، مخبار مدرج سعته 100–ml، أوراق للوزن. **الزمن 30 دقيقة**

الفصل 5

الفكرة العامة

المواد المتفاعلة

لتقديم الفكرة العامة لهذا الفصل، اطلب إلى أربعة من الطلبة إضافة 5.0 ml من الماء إلى أربع علب أفلام تصوير فارغة، وأن يقسموا قرص بيكربونات الصوديوم إلى أربع قطع غير متساوية (صغيرة، متوسطة، ما بين المتوسطة والكبيرة، وكبيرة) وأن يضعوا القطع على أغطية علب الأفلام. وينبغي إسقاط القطع في العلب وإغلاقها، ثم الابتعاد بعد ذلك عن الطاولة. ستلاحظ عندئذٍ أن الأغطية سوف تنطلق في الهواء، وتصدر صوت فرقعة. ثم اسأل الطلبة أي الأغطية انطلق بقوة أكبر في الهواء وأصدر صوتًا عاليًا؟ العلبة التي احتوت على أكبر قطعة من القرص.

واسألهم عما إذا كانت كمية بيكربونات الصوديوم التي في العلبة تحدد مدى قوة انطلاق العلبة. سوف تتناسب النتائج مع حجم القرص.

الربط مع المعرفة السابقة

اطلب إلى الطلبة أن يراجعوا المفاهيم الآتية قبل دراسة هذا الفصل وهي:

- الترميز العلمي.
- متوسط (معدل) الكتلة الذرية
- التحويلات المولية

استعمال الصورة

بقاء الكتلة اكتب المعادلة الموزونة لعملية التمثيل الضوئي الأساسية على السبورة. وذكّر الطلبة بقانون بقاء الكتلة، ثم اطلب إليهم أن يتحققوا من أن الكتلة تُحفظ خلال عملية التمثيل الضوئي. على الطلبة أن يتحققوا من أعداد كل نوع من الذرات، وأن الكتلة متساوية على جانبي المعادلة.

نشاطات تمهيدية

نشاط استهلالي

ما أدلة حدوث تفاعل كيميائي ؟

تُستهلك المواد المتفاعلة خلال التفاعل الكيميائي، وتنتج مواد جديدة. وغالبًا ما يصاحب التفاعل عدة علامات تشير إلى حدوثه.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. ضع 5ml من محلول برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$ تركيزه 0.01M في كأس سعتها 100 ml، باستخدام مخبار مدرج سعته 10ml.
3. أضف باستخدام المخبار المدرج، بعد تنظيفه وتجفيفه، 5ml من محلول كبريتيت الصوديوم الهيدروجينية $NaHSO_3$ تركيزه 0.01M ببطء إلى المحلول السابق مع الاستمرار في عملية التحريك، ثم سجل ملاحظاتك.
4. كرر الخطوة 3 وتوقف عن إضافة محلول كبريتيت الصوديوم عندما يختفي لون محلول برمنجنات البوتاسيوم، ثم سجل ملاحظاتك.

تحليل النتائج

1. تعرَّف الدليل الذي لاحظته على حدوث تفاعل كيميائي.
2. وضح لماذا تُعد إضافة محلول $NaHSO_3$ ببطء مع التحريك، أسلوبًا تجريبيًا أفضل من إضافته مرة واحدة؟

استقصاء هل يحدث شيء آخر إذا ما تابعنا إضافة محلول $NaHSO_3$ إلى الكأس؟ وضح إجابتك.

المطويات منظمات الأفكار

خطوات الحسابات الكيميائية اعمل المطوية الآتية لمساعدتك على تلخيص خطوات حل مسائل الحسابات الكيميائية.

خطوة 1 اثنِ الورقة طوليًا من النصف.

خطوة 2 اثنِ الورقة من النصف، ثم اثنها من النصف مرة أخرى.

خطوة 3 افتح الورقة لتعود إلى الوضع الذي نتج بعد الخطوة الأولى، ثم اقطع الجزء الأمامي من أماكن الثني حتى تحصل على أربع قطع.

خطوة 4 سمِّ القطع بأسماء خطوات الحسابات الكيميائية.

المطويات استخدم هذه المطوية مع الدرس 3–5، وعند قراءتك لهذا الدرس، لخص كل خطوة على قطعة، وأعط مثالاً على كل منها.

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

لمراجعة محتوى هذا الفصل ونشاطاته ارجع إلى الموقع:

www.obeikaneducation.com

145

تحليل النتائج

1. عندما أضيف محلول كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني العديم اللون إلى محلول برمنجنات البوتاسيوم الأرجواني، لوحظ تغير اللون من الأرجواني إلى عديم اللون.
2. يمكن أن تؤدي إضافة محلول $NaHSO_3$ جميعه مرة واحدة إلى حدوث خطأ في تحديد حجم المحلول الذي يتطلبه تغيير اللون الأرجواني لمحلول $KMnO_4$ إلى محلول عديم اللون. ويمكن أن يكون الخطأ بمقدار 5ml.

استقصاء

لا يحدث شيء آخر لأن المحلول عديم اللون، مما يعني أنه لا توجد برمنجنات بوتاسيوم لتتفاعل.

نشاط استهلالي

الهدف يلاحظ الطلبة تفاعلاً كيميائيًا تستهلك فيه إحدى المواد المتفاعلة تمامًا، في حين تبقى المادة المتفاعلة الأخرى بصورة فائضة .

احتياطات السلامة اعتمد نماذج السلامة في المختبر قبل البدء في العمل. وراجع مع الطلبة نشرة احتياطات السلامة الخاصة ببرمنجنات البوتاسيوم وكبريتيت الصوديوم الهيدروجينية قبل إجراء هذه التجربة. ولا تسمح لهم بتحضير محاليل تتطلبها التجربة، لأن $KMnO_4$ عامل مؤكسد خطر بجميع أشكاله الصلبة (سواء أكانت مطحونة أو بلورية). وذكّرهم أن يرتدوا معطف المختبر، وأن يضعوا النظارات الواقية.

التخلص من النفايات يجب أن يُعالَج محلول $KMnO_4$ ويُحتفظ به على أنه نفاية كيميائية، ولا تسكبه في المغسلة.

استراتيجيات التدريس

- ضع خمسة أنابيب اختبار وعشر سدادات مطاطية على الطاولة، ثم أغلق كل أنبوب بسدادة واحدة، واسأل الطلبة: أي هذه المواد يتوافر بكمية أكبر؟
- انظر صفحة تحضير المحاليل الموجودة في مقدمة هذا الدليل.

النتائج المتوقعة لون محلول $KMnO_4$ هو أرجواني غامق، ويصبح المحلول عديم اللون تدريجيًا عند إضافة محلول $NaHSO_3$ إليه. ومن المتوقع أن يتطلب 27 ml من $NaHSO_3$ لكل 5ml من $KMnO_4$ حتى يتغير لون محلول البرمنجنات إلى محلول صافٍ عديم اللون.

5-1

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسة على الطلبة.

الفكرة الرئيسة

عد المركبات أحضر كأسين إلى الصف، أحدهما يحتوي على 342g من سكر الطاولة(السكروز)، والآخر يحتوي على 180g من الجلوكوز. أخبر الطلبة أن كلتا الكأسين تحتوي على مول واحد، وأن كل عينة تحتوي على ذرات كل من الكربون، والهيدروجين والأكسجين. اسأل الطلبة: لماذا تحتوي الكأسان على كميات مختلفة. الكأسان تحتويان على مركبين مختلفين، يتكون كل منهما من ذرات كربون وهيدروجين وأكسجين. أخبر الطلبة أن الكأس الأولى تحتوي على السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$ والكأس الثانية تحتوي على الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$. ناقش الطلبة في كيفية حساب الكتلة المولية لمركب باستعمال الكتل المولية للعناصر المكونة له.

ض م

2. التدريس

الخلفية النظرية

الألومنيوم المثال 1–5 يتضمن أكسيد الألومنيوم Al_2O_3، أو الألومينا، وهي مادة خام لإنتاج الألومنيوم الفلز الشائع هذه الأيام، بينما كان في الماضي نادراً وباهظ الثمن. وعلى الرغم من أن البوكسيت هو الخام الرئيس الذي يحتوي على الألومنيوم إلا أنه لا يستعمل بشكل مباشر في صناعة الألومنيوم، بل يكرر أولاً إلى ألومينا. وتستعمل طريقة باير، المطورة في عام 1888م من قبل الكيميائي النمساوي كارل باير لتكرير البوكسيت إلى ألومينا. ثم يحول المسحوق الأبيض الناتج عن العملية (ألومينا) إلى فلز الألومنيوم بالتحليل الكهربائي بعد صهره.

إجابة سؤال الشكل 1–5

2 mol F، 2 mol Cl، 1 mol C

مشروع الكيمياء

الصيغ الكيميائية والمول اطلب إلى الطلبة البحث عن الصيغ الكيميائية للمركبات الآتية. واطلب إليهم أن يعددوا النسب المولية بين العناصر المكونة لكل مركب ض م

المادة	الصيغة الكيميائية	النسب المولية
بيوتانول	$C_4H_{10}O$	4 mol C:10 mol H:1 mol O
هيدرازين	N_2H_4	2 mol N:4 mol H
حمض الهيدروكلوريك	HCl	1 mol H:1 mol Cl
كبريتات النحاس (الزاج الأزرق)	$CuSO_4$	1 mol Cu:1 mol S:4 mol O

5–1

الأهداف

- **تعرف** العلاقات التي تربط المول بالصيغة الكيميائية.
- **تحسب** الكتلة المولية لمركب.
- **تطبق** معاملات التحويل لتحديد عدد الذرات أو الأيونات في كتلة معروفة من مركب.

مراجعة المفردات

الجسيم: ذرة أو جزيء أو وحدة صيغة كيميائية أو أيون.

مولات المركبات

Moles of Compounds

الفكرة الرئيسة **يمكن حساب الكتلة المولية للمركب من خلال صيغته الكيميائية، كما يمكن استعمال الكتلة المولية للتحويل بين الكتلة والمولات.**

الربط مع الحياة فُحصت حقيبتان في المطار، ولأن إحداهما قد تجاوزت حد الوزن المسموح به. ولأن وزن كل حقيبة يعتمد على مجموع الأشياء الموجودة بداخلها فإن تغيرهذه الأشياء يغير وزن كل منهما.

الصيغ الكيميائية والمول

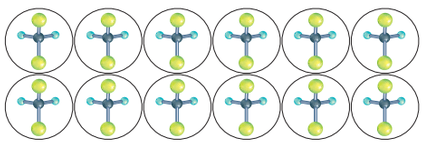
Chemical Formulas and the Mole

تعلمت أن الأنواع المختلفة من الجسيمات تُعد باستعمال المول، وكذلك تعلمت أن الكتل المولية تستعمل للتحويل بين المولات والكتلة وعدد جسيمات العنصر. وللقيام بتحويلات مشابهة للمركبات والأيونات فإنك تحتاج إلى معرفة الكتلة المولية لها.

تذكر أن الصيغة الكيميائية للمركب تعبر عن عدد الذرات وأنواعها الموجودة في وحدة صيغة واحدة منه. خذ بعين الاعتبارالمركب ثنائي كلورو ثنائي فلورو ميثان، وصيغته CCl_2F_2 حيث تدل الأرقام السفلية في المركب على أن جزيئًا واحدًا من CCl_2F_2 يتكون من ذرة كربون C، وذرتي كلورCl وذرتي فلورF. وهذه الذرات مرتبطة بعضها مع بعض كيميائيًا، بنسبة F: Cl: C هي 2:2:1 على الترتيب.

والآن، افترض أن لديك مولاً واحدًا من CCl_2F_2 فهذا يعني أنه يحتوي على عدد أفوجادرو من الجسيمات، والتي تمثل بالجزيئات. وستبقى النسبة 2 :2 :1 بين ذرات F:Cl:C في مول من المركب كما هي في جزيء واحد منه.

والشكل 5–1 يوضح درزن من جزيئات CCl_2F_2؛ إذ تحتوي على درزن واحد من ذرات الكربون، ودرزنين من ذرات الكلور، ودرزنين من ذرات الفلور. فالصيغة الكيميائية CCl_2F_2 لا تمثل جزيئًا منفردًا من CCl_2F_2 فقط، بل تمثل أيضًا مولاً من المركب.



الشكل 5-1 يوضح درزن من جزيئات CCl_2F_2 تحتوي على درزن من ذرات الكربون، ودرزنين من ذرات الكلور، ودرزنين من ذرات الفلور.

استنتج كم ذرة من الكربون، والكلور، والفلور توجد في مول واحد من CCl_2F_2.

146

قد تحتاج في بعض الحسابات الكيميائية إلى التحويل بين مولات المركب ومولات إحدى الذرات المكونة له. فالنسب أو معاملات التحويل الآتية، يمكن كتابتها لاستعمالها في الحسابات لجزيء CCl_2F_2.

$$\frac{1\ mol\ C}{1\ mol\ CCl_2F_2} \qquad \frac{2\ mol\ F}{1\ mol\ CCl_2F_2} \qquad \frac{2\ mol\ Cl}{1\ mol\ CCl_2F_2}$$

لإيجاد عدد مولات ذرات الفلور في 5.50 moles من الفريون CCl_2F_2 اضرب مولات الفريون في معامل التحويل الذي يربط بين مولات ذرات الفلور ومولات الفريون.

$$mol\ CCl_2F_2 \times \frac{mol\ F}{1\ mol\ CCl_2F_2} = mol\ F$$

$$5.50\ mol\ CCl_2F_2 \times \frac{2\ mol\ F}{1\ mol\ CCl_2F_2} = 11.0\ mol\ F$$

يمكن استعمال معامل التحويل الذي استعمل للفلور في كتابة معاملات التحويل لسائرالعناصر في المركب. وعدد مولات العنصرالتي توضع في البسط هي الرقم السفلي للعنصر في الصيغة الكيميائية.

مثال 1-5

علاقات المول المرتبطة مع الصيغة الكيميائية أكسيد الألومنيوم Al_2O_3 الذي غالبًا ما يسمى ألومينا، هو المادة الخام الأساسية لإنتاج الألومنيوم Al، الذي يوجد في معدن الكورندوم والبوكسيت. احسب عدد مولات أيونات الألومنيوم Al^{3+} في 1.25 mol من Al_2O_3.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت عدد مولات Al_2O_3، وعليك أن تحسب عدد مولات أيونات Al^{3+}. مستعملاً معامل التحويل المبني على الصيغة الكيميائية والذي يربط بين مولات أيونات Al^{3+} ومولات Al_2O_3. كل 1mol من Al_2O_3 يحتوي على 2mol من أيونات Al^{3+}، لذا، فالإجابة يجب أن تكون ضعف مولات Al_2O_3.

المعطيات	المطلوب
عدد مولات Al_2O_3 = 1.25 mol	عدد المولات Al^{3+} = ؟

2 حساب المطلوب

استعمل العلاقة 1mol من Al_2O_3، يحتوي على 2mol من Al^{3+} لكتابة معامل التحويل. $\frac{2\ mol\ Al^{3+}}{1\ mol\ Al_2O_3}$

عين معامل تحويل يربط بين عدد مولات أيونات Al^{3+} بمولات Al_2O_3

لتحويل عدد مولات Al_2O_3 المعروفة إلى مولات أيونات Al^{3+} اضرب في معامل التحويل المكتوب.

طبق معامل التحويل

$$mol\ Al_2O_3 \times \frac{2\ mol\ Al^{3+}}{1\ mol\ Al_2O_3} = mol\ Al^{3+}$$

عوض مستعينًا بالمعطيات، وجد الحل

$$1.25\ mol\ Al_2O_3 \times \frac{2\ mol\ Al^{3+}}{1\ mol\ Al_2O_3} = 2.50\ mol\ Al^{3+}$$

3 تقويم الإجابة

عدد مولات أيونات Al^{3+} ضعف عدد مولات Al_2O_3 كما هو متوقع.

147

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى اكتب على السبورة الصيغ الكيميائية لعدة مركبات مختلفة، يحتوي كل منها على ذرات الكربون، والهيدروجين والأكسجين. اطلب إلى الطلبة رسم جدول بأعمدة معنونة كالآتي: الصيغ الكيميائية، عدد ذرات الكربون، الكتلة المولية للكربون، كتلة الكربون، عدد ذرات الأكسجين، الكتلة المولية للأكسجين، كتلة الأكسجين،عدد ذرات الهيدروجين، الكتلة المولية للهيدروجين،كتلة الهيدروجين، والكتلة المولية للمركب. تابع الطلبة خلال حساب كتلة كل عنصر ومن ثم جمع الكتل التي تشكل الكتلة المولية للمركب. **د م**

المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قد يدرك الطلبة أن مولاً واحدًا من المركب يمثل 6.02×10^{23} من الجسيمات، ولكنهم قد لا يدركون أن هناك علاقات مولية أخرى يمكن تحديدها في ذلك المول. على سبيل المثال، عدد مولات ذرات الفلور في مولٍ واحدٍ من جزيئات الفريون. .

استكشاف المفاهيم الشائعة غير الصحيحة

قد تكون المتشابهات مفيدة جدًّا. اسأل الطلبة ما عدد أرجل القطة؟ أربعة. ما عدد أرجل دستة من القطط؟ 48 . ما عدد القطط اللازمة للحصول على 200 من الأرجل؟ 50.ما عدد الأرجل في مولٍ واحدٍ من القطط؟ 2.41×10^{24}. ثم، اسأل عن عدد ذرات الفلور في جزيء واحدٍ من الفريون.اثنتان. وأخيراً، ما عدد ذرات الفلور في مول واحد من الفريون؟ 1.20×10^{24}.

اعرض المفهوم

اعمل نموذج لـ CH_4. فكك النموذج واسأل الطلبة عن عدد ذرات الهيدروجين في كل جزيء ميثان. أربعة. اسأل عن عدد ذرات الهيدروجين في مولٍ واحد من الميثان.

$$(6.02\times10^{23}) \times 4 = 2.41\times10^{24}.$$

تقويم المعرفة الجديدة

اطلب إلى الطلبة كتابة النسب المولية للعناصر المكونة لجزيء الميثان. **ض م**

مثال في الصف

سؤال الهيماتيت هو خام أكسيد الحديد III Fe_2O_3.حدد عدد مولات أيونات الأكسيد O^{-2} الموجودة في 6.25 mol من Fe_2O_3.

الإجابة

$$6.25\ \cancel{mol\ Fe_2O_3} \times \frac{3\ mol\ O}{1\ \cancel{mol\ Fe_2O_3}} = 18.8\ mol\ O^{2-}$$

مسائل تدريبية

1. $5.00\ mol\ Cl^-$
2. $7.50\ mol\ C;\ 15.0\ mol\ H;\ 7.50\ mol\ O$
3. $9.00\ mol\ SO_4^{2-}$
4. $25.0\ mol\ O$
5. $2.30 \times 10^1\ mol\ H$

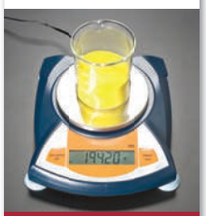
التقـــويـــم

المعرفة أعط كل طالب صيغًا كيميائيّة مختلفة، واطلب إليهم تحديد عدد كل نوع من الذرات في كل وحدة صيغة أو جزيء، ثـم اطلب إليهم تحديد عدد مـولات كل نوع من الذرات لكل مول من المادة نفسها. ض م

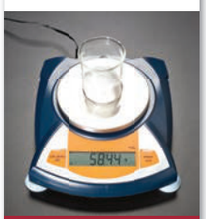
مسائل تدريبية

6. a. 40.00 g/mol
   b. 110.98 g/mol
   c. 98.14 g/mol
7. a. 46.07 g/mol
   b. 27.03 g/mol
   c. 153.81 g/mol
8. a. أيوني؛ 211.64 g/mol
   b. أيوني؛ 149.10 g/mol
   c. جزيئي؛ 342.30 g/mol

الشكل 5-2 لأن كل مادة تحتوي على أعـداد وأنـواع مختلفة من الذرات، فإن كتلها المولية مختلفة. فالكتلة المولية لكل مركب هي حاصل مجموع كتل جميع العناصر المكونة له.



كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4



كلوريد الصوديوم NaCl

السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$

مسائل تدريبية

1. يستعمل كلوريد الخارصين $ZnCl_2$ بوصفه سبيكة لحام لربط فلزين أحدهما مع الآخر، احسب عدد مولات أيونات Cl^- في 2.50 mol من $ZnCl_2$.
2. تعتمد النباتات والحيوانات على سكر الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$ بوصفه مصدرًا للطاقة. احسب عدد مولات كل عنصر في 1.25 mol من $C_6H_{12}O_6$.
3. احسب عدد مولات أيونات الكبريتات الموجودة في 3.00 mol من $Fe_2(SO_4)_3$.
4. ما عدد مولات ذرات الأكسجين الموجودة في 5.00 mol من P_2O_5؟
5. **تحدٍّ** احسب عدد مولات ذرات الهيدروجين في 1.15×10^1 mol من الماء.

الكتلة المولية للمركّبات
The Molar Mass of Compounds

كتلة مول واحد من المركب تساوي مجموع كتل الجسيمات التي يتكون منها المركب.

افترض أنك ترغب في تعيين الكتلة المولية (MM) لمركب كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4. ابدأ بالبحث عن الكتل المولية لكل عنصر في K_2CrO_4، ثم اضرب الكتلة المولية لكل عنصر في عدد مولات العنصر الممثلة في الصيغة الكيميائية، ثم اجمع كتل العناصر كافة لتحصل على الكتلة المولية للمركب K_2CrO_4.

$$2\ mol\ K \times \frac{39.10\ g\ K}{1\ mol\ K} = 78.20\ g$$

$$1\ mol\ Cr \times \frac{52.00\ g\ Cr}{1\ mol\ Cr} = 52.00\ g$$

$$4\ mol\ O \times \frac{16.00\ g\ O}{1\ mol\ O} = 64.00\ g$$

$$\text{الكتلة المولية } K_2CrO_4 = 194.20g$$

الكتلة المولية للمركب توضح قانون بقاء الكتلة؛ فالكتلة الكلية للمتفاعلات تساوي كتلة المركب المتكون. **الشكل 5-2** يوضح كتلاً متكافئة لمول واحد من كرومات البوتاسيوم، وكلوريد الصوديوم، والسكروز.

مسائل تدريبية

6. احسب الكتلة المولية لكل مركب أيوني من المركبات الآتية:
   a. NaOH b. $CaCl_2$ c. $KC_2H_3O_2$
7. احسب الكتلة المولية لكل مركب أيوني من المركبات الآتية:
   a. C_2H_5OH b. HCN c. CCl_4
8. **تحدٍّ** صنّف كلًّا من المركبات الآتية بوصفه مركبًا جزيئيًّا أو أيونيًّا، ثم احسب كتلته المولية:
   a. $Sr(NO_3)_2$ b. $(NH_4)_3PO_4$ c. $C_{12}H_{22}O_{11}$

148

دفتر الكيمياء

الكتل المولية اطلب إلى الطلبة حساب الكتلة المولية لكل من: $CaCO_3$، و$C_{12}H_{22}O_{11}$(السكروز)، و$NaCl$، وKNO_3، وC_8H_{18}(الأوكتان)، وتسجيل حساباتهم وإجاباتهم في دفتر الكيمياء. سيتم استعمال الكتل المولية لهذه المركبات في الدروس القادمة. ض م

تحويل مولات المركب إلى كتلة
Converting Moles of a Compound to Mass

إذا أردت إيجاد عدد مولات مركب لعمل تجربة ما فعليك أولاً أن تحسب الكتلة المطلوبة بالجرامات من خلال عدد المولات، ثم يمكنك قياس هذه الكتلة بالميزان. ففي **المثال 5–2** تعلمت كيفية تحويل عدد مولات العناصر إلى كتلة باستعمال الكتلة المولية بوصفها معامل تحويل، وتستعمل الطريقة نفسها مع المركبات إلا أن عليك حساب الكتلة المولية للمركب.

مثال 5-2

التحويل من مول إلى كتلة في المركبات تعود الرائحة المميزة للثوم إلى وجود المركب $(C_3H_5)_2S$. فما كتلة 2.50 mol من $(C_3H_5)_2S$؟

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت عدد مولات $(C_3H_5)_2S$، وعليك أن تحول المولات إلى كتلة باستعمال الكتلة المولية بوصفها معامل تحويل. والكتلة المولية هي حاصل مجموع الكتل المولية لكل العناصر في $(C_3H_5)_2S$.

المعطيات	المطلوب
عدد مولات $(C_3H_5)_2S$ = 2.50 mol	الكتلة المولية $(C_3H_5)_2S$ MM = (g/mol) = ؟
	الكتلة $(C_3H_5)_2S$ (g) = ؟

2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية MM للمركب $(C_3H_5)_2S$.

اضرب مولات S في الكتلة المولية له: $1\ \cancel{mol\ S} \times \frac{32.07\ g\ S}{1\ \cancel{mol\ S}} = 32.07\ g\ S$

اضرب مولات C في الكتلة المولية له: $6\ \cancel{mol\ C} \times \frac{12.01\ g\ C}{1\ \cancel{mol\ C}} = 72.06\ g\ C$

اضرب مولات H في الكتلة المولية له: $10\ \cancel{mol\ H} \times \frac{1.008\ g\ H}{1\ \cancel{mol\ H}} = 10.08\ g\ H$

حاصل جمع الكتل: الكتلة المولية MM للمركب $(C_3H_5)_2S$ = 10.08g + 72.06g +32.07g = 114.21g / mol

استعمل معامل التحويل (الكتلة المولية) الذي يربط الجرامات بالمولات.

طبق معامل التحويل: $\frac{g\ (C_3H_5)_2S}{1\ \cancel{mol\ (C_3H_5)_2S}} \times \cancel{mol\ (C_3H_5)_2S} = g\ (C_3H_5)_2S$

عوض مستعينًا بالمعطيات، وحُل: $\frac{114.21\ g\ (C_3H_5)_2S}{1\ \cancel{mol\ (C_3H_5)_2S}} \times 2.50\ \cancel{mol\ (C_3H_5)_2S} = 286\ g\ (C_3H_5)_2S$

مسائل تدريبية

9. ما كتلة 3.25 mol من حمض الكبريتيك H_2SO_4؟

10. ما كتلة 4.35×10^{-2} mol من كلوريد الخارصين $ZnCl_2$ ؟

11. تحدَّ اكتب الصيغة الكيميائية لبرمنجنات البوتاسيوم، ثم احسب كتلة 2.55 mol من هذا المركب بالجرامات (g).

149

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى اطلب إلى مجموعات من الطلبة عمل 12 نموذجًا جزيئيًّا لجزيء CO_2 باستعمال صندوق أدوات النماذج الجزيئية، أو كرات العلك وعيدان تنظيف الأسنان.اطلب إليهم وضع نماذج CO_2 في كرتونة بيض فارغة، وكتابة عدد جزيئات CO_2، ثم اطلب إليهم تفكيك الجزيئات ووضع ذرات الكربون في كرتونة البيض وتسجيل عدد ذرات الكربون الموجودة. يمكن للطلبة بعدها وضع ذرات الأكسجين في كرتونتين وتسجيل عدد ذرات الأكسجين الموجودة. اسألهم: كم عدد دزينات ذرات الكربون والأكسجين الموجودة في دزينة واحدة من جزيئات CO_2.واخيراً إسالهم عن عدد مولات ذرات O و C الموجودة في مول واحد من CO_2. د م ت ت

التعزيز

حساب الكتل المولية لمساعدة الطلبة على الوصول إلى نفس الأجوبة الواردة في الكتاب المقرر، اطلب إليهم استعمال الكتل المولية للعناصر لمنزلتين عشريتين. ثم اطلب إليهم تعيين الكتلة المولية لمركب ثيوكبريتات الصوديوم ($Na_2S_2O_3$) باستعمال الكتل المولية للعناصر من الجدول الدوري. 158.12 g/mol ض م

التقويم

المعرفة أعط الطلبة قوارير فردية تحتوي مواد شائعة معنونة بصيغها الكيميائية، ثم اطلب إليهم تحديد كتل المواد في قواريرهم، وكتلها المولية وعدد مولات كل مادة، وعدد مولات كل الأيونات أو الذرات الموجودة. ض م

مثال في الصف

سؤال صودا الخبز $NaHCO_3$ مركب يستعمل في كثير من الوصفات. ما كتلة 1.25 مول من $NaHCO_3$؟

الإجابة

عين أولاً الكتلة المولية للمركب $NaHCO_3$

(84.01 g/ $NaHCO_3$ mol)

$$1.25\ \cancel{mol\ NaHCO_3} \times \frac{84.01\ g\ NaHCO_3}{\cancel{1\ mol\ NaHCO_3}}$$
$$= 105\ g\ NaHCO_3$$

مسائل تدريبية

9. 319g

10. 5.93g

11. 403 g ؛ $KMnO_4$

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة تحديد كتلة 0.200 mol من كلوريد الصوديوم، 0.100 mol من نترات البوتاسيوم و 0.250 mol من كلوريد الهيدروجين. 11.70 g NaCl، 10.1 g KNO_3، 9.12 g HCl. ض م

مثال في الصف

سؤال أكسيد التيتانيوم IV مركب شائع يستعمل بوصفة صبغة بيضاء. العلامات البيضاء في الطرق تحتوي على TiO_2. احسب عدد مولات أكسيد التيتانيوم IV في 43.5g من المركب.

الإجابة

أولًا: احسب كتلة TiO_2 المولية: 79.88 g/mol

$$43.5\ \text{g}\ TiO_2 \times \frac{1\ \text{mol}\ TiO_2}{79.88\ \text{g}\ TiO_2} = 0.545\ \text{mol}\ TiO_2$$

مسائل تدريبية

12. a. 0.133 mol
    b. 0.0403 mol
    c. 0.960 mol
13. a. أيوني؛ 1.57×10^{-1} mol
    b. أيوني؛ 7.28×10^{-5} mol

دفتر الكيمياء

تعرف على مضاد الحموضة المستعمل اطلب إلى الطلبة فحص ملصق علبة حبوب مضاد الحموضة (اختر علامة تجارية تحتوي على كربونات الكالسيوم). اطلب إليهم تسجيل كل المعلومات اللازمة لتحديد كتلة كربونات الكالسيوم الموجودة في كل حبة على دفاترهم. ثم اطلب إليهم تحديد عدد مولات كل من: كربونات الكالسيوم، وأيونات الكالسيوم، وأيونات الكربونات في كل حبة. ض م

تحويل كتلة المركب إلى مولات

Converting the Mass of a Compound to Moles

إذا نتج عن إحدى التجارب التي أجريتها في المختبر 5.55 g من مركب ما، فما عدد المولات في هذه الكتلة؟ ولتحديد ذلك، افترض أنك حسبت الكتلة المولية للمركب، ووجدتها 185.0g/mol، ولأن الكتلة المولية تربط الجرامات مع المولات فإنك تحتاج في هذه الحالة إلى مقلوب الكتلة المولية بوصفه معامل تحويل.

$$5.50\ \text{g (من المركب)} \times \frac{1\ \text{mol (من المركب)}}{185.0\ \text{g (من المركب)}} = 0.0297\ \text{mol (من المركب)}$$

مثال 3-5

التحويل من الكتلة إلى مولات في المركبات يستعمل هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ لإزالة ثاني أكسيد الكبريت من غازات العادم المنبعثة من محطات الطاقة، وفي معالجة عسر الماء لإزالة أيونات Ca^{+}_2 و Mg^{+}_2. احسب عدد مولات هيدروكسيد الكالسيوم في 325g من المركب.

1 تحليل المسألة

لديك 325g من $Ca(OH)_2$ والمطلوب إيجاد عدد مولات $Ca(OH)_2$. احسب أولاً الكتلة المولية للمركب $Ca(OH)_2$.

المعطيات	المطلوب
كتلة $Ca(OH)_2$ = 325g	الكتلة المولية $Ca(OH)_2$ MM = ؟
	عدد المولات $Ca(OH)_2$ = ؟

2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية MM للمركب $(C_3H_5)_2S$.

اضرب مولات Ca في الكتلة المولية له

$$1\ \text{mol Ca} \times \frac{40.08\ \text{g Ca}}{1\ \text{mol Ca}} = 40.08\ \text{g}$$

اضرب مولات O في الكتلة المولية له

$$2\ \text{mol O} \times \frac{16.00\ \text{g O}}{1\ \text{mol O}} = 32.00\ \text{g}$$

اضرب مولات H في الكتلة المولية له

$$2\ \text{mol H} \times \frac{1.008\ \text{g H}}{1\ \text{mol H}} = 2.016\ \text{g}$$

حاصل جمع الكتل الكتلة المولية MM للمركب $Ca(OH)_2$ = (2.016g + 32.00g + 40.08g) = 74.10 g / mol

استعمل معامل التحويل (مقلوب الكتلة المولية) الذي يربط المولات بالجرامات.

عوض مستعينًا بالمعطيات، وحُل

$$325\ \text{g Ca(OH)}_2 \times \frac{1\ \text{mol Ca(OH)}_2}{74.10\ \text{g Ca(OH)}_2} = 4.39\ \text{mol Ca(OH)}_2$$

3 تقويم الإجابة

للتحقق من صحة الجواب، قرّب الكتلة المولية MM للمركب $Ca(OH)_2$ إلى 75g/mol، وكذلك الكتلة المعطاة من $Ca(OH)_2$ إلى 300g. ولأن العدد 300 أربعة أضعاف العدد 75. لذا فالجواب مقبول، .كما أن وحدة المول صحيحة.

مسائل تدريبية

12. احسب عدد المولات لكل من المركبات الآتية:
    a. 22.6 g $AgNO_3$
    b. 6.5 g $ZnSO_4$
    c. 35.0 g HCl
13. تحدَّ صنف كلًّا من المركبين الآتيين إلى أيوني أو جزيئي، ثم حول الكتل المعطاة إلى مولات:
    a. 2.5 kg Fe_2O_3
    b. 25.4 mg $PbCl_4$

تحويل كتلة مركب إلى عدد جسيمات

Converting the Mass of a Compound to Number of particles

تعرفت كيفية إيجاد عدد المولات في كتلة معينة من المركب. الآن سوف تتعلم كيفية حساب عدد الجسيمات – الجزيئات أو الأيونات أو الذرات أو وحدات الصيغة الكيميائية– الموجودة في كتلة معينة.

تذكر أنه لا يمكن التحويل مباشرة من كتلة المادة إلى عدد الجسيمات المكوّنة لها؛ إذ لا بد أن تحول الكتلة المعطاة إلى عدد المولات في البداية، عن طريق الضرب في مقلوب الكتلة المولية. ويمكنك بعد ذلك تحويل عدد المولات إلى عدد جسيمات من خلال الضرب في عدد أفوجادرو. ولتحديد عدد الذرات أو الأيونات في المركب، سوف تحتاج إلى معاملات تحويل تعطي نسبة أعداد الذرات أو الأيونات في المركب إلى مول واحد منه، وهي تعتمد على الصيغة الكيميائية، **والمثال 5–4** يبين كيفية حل هذا النوع من المسائل.

المطويات

ضمِّن معلومات هذا الدرس في مطويتك.

مثال 5-4

التحويل من كتلة إلى مولات ثم إلى جسيمات يستعمل كلوريد الألومنيوم $AlCl_3$ لتكرير البترول وصناعة المطاط والشحوم. فإذا كان لديك عينة من كلوريد الألومنيوم كتلتها 35.6g فاحسب:

a. عدد أيونات الألومنيوم الموجودة فيها.

b. عدد أيونات الكلور الموجودة فيها.

c. الكتلة بالجرامات لوحدة الصيغة الكيميائية من كلوريد الألومنيوم.

1 تحليل المسألة

لديك 35.6g من $AlCl_3$، وعليك أن تحسب عدد أيونات كل من Al^{3+}، وCl^- وكتلة وحدة الصيغة الكيميائية من $AlCl_3$ بالجرامات. علمًا بأن الكتلة المولية، وعدد أفوجادرو والنسب من الصيغة الكيميائية هي معاملات التحويل المطلوبة. ولأن نسبة أيونات Al^{3+} إلى أيونات Cl^- في الصيغة هي 3:1، لذا فإن عدد الأيونات المحسوبة يجب أن تكون بالنسبة نفسها.

المعطيات	المطلوب
كتلة $AlCl_3$ = 35.6g	عدد أيونات Al^{3+} = ؟
	عدد أيونات Cl^- = ؟
	الكتلة المولية ($AlCl_3$) (g/mol) = ؟

2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية MM للمركب $AlCl_3$.

اضرب عدد مولات Al في كتلته المولية

$$1\ \cancel{mol\ Al} \times \frac{26.98\ g\ Al}{1\ \cancel{mol\ Al}} = 26.98\ g\ Al$$

اضرب عدد مولات Cl في كتلته المولية

$$3\ \cancel{mol\ Cl} \times \frac{35.45\ g\ Cl}{1\ \cancel{mol\ Cl}} = 106.35\ g\ Cl$$

حاصل جمع الكتل الكتلة المولية MM للمركب $AlCl_3$

$$(26.98\ g + 106.35\ g) = 133.33\ g/mol\ AlCl_3$$

استعمل معامل التحويل (مقلوب الكتلة المولية) الذي يربط المولات بالجرامات.

عرض عملي

حساب مولات السكروز وضّح للطلبة أن المشروب الغازي العادي (غير المخصص للحمية) يحتوي على 13% من كتلته سكر وله كتلة مقدارها 355g. اكتب صيغة السكر (السكروز) على السبورة، $C_{12}H_{22}O_{11}$. واطلب إلى الطلبة حساب عدد مولات السكروز في المشروب الغازي . ض م

مثال في الصف

سؤال يوجد ثاني أكسيد السليكون SiO_2 عادة على شكل كوارتز. فإذا كان لديك عينة من ثاني أكسيد السيليكون كتلتها 42.7g، فاحسب:

a. عدد ذرات السليكون فيها ؟

b. عدد ذرات الأكسجين فيها ؟

c. كتلة جزيء واحد من ثاني أكسيد السليكون؟

الإجابة

a. استعمل كتلة SiO_2 المولية (60.09 g/mol) لحساب عدد مولات SiO_2. [0.711 mol SiO_2].

حدد عدد جزيئات SiO_2 الموجودة [4.28×10^{23} جزيء SiO_2] ثم احسب عدد ذرات السليكون.

$$4.28 \times 10^{23}\ \cancel{\text{جزيء } SiO_2} \times \frac{1\ atom\ Si}{1\ \cancel{\text{جزيء } SiO_2}} = 4.28 \times 10^{23}\ atoms\ Si$$

b. $$4.28 \times 10^{23}\ \cancel{\text{جزيء } SiO_2} \times \frac{2\ atoms\ O}{1\ \cancel{\text{جزيء } SiO_2}} = 8.56 \times 10^{23}\ atoms\ O$$

c. $$\left(\frac{60.09\ g\ SiO_2}{1\ \cancel{mol\ SiO_2}}\right) \times \left(\frac{1\ \cancel{mol\ SiO_2}}{6.02 \times 10^{23}\ \text{جزيء}}\right) = 9.98 \times 10^{-23}\ g/\text{جزيء } SiO_2$$

مشروع الكيمياء

عدد أفوجادرو اطلب إلى الطلبة البحث في تاريخ عدد أفوجادرو، وعمل تقاريرصفية. عندما أقترح افوجادرو نظريته، لم تكن هناك بيانات تؤكدها، فانهمك عدة علماء آخرين في تعيين عدد الجسيمات في مول واحد، ومنهم روبرت براون، وألبرت أينشتاين وميليكان وكانيزارو. ض م

طبق معامل التحويل

$$\text{g AlCl}_3 \times \frac{1\text{mol AlCl}_3}{\text{g AlCl}_3} = \text{mol AlCl}_3$$

عوض كتلة $AlCl_3$، ومقلوب الكتلة المولية، واحسب عدد المولات

$$35.6\ \text{g AlCl}_3 \times \frac{1\text{mol AlCl}_3}{133.33\ \text{g AlCl}_3} = 0.267\ \text{mol AlCl}_3$$

اضرب الأعداد والوحدات واقسمها

$$= 0.267\ \text{mol AlCl}_3 \times \frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{وحدة صيغة من AlCl}_3}{1\ \text{mol AlCl}_3}$$

$$= 1.61 \times 10^{23}\ \text{وحدة صيغة من AlCl}_3$$

اضرب الأعداد والوحدات واقسمها

$$1.61 \times 10^{23}\ \text{وحدة صيغة من AlCl}_3 \times \frac{1\ Al^{3+}}{\text{وحدة صيغة من AlCl}_3} = 1.61 \times 10^{23}\ Al^{3+}$$

اضرب الأعداد والوحدات واقسمها

$$1.61 \times 10^{23}\ \text{وحدة صيغة من AlCl}_3 \times \frac{3\ Cl^-}{\text{وحدة صيغة من AlCl}_3} = 4.83 \times 10^{23}\ Cl^-$$

احسب كتلة $AlCl_3$ باستعمال مقلوب عدد أفوجادرو

عوض 133.33g من $AlCl_3$، ثم جد الحل

$$\frac{133.33\ \text{g AlCl}_3}{1\ \text{mol}} \times \frac{1\ \text{mol}}{6.02 \times 10^{23}\ \text{وحدة صيغة}} = 2.21 \times 10^{-22}\ \text{g AlCl}_3$$

3 تقويم الإجابة

عدد أيونات Cl^- يساوي ثلاثة أضعاف عدد أيونات Al^{3+}، كما هو متوقع، يمكن حساب كتلة وحدة صيغة كيميائية من $AlCl_3$ بطريقة مختلفة. اقسم كتلة 35.6g من $AlCl_3$ على عدد وحدات الصيغة الكيميائية الموجودة في الكتلة 1.61×10^{23} لحساب كتلة وحدة صيغة كيميائية واحدة. الإجابتان متطابقتان.

مسائل تدريبية

14. يستعمل الإيثانول C_2H_5OH مصدرًا للوقود، ويخلط أحيانًا مع الجازولين. إذا كان لديك عينة من الإيثانول C_2H_5OH كتلتها 45.1g فاحسب:

a. عدد ذرات الكربون الموجودة فيها. **b.** عدد ذرات الهيدروجين الموجودة فيها.

c. عدد ذرات الأكسجين الموجودة فيها.

15. عينة من كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3 كتلتها 2.25g احسب:

a. عدد أيونات Na^+ الموجودة فيها. **b.** عدد أيونات SO_3^{2-} الموجودة فيها.

c. الكتلة بالجرامات لوحدة صيغة واحدة من Na_2SO_3 في العينة.

16. عينة من ثاني أكسيد الكربون CO_2 كتلتها 52.0g، احسب:

a. عدد ذرات الكربون الموجودة فيها . **b.** عدد ذرات الأكسجين الموجودة فيها.

c. كتلة جزيء واحد من CO_2 بالجرامات.

17. ما كتلة كلوريد الصوديوم NaCl التي تحتوي على 4.59×10^{24} وحدة صيغة كيميائية؟

18. تحدَّ عينة من كرومات الفضة كتلتها 25.8g

a. اكتب صيغة كرومات الفضة. **b.** احسب عدد الأيونات الموجبة فيها .

c. احسب عدد الأيونات السالبة فيها. **d.** احسب مقدار الكتلة بالجرامات لوحدة صيغة كيميائية واحدة منها.

مسائل تدريبية

14. a. 1.19×10^{24} atoms
    b. 3.58×10^{24} atoms
    c. 2.163×10^{23} atoms
15. a. $2.163 \times 10^{22}\ Na^+$
    b. $1.08 \times 10^{22}\ SO_3^{2-}$
    c. 2.09×10^{-22} g Na_2SO_3/ وحدة صيغة كيميائية
16. a. 7.11×10^{23} C atom
    b. 1.42×10^{24} O atom
    c. 7.31×10^{23} g CO_2
17. 445 g NaCl
18. a. Ag_2CrO_4
    b. $9.36 \times 10^{22}\ Ag^+$
    c. $4.68 \times 10^{22}\ CrO_4^{2-}$
    d. 5.51×10^{-22} g

التقـــويـــم

المعرفة أخبر الطلبة أن علبة من المعكرونة والجبن تحتوي على 0.5600g من كلوريد الصوديوم. اطلب إليهم تحديد عدد مولات كلوريد الصوديوم، وعدد وحدات الصيغة لكلوريد الصوديوم وعدد ذرات الصوديوم. ض م

0.009582 mol NaCl

NaCl وحدة صيغة كيميائية 5.769×10^{21}

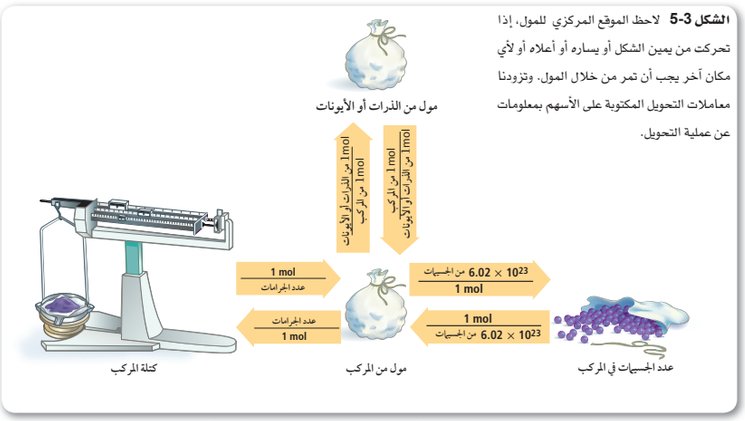
5.769×10^{21} Na atoms

دفتر الكيمياء

مولات الجازولين اطلب إلى الطلبة معرفة سعر جالونٍ واحد من الجازولين وتسجيله. وخلال دراستهم لهذا الجزء اطلب إليهم الإجابة عن الأسئلة الآتية.

1. يحتوي الجالون الواحد من الجازولين على 3.78 l وله كثافة مقدارها 0.700 g/ml ما كتلة الجالون الواحد من الجازولين؟ 2650g .
2. إذا كانت صيغة الجازولين هي C_8H_{18}، فحدد عدد مولات الجازولين في الجالون الواحد. 23.2 mol .
3. ما عدد ذرات الكربون في الجالون الواحد من الجازولين؟ 1.12×10^{26} C atom
4. ما سعر المول من الجازولين ؟ تعتمد الإجابة على السعر لكل جالون.
5. إذا اشتريت كمية من الجازولين بسعر 10 دنانير، فما عدد المولات التي وضعتها في الخزان؟ تعتمد الإجابة على سعر الجالون. ض م

يتضمن **الشكل 3–5** ملخصًا للتحويل بين الكتلة، والمولات، وعدد الجسيمات. لاحظ أن الكتلة المولية ومقلوبها هما معاملا التحويل بين الكتلة وعدد المولات، وأن عدد أفوجادرو ومقلوبه هما معاملا التحويل بين المولات وعدد الجسيمات. وللتحويل بين المولات وعدد مولات الذرات أو الأيونات الموجودة في المركب استعمل نسب مولات الذرات أو الأيونات إلى مول واحد من المركب أو مقلوبه، كما هو مبين على الأسهم المتجهة إلى أعلى أو أسفل في **الشكل 3–5**. وهذه النسب تشتق من الصيغة الكيميائية.



الشكل 3-5 لاحظ الموقع المركزي للمول. إذا تحركت من يمين الشكل أو يساره أو أعلاه أو لأي مكان آخر يجب أن تمر من خلال المول. وتزودنا معاملات التحويل المكتوبة على الأسهم بمعلومات عن عملية التحويل.

التقويم 1-5

الخلاصة

- تدل الأرقام في الصيغ الكيميائية على عدد مولات العنصر في مول واحد من المركب.
- تُحسب الكتلة المولية للمركب من الكتل المولية لجميع العناصر فيه.
- تستعمل معاملات التحويل المبنية على الكتلة المولية للمركب للتحويل بين مولات المركب وكتلته.

19. **الفكرة الرئيسة** صف كيف تحدد الكتلة المولية للمركب؟
20. حدد معاملات التحويل المطلوبة للتحويل بين عدد مولات المركب وكتلته.
21. وضح كيف يمكنك أن تحدد عدد الذرات أو الأيونات في كتلة معينة من المركب.
22. طبق ما عدد مولات ذرات كل من K، و C، و O في مول واحد من $K_2C_2O_4$؟
23. احسب الكتلة المولية لبروميد الماغنيسيوم $MgBr_2$
24. احسب عدد مولات Ca^{2+} الموجودة في 1000 mg من $CaCO_3$
25. صمم رسمًا بيانيًّا بالأعمدة يظهر عدد مولات كل عنصر موجود في 500 g من الدايوكسين $C_{12}H_4Cl_4O_2$ الشديد السميّة.

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة حساب الكتلة المولية للسكر السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$. 342.3 g/mol. ثم اطلب إليهم تحديد كتلة كوب واحد من السكر وعدد مولات السكر في الكوب. 192g تقريبًا؛ 0.56 mol تقريبًا. ثم اسألهم: ما عدد ذرات كل من الكربون والهيدروجين والأكسجين في كوب واحد من السكر.

4.05×10^{24} C atoms تقريبًا؛

7.42×10^{24} H atoms تقريبًا؛

3.71×10^{24} O atoms تقريبًا. **ض م**

إعادة التدريس

اكتب الصيغ الكيميائية لكل من المركبات الآتية: NaCl، $Al(NO_3)_3$، وCH_3CH_2OH على السبورة. سأل الطلبة: ما عدد مولات كل ذرة أو أيون يوجد في مولٍ واحدٍ من كل من المركبات السابقة.

NaCl: 1 mol من أيونات Na^+ و 1mol من أيونات Cl^-؛

$Al(NO_3)_3$: 1mol من أيونات Al^{3+} و 3mol من أيونات NO^{3-}؛

CH_3CH_2OH: 2mol من ذرات C، 6mol من ذرات H و 1 mol من ذرات O. **د م**

التوسع

اطلب إلى الطلبة تحديد عدد مولات سكر الطاولة (السكروز) في كيس زنة 5 باوند. (1 باوند = 454 g). 6.63 mol سكروز. واطلب اليهم استعمال ملصقات حلواهم المفضلة لتحديد عدد مولات السكر التي تحتويها، مع افتراض أن السكر الموجود في قطعة الحلوى هو السكروز. ستعتمد الإجابات على نوع الحلوى، ولكنها ستكون غالبًا حوالي 0.050 mol من السكر. **ض م**

التقويم 1-5

19. اضرب كتلة مول واحدٍ من كل عنصر في نسبة ذلك العنصر في مول واحد من المركب، واجمع الكتل الناتجة.
20. $\frac{\text{عدد الجرامات}}{1\text{ mol}}$ ؛ $\frac{1\text{ mol}}{\text{عدد الجرامات}}$
21. حول الكتلة إلى مولات، واضرب عدد المولات في نسبة عدد الذرات أو الأيونات في مولٍ واحد، ثم اضرب في عدد أفوجادرو.
22. 2mol K ، 2 mol C ، 4 mol O
23. 184.113. g/mol
24. 0.02 mol Ca^{2+}
25. يجب أن تظهر الرسوم البيانية للطلبة الكميات المولية الآتية:
24 mol C ، 8mol H، 8 molCl، 4mol O

5-2

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسة على الطلبة.

الفكرة الرئيسة

حساب الكميات أحضر معك كيسًا كبيرًا من رقائق البطاطا للصف واطلب إلى الطلبة أن يخمنوا عدد الرقائق في الكيس. ستتنوع الإجابات. اسأل الطلبة إذا كان بإمكانهم تحديد عدد الرقائق إذا أعطوا الكتلة الكلية للرقائق وكتلة الرقيقة الواحدة. نعم، سيكون عدد الرقائق مساويًا للكتلة الكلية مقسومة على كتلة الرقيقة الواحدة. أخبر الطلبة أنه يمكن تمثيل الصيغة الأولية بالرقيقة الواحدة، أما الصيغة الجزيئية فيمكن تمثيلها بالعدد الكلي للرقائق . د م ض م

2. التدريس

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلبة قياس كتلة كيس ذرة فشار قبل تسخينه في فرن الميكروويف وبعد تسخينه. احرص أن لا يفتح الطلبة الكيس قبل أن يأخذ البخار وقتًا كافيًا ليتكثف. واطلب إليهم حساب النسبة المئوية للكتلة المفقودة –ومنها البخار– خلال عمل الفشار. ض م

5–2

الأهداف

- تفسّر المقصود بالنسب المئوية للمكونات.
- تحدد الصيغتين الأولية والجزيئية للمركب من خلال النسب المئوية للمركبات والكتل الحقيقية للمركب.

مراجعة المفردات

النسبة المئوية بالكتلة: نسبة كتلة كل عنصر إلى الكتلة الكلية للمركب.

المفردات الجديدة

النسب المئوية للمكونات
الصيغة الأولية
الصيغة الجزيئية

الصيغ الأولية والصيغ الجزيئية
Empirical and Molecular Formulas

الفكرة الرئيسة **الصيغة الجزيئية لمركب ما هي ناتج ضرب صيغته الأولية في عدد صحيح، وتضم أعدادًا صحيحة فقط.**

الربط مع الحياة لعلك لاحظت أن بعض عبوات المشروبات أو وجبات الطعام تحدد كمية السعرات الحرارية في جزء منها (قطعة، ملعقة، g ،ml،...)، فكيف يمكنك تحديد القيمة الكلية للسعرات الحرارية في العبوة أو الوجبة؟

النسب المئوية للمكونات Percent Composition

غالبًا ما ينشغل الكيميائيون في تطوير المركبات للاستعمالات الصناعية، والدوائية، والمنزلية، كما في **الشكل 5–4**، فبعد أن يقوم الكيميائي الصناعي بتحضير مركب جديد يقوم الكيميائي التحليلي بتحليل المركب ليقدم دليلًا عمليًا على تركيبه وصيغته الكيميائية.

إن مهمة الكيميائي التحليلي هي تحديد العناصر التي يحويها المركب، وتحديد نسبها المئوية بالكتلة. فالتحاليل الوزنية والحجمية هي إجراءات عملية مبنية على قياس كتل المواد الصلبة وحجوم السوائل.

النسب المئوية للمكونات من البيانات العملية فعلى سبيل المثال، إذا أخذت عينة كتلتها 100g من مركب يحتوي على 55g من عنصر X و45g من عنصر Y، فالنسبة المئوية بالكتلة لأي عنصر في المركب يمكن حسابها بقسمة كتلة العنصر على كتلة المركب والضرب في مئة.

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة (للعنصر)} = \frac{\text{كتلة العنصر}}{\text{كتلة المركب}} \times 100$$

ولأن النسبة المئوية تعني الأجزاء في مئة فإن مجموع النسب المئوية بالكتلة لكل العناصر في المركب يجب أن يكون 100.

$$\frac{\text{X من العنصر 55 g}}{\text{من المركب 100 g}} \times 100 = \text{X من العنصر 55\%}$$

الشكل 5-4 يحضر الكيميائي الصناعي المركبات الجديدة بكميات صغيرة كما في الصورة اليمنى، ثم يقوم الكيميائي التحليلي –كما في الصورة اليسرى– بتحليل المركب ليؤكد صحة النسب المئوية للمكونات وصيغته الكيميائية.

$$45\%\text{ من العنصر Y} = 100 \times \frac{45\text{ g من العنصر Y}}{100\text{ g من المركب}}$$

وهذا، فإن المركب يتكون من 55% من X و45٪ من Y. وتُسمى النسب المئوية بالكتلة لكل العناصر في المركب **النسب المئوية للمكونات** للمركب.

النسب المئوية للمكونات من خلال الصيغة الكيميائية يمكن تحديد النسب المئوية للمكونات لمركب أيضًا من خلال الصيغة الكيميائية. ولعمل ذلك، افترض أن لديك مولاً واحدًا من المركب واستعمل الصيغة الكيميائية لحساب الكتلة المولية للمركب، ثم احسب كتلة كل عنصر في مول واحد من المركب، وأخيرًا استعمل العلاقة أدناه لحساب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر.

النسبة المئوية بالكتلة من خلال الصيغة الكيميائية

$$\text{النسبة المئوية بالكتلة} = \frac{\text{كتلة العنصر في مول واحد من المركب}}{\text{الكتلة المولية للمركب}} \times 100$$

المختبر الصغير

حلّل المعلكة

هل المُحلّيات والنكهات تضاف إلى الطبقة الخارجية للعلكة أم تكون مخلوطة بها؟

الخطوات

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. أزل الغلاف عن **قطعتي علكة**، ثم قس كتلة كل منهما باستعمال الميزان وسجلها.
3. أضف 150 ml من **ماء الصنبور** البارد إلى **كأس سعة** 250 ml. وضع إحدى قطعتي العلكة في الكأس **وحركها بقضيب** تحريك مدة دقيقتين.
4. أخرج قطعة العلكة وجففها باستعمال **مناشف ورقية**، ثم قس كتلتها وسجلها.
5. استعمل **مقصًّا** لتقطيع قطعة العلكة الثانية إلى قطع صغيرة. وكرر الخطوة الثالثة مستعملاً ماءً جديدًا. ولا تدع القطع تتجمع معًا.

تحذير: كن حذرًا عند استعمال المقص.

6. استعمل مُنخل قياس (10cm×10cm) لتصفية الماء من قطع العلكة. وجففها بمناشف ورقية، ثم قس كتلتها وسجلها.

التحليل

1. احسب كتلة المُحلّيات والنكهات المذابة لقطعة العلكة التي لم تقطع، والتي تساوي الفرق بين كتلة العلكة الأصلية وكتلة العلكة الجافة.
2. احسب كتلة المُحلّيات والنكهات المذابة لقطعة العلكة التي قطعت قطعًا صغيرة.
3. طبق احسب النسبة المئوية لكتلة العلكة (أي بعد ذوبان النكهات والمُحلّيات).
4. استنتج ماذا يمكن أن تستنتج من النسبتين المئويتين؟ هل العلكة مغطاة بالسكر أم أن المُحلّيات والنكهات مخلوطة بالعلكة؟

دفتر الكيمياء

النسبة المئوية بالكتلة اطلب إلى كل طالب أن يكتب صيغة كيميائية في دفتره. واطلب إليهم أن يحددوا النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في المركب. ثم اطلب إليهم أن يتبادلوا دفاترهم مع زملائهم ويكرروا العملية. يجب أن يتبادل الشركاء الإجابات، ويحلوا أي اختلافات بينهم. ستتنوع الإجابات. الصيغ المتوقعة والإجابات المحتملة هي:

$NaCl$: 39.3 % Na ؛ 60.7 % Cl

H_2O: 11.2 % H ؛ 88.8% O

CO_2: 27.3 % C ؛ 72.7% O

$NaOH$: 57.5% Na. ؛ 40.0% O ؛ 2.5% H

ض م ت ت

المختبر الصغير

الهدف سيحسب الطلبة النسبة الكتلية المئوية للمُحليات الصلبة في العلك ليستنتجوا ما إذا كانت هذه المُحليات تغطي سطح العلك أو مخلوطة معه.

المهارات العملية الملاحظة، والاستنتاج ، والقياس.

احتياطات السلامة اطلع على نماذج السلامة في المختبر قبل البدء في العمل. يجب ألا يضع الطلبة العلك في أفواههم. لا تستعمل مقصات مدببة.

التخلص من النفايات تخلص من بقايا العلك بإلقائه في سلة المهملات.

استراتيجيات التدريس

- تجنب استعمال العلك الصلب المغطّى بطبقة من الحلوى.
- اسأل الطلبة عما إذا كانت النسبة المئوية للكتلة ستختلف بين العلكة الكروية مقارنة مع أصابع العلك الممدودة. نعم؛ لأن المساحة السطحية ستختلف.
- اطلب إلى الطلبة مقارنة كتل جميع قطع العلك. اسألهم عما إذا كان العلك، في رأيهم، مصنوع آليًّا أم لا، ولماذا؟ على الأغلب، سيكون العلك مصنوعًا آليًّا لأن كتل قطع العلك متساوية تقريباً.

نتائج متوقعة :

- ستفقد العلكة جزءًا من كتلتها بعد وضعها في الماء، لأن المحليات قابلة للذوبان في الماء. قطعة العلك ذات المساحة السطحية الكبرى ستعرض كمية أكبر من المواد الذائبة للماء، ولهذا ستخسر كمية أكبر من كتلتها.

التحليل

1. الكتلة المذابة = الكتلة الابتدائية – الكتلة النهائية = 3.11 g – 2.84g = 0.27g .
2. الكتلة المذابة = الكتلة الابتدائية – الكتلة النهائية = 3.11 g – 2.75g = 0.36g
3. نسبة المحليات في العلكة كلها: $\left(\frac{0.27}{3.11}\right) \times 100 = 8.7\ \%$
   نسبة المحليات في العلكة كلها: $\left(\frac{0.36}{3.11}\right) \times 100 = 12.0\ \%$
4. لأن كتلة أكبر تذوب عندما تكون المساحة السطحية أكبر، يمكنك أن تستنتج أن المحليات والنكهة مخلوطة داخل العلكة.

مثال في الصف

سؤال الصيغة الكيميائية للكافيين هي $C_8H_{10}N_4O_2$. احسب التركيب النسبي المئوي لكل عنصر في الجزيء.

الإجابة

تحتوي الصيغة $C_8H_{10}N_4O_2$ على:

$96.08\ g\ C$ ، $10.08\ g\ H$ ، $56.04g\ N$ ، $32.00g\ O$.

الكتلة المولية = $C_8H_{10}N_4O_2$ $194.20\ g/mol$.

التركيب النسبي المئوي: $49.48\ \%\ C$، $5.19\ \%\ H$، $28.85\ \%\ N$، $16.48\ \%\ O$.

عرض عملي

تأثير التفاعلات على الكتلة

أحضر قطعة من البرونز وقس كتلتها، ثم اخدشها لإظهار عنصر الخارصين بداخلها، وضعها في محلول 6.0M من HCl واطلب إلى الطلبة مشاهدة تفاعل الخارصين (الزنك) مع حمض الهيدروكلوريك HCl.

تحذير: تؤثر أبخرة 6.0M من HCl في الأغشية المخاطية للأنف كما تسبب حروقًا للجلد، لذا تجنب استنشاقها. وإذا انسكب الحمض على الجلد فاغسل المنطقة المصابة بالماء والصابون، واعمل على معادلة الحمض باستعمال معجون صودا الخبز.

وعندما يتوقف التفاعل أخرج القطعة بملقط بلاستيكي واغسلها عدة مرات بالماء ثم بالكحول، ودعها حتى تجف، ثم قس كتلتها، واطلب إلى الطلبة حساب كمية الخارصين (الزنك) الموجودة في القطعة (الجزء الذائب)، وحساب كتلة الجزء المتبقي. ثم اطلب إليهم حساب النسبة المئوية لكتلة الخارصين.

التخلص من النفايات خفّف محلول الحمض بكمية وافرة من الماء، ثم اسكب المحلول المخفف في المغسلة.

ستختلف الإجابات حسب القطعة المستعملة.

ض م ت ت

مثال 5-5

حساب النسب المئوية بالكتلة حدد النسب المئوية بالكتلة لثاني أكسيد الكربون CO_2.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت الصيغة الكيميائية للمركب فقط. ولهذا افترض أن لديك مولاً واحدًا من CO_2، احسب الكتلة المولية MM للمركب وكتلة كل عنصر في المول الواحد لتحديد النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في المركب.

المعطيات	المطلوب
الصيغة = CO_2	نسبة C = ؟
	نسبة O = ؟

2 حساب المطلوب

احسب الكتلة المولية MM للمركب ونسبة كل عنصر فيه.

اضرب الكتلة المولية للكربون في عدد ذراته في المركب.

$$1\ \cancel{mol\ C} \times \frac{12.01\ g\ C}{1\ \cancel{mol\ C}} = 12.01\ g\ C$$

اضرب الكتلة المولية للأكسجين في عدد ذراته في المركب.

$$2\ \cancel{mol\ O} \times \frac{16.00\ g\ O}{1\ \cancel{mol\ C}} = 32.00\ g\ O$$

حاصل جمع الكتل الكتلة المولية MM للمركب CO_2 = $12.01g + 32.00g = 44.01g/mol$

احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر

عوض كتلة الكربون في 1 mol من المركب= $12.01g/mol$ والكتلة المولية لـ CO_2=$44.01g/mol$، واحسب نسبة الكربون.

$$C\ \% = \frac{12.01\ \cancel{g/mol}}{44.01\ \cancel{g/mol}} \times 100 = 27.29\%\ C$$

عوض كتلة الأكسجين في 1 mol من المركب = $32.00g/mol$ والكتلة المولية لـ CO_2=$44.01g/mol$، واحسب نسبة الأكسجين.

$$O\% = \frac{32.00\ \cancel{g/mol}}{44.01\ \cancel{g/mol}} \times 100 = 72.71\%\ O$$

CO_2 يتكون من 27.29% من C و72.71% من O.

3 تقويم الإجابة

مجموع النسب المئوية بالكتلة يساوي 100٪ كما هو مطلوب.

مسائل تدريبية

26. ما النسبة المئوية بالكتلة لحمض الفوسفوريك H_3PO_4؟

27. أي المركبين الآتيين تكون فيه النسبة المئوية بالكتلة للكبريت أعلى: H_2SO_3 أم H_2SO_4؟

28. يستعمل كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ لمنع التجمد. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في $CaCl_2$.

29. تُعدُّ تستعمل كبريتات الصوديوم في صناعة المنظفات.

a. حدد العناصر المكوّنة لكبريتات الصوديوم، ثم اكتب الصيغة الكيميائية لهذا المركب.

b. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في كبريتات الصوديوم.

156

عرض توضيحي

الصيغ الأولية

الهدف تأكيد المعلومات المطلوبة لتحديد الصيغة الأولية.

المواد والأدوات أنبوب اختبار، سدادات ذات ثقبين، أنابيب زجاجية ومطاطية، موقد بنزن، حامل الحلقة، حامل أنبوب اختبار، أكسيد النحاس II، ملعقة صغيرة.

احتياطات السلامة

التخلص من النفايات النحاس الناتج يمكن إعادة استخدامه.

خطوات العمل ركّب الجهاز كما في الشكل، وأشعل موقد بنزن وعدّل اللهب حتى يصبح لونه أزرق باهتًا، وسخّن العينة على نار هادئة ثم على نار قوية، واستمر في التسخين مدة عشر دقائق، وراقب التغيرات. أبعد اللهب قليلاً عن أنبوب الاختبار عند انتهاء التفاعل ودعه مشتعلاً. يجب إبقاء الغاز ملامسًا للناتج حتى يبرد تمامًا. ثم أطفئ الموقد.

النتائج سيتحول أكسيد النحاس II الأسود إلى عنصر النحاس البني – المحمّر.

الصيغ الأولية Empirical Formulas

عندما تعرف النسبة المئوية للمكونات لمركب ما، يمكن حساب صيغته، وذلك بتحديد أصغر نسبة من الأعداد الصحيحة لمولات العناصر فيه. وتمثل هذه النسبة في صورة أرقام في الصيغة الأولية. **فالصيغة الأولية** لمركب هي الصيغة التي تبين أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر في المركب . وقد تكون الصيغة الأولية هي الصيغة الجزيئية نفسها أو مختلفة عنها. وإذا اختلفت الصيغتان فإن الصيغة الجزيئية تكون دائمًا مضاعفًا بسيطًا للصيغة الأولية. فمثلاً، الصيغة الأولية لفوق أكسيد الهيدروجين HO، وصيغته الجزيئية هي H_2O_2. لاحظ أن نسبة الأكسجين إلى الهيدروجين هي 1:1 في كلتا الصيغتين.

ويمكن استعمال النسب المئوية للمكونات أو كتل العناصر في كتلة محددة من المركب لحساب الصيغة الأولية. فمثلاً إذا أعطيت النسبة المئوية بالكتلة للمركب، ومع افتراض أن كتلة المركب الكلية تساوي 100.00g، وأن النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر مساوية لكتلة العنصر بالجرامات، كما في **الشكل 5-5**، حيث إن كل 100g من المركب تتكون من 40.05% من S و59.95% من O، أي تحتوي 40.05g من S و 59.95g من O. ثم تحول كتلة كل عنصر إلى مولات.

$$40.05\,\cancel{g\,S} \times \frac{1\ \text{mol S}}{32.07\,\cancel{g\,S}} = 1.249\ \text{mol S}$$

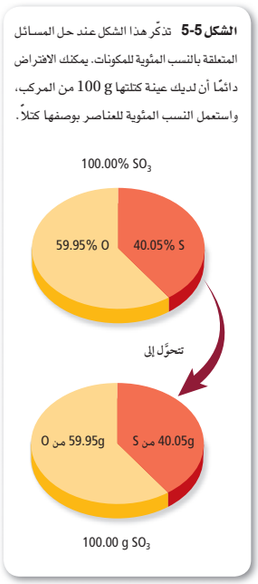
$$59.95\,\cancel{g\,O} \times \frac{1\ \text{mol O}}{16.00\,\cancel{g\,O}} = 3.747\ \text{mol O}$$

ولذا فإن نسبة ذرات S، إلى ذرات O في المركب هي 1.249 : 3.747. وعندما لا تكون القيم في النسبة المولية أعدادًا صحيحة، لا يمكن استعمالها في الصيغة الكيميائية، ولذا يجب تحويلها إلى أعداد صحيحة، ولجعل القيمة المولية أعدادًا صحيحة اقسم القيمتين الموليتين على أصغر قيمة مولية وهي للكبريت (1.249). وهذا لا يغير النسبة المولية بين العنصرين لأن كليهما سيقسم على الرقم نفسه.

$$\frac{1.249\ \text{mol S}}{1.249} = 1\ \text{mol S} \qquad \frac{3.747\ \text{mol O}}{1.249} = 3\ \text{mol O}$$

أيْ أن أبسط نسبة عددية صحيحة لمولات S إلى O هي 1:3. لذا فإن الصيغة الأولية هي SO_3. وفي بعض الأحيان، قد لا تؤدي القسمة على أصغر قيمة مولية إلى أعداد صحيحة. وفي مثل هذه الحالات يجب ضرب كل قيمة مولية في أصغر عامل يجعلها عددًا صحيحًا، كما في **المثال 6–5**.

ماذا قرأت؟ عدّد الخطوات المطلوبة لحساب الصيغة الأولية من النسبة المئوية بالكتلة.



الشكل 5-5 تذكّر هذا الشكل عند حل المسائل المتعلقة بالنسب المئوية للمكونات. يمكنك الافتراض دائمًا أن لديك عينة كتلتها 100 g من المركب، واستعمل النسب المئوية للعناصر بوصفها كتلاً.

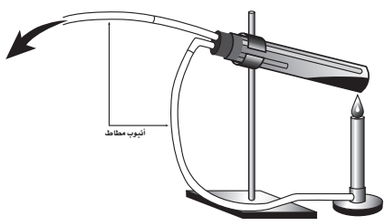
التحليل

1 – ما ناتج هذا التفاعل؟ عنصر النحاس

2 – هل تستطيع معرفة الصيغة الجزيئية لأكسيد النحاس من نتائج التجربة فقط؟ ولماذا؟ لا؛ لأنك لا تعرف كمية الأكسجين الناتجة.

التقويم

الأداء اطلب إلى الطلبة تصميم تجربة لايجاد الصيغة الأولية لأكسيد النحاس. احسب كتلة أكسيد النحاس قبل التسخين، ثم كتلة النواتج، مستعملاً هذه البيانات لايجاد الصيغة الأولية لأكسيد النحاس. ض م



مسائل تدريبية

26. 65.31 % O ، 13.61 % P ،3.08 % H .

27. H_2SO_3

28. 63.89 % Cl ،36.11 % Ca.

29. a. الصوديوم، والكبريت، والأكسجين، Na_2SO_4

b. 22.58 % S . 32.37 % Na . 45.05 % O

ماذا قرأت؟

1. افترض أن الكتلة الكلية للمركب تساوي 100g، عندها تكون النسب المئوية لكتل كل عنصر مساوية لكتلة ذلك العنصر بالجرامات.
2. حوّل كتلة كل عنصر إلى مولات مستعملاً الكتلة المولية بوصفها عامل تحويل.
3. اقسم كل قيمة مولية على أصغر قيمة بينها.
4. اضرب في عدد مناسب للحصول على إجابات بأعداد صحيحة إذا تطلب الأمر ذلك.
5. اكتب الصيغة الأولية باستعمال أصغر نسب عددية صحيحة للعناصر.

تطوير المفهوم

استعمال النسب أعطِ كل طالب أو مجموعة طلبة صندوقًا يحتوي أعدادًا مختلفة من كرات خشبية صغيرة وكبيرة، مع المحافظة على ما نسبته 1 : 2 من الكرات الصغيرة إلى الكرات الكبيرة في كل صندوق.

أخبر الطلبة أن الكرات تمثل مولات ذرات مختلفة، واطلب إليهم حساب كتل الكرات الصغيرة والكبيرة، ثم حساب الكتلة الكلية للكرات جميعها، ودعهم يقوموا بتحديد كتلة كرة صغيرة وأخرى كبيرة، ثم حساب مجموع كتل الكرتين. واطلب إليهم أيضًا تنظيم البيانات في جدول. وعلى الطلبة حساب نسبة كتل الكرات الصغيرة والكبيرة، وعندما تتفحص نتائج الطلبة أشر إلى أن نسب الكتل في جميع الصناديق هي نفسها تقريبًا. دع الطلبة يجدوا النسبة بين أعداد الكرات الصغيرة والكبيرة اعتمادًا على نسبها.

كرتان صغيرتان لكل كرة كبيرة. اسأل الطلبة هل تنطبق هذه النسب على صناديقهم جميعها؟

يتعين عليهم ملاحظة أن نسب الكرات في الصناديق جميعها كانت 1 : 2. ض م ت ت

مثال في الصف

السؤال تحتوي القرفة (الدارسين) على مادة سينمـــالدهيد التي تتكون من 81.79% C, 6.10% H, 12.11% O .
احسب الصيغة الأولية لهذا الجزيء؟

الإجابة

6.81 mol C، 6.05 mol H، 0.757 mol O

$$\frac{6.81\ \text{mol C}}{0.757\ \text{mol}} = 9 \quad :\ \text{C}$$

$$\frac{6.05\ \text{mol H}}{0.757\ \text{mol}} = 8 \quad :\ \text{H}$$

$$\frac{0.757\ \text{mol O}}{0.757\ \text{mol}} = 1 \quad :\ \text{O}$$

فتكون الصيغة الأولية هي C_9H_8O

تطوير المفهوم

النسب والنسب المئوية. ذكر الطلبة بالنشاط المذكور في صفحة 157، وأعط الطلبة صندوقًا آخر يمثّل مركّبًا جديدًا مختلفًا، على أن يحتوي الصندوق الجديد على النسب نفسها، ولكن لمواد مختلفة، وذلك بوضع كرتين خشبيتين وواحدة من الزجاج.
ثم اطلب إلى الطلبة حساب نسب الكتلة لكل جزء، وإيجاد أبسط قيمة عددية صحيحة. ثم اسألهم هل تمثّل الصناديق المركّب نفسه أم لا؟ على الطالب ملاحظة أنه على الرغم من كون الصيغة الأولية واحدة في كلتا الحالتين، إلا أن نسب الكتلة مختلفة. لذا فإن الصناديق تحتوي على مركّبات مختلفة. ض م

مثال 6-5

الصيغة الأولية من النسبة المئوية بالكتلة حدد الصيغة الأولية لمركب يتكون من 48.64% كربون، و8.16% هيدروجين، و43.20% أكسجين.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت النسب المئوية بالكتلة لمكونات مركب، والمطلوب تحديد صيغته الأولية، ولأنه يمكن الافتراض أن النسب المئوية تمثل كتل العناصر في عينة مقدارها 100g، لذا يمكن استبدال رمز النسبة بالوحدة (g)، ثم حوّل الجرامات إلى مولات، وجد أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر.

المعطيات	المطلوب
النسبة المئوية بالكتلة C = 48.64%	الصيغة الأولية= ؟
النسبة المئوية بالكتلة H = 8.16%	
النسبة المئوية بالكتلة O = 34.20%	

2 حساب المطلوب

حوّل كل كتلة إلى مولات باستعمال معامل التحويل (مقلوب الكتلة المولية) الذي يربط المولات بالجرامات :

عوض كتلة C، مقلوب الكتلة المولية لـ C، واحسب عدد مولات C

$$48.64\ \cancel{\text{g C}} \times \frac{1\ \text{mol C}}{12.01\ \cancel{\text{g C}}} = 4.050\ \text{mol C}$$

عوض كتلة H، مقلوب الكتلة المولية لـ H، واحسب عدد مولات H

$$8.16\ \cancel{\text{g H}} \times \frac{1\ \text{mol H}}{1.008\ \cancel{\text{g H}}} = 8.10\ \text{mol H}$$

عوض كتلة O، مقلوب الكتلة المولية لـ O، واحسب عدد مولات O

$$43.20\ \cancel{\text{g O}} \times \frac{1\ \text{mol O}}{16.00\ \cancel{\text{g O}}} = 2.700\ \text{mol O}$$

إذن، فالنسب المولية للمركب هي: (4.05mol من C): (8.10mol من H): (2.700mol من O) . ثم احسب أبسط نسبة مولية للعناصر في المركب بالقسمة على أصغر قيمة مولية (2.700).

اقسم مولات C على 2.700

$$\frac{4.050\ \text{mol C}}{2.700} = 1.500\ \text{mol C} = 1.5\ \text{mol C}$$

اقسم مولات H على 2.700

$$\frac{8.10\ \text{mol H}}{2.700} = 3.00\ \text{mol H} = 3\ \text{mol H}$$

اقسم مولات O على 2.700

$$\frac{2.700\ \text{mol O}}{2.700} = 1.000\ \text{mol O} = 1\ \text{mol O}$$

أبسط نسبة مولات هي (1.5 mol من C): (3 mol من H) : (1 mol من O). وأخيرًا اضرب كل عدد تشتمل عليه النسبة في أصغر رقم، وهو في هذه الحالة الرقم2، الذي يؤدي إلى نسبة عددية صحيحة.

اضرب مولات C في 2 للحصول على عدد صحيح

$$2 \times 1.5\ \text{mol C} = 3\ \text{mol C}$$

اضرب مولات H في 2 للحصول على عدد صحيح

$$2 \times 3\ \text{mol H} = 6\ \text{mol H}$$

اضرب مولات O في 2 للحصول على عدد صحيح

$$2 \times 1\ \text{mol O} = 2\ \text{mol O}$$

أبسط نسبة عددية صحيحة للمولات هي (3 ذرات من C): (6 ذرات من H): (ذرتان من O) . وهكذا، فإن الصيغة الأولية للمركب هي $C_3H_6O_2$.

158

مسائل تدريبية

30. N_2O_3

31. Al_2S_3

32. C_3H_8

33. $C_9H_8O_4$

التوسع

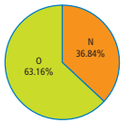
إن الأستيلين غاز، لذا فهو يختلف عن سائل البنزين المستعمل بوصفة مذيب. ويتكون كلا المركّبين من 92.25% من C، و7.75% من H، لذا، فإن الصيغة الأولية لهما واحدة (CH). اسأل الطلبة عن الاختلافات بينهما فيما عدا الخواص الفيزيائية والكيميائية. الصيغة الكيميائية.

هل تتساوى كتلهما المولية إذا كانت صيغتاهما مختلفتان؟ لا، يجب أن تكون الكتل المولية مختلفة. اسأل عن عدد وحدات CH الموجودة في جزيء بنزين. (6) اطلب إلى الطلبة حساب الكتلة المولية للبنزين. 78.12g/mol ثم اطلب إليهم حساب كتلة الصيغة الأولية. 13.02g/mol وقسمة كتلة مول بنزين على كتلة CH.(6) ض م

3 تقويم الإجابة

للتحقق من صحة الجواب احسب النسبة المئوية بالكتلة الممثلة بالصيغة، للوقوف على مدى اتفاقه مع معطيات المسألة.

مسائل تدريبية



30. يمثل الرسم البياني الدائري المجاور النسبة المئوية بالكتلة لمادة صلبة زرقاء. فما الصيغة الأولية لهذه المادة؟

31. ما الصيغة الأولية لمركب يحتوي على 35.98% ألومنيوم و64.02% كبريت.

32. البروبان هو أحد الهيدروكربونات، وهي مركبات تحتوي فقط على الكربون والهيدروجين. فإذا كان البروبان يتكون من 81.82% كربون و18.18% هيدروجين، فما صيغته الأولية؟

33. تعدُّ الأسبرين يعد من أكثر الأدوية استعمالاً في العالم، ويتكون من 60.00% كربون، و 4.44% هيدروجين، و 35.56% أكسجين. فما صيغته الأولية؟

الصيغ الجزيئية Molecular Formulas

قد تستغرب إذا علمت أن مواد لها خواص مختلفة تمامًا يمكن أن يكون لها نفس النسبة المئوية بالكتلة والصيغة الأولية ؟ وكيف يكون ذلك ممكنًا؟ تذكر أن الصيغة الأولية تعطي أبسط نسبة لذرات العناصر في المركب، ولكن هذه النسبة لا تمثل دائمًا العدد الفعلي لذراته. ولتعريف مركب جديد يحدد الكيميائيون ما يسمى **الصيغة الجزيئية**، والتي تعطي العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء واحد من المادة. فمثلاً، غاز الأستيلين وسائل البنزين لهما نفس النسبة المئوية بالكتلة والصيغة الأولية CH، ولكنهما يختلفان تمامًا في الخواص.

ولتحديد الصيغة الجزيئية لمركب، يجب تحديد الكتلة المولية للمركب من خلال التجارب العملية، ومقارنتها بكتلة الصيغة الأولية. فمثلاً، الكتلة المولية للأستيلين هي 26.04g/ mol، وكتلة صيغته الأولية CH هي 13.02g / mol. إن قسمة الكتلة المولية الفعلية على كتلة الصيغة الأولية تبين أن الكتلة المولية للأستيلين ضعف كتلة الصيغة الأولية.

$$\frac{\text{الكتلة المولية(MM) للأستيلين}}{\text{الكتلة المولية(MM) للصيغة الأولية CH}} = \frac{26.04\ \text{g/mol}}{13.02\ \text{g/mol}} = 2.00$$

ولأن الكتلة المولية للأستيلين ضعف كتلة الصيغة الأولية فإن الصيغة الجزيئية له يجب أن تحتوي على ضعف عدد ذرات الكربون والهيدروجين الموجودة في الصيغة الأولية.

وكذلك عند مقارنة الكتلة المولية المحددة تجريبيًا للبنزين 78.12g / mol بكتلة الصيغة الأولية ستجد أن الكتلة المولية تساوي ستة أضعاف كتلة الصيغة الأولية.

$$\frac{\text{الكتلة المولية(MM) للبنزين}}{\text{كتلة الصيغة الأولية CH}} = \frac{78.12\ \text{g/mol}}{13.02\ \text{g/mol}} = 6.00$$

لذا فإن الصيغة الجزيئية للبنزين يجب أن تمثل ستة أمثال عدد ذرات الكربون والهيدروجين في الصيغة الأولية. ويمكنك أن تستنتج أن الصيغة الجزيئية للأستيلين هي $2\times CH$ أو C_2H_2. وأن الصيغة الجزيئية للبنزين هي $6\times CH$ أو C_6H_6. ويمكن تمثيل الصيغة الجزيئية بوصفها أولية مضروبة في عدد صحيح(n).

159

التنوع الثقافي

هل هو حار؟ يستعمل الطهاة في بلدان المكسيك وأسبانيا وتايلاند وأمريكا الجنوبية والهند والصين الفلفل الحار في وصفات الطعام. تتمتع هذه البلدان جميعها بمناخ حار ويجعلك طعامها تتصبب عرقًا. وعندما يتبخر العرق يأخذ الحرارة من الجسم مما يجعلك تشعر بالبرودة. وتقوم مركبات الكابسيسينويد Capsaicinoids، الموجودة في الأنسجة البيضاء داخل الفلفل، بإعطاء الشعور بالحرارة عند تناول الطعام المضاف إليه الفلفل. يستعمل الكيميائيون جهاز الكروماتوجرافيا الغازي لقياس تركيز هذه المادة المستخلصة من الفلفل. وتعطى النتائج بوحدات سكوفيل المستعملة في قياس حرارة الفلفل. تتراوح قيم مقياس سكوفيل ما بين صفر للفلفل الحلو إلى 300,000 للفلفل الحار.

تطوير المفهوم

الحسابات اطلب إلى الطلبة الرجوع إلى نتائج نشاطات الصفحتين 157، 158 وأخبرهم أن كل صندوق يمثّل جزيئًا مختلفًا، ثم اسألهم: فيم تتشابه الجزيئات جميعها؟ النسبة بين الكرات الصغيرة والكبيرة (الذرات) هي 1 : 2 وفيم تختلف الصناديق؟ الكتلة الإجمالية. اطلب إلى الطلبة استعمال كتلة كرتين صغيرتين وواحدة كبيرة لحساب نسبة 1 : 2 في صناديقهم. تتفاوت الإجابات اعتمادًا على عدد الكرات في كل صندوق. واطلب إليهم ضرب النسبة 1 : 2 في عدد الكرات الموجودة في صناديقهم واسألهم هل حصلوا على أعداد الكرات نفسها الموجودة في صناديقهم؟ يجب أن يتساوى العددان ف م

التوسع

كروماتوجرافيا الغاز اطلب إلى الطلبة البحث في كيفية عمل الجهاز، وكتابة تقرير حول ذلك. ف م

إجابة سؤال الشكل 6 – 5

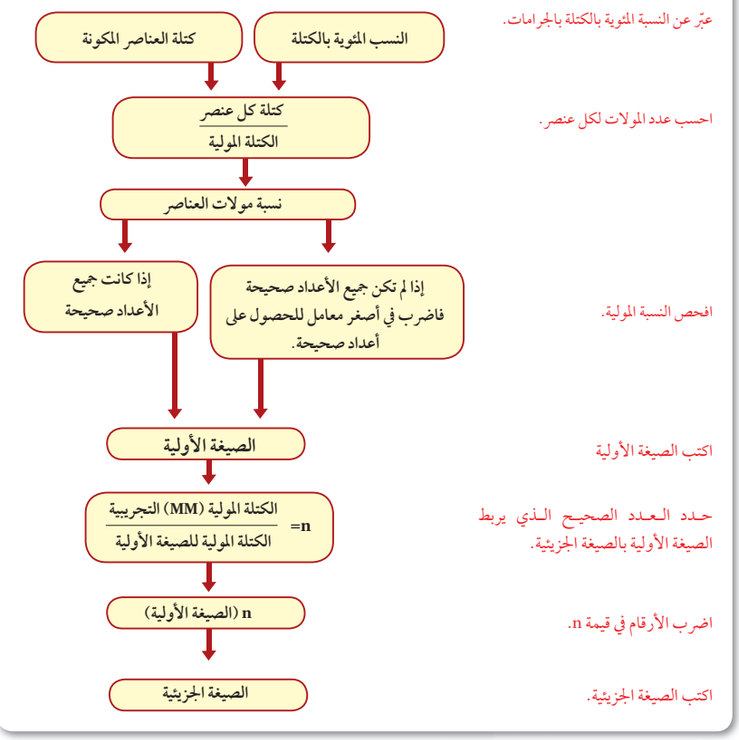
العدد الصحيح (n) الذي يضرب في قيمة الصيغة الأولية للحصول على الصيغة الجزيئية.

الصيغة الجزيئية = n (الصيغة الأولية)

حيث (n) تمثل العامل (6 في مثال البنزين) الذي تضرب به الأرقام في الصيغة الأولية للحصول على الصيغة الجزيئية. ويبين **الشكل 6–5** خطوات تحديد الصيغ الأولية والجزيئية للمركب بدءًا بالنسبة المئوية للمكونات أو بيانات الكتلة.

الشكل 6-5 استعن بهذا المخطط الذي يساعدك على تحديد الصيغ الأولية والجزيئية للمركبات.

صف كيف يرتبط العدد الصحيح (n) مع الصيغ الأولية والجزيئية؟



160

مثال 7-5

تحديد الصيغة الجزيئية يشير التحليل الكيميائي لحمض السكسنيك إلى أنه يتكون من 40.68% كربون، و5.08% هيدروجين، 54.24% أكسجين، وله كتلة مولية 118.1g/mol. حدد الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية لهذا الحمض.

1 تحليل المسألة

لقد أعطيت النسبة المئوية بالكتلة لحمض السكسنيك، افترض أن كل نسبة مئوية كتلية تمثل كتلة العنصر بـ 100g من العينة، لذا يمكنك مقارنة الكتلة المولية المعطاة (118.1g/mol) بالكتلة التي تمثل الصيغة الأولية لإيجاد العدد الصحيح n.

المعطيات	المطلوب
النسبة المئوية بالكتلة لـ C = 40.68%	الصيغة الأولية= ؟
النسبة المئوية بالكتلة لـ H = 5.08%	الصيغة الجزيئية= ؟
النسبة المئوية بالكتلة لـ O = 54.24%	
الكتلة المولية = 118.1g/mol حمض السكسنيك	

2 حساب المطلوب

حوّل كل كتلة إلى مولات باستعمال معامل التحويل (مقلوب الكتلة المولية) الذي يربط المولات بالجرامات :

عوض كتلة C، مقلوب الكتلة المولية MM، واحسب عدد مولات C
$$40.68\ \cancel{g\,C} \times \frac{1\ mol\ C}{12.01\ \cancel{g\,C}} = 3.387\ mol\ C$$

عوض كتلة H، مقلوب الكتلة المولية MM، واحسب عدد مولات H
$$5.08\ \cancel{g\,H} \times \frac{1\ mol\ H}{1.008\ \cancel{g\,H}} = 5.04\ mol\ H$$

عوض كتلة O، مقلوب الكتلة المولية MM، واحسب عدد مولات O
$$54.24\ \cancel{g\,O} \times \frac{1\ mol\ O}{16.00\ \cancel{g\,O}} = 3.390\ mol\ O$$

نسبة المولات في حمض السكسنيك هي (3.387mol من C) : (5.04mol من H) : (3.39mol من O). احسب أبسط نسبة لمولات العناصر بقسمه مولات كل عنصر على أصغر قيمة في النسبة المولية المحسوبة.

اقسم مولات C على 3.387
$$\frac{3.387\ mol\ C}{3.387} = 1\ mol\ C$$

اقسم مولات H على 3.387
$$\frac{5.04\ mol\ H}{3.387} = 1.49\ mol\ H \approx 1.5\ mol\ H$$

اقسم مولات O على 3.387
$$\frac{3.390\ mol\ O}{3.387} = 1.001\ mol\ O \approx 1\ mol\ O$$

أبسط نسبة مولية هي 1 : 1.5 : 1 فاضرب جميع القيم المولية في 2 للحصول على أعداد صحيحة.

اضرب مولات C في 2
$$2 \times 1\ mol\ C = 2\ mol\ C$$

اضرب مولات H في 2
$$2 \times 1.5\ mol\ H = 3\ mol\ H$$

اضرب مولات O في 2
$$2 \times 1\ mol\ O = 2\ mol\ O$$

أبسط نسبة عددية صحيحة للمولات هي 2 : 3 : 2، إذن الصيغة الأولية هي $C_3H_6O_2$.

احسب كتلة الصيغة الأولية باستعمال الكتلة المولية لكل عنصر.

اضرب الكتلة المولية للكربون في عدد مولات ذراته
$$2\ \cancel{mol\ C} \times \frac{12.01\ g\ C}{1\ \cancel{mol\ C}} = 24.02\ g\ C$$

161

مثال في الصف

سؤال يحتوي جزيء النيكوتين على 74.0%C، 8.65% H، و17.35% N. فإذا كانت الكتلة المولية للنيكوتين 62.261g/mol، حدد الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية للنيكوتين.

الإجابة

6.16 mol C

8.58 mol H

1.24 mol N

C: 6.16 mol C/1.24 mol = 5

H: 8.58 mol H/1.24 mol = 7

1.24 mol N/1.24 mol = 1

إذن الصيغة الأولية هي C_5H_7N

كتلة الصيغة الأولية = 81.1g/mol

n= الكتلة المولية للنيكوتين/ الكتلة المولية للصيغة الأولية.

$$\frac{162.26\ g/mol}{81.12\ g/mol} = 2$$

إذن الصيغة الجزيئية هي $C_{10}H_{14}N_2 = 2 \times (C_5H_7N)$

مشروع الكيمياء

الأدوية من النباتات الأدوية من النباتات. كثير من الأدوية مثل الديجوكسين، والكوينين، والديجيتالس الأفيدرين، تم الحصول عليها من مستخلصات نباتية.اطلب إلى الطلبة أن يبحثوا في إحدى هذه المواد ويكتبوا مقالة لمناقشتها في الصف . ض م

التقويم

المعرفة اطلب إلى الطلبة أن يحددوا الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية لمركب له التركيب النسبي المئوي الآتي: 26.7% P، 12.1% N، 61.2% Cl وكتلة مولية 695 g/mol. $PNCl_2$؛ $P_6N_6Cl_{12}$. ض م

تطوير المفهوم

حدد التركيب اطلب إلى الطلبة الرجوع إلى البيانات التي حصلوا عليها من علب الكرات الخشبية في نشاطات تطوير المفهوم السابقة (استعمل النسب) صفحة 157 و158و160 باستعمال كتل مجموعات الكرات المختلفة، والكتل الكلية، حدد التركيب النسبي المئوي للمركبين الممثلين. ض م

3. التقويم

التحقق من الفهم

اطلب إلى الطلبة حساب النسب المئوية والكتل المولية لمركّبات محددة لكل منهم، على أن يتبادل كل طالبين البيانات لتحديد الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية، وأن يتوصلوا إلى حل الاختلافات في حساباتهم. ض م ت ت

إعادة التدريس

اطلب إلى الطلبة تلخيص خطوات حساب الصيغة الأولية للمركبات. ض م

التوسع

تحدّ الطلبة لإيجاد الصيغ الجزيئية لمجموعة مركبات لها الصيغة الأولية نفسها. ف م

مثال في الصف

السؤال. يبين التحليل الكيميائي أن تركيب المركب الأكثر شيوعًا في تبييض الألوان يتركب من 13.79g Na من Na، 21.27g Cl، 9.6g O

احسب الصيغة الأولية لهذا المركب.

الإجابة

$$\text{Na:} \quad \frac{0.600 \text{ mol Na}}{0.600 \text{ mol}} = 1$$

$$\text{Cl:} \quad \frac{0.600 \text{ mol Cl}}{0.600 \text{ mol}} = 1$$

$$\text{O:} \quad \frac{0.600 \text{ mol O}}{0.600 \text{ mol}} = 1$$

إذًا الصيغة الأولية هي NaClO

مشروع الكيمياء

ما جهاز مطياف الكتلة؟

اطلب إلى الطلبة المهتمين البحث عن جهاز مطياف الكتلة المستعمل في عمليات التحليل، وكتابة تقرير حوله، وحول المعلومات التي تحصل عليها من استعماله، على أن يتشارك بقية أفراد الصف في المعلومات التي يحصلون عليها. ض م

اضرب الكتلة المولية للهيدروجين في عدد مولات ذراته.

$$3 \text{ mol H} \times \frac{1.008 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} = 3.024 \text{ g H}$$

اضرب الكتلة المولية للأكسجين في عدد مولات ذراته.

$$2 \text{ mol O} \times \frac{16.00 \text{ g O}}{1 \text{ mol O}} = 32.00 \text{ g O}$$

اجمع كتل العناصر. الكتلة المولية(MM) لـ $C_2H_3O_2$

$$59.04 \text{ g} = 32.0\text{g} + 3.024\text{g} + 24.02 \text{ g} = C_2H_3O_2$$

لتحديد قيمة n اقسم الكتلة المولية لحمض السكسنيك على كتلة الصيغة الأولية.

$$2.000 = \frac{118.1 \text{ g/mol}}{59.04 \text{ g/mol}} = \frac{\text{الكتلة المولية (MM) لحمض السكسنيك}}{\text{الكتلة المولية } C_2H_3O_2} = n$$

اضرب الأرقام في الصيغة الأولية في 2 لتحصل على الصيغة الجزيئية.

الصيغة الجزيئية = $2\times(C_2H_3O_2) = C_4H_6O_4$

3 تقويم الإجابة

الكتلة المولية للصيغة الجزيئية التي تم التوصل إليها هي الكتلة المولية نفسها المحددة تجريبيًا للمركب.

مثال 8-5

حساب الصيغة الأولية من خلال الكتلة يستعمل معدن الإلمنيت لاستخراج التيتانيوم. وعند تحليل عينة منه وجد أنها تحوي 5.41g من الحديد، 4.64g من التيتانيوم، 4.65g من الأكسجين. حدد الصيغة الأولية لهذا المعدن.

1 تحليل المسألة

لديك كتل العناصر الآتية في كتلة معينة من المعدن، والمطلوب حساب الصيغة الأولية له. لذا حوّل العناصر كلها إلى مولات، ثم احسب أبسط نسبة صحيحة لمولات هذه العناصر.

المعطيات	المطلوب
كتلة الحديد 5.41g = Fe	الصيغة الأولية= ؟؟
كتلة التيتانيوم 4.64g = Ti	
كتلة الأكسجين 4.65g = O	

2 حساب المطلوب

حول الكتل المعروفة إلى مولات بالضرب في معامل التحويل الذي يربط المولات بالجرامات- مقلوب الكتلة المولية(MM).

عوض كتلة Fe، ومقلوب الكتلة المولية MM، واحسب عدد مولات Fe

$$40.68 \text{ g Fe} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12.01 \text{ Fe}} = 3.387 \text{ mol Fe}$$

عوض كتلة Ti، ومقلوب الكتلة المولية MM، واحسب عدد مولات Ti

$$5.08 \text{ Ti} \times \frac{1 \text{ mol H}}{1.008 \text{ Ti}} = 5.04 \text{ mol Ti}$$

عوض كتلة O، ومقلوب الكتلة المولية MM، واحسب عدد مولات O

$$54.24 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16.00 \text{ g O}} = 3.390 \text{ mol O}$$

إذا كانت النسبة المولية لمعدن الإلمنيت هي: (0.0969mol من Fe) : (0.0969mol من Ti) : (0.291mol من O)، فاقسم كل قيمة مولية على أصغر قيمة في النسبة (0.0969) لتحصل على أبسط نسبة مولية.

أبسط نسبة مولية هي (1mol من Fe) : (1mol من Ti) : (3mol من O) وبما أن جميع القيم المولية أعداد صحيحة، إذن فالصيغة الأولية للإلمنيت هي $FeTiO_3$.

3 تقويم الإجابة

كتلة الحديد أكبر قليلاً من كتلة التيتانيوم، والكتلة المولية (MM) للحديد أكبر قليلاً من الكتلة المولية للتيتانيوم أيضًا . ولهذا فمن المنطقي أن يكون عدد مولات الحديد مساويًا لعدد مولات التيتانيوم. كما أن كتلة التيتانيوم مساوية تقريبًا لكتلة الأكسجين، ولكن الكتلة المولية (MM) للأكسجين نحو ثلث الكتلة المولية للتيتانيوم. لذا، فإن النسبة 1:3 أكسجين إلى تيتانيوم معقولة.

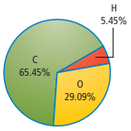
مسائل تدريبية

34. وجد أن مركبًا يحتوي على 49.98g من الكربون و10.47g من الهيدروجين. فإذا كانت الكتلة المولية (MM) للمركب 58.12g /mol، فما صيغته الجزيئية؟

35. سائل عديم اللون يتكون من 46.68% نيتروجين، و53.32% أكسجين، وكتلته المولية (MM) 60.01g / mol. ما صيغته الجزيئية؟

36. عند تحليل أكسيد البوتاسيوم نتج 19.55g من K، و4.00 g من O. فما الصيغة الأولية للأكسيد؟

37. تحدٍّ عند تحليل مادة كيميائية تستعمل في سائل تظهير الأفلام الفوتوغرافية تم التوصل إلى بيانات النسب المئوية في الكتلة الموضحة في الشكل المجاور. فإذا كانت الكتلة المولية (MM) للمركب 110.0 g /mol، فما الصيغة الجزيئية له؟



38. عند تحليل مسكن الآلام المعروف المورفين تم التوصل إلى البيانات المبينة في الجدول أدناه . فما الصيغة الأولية للمورفين؟

العنصر	كربون	هيدروجين	أكسجين	نيتروجين
الكتلة(g)	17.900	1.680	4.225	1.228

التقويم 2-5

الخلاصة

- تمثل النسبة المئوية بالكتلة لعنصر في مركب ما النسبة المئوية من كتلة المركب الكلية من العنصر.
- تمثل الأرقام في الصيغة الأولية أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر في المركب.
- تمثل الصيغة الجزيئية العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء من المادة.
- الصيغة الجزيئية هي مضاعف صحيح للصيغة الأولية.

39. الفكرة الرئيسة قوّم إذا أخبرك أحد زملائك أن النتائج التجريبية تبين أن الصيغة الجزيئية لمركب تساوي صيغته الأولية 2.5 مرة، فهل إجابته صحيحة؟ فسر ذلك.

40. احسب نتج عن تحليل مركب يتكون من الحديد والأكسجين، 174.86g من الحديد Fe، و75.14g من الأكسجين O. فما الصيغة الأولية لهذا المركب؟

41. احسب يحتوي أكسيد الألومنيوم على 0.545g من Al، و0.485g من O. فما الصيغة الأولية للأكسيد؟

42. وضّح كيف ترتبط بيانات النسب المئوية بالكتلة لمركب مع كتل العناصر في ذلك المركب؟

43. وضّح كيف تحدد النسبة المولية في مركب كيميائي.

44. طبّق الكتلة المولية لمركب هي ضعف صيغته الأولية. فكيف ترتبط صيغته الجزيئية مع صيغته الأولية؟

45. حلّل الهيماتيت Fe_2O_3 والماجنتيت Fe_3O_4 خامان يستعملان بوصفهما مصدرين للحديد. أيهما يعطي نسبة أعلى من الحديد لكل kg؟

163

مسائل تدريبية

34. C_4H_{10}

35. N_2O_2

36. K_2O

37. $C_6H_6O_2$

38. $C_{17}H_{19}O_3N$

التقـــويـــم

المعرفة يتفاعل الماغنيسيوم عند تسخينه في جو من النيتروجين النقي مكونًا النيتريد. فإذا كانت لديك المعطيات التالية، فهل تستطيع حساب الصيغة الأولية للمركب الناتج؟

كتلة الجفنة فارغة =15.05g

كتلة الجفنة + شريط Mg=17.45g

كتلة الجفنة + الناتج = 18.37 g Mg_3N_2 ض م

التقويم 2-5

39. لا، الإجابة غير صحيحة؛ لأنه يجب أن تكون الصيغة الجزيئية أعدادًا صحيحة.

40. Fe_2O_3

41. Al_2O_3

42. التركيب النسبي المئوي يساوي كتلة كل عنصر بالجرام في 100g من العينة.

43. تحسب النسبة المولية عن طريق حساب مولات كل عنصر في المركب، ثم قسمة كل عدد من المولات على أصغر عدد من بينها. وقد يكون من الضروري أحيانًا الضرب في عدد صحيح لتحصل على جواب بقيمة عددية صحيحة.

44. الصيغة الجزيئية تساوي ضعف الصيغة الأولية.

45. يتكون الهيماتيت من 69.94% Fe، والماجنتيت من 72.3% Fe. لذا يحتوي الماجنتيت على نسبة مئوية أعلى من الحديد في كل كيلوجرام واحد.

5-3

1. التركيز

ابدأ بعرض الفكرة الرئيسة على الطلبة.

الفكرة الرئيسة

المواد المتفاعلة والناتجة ضع شمعة على طبق زجاجي، وضعه في إناء فيه ماء، ثم أشعل الشمعة واسأل الطلبة: ماذا يحدث إذا وضعتْ كأس كبيرة مقلوبة فوق الشمعة؟ سوف تنطفئ الشمعة عندما تستنفد الأكسجين في الكأس. ضع الكأس فوق الشمعة، واطلب إلى الطلبة مراقبة ارتفاع مستوى الماء في الكأس. واسأل: لماذا ارتفع مستوى الماء في الكأس؟ يكون عدد مولات المواد المتفاعلة الغازية في المعادلة الموزونة أكثر من عدد مولات المواد الناتجة الغازية، مما يسبب ضغطًا أقل داخل الكأس بعدما تنطفئ الشمعة وتبرد.

أخبر الطلبة أن هذا الفصل يتضمن دراسة كميات المواد المتفاعلة والناتجة. **ف م**

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى اصنع نموذجًا لجزيء CH_4 وجزيئي O_2، باستخدام مجموعة نماذج الذرات، واطلب إلى الطلبة تعرف هذه النماذج. ثم اصنع نموذجًا لجزيء CO_2 ونموذجًا آخر لجزيئي H_2O، واطلب إليهم تعرف هذه النماذج أيضًا. ثم أخبرهم أن مجموعتي النماذج تمثلان المواد المتفاعلة والمواد الناتجة عن احتراق الميثان. رتّب المواد المتفاعلة والنواتج على جانبي لوحة بطاقات على صورة سهم، ثم اطلب إلى الطلبة عدّ أعداد كل نوع من الذرات قبل التفاعل وبعده. ذرة كربون، أربع ذرات هيدروجين وأربع ذرات أكسجين. وذكّرهم أن المعاملات تمثل عدد المولات وعدد الجزيئات، وأخيرًا اطلب إليهم كتابة المعادلات بالمولات. **د م**

$$1\ mol\ CH_4 + 2\ mol\ O_2 \rightarrow 1mol\ CO_2 + 2mol\ H_2O$$

5–3

الأهداف

- **تصف** العلاقات المستخرجة من معادلة كيميائية موزونة.
- **تذكر** النسب المولية في المعادلة الكيميائية الموزونة.
- **تكتب** قائمة تسلسل الخطوات المستخدمة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
- **تحل** مسائل الحسابات الكيميائية.

مراجعة المفردات

المواد المتفاعلة: المواد التي تدخل في التفاعل الكيميائي.

التفاعل الكيميائي: العملية التي يُعاد فيها ترتيب ذرات مادة أو أكثر لإنتاج مواد جديدة مختلفة.

المفردات الجديدة

الحسابات الكيميائية

النسبة المولية

حسابات المعادلات الكيميائية

Stoichiometric Calculations

الفكرة الرئيسة **تتطلب مسائل الحسابات الكيميائية كتابة معادلة موزونة، وتحدّد كميةُ كل مادة متفاعلة عند بداية التفاعل الكيميائي كميةَ المواد الناتجة.**

الربط مع الحياة لعلك شاهدت شمعة تحترق. عندما تحترق الشمعة كليًا، أو تُطفأ بالنفخ عليها، يتوقف تفاعل الاحتراق في كلتا الحالتين.

علاقة المول بالجسيمات Particle and Mole Relationships

هل فوجئت باختفاء اللون الأرجواني لبرمنجنات البوتاسيوم عندما أضفت كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني في أثناء التجربة الاستهلالية؟ إذا استنتجت أن برمنجنات البوتاسيوم قد استهلكت وأن التفاعل قد توقف فهذا صحيح . تتوقف التفاعلات الكيميائية عندما تستهلك إحدى المواد المتفاعلة. وعندما يخطط الكيميائي لتفاعل برمنجنات البوتاسيوم وكبريتيت الصوديوم الهيدروجيني فإنه يتساءل "كم جرامًا من برمنجنات البوتاسيوم نحتاج لتتفاعل تمامًا مع كتلة محددة من كبريتيت الصوديوم الهيدروجيني ؟". أو قد تتساءل عند تحليل تفاعل البناء الضوئي "ما الكمية التي نحتاج إليها من الأكسجين وثاني أكسيد الكربون لتكوين كتلة محددة من السكر؟" تعد الحسابات الكيميائية الطريقة الصحيحة للإجابة عن هذه الأسئلة.

الحسابات الكيميائية تُسمى دراسة العلاقات الكمية بين المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل الكيميائي **الحسابات الكيميائية**. وتعتمد الحسابات الكيميائية على قانون بقاء الكتلة الذي ينص على أن المادة لا تفنى ولا تستحدث من العدم في التفاعل الكيميائي. وتكون كمية المواد الناتجة في أي تفاعل كيميائي عند نهايته هي كمية المواد المستخدمة في بداية التفاعل. لذا فإن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة. لاحظ تفاعل مسحوق الحديد Fe مع الأكسجين O_2، الموضح في **الشكل 7–5** . فعلى الرغم من تفاعل الحديد مع الأكسجين لتكوين مركب جديد، هو أكسيد الحديد III Fe_2O_3، إلا أن الكتلة الكلية لا تتغير.

الشكل 7-5 تحدد المعادلة الكيميائية الموزونة لتفاعل الحديد والأكسجين العلاقة بين كمية المواد المتفاعلة والناتجة.

2. التدريس

التعلم البصري

الجدول 1–5 اطلب إلى الطلبة اتخاذ الجدول مرشدًا لتفسير معادلة احتراق الميثان، وارسم صورة للتفاعل لمساعدتهم. ض م

ماذا قرأت؟ تمثل المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة عدد الجسيمات الممثلة وعدد المولات أيضًا. وعلى الرغم من أنها لا تشير مباشرة إلى كتل المواد المتفاعلة، إلا أنه يمكن اشتقاق هذه الكتل من المعاملات عن طريق تحويل عدد المولات المعروف إلى كتلة.

عرض عملي

كمية المواد المتفاعلة خذ أربعة دوارق سعة كل منها 125 ml وأربعة بالونات. ثم أضف إلى كل منها 10 ml من محلول 2.0 M من حمض الخليك. وزن عينات من صودا الخبز مقاديرها 0.5، 1.0، 2.5، 5.0 g بوضعها على ورق الوزن الخاص. واسأل الطلبة: ماذا يحدث عندما تضاف صودا الخبز إلى حمض الخليك؟ يحدث تفاعل فينتج غاز. اسأل الطلبة عما إذا كانت الدوارق كلها ستنتج الكمية نفسها من ثاني أكسيد الكربون. سوف تتنوع الإجابات. ضع صودا الخبز في حمض الخليك في كل دورق وغطِّ قمة الدورق بالبالون بسرعة، ثم كرر العملية مع الدوارق المتبقية. واسأل الطلبة لماذا تكون حجوم البالونات مختلفة؟ أنتج كل تفاعل كمية مختلفة من ثاني أكسيد الكربون، والتي تعتمد على كمية حمض الخليك وصودا الخبز الموجودة. د م

الجدول 1–5 العلاقات المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة

$4Fe_{(s)}$	+	$3O_{2(g)}$	→	$2Fe_2O_{3(s)}$
الحديد	+	الأكسجين	→	أكسيد الحديد III
4 ذرات Fe	+	3 جزيئات O_2	→	2 وحدة صيغة كيميائية من Fe_2O_3
4 mol Fe	+	3 mol O_2	→	2 mol Fe_2O_3
223.4 g Fe	+	96.00 g O_2	→	319.4 g Fe_2O_3
319.4 g مواد متفاعلة			→	319.4 g مواد ناتجة

تكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل الكيميائي الموضح في **الشكل 7–5** على النحو الآتي:

$$4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3\,(s)}$$

تبين هذه المعادلة تفاعل أربع ذرات حديد مع ثلاثة جزيئات أكسجين لإنتاج وحدتي صيغة كيميائية من أكسيد الحديد III. تذكّر أن المعامل في المعادلة يمثل عدد المولات. لذا، تستطيع القول إن أربعة مولات قد تفاعلت من الحديد مع ثلاثة مولات أكسجين لإنتاج مولين من أكسيد الحديد III.

ولا تعطي المعادلة الكيميائية معلومات مباشرة عن كتل المواد المتفاعلة والناتجة، إلا أنه بتحويل عدد المولات المعروفة إلى كتلة تصبح علاقات الكتلة واضحة. تذكر أنه يمكنك تحويل عدد المولات إلى كتلة بضربها في الكتلة المولية. لذا، فإن كتل المواد المتفاعلة هي على النحو الآتي:

$$4\ \cancel{\text{mol Fe}} \times \frac{55.85\ \text{g Fe}}{1\ \cancel{\text{mol Fe}}} = 223.4\ \text{g Fe}$$

$$3\ \cancel{\text{mol O}_2} \times \frac{32.00\ \text{g O}_2}{1\ \cancel{\text{mol O}_2}} = 96.00\ \text{g O}_2$$

ولذا؛ فالكتلة الكلية للمواد المتفاعلة هي: $319.4\text{g} = 223.4\text{g} + 96.00\text{g}$

وبطريقة مماثلة، فإن كتلة المواد الناتجة هي:

$$2\ \cancel{\text{mol Fe}_2\text{O}_3} \times \frac{159.7\ \text{g Fe}_2\text{O}_3}{1\ \cancel{\text{mol Fe}_2\text{O}_3}} = 319.4\ \text{g}$$

لاحظ تساوي كتل المواد المتفاعلة والناتجة.

كتلة المواد المتفاعلة = كتلة المواد الناتجة

$319.4\text{g} = 319.4\text{g}$

وكما هو متوقع من قانون بقاء الكتلة، فإن مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة. ويلخص **الجدول 1–5** العلاقات التي يمكن أن تحددها المعادلة الكيميائية الموزونة.

ماذا قرأت؟ سجّل في قائمةٍ، أنواع العلاقات التي يمكن اشتقاقها من المعاملات في معادلة كيميائية موزونة.

المفردات

أصل الكلمة

الحسابات الكيميائية

يعود أصل كلمة الحسابات الكيميائية إلى الكلمة اليونانية "ستويكيومتري" المكونة من كلمتين هما: (ستيوكيو) وتعني العنصر، و(متري) وتعني القياس.

165

دفتر الكيمياء

تفسير المعادلات الكيميائية اطلب إلى الطلبة أن يفسروا المعادلات الآتية فيما يتعلق بالجسيمات، وعدد المولات والكتلة.

$$2\ KClO_3 \rightarrow 2\ KCl + 3O_2$$

$$Fe_2 + 3H_2 \rightarrow 2\ Fe + 3H_2O$$

ثم اطلب إليهم أن يبينوا في دفاترهم ما إذا قد تمت مراعاة قانون حفظ الكتلة أم لا. ض م

مثال في الصف

سؤال يكشف العلماء عن وجود كربونات الكالسيوم في الصخور باستخدام محلول حمض الهيدروكلوريك. حيث يشير ظهور الفقاعات إلى انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون من الحجر الجيري طبقًا للتفاعل الآتي:

$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

فسّر معادلة هذا التفاعل اعتمادًا على الجزيئات الممثلة، وعدد المولات والكتلة، مبينًا مراعاة قانون حفظ الكتلة

الإجابة

جزيء 1 $CaCO_3$ + 2 جزيء $HCl \rightarrow$ 1 وحدة صيغة $CaCl_2$ + 1 جزيء CO_2. 1 وحدة صيغة H_2O + 1

$1\,mol\ CaCO_3 + 2\,mol\ HCl \rightarrow 1\,mol\ CaCl_2 + 1\,mol\ H_2O + 1\,mol\ CO_2$

$100\ g\ CaCO_3 + 75.0\ g\ HCl \rightarrow 113\ g\ CaCl_2 + 18.0\ g\ H_2O + 44.0\ g$

المواد الناتجة 175g = المواد المتفاعلة 175 g

إذًا الكتلة محفوظة.

مسائل تدريبية

46. a. مواد ناتجة 34.062 g = مواد متفاعلة 34.062 g

b. مواد ناتجة 92.566 g = مواد متفاعلة 92.566 g

c. مواد ناتجة 80.608 g = مواد متفاعلة 80.608 g

47. a. $2\,Na_{(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + 1\,H_{2\,(g)}$

مواد ناتجة 82.01 = مواد متفاعلة 82.01 g

b. $4\,Zn_{(s)} + 10HNO_{3\,(aq)} \rightarrow 4Zn(NO_3)_{2\,(aq)} + 1\,N_2O_{(g)} + H_2O_{(l)}$

مواد ناتجة 891.68 g = مواد متفاعلة 891.68 g

مثال 9-5

تفسير المعادلات الكيميائية يزودنا احتراق البروبان C_3H_8 بالطاقة اللازمة لتدفئة البيوت، وطهو الطعام، ولحام الأجزاء المعدنية. فسر معادلة احتراق البروبان باستعمال عدد الجسيمات وعدد المولات والكتلة، ثم وضح تطبيق قانون بقاء الكتلة.

1 تحليل المسألة

تمثل معادلات المعادلة الكيميائية الموضحة أدناه كلًّا من المولات والجسيمات الممثلة. وتمثل هذه المعادلات في هذه الحالة الجزيئات. وستتم برهنة قانون بقاء الكتلة إذا كانت كتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة متساوية.

المعطيات	المطلوب
$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(g)}$	عدد الجزيئات = ؟
	عدد المولات = ؟
	كتل المواد المتفاعلة والناتجة = ؟

2 حساب المطلوب

تحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية عدد الجزيئات:

1 جزيء من C_3H_8 + 5 جزيئات من $O_2 \rightarrow$ 3 جزيئات من CO_2 + 4 جزيئات من H_2O

وتحدد المعاملات في المعادلة الكيميائية عدد المولات أيضًا.

$1\,mol\ C_3H_8 + 5\,mol\ O_2 \rightarrow 3\,mol\ CO_2 + 4\,mol\ H_2O$

وللتأكد من حفظ الكتلة، نحول أولاً عدد مولات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة إلى كتلة، وذلك بالضرب في معامل التحويل – الكتلة المولية، التي تربط بين الجرامات والمولات.

مولات المواد الناتجة أو المتفاعلة $\times \frac{\text{جرامات المادة المتفاعلة أو الناتجة}}{1 \text{ مول مادة متفاعلة أو ناتجة}}$ = جرامات المواد المتفاعلة أو المواد الناتجة.

حساب كتلة C_3H_8 المتفاعلة. $1\ \cancel{mol\ C_3H_8} \times \frac{44.09\ g\ C_3H_8}{1\ \cancel{mol\ C_3H_8}} = 44.09\ g\ C_3H_8$

حساب كتلة O_2 المتفاعلة. $5\ \cancel{mol\ O_2} \times \frac{32.00\ g\ O_2}{1\ \cancel{mol\ O_2}} = 160.0\ g\ O_2$

حساب كتلة CO_2 الناتجة $3\ \cancel{mol\ CO_2} \times \frac{44.01\ g\ CO_2}{1\ \cancel{mol\ CO_2}} = 132.0\ g\ CO_2$

حساب كتلة H_2O الناتجة $4\ \cancel{mol\ H_2O} \times \frac{18.02\ g\ H_2O}{1\ \cancel{mol\ H_2O}} = 72.08\ g\ H_2O$

اجمع كتل المواد المتفاعلة $44.09\ g\ C_3H_8 + 160.0\ g\ O_2 = 204.1\ g$

اجمع كتل المواد الناتجة $132.0\ g\ CO_2 + 72.08\ g\ H_2O = 204.1\ g$

تطبيق قانون بقاء الكتلة مواد ناتجة 204.1 g = مواد متفاعلة 204.1 g

3 تقويم الإجابة

إن كتلة المواد المتفاعلة تساوي كتلة المواد الناتجة، كما هو متوقع من قانون بقاء الكتلة.

166

مشروع الكيمياء

الحسابات الكيميائية في الفضاء اطلب إلى الطلبة بحث دور هيدروكسيد الليثيوم في التخلص من ثاني أكسيد الكربون الذي ينتجه روّاد الفضاء. واطلب إليهم أن يناقشوا لماذا يجب التخلص من ثاني أكسيد الكربون، وكيف تستخدم الحسابات الكيميائية لتقليل وزن هيدروكسيد الليثيوم المحمول إلى الفضاء. واطلب إليهم إجراء حساب تقريبي لكمية ثاني أكسيد الكربون التي ينتجها الشخص في اليوم. ض م د م

طرائق تدريس متنوعة

المعاقون سمعيًّا اعرض على الطلبة مشهدًا لإطلاق المكوك الفضائي. ووضح لهم على السبورة أن وقود الإطلاق هو خليط من الهيدروجين والأكسجين. واطلب إليهم أن يكتبوا فقرة تصف العوامل التي يجب أن يأخذها المهندسون بعين الاعتبار عند استخدام هذه الأنواع من الوقود. يجب أن تشمل هذه الفقرات عوامل مثل كمية الهيدروجين وكمية الأكسجين الضرورية. ض م

مسائل تدريبية

46. فسر المعادلات الكيميائية الموزونة الآتية من حيث عدد الجسيمات و المولات والكتلة، آخذًا بعين الاعتبار قانون بقاء الكتلة:

a. $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

b. $HCl_{(aq)} + KOH_{(aq)} \rightarrow KCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

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

47. **تحدٍّ** زن المعادلات الكيميائية الآتية، ثم فسرها من حيث عدد الجسيمات الممثلة والمولات والكتلة آخذًا بعين الاعتبار قانون بقاء الكتلة:

a. $__Na_{(s)} + __H_2O_{(l)} \rightarrow __NaOH_{(aq)} + __H_{2(g)}$

b. $__Zn_{(s)} + __HNO_{3(aq)} \rightarrow __Zn(NO_3)_{2(aq)} + __N_2O_{(g)} + __H_2O_{(l)}$

نسبة المولات لقد تعلمت أن المعاملات في المعادلة الكيميائية تظهر العلاقات بين مولات المواد المتفاعلة ومولات المواد الناتجة. وتستطيع أن تستخدم العلاقات بين المعاملات لاشتقاق عوامل التحويل المسماة النسبة المولية. **والنسبة المولية** نسبة بين أعداد المولات لأي مادتين في المعادلة الكيميائية الموزونة. فعلى سبيل المثال، يوضح تفاعل **الشكل 8–5** تفاعل البوتاسيوم K مع البروم Br_2 لتكوين بروميد البوتاسيوم KBr . ويستعمل الأطباء البيطريون الملح الأيوني الناتج عن التفاعل (بروميد البوتاسيوم) دواءً مضادًا للصرع عند الكلاب والقطط.

$$2K_{(s)} + Br_{2(l)} \rightarrow 2KBr_{(s)}$$

فأي نسب مولية يمكن كتابتها لهذا التفاعل؟ تستطيع بدءًا بالبوتاسيوم المتفاعل كتابة النسبة المولية التي تربط بين مولات البوتاسيوم وكل من المادتين الأخريتين في المعادلة. ولذلك تربط نسبة المول بين مولات البوتاسيوم ومولات البروم المستخدمة. في حين تربط النسبة الأخرى مولات البوتاسيوم المستخدمة بمولات بروميد البوتاسيوم الناتجة.

$$\frac{2\ mol\ K}{2\ mol\ KBr} \text{ و } \frac{2\ mol\ K}{1\ mol\ Br_2}$$

تُظهر النسبتان الأخريان كيف ترتبط مولات البروم مع مولات المادتين الأخريين في المعادلة وهما: البوتاسيوم وبروميد البوتاسيوم.

$$\frac{1\ mol\ Br_2}{2\ mol\ KBr} \text{ و } \frac{1\ mol\ Br_2}{2\ mol\ K}$$

وترتبط بصورة مماثلة نسبتا مولات بروميد البوتاسيوم مع مولات البوتاسيوم والبروم.

$$\frac{2\ mol\ KBr}{1\ mol\ Br_2} \text{ و } \frac{2\ mol\ KBr}{2\ mol\ K}$$

وتحدد هذه النسب الست علاقات المول في هذه المعادلة كلها. وتشكل كل واحدة من المواد الثلاث في المعادلة نسبة مع المادتين الأخريين.

ماذا قرأت؟ **حدّد** المصدر الذي تُشتق منه النسب المولية للتفاعل الكيميائي.

الشكل 8-5 يتفاعل فلز البوتاسيوم وسائل البروم بشدة لتكوين المركب الأيوني بروميد البوتاسيوم. والبروم أحد العنصرين السائلين عند درجة حرارة الغرفة (الزئبق هو العنصر الآخر)، أما البوتاسيوم فهو فلز نشط جدًا .

التقـــويـــم

المهارة اطلب إلى كل طالب أن يكتب على ورقة معادلة موزونة ويعطيها إلى زميله لكتابة النسب المولية لها.

3. التقويم

التحقق من الفهم

ضع قطعة صغيرة من الكالسيوم في أنبوب اختبار يحتوي على HCl بتركيز 3.0 M. واجمع غاز الهيدروجين الناتج في أنبوب اختبار آخر. وبرهن على وجوده باستخدام قطعة خشب مشتعلة ولاحظ الفرقعة المميزة لاحتراقه، ثم اكتب على السبورة المعادلة اللفظية للتفاعل: كالسيوم مع حمض الهيدروكلوريك ينتج كلوريد الكالسيوم والهيدروجين. واطلب إلى الطلبة كتابة المعادلة الموزونة، $Ca + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2$ وكتابة نسبتين موليتين على الأقل لها. **ض م**

إعادة التدريس

ضع 10ml من $0.10\ M\ Ba(OH)_2$ في أنبوب اختبار. وأضف إليها 10 ml من 0.10 M حمض الكبريتيك. ثم اطلب إلى الطلبة كتابة معادلة التفاعل وجميع النسب المولية الممكنة. **ض م**

$$Ba(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2H_2O$$

التوسع

اطلب إلى الطلبة توضيح كيفية استخدام النسب المولية المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة لربط كتل المواد المتفاعلة والناتجة في التفاعل. بما أن الكميات المولية ترتبط مع الكتلة بوساطة عدد أفوجادرو، لذا فإنه يمكن تحويل النسب المولية إلى نسب كتلية. **ف م**

ماذا قرأت؟ النسب المولية للتفاعل الكيميائي مشتقة من العلاقات بين المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة. والنسبة المولية هي النسبة بين أعداد المولات لأي مادتين في المعادلة.

مسائل تدريبية

48. حدد النسب المولية جميعها لكل من المعادلات الكيميائية الموزونة الآتية:

a. $4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)}$

b. $3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(l)} \rightarrow Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$

c. $2HgO_{(s)} \rightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

49. **تحدّ** زن المعادلات الآتية، ثم حدد النسب المولية الممكنة:

a. $ZnO_{(s)} + HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)}$

b. بيوتان C_4H_{10} + أكسجين ← ثاني أكسيد الكربون + ماء

المفردات

المفردات الأكاديمية

يشتق

الحصول على الشيء من مصدر محدد. كان الباحث قادرًا على اشتقاق معنى الرسوم من الكتب القديمة.

استخدام الحسابات الكيميائية Using Stoichiometry

ما الأدوات اللازمة لإجراء الحسابات الكيميائية؟ تبدأ الحسابات الكيميائية جميعها بمعادلة كيميائية موزونة. وكذلك نحتاج إلى النسب المولية المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة بالإضافة إلى تحويلات الكتلة إلى المول.

الحسابات الكيميائية، تحويل من مول (mol) إلى مول (mol) يتفاعل البوتاسيوم مع الماء بشدة كما في **الشكل 9–5**، ويُمثَّل التفاعل بالمعادلة الآتية:

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

تبين المعادلة أن مولين من البوتاسيوم ينتجان مولاً من الهيدروجين. ولكن كم ينتج من الهيدروجين إذا استخدم 0.0400 mol من البوتاسيوم فقط؟ وللإجابة عن هذا السؤال حدّد المادة المعطاة والمادة التي تحتاج إلى معرفتها. فمقدارالمادة المعطاة هو0.0400 mol من البوتاسيوم، والمجهول هو عدد مولات الهيدروجين . ولأن كمية المادة المعروفة معطاة بالمول، لذا يجب تحديد المادة المجهولة بالمول أيضًا، لذا، تشتمل هذه المسألة على تحويل مول – مول.

ويتطلب منك حل المسألة معرفة العلاقة التي تربط عدد مولات الهيدروجين بعدد مولات البوتاسيوم. لقد تعلمت سابقًا كيف تشتق النسبة المولية من المعادلة الكيميائية الموزونة. لذا تُتخذ النسبة المولية عاملاً لتحويل عدد مولات المادة المعروفة إلى عدد مولات المادة المراد حسابها في التفاعل الكيميائي نفسه. ولأنه يمكن كتابة العديد من النسب المولية من هذه المعادلة الكيميائية، فكيف تعرف أي هذه النسب ستختار؟

مسائل تدريبية

48.a

$\frac{4\ mol\ Al}{3\ mol\ O_2}$ $\frac{3\ mol\ O_2}{2\ mol\ Al_2O_3}$ $\frac{2\ mol\ Al_2O_3}{4\ mol\ Al}$

$\frac{3\ mol\ O_2}{4\ mol\ Al}$ $\frac{2\ mol\ Al_2O_3}{3\ mol\ O_2}$ $\frac{4\ mol\ Al}{2\ mol\ Al_2O_3}$

b.

$\frac{3\ mol\ Fe}{4\ mol\ H_2O}$ $\frac{3\ mol\ Fe}{4\ mol\ H_2}$ $\frac{3\ mol\ Fe}{1\ mol\ Fe_3O_4}$

$\frac{4\ mol\ H_2O}{3\ mol\ Fe}$ $\frac{4\ mol\ H_2}{3\ mol\ Fe}$ $\frac{1\ mol\ Fe_3O_4}{3\ mol\ Fe}$

$\frac{1\ mol\ Fe_3O_4}{4\ mol\ H_2}$ $\frac{1\ mol\ Fe_3O_4}{4\ mol\ H_2O}$ $\frac{4\ mol\ H_2O}{4\ mol\ H_2}$

$\frac{4\ mol\ H_2}{1\ mol\ Fe_3O_4}$ $\frac{4\ mol\ H_2O}{1\ mol\ Fe_3O_4}$ $\frac{4\ mol\ H_2}{4\ mol\ H_2O}$

c.

$\frac{2\ mol\ HgO}{2\ mol\ Hg}$ $\frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ Hg}$ $\frac{1\ mol\ O_2}{2\ mol\ HgO}$

$\frac{2\ mol\ Hg}{2\ mol\ HgO}$ $\frac{2\ mol\ Hg}{1\ mol\ O_2}$ $\frac{2\ mol\ HgO}{1\ mol\ O_2}$

49.a

$$ZnO + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2O$$

$\frac{1\ mol\ ZnO}{2\ mol\ HCl}$ $\frac{1\ mol\ ZnO}{1\ mol\ ZnCl_2}$ $\frac{1\ mol\ ZnO}{1\ mol\ H_2O}$

$\frac{2\ mol\ HCl}{1\ mol\ ZnO}$ $\frac{2\ mol\ HCl}{1\ mol\ ZnCl_2}$ $\frac{2\ mol\ HCl}{1\ mol\ H_2O}$

$\frac{1\ mol\ ZnCl_2}{1\ mol\ ZnO}$ $\frac{1\ mol\ ZnCl_2}{2\ mol\ HCl}$ $\frac{1\ mol\ ZnCl_2}{1\ mol\ H_2O}$

$\frac{1\ mol\ H_2O}{1\ mol\ ZnO}$ $\frac{1\ mol\ H_2O}{2\ mol\ HCl}$ $\frac{1\ mol\ H_2O}{1\ mol\ ZnCl_2}$

b.

$$2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$$

$\frac{2\ mol\ C_4H_{10}}{13\ mol\ O_2}$ $\frac{2\ mol\ C_4H_{10}}{8\ mol\ CO_2}$ $\frac{2\ mol\ C_4H_{10}}{10\ mol\ H_2O}$

$\frac{13\ mol\ O_2}{2\ mol\ C_4H_{10}}$ $\frac{8\ mol\ CO_2}{2\ mol\ C_4H_{10}}$ $\frac{10\ mol\ H_2O}{2\ mol\ C_4H_{10}}$

$\frac{10\ mol\ H_2O}{13\ mol\ O_2}$ $\frac{10\ mol\ H_2O}{8\ mol\ CO_2}$ $\frac{8\ mol\ CO_2}{13\ mol\ O_2}$

$\frac{13\ mol\ O_2}{10\ mol\ H_2O}$ $\frac{8\ mol\ CO_2}{10\ mol\ H_2O}$ $\frac{13\ mol\ O_2}{8\ mol\ CO_2}$

كما يظهر أدناه فإن النسبة المولية الصحيحة هي: 1 مول H_2 إلى 2 مول K ، ويظهر الشكل أيضًا عدد مولات المجهول في البسط، وعدد مولات المعلوم في المقام. وباستخدام هذه النسبة نُحول عدد مولات البوتاسيوم المعروفة إلى عدد مولات الهيدروجين المجهولة.

$$\text{عدد مولات المادة المجهولة} = \text{عدد مولات المادة المعروفة} \times \frac{\text{عدد مولات المادة المجهولة}}{\text{عدد مولات المادة المعروفة}}$$

$$0.0400 \cancel{\text{mol K}} \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \cancel{\text{mol K}}} = 0.0200 \text{ mol } H_2$$

والأمثلة الآتية توضح خطوات الحسابات الكيميائية الضرورية لتحويل مول – مول، ومول – كتلة، وكتلة – كتلة. كما يوضح الشكل استراتيجية حل المسائل.

مسائل حسابات التحويل من مول (mol) إلى كتلة (m)

والآن، افترض أنك تعرف عدد مولات إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة، وأنك ترغب في حساب كتلة مادة متفاعلة أو ناتجة أخرى. فيما يلي مثال على التحويل من مول إلى كتلة.

حسابات تحويل من كتلة (m) إلى كتلة (m)

إذا كنت تستعد لإجراء تفاعل كيميائي في المختبر، فسوف تحتاج إلى معرفة كمية كل من المواد التي ستستخدمها في إنتاج الكتلة المطلوبة من النواتج. يوضح **المثال 12–5** كيف تستطيع استخدام كتلة محددة من مادة معروفة، والمعادلة الكيميائية الموزونة، والنسب المولية من المعادلة لإيجاد كتلة المادة المجهولة. وسيزودك مختبر الكيمياء في نهاية هذا الجزء بخبرة عملية لتحديد النسب المولية.

الشكل 5-9 يتفاعل فلز البوتاسيوم بشدة مع الماء مطلقًا كمية كبيرة من الحرارة كافية لإشعال غاز الهيدروجين الناتج واحتراقه.

مشروع الكيمياء

صناعة الصابون تعد صناعة الصابون عملية كيميائية متعددة الخطوات تتضمن العديد من التفاعلات الكيميائية. لذا اطلب إلى الطلبة القيام بإجراء بحث حول عملية صناعة الصابون يحددون من خلاله المركبات والمواد المستخدمة، ويقدمون تلخيصًا للتفاعلات الكيميائية التي تحدث خلال هذه العملية. على أن يكتبوا معادلة كيميائية موزونة للتفاعل الكيميائي المستخدم في إنتاج الصودا مشتملة على النسب المولية كلها في المعادلة. **ف م**

التوسع

ضبط الاختلاف في الكميات يتطلب تحضير مخفوق الموز أربعة مكونات لكل منها كمية محددة : موزة واحدة، كوبان من الآيس كريم، 50ml من عصير الشوكولاتة، و50ml من عصير الفراولة. اكتب المكوّنات على السبورة على صورة معادلة كيميائية:

..موز +.. الآيس كريم + ..عصير شوكولاته + .. عصير فرولة ←..مخفوق الموز

ثم زن المعادلة بوضع الكميات المطلوبة من كل من المكونات الآتية:

موزة واحدة + كوبين من الآيس كريم + 50ml عصير شوكولاتة + 50ml عصير فرولة 1← مخفوق الموز

واسأل الطلبة عما يحتاجون إليه لصنع 5 أكواب من مخفوق الموز باستخدام الوصفة ذاتها. 5 موزات 10 أكواب من الآيس كريم، 250ml من عصير الشوكولاتة، 250ml من عصير الفراولة. **د م** **ض م**

تطوير المفهوم

استعمال المولات وضح للطلبة ضرورة استخدام المولات دائمًا عند حل مسائل الحسابات الكيميائية. وذكّرهم بأن النسبة المولية ضرورية للتحويل من مادة إلى أخرى في المعادلة الكيميائية الموزونة. وإذا شك الطلبة في كيفية البدء في حل مسألة الحسابات الكيميائية، فذكّرهم بالرجوع إلى عدد المولات في المعادلة أولاً. **ض م**

التقـــويـــم

الأداء اطلب إلى الطلبة دراسة تفاعل 2.5 mol من هيدريد الكالسيوم مع كمية فائضة من الماء وفقًا للمعادلة الآتية:

$$CaH_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 2H_2$$

ثم اطرح عليهم الأسئلة الآتية: ما كتلة هيدروكسيد الكالسيوم الناتجة؟ 185g

ما كتلة الماء اللازمة؟ 90.1g

ما كتلة الهيدروجين الناتجة؟ 10.1g

ما كتلة 2.5 mol من هيدريد الكالسيوم ؟ 105g

دع الطلبة يتحققوا من قانون حفظ الكتلة. ض م

$$105g\ CaH_2 + 90.1g\ H_2O = 185g\ Ca(OH)_2 + 10.1g H_2$$

استراتيجية حل المسألة

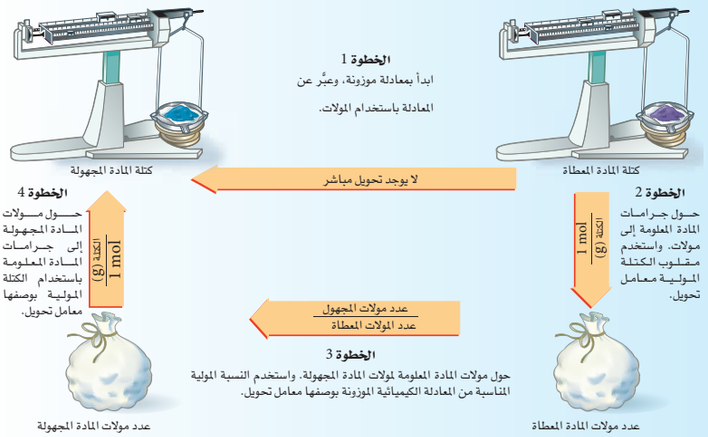
إتقان الحسابات الكيميائية

يوضح المخطط الآتي الخطوات المستخدمة لحل مسائل الحسابات الكيميائية عند تحويل من مول إلى مول، ومن مول إلى كتلة، ومن كتلة إلى كتلة.

1. أكمل الخطوة الأولى بكتابة معادلة التفاعل الموزونة.
2. لمعرفة من أين تبدأ حساباتك، حدد الوحدة المستخدمة للمادة المعلومة.
   - إذا كانت الكتلة معطاة g، فابدأ حساباتك من الخطوة الثانية.
   - إذا كانت الكمية mol فابدأ حساباتك بالخطوة رقم 3.
3. تعتمد نهاية الحسابات على الوحدة المراد استخدامها للمادة المطلوب معرفة كميتها.
   - فإذا كان المطلوب بالمولات فتوقف بعد الخطوة رقم 3.
   - وإذا كان المطلوب بالجرامات فتوقف بعد إكمال الخطوة رقم 4.

تطبيق الاستراتيجية

طبق استراتيجية حل المسائل على الأمثلة 10–5 ، 11–5 ، 12–5 .



170

طرائق تدريس متنوعة

دون المستوى ركز على ضرورة حل مسائل الحسابات الكيميائية خطوة خطوة، وفهم أسباب كل خطوة. ثم اسأل الطلبة: ما أهمية المعادلة الكيميائية الموزونة؟ **تحدد النسبة المولية**. وأعطهم معادلة كيميائية، واطلب إليهم أن يشرحوا كيف يحولون مولات مادة إلى مولات مادة أخرى في المعادلة نفسها. **عند استخدام النسبة المولية يقسم عدد مولات المادة المجهولة على عدد مولات المادة المعروفة**. وقد تكون هذه النقطة مربكة قليلاً، لذا دع الطلبة يكتبوا النسبة المولية على ورقة ومقلوبها على الجهة الأخرى، حيث يمكنهم الرجوع إلى الورقة في أثناء حلهم للمسائل ليحددوا أي النسب تعطي الوحدة الصحيحة للإجابة. د م

مثال 10-5

حسابات تحويل مول إلى مول إحدى سلبيات احتراق غاز البروبان C_3H_8 هو إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2، مما يزيد من تركيزه في الغلاف الجوي. ما عدد مولات CO_2 التي تنتج من احتراق 10 mol من C_3H_8 في كمية وافرة من الأكسجين في شواية الغاز؟

1 تحليل المسألة

أنت تعرف عدد مولات المواد المتفاعلة C_3H_8، والمطلوب إيجاد عدد مولات المواد الناتجة CO_2. لذا اكتب معادلة التفاعل الموزونة أولاً، ثم حول مولات البروبان إلى مولات ثاني أكسيد الكربون باستعمال النسبة المولية المناسبة.

المعطيات	المطلوب
10 mol = مولات C_3H_8	مولات CO_2 = ؟

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لاحتراق البروبان.

استخدم النسبة المولية الصحيحة لتحويل مولات المادة المعلومة C_3H_8 إلى مولات المادة المجهولة CO_2.

10.0 mol ? mol

$$C_3H_8(g) + 5\,O_2(g) \rightarrow 3\,CO_2(g) + 4\,H_2O(g)$$

$$\text{النسبة المولية} = \frac{3\text{ mol } CO_2}{\text{mol } C_3H_8}$$

$$10.0\text{ mol } C_3H_8 \times \frac{3\text{ mol } CO_2}{1\text{ mol } C_3H_8} = 30.0\text{ mol } CO_2$$

لذا يُنتج احتراق 10 mol من غاز البروبان 30 mol من غاز CO_2.

3 تقويم الإجابة

توضح المعادلة الكيميائية أن 1 mol من C_3H_8 أنتج 3 mol من CO_2، إذن تنتج 10 mol من C_3H_8، 30 mol من CO_2.

مسائل تدريبية

50. يتفاعل غاز الميثان مع الكبريت منتجًا ثاني كبريتيد الكربون CS_2، وهو سائل يستعمل غالبًا في صناعة السلوفان.

$$__CH_{4(g)} + __S_{8(s)} \rightarrow __CS_{2(l)} + __H_2S_{(g)}$$

a. زن المعادلة.

b. احسب عدد مولات CS_2 الناتجة من تفاعل 1.5 mol من S_8.

c. ما عدد مولات H_2S الناتجة؟

51. تحدّ يتكون حمض الكبريتيك من تفاعل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين والماء.

a. زن المعادلة.

b. ما عدد مولات H_2SO_4 الناتجة عن تفاعل 12.5 mol من SO_2؟

c. ما عدد مولات O_2 المطلوبة؟

مثال في الصف

سؤال يستخدم غاز البيوتان في الولاعات التي تستعمل لمرة واحدة. ما عدد مولات الأكسجين التي نحتاج إليها لحرق 5 مولات من البيوتان في ولاعة لإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون والماء؟

الإجابة

$$2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$$

$$5\text{ mol } C_4H_{10} \times \frac{13\text{ mol } O_2}{2\text{ mol } C_4H_{10}} = 32.5\text{ mol } O_2$$

مسائل تدريبية

50.

a. $2CH_{4(g)} + S_{8(s)} \rightarrow 2CS_{2(l)} + 4H_2S_{(g)}$

b. $1.50\text{ mol } S_8 \times \frac{2\text{ mol } CS_2}{1\text{ mol } S_8} = 3.00\text{ mol } CS_2$

c. $1.50\text{ mol } S_8 \times \frac{4\text{ mol } H_2S}{1\text{ mol } S_8} = 6.00\text{ mol } H_2S$

51.

a. $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_2SO_{4\,(aq)}$

b. $12.5\text{ mol } SO_2 \times \frac{2\text{ mol } H_2SO_4}{2\text{ mol } SO_2} = 12.5\text{ mol } H_2SO_4$

c. $12.5\text{ mol } SO_2 \times \frac{1\text{ mol } O_2}{2\text{ mol } SO_2} = 6.25\text{ mol } O_2$

دفتر الكيمياء

ما كمية الحمض المتعادل؟ اطلب إلى الطلبة إيجاد المكونات الفعالة المكتوبة على نشرة الأقراص المضادة للحموضة، وتحديد المركب الذي يعادل حمض المعدة. واطلب إليهم معرفة الجرعة الموصى بها وكمية المكونات المعادلة للحموضة لكل قرص، واطلب إليهم أيضًا تحديد المكونات الفعالة لكل جرعة. فإذا كان المكون الفعال هو هيدروكسيد الفلز فعندئذٍ يتفاعل هيدروكسيد الفلز مع حمض الهيدروكلوريك HCl لإنتاج كلوريد الفلز والماء. أما إذا كان المكون الفعال هو كربونات الفلز فتكون المواد الناتجة كلوريد الفلز وثاني أكسيد الكربون، والماء. وأخيرًا اطلب إلى الطلبة كتابة معادلة تفاعل مضاد الحموضة، وتحديد كتلة حمض الهيدروكلوريك المتعادل في الجرعة الواحدة باستخدام الكتلة التي تكوّن الجرعة الواحدة الفعّالة. ض م

مثال في الصف

سؤال ما كتلة الهيدروجين الناتجة عن تفاعل 0.200 mol من الصوديوم مع كمية فائضة من الماء لإنتاج الهيدروجين وهيدروكسيد الصوديوم؟

الإجابة

$$2\ Na + 2\ H_2O \rightarrow 2\ NaOH + H_2$$

$$\frac{1mol\ H2}{2\ mol\ Na}$$

$$0.200\ \cancel{mol\ Na} \times \frac{1\ mol\ H2}{2\ \cancel{mol\ Na}}$$

$$= 0.100\ mol\ H_2$$

$$0.100\ \cancel{mol\ H_2} \times \frac{2.016\ g\ H}{1\ \cancel{mol\ H_2}}$$

$$= 0.202\ g\ H_2$$

مسائل تدريبية

52. $88g\ Cl_2$

53. a. $177gCl_2$

b. $15.0g\ C$

c. $292g$

التنوع الثقافي

الحسابات الكيميائية في صناعة الصابون تعود عملية صناعة الصابون إلى العام 2800 قبل الميلاد في بابل؛ فقد كان استخدام الصابون خلال القرن السابع عشر مقتصرًا على الأغنياء. ولكن مع توافر المواد أصبح الصابون يصنع في كل بيت تقريبًا. وقد استخدمت تقنيات حسابات بسيطة في صناعته في كثير من الحضارات. وتتطلب صناعته 3 خطوات: صناعة الصودا (القَلْي)، بقايا الدهون، ثم تسخين خليط القلي مع الدهن. كما كانوا يضيفون كلوريد الصوديوم إلى الخليط لجعله صلبًا، وكذلك المعطرات. ثم يلف الصابون على شكل كرات أو يُقطّع على شكل ألواح لتخزينه. لقد اتخذت دهون الغزلان، والحيتان، وشحوم الحيوانات وزيت الزيتون مصادر أولية للدهن المستخدم في صناعة الصابون اعتمادًا على ما يتوافر منها في المنطقة. وكان الناس في البلدان المحاذية للبحر المتوسط يستخدمون رماد الشجيرات بدلاً من البوتاس K_2CO_3؛ لأنه غني بكربونات الصوديوم، وكان يعد سلعة جيدة للتجارة وسمّي بالبريلا Barilla.

مثال 11-5

حسابات تحويل مول إلى كتلة احسب كتلة كلوريد الصوديوم NaCl المعروف بملح الطعام، الناتجة عن تفاعل 1.25 mol من غاز الكلور Cl_2 عند تفاعله بشدة مع الصوديوم.

1 تحليل المسألة

أعطيت مولات المادة المتفاعلة الكلور Cl_2، وطُلب إليك تحديد كتلة المادة الناتجة NaCl، وتحويل عدد مولات الكلور Cl_2 إلى عدد مولات NaCl باستخدام النسبة المولية، ثم تحويل عدد مولات NaCl إلى جرامات NaCl باستخدام الكتلة المولية بوصفها معامل تحويل.

المعطيات	المطلوب
عدد مولات الكلور = 1.25 mol	كتلة(m) كلوريد الصوديوم (g) = ؟

2 حساب المطلوب

اكتب معادلة التفاعل الموزونة وحدد القيم المعروفة وغير المعروفة.

$$2Na_{(s)} + \underset{1.25\ mol}{Cl_{2(g)}} \rightarrow \underset{؟\ g}{2NaCl_{(s)}}$$

النسبة المولية : $\frac{2\ mol\ NaCl}{1\ mol\ Cl_2}$

اضرب عدد مولات Cl_2 في النسبة المولية لحساب عدد مولات NaCl

$$1.25\ \cancel{mol\ Cl_2} \times \frac{2\ mol\ NaCl}{1\ \cancel{mol\ Cl_2}} = 2.50\ mol\ NaCl$$

استخدم الكتلة المولية (MM) لـ NaCl لحساب كتلة NaCl بالجرام (g)

$$2.50\ \cancel{mol\ NaCl} \times \frac{58.44\ g\ NaCl}{1\ \cancel{mol\ NaCl}} = 146\ g\ NaCl$$

3 تقويم الإجابة

للتأكد من صحة كتلة NaCl المحسوبة، اعكس الحسابات واقسم كتلة NaCl على الكتلة المولية لـ NaCl، ثم قسم الناتج على 2 فتحصل على عدد مولات Cl_2 المعطاة في السؤال.

مسائل تدريبية

52. يتفكك كلوريد الصوديوم إلى عناصره الأساسية الكلور والصوديوم بتمرير تيار كهربائي في محلوله. فما كمية غاز الكلور، بالجرامات، التي نحصل عليها من العملية الموضحة؟

53. **تحدّ** يستخدم معدن التيتانيوم –وهو فلز انتقالي– في الكثير من السبائك، لقوته العالية وخفة وزنه. ويستخلص رابع كلوريد التيتانيوم $TiCl_4$ من ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2 باستخدام الكلور وفحم الكوك (كربون) وفقًا للمعادلة الآتية:

$$TiO_{2(s)} + C_{(s)} + 2Cl_{2(g)} \rightarrow TiCl_{4(s)} + CO_{2(g)}$$

a. ما كتلة غاز Cl_2 المطلوبة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO_2؟

b. ما كتلة C المطلوبة للتفاعل مع 1.25 mol من TiO_2؟

c. ما كتلة المواد الناتجة جميعها من تفاعل 1.25 mol من TiO_2 ؟

172

مثال 12-5

حسابات تحويل كتلة (m) إلى كتلة (m) عندما تتحلل نترات الأمونيوم NH_4NO_3، أحد أهم الأسمدة، ينتج غاز أكسيد ثنائي النيتروجين والماء. حدد كتلة H_2O الناتجة عن تحلل 25.0 g من نترات الأمونيوم الصلبة NH_4NO_3.

1 تحليل المسألة

أعطيت وصفًا للتفاعل الكيميائي وكتلة المواد المتفاعلة، وعليك الآن كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة وتحويل الكتلة المعطاة للمواد المتفاعلة إلى مولات، ثم استخدام النسب المولية لإيجاد عدد مولات المواد الناتجة. وأخيرًا استخدم الكتلة المولية لتحويل عدد مولات المواد الناتجة إلى كتلة بالجرامات.

المعطيات	المطلوب
كتلة نترات الأمونيوم $= NH_4NO_3$ 25.0 g	كتلة الماء $= H_2O$ ؟؟

2 حساب المطلوب

اكتب المعادلة الموزونة وحدد قيم المواد المعروفة والمواد المطلوبة.

$$NH_4NO_{3(s)} \rightarrow N_2O_{(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

25.0 g ؟ g

أحسب عدد مولات NH_4NO_3 بالضرب في مقلوب الكتلة المولية

$$25.0\ \text{g}\ NH_4NO_3 \times \frac{1\ \text{mol}\ NH_4NO_3}{80.04\ \text{g}\ NH_4NO_3} = 0.312\ \text{mol}\ NH_4NO_3$$

أحسب عدد مولات الماء بضرب عدد مولات نترات الأمونيوم في النسبة المولية.

النسبة المولية : $\frac{2\ \text{mol}\ H_2O}{1\ \text{mol}\ NH_4NO_3}$

$$0.312\ \text{mol}\ NH_4NO_3 \times \frac{2\ \text{mol}\ H_2O}{1\ \text{mol}\ NH_4NO_3} = 0.624\ \text{mol}\ H_2O$$

أحسب عدد جرامات H_2O بالضرب في الكتلة المولية.

$$0.624\ \text{mol}\ H_2O \times \frac{18.02\ \text{g}\ H_2O}{1\ \text{mol}\ H_2O} = 11.2\ \text{g}\ H_2O$$

3 تقويم الإجابة

لمعرفة ما إذا كانت كتلة الماء المحسوبة صحيحة أم لا، قم بإجراء الحسابات بطريقة معكوسة.

مسائل تدريبية

54. أحد الغازات المستعملة في نفخ وسادة السلامة الهوائية الموجودة في مقود السيارة هو أزيد الصوديوم NaN_3 وفقًا للمعادلة الآتية:

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

احسب كتلة N_2 الناتجة عن تحلل NaN_3، كما يظهر في الرسم المجاور.

55. **تحدّ** عند تشكل المطر الحمضي يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين والماء في الهواء ليشكل حمض الكبريتيك H_2SO_4. اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل. وإذا تفاعل 2.5 g من SO_2 مع الأكسجين والماء، فاحسب كتلة H_2SO_4 الناتجة بالجرامات؟

مسائل تدريبية

54. 64.64g N_2

55. $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_2SO_{4(aq)}$; 3.83 g H_2SO_4

مثال في الصف

سؤال يستخدم صاروخ تيتان مزيجًا من الهيدرازاين، N_2H_4، ورابع أكسيد النيتروجين N_2O_4 وقودًا وفقًا للتفاعل الآتي:

$$2N_2H_4 + N_2O_4 \rightarrow 3N_2 + 4H_2O$$

إذا تم استخدام 200 g من الهيدرازاين؛ كم تكون كتلة الماء الناتجة؟

الإجابة

$$2N_2H_4 + N_2O_4 \rightarrow 3N_2 + 4H_2O$$

$$200\ \text{g}\ N_2H_4 \times \frac{1\ \text{mol}\ N_2H_4}{32.05\ \text{g}\ N_2H_4} = 6.24\ \text{mol}\ N_2H_4$$

$$6.24\ \text{mol}\ N_2H_4 \times \frac{4\ \text{mol}\ H_2O}{2\ \text{mol}\ N_2H_4} = 12.5\ \text{mol}\ H_2O$$

$$12.5\ \text{mol}\ H_2O \times \frac{18.02\ \text{g}\ H_2O}{1\ \text{mol}\ H_2O} = 225\ \text{g}\ H_2O$$

التحقق من الفهم

اكتب المعادلة الموزونة لتفاعل الحديد مع الكبريت على السبورة.

$$16Fe + 3S_8 \rightarrow 8Fe_2S_3$$

واطلب إلى الطلبة تحديد كتلة كبريتيد الحديد III الناتجة عن تفاعل 7.00 g من الحديد. 13.0 g Fe_2S_3 ض م

إعادة التدريس

اكتب المعادلة الآتية على السبورة:

$$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

واسأل الطلبة: كم جرامًا من الجلوكوز ينتج عن تفاعل 88 g من CO_2؟ واطلب إليهم ذكر خطوات الحل شفويًّا، وبيان أهمية كل خطوة قبل أن يبدؤوا إجراء الحسابات.

ثم اطلب إليهم أن ينفذوا الخطوات التي ذكروها. 60 g $C_6H_{12}O_6$ ض م

التوسع

أعط الطلبة عددًا من مسائل الحسابات الكيميائية، واطلب إليهم توضيح خطوات حلها في مخطط يشبه المخطط الاستراتيجي لحل المسائل، ص 170. ض م

المختبر الصغير

الهدف تحسب الكتلة النظرية للنواتج وتقارنها بالكتلة العملية الناتجة عن التجربة.

المهارات العملية جمع البيانات وتفسيرها، التوقع، استخدام الأرقام.

احتياطات السلامة اعتمد نماذج السلامة في المختبر قبل بدء العمل، وحذر الطلبة من حرارة الجفنة.

التخلص من النفايات يمكن التخلص من كربونات الصوديوم الناتجة بإلقائها في سلة المهملات.

استراتيجيات التدريس

- اطلب إلى الطلبة حساب الكتلة النهائية للمادة الناتجة قبل بدء العمل.

نتائج متوقعة:

- ينتج 1.90 g من $NaHCO_3$ عند تفاعل 3.12 g من Na_2CO_3.

التحليل

1. كانت المادة الناتجة رطبة في أثناء التسخين وتظهر عليها بعض الفقاقيع ولكنها جفت مع الوقت.
2. يجب أن تكون الكتلتان متساويتين.
3. على افتراض أن الكتلة المتوقعة والكتلة الفعلية هما 1.97 g و1.90 g على التوالي، فيكون الخطأ =g 0.07− ، ونسبة الخطأ= 3.55 %
4. الأخطاء الناتجة عن قياس كل من الكتلتين، ووزن الرطوبة التي تمتصها الجفنة. ض م

المختبر الصغير

تطبيقات على الحسابات الكيميائية

ما كمية كربونات الصوديوم Na_2CO_3 الناتجة عن تحلل مسحوق الخبز؟ يستخدم مسحوق الخبز كربونات الصوديوم الهيدروجينية، في كثير من وصفات الخبز؛ لأنها تسبب انتفاخ العجينة، مما ينتج عنه مزيج خفيف ورقيق. وسبب ذلك هو تحلل كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$ بالحرارة، لتنتج غاز ثاني أكسيد الكربون وفقًا للمعادلة:

$$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج السلامة في المختبر.
2. صمم جدولًا تدون فيه البيانات العملية وملاحظاتك.
3. استخدم الميزان لقياس كتلة جفنة نظيفة وجافة، ثم أضف إليها نحو 3g تقريبًا من كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$، وقس الكتلة الكلية للجفنة والكربونات الهيدروجينية، وسجل القياسات في الجدول، ثم احسب كتلة $NaHCO_3$ وحدها.
4. استخدم كتلة $NaHCO_3$ السابقة والمعادلة الكيميائية الموزونة لحساب كتلة $NaHCO_3$ التي ستنتج.
5. جهز منصبًا حلقيًا مع حلقة ومثلثًا من الصلصال لتسخين الجفنة.
6. سخن الجفنة باستخدام موقد بنسن ببطء في البداية، مدة 8 – 7 دقائق بلهب قوي، وسجل ملاحظاتك في أثناء التسخين.
7. أطفئ الموقد واستخدم ملقطًا فولاذيًا لرفع الجفنة عن اللهب.

***تحذير:** لا تلمس الجفنة الساخنة بيديك.*

8. دع الجفنة تبرد، ثم قس كتلتها وكتلة Na_2CO_3.

تحليل النتائج

1. **صف** ما لاحظته في أثناء تسخين مسحوق الخبز.
2. **قارن** كتلة Na_2CO_3 التي حسبتها بالكتلة الفعلية التي حصلت عليها من التجربة.
3. **افترض** أن كتلة Na_2CO_3 التي حسبتها في الخطوة رقم 4 هي الكتلة الصحيحة للمواد الناتجة؛ واحسب نسبة الخطأ والنسبة المئوية.
4. **حدد** مصادر الخطأ المحتملة في الإجراءات التي أدت إلى خطأ الحساب في السؤال رقم 3.

174

التقويم 5-3

الخلاصة

- **تُفسر** المعادلة الكيميائية الموزونة على أساس المولات والكتلة والجسيمات الممثلة (ذرات، جزيئات، وحدات صيغ كيميائية).
- **تطبق** قانون بقاء الكتلة على التفاعلات الكيميائية جميعها.
- **تشتق** النسب المولية من معاملات المعادلة الكيميائية الموزونة. وترمز كل نسبة مولية إلى نسبة عدد مولات إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة، وإلى عدد مولات أي مادة أخرى متفاعلة أو ناتجة في التفاعل الكيميائي.
- **تستعمل** الحسابات الكيميائية لحساب كمية المواد المتفاعلة والناتجة عن تفاعل معين.
- **تعد** كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة الخطوة الأولى في حل مسائل الحسابات الكيميائية .
- **تستعمل** النسب المولية المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة في الحسابات الكيميائية.
- **تستعمل** النسب المولية في مسائل الحسابات الكيميائية للتحويل بين الكتلة وعدد المولات.

56. الفكرة الرئيسة **قارن** بين كتل المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل الكيميائي، ووضح العلاقة بين هذه الكتل.

57. **حدّد** عدد النسب المولية التي يمكن كتابتها لتفاعل كيميائي يتكون من ثلاث مواد.

58. **صنّف** طرائق تفسير المعادلة الكيميائية الموزونة.

59. **طبق** الشكل العام للتفاعل الكيميائي هو:

$$xA + yB \rightarrow zAB$$

بحيث يمثل A وB عنصرين، وتمثل x وy وz المعاملات . حدد النسب المولية لهذا التفاعل.

60. **طبق** يتفكك فوق أكسيد الهيدروجين لينتج الماء والأكسجين. اكتب معادلة كيميائية موزونة لهذا التفاعل، ثم حدد نسبه المولية.

61. **نمذج** اكتب النسب المولية لتفاعل غاز الهيدروجين وغاز الأكسجين. $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$.

ارسم 6 جزيئات هيدروجين تتفاعل مع العدد المناسب من جزيئات الأكسجين، ثم وضح عدد جزيئات الماء المتكوّنة.

62. **فسر** لماذا يجب استعمال المعادلة الكيميائية الموزونة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.

63. **اذكر** الخطوات الأربع المستعملة في حل مسائل الحسابات الكيميائية.

64. **وضح** كيفية التعبير عن النسب المولية بصورة صحيحة لاستخدامها في حل مسائل الحسابات الكيميائية.

65. **طبّق**. كيف يمكن حساب كتلة البروم السائل الضرورية للتفاعل كليًّا مع كتلة معروفة من الماغنيسيوم.

66. **احسب** كتلة الأمونيا الناتجة عن تفاعل 2.70 g من الهيدروجين مع كمية وافرة من النيتروجين حسب المعادلة الآتية:

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$$

67. **صمم** خريطة مفاهيم للتفاعل الآتي:

$$CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow CaCl_{2(aq)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)}$$

يجب أن تفسر خريطة المفاهيم كيفية تحديد كتلة $CaCl_2$ الناتجة عن تفاعل كمية معلومة من HCl.

التقويم 5-3

56. تعبر معاملات المعادلة الكيميائية الموزونة عن العلاقة المولية بين كل زوج من المواد المتفاعلة والناتجة.

75. 6 نسب مولية = (3)(2)

58. الجسيمات (ذرات، جزيئات، وحدات صيغة) المول، والكتلة.

59. xA/yB, xA/zAB,yB/xA and yB/zAB,zAB/xA and zAB/yB

60. $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$

61. $2\ mol\ H_2O_2 / 2mol\ H_2O$, $2\ mol\ H_2O_2/1\ mol\ O_2$,$2\ mol\ H_2O/ 2\ mol\ H_2O_2$, $2\ mol\ H_2O/1\ mol\ O_2$, $1\ mol\ O_2/2\ mol\ H_2O_2$,$1\ mol\ O_2/2\ mol\ H_2O$ $2H_2O/O_2$;$2H_2/O_2$;$2H_2/2H_2O$;$O_2/2H_2$;$O_2/2H_2O$ $2H_2O/2H_2$

ويجب أن يظهر الرسم التوضيحي للطلبة تفاعل 6 جزيئات من الهيدروجين مع 3 جزيئات من الأكسجين لإنتاج 6 جزيئات من الماء.

62. تمثّل المعاملات في المعادلة الموزونة العلاقة المولية بين كل زوج من المواد المتفاعلة والناتجة.

63. زن المعادلة، وحوّل كتلة المادة المعروفة إلى عدد مولات، ثم استخدم النسبة المولية لتحويل عدد مولات المادة المعروفة إلى عدد مولات المادة المجهولة، ثم حوّل عدد مولات المادة المجهولة إلى كتلة بالجرامات.

64. عدد مولات المادة المجهولة/ عدد مولات المادة المعروفة.

65. اكتب معادلة موزونة، وحوّل الكتلة المعطاة للماغنيسيوم Mg إلى عدد مولات. ثم استخدم النسبة المولية من المعادلة لتحويل عدد مولات Mg إلى عدد مولات Br. وأخيرًا حوّل عدد مولات Br إلى كتلة.

66. $15.2\ g\ NH_3$

67. ستختلف الخرائط المفاهيمية، ولكنها يجب أن تظهر استخدامات هذه العوامل : مقلوب الكتلة المولية والنسبة المولية والكتلة المولية.

الهدف

يتعلم الطلبة كيف تُستخدم قدرة تكييف فيروس مرض الإيدز HIV في معرفة عمل الأدوية الجديدة المتعلقة بعلاج هذا الفيروس.

الخلفية النظرية

تمنح الطفرات في التسلسل الجيني فيروس HIV مقاومةً للدواء؛ إذْ ليس لديه الحمض النووي DNA، بل يحتفظ هذا الفيروس بالمعلومات الجينية في الجزيء المرتبط مع الحمض النووي وهو RNA وقد بحث العلماء في خريطة تسلسل RNA. لاكتشاف أي جزء من RNA يسيطر على كل جزء من الفيروس. وعندما تُكتشف الطفرات يستطيع العلماء تحديد أي جزء من الفيروس يتغير بالطفرة عند العودة إلى خريطة التسلسل الجينية.

استراتيجيات التدريس

•ناقش أمثلة لطفرات تعطي مقاومة مثل مقاومة الحشرات لمبيد الحشرات، والأعشاب لمبيد الأعشاب، ومقاومة المضاد الحيوي للأمراض التي تسببها البكتيريا.

•لقد شجع العلماء مقاومة PA – 457 بتقديم جرعة قليلة من العلاج. فلماذا لم تكن هذه الجرعة كبيرة؟ قد تقتل الجرعة الكبيرة الفيروسات ذات المقاومة الجزئية. قارن ذلك بالحاجة إلى إكمال جرعات العلاج من المضاد الحيوي لمنع تطور مقاومة البكتيريا.

•لاحظ الاختلاف الحاد بين الفيروس والبكتيريا. لا تتأثر الفيروسات بالمضادات الحيوية. دع الطلبة يكتشفوا سبب ذلك.

الكتابة في الكيمياء

البحث تتنوع الإجابات. يجب أن يجد الطلبة أن العلاقة بين الاستجابة لجرعة الدواء والعلاج تتنوع من علاج لآخر. فبعض الأدوية يكون علاجها متوقعًا ولا يحتاج إلى مراقبة، ولكن بعضها الآخر يحتاج إلى مراقبة شديدة. يؤثر كل من المرض وعمر المريض وتفاعلات الدواء في مستوى فاعلية الدواء بالنسبة للمريض. وفوق ذلك، تصبح بعض الأدوية سامة حتى لو كانت قريبة من الجرعة الطبية وهي بحاجة إلى مراقبة شديدة جدًّا.

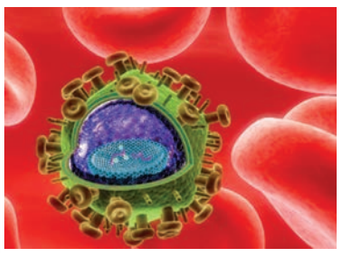
الكيمياء والصحة *

محاربة السلالات المقاومة

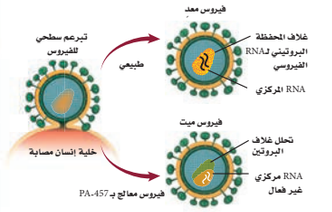
لقد تبين أن فيروس نقص المناعة عند الإنسان [HIV] الذي يسبب مرض الإيدز، هو من ألد أعداء الطب الحديث ولم يتم التوصل إلى علاجه حتى الآن. ويعود ذلك إلى قدرة هذا الفيروس الفائقة على التكيف؛ إذ تظهر السلالات المقاومة للأدوية من هذا الفيروس بسرعة؛ بحيث تصبح الأدوية الحديثة والمتطورة جميعها دون جدوى. وتُجرى بعض الأبحاث الآن باستخدام قدرة هذا الفيروس على التكيف لاتخاذ ذلك طريقة لمكافحته.

اختيار المقاومة إن PA – 457 علاج واعد ضد فيروس [HIV]، وهو عبارة عن حمض البتيولينيك المركب العضوي المستخرج من بعض النباتات، ومنها لحاء شجر السدر. ولمعرفة ما يفعله PA – 457 لـ[HIV]، وهو ما يسمى آلية عمل الدواء، خطا العلماء خطوة غريبة؛ إذ شجعوا عينات من [HIV] على تطوير مقاومة لهذا الدواء PA– 457.

وقد أخضع الباحثون عينات من [HIV] إلى جرعات قليلة من PA–457، مما يسمح ببقاء بعض الفيروسات حية وتطور مقاومة. ثم تُجمع الفيروسات التي بقيت حية بعد تعرضها لـ PA – 45، ويُفحص تسلسل جيناتها. وقد وجد أن هذه الجينات مسؤولة عن قدرة الفيروسات على بناء ما يُسمى غلاف المناعة كما في **الشكل 1**.



الشكل 1 يشكل الغلاف طبقة حماية حول المادة الجينية لفيروس HIV العادي.



الشكل 2 عندما يتعرض HIV لـ PA – 457 يفقد هذا الغلاف شكله وينهار، مما يؤدي إلى موت الفيروس.

هجوم مفاجئ يعد هذا الاكتشاف مفاجأة؛ لأنه عكس معظم الأدوية، حيث إن PA – 457 يهاجم بناء [HIV] بدلاً من الإنزيمات التي تساعد HIV على إعادة الإنتاج، كما في **الشكل 2**، مما يجعل PA – 457 واحدًا من أوائل سلسلة الأدوية الجديدة لـHIV المعروفة بمعيقات النضج. إنه العلاج الذي يستطيع منع الفيروس من النضج خلال المراحل الأخيرة من تطوره.

تقليل سرعة التطور والأمل المعقود على هذا الدواء، وغيره من معيقات النضج، أن يهاجم بناء [HIV] ويجعل مقاومته بطيئة التطور. وتوصف معيقات النضج مع أدوية أخرى للإيدز التي تهاجم [HIV] في مراحله المختلفة خلال دورته. وتدعى هذه التجربة علاجًا متعدد الأدوية، ومن شأنها منع HIV من تطوير مقاومة؛ لأن أي فيروس حي بحاجة إلى مناعة متعددة، على ألا تقل عن واحدة لكل دواء، ضد HIV . وهو غير محتمل الحدوث في الوقت نفسه.

الكتابة في الكيمياء ابحث كيف يحدد العلماء مستوى الجرعة الآمن لأي دواء؟ ناقش كيف يجب أن تكون فاعلية الدواء متوازنة مع درجة السُمّيّة والأعراض الجانبية؟ وللمزيد من المعلومات الإضافية حول كيفية تحديد الجرعة الدوائية .

مختبر الكيمياء

تحديد النسبة المولية

الخلفية: يتفاعل الحديد مع كبريتات النحاس II $CuSO_4$. ويمكنك حساب النسبة المولية عمليًّا بقياس كتلة الحديد التي تفاعلت وكتلة فلز النحاس التي تكونت.

سؤال: كيف تُقارن بين النسبة المولية العملية والنسبة المولية النظرية؟

المواد اللازمة

كبريتات النحاس II المائية	سخان كهربائي.
$CuSO_4 . 5H_2O$	ملقط لحمل الدوارق
برادة حديد	ميزان
ماء مقطر	ساق تحريك
كأس 150 ml	كأس 400 ml
مخبار مدرج 100 ml	أوراق وزن

احتياطات السلامة

تحذير: يسبب السخان الكهربائي الحروق، لذا أغلق مصدر الكهرباء إذا كنت لا تستعمله.

خطوات العمل

1. اقرأ نموذج إجراءات السلامة في المختبر وأكمله.
2. قس كتلة دورق 150 ml نظيف وجاف، وسجل جميع القياسات في جدول البيانات.
3. ضع 12 g من $CuSO_4 . 5H_2O$ في الدورق.
4. أضف 50 ml من الماء المقطر إلى $CuSO_4 . 5H_2O$ في الدورق، وضع الدورق على السخان، ثم حرك المزيج حتى يذوب (لا تدع المزيج يصل إلى درجة الغليان)، ثم ارفع الدورق عن السخان باستخدام الملقط.
5. زن 2 g من برادة الحديد باستخدام ورق الوزن.
6. أضف البرادة ببطء إلى كبريتات النحاس II الساخنة في أثناء التحريك.
7. اترك المزيج مدة خمس دقائق.
8. استخدم ساق التحريك لصب السائل في كأس سعتها 400ml، وتأكد من صب السائل فقط، ودع فلز النحاس الصلب جانبًا.
9. أضف 15ml من الماء المقطر إلى فلز النحاس الصلب، وحرك الكأس لغسل النحاس وصب السائل في الكأس 400ml .
10. كرر الخطوة 9 مرتين.
11. ضع الدورق الذي يحتوي على النحاس الرطب فوق السخان، واستخدم حرارة منخفضة لتجفيف النحاس.

12. ارفع الكأس عن السخان، بعد تجفيف النحاس باستخدام الملقط واتركه حتى يبرد.
13. قس كتلة الكأس والنحاس.
14. **التنظيف والتخلص** ضع النحاس الجاف في وعاء النفايات واغسل ما علق بالكأس وجففها بمنشفة ورقية، ثم صب محلول كبريتات النحاس II، ومحلول كبريتات الحديد، غير المتفاعلة، في كأس كبيرة، وأعد جميع أجهزة المختبر إلى أماكنها الخاصة بها.

حلّل و استنتج

1. **طبق** اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل، ثم احسب كتلة النحاس التي يجب أن تتكون من كمية الحديد المستخدمة فتكون هذه الكتلة هي الناتج النظري.
2. **فسر** المعلومات حدد الكتلة، وعدد مولات النحاس المتكونة باستخدام بياناتك، واحسب عدد مولات الحديد المستعملة، وحدد العدد الصحيح للنسبة المولية للحديد والنحاس، ثم حدد الناتج المئوي.
3. **قارن** بين النسبة المولية النظرية والنسبة المولية التي قمت بحسابها عمليًّا في الخطوة 2 (للنحاس : الحديد).
4. **تحليل الأخطاء** حدد مصادر الخطأ التي تجعل النسبة المولية المعطاة في المعادلة الكيميائية الموزونة أكبر من الواقع.

مختبر الكيمياء

تحديد النسبة المولية

الزمن حصة واحدة.

المهارات العملية الملاحظة، الاستنتاج، القياس، جمع البيانات وتفسيرها، استخدام الأرقام، المقارنة، تطبيق المفاهيم.

احتياطات السلامة اطلع على نماذج السلامة. بما أن كبريتات النحاس II مادة سامة، لذا تأكد من ارتداء الطلبة معاطف المختبر والقفازات البلاستيكية ووضع النظارات الواقية. وينبغي على الطلبة غسل أيديهم بالماء والصابون بعد الانتهاء من التجربة.

التخلص من النفايات يمكن أن تُبخر محاليل كبريتيات النحاس والحديد في خزانة الأبخرة حتى تجف، كما يمكن التخلص من المواد الصلبة في المكان المعد لذلك.

الخطوات

- إن عملية الزل (الفصل) هي طريقة جديدة في المختبر بالنسبة للطلبة. لذا دعهم يشاهدوا كيف يُسكب السائل من الدورق فوق قضيب التحريك إلى دورق آخر ببطء.
- أخبر الطلبة أن فلز النحاس لا يلتصق بقضيب التحريك عندما يكون جافًّا تمامًا.
- حل المشاكل ينبغي للحصول على نتائج أفضل استخدام برادة حديد خالية من الأكسدة.

حلّل واستنتج

1. 2.30g Cu، $Fe_{(s)} + CuSO_{4(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + FeSO_{4(aq)}$
2. 2.26g Cu; 0.0356 mol Cu; 0.0362 mol Fe
   النسبة المولية Fe:Cu = 1.02:1؛ الناتج المئوي = 98.3%
3. نسبة الحديد إلى النحاس في المعادلة هي 1:1، وهي قريبة من النسبة الناتجة عن التجربة العملية.
4. لم يكن النحاس جافًّا تمامًا. بعض النحاس يتأكسد إذا سخن كثيرًا، كان من الممكن خسارة النحاس.

دليل مراجعة الفصل

استعمال المفردات

اطلب إلى الطلبة لتدعيم مفردات الفصل، كتابة جملة لكل مفردة. ض م

مراجعة الاستراتيجيات

- يوضح الطلبة أهمية المعادلة الكيميائية الموزونة في الحسابات الكيميائية. ض م
- يعد الطلبة قائمة بخطوات حل مسائل الحسابات الكيميائية. ض م

الكيمياء عبر المواقع الإلكترونية

يستطيع الطلبة زيارة الموقع الإلكتروني

www.obeikaneducation.com

من أجل:

- دراسة الفصل كاملاً على الموقع الإلكتروني.
- الدخول إلى مواقع أخرى، وتعرف المزيد من المعلومات والمشاريع والنشاطات.
- مراجعة المحتوى وتقديم اختبارات قصيرة.

الفصل 5 دليل مراجعة الفصل

الفكرة العامة تؤكد العلاقات بين كتل المواد في التفاعلات الكيميائية صحة قانون بقاء الكتلة .

5-1 مولات المركبات

الفكرة الرئيسة الكتلة المولية للمركب من خلال صيغته الكيميائية، كما يمكن استعمال الكتلة المولية للتحويل ما بين الكتلة والمولات.

المفاهيم الرئيسة

- تتعرف علاقات المول الموضحة في الصيغ الكيميائية.
- تحسب الكتلة المولية لمركب.
- تطبق معاملات التحويل لتحديد عدد الذرات أو الأيونات في كتلة معروفة من مركب.

5-2 الصيغ الأولية والصيغ الجزيئية

الفكرة الرئيسة الصيغة الجزيئية لمركب ما هي ناتج ضرب صيغته الأولية في عدد صحيح، وتضم أعدادًا صحيحة فقط.

المفاهيم الرئيسة

- تفسر ما المقصود بالنسبة المئوية لمكونات المركب؟
- تحدد الصيغتين الأولية والجزيئية للمركب من خلال التركيب النسبي المئوي والكتل الحقيقية.

المفردات

- النسبة المئوية للمكونات
- الصيغة الأولية
- الصيغة الجزيئية

5-3 حسابات المعادلات الكيميائية

الفكرة الرئيسة تتطلب مسائل الحسابات الكيميائية كتابة معادلة موزونة، وتحدد كمية كل مادة متفاعلة موجودة عند بداية التفاعل الكيميائي كمية المواد الناتجة.

المفاهيم الرئيسة

- تُفَسر المعادلة الكيميائية الموزونة على أساس المولات والكتلة والجسيمات الممثلة (ذرات، جزيئات، أشكال).
- تطبق قانون بقاء الكتلة على التفاعلات الكيميائية.
- تشتق النسب المولية من معاملات المعادلة الكيميائية الموزونة. ترمز كل نسبة مولية إلى نسبة عدد مولات إحدى المواد المتفاعلة أو الناتجة لعدد مولات مادة أخرى متفاعلة أو ناتجة في التفاعل الكيميائي.
- تستخدم الحسابات الكيميائية لحساب كمية المواد المتفاعلة والناتجة عن تفاعل معين.
- تعد كتابة المعادلة الكيميائية الموزونة الخطوة الأولى في حل مسائل الحسابات الكيميائية.
- تستخدم النسب المولية المشتقة من المعادلة الكيميائية الموزونة في الحسابات الكيميائية.
- تستخدم النسب المولية في مسائل الحسابات الكيميائية للتحويل بين الكتلة وعدد المولات.

المفردات

- الحسابات الكيميائية
- النسبة المولية

5-1

68. ما المعلومات التي يمكنك الحصول عليها من صيغة كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4؟
69. ما عدد مولات كل من الصوديوم، والفوسفور، والأكسجين في صيغة فوسفات الصوديوم Na_3PO_4؟
70. لماذا يمكن استعمال الكتلة المولية بوصفها معامل تحويل؟
71. اكتب ثلاث معاملات تحويل تستعمل في التحويلات المولية.
72. أي المركبات الآتية يحتوي على العدد الأكبر من مولات الكربون لكل مول من المركب: حمض الأسكوربيك $C_6H_8O_6$، أم الجلسرين $C_3H_8O_3$، أم الفانيلين $C_8H_8O_3$؟ فسّر إجابتك.

إتقان حل المسائل

73. كم مولًا من الأكسجين في كل مركب مما يأتي:
   a. $2.5\ mol\ KMnO_4$
   b. $45.9\ mol\ CO_2$
   c. $1.25\times10^{-2}\ mol\ CuSO_4.5H_2O$
74. كم جزيء CCl_4، وكم ذرة C، وكم ذرة Cl، في $3\ mol$ من CCl_4؟ وما عدد الذرات الكلي؟
75. احسب الكتلة المولية لكل مركب مما يأتي:
   a. حمض النيتريك HNO_3
   b. أكسيد الخارصين ZnO
76. ما عدد مولات CH_3OH في $100g$ من CH_3OH؟
77. ما كتلة $1.25\times10^{2}\ mol$ من $Ca(OH)_2$؟
78. **الحفر على الزجاج** يستعمل حمض الهيدروفلوريك HF للحفر على الزجاج. ما كتلة 4.95×10^{25} جزيء من HF؟
79. احسب عدد الجزيئات في $47.0g$ من C_2H_5OH.
80. كم مولاً من الحديد يمكن استخراجه من $100.0kg$ من Fe_3O_4؟
81. **الطبخ**: يحتوي الخل المستعمل في الطبخ على 5٪ من حمض الخليك CH_3COOH. فكم جزيئًا من الحمض يوجد في $25.0g$ من الخل؟
82. احسب عدد ذرات الأكسجين في $25.0g$ من ثاني أكسيد الكربون.

5-2

83. ما المقصود بالنسبة المئوية لمكونات المركب؟
84. ما المعلومات التي يجب أن يحصل عليها الكيميائي لتحديد الصيغة الأولية لمركب مجهول؟
85. ما المعلومات التي يجب توافرها للكيميائي ليحدد الصيغة الجزيئية لمركب؟
86. ما الفرق بين الصيغة الأولية والصيغة الجزيئية؟ أعط أمثلة على ذلك.
87. متى تكون الصيغة الأولية هي الصيغة الجزيئية نفسها؟
88. هل كل العينات النقيّة لمركب معين لها نفس النسب المئوية بالكتلة؟ فسر إجابتك.

إتقان حل المسائل

89. الحديد يوجد ثلاثة مركبات طبيعية للحديد هي: البايريت FeS_2، والهيماتيت Fe_2O_3، والسيديرايت $FeCO_3$. أيها يحتوي على أعلى نسبة من الحديد؟
90. احسب النسبة المئوية بالكتلة لكل عنصر في المركبين الآتيين:
   a. السكروز $C_{12}H_{22}O_{11}$
   b. الماجنتيت Fe_3O_4
91. حدد الصيغة الأولية لكل مركب مما يأتي:
   a. الإيثلين C_2H_4
   b. حمض الأسكوربيك $C_6H_8O_6$
   c. النفثالين $C_{10}H_8$

179

تقويم الفصل

5-1

68. يحتوي مول واحد من مركب K_2CrO_4 على مولين من أيون K^+ ومول واحد من أيونات CrO_4^{2-}.
69. 3 mol Na و 1 mol P و 4 mol O
70. الكتلة المولية هي كتلة مول واحد من المركب، ويمكن استعمالها لتحويل مولات المركب إلى كتلة أو العكس.
71. 1 mol/ عدد الجرامات
   جسيمات $1\ mol/6.02\times10^{23}$
   $1\ mol$ / جسيمات 6.02×10^{23}
   عدد الجرامات / $1\ mol$
72. الفانيلين $C_8H_8O_3$

إتقان حل المسائل

73. a. $10\ mol$
   b. $91.8\ mol$
   c. $0.113\ mol$
74. 1.81×10^{24} جزيء من CCl_4، 1.81×10^{24} atomC، 7.24×10^{24} atomCl، عدد الذرات الكلي يساوي 9.05×10^{24}
75. a. $63.02\ g/mol$
   b. $81.39\ g/mol$
76. $3.12\ mol$
77. $9.26\times10^{2}\ g$
78. $1650\ g$
79. 6.14×10^{23} جزيء
80. $1296\ mol$
81. 1.25×10^{22} جزيء
82. 6.84×10^{23} atoms

5-2

83. هي نسبة وجود كل عنصر في المركب.
84. النسبة المئوية لمكونات المركب.
85. النسبة المئوية لمكونات المركب، والكتلة المولية.
86. الصيغة الأولية هي الصيغة التي تبين أصغر نسبة عددية صحيحة لمولات العناصر في المركب (CH)، أما الصيغة الجزيئية فتعطي العدد الفعلي للذرات من كل عنصر في جزيء واحد من المادة C_6H_6.
87. تكون نفسها عندما تكون الأرقام السفلى لكل عنصر هي نفسها، فمثلا Na_2O هي الصيغة الأولية والجزيئية للمركب.
88. نعم، فالنسبة المئوية بالكتلة لكل مادة نقية في كل عنصر هي حجم العينة الكلية نفسها.

إتقان حل المسائل

89. الهيماتيت
90. a. 42.10% C ، 6.480% H ، 51.42% O
   b. 72.360% F ، 27.64% O

91. a. CH_2
b. $C_3H_4O_3$
c. C_5H_4

92. $Ni(CN)_2$

5-3

إتقان المفاهيم

93. تُحدد النسب المولية بين المواد المتفاعلة والناتجة عن المعاملات في المعادلة الموزونة. لا يمكن تحديد هذه العلاقات إذا لم تكن المعادلة موزونة .

94. العلاقة بين الجسيمات وعدد المولات والكتلة لكل من المواد المتفاعلة والناتجة.

95. تسمح النسب المولية بتحويل عدد مولات مادة ما في المعادلة الكيميائية الموزونة لعدد مولات مادة أخرى في المعادلة نفسها.

96. عدد مولات A/ عدد مولات B

97. توضح المعاملات في المعادلة الكيميائية الموزونة عدد الجزيئات المشتركة في التفاعل، في حين توضح الأرقام على الجانب الأيمن من الصيغ الكيميائية عدد الذرات لكل نوع من العناصر الموجودة في المادة .

98. مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة.

99. $1mol\ (NH_4)_2Cr_2O_7 / 1\ mol\ N_2$ ومقلوبها
$1\ mol\ (NH_4)_2Cr_2O_7 / 1\ mol\ Cr_2O_3$ ومقلوبها
$1\ mol\ (NH_4)_2Cr_2O_7 / 4\ mol\ H_2O$ ومقلوبها

100. $2M_2N \rightarrow M_4 + N_2$
$1mol\ N_2 / 2\ mol\ M_2N$ ، $1\ mol\ N_2 / 1\ mol\ M_4$
$2\ mol\ M_2N / 1\ mol\ M_4$
$2\ mol\ M_2N / 1mol\ N_2$ ، $1\ mol\ M_4 / 1\ mol\ N_2$
$1\ mol\ M_4 / 2\ mol\ M_2N$.

101. اكتب معادلة كيميائية موزونة للتفاعل.

102. تُعطي المعادلة الموزونة العلاقة بين المواد المتفاعلة والناتجة. وتُستخدم المعاملات في المعادلة لكتابة النسب المولية التي تربط بين المواد المتفاعلة والناتجة.

103. تعتمد الحسابات الكيميائية على قانون بقاء المادة. تستخدم الحسابات لتحديد كتلة المواد المتفاعلة والناتجة. ويجب أن يكون مجموع كتل المواد المتفاعلة يساوي مجموع كتل المواد الناتجة ، محققًا قانون بقاء المادة.

104. الكتلة المولية هي عامل التحويل من عدد مولات لمادة مُعطاة إلى كتلة وبالعكس.

105. يجب أن تتوافر لديك المعادلة الكيميائية الموزونة وكمية مادة واحدة في التفاعل بالإضافة إلى المادة الناتجة التي تريد تحديدها.

106. a. $2H_2S_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)} + 2S_{(s)}$

b. يجب أن تظهر رسوم الطلبة لتكون ستة جزيئات ماء وست ذرات كبريت.

إتقان حل المسائل

107. $4\ atoms\ Al + 3$ جزيئات $O_2 \rightarrow 2$ وحدة صيغة Al_2O_3
$4\ mol\ Al + 3\ mol\ O_2 \rightarrow 2\ mol\ Al_2O_3$
$107.93\ g\ Al + 95.99g\ O_2 \rightarrow 203.92\ g\ Al_2O_3$

108. $SnO_2 \rightarrow$ وحدة صيغة $1 + 2\ atoms\ C$
$1\ atom\ Sn +$ جزيئين CO
$1\ mol\ SnO_2 + 2\ mol\ C \rightarrow 1\ mol\ Sn + 2\ mol\ CO$
$150.71\ g\ SnO_2 + 24.02\ g\ C \rightarrow 118.71\ g\ Sn + 56.02\ g\ CO$

92. ما الصيغة الأولية للمركب الذي يحتوي على 10.52g Ni، و4.38g C، و5.10g N؟

5-3
إتقان المفاهيم

93. لماذا يجب أن تكون المعادلة الكيميائية موزونة قبل أن تحدد النسب المولية؟

94. ما العلاقات التي تستطيع أن تحددها من المعادلة الكيميائية الموزونة؟

95. فسر لماذا تُعد النسب المولية أساس الحسابات الكيميائية؟

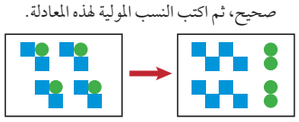
96. ما النسب المولية التي يمكن استخدامها لتحويل مولات المادة A إلى مولات المادة B؟

97. لماذا تستخدم المعاملات في النسب المولية بدلاً من الأرقام السفلية المصغرة الموجودة عن يمين الصيغة الكيميائية؟

98. فسر كيف (يساعدك) قانون بقاء الكتلة على تفسير معادلة كيميائية موزونة بالكتلة؟

99. تتحلل دايكرومات الأمونيوم عند التسخين وتنتج غاز النيتروجين وأكسيد الكروم III الصلب وبخار الماء.
$(NH_4)_2Cr_2O7 \rightarrow N_2 + Cr_2O_3 + 4H_2O$
اكتب النسب المولية لهذا التفاعل التي تربط دايكرومات الأمونيوم بالمواد الناتجة.

100. يمثل الشكل 10-5 معادلة، وتمثل المربعات العنصر M، كما تمثل الدوائر العنصر N. اكتب معادلة موزونة لتمثيل الصور الموضحة باستخدام أصغر نسبة لعدد صحيح، ثم اكتب النسب المولية لهذه المعادلة.



الشكل 10-5

101. ما الخطوة الأولى في جميع الحسابات الكيميائية؟

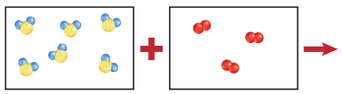
102. ما المعلومات التي تقدمها المعادلة الموزونة؟

103. ما القانون الذي ترتكز عليه الحسابات الكيميائية، وكيف تدعمه؟

104. كيف تستخدم النسب المولية الحسابات الكيميائية؟

105. ما المعلومات التي يجب أن تتوافر لك لتحسب كتلة المادة الناتجة عن التفاعل الكيميائي؟

106. يمثل كل صندوق في الشكل 11-5 محتويات دورق. يحتوي أحدهما على كبريتيد الهيدروجين، ويحتوي الآخر على الأكسجين، وعند مزجهما يحدث تفاعل وينتج بخار ماء وكبريت. تمثل الدوائر الحمراء في الشكل الأكسجين، في حين تمثل الدوائر الصفراء الكبريت، أما الدوائر الزرقاء فتمثل الهيدروجين.
a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.
b. مستخدمًا نفس الألوان نفسها، أعد رسم الورق بعد حدوث التفاعل.



الشكل 11-5

إتقان حل المسائل

107. فسر المعادلة الآتية من حيث الجسيمات الممثلة وعدد المولات والكتلة. $4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)}$

108. **الاستخلاص** تسمى عملية تسخين أكسيد القصدير IV مع الكربون استخلاص العنصر، حيث يتم فصل عنصر القصدير. $SnO_{2(s)} + 2C_{(s)} \rightarrow Sn_{(l)} + 2CO_{(g)}$
فسر المعادلة الكيميائية من حيث الجسيمات الممثلة وعدد المولات والكتلة.

109. تتكون نترات النحاس II وثاني أكسيد النيتروجين والماء عندما يضاف النحاس الصلب إلى حمض النتريك. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة، ثم اكتب ست نسب مولية للتفاعل.

5 التقويم

110. عندما يتفاعل محلول حمض الهيدروكلوريك مع محلول نترات الرصاص II، يترسب كلوريد الرصاص II وينتج محلول حمض النيتريك.

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة لهذا التفاعل.

b. فسّر المعادلة من حيث الجسيمات الممثلة وعدد المولات والكتلة.

111. عندما يُخلط الألومنيوم مع أكسيد الحديد III، ينتج فلز الحديد وأكسيد الألومنيوم، مع كمية كبيرة من الحرارة. فما النسبة المولية المستخدمة لتحديد عدد مولات الحديد إذا كان عدد مولات Fe_2O_3 معروفة؟

$Fe_2O_{3(s)} + 2Al_{(s)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + Al_2O_{3(s)} + heat$

112. يُسمى ثاني أكسيد السيليكون الصلب السليكا، وهو يتفاعل مع محلول حمض الهيدروفلوريك HF لينتج غاز رباعي فلوريد السيليكون و الماء.

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل.

b. عدّد ثلاث نسب مولية، وبيّن كيف تستخدمها في الحسابات الكيميائية.

113. الكروم أهم خام تجاري للكروم هو الكروميت $FeCr_2O_4$. ومن الخطوات المستخدمة في استخراج الكروم من خامه تفاعل الكروميت مع الفحم (الكربون) لإنتاج الفيروكروم $FeCr_2$.

$FeCr_2O_{4(s)} + 2C_{(s)} \rightarrow FeCr_{2(s)} + 2CO_{2(g)}$

ما النسبة المولية المستخدمة في تحويل مولات الكروميت إلى مولات الفيروكروم؟

114. تلوث الهواء تتم إزالة الملوث SO_2 من الهواء عن طريق تفاعله مع كربونات الكالسيوم والأكسجين، والمواد الناتجة من هذا التفاعل هي كبريتات الكالسيوم وثاني أكسيد الكربون. حدد النسبة المولية التي تستخدم في تحويل مولات SO_2 إلى مولات $CaSO_4$.

115. تتفاعل المادتان W و X لتنتجا Y و Z. والجدول 2-5 يوضح عدد مولات المواد المتفاعلة والناتجة التي تم الحصول عليها عند التفاعل. استخدم البيانات لتحدد معاملات العناصر التي تعطي معادلة موزونة.

$W + X \rightarrow Y + Z$

الجدول 2-5 بيانات التفاعل

عدد مولات المواد المتفاعلة		عدد مولات المواد الناتجة	
W	X	Y	Z
0.90	0.30	0.60	1.20

116. مضاد الحموضة يُعد هيدروكسيد الماغنيسيوم أحد مكونات أقراص مضاد الحموضة. إذ تتفاعل مضادات الحموضة مع حمض الهيدروكلوريك الفائض في المعدة للمساعدة على عملية الهضم.

$Mg(OH)_2 + __ HCl \rightarrow __ MgCl_2 + __ H_2O$

a. زن معادلة التفاعل بين هيدروكسيد الماغنيسيوم وحمض الهيدروكلوريك.

b. اكتب النسب المولية التي تستخدم في تحديد عدد مولات $MgCl_2$ الناتجة عن هذا التفاعل.

117. يمكن تحضير الإيثانول C_2H_5OH ويعرف بكحول الحبوب من تخمر السكر. والمعادلة الكيميائية غير الموزونة للتفاعل هي:

$___ C_6H_{12}O_6 \rightarrow ___ C_2H_5OH + ___ CO_2$

زن المعادلة الكيميائية، وحدد كتلة C_2H_5OH التي تتكون من 750g من السكر $C_6H_{12}O_6$.

118. اللحام إذا تفاعلت 5.50 mol من كربيد الكالسيوم مع كمية فائضة من الماء، فما عدد مولات غاز الأسيتلين (غاز يستخدم في اللحام) الناتج؟

$CaC_{2(s)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow Ca(OH)_{2(aq)} + C_2H_{2(g)}$

119. مضاد الحموضة عندما يذوب قرص مضاد للحموضة في الماء يصدر أزيزًا بسبب التفاعل بين كربونات الصوديوم الهيدروجينية $NaHCO_3$ وحمض الستريك $H_3C_6H_5O_7$ حسب المعادلات الآتية:

$3\,NaHCO_{3(aq)} + H_3C_6H_5O_{7(aq)} \rightarrow 3CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} + Na_3C_6H_5O_{7(aq)}$

ما عدد مولات $Na_3C_6H_5O_7$ الناتجة عند إذابة قرص واحد يحتوي على 0.0119 mol من $NaHCO_3$ ؟

$2\,mol\,HCl + 1\,mol\,Pb(NO_3)_2 \rightarrow 1\,mol\,PbCl_2 + 2\,mol\,HNO_3$

$72.9\,g\,HCl + 331.2\,g\,Pb(NO_3)_2 \rightarrow 278.1\,g\,PbCl_2 + 126.0\,g\,HNO$

.111 $2\,mol\,Fe / 1\,mol\,Fe_2O_3$

.112 a. $SiO_{2(s)} + 4HF_{(aq)} \rightarrow SiF_{4(g)} + 2H_2O_{(l)}$

b. يمكن للطالب أن يكتب أي (3) نسب من (12) نسبة على أن يصف الشرحُ الاستخدامَ الصحيح للنسبة بوصفها عامل تحويل.

.113 $1\,mol\,FeCr_2 / 1mol\,FeCr_2O_4$

.114 $2\,mol\,SO_2 / 2mol\,CaSO_4$

.115 $3W + X \rightarrow 2Y + 4Z$

.116 a. $Mg(OH)_2 + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + 2H_2O$

b. $1\,mol\,MgCl_2 / 1\,mol\,Mg(OH)_2$

$1\,mol\,MgCl_2 / 2\,mol\,HCl$

.117 $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$، $390\,g\,C_2H_5OH$

.118 $5.50\,mol\,C_2H_2$

.119 $0.0119\,mol\,Na_3C_6H_5O_7$

.109 $Cu_{(s)} + 4HNO_{3(aq)} \rightarrow Cu(NO_3)_{2(aq)} + 2NO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

$4mol\,HNO_3/1\,mol\,Cu$ ومقلوبها.

$1\,mol\,Cu(NO_3)_2/1mol\,Cu$ ومقلوبها.

$2\,mol\,NO_2/1\,mol\,Cu$ ومقلوبها.

$2mol\,H_2O/1\,mol\,Cu$ ومقلوبها.

$1\,mol\,Cu(NO_3)_2/4\,mol\,HNO_3$ ومقلوبها.

$2\,mol\,NO_2/4\,mol\,HNO_3$ ومقلوبها.

$2\,mol\,H_2O/4\,mol\,HNO_3$ ومقلوبها.

$2\,mol\,NO_2/1\,mol\,Cu(NO_3)_2$ ومقلوبها.

$2mol\,H_2O/1\,mol\,Cu(NO_3)_2$ ومقلوبها.

$2\,mol\,H_2O/2\,mol\,NO_2$ ومقلوبها

.110 $2HCl_{(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow PbCl_{2(s)} + 2\,HNO_{3(aq)}$

جزيئين من HCl + 1 وحدة صيغة من $Pb(NO_3)_2 \leftarrow$

جزيئين من HNO_3 +1 وحدة صيغة من $Pb\,Cl_2$

120. **الأسترة** تعرف العملية التي يتفاعل خلالها حمض عضوي مع الكحول لينتج أستر وماء بالأسترة. يتكون مركب إيثل بيوتانوات $C_3H_7COOC_2H_5$، وهو أستر، عندما يسخن كحول الإيثانول C_2H_5OH وحمض البيوتانويك C_3H_7COOH في وجود حمض الكبريتيك حسب المعادلة الآتية:

$$C_2H_5OH_{(l)} + C_3H_7COOH_{(l)} \rightarrow C_3H_7COOC_2H_{5(l)} + H_2O_{(l)}$$

حدد كتلة إيثل بيوتانوات التي نتجت عن استعمال 4.50 g من الإيثانول؟

121. **غاز الدفيئة** يُعد غاز ثاني أكسيد الكربون غاز دفيئة مرتبطًا مع ارتفاع درجات حرارة الغلاف الجوي للأرض. إذْ يُطلق الغاز إلى الهواء من خلال احتراق الأوكتان في الجازولين. اكتب المعادلة الموزونة لعملية احتراق الأوكتان، ثم احسب كتلة الأوكتان المطلوبة لإطلاق 5.00 mol من CO_2.

122. يتفاعل محلول كرومات البوتاسيوم مع محلول نترات الرصاص(II) لإنتاج راسب أصفر من كرومات الرصاص(II) ومحلول نترات البوتاسيوم.

a. اكتب المعادلة الكيميائية الموزونة للتفاعل.

b. حدد كتلة كرومات الرصاص(II) المتكونة من تفاعل 0.250 mol من كرومات البوتاسيوم.

123. **وقود الصاروخ** يستخدم التفاعل المولد للطاقة الحرارية بين سائل الهيدرازين N_2H_4 وسائل فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 وقودًا للصواريخ. والمواد الناتجة عن هذا التفاعل هي غاز النيتروجين والماء.

a. اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل.

b. ما مقدار الهيدرازين، بالجرام، المطلوب لإنتاج 10.0 mol من غاز النتروجين؟

124. الكلوروفورم $CHCl_3$ مذيب مهم ينتج عن تفاعل الميثان والكلور.

$$CH_{4(g)} + 3Cl_{2(g)} \rightarrow CHCl_{3(g)} + 3HCl_{(g)}$$

ما مقدار CH_4 بالجرامات اللازم لإنتاج 50 ,0 g من $CHCl_3$؟

125. **إنتاج الأكسجين** تستخدم وكالة الفضاء الروسية فوق أكسيد البوتاسيوم KO_2 لإنتاج الأكسجين في البدلات الفضائية. $4KO_2 + 2H_2O + 4CO_2 \rightarrow 4KHCO_3 + 3O_2$

أكمل **الجدول 3-5**.

الجدول 3 -5 بيانات إنتاج الأكسجين

كتلة KO_2	كتلة H_2O	كتلة CO_2	كتلة $KHCO_3$	كتلة O_2
				380g

126. **الجازولين** عبارة عن مزيج من الجازولين والإيثانول. زن المعادلة الآتية وحدد كتلة CO_2 الناتجة عن احتراق 100.0 g من الإيثانول. $C_2H_5OH_{(l)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(g)}$

127. **بطارية السيارة** تستخدم بطارية السيارة الرصاص وأكسيد الرصاص IV ومحلول حمض الكبريتيك لإنتاج التيار الكهربائي. والمواد الناتجة عن هذا التفاعل هي محلول كبريتات الرصاص II والماء.

a. اكتب المعادلة الموزونة للتفاعل.

b. حدد كتلة كبريتات الرصاص II الناتجة عن تفاعل 25.0g رصاص مع أكسيد الرصاص IV الفائض وحمض الكبريتيك.

128. يستخلص الذهب من الخام بوضع محلول سيانيد الصوديوم عليه، بالإضافة إلى وجود الأكسجين والماء.

$$4Au_{(s)} + 8NaCN_{(aq)} + O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \rightarrow 4NaAu(CN)_{2(aq)} + 4NaOH_{(aq)}$$

a. حدد كتلة الذهب المستخلص إذا استخدم 25.0 g من سيانيد الصوديوم.

b. إذا كانت كتلة الذهب الخام 150.0 g، فما النسبة المئوية للذهب في الخام؟

129. **الأفلام** تحتوي أفلام التصوير على بروميد الفضة مذابًا في الجيلاتين. وعند تعرّض هذه الأفلام للضوء يتحلل بعض بروميد الفضة منتجًا حبيبات صغيرة من الفضة. ويتم إزالة بروميد الفضة من الجزء الذي لم يتعرض للضوء بمعالجة الفيلم بثيوكبريتات الصوديوم لإنتاج محلول بثيوكبريتات الفضة والصوديوم

120. $523\ g\ C_3H_7COOC_2H_5$

121. $2C_8H_{18(l)} + 25O_{2(g)} \rightarrow 16CO_{2(g)} + 18H_2O_{(l)}$; $71.4\ g\ C_8H_{18}$

122. a. $K_2CrO_{4(aq)} + Pb(NO_3)_{2(aq)} \rightarrow PbCrO_{4(s)} + 2KNO_{3(aq)}$

b. $80.8\ g\ PbCrO_4$

123. a. $N_2H_{2(l)} + H_2O_{2(l)} \rightarrow N_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

b. $3.00 \times 10^2\ g\ N_2H_2$

124. $6.72\ g\ CH_4$

125. كتلة KO_2 = 1100 g

كتلة H_2O = 140 g

كتلة CO_2 = 7×10^2 g

كتلة $KHCO_3$ = 1600 g

126. $C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$

191.0g CO2

127. a. $Pb_{(s)} + PbO_{2(s)} + 2H_2SO_{4(aq)} \rightarrow 2PbSO_{4(aq)} + 2H_2O_{(l)}$

b. $73.2\ g\ PbSO_4$

128. a. 50.2g Au

b. نسبة الذهب في الخام 33.5%

129. $0.587\ g\ Na_2Ag(S_2O_3)_2$

$AgBr_{(s)} + 2Na_2S_2O_{3(aq)} \rightarrow Na_3Ag(S_2O_3)_{2(aq)} + NaBr_{(aq)}$

حدد كتلة $Na_3Ag(S_2O_3)_2$ الناتجة عن إزالة 0.275 g من AgBr.

مراجعة عامة

130. يتفاعل كبريتيد الأمونيوم مع نترات النحاس II من خلال تفاعل إحلال مزدوج. ما النسبة المولية المستخدمة لتحديد عدد مولات نترات الأمونيوم NH_4NO_3 المتكونة إذا عُلِمَ عدد مولات كبريتيد النحاس CuS II ؟

131. السماد يُتخذ المركب سيناميد الكالسيوم CaNCN مصدرًا لنيتروجين المحاصيل. وللحصول على هذا المركب، يتفاعل كربيد الكالسيوم مع النيتروجين عند درجة حرارة عالية.

$CaC_{2\,(s)} + N_{2(g)} \rightarrow CaNCN_{(s)} + C_{(s)}$

فما كتلة CaNCN الناتجة إذا تفاعلت 7.50 mol CaC_2 مع 5.00 mol N_2؟

132. عند تسخين أكسيد النحاس II مع غاز الهيدروجين ينتج عنصر النحاس والماء. فما كتلة النحاس الناتجة، إذا استخدم 32.0 g من أكسيد النحاس II؟

133. تلوث الهواء يتحول أكسيد النيتروجين الملوث والموجود في الهواء بسرعة إلى ثاني أكسيد النيتروجين عندما يتفاعل مع الأكسجين.

a. اكتب معادلة التفاعل ثم زنها.

b. ما النسبة المولية المستعملة في تحويل مولات أكسيد النيتروجين إلى مولات ثاني أكسيد النيتروجين؟

مسألة تحدٍّ

134. عند تسخين 9.59g من أكسيد الفانديوم مع الهيدروجين، ينتج الماء وأكسيد فانديوم آخر كتلته 8.76g. وعند تعريض أكسيد الفانديوم الثاني لحرارة إضافية بوجود الهيدروجين تتكون 5.38 g من الفانديوم الصلب.

a. حدد الصيغ الجزيئية المختصرة لكلا الأكسيدين.

b. اكتب المعادلة الموزونة لكل خطوة من خطوات التفاعل.

c. حدد كتلة الهيدروجين الضرورية لإكمال هذا التفاعل.

مراجعة تراكمية

135. اكتب التوزيع الإلكتروني للذرات الآتية:

a. الفلور **c.** الألومنيوم

b. التيتانيوم **d.** الرادون

136. اشرح لماذا توجد اللافلزات الغازية في صورة جزيئات ثنائية الذرة، مع أن العناصر الفلزية الأخرى موجودة في صورة ذرة واحدة فقط.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

137. تلوث الهواء ابحث في ملوثات الهواء الناتجة عن احتراق الجازولين في محرك السيارة، ناقش الملوثات الشائعة والتفاعل الذي ينتجها. موضحًا باستخدام الحسابات الكيميائية، كيف يمكن تخفيف نسبة كل ملوث إذا ازداد عدد الأشخاص الذين يستخدمون النقل الجماعي؟

مراجعة تراكمية

135. .a $[He]\ 2s^2\ 2p^5$

.b $[Ar]\ 4s^2\ 3d^2$

.c $[Ne]\ 3s^2\ 3p^1$

.d $[Xe]\ 6s^2\ 4f^{14}\ 5d^{10}\ 6p^6$

136. تصل جزيئات اللافلزات الغازية للتوزيع الإلكتروني للغاز النبيل بتكوين روابط تساهمية بين ذرتين أما الغازات الأحادية الذرة فلها التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل.

تقويم إضافي

الكتابة في الكيمياء

137. ستتنوع الإجابات. الملوثات الشائعة هي NO_2 و NO و SO_2 و O_3 . تحقق من الحسابات الكيميائية، وأنها تسبّب انخفاضًا في الملوِّثات.

مراجعة عامة

130. $2mol\ NH_4NO_3 / 1mol\ CuS$

131. $401\ g\ CaNCN$

132. $25.6\ g\ Cu$

133. .a $2NO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2NO_{2(g)}$

.b $2mol\ NO_2 / 2mol\ NO$

مسألة تحد

134. .a VO_2 و V_2O_5

.b $V_2O_5 + H_2 \rightarrow 2VO_2 + H_2O$

$VO_2 + 2H_2 \rightarrow V + 2H_2O$

.c $0.532\ g\ H_2$

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. d
2. a
3. b
4. b
5. d
6. c
7. b

أسئلة الإجابات القصيرة

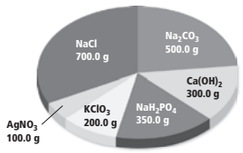
8. $27\ mol\ N_2$

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. تعتمد الحسابات الكيميائية على:
   a. النسب المولية الثابتة
   b. قانون بقاء الطاقة
   c. ثابت أفوجادرو
   d. قانون بقاء المادة

استعن بالرسم الآتي للإجابة عن الأسئلة من 2 إلى 5.



2. يحضر فلز الفضة الخالص باستخدام التفاعل الآتي:

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

ما كتلة فلز النحاس، بالجرامات، المطلوبة للتفاعل مع $AgNO_3$ جميعها؟
   a. 18.0g
   b. 37.3g
   c. 74 g
   d. 100.0 g

3. تعد عملية لِبلانك الطريقة التقليدية لتصنيع هيدروكسيد الصوديوم حسب المعادلة الآتية:

$$Na_2CO_{3(aq)} + Ca(OH)_{2(aq)} \rightarrow 2NaOH_{(aq)} + CaCO_3$$

ما الحد الأعلى لعدد المولات لِـ NaOH الناتجة باستخدام كميات المواد الكيميائية المتوافرة .
   a. 4.050 mol
   b. 8.097 mol
   c. 4.720 mol
   d. 9.430 mol

4. يتم تحضير مركب ثنائي الهيدروجين بيروفوسفات الصوديوم – $Na_2H_2P_2O_7$ –والمعروف بالاسم الشائع مسحوق الخبيز– بتسخين $Na_2H_2PO_4$ إلى درجة حرارة عالية حسب المعادلة الآتية:

$$2\ NaH_2PO_{4(s)} \rightarrow Na_2H_2P_2O_{7(s)} + H_2O_{(g)}$$

فإذا استعمل 444.0 g من $Na_2H_2P_2O_7$ ، فكم جرامًا من NaH_2PO_4 يلزم شراؤها لإنتاج كمية كافية من $Na_2H_2P_2O_7$؟
   a. 0.000 g
   b. 130.0 g
   c. 94.00 g
   d. 480.0 g

5. يتحلل أكسيد الزئبق الأحمر تحت تأثير الحرارة العالية ليكون فلز الزئبق وغاز الأكسجين حسب المعادلة الآتية:

$$2HgO(s) \rightarrow 2Hg(l) + O_2(g)$$

فإذا تحللت 3.55 mol HgO لتكوين 1.54 mol من O_2 و618 g من Hg، فما الناتج المئوي لهذا التفاعل؟
   a. 13.2%
   b. 56.6%
   c. 42.5%
   d. 86.8%

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن السؤالين 6 و7.

النسبة المئوية لمكونات أكاسيد النيتروجين

المركب	نسبة النيتروجين	نسبة الأكسجين
N_2O_4	30.4%	69.6%
N_2O_3	؟	؟
N_2O	63.6%	36.4%
N_2O_5	25.9%	74.1%

6. ما النسبة المئوية للنيتروجين في المركب N_2O_3؟
   a. 44.75%
   b. 46.7%
   c. 28.1%
   d. 36.8%

184

7. تحتوي عينة من أكسيد النيتروجين على 1.29 g من النيتروجين، و 3.71 g من الأكسجين. أي الصيغ الآتية يحتمل أن تمثل المركب؟

a. N_2O_4
b. N_2O_3
c. N_2O
d. N_2O_5

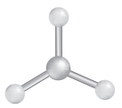
أسئلة الإجابات القصيرة

8. يشتعل $(CH_3)_2N_2H_2$ عند ملامسته لرابع أكسيد ثنائي النيتروجين N_2O_4.

$$(CH_3)_2N_2H_2(l) + 2N_2O_4(l) \rightarrow 3N_2(g) + 4H_2O(g) + 2CO_2(g)$$

ولأن هذا التفاعل ينتج كمية هائلة من الطاقة عن كمية قليلة من المواد المتفاعلة، فقد استعمل لنقل الصواريخ في رحلات أبولو للقمر. فإذا استهلك 18.0 mol من رابع أكسيد ثنائي النيتروجين في هذا التفاعل، فما عدد مولات غاز النيتروجين الناتجة؟

استخدم الأشكال الآتية في الإجابة عن الأسئلة من 9 إلى 13.

a.
b. 
c.
d.
e.

9. أي الأشكال أعلاه يمثل جزيء كبريتيد الهيدروجين؟

10. أي الأشكال يمثل جزيئات لها أربعة أزواج مرتبطة من الإلكترونات ولا تحتوي أي زوج من الإلكترونات غير المرتبطة؟

11. أي الأشكال يُعرف بالشكل الهرمي؟

12. أي الأشكال يمثل ثاني أكسيد الكربون؟

13. أي الأشكال يمثل جزيئًا فيه أفلاك مهجنة من نوع sp^2؟

أسئلة الإجابات المفتوحة

استخدم الجدول الآتي في الإجابة عن السؤالين 14 و 15.

طاقة التأين الأولى لعناصر الدورة الثالثة

العنصر	العدد الذري	طاقة التأين الأولى kJ/mol
الصوديوم	11	496
الماغنيسيوم	12	736
الألومنيوم	13	578
السيليكون	14	787
الفوسفور	15	1012
السيلينيوم	16	1000
الكلور	17	1251
الأرجون	18	1521

14. مثّل البيانات السابقة بيانيًا، وضع العدد الذري على المحور السيني.

15. لخص النمط العام لطاقة التأين، وكيف ترتبط طاقة التأين بإلكترونات تكافؤ العنصر؟

16. ما عدد مولات تيتانيت الكوبلت III Co_2TiO_4 الموجودة في 7.13 g من المركب؟

a. 2.39×10^{1} mol
b. 3.10×10^{-2} mol
c. 3.22×10^{1} mol
d. 4.17×10^{-2} mol
e. 2.28×10^{-2} mol

9. a

10. c

11. b

12. d

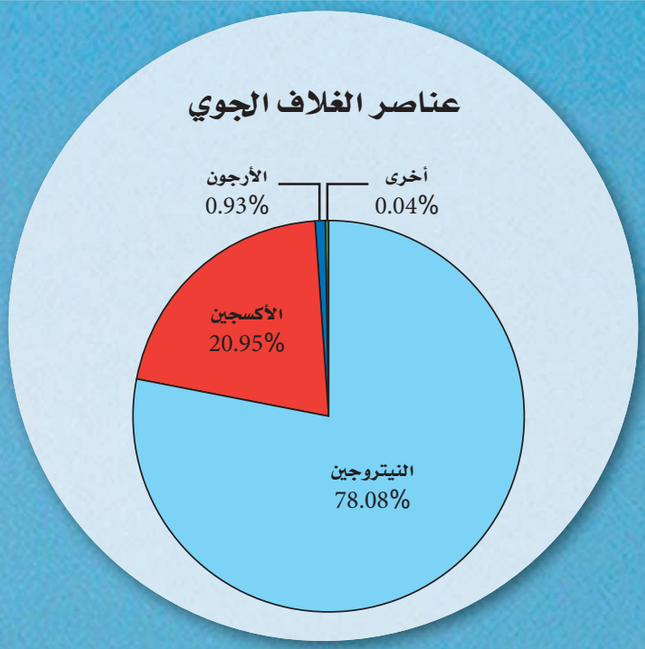
13. b

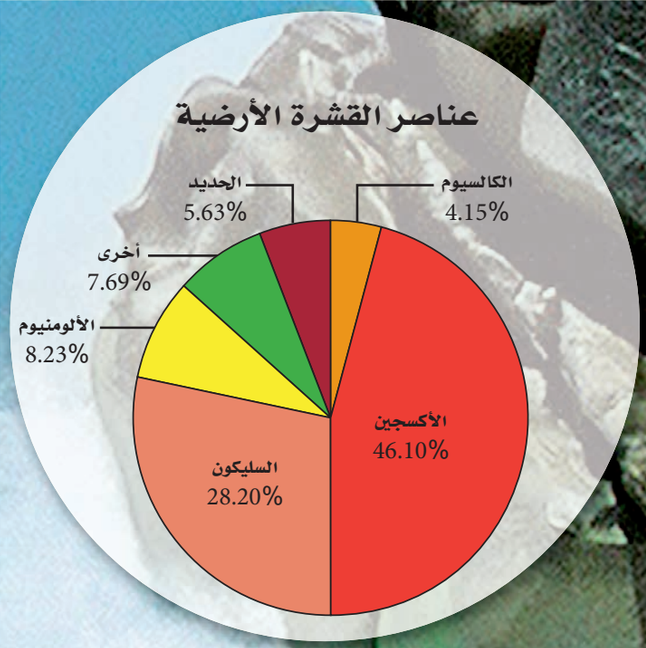
أسئلة الإجابات المفتوحة

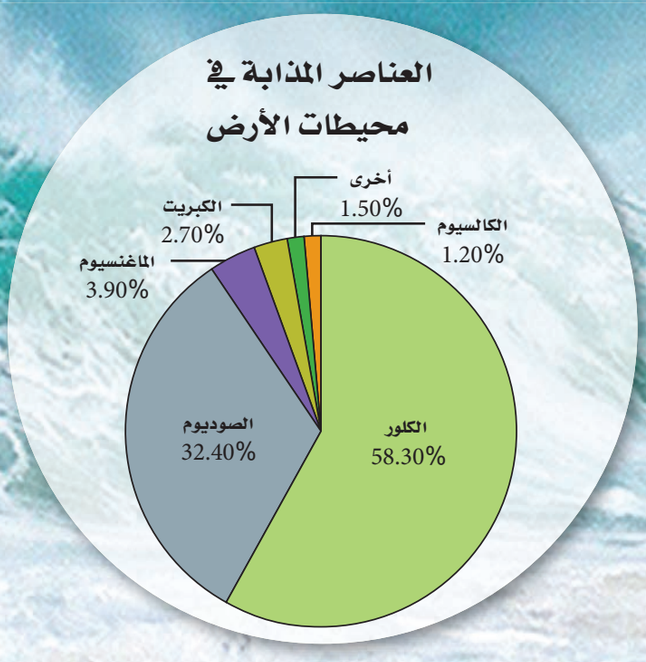
14. يجب أن تشكل البيانات علاقة خطية تقريبًا مع قليل من الحواف المتعرجة كما هو في الشكل 16–2 ص53.

15. يزداد التأين بالانتقال عبر الدورة (من اليسار إلى اليمين) أو من أسفل إلى أعلى في مجموعات الجدول الدوري. لعناصر السطر الأول فقط 1 أو 2 من إلكترونات التكافؤ وهي نسبيًا سهلة الفقد؛ لأن ذلك ينتج غلافًا خارجيًا مكتملاً. أما عناصر الجانب الأيمن من الجدول الدوري فلها طاقة تأين عالية؛ لأن الغلاف الخارجي لها ممتلئ تقريبًا، ممّا يجعلها أكثر قدرة على اكتساب عدد من الإلكترونات بدلاً من فقدانها.

16. b 3.10×10^{-2} mol


عناصر الغلاف الجوي
الأرجون
0.93%
أخرى
0.04%
الأكسجين
20.95%
النيتروجين
78.08%


عناصر القشرة الأرضية
الحديد
5.63%
الكالسيوم
4.15%
أخرى
7.69%
الألومنيوم
8.23%
الأكسجين
46.10%
السليكون
28.20%


العناصر المذابة في
محيطات الأرض
أخرى
1.50%
الكبريت
2.70%
الكالسيوم
1.20%
الماغنسيوم
3.90%
الصوديوم
32.40%
الكلور
58.30%

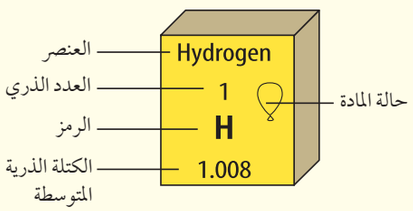
قائمة المحتويات

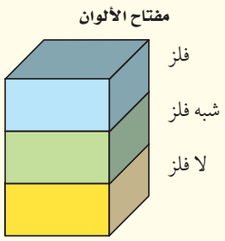
نظـرة عامـة إلـى الدليـل تم تقسيم هذا الدليل إلى 10 أجزاء: الهيدورجين والمجموعات 1، 2، 3، 12 ، 13 ، 14 ، 15 ، 16، 17 و 18. وسـوف تتعـرف فـي هذا الدليل الخواص الفيزيائيـة والذرية، والاختبارات التحليليـة. ستساعدك معلومات كل جزء على فهم العناصر بشكل أفضل.

الهيدروجيـن 189
المجموعـة 1: الفلـزات القلويـة..... 190
المجموعـة 2: الفلـزات القلويـة الأرضيـة..... 192
المجموعـة 12 –3: العناصـر الانتقاليـة..... 194
المجموعـة 13: مجموعـة البـورون..... 196
المجموعـة14: مجموعـة الكربـون..... 198
المجموعـة15: مجموعـة النيتروجيـن..... 200
المجموعـة16: مجموعـة الأكسجيـن 202
المجموعـة17: مجموعـة الهالوجينـات..... 204
المجموعـة18: مجموعـة الغـازات النبيلـة..... 206

كيف تستخدم هذا الدليل؟

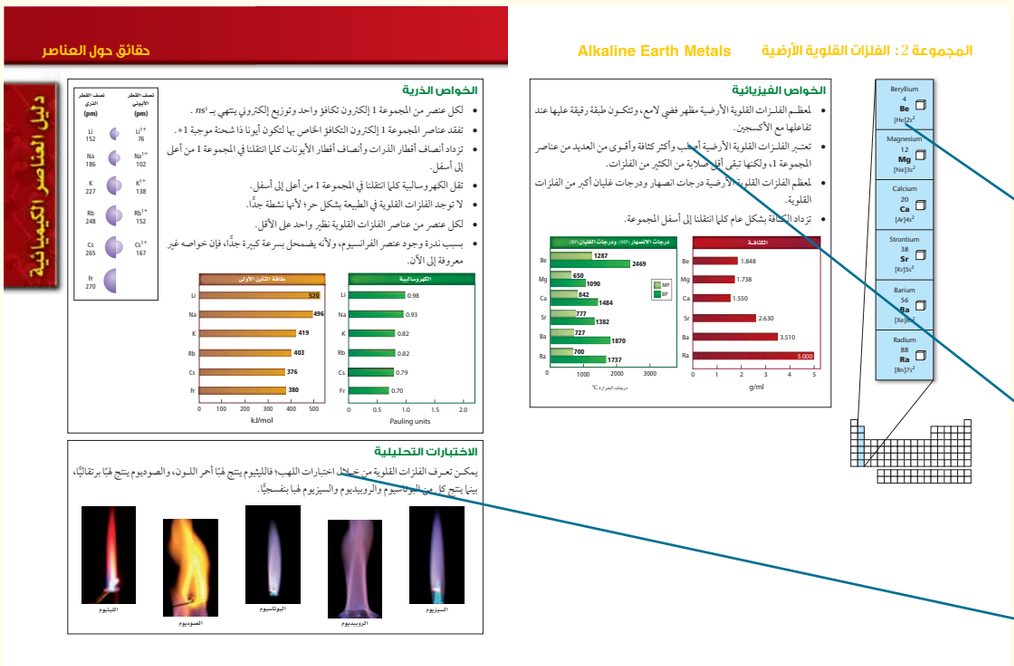
يتضمن كل صندوق العناصر في الجدول الدوري معلومات مفيدة، منها اسم العنصر، ورمزه، وعدده الذري، والكتلة الذرية المتوسطة له، ويحدد الصندوق كذلك في بداية كل جزء، حالة المادة في الظروف القياسية 25 °C و 1 atm، كما في المثال الآتي:





كيف تستخدم دليل العناصر الكيميائية؟

ستحتاج إلى معرفة المزيد من المعلومات في أثناء قراءتك لهذا الدليل، وهذه بعض الأدوات التي ستعينك على استكشاف هذه المعلومات.



تلاحظ موقع المجموعة في الجدول الدوري.

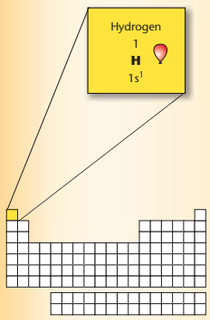
تستكشف الخواص الفيزيائية والذرية لعناصر المجموعة الواحدة.

تتعرف العناصر من خلال الاختبارات التحليلية.

الخواص الفيزيائية والذرية

نشاط اطلب إلى الطلبة رسم تركيب لويس النقطي لتوضيح كيفية فقد ذرة الهيدروجين إلكترونًا لتكوين أيون H^+ .

حقائق حول عنصر: الهيدروجين Hydrogen



الخواص الفيزيائية والذرية

- لغاز الهيدروجين H_2 كثافة أقل من الغازات الأخرى عند درجة حرارة وضغط ثابتين.
- يمكن أن يوجد الهيدروجين في الحالة الصلبة عند تعرضه للضغط الشديد كما هو في باطن كوكب المشتري.
- يوضع الهيدروجين في المجموعة الأولى من الجدول الدوري؛ لاحتوائه إلكترون تكافؤ واحد.
- يتشارك الهيدروجين مع فلزات المجموعة 1 في بعض الخواص، لذلك يفقد إلكترونًا واحدًا لتكوين أيون الهيدروجين الموجب H^+.
- يتشارك الهيدروجين في بعض الخواص أيضا مع عناصر المجموعة 17 اللافلزية، فهي تستطيع اكتساب إلكترون واحد لتكوين أيون الهيدروجين السالب H^-.
- للهيدروجين ثلاثة نظائر شائعة، هي: **البروتيوم** وهو الأكثر شيوعا، حيث يحتوي بروتونًا واحدًا وإلكترونًا واحدًا، ولكنه لا يحتوي نيوترونات. **والديوتيريوم**، الذي يدعى أيضا الهيدروجين الثقيل حيث يحتوي بروتونًا واحدًا ونيوترونًا واحدًا، ولكنه وإلكترونًا واحدًا. **والتريتيوم** والذي يعتبر عنصرًا مشعًّا نشطا يحتوي على نيوترونين وإلكترونًا واحدًا، وبروتونًا واحدًا.

الخواص الفيزيائية والذرية للهيدروجين	
درجة الانصهار	−259°C
درجة الغليان	−253°C
الكثافة	8.98×10^{-5}
نصف القطر الذري	78 pm
طاقة التأين الأولى	1312 kJ/mol
الكهروسالبية	2.2

الاختبارات التحليلية

يعد الرقم الهيدروجيني pH مقياسًا لدرجة تركيز أيونات الهيدروجين H^+ في محلول مائي، فإذا عبّرنا عن تركيز أيونات الهيدروجين بوحدة mol/l، فإن الرقم الهيدروجيني pH هو سالب لوغاريتم تركيز أيون الهيدروجين $-\log [H^+]$، فمثلا: إذا كان تركيز أيون الهيدروجين 1×10^{-2} mol/l، فيكون الرقم الهيدروجيني pH يساوي 2.

يمكن أن تكون المواد الكيميائية المستخدمة في تنظيف المنازل حمضية أو قلوية حسب تركيز أيونات الهيدروجين الموجبة، وكلما كان تركيزها أكبر كانت درجة الحموضة أقل.

الخواص الفيزيائية

خلفية علمية لأربع عناصر من هذه المجموعة – الصوديوم والبوتاسيوم والروبيديوم والسيزيوم– درجات انصهار أقل من درجات غليان الماء (100 °C)، فدرجة انصهار الروبيديوم 39 °C أكبر قليلًا من درجة حرارة جسم الإنسان الطبيعي 37 °C .

Lithium
3
Li
$[He]2s^1$

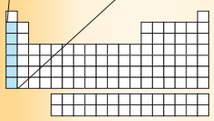
Sodium
11
Na
$[Ne]3s^1$

Potassium
19
K
$[Ar]4s^1$

Rubidium
37
Rb
$[Kr]5s^1$

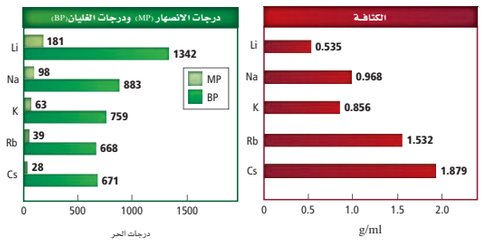
Cesium
55
Cs
$[Xe]6s^1$

Francium
87
Fr
$[Rn]7s^1$



الخواص الفيزيائية

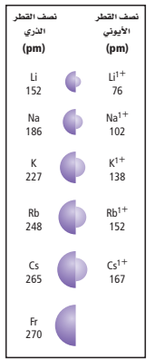
- للفلزات القلوية مظهر فضي لامع.
- تكون الفلزات القلوية الصلبة لينة لدرجة يمكن قطعها بالسكين.
- لمعظم الفلزات القلوية كثافة منخفضة مقارنة بالعناصر الصلبة التابعة للمجموعات الأخرى. للصوديوم والليثيوم والبوتاسيوم كثافة أقل من كثافة الماء.
- للفلزات القلوية درجات انصهار منخفضة، مقارنة بالفلزات الأخرى كالفضة والذهب.

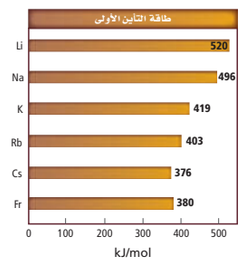


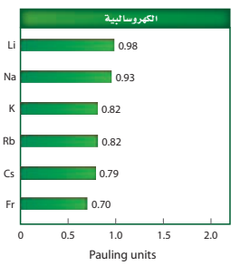
حقائق حول العناصر

الخواص الذرية

- لكل عنصر من المجموعة 1 إلكترون تكافؤ واحد وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ ns^1 .
- تفقد عناصر المجموعة 1 إلكترون التكافؤ الخاص بها لتكون أيونا ذا شحنة موجبة 1+.
- تزداد أنصاف أقطار الذرات وأنصاف أقطار الأيونات كلما انتقلنا في المجموعة 1 من أعلى إلى أسفل.
- تقل الكهروسالبية كلما انتقلنا في المجموعة 1 من أعلى إلى أسفل.
- لا توجد الفلزات القلوية في الطبيعة بشكل حر؛ لأنها نشطة جدًّا.
- لكل عنصر من عناصر الفلزات القلوية نظير واحد على الأقل.
- بسبب ندرة وجود عنصر الفرانسيوم، ولأنه يضمحل بسرعة كبيرة جدًّا، فإن خواصه غير معروفة إلى الآن.







الاختبارات التحليلية

يمكن تعرف الفلزات القلوية من خلال اختبارات اللهب؛ فالليثيوم ينتج لهبًا أحمر اللون، والصوديوم ينتج لهبًا برتقاليًّا، بينما ينتج كل من البوتاسيوم والروبيديوم والسيزيوم لهبا بنفسجيًّا.

الخواص الفيزيائية

نشاط تحذير ارتد القفازات عند التعامل مع الصوديوم لتجنب الحرق، وارتد معطف المختبر والنظارات الواقية.

املأ مخبارًا مدرجًا سعته 1L بكمية من الماء مقدارها 700 ml، ثم أضف ثلاث قطرات من كاشف الفينولفثالين ، وأضف 50ml من زيت معدني على سطح الماء. أَرِ الطلبة علبة حفظ الصوديوم، وأخبرهم بأنها يجب أن تحفظ داخل زيت معدني، اقطع جزءًا من الصوديوم وضعه في طبق زجاجي، ثم اقطع منه جزءًا صغيرًا كحجم حبة البازلاء، وضعها في المخبار المدرج، (يعمل الزيت المعدني على عدم تفاعل قطعة الصوديوم وفرقعتها خارج الوعاء، فالصوديوم سيتفاعل مع الماء تحت سطح الزيت المعدني). اسأل الطلبة عن سبب حفظ الصوديوم داخل الزيت المعدني؛ لمنع تفاعلها مع الماء. كرر العرض باستعمال البوتاسيوم والليثيوم.

التخلص من الفضلات: خفف المحاليل بالماء، ثم اسكبها في المغسلة، ثم اسكب عليها الماء.

اطلب إلى الطلبة مقارنة شدة تفاعل الفلزات الثلاثة، ثم اطلب إليهم التنبؤ بالخواص التفاعلية لمجموعة الفزات القلوية. K هو الأكثر تفاعلا، و Li الأقل تفاعلًا. تزداد التفاعلية من أعلى المجموعة في الجدول الدوري إلى أسفله. ض م

الاختبارات التحليلية

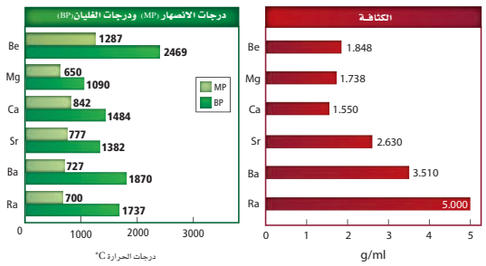
نشاط اطلب إلى الطلبة كتابة ثلاثة أو أربعة دلائل يمكن استعمالها في تحديد عنصر ما أو مجموعة من العناصر، يجب أن يكون الدليل الأول عامًّا، بينما تكون الأدلة التي تليه أكثر دقة، بحيث يضيق مجال الاختيار؛ ليصل إلى عنصر واحد. استعمل دلائل الطلبة لمراجعة خصائص الفلزات القلوية. ض م

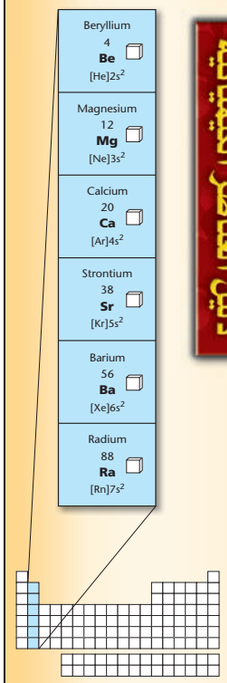
الخواص الفيزيائية

خلفية علمية تحتوي الفلزات القلوية الترابية على إلكترونين في مستوى الطاقة الخارجي، مما يسمح لها بالمشاركة في الرابطة الفلزية بشكل أقوى من عناصر المجموعة 1. تفقد عناصر مجموعة الفلزات القلوية الترابية إلكترونين في أثناء تفاعلها، (خلافًا لعناصر المجموعة 1، التي تفقد إلكترونًا واحدًا في أثناء تفاعلها)، مما يجعل قوى التجاذب أكبر بين الذرات، وهذا ما يجعلهم أكثر صلابة من عناصر المجموعة 1.

الخواص الفيزيائية

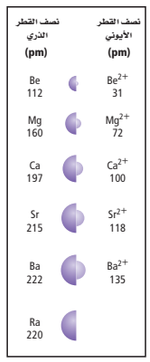
- لمعظم الفلزات القلوية الأرضية مظهر فضي لامع، وتتكون طبقة رقيقة عليها عند تفاعلها مع الأكسجين.
- تعتبر الفلزات القلوية الأرضية أصلب وأكثر كثافة وأقوى من العديد من عناصر المجموعة 1، ولكنها تبقى أقل صلابة من الكثير من الفلزات.
- لمعظم الفلزات القلوية الأرضية درجات انصهار ودرجات غليان أكبر من الفلزات القلوية.
- تزداد الكثافة بشكل عام كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.

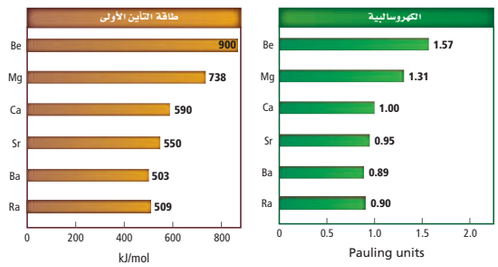




الخواص الذرية

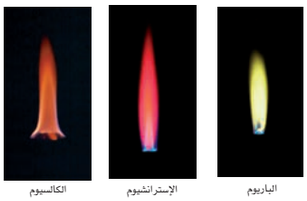
- لكل عنصر من المجموعة 2 إلكترونا تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ ns^2 .
- تفقد عناصر الفلزات القلوية الأرضية إلكتروني التكافؤ الخاصين بها لتكون أيونًا ذا شحنة ثنائية موجبة 2+.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني كلما انتقلنا في المجموعة 2 من أعلى إلى أسفل، ولكنها تبقى أصغر من أنصاف أقطار ذرات المجموعة 1 وأنصاف أقطار أيوناتها.
- تقل طاقة التأين والكهروسالبية كلما انتقلنا في المجموعة 2 من أعلى إلى أسفل، ولكنها تبقى أكبر من عناصر المجموعة 1.





الاختبارات التحليلية

يمكن تعرُّف ثلاثة من الفلزات القلوية الأرضية من خلال اختبارات اللهب؛ فالكالسيوم ينتج لهبًا قرمزي اللون أقرب إلى اللون البرتقالي ، بينما ينتج السترانشيوم لهبًا قرمزيًّا أقرب إلى اللون البنفسجي، أما الباريوم فينتج لهبًا أصفر مخضرًّا.



الخواص الذرية

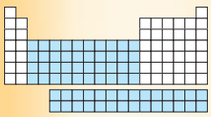
نشاط ضع طبقي بتري فوق جهاز العرض الرأسي، اسكب قليلًا من الماء في كل منهما، وأضف ثلاث قطرات من كاشف الفينولفثالين، ثم اعرض على الطلبة عينات من الماغنسيوم والكالسيوم، واطلب إليهم التنبؤ أي منهما سيكون أكثر تفاعلًا مع الماء. على الطلبة التنبؤ بأن الكالسيوم سيكون أكثر تفاعلا من الماغنسيوم؛ لأن شدة التفاعل تزداد كلما اتجهنا من أعلى إلى أسفل في المجموعة الواحدة، وتقل طاقة التأين. نظف سطح العينتين باستخدام ورق الصنفرة، ثم ضع الماغنسيوم في طبق بتري والكالسيوم في طبق بتري آخر، واطلب إليهم ملاحظة وتفسير ما شاهدوه، ثم اسألهم عن سبب استخدام الفينولفثالين في التجربة. يجب أن يلاحظ الطلبة أن الكالسيوم أكثر تفاعلًا من الماغنسيوم، الذي يتفاعل ببطء شديد جدًّا لايكاد يلاحظ؛ لأن الكالسيوم يقع أسفل المجموعة 1 في الجدول الدوري. وعلى الطلبة أيضًا التنبؤ بأن ناتج التفاعل سيكون هيدروكسيد الماغنسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم، وأن القواعد تحول الفينولفثالين إلى اللون الزهري.

الاختبارات التحليلية

خلفية علمية يمكن أن تتواجد الذرات إما في الحالة المستقرة أو في الحالة المثارة. فعند إجراء اختبار اللهب يعمل لهب بنزن على استثارة إلكترون التكافؤ في الذرات، وإجباره على القفز إلى مستوى طاقة أعلى، وعندما يعود الإلكترون إلى مستواه الطبيعي يطلق فوتونات تصدر ضوءًا مرئيًا له طول موجي ولون خاص به.

الخواص الفيزيائية

خلفية علمية تتشارك العناصر الفلزية الانتقالية في بعض الخصائص المتشابهة مثل الموصلية واللمعان والقابلية للطرق، إلا أن هناك بعض الاختلافات، فمثلًا، تعتبر الفضة أفضل موصل للكهرباء، ويستخدم الحديد والتيتانيوم في البناء نظرًا لصلابتهما، بينما يستخدم الفاناديوم والمنجنيز والتيتانيوم في صناعة سبائك الحديد.



الخواص الفيزيائية

- تشمل العناصر الانتقالية الرئيسة أربع سلاسل لعناصر أفلاك d، والتي تتراوح أعدادها الذرية بين (109 – 104)، (80 – 72)، (48 – 39)، (30 – 21). أما العناصر الانتقالية الداخلية فتشمل عناصر أفلاك f (وهي عناصر نادرة)، ضمن سلسلة اللانثانيدات، والتي تتراوح أعدادها الذرية بين (71 – 57)، وسلسلة الأكتنيدات التي تتراوح أعدادها الذرية بين (103 – 89)، وجميعها فلزات.
- تعد العناصر الانتقالية –كغيرها من الفلزات– جيدة التوصيل للكهرباء والحرارة، وهي قابلة للسحب، مما يعني أنه من الممكن سحبها على شكل أسلاك، وهي أيضا مرنة قابلة للطرق، مما يعني امكانية طرقها وسحبها على شكل صفائح.
- للعناصر الانتقالية عامة كثافة مرتفعة، ودرجات انصهار مرتفعة، وضغط بخاري منخفض. وتكون جميع العناصر الانتقالية صلبة عند درجة حرارة الغرفة ما عدا الزئبق، الذي يكون في الحالة السائلة.
- صلابة العناصر الانتقالية، وتوافرها بكثرة –ومنها الحديد– تجعلها تستخدم بوصفها مواد بناء.
- العديد من العناصر الانتقالية تعكس الضوء المرئي عند أطوال موجية محددة، مما يجعل بعض المركبات تظهر ملونة ولامعة.
- غالبا ما يكون للعناصر الانتقالية خواص مغناطيسية، مما يعني أنها تنجذب إلى مجال مغناطيسي قريب منها. وتعتبر العناصر الانتقالية الثلاثة (الحديد والكوبلت والنيكل) ذات خواص مغناطيسية حديدية، حيث يمكن لهذه العناصر تكوين مجالها المغناطيسي الخاص بها.

عند تعرض برادة الحديد إلى مغناطيس تصبح مغناطيسًا، وتنجذب إلى أي مغناطيس وينجذب بعضها إلى بعض.

الخواص الذرية

- للعناصر الانتقالية الرئيسة فلك d غير مكتمل.
- تتضمن العناصر الانتقالية الداخلية سلسلة اللانثانيدات وسلسلة الأكتنيدات، ولهذه العناصر أفلاك f غير مكتملة.
- يساعد التركيب الإلكتروني للعناصر الانتقالية على تعرّف خواصها الكيميائية؛ فكلما كان عدد الإلكترونات غير المرتبطة في الفلك d أكبر كان العنصر أكثر صلابة وكانت درجات الانصهار والغليان أعلى.
- تسبب الإلكترونات غير المرتبطة في أفلاك f و d الخواص المغناطيسية للعناصر الانتقالية.
- يساعد التركيب الإلكتروني العناصر الانتقالية على تكوين المركبات الملونة، وتستطيع المركبات التي تحتوي إلكترونات غير مرتبطة في الفلك d، امتصاص الضوء المرئي.
- يوجد اختلاف يسير بين العناصرَ الانتقالية في الحجم الذري، والكهروسالبية، وطاقة التأين، عند الانتقال في الدورة الواحدة من اليسار إلى اليمين.
- تستطيع العناصر الانتقالية تكوين أيونات من خلال أعداد تأكسد مختلفة.

أعداد تأكسد الدورة الأولى للعناصر الانتقالية

Sc				+3				
Ti		+1	+2	+3	+4			
V		+1	+2	+3	+4	+5		
Cr	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	
Mn	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
Fe	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	
Co	0	+1	+2	+3	+4	+5		
Ni		+1	+2	+3	+4			
Cu		+1	+2	+3				
Zn			+2					

الاختبارات التحليلية

لاحظ ألوان مركبات العناصر الانتقالية في الشكل المجاور، تمتص هذه العناصر أطوالًا موجية مختلفة من الضوء عند وضعها في المحاليل. يستخدم الطيف المرئي عملية امتصاص الضوء عند أطوال موجية محددة لقياس تركيز المركبات الملونة في المحلول. تستخدم هذه الطريقةُ في التحليل التفاعلَ الذي يحدث بين إلكترونات التكافؤ للعناصر الانتقالية، والضوء المرئي. ولأن الكثير من مركبات العناصر الانتقالية ذات ألوان، فيصبح في الإمكان استخدام هذه التقنية في تحليل العناصر الانتقالية.

لعناصر المركبات الانتقالية ألوان بسبب الامتلاء الجزئي للفلك d، وتستطيع الإلكترونات فيها امتصاص الضوء المرئي لأطوال موجية محددة، أما المركبات التي تحتوي فلكًا ممتلئًا أو فارغًا تمامًا من الإلكترونات فإنها لا تكون ألوانًا براقة.

الخواص الذرية

خلفية علمية يمكن تحديد الخواص الفيزيائية للفلزات الانتقالية من خلال التوزيع الإلكتروني، ومعظم عناصرها صلبة لها درجات انصهار وغليان مرتفعة. وتكمن الاختلافات بين خواص عناصر الفلزات الانتقالية إلى قدرة زوج الإلكترونات غير المترابط في المستوى الفرعي d على الانتقال إلى مستوى التكافؤ. وكلما ازداد عدد أزواج الإلكترونات غير المترابطة في المستوى الفرعي d، كلما كان العنصر أكثر صلابة وله درجات غليان وانصهار أعلى.

الاختبارات التحليلية

نشاط يمكن التمييز بين العناصر الانتقالية من خلال اللون، الذي يستخدم في تحديد حالة التأكسد لبعض العناصر الانتقالية.

أحضر أربعة كؤوس زجاجية وضع عنوانًا لكل منها على التوالي: 2+ ، 5+ ، 6+ ، 7+. والتي تمثل الحالات الأربع للأكسدة لعنصر المنجنيز. ضع 10 ml من محلول كبريتات المنجنيز ($1\ g\ MnSO_4$ في 50 ml ماء) في الكأس المعنون 2+، سيصبح لون المحلول زهريًّا فاتحًا. وضع 10 ml من محلول $MnSO_4$ في الكأس المعنون 5+ ، وأضف عليه 10 ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم ($25\ g\ NaOH$ في 25 ml ماء)، ثم حرك الكأس بشكل دائري حتى يصبح لون المحلول أزرق. وضع 10 ml من محلول برمنجنات البوتاسيوم ($0.1\ g\ KMnO_4$ في 100 ml ماء) في الكأس المعنون 6+. ثم أضف عليه 4 ml من محلول هيدروكسيد الصوديوم ($12\ g\ NaOH$ في 50 ml ماء) ثم أضف 4 ml من محلول كبريتيت الصوديوم ($1.0\ g\ Na_2SO_3$ في 50 ml ماء). سيتحول المحلول من اللون البنفسجي إلى الأخضر. وأخيرًا ضع 10 ml من $KMnO_4$ في الكأس المعنون 7+، يصبح المحلول بنفسجي اللون.

الخواص الفيزيائية

خلفيـة علمية من أهم خواص الفلـزات أن لها لمعانًا وبريقًا، حيـث يعتبـر الألومنيوم – وهو مـن عناصـر المجموعة 13 – مـن أكثر العناصـر لمعانًا فـي الجدول الدوري. ويعود سـبب لمعان الفلزات إلى حرية حركة إلكتروناتها حول النواة مقارنة بالعناصـر اللافلزية. تعكس الإلكترونات الحرة الحركة ضوءًا نراه بأعيننا لمعانًا وبريقًا.

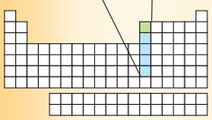
Boron
5
B
$[He]2s^2 2p^1$

Aluminum
13
Al
$[Ne]3s^2 3p^1$

Gallium
31
Ga
$[Ar]4s^2 3d^{10} 4p^1$

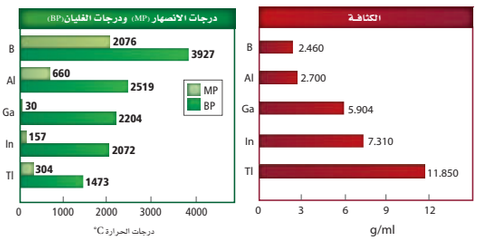
Indium
49
In
$[Kr]5s^2 4d^{10} 5p^1$

Thallium
81
Tl
$[Xe]6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^1$



الخواص الفيزيائية

- لمعظـم عناصر المجموعة 13 من الفلـزات مظهر فضي لامع ما عدا البورون الذي له لون أسود، والثاليوم ذو لون فضي غير لامع، ولكنه يتأكسد بسرعة.
- يعد البورون من أشباه الفلزات، بينما باقي عناصر المجموعة 13 من الفلزات.
- عناصر هذه المجموعة خفيفة الوزن نسبيًّا، وطرية، ما عدا البورون الذي يعتبر صلبًا جدًّا كالماس.
- تكـون عناصر المجموعة 13 صلبة عند درجة حرارة الغرفـة. وينصهر الجاليوم عند ارتفاع درجة حرارة الغرفة عن معدلها قليلًا.
- لعنـاصر المجموعـة 13 درجة غليان أعلى من درجة غليـان عناصر مجموعة الفلزات القلوية الأرضية، و درجتا غليان وانصهار أقل من عناصر مجموعة الكربون.



الخواص الذرية

خلفية علمية يشارك عنصر البورون في الرابطة التساهمية، ويمكن أن تتشكل بتراكيب هندسية كيميائية مختلفة. من هذه التراكيب الهندسية " عشرينية الوجوه"، وهي عبارة عن شكل هندسي صلب يتكون من مثلثات متساوية الأضلاع ذات عشرين وجهًا، مما يشكل 12 قمة تمثل كل منها موقع ذرات البورون، التي تقابل $B_{12}H_{12}$ ، وهناك شكل آخر معقد لعشرينية الوجوه يمكن أن تتشكل مع البورون حيث لا جميع القمم على البورون.

الاختبارات التحليلية

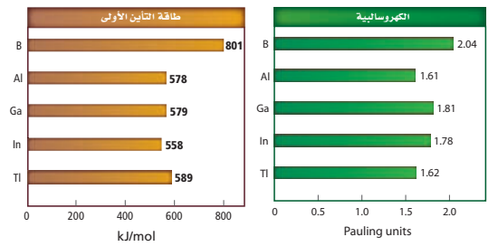
خلفية علمية تكون الألوان الناتجة عن اختبارات اللهب غير واضحة، وتكون النتائج غير مقنعة وغير حاسمة.

لذا يلجأ العلماء إلى استخدام الطيف الخطي للتوصل إلى نتائج أكثر دقة عند تعرف العناصر. يقسم الطيف الخطي إلى قسمين: طيف الانبعاث وطيف الامتصاص. فطيف الانبعاث عبارة عن مجموعة من ترددات الموجات الكهرو مغناطيسية المتحررة من ذرات العناصر. فكل عنصر له طيف فريد خاص به، يحتوي على عدة خطوط ملونة مرتبطة مع الإشعاع المنبعث من الذرات. وتمتص بعض العناصر ترددات الضوء نفسها تمامًا كالترددات التي تبعثها، مما ينتج طيف الامتصاص، حيث تظهر الترددات الممتصة كخطوط سوداء اللون.

الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 13 ثلاثة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2\,np^1$.
- تفقد عناصر المجموعة 13 – ما عدا البورون– إلكترونات تكافئها الثلاث لتكون أيونًا ذا شحنة ثلاثية موجبة 3+. ولبعض العناصر– ومنها (Ga , In , Tl)– القدرة على فقد إلكترون واحد فقط من إلكترونات تكافؤها لتكون أيونا ذو شحنة أحادية موجبة 1+ .
- يتشارك البورون فقط في الروابط التساهمية.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني لعناصر المجموعة 13 كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل، وحجوم عناصرها مشابهة لحجوم عناصر المجموعة 14.
- تقل طاقة التأين لعناصر المجموعة 13 كلما انتقلنا من أعلى إلى أسفل.

نصف القطر الذري (pm)		نصف القطر الأيوني (pm)
B 85		B^{3+} 20
Al 143		Al^{3+} 50
Ga 135		Ga^{3+} 62
In 167		In^{3+} 81
Tl 170		Tl^{3+} 95



الاختبارات التحليلية

نتائج اختبار اللهب	
العنصر	لون اللهب
البورون	وميض أخضر ساطع
الإنديوم	لون أزرق نيلي
الثاليوم	أخضر

معظم عناصر مجموعة البورون– ما عدا الألومنيوم، الذي يعد واحدًا من العناصر الأكثر وفرة في قشرة الأرض – نادرة ولا يمكن العثور عليها حرة في الطبيعة. ويمكن تعرُّف ثلاثة منها باختبارات اللهب، كما هو موضّح في الجدول. فينتج البورون اللون الأخضر الساطع ، في حين ينتج الإنديوم اللون الأزرق النيلي. وينتج الثاليوم اللون الأخضر. وتتضمن أكثر الأساليب دقة في تعرُّف العناصر تقنيات الطيف وتقنيات التصوير المتقدمة.

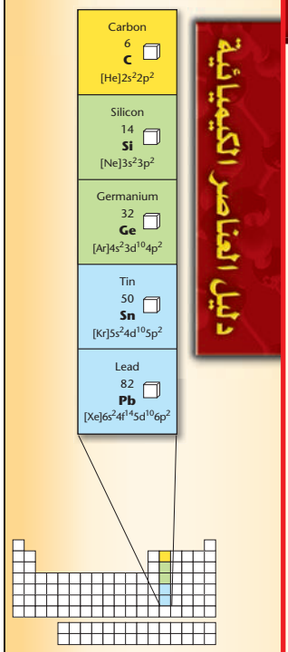
تمت تسمية عنصر الإنديوم بهذا الاسم بعد أن لاحظ العلماء اللون الأزرق النيلي في خطوط الطيف.

الخواص الفيزيائية

خلفية علمية لعنصر القصدير متآصلان: القصدير الأبيض والقصدير الرمادي.

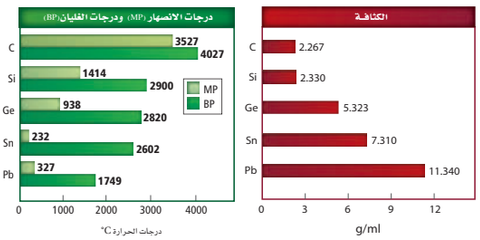
للقصدير الأبيض خواص فلزية، ويستخدم في أواني الخبز كطبقة رقيقة تغطي السطح الداخلي للعلب المعدنية. بينما ليس للقصدير الرمادي خواص فلزية، ولونه رمادي باهت، وهو مسحوق مجهول الاستخدامات.

يتحول القصدير الأبيض إلى قصدير رمادي ببطء ، إذا تعرض لدرجات حرارة أقل من 13 °C وهو ما يعرف بطاعون القصدير أو آفة القصدير.



الخواص الفيزيائية

- تزداد الخواص الفلزية لعناصر مجموعة الكربون كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة. فالكربون لافلز. بينما السيليكون والجرمانيوم أشباه فلزات. أما القصدير والرصاص ففلزات.
- يمكن أن يوجد الكربون على شكل مسحوق أسود ؛ أو مادة طرية، أو مادة صلبة زلقة رمادية اللون؛ أو مادة صلبة شفافة ؛ أو صلبة ذات لون برتقالي قريب إلى الاحمرار.
- يمكن للسيليكون أن يكون مسحوقًا بنيًا أو مادة صلبة رمادية لامعة.
- الجرمانيوم شبه فلز صلب ولامع ، رمادي أبيض يمكن أن يكسر بسهولة.
- للقصدير أيضا شكلان؛ فهو يوجد على شكل فلز صلب فضي اللون مائل إلى اللون الأبيض ، كما يوجد أيضًا على شكل فلز صلب رمادي لامع. وكلاهما قابل للطرق والسحب والتشكيل.
- الرصاص مادة فلزية لامعة رمادية، لينة ، قابلة للطرق والسحب.
- تقل درجات الانصهار والغليان ، وتزداد الكثافة كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة .



الخواص الذرية

خلفية علمية قد يواجه الطلبة بعض الصعوبة في فهم سبب احتواء بعض المجموعات من الجدول الدوري فلزات وأشباه الفلزات ولافلزات.

راجع معهم طاقات التأين ونصف القطر الذري، وأشر إلى العلاقة التبادلية بين الخواص الدورية للعناصر وازدياد الخواص الفلزية لها، فكلما قلت طاقة التأين وازداد نصف القطر الذري زادت قدرة الذرات على فقد الإلكترونات وتعتبر فلزات. راجع معهم أيضًا الألفة الإلكترونية، وذكرهم بأنه كلما زادت الألفة الإلكترونية زادت قدرة الذرات على كسب إلكترونات، وتعتبر لافلزات.

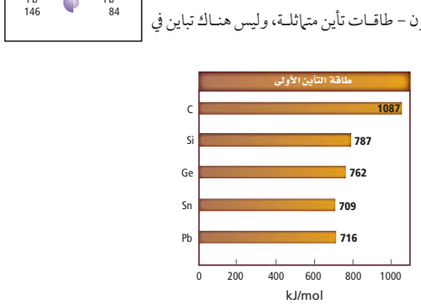
الاختبارات التحليلية

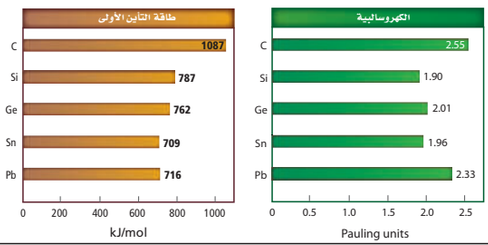
نشاط وضح تفاعل الترسيب الواضح في الشكل.

ضع 10 ml من محلول يوديد البوتاسيوم تركيزه 1M في كأس زجاجي سعته 100 ml، ثم أضف 10 ml من نترات الرصاص تركيزه 1M إلى الكأس. سيتكون راسب أصفر اللون.

الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 14 أربعة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2\,np^2$.
- تشارك عناصر مجموعة الكربون في الروابط التساهمية بعدد تأكسد 4+. ويمكن للقصدير والرصاص أيضا أن يكون لهما عدد تأكسد 2+. و للكربون والسيليكون في بعض المركبات عدد تأكسد 4−
- يوجد كل من الكربون والسيليكون والقصدير بأشكال بلورية مختلفة.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة، ولكنها تتشابه مع أنصاف أقطار عناصر المجموعة 13.
- لعناصر المجموعة 14 – ما عدا الكربون – طاقات تأين متماثلة، وليس هناك تباين في الكهروسالبية لهذه العناصر.





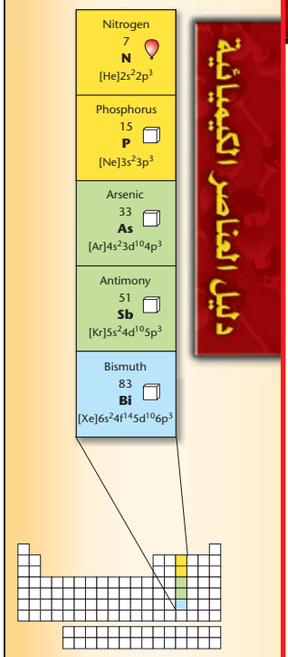
الاختبارات التحليلية

لا يمكن تعرُّف عناصر المجموعة 14، من خلال اختبارات اللهب؛ لأن هذه العناصر ترتبط مع غيرها من خلال الروابط التساهمية، ما عدا الرصاص الذي ينتج ضوءًا أزرق اللون. ويمكن تعرُّف على عناصر مجموعة الكربون من خلال تحليل خواصها الفيزيائية، ومنها درجة الانصهار ودرجة الغليان والكثافة، و من خلال طيف الانبعاث، أو من خلال تفاعلها مع غيرها من المواد الكيميائية، فمثلا: يكوّن الرصاص والقصدير رواسب عند إضافتهما إلى محاليل محددة.

عند إضافة نترات الرصاص إلى يوديد البوتاسيوم ينتج راسب أصفر من يوديد الرصاص.

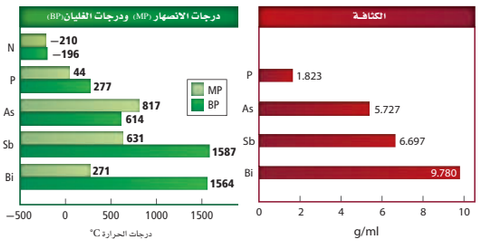
الخواص الفيزيائية

نشاط اطلب إلى الطلبة حساب كتلة كأس زجاجي صغير، ثم ضع فيه كرة العث (النفثالين) واحسب كتلتهما. يجب على الطلبة حساب كتلة النفثالين في نهاية الدرس، وتكرار حساب الكتلة في بداية ونهاية كل درس وحتى ثلاث إلى أربعة أيام، وتسجيل بياناتهم وملاحظاتهم. يجب أن يلاحظ الطلبة أن كرة العث تفقد من كتلتها، ولكنها لا تتحول إلى سائل. اطلب إلى الطلبة إعطاء أمثلة أخرى على التسامي. قد يفكر الطلبة في الجليد الجاف أو مكعبات الثلج في مجمد الثلاجة. ض م



الخواص الفيزيائية

- تزداد الخواص الفلزية – تمامًا كعناصر المجموعة 14– كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة، فالنيتروجين والفوسفور لافلزات. بينما الزرنيخ والأنتيمون أشباه فلزات. أما البيسموث فهو فلز.
- تختلف أشكال عناصر مجموعة النيتروجين تمامًا كعناصر المجموعة 14.
- يكون النيتروجين على شكل غاز عديم اللون والرائحة .
- يوجد الفوسفور على ثلاثة أشكال بلورية جميعها صلب، وتكون هذه الأشكال بيضاء أو حمراء أو سوداء.
- يكون الزرنيخ صلبًا ولامعًا ولونه رمادي مائل إلى اللون الأبيض وهش. ويمكن أن يصبح صلبًا ذا لون أصفر باهت، تحت ظروف محددة. ويتسامى الزرنيخ عند تسخينه.
- الأنتيمون صلب، فضي– رمادي اللون، لامع، هش.
- البزموث صلب ذو لون رمادي لامع أقرب إلى اللون الوردي. وهو أقل الفلزات في الجدول الدوري توصيله للكهرباء، وهو أيضا هش.
- تزداد درجات غليان العناصر، وتزداد الكثافة أيضا كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة 15.



الخواص الذرية

نشاط اطلب إلى الطلبة اختبار ضعف النفاذية المغناطيسية من خلال ربط خيط رفيع حول عود تنظيف الأسنان، ثم ربط هذا العود بطريقة تجعله معلقًا في الهواء وبعيدًا عن المواد الفلزية (ضع مسطرة مترية بين مقعدين واربط الخيط في منتصفه)، ثم أعط الطلبة مجموعة من الخضار والفاكهة. **تحذير**: ذكر الطلبة بضرورة عدم تناول أي شيء في المختبر. اطلب إليهم وضع الخضار والفاكهة واحدة بعد الأخرى فوق العود وتقريب مغناطيس إليه دون لمسه، ثم اطلب إليهم ملاحظة النتائج وتسجيلها ثم تفسيرها. اطلب إليهم تذكر ما إذا كان هناك نمط تكراري في أثناء النشاط. يجب على الطلبة مشاهدة أن الطعام الذي يحتوي على نسبة ماء عالية سيتحرك بعيدًا عن المغناطيس، بغض النظر عن قطب المغناطيس المستخدم، بسبب ضعف نفاذية الماء المغناطيسية.

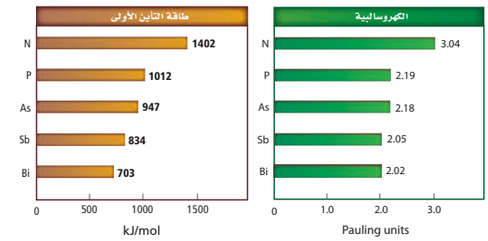
الاختبارات التحليلية

خلفية علمية يعاد ترتيب العناصر في أثناء التفاعلات الكيميائية لتكوين مواد ناتجة تختلف في صفاتها عن المواد المتفاعلة الأصلية. ولأن التغير يحدث على مستوى الذرات، فإنه من الصعب أحيانًا تحديد ما إذا حدث تفاعل كيميائي أم لا. هناك على الأقل خمسة مؤشرات تدل العلماء على حدوث التفاعل منها: تصاعد الغاز (في كثير من الأحيان تتم عن طريق الفقاعات)، أوتحرير الطاقة الحرارية أو امتصاصها، تغير اللون، أو تكون رواسب. وكذلك الروائح.

الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 15 خمسة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2\,np^3$.
- النيتروجين ضعيف النفاذية المغناطيسية، مما يعني أنه لا ينجذب للمجال المغناطيسي. وهذا يدل على أن إلكتروناته جميعها مرتبطة.
- للنيتروجين عدد تأكسد يتراوح من 3− إلى 5+
- للفوسفور والزرنيخ والأنتيمون أعداد تأكسد 3− و 3+ و 5+ .
- للبيزموث أعداد تأكسد 3+ و 5+.
- تقل طاقات التأين الأولى والكهروسالبية، ويزداد نصف القطر الذري كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.

	نصف القطر الأيوني (pm)	نصف القطر الذري (pm)
N	N^{3-} 146	75
P	P^{3-} 212	110
As	As^{3-} 222	120
Sb	Sb^{5+} 62	140
Bi	Bi^{5+} 74	150



الاختبارات التحليلية

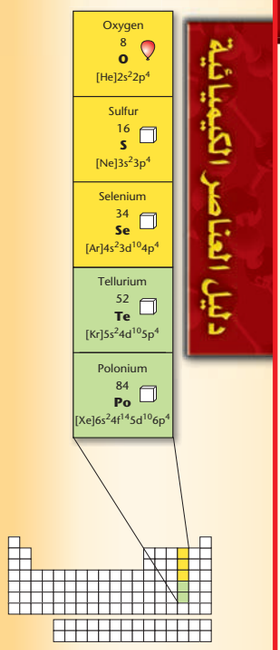
لا يمكن تعرُّف عناصر المجموعة 15 من خلال اختبارات اللهب؛ لأن معظم هذه العناصر لا فلزية وترتبط بغيرها من خلال الروابط التساهمية، ما عدا الأنتيمون الذي يصدر ضوءًا أخضر خافتًا أو أزرق عند تعريضه للهب، والبيزموث الذي يصدر ضوءًا أزرق مائلًا إلى البنفسجي.

يمكن تعرُّف عناصر مجموعة النيتروجين من خلال تحليل خواصها الفيزيائية، ومنها درجة الانصهارودرجة الغليان والكثافة، ومن خلال طيف الانبعاث، أو من خلال تفاعلها مع غيرها من المواد الكيميائية، فمثلا: يتكون راسب من أيونات البيزموث عند إضافة البيزموث إلى هيدروكسيد القصدير وهيدروكسيد الصوديوم. و يمكن تعرُّف مركبات الأمونيوم التي تحتوي على النيتروجين من خلال الرائحة المميزة التي تصدر عند إضافتها إلى هيدروكسيد الصوديوم، ومن خلال تغير اللون الحاصل لورقة تباع الشمس الحمراء الموضوعة على فوهة أنبوب الاختبار.

الخواص الفيزيائية

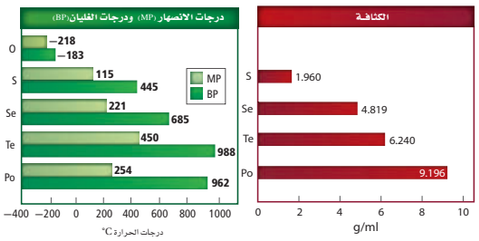
نشاط سيلاحظ الطلبة الشكل المعيني للكبريت وتحولاته إلى الشكل غير المتبلور، الذي يسمى الكبريت البلاستيكي.

استخدم قطعة من الكبريت معيني الشكل لتعزيز خصائص اللافلزات بشكل بصري، ثم قم بتغطيتها بقطعة من القماش واكسرها إلى قطع صغيرة بالمطرقة؛ لأن الكبريت معيني الشكل؛ هش، على شكل مسحوق، وغير قابل للطرق. استخدم جهاز فحص الموصلية الكهربائية لإثبات أن الكبريت غير موصل للتيار الكهربائي. املأ كأسا زجاجية سعتها 250 ml إلى منتصفها بالماء المقطر، واملأ أنبوب اختبار إلى منتصفه بالكبريت، سخن الكبريت حتى يبدأ الغليان ويتحول إلى اللون الغامق، اسكب الكبريت الساخن في كأس الماء. **تحذير**: يمكن لأبخرة الكبريت أن تشتعل. أخرج قطعة الكبريت غير المتبلورة من الماء بعد أن تبرد باستخدام ملعقة. تتضمن الخواص الفيزيائية للكبريت المعيني الشكل: اللون الأصفر، الصلابة، الهشاشة، انخفاض درجات الانصهار، وعدم الموصيلة الكهربائية. بينما يكون الكبريت غير المتبلور أسود اللون أو أحمر غامق، مطاطًا ومرنًا، ولكنه يتحول مرة أخرى ببطء إلى الشكل المعيني. اسأل الطلبة ما التآصل؟ التآصل وجود شكلين أو أكثر لعنصر ما في الحالة الفيزيائية نفسها ولكنها تختلف في التركيب الجزيئي. ض م



الخواص الفيزيائية

- في درجة حرارة الغرفة يكون الأكسجين غازًا نقيًّا، عديم الرائحة، بينما يكون باقي عناصر المجموعة 16 مواد صلبة.
- لبعض عناصر المجموعة 16 أشكال بلورية عديدة شائعة. فيمكن أن يوجد الأكسجين على شكل O_2 أو O_3 (الأوزون). وللكبريت أيضًا الكثير من الأشكال البلورية. أما السيلينيوم فله ثلاثة أشكال بلورية شائعة: رمادي غير متبلور، وبلوري أحمر، أو على شكل مسحوق ذي لون أحمر مائل إلى الأسود.
- يعتبر كل من الأكسجين والكبريت والسيلينيوم لافلزات، بينما التيرونيوم والبولونيوم أشباه فلزات.
- للأكسجين خواص مغناطيسية، وهذا يعني أنه يمكن لمغناطيس قوي أن يجذب جزيئات الأكسجين.
- تزداد درجات الغليان والانصهار لعناصر المجموعة 16 ما عدا البولونيوم مع زيادة العدد الذري. وتزداد الكثافة لجميع عناصر المجموعة 16 بزيادة العدد الذري لها.



الخواص الذرية

نشاط اطلب إلى الطلبة البحث حول متآصلات عنصري السيلينيوم و التيلوريوم، ثم تلخيص ما وجدوه في فقرة واحدة أو فقرتين. ض م

الاختبارات التحليلية

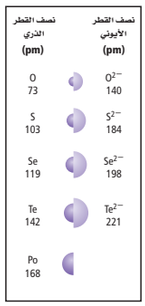
نشاط سينتج الطلبة الأكسجين، ثم يقومون بفحص وجود الأكسجين باستخدام عود من الخشب المشتعل. يجب على الطلبة ارتداء النظارات الواقية عند التعامل مع فوق أكسيد الهيدروجين.

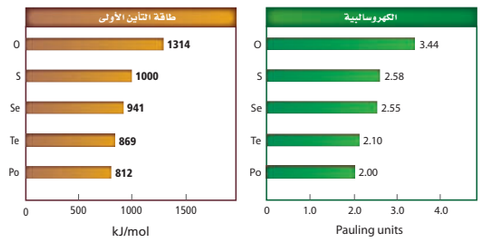
أضف 200 ml من 3% فوق أكسيد الهيدروجين إلى دورق زجاجي سعته 250 ml ، ثم أضف 1 ml من الخميرة الجافة، ستلاحظ ظهور فقاعات من الخليط. اترك التفاعل يجري لعدة دقائق للتخلص من الهواء الموجود في الدورق، ثم ضع قطعة الخشب المشتعلة فوق السائل الموجود في الدورق مباشرة، فبوجود الأكسجين ستشتعل القطعة الخشبية ويظهر اللهب. اسكب محتويات الدورق في المغسلة واسكب عليها الماء أو تخلص من المواد في سلة المهملات. اطلب إلى الطلبة كتابة معادلة كيميائية موزونة لعملية تكسر الروابط في فوق أكسيد الهيدروجين. $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$

اسأل الطلبة: ما دور الخميرة في هذا التفاعل؟ تعد الخميرة إنزيمًا محفزًا يسرع من معدل التفاعل. ض م

الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 16 ستة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2\ np^4$.
- يمكن لعناصر المجموعة 16 أن يكون لها أعداد تأكسد مختلفة، فمثلا للأكسجين أعداد تأكسد 2− و 1− ، وللكبريت أعداد تأكسد 6+ و 4+ و 2+.
- تقل طاقات التأين الأولى والكهروسالبية، كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.
- للبولونيوم 27 نظيرًا معروفًا، وجميعها نظائر مشعة.





الاختبارات التحليلية

يمكن قياس نسبة وجود الأكسجين بطرائق عدة، وفي بيئات مختلفة، فمثلا، يمكن لجهاز قياس ذائبية الأكسجين أن يقيس نسبة الأكسجين المذاب في عينة من الماء، حيث يستخدم هذا الجهاز التفاعلات الكهروكيميائية التي تعمل على تحويل جزيئات الأكسجين إلى أيونات الهيدروكسيد. ويقيس هذا الجهاز التيار الكهربائي الناتج خلال هذا التفاعل، فكلما كان تركيز الأكسجين أكبر كان التيار أكبر.

فحص ذائبية الأكسجين جزء من مراقبة جودة الماء.

الخواص الفيزيائية

خلفية علمية جاء اسم الفلور من الكلمة اللاتينية fluere والتي تعني التدفق.

يستخدم معدن الفلورايت – الذي يحتوي على الفلور والكالسيوم – في خفض درجات انصهار المعادن الأخرى لجعلها سهلة الفصل من خاماتها.

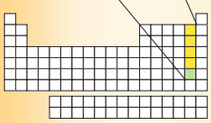
Fluorine
9
F
$[He]2s^2 2p^5$

Chlorine
17
Cl
$[Ne]3s^2 3p^5$

Bromine
35
Br
$[Ar]4s^2 3d^{10} 4p^5$

Iodine
53
I
$[Kr]5s^2 4d^{10} 5p^5$

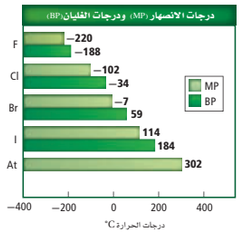
Astatine
85
At
$[Xe]6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^5$



الخواص الفيزيائية

- عند درجة حرارة الغرفة يكون الفلور والكلور في الحالة الغازية. ويكون البروم – بالإضافة إلى الزئبق – سائلًا. أما اليود فهو مادة صلبة يتسامى بسهولة.
- الفلور غاز أصفر باهت. والكلور غاز أصفر مائل إلى اللون الأخضر. أما البروم فهو سائل أحمر مائل إلى البني. بينما اليود صلب لونه أزرق غامق.
- تزداد درجة غليان ودرجة انصهار عناصر المجموعة 17 بزيادة العدد الذري.

عند درجة حرارة الغرفة، يتسامى اليود وتظهر بلوراته بلون أزرق غامق، وتتصاعد أبخرة بنفسجية.



الخواص الذرية

خلفية علمية سميت عناصر المجموعة 17 تبعا لقدرتها على تكوين مركبات مع معظم الفلزات، ولأن هذه المركبات تدعى أملاحًا فإن عناصر المجموعة 17 تدعى مكونات الأملاح أو الهالوجينات، وهي مواد لافلزية نشطة كيميائيًّا وتوجد مرتبطة مع عناصر أخرى في الطبيعة. يعد الفلور الذي عدده الذري أقل ضمن عناصر من الهالوجينات، ويوفر حجمه الذري حاجزًا صغيرًا بين إلكترونات التكافؤ والنواة. ويعد الفلور أيضًا أعلى عناصر الجدول الدوري كهروسالبية، مما يعني أن له قدرة كبيرة على جذب الإلكترونات، وهذا يعني أن الفلور أكثر العناصر نشاطًا.

الاختبارات التحليلية

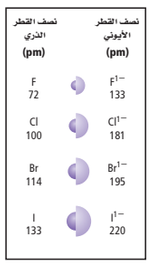
نشاط يمكن للطلبة إثبات وجود الكلور في البلاستيك. يجب على الطلبة العمل داخل خزانة طرد الغازات.

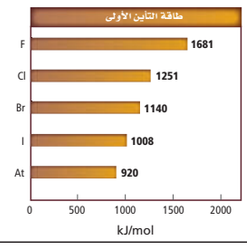
قص قطعًا مختلفة (1cm – 2cm) من بلاستيك معاد الاستخدام، ثم اطلب إلى الطلبة تسجيل نوع البلاستيك المعاد الاستخدام ثم فحص كل عينة من خلال حرقها باللهب. سيظهر لهب أخضر اللون للعينة التي تحتوي على الكلور. اسأل الطلبة: كيف يؤثر حرق البلاستيك سلبًا في الهواء الجوي؟ حرق البلاستيك يؤدي إلى تحرير غاز Cl_2.

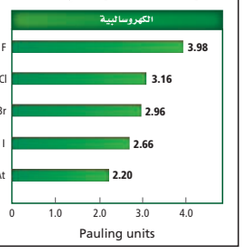
ض م ت ت

الخواص الذرية

- لكل عنصر من عناصر المجموعة 17 سبعة إلكترونات تكافؤ وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2\,np^5$.
- تقل طاقات التأين الأولى والكهروسالبية، كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة 17.
- يعتبر الفلور العنصر الأكثر كهروسالبية في الجدول الدوري. لذلك لديه ميل أكبر لجذب الإلكترونات.
- الأستاتين عنصر مشع، ولكن استخداماته غير معروفة.
- يزداد نصف القطر الذري ونصف القطر الأيوني كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة.

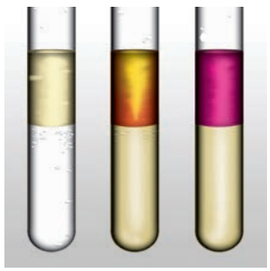






الاختبارات التحليلية

يمكن تعرُّف ثلاثة من الهالوجينات من خلال تفاعلات الترسيب، فيتفاعل كل من الكلور والبروم، واليود مع نترات الفضة، ليكونوا رواسب مميزة لكل منهم. فكلوريد الفضة راسب أبيض وبروميد الفضة راسب حليبي اللون، أما يوديد الفضة فهو راسب أصفر. ويمكن تعرُّف الكلور والبروم واليود أيضا من خلال ذوبانهم في الهكسان الحلقي. فكما هو مبين في الشكل، يتحول المحلول إلى اللون الأصفر في حالة الكلور، والبرتقالي عند إضافة البروم، والبنفسجي عند إضافة اليود.



تذوب الهالوجينات قليلًا في الماء (لاحظ الطبقة السفلى). ومع ذلك، ففي الهكسان الحلقي (الطبقة العليا)، لاحظ ذوبان كل من الكلور (الأصفر) والبروم (البرتقالي)، واليود (البنفسجي).

الخواص الفيزيائية / الخواص الذرية

نشاط قسم الطلبة إلى مجموعات، تمثل كل مجموعة واحدًا من ستة عناصر من الغازات النبيلة، ثم اطلب إلى كل مجموعة إكمال الجدول الذي يلخص مميزات العنصر الذي يمثلونه، وخصائصه واستخداماته، ثم اطلب إلى كل مجموعة عرض نتائجها على باقي المجموعات. ت ت

الاختبارات التحليلية

خلفية علمية يستخدم المطياف مبدأ الحيود للكشف عن خطوط الطيف الفريدة التي يبعثها كل غاز نبيل. يحدث الحيود عندما تواجه موجات الضوء عائقًا وتجبر على الانحراف حولها، مما يؤدي إلى فصل الطول الموجي للضوء كالمنشور الزجاجي. وإذا كان الضوء الداخل ذا طول موجي مفرد فسيظهر طيف خطي مفرد على كلا الجانبين وعلى مسافات متساوية من كل شق على الحاجز.

Helium
2
He
$1s^2$

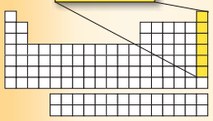
Neon
10
Ne
$[He]2s^22p^6$

Argon
18
Ar
$[Ne]3s^23p^6$

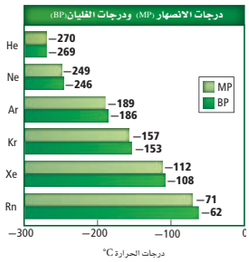
Krypton
36
Kr
$[Ar]4s^23d^{10}4p^6$

Xenon
54
Xe
$[Kr]5s^24d^{10}5p^6$

Radon
86
Rn
$[Xe]6s^24f^{14}5d^{10}6p^6$

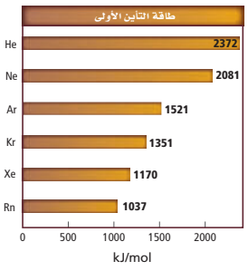


الخواص الفيزيائية



- تمتاز عناصر المجموعة 18 بأنها غازات عديمة اللون والرائحة.
- جميعها لا فلزات.
- تزداد درجتا الغليان والانصهار لعناصر المجموعة كلما انتقلنا إلى أسفل المجموعة، ولكنها تبقى أقل من باقي عناصر الجدول الدوري.

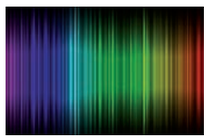
الخواص الذرية



- لكل عنصر من عناصر المجموعة 18 ثمانية إلكترونات تكافؤ ليصبح مستواها الأخير يحتوي 8 إلكترونات، وتوزيع إلكتروني ينتهي بـ $ns^2\,np^6$ ما عدا الهيليوم، الذي له إلكترونان فقط.
- جميع عناصر الغازات النبيلة وحيدة الذرة، وتوجد كذرات غير مرتبطة.
- للغازات النبيلة طاقات تأين أولى أكبر من عناصر الجدول الدوري جميعها.

الاختبارات التحليلية

لأن الغازات النبيلة عديمة اللون والرائحة، وتكون عمومًا غير نشطة ، فإن العديد من التجارب التحليلية المستخدمة في تعرُّف هذه العناصر ليست مفيدة. ومع ذلك، فإن الغازات النبيلة تصدر ضوءًا ذا ألوان محددة ينبعث عندما تتعرض لتيار كهربائي، ويظهر لها طيف خطي.



عندما يمر التيار الكهربائي خلال غاز الزينون يظهر لون أزرق، وطيف خطي مميز.

(أ)

أشباه الفلزات Metalloids العناصر التي لها الخواص الفيزيائية والكيميائية لكل من الفلزات واللافلزات.

إلكتروليت Electrolyte المركب الأيوني الذي يوصل محلوله المائي التيار الكهربائي.

الإلكترونات الحرة Delocalized Electrons الإلكترونات التي تكوّن الرابطة الفلزية، وتكون حرة الحركة من ذرة إلى أخرى في الفلز، ولا تكون منجذبة نحو ذرة بعينها.

إلكترونات التكافؤ Valence Electrons الإلكترونات في أفلاك مستوى الطاقة الأخير في الذرة، والتي تحدد الخواص الكيميائية لهذه الذرة.

الأنيون Anion الأيون الذي يحمل شحنة سالبة.

الأيون Ion ذرة أو مجموعة ذرات مترابطة تحمل شحنة موجبة أو سالبة.

الأيونات أحادية الذرة Monatomic Ions الأيونات التي تتكون من ذرة واحدة فقط.

الأيون عديد الذرات Polyatomic Ion الأيون الذي يتكون من ذرتين أو أكثر مرتبطين معًا، وتسلك سلوك الأيون الواحد الذي يحمل شحنة موجبة أو سالبة.

(ب)

البلورة Crystal Lattice تركيب ثلاثي الأبعاد يتكون من جسيمات بحيث يحيط الأيون الموجب عدد من الأيونات السالبة، ويحيط الأيون السالب عدد من الأيونات الموجبة، وتختلف البلورات في شكلها وفقًا لاختلاف حجوم الأيونات وأعدادها.

(ت)

تدرج الخواص Periodic Trends ترتيب العناصر وفق تزايد أعدادها الذرية، بحيث يؤدي إلى تدرج في خواص هذه العناصر.

تركيب لويس Lewis Structure نموذج يتم فيه تمثيل إلكترونات التكافؤ فقط على شكل نقاط أو خطوط للإلكترونات المرتبطة.

التفاعل الطارد للحرارة Exothermic Reaction التفاعل الكيميائي الذي يرافقه انبعاث طاقة أكبر من الطاقة اللازمة لكسر الروابط في جزيئات المواد المتفاعلة.

التفاعل الماص للحرارة Endothermic Reaction التفاعل الكيميائي الذي يحتاج إلى كمية من الطاقة لكسر الروابط الموجودة في المواد المتفاعلة أكبر من الطاقة التي تنبعث عندما تتكون روابط جديدة في جزيئات المواد الناتجة.

التمثيل النقطي للإلكترونات Electron-Dot Structure طريقة تمثيل إلكترونات التكافؤ حول رمز العنصر باستعمال النقط.

التوزيع الإلكتروني Electron Configuration ترتيب الإلكترونات في الذرة وفقًا لثلاث قواعد، هي مبدأ أوفباو، ومبدأ باولي، وقاعدة هوند.

التهجين Hybridization الطريقة التي يتم فيها خلط الأفلاك الذرية لتكوين أفلاك جديدة مهجنة ومتماثلة.

(ج)

الجزيء Molecule أصغر جزء في المركب، ويحمل صفاته.

(ح)

حالة الاستقرار Ground State حالة الذرة في أدنى مستوى للطاقة لها.

الحسابات الكيميائية Stoichiometry دراسة العلاقات الكمية بين كميات المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في التفاعل الكيميائي، اعتمادًا على قانون بقاء الكتلة.

الحمض الأكسجيني Oxyacid أي حمض يتكون من الهيدروجين وأنيون أكسجيني.

(د)

الدورات Periods الصفوف الأفقية في الجدول الدوري الحديث للعناصر.

(ر)

الرابطة الأيونية Ionic Bond الرابطة التي تنتج عندما يتحد فلز ولافلز.

رابطة باي π Bond الرابطة المتكونة من تداخل الأفلاك المتوازية بهدف التشارك بالإلكترونات

الرابطة التساهية Covalent Bond الرابطة التي تنتج من التشارك بإلكترونات التكافؤ.

الرابطة التساهية التناسقية Coordinate Covalent Bond الرابطة التساهمية التي تقدم فيها إحدى الذرات زوج الإلكترونات المشترك لذرة أخرى أو أيون بحاجة إلى زوج الإلكترونات للوصول الى حالة الاستقرار.

الرابطة التساهمية غير القطبية Non Polar Covalent Bond الرابطة التي تنشأ بين ذرتين متماثلتين، أي أن الإلكترونات موزعة بالتساوي بينهما.

الرابطة التساهمية القطبية Polar Covalent Bond الرابطة التي تنشأ عندما لا تكون المشاركة بالإلكترونات متساوية.

رابطة سيجما Sigma Bond الرابطة التساهمية الأحادية الناتجة عن اشتراك زوج من الإلكترونات نتيجة التداخل المباشر لأفلاك الذرات.

الرابطة الفلزية Metallic Bond قوة التجاذب بين الأيونات الموجبة في الفلز والإلكترونات الحرة الحركة.

الرنين Resonance الحالة التي تحدث عند وجود أكثر من تركيب لويس واحد للمركب أو الأيون.

(س)

السبيكة Alloy مخلوط من عدة عناصر لها خواص فلزية، وتتكون عادة من عناصر متماثلة الحجوم، أو يكون أحد العناصر أصغر كثيرًا من العنصر الآخر.

سلسلة الأكتنيدات Actinide Series عناصر الفئة f في الجدول الدوري من الدورة 7 التي تلي عنصر الأكتينيوم.

سلسلة اللانثانيدات Lanthanide Series عناصر الفئة f في الجدول الدوري من الدورة 6 التي تلي عنصر اللانثانيوم.

(ص)

الصيغة الأولية Empirical Formula الصيغة التي تبين أصغر نسبة مولات بين أعداد الذرات النسبية في المركب، وقد تمثل أو لا تمثل الصيغة الجزيئية (الفعلية) لهذا المركب.

الصيغة البنائية Structural Formula النموذج الجزيئي الذي يستخدم الرموز والروابط لتوضيح المواقع النسبية للذرات، ويمكن التنبؤ بالعديد من الصيغ البنائية للجزيئات بعد رسم تركيب لويس لها.

الصيغة الجزيئية Molecular Formula الصيغة التي تبين العدد الفعلي لكل عنصر في المركب

(ط)

طاقة البلورة Lattice Energy الطاقة اللازمة لفصل 1mol من الأيونات من مركب أيوني، والتي تعتمد على مقدار حجم الأيون وشحنته.

طاقة التأين Ionization Energy الطاقة اللازمة لانتزاع أبعد إلكترون تكافؤ من ذرة عنصر في الحالة الغازية.

(ع)

عدد التأكسد Oxidation Number الشحنة الموجبة أو السالبة التي يحملها أيون أحادي الذرة.

عدد الكم الرئيس (n) Principal Quantum Number عدد يتم تعيينه في ضوء النموذج الكمي ليدل على الحجوم النسبية وطاقات الأفلاك الذرية.

العدد الكمي Quantum Number العدد المخصص لوصف الإلكترون في مستويات الطاقة الرئيسة.

العناصر الانتقالية Transition Elements العناصر التي توجد في المجموعات من 3 إلى 12 في الجدول الدوري، وتقسم إلى فلزات انتقالية، وفلزات انتقالية داخلية.

العناصر المثالية Representative Elements العناصر التي تنتمي إلى المجموعات 1، و 13 – 18 في الجدول الدوري الحديث، وتتمثل فيها بشكل واضح الخواص الكيميائية والفيزيائية.

(ف)

الفلزات Metals العناصر التي تكون في الحالة الصلبة في درجة حرارة الغرفة، وهي موصلة جيدة للحرارة والكهرباء، وتكون بشكل عام لامعة وقابلة للطرق والسحب.

الفلزات الانتقالية Transition metals العناصر التي توجد في المجموعات من 3 الى 12، وتنتمي إلى الفئة d في الجدول الدوري، مع وجود بعض الاستثناءات التي تتعلق بامتلاء الفلك s من مستوى الطاقة n ، وامتلاء او نصف امتلاء أفلاك d من مستوى الطاقة n–1 .

الفلزات الانتقالية الداخلية Inner Transition Metals العناصر الانتقالية التي تنتمي إلى الفئة f في الجدول الدوري، وتتميز بأن أفلاك 4f ، و5f تكون ممتلئة او ممتلئة جزئيًا.

الفلزات القلوية Alkali Metals عناصر المجموعة 1 ما عدا الهيدروجين، وهي عناصر نشطة كيميائيًا، وتوجد عادة متحدة مع عناصر أخرى على شكل مركبات.

الفلـزات القلويـة الأرضيـة Alkaline Earth Metals عناصـر المجموعـة 2 في الجـدول الدوري الحديث، وهي عناصر نشـطة كيميائيًّا.

الفلك الذري Atomic Orbital منطقة ذات ثلاثة أبعاد، توجد حول نواة الذرة، وهي تصف الموقع المحتمل لوجود الإلكترونات.

(ق)

قاعدة الثمانية Octet Rule تنص على أن الذرات تسـعى إلى اكتسـاب الإلكترونات أو خسـارتها أو المشـاركة بها؛ لكي تكتسـب التركيب الإلكتروني للغاز النبيل.

قاعـدة هونـد Hund's Rule تنـص علـى أن تعبئة الإلكترونـات في الأفلاك المتسـاوية الطاقة يتم بشـكل فردي قبل البـدء بإضافة الإلكترون الثاني لنفس الفلك؛ إذ لا يمكن لإلكترونين لهما نفس اتجاه الحركة أن يشغلا نفس الفلك.

(ك)

الكاتيون Cation الأيون الذي يحمل شحنة موجبة.

الكهروسالبية Electronegativity خاصية تشير إلى قدرة ذرات العناصر على جذب الإلكترونات عند تكوين الرابطة الكيميائية.

(ل)

اللافلزات Nonmetals عناصر تكون بشكل عام إما غازات أو مواد صلبة معتمة أو لامعة، وضعيفة التوصيل للحرارة والكهرباء.

(م)

مبدأ أوفباو Aufbau Principle ينص على أن كل إلكترون يسعى لأن يكون في الفلك الأقل طاقة.

مبدأ باولي Pauli Exclusion Principle ينص على أن الفلك لا يمكن أن يتسـع لأكثر من إلكترونين، على أن لا يكون لهما نفس اتجاه الحركة.

مبدأ هايزنبرج للشك Heisenberg Uncertainty Principle ينص على أنه لا يمكن معرفة مكان الجسيم وسرعته في الوقت نفسه.

المجموعات Groups العناصر الموجودة في الأعمدة الرأسية في الجدول الدوري مرتبة حسب تزايد أعدادها الذرية.

المركبات الأيونية Ionic Compounds المركبات التي تحتوي روابط أيونية.

مستوى الطاقة الرئيس Principal Energy Level أحد مستويات الطاقة الرئيسة في الذرة.

مستوى الطاقة الفرعي Energy Sublevel تكون مستويات الطاقة الفرعية مستوى الطاقة الرئيس.

(ن)

النسبة المئوية للمكونات Percent Composition النسبة المئوية لكل عنصر في المركب.

النسبة المولية Mole Ratio نسبة عدد المولات بين أي مادتين في المعادلة الكيميائية الموزونة.

نمـوذج التنافـر بيـن أزواج إلكترونات التكافـؤ VSEPR Model نموذج التنافـر بين إلكترونات التكافؤ والـذي يعتمد على ترتيب الإلكترونات المرتبطة وغير المرتبطة حول الذرة المركزية.

نمـوذج سحابـة الإلكترونـات Electron Sea Model يقترح هذا النموذج أن جميع الذرات في الفلز الصلب تتشـارك بإلكترونات التكافؤ مكونة سحابة من الإلكترونات، والتي تفسر الخواص الفلزية لهذه الذرات.

النموذج الكمي للذرة Quantum Model of the Atom النموذج الذي يتم فيه التعامل مع الإلكترونات على أنها موجات.

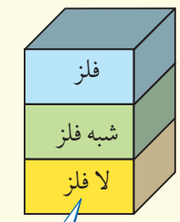
(هـ)

الهالوجينات Halogens عناصر نشطة كيميائيًّا توجد في المجموعة 17 في الجدول الدوري.

(و)

وحدة الصيغة الكيميائية Formula Unit أبسط نسبة يمكن أن تمثل الأيونات في المركب الأيوني.

الجدول الدوري للعناصر



يدل لون صندوق كل عنصر على ما إذا كان فلزًا أو شبه فلز أو لافلزًا.

10	11	12	13	14	15	16	17	18
								Helium 2 **He** 4.003
			Boron 5 **B** 10.811	Carbon 6 **C** 12.011	Nitrogen 7 **N** 14.007	Oxygen 8 **O** 15.999	Fluorine 9 **F** 18.998	Neon 10 **Ne** 20.180
			Aluminum 13 **Al** 26.982	Silicon 14 **Si** 28.086	Phosphorus 15 **P** 30.974	Sulfur 16 **S** 32.065	Chlorine 17 **Cl** 35.453	Argon 18 **Ar** 39.948
Nickel 28 **Ni** 58.693	Copper 29 **Cu** 63.546	Zinc 30 **Zn** 65.409	Gallium 31 **Ga** 69.723	Germanium 32 **Ge** 72.64	Arsenic 33 **As** 74.922	Selenium 34 **Se** 78.96	Bromine 35 **Br** 79.904	Krypton 36 **Kr** 83.798
Palladium 46 **Pd** 106.42	Silver 47 **Ag** 107.868	Cadmium 48 **Cd** 112.411	Indium 49 **In** 114.818	Tin 50 **Sn** 118.710	Antimony 51 **Sb** 121.760	Tellurium 52 **Te** 127.60	Iodine 53 **I** 126.904	Xenon 54 **Xe** 131.293
Platinum 78 **Pt** 195.078	Gold 79 **Au** 196.967	Mercury 80 **Hg** 200.59	Thallium 81 **Tl** 204.383	Lead 82 **Pb** 207.2	Bismuth 83 **Bi** 208.980	Polonium 84 **Po** (209)	Astatine 85 **At** (210)	Radon 86 **Rn** (222)
Darmstadtium 110 **Ds** (281)	Roentgenium 111 **Rg** (272)	Ununbium * 112 **Uub** (285)	Ununtrium * 113 **Uut** (284)	Ununquadium * 114 **Uuq** (289)	Ununpentium * 115 **Uup** (288)	Ununhexium * 116 **Uuh** (291)		Ununoctium * 118 **Uuo** (294)

* أسماء رموز العناصر 112، 113، 114، 115، 116، 118 مؤقتة، سيتم اختيار أسماء نهائية لها عند التأكد من اكتشافها.

Europium 63 **Eu** 151.964	Gadolinium 64 **Gd** 157.25	Terbium 65 **Tb** 158.925	Dysprosium 66 **Dy** 162.500	Holmium 67 **Ho** 164.930	Erbium 68 **Er** 167.259	Thulium 69 **Tm** 168.934	Ytterbium 70 **Yb** 173.04	Lutetium 71 **Lu** 174.967
Americium 95 **Am** (243)	Curium 96 **Cm** (247)	Berkelium 97 **Bk** (247)	Californium 98 **Cf** (251)	Einsteinium 99 **Es** (252)	Fermium 100 **Fm** (257)	Mendelevium 101 **Md** (258)	Nobelium 102 **No** (259)	Lawrencium 103 **Lr** (262)

جداول مرجعية